

宇宙産業における 新産業創出への取り組みについて

1

宇宙航空研究開発機構

宇宙科学研究所 教授

羽生 宏人

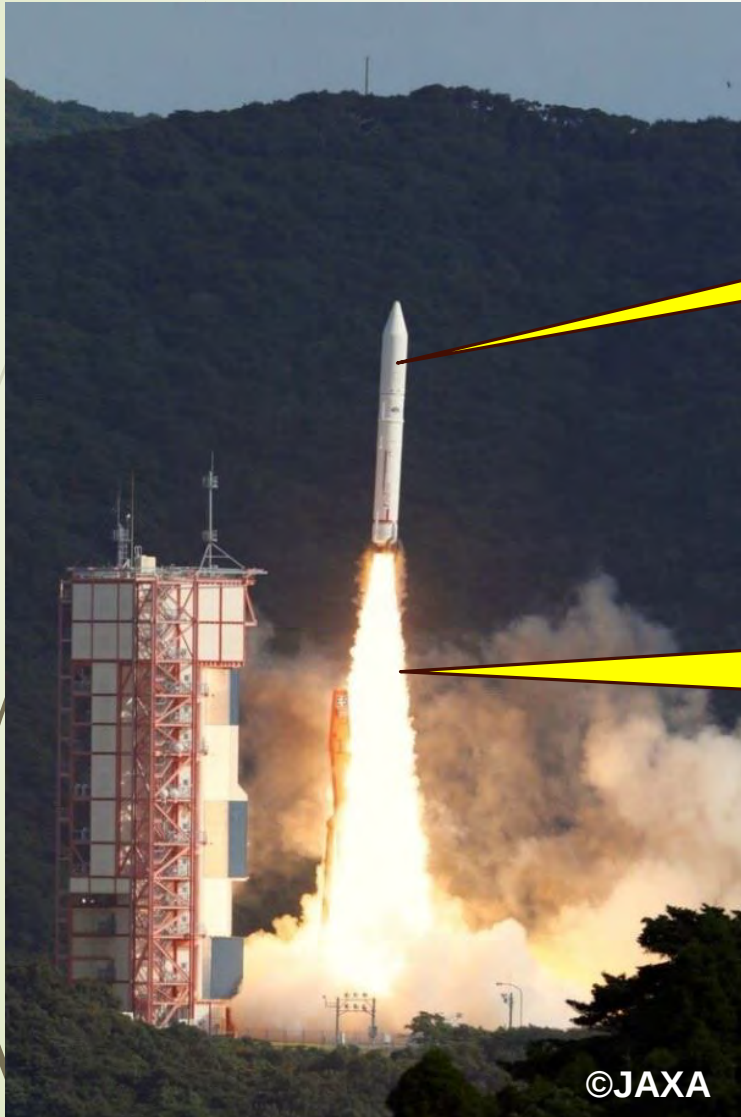
もくじ

1. ロケットとは何者か
2. 2020年以降の宇宙業界トレンドウォッチ
3. 新産業創出へのアプローチ

ロケットとは何者か

宇宙開発，新たな時代へ

Q : ロケットの役割とは？



なぜ大きな推力が必要？

なぜ火炎を噴き出しているのでしょうか？

身近な乗り物の速度比較（例）

	時速、km/h	秒速、m/s
人	4	1.11
レーシングカー	300	83.3
ジェット旅客機	900	250

身近な乗り物の速度比較（例）

	時速、km/h	秒速、m/s
人	4	1.11
レーシングカー	300	83.3
ジェット旅客機	900	250
人工衛星	28,440	7,900 (第一宇宙速度)
惑星探査機	40,320	11,200 (第二宇宙速度)

音速

1,224

340

速度について

秒速7km （1秒間に7km進む）



1分間で420km進む



**博多（約1,000km）まで約2分半で到着する
（飛行機で約2時間）**

速度について

地上を秒速7kmで移動したら？



燃えてしまう

ロケットは物体に速度を与える

- 第一宇宙速度：円軌道速度：7.91km/s
 - > 地球周囲を周る速度

$$V_1 = \sqrt{\frac{Gm}{r}} = \sqrt{gr}$$

G万有引力、m地球の質量、r地球の半径、g重力加速度
 $r = 6.4 \times 10^6[m]$

ロケット方程式

軌道速度 ↓ 推進装置の性能 ↓ 燃料満タン

$$\Delta V = g I_{sp} \ln \frac{m_0}{m_f}$$

V_1 なら7.9km/s 燃料空

↑
構造・搭載系
(軽量化!)

