

しげんじゅんかん      かんきょう

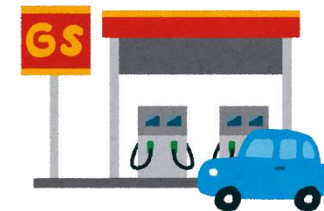
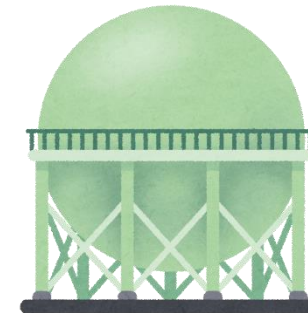
# 資源循環と環境

2023年8月5日

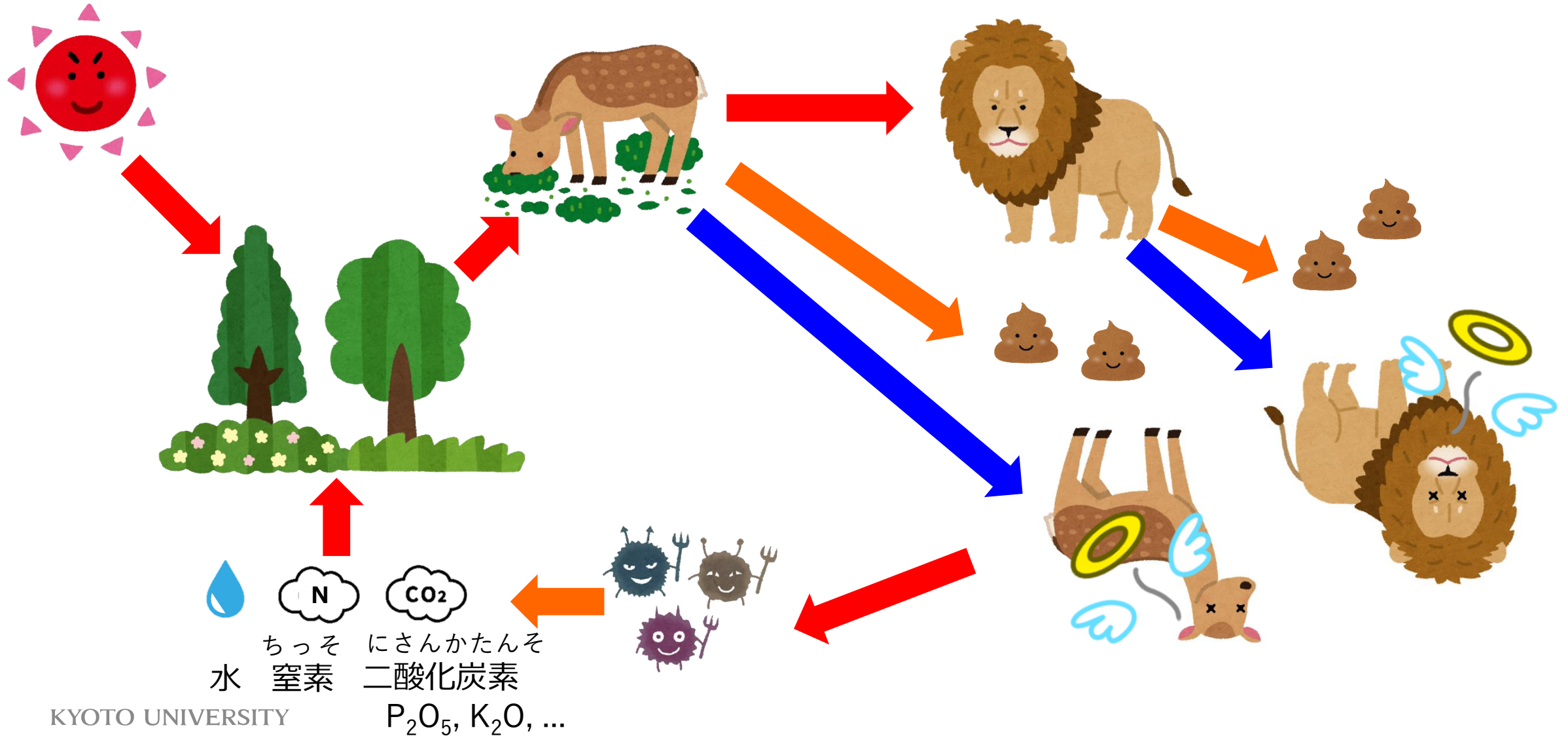
京都大学



きょう  
今日のおはなし



しょくもつれんさ  
食物連鎖



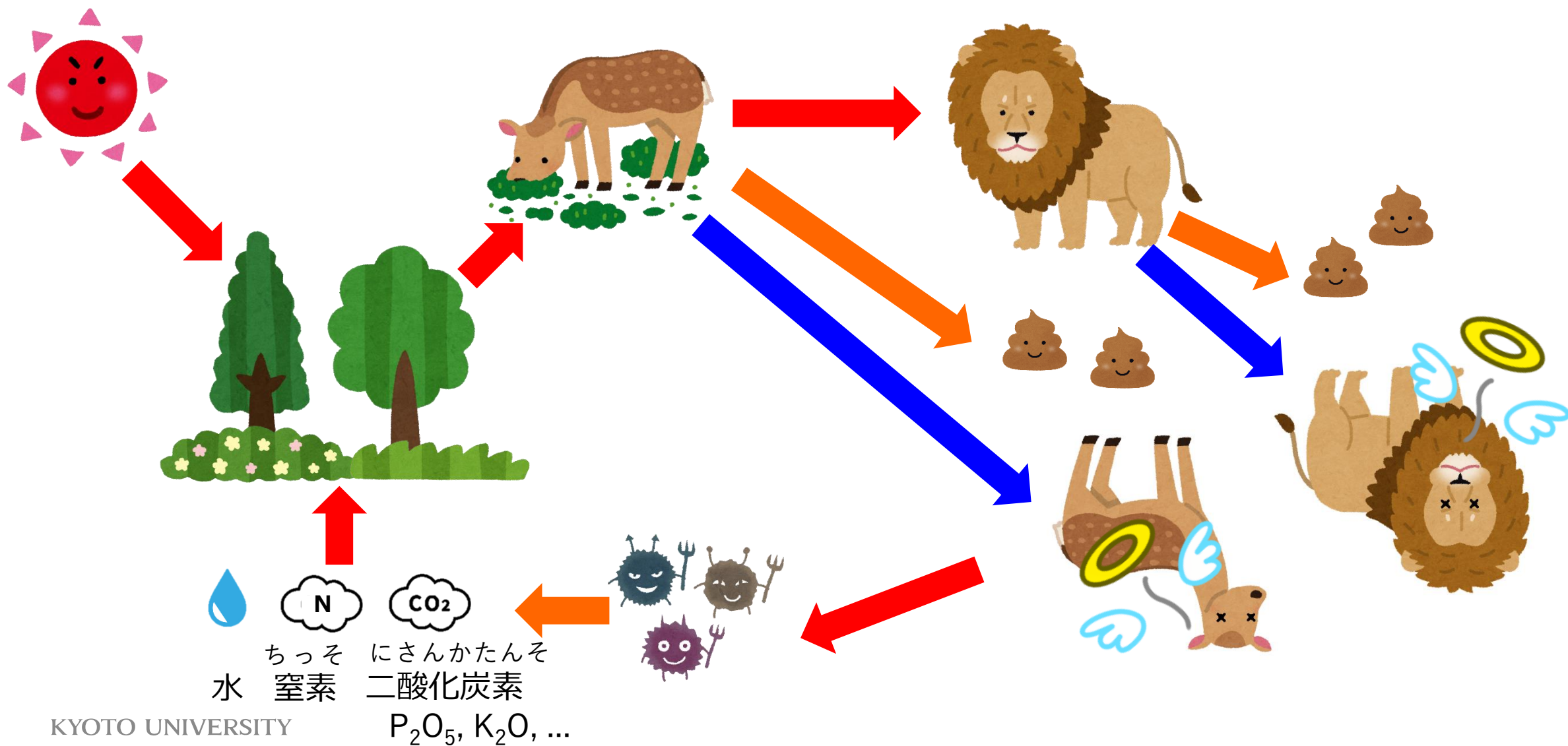
ちきゅうほんらい

きのう

ぶっしつじゅんかん

しく

# 地球本来の機能である物質循環の仕組み



ふあんてい しょくりょうかくほ

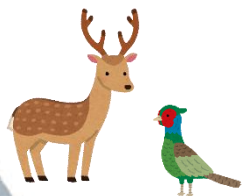
# 不安定な食料確保

しゅりょう

