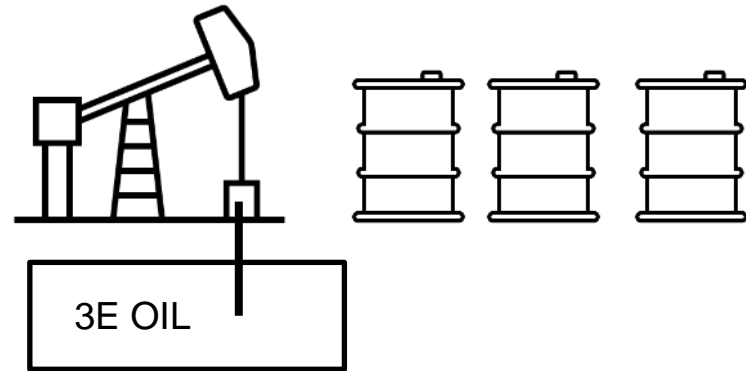


# 人工石油生成装置のご紹介



## 目次

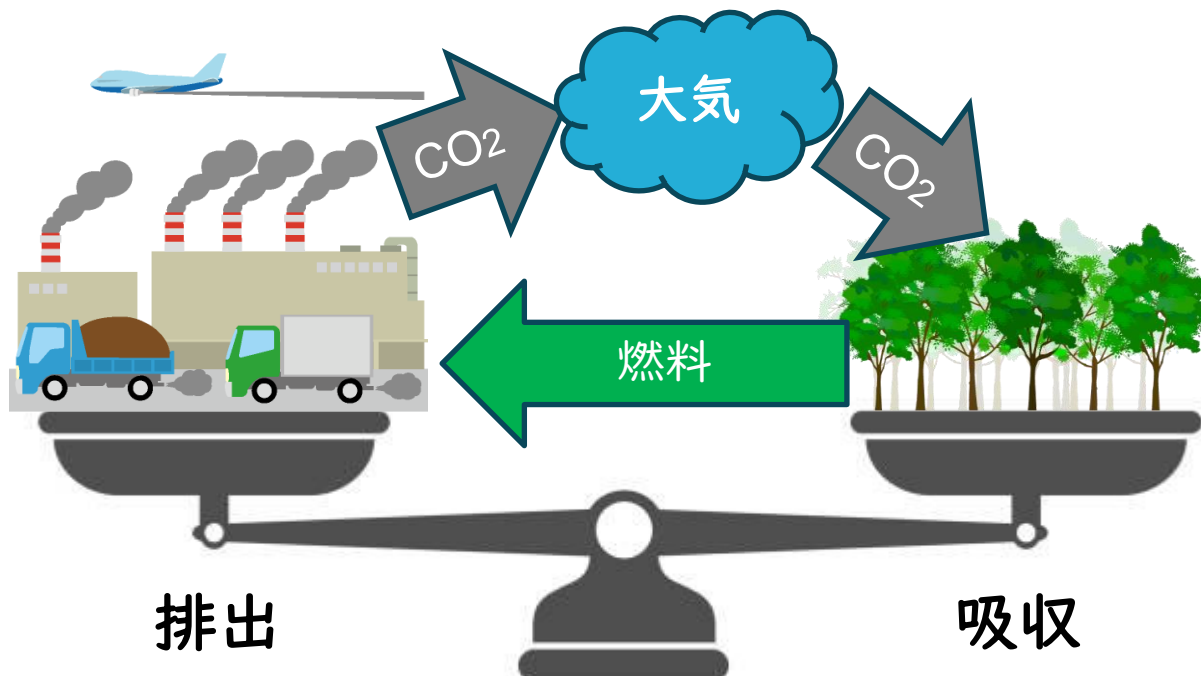
- カーボンニュートラルとは
- 石油とは何か
- 人工石油とは何か
- 人工石油の歴史
- 人工石油生成装置関連年表
- 光触媒装置(ラジカル水生成)
- ラジカル水の反応
- ラジカル水の反応とテンプレート合成
- テンプレート合成の確認
- ラジカル水による軽油の精製
- ラジカル水による重油の精製
- 人工石油生成の実証実験装置
- 量産前評価装置



