

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の実現

小林泰男（北海道大学）



農研機構

全農

名古屋大学

東京大学

国立研究開発法人 物質・材料研究機構
National Institute for Materials Science

産総研

JSFA 一般社団法人
日本科学奨励協会

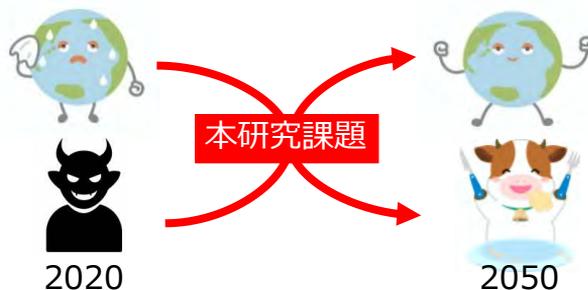
FUSO



ムーンショット型研究開発制度は、我が国発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発（ムーンショット）を推進する新たな制度です。



ムーンショット目標 5
2050年までに、未利用の生物機能等のフル活用により、
地球規模でムリ・ムダのない持続的な食料供給産業を創出



環境保全と
畜産物供給増
の両立

私たちとの歴史はどのくらい？

動物	最初に飼いならされた国	いつごろ
犬	不明	~14-30,000BC?
羊	西アジア	8500 BC
猫	地中海東部~ベルシャ湾地域	8500 BC
ヤギ	西アジア	8000 BC
豚	西アジア	7000 BC
牛	東サハラ	7000 BC
ニワトリ	アジア	6000 BC
モルモット	アンデス山脈	5000 BC
タウリン牛	西アジア	6000 BC
コブウシ	インダス溪谷	5000 BC
リャマ、アルパカ	アンデス山脈	4500 BC
ロバ	北東アフリカ	4000 BC
馬	カザフスタン	3600 BC
蚕	中国	3500 BC
フタコブラクダ	南ロシア	3000 BC
ヒトコブラクダ	サウジアラビア	3000 BC
ミツバチ	エジプト	3000 BC
バンテン	タイ	3000 BC
水牛	パキスタン	2500 BC
アヒル	西アジア	2500 BC
ヤク	チベット	2500 BC
ガチョウ	ドイツ	1500 BC
マンゴー	エジプト	1500 BC
トナカイ	シベリア	1000 BC
七面鳥	メキシコ	100 BC-AD 100



私たちにとって家畜はどう有益か？

1. 栄養価が高く、
高タンパクであり(バランスのとれたアミノ酸を含む)
他の必要不可欠な栄養素を含む

タンパク質中のアミノ酸組成の比較(mg/g protein)

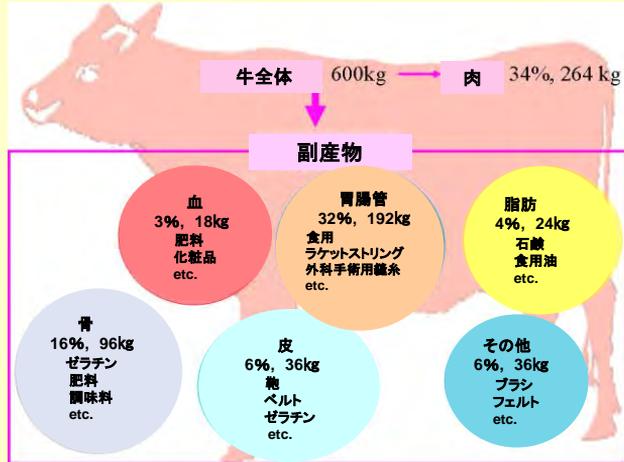
アミノ酸	母乳	牛乳	鶏全卵	牛肉	大豆	ホエー(乳清)
ヒスチジン	26	27	22	34	19	16
イソロイシン	46	47	54	48	49	54
ロイシン	93	95	86	83	82	89
バリン	55	64	66	50	48	82
リジン	66	78	70	89	64	88
メチオニン	42	33	57	40	26	32
チロシン	72	102	93	80	92	65
スレオニン	4	44	47	46	38	65
トリプトファン	17	14	17	12	14	22
合計	421	504	512	482	432	513

