

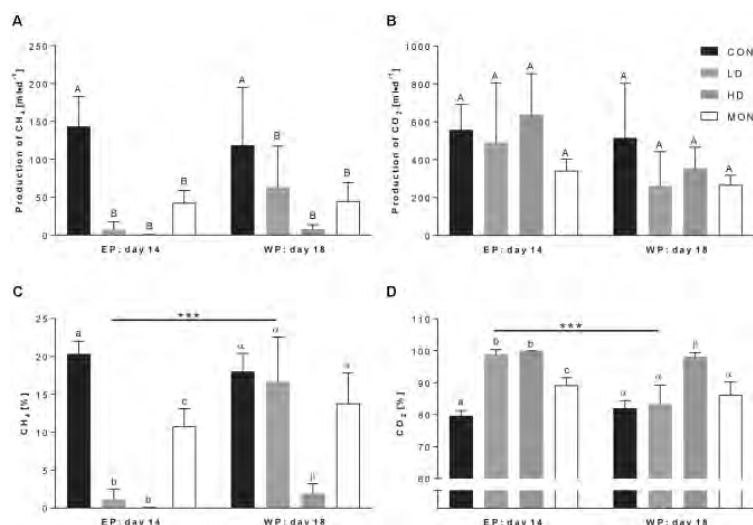


図 81 実験期間(EP) および離脱期間(WP) の最終日における発酵ガスの生産

メタン(A) と二酸化炭素(B) の日量生成量は、発酵ガス中のメタン(C) と二酸化炭素 (D) の割合に、標準条件 (1013hPa, 0° C) で補正した発酵ガスの体積を乗じて算出した。実験混合物の低用量 (LD、ライトグレーバー) および高用量 (HD、ダークグレーバー) の効果を、ネガティブコントロール (CON、ブラックバー) およびポジティブコントロール (モネンシン、MON、ホワイトバー) と比較した。二元配置分散分析とそれに続く Sidak post-test (事後検定) を適用して、時間、治療、または相互作用の有意な効果を検出した 治療×時間。ANOVA (二元配置分散分析) は、メタン生成に対する処理および処理、時間および処理時間の相互作用がメタンと二酸化炭素の割合に有意な効果を明らかにした。二酸化炭素の生成は時間によってのみ影響を受ける傾向があった。Sidak post-test の検査後の有意差は、両方の時点での治療群間、実験期間の処理群間、および離脱期間の処理群間について、異なる大文字、小文字、ギリシャ文字を使用して示されている。グループ内の時間依存の変更は、アスタリスクで示される。***P < 0.001 データは SD±平均値として提示される。反復数 n = 3。

(3) Long-Term Mootral Application Impacts Methane Production and the Microbial Community in the Rumen Simulation Technique System

(ルーメンシミュレーション技術システムにおけるメタン生成と微生物群集に影響を与える長期の Mootral アプリケーション)

[Front Microbiol. 2021; 12: 691502](#)

Johanna Brede (Institute for Physiology and Cell Biology, University of Veterinary Medicine Hannover, Hanover, Germany)

本試験では、ニンニク粉末 (*Allium sativum*) とビターオレンジ抽出物 (*Citrus aurantium*) からなる飼料添加物である Mootral が、ルーメンシミュレーション技術 (RUSITEC) システムの発酵パラメータと微生物群集に及ぼす長期的な影響を調査した。実験は 38 日間続き、7 日間の平衡期間、3 日間のベースライン期間 (BL)、および 28 日間の実験期間 (EP) の 3 つのフェーズに分けられた。12 の発酵容器を 3 つのグループ (n=4) に分けた: コントロール (CON)、短期 (ST)、および長期 (LT) アプリケーション。11 日目から 27 日目

