2022年 9月20日

令和4年度持続的肉用牛生産関連情報
発信事業に係るオンライン情報交換会

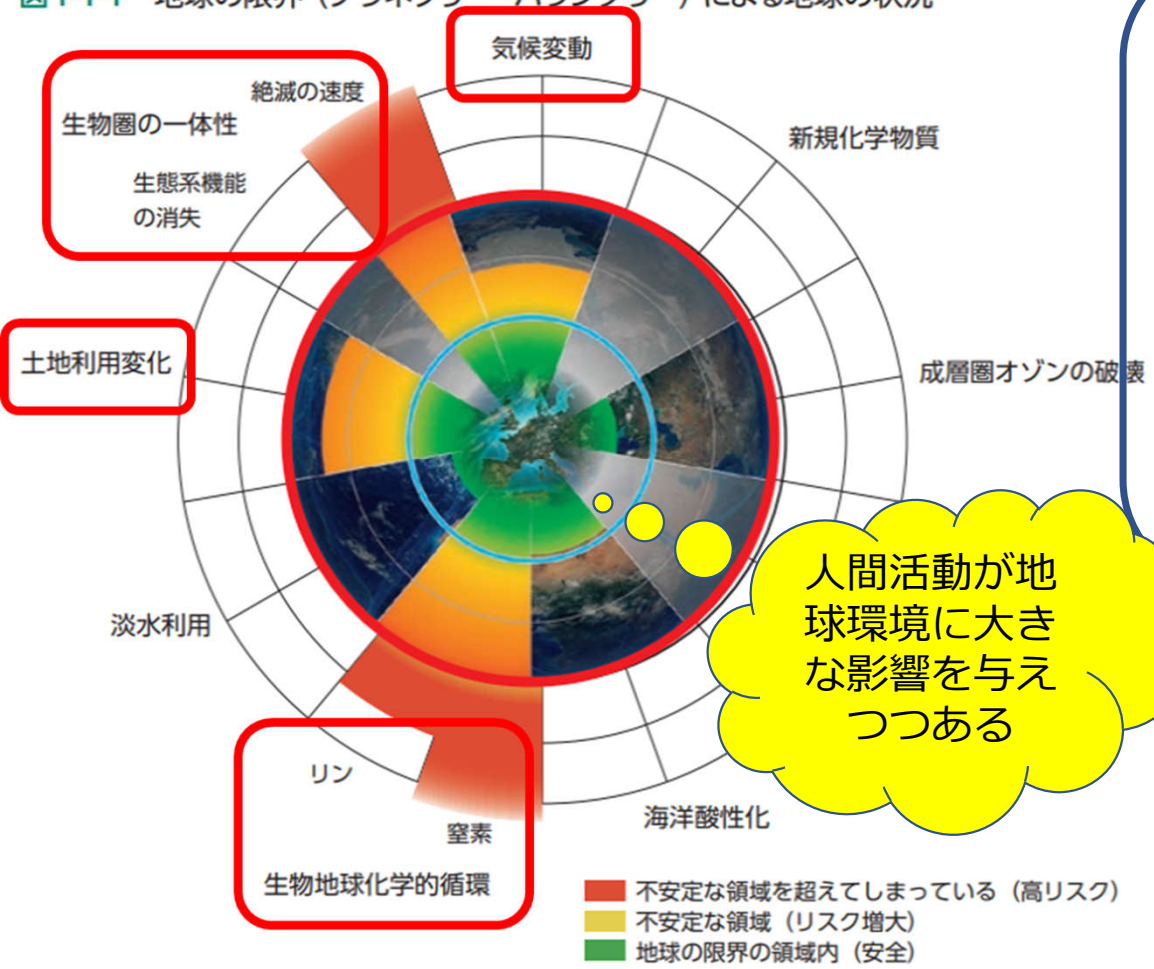
肉用牛生産における環境負荷とその軽減
-温室効果ガスの発生抑制を中心に-

１．肉用牛生産と環境問題
２．肉用牛生産に由来する温室効果ガス発生量とその低減対策
　1) メタン（CH_4）
　2) 一酸化二窒素（N_2O）
３．食料生産と環境問題の調和的解決策は？

