



第2回つくば3Eフォーラム・ワークショップArticle 1

バイオマスタウンつくばの構築にむけて

2008年6月1日

柚山義人・富樫辰志・羽賀清典・島 武男(農研機構)

山本幸一(森林総合研究所)

渡邊 信(筑波大学)

村田和久(産業技術総合研究所)

岡本誠一郎(土木研究所)

土井和之(内外エンジニアリング株式会社)

つくば市環境都市推進室

つくば3Eフォーラム・バイオマス技術タスクフォース

会場の皆さま

全員が当事者です

本ワークショップは、つくば3Eミッションの一翼を担う**バイオマス利活用**について、どのような**行動計画**を策定すべきかを産学官民が一堂に会して論議する場です。

つくば市長・議員(になったつもり)、一般市民(になったつもり)、研究・技術者(になったつもり)、ビジネスマン(になったつもり)として、積極的に参加願います。

みんなの力で計画づくりをスタートさせましょう。

「つくば」ってどんなマチ？

- 筑波山を象徴とする農業地帯
- 豊かな里山
- 芝の生産日本一
- 霞ヶ浦から上水, 下水処理水は利根川へ(一部)
- 研究学園都市, 民間企業の進出
- 科学万博, 市町村合併, 公園, 国際交流, TX
- 伝統文化, 新文化
- スポーツ少年団, 数多くのイベント
- 「つくば」がブランドになった
- 多様な考え方の存在

「人材」が何よりの資源です！

つくば市科学作品展(中学校の部・金賞&市長賞)(平成15年度)

紙の再利用－紙の糖化によるアルコールづくりへの挑戦－

つくば市立桜中学校 3年 青木 大輔

○研究の動機

教室や職員室のゴミ箱には、たくさんのわら半紙や印刷用紙が捨てられているが、この紙を何とか有効利用することはできないだろうかと考えた。そこで、リサイクルという方法で再生紙を作るのではなく、紙から糖を作り、その糖からアルコールを生成するという新たな紙の活用法をテーマに研究することにした。

○指導者 市村 毅先生による講評

この作品は、身近な紙のゴミを減らすため、その紙の再利用の方法として、紙からアルコールづくりを試みたものである。セルラーゼによる紙の糖化発酵においては、紙質や紙の大きさ、発酵時間などの条件から、最も糖化率の高い方法を見いだすことができた。さらに糖化発酵によって得られた糖から、イースト菌によるアルコール発酵を行い、アルコールを生成することができた。最終的には、生成したアルコールは、アルコールランプで燃焼することを確認し、燃料として利用できることも明らかになった。

どんなマチをつくるのか

- Visionと留意点を明確にする
 - 人口が増加する
 - 緑・清らかな水環境を保全したい
 - 20年後は、社会インフラの更新時期にあたる
 - 新住民の中では、第2, 3世代が中心的役割を担う
- 農業と日常生活の視点でも考える
- 目指すは、田園科学都市か？
- 農業・農村の多面的機能を活かす

つくば市からの温室効果ガス発生源

- 人間(住居, オフィス)
 - 上水・下水道
 - 電気・ガス・灯油
- 輸送用燃料(ガソリン, 軽油等)
- ゴミ処理
- 製造業
- 農業・畜産業
- 土地利用(農地・水域を含む)
- 吸収(植物や土壌による吸収)

木質系バイオマスの利活用

(1) 森林を減さないバイオマス林を作る

- ① 研究施設内の緑地、公園緑地、などを、バイオマス利用に活用する。
面積は517ha(寺田ら2007)
- ② 耕作放棄地を森林に戻し、バイオマス林とする。
面積は250ha (「統計つくば」等)
- ③ 相続等で国に物納された林(国有地)を競売(民有地化)せずに、林として維持管理する。

(2) 種々のセルロース・廃棄系の直接燃焼 (電熱併用)

- ・研究施設内の緑地からのバイオマス収穫
- ・剪定枝・刈草の活用
- ・施設内での貯蔵・乾燥
- ・小型ガス化発電施設(150kW)への運搬
- ・熱利用

(3) 自転車道に木製道路施設を整備する

3つのイー(E)

イー
森

つくばにバイオマス林



イー
シニア

低エネルギー投入
で直接燃焼
(シニア人材も活躍)

イー
道

自転車道整備(運・勤)
木製道路施設



(独) 森林総合研究所・山本幸一

どんなバイオマスがあるの？

| 区分 | 水分 | バイオマス |
|---|-----|-------------------------------------|
| 廃棄物系 (収集体制が 整う。処理収 入が見込め る) | 高水分 | 生ゴミ(家庭系, 事業系), 家畜 排せつ物, し尿・浄化槽汚泥 |
| | 低水分 | 剪定枝, 建設廃材, 製材所廃 材, 紙ゴミ, 廃食用油, |
| 未利用系 (収集の必要) | 低水分 | 稲わら, もみ殻, 麦わら, 刈り芝, 間伐材 |
| 資源作物 (栽培の必要) | 低水分 | 燃料用等に作物を栽培 菜の花, 燃料用イネ, 藻類など |

水分の低い方が燃料化に有利

何から何ができるか

| 名称 | 対象原料 | 利用方法 |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| 堆肥化 | 家畜排せつ物, 食品廃棄物 | 肥料, 土壌改良材 |
| メタン発酵 | 家畜排せつ物, 食品廃棄物 | 電気・熱(ガスエンジン発電), 燃料, 液肥 |
| 炭化 | 家畜排せつ物, 食品廃棄物 | 肥料, 土壌改良材, 燃料 |
| 飼料化 | 食品残さ | 飼料 |
| バイオディーゼル燃料化 | 廃食用油(使用済み天ぷら油等), 資源作物 | ディーゼルエンジンの燃料 |
| エタノール発酵 | 資源作物, 作物残さ, 木質系バイオマス | バイオエタノール(ガソリン代替) |

何から何がどのくらいできるか

牛ふん尿 1t メタンガス 13m³

生ごみ 1t メタンガス 118m³

ヒマワリ種子 1t バイオディーゼル燃料 480L

ナタネ種子 1t バイオディーゼル燃料 472L

玄米 1t バイオエタノール 430L

サツマイモ 1t バイオエタノール 170L

トウモロコシ 約100粒 プラスチック製たまごパック1つ

トウモロコシ 約20粒 プラスチック製ボールペン1本

植物油は大陽エネルギーの缶詰



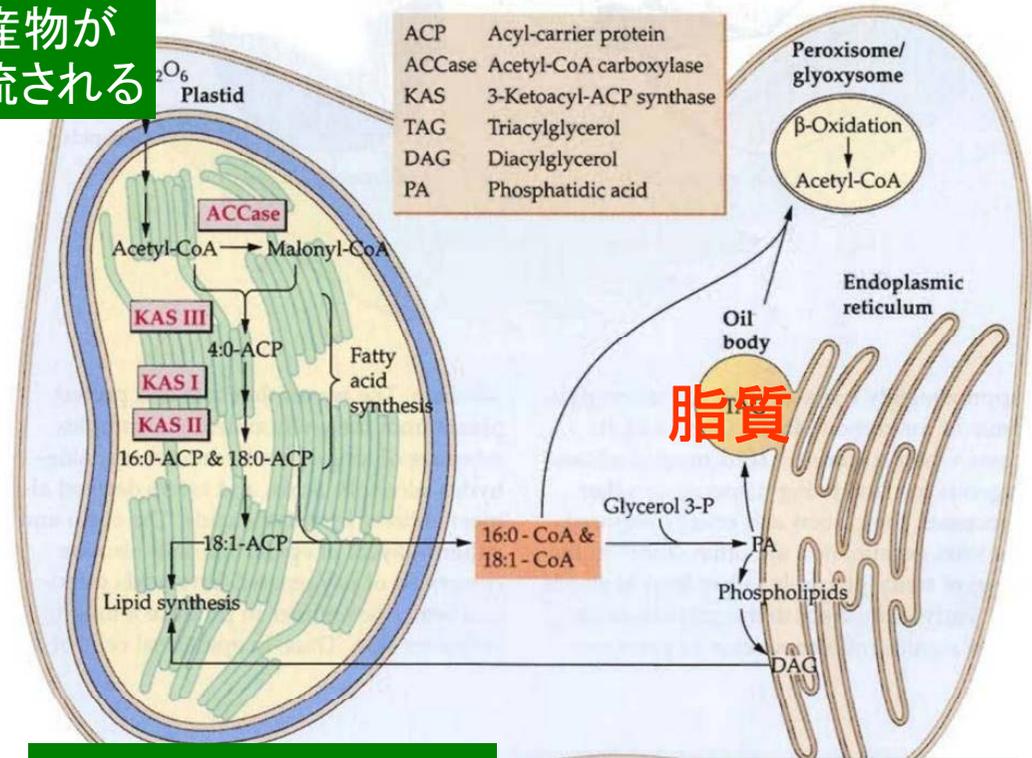
CO₂



CH₂O

① 光合成産物が
子実に転流される

太陽エネルギーは葉の光合成に
よって炭水化物の形で固定される



② プラスチド中で脂肪
酸合成が行われる(エ
ネルギー濃縮)

③ 小胞体中で脂質
となり、蓄積される

代表的な化学物質とバイオマスの高位発熱量 (MJ/kg)

| 物質名 | 発熱量 |
|---------------|------|
| 脂質 | 39.8 |
| 軽油 | 38.5 |
| リグニン | 25.1 |
| 石炭 | 24.7 |
| タンパク質 | 24.0 |
| エタノール | 23.4 |
| 松材 | 20.9 |
| 多糖類 | 17.5 |
| 単糖類 (グルコースなど) | 15.6 |

植物脂質と、それが変換されてできるバイオディーゼルは軽油に匹敵する熱量をもっている

主な油糧作物の油収量

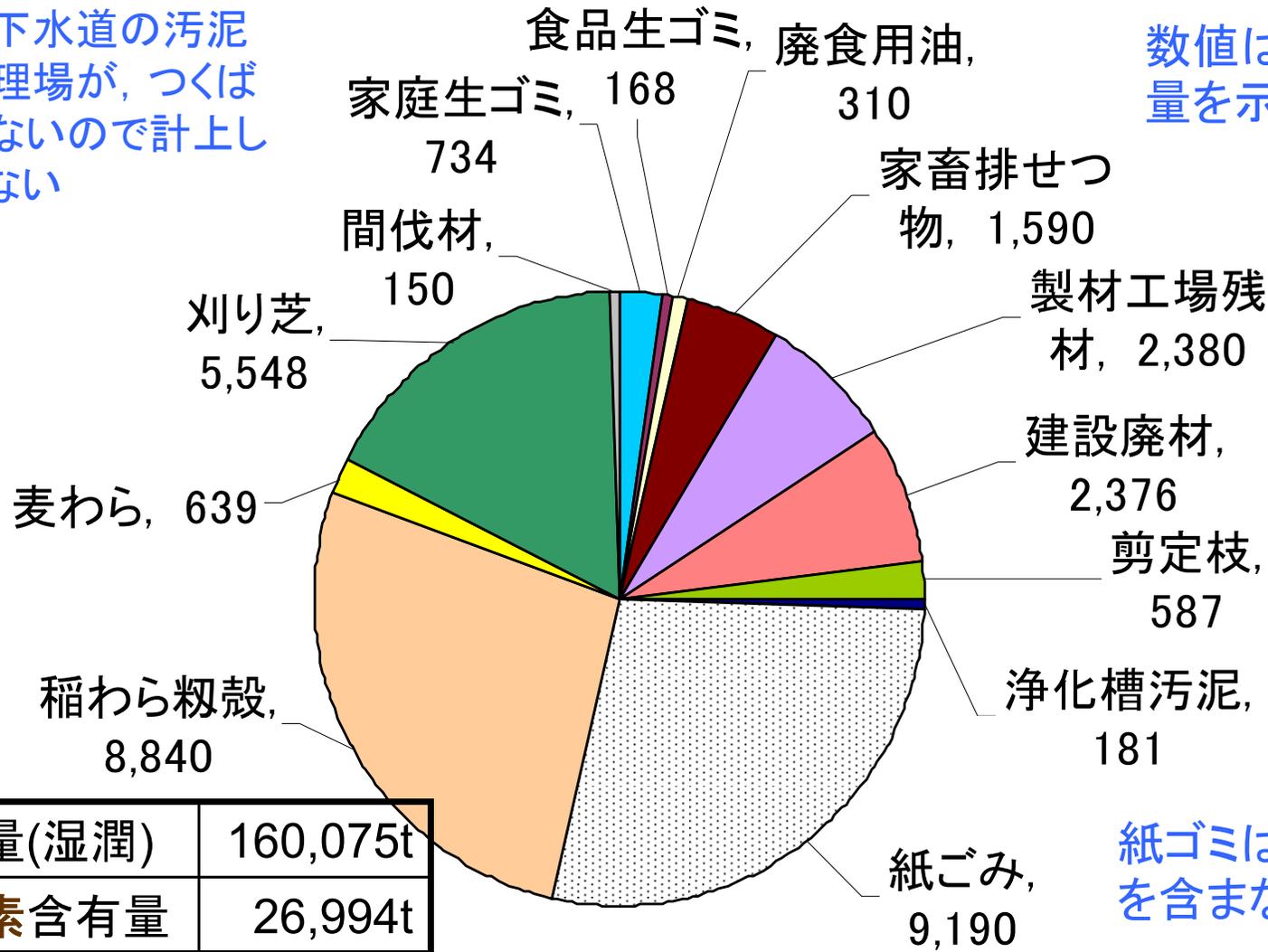
| | 搾油部位収量(t/ha)※ | | 油含有率(%) | 油収量(t/ha) |
|-----------------|---------------|------|---------|-----------|
| | Min-Max | 平均 | | |
| Oil palm | 12.6-32.4 | 19.2 | 20 | 3.84 |
| ナタネ | 2.3-3.8 | 2.9 | 35 | 1.02 |
| ヒマワリ | 1.7-2.4 | 2.1 | 35 | 0.74 |
| ラッカセイ | 2.8-3.3 | 3.1 | 35 | 1.09 |
| ダイズ | 2.3-3.6 | 2.8 | 17 | 0.48 |
| Jatropha | 1.5-2.0 | | | 0.48-0.71 |

※2005年(FAOSTAT。生産量、収量ともに上位20位に入る国を対象とした平均値)。

バイオマスの年間発生量 (統計からの推定値)

