

環境温暖化と放射能汚染

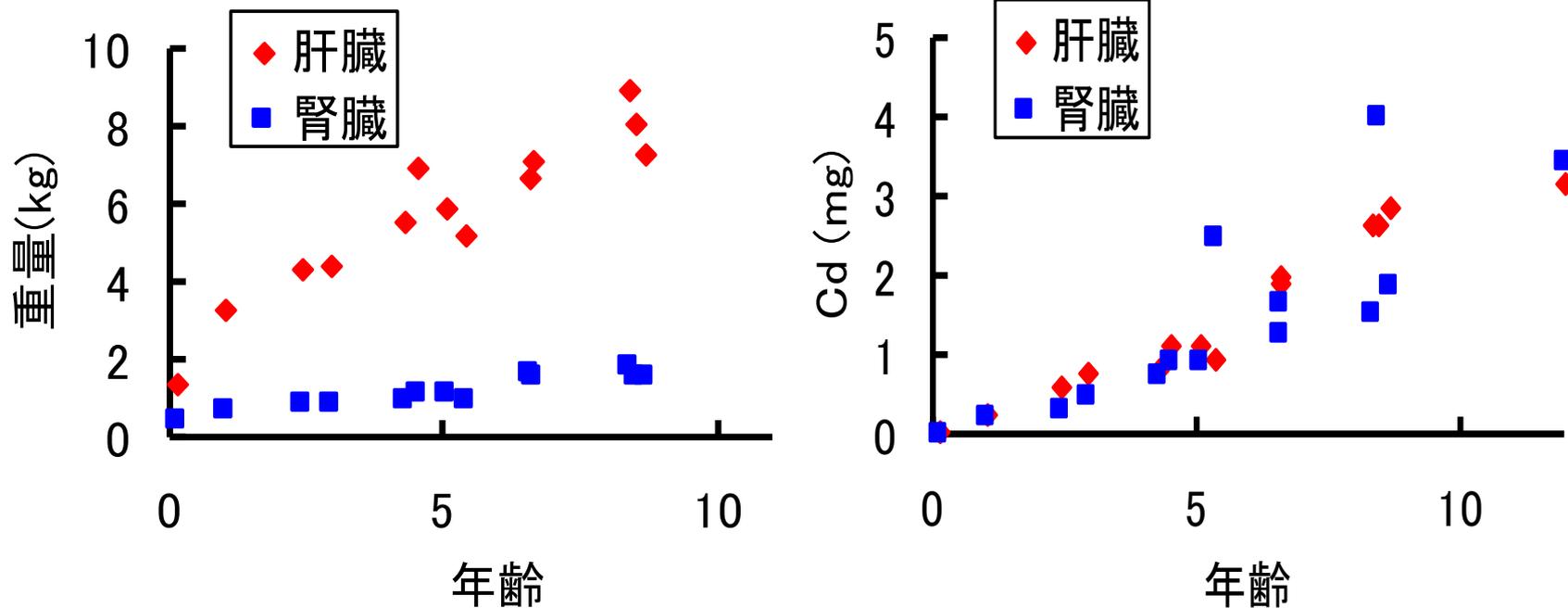
畜産と環境問題の歴史

- 水俣病(有機水銀)、イタイイタイ病(カドミウム)などによる公害の発生—環境教育の原点
- 農薬(有機水銀剤など)による汚染
- チェルノブイリ原発事故による放射能汚染
- ダイオキシンなどの環境ホルモンによる汚染



畜産物の汚染など、家畜生産にとってはデメリットだけが注目されるため、環境教育では限りなくゼロにすることが求められる

図、乳牛の肝臓と腎臓の重量と カドミウムの蓄積



- ・腎機能への影響
- ・食品の安全性

Cd投与牛の組織中Cd含量(乾物当りppm)

	投与牛	対照牛
腎臓	53.7	3.6
肝臓	14.7	0.7
筋肉	0.06	0.03
牛乳	検出せず	検出せず
投与牛	: Cd摂取 (飼料中100ppm)	
対照牛	: Cd摂取 (飼料中0.1-0.2ppm)	

Cu投与牛の組織中Cu含量(乾物当りppm)

	投与牛	対照牛
腎臓	20	20
肝臓	320	76
筋肉	2.5	2.0
牛乳	0.53	0.33
投与牛	: Cu摂取 (飼料中75ppm)	
対照牛	: Cu摂取 (飼料中5-10ppm)	

重金属類の低減

1. 亜鉛、銅などの重金属類の大部分は糞中に排泄される
2. 体内への蓄積は重金属によって異なるが、肝臓、腎臓などに蓄積されやすい



必須微量元素は適正給与、有害重金属は可能な限り給与しない

牛乳の放射能汚染

- **食品の安全性評価と風評被害防止**

- **核実験(中国): 1964年10月に核実験開始**

日本の牛乳中の ^{137}Cs は1965年にピークになり、その後数年間に急減し、1970年以降は漸減した

- **チェルノブイリの原発事故**

1986年4月26日(日本から8000km)

放射性物質の測定:

^{131}I : 半減期8日、 ^{137}Cs : 半減期30年

乳牛の 飼養管理 (熊本)



ヨウ素 (I: 必須微量ミネラル)

- ヨウ素: 主な生理的役割は、甲状腺ホルモンの合成である。ヨウ素欠乏症になると体内の甲状腺ホルモンが不足し、甲状腺腫の発生、成長低下、繁殖機能低下、乳量減少などが生じる。
- 世界では土壌中にヨウ素が欠乏している地域が多く、牛のヨウ素欠乏症は重大な問題である

ヨウ素中毒と放射性ヨウ素

- ヨウ素の中毒発生限界は、飼料乾物当たり50ppmである。ヨウ素中毒が発生すると食欲減退や成長不良などが起き、泌乳牛では牛乳中に過剰のヨウ素が排泄される。
- 放射性ヨウ素： ^{131}I (半減期8日)、 ^{132}I (半減期2.3時間)などがあり、体内に入ると甲状腺に集積し、甲状腺ガンなどの原因となる恐れがある。
- ヨウ素は原子炉の中で高温になると気体になり、原発事故後は空気中に拡散する(雨天後に地上に降ることが多い)。

牧草と牛乳中の¹³¹Iの測定

- 測定機器：ゲルマニウム半導体検出器
測定時間：10,000秒（2時間47分）
- 測定サンプル（九州農業試験場：熊本）
 - 牛乳：朝と夕方の牛乳をバルククーラーから採取し、3.5Lを測定
 - 牧草：イタリアンライグラスを圃場から採取（10cm以上）し、2-3cmに切断後測定Boxに入れて測定

牧草(◆)と牛乳(◆)中の¹³¹I

原発事故(4/26)

測定:熊本(5/3開始)

・検出日

牧草(5/6)、牛乳(5/8)