元東北大学農学研究科 教授 寺田 文典

1．肉用牛生産と環境問題

図1-1-1　地球の限界（プラネタリー・バウンダリー）による地球の状況



平成29年版 環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書（環境省）

人間活動が地球環境に大きな影響を与えつつある

水質汚染（窒素、リン）、悪臭
→ 糞尿処理対策の適正化

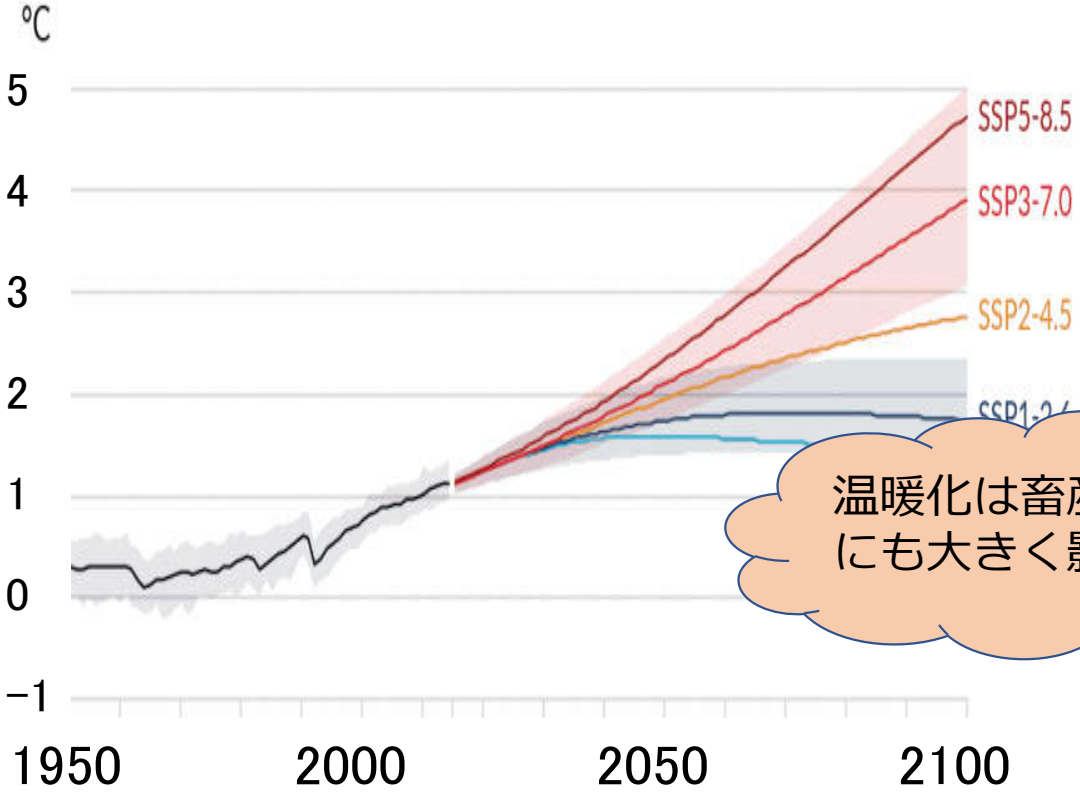
生物多様性
→ 農薬、化学肥料使用量の削減

温室効果ガス（CH_4, N_2O）
→ 対策技術？

二つの課題を同時に解決することが求められている

食料生産

温室効果ガスの発生抑制に向けた適切な対応は喫緊の課題に

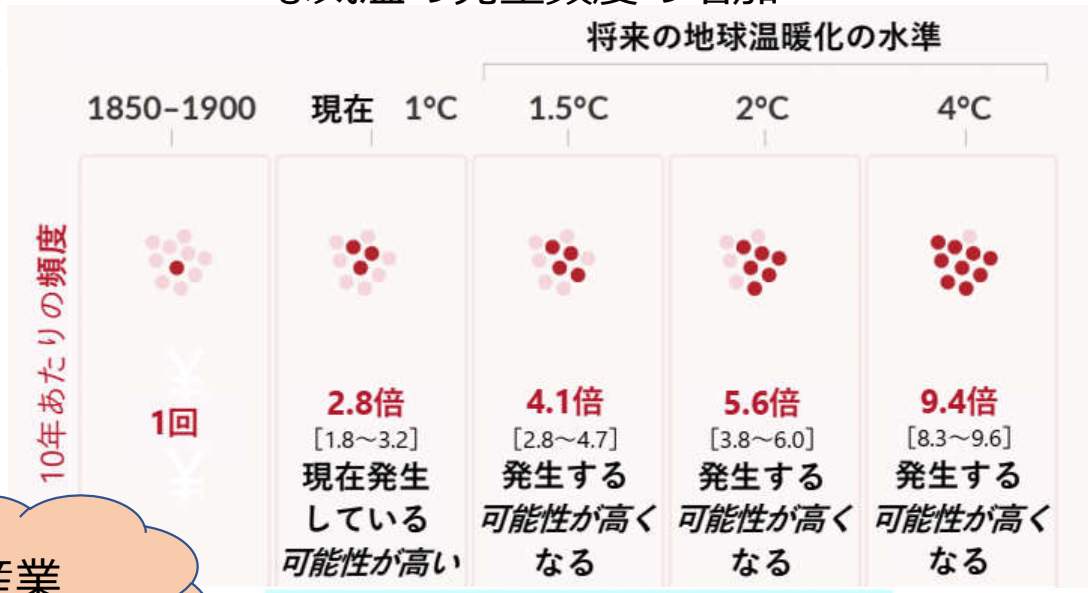


1850~1900年を規準とした
世界平均気温の変化

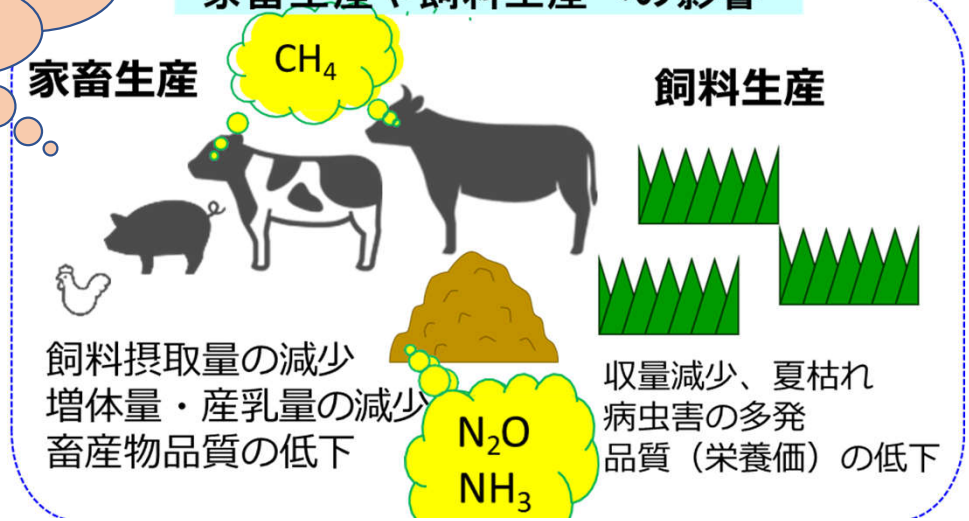
（IPCC第6次評価報告書第1作業部会報告書、2021 より

温暖化は畜産業
にも大きく影響

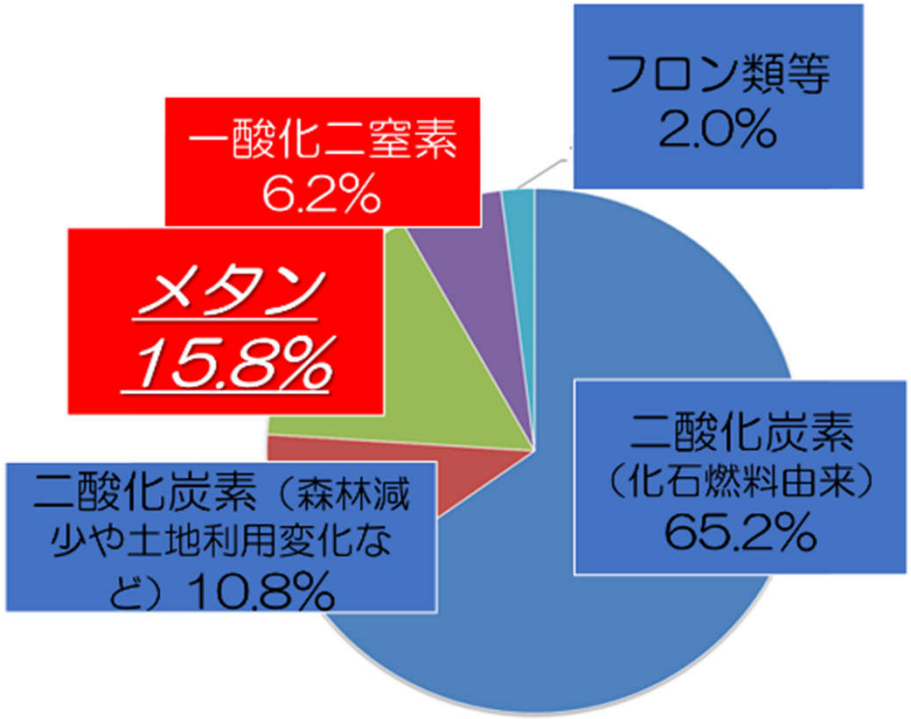