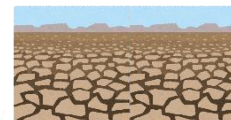
さいしゅう

# (狩猟・採集)

あした えもの  
明日も獲物が  
み 見つかるだろ  
うか？



しょくぶつ と つ  
植物を採り尽しく  
たので他の場所を  
ほか ばしょ  
さが 探さなきゃ



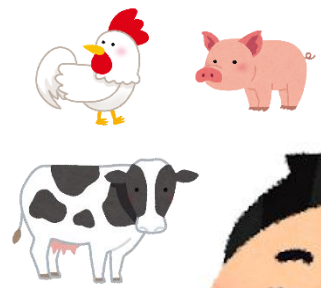


あんていてき しょくりょうかくほ

ちくさんぎょう のうぎょう

# 安定的な食料確保へ (畜産業・農業)

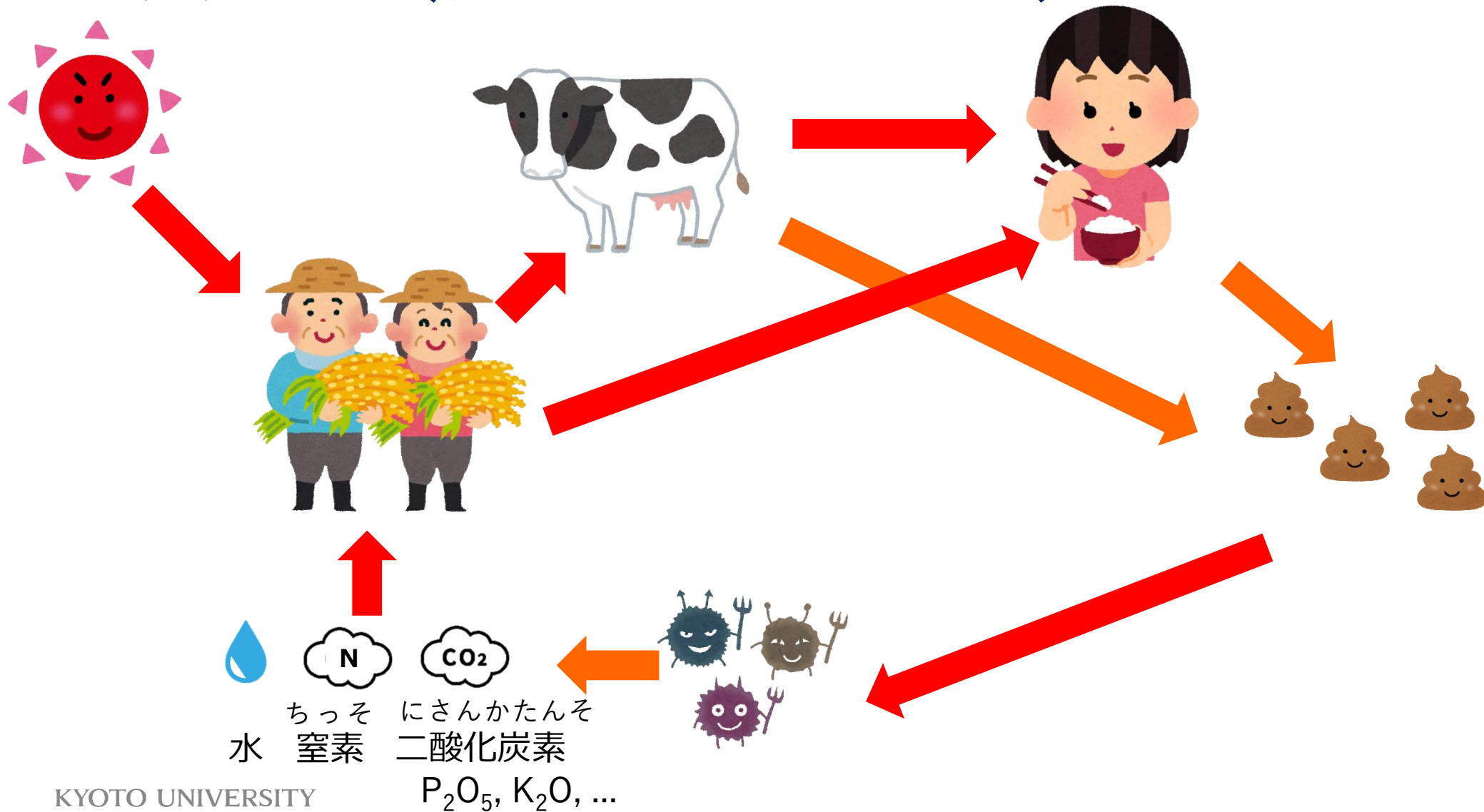
た  
食べるための  
どうぶつ しいう  
動物を飼育し  
よう



た  
食べるための  
さくもつ さいばい  
作物を栽培し  
よう



ぶっしつじゅんかん ちくさんぎょう のうぎょう  
物質循環 (畜産業・農業あり)