ΔV 増速量

I_{sp} ロケットの推進性能

m_0 ロケットの初期質量

m_f ロケットの最終質量

g 重力加速度

宇宙開発，新たな時代へ

世界の人工衛星打上げ数(統計データ)

2020年以降の 宇宙業界トレンドウォッチ

日本の人工衛星打上げ数（統計データ）

民間宇宙開発動向（2020年ごろ）

宇宙事業の民間シフト

宇宙旅行が現実的になりつつある（１）

宇宙旅行が現実的になりつつある（２）

夢は現実に近づいている

国内の民間事業者による宇宙開発が活発

米国先行の宇宙事業

ロケット分野から 新産業創出へのアプローチ

社会課題に耳を傾けてみる



自治体関係者

少子高齢化の影響は大きく、人口流出に歯止めが掛からない。
地域経済の発展のための施策を検討しているが、なかなかうまくいかない。



ベンチャー企業

効率よい農業生産技術を研究開発している。農業が儲からないというイメージを払拭したい。作物の収穫量を遺伝子レベルで制御できる。



製造業

製造業では日常的に業務で使用した保護具などが廃棄されている。焼却処理以外の手段がなく、有償で大量に処分している。CO2排出削減に取り組みたいが、アイデアが無い。



地元関係者

農業人口の減少、耕作放棄地・休耕地が増えている。土地は売
るほどあるが、うまく活用できていない。良い知恵はないか？



省庁

日本の環境問題への取り組みをより加速させる必要がある。例
えば、航空業界はSAF導入の取り組みを進め、カーボンニュ
ートラル・脱炭素の実現を目指している。

課題要素の抽出、研究課題の創出

- 地球温暖化、脱炭素・カーボンニュートラル（世界の課題）
 - 自動車⇒EV, 水素（燃料, 電池）へ
 - 航空運輸⇒**SAF**（持続可能な航空燃料）利用
 - 世界は脱石油資源へ舵を切っている
- 少子高齢化・人口減少⇒休耕地増
 - 地方の地域高齢化、農業人口減急加速
- 離農（農業人口減少）⇒休耕地増
 - 所得水準への不満足・不安
 - 農作物の鳥獣被害増加
 - 経済安定が課題
- 宇宙分野から上記課題への関わりを深め、研究開発で貢献できないか？
 - JAXAの活動を支える自治体と連携協力し、研究開発事業を通じて社会貢献を考える必要がある。

SAFへの関心↑

地球環境への配慮：CN燃料の可能性

CN：カーボンニュートラル

2050年
世界需要 5億キロリットル
(経産省／環境省試算)

500,000,000,000リットル



持続可能航空燃料（SAF）

= 非石油系航空燃料

2,300万キロリットル（2050年推定国内需要）

2030年までのSAF需要動向（国内）

SAFシフトの現状と課題

現状

原料の安定確保ができていない

飲食関係から取得する廃食油が原料の一つであるが、すでに奪い合いに。

課題

- 原料の確保，製造高コスト，性状のバラつき
- 官民、国際間の連携協力途上
- 国内の対応（政府／大手空運はSAF導入を進めているが・・・）

表 承認済みSAF一覧

ASTM D 7566	製造技術	混合上限	原料
Annex1	FT - SPK	50%	有機物全般
Annex2	Bio - SPK, HEFA	50%	生物系油脂
Annex3	SIP	10%	バイオマス糖
Annex4	SPK / A	50%	有機物全般
Annex5	ATJ - SPK	50%	バイオマス糖, 木材
Annex6	CHJ	50%	生物系油脂
Annex7	HC - HEFA	10%	微細藻類

