

2023年度 JPECフォーラム

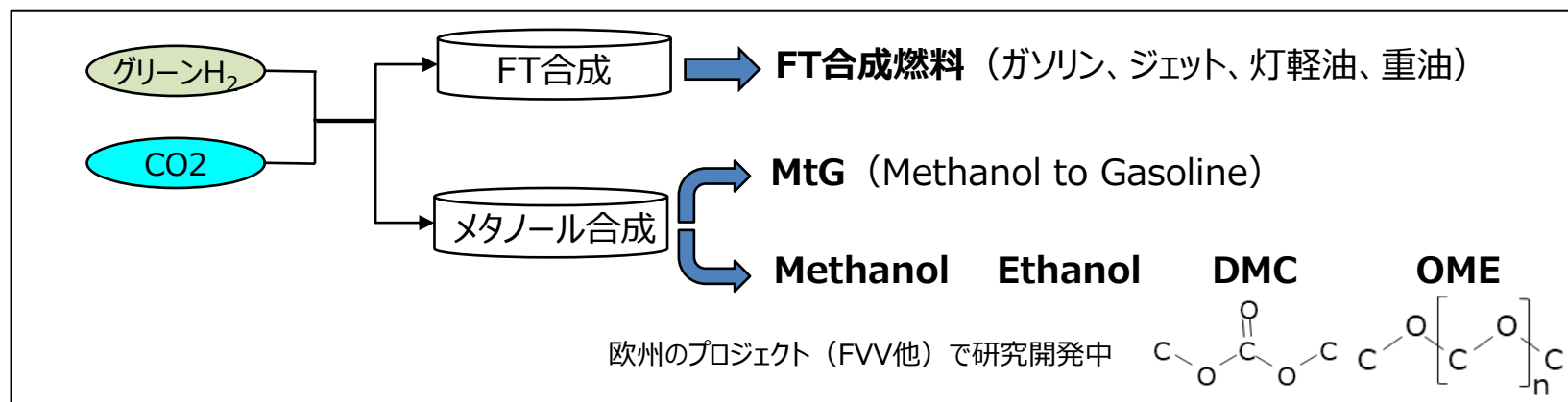
液体合成燃料の自動車用燃料への
利用に向けた取り組み
(燃料利用研究)

2023年5月10日

JPEC合成燃料研究室

—禁無断転載・複製 ©JPEC 2023—

- ✓ 再生可能エネルギー由来電力等から得られるグリーンH₂とCO₂を原料とした液体合成燃料やバイオマスを原料としたバイオ燃料等のカーボンニュートラル燃料（CN燃料）によるGHG排出削減への貢献が期待
- ✓ 液体化石燃料と親和性の高く、既存のサプライチェーンの活用が期待できるFT合成燃料を中心に、種々のCN燃料の技術開発が実施



FT合成燃料（合成燃料の普及目標）

合成燃料 (e-fuel)	2022年	2023年	2024年	2025年	~2030年	~2040年	~2050年
GI基金事業 (予算額: 約576億円 受託先: ENEOS)	既存製造技術の高効率化開発		大規模製造プロセスの実証				
	ベンチプラントによる運転検証		パイロットプラントによる運転検証		導入拡大 コスト低減		
	2025年: 1BPD製造 2028年: 300BPD (1.7万kl/年) 製造				自立商用化		
NEDO事業	革新的製造技術の開発				ガソリン価格以下の コスト実現		

