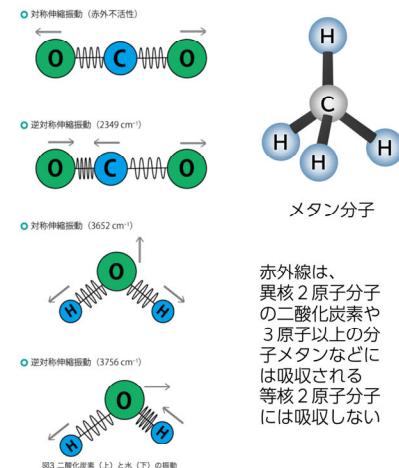


## 地球温暖化のメカニズム

地球に降り注いだ太陽熱は地球を暖める。熱は赤外線として輻射される。輻射を遮る物が二酸化炭素や水蒸気。

二酸化炭素は、1つの炭素原子と両側に1つずつ酸素原子が結合。原子間の結合は常に振動。赤外線で激しく運動（=振動エネルギーとして熱を吸収）。元の状態に戻るために赤外線エネルギーとして再放出。「二酸化炭素は温室効果ガス」

窒素( $N_2$ )、酸素( $O_2$ )、アルゴン( $Ar$ )は赤外線を吸収しないため、温室効果を持たない。



## 温室効果ガスの種類

水蒸気、二酸化炭素( $CO_2$ )、メタン( $CH_4$ )、亜酸化窒素( $N_2O$ ：一酸化二窒素)、フロン類など

### 地球温暖化係数

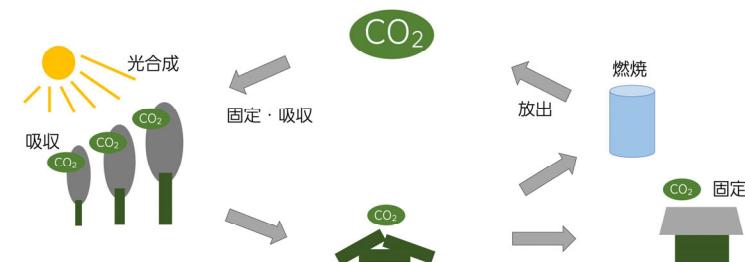
：二酸化炭素を基準にした温室効果の強さを表す係数  
メタンが25  
亜酸化窒素が298  
三フッ化窒素17,200