・最高値

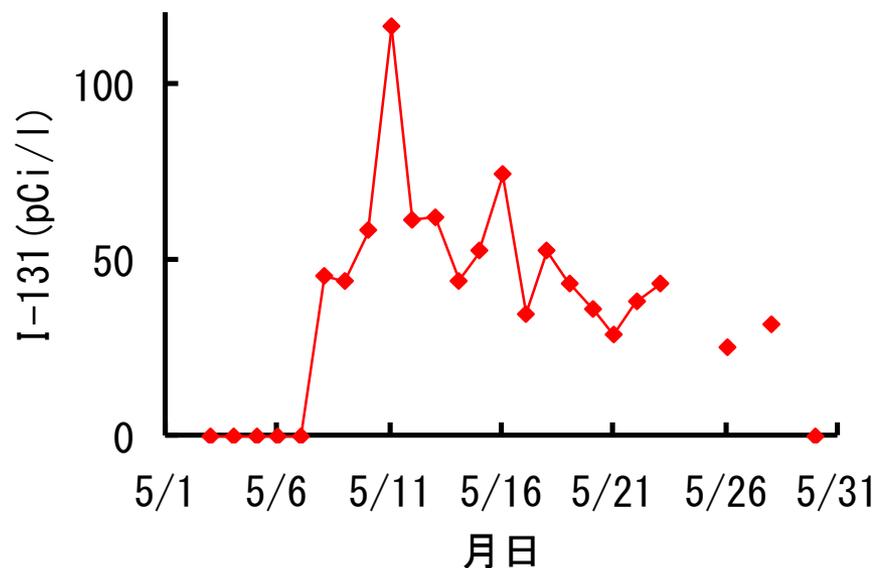
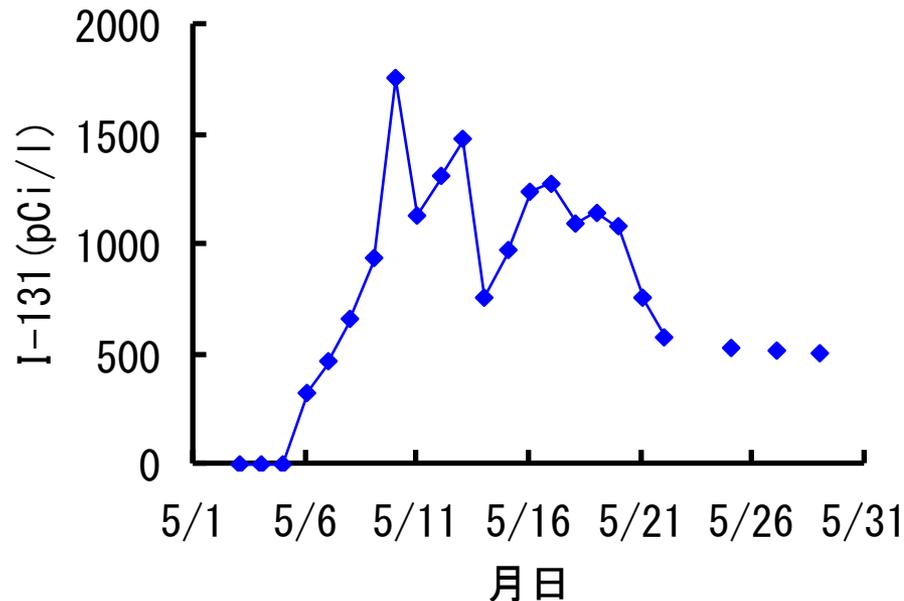
・牧草(5/10)

1764pCi/kg(65.3ベクレル)

・牛乳(5/11)

116.5pCi/l(4.3ベクレル)

・1キュリー=370億ベクレル



牛乳中の¹³¹Iの汚染

- ・汚染経路：土、飼料からの汚染
空気中の塵からの汚染
(雨の後で¹³¹Iの濃度が上昇)
- ・各地の最高値
 - 熊本(5/11)： 116.5pCi/l(4.3ベクレル)
 - つくば(5/11)： 118.7pCi/l(4.4ベクレル)
 - 北海道： 285pCi/l(10.5ベクレル)
 - 島根： 675pCi/l(25.0ベクレル)

牛の甲状腺中の ^{131}I (三橋、1987)

▪ $^{131}\text{I} = \text{pCi} / \text{甲状腺重量}$

▪ 乳牛(つくば、5/19殺処分) 甲状腺重量

No.1 1,116pCi (43ベクレル) 36.3g

No.2 12,121pCi (448ベクレル) 30.6g

▪ 乳牛(つくば、6/9殺処分)

No.3 205pCi (7.6ベクレル) 13.5g

No.4 172pCi (6.4ベクレル) 15.6g

No.5 251pCi (9.3ベクレル) 14.6g

平成23年の牛乳の放射能汚染

- ・牛乳中の ^{131}I 暫定規制値: 300ベクレル/kg
牛乳中の放射性Cs基準値: 50ベクレル/kg
乳児用食品のCs基準値: 50ベクレル/kg
- ・福島県(3/19)の牛乳: 最高値
 ^{131}I (5200ベクレル/kg; 17倍)
 ^{137}Cs (420ベクレル/kg; 約2倍)
- ・栃木県(4/3)の牛乳(日畜会報、2012)
 ^{131}I (1179ベクレル/kg)、 $^{137+134}\text{Cs}$ (1155ベクレル/kg)
- ・イナワラの放射能汚染

チェルノブイリ事故後の牛乳中¹³⁷Cs

- ¹³⁷Csの半減期は30年なので、事故年の牧草等の飼料は¹³⁷Csに汚染された
- 高汚染乾草中の¹³⁷Cs (1986年5月調製)
421pCi/kg (15.6ベクレル/kg)
- 低汚染サイレージ中の¹³⁷Cs (1987年4月調製)
48.8pCi/kg (1.8ベクレル/kg)
- 飼料中の¹³⁷Cs
配合飼料(16.2pCi/kg)
ビートパルプ (11.8pCi/kg)

牛乳中の ^{137}Cs (pCi/l)

	I 期	II 期	III 期
A 群	1.8	9.7	2.1
B 群	10.9	1.8	9.9

A 群 ; 低—高一低、 B 群 ; 高一低—高

^{137}Cs 摂取量 : 高 (3410pCi/日) 126ベクレル
低 (672pCi/日) 25ベクレル

牛乳中の最高値 : 10.9pCi/l(0.4ベクレル)

牛乳中の ^{137}Cs の汚染経路

- ・汚染経路: 事故の翌年以降は、飼料(土も)からの汚染

- ・牛乳中への ^{137}Cs の移行係数(日/l)

$$= \frac{\text{牛乳中}^{137}\text{Cs} \text{ (ベクレル/l)}}{\text{摂取飼料の}^{137}\text{Cs} \text{ (ベクレル/日)}}$$

摂取飼料の ^{137}Cs (ベクレル/日)

本研究の移行係数(3.1~3.8/1000): ^{137}Cs を1000ベクレル(1日当たり)摂取すると牛乳1L中に3.1~3.8ベクレル移行する

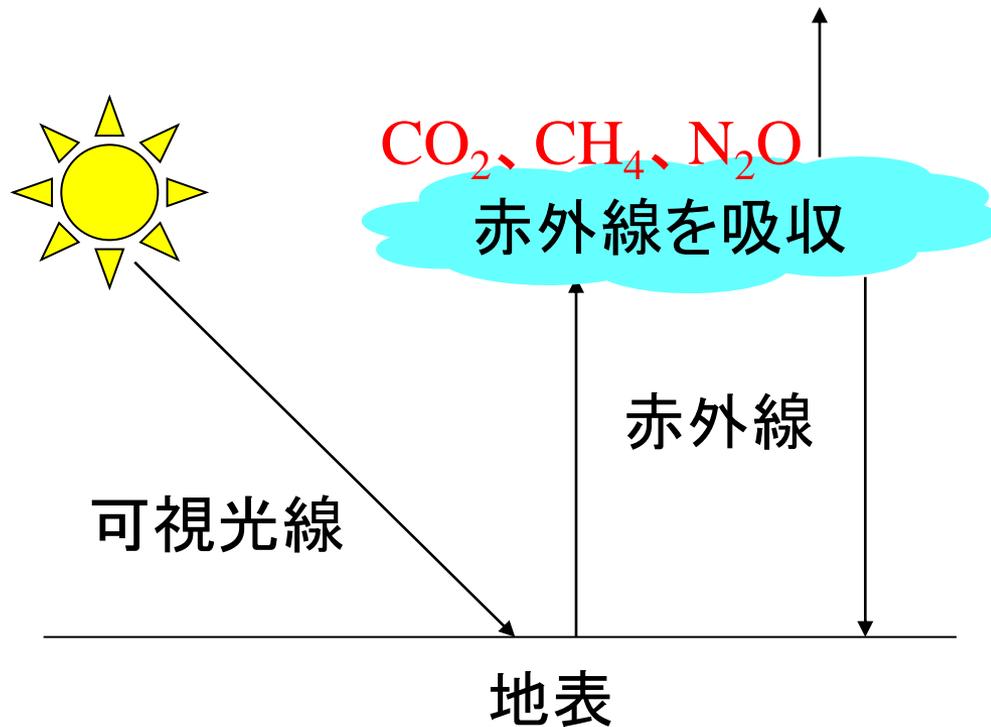
- ・三橋による移行係数(4.3/1000)