平均して10年に1回発生するような極端
な気温の発生頻度の増加



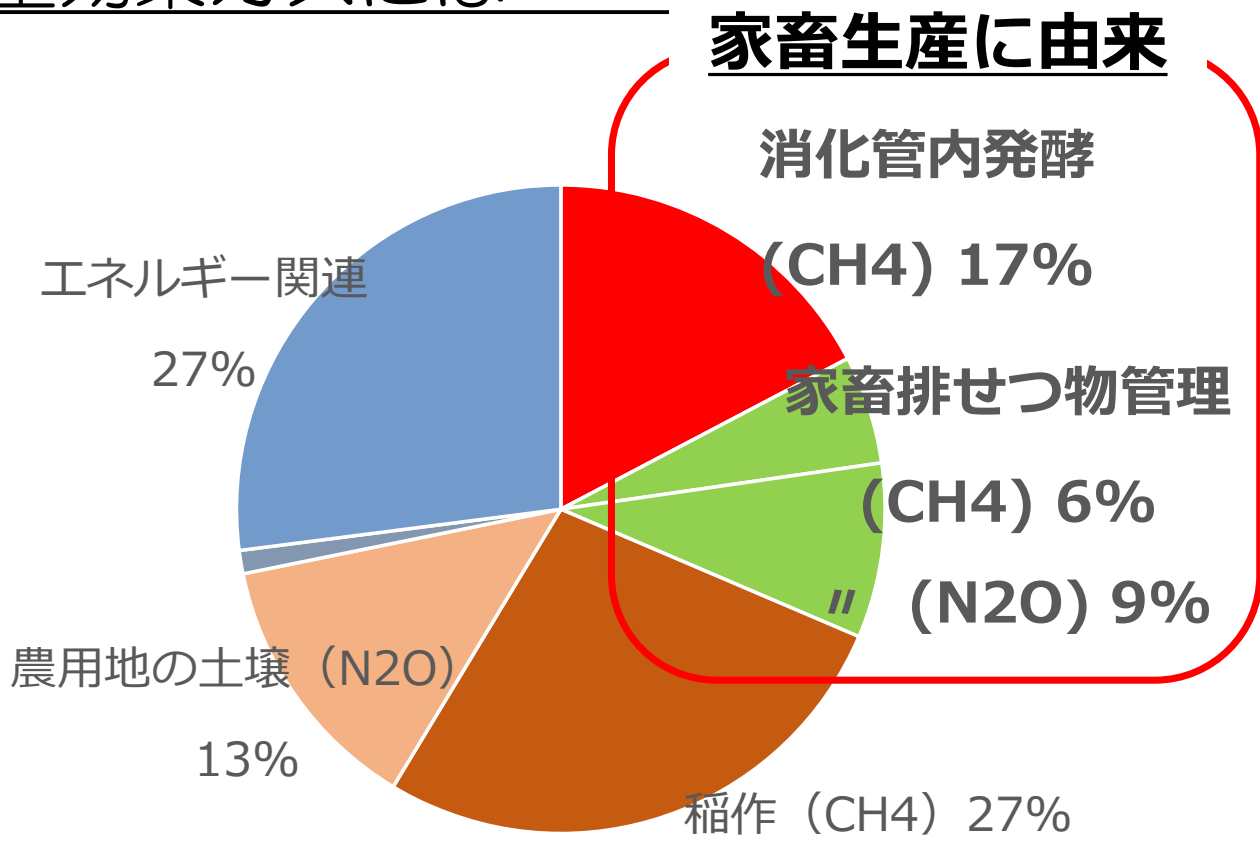
家畜生産や飼料生産への影響



農業生態系から発生する温室効果ガスには・・・

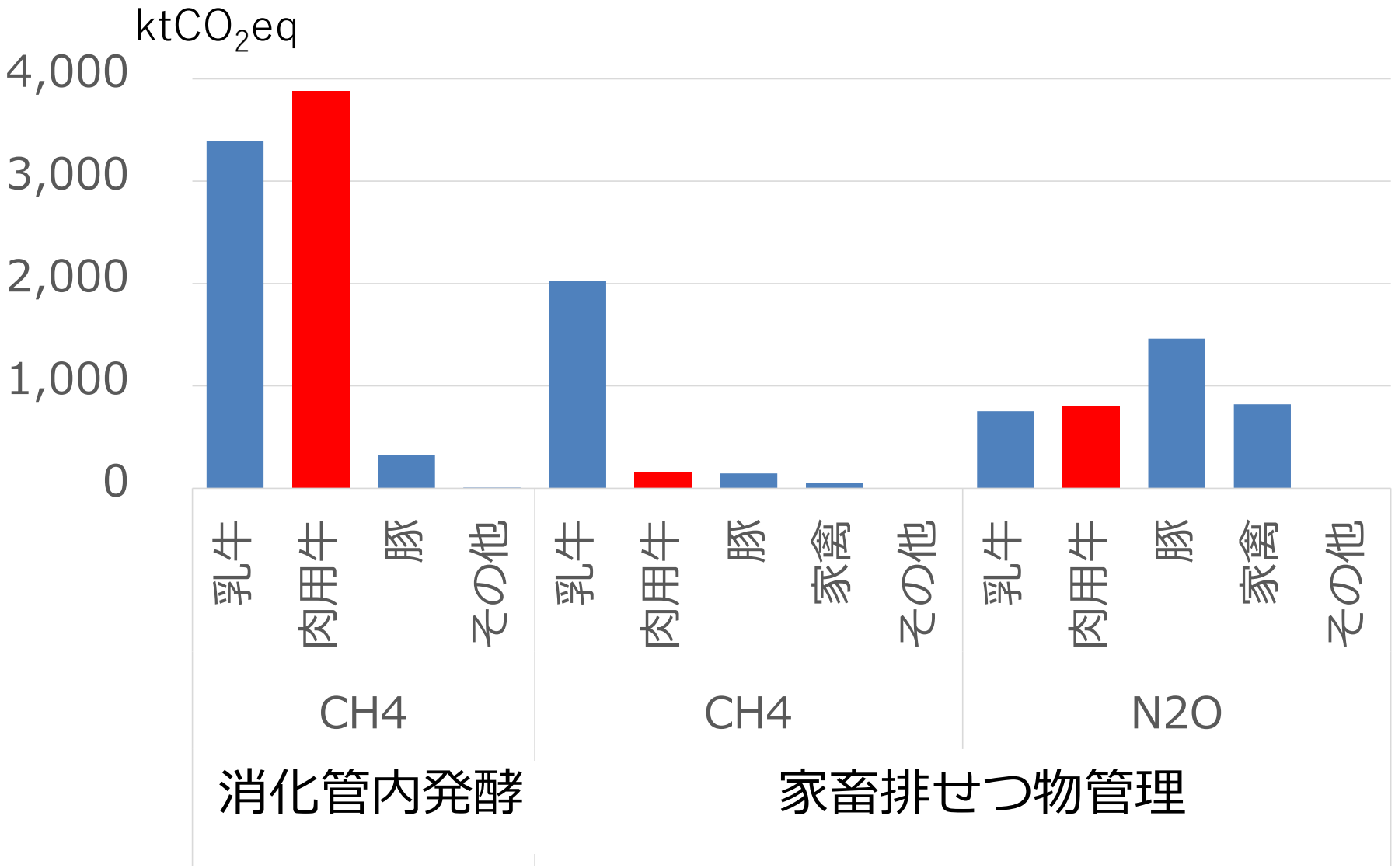


人為起源の温室効果ガスの総排出量に占めるガスの種類別の割合
（2010年の二酸化炭素換算量での数値：IPCC第5次評価報告書より作図）



わが国の農業分野から排出される温室効果ガスの発生割合
（4,411万tCO_2換算、2020年度確報値
国立環境研究所、2022）

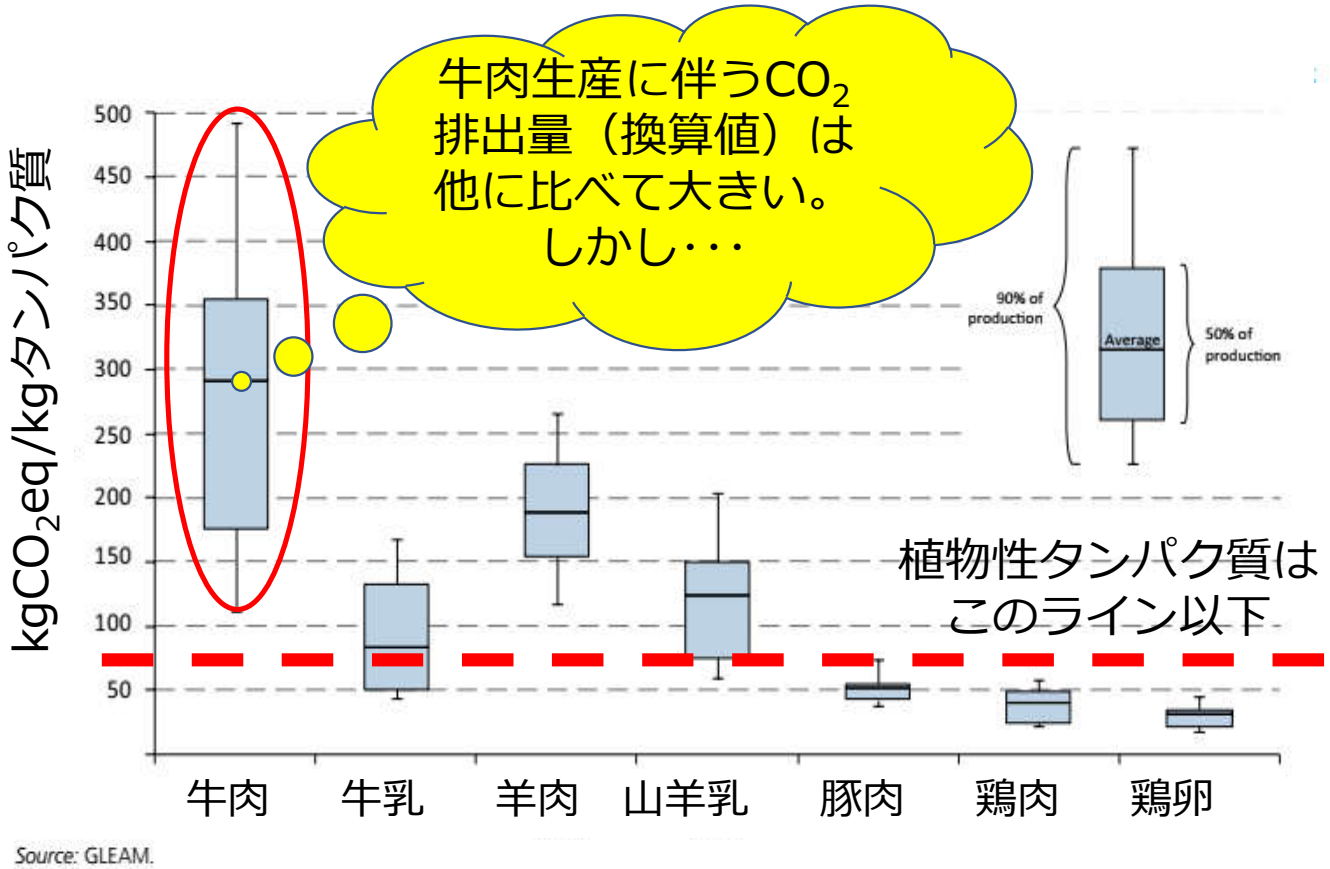
この値は日本の総排出量の**3.8%**に相当



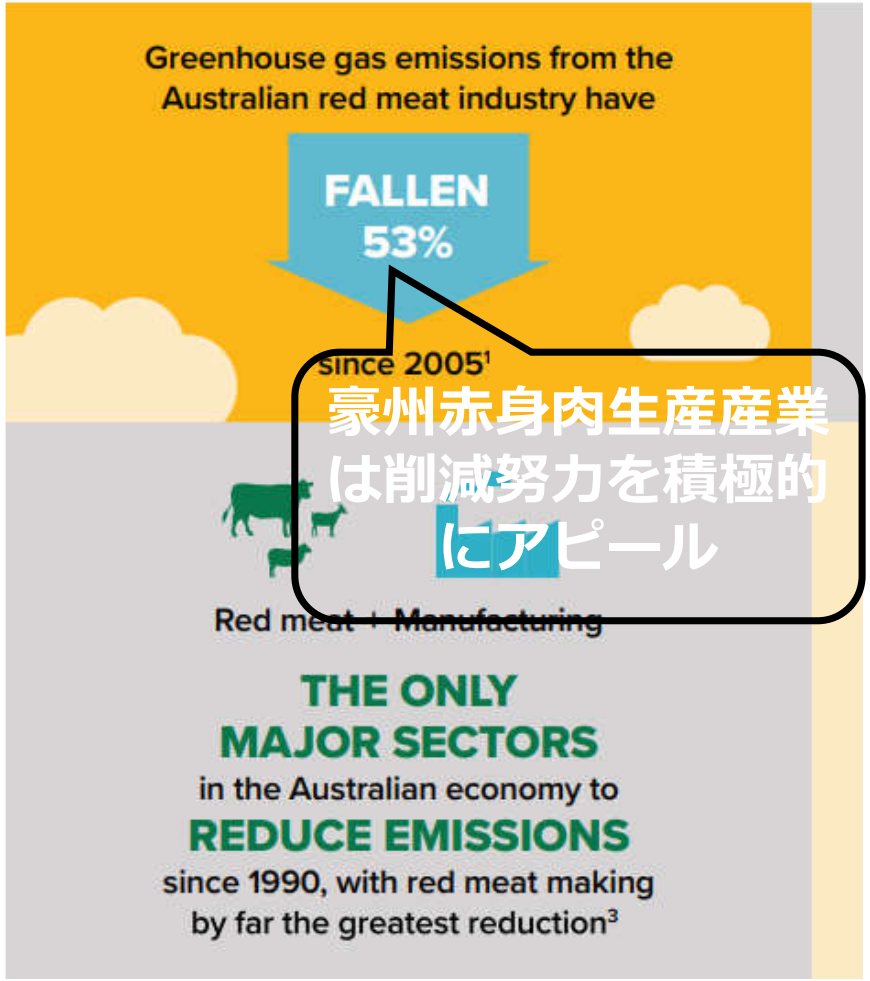
家畜生産に由来する温室効果ガスの発生源割合

国立環境研究所、2022

畜産業は温室効果ガスの発生源！肉牛は悪者？



タンパク質1kg生産当たりCO_2排出量（CO_2eq/kgタンパク質）
FAO(2013)