- 人工石油生成装置の排水、排気
- 人工石油の成分(軽油)
- 人工石油の特性(軽油)
- 人工石油を使った実験
- 収率やコストについて
- この装置を使ったCO2量

# カーボンニュートラルとは

「カーボンニュートラル」は、温室効果ガスの排出を全体としてゼロとするというものです。排出せざるをえなかった分については同じ量を「回収」することで、差し引きゼロを目指します。2020年10月、菅元総理は所信表明演説において2050年までに「カーボンニュートラル」を目指すことを宣言しました。

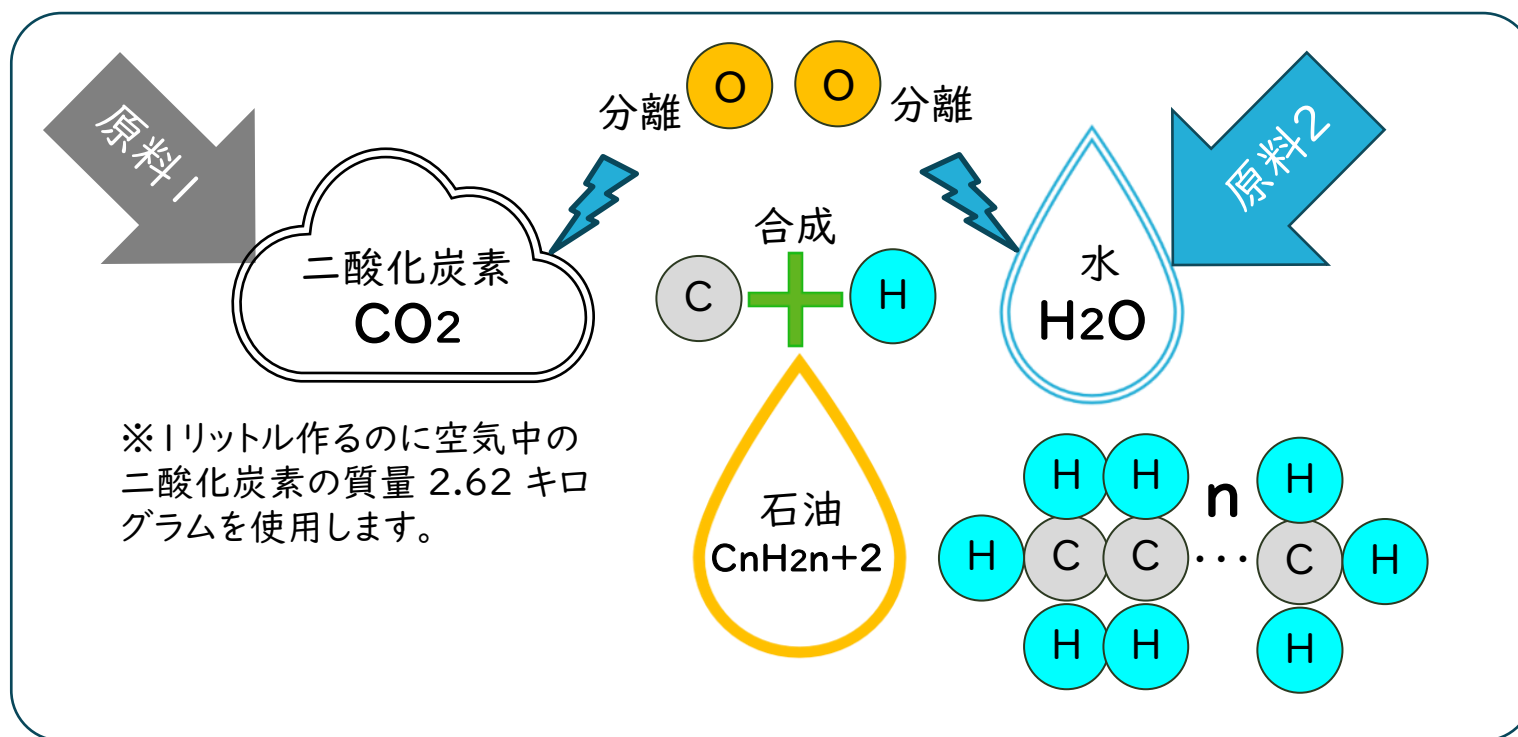


## 石油とは何か

- 数百万年以上の長期間にわたって堆積層に埋没した植物や藻などが、地下深く高温・高圧下でケロジェンという物質に変わり、長い時間経過で分解され液体やガスの炭化水素(石油)へと変化します。
- 言い換えると、植物は水( $\text{H}_2\text{O}$ )とセルロースと言う名の炭水化物( $\text{C}_m\text{H}_{2n}\text{O}_n$ )で炭素(C)と水素(H)を多く含んだ物質です。地下深くで分解され酸素(O)を追い出したものが**石油(炭化水素:  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ )**へと変化したものです。
- 燃やすと炭素と酸素が結合して二酸化炭素が大気中に放出されます。
- 燃やすばかりでは二酸化炭素が増えるだけなので大気中から回収して人工石油を作ろうと言うのがカーボンニュートラルの発想です。
- 世界中で高効率の人工石油の生成が開発競争になっています。

# 人工石油とは何か

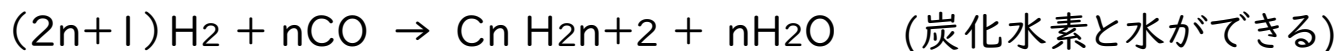
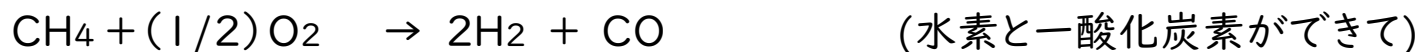
「人工石油」は  