気候変動に関する政府間パネル(IPCC) 第4次評価報告書(2007年)

--ノーベル平和賞受賞

- 1906-2005年世界の平均気温は 0.74°C 上昇
- 主要な温室効果ガスである二酸化炭素濃度は産業革命以前の約1.4倍、メタンは約2.5倍になり、地球温暖化は人間活動による温室効果ガス排出による可能性が高い
- 21世紀末の平均気温の予測:
省資源で環境に配慮した循環型社会では約 1.8°C ($1.1-2.9^{\circ}\text{C}$) 上昇、化石燃料に依存した高度経済成長では約 4°C ($2.4-6.4^{\circ}\text{C}$) 上昇

温室効果



温室効果：

大気中に存在する
赤外線を吸収する
気体により、地表
が日射以上に暖
められる現象

温室効果ガス

- 温室効果ガス：温室効果をもたらす気体で、二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4)、亜酸化窒素 (一酸化二窒素： N_2O)、フロン、オゾンなどがある



地球に温室効果ガスがないと地球表面の平均気温は -18°C になるが、温室効果ガスがあることにより約 15°C (33°C も高い)に保たれている

温室効果ガスの年間発生量と温室効果への寄与率

化合物	年間発生量 1990年代	寄与率
-----	-----------------	-----

CO ₂		63%
-----------------	--	-----

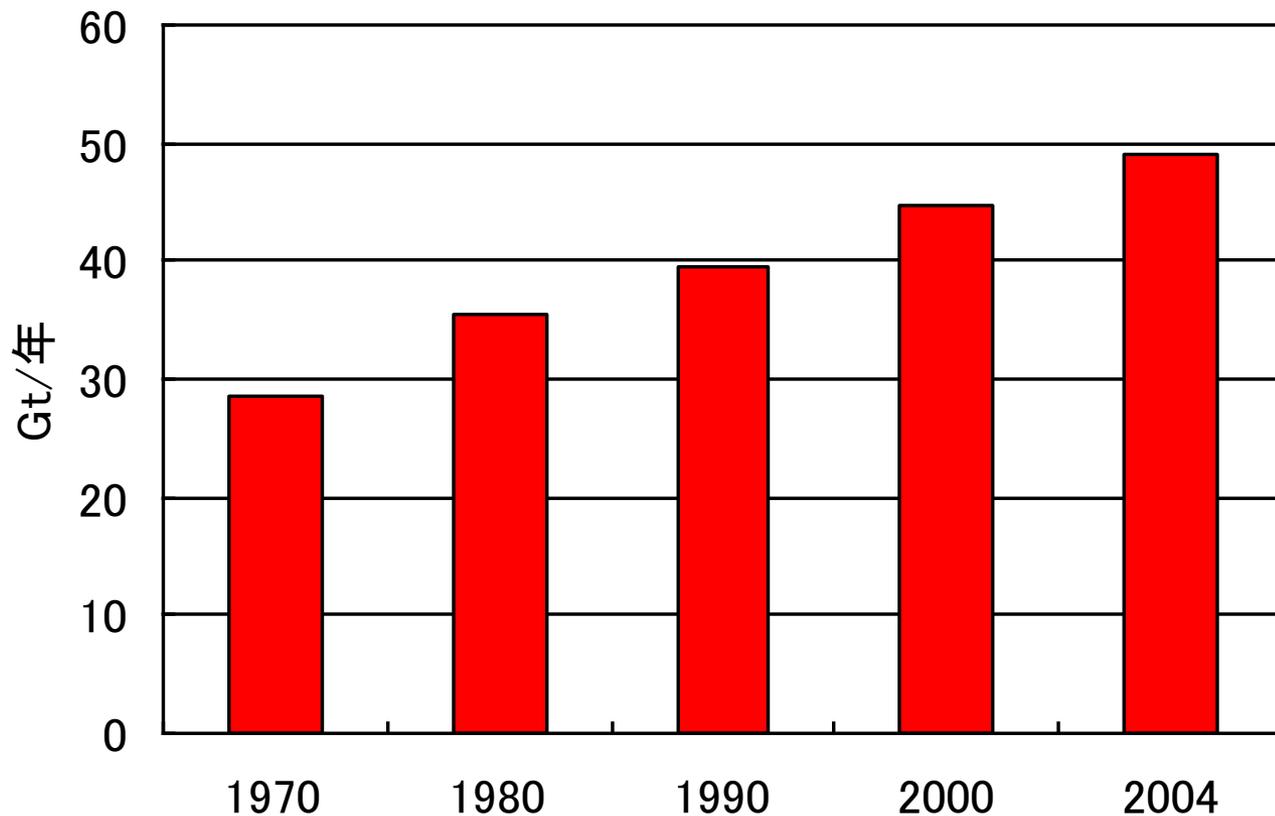
CH ₄	600Tg	20%
-----------------	-------	-----

N ₂ O	16.4TgN	6%
------------------	---------	----

SF ₆	6Gg	
-----------------	-----	--

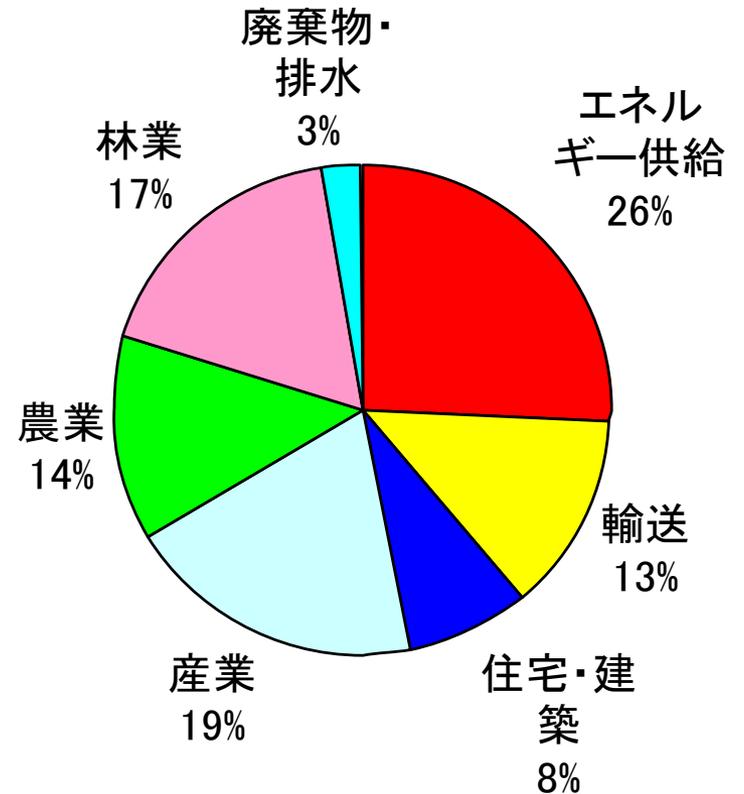
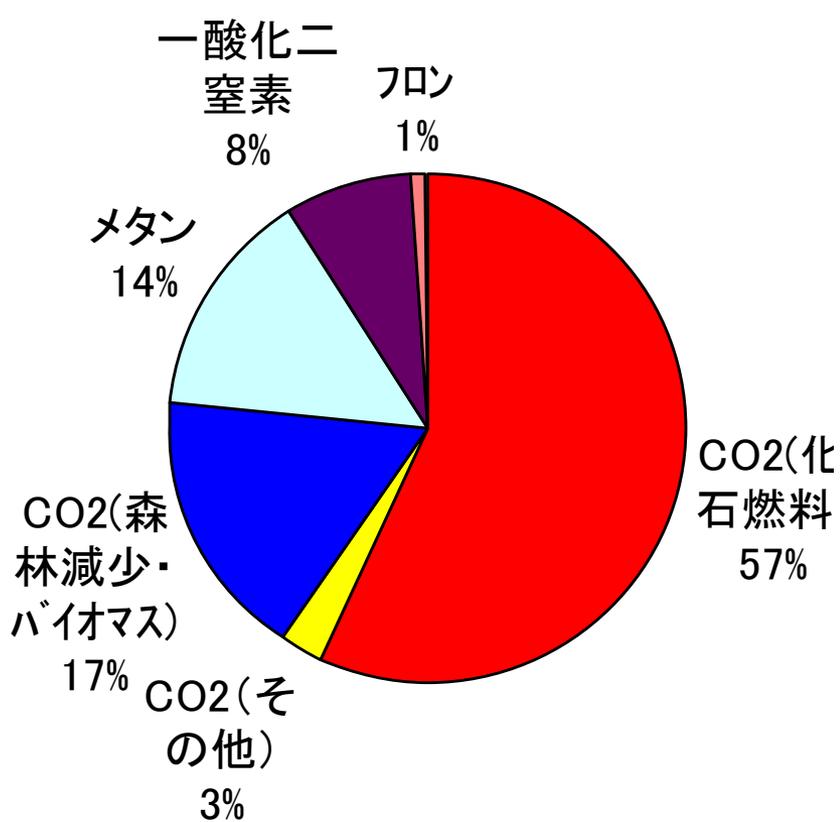
IPCC (2001)