流域下水道の汚泥は処理場が、つくば市にないので計上していない

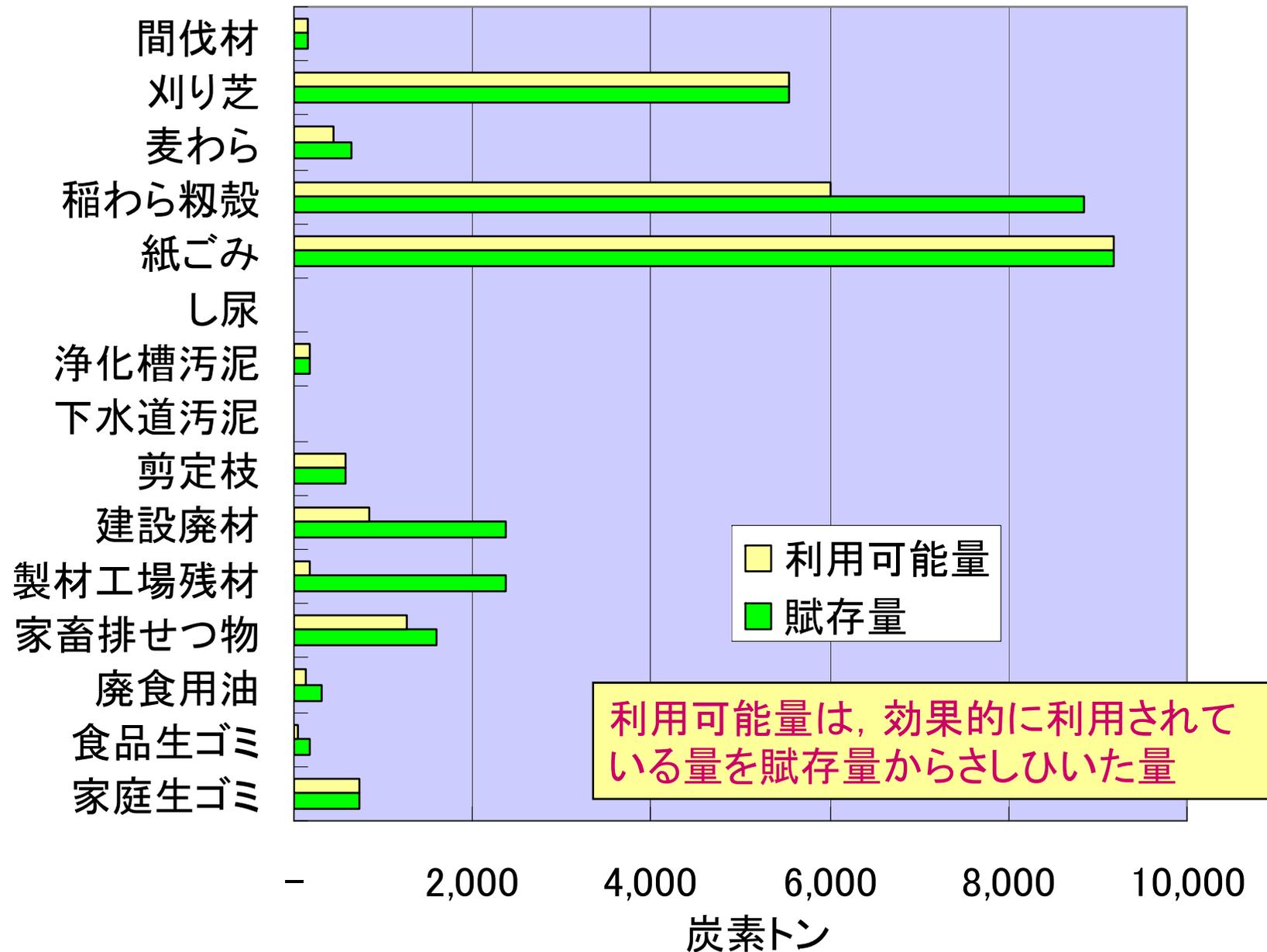
数値は炭素分量を示す。

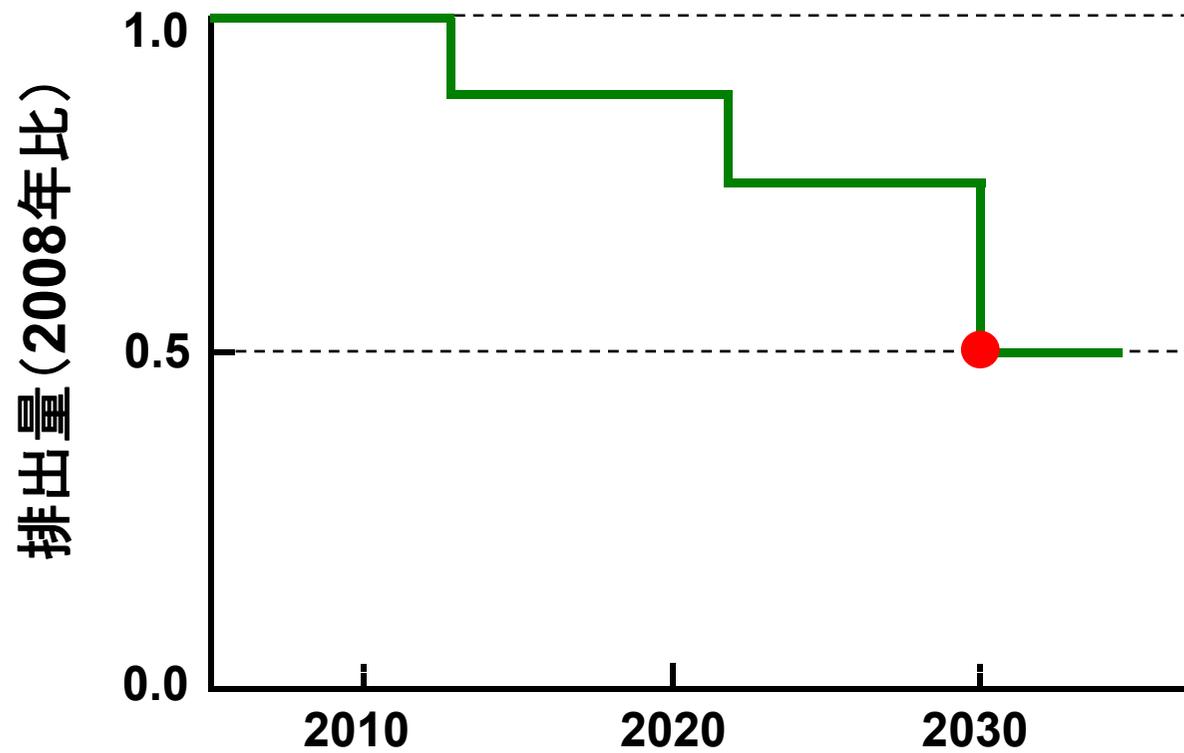


| | |
|--------|----------|
| 総量(湿潤) | 160,075t |
| 炭素含有量 | 26,994t |

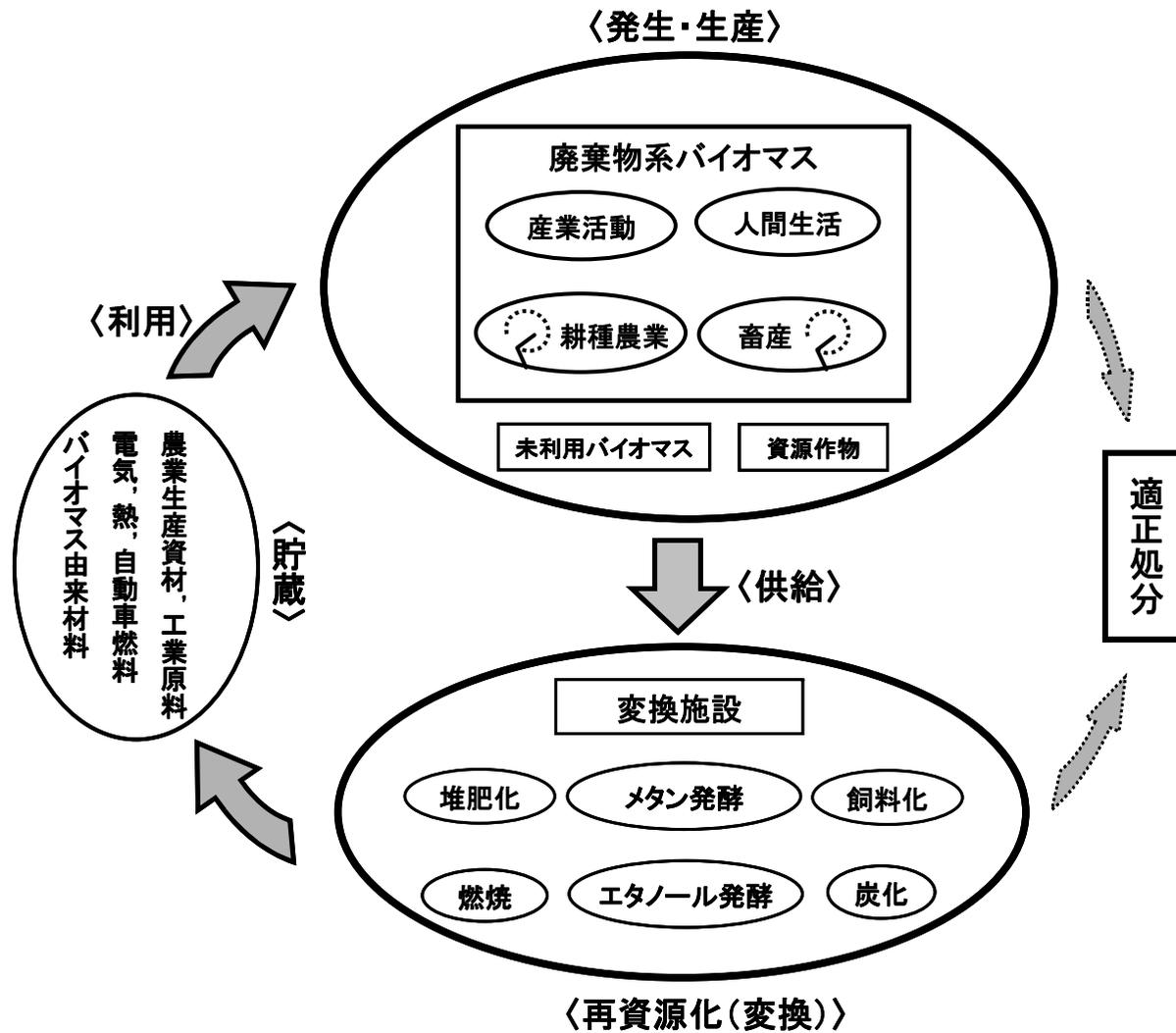
紙ごみは回収古紙を含まない

利用可能量を推定すると(黄色)





2030年に至るまでの適用技術の切り替え



バイオマス利活用のイメージ

仮説目標

○2002年の排出量は、150万tCO₂/年。

○バイオマス利活用で5%(7.5万tCO₂/年)を削減
(by 井上議長)

二酸化炭素排出量削減ポテンシャル試算の方法

バイオマスエネルギーの生産量(変換を中心とする)からみる。ランニングだけでも、バイオマスの生産(発生)、収集、運搬、貯蔵、変換、貯蔵、運搬、利用、廃棄から見る必要があるが、エネルギー効率(生産エネルギー/投入エネルギー)を与えて読み替える。甘めと心配な場合は、係数を小さくする。過小評価の場合は、大きくする。また、建設も含めて、ライフサイクルで見ると必要がある。一方、化石資源由来の材料をバイオマス由来材料に代替えることによる削減効果もあるが、ここではカウントしない。

二酸化炭素排出量削減ポテンシャルの検討シナリオ

①資源作物液体燃料化

②メタン発酵

③稲藁・もみ殻・木質のガス化発電

④高密度藻類培養

⑤森林の保全

⑥技術の革新

①資源作物液体燃料化シナリオ

| | 利用率 % | 生重 t/年 | 炭素重 t/年 | 水分率 % | 製品重 t/年 |
|--------------|----------|-----------|------------|----------|--------------|
| 飼料稲 150ha | 100 | 1004 | 379 | 9.5 | 341 エタノール |
| ナタネ 30ha | 100 | 90 | 25 | 12.9 | 39 BDF |

バイオエタノール 341t/年 = $341 \times 0.61 = 208$ tガソリン/年

BDF 39t/年 = $39 \times 1.21 = 47$ tガソリン/年

$(208 + 47) \times 1000 \times 2.32 \text{ (kg/L)} \div 1000 = 5916$ t/年

エネルギー効率(生産エネルギー/投入エネルギー)を2.0とすると, **296tCO₂/年**

(メモ)面積増, 収量アップをどこまで達成できるかがポイント。

②メタン発酵シナリオ

| | 利用率 % | 生重 t/年 | 炭素重 t/年 | 水分率 % |
|--------|----------|-----------|------------|----------|
| 家庭生ごみ | 80 | 12400 | 1090 | 72 |
| 食品生ゴミ | 50 | 560 | 49 | 72 |
| 家畜排せつ物 | 30 | 12500 | 652 | 混合のため不明 |

平均して、バイオガスが原料1tから、生ごみの場合200m³、家畜排せつ物の場合30m³できるものとする。

$$(12400 + 560) \times 200 + 12500 \times 30 = 2967000 \text{ m}^3/\text{年}$$

$$2967000 \times 0.6 = 1780200 \text{ ガソリンL/年}$$

$$1780200 \times 2.32 \div 1000 = 4130 \text{ t/年}$$

$$\text{エネルギー効率を1.2とすると, } 4130 \times 0.2 = 826 \text{ tCO}_2/\text{年}$$

③ 稲藁・もみ殻・木質のガス化発電シナリオ

| | 利用率 % | 生重 t/年 | 乾物重 t/年 | 炭素重 t/年 | 水分率 % | 電力 Mwh/年 |
|--------------------|----------|-------------------------|------------|------------|----------|-------------|
| 稲わら | 100 | 20786 | 16629 | 8098 | 20 | 12560 |
| もみがら | 100 | 3454 | 3109 | 627 | 10 | 2349 |
| 一般廃棄物中 の木質 3.3% | 100 | 2340 70928 × 3.3% | 1404 | 585 | 40 | 1326 |

電力Mwh = 乾物重dry-t × 17GJ/dry-t × 効率0.25 ÷ 3.6Mwh/GJ × 0.8
(外部利用率) × (1-灰分率)

灰分率は稲わら, もみがらを20%ととし, 木質は0とした。

(12560 + 2349 + 1326) × 1000 × 0.37 (kg/kwh) ÷ 1000 = 6007t/年
エネルギー効率を1.5とすると, 6007 × 0.67 = **4005tCO₂/年**

(メモ) 利用率は, 最大でも50%というのが現実的である。

④高密度藻類培養による施設園芸・温室等で利用するオイル生産シナリオ（筑波大学・渡邊 信先生の試算）

原料：下水処理水ほか有機性廃水

空間：皿池（深さ30cm），耐用年数20年，閉鎖系

滞留時間：1の貯留に対し，1日に0.07交換

生産量：3.5g乾物/L＝118tオイル（重油相当）/ha/年以上を目標とする

二酸化炭素吸収量：236t/ha/年以上

コスト：300円/L（オイル）以下

プラン：約80haのシステムで，つくば市の二酸化炭素排出量を
2.5%削減（3.75万tCO₂/年）

（メモ）このシステムは，自然界の光合成に基づく炭素回収を2桁大きくしている。

藻類バイオマスエネルギー技術の展望 (筑波大学・渡邊 信)

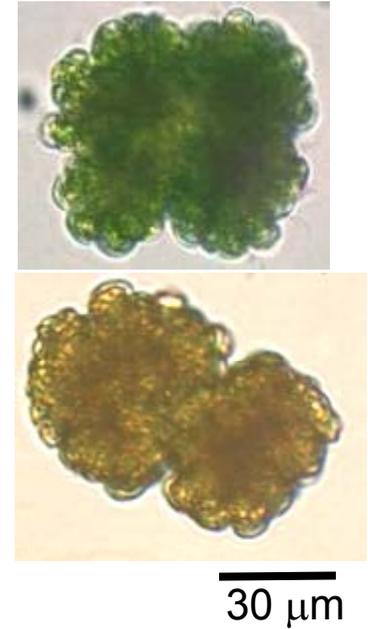
- 緑藻類 *Botryococcus braunii* は、藻体乾燥重量当たり20～70%の重油相当の炭化水素を生産する。
- 室内培養及び野外小規模培養の結果(増殖量=>5g乾燥重量/L, オイル生産は乾燥重量の45%)を踏まえ、野外の大規模プール(面積19ha, 深さ30cm)で培養することを想定したシステムを評価した。
- エネルギー正味獲得量は 6.82×10^7 [MJ/y], 燃料生産量は118t/ha・年, 生産コストは115円/L。
- エネルギーペイバックタイムは0.19年。
- 実用上必要なエネルギー供給量は最大325kg/ha・日。

