

# 海外における製油所転換に関する動向

2023年5月10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**

石油精製のケミカルシフトに代表される石油・石化製品の生産にとどまらず、エネルギー製造ハブとしての転換や脱炭素化に向けて多様な戦略で変貌しようとする世界各地の製油所について、その移行のアプローチに関する最新情報を収集・整理し、解析・考察を行った。

## 1 各国製油所等の脱炭素化／転換に向けた経済社会環境の変化

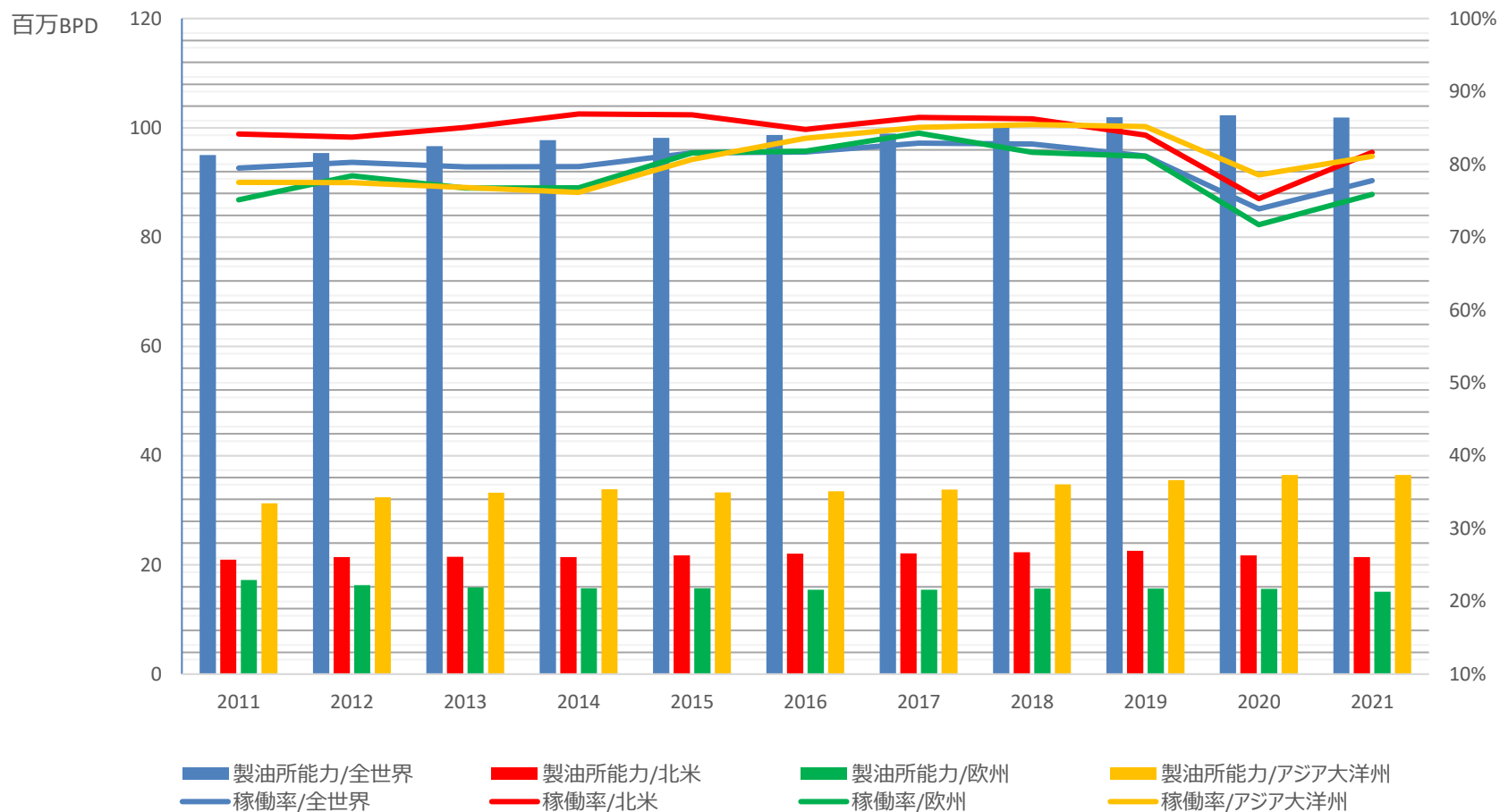
## 2 バイオリファイナリー化／ケミカルシフトなど製油所転換の対応状況

- 2. 1 各国製油所等の脱炭素化／製油所転換等の状況
- 2. 2 各国製油所等のケミカルシフト状況

## 3 製油所におけるCO<sub>2</sub>の効果的な削減に関する技術動向

- 3. 1 製油所等におけるCO<sub>2</sub>発生量とその低減対策に関する現状
- 3. 2 電解水素製造技術などCO<sub>2</sub>フリーに資する技術
- 3. 3 CO<sub>2</sub>吸収・回収やCO<sub>2</sub>用途開発技術など排出CO<sub>2</sub>を削減する技術
- 3. 4 製油所プロセスを直接電化する技術の動向