Meat & Livestock Australia 2020

肉用牛産業の役割とSDGs

【ヒト・ウシ】やさしさとゆとりの実現

＝ 飢餓・貧困の撲滅、食文化（食育）、食料自給（安全保障）

＝アニマルウェルフェア

【環境】豊かな環境の維持・保全

＝ 環境への負荷の軽減、生物多様性

＝生態系サービス

【社会】地域社会への貢献

＝ 新産業創出、活性化

生産性向上と環境負荷低減の調和的解決

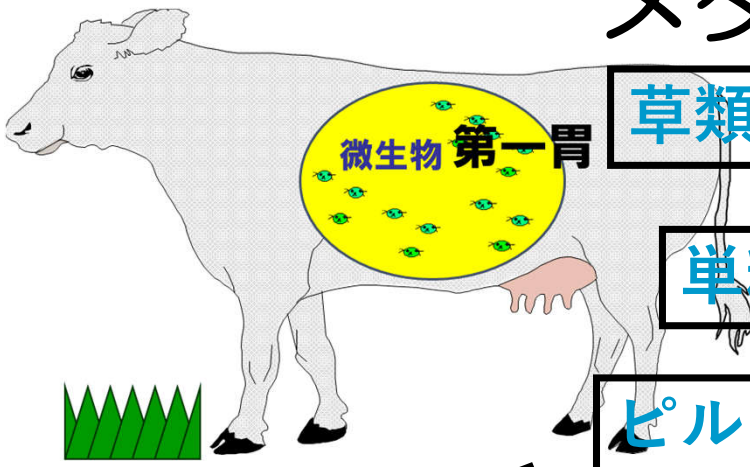
持続安定性の高い肉用牛経営の展開へ

２．肉用牛生産に由来する温室効果ガス発生量低減対策（個別技術）

1) メタン（CH_4）

2) 一酸化二窒素（N_2O）

メタンが発生するのは・・・



草類、穀物

↓

単糖類

↓

ピルビン酸

蟻酸

酢酸

酪酸

プロピオン酸

H^+

揮発性脂肪酸
（ウシのエネルギー源）

H^+

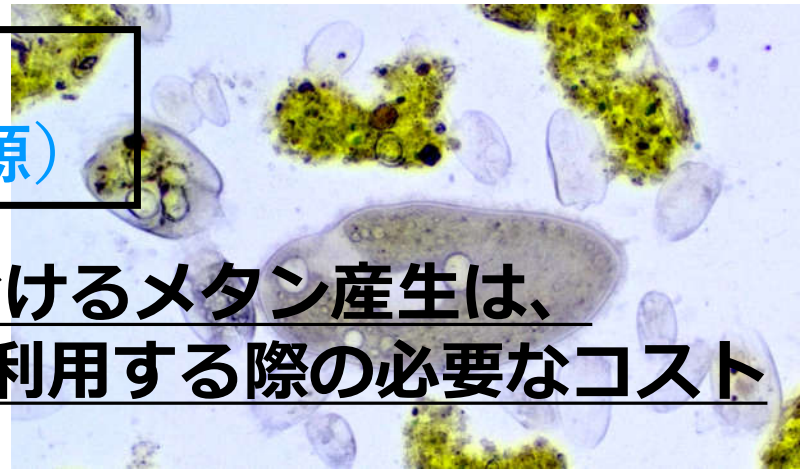
（メタン生成菌）

CH_4+CO_2

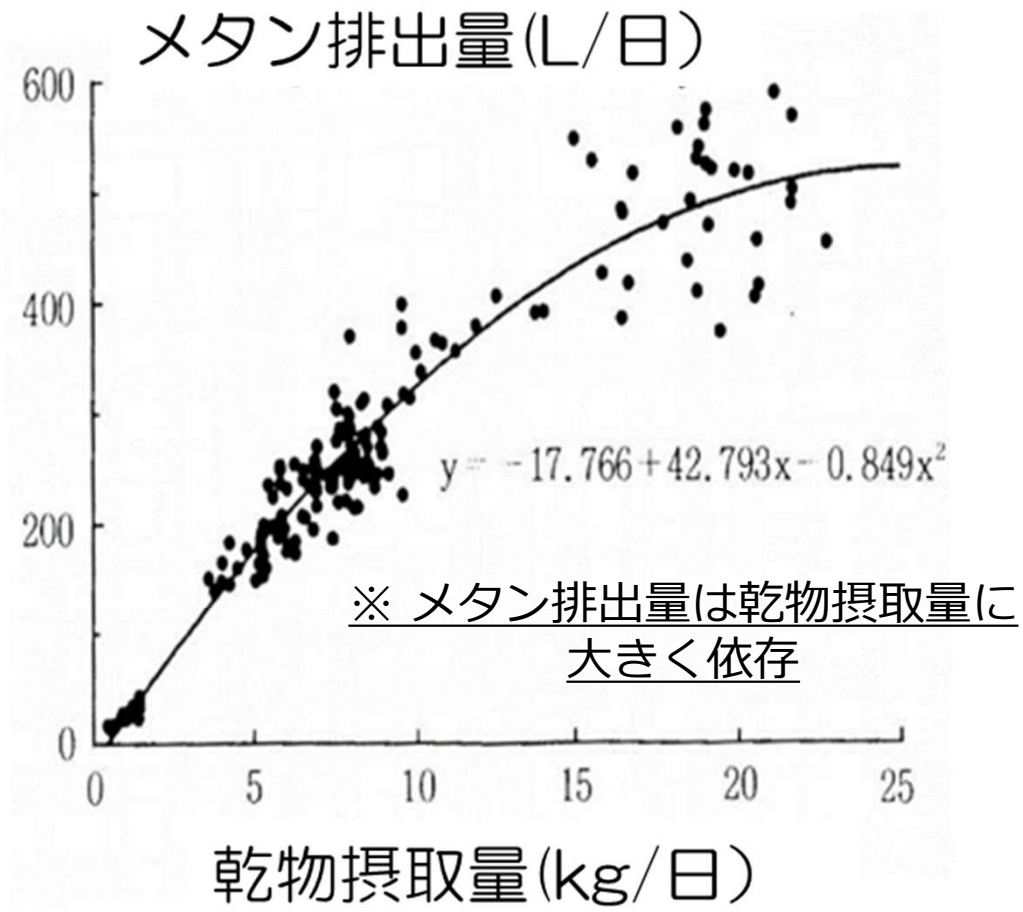
メタン排出を抑制するためには

- H+の発生を抑制する
- H+の処理を促進する

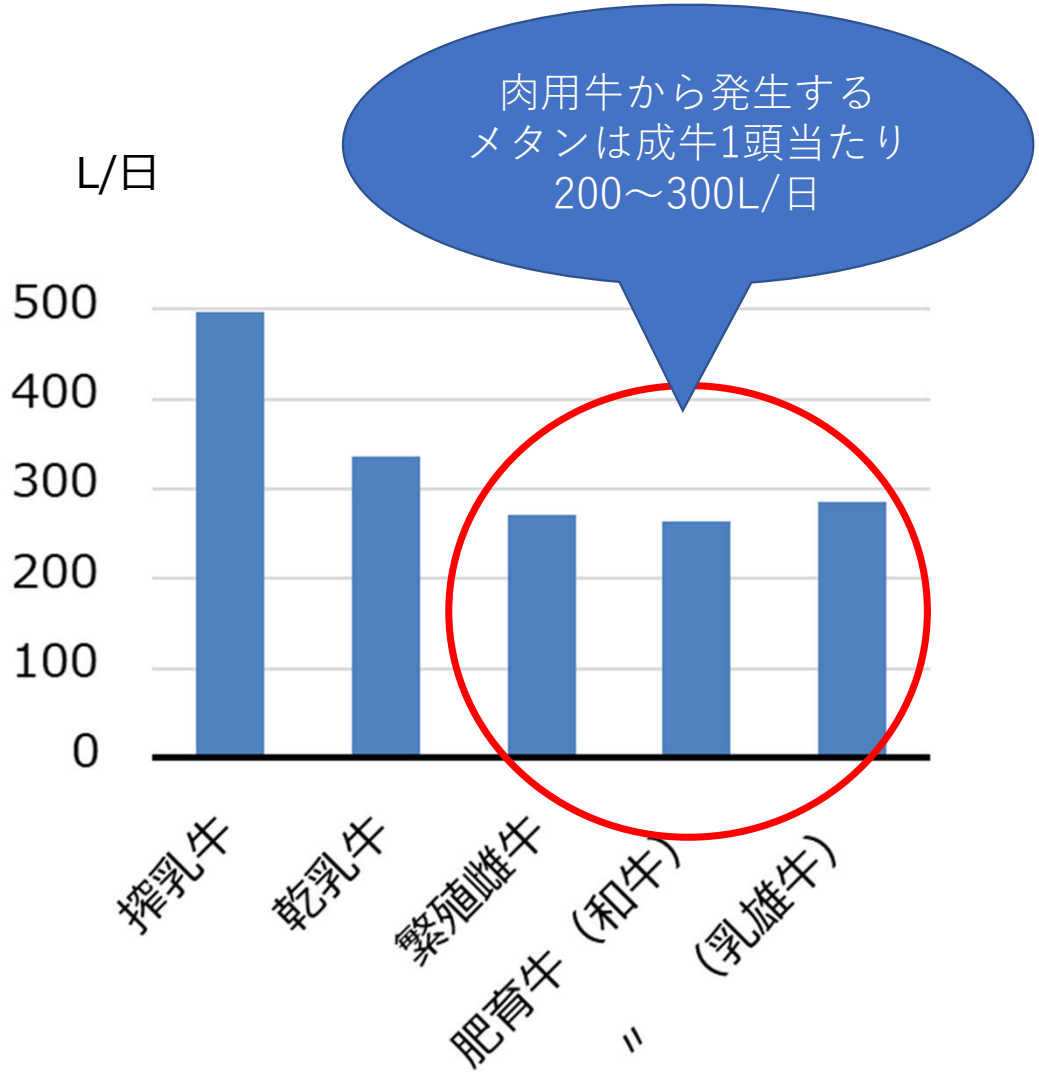
ルーメン微生物



※ ルーメンにおけるメタン産生は、
草をエネルギー利用する際の必要なコスト



乾物摂取量と
メタン排出量の関係
Shibata et al., 1993



牛に由来するメタン排出量
（1日1頭当たり）

取り組まれているメタン削減対策

①　飼料・栄養管理

・良質粗飼料給与、濃厚飼料の適正給与、脂肪質飼料の活用

②　ルーメン微生物制御