MtG（Haru Oniプロジェクト）

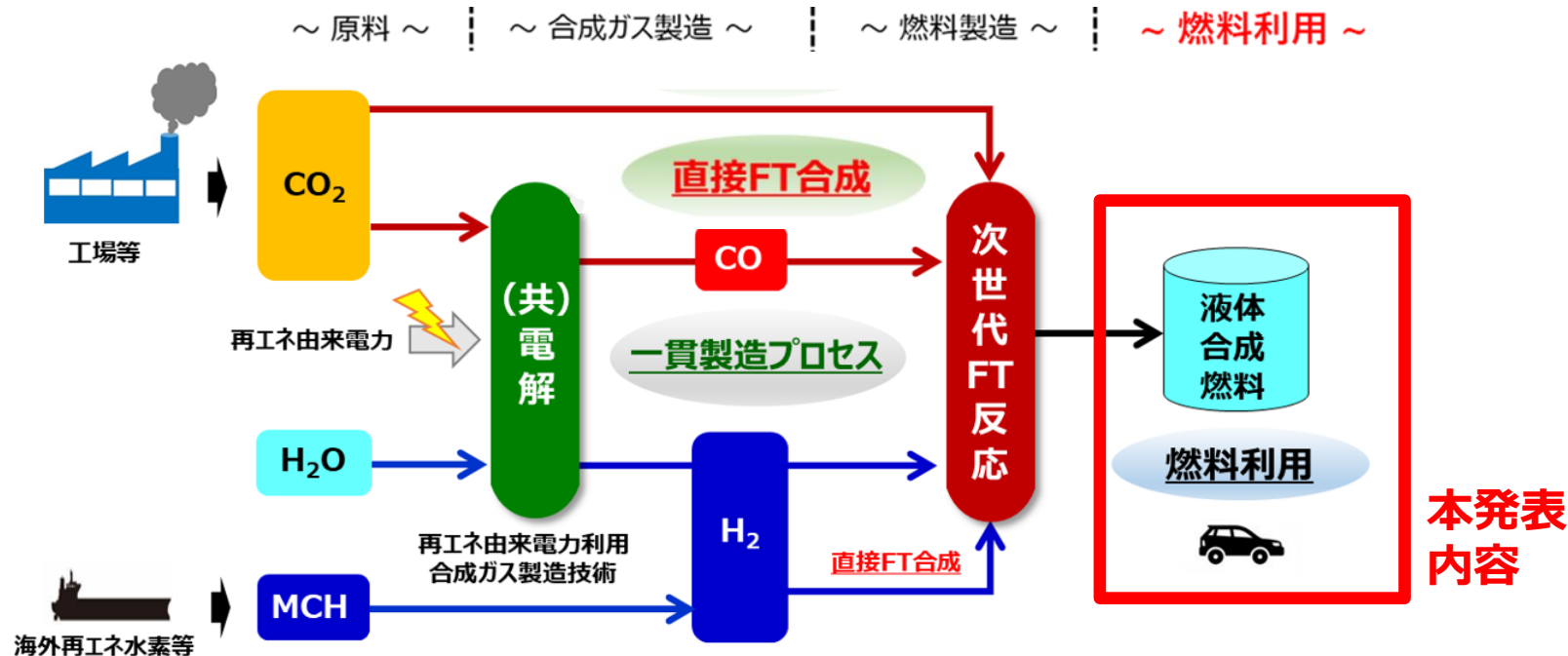


2. 事業概要

Confidential

- 事業名称：「カーボンリサイクル・次世代火力発電等技術開発／CO₂排出削減・有効利用実用化技術開発／液体燃料へのCO₂利用技術開発／次世代FT反応と液体合成燃料一貫製造プロセスに関する研究開発」事業
- 目的：製油所や工場などから排出されたCO₂を原料に、再生エネルギー由来の水素や電力と合成技術を組み合わせることで、ガソリン、軽油、ジェット燃料といった内燃機関向けの液体化石燃料を、代替可能な液体合成燃料へ、高効率に一貫製造するという、世界でも類を見ない研究開発に取り組む。
このプロセスで製造した液体合成燃料は、将来的に自動車や航空機に供給する計画で、これにより温室効果ガスの大幅削減を目指す。
2030年度以降の水素・CO₂低コスト化を想定し、製造基盤技術を確立するための基礎研究を行う。
- 事業期間と参画機関：2021年2月～2025年3月、7機関*（2企業、4大学、1国研、1法人）