世界の温室効果ガス排出量(CO₂換算) (IPCC2007)



温室効果：メタンガスはCO₂の約21(25)倍、亜酸化窒素は約310(298)倍 ()内はIPCC2007の数値

2004年の温室効果ガス (IPCC2007)

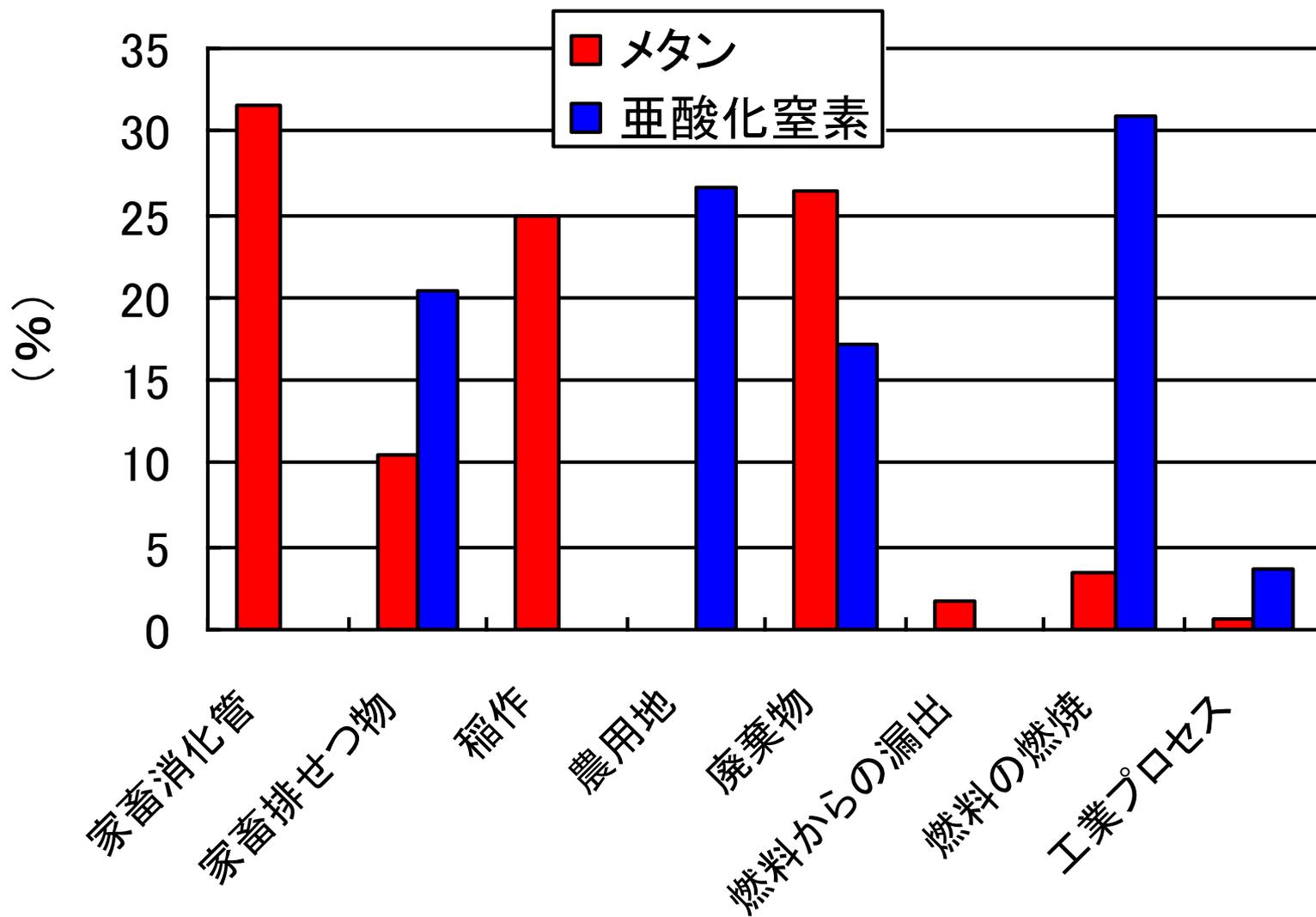


日本の温室効果ガスの排出比率 (2001)

- 二酸化炭素(CO₂) 93.4% : 石炭、石油、天然ガスの燃焼など
- メタン(CH₄) 1.6% : 農業関連、廃棄物の埋め立て、燃料の燃焼
- 一酸化二窒素(N₂O) 2.7% : 燃料の燃焼、肥料の生産・使用など
- HFCs(ハイドロフルオロカーボン類) 1.2% : 冷媒、断熱材の発泡剤、半導体の洗浄剤
- PFCs(パーフルオロカーボン類) 0.8% : 半導体の洗浄ガスなど
- 六フッ化硫黄(SF₆) 0.3% : 変圧器などの絶縁ガス

国内の温室効果ガス発生量(2007年)