まで、1.7g の Mootral を ST 容器に加えた。LT 容器は、EP 全体で毎日 1.7g のムートラルが加えられた。Mootral 適用の開始により、メタン生成は 18 日目まで両方のグループで有意に減少した。その後、生成率は初期数量に戻った。さらに、短鎖脂肪酸発酵プロファイルは、Mootral の適用によって大幅に変化した。酢酸塩のモル比率は減少し、プロピオン酸塩と酪酸の割合は増加した。メタボローム分析により、Mootral 補給期間に関連する代謝物濃度のさらなる変化が明らかになった。BL の終わりには、メタン微生物が最も豊富な古細菌クラスであった。Mootral 補給は、*Methanomassiliicoccales* の相対的な存在量の増加とメタン微生物の相対的な存在量の減少を誘発したが、この効果は一過性であり、細菌のファミリーの豊富さは、処理によってわずかに変化しただけであった。結論として、Mootral は、細菌群集にほとんど影響を与えずに古細菌の数と古細菌群集の構成に対する選択的効果により、メタン生成を大幅に削減する一時的な能力を持っていた。

長期 *in vitro* システムを用いて、Mootral のメタン還元効果が主に液体および固体関連古細菌への直接的な効果に基づいていることを実証した。発酵産物にいくつかの変化が観察されたが、細菌群集はほとんど影響を受けなかった。継続的な補給でもほとんどの効果は一過性であったため、この効果が *in vivo* およびさまざまな給餌戦略の下でも発生するのか、それとも *in vitro* システムに関連しているのか、Mootral の農場での使用のための実用的なアプリケーションスキームを見つけるために研究する必要がある。

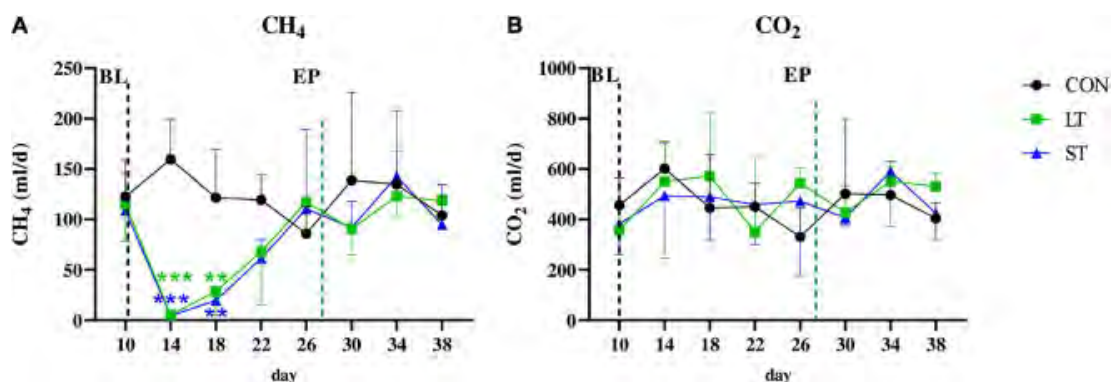


図 82 メタン (A) と CO₂ (B) の日量発生量

ベースライン期間 (BL、10 日目) および実験期間 (EP) 中のメタン (A) および二酸化炭素 (B) の毎日の生産量。黒い線は EP の始まりを示している。緑の線は、短期 (ST) グループにおける Mootral サプリメントの終了を示す。CON: コントロールグループ、LT: 長期グループ。テューキー事後検定における治療群と対照群の有意差は、*** $P < 0.001$ 、** $P < 0.01$ によって示される。

(4) Methane emissions from the storage of liquid dairy manure: Influences of season, temperature and storage duration

(液体乳牛糞の貯蔵によるメタン排出量: 季節、温度、貯蔵期間の影響) Waste

Management Volume 121, 15 February 2021, Pages 393-402

Aura Cárdenas³⁴⁵ (Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB) , Potsdam, Germany)

夏季および冬季の貯蔵期間中の貯蔵乳牛糞尿からのメタン排出に関する研究結果を示す。夏季と冬季の糞尿は、貯蔵条件をシミュレートするために、制御された条件下で樽に貯蔵された。冬季の糞尿サンプルからのメタン排出量は、0～69 日と 0～139 日の 2 つの期間で測定された。実験の結果、夏に貯蔵された糞尿からのメタン排出量は、冬に貯蔵された糞尿からのメタン排出量よりもかなり高いことが示された。メタン生産は約 1 ヶ月後に開始され、0.061kgCH₄揮発性固体 (VS) の値に達し、0.148 kg CH₄VS の高い総排出量を達成 (40 週間) した。冬の最高排出レベルは 0.0011 kg CH₄VS (20 週間) であった。

