

原油・原料の多様化及びケミカルシフト・コプロセッシング に関する調査

2022年5月11日

一般財団法人石油エネルギー技術センター
調査国際部
製造プロセス技術部

目次

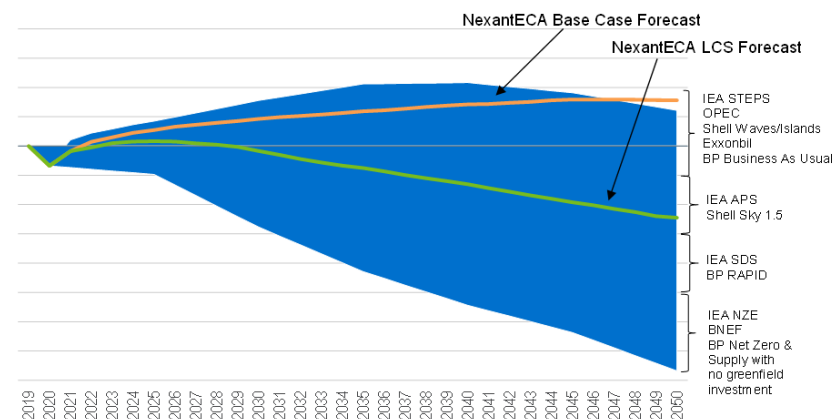
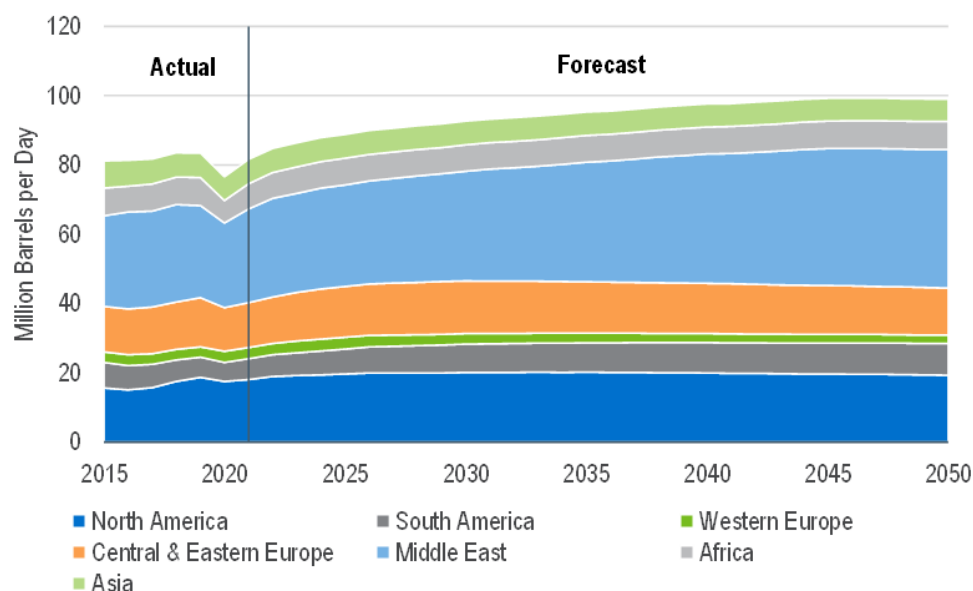
1. 背景、目的
2. 原油需要
3. ケミカルシフト
4. コプロセッシング
5. 非化石原料
6. まとめ

供給を担う民間企業が国内の石油需要減少等の厳しい経営環境にある中、国内供給インフラを経済合理的かつ効率的に維持していくためには、国内外の市場で競合する他国企業・製品との比較において、日本企業・製品の国際競争力を高め、経営基盤を強化していかなければならない。一方で、カーボンニュートラルを見据えた対応を迫られている。こうした課題に向けては、従来の原油選択や装置改造、運転条件の変更によるケミカルシフトに加え、コプロセッシングのような技術を用いた低炭素燃料製造に取り組むことが有効だと考えられる。

本調査は、上記の認識を踏まえ、原油の多様化やケミカルシフト・コプロセッシング等の調査を行うことを目的とする。

2. 原油需要

将来の原油需要予測については、様々な見方があるが、カーボンニュートラルに向けた脱炭素社会構築に向けたこれからの施策・行動により進みべく道が今後より明確になるとと思われる。



出所：NexantECA

＊直近、ネットゼロ原油の取引もなされている。

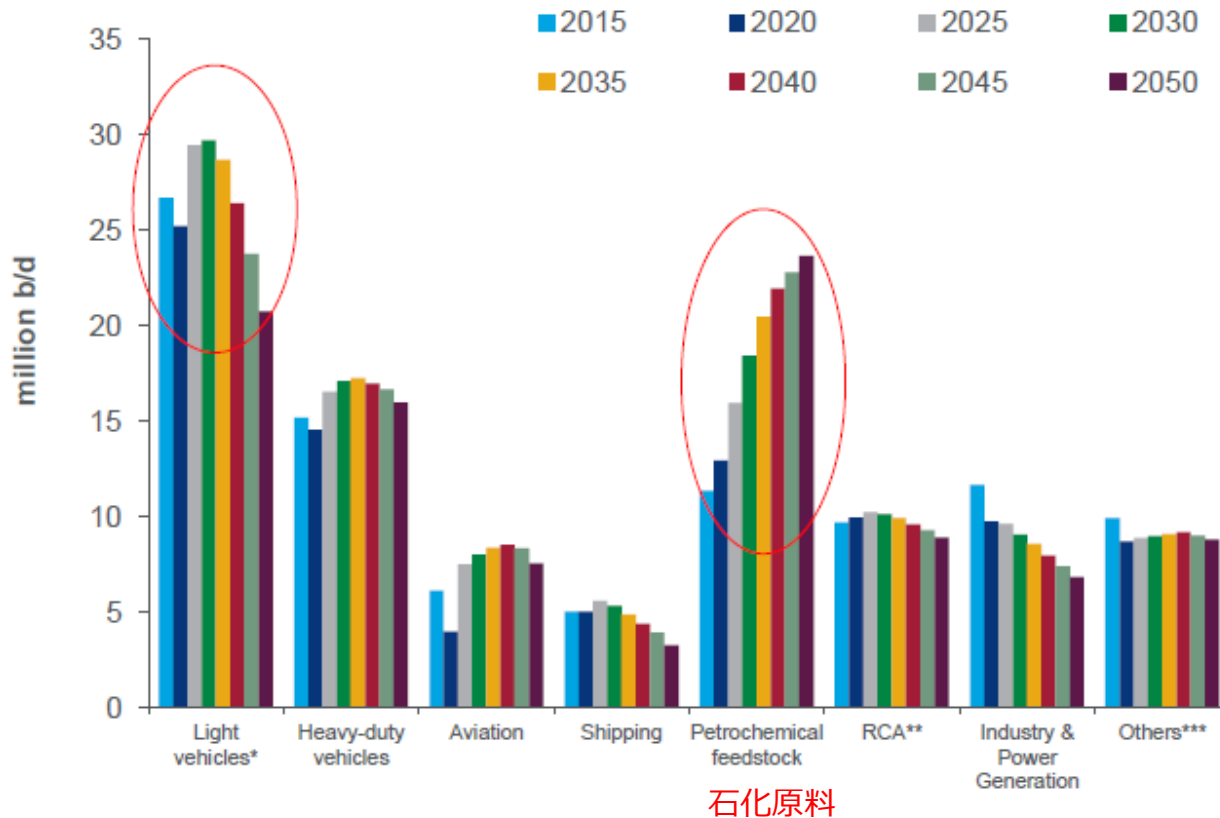
米国Oxy、韓国SKと初のネットゼロ原油の売買に合意

米国Occidental(Oxy)は、韓国SK Trading International/SK Innovationの各子会社と、初のネットゼロ原油の売買に合意した。Oxy Low Carbon Ventures子会社1PointFiveのDAC(直接大気CO2捕集)とOxyのPermian盆地でのCO2 EORを合わせた環境属性で、原油のCO2排出量を相殺するもの。SK Trading International各子会社は、ネットゼロ原油最大20万バレル/年を5年間購入できる。