しょくりょうぞうさん  
食料増産へ

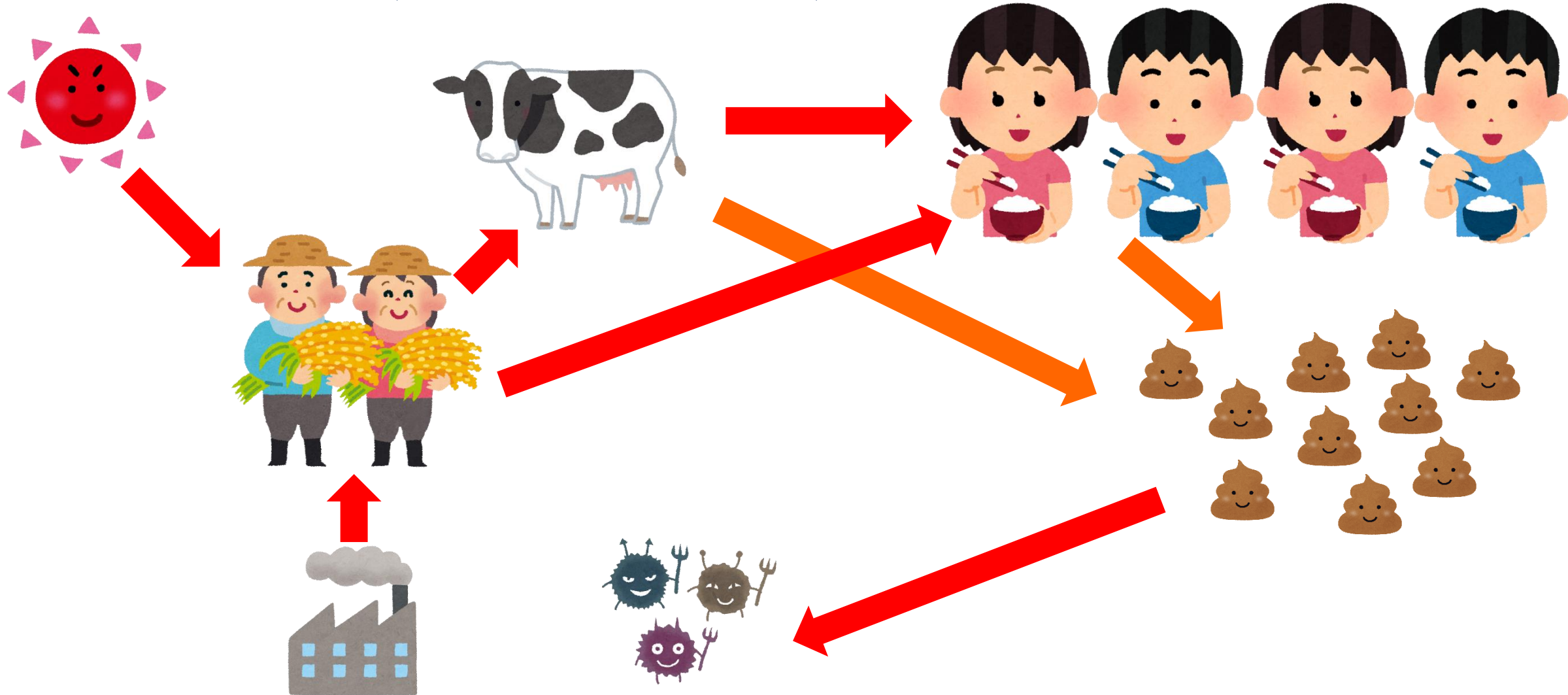




ぶっしつじゅんかん

かがくひりょうしょう

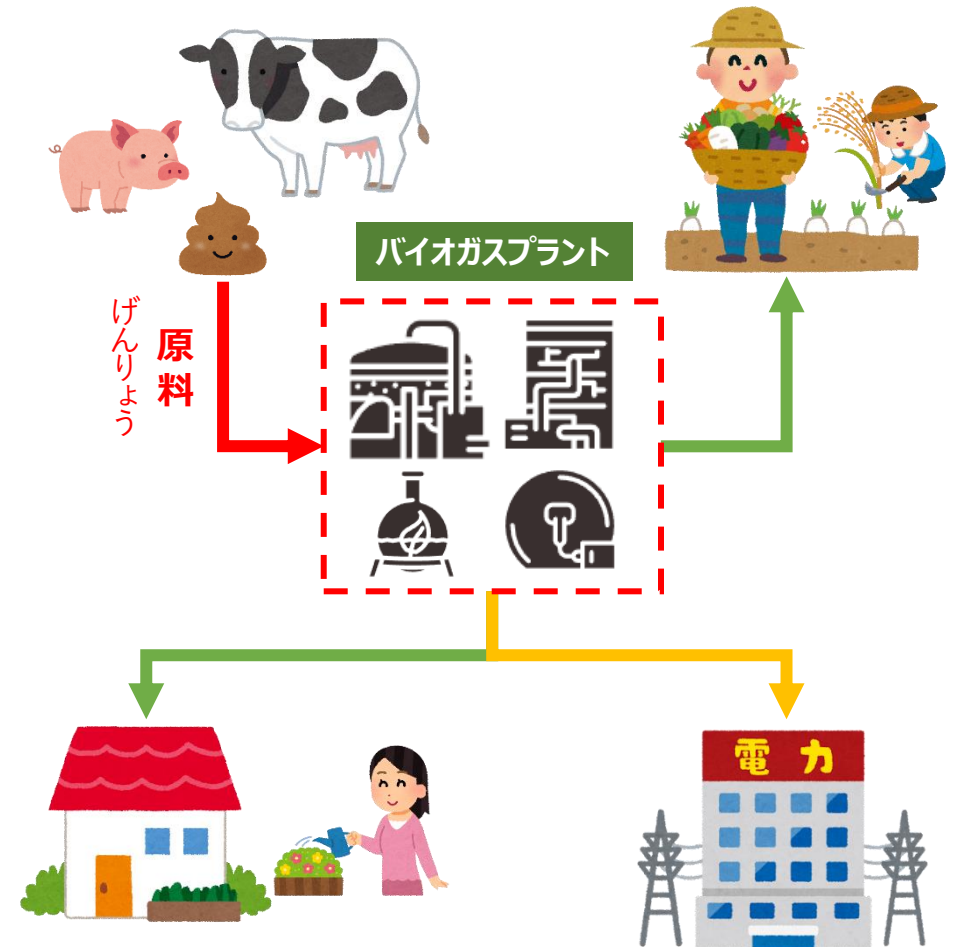
# 物質循環 (化学肥料使用)



ゆうきはいきぶつ ひりょう しょう  
有機廃棄物が肥料として使用されない



かちくふんにようしより きょうとふなんたんしやぎちょう  
家畜糞尿処理 (京都府南丹市八木町)



# はっこう メタン発酵

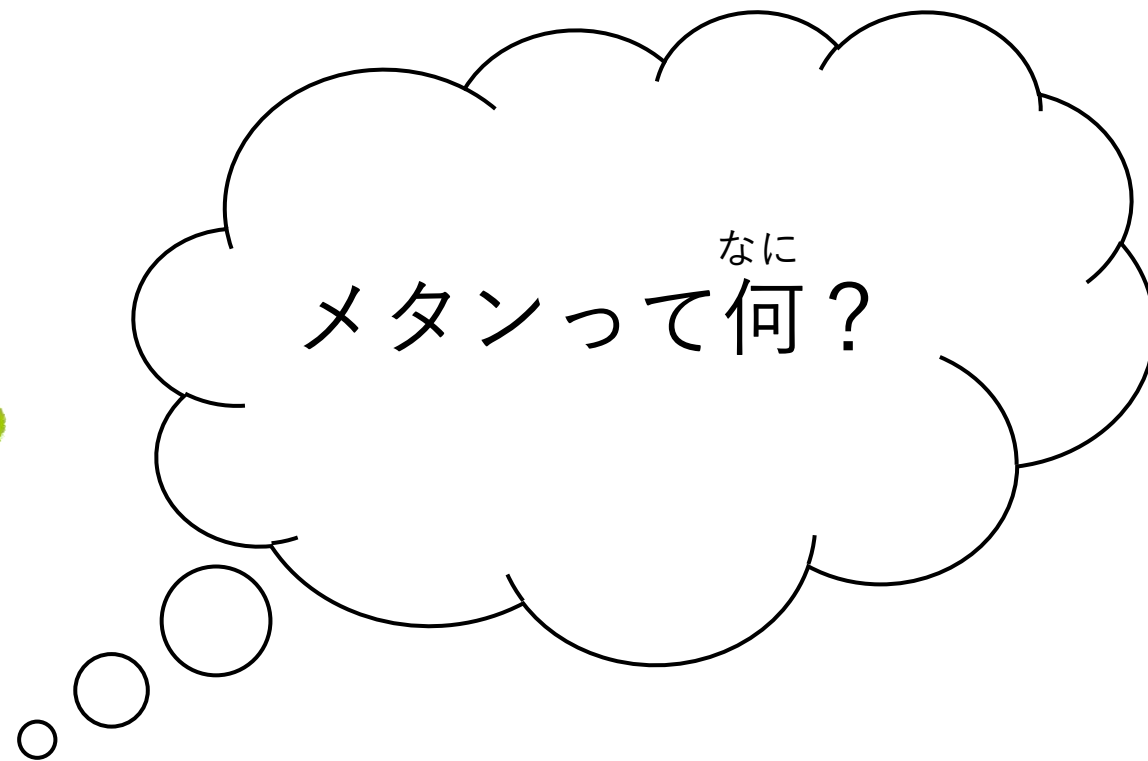
- 有機物を嫌気条件下で、微生物により分解し

メタンと二酸化炭素を主成分とするバイオガスを得る  
プロセスで再生可能エネルギーの1つ

## ポイント

- 有機物：「炭素」を含むもののこと。燃やすと二酸化炭素と水が出るよ！  
→(例)お肉・お魚・お砂糖・木・紙など多くのものが有機物だよ
- ※鉄やガラス、アルミニウムなどは有機物ではないよ（無機物）
- 嫌気：酸素を使わないことだよ！
- 微生物：顕微鏡でなければ見えないような生物のことだよ！