メタン: 239万t、亜酸化窒素: 486万t



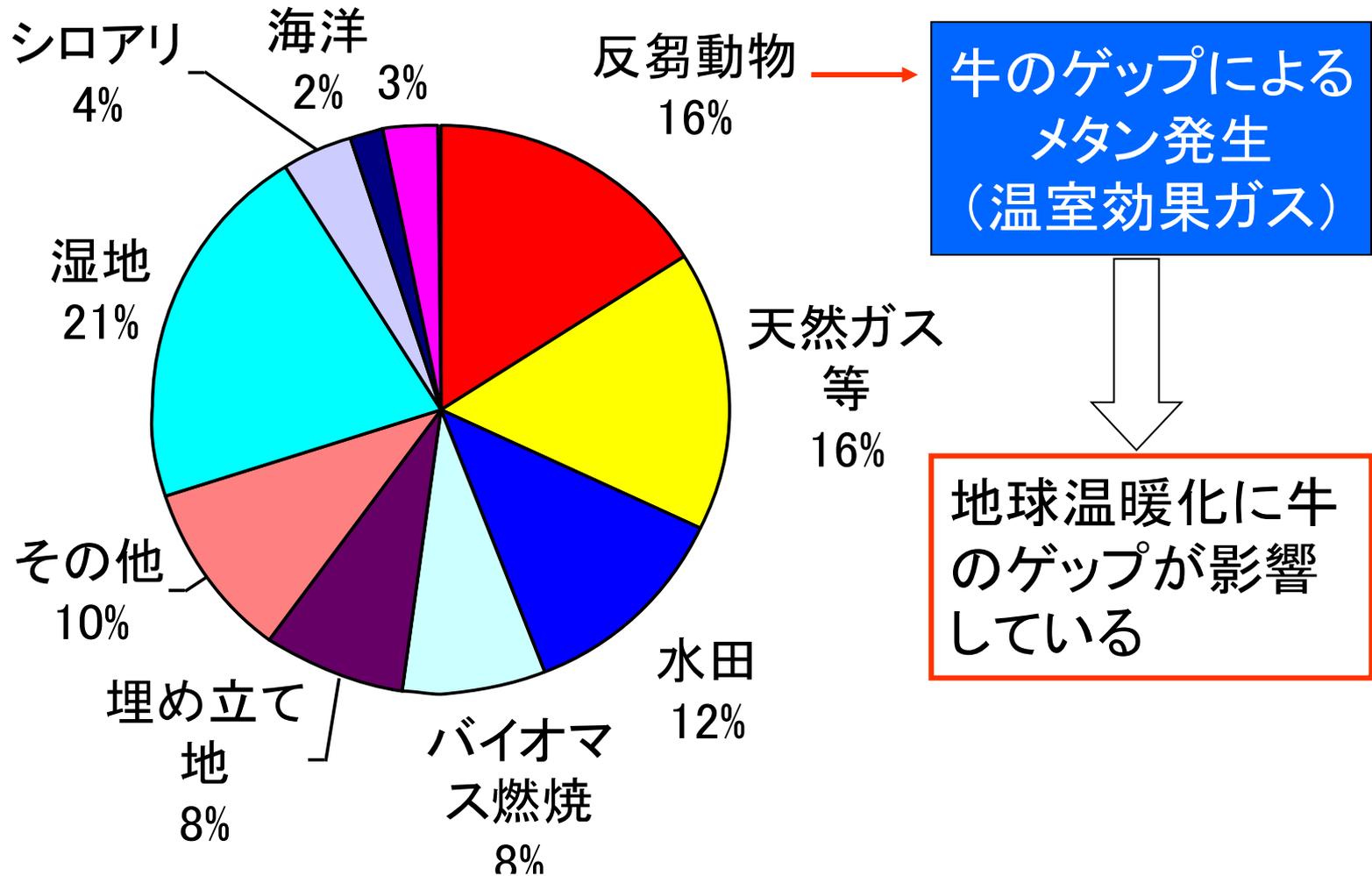
地球温暖化への取り組み

- 気候変動に関する国連枠組み条約第3回締約国会議(京都会議、1997年)では、炭酸ガス、メタンガス、亜酸化窒素などの6種類の温室効果ガスの削減合意
- 京都会議で採択された京都議定書への対応として、温室効果ガスのモニタリングと排出削減技術の開発が求められている
- 1990年を基準にして、わが国では2008ー2012年に温室効果ガスの6%低減が必要

温暖化が農業生産に及ぼす影響

- ・ 作物生産は気温、降水量などの気候因子に大きな影響を受け易いことから、農業生産への悪影響が懸念される。
- 農業生産量の低下：阻害要因の増大（高温による生育障害、降水パターンの変化、病虫害や雑草の発生など）
- 農業生産物の品質の低下
- 栽培適地の移動

地球のメタンガス発生源の推定 (IPCC,1997年)



地球温暖化研究と畜産

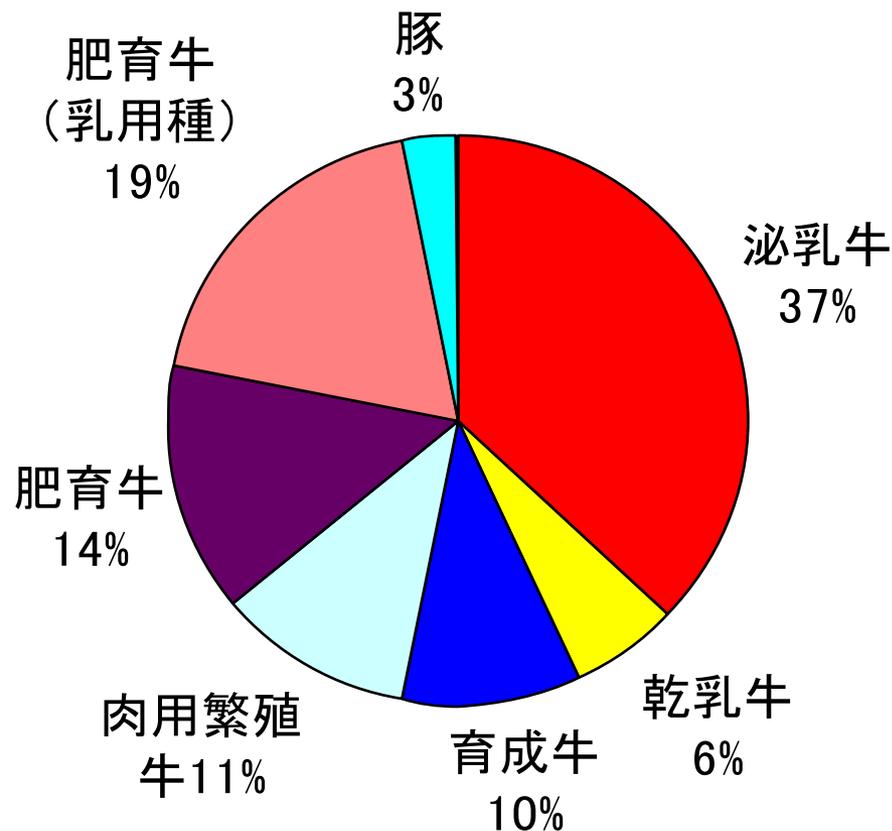
- 畜産が関係する温室効果ガス：メタン（主に反芻動物のルーメン発酵由来と糞尿由来）と亜酸化窒素（糞尿由来）。これらの発生量の推定と抑制法の開発研究が進展
- わが国のメタン発生量に占める家畜生産の割合は約32%（反芻家畜由来24%、糞尿由来8%）、亜酸化窒素では約6%
- 温室効果：メタンガスはCO₂の約23倍、亜酸化窒素は約296倍と高い(IPCC,2001)

動物のメタン発生量(Crutzenら,1986)

	メタン発生量 (頭・kg/年)	頭数 (百万頭)	総メタン (Tg/年)
牛 (先進国)	55	572.6	31.5
(発展途上国)	35	652.8	22.8
水牛	50	142.1	6.2
めん羊 (先進国)	8	399.7	3.2
山羊	5	476.1	2.4
豚(先進国)	1.5	328.8	0.5
馬	18	64.2	1.2
ヒト	0.05	4669.7	0.3
野生動物	1-50	100-500	2-6
合計			75.7-79.7

Tg=10⁹kg=10⁶t (7割程度は牛から発生)