この結果は、温度が一定期間にわたって閾値を下回ると、再び温度が上昇してもメタン生産量は増えない。その後、糞尿を 20° C で保存しても、メタンが寒い冬の貯蔵後、排出量は増加しなかった。これらの結果は、温度、貯蔵期間、季節などの変数がメタン排出量に与える影響を分析する複雑さを示している。夏の条件下では、微生物接種のないスラリー貯蔵庫からのメタン排出では、メタン生産はほとんど無視できた。これらの実験的測定の結果は、糞尿貯蔵からのメタン排出を軽減するための戦略を提案するために使用可能である。

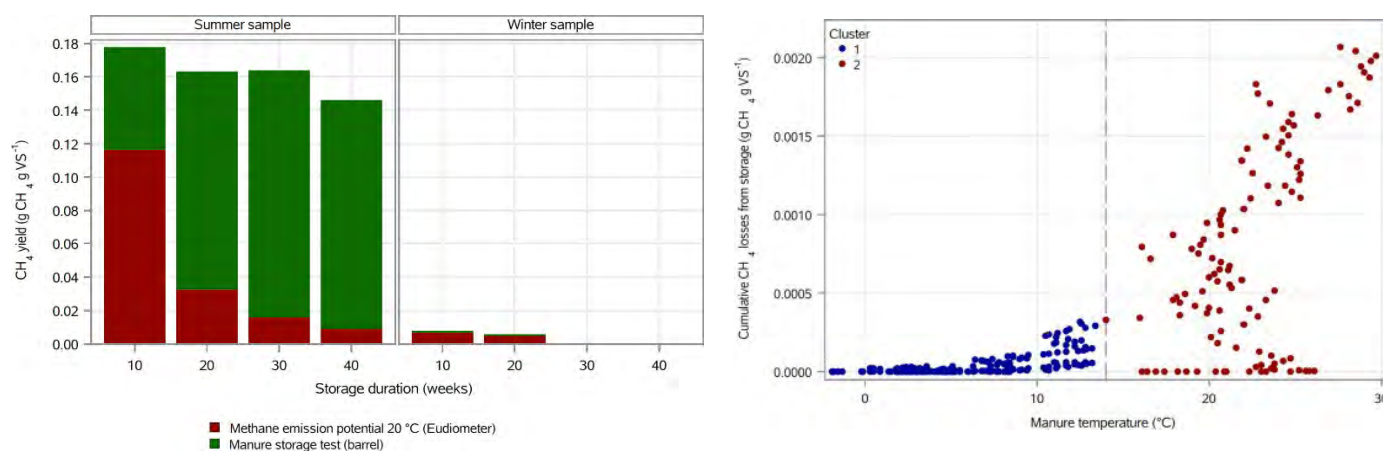


図 83 貯蔵された液体肥料からのメタン排出量

左図 さまざまな期間の周囲温度でのメタン排出量と、それに対応する 20° C、60 日間のメタン放出ポテンシャルの比較

右図 貯蔵された液体肥料からの温度閾値とメタン排出量。

(5) Topsoil removal reduced in-situ methane emissions in a temperate rewetted bog grassland

345 ライプニッツ農業工学・バイオエコノミー研究所は、バイオエコノミー研究のパイオニアであり、推進力である。私たちは、農業、食品、産業、エネルギーシステムを包括的なバイオベースの循環経済に変えるための科学的基盤を構築する。

by a hundredfold

(表土除去により、温帯再湿潤湿原草原でのその場メタン排出量が 100 倍減少)

[Science of The Total Environment](#) Volume 721, 15 June 2020, 137763

Vytas Huth³⁴⁶ (University of Rostock, Landscape Ecology, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock, Germany、)

中央ヨーロッパ北部の膨大な量の泥炭地が持続不可能な排水ベースの土地利用下にあるため、泥炭地の再生は、現在、パリ協定の目的を達成するのに役立つ効果的な貢献と見なされている。2050 年までに泥炭地からの温室効果ガス排出量を実質ゼロにするためには、できるだけ早く復旧対策を講じる必要がある。しかし、草地を集中的に使用していた排水された泥炭地を再湿潤化すると、結果としてしばしば高メタン排出となり、これはしばしば再湿潤に対する反論と見なされる。高メタンの発生源を見つけるには再湿潤化後の排出量（すなわち、再湿潤後の低メタン排出量）と泥炭地回復の最良の方法を模索するために自然に近い条件下で、ドイツ北西部の排水された沼地にフィールドトライアルを実施した。