3月25日 JPEC 2022 海外石油情報(0998-1021)より

3. ケミカルシフト

- 輸送部門の液体燃料が減少する中で、石油化学原料の需要は、今後も伸びる予測

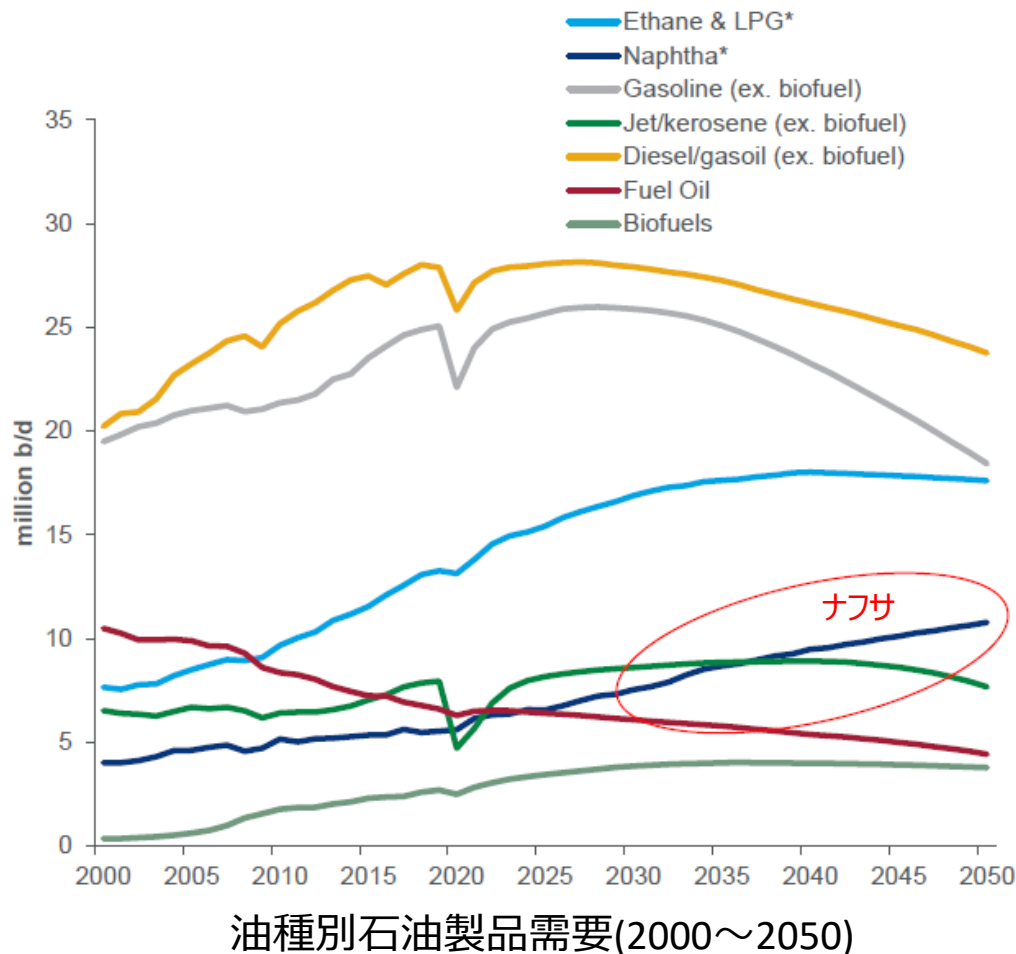


部門別液体燃料需要予測(2015～2050)