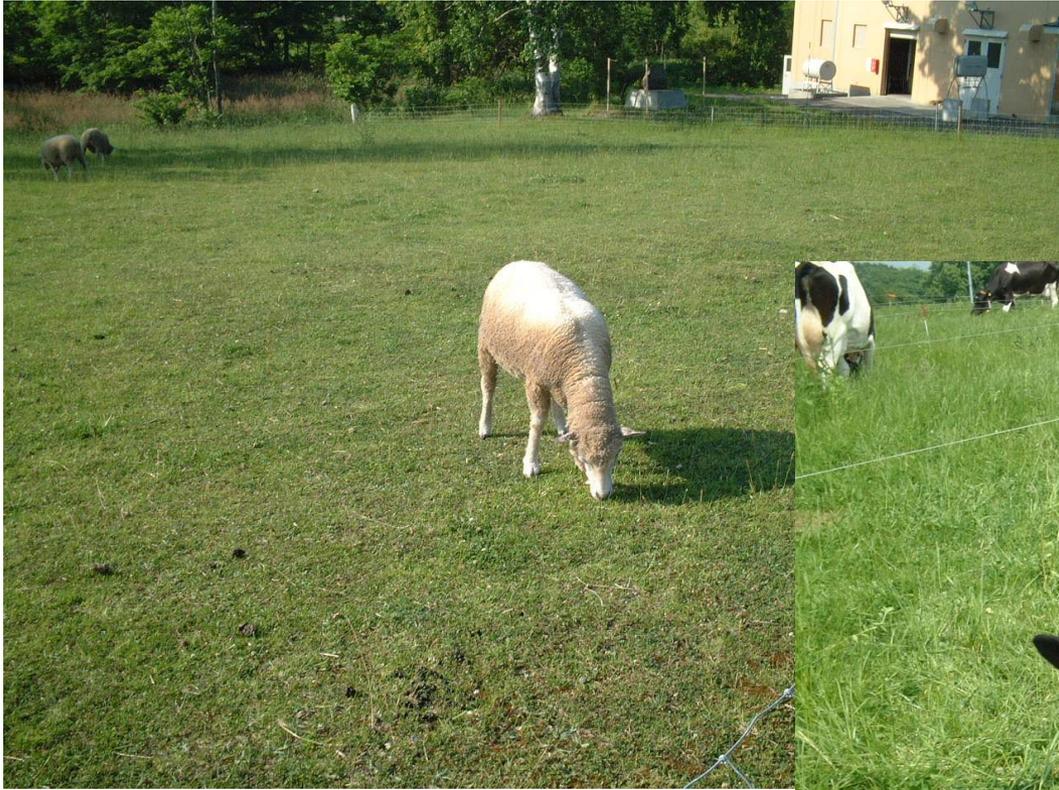
わが国の家畜からのメタンガス発生量 (Shibataら、1993、2009年)



- ・わが国のメタン発生量(0.35Tg)は世界の0.45%に相当する
- ・2006年の発生量は0.335Tgとなり、世界の0.36%に相当する

反芻動物(牛・ヒツジなど)では なぜメタンが発生するのか？

反芻動物はなぜ繊維を
利用できるのか？



相利共生:異なる生物種
が互いに利益を得る関係
(牛とルーメン微生物)



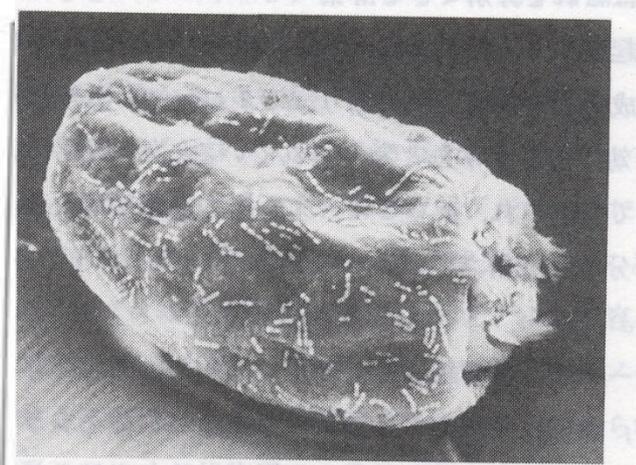
巨大なルーメン(100~200l)における繊維の分解

- ルーメン細菌: 10億/ml
- セルロース分解菌: 酢酸
- メタン生成細菌: メタン

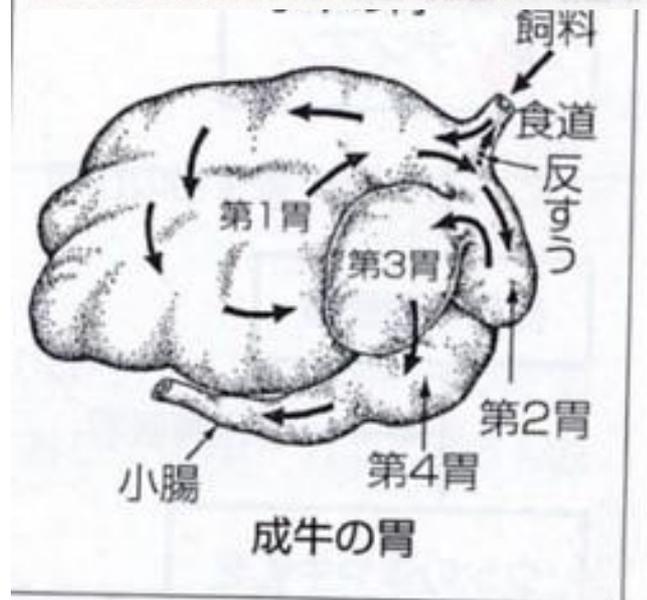
他の細菌とは生化学的性質が異なる古細菌に属する

- プロトゾア: 100万/ml

発酵産物として水素を多く生成するので、メタン菌が付着しやすい



1-27 プロトゾアの体表に付着しているメタン細菌 (上藤)



