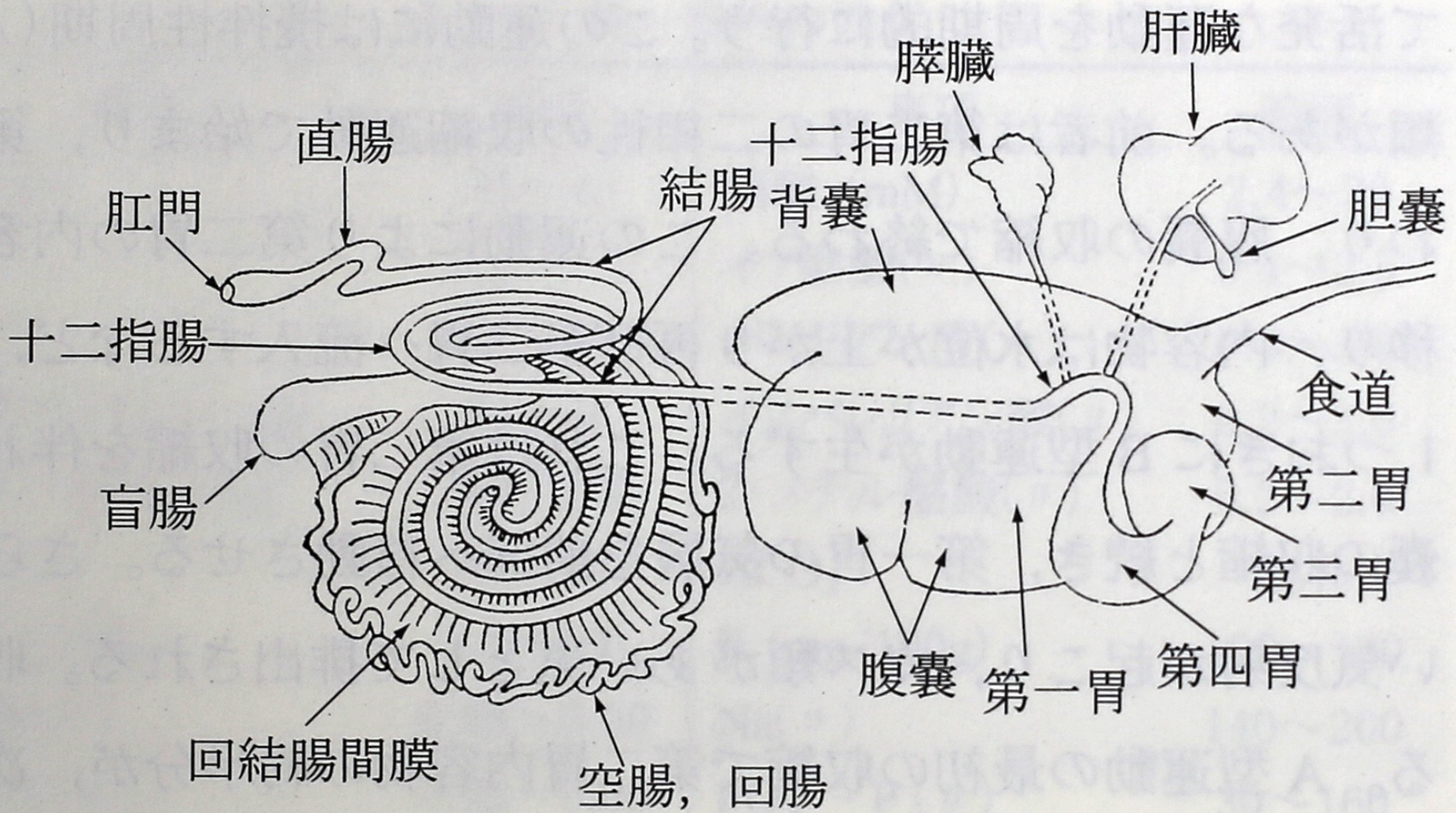




Obihiro University of Agriculture  
and Veterinary Medicine

# ウシのゲップのメタンを減らし 地球温暖化を防ぐ

帯広畜産大学  
西田武弘



反芻動物(ウシ)右側から見た消化器 加藤 1979



牛の第一胃 (焼肉のミノ)

Rumen

ミノ







牛の第二胃 (蜂房のハチノス)

Reticulum

ハチノス





Small white label at the top center of the image.

Omasum

センマイ

牛の第三胃 (焼肉のセンマイ)





牛の第四胃

Abomasum

ギアラ



# 京都議定書

1997年12月11日京都市

第3回気候変動枠組条約締約国会議(地球温暖化防止京都会議、COP3)で議決

地球温暖化の原因となる、温室効果ガス

二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)

メタン (CH<sub>4</sub>)

亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O)

フロン類

六フッ化硫黄 (SF<sub>6</sub>)

先進国における削減率 1990年を基準

各国別に定め 共同で約束期間内(2008～2012年)

に目標値を達成



# 温室効果ガスの対流圏の濃度, 寿命, 地球温暖化ポテンシャル

化合物	濃度		寿命(年)	地球温暖化ポテンシャル
	1759年	2021年		
二酸化炭素	280	416ppm	5-200	1
メタン	700	1908ppb	8.4	25
亜酸化窒素	270	335ppb	120	300

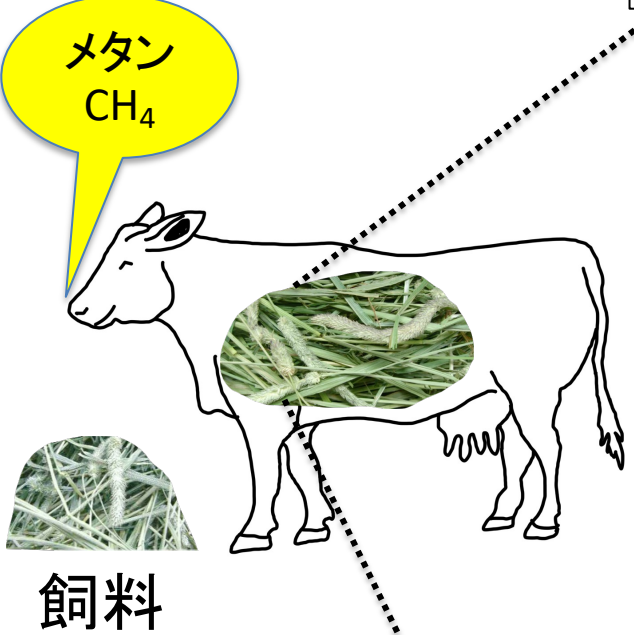
IPCC (2001), World Meteorological Organization (2022)



# メタン産生のしくみ

## 発酵産物

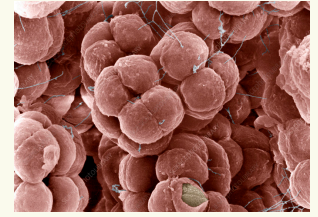
## メタンCH<sub>4</sub>



ウシの主要な栄養源

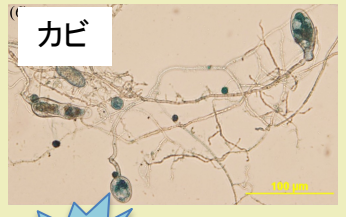
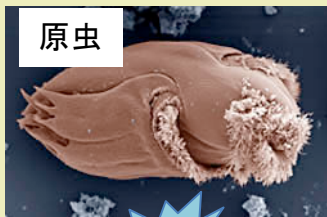
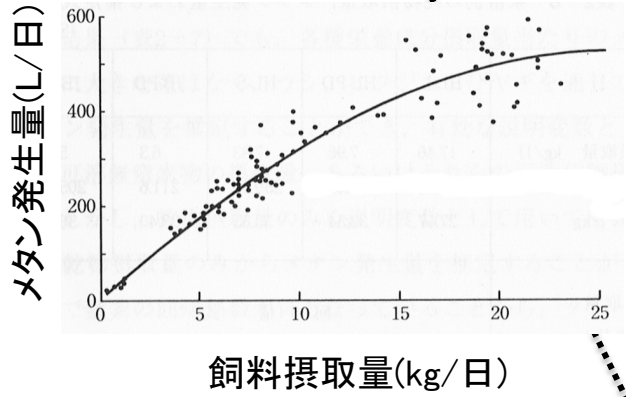
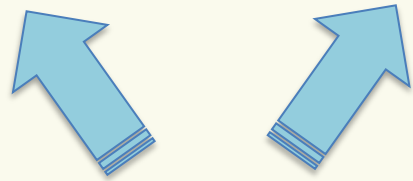
酢酸 酪酸 60~90%

プロピオン酸 10~40%  
(H<sub>2</sub>を消費)



メタン産生菌

H<sub>2</sub> ギ酸, CO<sub>2</sub>  
2(メタンの材料)



<https://agresearchmag.ars.usda.gov/2006/feb/animal/>  
<https://www.sciencephoto.com/media/799139/view>  
<https://www.sciencephoto.com/media/13212/view/halococcus-archaea-sem>  
<https://anaerobicfungi.org/neocallimastix/>



# メタン( $\text{CH}_4$ )

難溶性で血中には吸収されない

あい気(ゲップ)として口から

排出される

13.15kcal/gのエネルギー一価を持つ





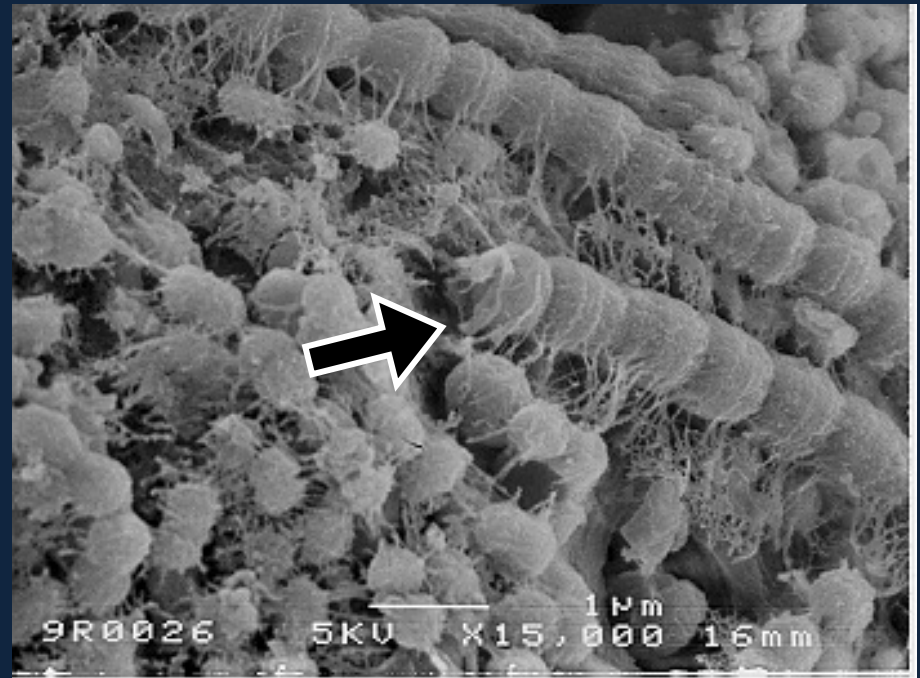
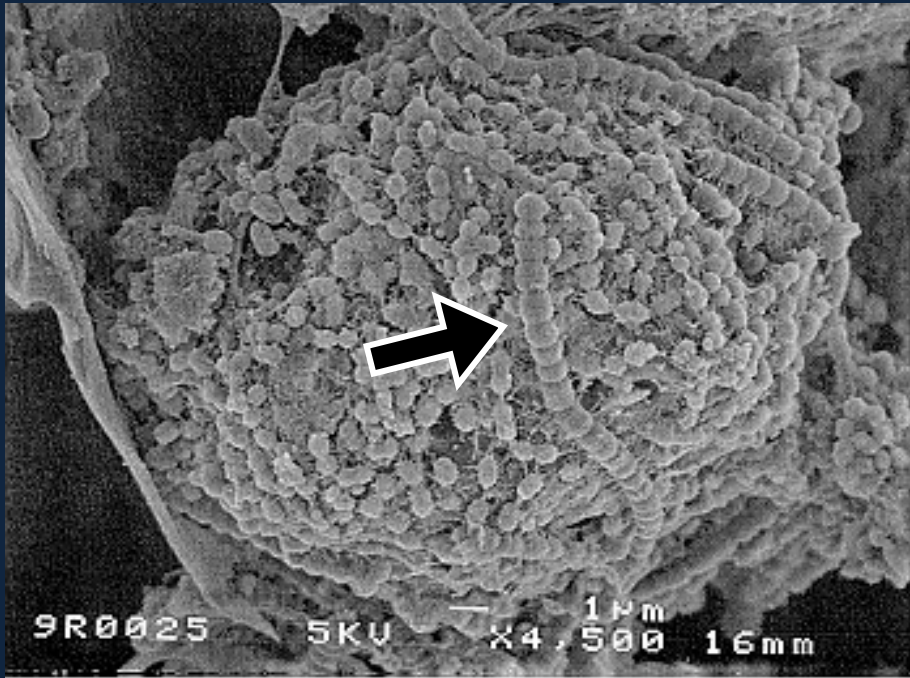
ゲツプ





