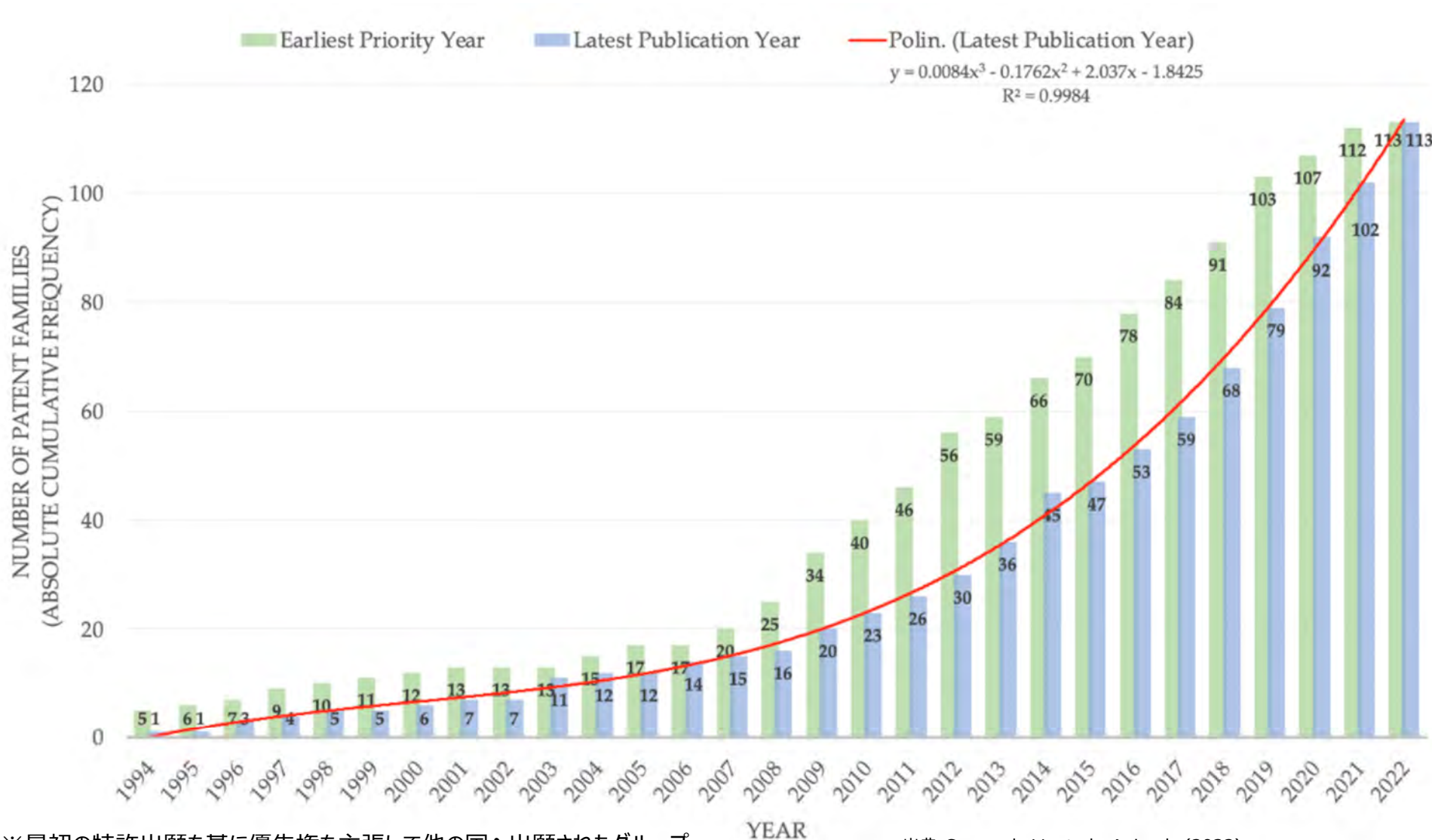


a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (1) 技術概要

畜産における飼料添加物特許出願数

- メタン削減に効果的な飼料添加物の特許ファミリー数※は、2008年以降急速に拡大。

メタン削減に効果的な飼料添加物の特許ファミリー数 (1994年-2022年)



※最初の特許出願を基に優先権を主張して他の国へ出願されたグループ

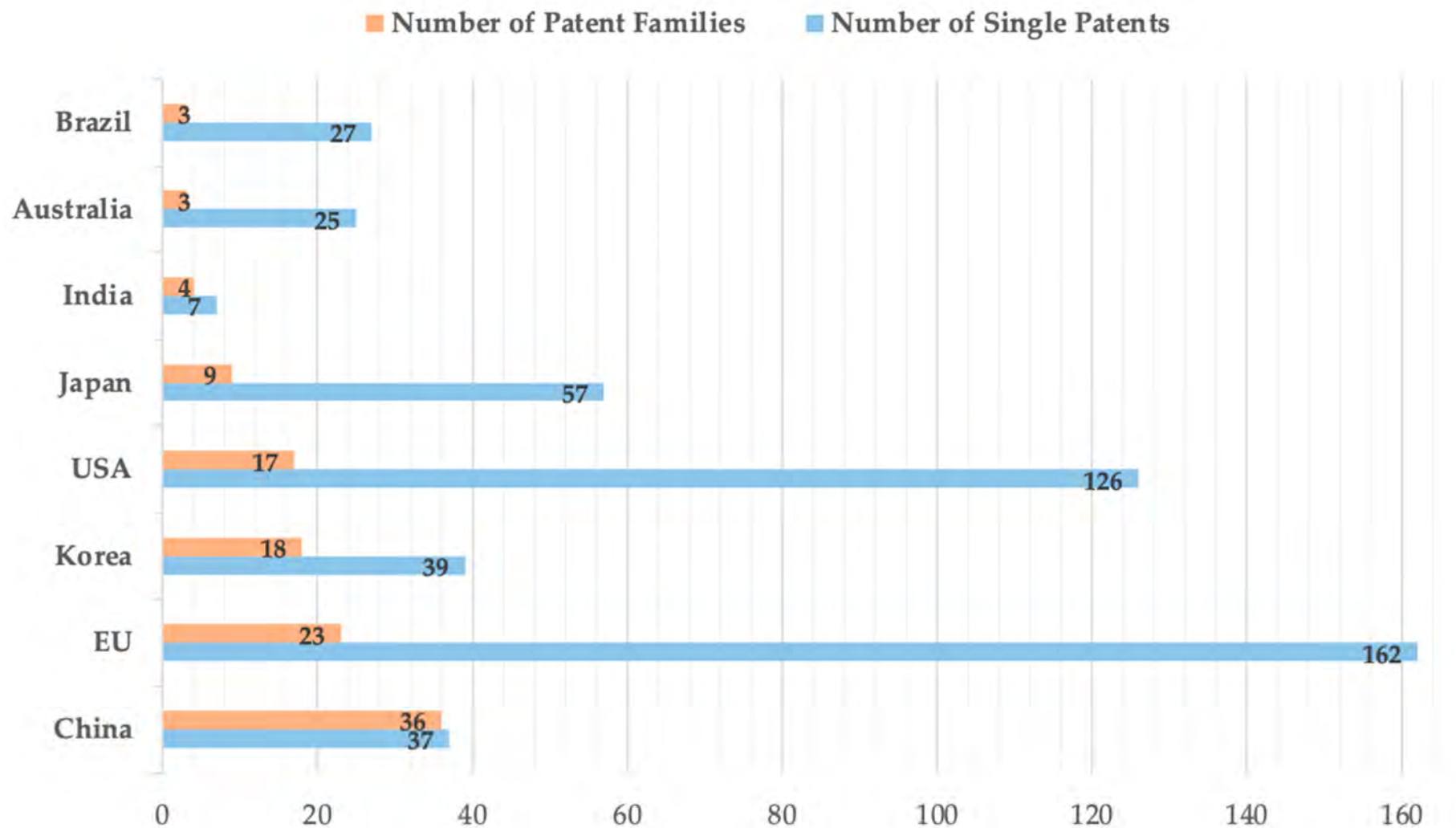
出典:Caprarulo V, et al., Animals (2022)
出典:MDPI <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/20/2760>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (1) 技術概要

国別の畜産における飼料添加物特許出願数

- パテントファミリー数上位4か国が発明の83% を所有 (中国、EU、韓国、米国) 。次いで日本は5位。

メタン削減に効果的な特許ファミリーの平均経過年数とファミリーごとの平均特許数



出典: Caprarulo V, et al., Animals (2022)