※現在の主流はAnnex 1, 2, 5

食用油脂類の国内流通

ロケット燃料にSAFはいかが？

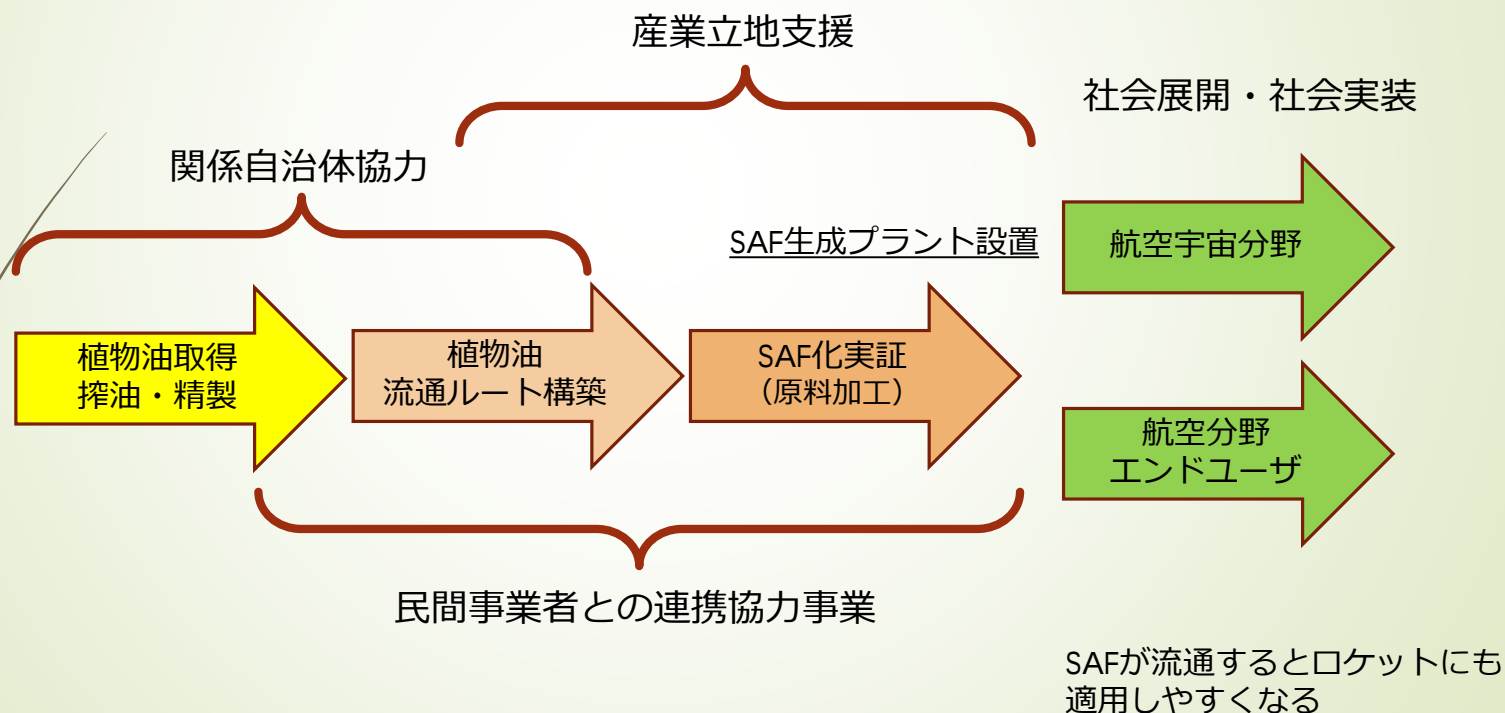
ロケット燃料はシステムや要求により多様