トライアルは7つのプロット（ $\sim 8 \times 24 \text{ m}^2$ ）で構成されている。現状（集約的な草地利用）と、元の表面または表土除去（TSR）後の再湿潤化、バイオマス収穫、または植生の継承を開始するための *Sphagnum spp*（ミズゴケ属）の拡散を組み合わせた6つの修復アプローチを表している。7つのプロットすべてでメタンを測定した密閉チャンバーを使用したフラックス³⁴⁷。さらに、土壌サンプルをインキュベートし、定量的PCRによってメタン生成菌の存在量を決定することによるメタン生成能を調査した。元の表面での再湿潤化と比較して、CH₄TSR プロットの排出量は1/30 から 1/400 に抑制された。ミズゴケ属の広がりや設立初年度のメタン排出量にほとんど影響を与えなかった。TSR はまたメタン生産のポテンシャルとメタン生成菌の存在量を抑制した。また、メタン生成菌存在量に対するメタンフラックスの応答は TSR 後に低かった。これは、不安定な基質とメタン生成菌の存在量の減少の両方が TSR 後のメタン排出への寄与がほぼゼロになることを示唆している。これらは、再湿潤化後の高メタン排出量を回避するために、劣化した表土を除去することの効果を実証する最初のフィールドスケールの結果である。

346 Prof. Florian Jansen が率いるワーキンググループ「Landscape Ecology」は、University of Rostock の農業環境科学部の一部である。景観構造（パターン）と生態機能（プロセス）を分析して、物質のバランスや、植生、土壌、その他の環境パラメータによってサイト/生態系/景観がどのように駆動されるかを理解する。

347 代謝フラックス解析；代謝物間の反応速度（ v ）を求める解析

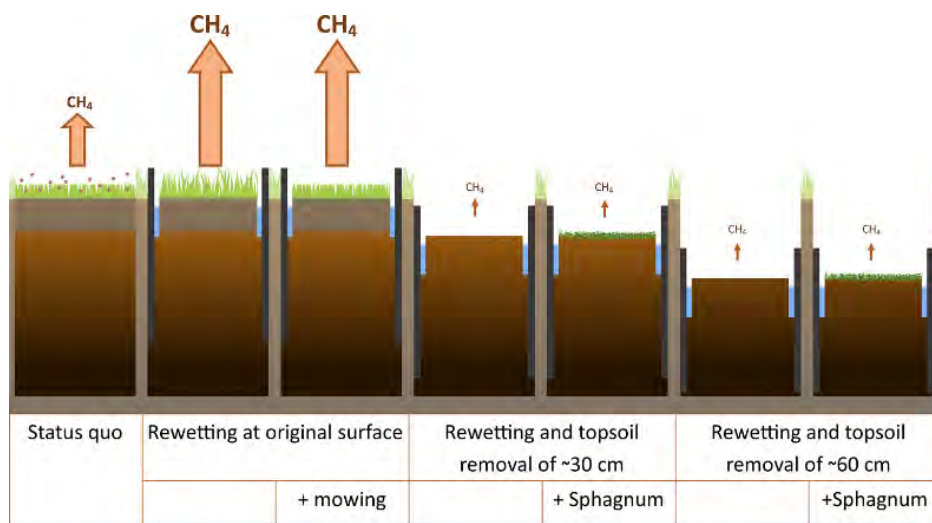


図 84 泥炭地回復のフィールドテスト

2. 8. メタン排出削減技術の特許出願動向

世界各国のメタン排出削減技術を調査する上で、各国の研究機関からどのような特許技術がどの国に対して出願されているかを取りまとめることは、重要と考えられる。そこで、特許庁のDBより、下記(3.8.1)の検索式に従って、関連特許を検索し、書誌事項を基に、各国からの出願傾向について取りまとめた。