メタンって何？  
なに



# 小学生向け

メタンとは、<sup>あじ</sup>味も<sup>にお</sup>臭いもしなく  
<sup>ひ</sup>火に<sup>も</sup>燃えやすい<sup>とくちょう</sup>特徴を持つ<sup>も</sup>ガスだよ。  
<sup>うち</sup>お家の<sup>りょうり</sup>料理の<sup>だんぼう</sup>ガスや<sup>つか</sup>暖房で<sup>てんねん</sup>使う天然ガスの  
<sup>おも</sup>主な<sup>せいぶん</sup>成分となっているよ。

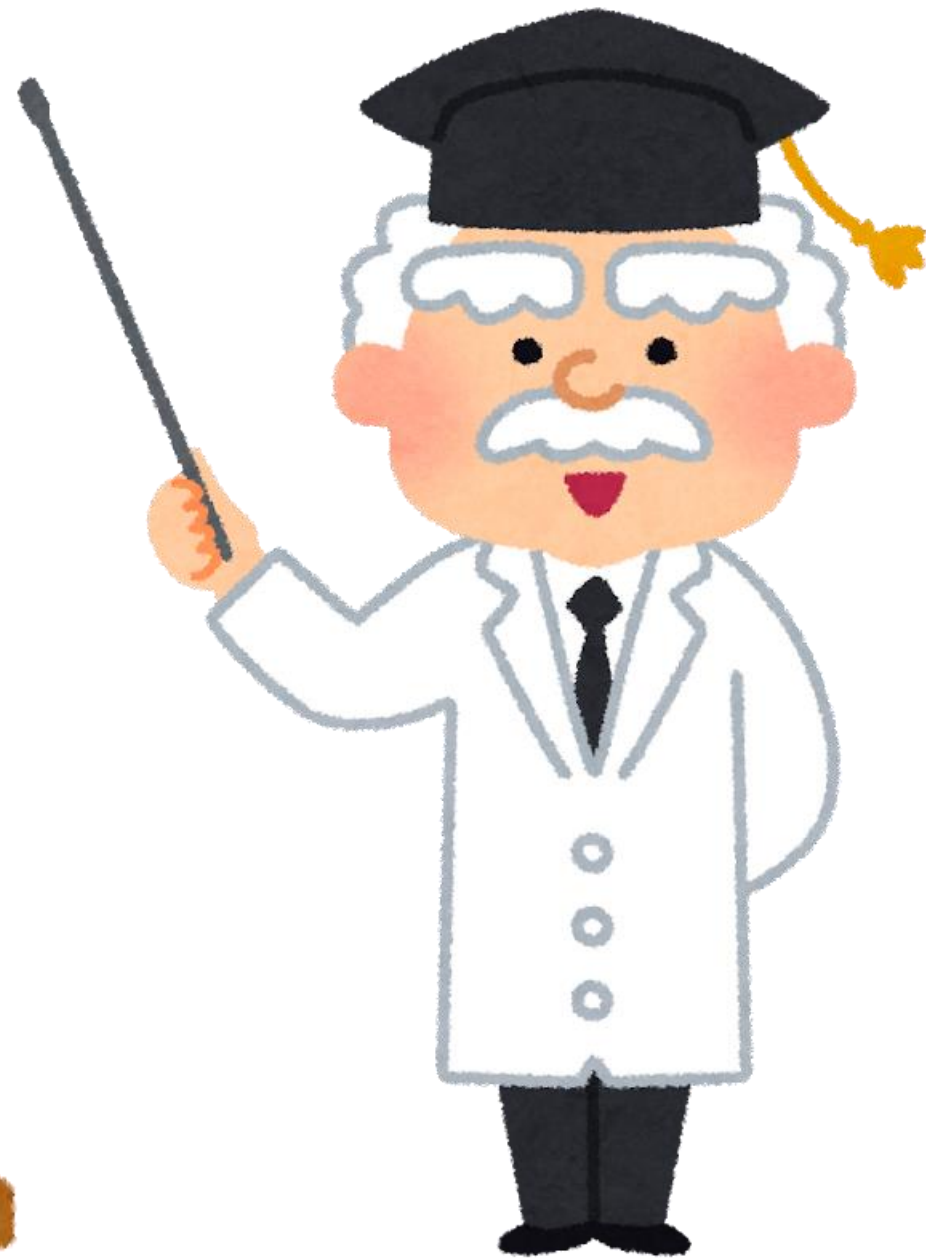
(コンロではガス<sup>も</sup>漏れに<sup>きづ</sup>気付くように  
“わざと”<sup>にお</sup>臭いを付けているよ!)

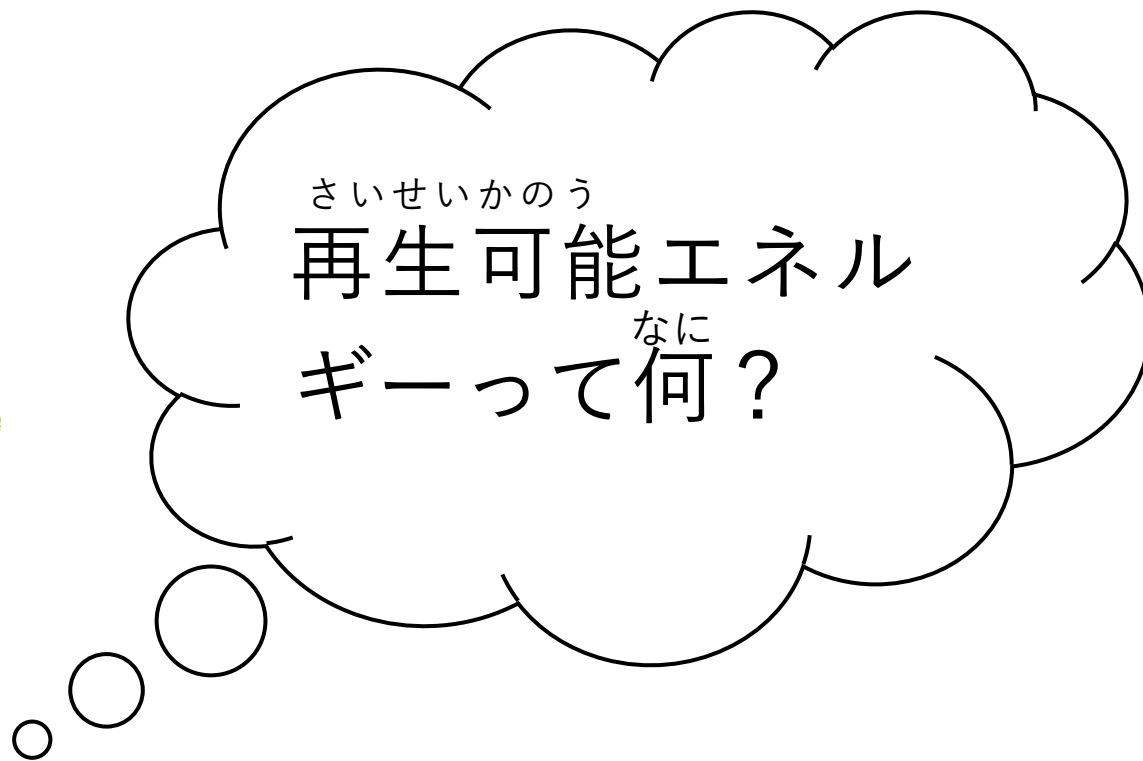
<sup>うし</sup>牛や<sup>ひつじ</sup>羊などの<sup>ふく</sup>げっぷにも<sup>にんげん</sup>含まれて、人間の  
<sup>ふく</sup>おならにも<sup>せいぶん</sup>含まれている成分なので、おなら  
<sup>ひ</sup>に<sup>つ</sup>火を着けると<sup>も</sup>燃えるんだよ。