*再委託先を除く



<背景>

- ✓ 液体合成燃料の物理的・化学的特徴を理解して利用することが重要
- ✓ FT粗油の組成制御のための適切なポスト処理が必要

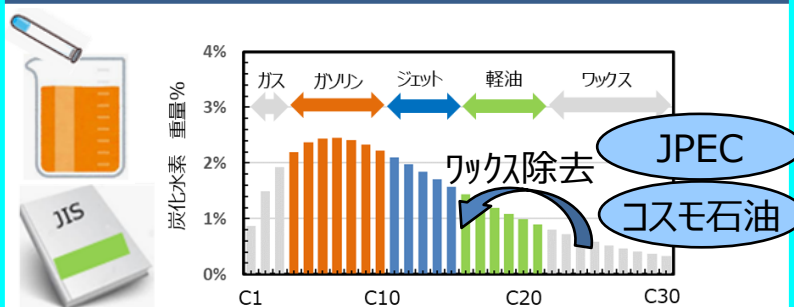
<目的>

液体合成燃料の品質や燃焼特性を把握し、自動車燃料としての利用価値を高めるための研究開発を行い、燃料品質の方向性を提示

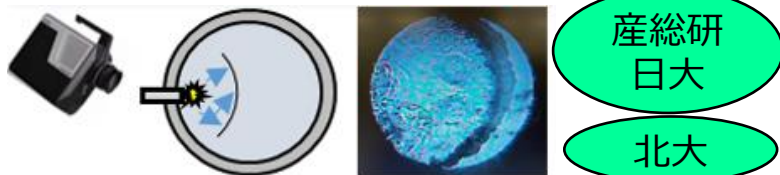
国内外の各種合成燃料の調達



合成燃料の性状及び規格適合性 FT合成粗油の規格適合化処理



ガソリン・ディーゼル燃焼への利用技術



噴霧・蒸発 → 点火・着火 → 燃焼

既存エンジン・インフラへの適合性確認に関する知見

将来燃焼技術との組合せ ⇒エンジン性能向上の ポテンシャル把握



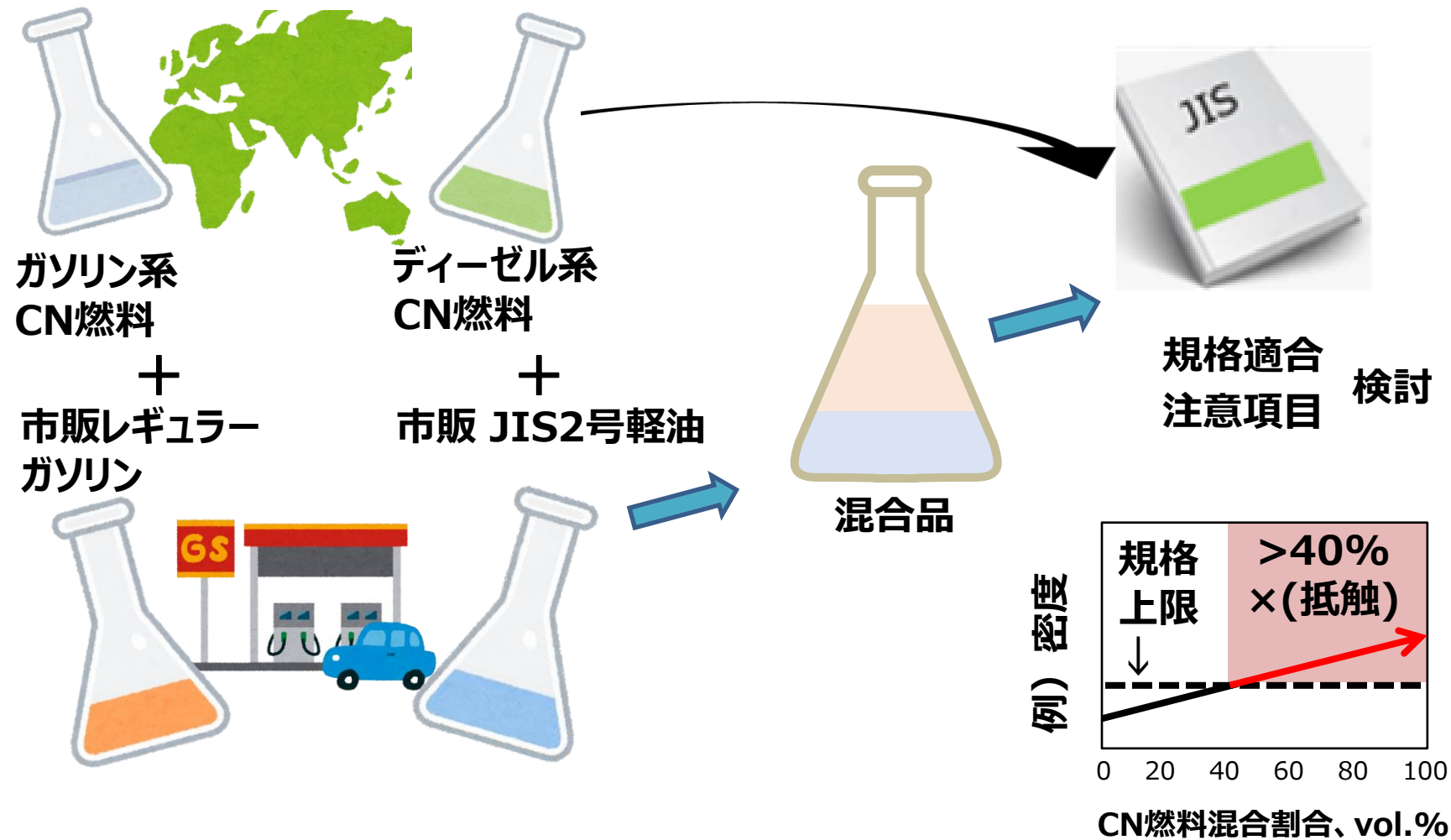
熱効率
排出ガス 等

燃料品質の方向性提示 (燃料スペックなど含む)



4. CN燃料の品質及び規格適合性の評価

- ✓ カーボンニュートラル燃料として期待されている燃料を調達し、性状分析を実施
- ✓ 単品及び市販レギュラーガソリン、市販軽油との混合時の規格適合性も確認併せて使用時に注意すべき項目の有無も調査



4. 評価燃料

合成ガス CO H_2

合成ガスやバイオマスから製造可能な液体燃料を評価
(ガソリン系 6 種、ディーゼル系 4 種)

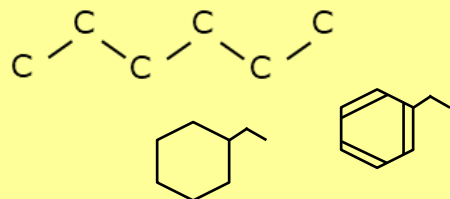
FT合成

メタノール合成

バイオマス

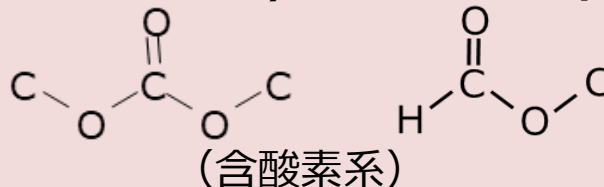
ガソリン系

(FT合成ガソリン：評価予定)
(炭化水素系)