出所：ERTC 2021 Wood Mackenzie

3. ケミカルシフト

- 原油由来のガソリン・軽油が減少する中で、石油化学原料ナフサの需要は、今後も伸びる予測



出所：ERTC 2021 Wood Mackenzie

3. ケミカルシフト

➤ COTCは、コロナによる需要減や脱炭素の加速により、一部プロジェクト見直しあり

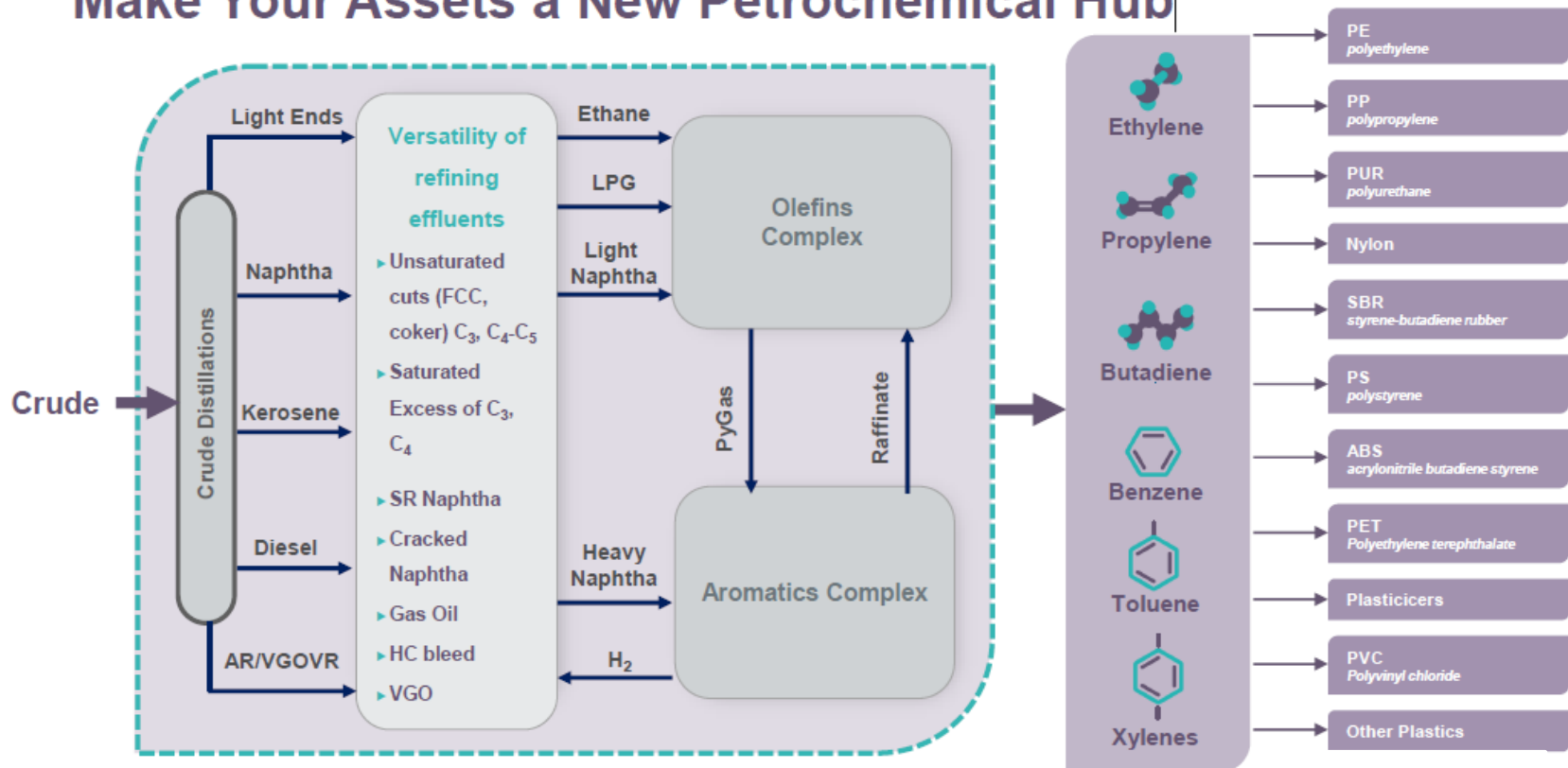
No	製油所	企業	立地	国	投資額 (10億)	形態	時期	備考
1	浙江	浙江石化有限公司	浙江	中国	\$26	Greenfield	2019(phase1) 2021(phase2) 2030(phase3)	2021初phase2 生産開始
2	島臨港	恒力石化有限公司 (江蘇恒力集团公司傘下)	島臨港	中国	\$11	Greenfield	2019	2020.9エチレン (150wt/y) 生産開始
3	連雲港	盛虹煉火有限公司 (盛虹石化集团有限公司傘下)	連雲港	中国	\$11.84	Greenfield	2019	2021に変更
4	寧波	寧波中金石化有限公司	寧波	中国	\$5(est)	Revamp	2018	2022に変更
5	遼寧 ↓ 北方華錦	華錦阿美石化有限公司 ↓ 北方華錦化学工業集团有限公司	遼寧省	中国	\$10+ ↓ \$11.9	Greenfield	2024(phase2)	2020.8 アラムコ撤退
6	福建	SABIC/福建石化有限公司	福建	中国	NA	Greenfield	NA	
7	天津	中沙天津石化公司 (SINOPEC/SABIC)	天津	中国	\$45	Revamp	pre-2017	Operateing
8	大連	中国石油大連石化分公司	大連	中国	combined	Revamp	pre-2017	Operateing
9	雲南	中国石油雲南石化有限公司	雲南	中国	(est)	Revamp	pre-2017	Operateing
10	惠州	中海殼牌石油化工有限公司 (CNOOC/Shell)	惠州	中国		Revamp	pre-2017 2025(phase3)	Operateing
11	連雲港	中国石油連雲港精製・石化統合プロジェクト	連雲港	中国	\$2.80	Greenfield	NA	
12	曹妃甸	中国石化北京燕山分公司 (曹妃甸移転)	曹妃甸	中国	\$4.26	Greenfield	NA	大幅遅延
13	古雷	福建古雷石化有限公司 (旭騰投資有限公司/福建煉油化工有限公司)	古雷	中国	\$120.1	Greenfield	2020 ? 2024(phase2)	2018.2 投資圧縮
14	Pulau Muara Besar	恒逸(文萊)実業有限公司 (浙江恒逸集团公司)	Pulau Muara Besar	ブルネイ	\$20	Greenfield	2020	
15	Raigad	Saudi Aramco/ADNOC/India Consortium	Raigad	インド	\$44	Greenfield	2025	
16	Pengerang	RAPID(Petronas/Saudi Aramco)	Pengerang	マレーシア	\$2.70	Greenfield	2019	
17	Jurong	ExxonMobil	Jurong island	シンガポール	<\$1	Revamp	2023	
18	Tuban	Pertamina/Rosneft	Tuban, East java	インドネシア	\$15	Greenfield	2025	
19	Al Ruwais	ADNOC	Al Ruwais	UAE	\$45	Revamp	2025	
20	Yaubu	Saudi Aramco/SABIC	Yaubu	サウジアラビア	\$30	Greenfield	2025	見直し中
21	Jubail	Saudi Aramco/Total	Jubail	サウジアラビア	\$5	Greenfield	2024	
22	Yaubu	KNPC/KIPIC	Al Ahmadi	クウェート	\$13	Greenfield	2019	
23	Duqm	Oman oil company/kuwait Petroleum Inte	Duqm	オマーン	\$15	Greenfield	NA	
24		MOL Group		ハンガリー	\$4.50	Revamp	2030	

出所：TCGR 2019をもとにJPEC作成

3. ケミカルシフト

➤ 石油化学原料供給ハブ(Petrochemical Hub)への転換

Make Your Assets a New Petrochemical Hub

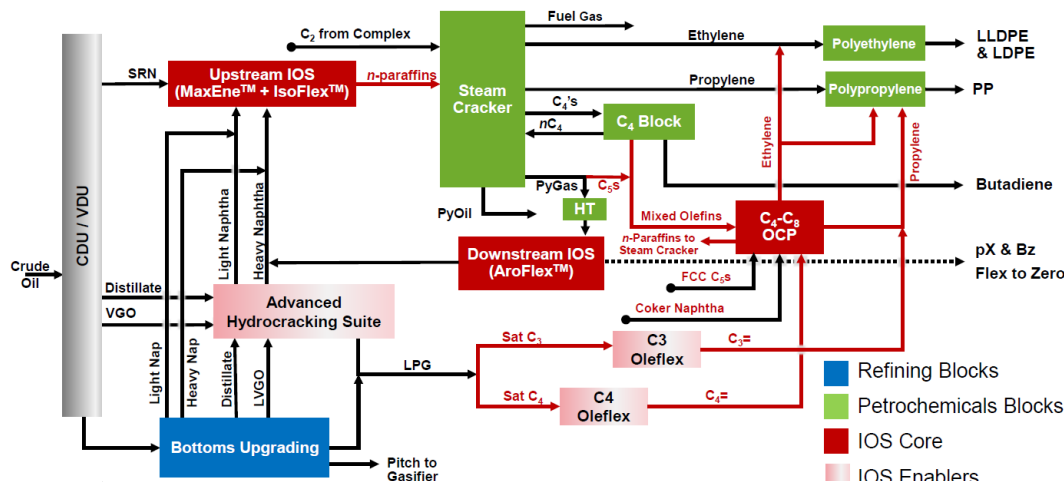


出所：Axens Annual Technology seminar 2021

3. ケミカルシフト

➤ CO2排出量とセットとした報告事例あり

IOS IS CORE TO A ZERO FUELS COMPLEX



100 KBPD REFINERY

		100% Net Fuels (80% LSD / 10% Gasoline / 10% LPG)	64% Net PetChems (50% PC on Crude)	100% Net PetChems (75% PC on Crude)
スコープ1,2	Base Refinery Emissions	5,810	18,150	22,371
スコープ3	Fuel Products Burned	39,155	11,256	0
	Total, TPD CO2	44,965	29,406	22,371
スコープ1,2	Add Carbon Capture to the H2 SMR Stack	(900)	(1,430)	(2,985)
	Net, TPD CO2	44,065	27,976	19,386

56% Reduction in Net CO2 Footprint

- ①IOS (Integrated Olefins Suite) Steam Cracker (SC) 中心に原料と製品を最適化し、周辺プロセスと組合せ
- ②分子レベルでSC原料と製品の関係を制御 (Molecular Management)
- ③そのための新規プロセス MaxEne/IsoFlex/AroFlex
- ④ボトム分解と組合せて "Zero Fuels"コンプレックス