ルーメン内プロトゾア

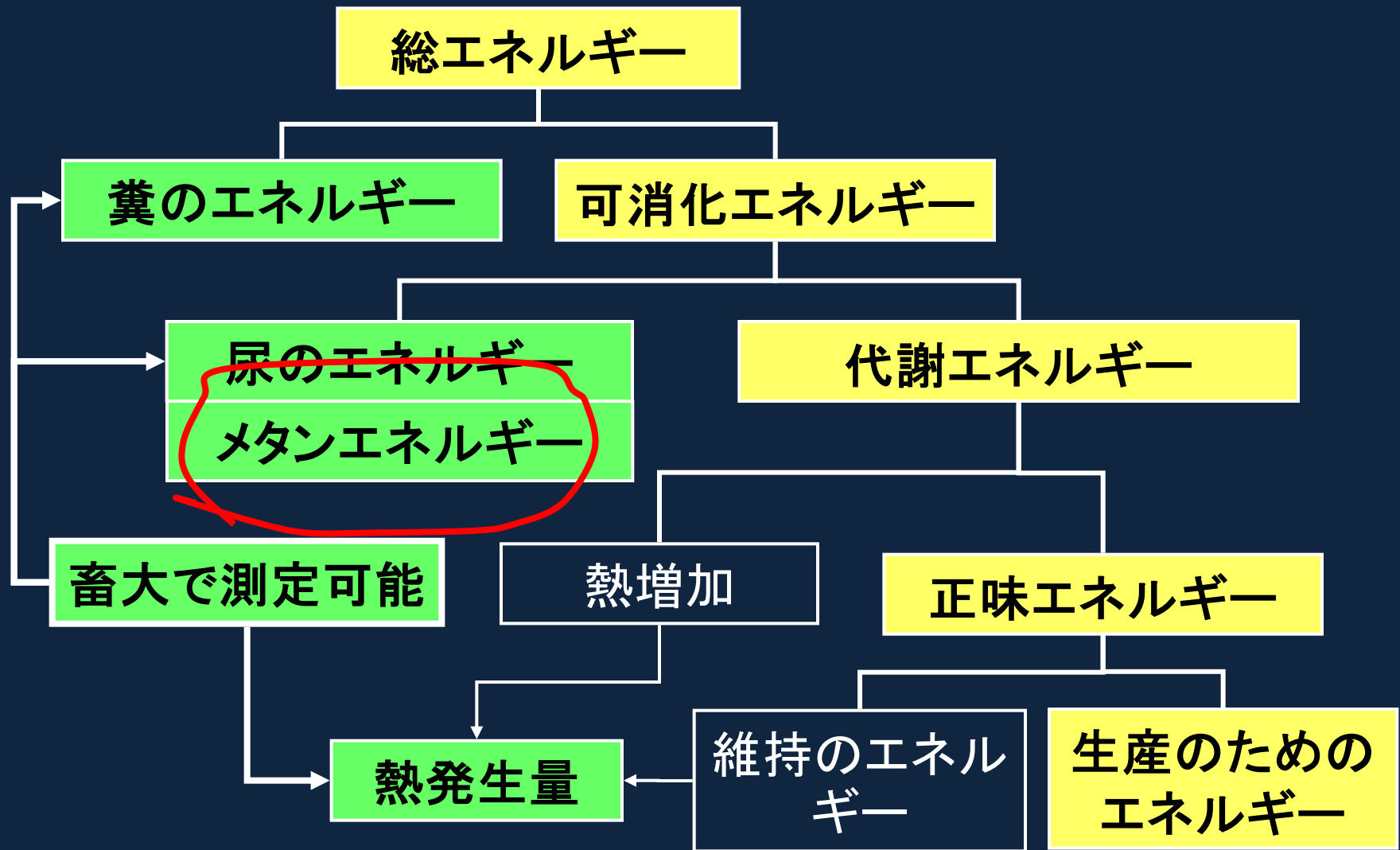




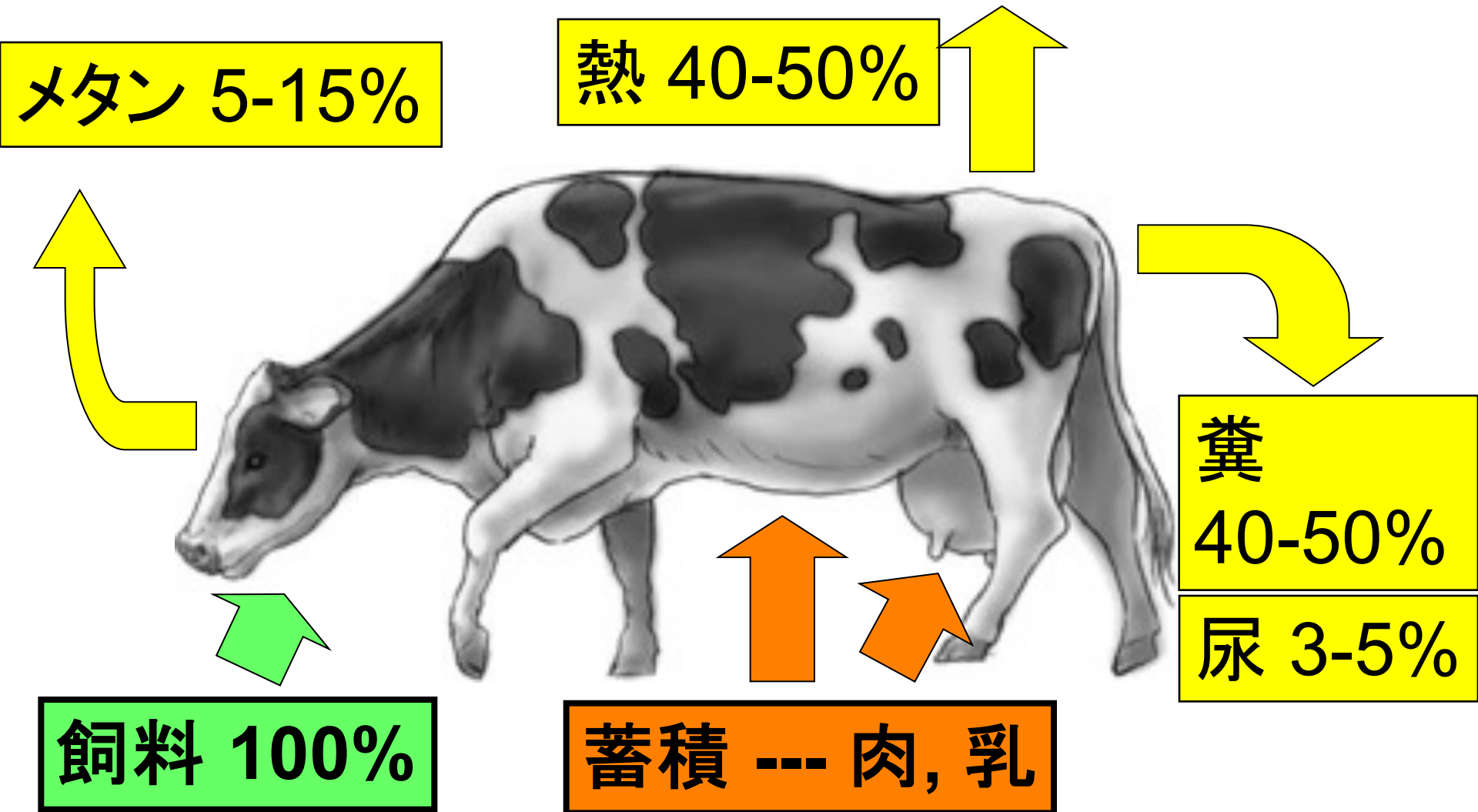
# メタン細菌



# 反芻動物における摂取飼料エネルギーの体内配分

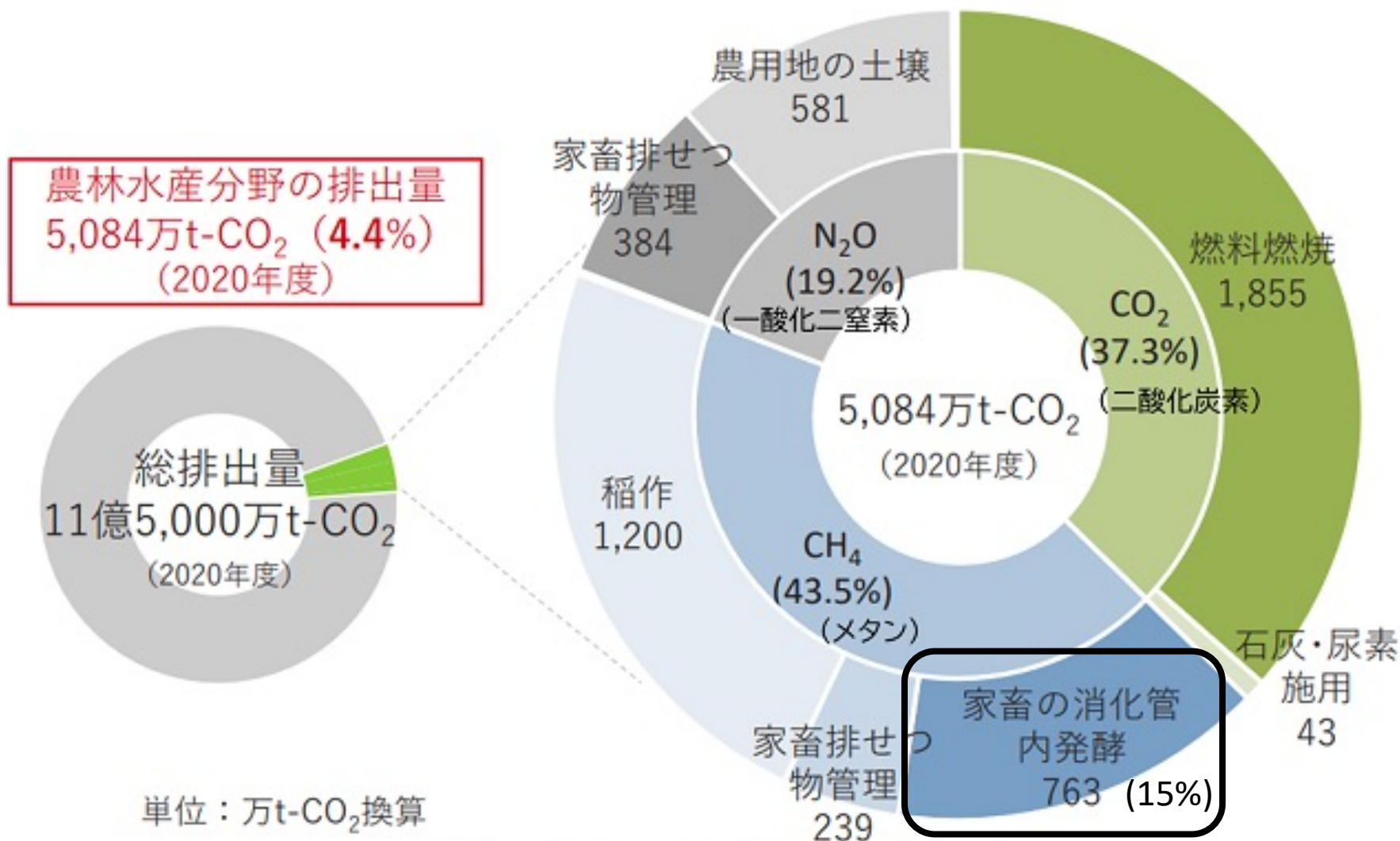


# エネルギーの体内配分





# 日本の農林水産分野の温室効果ガス排出量



単位：万t-CO<sub>2</sub>換算

\* 温室効果は、CO<sub>2</sub>に比べメタンで25倍、N<sub>2</sub>Oでは298倍。(全体の0.66%)