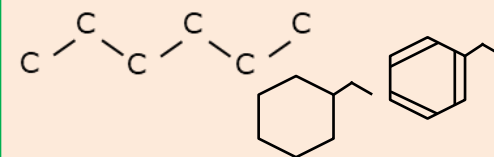
① Methanol ④ Ethanol

② DMC (Dimethyl carbonate) ③ MeFo (Methyl Formate)



(含酸素系)

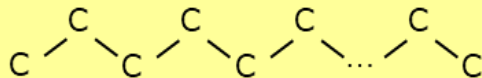
⑤ EtG (Ethanol to gasoline)
(炭化水素系)



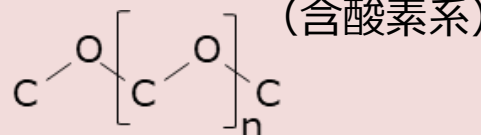
⑥ G40 (Ethanol10% + MtG (Methanol to gasoline) 30%)

ディーゼル系

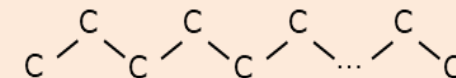
⑦ GTL (Gas to liquid)
(FT合成軽油：評価予定)
(炭化水素系)



⑧ OME (Oxymethylene Ether)
(含酸素系)



⑨ HVO (Hydrotreated vegetable oil)
(炭化水素系)



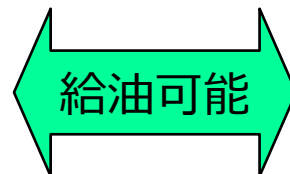
⑩ R33 (FT-Diesel 26% + FAME7%)

- ✓ 自動車用パラフィン系ディーゼル合成燃料の規格（EN15940）が設定
- ✓ 規格に適合したHVO及びGTLがGas Stationで販売中
給油機や車両の給油口にはXTLラベルが添付、ユーザーの利便性が向上

Parameter	Unit	EN 15940 Class A 2019-10	EN590 2022-05
Cetane number	—	≥70.0	≥51.0
Density at 15°C	kg/m ³	765.0-800.0	820.0-845.0
Total aromatic content	% (m/m)	≤1.1	—
Polycyclic aromatic content	%(m/m)	—	≤8.0

パラフィン系合成燃料販売Gas Station（給油機）

適合車両（給油口）



4. 市販燃料への混合時の規格適合性：ガソリン系燃料

Confidential

- ✓ 炭化水素系（EtG）は現在の燃料規格に適合した
- ✓ 含酸素系 4 種はオクタン価が向上し、オクタンブースターの可能性がある一方、少量の混合で規格に抵触し、エンジン燃焼やインフラへの影響に留意が必要である

燃料規格	炭化水素系	含酸素系			
	EtG	DMC	MeFo	Methanol	Ethanol
オクタン価 RON	○	向上	向上	(向上)	向上
密度@15℃	○	>15%,×	>20%,×	>80%,×	>80%,×
10%留出温度	○	>60%,×	○	○	>80%,×
50%留出温度	>60%,×	○	>20%,×	>20%,×	10~40%,×
90%留出温度	○	注意	注意	注意	注意
蒸気圧 (夏季用)	○	>70%,×	>1%,×	1~80%,×	3~30%,×
				>90%,×	>75%,×

%は規格に抵触する混合率（容量）

- ✓ 炭化水素系のGTLとHVOは燃料規格に適合した。セタン価が向上し、低温性能も良化した。
- ✓ 含酸素系のOMEは混合時にセタン価が向上した。一方で少量の混合で多くの規格に抵触した。特に低温時のエンジンの始動性等に影響を及ぼす低温性能を含めて多くの点で注意が必要である。
(多くの低級脂肪酸を含んだロットがあった、自動車部材の劣化等に注意)

燃料規格 (JIS2号軽油)		炭化水素系		含酸素系
		GTL	HVO	OME
セタン価		向上	向上	向上
密度@15℃		○	○	>20%,×
動粘度@30℃		○	○	>20%,×
低温 性能	(曇り点)	良化	良化	注意
	目詰まり点	良化	良化	>50%,×
	流動点	良化	良化	○
ギ酸、酢酸、フ°ル°酸		○	○	(含有)

%は規格に抵触する混合率 (容量)