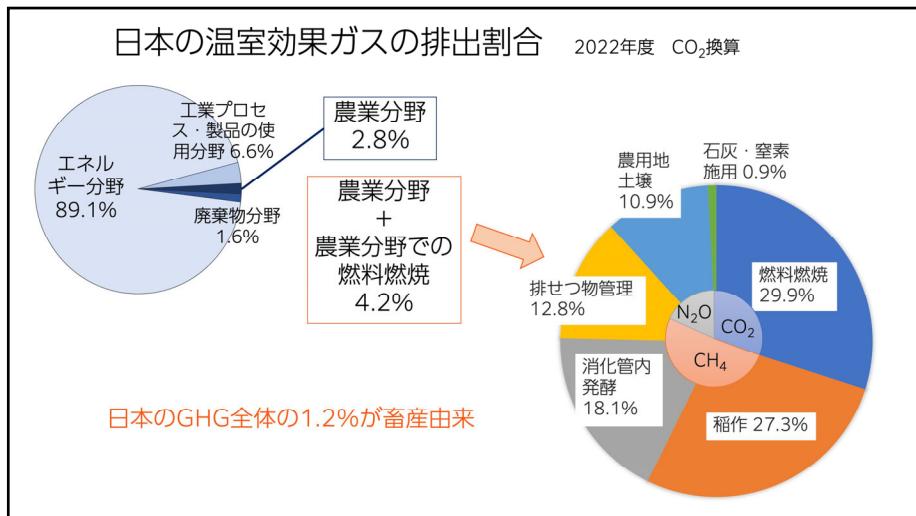
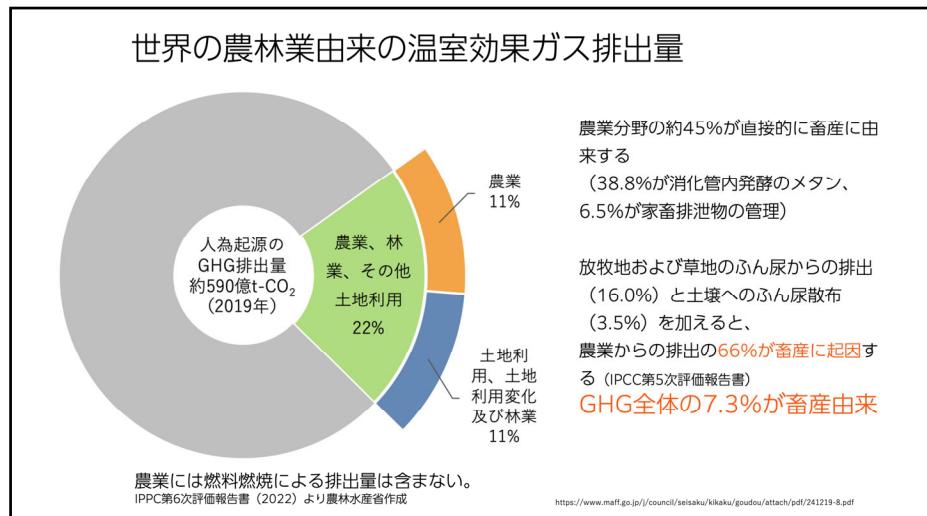
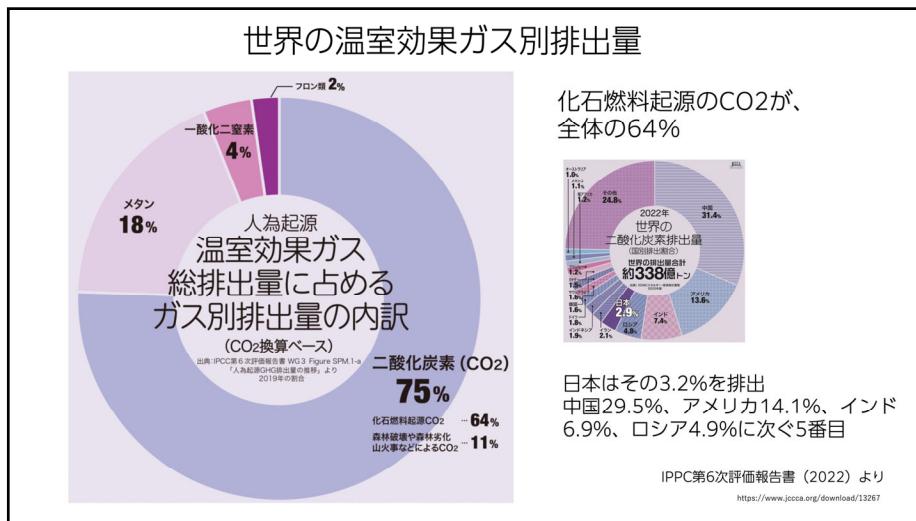
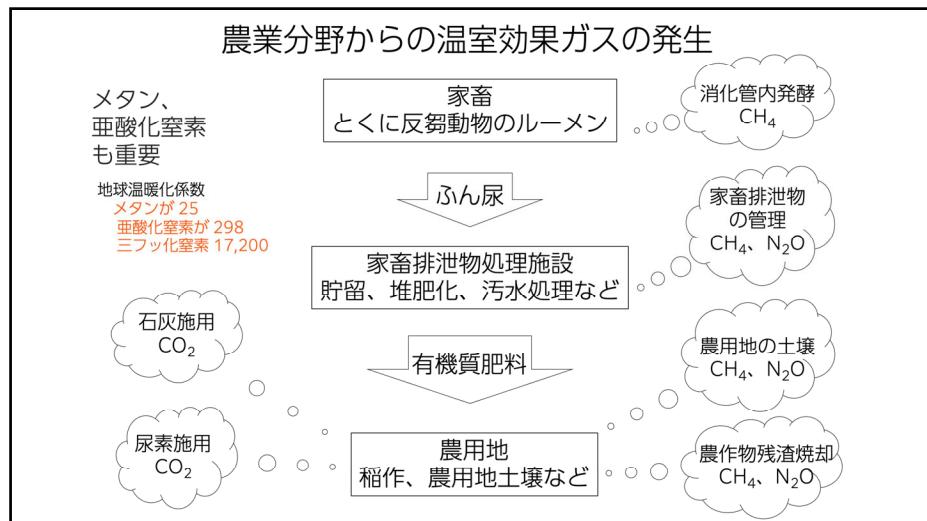
二酸化炭素は1分子あたりの温暖化効果が低くても、量が圧倒的に多いため、総量としての温室効果は大きい