2. 8. 1. 特許検索式

	検索式	件数	備考
1	((METHANE OR CH4) 10d (reduc+ OR SUPPRESS+ OR INHIBIT* OR CUT OR LOW))/TI/AB/CLMS AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	9,739	メタン削減
2	(paddy OR till+ OR rice)/TI/AB/CLMS AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	522,635	水田
3	(GHG OR (greenhouse W gas+) OR (global W warming))/TI/AB/CLMS AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	10,060	地球温暖化
4	(Y02P-060/22)/CPC AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	337	水田からのメタン(CPC)
5	(livestock OR ruminant OR (cud W chewer+) OR cattle OR goat OR goats OR sheep OR giraffe OR giraffes OR deer OR cow OR cows OR bovine OR grunter OR pig OR swine OR swinery OR swineries OR chicken* OR poultry) AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	455,484	反芻動物
6	(Y02P-060/50)/CPC AND (METHANE OR CH4)/TI/AB/CLMS AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	12	家畜(CPC)*メタン
7	(A23K)/IPC/CPC	137,762	飼料(IPC)
8	((METHANE OR CH4) 10d (reduc+ OR SUPPRESS+ OR INHIBIT* OR CUT OR LOW))/TI/AB/CLMS AND (A01H)/IPC/CPC AND (RICE)/TI/AB/CLMS AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	6	メタン削減イネ*育種(IPC)
9	(1 AND 2 AND 3) OR 4	375	水田からのメタン削減
10	1 AND 5 AND 7	268	メタン削減飼料
11	1 AND 5 AND 3	64	反芻動物メタン削減
12	6 OR 8 OR 9 OR 10 OR 11	499	合計
13	12 AND ((JP OR US OR EP OR AU OR IN OR TH OR VN OR DE OR NZ)/PN OR (CNA OR CNB OR CNC)/IKD) AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	348	対象国に限定
14	13 AND (JP)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	57	日本への出願
15	13 AND (US)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	89	米国への出願
16	13 AND (EP)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	79	欧州への出願
17	13 AND (AU)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	58	オーストラリアへの出願
18	13 AND (IN)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	41	インドへの出願
19	13 AND (TH)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	4	タイへの出願
20	13 AND (VN)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	8	ベトナムへの出願
21	13 AND (DE)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	3	ドイツへの出願
22	13 AND (NZ)/PN AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	19	ニュージーランドへの出願
23	13 AND (CNA OR CNB OR CNC)/IKD AND EPRD>=2000 AND EPRD<=2022	256	中国への出願
IPC			
A01H	新規植物またはそれらを得るための処理;組織培養技術による植物の増殖		
A23K	動物に特に適した飼料;その製造に特に適した方法		
CPC			
Y02P60/22	・・ Methane [CH4], e.g. from rice paddies		
Y02P60/50	・ Livestock or poultry management		

2. 8. 2. 特許検索結果

(1) 経年推移

2000 年以降、348 件（ファミリー件数）が抽出された、経年推移を図 85 に示す。2016 年にピークを迎えるが、その後、減少傾向にある。インドや東南アジア各国の特許出願状況が把握できるデータベースから抽出を行ったが、中国やインド、韓国、ベトナム以外のアジア諸国の出願は見られなかった。