藻類のオイル生産ポテンシャル

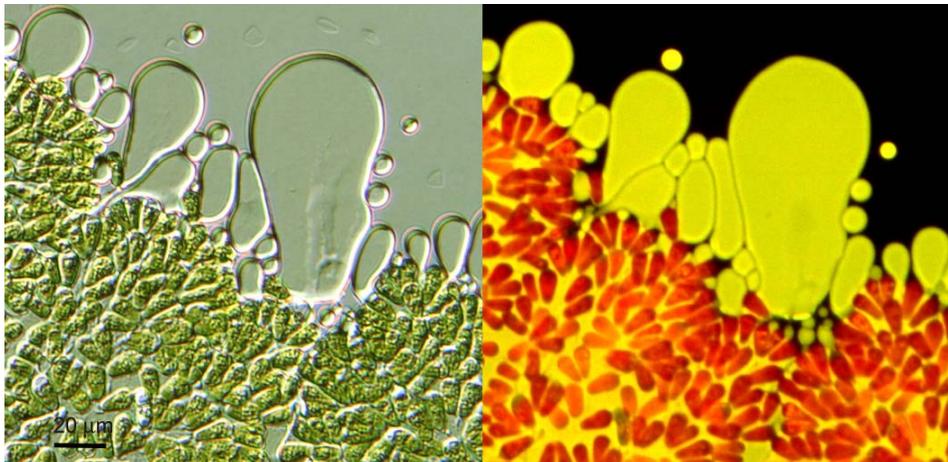
| Tons of Oil / ha / Year | |
|-------------------------|--------|
| Corn トウモロコシ | 0.2 |
| Soybeans 大豆 | 0.5 |
| Safflower ベニバナ | 0.8 |
| Sunflower ヒマワリ | 1.0 |
| Rapeseed アブラナ | 1.2 |
| Oil Palm アブラヤシ | 6.0 |
| Micro Algae 微細藻類 | 47-140 |

緑藻類 *Botryococcus* とは

- ・淡水に生息する藻類
- ・緑～赤色で30-500 μm のコロニーを形成
- ・二酸化炭素を固定し、炭化水素を生産
- ・炭化水素は石油の代替となり得る
- ・細胞内及び、コロニー内部に炭化水素を蓄積
(乾燥重量の20-75%)



*Botryococcus*の顕微鏡写真



Botryococcus (生産量を3.5g
乾燥重量/L、オイルをその
46%生産)

19ha x 30cmの皿池で大量培養
オイル生産: 約120t/h \cdot 年
CO₂固定量: 260t/h \cdot 年
コスト: 155円/L

⑤森林の保全（森林総合研究所による試算）

つくば市の山林面積は、5,100haである。その全てについて、森林整備を行うと仮定する。樹齢は40年生と仮定する。樹種の割合は、広葉樹：針葉樹＝4：1と仮定（寺田ら、2007ランドスケープ研究から類推）する。年間の炭素吸収量は、広葉樹(40年生)で1t/ha/年、針葉樹スギ(40年生)で2.3t/ha/年と仮定する。

広葉樹分【1t/ha × (5100 × 4/5)】+ 針葉樹分【2.3t/ha × (5100 × 1/5)】
= 4080 + 2346 = 6426t/年。

6426炭素(C)t × CO₂係数(3.67) = 23,583t・CO₂換算

従って、完全に整備がなされるとすると、**2.26万tCO₂/年**の削減をカウントできることになる。

(メモ) 森林整備による吸収量増加カウントは、つくば市の山林の何%で整備がなされるかによる。

⑥技術の革新

長期のステージでは、どの程度の技術革新があるのかは読めにくい。過度な期待を慎むなら、中期ステージから**20%効率アップ**という程度であろうか。特定の技術革新で大幅な効率アップが図られても、全体ではそれほどアップにならないこともある。

バイオマス利活用による二酸化炭素排出量削減のポテンシャル

短期: ①×0.02+②×0.01+③×0.0+④×0.0+⑤×0.01=約240tCO₂/年(0.016%)

中期: ①×0.1+②×0.1+③×0.2+④×0.1+⑤×0.1=約6,923tCO₂/年(0.46%)

長期: ①×0.5+②×0.5+③×0.5+④×0.5+⑤×0.5=約32,600tCO₂/年(2.2%)

ポテンシャル:(①296+②826+③4005+④37500)×⑥(=1.2)+⑤22600
=約 73,750tCO₂/年(4.9%)

様々なハードルはあろうが、あらゆる努力の結集次第で、ポテンシャルとしては、7.5万tCO₂/年(5%)の目標にたどり着くと思われる。

(注)係数は、試算技術が適用(普及)していく期待値である。

(参考) 20万人が一人1日1kgの削減を行うと、7.3万tCO₂/年である。

仮説目標 (by井上議長) **7.5万tCO₂/年 (5%)** を削減

二酸化炭素排出量削減ポテンシャル試算結果

- ①資源作物液体燃料化 **296tCO₂/年**
- ②メタン発酵 **826tCO₂/年**
- ③稲藁・もみ殻・木質のガス化発電 **4,005tCO₂/年**
- ④高密度藻類培養 **37,500tCO₂/年**
- ⑤森林の保全 **22,600tCO₂/年**
- ⑥技術の革新 ①～④が2割アップ

$$(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④}) \times 1.2 + \text{⑤} = \mathbf{7.4\text{万tCO}_2/\text{年}}$$

地域診断

～現状を知り，対策案を比較～

- 物質・エネルギーフローの理解
- どこから，どのくらいCO₂，CH₄，N₂Oが出ているかを推定
- 施策の効果を予測

(注) 水域への排出とGHG排出がトレードオフになることもある。

つくば市のフレーム

人口(人)

| | |
|--------|-------|
| 30522 | 農家人口 |
| 170006 | 非農家人口 |

家畜飼養頭羽数(頭羽)

| | |
|-------|-------|
| 278 | 乳牛 |
| 1517 | 肉牛 |
| 5683 | 豚 |
| 12293 | 採卵鶏 |
| 26692 | ブロイラー |

農作物作付け延面積(ha)

| | |
|------|-------|
| 3900 | 稲 |
| 457 | 麦類 |
| 30 | かんしょ |
| 18 | 雑穀 |
| 387 | 豆類 |
| 243 | 果樹 |
| 985 | 野菜 |
| 19 | 工芸農作物 |
| 0 | 桑 |
| 157 | 飼肥料作物 |
| 3310 | その他作物 |

森林面積(ha)

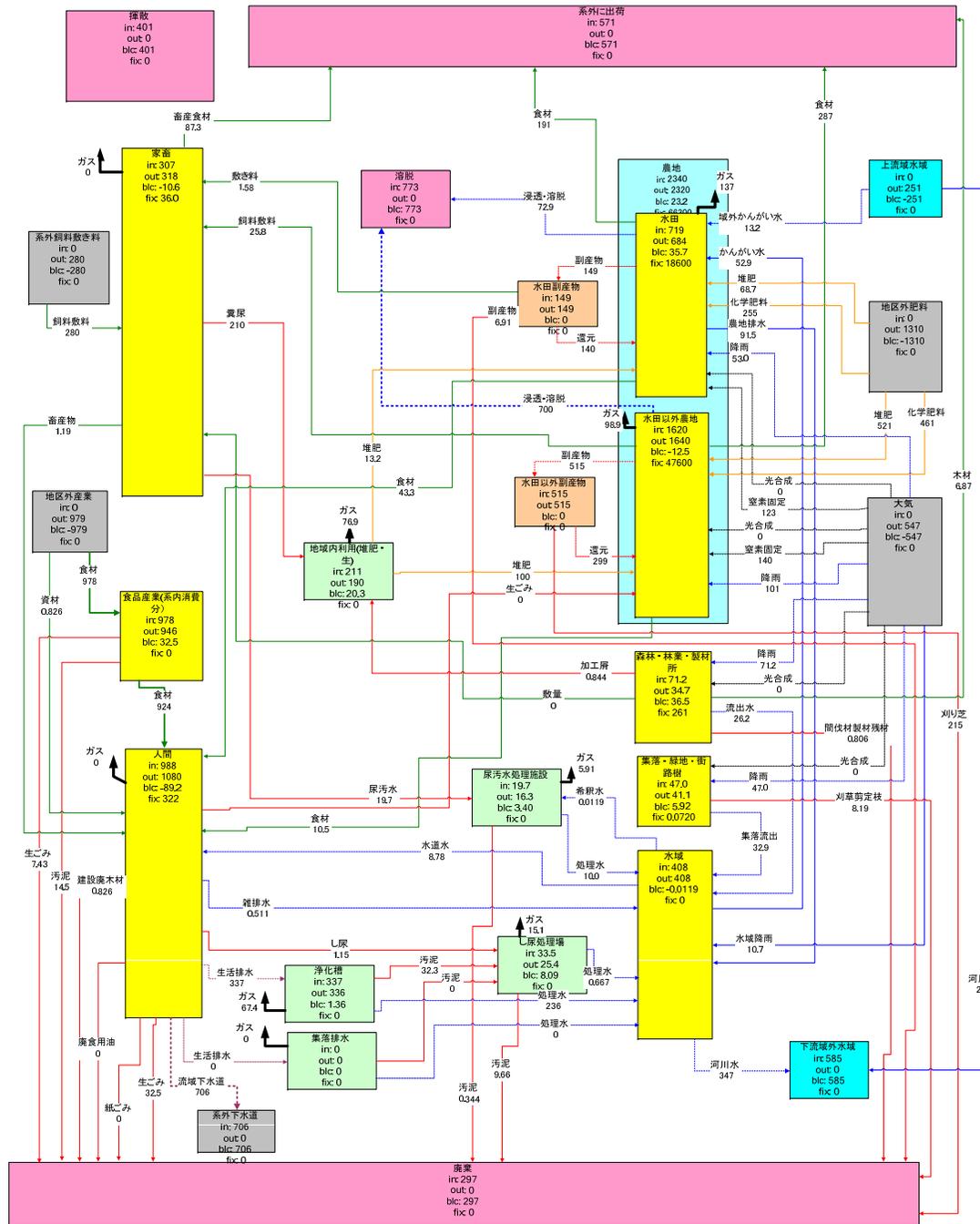
| |
|------|
| 4217 |
|------|

生活排水処理区分別人口(人)

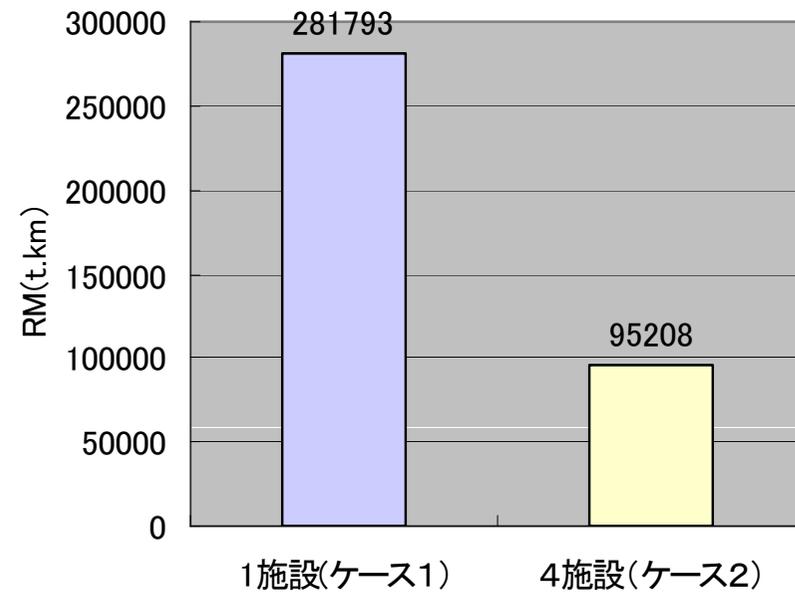
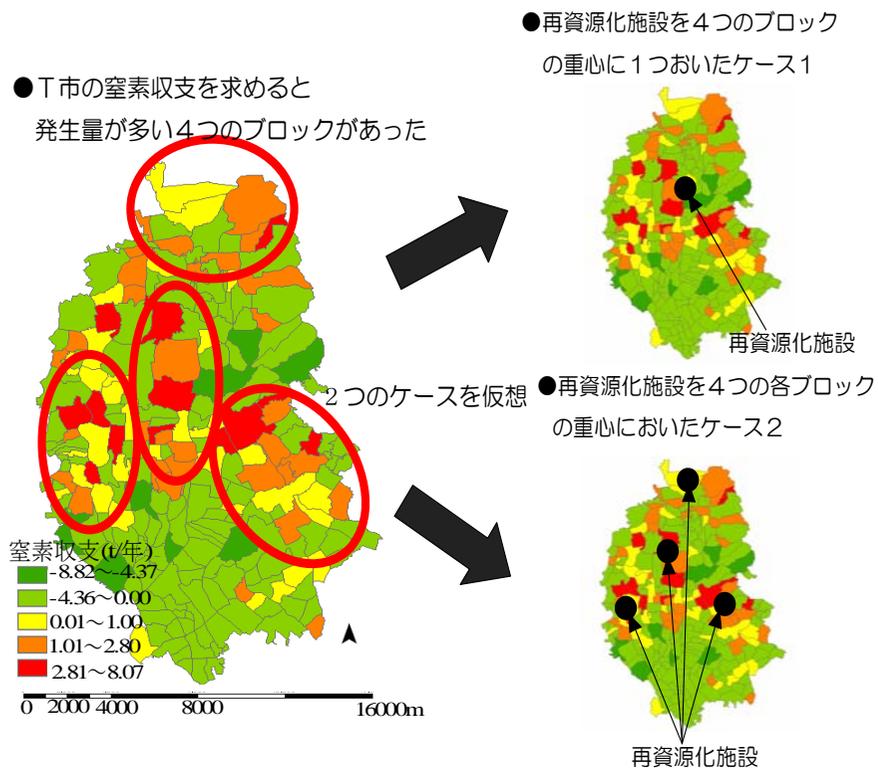
| | |
|--------|-------------|
| 25036 | 合併浄化槽 |
| 25220 | 単独浄化槽(し尿のみ) |
| 16006 | し尿処理場 |
| 135519 | 公共下水 |

雑排水無処理人口

| | |
|-------|-------------------|
| 41226 | 単独浄化槽, し尿処理場人口と重複 |
|-------|-------------------|



つくば市の現状 年間窒素成分量 (窒素t/年)