大気中の二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )の炭素(C)と水( $\text{H}_2\text{O}$ )の水素(H)から  
分離合成してつくる石油( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ )です。





# 人工石油の歴史

- 1924年にドイツのフランツ・フィッシャーとハンス・トロプシュの二人がはじめて合成に成功しました。このフィッシャー・トロプシュ反応(FT合成反応)は、触媒を用いる有機化学反応で、石炭ガスから液体炭化水素を合成するため開発されたものです。
- これは高温高压下での触媒反応です。



- 日本でも戦中ドイツから技術提供されて生産していました。
- 戦後、石油が安定供給されるようになり採算面から近年まで無用ものでした。
- 近年、化石燃料に頼らないグリーンエネルギーの生成方法として見直されています。

現在、3E社は進化させた

特殊な光触媒を使い、二酸化炭素と水から常温常圧で  
ラジカル反応&鋳型合成で生成します。

# 人工石油生成装置関連年表

- 2005年 特許第5082034号 複合機能光触媒分散液及び多孔質複合機能光触媒  
この触媒技術が人工石油生成装置で使われています
- 2007年 NTTデータ堂島ビル 光触媒装置導入による冷温水設備の水質改善(図下)  
燃料の不純物を取り除こうと光触媒を使い合成反応を発見
- 2018年 アイティー技研設立
- 2018年 特許第6440742号 液体炭化水素の製造方法及び装置
- 2020年 特許出願2020-029359 鉍物油精製方法及び装置
- 2023年 大阪市でラボベースの合成燃装置公開(テレビ大阪)
- 2023年 3E株式会社設立(山田、今中、竹本、さつき、江藤)
- 2023年 人工石油生成装置1号納品
- 2023年 人工石油生成装置2号納品
- 2023年 プライム上場2社による量産体制の確立(東京、大阪)