・サプリメント（化学合成物、海藻、天然抗酸化物質）
・イオノフォア、ワクチン
・微生物の活用

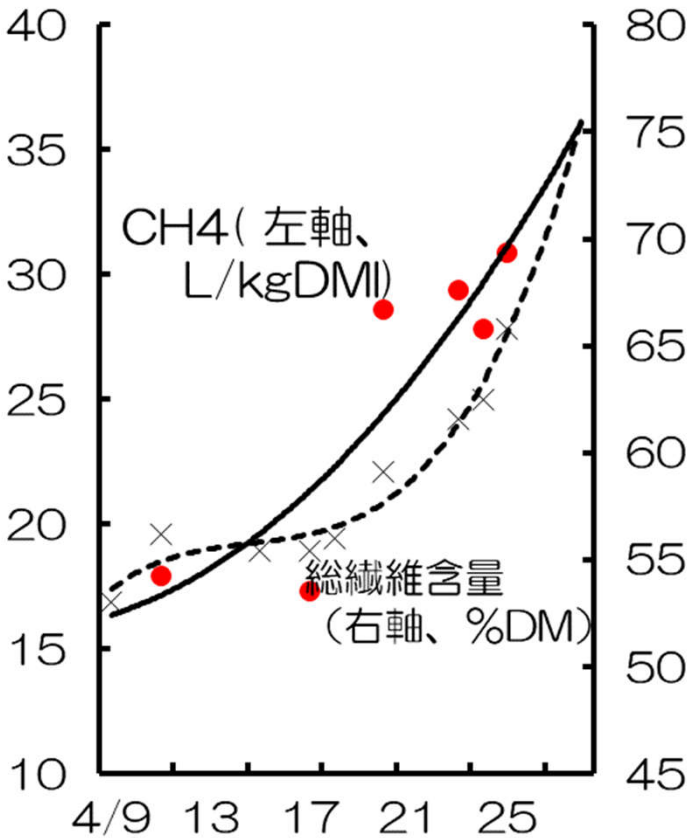
③　育種および飼養管理技術の改善

・繁殖成績の改善、増体量・乳生産量の向上
・低メタン排出牛の育種

※ 生産量の増加と環境負荷物質の抑制を同時に実現する為に、
乾物摂取量（DMI）当り、あるいは生産物（増体量)当たりで検討

① 飼料・栄養管理の工夫

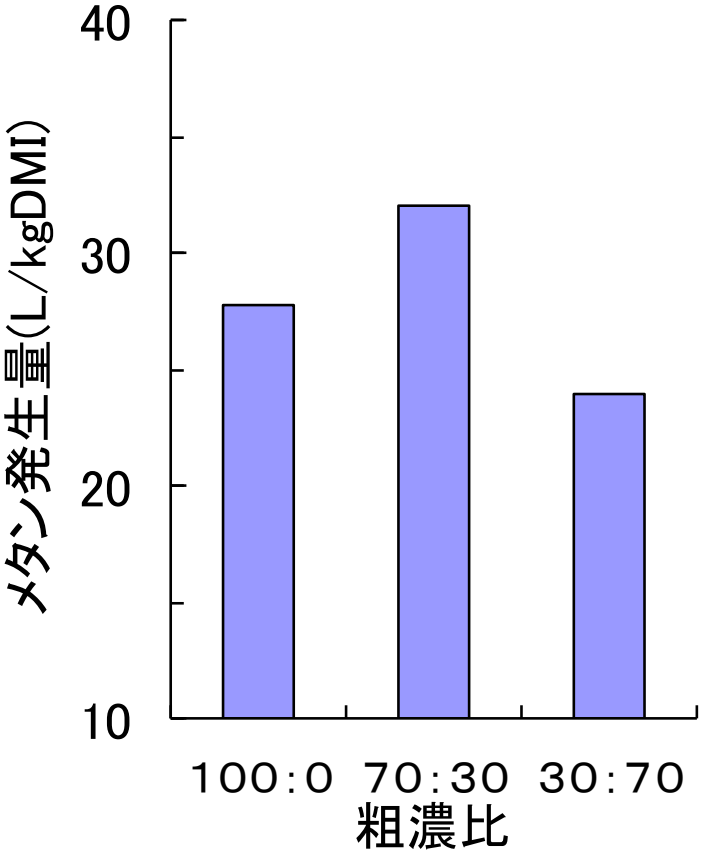
飼料の品質を高める



イネ科生草の生育ステージとメタン排出量の関係

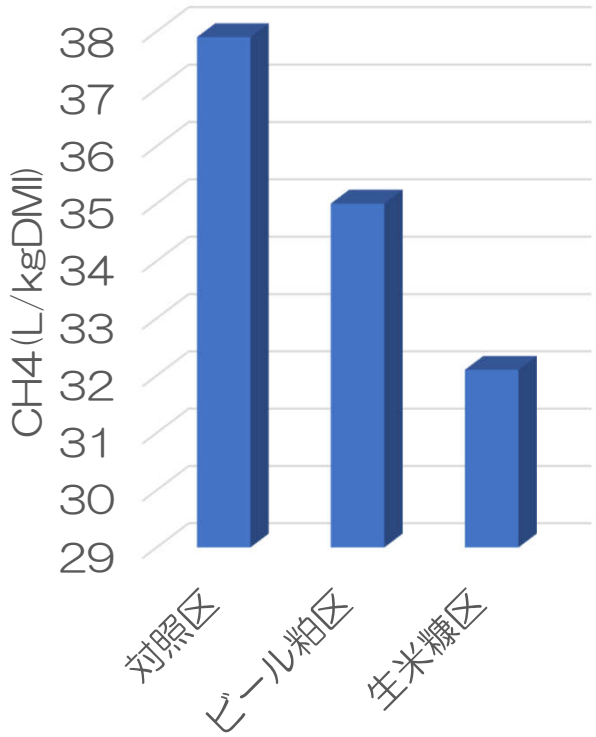
寺田ら、未発表

濃厚飼料の適切な給与



Shibata et al., 1992

脂肪質飼料※を使う

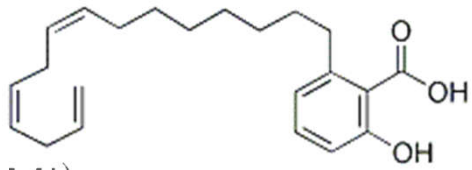


製造粕類給与による
メタン抑制効果

永西, 2002

※ 脂肪酸Caの利用も検討されている

② ルーメン微生物を制御する



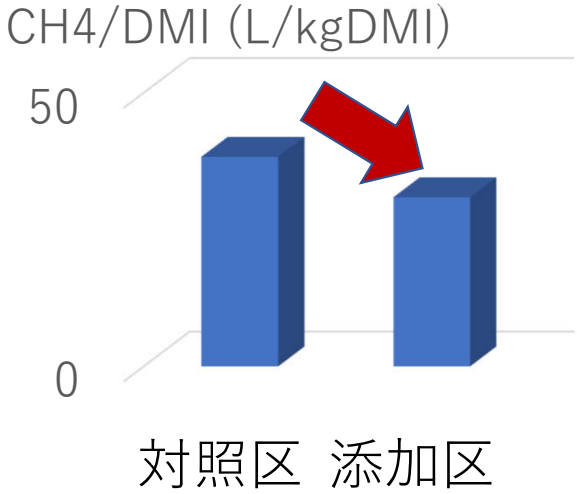
新規微生物を活用した新規資材開発

「プレバイオティクス」
「プロバイオティクス」
「シンバイオティクス」

発見した
新規プロピオン酸菌を活用

ムーンショット型農林水産研究開発事業

「牛ルーメンマイクロバイオ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」

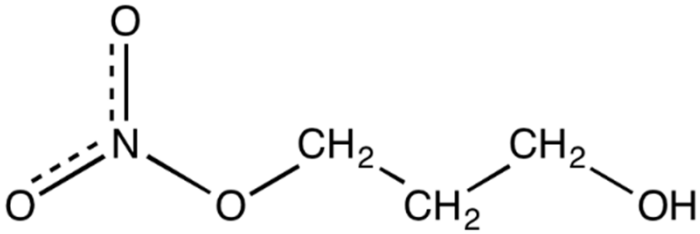


最近、話題になったものに

・3-ニトロオキシプロパノール(3NOP)