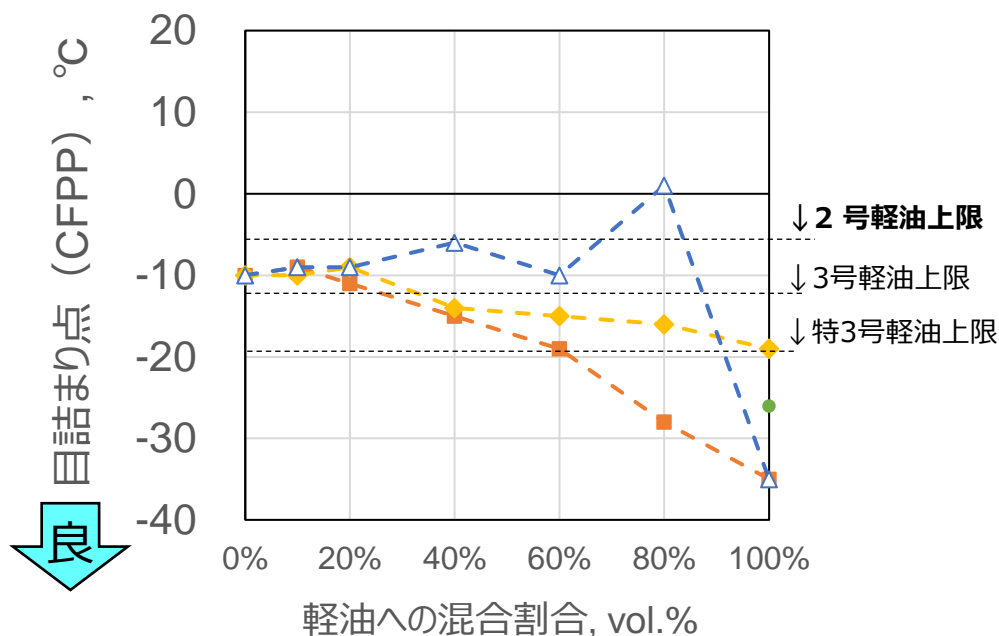
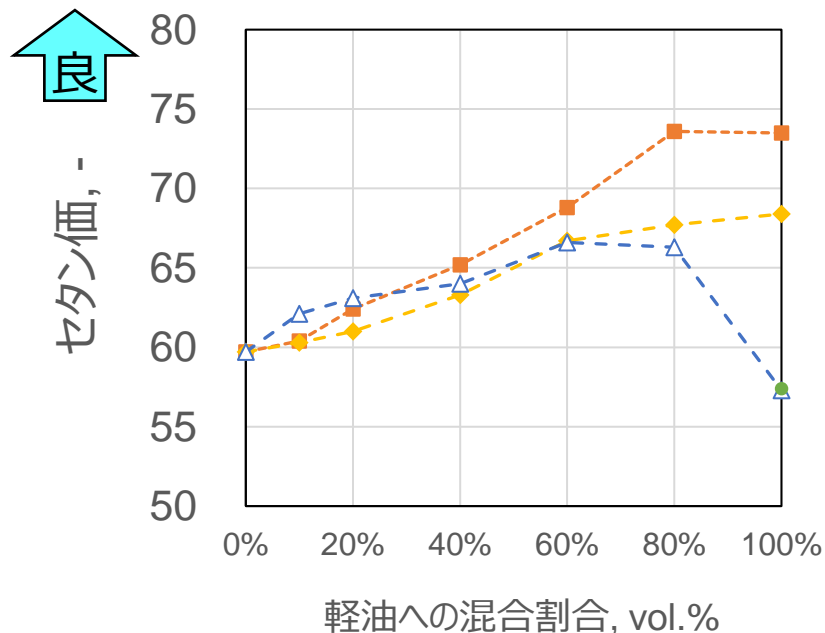
✓ セタン価 (左図)

HVOとGTLは混合により向上した。OME単品は市販軽油と同等であったが、混合により向上する(極大点を有する)という特異な傾向を示した。

✓ 目詰まり点 (右図)

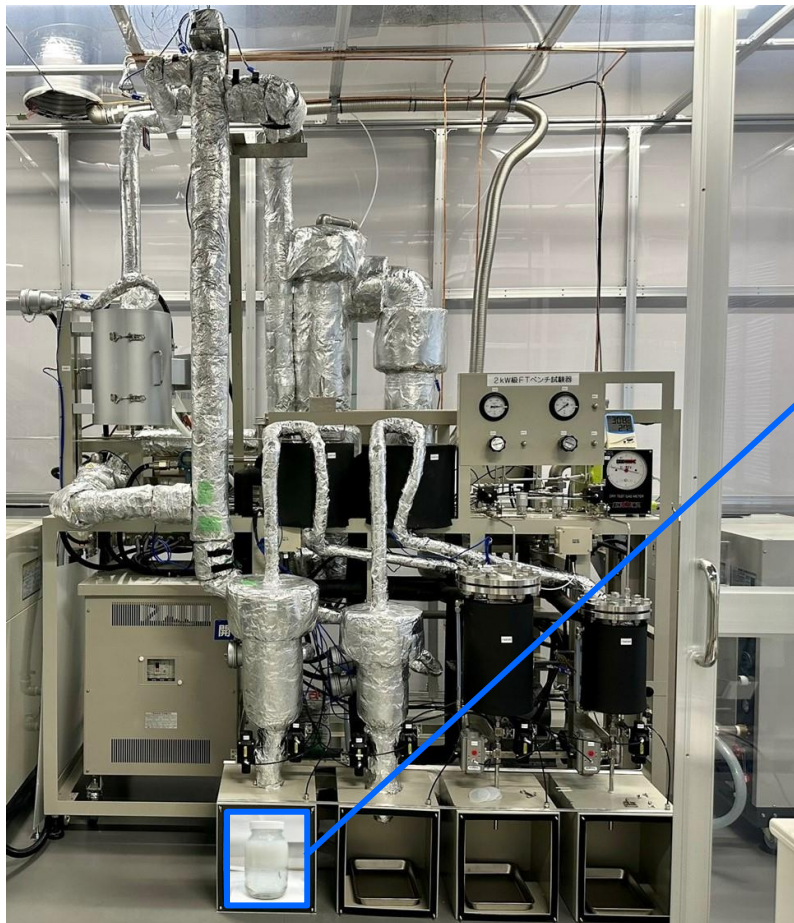
HVOとGTLは混合により低下(良化)した。一方で、OMEは混合により上昇(悪化)し、2号軽油のJIS規格上限を超えた。