図 86 には、出願先国別件数を示した。中国が圧倒的に多い。日本は、2018 年をピークに減少しており、過去 3 年間では、1 件にとどまっている。

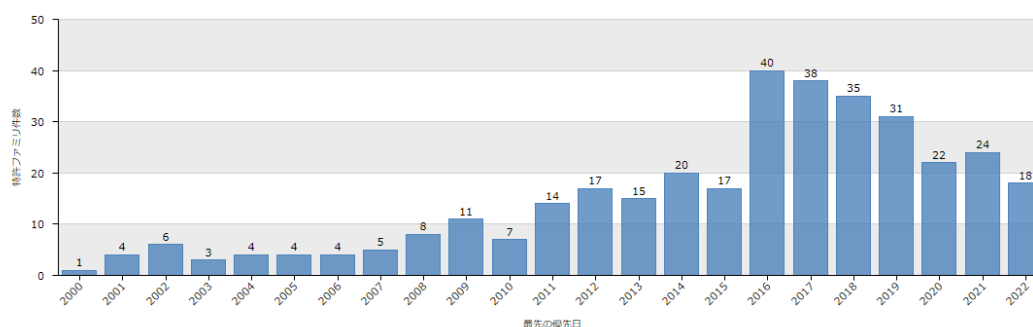


図 85 経年変異（2000 年～2022 年）

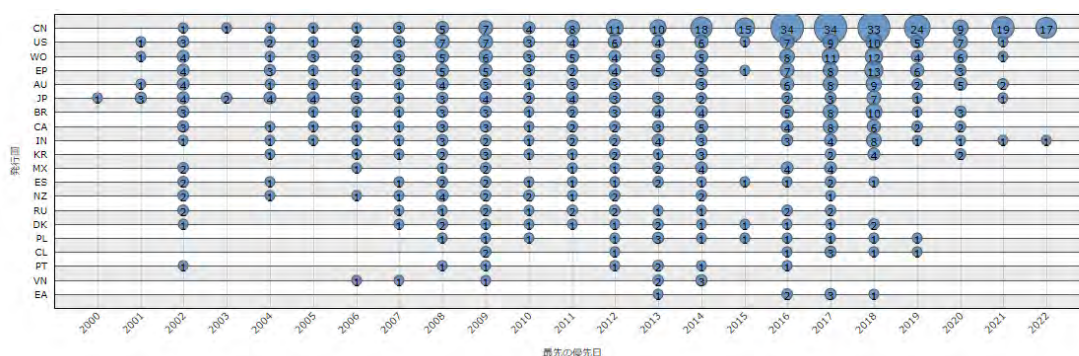


図 86 出願先国別経年推移（2000 年～2022 年）

(2) 調査対象国の特許出願状況

出願先国の筆頭にある国を技術開発国とし、どのような分野の技術開発を行っているかを抄録等から判断し、各国で行っている技術分野を分類した。その結果を図 87 に示す。中国の出願件数が「畜産の資料添加物」、「排泄物の物理的処理方法」、「家畜の飼料成分」、「水田の栽培方法」等で顕著に多いが、各国とも、「畜産の資料添加物」に関連した特許出願が多いことが分かる。