メタン産生菌のmethy coenzyme-M reductase 活性を阻害

Lopes et al., 2016



カシューナッツ核液の添加効果

Shinkai et al(2012)

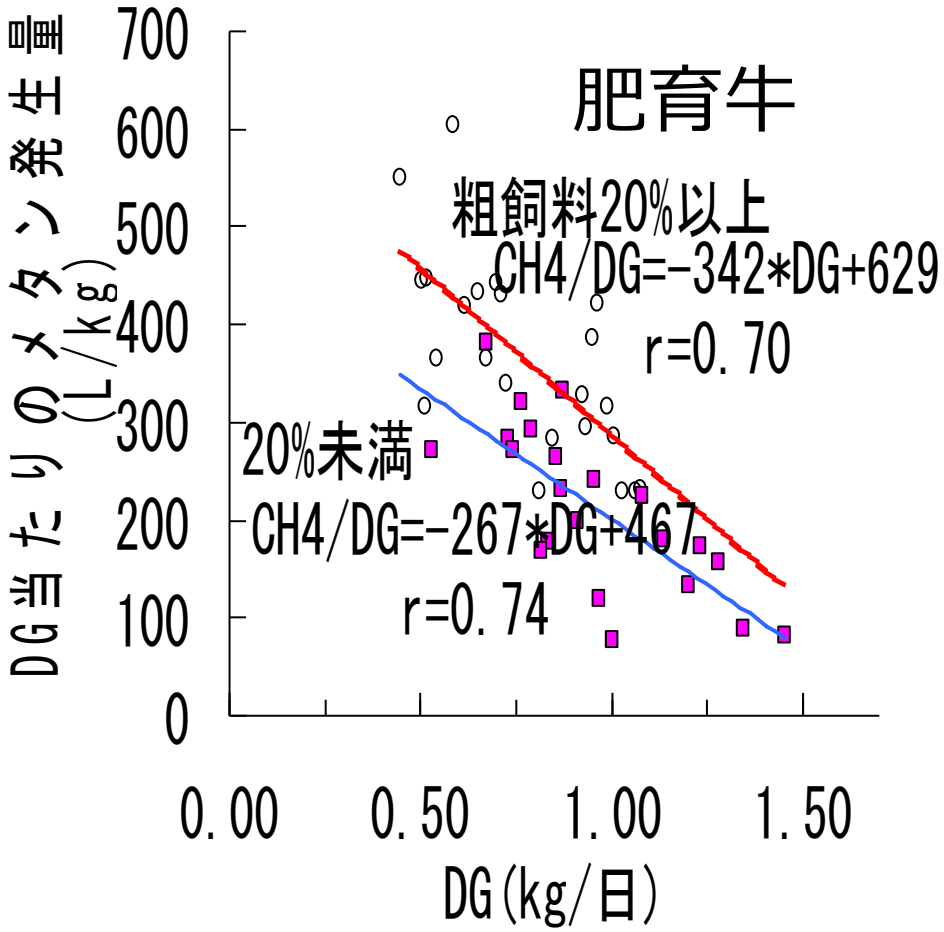
グラム陽性菌を抑制することでルーメン微生物叢を制御

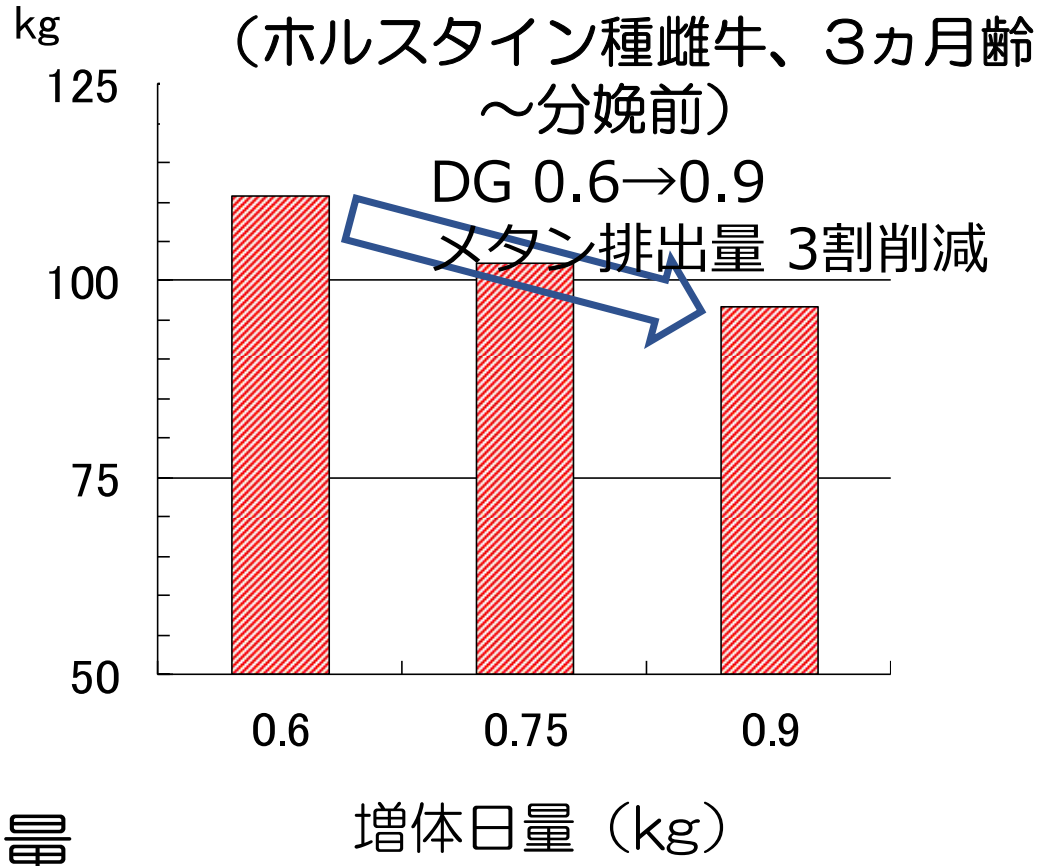
・カギケノリ（紅藻類）によるメタン産生抑制効果

含有するハロゲン化物がメタン産生菌の生育を阻害

(Kinley et al., 2016)

③ 生産性の改善





増体量(DG)当たりのメタン排出量

※ 「DGの向上＝メタン排出量の抑制」に

寺田ら、未発表

育種改良が経営体当たりメタン産生量に及ぼす効果

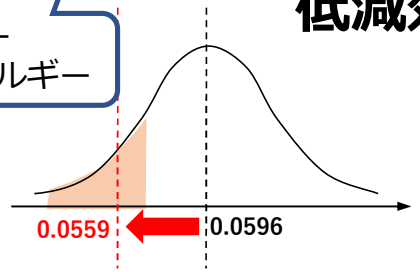
ー同一枝肉生産量を前提としてー

		開始月齢	終了月齢	DG	肥育期間	CH4(kg/頭/年)	経営体当たり（kg/年）	CH4/枝肉重量(kg/kg)	削減割合(%)
去勢若齢肥育（和牛）	現在	9	30	0.79	20.3	76.6	5516	0.258	
	10年後	8	27	0.88	19.1	78.5	5030	0.235	**91.2**
乳用雄肥育牛	現在	7	20	1.19	13.3	84.4	11215	0.212	
	10年後	7	19	1.34	12.0	86.8	10172	0.193	**90.7**