# 中学生～大人向け

- メタンは炭素原子1個に水素原子4個が結合してできた炭化水素で、天然ガスの主成分
- 無色透明で無臭の可燃性の気体
- 強力な温室効果ガスで、二酸化炭素と比較する温暖化係数は28
- 反芻動物（牛や羊など）のげっぷに含まれている
- 人間のおならにも含まれているので、おならに火をつけると燃える







# 小学生向け

しぜん ちから つか う だ  
自然の力を使って生み出す  
エネルギーのことだよ。

しぜん ちから つか てきせつ  
自然の力を使っているので、適切に利用すれ  
ばエネルギーの元もとがな無くならないエネルギー  
だよ。

れい  
(例)

- たいようこう 太陽光エネルギー ( たいようこう 太陽光パネル )
- ふうりよく 風力エネルギー ( ふうしゃ 風車 )
- すいりよく 水力エネルギー ( ダム )



# 中学生～大人向け

- 利用する以上の速度で補充されるエネルギー
  - 対義語：<sup>こかつせい</sup>枯渇性エネルギー
    - 化石エネルギーなど
- 再生可能エネルギーの例
  - 太陽光発電，太陽熱利用，風力発電，小水力発電，木質系バイオマス発電，バイオガス（発電・熱利用）
- 特徴
  - 温室効果ガスを排出しない
  - カーボンニュートラル





# はっこう せいせいぶつ メタン発酵の生成物



## • バイオガス

- にさんかたんそメタン60 %，にさんかたんそ二酸化炭素40 %
- ねつきょうきゅうボイラーによる熱供給
- ねつでんきょうきゅうコジェネレーションによる熱電供給

## はっこうしょうかえき • メタン発酵消化液

- はっこうざんさ発酵残渣
- こえきぶんり固液分離・はいすいしよりご排水処理後，  
えきぶんかせんほうりゅう液分河川放流，こぶん固分はたいひか堆肥化

### ポイント



- せきゆガスやねんりょう石油を燃料としてでんき電気とねつ熱を作るよ！
- こえきぶんり固液分離：液体と固体を分けることだよ！
- たいひ堆肥：食品残渣などの有機物を、しよくひんざんさ微生物の力を使って分解したものだよ！  
しよくぶつ植物にえいよう栄養をあた与えたりつち土をげんき元気にしてくれるよ！
- はっこうしょうかえきメタン発酵消化液：食品残渣などからバイオガスを取り出した後に残った液体だよ！

# はっこうしょうかえき メタン発酵消化液

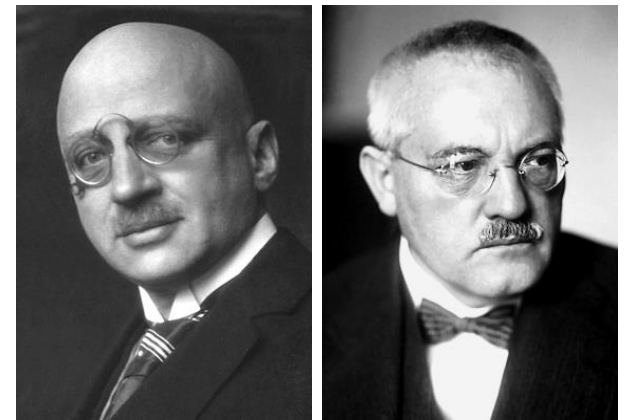
- 懸濁物質(Suspended Solids)の除去
  - そのままでは分離できないため、凝集剤を添加し凝集沈殿
    - 👉 **コスト増大**
- アンモニア態窒素(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)の除去
  - 好気性微生物により硝化(曝気処理)
    - 👉 **エネルギー収支悪化**
  - 嫌気性微生物により脱窒, 大気中にN<sub>2</sub>として放出

## ポイント

- 懸濁物質: 水中にある水に溶けないものだよ!
- アンモニア: 窒素と水素の化合物で、強い刺激臭があるよ!
- 好気性: 酸素が必要なことだよ!
- 曝気: 水に酸素を送るよ! 水を綺麗にする方法の1つだよ!

かせいひりょう      せいぞうほうほう  
化成肥料の製造方法

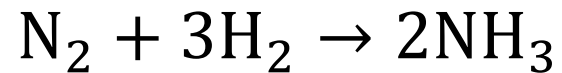
- ハーバー・ボッシュ<sup>ほう</sup>法によりアンモニア (NH<sub>3</sub>) を合成<sup>ごうせい</sup>
  - アンモニアを原料に尿素<sup>りゅうあん</sup>、硫酸<sup>りゅうさん</sup> ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)、リン安<sup>あん</sup> ((NH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) を合成
- リン<sup>こうせき</sup>鉱石 (Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>) に硫酸<sup>りゅうさん</sup> (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) を作用<sup>さよう</sup>し過<sup>か</sup>リン酸<sup>さんせっかい</sup>石灰 (第一<sup>だいいち</sup>リン<sup>さん</sup>酸カルシウム (Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>)) を合成<sup>ごうせい</sup>
- 加里<sup>かり</sup>鉱石 (塩化<sup>こうせき</sup>カリウム (KCl) )<sup>えんか</sup>



