

# 触媒懇談会ニュース

触媒学会シニア懇談会

## 「カーボンニュートラル」でも廃プラは重要

中條哲夫

### 1、今回の内容 要約

2050年にカーボンニュートラル(CN)を目指している。温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させる。本懇談会ニュース No, 194 (2025年1月)で化石燃料資源を使わない石油精製を紹介した。前報に続き、1) CN時のエネルギー生産性比較 2) バイオは「植物力」に特化 3) 電気自動車はエコか 4) 廃プラの潜在能力を考えた。

#### 1-1、既報「石油精製(CN時代)」

再生可能エネルギーはエネルギー密度が極端に低く太陽光&風力発電は広大な敷地を必要とする。化石資源無しで生活基盤になる燃料、化学品、ポリマーを供給する。

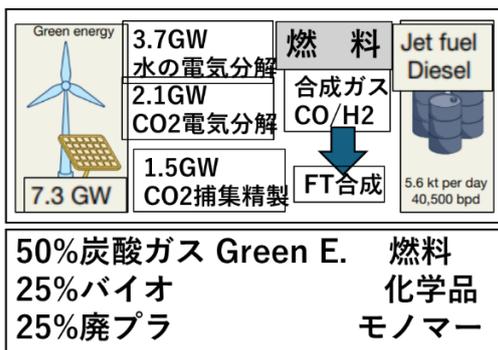


図1 カーボンニュートラル時の製造

Nature Vol 629 (2024) 295

1) ガソリン造らず。燃料は炭酸ガスのリサイクルシステム。2) バイオから化学品、廃プラからモノマーのループシステム。

Nature の主張も一案であるが再考した。

#### 1-2、「バイオ法」「光触媒」との比較

最適な条件下バイオ法で炭素、水から光触媒で水素を生成する方法と比べた。

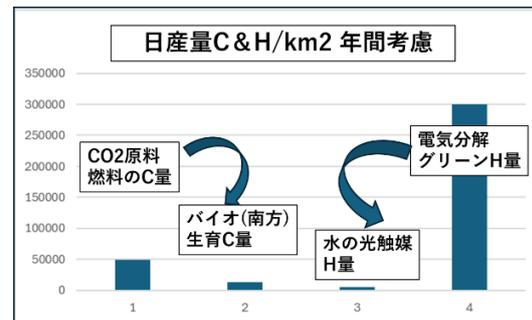


図2 単位面積当たりの日産量(mol)

#### 1-3、バイオ法化学品の課題

バイオマス構成成分「トリグリセリド」「セルロース」「リグニン」の活用を挙げているが食料へ特化すべきである。

#### 1-4、廃プラの潜在能力

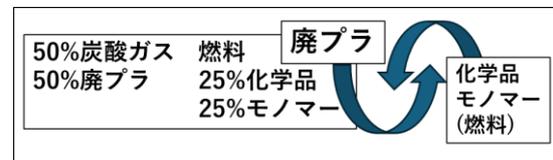


図3 CN時の炭素資源循環

廃プラからモノマーへ変換でPETは容易だが汎用樹脂(PE, PP)は難しいとある。既に報告したが技術的にはメタセシス等もある。一方、大量安価路線から高付加価値化や市場ニーズに合う製品作りに見直すべき。

## 2、詳細

### 2-1、CN 時代石油精製と生産性比較

Nature Vol 629 (2024) 295 は CN 時代の石油精製を 1) CO<sub>2</sub> 原料に燃料を製造する。ガソリンは造らない。扱量は半減している。石油化学の原料ナフサもない。2) バイオから化学品を製造、廃プラからモノマーをとあるが、課題山積である。この項目はそれぞれ後述する。

#### 生産性比較

再生可能エネルギーを最大に活用して化石資源代替になるには面積当たりの生産性が優れている必要がある。設置面積、耕地が限られ生産量を支配する。結果は図 2 に示した。計算根拠は図 4 に示す。



図 4 面積当たりの生産性の根拠

a) 炭酸ガス (CO<sub>2</sub>) 原料と電気分解で発生させたグリーン水素とで炭化水素燃料を製造。  
 b) 熱帯雨林での森林成長を一日分に換算。  
 c) 水を原料に太陽エネルギーの光触媒で水素を発生。日照時間を 2500 時間で計算。(日本では 1800 時間程度。)

生産性比較した図 2 から生産技術で構築した手段の方がバイオ法等より優れている。

### 2-2、バイオに期待する事

論文では①バイオマス構成毎(トリグリセリド、セルロース、リグニン)に期待されている。また②オイルや脂肪族化合物とアルコールからのバイオジーゼル(図 5)や③炭化水素燃料④リグニン活用を挙げている。

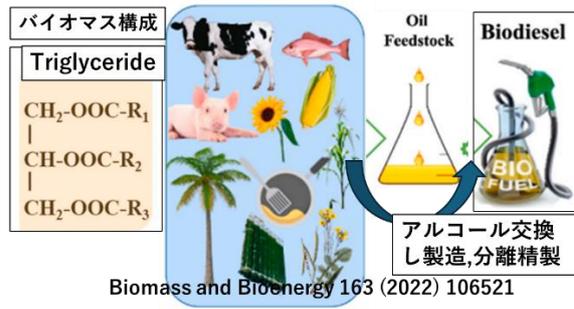


図 5 バイオの利用(バイオディーゼル)