10万BD製油所・適用効果

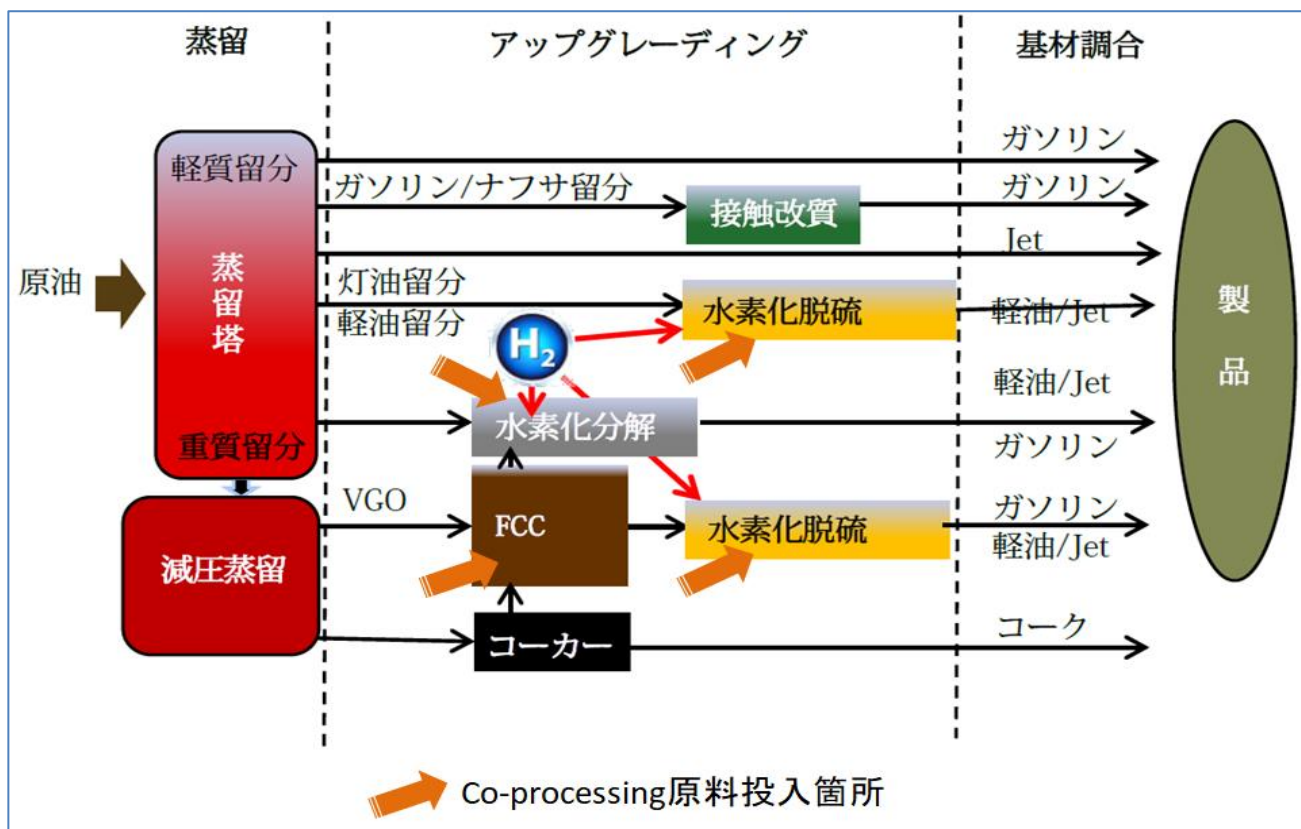
- ① ベース、100%燃料
- ② 64% 石化品
- ③ 100%石化品

石化品転換により燃料消費の石油製品削減 (Scope-3) でCO2を大きく低減。
さらに水素製造からのCO2をCCSで削減。
最大56%のCO2削減

出所：2021 UOP European Refining Seminar

4. コプロセッシング

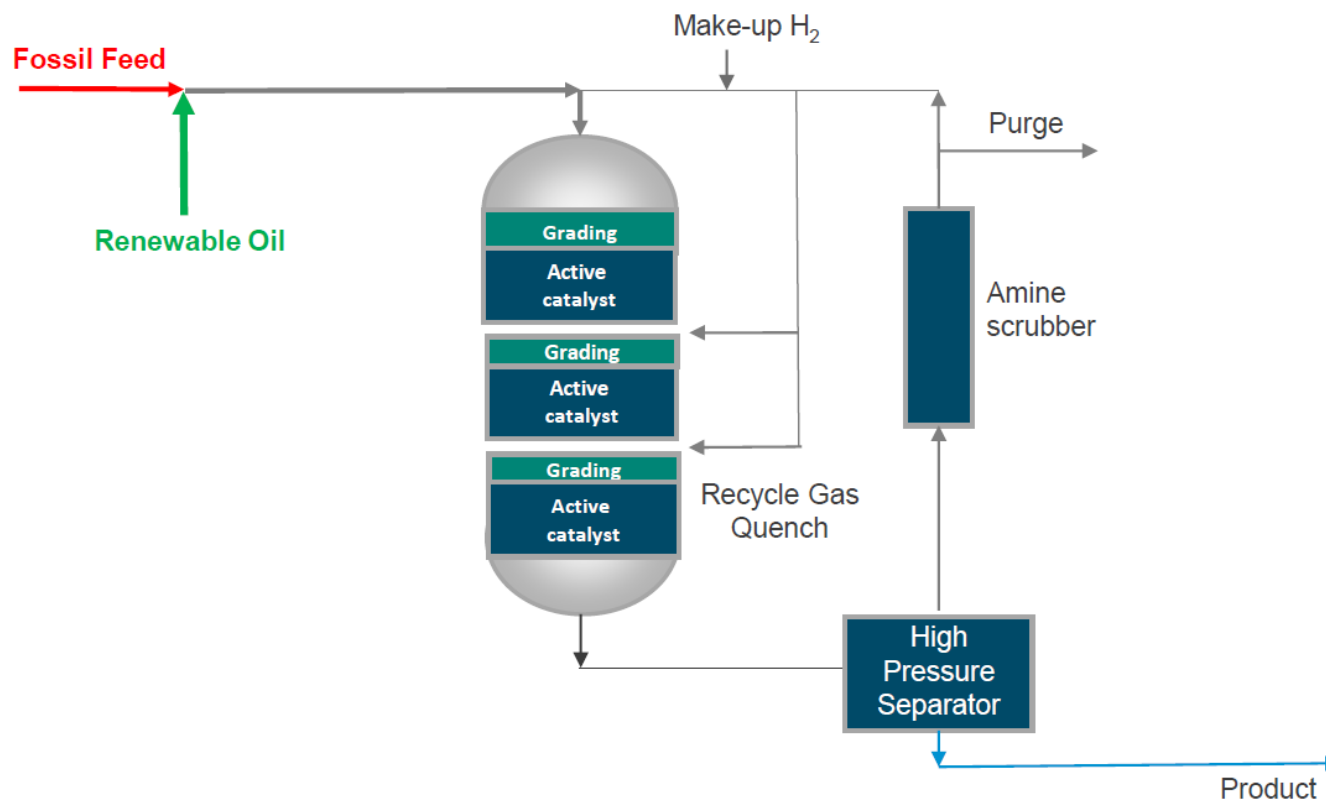
- 製油所のGHG削減対策技術の一つとして、既存のアセットを活用したコプロセッシングによるドロップインバイオ燃料の製造が、欧米中心に進んでおり、既存の水素化処理装置やFCC装置が活用されている。



出所：DEHEMA資料をもとにJPEC作成

4. コプロセッシング

➤ 水素化処理装置を用いた際の再生可能原料処理における課題



機器構成

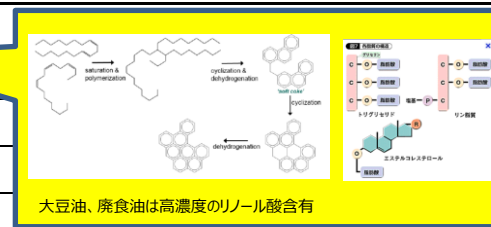
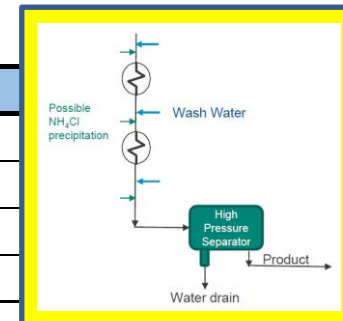
出所：ERTC 2021 ALBEMARLE資料