大気の温室効果の6割は水蒸気によるが、人間活動によって水蒸気分圧はほとんど変化しないため、人為起源の温室効果ガスと分けて扱われている

## カーボンニュートラル

「環境中の炭素循環量に対して中立」





## 牛のゲップによる地球温暖化

反芻動物においては、第一胃内のルーメン細菌などが草などのセルロースを嫌気的に分解し、その結果メタンが発生する。**嘔気（ゲップ）や排せつ物を介してメタンが放出**される。また、豚など単胃動物の消化管においてもメタンが発生するが、日本の家畜消化管由来のメタンの95%は牛由来で、発生源のほとんどはルーメン発酵による。

排せつ物の管理過程（排せつ物の貯留、堆肥化、汚水処理など）、とくに、貯留槽内は嫌気状態になりやすく、有機物の嫌気発酵が起こってメタンが生成される。また、排せつ物に含まれる消化管内発酵由来のメタンは、管理過程における通気や攪拌などにより大気中に放出される。

## 牛のゲップは地球温暖化の主原因とは言えない

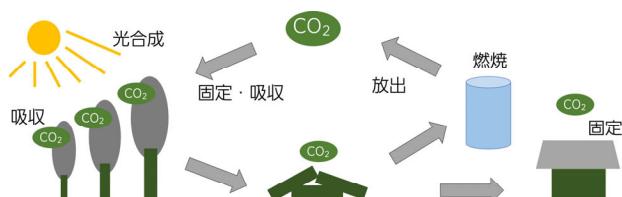
人為起源の温室効果ガス（GHG）の64%は化石燃料起源の二酸化炭素  
農業分野由来のGHGは11%で、反芻家畜の消化管内発酵に由来するメタンはGHGの4~5%とされウシのゲップ（嘔気）が注目されている。

1頭から1日当たり200~800Lのメタンがゲップとして放出され、その量は膨大と感じられる。しかし、反芻家畜の消化管内発酵に由来するメタンは、**全世界で発生しているGHGの4~5%を占める**にすぎない。この量は無視できる量ではないが、  
「**地球温暖化防止のため、ウシのゲップをとめよ、肉を食することをやめよ**」  
といった主張は極端である。

日本では・・・  
農業分野由来GHGは2.8%であり、畜産由来は1.2%で、ウシなどの消化管由来のメタンガスは日本全体の0.7%  
日本では、ウシのゲップの温暖化への寄与率は低い

## 地球温暖化を防ぐには

1. 温室効果ガスの排出抑制
2. 地球温暖化係数を意識 二酸化炭素（1）メタン（25）亜酸化窒素（298）
3. カーボンニュートラル「環境中の炭素循環量に対して中立」  
であるバイオマスを化石燃料の代わりに使用する