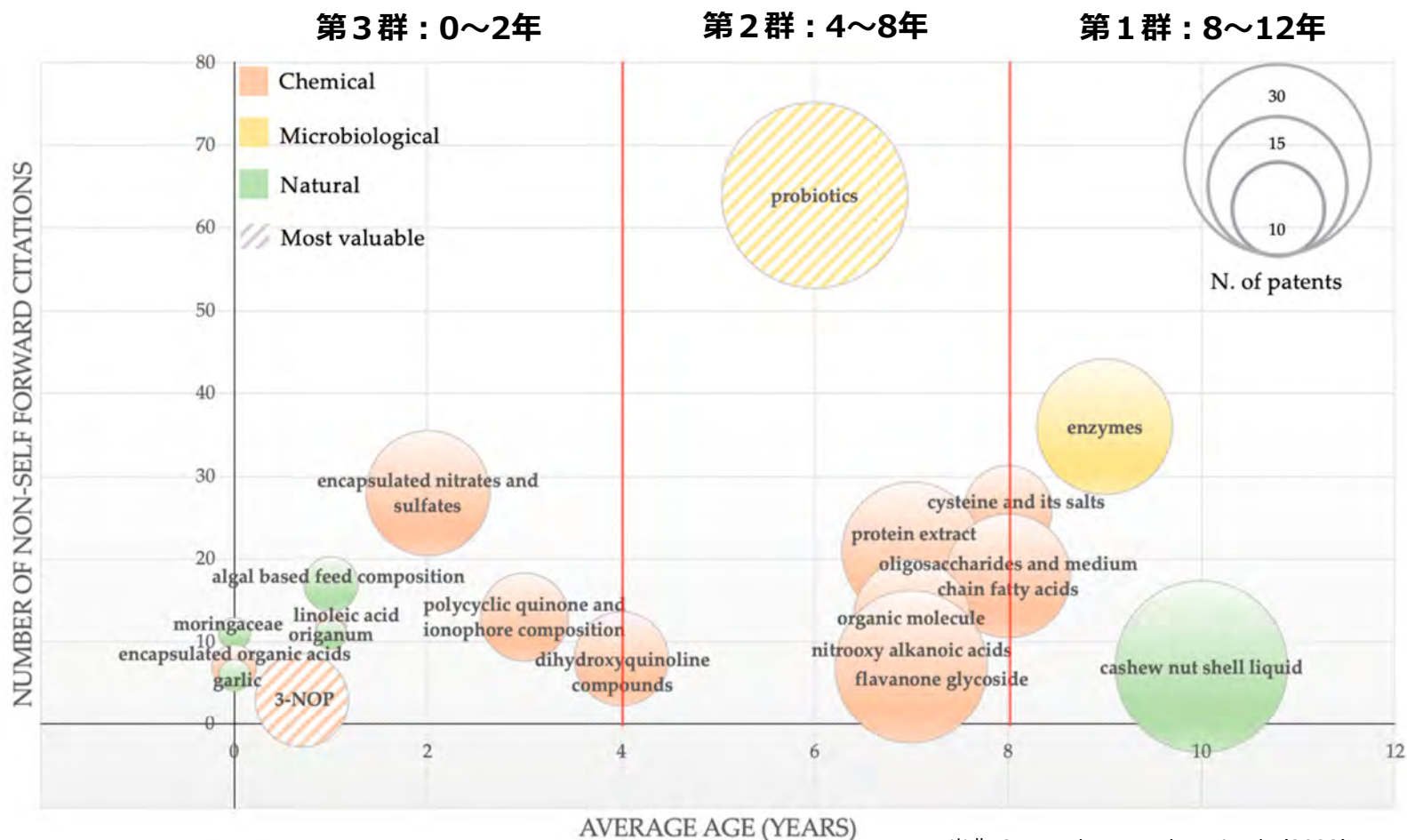
出典: MDPI <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/20/2760>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (1) 技術概要

畜産における飼料添加物：主な技術群

- 第1群は、酵素、カシューナッツの殻等を原料とした技術。
- 第2群は、プロバイオティクスに関する技術が突出。多くの引用回数と特許数あり。
- 第3群は、藻類、植物エキス、3-NOP等を原料とした技術。今後の技術発展の大きな可能性が期待。

メタン削減に関する技術分類、特許取得数、特許取得期間の特徴



出典:Caprarulo V, et al., Animals (2022)

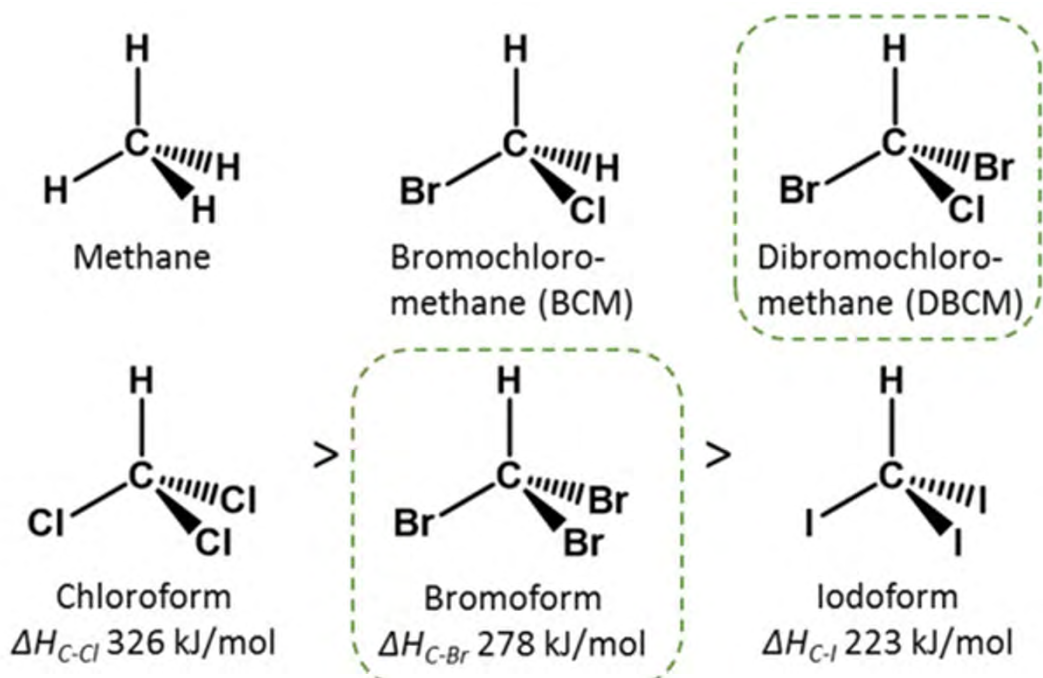
出典:MDPI <https://www.mdpi.com/2076-2615/12/20/2760>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (1) 技術概要

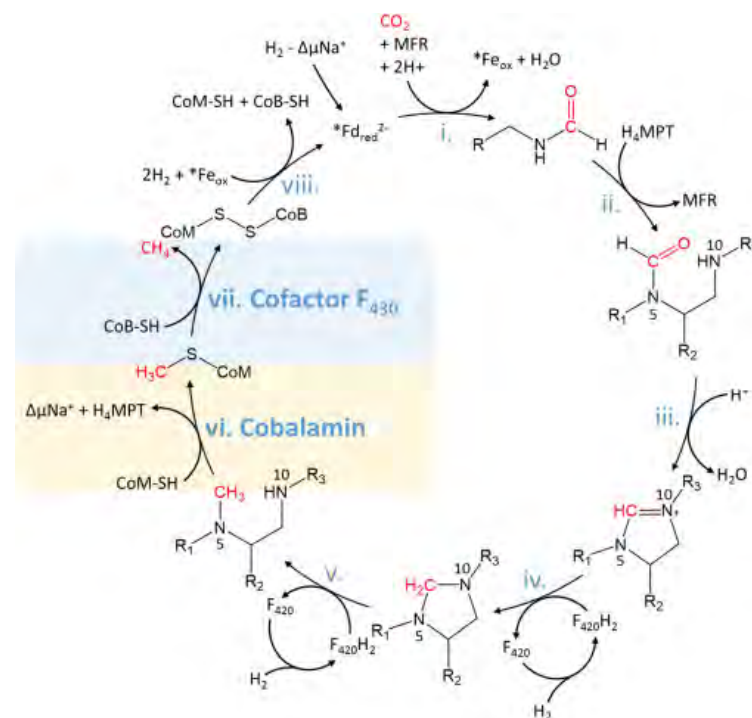
紅海藻 (*Asparagopsis*) のメタン削減成分

- Christopherらは、*Asparagopsis*のハロゲン化メタン類似体(HMA)がメタン削減効果に関連しており、メタン生成に
関与する重要なステップを阻害することを実証。
- ブロモホルムとジブロモクロロメタンは*Asparagopsis*に含まれるが、ブロモホルムはジブロモクロロメタンよりも桁違いに
豊富に含まれており、他のHMAと比較して同等の抗メタン生成活性がある。
- ブロモホルムの大気中での存続期間が短い(24日)ため、ジブロモクロロメタンと比較してオゾン層への影響は低い。