## 光触媒装置(ラジカル水生成)

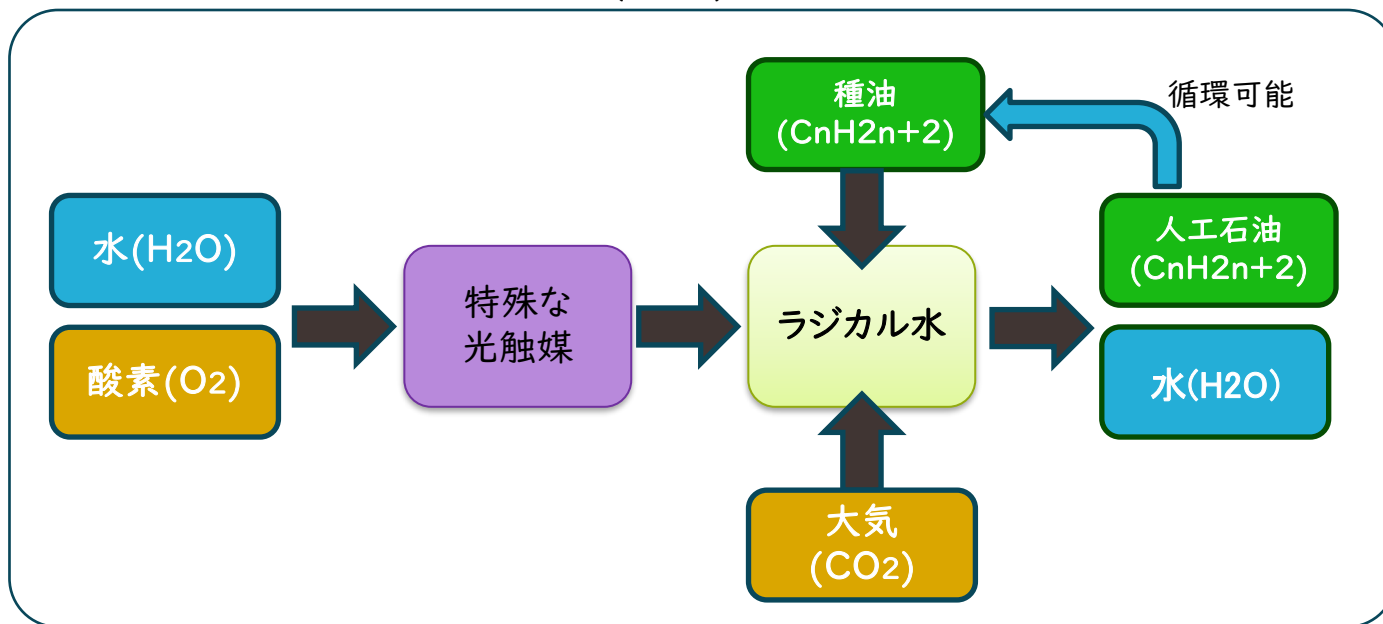
- 光触媒の概要は、酸化チタンを主成分とした粉末、アクリル樹脂接着剤、金属粉などを懸濁したもの。
- 触媒を混ぜてセラミック支持体の表面に固定して完成。
- 水の入り口で少量の酸素ガスを混ぜます。
- 紫外線を照射。
- 酸素ガスはオゾンに変換され、さらにスーパーオキシドアニオンラジカルやヒドロキシラジカルなどの活性酸素種に変換されると予測されます。
- 二酸化炭素を一酸化炭素に還元している可能性がある。





## ラジカル水の反応

- 水に少量の酸素をまぜて特殊な光触媒を照射し、ラジカル水を作る。
- 種油(10リットル)とラジカル水(10リットル)を混合する。
- 混合すると白色のエマルジョン状態となる。
- 油と水の二相溶液に分離するまで静置する。
- 油の体積は元の体積から5～10%増加し、水分は5～10%減少した。
- この操作はオープンエアースタート(DAC)の常温常圧で行った。



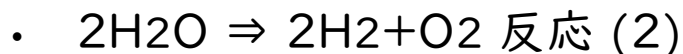
※ DAC: Direct Air Capture の略で、大気から直接取り込む方式です

# 想定反応

活性酸素種は、以下のように二酸化炭素を一酸化炭素に還元する可能性がある。



酸化チタン( $\text{TiO}_2$ )を主とする特殊光触媒を使用すると、 $\text{H}_2\text{O}$ が $\text{H}_2$ と $\text{O}_2$ に分解されます。



トータルで、



1) COの会合的吸着、2) C/O-結合の分裂、3)  $2\text{H}_2$ の解離的吸着、4) 2Hの酸素への移動による $\text{H}_2\text{O}$ の生成、5)  $\text{H}_2\text{O}$ の脱離、6) 2Hの炭素への移動による $\text{CH}_2$ の生成