かいはつしゃ      ひだり  
開発者のフリッツ・ハーバー (左)  
とカール・ボッシュ (右)<sup>みぎ</sup>

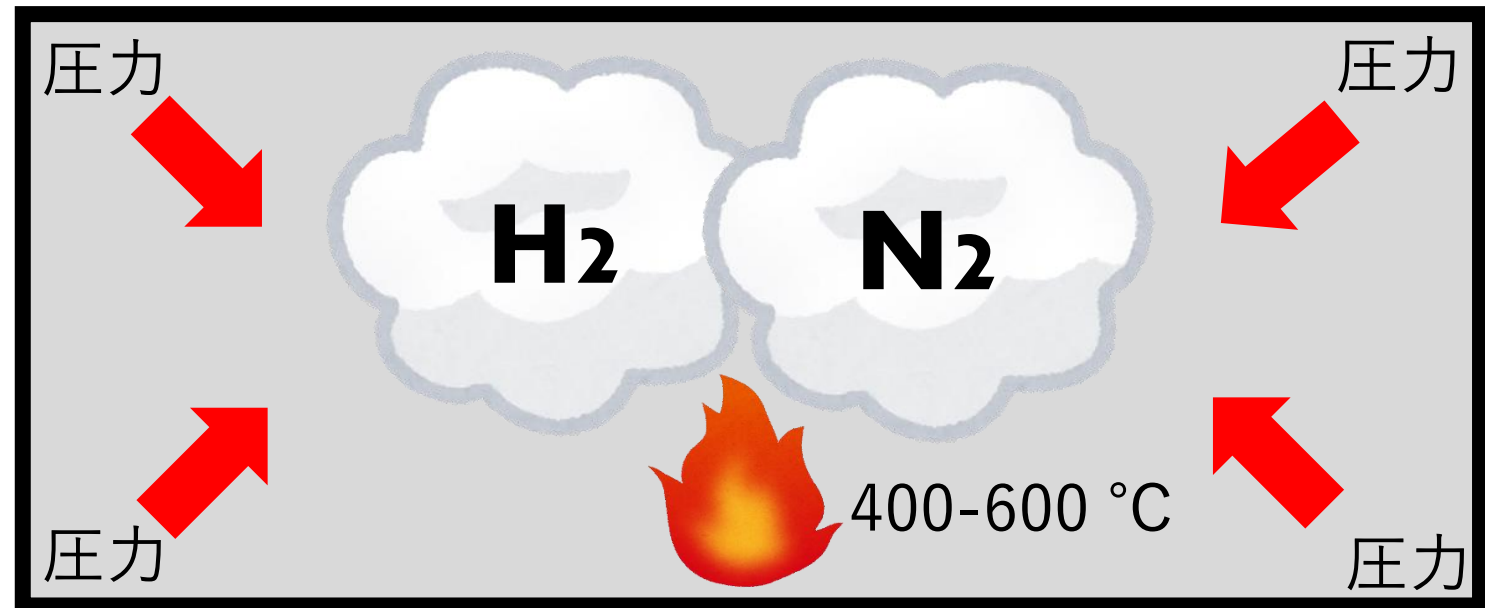
# ハーバー・ボッシュ法<sup>ほう</sup>

- 鉄を主体とした触媒<sup>しよくばいじょう</sup>上で水素<sup>すいそ</sup> (H<sub>2</sub>) と窒素<sup>ちっそ</sup> (N<sub>2</sub>) を400-600 °C, 200-1000 atmの超臨界流体<sup>ちょうりんかいりゅうたいじょうたい</sup>状態で反応<sup>はんのう</sup>



## ポイント💡

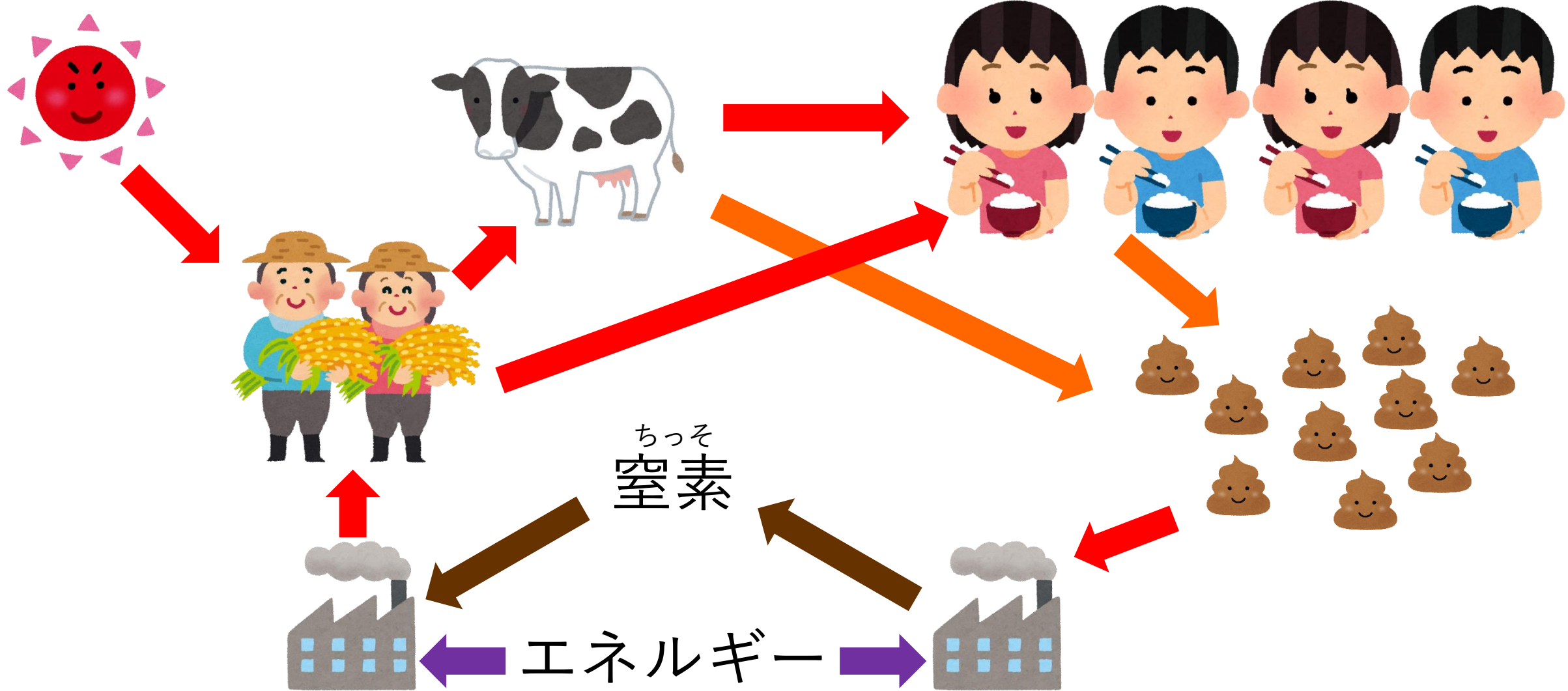
こうおん こうあつりよく はんのう  
“高温” “高圧力” で反応をかけるよ！



ぶっしつじゅんかん

ゆうきはいきぶつしより

# 物質循環 (有機廃棄物処理)





# エネルギーのむだづかい？

- エネルギーをかけて消化液中のアンモニア態窒素（炭酸塩）を  
硝化・脱窒して大気中に $N_2$ を放出
- エネルギーをかけて大気中の $N_2$ をハーバー・ボッシュ法により  
アンモニアを生産し、尿素・硫酸・リン安などを合成

消化液を肥料として使えばいいのでは？



# 消化液中の肥料成分

単位(mg/L)	しかおいちょう 鹿追町	なんたんし 南丹市	おおきまち 大木町	やまがし 山鹿市	ひたし 日田市
T-N	2,200	3,100	2,700	2,100	4,100
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	1,800	1,600	1,600	1,500	2,000
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	73	84	57	44	93
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,500	1,300	910	200	2,200
K <sub>2</sub> O	4,900	2,900	470	2,400	1,800