***Asparagopsis*に含まれるハロゲン化メタン類似体(HMA)成分**



メタン生成古細菌におけるウルフ回路



出典:Glasson, Christopher RK, et al., Algal Research(2022)
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926422000443>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (1) 技術概要

事例一覧：1/2

飼料添加物の技術群と関連する取組比較

飼料添加物 技術群	実施団体・研究者	概要	メタン削減技術・原料	実験方法	削減率
第3群	CH4 Global (米国)	カギケリ属 <i>Asparagopsis</i> を原料とした飼料添加物の販売	<i>Asparagopsis armata/taxiformis</i>	飼料添加 0.5%	最大90%
第3群	California Sea Grant(米国)	反芻家畜からのメタンガス発生を抑制する藻類の同定と培養	<i>Asparagopsis armata/taxiformis</i>	飼料添加 1~2%	最大90%
第3群	Breanna M. Roque 他	紅海藻 (<i>Asparagopsis taxiformis</i>) のメタン削減効果	<i>Asparagopsis taxiformis</i>	飼料添加 0.25%、 0.5%	80%以上
第3群	SeaSolutions Project(欧州)	海藻を原料とした飼料添加物によるメタン抑制	<i>Asparagopsis armata</i>	飼料添加	11-20%
第3群	京都大学 (日本)	畜産でのメタン削減に向けた取組	脂肪酸カルシウム 製剤 + シリカゲル	in vitro 飼料添加	50% 15-18%
第3群	EU	メタン削減効果のある飼料添加剤を承認	3 - NOP	飼料添加 54~61mg	20-35%
第3群	Adham A Al- Sagheer 他 Yanza 他 Thiwakorn Ampapon 他	植物由来の低減素材	グアバ、 インディアンミント、 ランブータン	in vitro	25-30%

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術（1）技術概要

事例一覧：2/2

飼料添加物 技術群	実施団体・研究者	概要	メタン削減技術・ 原料	実験方法	削減率
第2群	Bezoar社 (米国)	「 <i>Paenibacillus fortis</i> 」と硝酸塩を 組み合わせた飼料添加物	<i>Paenibacillus fortis</i> + 硝酸塩	飼料添加	最大50%
第2群	北海道大学 (日本)	反芻動物によるメタン排出削減技術 メタン生成に関連するルーメン菌群の 解明	<i>Prevotella</i>	in vitro	—
第2群	北海道大学 (日本)	反芻動物によるメタン排出削減技術 ムーンショットプロジェクト	<i>Prevotella</i>	—	80% 削減目標
第1群	北海道大学 (日本)	反芻動物によるメタン排出削減技術 メタン低減素材の選定	カシューナッツ	飼料添加	20-30%

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術（2）事例

HORIZON EUROPEにおける関連研究公募テーマ：EU

- 2022年度のHORIZON EUROPEの枠組として公募されたプログラムのうち、畜産に関する予算は1,200万ユーロ。

研究プログラムと予算の例

プログラムパッケージタイトル	2022年度予算（万ユーロ）
HORIZON-CL6-2021-CLIMATE-01-06:気候変動下におけるレジリエントな畜産システム	1,200

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

カギケリ属 *Asparagopsis* を原料とした飼料添加物の販売：CH4 Global社 (米国)

- 米国スタートアップCH4 Global社は、*Asparagopsis armata/taxformis*を原料とした飼料添加物の商用販売・供給を発表 (2022年6月15日)。
- 2022年8月25日には、ニュージーランドに*Asparagopsis*飼料添加物の大規模な商業生産を可能とする養殖場を含めた統合施設の建設を発表 (オーストラリアでは2022年に建設を開始)。

エコパークのイメージ

An artist's impression of the building housing the CH4 Global EcoPark



- *Asparagopsis armata*は、オーストラリア・ニュージーランド原産の海藻で、オーストラリア・ニュージーランドの気候に適応した冷水品種。*Asparagopsis taxformis*は、オーストラリアでも育つ温水種。
- 牛1頭あたり 50~100g/日の使用を推奨。
- 海藻に含まれるブロモホルム(CHBr3)は、消化中に廃棄物としてメタンガスを生成する腸内微生物の酵素を破壊。メタン排出を最大90%削減。

DCVC Bioより資金調達 (2021年10月6日)
1,300 万米ドル

出典:CH4 Global WEBサイト
<https://www.ch4global.com/resources>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

反芻家畜からのメタンガス発生を抑制する藻類の同定と培養 : California Sea Grant (米国)

- カリフォルニア州では、2030年までにGHG排出量40%削減を目標とする「カリフォルニア地球温暖化解決策法」を2006年に制定。
- 20種の在来海藻を牛の飼料に加えた場合の総ガス発生量と消化率への影響を調査。

カギケリ



- カギケリの成長とメタンを減少させる化学物質であるブロモホルムの生産を最適化する条件を抽出、2つの有望な海藻種を絞り込み。
- *Asparagopsis armata*は西部地中海沿岸の在来海藻で乳牛に、*Asparagopsis taxiformis*はカリフォルニア州の在来海藻で肉牛に適した種。
- 飼料添加量1~2%で、メタン発生最大90%低減が可能。
- カリフォルニア海洋保護協議会及び米国海洋大気庁がCalifornia Sea Grantとして予算額を拠出。

研究期間 : 2019年7月1日~2021年10月31日

出典:California Sea Grant WEBサイト
<https://caseagrants.ucsd.edu/news/gassy-cows-are-warming-planet-and-scientists-are-turning-sea-answers>

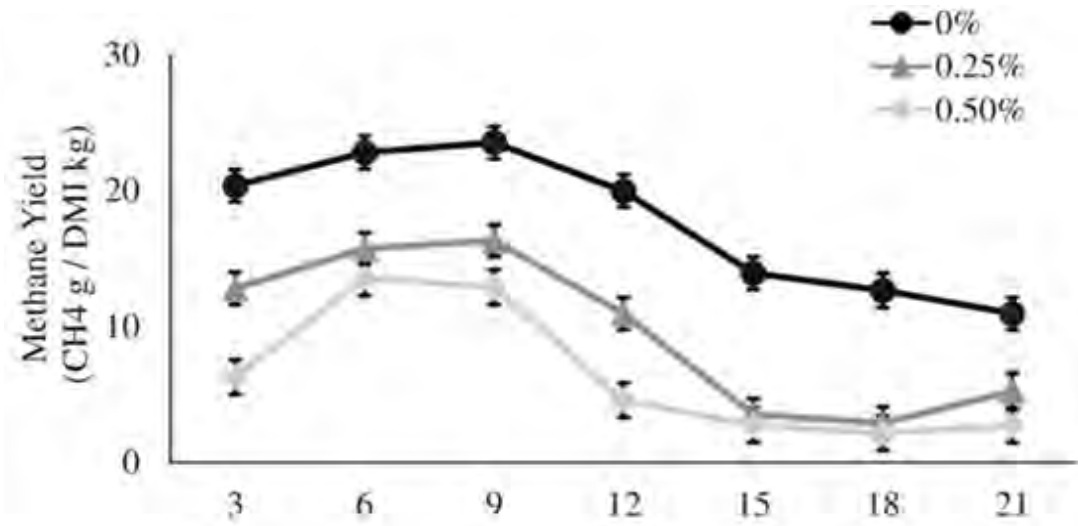
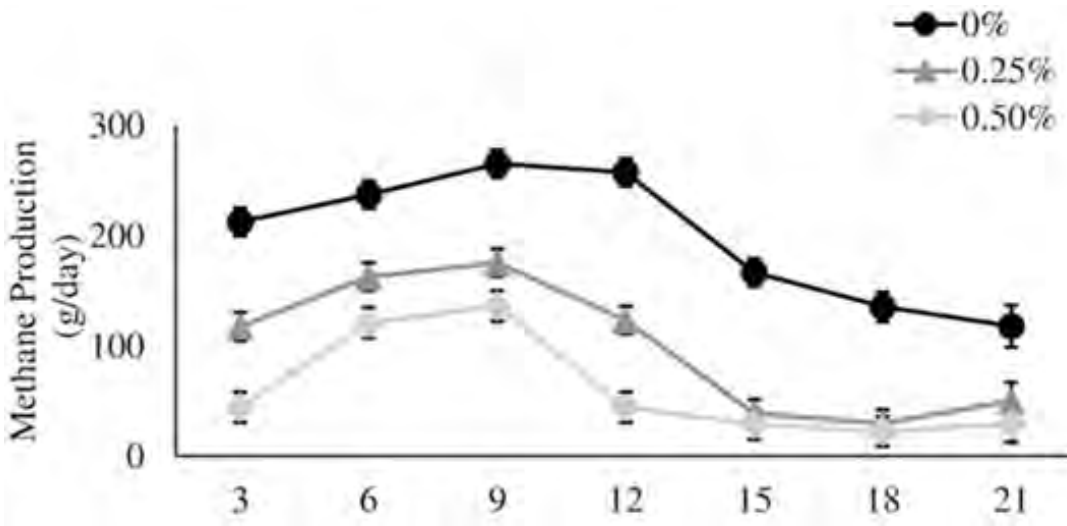
a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