これらの過程がラジカル重合として繰り返され、炭化水素鎖が成長する。



# ラジカル水の反応とテンプレート合成

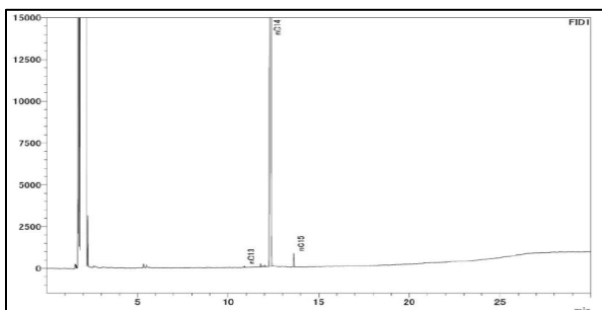
- ・ 光触媒で作成したラジカル水と油を混合すると反応が起こります。
- ・ ラジカル水の反応でテンプレート合成が起こります。
- ・ テンプレート合成というのは混合した油種と同じものが結果として合成されるからです。
- ・ 原理は光触媒を使用すると、 $\text{H}_2\text{O}$  が  $\text{H}_2$  と  $\text{O}_2$  に分解されラジカル水となり、そこに種油を混ぜると、酸素を追い出し、空気中の二酸化炭素と結合しているものと推測されます。
- ・ 水の温度が低く、種油の温度が高いと合成効率が向上します。
- ・ この現象を明快に説明するには至っていませんが何百回と安定した再現性があります。

## テンプレート合成の確認

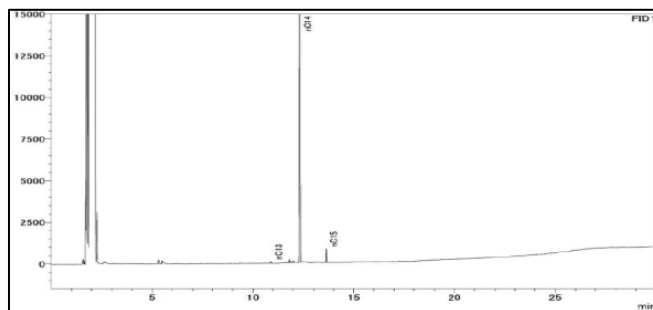
混合した種油と同じものが合成さる事を確認する。

- 炭素数、特級テトラデカン (C14) を購入し反応させました。
- 新しいテトラデカンの量は 7% 増加しました。
- 元の油は99.804% のテトラデカン(C14)および 0.175% のペンタデカン (C15)、0.021% のトリデカン (C13) で構成されています。
- 新しい油は99.793% の C14、0.184% の C15、0.023% の C13で構成されており、ほぼ同じものが合成されたことが確認された。

図左は元の油



図右は合成された新して油



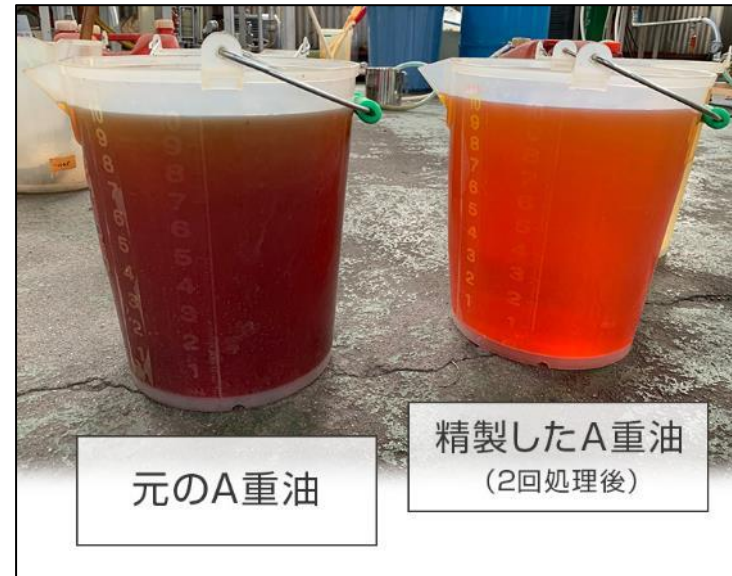
## ラジカル水による軽油の精製

- 市販の軽油もガソリンスタンドから購入しラジカル水で処理しました。
- 反応後、有機煤分（市販の軽油からの不純物）が油と水の界面の水面分に現れました。無機不純物には主にFe(鉄)、Si(シリコン)、Zn(亜鉛)が含まれ、少量のK(カリウム)、S(硫黄)などが含まれます(図左)。
- 市販軽油と新規合成油の色を比較しました(図右)。市販軽油(左)は濃い黄色、新油(右)は不純物がなくなり淡黄色をしています。