一方、燃料や工業材料ではなく食糧増産も含め特化すべきである。合成食品は品質管理に難がありバイオの優位性は揺るがない。耐ストレス品種の課題もある。

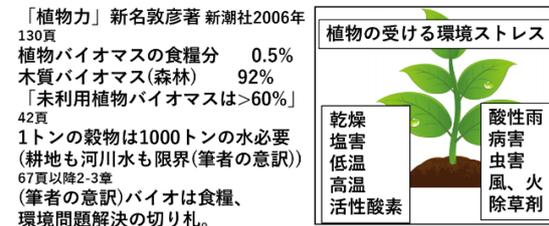


図 6 「植物力」で食糧増産

強調したいのは、作付け耕地は限界に近く新たな開墾は自然災害を招く。更には水の確保が食糧増産のネックになっている。穀物を作るのに 1000 倍の水が必要である。それを餌にする家畜の飼育には広大な草原を必要とする。課題山積であるが耐環境ストレス品種も解決する方向性であろう。

「植物力」では耐環境ストレス対策として遺伝子組み換えが研究開発されているが、食品に対して抵抗感がある事とも記載されている。

### 2-3、電気自動車

論文では「現在より広大な土地と多くの無機資源が確保され、水素生産と炭酸ガス捕集出来る再生可能エネルギーが得られる事がCN時代の大前提事項になる。」また「輸送部門の大きな変化は炭化水素燃料(ガソリンを指している)の需要が少量になるでしょう。」「ナフサはもはや必要なくなるが他の価値ある留分もあり、他の炭素原料から入手する必要がある。」と記載。

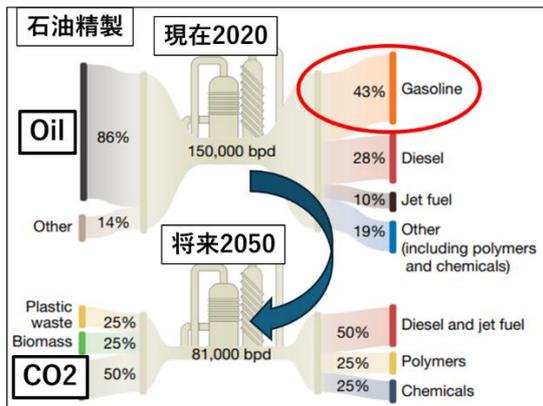


図7 2050年CN時代の石油精製留分

ガソリンの需要激減を前提にしているが、それは電気自動車(EV)時代と思われる。現時点でのEVの環境含めた評価を示す。

資源循環利用技術シンポジウム  
東北大学 松八重一代 2024.11.26

#### 鉱物資源の需要増大(とリスク懸念)

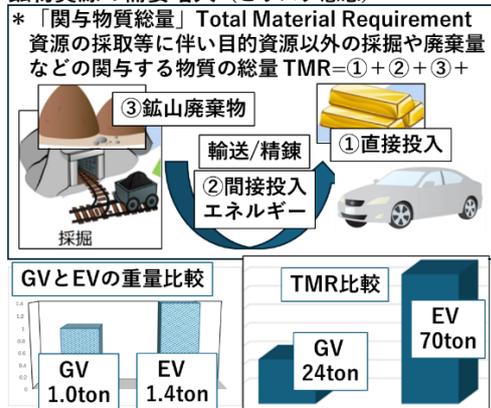


図8 GVとEV比較 関与物質総量 TMR

鉱山廃棄物の環境影響が気になる。

石油精製の論文に「無機資源の確保」が大前提になっているが鉱物資源需要増大と枯渇リスクが伴っている。シンポジウムの例ではEVのTMRの80%を銅、ニッケル、リチウムで占めている。

同様に電気自動車に使用する鉱物資源の枯渇や局在化を指摘する論文がある。ここでは鉱物資源発掘を含めた部材生産時と組立生産時を合わせ、炭酸ガス発生量相当を単位走行距離に換算して比べている。各々5-6報の文献を基にして表示している。

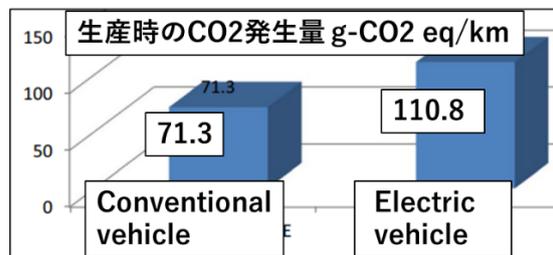


図9 生産時のCO2発生相当量の比較

Environmental Science and Pollution Research (2024) 31:73-89

電気自動車のバッテリーは回収するから鉱物資源は大丈夫とも聞く。回収にもエネルギーが必要だし純度も気になる。負極材高性能化グラファイトには2-3000℃の高温が要る。耐久性を増すため。