代謝実験室（チャンバー）

北海道農業研究センター

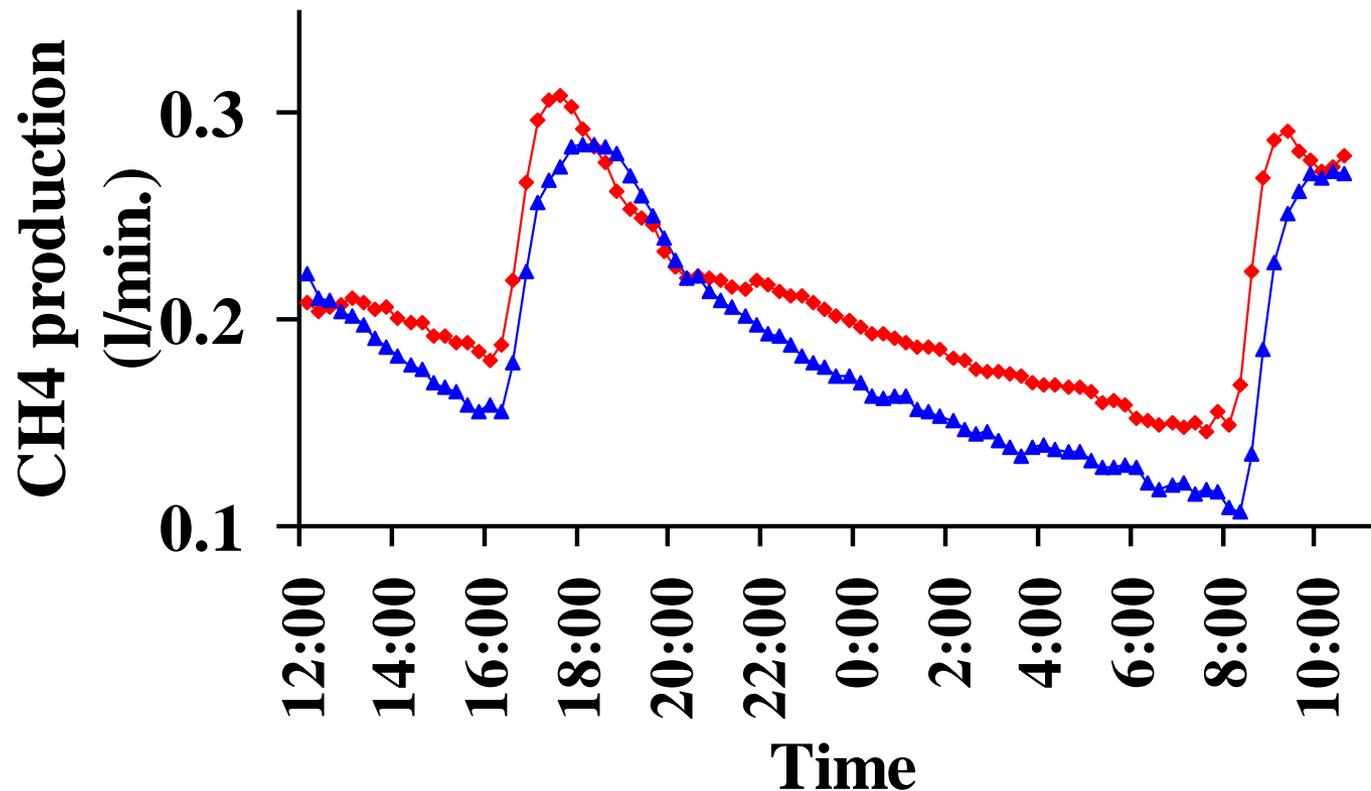
- ・酸素、二酸化炭素、メタンの測定



チャンバー内の流量を一定にして、チャンバー内とチャンバー外の濃度差から、酸素消費量、二酸化炭素排泄量、メタン排泄量を測定する

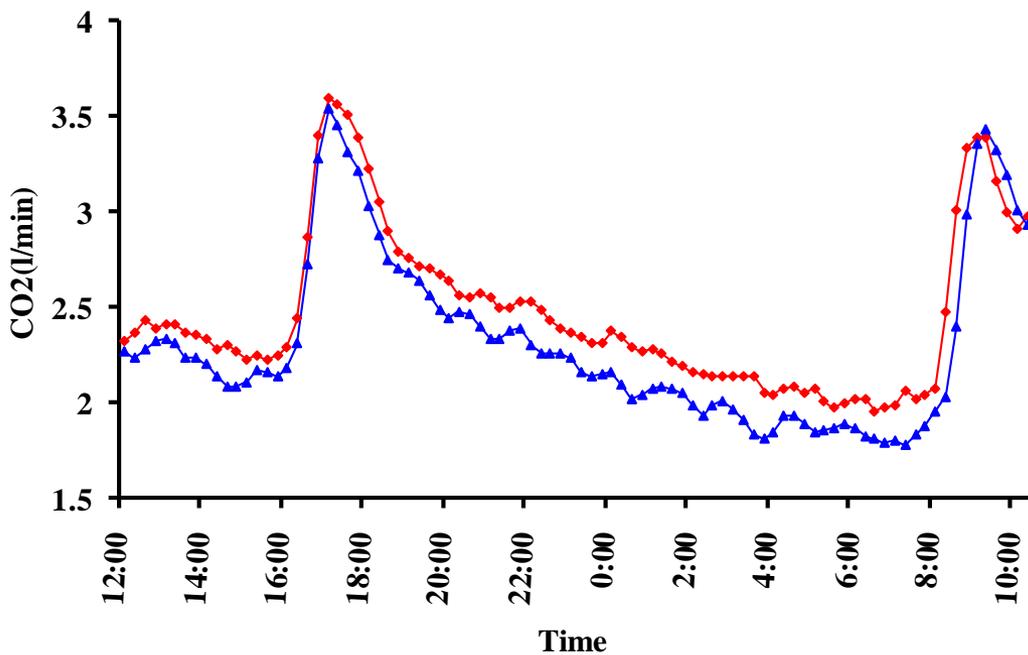
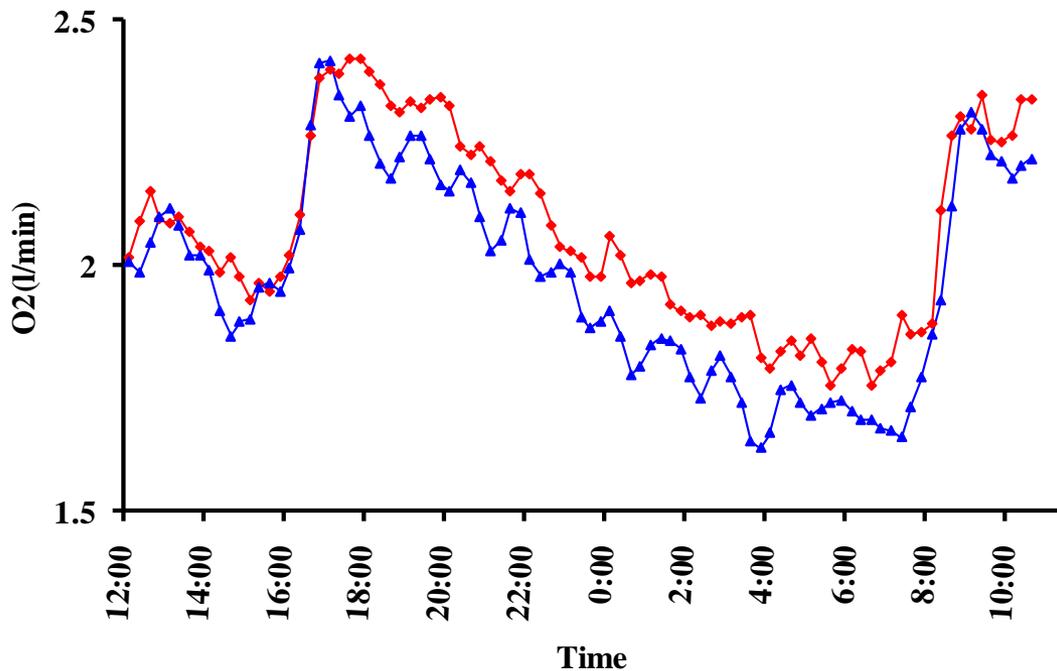


乳牛のメタン発生量(グラス給与区とグラス+アルファルファ給与区)