## ラジカル水による重油の精製

- ・ 市販の重油も購入し光触媒で処理しました。
- ・ 軽油同様に不純物が分離されました。
- ・ 不純物はコロイド化しているのでフィルターで除去できます。





# 人工石油生成の公開実験装置

大阪での公開実験をしました(テレビ大阪ニュースより)。



※ラボ装置で水と油それぞれ10リットル入れて反応させる装置です。

# 量産前評価装置

先行ユーザに納品する装置。

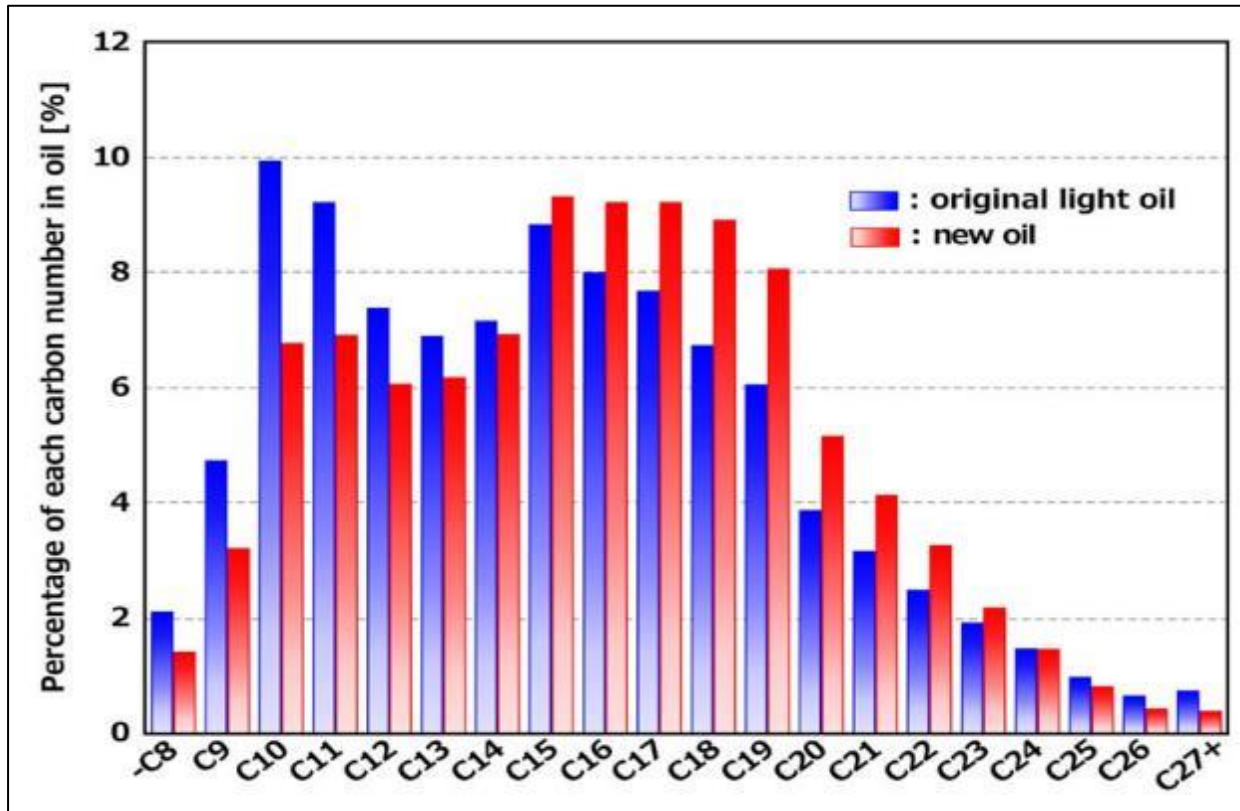


# 人工石油生成装置の排水、排気

- 最後の油水分離で処理残りの水がでます。
  - 排水:CODMn 4.4ppm(mg/l)、pH 6.5、BOD 5.0ppm未満、浮遊物質 量 10ppm未満など排出基準を満たしています。
  - 水道 は(不純物の少なく)水を純粋水にする方がコストが安い。
  - 水の再利用も可能です。
- 合成の途中での空気中への排気(飛散)
  - 装置の構造上、メタン( $\text{CH}_4$ )からブタン( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ )は常温で気体であり合成されても飛散している可能性はあるが現在確認していない。