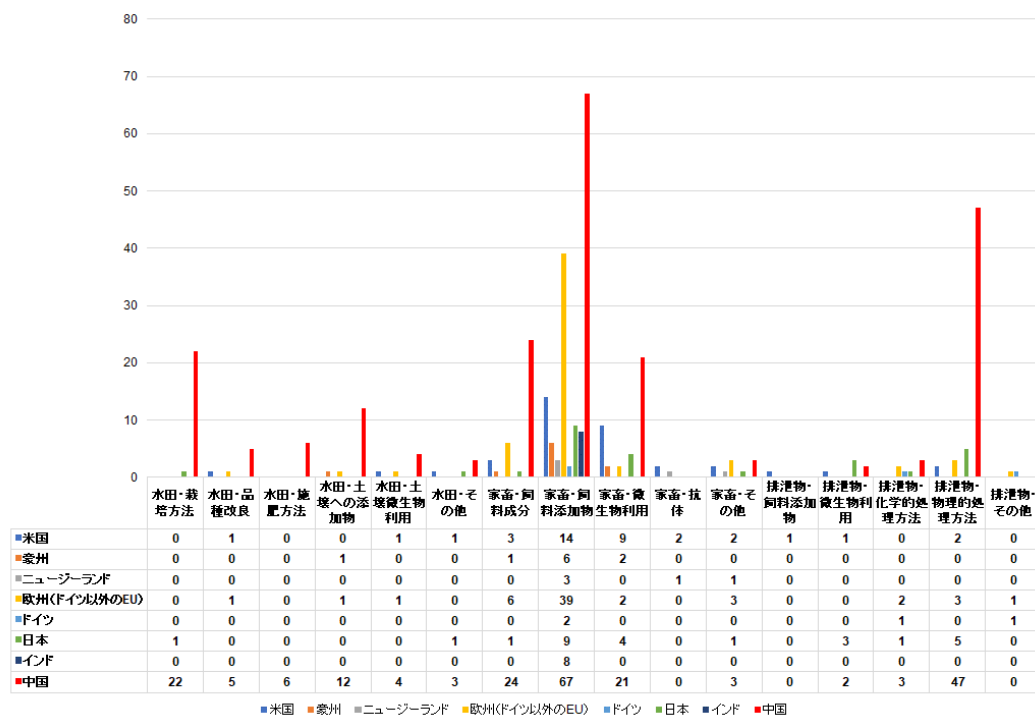


図 87 各国の特許出願状況（分野別：2000 年～2022 年）

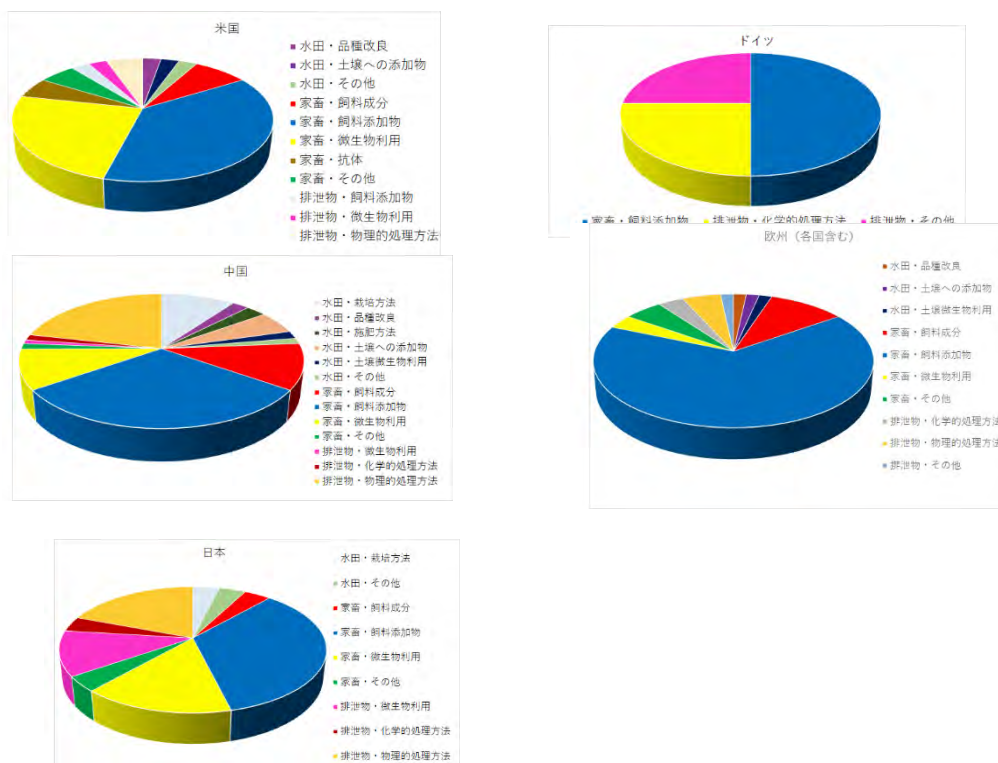


図 88 各国の出願特許における技術開発分野の割合

上記の図 88 は、各国の出願特許における技術開発分野の割合を表したものである。中国、米国、EU、ドイツを日本と比べると、EU では、特に「畜産の資料添加物」に関連した特許の割合が多いことが分かる。日本は、様々な技術分野に均等に特許出願が見られる。特に、排泄物の微生物利用に関する特許出願がドイツとともに多い。

表 24 には、出願人のランキングを 20 位までまとめた。1 位はオランダ企業の DSM、2 位は中国の南京大学、3 位は中国農業科学院であった。4 位にインドの ICAR がランクインしている。日本からは味の素が 10 位にランクインしている。

表 24 特許出願人ランキング

出願人	合計 特許ファミリー件数
DSM IP ASSETS	17
NANJING AGRICULTURAL UNIVERSITY	8
FEED RESEARCH INSTITUTE CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES	7
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY	6
INDIAN COUNCIL OF AGRICULTURAL RESEARCH	5
NORTHEAST INSTITUTE OF GEOGRAPHY & AGROECOLOGY - CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	5
TILLAGE & CULTIVATION RESEARCH INSTITUTE HEILONGJIANG ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES	5
JIANGSU ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES	4
ZHEJIANG UNIVERSITY	4
AJINOMOTO	3
HANKKIJA	3
INSTITUTE OF ENVIRONMENT & SUSTAINABLE DEVELOPMENT AGRICULTURE CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES	3
INSTITUTE OF SUBTROPICAL AGRICULTURE CHINESE ACADEMY OF SCIENCES	3
JAMES COOK UNIVERSITY	3
LOCUS IP	3
NANJING UNIVERSITY OF INFORMATION SCIENCE & TECHNOLOGY	3
NATIVE MICROBIALS	3
SICHUAN AGRICULTURAL UNIVERSITY	3
AGRICULTURAL UNIVERSITY OF HEBEI	2
AIST - NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE & TECHNOLOGY	2
ANHUI HESHENG WEIYE FEED	2