「メタン発酵消化液の液肥利用マニュアル」より一部抜粋・改変

ひりょう ようそ ふく  
**肥料3要素をすべて含んでいる**

えきひ のうちかんげんかのう  
**液肥として農地還元可能**

ひりょう さんだいようそ  
**肥料の三大要素**

## ポイント

ひりょう さんだいようそ ちっそ さん  
・肥料の三大要素（窒素・リン酸・カリウム）

ちっそ は くき せいいく そくしん  
窒素：葉や茎の生育を促進

さん はな み せいいく そくしん  
リン酸：花や実の生育を促進

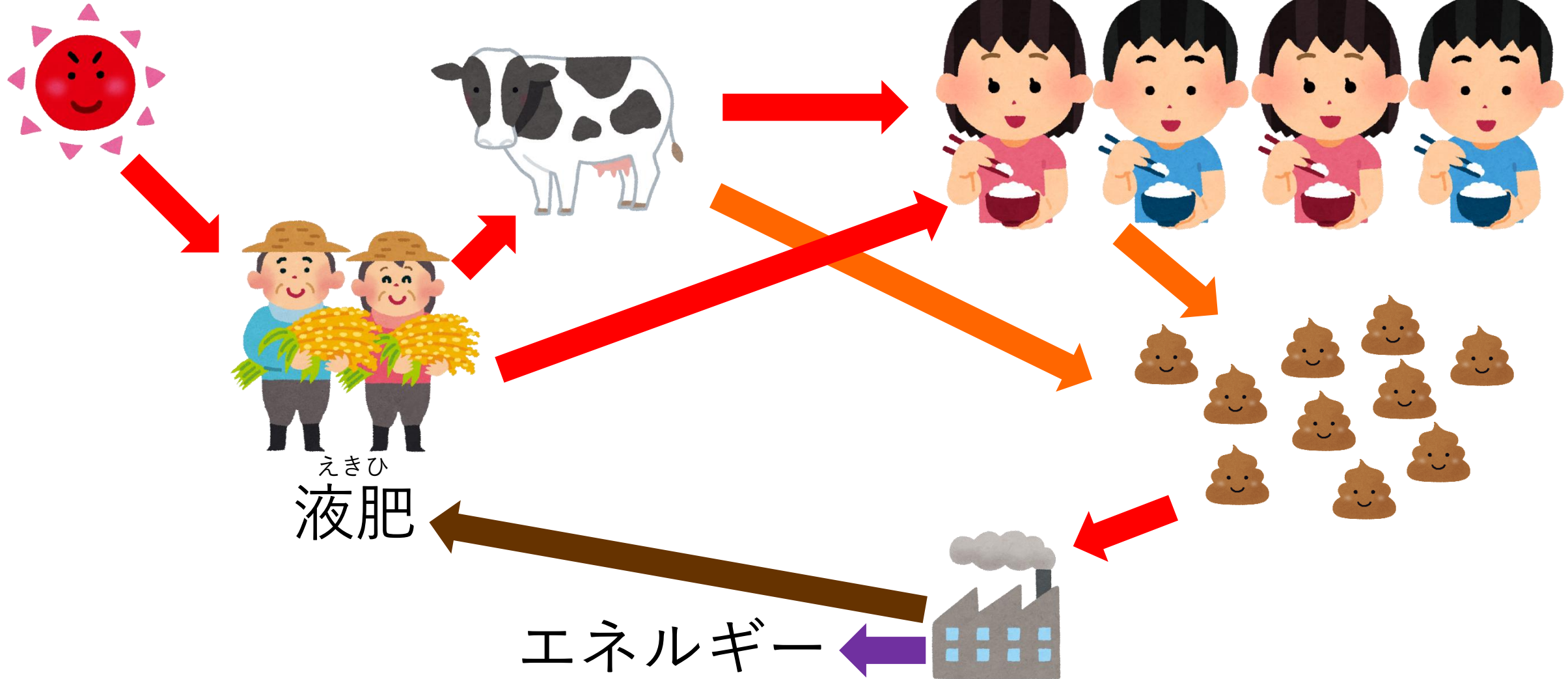
ね せいいく そくしん  
カリウム：根の生育を促進



ぶっしつじゅんかん

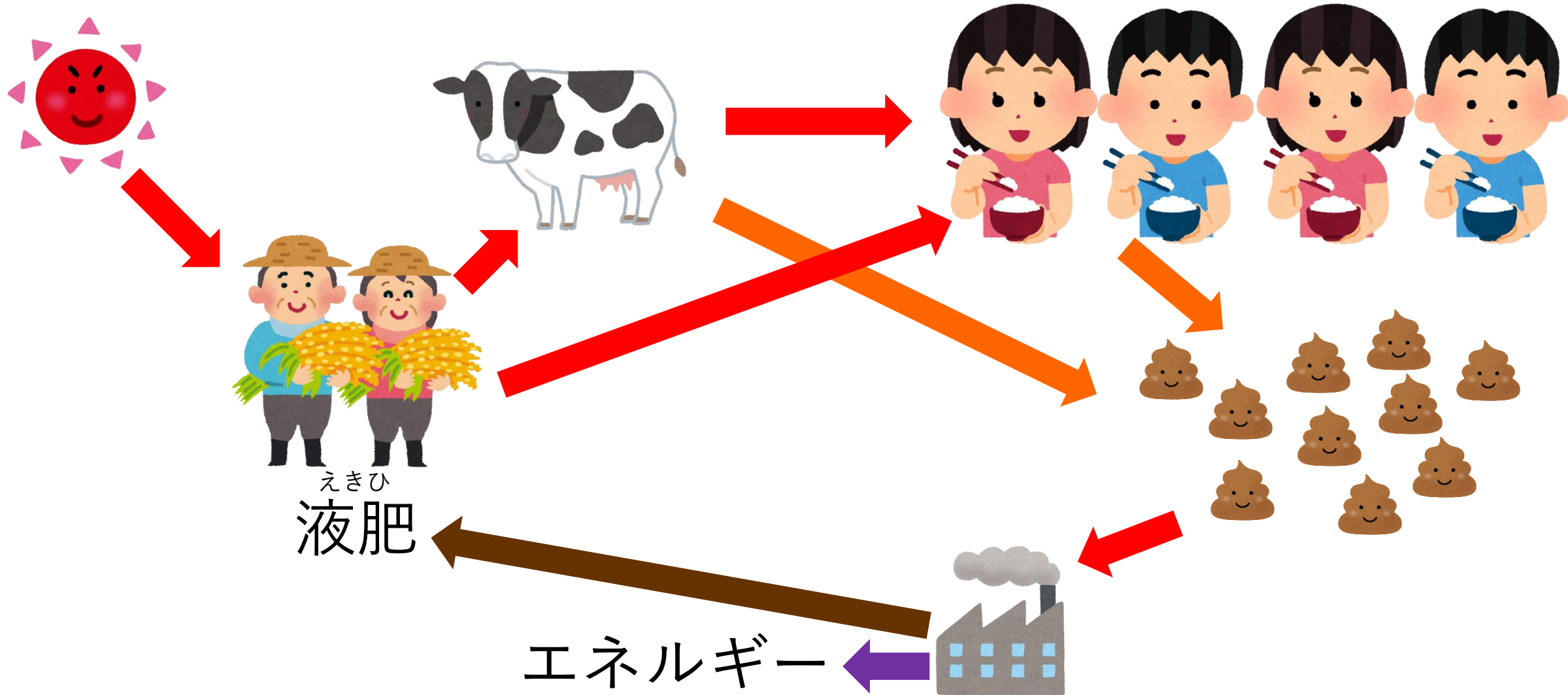
えきひりよう

# 物質循環 (液肥利用)



せいさんがたしげんじゅんかん

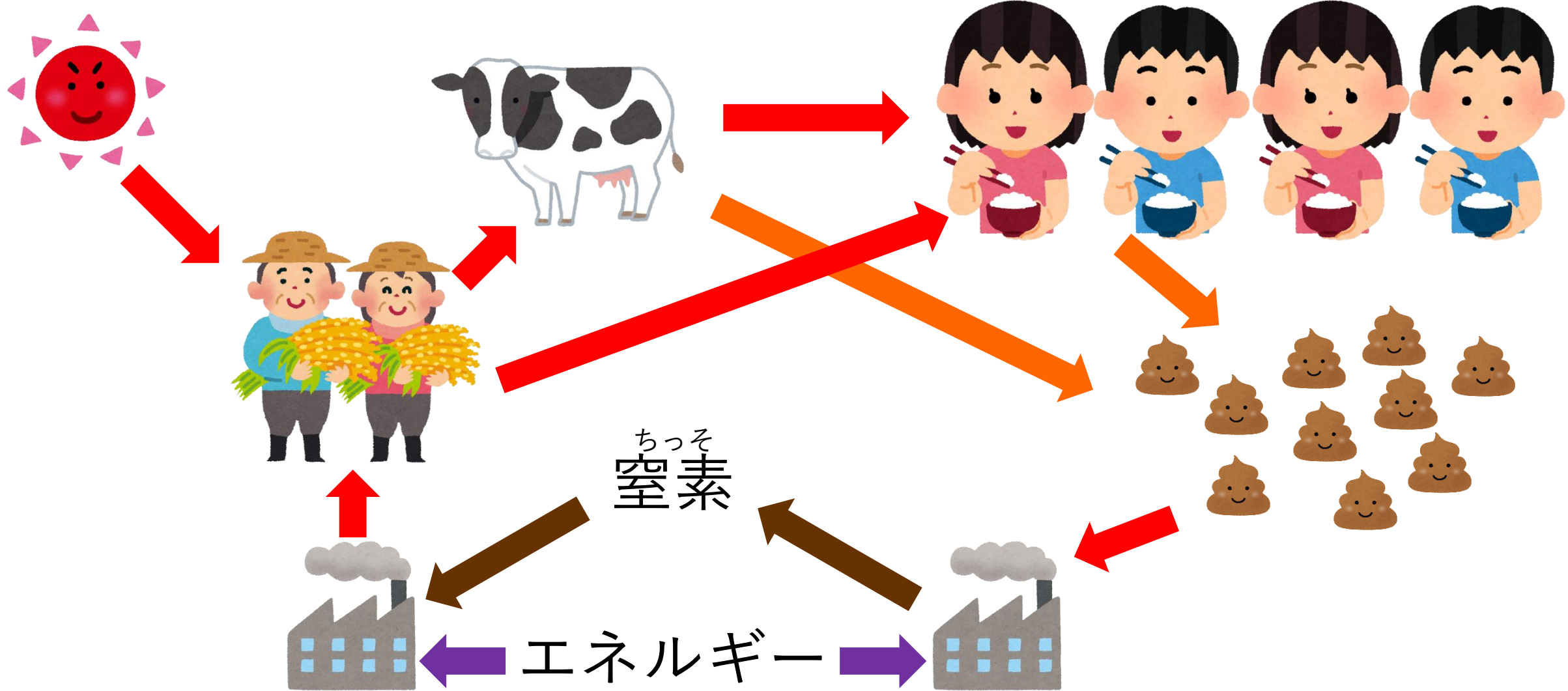
# エネルギー生産型資源循環



ぶっしつじゅんかん

ゆうきはいきぶつしより

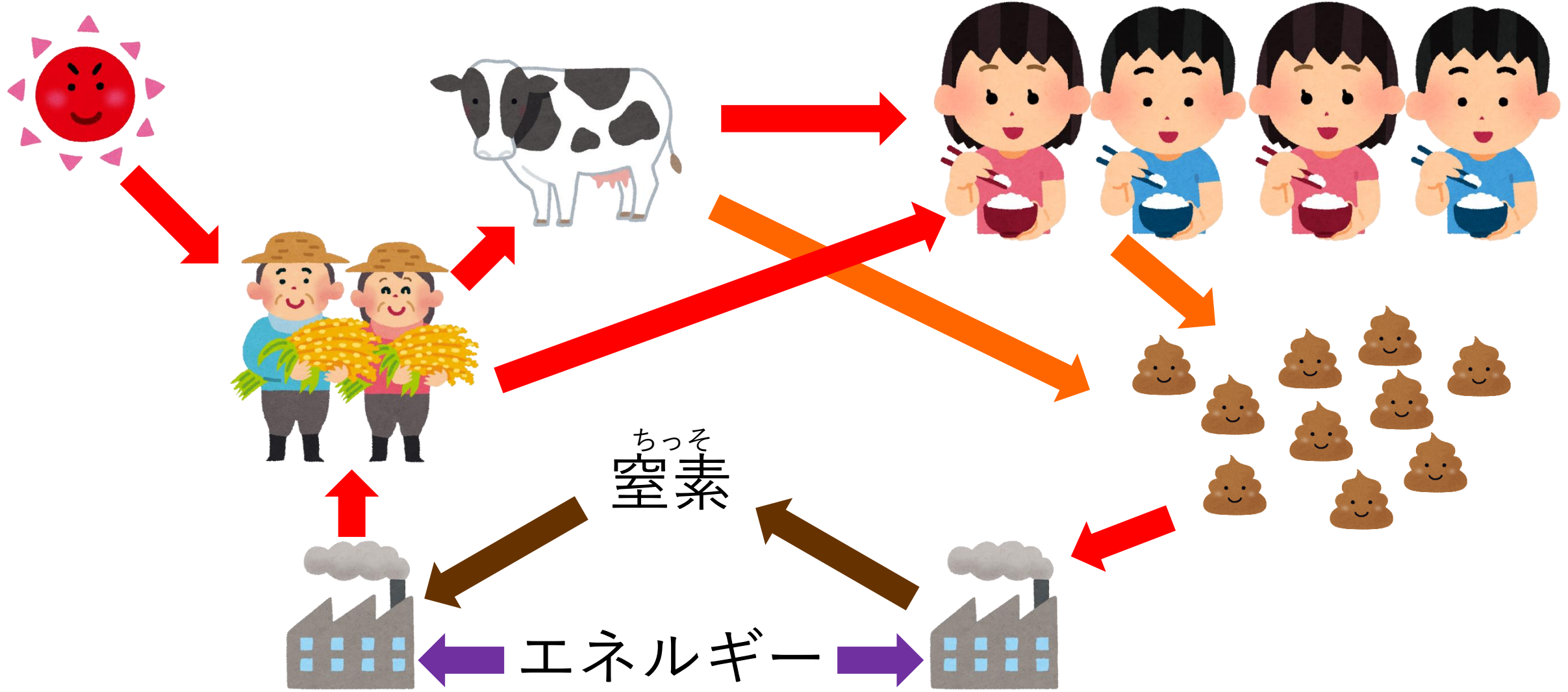
# 物質循環 (有機廃棄物処理)





しょうひがたしげんじゅんかん

# エネルギー消費型資源循環



# はっこう にんしき メタン発酵に対する認識

ゆうきはいきぶつ しより  
• 有機廃棄物を処理することができる

しゅせいぶん せいさん  
• CH<sub>4</sub>とCO<sub>2</sub>を主成分とするバイオガスを生産できる



はいきぶつしより せいさんしせつ  