紅海藻 (*Asparagopsis taxiformis*) のメタン削減効果 : 米国

- Breannaらは、*Asparagopsis taxiformis*を基本混合飼料の 0%、0.25%、0.5% で添加した肉牛のメタン生成量を測定。*Asparagopsis taxiformis* を飼料に配合することで、典型的な肥育スタイルの牛の腸内メタン産生が80%以上減少することを実証 (2021年3月17日)。

肉牛のメタン生成量
[g CH₄/日]

肉牛のメタン収量
[g CH₄/kg DMI (乾物摂取量)]



出典:Breanna M. Roque, et al., PLOS ONE (2021)
<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0247820>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

海藻を原料とした飼料添加物によるメタン抑制 : SeaSolutions Project (欧州)

- アイルランド、英国、ドイツ、スウェーデン、ノルウェー、カナダにある10の研究機関等で構成されたコンソーシアム。
- *Asparagopsis taxiformis*はヨーロッパで養殖できないため、*Asparagopsis armata*の有効性を検証。
- *Asparagopsis armata*を利用した飼料添加物の給餌により、11~20%のメタン低減効果があると試算。

海藻成分のスクリーニング検査

- 欧州の沿岸環境に豊富に存在する海藻を持続的に収穫。
可能な場合は養殖によって成長した海藻を使用。

資金支援 :

アイルランド農業食糧海洋省 (DAFM)助成金 (2019年)
300,844 ユーロ (約4272万円)

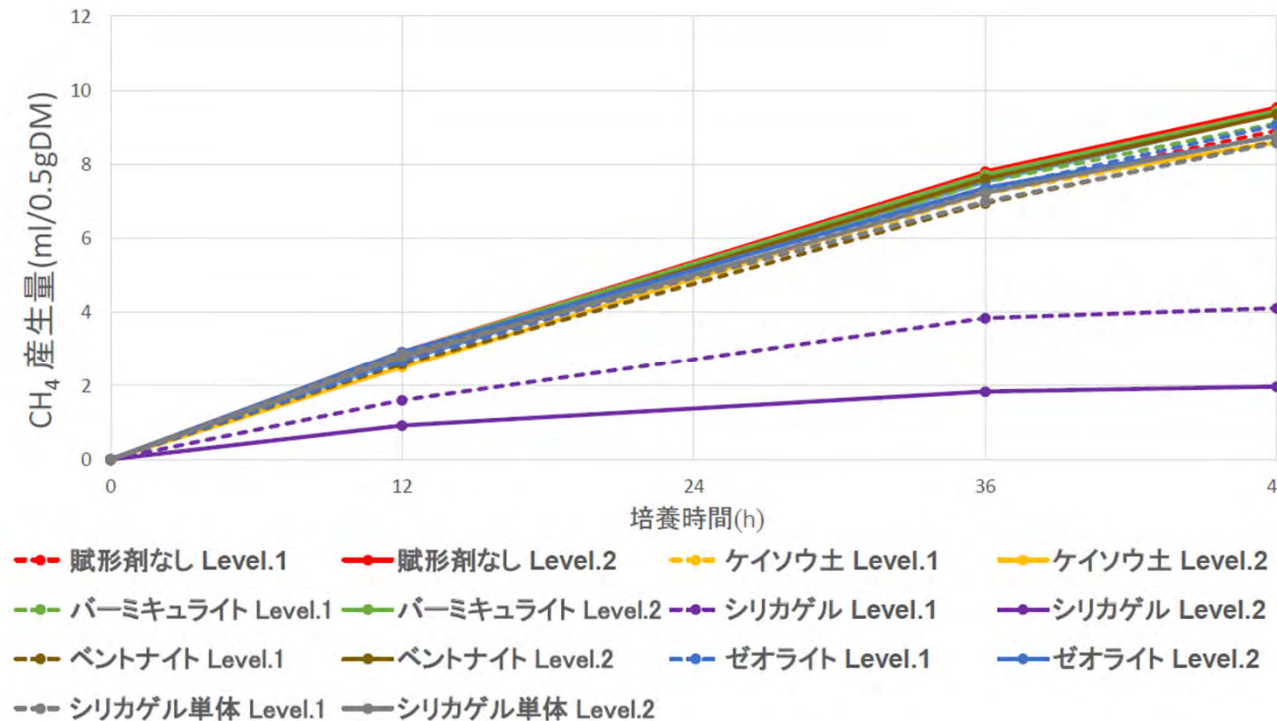
2022年3月現在、助成金事業継続中

出典:seasolutions WEBサイト
<https://seasolutions.ie/sustainability/>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例 畜産でのメタン削減に向けた取組：京都大学 (日本)

- 京都大学では、肉牛に対して、賦形剤（シリカゲル）を添加して脂肪酸のモル比を高めたアマニ油脂肪酸カルシウム製剤を補給することでメタン生成を低減させる研究を実施。
- in vitro試験（第一胃を模した条件で試験管内にて培養）では、50%ほどの低減効果。
- 肥育牛を対象とした飼養試験では、飼料摂取量を低下させることはなく、15～18%の低減効果。

in vitro試験でのメタン産生量への効果 (ml/0.5gDM)



試験区	製剤添加レベル*	製剤添加量(mg)	脂肪酸量(mg)	賦形剤量(mg)	脂肪酸/Ca
賦形剤なし	1	10.0	7.6	0	2.1
	2	20.0	15.2	0	
ケイソウ土	1	19.5	7.6	9.7	2.8
	2	39.0	15.2	19.5	
パーミキュライト	1	19.5	7.6	9.7	2.8
	2	39.0	15.2	19.5	
シリカゲル	1	13.4	7.6	3.7	2.8
	2	26.8	15.2	7.3	
ベントナイト	1	28.9	7.6	19.3	2.8
	2	57.8	15.2	38.6	
ゼオライト	1	28.9	7.6	19.3	2.8
	2	57.8	15.2	38.6	
シリカゲル単体**	1	3.7	-	3.7	-
	2	7.3	-	7.3	

*賦形剤なしの試験区と同等量のアマニ油脂肪酸を添加 1, 10.0mg; 2, 20.0mg
 **シリカゲル区と同等量のシリカゲルを添加 1, 3.7mg; 2, 7.3mg

出典:2022年10月24日(月) 京都大学大学院農学研究科 熊谷元准教授 ヒアリング資料
 以下の原著論文の5ページTABLE3を改編して引用
 Animal Science Journal 2022; 93:e13707

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

EUに承認された飼料添加剤：3-NOP (3-Nitrooxypropanol)

- EUは、3-NOPを利用した飼料添加剤を2022年2月の欧州委員会で承認。
- 乳牛において、3-NOPの添加は、乳脂肪量、乳タンパク質量の差異及び遺伝毒性はなく、一定の使用条件下で、腸内メタン生成の抑制に有効である可能性がある結論。
- 3-NOPを利用した飼料添加物は、乳牛のメタン排出量を20～35%削減すると推定。