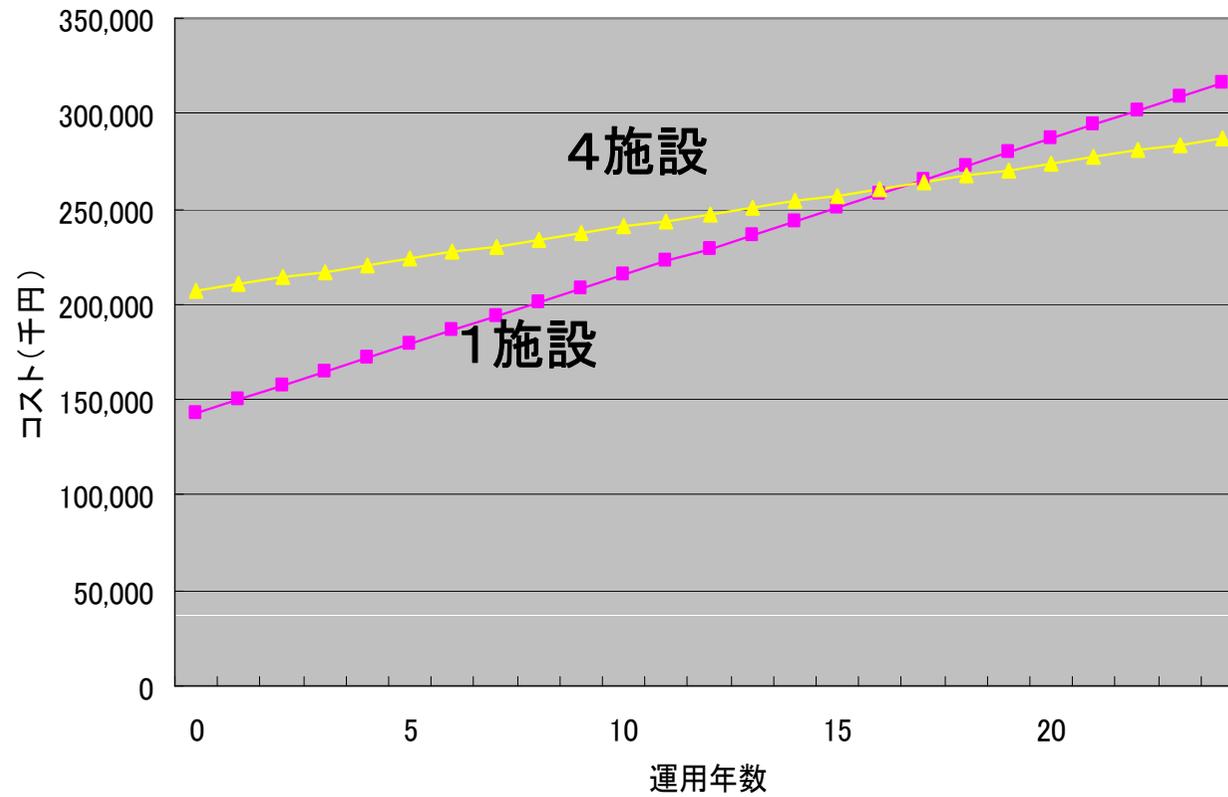


各集落の窒素収支と計算ケース

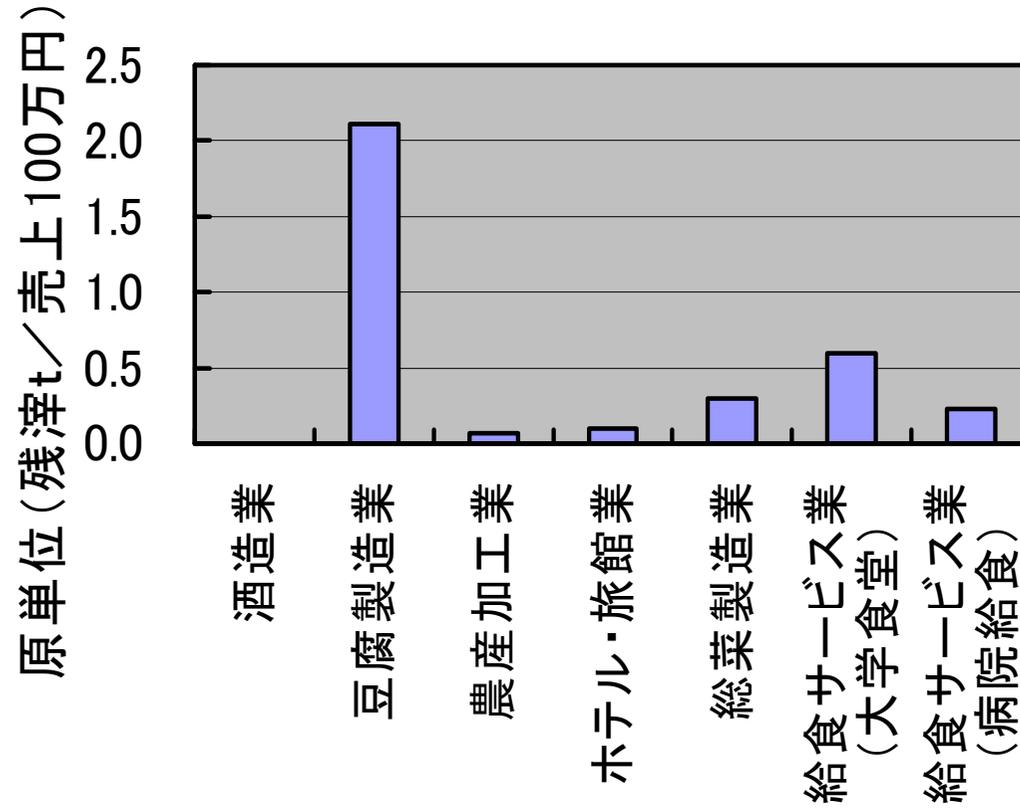
施設数の違いによるRMの比較

(農研機構・島 武男)

総コスト＝建設費＋生産費＋輸送費



総コストの比較

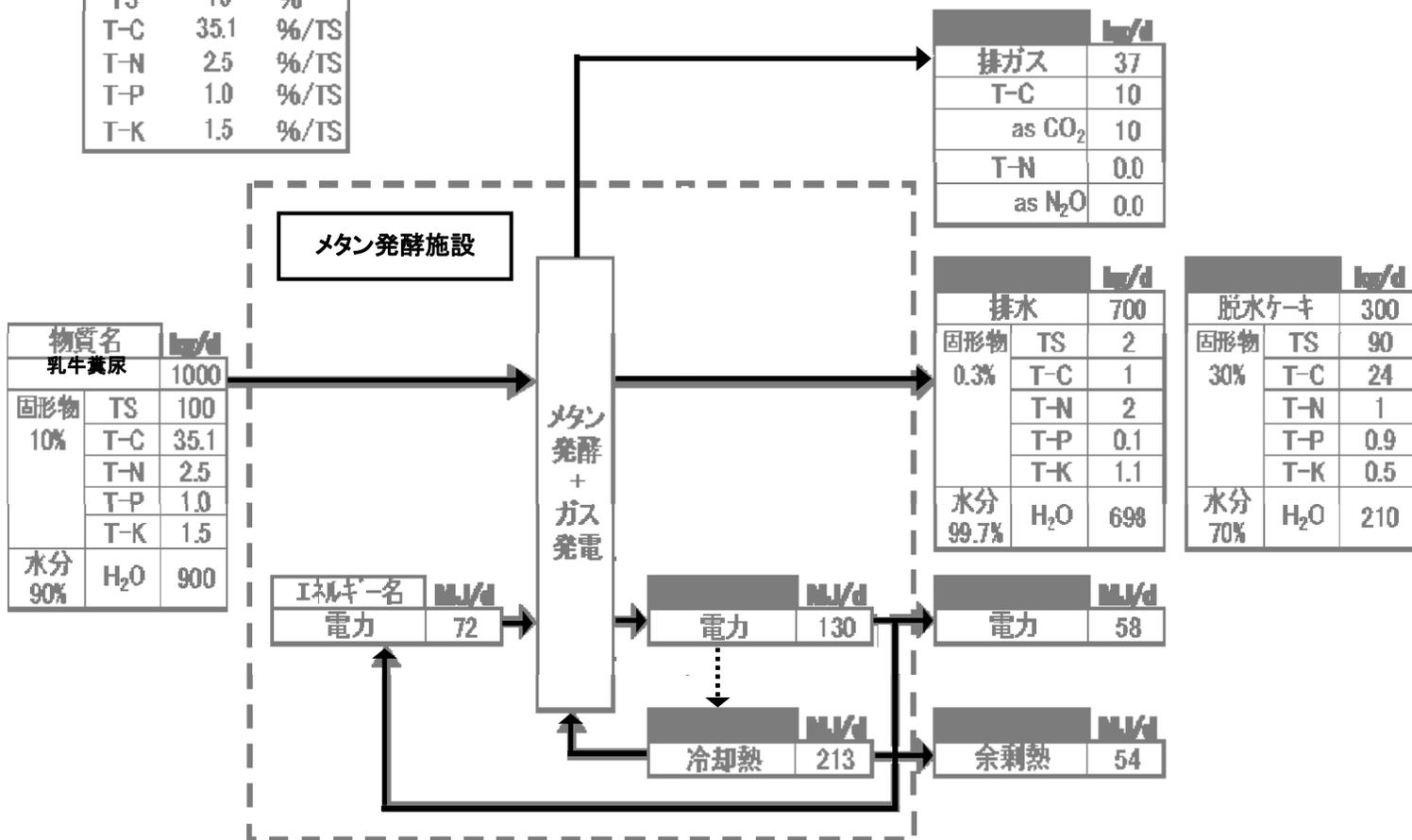


つくば市内の食品関係事業所における残滓発生原単位
(サンプル調査)(食総研, 2005)

もう少し詳細に試算してみよう
(さらに精査が必要です)

乳牛糞尿性状

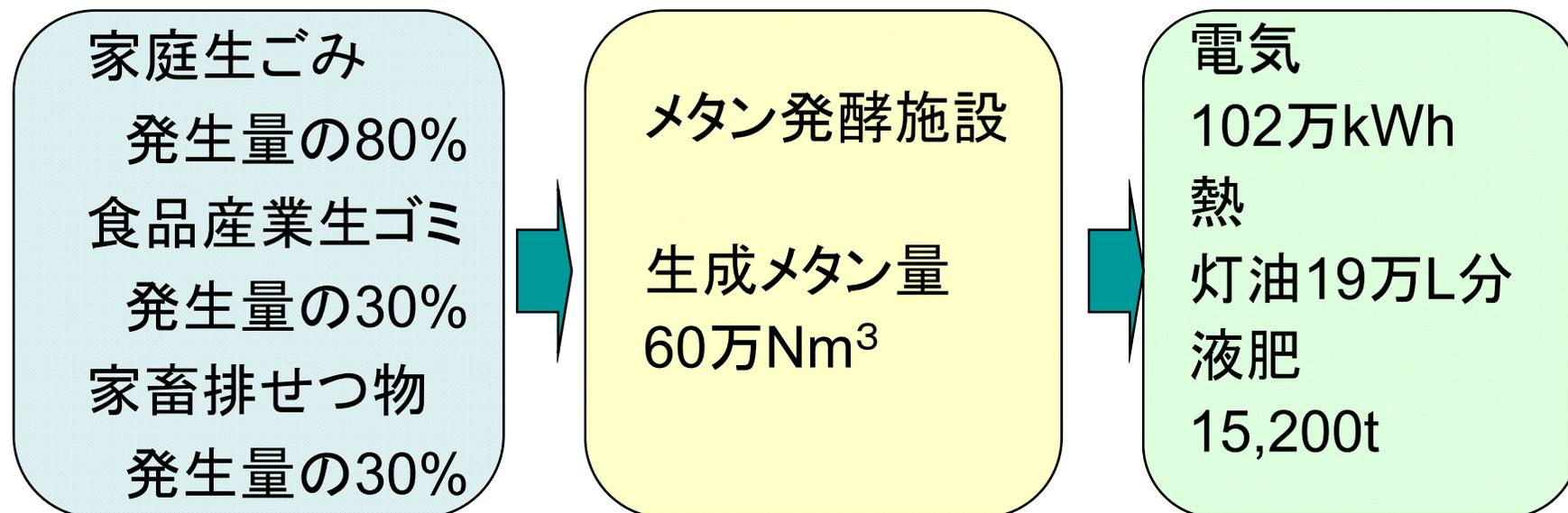
| | | |
|-----|------|------|
| TS | 10 | % |
| T-C | 35.1 | %/TS |
| T-N | 2.5 | %/TS |
| T-P | 1.0 | %/TS |
| T-K | 1.5 | %/TS |



乳牛糞尿を原料とするメタン発酵(25t/日規模)の特性評価

生ゴミ・家畜排せつ物のメタン発酵

分別生ゴミからエネルギーと液肥



(効果)

廃棄物が炭素量で4%減少する
CO₂発生量が1,020t減少する
肥料の自給率が窒素で50%向上
土壌の炭素収支が1.2%向上

(注意点)

家庭で生ゴミを分別
液肥を利用する努力

メタン発酵シナリオ診断評価

| 項目 | 現状 | 構想 | 増減 |
|----------------------------|----------|-------------------------|------|
| 家庭生ごみ 食品産業生ゴミ 家畜排せつ物 | | 6672t 115t 10053t | |
| 廃棄物量 | 炭素15700t | 炭素15100t | 4%減 |
| 肥料の自給率 (窒素) | 8% | 12% | 50% |
| 地区内からの肥料供給 | 窒素113t | 窒素176t | 56%増 |

家畜排せつ物のたい肥化

未熟堆肥から完熟堆肥へ

家畜排せつ物
発生量の70%
オガコ, 刈り芝など副資材添加

たい肥化施設

製品堆肥
13,320t/年

電気
79万kWh
熱
灯油12万L分

(効果)

地域の環境改善(たい肥化臭気)
食の安全安心。土作り。
畑地1haに20t施用して666ha分
肥料の自給率が窒素で変わらない

(注意点)

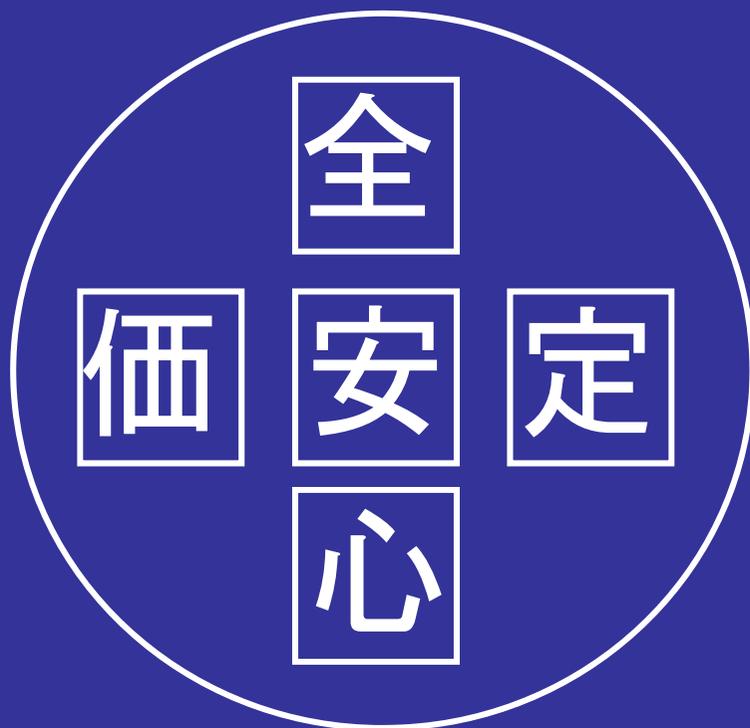
温室効果ガスの増減は方法次第
高齢化で散布手間不足
過剰に施用すると農地からの肥料成分溶脱

たい肥化シナリオ診断評価

| 項目 | 現状 | 構想 | 増減 |
|--------|----------|----------|--------|
| 家畜排せつ物 | | 23,457t | |
| 廃棄物量 | 炭素15700t | 炭素15700t | なし |
| 窒素揮散 | 窒素401t | 窒素419t | 5%増 |
| 土壌炭素減少 | 8600t | 8500t | 1.2%改善 |

堆肥を作る畜産から、使う人へのメッセージ

(農研機構・羽賀清典)



安全で安定した品質の、

安心して使える堆肥を、

安価に使ってほしい。

資源作物栽培とバイオ燃料化

耕作放棄の防止と農村の活性化

資源作物イネ栽培150ha
資源作物ナタネ栽培100ha
(耕作放棄地530ha, 休耕地530ha存在)