3. オンライン会合概要

3. 1. 目的

メタン等排出削減をめぐる国際的な議論が高まる中、また我が国として「みどりの食料システム戦略」の国際展開を進めている中、我が国の優れた技術を活用しつつ、高温多湿の気候条件や家族経営による稲作を中心とする農業構造等を共有するアジアモンスーン各国との間でメタン等排出削減の分野における連携を強化していくことが求められている。

このような中、本事業（農業由来のメタン等排出削減対策に係る国際調査等委託事業）においては、調査対象国（タイ、ベトナム及びインド）の担当者及び我が国専門家等を交えてオンライン会合を開催することにより、アジアモンスーン各国との今後の連携の強化を目指す。

オンライン会合においては、3～4 か国との間で、今後技術・経験の共有や連携した取組を進めていくための協力関係を構築することを目的に、メタン等排出削減の分野における各国の現状と課題の共有と潜在的な連携に向けた相互の関心の調和を図ることとした。

3. 2. Online Meeting Agenda

Title : Kick-off meeting for enhanced collaboration on climate actions in the agricultural sector in the Asian region

Organizer: Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries, Japan (MAFF)

Date: March 7th from 3 pm to 6 pm (Tokyo time)

India: 11:30 am – 2:30 pm

Thailand, Vietnam: 1:00 pm – 4:00 pm

Malaysia: 2 : 00 pm – 5:00 pm

Format: online (closed)

Expected participants: officials in charge of international collaboration in climate change and agriculture, rice/livestock experts

Invited countries: 4-5 countries in the Asian region

Program:

- 1) Opening 10 min
 - * Explanation of agenda:
 - * Opening Remark: Global Environmental Affairs Office MAFF
- 2) International collaboration programs on climate change and agriculture (Presentations by Japan)
 - Cooperative programs on climate change and agriculture in the Asian: Global Environmental Affairs Office MAFF 15 min
 - Introduction of Japan's action to "Accelerate innovations in the Asia-Monsoon region

- through dissemination of information and joint research activities” - Green Asia Project -:
International Research Collaboration Division, MAFF 15 min
- Innovation for agricultural methane mitigation;
 - * Japan’s mitigation options in low-emission rice production
National Agriculture and Food Research Organization (NARO) 15 min
 - * Challenge for mitigating enteric methane emission from zebu cattle in Southeast Asia
Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS) 15 min
 - Q&A 10 min
- 3) Climate actions in the agricultural sector, with a focus on methane (Presentation by invited countries)
- Current status, priorities, challenges, etc. 15 min each
 - * Malaysia
Malaysian Agricultural Research and Development Institute
 - * Thailand
Ministry of Agriculture and Cooperatives
 - * Vietnam
Ministry of Agriculture and Rural Development
 - * Q&A 15 min
- 4) Discussion: potential areas of regional collaboration 30 min
Wrap-up 10 min
- 5) Closing
Global Environmental Affairs Office MAFF 5 min

3. 3. 議事概要

- ①農林水産省より、「みどりの食料システム戦略」、FAO 拠出金事業、アジアモンスーン事業等を紹介
- ②農研機構及び国際農研より、水田及び家畜由来のメタン排出削減に係る研究を紹介
 - ・その後、各参加国より、メタン排出削減等に係る現状と課題が紹介
- ①各国とも、直近、メタン排出削減を含む気候変動と農業に係る計画・戦略を策定
- ②各国の計画・戦略においては、いずれも国際連携が重要な位置を占めており、各国とも国際機関との連携や外部資金の活用、我が国を含む二国間の取組等を実施
- ③各国とも、メタン排出削減における生産性や適応、農業所得等との両立の重要性を強調
 - ・これらを踏まえ、今後の各国の連携の可能性について議論