参考：家畜改良増殖目標（令和2年3月）、平成30年度畜産物生産費腸さ

メタン産生効率（MCF）の育種改良による低減効果

メタンエネルギー/摂取総エネルギー



種雄牛造成1世代あたり5～10年と仮定

↓

4～7%（5.5%削減）

(0.0559 – 0.0596) × 0.60 = -0.0022

Uemoto et al 2020に基づく試算

遺伝率は0.2～0.6と推定

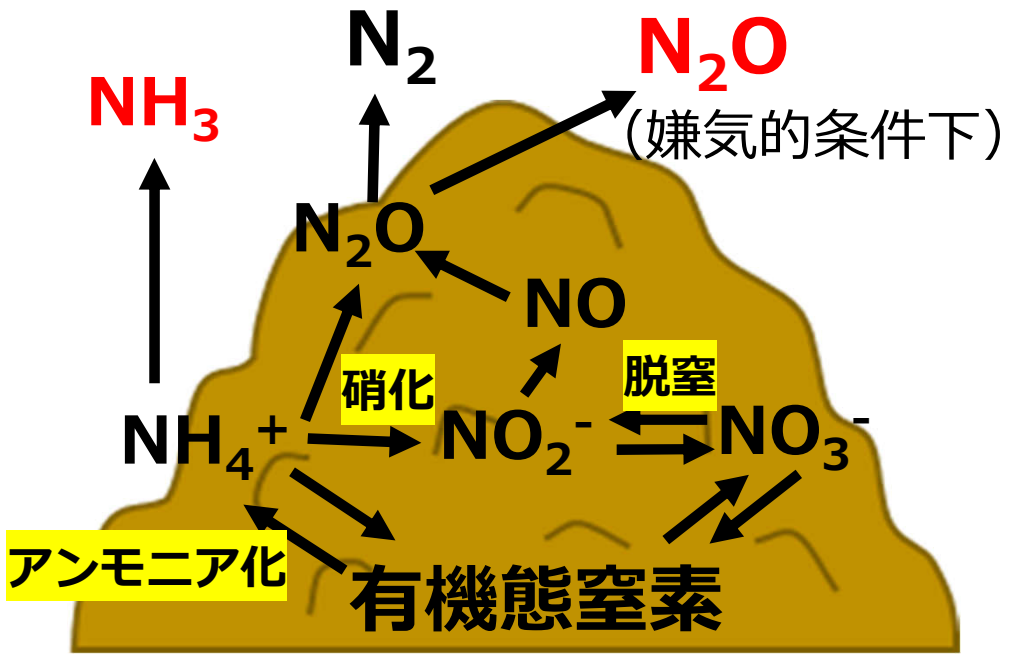
生産性+MCFの改善で

13～16%削減が可能に

N_2Oの発生抑制（堆肥）

肉用牛の糞尿処理

- 分離 2.5%、混合 97.5%
- 混合の場合、**堆肥化が85.7%**



堆肥化過程における窒素の変化

○ N_2O発生量を抑える

- 副資材の適切な利用
- 添加剤の活用

（硝化抑制、pH調整、
亜硝酸酸化細菌の活用）

- 管理方法の変更

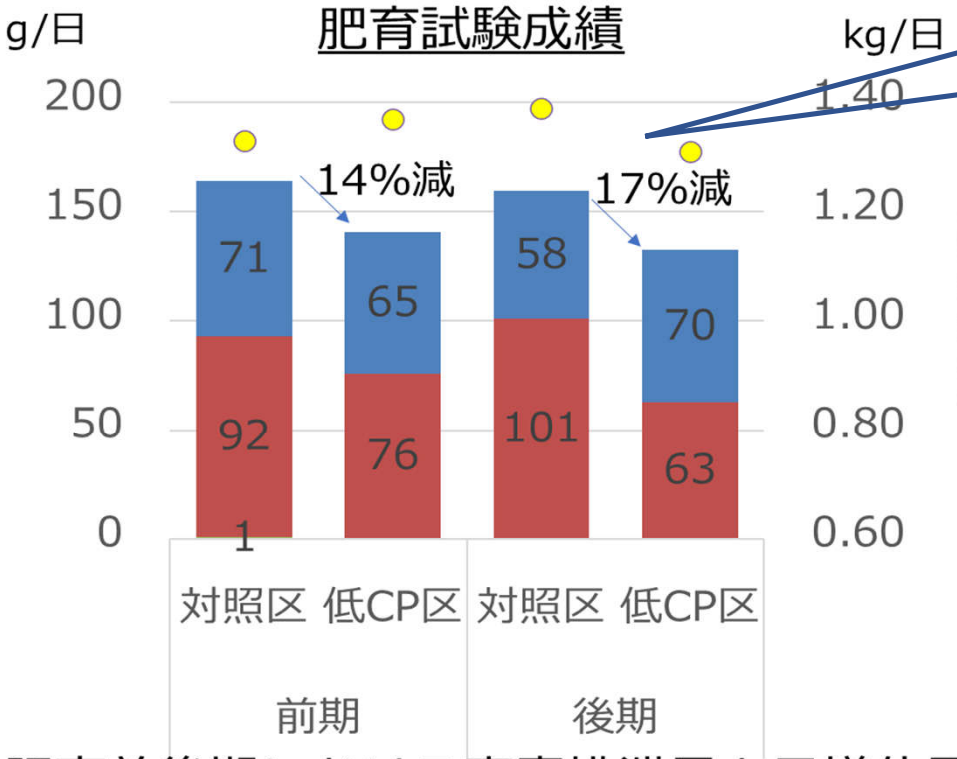
（排出係数：堆肥化 1.6%
→強制発酵 0.25%）

○ 糞尿中N排出量を削減する

- CP給与量を削減する

低タンパク質飼料（アミノ酸バランス改善飼料）給与によるN排泄量の低減

※ ホルスタイン種去勢牛による肥育試験成績



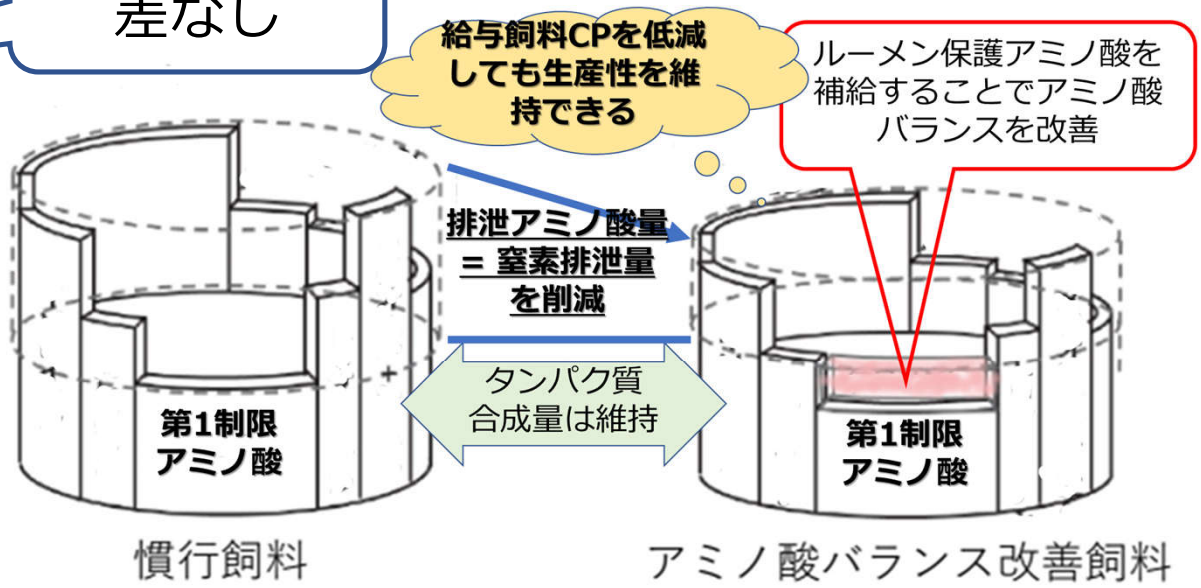
肥育前後期における窒素排泄量と日増体量

窒素排泄量(左軸)

■ 尿 ■ 糞 ● DG（右軸）

Kamiya et al., Anim Sci J. 2021;92:e13562.