米のエタノール
発酵施設

植物油B.D.F.
化施設

バイオエタノール43万L
(ガソリン29万L分)
B.D.F. 14万L
(軽油13万L分)

(効果)

農地の活用。耕作放棄の防止
農村雇用の増大
CO₂発生量が683t減少する

(注意点)

収量の多い品種を省力化栽培
農業残さの有効利用

資源作物バイオ燃料化シナリオ診断評価

| 項目 | 現状 | 構想 | 増減 |
|--------------|-----------------|-----------------|-------|
| 米 ナタネ | | 1004t 300t | |
| 廃棄量 | 炭素15700t | 炭素15800t | 0.6%増 |
| 溶脱量 溶脱率 | 窒素773t 0.54 | 窒素781t 0.54 | 1%増 |
| 施肥量 肥料利用率 | 窒素1419t 0.39 | 窒素1452t 0.40 | 2.3%増 |
| 水域負荷 | 窒素347t | 窒素351t | 1.1%増 |

木質，刈芝，紙ゴミの分散型ガス化発電 小規模分散で段階型の取り組み

剪定枝
発生量の70%
製材所廃材
発生量の7%
間伐材
発生量の50%
紙ゴミ
発生量の50%
刈り芝・稲わら
発生量の50%

熱分解ガス化
発電施設
300kW発電ク
ラス12箇所
発生ガス量
2600Nm³

電気
2,170万kWh
熱
灯油460万L分
炭化物
2,840t

(効果)

廃棄物が炭素量で33%減少する
CO₂発生量が23,700t減少する
石油使用量1000万L減少

(注意点)

家庭で紙ゴミを分別
熱の有効利用が重要
炭の農林地還元

小規模ガス化発電シナリオ診断評価

| 項目 | 現状 | 構想 | 増減 |
|------|-----------|------------------------------|---------|
| 資源総量 | | 35,200wet-t (23,100dry-t) | |
| 廃棄量 | 炭素15,700t | 炭素10,600t | 32.5%減 |
| 土壌蓄積 | 窒素15t | 窒素▲244t | 蓄積から減少へ |
| 炭素揮散 | 炭素50,500t | 炭素59,400t | 18%増 |

廃食用油のバイオディーゼル燃料化

全国に広がる取り組み

家庭系廃食用油
の回収
回収可能最大量
の40%

B.D.F.化施設
200L/日クラス
4箇所
メタノール添加
(メチルエステル)

B.D.F.
17万L
グリセリン
17t

(効果)

廃棄物が炭素量で1%減少する
CO₂発生量が288t減少する
分散型で取り組みやすい

(注意点)

家庭で廃食用油を分別
グリセリンの利用検討

里山管理材のエネルギー利用 あえて維持管理に手間をかける方法

里山管理での発生木材
小さな取り組みから



小規模薪ボイラー
(薪投入は自動化
されていない)



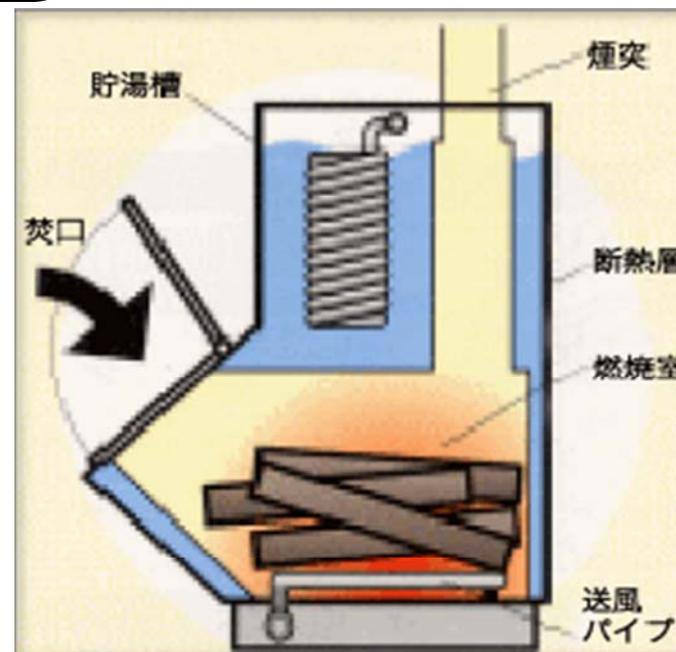
ハウス栽培や
温浴の熱減
薪1t=重油160L

(効果)

小規模な取り組みから開始できる
重油，灯油よりも安価。CO₂削減。
雇用創出

(注意点)

十分乾燥させてから投入



■ 図 薪ボイラーの構造

バイオ軽油の合成と特徴

(産総研・村田和久)

低コスト原料



刈芝材

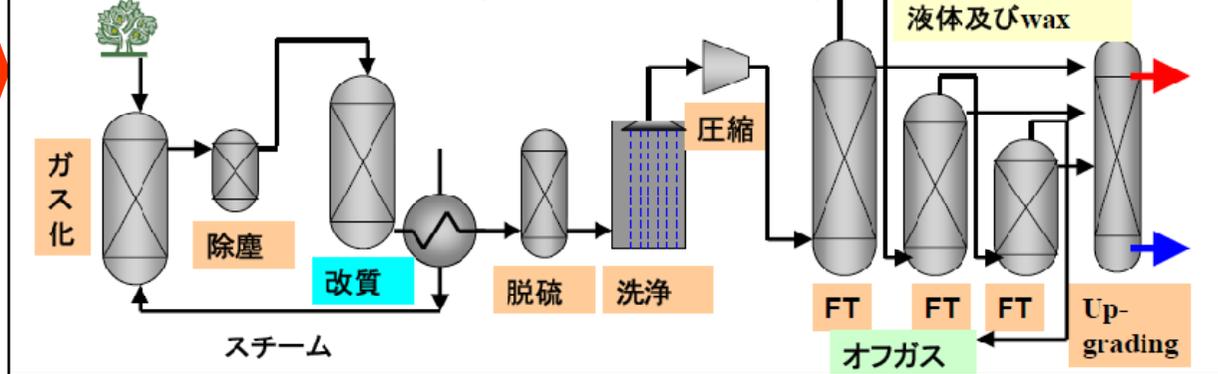
稲わら



建設廃材

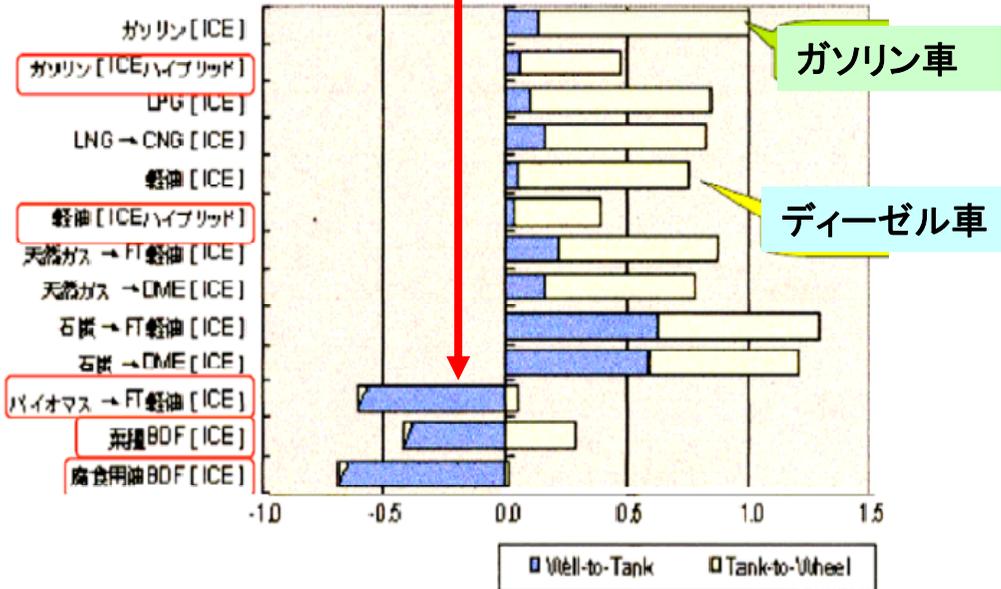
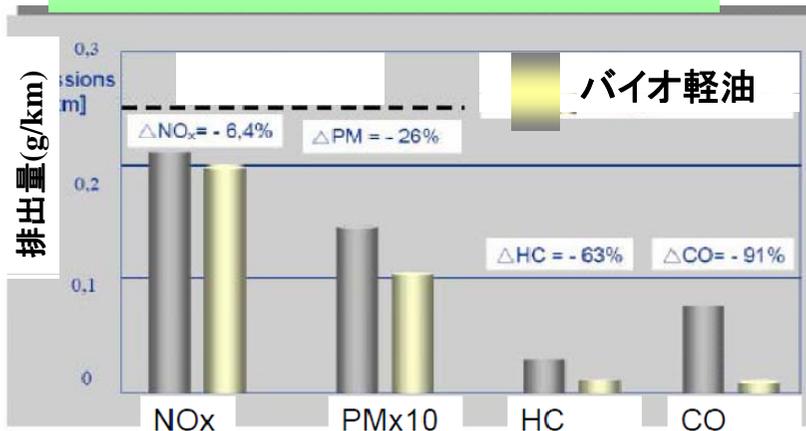
10-50t/d

AIST-BTLプロセス(実用化イメージ)



特徴1:CO₂排出量はマイナス換算(Well-to-Wheel)

特徴2:燃やしても煤やCOが少ない!



将来技術

木質と草本セルロースのバイオ燃料化

剪定枝

発生量の70%

間伐材

発生量の50%

刈り芝・稲わら

発生量の50%

資源作物ソルガム栽培300ha

セルロース(繊維)
のエタノール発酵
施設

木換算乾燥重量
14,500t

バイオエタノール
435万L
(ガソリン
296万L分)

(効果)

農地の活用。耕作放棄の防止

農村雇用の増大

CO₂発生量が〇〇t減少する

エネルギーセキュリティー増進

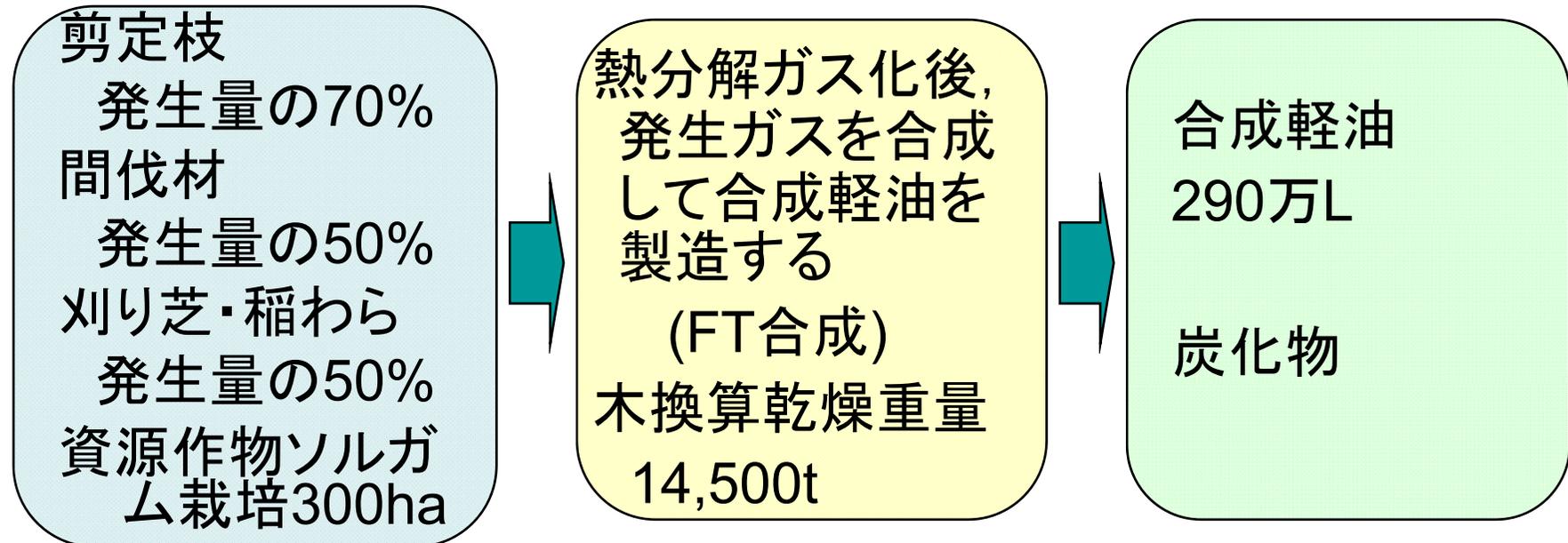
(注意点)

収量の多い品種を省力
化栽培

副産物の有効利用

将来技術

木質と草本のバイオ燃料(合成軽油)化



(効果)

農地の活用。耕作放棄の防止
農村雇用の増大
CO₂発生量が〇〇t減少する
エネルギーセキュリティー増進

(注意点)

収量の多い品種を省力化栽培
副産物の有効利用

バイオマス利活用の応援団

- NPO
- 筑波大学
- 産総研バイオマス研究センター
- 農研機構バイオマス研究センター
- 研究独法バイオ燃料研究推進協議会

(五十音順)

(独)交通安全環境研究所

(独)国際農林水産業研究センター

(独)国立環境研究所

(独)産業技術総合研究所

(独)酒類総合研究所

(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構

(独)森林総合研究所

(独)水産総合研究センター

(独)土木研究所

(独)農業環境技術研究所

(独)農業・食品産業技術総合研究機構

(独)農業生物資源研究所

(独)理化学研究所



行動計画(案)

(第6回バイオマス技術TF会合による)

1. 「つくば市バイオマスタウン構想」の策定(現状と様々な利活用シナリオの診断・評価)
2. 産学官民参加のモデル実証実験(実用化技術＋チャレンジ的な技術を1/100規模で3年間)
3. 適正技術を段階的に適用。ソフト部分のノウハウを維持して、さらなる革新的技術の登場も待つ。

バイオマスタウン構想をつくろう

- 地域の将来像を描こう
- 地域の診断をしよう
- 様々な支援(サービス)と事業制度を利用しよう

～人と技術と制度をつなげる～

下水道を活用したバイオマス利用の可能性 (土研・岡本誠一郎)

- 下水道施設は、水処理工程で発生する下水汚泥(バイオマス)を資源(堆肥・建設資材等)、エネルギーとして利用するための設備を具備
- 近年は汚泥燃料化等のエネルギー利用の技術も実用化
- 都市インフラとして、既に一定の整備が進捗
(例:つくば市の下水道普及率 76.4%(H18年度末))

下水汚泥のエネルギー賦存量

下水汚泥発生量:223万トン/年
発電可能量 約36億kWh/年

→約67万世帯の年間電力消費量に相当

下水汚泥の固形物



8割

2割

有機分

無機分

(C,H,N,P等)

(Si,Ca,Al等)

緑農地利用

- 肥料
- 土壌改良材等

エネルギー利用

- 下水道バイオガス
- 固形燃料化

建設資材利用

- セメント原料
- レンガ・骨材

下水道を活用したバイオマス利用の可能性 (土研・岡本誠一郎)