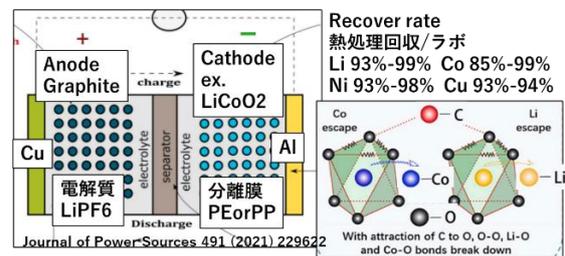


図10 lithium-ion batteriesの回収

鉱物資源の問題を抱え必ずしもエコとは言えない電気自動車を前提としてはカーボンニュートラルを支えきれない。ガソリンも考慮しておくべきだ。

## 2-4、CN時代の炭素循環(石油)化学

論文では「廃棄プラスチックからモノマーを作りポリマーにする」とある。「ポリエチレンテレフタレート PET は比較的容易に作れるが汎用樹脂のポリエチレンやポリプロピレンのモノマー化は難しい。」と。

### 2-4-1、廃プラからガソリン

2-3で取り上げた様にガソリンが必要になるかもしれない。炭酸ガスからも作れるが、廃プラからの方が、エネルギー (CO2 排出量) が少なくすむ。

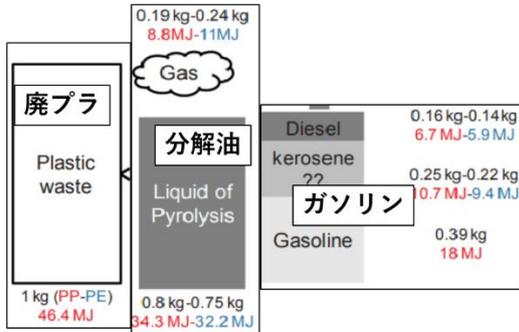


図 11 廃プラからガソリンをつくる

J. Anal. Appl. Pyrolysis 126 (2017) 247-256

図 11 は汎用樹脂から 40%程度で取得しているが反応条件や触媒の工夫で 54%程度の報告もある。(Journal of Cleaner Production 447 (2024) 141500) 特にオクタン価が高い。ガソリン品質が保たれている。

### 2-4-2、汎用樹脂からモノマー

以前も取り上げたがメタセシスがある。

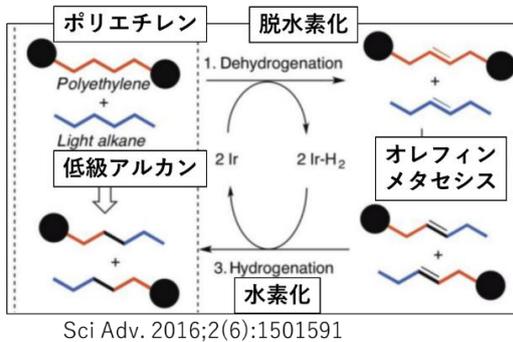


図 12 メタセシス

### 2-4-3、廃プラからやれること

SusMat. 2022;2:161-185 には汎用樹脂の付加価値化(不均一系触媒を用いて)がある。

- 1) 触媒で C-C 切断しオイル、芳香族
- 2) 酸化してカルボン酸
- 3) 熱分解して合成ガス
- 4) グラフェンなど炭素付加価値品

これに加えて報告済みの

- 5) 異種ポリマーを結合 (No. 188)
- 6) 熱可塑から熱硬化 (No. 185)

を付加価値軸や分子量軸で表現してみたがイメージに過ぎない。

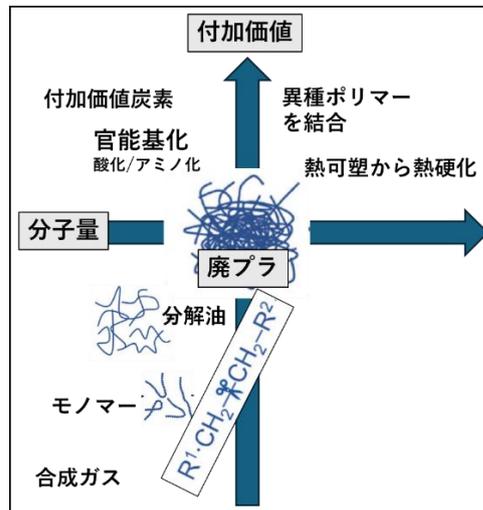


図 13 廃プラから何を作れるか

## 3、まとめ

カーボンニュートラルを 2050 年には達成するには難題が山積している。石油精製でエネルギー、資源を使って、製品である燃料、化学品、ポリマーを得るシナリオを、石油化学の視点で図 13 に表現してみた。

- 1) 炭素資源「廃プラ」の有効活用し低濃度炭酸ガスや水からの水素は最小限にすべき。
- 2) バイオは食料に特化すべき。
- 3) 鉱物資源の枯渇、TMR 環境影響大。耕地も河川水も限界。

(日付) 2025 年 2 月 7 日