＜世界の主要地域別精製能力および稼働率の推移＞



出所) bp Statical Review of World Energy 2022 (bp)を基に、JPEC作成

[https://www.google.com/search?q=bp+statistical+review+of+world+energy+2022&rlz=1C1GCEU\\_jaJP977JP977&oq=&aqs=chrome.0.69i59i45O17j0i66i143i362.5949814739j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=bp+statistical+review+of+world+energy+2022&rlz=1C1GCEU_jaJP977JP977&oq=&aqs=chrome.0.69i59i45O17j0i66i143i362.5949814739j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

＜世界の油種別（シナリオ別）需要通し＞

**Table 7.7** ▶ World liquids demand by scenario (mb/d)

	2020	2021	STEPS			APS		
			2030	2040	2050	2030	2040	2050
<b>Total liquids</b>	<b>90.9</b>	<b>96.7</b>	<b>105.8</b>	<b>107.5</b>	<b>107.6</b>	<b>98.7</b>	<b>82.8</b>	<b>69.6</b>
Biofuels	2.0	2.2	3.4	4.6	5.3	5.5	8.7	9.2
Low-emissions hydrogen-based fuels	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	1.2	3.2
<b>Total oil</b>	<b>88.9</b>	<b>94.5</b>	<b>102.4</b>	<b>102.8</b>	<b>102.1</b>	<b>93.0</b>	<b>72.9</b>	<b>57.2</b>
CTL, GTL and additives	0.8	0.9	1.1	1.3	1.3	1.0	0.7	0.3
Direct use of crude oil	1.0	0.8	0.5	0.4	0.3	0.4	0.3	0.2
<b>Oil products</b>	<b>87.1</b>	<b>92.8</b>	<b>100.8</b>	<b>101.1</b>	<b>100.5</b>	<b>91.6</b>	<b>71.9</b>	<b>56.7</b>
LPG and ethane	13.3	13.6	15.6	16.2	15.8	14.4	12.4	10.4
Naphtha	6.4	6.9	7.7	8.6	9.5	7.3	7.4	7.4
Gasoline	21.9	23.6	23.2	21.4	19.3	20.6	13.1	8.2
Kerosene	4.7	5.7	9.2	10.3	11.8	8.7	8.0	7.6
Diesel	25.0	26.5	28.2	28.4	28.2	25.0	18.3	12.6
Fuel oil	5.7	5.9	5.5	5.6	6.3	4.8	3.4	2.5
Other products	10.1	10.6	11.4	10.6	9.6	10.8	9.3	8.0
Fractionated products from NGLs	11.3	11.5	13.4	12.1	11.6	12.7	10.1	8.8
Refinery products	75.8	81.3	87.4	89.0	88.9	78.9	61.8	47.9
<i>Refinery market share</i>	83%	84%	83%	83%	83%	80%	75%	69%

Notes: CTL = coal-to-liquids; GTL = gas-to-liquids; NGLs = natural gas liquids; LPG = liquefied petroleum gas.  
See Annex C for definitions.