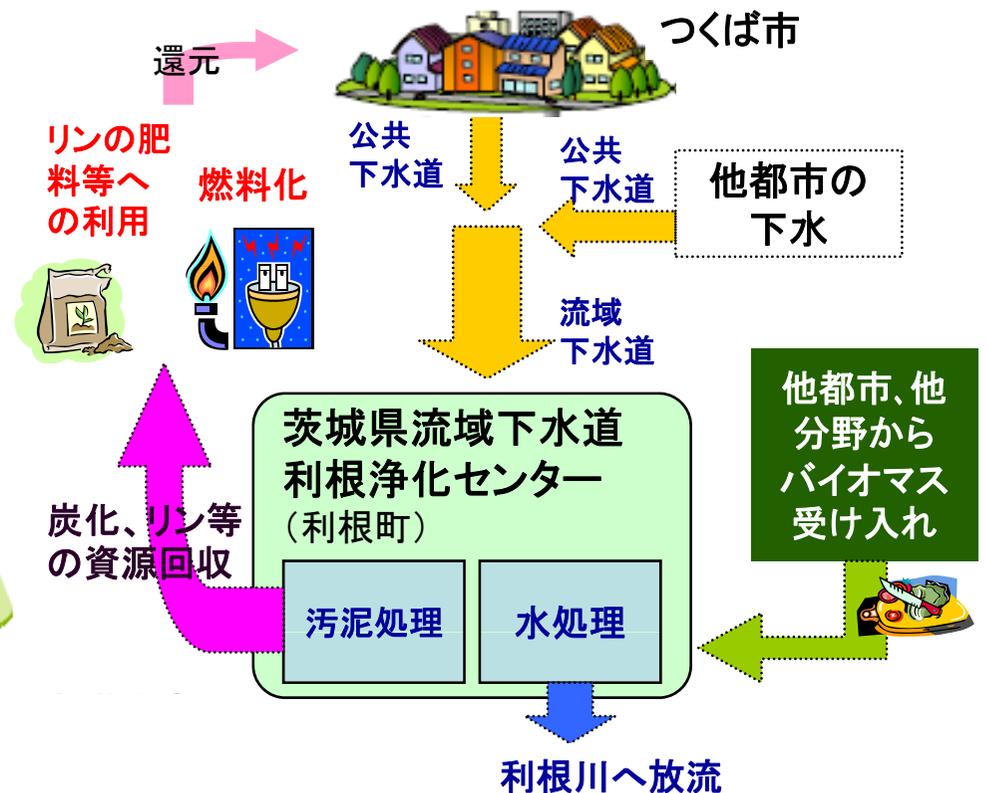
- 下水以外のバイオマスを、既設の下水道施設に受け入れて処理することで、地域全体として効率的なバイオマス利用が可能に
- つくばにおいても、茨城県(流域下水道)、つくば市(下水道、農業、他の公共事業)など関連部局の連携により、実現の可能性は高い

<石川県珠洲市の取組事例>

下水汚泥とあわせて生ゴミ等をまとめて再資源化

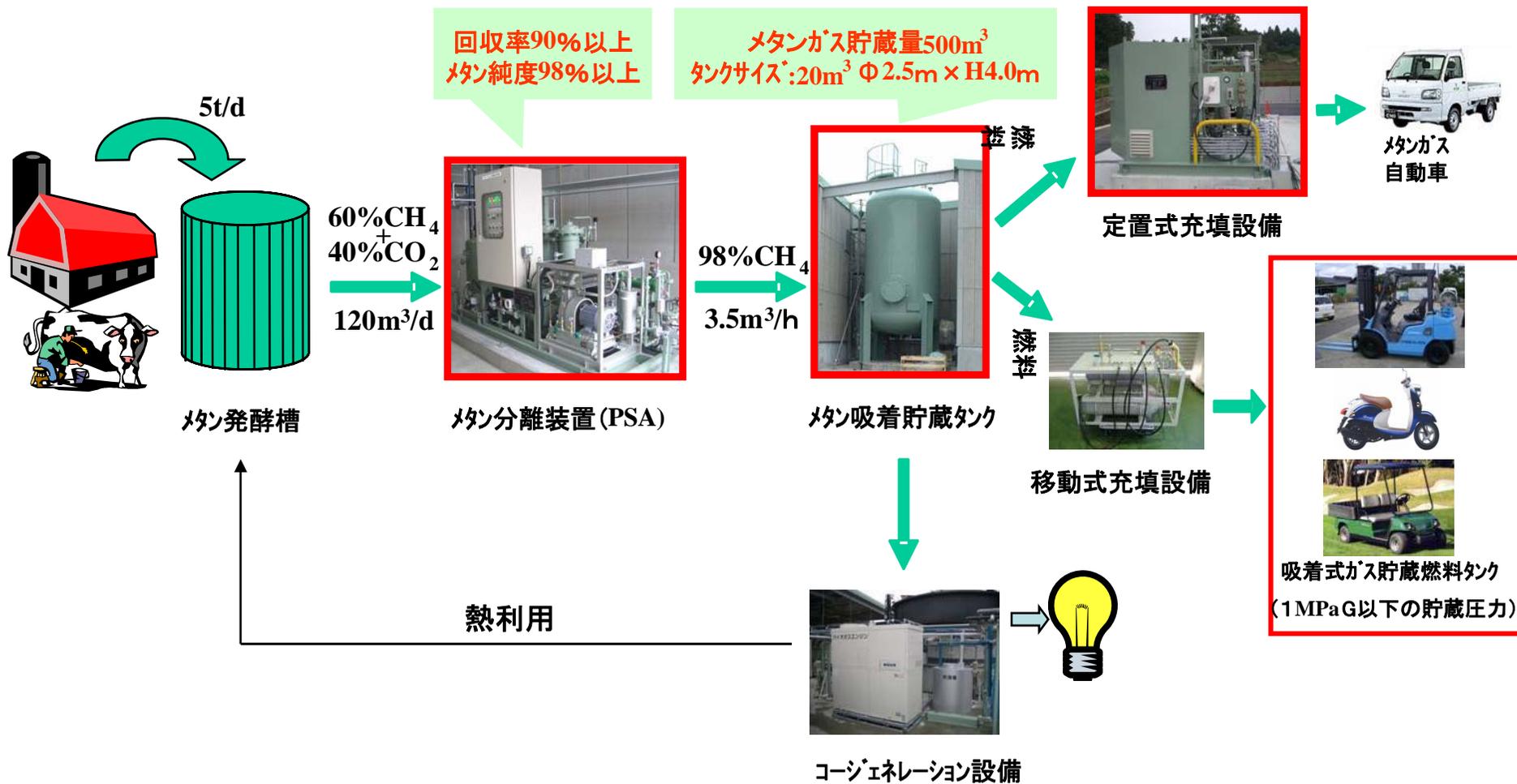


<つくばでの事業イメージ(提案)>





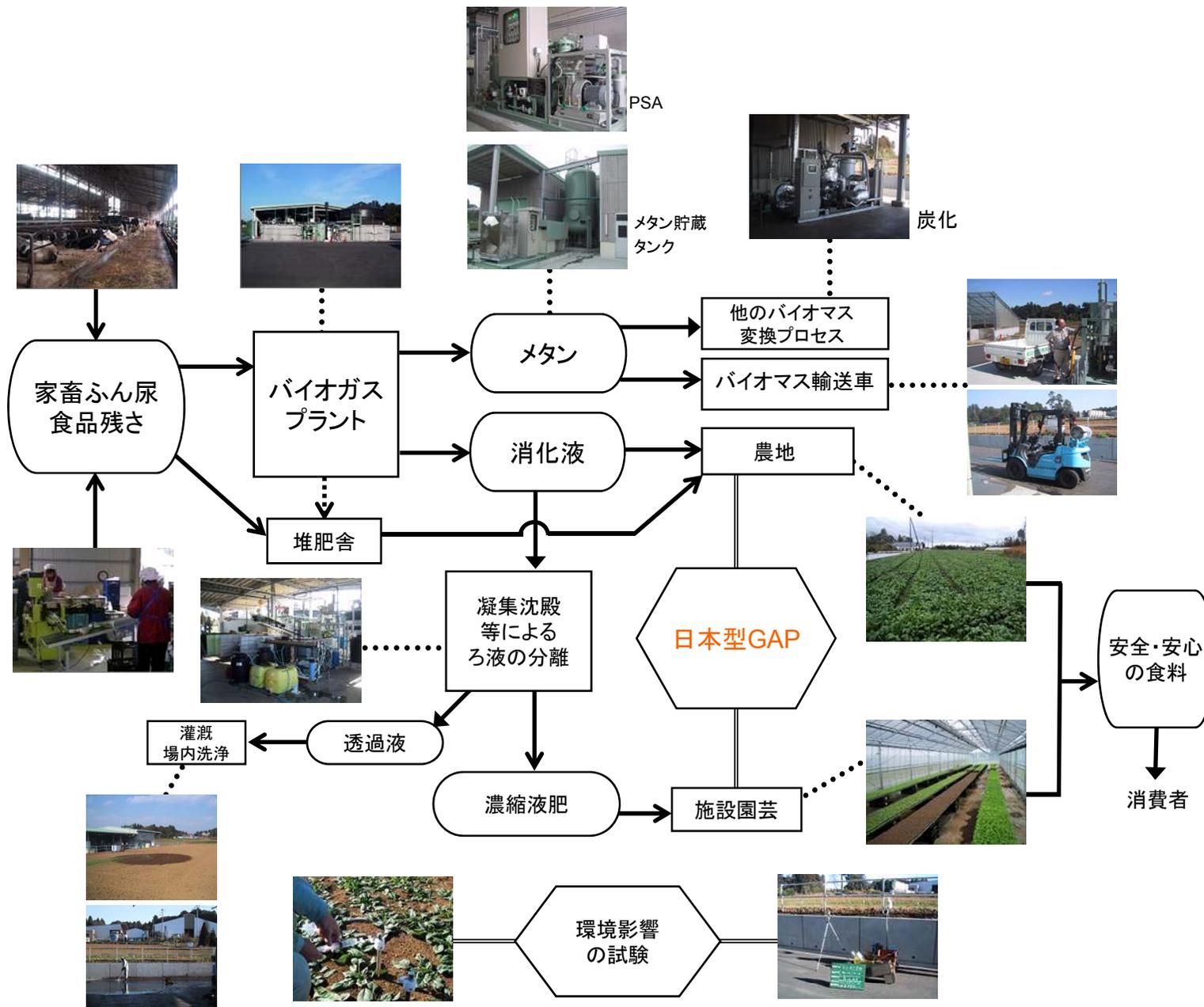
山田バイオマスプラントを核とするバイオマス多段階利用システム(2008年版)



メタンガスの製造と利用



メタンガス発電



バイオマス利活用による循環農業(GAPの適用)

「バイオマス利用モデルの構築・実証・評価」

中核機関：独立行政法人 農業・食品産業技術総合研究機構

【研究開発の内容】

地域活性化に資するよう、地域に賦存するバイオマスの特徴に応じ、バイオマスをエネルギー（エタノール、バイオディーゼル燃料、メタンガス等）やマテリアルとして利活用する技術を適切に組み合わせたバイオマス利用モデルの構築・実証を全国6つの地域を対象に実施する。また、それぞれの地域モデルを想定した環境影響評価手法を開発する。

中課題1「バイオマスのエネルギー変換とマテリアル変換とを効率的に組み合わせたモデルの構築・実証・評価」



中課題2「バイオマスの地域循環利用を持続的に進めるための環境影響評価手法の開発」

【チーム環境影響評価】

- ①LCA手法を活用して、バイオマスの生産（発生）、輸送、貯蔵、変換、廃棄物処理等の過程で、大気、土壌、水系に排出される環境負荷物質のインベントリを作成する。
- ②バイオマス利活用に伴う土壌肥沃度等の持続性、エネルギー収支、地域活性化への経済的な貢献度等の評価手法を開発する。

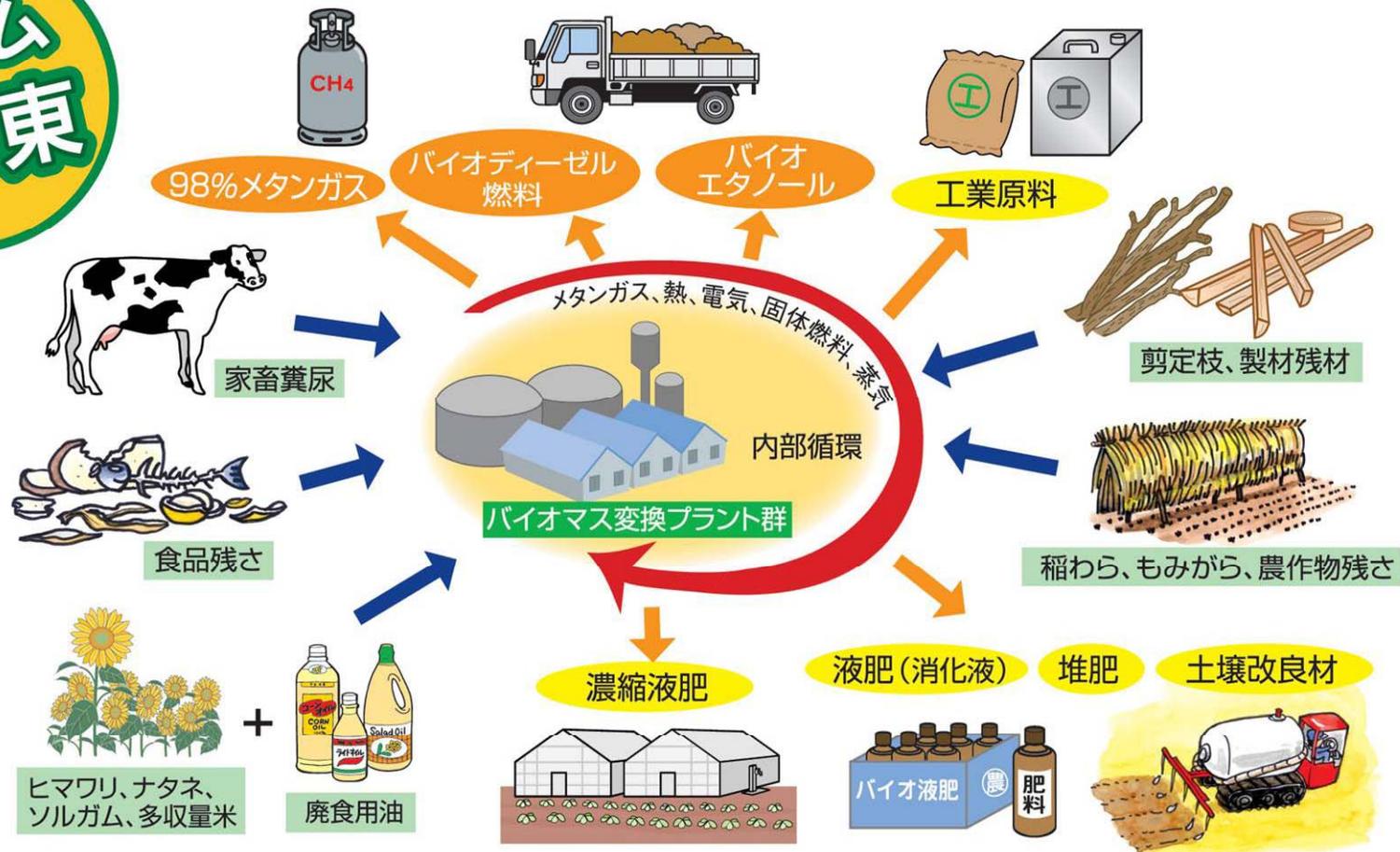
主担当：農環研、中央農研、畜草研、農工研

目標：LCC, LC化石エネルギー使用量を20%削減できるシナリオの提示

目標：環境影響評価の手法開発

関東都市近郊農業地域におけるバイオマス利用モデル

チーム
関東



油糧作物—BDF生産技術の開発 (農研機構・富樫辰志)