● R33 ■ HVO ◆ GTL ▲ OME

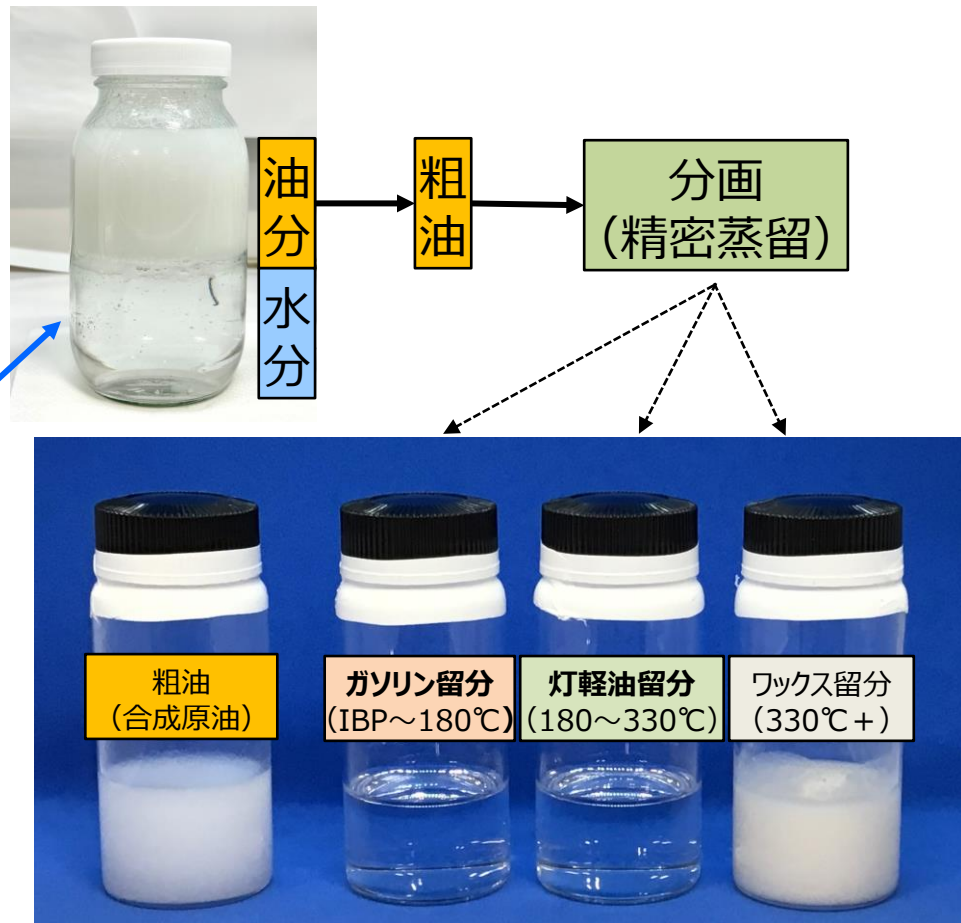


5. FT合成油（粗油）の品質評価

✓ 2022年後期にFT反応装置を導入し、10kW級一貫製造ベンチのFT反応器
運転用データの採取や**合成油（粗油）の品質評価**を開始した。



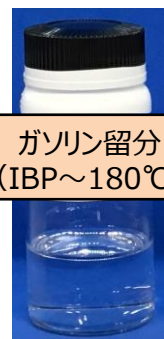
FT反応装置
(例 2kW級FTベンチ装置)



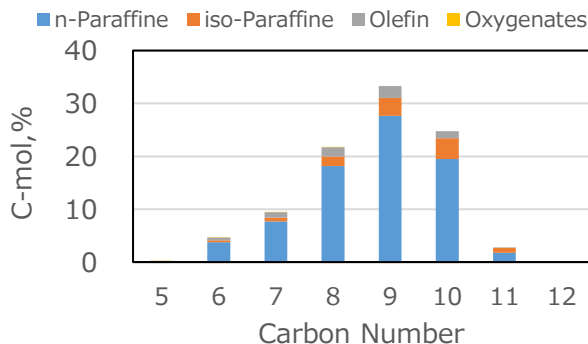
成分分析を実施

✓ 自動車燃料としての利用には、課題もあるが、期待できる点もあることを確認した。
長所を生かしながら、課題を解決するための炭化水素の組成制御が重要である。

ガソリン留分： ノルマルパラフィンが主成分



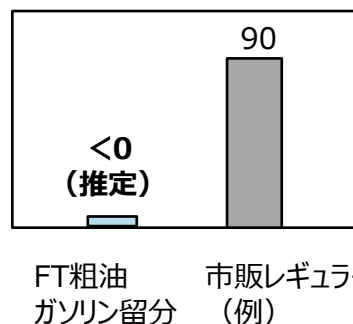
ガソリン留分
(IBP~180°C)