アミノ酸値がもっとも高いものを青、また低いものを赤で示している。「タンパク質消化吸収補正アミノ酸スコア(PDCAAS)」タンパク質の消化吸収率を最も数値の低い必須アミノ酸の数値を評価値として判断する方法。PDCAASは幼児期(2-5歳)に必要なアミノ酸必要量を基準に人体に必要なたんぱく品質を分類している。この評価方法では3種類のたんぱく質だけが「完全」とみなされている。

私たちにとって家畜はどう有益か？

2. 高機能な副産物

皮, 毛, 胃, ゼラチン, 他にもたくさん



私たちにとって家畜はどう有益か？

3. 廃棄物や食用に適さないものを消費 : 食べ残し、産業副産物、草類など



私たちにとって家畜はどう不利益か？

1. 食糧と家畜飼料との競合

家畜用穀物の需要の高まり

穀物が畜産物に転換される効率は低い

2. 環境問題

温暖化ガスの排出 (メタン, 二酸化炭素, N₂O)

水資源の枯渇、水質汚染

生物多様性の破壊

etc.

私たちが直面している問題とは？

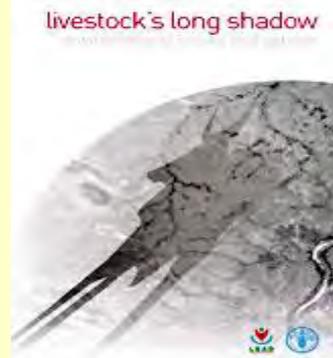
(FAOのかかげる罪状)

Livestock's long shadow

(忍び寄る家畜の影)

FAO (2006)

<http://www.fao.org/docrep/010/a0701e/a0701e00.HTM>



畜産業は環境問題の原因として上位に

地球温暖化: 畜産業から出るメタン、二酸化炭素、亜酸化窒素

水質汚染: 動物糞、農薬、肥料 etc.

海洋生態系の破壊: 地球温暖化、水質汚染、乱獲 etc.

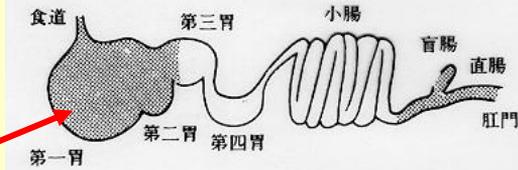
水資源の枯渇: 飼料用農地の灌漑

ルーメン: 牛の第一胃は多様で膨大な数の微生物が共生する消化発酵槽である。

豚

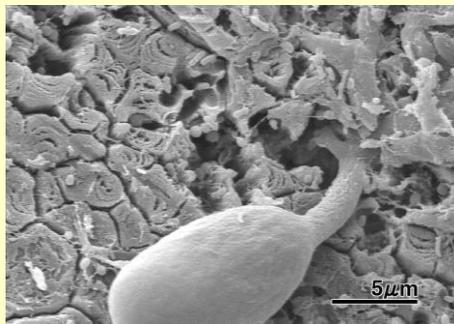
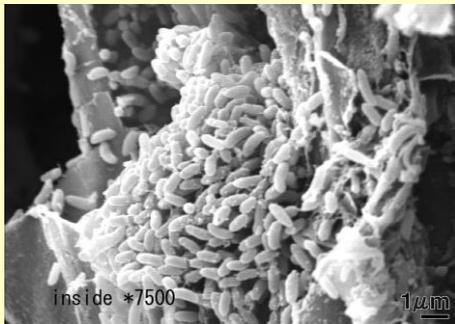
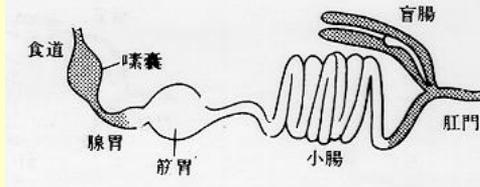