**長期研究におけるメタン排出量に対する
3-NOP 飼料添加剤の効果**

Study	mg 3-NOP/kg TMR DM intake	g CH ₄ /day	g CH ₄ /kg DM intake	g CH ₄ /kg EC milk	g H ₂ /day
1 WUR	0 (control)	423 (464)	22.4 (25.0)	17.1 (18.6)	ND
	54	332* (480)	17.7* (25.5)	12.9* (18.7)	ND
2 UK	0 (control)	449 (406)	20.3 (16.9)	12.3 (10.4)	2.6 (2.7)
	57	292* (400)	13.5* (16.7)	8.4* (10.1)	10.6* (2.4)
3 PSU	0 (control)	410 (369)	16.7 (15.0)	11.2 (10.0)	0.5 (0.5)
	61	308* (403)	12.1* (14.9)	8.2* (9.7)	2.6* (0.4)

長期試験における乳組成に対する3-NOP 飼料添加剤の効果

Study	mg 3-NOP/kg TMR DM intake	Milk fat (g/kg)	Milk protein (g/kg)	kg EC milk/kg DMI
1 WUR	0 (control)	43.2	35.7	1.30
	54	43.4	36.3*	1.36*
2 UK	0 (control)	41.7	32.8	1.59
	57	39.9*	33.4	1.53
3 PSU	0 (control)	38.3	31.0	1.49
	61	40.2*	31.5	1.47

<注釈>

TMR：混合飼料 DM：乾物

出典: esfa (European Food Safety Authority)
<https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2021.6905>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

植物由来のメタンガス低減素材：北海道大学 小林泰男特任教授 ヒアリング

- グアバ※1 (葉)、インディアンミント※2 (葉)、ランブータン※3 (果皮) 等の植物が畜産メタン低減に効果。
- 熱帯・亜熱帯地域で育つ植物が、病原菌の感染から守るために生成する抗菌性物質が有効成分。
- 飼料添加物として利用することで、25～30%のメタン低減効果。

※1グアバ (葉) : Al-Sagheer et al. Environ.Sci.Pollut.Res.Int. (2018)

※2インディアンミント : Yanza et al. Journal of Animal Science (2018)

※3ランブータン : Ampapon & Wanapat, Trop. Anim. Health Prod. (2019)

グアバ



インディアンミント



ランブータン



出典:2022年10月17日(月) 北海道大学 大学院 農学研究院 小林泰男特任教授 ヒアリング資料

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

「*Paenibacillus fortis*」と硝酸塩を組み合わせた飼料添加物：Bezoar社 (米国)

- Bezoar社 (ベゾアール社) は、2017年に研究開発会社として設立。
- 「*Paenibacillus fortis*」 (パエニバチルス・フォルティス) は牛のルーメンから分離し、亜硝酸塩還元能力を強化するために選定した脱窒性芽胞形成細菌で、特許出願中の牛用プロバイオティクス製品。
- 硝酸塩の組合せで、牛からのメタン排出50%減少、牛の亜硝酸中毒の防止、生産者のコスト削減を実現。

- 投与した硝酸塩のメタン低減能の向上、ルーメンの亜硝酸塩無毒化の促進等を確認。
- 2021年から2022年内に生産レベルのパイロット試験を実施し、飼料効率、罹患率、死亡率、肉の品質と量、マイクロバイオームの変化等のデータを取得予定。

資金支援：SBIR フェーズII
通常で100万ドル以下 (2年間)

研究期間：2021年4月1日～2023年11月30日

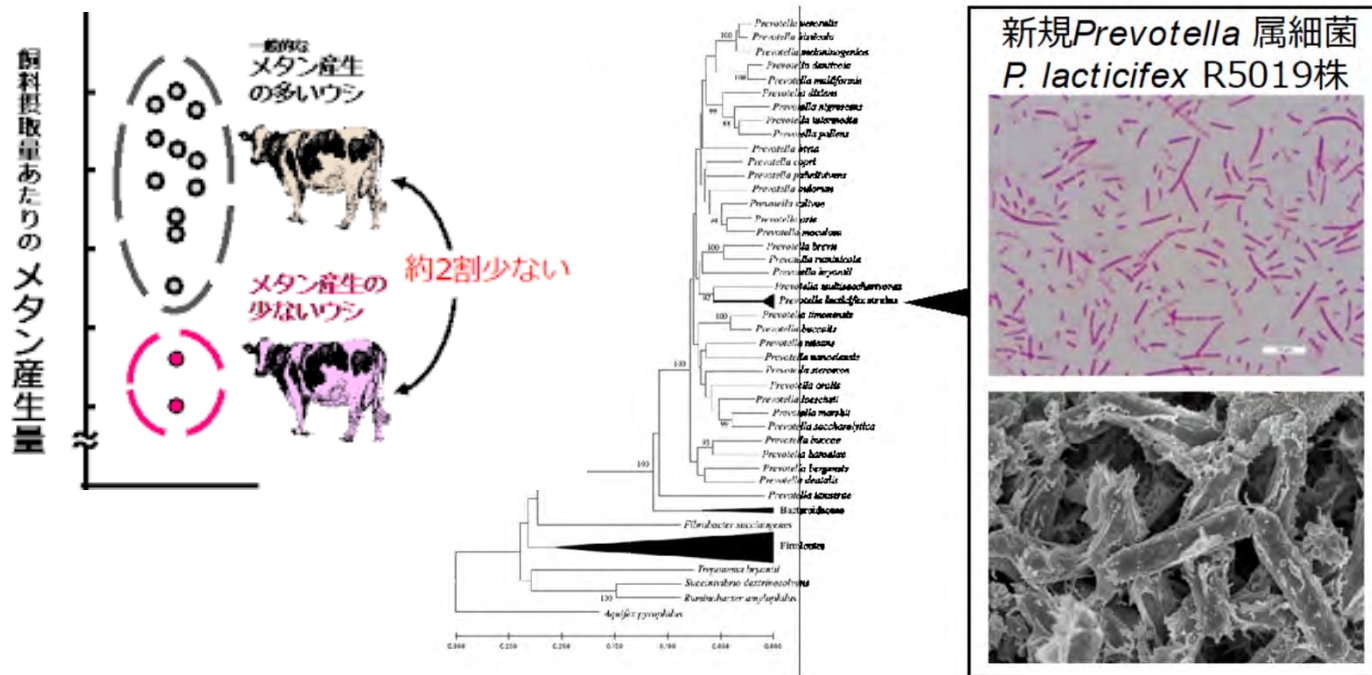
出典：パエニバチルスコロニーの形態 -サイエンティオ、ベリタス (inscientioveritas.org)
出典：IN SCIENTIO, VERITAS WEBサイト
<https://www.inscientioveritas.org/paenibacillus-small/>

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

反芻動物によるメタン排出削減技術 メタン生成に細菌の発見・システムの実現：農研機構等(日本)

- 農研機構ではメタン産生の少ない乳用牛の胃液から、プロピオン酸前駆物質を多く産生する特徴的な嫌気性細菌群(新規*Prevotella*)を発見。プロピオン酸産生が増加するとメタン産生が抑制されるため、新規*Prevotella*の活用により、牛のメタン産生を抑制できる可能性。

メタン産生抑制に関連する嫌気性細菌群



- 牛は胃に共生する微生物の作用により、飼料を分解、発酵し、その過程で生じるプロピオン酸などの短鎖脂肪酸を主要なエネルギー源として利用。
- 低メタン産生牛から分離され、新種として登録した*Prevotella lactificex* はコハク酸、リンゴ酸、乳酸などのプロピオン酸前駆物質を多く産生する特徴を持つ一方、他の*Prevotella*属細菌よりも水素発生を伴う酢酸の産生は減少。