出典：国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ」を基に農林水産省作成

# 反芻家畜からのメタンが その国の温室効果ガス 発生量に占める割合

ニュージーランド	33%
オーストラリア	10%
アメリカ	5%
日本	0.5%



ルーメンから発生するメタンガス

1日 250～500リットル

浴槽の2倍超

1日 400リットルメタンとすると

泌乳牛

$400 \div 22.4 \times 16$ で

1日 286gメタン 365日で

1年 104kgメタン 21倍して

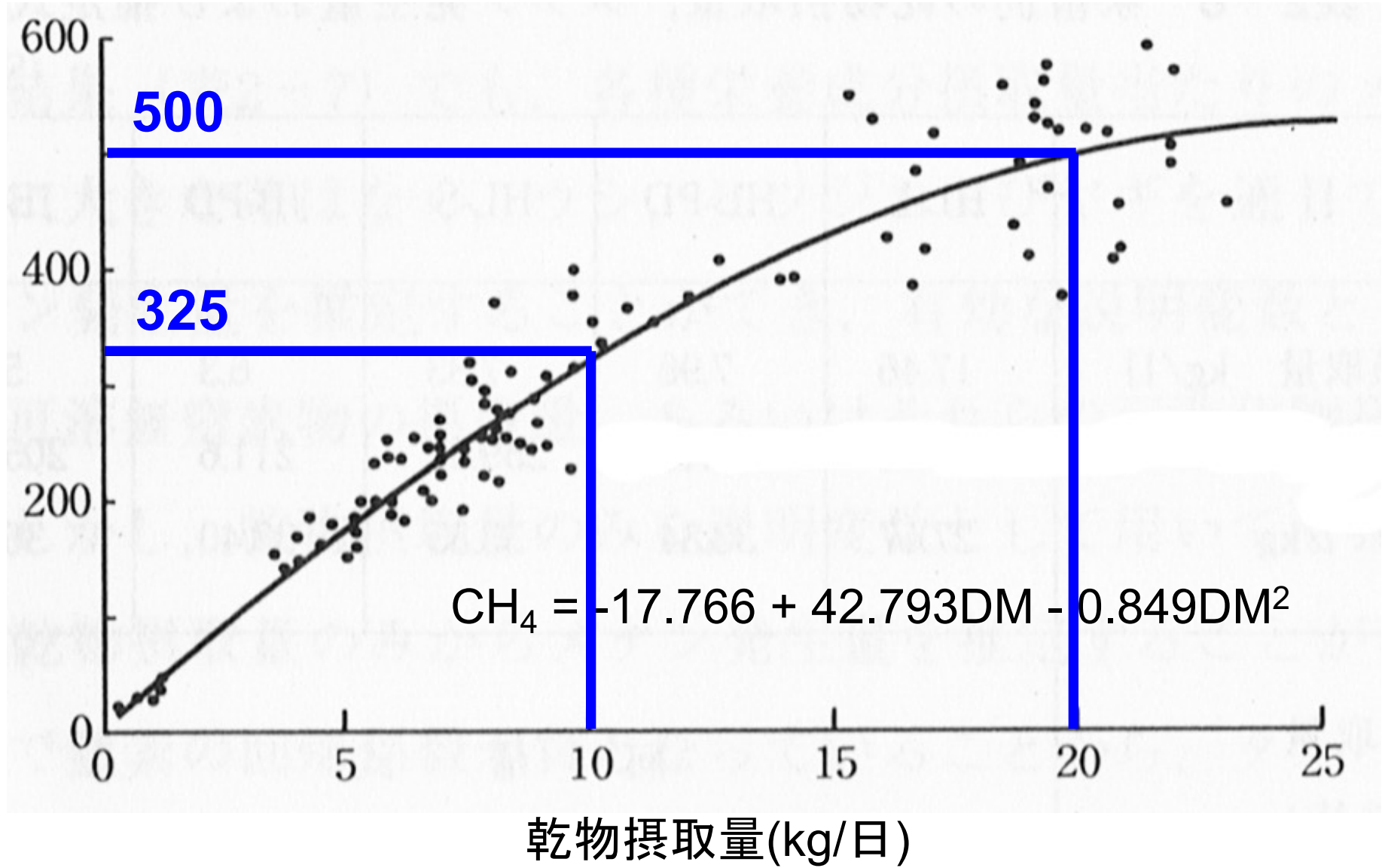
1年 2.19トン二酸化炭素

自家用車 2人が6,000km走る

2.1トン二酸化炭素(1年の平均)

ウシ14億頭  
車 10億台

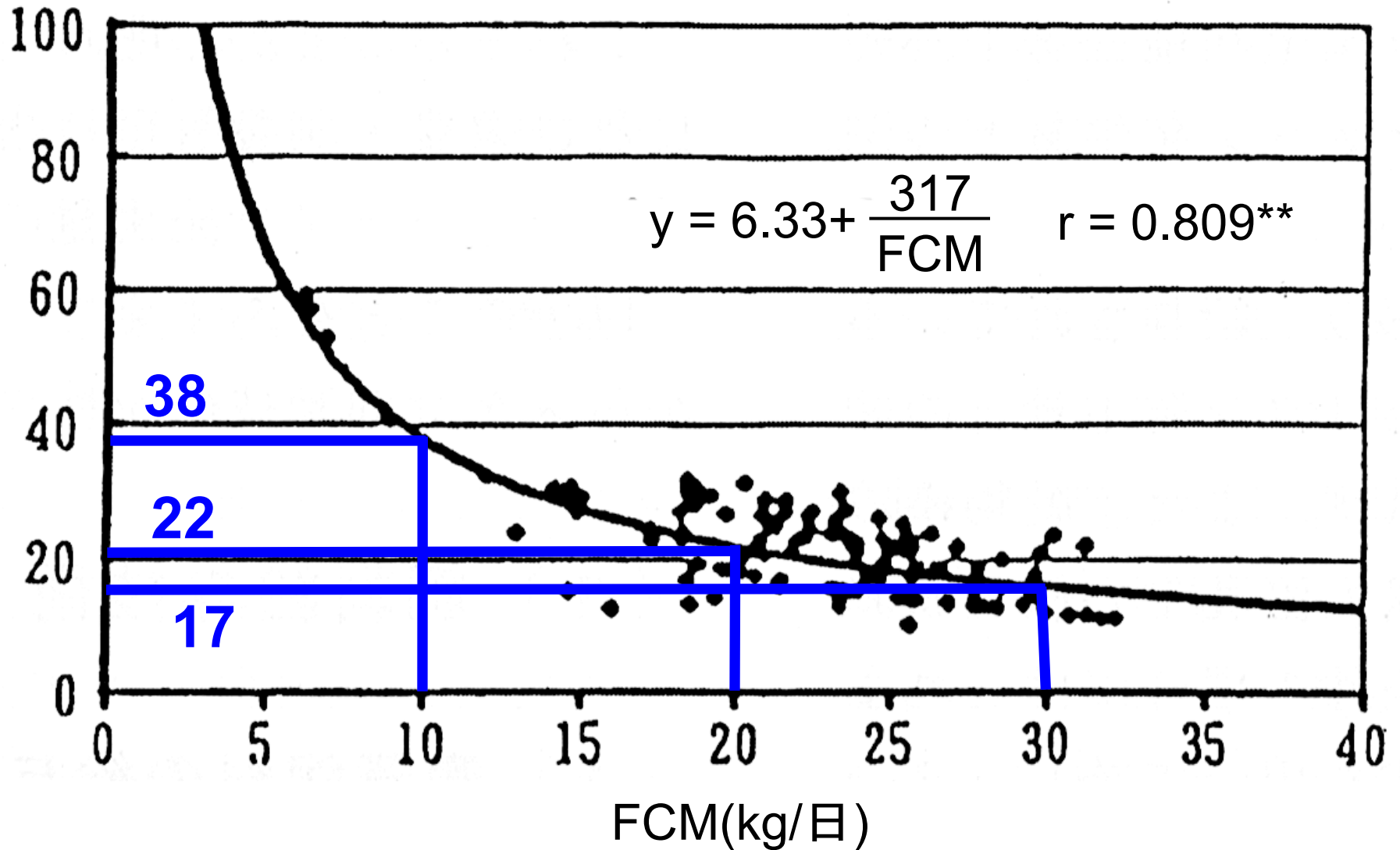
メタン発生量(L/頭/日)



乾物摂取量とメタン発生量との関係 (Shibataら1993)



メタン発生量(L/kgFCM)



4%脂肪補正乳量(FCM)メタン発生量との関係

(栗原ら1996)

のうりよく たか しょうすう か  
能力の高いウシを少数飼う

にゅうりょう

乳量

20kgの

ウシ



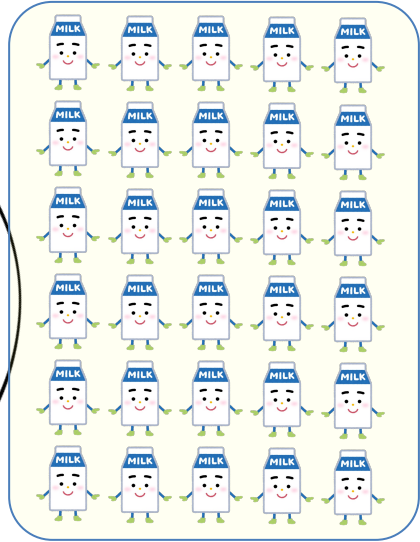
とう  
30頭



メタン  
13キロリットル

ぎゅうにゅう

牛乳600kg



にゅうりょう

乳量

30kgの

ウシ



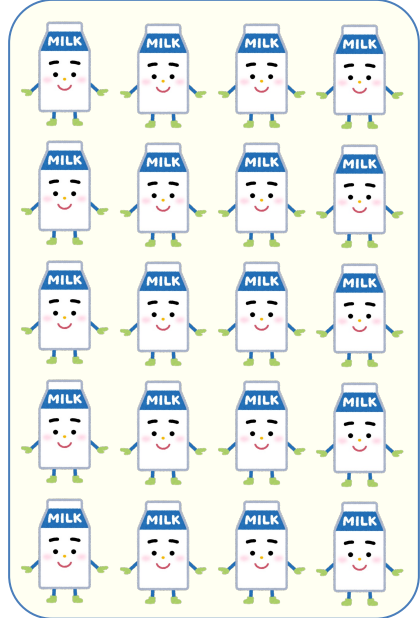
とう  
20頭



メタン  
10キロリットル

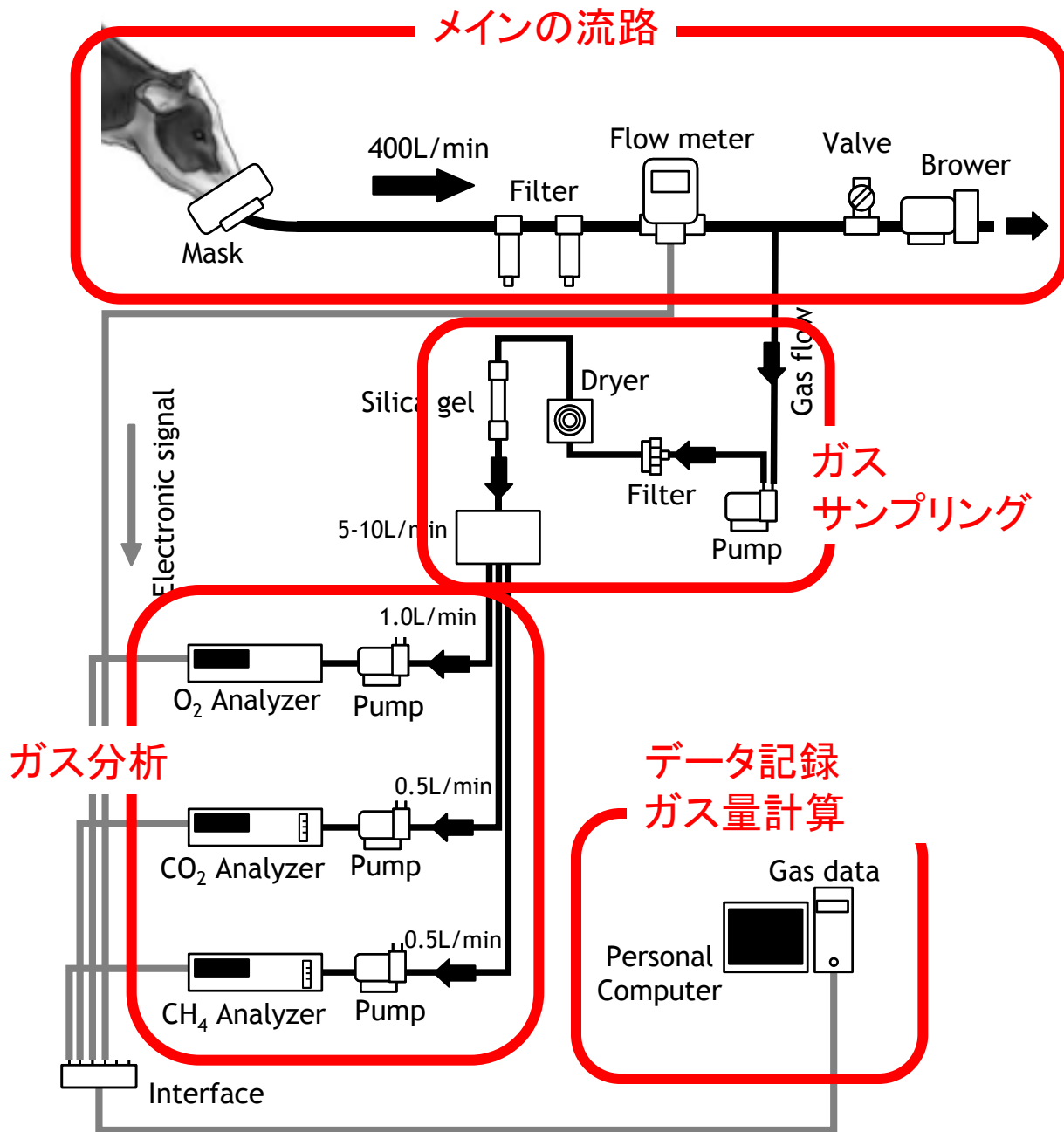
ぎゅうにゅう

牛乳600kg





# 呼吸試験装置 マスク法



(川嶋ら, 2002)