牛



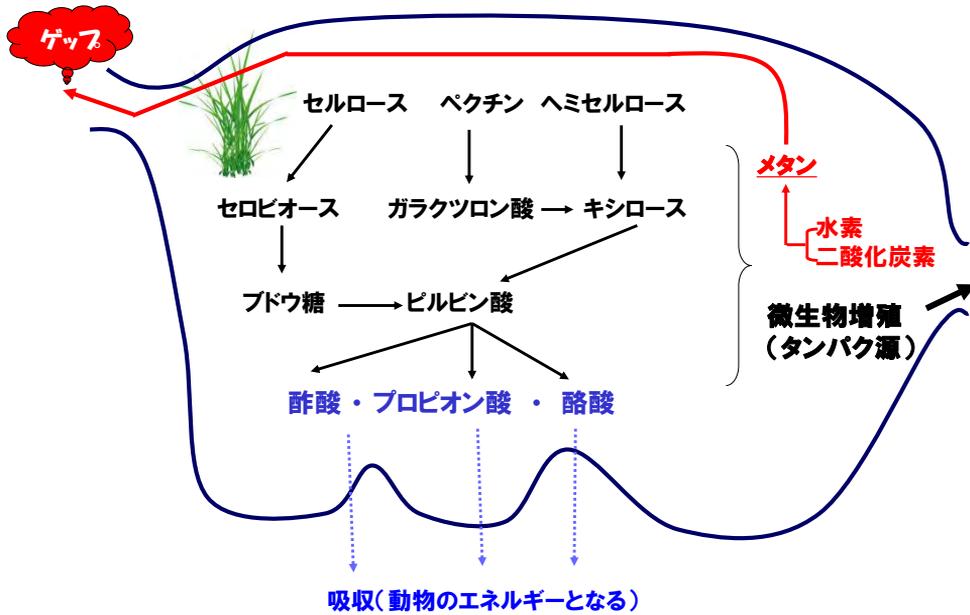
第一胃
(ルーメン)
70-100L

ニワトリ



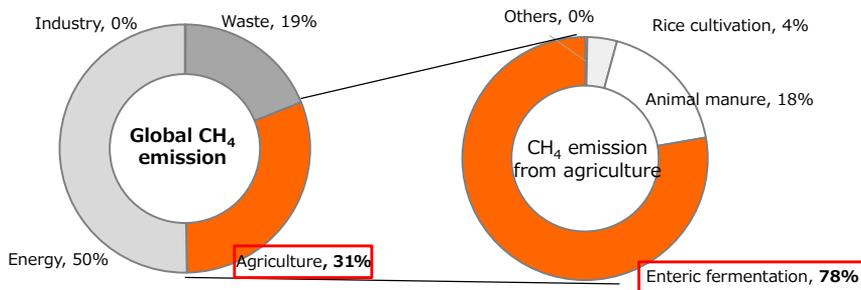
ルーメンにすむ微生物たち

草を消化し牛へエネルギー供給
同時にメタンも放出



ルーメン発酵では有用物(短鎖脂肪酸)とそうでない物(メタン)が生成

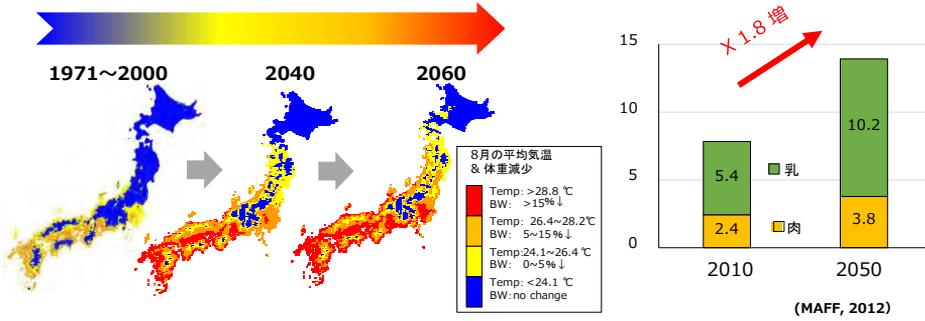
- ✓ 温暖化は全世界で災害の原因となっている
- ✓ パリ協定で「日本は2050年までにGHGの80%削減」を表明
- ✓ 農業はメタンガスの主要な排出源で、主に消化管発酵由来である。
- ✓ 私たちの研究ではウシ第一胃(ルーメン)由来メタンの80%削減をはかる