4. コプロセッシング

➤ 反応条件、機器、触媒等注意すべき課題と対応について報告

水素化処理装置での課題と対応

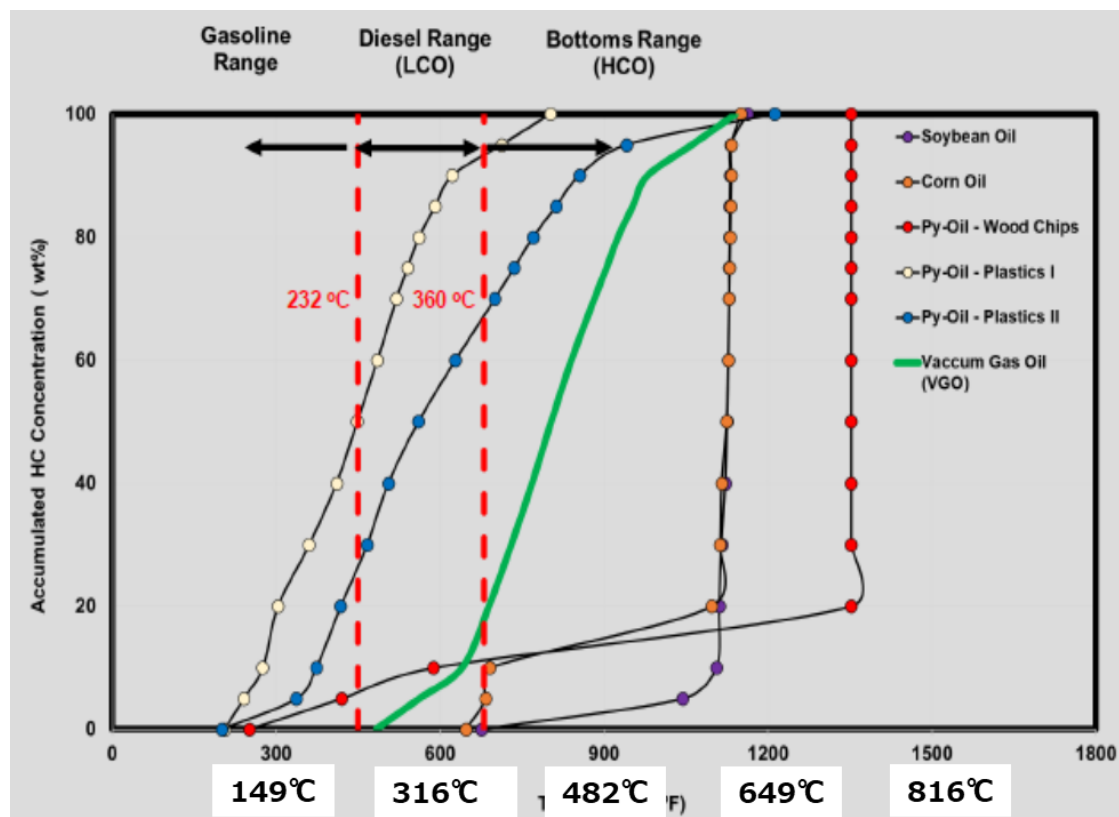
大分類	中分類	原因 or 対応
反応条件	水素の確保	原料品質に規定された水素量
		コンプレッサー能力による水素量
	許容ΔT	原料のリサイクルによる発熱の制御
		クエンチの活用
機器	上流側の腐食およびファウリング	植物油中の遊離脂肪酸/カルボン酸によるガム形成
		原料の前処理、投入部位の変更、ブランケットタンクの活用による課題の低減 (耐腐食材料)
	下流側の塩析出	ハロゲン化アンモニウム塩の形成
		塩の析出条件確認：150～250℃では、塩素イオン10ppm以下
		洗浄水の注入
	プロパンおよび水の除去 (高圧分離器、アミンスクラバー)	高圧分離槽の排水管サイズの適正化：フレッシュフィード中の水分量は、15%以下、洗浄用水の追加
		副生ガス中（5%程度）のメタン、プロパンは、製品純度を低下。原料フィードを一部パージして対応。
触媒	圧力損失制御	共役オレフィンの重合
		リン脂質からのリン沈着
	操作温度	
	製品収率および品質	
運転	操作手順の改善	簡潔な手順、パージ(CO)による制御