家畜からのメタン直接測定



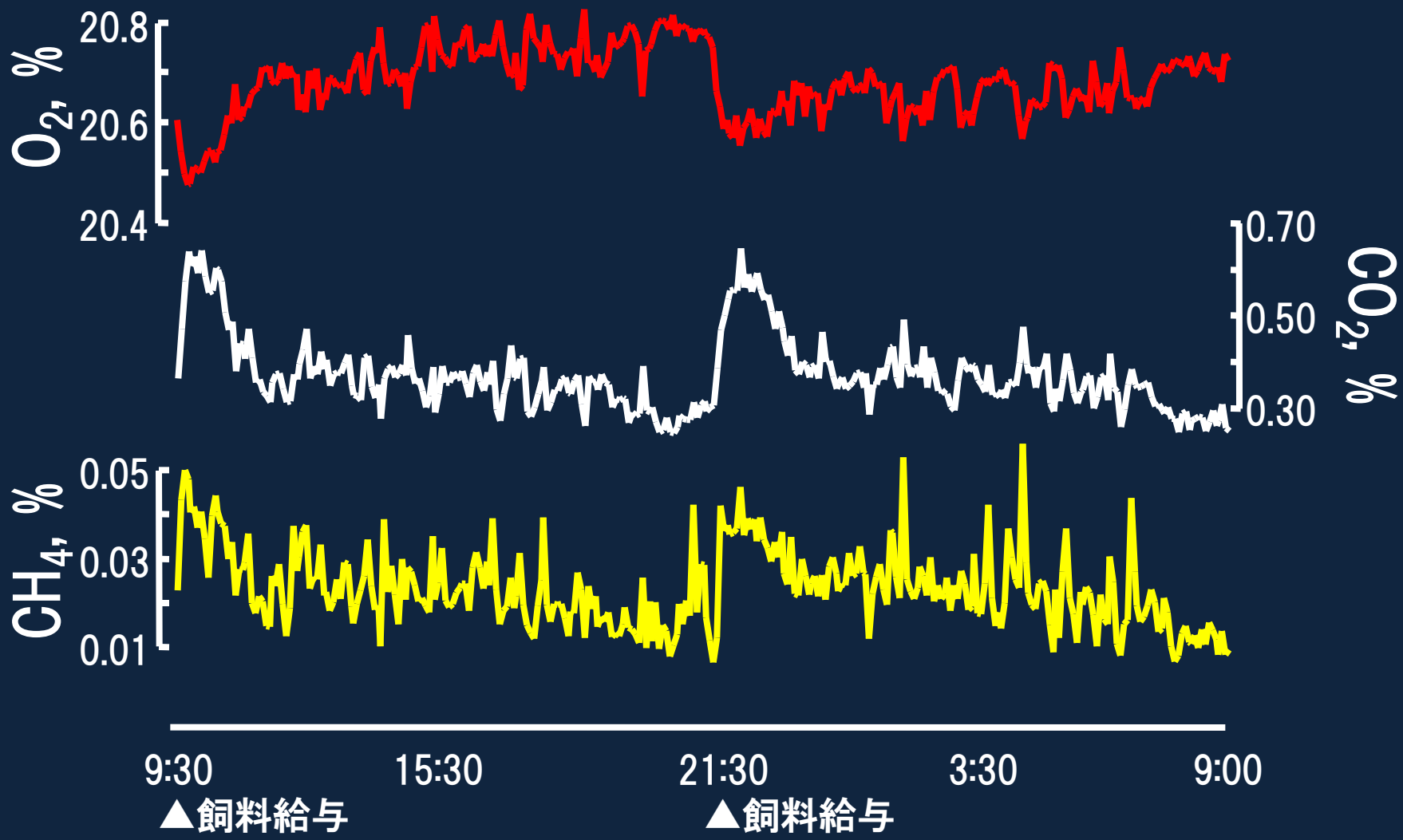
胃液との培養液からのメタン





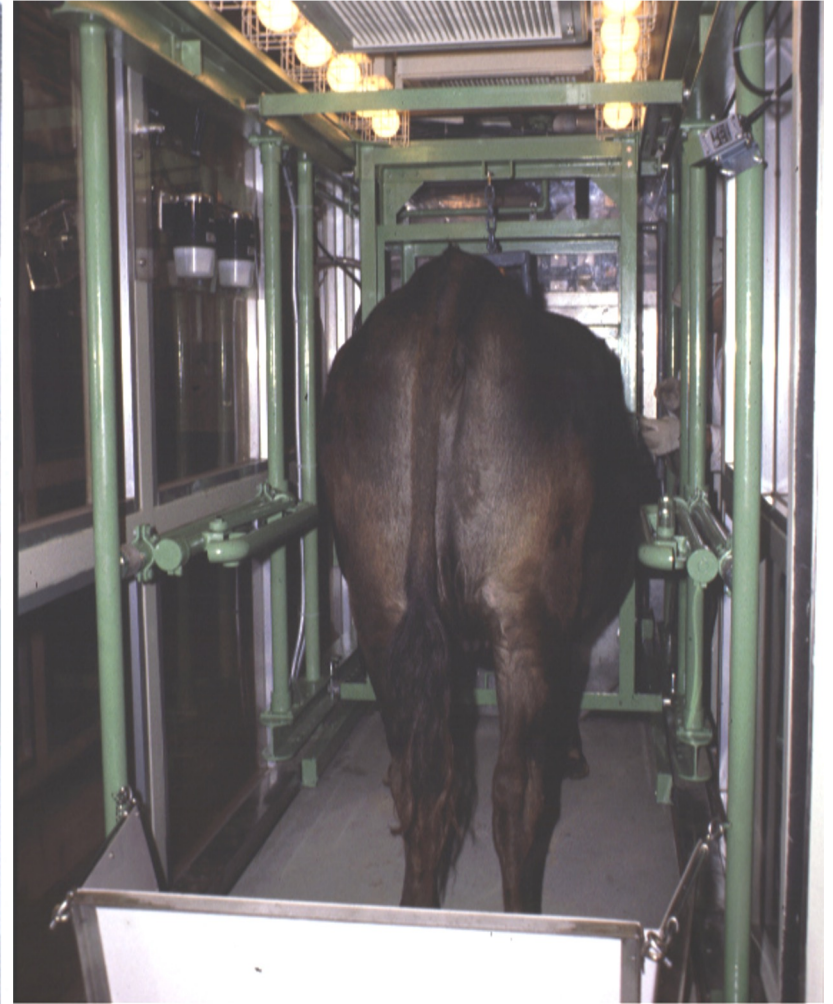
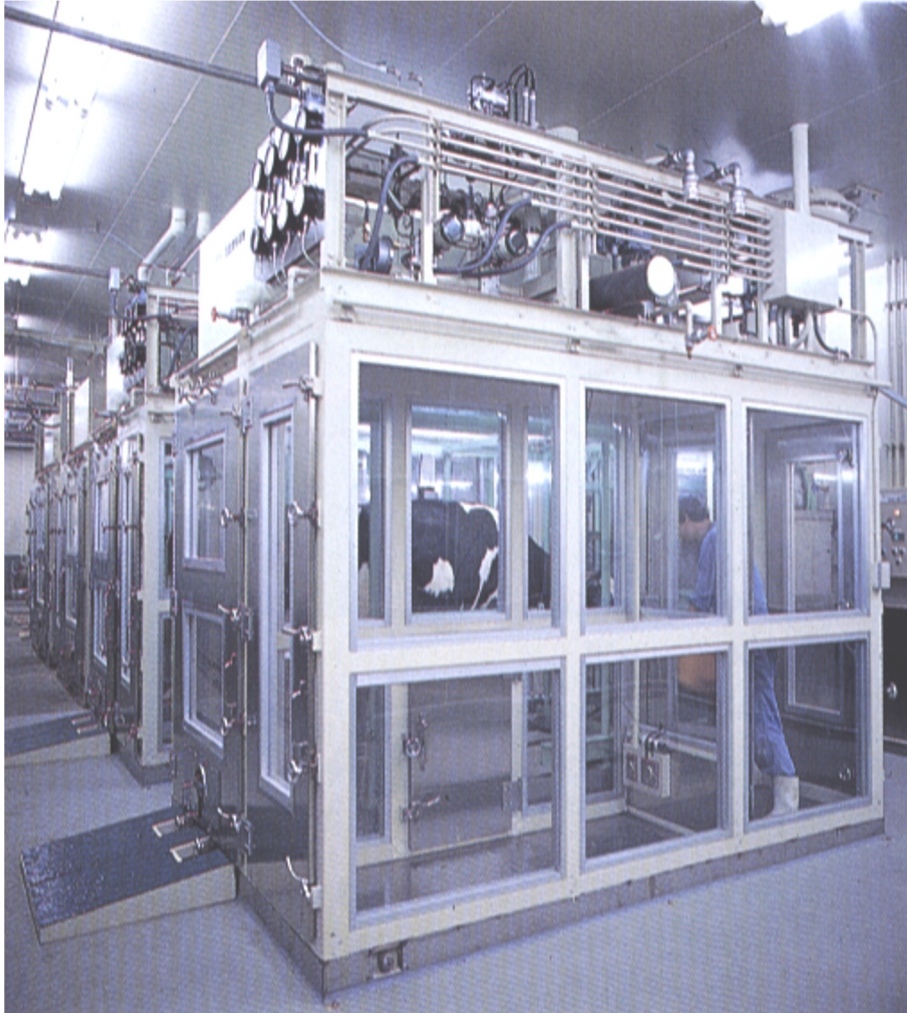
# 肉牛呼吸試験の一例

## ヘッドケージ内ガス濃度の日内変動





# 呼吸試験用チャンバー(つくば, 畜産草地研究所)



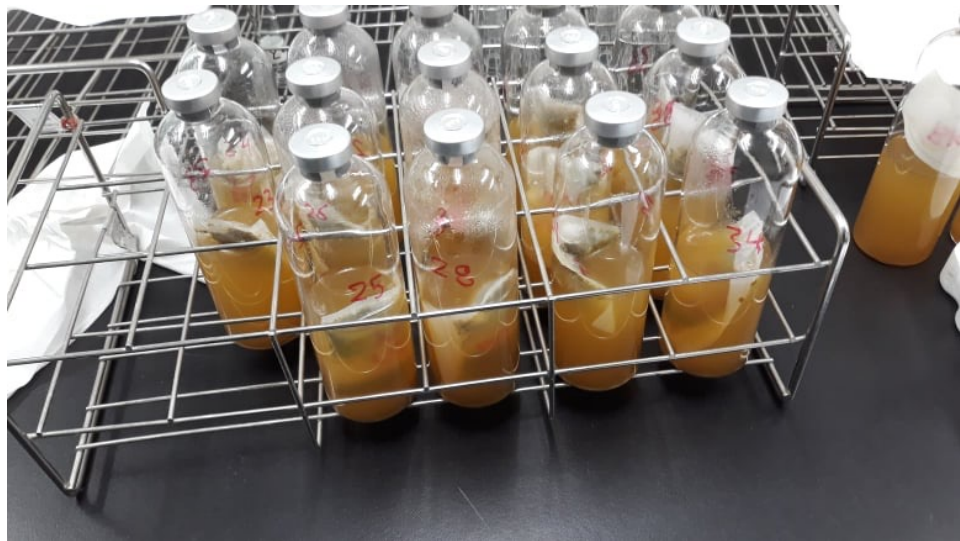
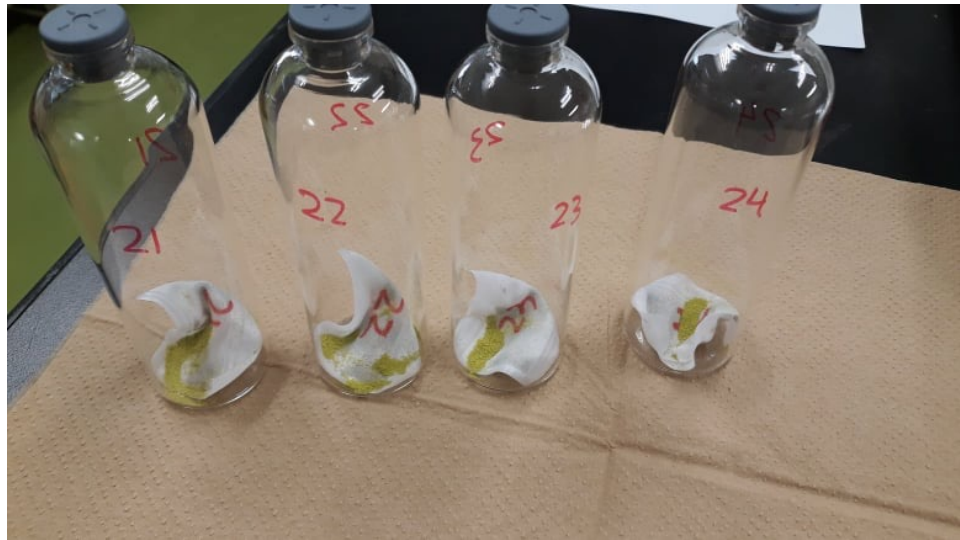