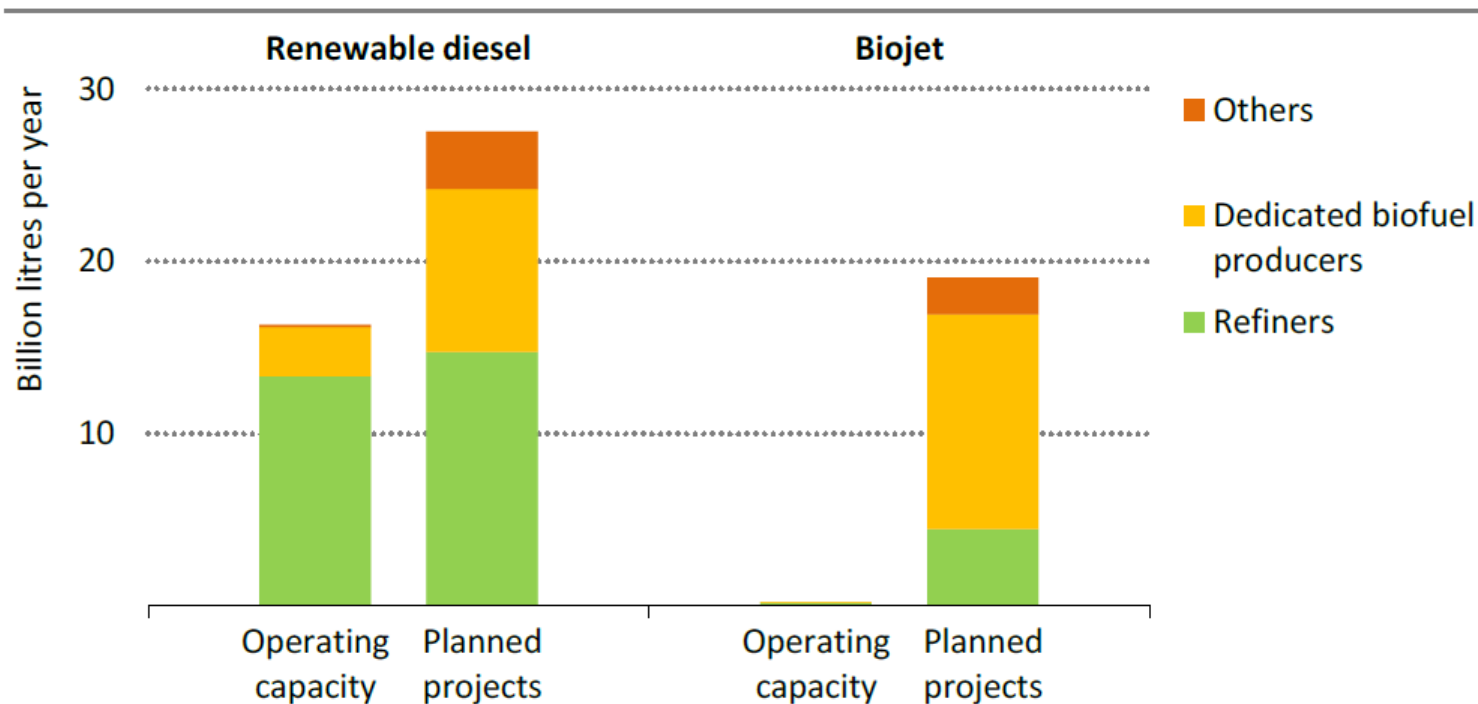
STEPS : Stated Policies Scenario  
APS : Announced Pledged Scenario

出所) World Energy outlook 2022 (IEA)

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

＜世界全体で稼働中/計画中のバイオ燃料製造能力＞

**Figure 7.19** ▽ Operating and planned production capacity for renewable biodiesel and biojet fuels by company type



IEA. CC BY 4.0.

*Refiners are increasingly expanding into the biofuels supply chain, representing around 80% of today's production capacity and over half of planned renewable diesel projects*

出所) World Energy outlook 2022 (IEA)

<https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>

石油精製を需要に応じ削減しつつ、バイオなど低炭素燃料製造の展開/拡大は既に着手済み。廃棄物からの次世代バイオ燃料、再生エネからの水素や合成燃料の製造への転換も視野に入れた対応が進められている。

## ＜代表的な次世代液体燃料製造拠点への転換事例＞

次世代液体燃料製造施設への代表的な転換事例をデータベース化した。さらに着眼点などを抽出し、取りまとめた。

案件毎に背景や狙いは異なるものの、どのケースにおいても、事業の継続性の観点での経営判断がなされている。

特徴/狙いとして、以下のようなものが挙げられる。

- ① 新たな株主の下で、バイオリファイナリーとして再出発
- ② 政策・制度を有効活用して、バイオリファイナリーに転換
- ③ 既存設備の老朽化を刷新し複合的な次世代型製油所に転換
- ④ 国策に基づき、既存製油所内にバイオ燃料製造装置を実装
- ⑤ 再生可能エネルギーを有効活用し、次世代型製油所に転換

ここでは、製油所転換に向けたプロジェクトの最新動向の具体的事例を紹介する。

# 【バイオリファイナリー化／ケミカルシフトなど製油所転換の対応状況】

世界各地の製油所が置かれた環境は多様であり、原料転換やCO2排出削減/脱炭素化にとどまらず、目的生産物の石化品へのシフトなど様々なプランによる生き残りを図っている。ここでは、製油所転換に向けたプロジェクトの一例を示す。