廃棄物処理・エネルギー生産施設

ふくせいせいぶつ しょうかえき しより もんだい  
• 副生成物の消化液の処理が問題

えきひ りよう  
• 液肥として利用することもできる

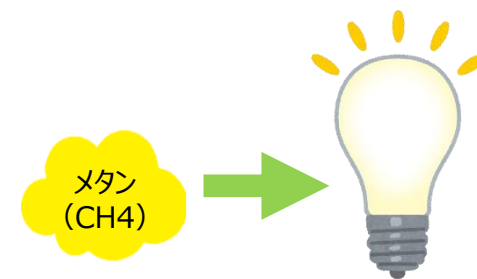
せいさんがたしげんじゅんかん

# エネルギー生産型資源循環

- 微生物が有機物を分解したものを植物が栄養素として利用
- 微生物が有機物を分解してメタンを排出
  - 地球に本来備わっている機能

## しゅうやくか 集約化すると

- 農業の肥料として利用することができる
- メタンを回収してエネルギーとして利用することができる



# メタン発酵に対する新しい認識

- 有機廃棄物を処理することができる
- 有機由来の液体肥料を生産することができる

はいきぶつしより ↓ ゆうきひりょうせいぞうしせつ  
廃棄物処理・有機肥料製造施設

- 副生成物のバイオガスは温室効果ガス
- エネルギーとして利用することもできる

## ポイント



- 副生成物：何かを作るときに一緒にできた物だよ！
- 温室効果ガス：太陽からの熱を地球に封じ込め、地表を暖める働きがあるガスのことだよ！



けつろん  
**結論**

- メタン発酵施設が持つ機能は

ゆうきはいきぶつ しょり  
**有機廃棄物の処理**

ゆうきぶつゆらい えきたいひりょう せいぞう  
**有機物由来の液体肥料の製造**

さいせいかのう せいぞう  
**再生可能エネルギー（バイオガス）の製造**

ゆうきはいきぶつ しょり  
有機廃棄物の処理



えきたいひりょう  
液体肥料



バイオガス