国内ではSAFをロケット燃料に適用している事例はない

研究開発の産学連携

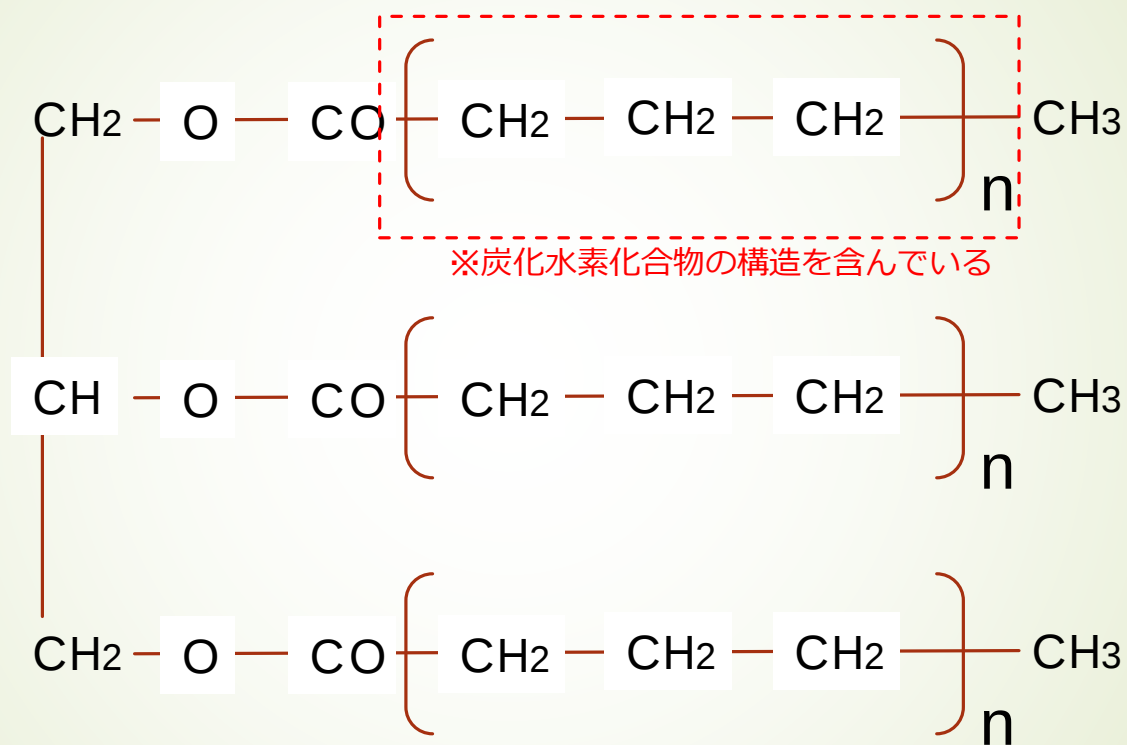
(事業化への取り組みイメージ)