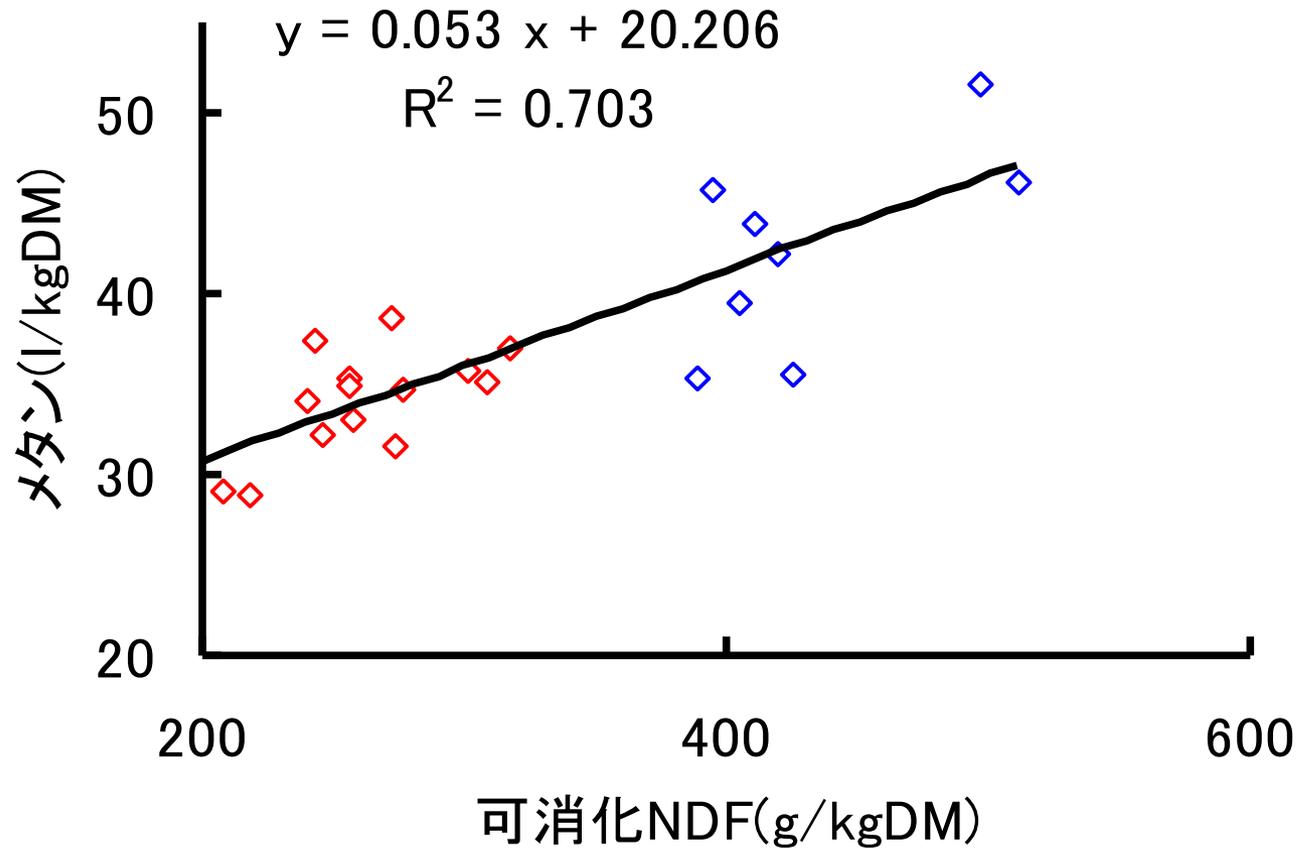


図、グラス給与区(◆)とグラス+アルファルファ(1:1の比率)給与区(■)のメタン発生量。(アルファルファ区で7%低減)

図、グラス給与区(◆)とグラス+アルファルファ(1:1の比率)給与区(■)の酸素消費量と二酸化炭素発生量.



メタン発生量と可消化NDFの関係 (アルファアルファ; \diamond 、グラス; \diamond)



乾乳牛のメタン発生量

	イネ科	アルファルファ	コーン
DMI、kg/日	7.7	8.1	6.9
エネルギー摂取量に対する損失量の比率、%			
糞	34.7	36.0	26.4
尿	4.0	4.9	4.3
メタン	8.6	7.4	9.8
熱発生量	52.5	48.4	58.1

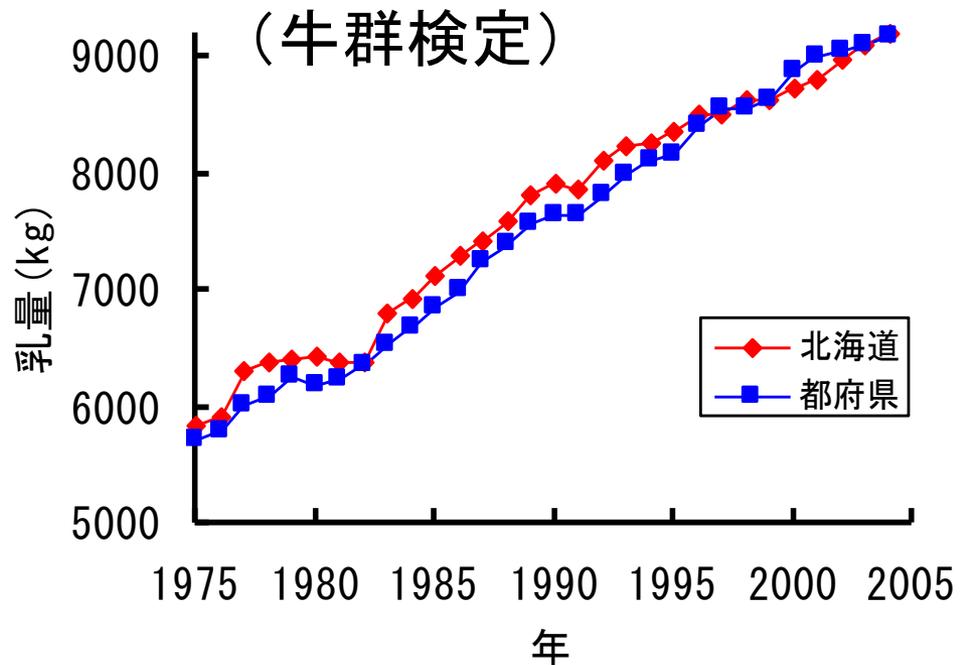
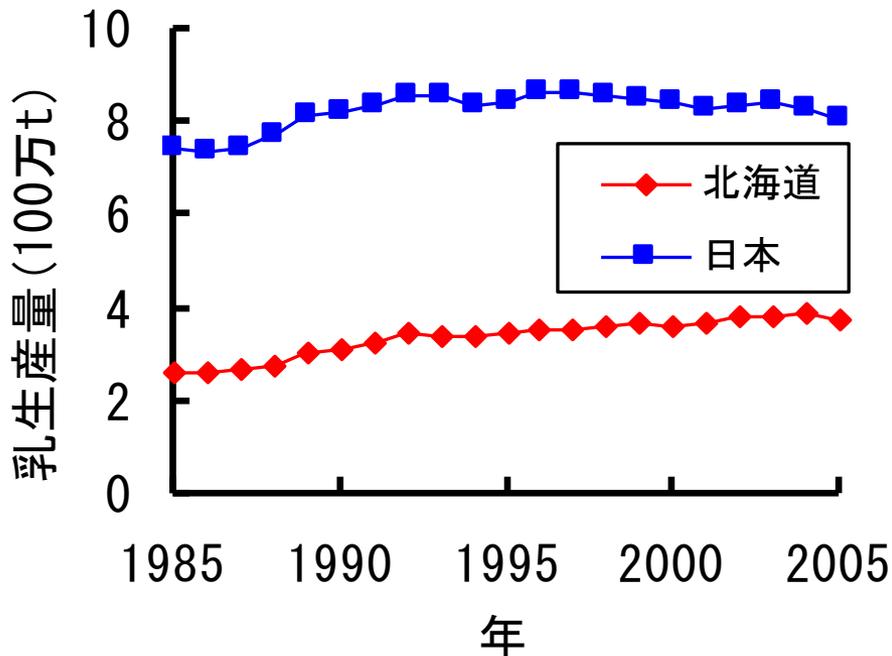
泌乳牛のメタン発生量

イネ科区 アルファルファ区

エネルギー摂取量に対する損失量の比率, %

糞	30.2	31.1
尿	3.1	3.3
メタン	6.5	6.3
熱発生量	28.8	27.6
牛乳	24.3	22.6

日本と北海道の乳生産量



・乳牛の飼養頭数は206万頭(平2)から153万頭(平20)に減少しても乳生産量はほぼ維持(平20:795万t)

表、わが国の家畜生産の推移

		平 2	平12	平20
酪農	頭数(万)	205.8	176.4	153.3
	戸数(万)	6.3	3.4	2.4
肉牛	頭数(万)	270.2	282.3	289.0
	戸数(万)	23.2	11.0	7.7
豚	頭数(万)	1182	988	975
ブロイラー	羽数(億)	1.50	1.08	1.03
採卵鶏	羽数(億)	1.77	1.77	1.83

乳牛・肉用牛飼養頭数減少による メタン抑制

- 1990年に乳牛は205.8万頭が、2008年に153.3万頭に減り、肉牛は270.2万頭から289.0万頭に増えたが、**合計では476万頭から442万頭と約7.2%減少している**



2008-2012年には頭数だけで6%以上減ることが予測できるが、同時にメタン低減のための技術開発を進めることが重要（窒素・ミネラルも同じことがいえる）

新技術開発と生産性・安全性

- プロトゾアの除去と生産性
 ルーメン微生物の制御
- 脂肪酸カルシウムの添加
- 遺伝子組み換えルーメン微生物
- 遺伝子組み換え成長ホルモン
- イオノフォア(抗生物質)の利用