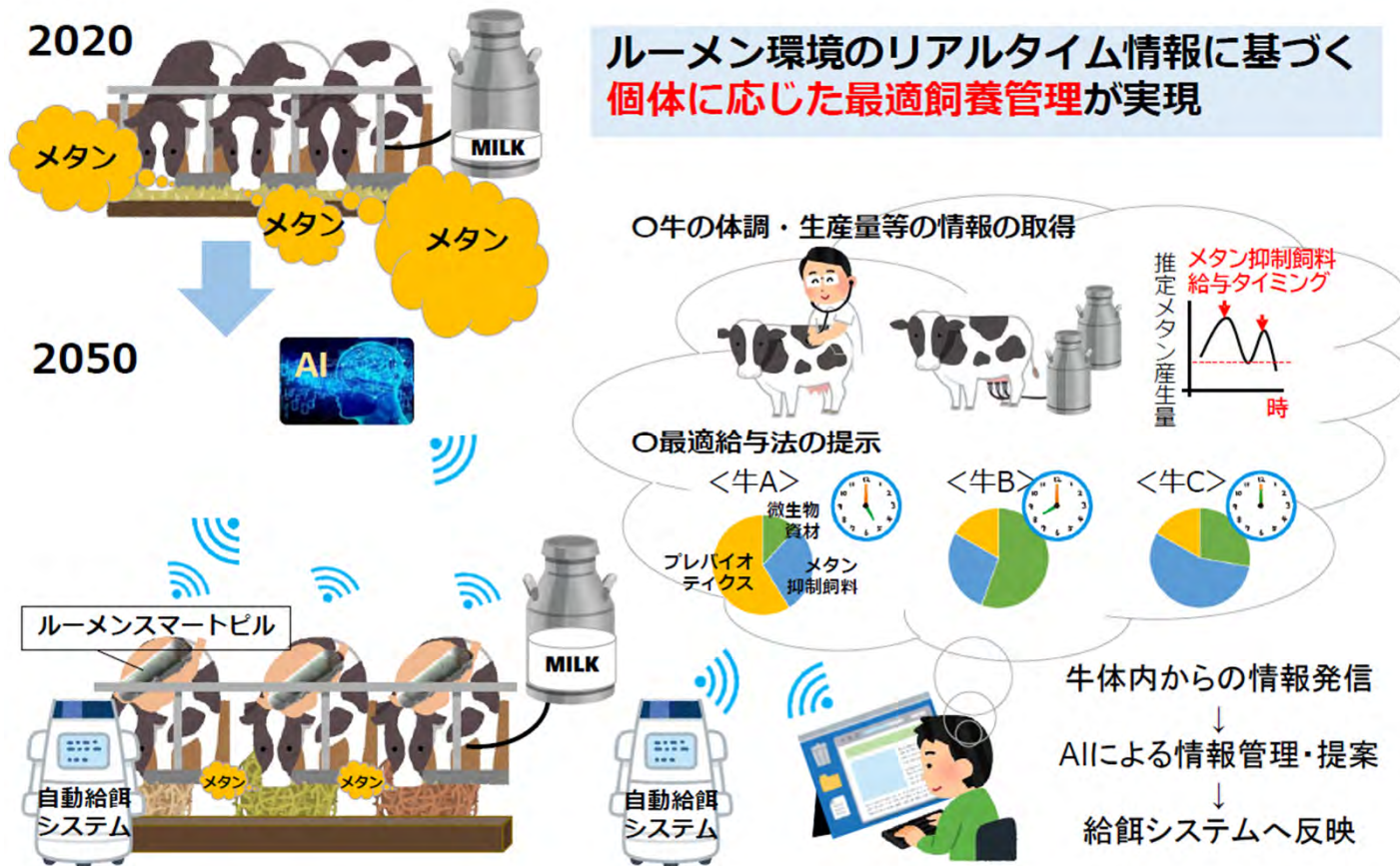
出典:農研機構資料
https://www.naro.go.jp/project/results/research_prize/files/prize2022_3.pdf

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

反芻動物によるメタン排出削減技術：北海道大学(日本)

- 北海道大学では、MS (ムーンショット) プロジェクトとして、ルーメンマイクロバイーム完全制御によるメタン80%削減に向けた新たな家畜生産システムを研究中。

2050年に目標とする家畜生産の姿



- 牛の餌 (メタン抑制飼料、微生物資材、プレバイオティクス) の開発、低メタン牛の選抜、牛の体内のルーメンに電子機器を留置させ、発酵状況をモニタリングする機器の開発、メタン削減の最適給与法の提示・個別給与、生産農家設備 (自動給餌システム、畜舎) のイノベーションに関する研究を実施。
- メタンガス80%削減分の飼料エネルギーを乳生産に向けることで生産性の10%改善が目標。
- ルーメン環境のリアルタイム情報に基づく個体に応じた最適飼養管理が2050年目標。

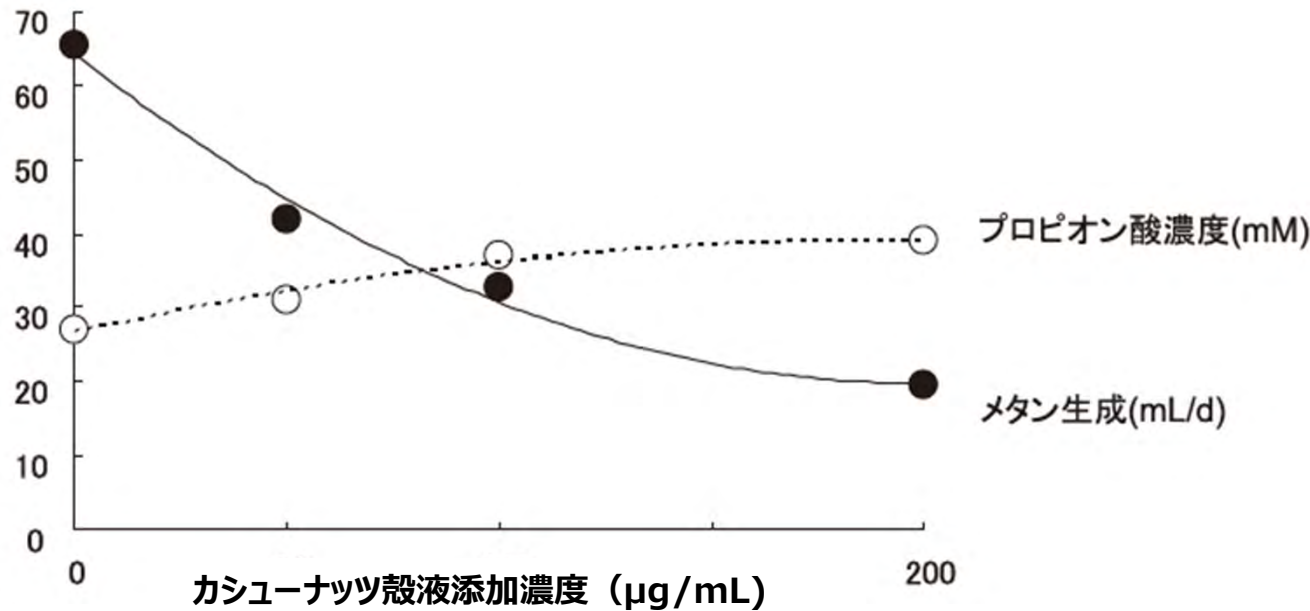
出典:2022年10月17日(月) 北海道大学 大学院 農学研究院 小林泰男特任教授 ヒアリング資料

a. 温室効果ガス削減 5. 牛のメタンガス削減技術 (2) 事例

反芻動物によるメタン排出削減技術 メタン低減素材の選定：北海道大学(日本)

- 北海道大学では、早期対応の取組としてメタン低減素材を選定。
- カシューナッツの副産物を使用したメタン低減飼料を2011年に商品化。メタン排出を20～30%削減(飼料添加)。

人工ルーメン内のメタン生成



商品化したメタン低減飼料



- 2006年から出光興産と共同開発を進め、カシューナッツ殻液に牛のげっぷを抑制する効果があることを発見。
- 2008年、日本畜産学会で発表。
- カシューナッツ生産大国であるベトナムでカシューナッツ殻液飼料の開発・製造を開始。

出典:2022年10月17日(月) 北海道大学 大学院 農学研究院 小林泰男特任教授ヒアリング資料
出典:NIKKO COMPANY WEBサイト <https://www.table-source.jp/interview/idemitsu-rumi/>

a. 温室効果ガス削減 7. ブルーカーボン (1) 技術概要

EUにおける持続可能な海藻セクターに向けて：EU

- 欧州委員会は藻類に関連する多くのイニシアチブを設立。
例：EU4Algae プロジェクト (藻類部門の利害関係者のヨーロッパ共同プラットフォームの作成)、Horizon 2020、Horizon Europe、Biocircular Europe Joint Undertaking、海藻投資等、欧州海事・漁業基金と欧州地域開発基金、ブルーエコノミーに関連するビジネス支援スキーム (ブルーインベスト、養殖支援メカニズム)。
- これらの活動をより推進していくために、欧州委員会は海藻の需要に対応するための行動指針を発表。23項目の行動を発表。(2022.11)

海藻及び海藻製品に対するヨーロッパの需要



EUの需要は2030年に90億ユーロに到達する可能性 (最大3,000%増加)