- 国内企業のご協力を得て“SAFロケット燃料化”への取り組み進む
- 組織化と事業連携の整備を進めることで畑からエンドユーザまで一直線に結合？



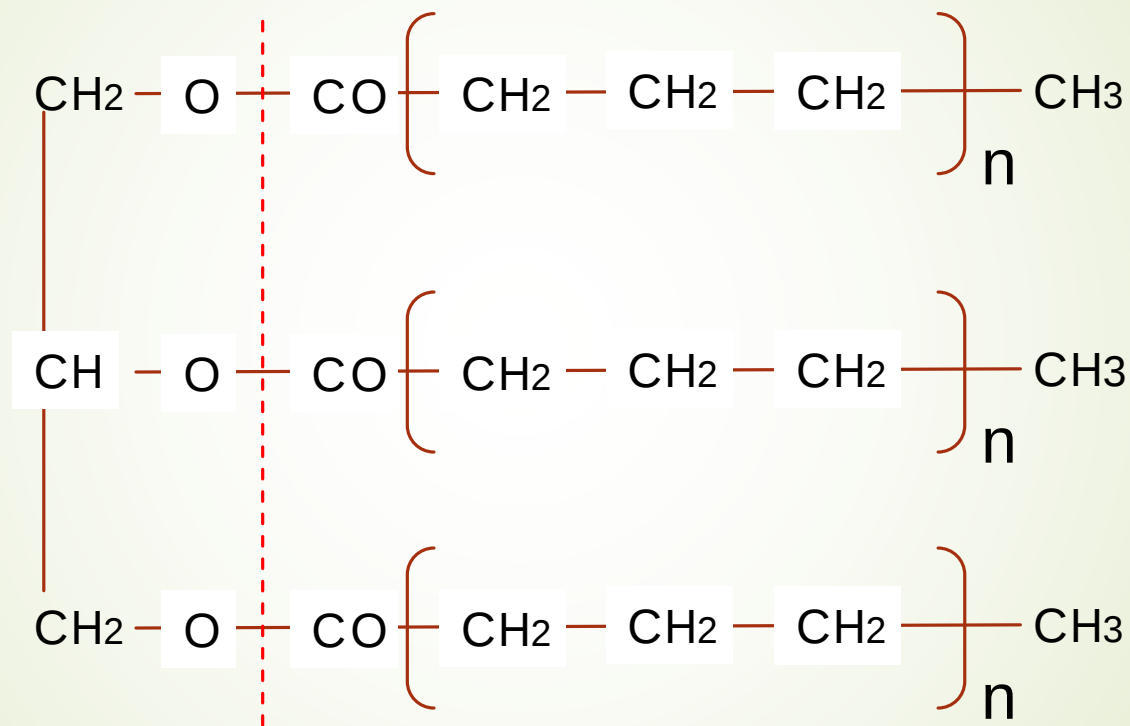
さらに考察することで【循環経済】を実現できないか？

植物性油脂の化学（１）：化学構造



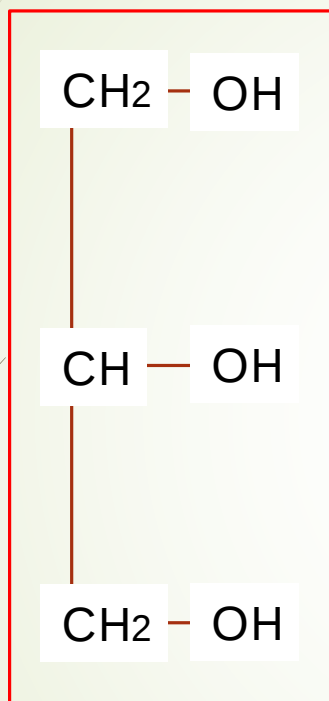
植物性油脂の化学構造例
(高級脂肪酸グリセリンエステル)

植物性油脂の化学（２） 化学処理

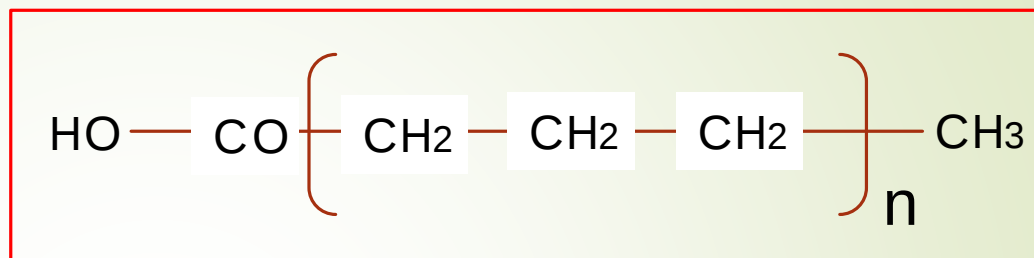


化学処理により結合を切断（あるいは水素化）

植物性油脂の化学（３）化学処理による燃料化



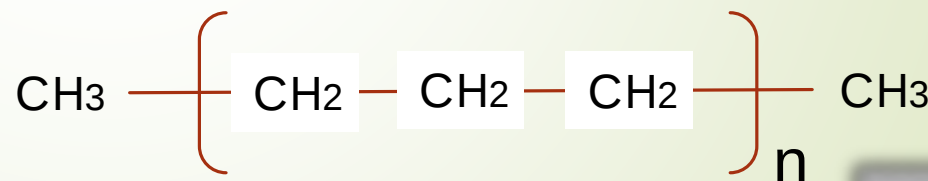
グリセリン



高級脂肪酸



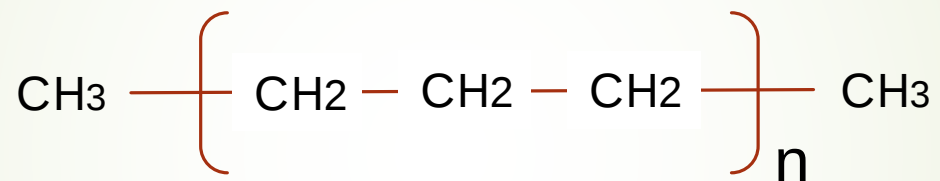
水素化処理
(酸素を取り除く)