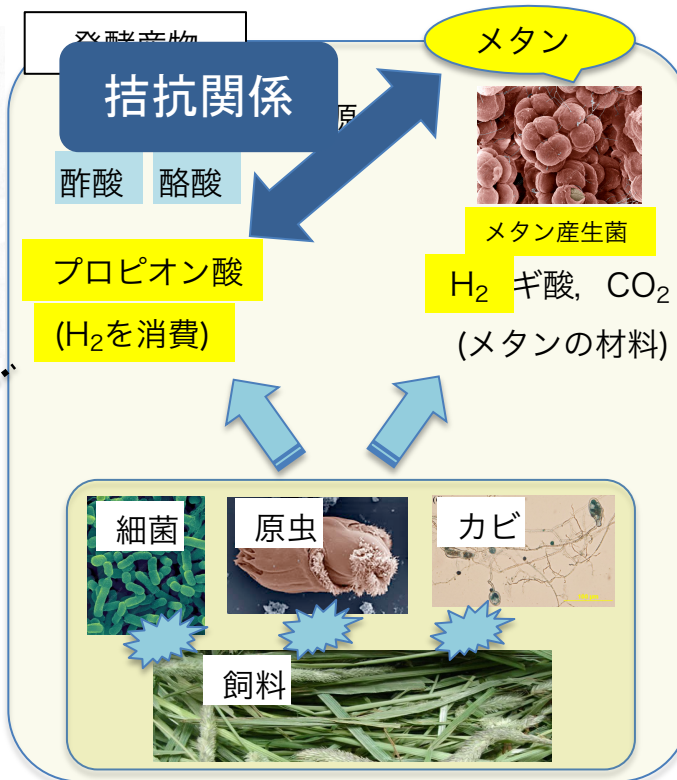
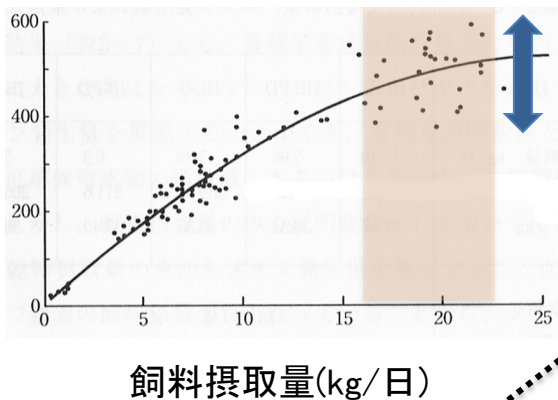


# メタンを低減するには

生産性向上につながる

メタン低減 と プロピオン酸産生 を両立させる

メタン発生量(L/日)



高メタン産生牛

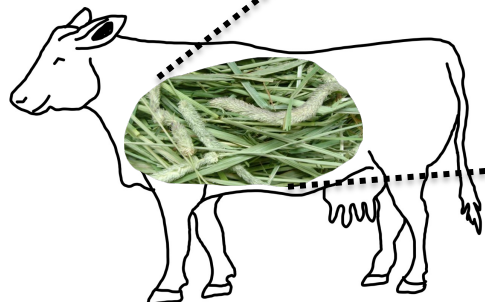


プロピオン酸産生

メタン産生



低メタン産生牛





# モネンシン(抗生物質)

原虫や細菌を阻害

水素生成を抑制

コハク酸や**プロピオン酸をつくる**

細菌の生育を間接的に促進

**メタン4~31%減少**

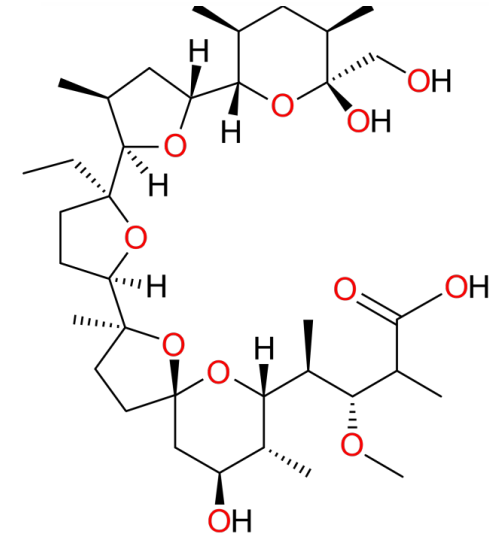
プロピオン酸増える---肥育促進

摂取した飼料あたりの体重増加は10%改善

酢酸は減る---乳脂肪率は減る

**EUは2006年成長促進目的の抗生物質使用禁止**

日本は禁止していない



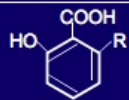
# 天然抗菌物質：カシューナッツ殻液



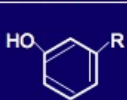
## カシューナッツ殻液

① 抗菌成分を持つ（食経験あり）

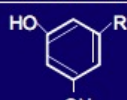
アナカルド酸



カルダノール



カルドール



※ R = ① C<sub>15:0</sub>  
② C<sub>15:1</sub>  
③ C<sub>15:2</sub>  
④ C<sub>15:3</sub>

グラム陽性菌の生育を抑制

= モネンシンと類似 → モネンシン代替物としての可能性

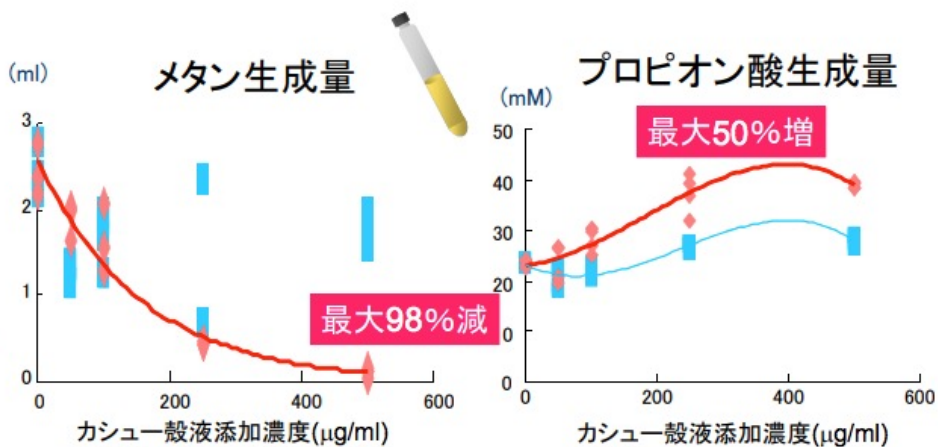
② 塗料として安価に輸入



カシューナッツ殻液がメタンとプロピオン酸生成に及ぼす影響を評価

メタン低減・プロピオン酸増強に及ぼす影響（閉鎖培養系）

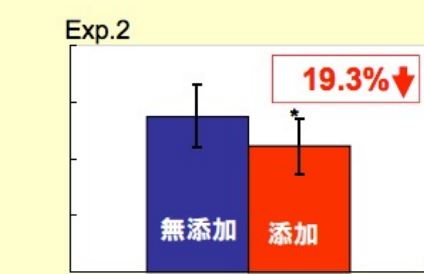
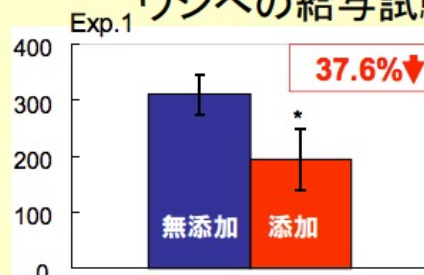
■ 生殻液 ■ 加熱殻液



生殻液 > 加熱殻液

有効添加濃度は 250 ~ 500 µg/ml

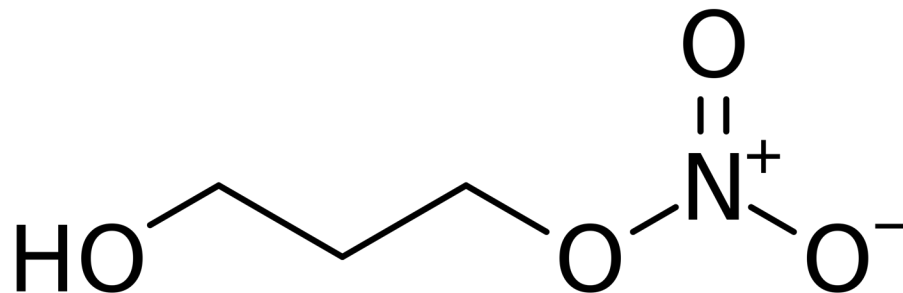
## ウシへの給与試験：メタン排出量 (L/day)



カシュー殻液を給与することで牛のメタン排出量は減少



# 3-ニトロオキシプロパノール(3-Nitrooxypropanol、3NOP)



メタン生成経路において最終段階の反応を触媒するメチル補酵素Mレダクターゼ(MCR)の阻害剤

48頭のホルスタインに低濃度から高濃度までの3つの異なる濃度の3-NOPを12週間投与

投与開始後2週間目で25~32%のメタン減少

削減効果は実験が終了する12週目までずっと維持

乳牛の乾物摂取量や産乳量などへのマイナスの影響はない

乳牛の体重が増加傾向 メタン生成のために使われていたエネルギーが体重増加へ利用されたと推定

**地球温暖化を抑制する**

**海藻による試み**





*Asparagopsis taxiformis*



© Masahiro Suzuki

**M. SUZUKI:** Marine Algae of Shimoda  
*Asparagopsis taxiformis* (Delile) Trevisan  
和名: カギケリ (Drifted)  
Loc.: Futana, Touji, Shimoda, Shizuoka Pref., J.  
(静岡県下田市田中二次洞窟) N34° 38' E139° 10'  
Leg.: Masahiro Suzuki (鈴木 雅大) Date: May 16, 2006  
Date of Det.: May 21, 2006 MAS-05027





高知県



Effects of Marine and Freshwater Macroalgae on In Vitro Total Gas and Methane  
Production

海洋および淡水大型藻類がIn vitroにおける  
総ガスおよびメタン生成に及ぼす影響

Machado L, Magnusson M, Paul NA, de Nys R, Tomkins N (2014) PLoS ONE 9(1):  
e85289. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085289>