出所：ERTC 2021 ALBEMARLE資料をもとにJPEC作成

4. コプロセッシング

- 原料種によるFCC装置への影響に関する報告事例において、大豆油、コーン油、木屑や廃プラの熱分解油の蒸留曲線の比較事例あり



– Py-Oils from recycled plastics

蒸留曲線が低温域

– Oils from biomass

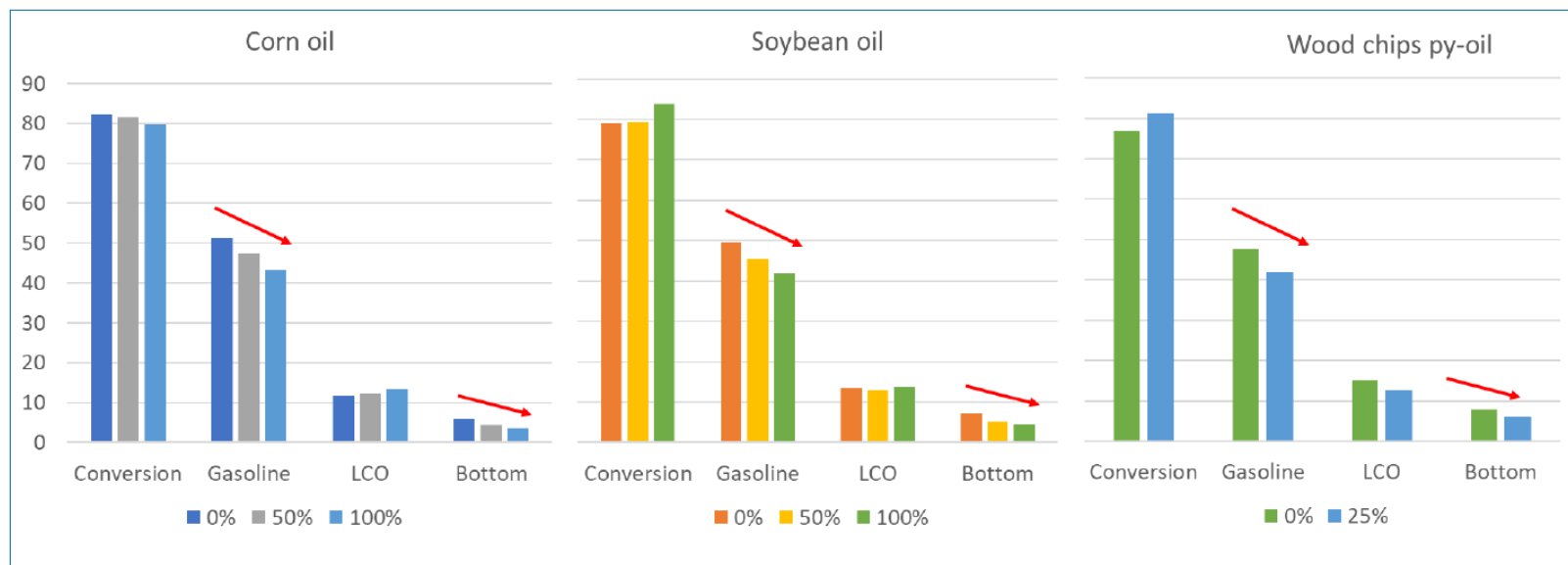
生物由来の油
蒸留曲線が狭く、
高温域

出所：ERTC 2021 BASF資料

4. コプロセッシング

- コーン油、大豆油、木屑の熱分解油のFCC装置への影響を検討、ガソリン、ボトム油の製品収量が低下

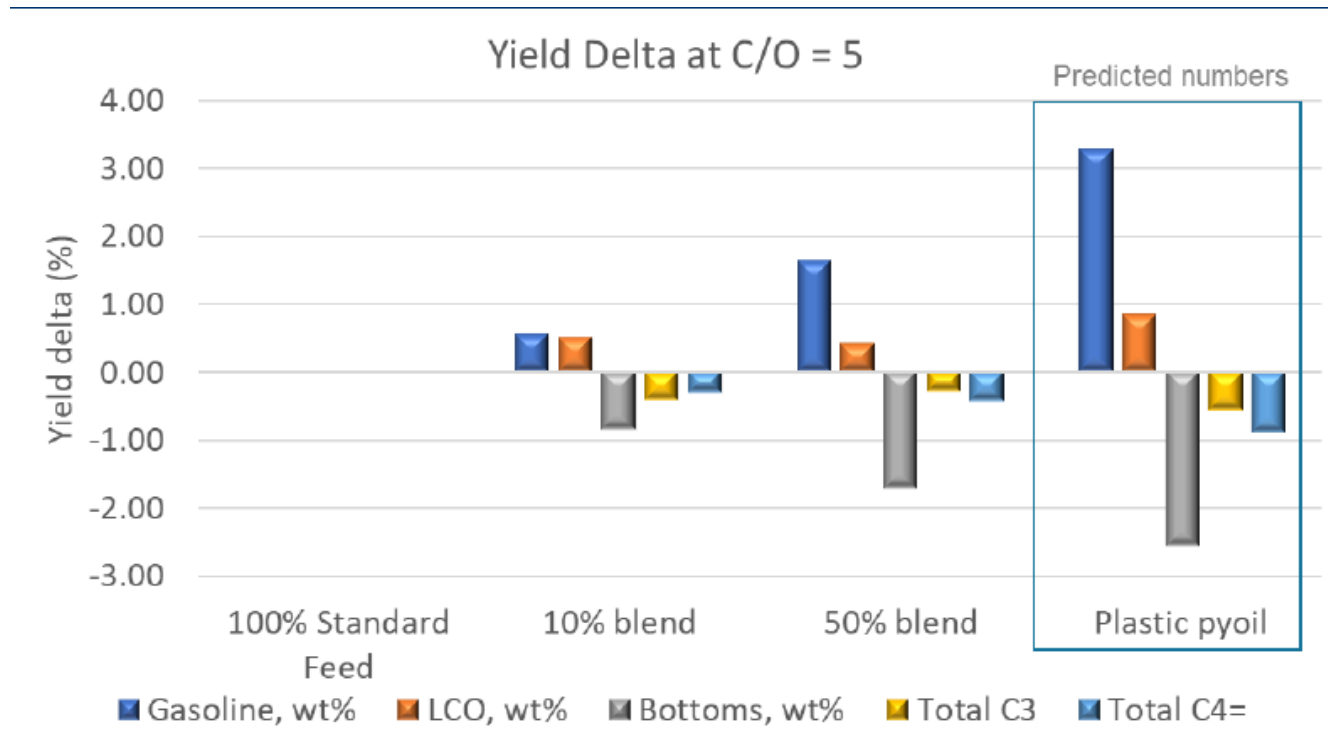
At constant C/O = 7



出所：ERTC 2021 BASF資料

4. コプロセッシング

- プラスチックの熱媒油の検討では、ガソリン収率が増加、C3、C4、ボトム油は低下



出所：ERTC 2021 BASF資料

4. コプロセッシング

➤ 製油所のコプロセッシング導入・普及状況

公開情報等からの最新状況更新

主要な用途：

再生可能ディーゼルやSAF

主たる原料：植物油や廃食油

その他：

バイオマスを原料とした熱分解油

例) Preem Lysekil製油所

No	国	石油会社	製油所	技術	備考
1	スウェーデン	Preem	Gothenburg製油所	Topsoe's HydroFlex™ technology	2010年稼働 tall oil triglycerides hydrotreaterのrevamp実施 (2021.5.25)
2	スウェーデン	Preem	Lysekil製油所	Honeywell UOP Optimix™ GF Feed Distributor	商業規模での適合性試験完了 (2021.9.15)→6箇目のトライアル 2024年までに完成
3	スウェーデン	Neste	Provoo製油所	熱分解法	熱分解装置プラントを外部に新設し、2021年末稼働予定
4	オーストリア	OMV	Schwechat製油所	hydrotreated vegetable oil (HVO).	2023年まで €200mn (\$247mn) 投資 2025年(200,000t/y)
5	ポーランド	PKN ORLEN	Unipetrol製油所	熱分解法	FTWAXを水素化分解
6	ポーランド	PKN ORLEN	Plock製油所		FS(2018) used cooked oil
7	ポーランド	PKN ORLEN	Litvinov製油所		FS(2018) used cooked oil
8	ギリシャ	Hellenic Petroleum	Aspropyrgos製油所		稼働中(2021.9.17)
9	スペイン	Cespa	Tenerife製油所	own technology	2011年稼働 used cooked oil(1,200t/y)
10	スペイン	Cespa	La Rabida製油所	own technology	2011年稼働 vegetable oil (soybean, rapeseed or palm) (278,000t/y)
11	スペイン	Cespa	San Roque製油所 (Huelva)	own technology	2015年稼働 vegetable oil (soybean, rapeseed or palm) (9t/y)
12	スペイン	Repsol	La Coruna製油所	own technology	2018年稼働 palm oil, used cooked oil (60,000t/y)
13	スペイン	Repsol	Tarragona製油所	own technology	2018年稼働 palm oil, used cooked oil (60,000t/y)
14	スペイン	Repsol	Bilbao製油所	own technology	2018年稼働 palm oil, used cooked oil (60,000t/y)
15	スペイン	Repsol	Cartagena製油所	own technology	2018年稼働 palm oil, used cooked oil (60,000t/y)
16	ポルトガル	Galp	Sines製油所	own technology	2017年稼働 waste oils, waste animal fats(25,000t/y)
17	アイルランド	Irving Oil	Whitegate製油所		稼働中 soybean oil(46,000t/a)
18	ドイツ	Irving Oil	Heide製油所*		2022年からのLivorno製油所本格稼働に先立って、Taranto製油所にて0.5%廃食油(UCO:used cooking oil)と石油系原料の混合処理で生産開始 Atmosfair (国際NPO)・Siemens、EWE、Ineratec (KIT start-up) コンソーシアム
19	イタリア	Eni	Taranto製油所	Ecofining	2022年からのLivorno製油所本格稼働に先立って、Taranto製油所にて0.5%廃食油(UCO:used cooking oil)と石油系原料の混合処理で生産開始
20	英国	Phillips 66	Humber製油所		
21	米国	Marathon Petroleum	Martinez製油所		2021.3バイオファイナリー転換発表
22	米国	PBF Energy	Martinez製油所(加州)		FCCでのCo-processing予定
23	米国	BP	Cherry Point製油所		
24	米国	Chevron	EL Segundo製油所		2021.9.14 株主向けWebcast 生産増強報告
25	カナダ	Parkland Fuel	Burnaby製油所		2017年Chevronより買収