水田輪作におけるナタネ・ヒマワリの高能率・高精度播種技術の開発

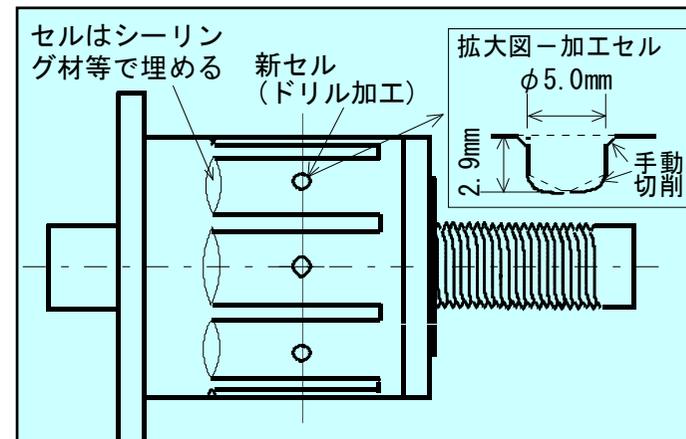
- 排水・残渣物対策—小明渠浅耕播種機(作業幅2m)の利用
- 適正苗立ち本数—ナタネ60~80本/m²(条間33cm)、ヒマワリ7本/m²(条間66cm)
- 適正播種深さ—20mm±10mm(ナタネ)、30mm±10mm(ヒマワリ)
- 作業速度:0.5m/s~1.0m/s



小明渠浅耕播種機によるナタネ播種作業

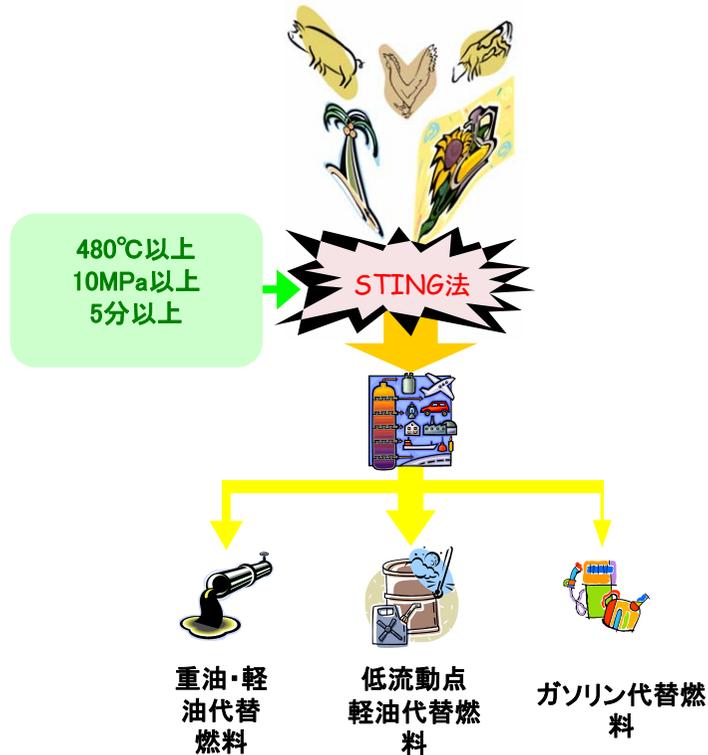


麦収穫跡のヒマワリ播種作業



ナタネ播種用横溝ロールの改造

動植物油脂からの軽油代替燃料製造技術の実用化



油脂をメタノールと混合し、高温・高圧処理することでグリセリンのような再利用困難な副産物をほとんど生成しないで、動植物油脂から石油代替燃料を製造する方法を開発しました。

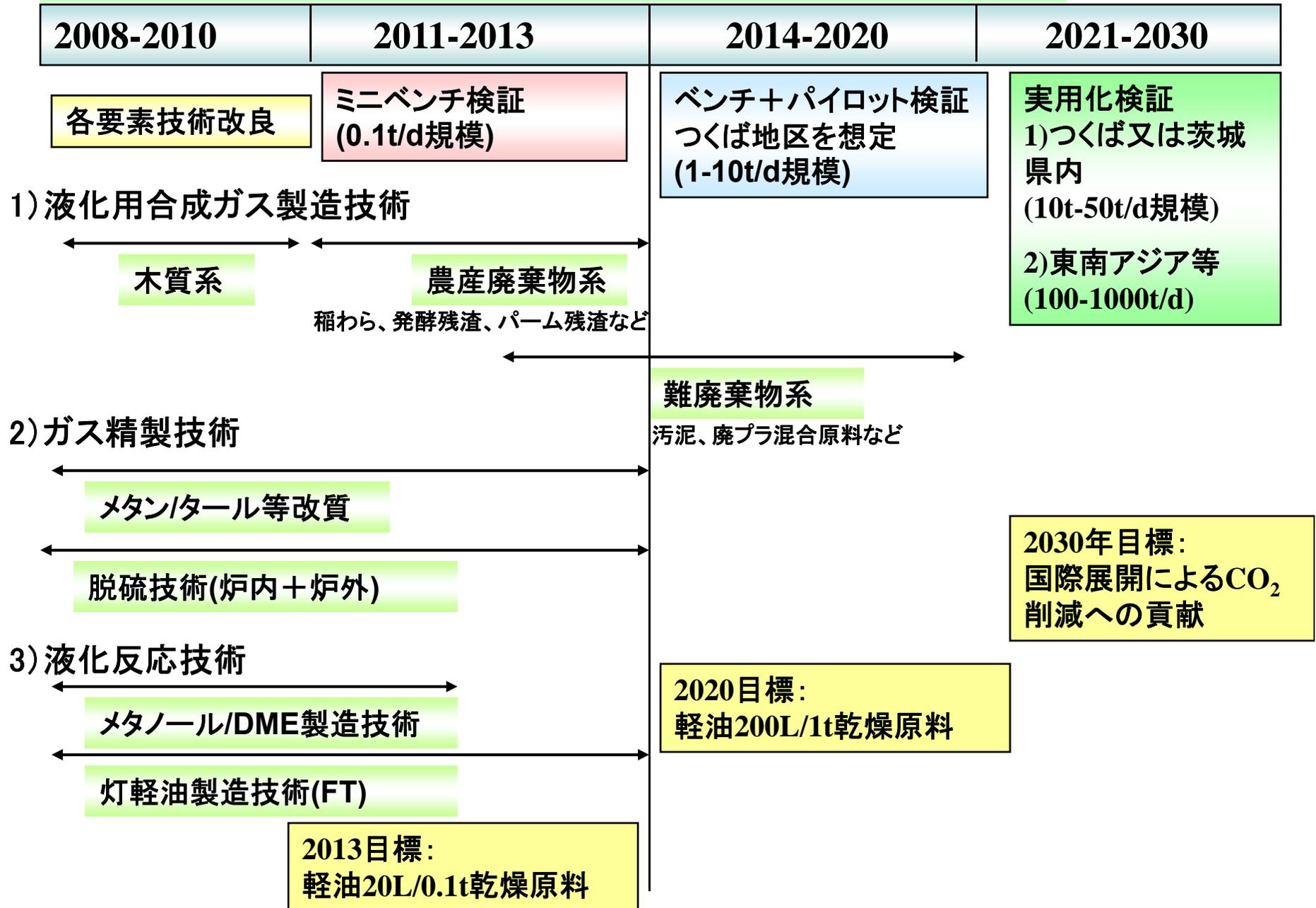


STING法製造装置例

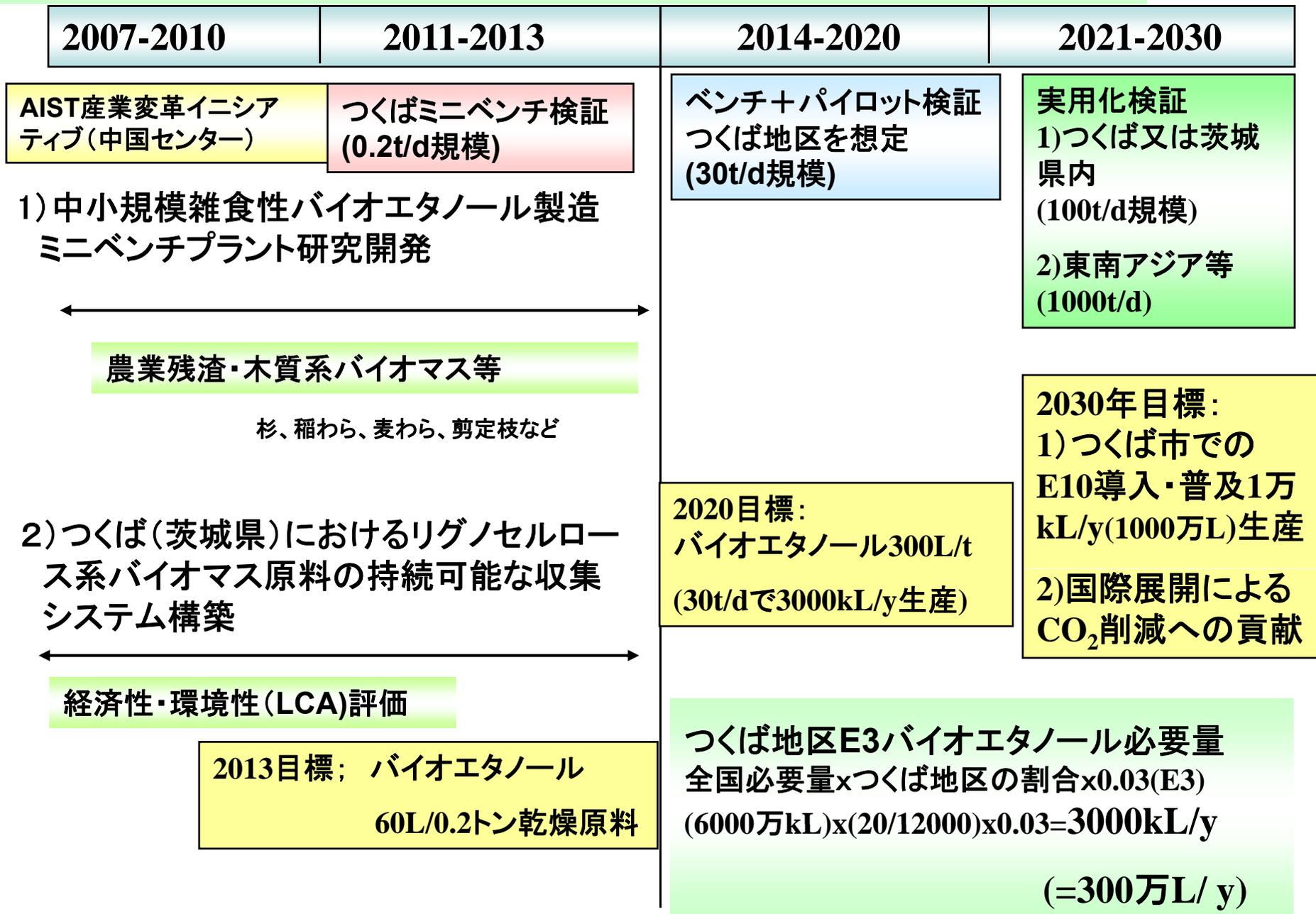
(左:全自動 120L/日, 右:可搬型 140L/日)

比較的低価格の手動操作型, 無人稼動も可能な全自動型, トラックに積載して移動可能な可搬型など数種類を開発し、地産地消型システムの構築を目指しています。

バイオマスからの液体燃料製造技術(BTL)



つくばE3普及モデル(リグノセルロースからの製造技術)





“バイオマスタウンつくば”での 木質系バイオマスの位置

目次

- ①2007年12月16日第1回つくば3Eフォーラムから学ぶ
- ②文献“つくばの山林のバイオマス利用シナリオ”から学ぶ
- ③141のバイオマスタウン構想の木材利用から学ぶ



(独) 森林総合研究所 研究コーディネータ 山本幸一
Forestry and Forest Products Research Institute
Principal Research Coordinator (Woody Biomass Research)
Dr. Koichi Yamamoto

① 2007年12月16日つくば3Eフォーラムの関連発表概要



バイオマスタウンつくばの構想を作ろう

- ・地域の将来像(夢)を描こう
 - ・地域を診断しよう
 - ・様々な支援(サービス)と事業制度を利用しよう
- ～人と技術と制度をつなげる～

バイオマスタウンつくばを目指して(柚山義人)

つくば市には、林地残材・大規模な木材工場が無い、有る物を使おう
木質系バイオ燃料技術(伊神裕司)

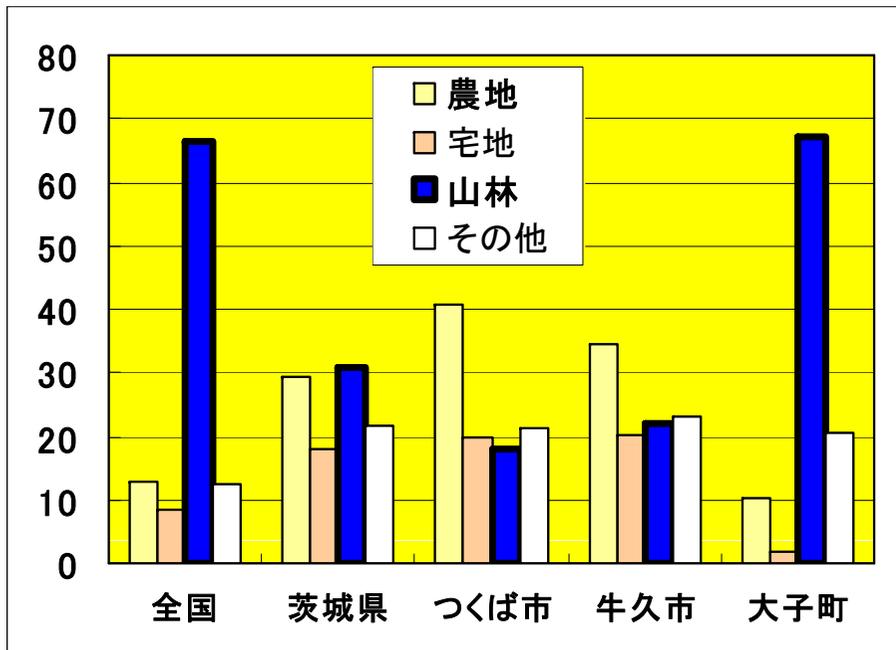
大量に発生する刈草・剪定枝を利用しよう

- ・その場で自然乾燥するまで放置
- ・低コストな直接燃焼(電熱併用)を行う
- ・リヤカーつき自転車で運搬できるところに分散設置
- ・シルバー人材の活用

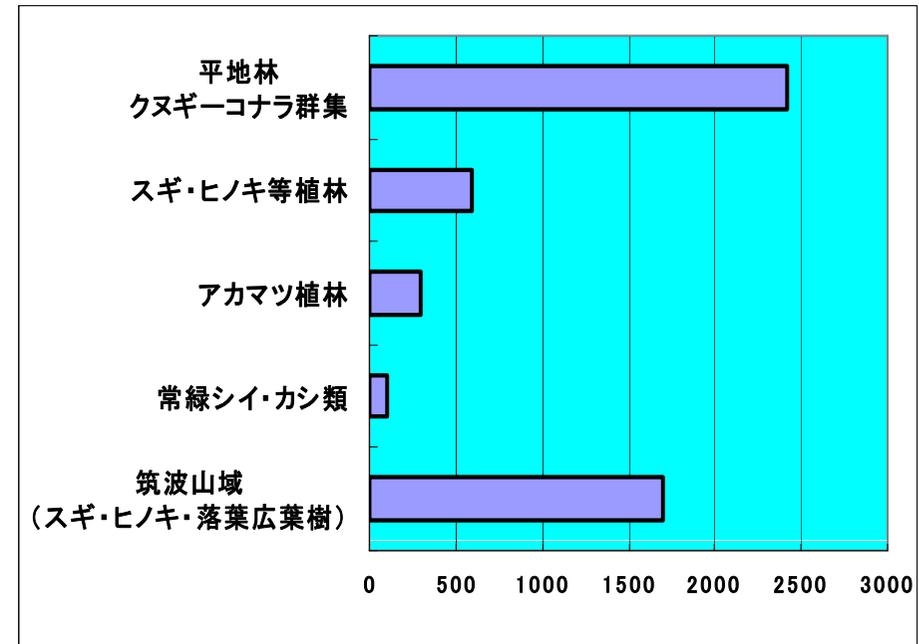
刈草と剪定枝の直接燃焼によるエネルギー生産の可能性(藤巻晴行)

② 文献“つくば近郊の平地林整備に伴うバイオマス利用シナリオ”

- 1) バイオマスエネルギーの活用から見た平地林管理シナリオの評価
: ランドスケープ研究, 70(5), 673, 2007: 寺田・横張・田中.
- 2) レクリエーションのための森林空間整備に伴うバイオマス利用の可能性
: 関東森林研究, No59, 13, 2008: 田中・寺田・雨宮・横張.