## Materials and Methods

### 【海藻サンプル】

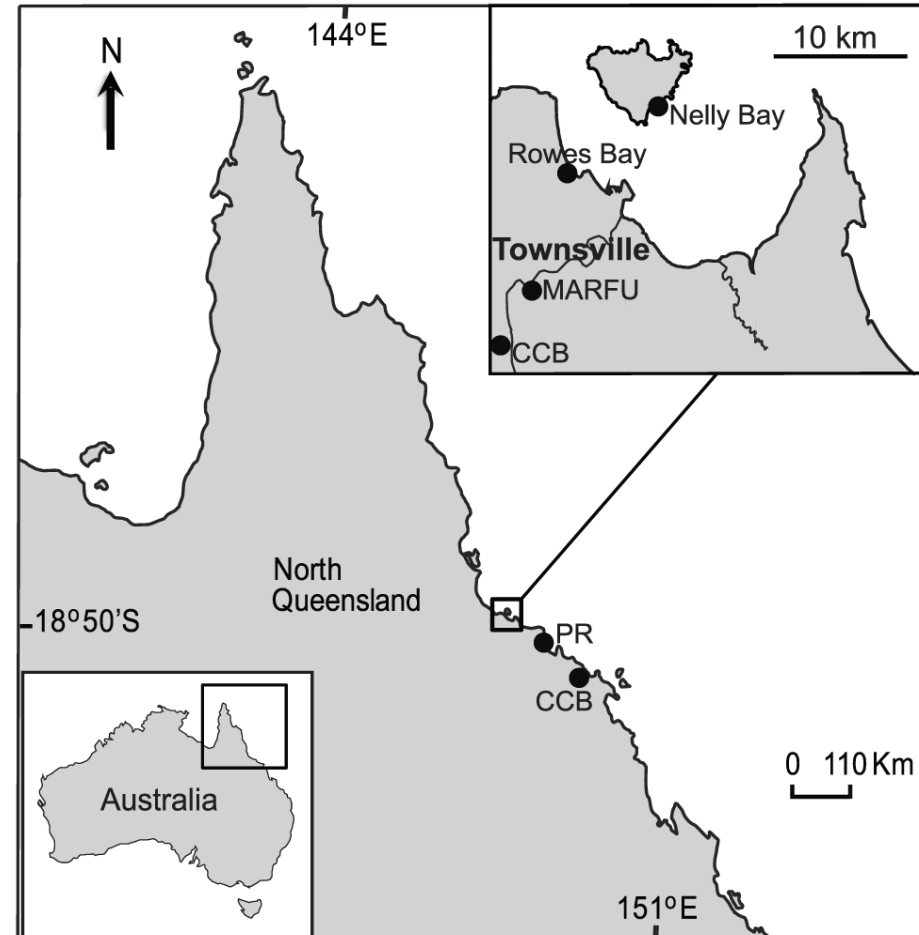
→20種類の淡水・海洋大型藻類

Macroalgae species	Number
Fresh water algae	3
Marine green algae	7
Brown algae	6
Red algae	4



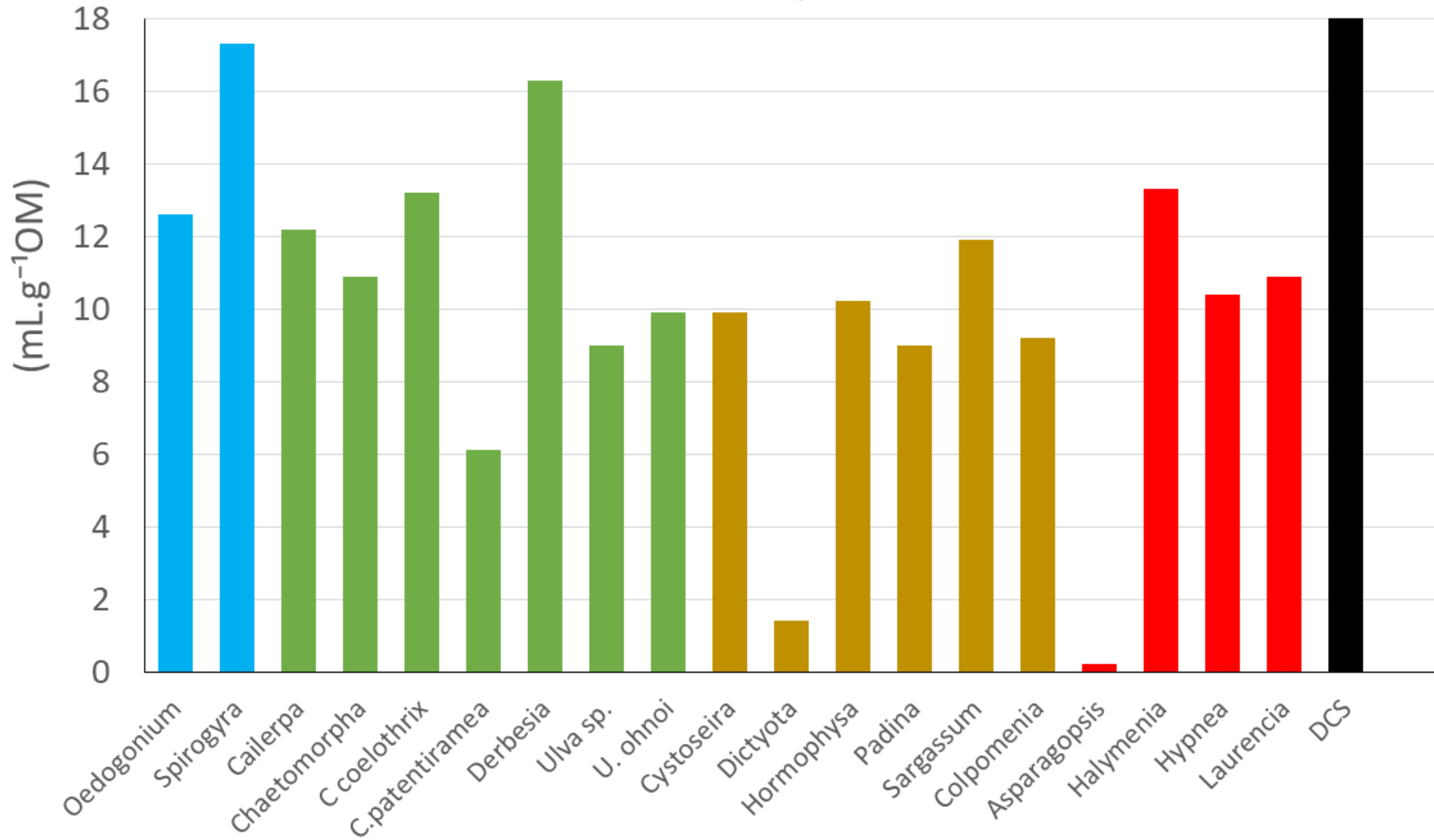
測定項目

✓化学組成    ✓水分含量





CH<sub>4</sub>



★アミジグサ(Dictyota)、カギケノリ(Asparagopsis)で顕著にCH<sub>4</sub>生成減少

# 海藻で反芻家畜からのメタンガスを抑制する

2016年オーストラリア

カギケノリ (*Asparagopsis taxiformis*) 紅藻

羊を使った野外試験では排出量を**最大80%削減**

牛を使ったカリフォルニア大学デービス校の実験

紅藻と同類の海藻を**飼料の1%**分だけ混ぜる

メタンガス排出量を**平均24~58%削減**

すべての飼育場で海藻を利用できるようにするため

**現在世界で養殖されている量を超える海藻必要**



# ユーグレナとカギケノリが メタン発生量に及ぼす影響



<https://www.euglena.jp/times/archives/14330>

[http://natural-history.main.jp/Tree\\_of\\_life/Eukaryote/Plantae/Rhodophyta/Asparagopsis\\_taxiformis/Asparagopsis\\_taxiformis.html](http://natural-history.main.jp/Tree_of_life/Eukaryote/Plantae/Rhodophyta/Asparagopsis_taxiformis/Asparagopsis_taxiformis.html)





# 植物細胞と動物細胞の仕組み

出られた～



通常の動物細胞

細胞膜のみなので  
吸収し易い

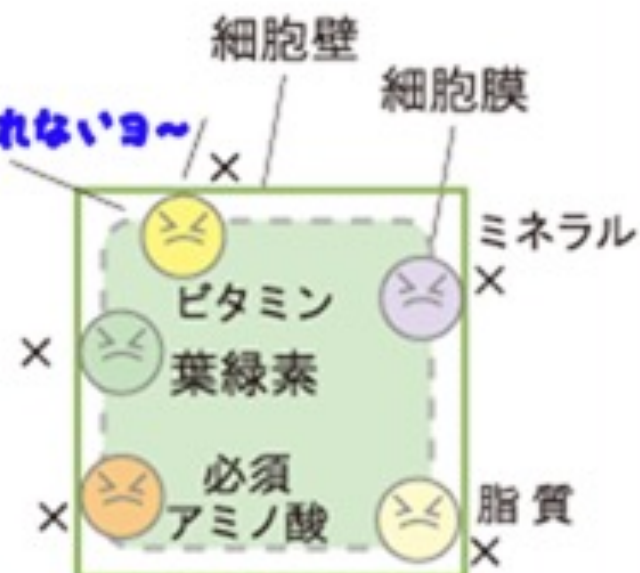
自由だ～



ミドリムシの細胞

植物性、動物性、  
両方の栄養素を  
効率的に消化吸収できる。

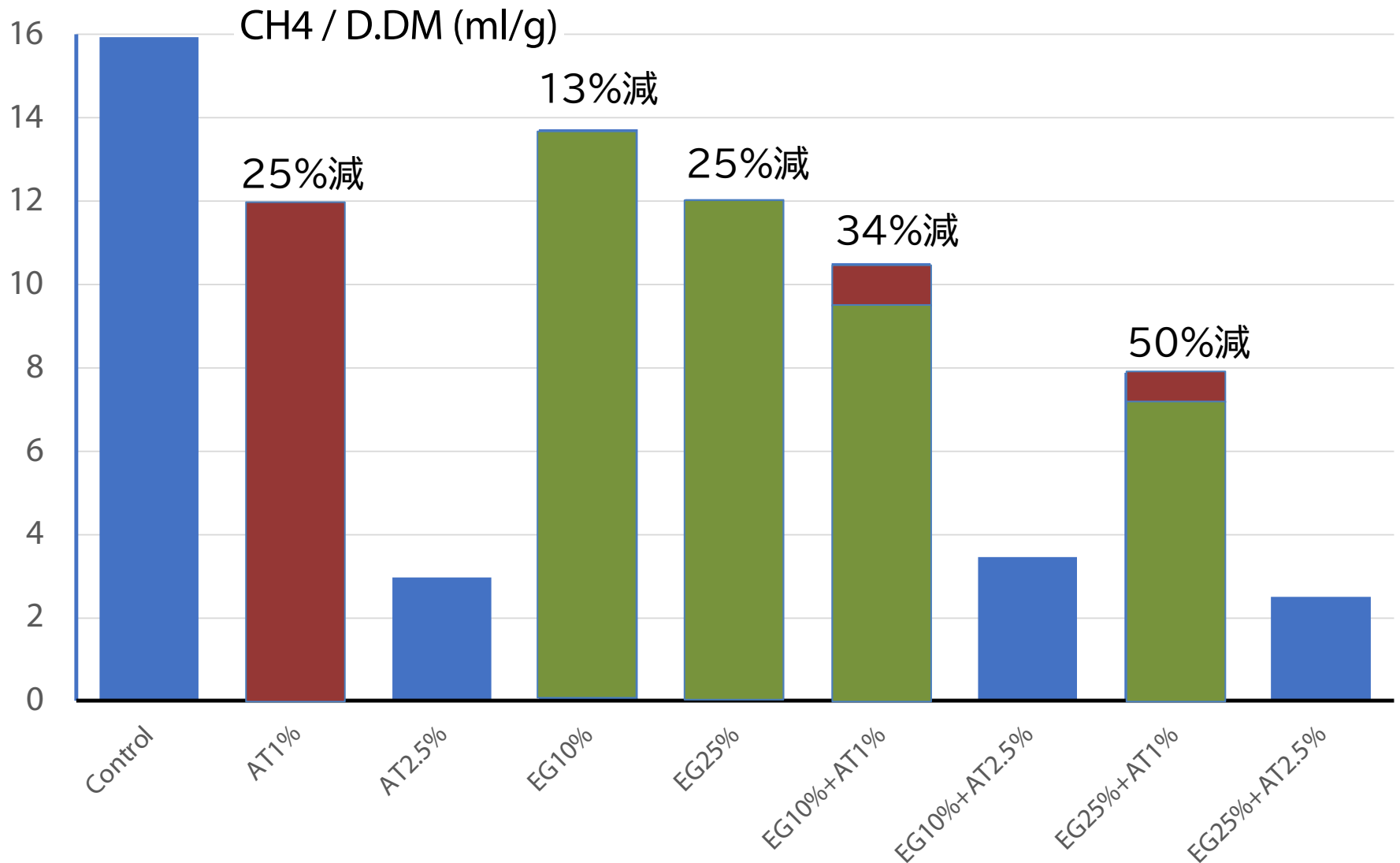
出られないヨ～



通常の植物細胞

細胞壁があるので  
吸収しにくい

消化率 **93.1%**



ユーグレナ(EG)とカギケノリ(AT)が  
メタン発生量に及ぼす影響



## 結論

1. EGは栄養価の高い化合物、飼料代替物として使用可能。
2. 飼料中のEG含有量が25%を超えると、発酵に悪影響。
3. EG25%以下の配合率推奨。
4. AT1%      25%メタン減少。
5. EG10%    13%メタン減少。
6. EG25%    25%メタン減少。
7. EG10%+AT1%    混合で34%メタン削減。
8. EG25%+AT1%    混合で50%メタン削減。



Article

# Micro- and Macro-Algae Combination as a Novel Alternative Ruminant Feed with Methane-Mitigation Potential

Eslam Ahmed <sup>1,2,\*</sup> , Kengo Suzuki <sup>3</sup> and Takehiro Nishida <sup>1,\*</sup>

Animals2023,13,796.