## どれがカーボンニュートラル？



## どのがカーボンニュートラル？



麻布・漆



木粉 (55%) と  
メラミン樹脂の  
成型品・漆塗り



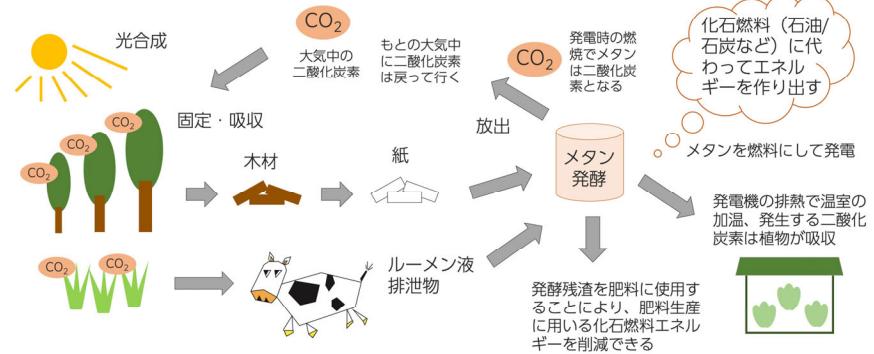
飽和ポリエス  
テル樹脂に  
ウレタン塗装



天然木に布張り

## カーボンニュートラルを保ちつつ化石燃料を削減し地球温暖化抑制

もともと大気中にある二酸化炭素を吸収して植物は育つため、植物や動物を原料とするものを燃やしても大気中の二酸化炭素は増えない（カーボンニュートラル）。動植物から発生させたメタンを燃料に使って、化石燃料（石油/石炭など）の代替とする。これにより化石燃料から放出される二酸化炭素を削減できる。トータルとして大気中の二酸化炭素は増えない上に、化石燃料が使用されないため地球温暖化は抑制される。