炭化水素（燃料）



炭化水素燃料の分類



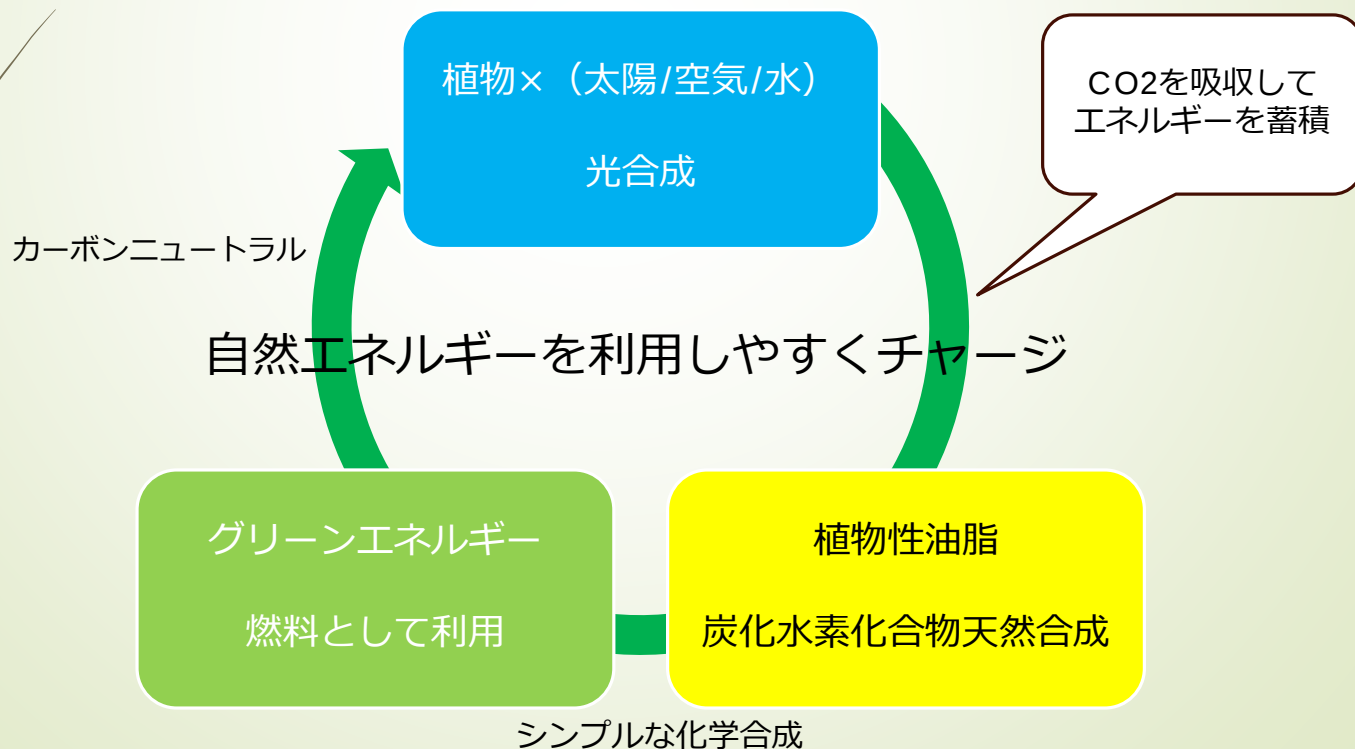
分子に含まれる炭素の数で性質が異なる

燃料の分離操作

植物の機能を活かす

【油糧植物の特徴】

- 例えばアブラナ（ナタネ）は光合成により種子に油脂（炭化水素化合物）を蓄える
 - ✓ 自然の能力で炭化水素化合物が合成されている
 - ✓ ひまわりなども同様。生育に手間が掛からない。
- **【太陽と水と空気】**で油脂が生産される（人工的なエネルギー付与の必要なし）