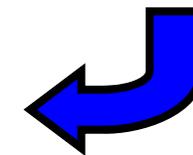


つくば市の山林率18%
(茨城県HP統計)



つくば市の山林の分類
& 面積5千ha (寺田ら)

実効性のある木質バイオマス利用



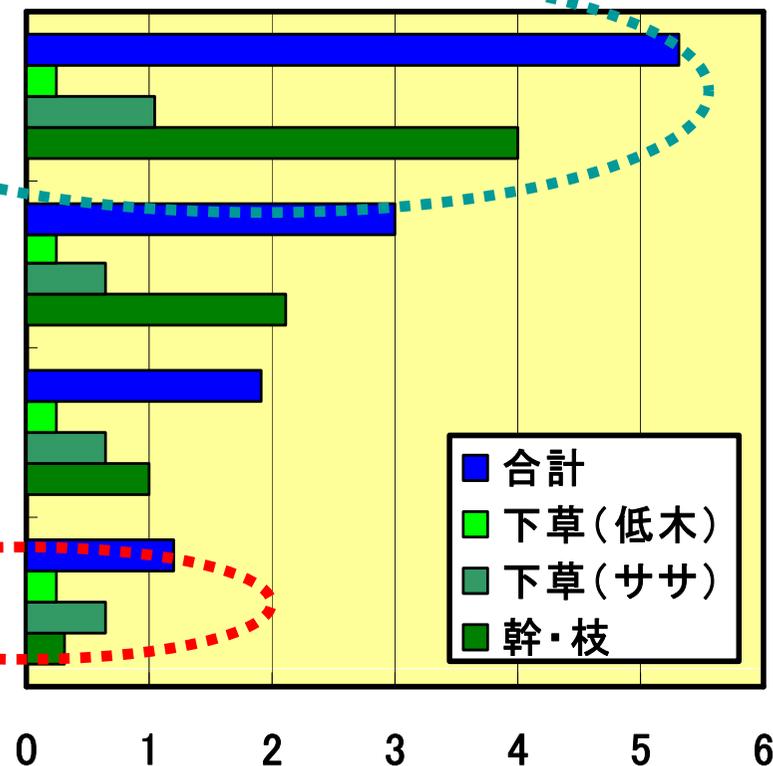
② 文献“恋瀬川流域での試算”

モザイク状に区画して施業
最終的に皆伐

下刈り1回
・間伐(最後は300本)

下刈り1回
・間伐(最後は600本)

下刈り1回



実効性のある
木質バイオマス利用

田中ら(2008): 関東森林研究, No59, 13~

施設系の平地林の活用(寺田ら2007)

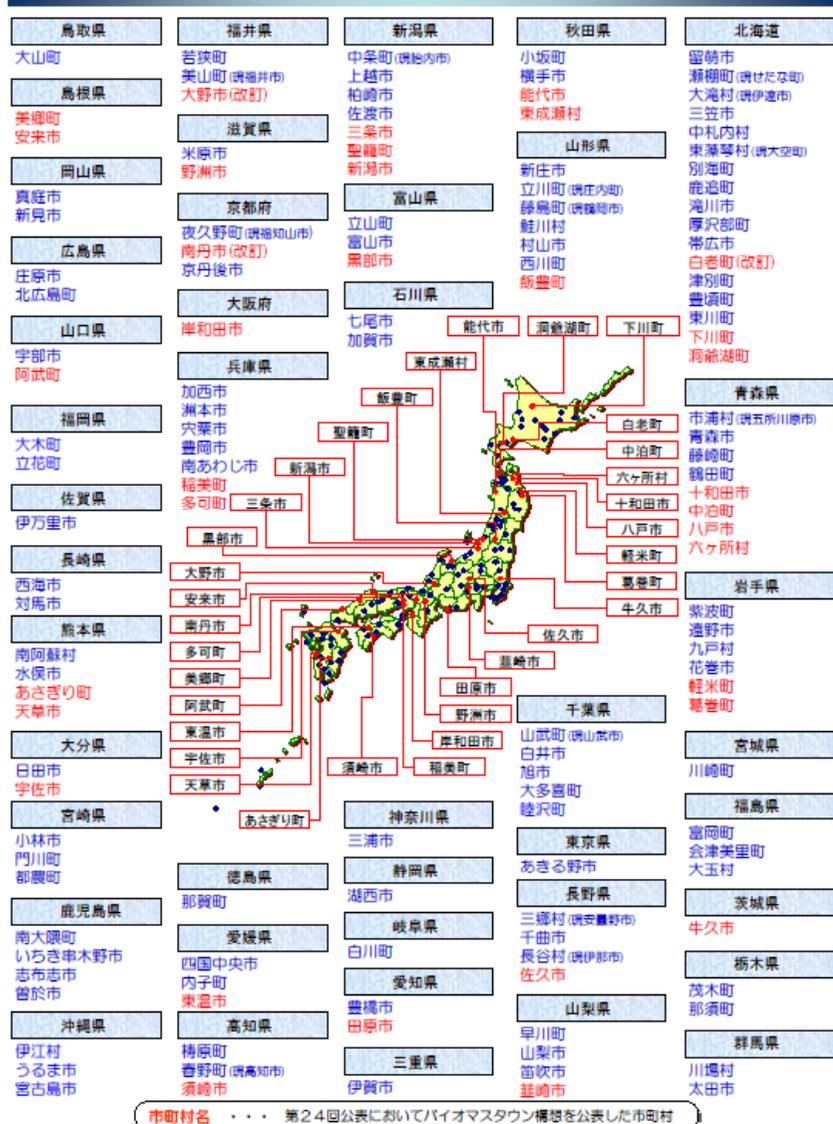
- ◎ 研究施設内の緑地、公園緑地、ゴルフ場内の平地林
- ◎ 面積は517ha / 5000ha
- ◎ 下刈りによる管理: 草木バイオマス発生量は500トン/年
- ◎ 間伐・最終的皆伐: 草木バイオマス発生量は2500トン/年

③ バイオマスタウンの対象区分(2008.4時点)

| 地域 | 総数 | 農業 | 家畜 | 水産 | ゴミ | 総合 | 林業 | 事業の内容 |
|-----|-----|----|----|----|----|----|----|--------------------------|
| 北海道 | 19 | 0 | 4 | 2 | 4 | 4 | 5 | 林地残材、ペレット、ボイラー |
| 東北 | 29 | 1 | 4 | 1 | 0 | 9 | 14 | 森林資源、間伐材、ペレット、チップ、ガス化 |
| 関東 | 12 | 2 | 1 | 1 | 2 | 5 | 1 | ボイラー、スターリングエンジン |
| 中部 | 31 | 1 | 1 | 0 | 8 | 11 | 9 | 間伐材、剪定枝、ペレット、炭化 |
| 関西 | 13 | 2 | 1 | 0 | 1 | 5 | 4 | 林地残材、剪定枝、ペレット、燃料 |
| 中国 | 9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 間伐材、竹材、ペレット、ボイラー |
| 四国 | 7 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 5 | 竹材、ペレット、収集運搬 林地残材、間伐材 |
| 九州 | 22 | 2 | 3 | 1 | 3 | 5 | 8 | 林地残材、竹材、チップ、ペレット、発電 |
| 総計 | 141 | 8 | 15 | 5 | 18 | 41 | 54 | |

③ バイオマスタウンの分布と木質バイオマス

バイオマスタウン構想を公表した136市町村《平成20年3月末現在》



用いられているキーワードは：

対象の資源
森林資源、間伐材、
林地残材、竹材、剪定枝

バイオマスの形態
ペレット、チップ、炭化、燃料

プラント
ボイラー、ガス化、発電、
スターリングエンジン

バイオマスタウン構想地図08年4月末現在141市町村

①、②、③からの提案

3つのイー(E)



1. イー森
つくばにバイオマス林
2. イーシニア(人力)
低エネルギー投入で
直接燃焼(液体燃料も可)
3. イー道
自転車道整備(運搬・通勤)
木製道路施設

1) 森林を減さない バイオマス林を作る

① 例えば、研究施設内の緑地、公園緑地、などを、バイオマス利用に活用する。
面積は517ha(寺田ら2007)

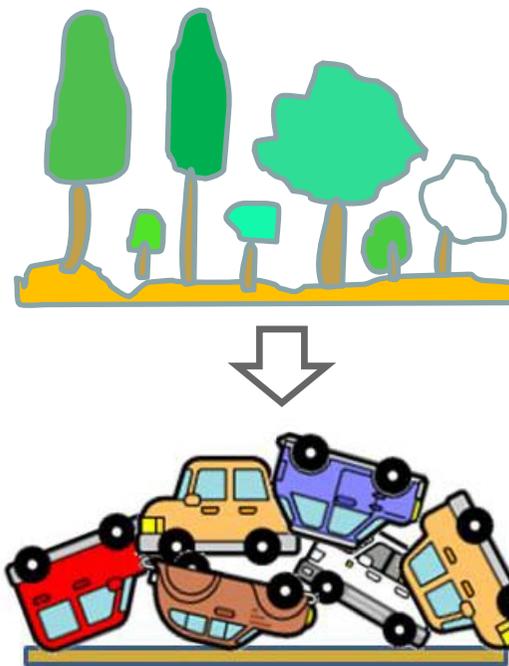
② 例えば、耕作放棄地を森林に戻し、バイオマス林とする。
面積は250ha (「統計つくば」等)

③ 例えば、相続等で国に物納された林(国有地)を競売(民有地化)せずに、林として維持管理する。

バリ島でのCOP13の話題



森林減少に伴うCO2排出増加を止める
(REDD: Reducing Emissions from Deforestation and forest Degradation)



◆平地林の物納
国は売却せず保全考えよ

私の視点
主婦 清水香織

朝日新聞2008年4月8日

2) 種々のセルロース・廃棄系の直接燃焼(電熱併用)



・シルバー人材の活用



・剪定枝・刈草の活用

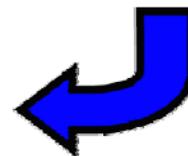


・研究施設内緑地からのバイオマス収穫



・施設内での貯蔵・乾燥

・ガス化発電施設(150kW)へ運搬
・熱利用も考える



3) 自転車道に 木製道路施設



(環境モデル都市提案書より)

藻類バイオディーゼルの利活用に向けた実証実験

化石燃料の代替エネルギーとして藻類バイオディーゼルの実用化に向けて、筑波大学内にテストプラントを設置し、実証実験を行うとともに、実用化に向けた研究を行う。

藻類エネルギー

研究開発段階

実用化段階

| | | | |
|-------------|-------------|-------------|-----------|
| 2008 - 2010 | 2011 - 2013 | 2014 - 2020 | 2021-2030 |
|-------------|-------------|-------------|-----------|

1. 野外大規模培養システム構築

野外ミニドーム培養システムの構築

長寿命性・低コスト材料開発(～2012)

基本設計:最適化検討 屋外実証ミニプラント

- ・有機廃水濃度、CO₂濃度
- ・流速、循環、混合法
- ・ドーム経・単位長さ・材質
- ・動力システム

屋外での最適増殖・生産と省エネ稼働の実証システム構築、LCA評価

2. 品種改良

糖類生産能失活した突然変異体の作出 低温・高温耐性及び塩分耐性突然変異体等の作出

3. Biorefinery技術

高価値生産物質のスクリーニングと機能評価

*藻類生産量、**オイル生産量

(筑波大・渡邊 信)

2013目標
 >5g/L * >170t/ha/Y **
 >450t-CO₂/ha/Y
 <150yen/L

地域分散型
実規模生産
プラント

集中型大規模生
産プラント (砂
漠、海上等)

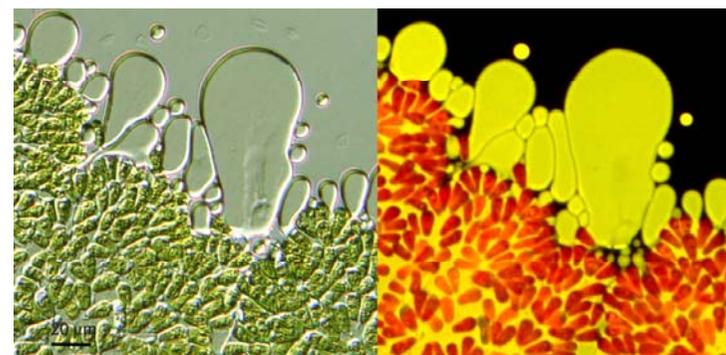
デモンストレーション実規模プラント

地域分散システムの構築、LCA評価、社会導入技術

国際展開、砂漠等不毛地帯、海上に大規模生産システム構築

2020年目標
 実用化:地域分散型
 約60～80haのシステムでつばのCO₂排出量**2.5%**削減

2030年目標
 温暖化防止、地球規模エネルギー資源確保への国際貢献



オイルを産生する藻類 ボトリオコッカス

「人と技術と制度」をつなげて、バイオマスの利活用を進めます。効果を、田園都市づくり全体に及ばせます。より環境・安全を重視した農と食の推進につなげます。バイオマスが健全に利活用されるマチは、人の心と自然が美しくなります。循環型社会の形成に貢献し、つくば環境スタイルで、人の交流を生むバイオマス利活用、それは地域の元気の源です。強い意志でミッションを成功に導きます。



行動計画(案)

1. 「つくば市バイオマスタウン構想」の策定(現状と様々な利活用シナリオの診断・評価)
2. 産学官民参加のモデル実証実験(実用化技術＋チャレンジ的な技術を1/100規模で3年間)
3. 適正技術を段階的に適用。ソフト部分のノウハウを維持して、さらなる革新的技術の登場も待つ。

行動計画

1. 「つくば市バイオマスタウン構想」を策定する。(現状と様々な利活用シナリオを診断・評価する。)
2. 産学官民参加のモデル実証実験を行う。(実用可能な技術＋チャレンジ的な技術を1/100～1/1000規模で3年間程度実施する。)
3. 適正な技術を段階的に適用しつつ、革新的技術を開発する。(モデル実証実験のソフト部分のノウハウを維持して、さらなる革新的技術の登場を待つ。)

第2回つくば3Eフォーラム・ワークショップArticle 1

バイオマスタウンつくばの構築にむけて



2008年6月1日

会場の皆さま

つくば市

つくば3Eフォーラム・バイオマス技術タスクフォース