## 再生可能エネルギー

永続的に利用することができる  
化石燃料以外のエネルギー

具体的には、バイオマス・太陽光・風  
力・水力・地熱・太陽熱・大気中の熱・  
海洋（潮力、波力、温度差）など

## 再生可能エネルギーはどれ？





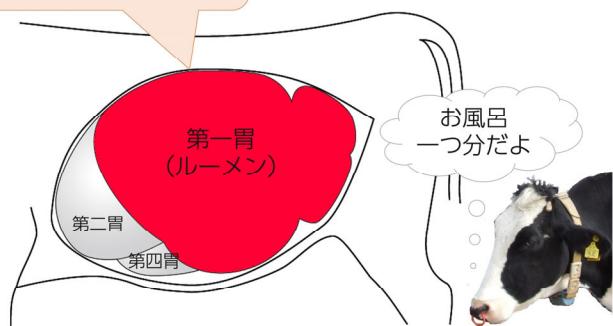
微生物のちからで  
茎葉や古紙から  
エネルギーを作り出す



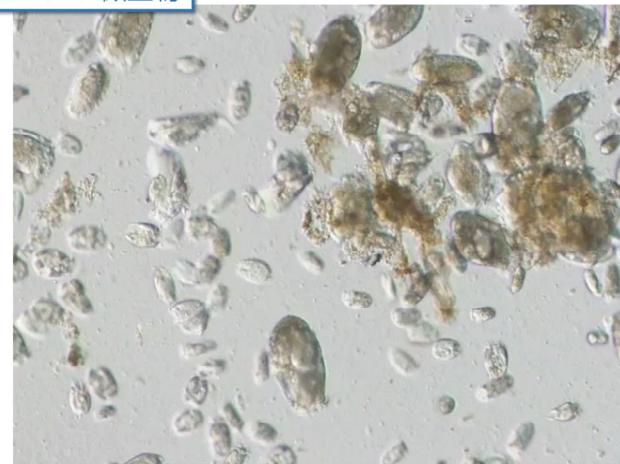
### ウシの第一胃（ルーメン）

ウシの体細胞数の  
5倍の微生物が棲息

- ・ルーメンの内容積200L
- ・2千兆個の細菌と2千億個の原虫
- ・ウシの体の細胞総数：400兆個

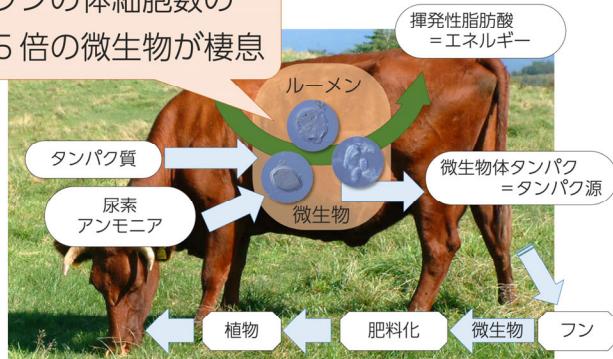


### ルーメン微生物



## ウシは微生物のちからで生きている

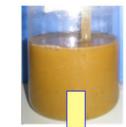
ウシの体細胞数の  
5倍の微生物が棲息



ウシは牛革を被った微生物である

## ルーメン液は、食肉処理場の厄介物

ルーメン液排出量  
100 L/頭

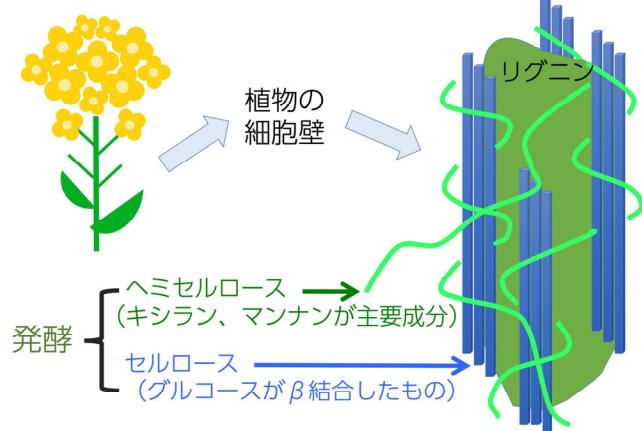


排水処理

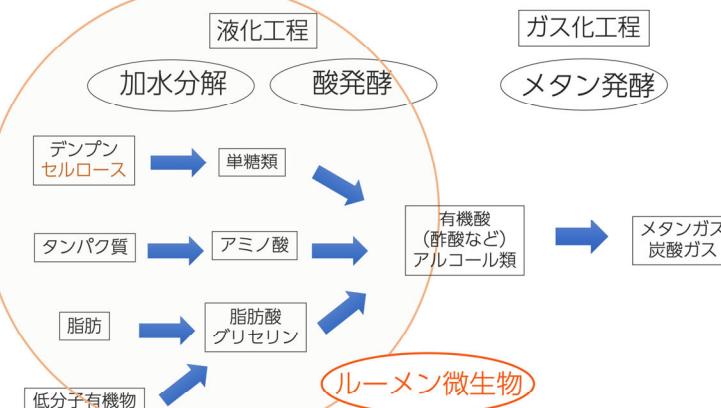


汚水処理に多額の経費  
おもに電気代

## 植物の細胞壁に対する微生物の働き



## メタン発酵の工程



## ルーメン液で古紙を溶かしてメタン発酵



古紙

機密書類も  
処理できる



メタンガス  
発生量が  
2.6倍に増加



## ルーメン液でトマトの茎葉を溶かして 燃料と肥料を得る



メタンガス  
発生量  
1.5~2.2倍

N・P・Kを含む消化液  
= 良質な肥料

## ルーメン微生物機能を活用した新規メタン発酵システム



メタン収量2.6倍

バイオガス生産  
の高効率化、  
システムの小型化  
特許第5920728号  
2016年4月22日（日本）  
US 9,574,913 B2  
2017年2月21日（米国）  
EU 11834470.4  
2019年9月25日（EU）