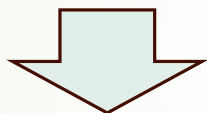
産業が抱えるその他の課題

不用品の焼却処分（CO₂発生源）

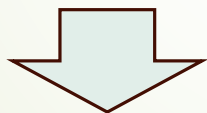
製造業必需品の例

作業手袋

食品用作業服



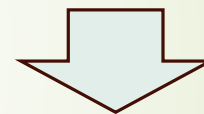
産業廃棄物として焼却処分
(再生利用困難)



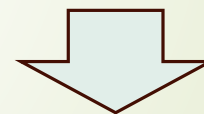
大量のCO₂発生
(廃棄物 + 焼却エネルギー)

食品製造業製品

消費期限切れの食品など



産業廃棄物として焼却処分



大量のCO₂発生
(廃棄物 + 焼却エネルギー)

※いずれも別の処理方法が無く、焼却処分に依存

焼却処分品の化学

天然／合成繊維

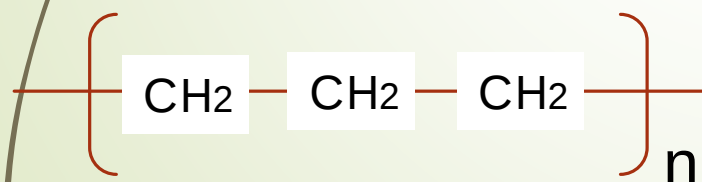
糖質・タンパク質・油脂

作業手袋

食品用作業服

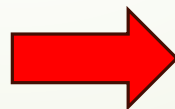
消費期限切れの食品など

その多くが炭化水素化合物で構成されている



炭化水素化合物

天然繊維／化学繊維
でんぷん／タンパク質
食物繊維／砂糖／油脂



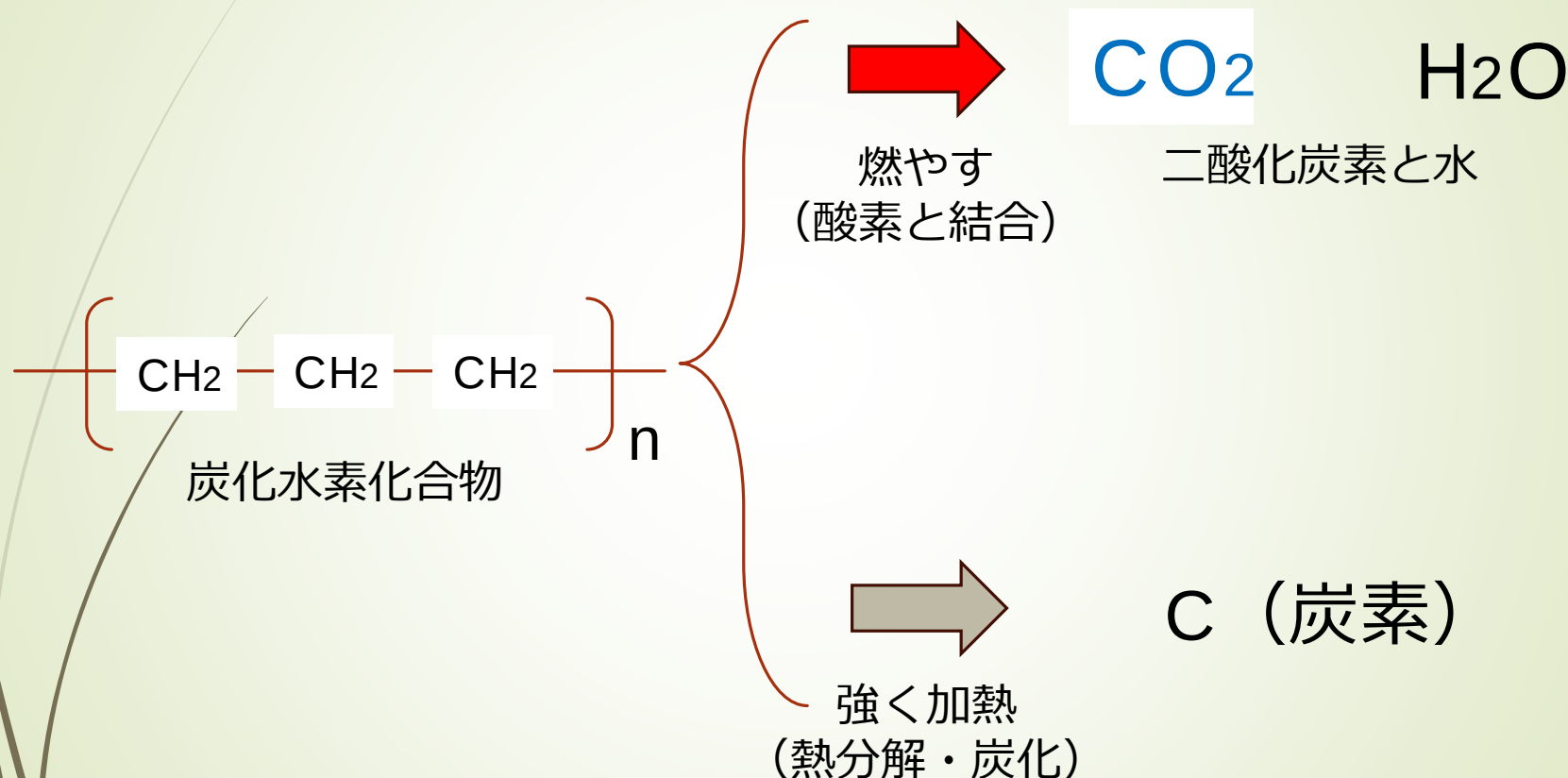
燃やす
(酸素と結合)