## 人工石油の成分(軽油)

- 軽油を基に軽油ができます。図はその油の分析結果になります。
- 青が基となった軽油で赤が生成した軽油になります。





# 人工石油の特性(軽油)

- 新たに生成したオイルと元のオイルの特性をJIS規格の品質評価で比較しました。
- Water, KF method で水分が含まれるエマルジョン燃料ではないことがわかります。

Item	Unit	Results		Method
		Original oil	New oil	
Reaction	-	Neutrality	Neutrality	JIS K2252
Flash point (PMCC)	°C	73	74	JIS K2265-3
Viscosity (30°C)	mm <sup>2</sup> /s	3.479	3.479	JIS K2283
Fluidity point	°C	-15	-12.5	JIS K2269
Residual carbon	Mass%	0.01	0.01	JIS K2270-2
Water, KF method	Mass%	0.0063	0.0049	JIS K2275
Ash	Mass%	0.001	0.001	JIS K2272
Sulfur	Mass%	0.0007	0.0007	JIS K2541-6
Density (15°C)	g/cm <sup>3</sup>	0.8295	0.8297	JIS K2249-1
Distillation temp.				JIS K2254
10% distillation	°C	217	226	
50% distillation	°C	271.5	274.5	
90% distillation	°C	326	329.5	
Cetane number	-	56.2	56.5	JIS K2280-5
Gross heat generation	J/g	45,990	46,010	JIS K2279
Choked point		-10	-12	JIS K2269

Note: JIS-Japanese Industrial Standards.

## 人工石油を使った実験

- ・ ディーゼル発電機に入れて実験しました。
  - － 排気がきれいで始動時にも煙は出ませんでした(図下)。
- ・ ディーゼル車両に入れて実験しました。
  - － 実験車両は10トントラック1台、4トントラック2台、ダン車1台
  - － 走行距離が1.15～1.50倍に伸び、エンジン音が静かになりました。
- ・ ベンチマークテストを依頼
  - － 燃費性能が3%向上しました。

※発電機はデンヨーI3LSでの動作確認





# 収率やコストについて

現在、収率やコストの算出中につき概算の参考資料です。

- 1分間に1リットル生産する実証装置の場合、1リットルの生産コスト
  - 電気代 5～10円程度
  - 酸素と二酸化炭素ポンベ 1円程度
  - 水道水代 5～10円、リサイクルで0.5～1円程度
  - 光触媒、UVランプ 5円程度
  - 装置の償却 未定
- 保守部品
  - 光触媒、UVランプ、各フィルター
- 生産能力(反応生成率は10%程度)
  - 量産前試作機 1リットル/分(9BPD)
  - 市販量産機 1.5リットル/分(13.5BPD)
  - 最大能力 3リットル/分(27BPD)

## この装置を使ったCO<sub>2</sub>量

CO<sub>2</sub>削減効果の算出方法について

### 【算定の考え方】

CO<sub>2</sub>削減量。CO<sub>2</sub>削減量は、合成燃料の使用により新たなCO<sub>2</sub>排出は行われない。

### 【利用したパラメータ】

軽油1リットルを燃焼させたときに発生する二酸化炭素の質量は2.62 キログラム。

2.62 キログラムの二酸化炭素の体積を、理想気体の状態方程式を使って計算すると、1,430 リットルになります(1気圧、20℃における値)。

これは1辺が113センチメートルの立方体と同じ。

逆に生成する時も同じ量の二酸化炭素を使います。

既存のインフラをそのまま使え、  
化石燃料よりも安いいつでもどこでも  
社会実装できる脱炭素技術

**3E**