[https:// doi.org/10.3390/ani13050796](https://doi.org/10.3390/ani13050796)

- <sup>1</sup> Department of Life and Food Sciences, Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine, Inada, Obihiro 080-8555, Japan
  - <sup>2</sup> Department of Animal Behavior and Management, Faculty of Veterinary Medicine, South Valley University, Qena 83523, Egypt
  - <sup>3</sup> The Research and Development Department, Euglena Co., Ltd., Tokyo 108-0014, Japan
- \* Correspondence: eslam\_kh@obihiro.ac.jp (E.A.); nishtake@obihiro.ac.jp (T.N.); Tel.: +81-155-49-5455 (T.N.)

**Simple Summary:** Considering the current challenges facing the modern livestock industry and the food insecurity situation, there is an urgent need to find alternative, sustainable, climate-friendly, and safe feed ingredients. This study provides a novel solution with the mixture of *Euglena gracilis* and *Asparagopsis taxiformis* as a feed for ruminants. *Euglena gracilis* is a highly nutritive material that can be used to partially replace the expensive, high-quality ingredients in the diet. Due to its bromoform content, *Asparagopsis taxiformis* is efficacious in reducing methane emissions. However, there are some health concerns for animals and humans with regard to its usage, as well as some doubts about the mass production that is required to achieve effective methane reduction. Therefore, the current study evaluated a new formulation composed of the minimum effective levels of *Euglena* and *Asparagopsis* to partially replace the concentrate mixture in the ruminant diet and reduce methane emissions. This combination had a synergistic effect in reducing methane production that was better than supplementing these algae individually and had no adverse impacts on animal productivity indices. Therefore, this intervention has double-sided benefits, providing high-quality alternative feed and reducing methane emissions with lower amounts of *Asparagopsis*.



**Citation:** Ahmed, E.; Suzuki, K.; Nishida, T. Micro- and Macro-Algae Combination as a Novel Alternative Ruminant Feed with Methane-Mitigation Potential. *Animals* **2023**, *13*, 796. <https://doi.org/10.3390/ani13050796>

Academic Editors: Alexandros Mavrommatis and Mariangela Caroprese

Received: 16 January 2023

Revised: 12 February 2023

Accepted: 21 February 2023

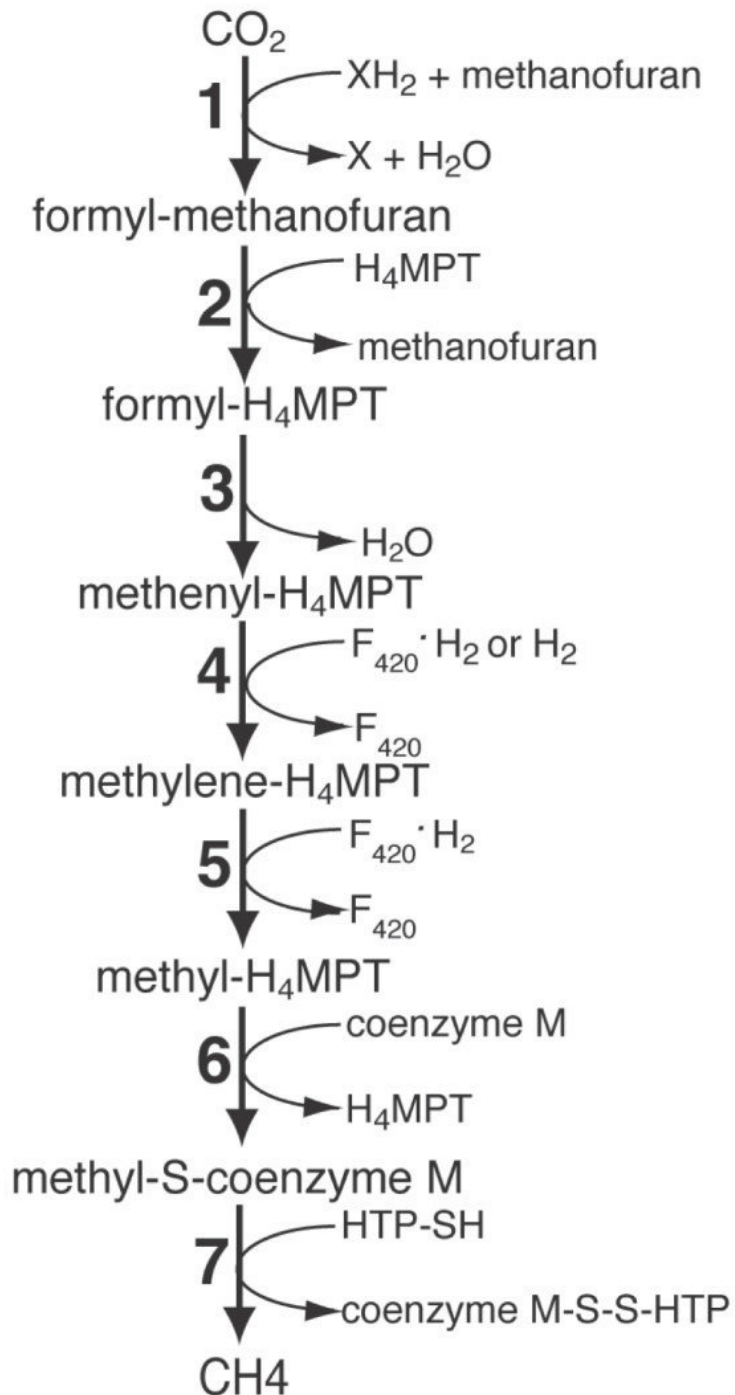
Published: 22 February 2023

**Abstract:** This study was conducted to provide alternative high-quality feed and to reduce methane production using a mixture of the minimum effective levels of *Euglena gracilis*, EG, and *Asparagopsis taxiformis*, AT. This study was performed as a 24 h in vitro batch culture. Chemical analysis demonstrated that EG is a highly nutritive material with 26.1% protein and 17.7% fat. The results showed that the supplementation of AT as a feed additive at 1 and 2.5% of the diet reduced methane production by 21 and 80%, respectively, while the inclusion of EG in the diet at 10 and 25% through partially replacing the concentrate mixture reduced methane production by 4 and 11%, respectively, with no adverse effects on fermentation parameters. The mixtures of AT 1% with both EG 10% and EG 25% had a greater reductive potential than the individual supplementation of these algae in decreasing methane yield by 29.9% and 40.0%, respectively, without adverse impacts on ruminal fermentation characteristics. These results revealed that the new feed formulation had a synergistic effect in reducing methane emissions. Thus, this approach could provide a new strategy for a sustainable animal production industry.

**Keywords:** *Asparagopsis taxiformis*; digestibility; euglena; feed additives; global warming; nutritive value; rumen fermentation







## I. 評価対象物質の概要

### 1. 起源

浄水過程で、水中のフミン質等の有機物質と消毒剤の塩素が反応して生成されるトリハロメタンの構成物質であり、その生成量は原水中の臭素イオン濃度により大きく変化する（参照 1）。

### 2. 一般名

ブロモホルム

### 3. 化学名

IUPAC

和名 : トリブロモメタン

英名 : tribromomethane

CAS No. : 75-25-2

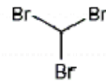
### 4. 分子式

CHBr<sub>3</sub>

### 5. 分子量

252.7

### 6. 構造式



### 7. 物理化学的性状

物理的性状 : 特徴的な臭気のある無色の液体。光や空気に曝露すると黄色になる。

融点 (°C) : 8.3

沸点 (°C) : 149~152

比重 : 2.9

水への溶解度 (g/100mL (20°C)) : 0.1

水オクタノール分配係数 (log Pow) : 2.38

蒸気圧 (kPa (20°C)) : 0.7

### 8. 現行規制等

#### (1) 法令の規制値等

水質基準値 (mg/L) : 0.09

#### (2) 諸外国等の水質基準値またはガイドライン値

WHO (mg/L) : 0.1 (第3版)

<https://bmcecolvol.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2148-9-199>

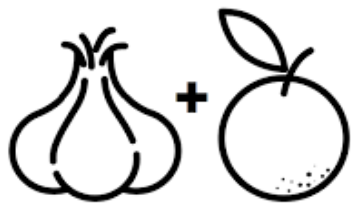
[https://www.fsc.go.jp/iken-bosyu/pc9\\_kagaku\\_osen\\_bromo\\_210625.pdf](https://www.fsc.go.jp/iken-bosyu/pc9_kagaku_osen_bromo_210625.pdf)

# Mootral<sup>®</sup> as feed additive



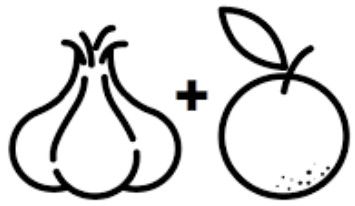
**MOOTRAL**<sup>™</sup>

A ZALUVIDA TECHNOLOGY.