United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)
Green House Gas Inventory Data 2015

- ✓ ウシは暑熱耐性が低く、温暖化がとつくと生産の減少は必至
- ✓ 畜産物の需要は 2050年に1.8倍（2010年比）に高まる ←人口増加と経済の進展

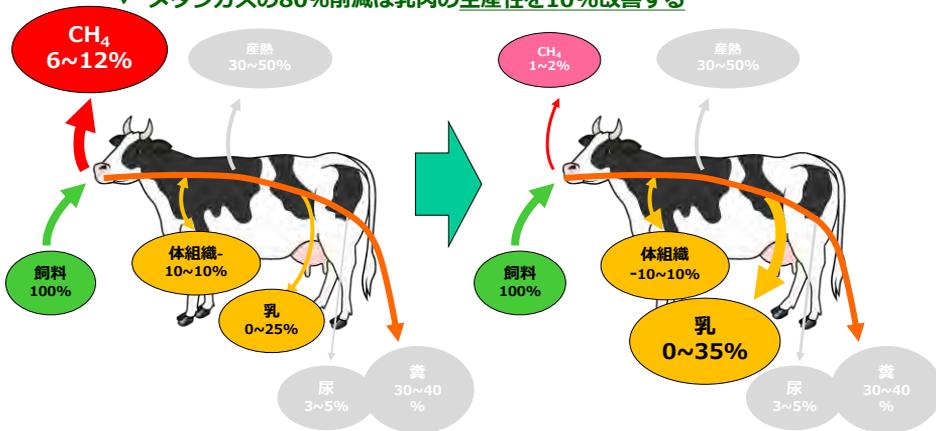
気温上昇& 家畜生産減少



畜産物供給にかかわる懸念

牛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の実現

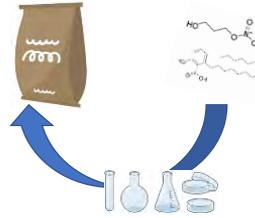
- ✓ 飼料エネルギーの6-12%がメタンガスとして損失する
- ✓ メタンガスの80%削減は乳肉の生産性を10%改善する



生産性10%改善は 43%の経営利益向上をもたらす (Fox ら. 2001)

メタン削減への3本の矢

1. 即効戦略: メタン低減飼料



2. 中・長期戦略: 低メタン牛の特定

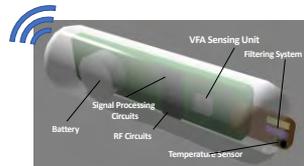


3. 組み合わせる新技術:

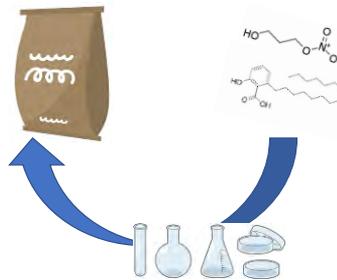
スマートピル

→胃内発酵を連続モニタリング

→精密なメタン制御



1. 即効戦略: メタン低減飼料



カシュー副産物

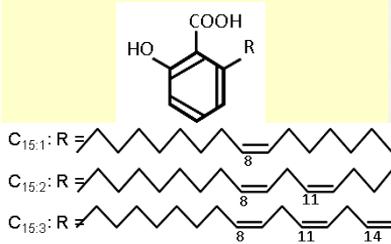


カシューナッツ(種子)