枝肉成績に差なし



アミノ酸の桶の理論

（桶の板それぞれが個々の必須アミノ酸量を示している）

Jクレジットに採用

３．食料生産と環境問題の調和的解決策は？

環境共生的視点から

＝*環境問題を意識した生産性の向上，効率の改善*
（食料あるいはタンパク質生産量当たりの環境負荷物質排出削減）

- 育種技術（能力の向上、産生ポテンシャルの低減）
- 繁殖技術（無駄に飼わない）
- 栄養管理技術（効率の改善、無駄に食べさせない）

肉用牛産業の視点から

生活の質、地域振興、人口問題・貧困問題
等も考慮すべきではないか？

- 個別技術開発 から 経営体、地域、あるいはサプライチェーンとしての抑制システム開発へ
- 環境問題を総合的にとらえる

環境負荷
- 温暖化
- 酸性化
- 富栄養化

資源問題
- エネルギー資源
- 水資源

未利用飼料資源

輸入飼料

（放牧）

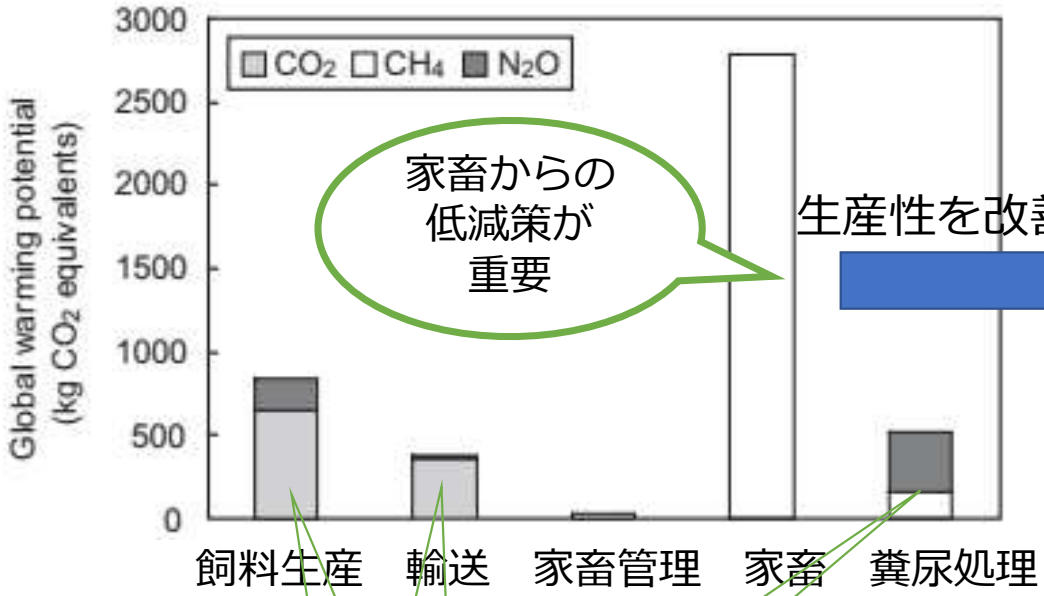
（舎飼）

消化管内発酵

排せつ物処理

飼料生産

繁殖経営を例に

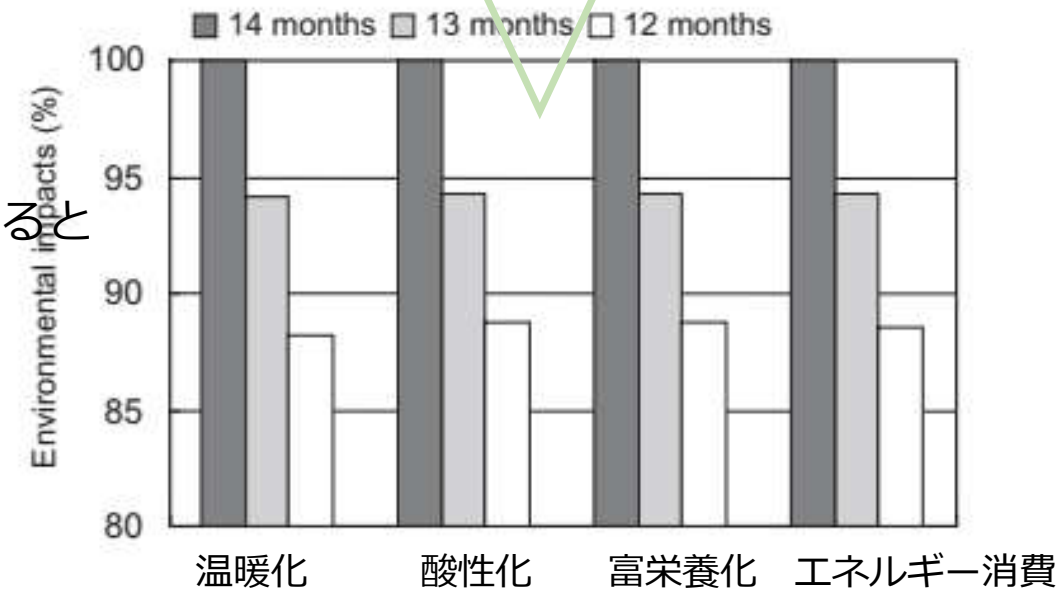


繁殖経営において発生する温室効果ガス（子牛1頭当たり）

放牧の活用も効果

生産性を改善すると

多面的な効果が期待

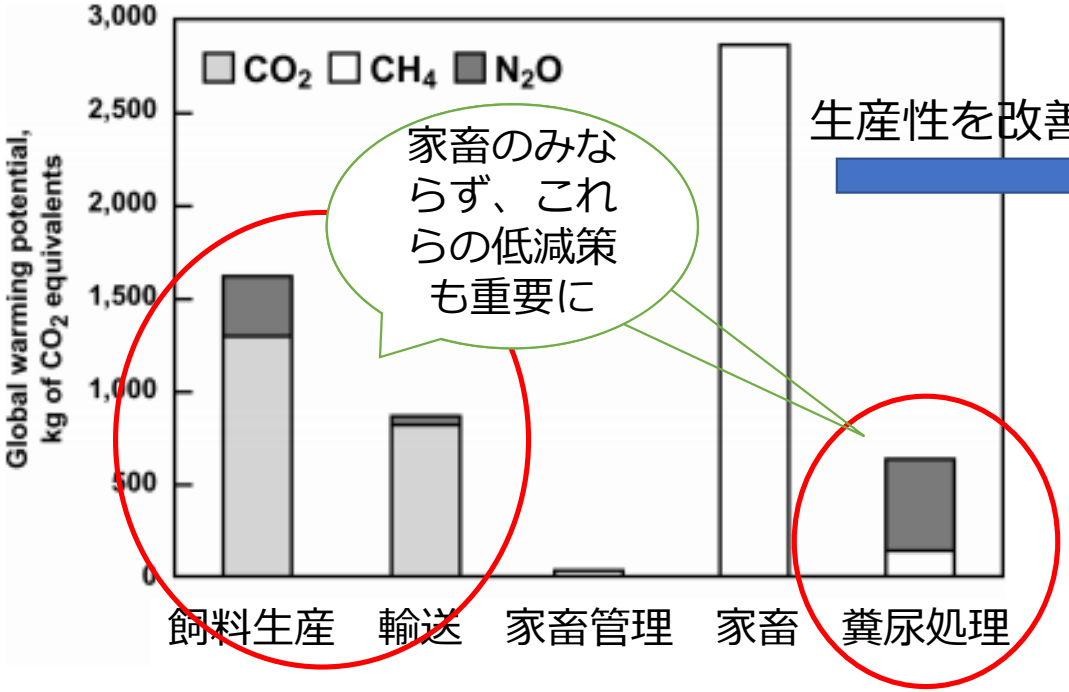


各種環境負荷に対する分娩間隔短縮の効果

（分娩14カ月間隔の効果を100%に設定）

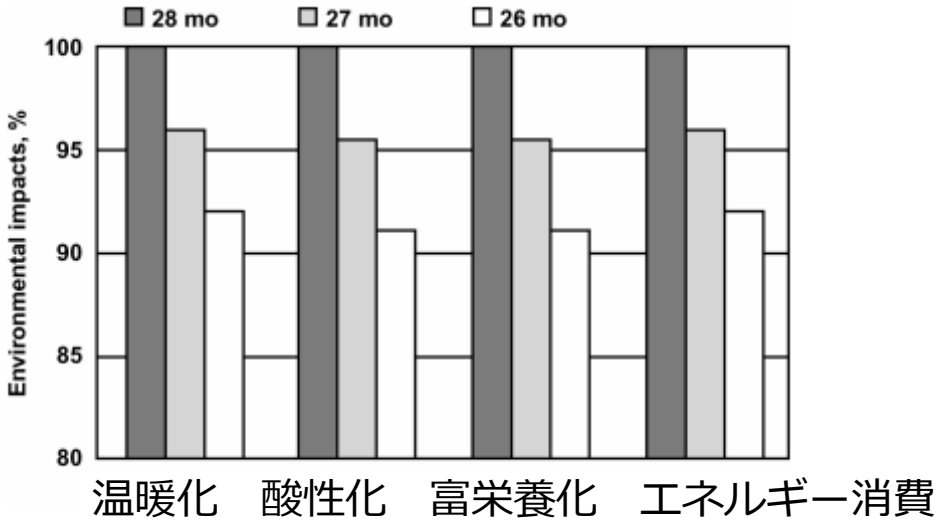
Ogino et al., ASJ 78, 2007

肥育経営を例に
-自給飼料利用、副産物利用、放牧の活用を-



肥育時発生する温室効果ガス
（1頭当たり）

生産性を改善すると



各種環境負荷に対する肥育期間短縮の効果
（28カ月齢出荷の効果を100%に設定）

Ogino et al., J Anim Sci., 82, 2004

今後の展開方向
-食料生産と環境問題の調和的解決策をめざして -

個別技術開発 → 地域、産業としての新たな生産システムを

生産性向上と矛盾しないことを前提に
削減効果のシミュレーション→優先順位を考えて
･･･LCAは必須に

精密飼養管理技術の高度化

情報、IoT等の活用

日本飼養標準肉用牛・2022年版が
もうすぐ出版されます。
ぜひ、ご活用ください。

モニタリング技術

･･･簡易な測定、評価技術
→ 見える化を実現

不確定要素（不確実性）への対応
＝ No regret policy（後悔しない政策）

人為的（anthropogenic）気候変動（climate change） が 起こるか起こらないかには関係なく、正味の社会的および／または経済的便益を生むであろう政策。
（用語解説 - 国立環境研究所 地球環境研究センター）

今できることは
積極的行おう

ご清聴、ありがとうございました。