実規模施設実証実験  
文科省補助金 2.3億円（2011-15）  
科研費基盤A 0.4億円（2017-20）

リグノセルロース高分解性  
ルーメン\*微生物

\*ウシの第一番目の胃（ルーメン）

畜産農家

排水処理  
コスト低減

食肉処理場

植物工場の茎葉

道路法面の雑草

オフィスの古紙

植物バイオマスの有効活用

ルーメン液

ルーメン  
槽

メタン  
発酵槽

バイオガス  
売却

電気利用  
充電  
液肥

ルーメンハイブリッド型バイオガスシステム

## 平均的な食肉処理場でのシミュレーション



年間収益

牛と畜産 6,000頭／年の食肉処理場  
においてルーメン液を除去した場合  
の削減可能な排水処理コスト  
830万円（うち電気代：220万円）

全体で 1,830万円 の効果

ルーメン液を2倍希釈して、それに7%古紙を加え、発電量を1.5倍にした場合  
メタン発生量 77,000m<sup>3</sup>  
発電量 183,000kWh (FIT 39円/kWh)  
売電 710万円  
古紙(機密書類)処理費 420万円  
液肥代替効果 70万円  
維持管理費 200万円

施設設置費 1.5億円 農水省再編事業などの1/2補助を受けると、4年で設置費に達し、耐用年数 30年に至るまでの26年間は黒字。総額4.7億円のメリット

### 再生可能エネルギー事業比較

経済産業省資源エネルギー庁2021年度定期報告書データを用いて試算。売電価格はFIT制度2022年度

|                | 太陽光発電               | 陸上風力    | 海上風力<br>(着床式)       | バイオマス<br>(未利用材)           | 地熱                  | 小水力     |                                      | ルーメンメタン                |
|----------------|---------------------|---------|---------------------|---------------------------|---------------------|---------|--------------------------------------|------------------------|
| 建設費投資額         | 1.5億円               | 1.5億円   | 1.5億円               | 1.5億円                     | 1.5億円               | 1.5億円   |                                      | 1.5億円                  |
| 年間発電量 (万kWh/年) | 65.6                | 92.2    | 16.1                | 62.5                      | 30.7                | 40.9    |                                      | 18.3                   |
| 年間売電利益 (万円)    | 680万円               | 1,489万円 | 515万円               | 2,500万円                   | 1,226万円             | 1,392万円 |                                      | 710万円                  |
| 年間維持費 (万円)     | 211万円               | 516万円   | 248万円               | 1,014万円                   | 893万円               | 327万円   |                                      | 200万円                  |
| その他収入および諸費用    |                     |         |                     | 984<br>円/GJ <sup>※1</sup> |                     |         | 汚水処理<br>コスト低減<br>古紙処理<br>受託費<br>液肥販売 | 800万円<br>420万円<br>70万円 |
| 年間純利益 (万円)     | 468万円               | 973万円   | 267万円               | 1,487万円                   | 334万円               | 1,064万円 |                                      | 1,800万円                |
| 建設費償還年数        | 32.0年 <sup>※4</sup> | 15.4年   | 56.1年 <sup>※3</sup> | 10.1年 <sup>※2</sup>       | 45.0年 <sup>※3</sup> | 14.1年   |                                      | 8.4年 <sup>※5</sup>     |

※1 未利用材の燃料費  
※2 燃料費を考慮しない場合の償還年数。燃料費は一般的に全体の7割を占めると言われており、考慮すると17年程度にまで延びる可能性あり  
※3 毎年人手が足りなくなる為、燃電などの比較は適しい(年間: 0.0GW、地熱: 0.6 GW)  
※4 太陽光パネルは低価格化しており、現在の償還年数は16年程度である。  
※5 建設費に農林水産省等の1/2補助がある場合、償還年数は4.2年となる。  
古紙処理、液肥販売を除くと11.5年(純利益は1,310万円)/