EUは海藻製品の世界有数の輸入国
2016年5億5400万ユーロ



クロレラ市場は2025年まで CAGR6.4%で成長
スピルリナ市場は2025年まで CAGR8.7%で成長



ヨーロッパではビーガン、ベジタリアン人口が7,500万人
高齢者人口が増加
健康志向の消費者が増加

23項目の行動指針 (一部抜粋)

項目	概要
ガバナンス	<ul style="list-style-type: none"> ● 海藻養殖に最適な場所を特定し、海洋空間管理計画に海藻養殖と海洋空間の多目的利用を含めるために、加盟国と協力 ● 2026 年末までに、欧州標準化委員会 (CEN) と共同で、成分試験等の標準手法を開発
ビジネス環境の改善	<ul style="list-style-type: none"> ● 2024 年末までに、魚の飼料を海藻ベースの飼料への置換促進を目的としたガイドラインを設定 ● 2025 年末までに、海藻がもたらす気候変動緩和の効果、ブルーカーボンの吸収源としての役割についての洞察を得ることを目的とした研究を実施
イノベーション	<ul style="list-style-type: none"> ● Horizon Europe やその他の EU 研究プログラムを通じて、バイオリファイナリー、精密発酵、無細胞システムなどの開発や、生産システムの開発を支援
市場受容性	<ul style="list-style-type: none"> ● 2023 年から、EU4Ocean プラットフォーム、加盟国等と連携し、意識向上活動を促進

出典: 欧州委員会 WEBサイト より仮訳
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0592&from=EN>

a. 温室効果ガス削減 7. ブルーカーボン (2) 事例

HORIZON EUROPEにおける関連研究公募テーマ：EU

- 2022年度のHORIZON EUROPEの枠組として公募されたプログラムのうち、海洋炭素循環に関する予算は1,500万ユーロ。

研究プログラムと予算の例

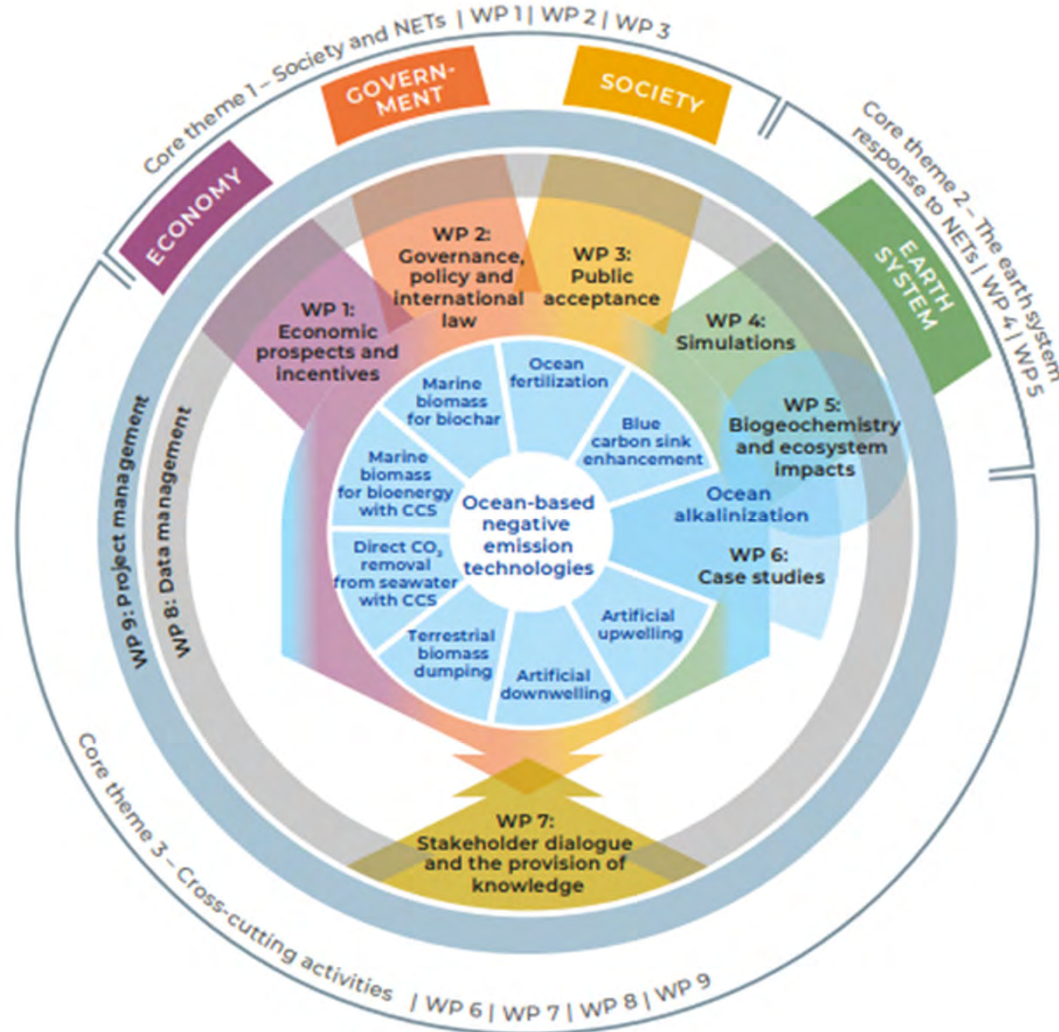
プログラムパッケージタイトル	2022年度予算（万ユーロ）
HORIZON-CL6-2022-CLIMATE-01-02：海洋炭素循環の理解	1,500

a. 温室効果ガス削減 7. ブルーカーボン (2) 事例

海洋ベース・マイナス・エミッション技術 (NET) の実現可能性分析 : OceanNETs (欧州)

- OceanNETsは、欧州を中心とした大学、海洋研究所等14機関で構成されたコンソーシアム。
- 海洋を利用したCO₂排出削減技術の大規模な展開が、パリ協定で定められた目標の現実的かつ効果的な達成、環境影響、リスク、便益、コスト効果、政治・社会の受容性に関して、最も可能性のある方法を特定し優先順位付けすることが目的。

OceanNETの構成



- NETとしては、主に左図の中心（水色）にある9つの技術があるが、商用利用可能な技術はまだ存在しない。
- 9つの技術に関して、経済、政治、社会、地球環境の観点で、ワーキングペーパー（WP）を公開。

事業期間

2020年7月1日～2025年6月30日

HORIZON2020 助成金

7,310,895 ユーロ

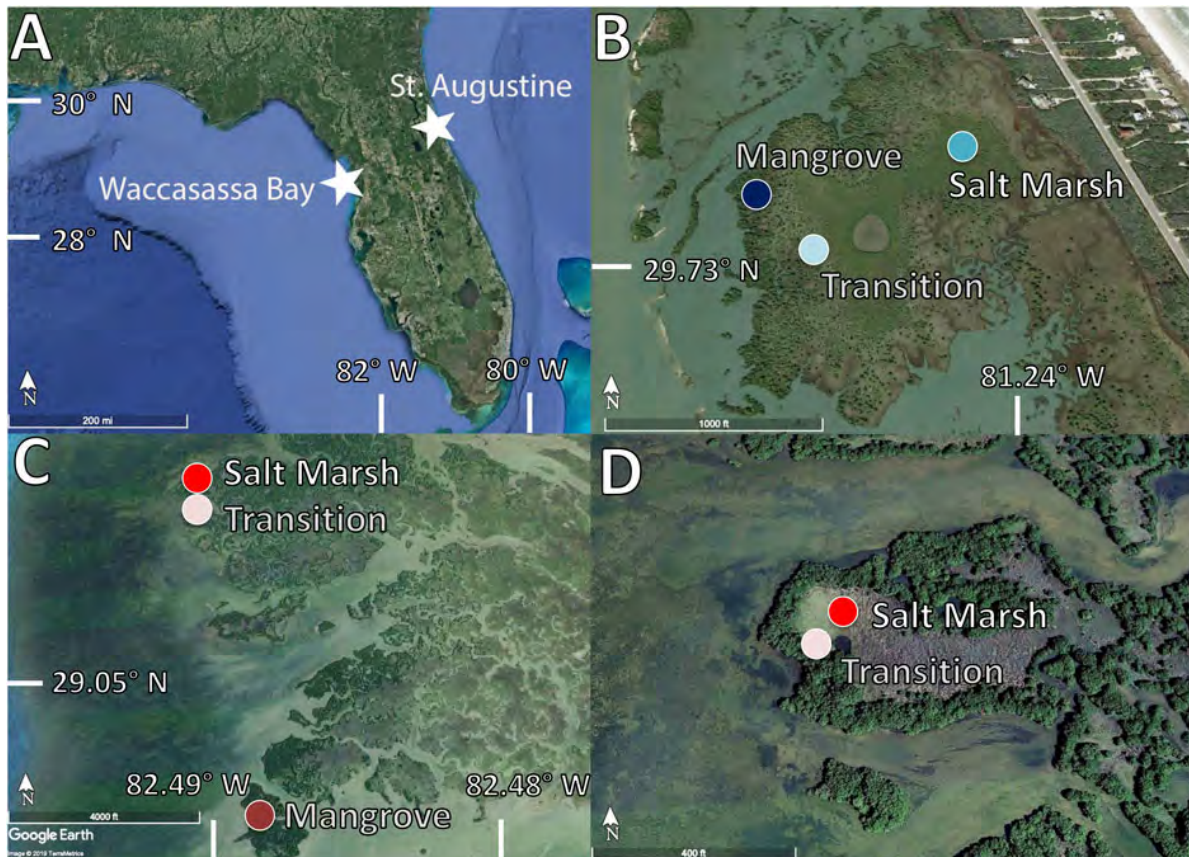
出典:Rita Erven, GEOMAR
https://www.oceannets.eu/contents/uploads/2022/10/OceanNETs_poster_withWPs_A0_221005web.pdf