CO_2

H_2O

二酸化炭素と水

炭化水素を燃やさない処理方法がある



炭（カーボン）は無害

【特徴】

- 炭素は化学的に大人しい性質（簡単に CO_2 にならない）
- 粉末は多孔質である
- 化学物質を吸着する性質（脱臭剤など）がある。



C（炭素）

土に戻す（炭素固定化）

- 土壌改良効果が期待できる
- 多孔質ゆえに微生物の住処になる
- 農業では炭を撒いて地質改良している実績がある

炭化水素化合物を燃やして CO_2 生成を発生させずに
炭素（C）の形で地上に固定化すれば CO_2 は削減できる

知見を列挙してみる

- 持続可能航空燃料（SAF）に転換していくことは世界的な潮流となってきた。 （カーボンニュートラルを目指す）
- SAFの原料は圧倒的に不足。廃食油が利用されているが、原料として不足。
⇒ならば、別の手段で獲得？
- 将来的には人口減少とともに休耕地・空地は増加する傾向。未利用の土地を活用して油糧植物からエネルギー獲得してはどうか。
- 油糧植物は光合成で油脂を生成する。油脂を化学処理すると燃料になる。
- 産業から発生し続ける不用品を炭化させて畑の土壌改良ができれば、CO₂排出が抑制できるかもしれない。炭素として固定化。
- 植物の連作については多様な意見がある。科学的な解決法は模索中。（解決策はきっとある）
- SAFの成分改良によってロケット用燃料にすることは可能。月旅行の帰りの燃料は月面農業で植物から獲得？
- 全体を整理すると社会課題の解決につながらないか？ （エネルギー安全保障？）

上記をヒントに知見を並べ替え＆再結合してみると・・・

新サーキュラーエコノミー（循環経済）

植物共存型資源循環経済モデル



流通するSAFをロケット燃料へ（研究中）

まとめ

- 2020年以降、宇宙開発事情は大きく転換。民間参入による事業化の時代に移行した。宇宙利用の範囲は拡大傾向。
- 地球温暖化に対してカーボンニュートラルとなる燃料について考察。
- SAFのロケット燃料転用は、宇宙産業との接点を作り出す可能性あり。
- SAF燃料研究は、社会問題や環境問題に内在する課題、その手段が見いだし、解決に近づける可能性あり。
- SAFの製造から消費までの間に、サーキュラーエコノミー（循環経済）の成立解のヒントが見出せる。社会実装検討はこれから。
- 月旅行の帰りの燃料を現地調達できないか？という新しい切り口。