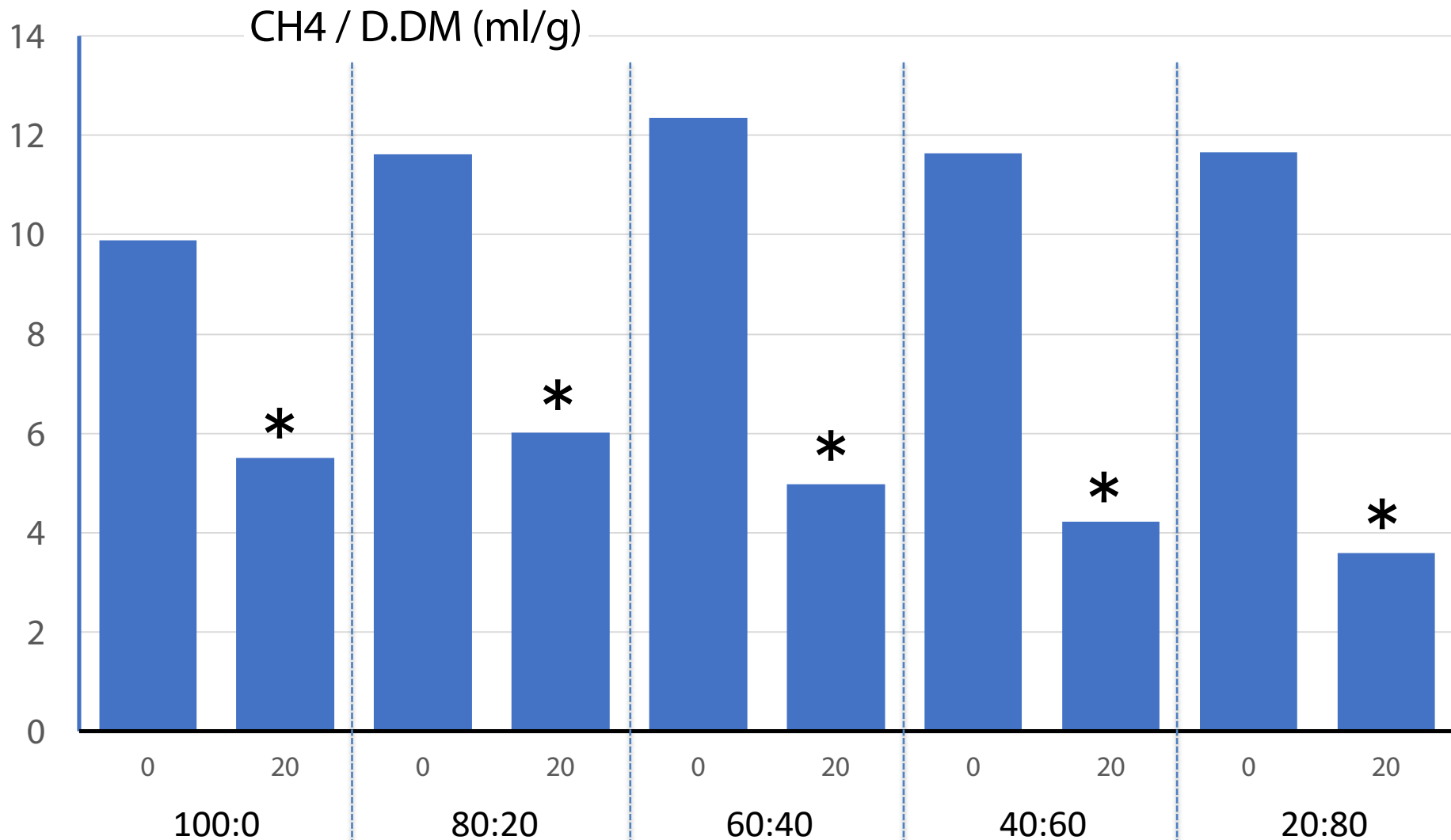


Mootral®

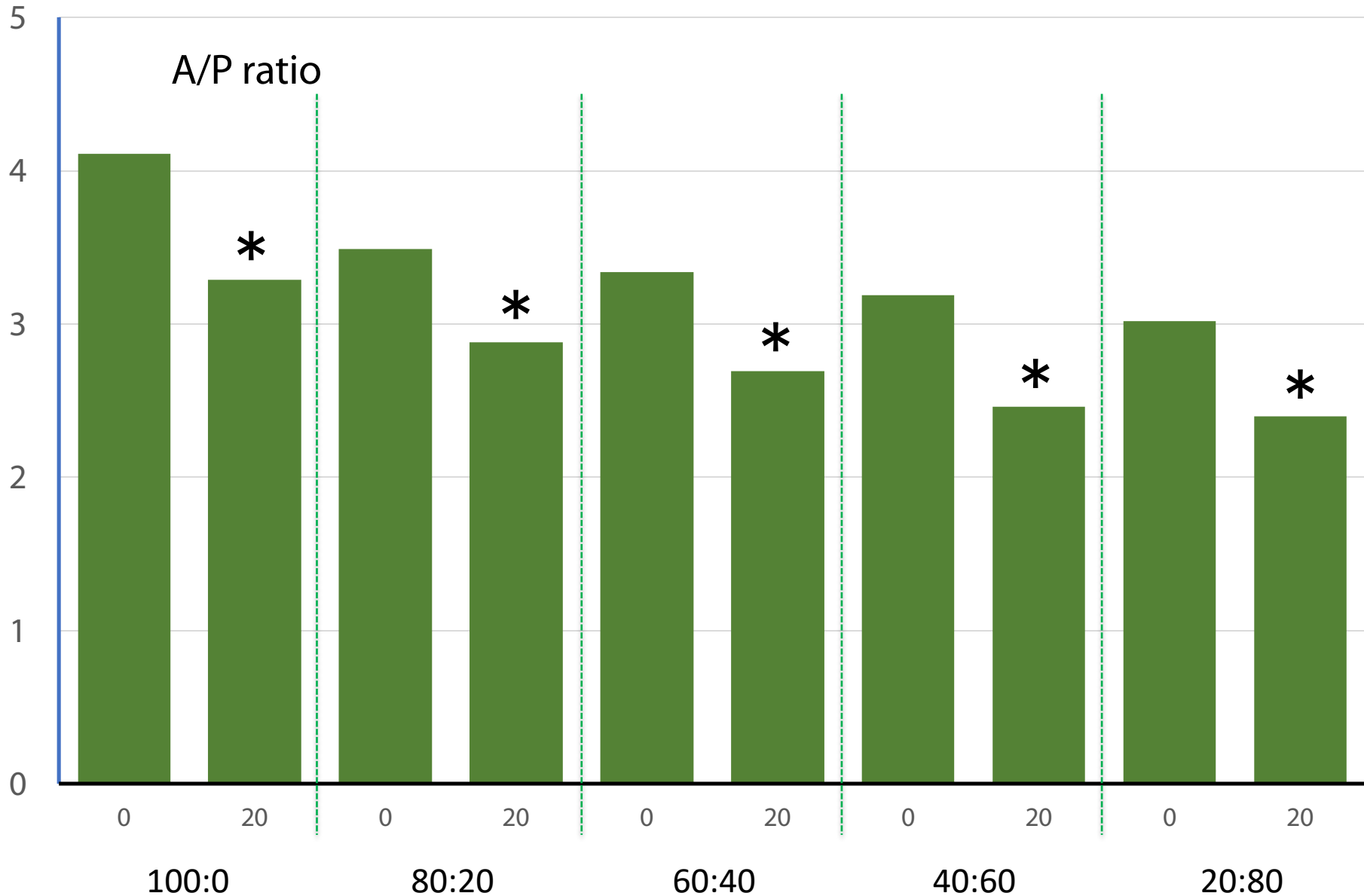




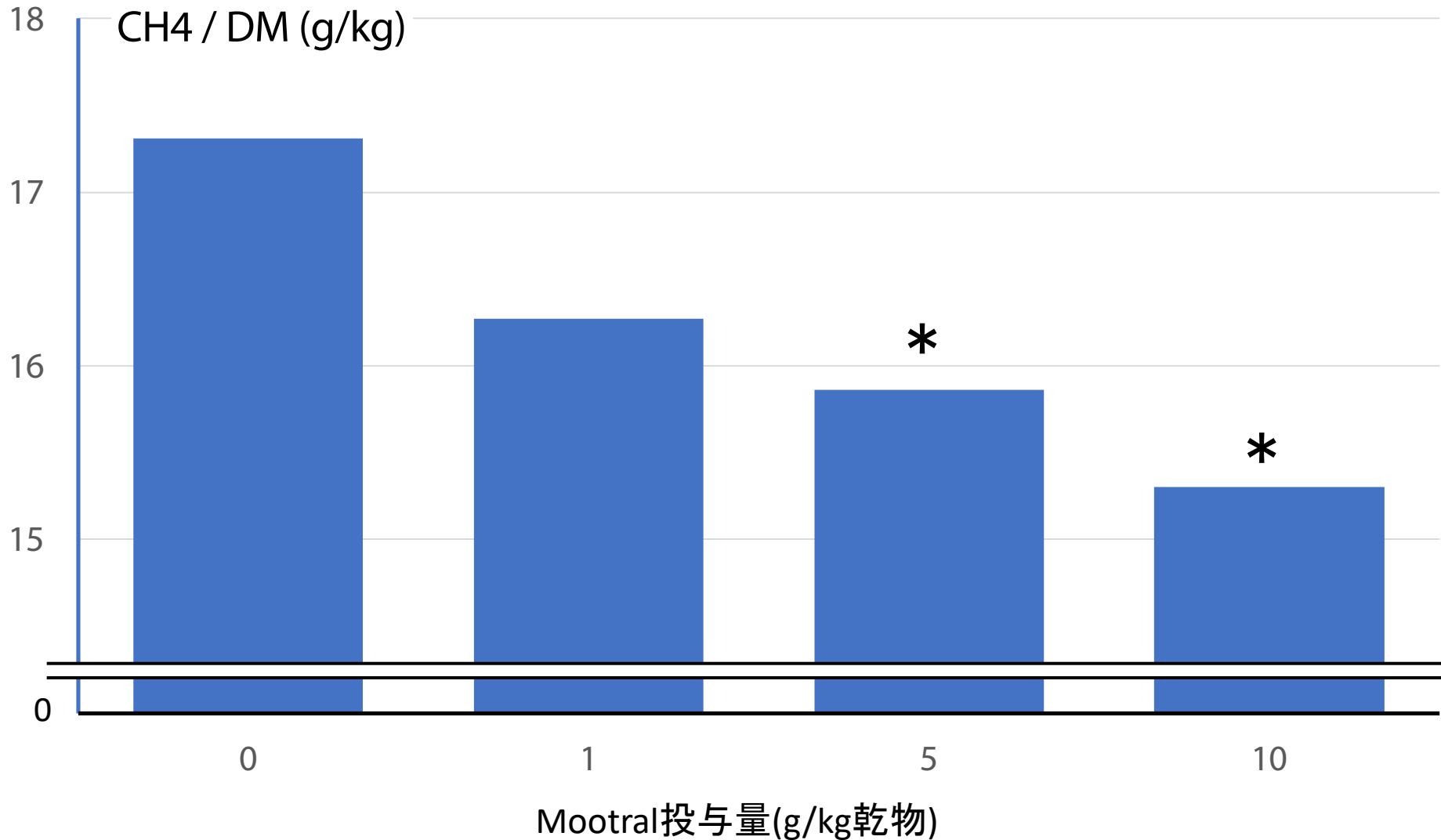
# いろいろな飼料におけるMootralのメタン抑制効果



# いろいろな飼料におけるMootral投与が揮発性脂肪酸(VFA)に及ぼす影響



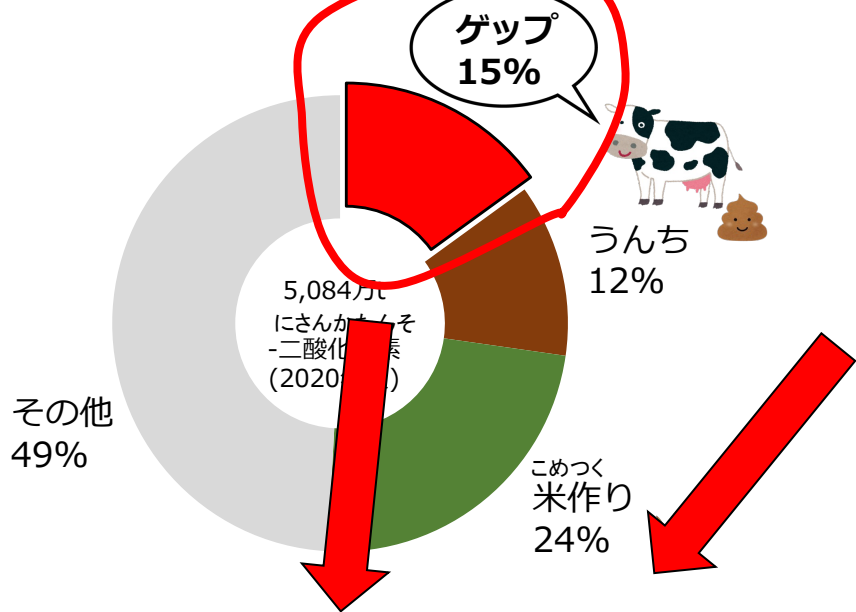
# ヒツジにMootralを投与したときのメタン発生量



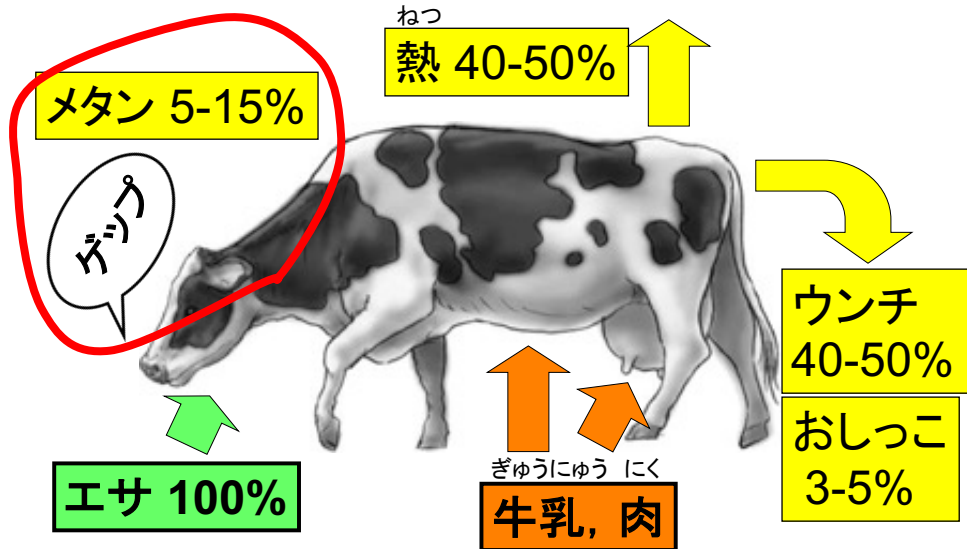


	ユーグレナ Mootral	Asparagopsis	3NOP
長所	天然物質 消費者に受け入れられやすい	天然物質 非常にCH4抑制効果が高い	化学物質 CH4抑制効果有り
短所	研究が進んでいないので、最適投与量などのデータが不足	CH4抑制効果の要因であるブロモホルムは、発がん性が疑われている 乳や肉に残留するおそれ 微量だと使えるか？	化学物質を投与することに消費者はどのような反応をするか

日本の農業からの温室効果ガス排出量



エネルギーの使われ方



ゲップのメタンを減らすと

1. 温室効果ガスを減らすことができる

2. 牛乳がたくさん出るようになる

# COP28, to be Held in Expo city on 30 November -12 December 2023, Dubai, UAE

## Petersberg Climate Dialogue 2023

COP28 President-Designate calls for climate action plan that puts world on right track to achieve Paris Agreement's goals



## COP28 UAE

COP28 UAE will be a milestone moment when the world will take stock of its progress on the Paris Agreement.

[Find Out More](#)

The first Global Stocktake (GST), will provide a comprehensive assessment of progress since adopting the Paris Agreement. This will help align efforts on climate action, including measures that need to be put in place to bridge the gaps in progress.

The COP28 UAE Presidency will work to ensure that the world responds to the Global Stocktake with a clear plan of action.

<https://www.cop28.com/en/>