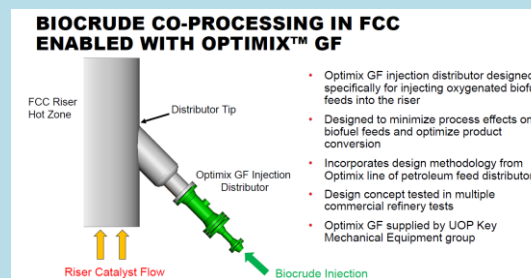
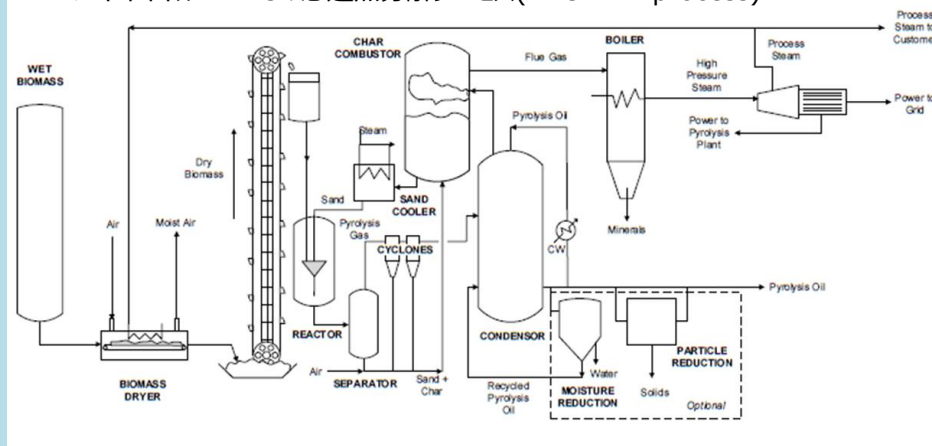
4. コプロセッシング

- スウェーデンの精製会社Preemは、2021年9月におがくずからのバイオマス熱分解油と石油系原料を、Lysekil製油所のFCC装置で商業規模の混合処理する試験を完了

No	国	石油会社	製油所	技術	備考
1	スウェーデン	Preem	Gothenburg製油所	Topsoe's HydroFlex™ technology	2010年稼働 tall oil, triglycerides hydrotreaterのrevamp実施 (2021.5.25)
2	スウェーデン	Preem	Lysekil製油所	Honeywell UOP Optimix™ GF Feed Distributor	商業規模での混合処理試験完了 (2021.9.15)→6番目のトライアル 2024年までに完成

Preem：おがくずからのバイオオイルのFCC処理

バイオオイル：BTGの急速熱分解プロセス(BTG-BTL process)



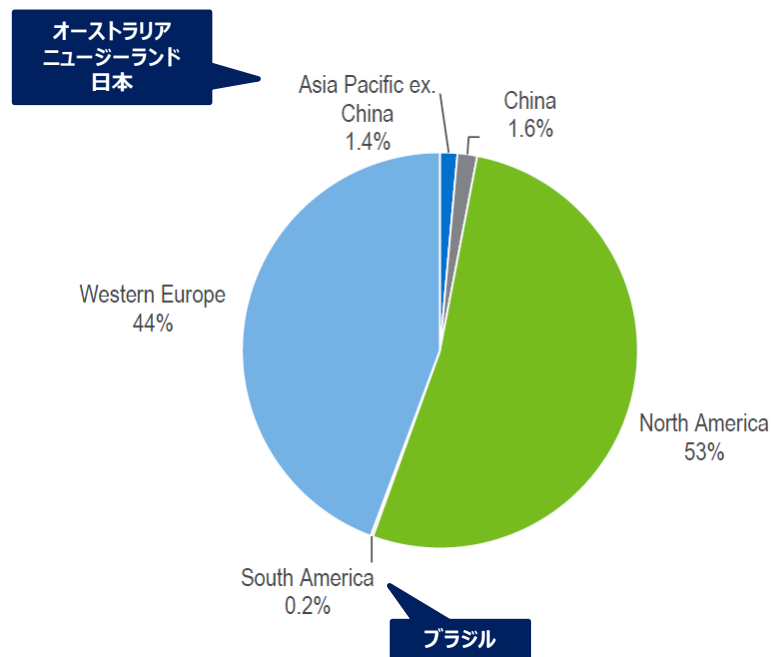
FCC コプロセッシング：原料フィードOptimix™ GF

出所：ERTC2021 UOP

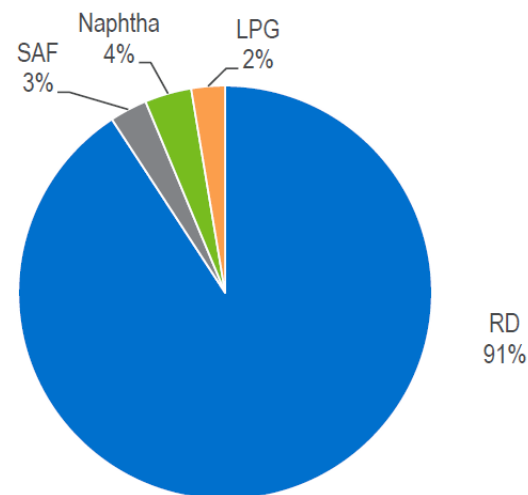
出所：NexantECA

5. 非化石燃料

- 非化石燃料：HVOの需要は、北米や西欧中心で7.6百万トン(2021年)、再生可能ディーゼル用途(RD)が主である。



HVO世界の地域別需要(2021)
(7.6百万トン)

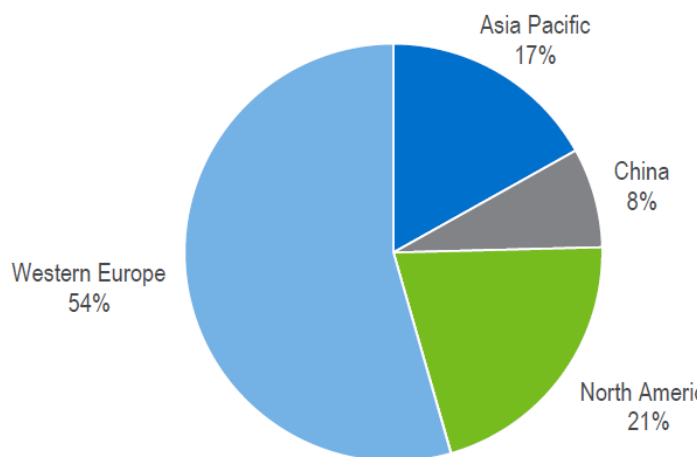


HVO世界の用途別需要(2021)
(7.6百万トン)