カシュー殻

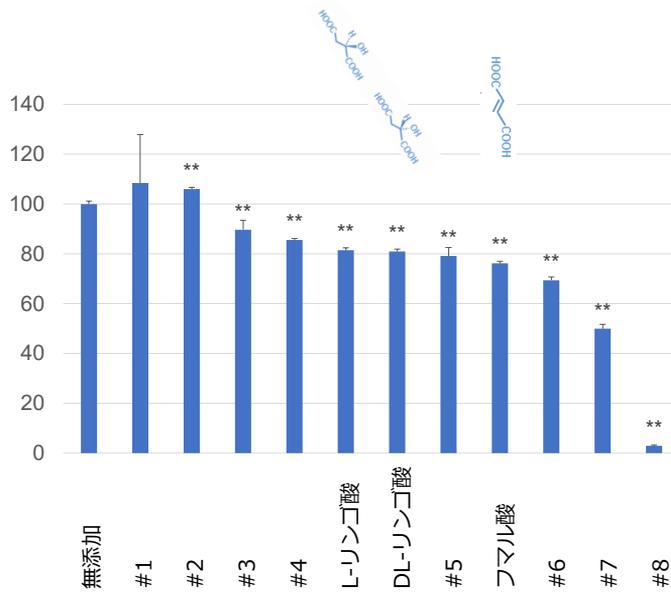


カシュー殻液



カシュー副産物が特定微生物を抑制(メタン低減へ)

北海道大学:
ルーメンのメタン低減効果を有する新素材の探索

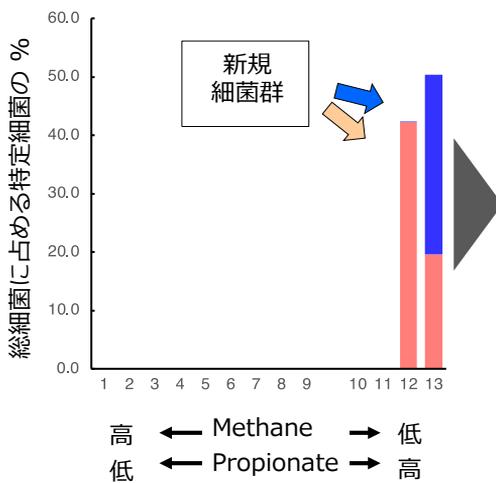


2. 長期戦略: 低メタン牛の特定・選抜

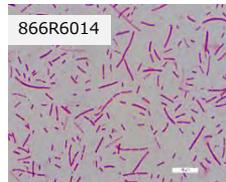
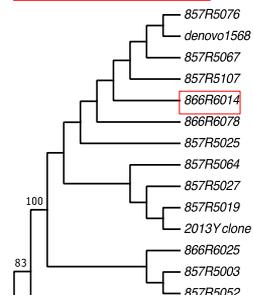


NARO:  農研機構

低メタン牛から新規細菌を分離・培養化に成功
→ 低メタン牛の特定・選抜に活用!



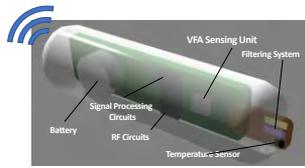
新規 *Prevotella*



3. 組み合わせる新技術:

スマートピル

→ルーメン内発酵パターンを連続モニタリング



スマートピル概念図

物質材料研&東京大学:
VFA 計測をめざしたルーメン留置型スマートピルの開発

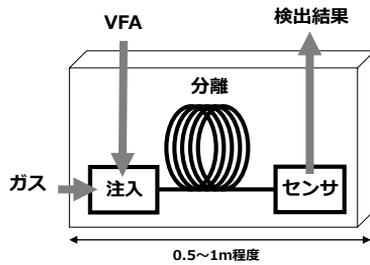
分離が容易

Cellulose
($C_6H_{10}O_5$)_n Amino acids

分離・検出が困難

VFAs
Acetate CH_3COOH Propionate CH_3CH_2COOH
Butyrate $C_4H_8O_2$

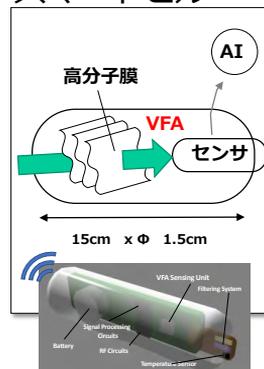
ガスクロマトグラフィー



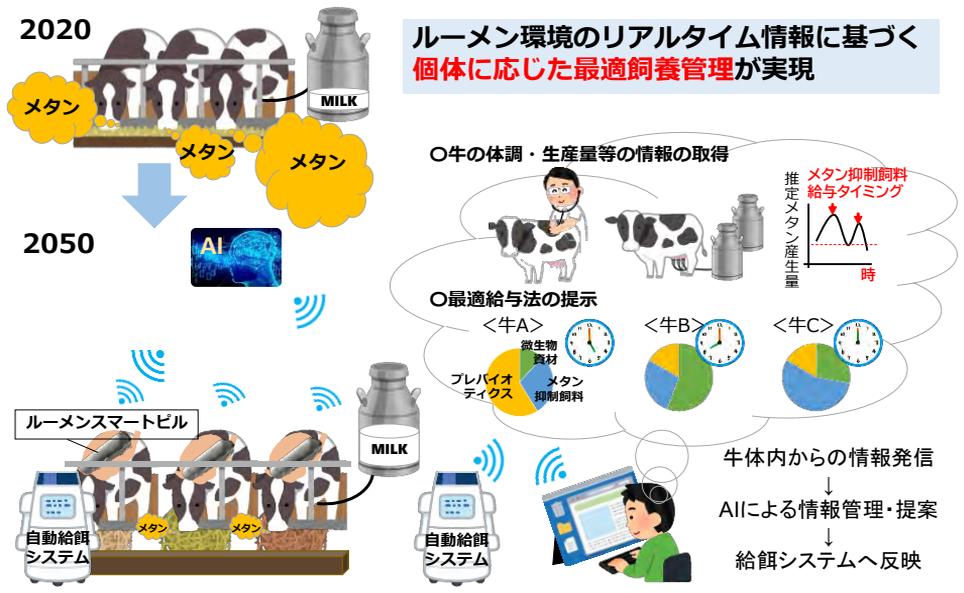
スマートピル



分離・検出の候補素材
1.人工脂質膜
2.高分子透過膜
3.NIR
4.共振式 VOC センサ

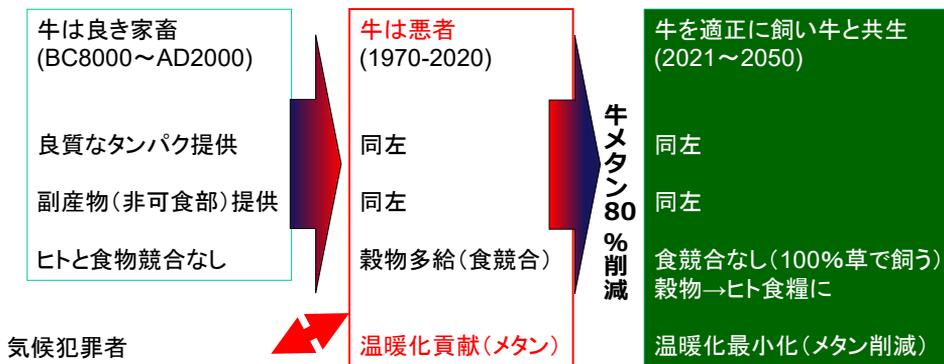


2050年に目標とする家畜生産の姿



北海道大学

本MS課題がおこすパラダイムシフト



気候犯罪者
地球のために牛を食べない
No Beef Monday (Paul McCartney)



徐々にGrass-fed milk & beefへ

飼料の原点回帰と生産性向上←科学技術
畜産物の嗜好転換←国民の認識と産業構造の変換

いずれも本MS課題の力で実現すること！