オクタン価向上が課題



オクタン価 RON

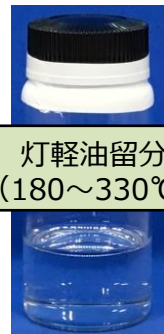


組成制御 (ポスト処理)
方向性

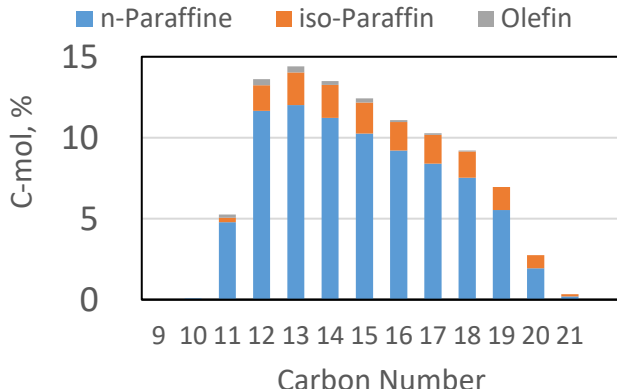
アルフィン化
アロマ化
イソパラフィン化
(含酸素利用等)

改質・異性化

灯軽油留分： ノルマルパラフィンが主成分



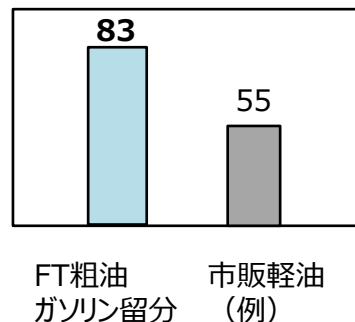
灯軽油留分
(180~330°C)



高いセタン指数



セタン指数



流動性向上が課題



-13°C固化

組成制御
方向性
イソパラフィン化
(ポスト処理)

異性化

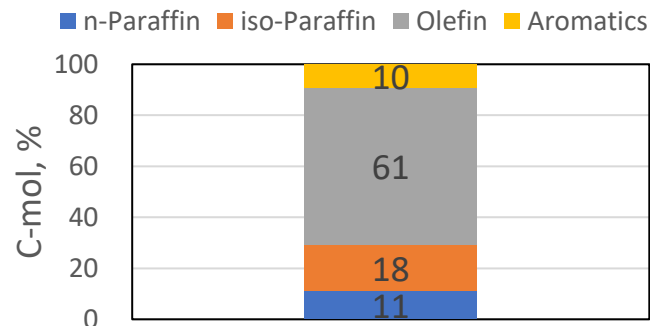
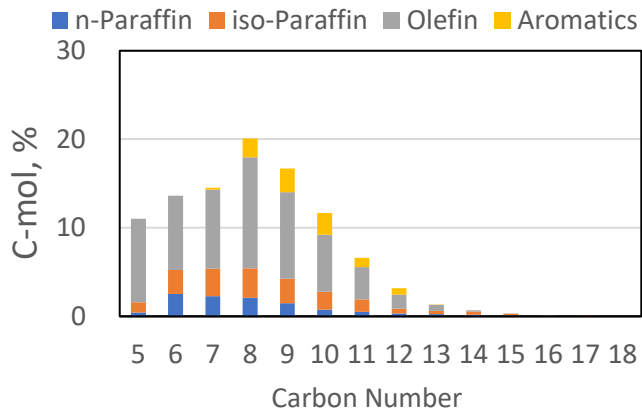
- ✓ C20+のワックス分は少なく、C5~C13の炭化水素が主成分であった。
オレフィン：イソパラフィン：ノルマルパラフィン：アロマ=6：2：1：1
- ✓ 今回の試作品のオクタン価RONは73RON程度と推定された。
(文献値は80-90程度)
- ✓ 適切な沸点範囲での分画処理が必要である。

Confidential

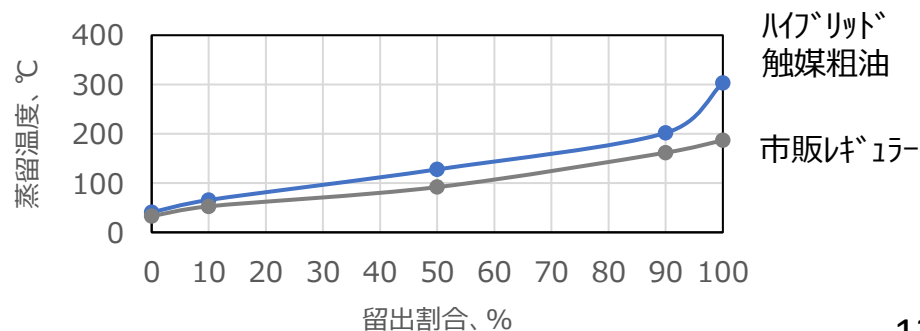
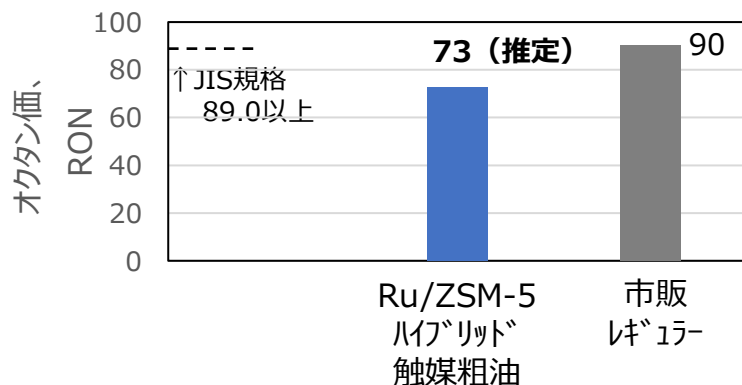
ガソリン留分
IBP~180℃