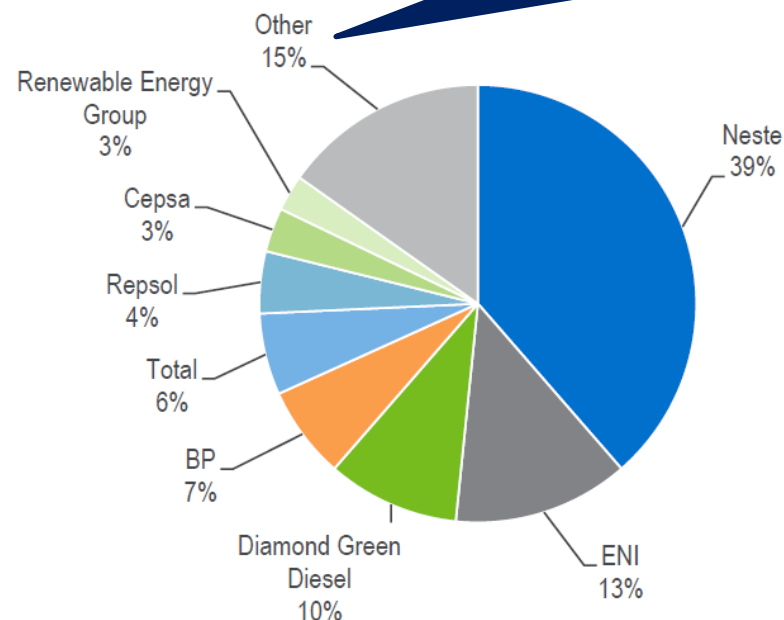
出所：NexantECA

5. 非化石燃料

- 非化石燃料：HVOの製造能力は、8.2百万トン(2021年)で、地域別では西欧が半分強で、Neste、Eni等が続く。



HVO世界の地域別製造能力(2021)
(8.2百万トン)



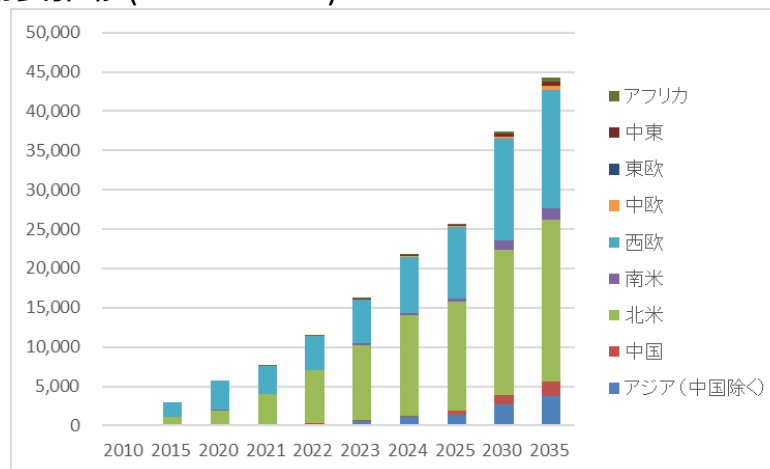
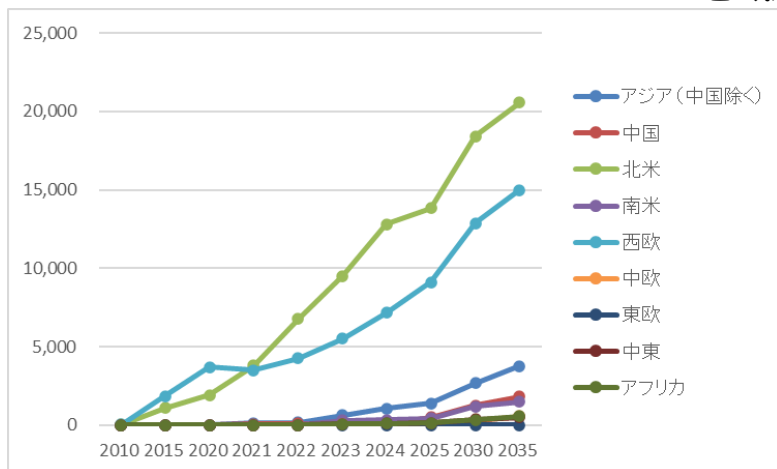
HVO世界の生産者別製造能力(2021)
(8.2百万トン)

出所：NexantECA

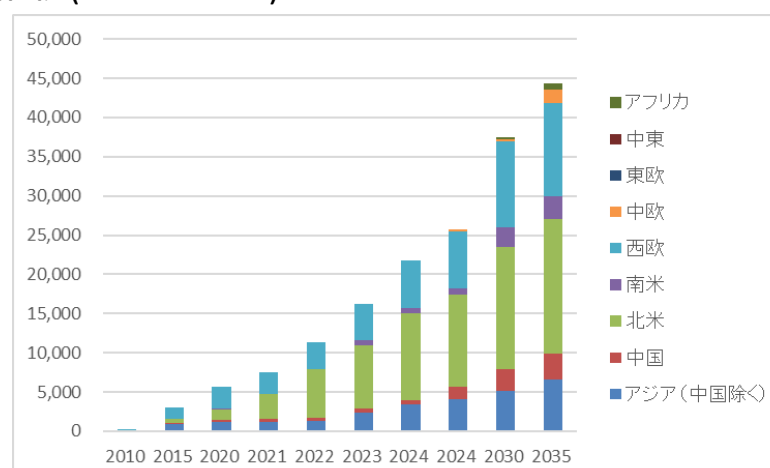
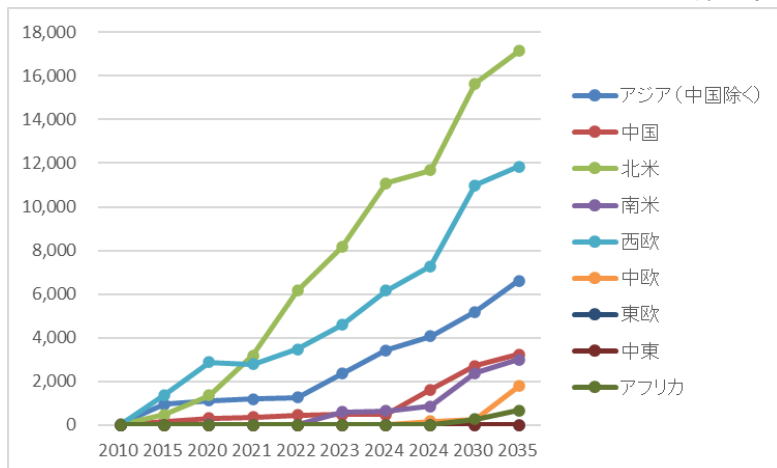
5. 非化石燃料

- 非化石燃料：HVOの2035年までの地域別需給推移は、北米・西欧中心に増加する。

HVOの地域別需要推移(2015～2035)



HVOの地域別供給推移(2015～2035)



出所：NexantECAデータをもとにJPEC作成

今年度調査した項目	分かったこと
1. ケミカルシフトの動向 ・ COTCの動向 ・ ケミカルシフト	➤ 将来の原油需要予測については、様々な見方がある。わずかではあるが、ネットゼロ原油の取引が開始している。 ➤ COTCにおいて一部見直しの動きがあるが、概して順調に進んでいる。 ➤ ケミカルハブのコンセプト提案、CO2排出削減を意識した報告ある。
2. コプロセシングの状況 ・ 課題と対応 ・ 導入／普及状況	➤ FCC装置、水素化装置について、使用される原料による原油処理と異なる課題と対応が存在する。 ➤ 主要な用途は、再生可能ディーゼルやSAFであり、主たる原料としては、植物油や廃食油が使用されている。バイオマスを原料とした熱分解油の技術開発が実証段階にきている。
3. 非化石燃料 ・ HVO需給	➤ HVOの需要は、北米や西欧中心で7.6百万トン(2021年)、再生可能ディーゼル用途(RD)が主である。HVOの製造能力は、8.2百万トン(2021年)で、地域別では西欧が半分強で、Neste、Eni等が続く。 ➤ HVOの2035年までの地域別需給推移は、北米・西欧中心に増加する。

本調査は経済産業省・資源エネルギー庁の
「令和３年度燃料安定供給対策に関する調査事業
（石油産業に係る環境規制等に関する調査）」
及び

「令和３年度燃料安定供給対策に関する調査事業
（製油所の競争力に係る技術動向に関する調査）」

として JPEC が実施しています。
ここに記して、謝意を表します。