a. 温室効果ガス削減 7. ブルーカーボン (2) 事例

フロリダ州北部湿地帯におけるブルーカーボン土壌ストックの蓄積：フロリダ大学 (米国)

- マングローブや塩性湿地などのブルーカーボン生息地は、炭素埋没ホットスポットとして認識され、その量の推計方法を確立していくことが重要。
- フロリダ州北部の大西洋岸及びメキシコ湾岸の湿地帯におけるブルーカーボン蓄積量を分析、ブルーカーボンの生育地域における炭素蓄積量が深いケースがあるため、岩盤部分までの炭素蓄積評価が必要。

調査フィールド



A : フロリダの地図
 B : セント・オーガスティンのマングローブ植生帯(濃い赤)、塩性湿地植生帯 (中程度の赤)、遷移帯 (明るい青)
 C : Waccasassa Bay のマングローブ植生帯 (濃い赤)、塩性湿地植生帯 (中程度の赤)
 D : Waccasassa Bayの塩性湿地植生帯 (中程度の赤)、遷移帯 (薄い赤)

- 大西洋岸の湿地は、航行のための浚渫や土地利用開発のような侵食性の高い人為的活動が増加すると、最上部1メートル以下の炭素が露出する可能性大。
- 湿地でのボートの利用が増加すると、ボートの航跡によって、塩性湿地が砂の平坦地になり、乱されていない植生の塩性湿地と比較して著しく大きな浸食率に直面し、土壌露出の深度が増加。

資金支援：地質科学の寄付講座

出典:地球科学、2021年2月8日
<https://doi.org/10.3389/feart.2021.552721>
 出典:フロンティアメディアSA WEBサイト
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2021.552721/full>

a. 温室効果ガス削減 8. バイオ炭 (1) 技術概要

バイオ炭の製造技術

- バイオ炭は、非晶質・芳香族物質であり、高い疎水性、アルカリ性、栄養塩保持能力、低い熱伝導性、高いエネルギー含有量、外部の有機・無機化合物と相互作用できる高い表面空隙率などの特性があるが、これらの特性は、原料の種類やバイオ炭の製造条件に大きく依存。

バイオ炭製造技術と収量の特徴

製造技術	温度 (°C)	滞留時間(分)	圧力 (atm)	その他の条件	バイオ炭収量 (%)
①-1 低速熱分解	300-800	>60	1	No oxygen; Moisture content < 15-20%; Heating rate < 10 °C/min	30-55
①-2 高速熱分解	450-600	~0.02	1	No oxygen; Moisture content < 15-20%; Heating rate ≥ 200 °C/min	10-25
②ガス化	750-1000	0.2-0.4	1-3	Limited oxygen supply Moisture content 10-20%; Heating rate ~1000 °C/min	14-25
③乾留	200-300	15-60	1	No oxygen; Moisture content < 10%; Heating rate < 50 °C/min	70-80
④水熱炭化(HTC)	180-300	5-240	1-200	Moisture content 75-90%	50-80

出典: Bruno Garcia, et al., MDPI (2022)

a. 温室効果ガス削減 8. バイオ炭（2）事例

HORIZON EUROPEにおける関連研究公募テーマ：EU

- 2022年度のHORIZON EUROPEの枠組として公募されたプログラムのうち、土壌炭素に関する予算は2,300万ユーロ。

研究プログラムと予算の例

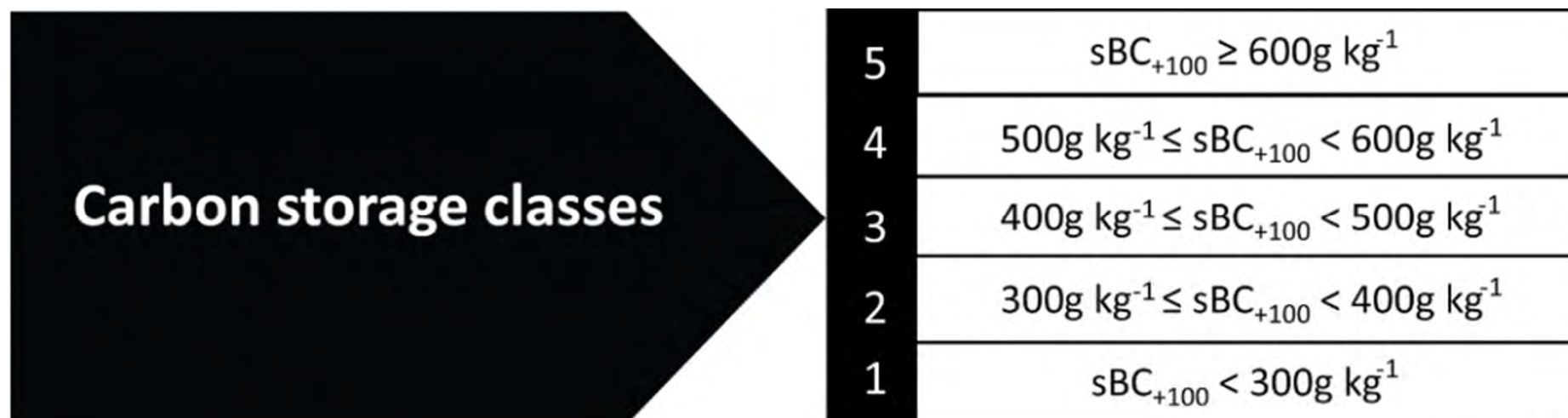
プログラムパッケージタイトル	2022年度予算（万ユーロ）
HORIZON-CL6-2021-CLIMATE-01-07：（農業）土壌炭素に関する国際研究コンソーシアム	300
HORIZON-CL6-2022-CLIMATE-01-03:気候変動に対応した農業の実証ネットワーク - アドバイザリーサービスの役割の強化	2,000

a. 温室効果ガス削減 8. バイオ炭 (2) 事例

バイオ炭の分類 : International Biochar Initiative (IBI)

- バイオ炭の物理化学的特性 (①炭素貯蔵度、②P、K、S、Mgに基づく肥料適正度、③石灰含有度、④粒度) に基づきグレードを分類。
- 特性の1つである「炭素貯蔵度」では、少なくとも今後100年間土壌に残ると推定される有機炭素量 (sBC₊₁₀₀ ; stock BioChar) によって、5つのグレードに分類。

炭素貯蔵度に関する5つのグレード



5	$sBC_{+100} \geq 600g\ kg^{-1}$
4	$500g\ kg^{-1} \leq sBC_{+100} < 600g\ kg^{-1}$
3	$400g\ kg^{-1} \leq sBC_{+100} < 500g\ kg^{-1}$
2	$300g\ kg^{-1} \leq sBC_{+100} < 400g\ kg^{-1}$
1	$sBC_{+100} < 300g\ kg^{-1}$

※sBC+100の単位：100年間土壌に残ると推定される
バイオ炭1kg当たりの有機炭素貯蔵量 (g)

出典:International Biochar Initiative WEBサイト
<https://biochar-international.org/resources/biochar-classification-tool/>