灯軽油留分
180~℃

成分分析結果



国内外の市販ガソリン等との性状比較



カーボンニュートラルとして期待されている液体燃料の特徴や規格適合性を確認した。

- (1) 炭化水素燃料は現在の燃料規格に適合した。HVO及びGTLは燃焼技術との組合せによりエンジン性能の向上が期待できる。また、低温性能も良化した。
- (2) 含酸素燃料は少量の混合で規格に抵触し、エンジンやインフラに影響を及ぼす可能性がある。一方で、燃焼技術との組合せでエンジン性能向上が期待できる。適切な利用方法（濃度レベル、添加剤活用等）の把握が重要である。
- (3) 欧州では燃料規格の設定や対応車の導入等、市場導入に向けた取り組みが進んでいる。今後も海外の動向については注視しておく必要がある。

FT合成油に関しても、炭化水素の選択性制御及び分解・改質機能を有する革新的触媒技術やポスト処理技術を活用し、自動車燃料への転換を進める。

加えて、燃料利用側の各業界の専門家とも連携し、早期に普及させるために貢献していきたい。

本研究成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託事業によるものです。

この場をお借りしまして関係各位に感謝の意を表します。

<参考> ガソリン系試験燃料の性状

分析項目	単位	市販レギュラー ガソリン	G40	EtG	DMC	MeFo	Methanol	Ethanol
オクタン価RON	—	90.4	101.9	92.2	121※1	112※2	111*3	107.3
密度@15℃	g/cm ³	0.733	0.753	0.768	1.076	0.978	0.796	0.794
10%留出温度	℃	52.5	58.5	58.5	89.0	31.5	64.0	78.0
50%留出温度	℃	91.5	105.5	126.5	89.5	31.5	64.0	78.0
90%留出温度	℃	162.0	149.0	179.0	89.5	31.5	64.0	78.0
蒸留終点	℃	187.0	177.5	207.0	90.5	32.5	64.5	83.0
蒸気圧	kPa	63.3	54.7	47.8	13.5	128.2	31.8	15.7
未洗ガム	mg/100mL	2	3	3	0	0	0	0
芳香族分	mass%	29.6	31.3	40.4	-	-	-	-
n-パラフィン	mass%	15.0	3.9	9.7	-	-	-	-
i-パラフィン	mass%	42.1	49.9	35.6	-	-	-	-
オレフィン分	mass%	9.2	2.4	4.4	-	-	-	-
ナフテン分	mass%	4.1	2.8	9.9	-	-	-	-
硫黄分	mass%	0.0005	0.0002	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
真発熱量	MJ/L	31.6	31.1	33.0	15.8	14.6	16.0	21.0
酸化安定度	min	> 1440	> 1440	220	> 1440	> 1440	> 1440	> 1440

※1,※2 試験に基づく推定値、※3 文献値

<参考> ディーゼル系試験燃料の性状

分析項目	単位	市販2号 軽油	R33	GTL	HVO	OME
セタン価		59.7	57.4	68.4	73.5	57.3
セタン指数		60.0	58.7	82.9	92.2	0.7
密度@15℃	g/cm ³	0.826	0.822	0.779	0.780	1.055
動粘度@30℃	mm ² /s	3.842	3.163	3.271	3.556	1.223
10%留出温度	℃	217.0	205.5	229.0	256.5	160.5
50%留出温度	℃	283.0	272.0	264.0	279.0	171.0
90%留出温度	℃	335.5	324.5	312.5	292	210.5
曇り点	℃	-3	-10	-20	-34	-38
目詰まり点	℃	-10	-26	-19	-35	<-35
流動点	℃	-15.0	-30.0	-37.5	-47.5	-37.5
芳香族分	vol%	18.5	19.8 _{※3}	0.3	1.6	-
飽和分	vol%	81.5	-	99.7	98.4	-
オレフィン分	vol%	0	-	0	0	-
硫黄分	mass%	0.0007	0.0007	<0.0001	<0.0001	<0.0001
真発熱量	MJ/L	35.8	35.3	34.3	34.8	19.6
誘導期間 PetroOXY@140℃	min	102	184	351	105	-
HFRR@60℃	μm	285	195	353	382	489
ギ酸+酢酸+7° 吡° 木酸	massppm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	739

※3 IP法による測定、mass%