## 製油所転換に向けた事例/プロジェクト等

	国	社名	製油所/地域	CDU能力 (万bdp)	製品 (生産量/規模)	稼働年
バイオ燃料	フィンランド	Neste	Porvoo	20.6	RD (200-400万トン/年)	2023
	ドイツ	bp	Lingen	9.2	SAF	2020
	カナダ	Cresta Funds Management	Braya (旧:Come By Chance)	13 (停止)	RD,SAF (18千BPD)	2022
	カナダ	Imperial Oil	Strathcona	18.6	RD等 (3.1億ガロン/年)	2024
	米国	Phillips66	Rodeo (San Francisco)	12	RD等 (8億ガロン/年)	2024
	米国	Marathon Petroleum	Martines	16.1 (停止)	RD等 (7.3億ガロン/年)	2023
	中国	Zhenhai Refining & Chemical Co.	浙江省寧波市	46.2	SAF (10万トン/年)	2022
	インドネシア	Pertamina	Cilacap / Dumai	34.8 / 11.8	RD等 (3千BPD / 1千BPD)	2026
次世代液体燃料	ドイツ	Klesch	Heide	9	e-メタノール/ケミカル、SAF、水素	2023-28
	ドイツ	Shell	Rheinland	33.6	バイオLNG/燃料/ケミカル、水素	2023-25
	フランス	TotalEnergies	La Mede / Grandpuits	15.3 / 10.1 (停止)	HVO,グリーン水素	2019-24
	オランダ	Shell	Pernis	42.1	HEFA,グリーン水素	2024-25
	オーストラリア	bp	Kwinana	13.8 (停止)	RD/SAF、水素/アンモニア	2025
ケミカルシフト 石化統合プロジェクト	ポーランド	PKN Orlen	Plock / Gdansk	21 / 33	オレフィン等	
	韓国	S-Oil	Onsan (温山)	67	エチレン、プロピレン等	2026
	中国	中国石化広西石化公司	Guangxi Refinery (欽州市)	20.2	エチレン (120万トン/年) 等	2025
	中国	中国石化広東石化公司	Jiayang Complex (揚陽市)	40 (新設)	エチレン (120万トン/年) 等	2022-25
	インド	IOCL	Panipat, Haryana	32.5	PP、バイオ燃料等	
	サウジアラビア	Saudi Aramco	Al-Jubail	30.5	エチレン (165万トン/年) 等	2027
水素	デンマーク	Postlane	Fredericia	6.8	グリーン水素 等	2022-30
	米国	CVR Energy	Coffeyville	12.9	ブルー水素,CCS	2021
	インドネシア	Pertamina	Cilacap	34.8	ソーラー発電,グリーン水素	2024
CO2捕集/回収、CCUS その他CO2削減等	英国	Phillips 66	Humber	22.1	(FCCからのCO2回収)	2027
	ノルウェー	Equinor (Mongstad)	Mongstad	20.3	(CO2回収の実証)	2023
	米国	Shell	Motiva, Texas	60.8	(Electric Heat Tracing)	
	インドネシア	Pertamina	Balikpapan	24.7	(水素装置からのCO2回収)	未定

## ＜新たな株主の下で、バイオリファイナリーとして再出発＞

国名：カナダ

企業：Cresta Fund Management

製油所：Braya Renewable Fuels (旧Come by Chance、13万BPD)

経緯：1973年：操業開始

1976年：経営破綻

1980年～2020年：Petro Canada、Vitol他様々な企業が次々を買収

2021年：Cresta Fund Managementが、再生可能燃料工場への転換を目指して買収。製油所名をBraya Renewable Fuelsに改称。

2022年：再生可能燃料工場としての操業再開を計画

転用設備：水素関連装置、ユーティリティ（電力、水など）  
オフサイト関連設備（タンク、出荷設備など）等

新設設備：Hydroflex (Licensor：Haldor Topsoe)

投資額：N.A.

原料：大豆油、獣脂、廃食油、コーン油

生產品：再生可能ディーゼルおよびSAF（合わせて18千BPD）

稼働時期：Phase I 2022年後半

Phase II 時期未定（24千BPDに拡張）

原料調達を選択肢を低価格の菜種油などに  
広げるため前処理設備を新設予定

優位性：①Ice-free、Deep-waterの港湾

②Easy access to a railway, highway and shipping lanes（向け先：北米東岸および欧州）

出所

[Braya Renewable Fuels - Energy, Oil & Gas magazine \(energy-oil-gas.com\)](#)

[Newfoundland refinery to reopen as renewable facility | Global Energy Infrastructure](#)



出所：同社ホームページ



## ＜政策・制度を有効活用して、バイオリファイナリーに転換＞

国名：米国

企業：Marathon Petroleum Corp.

製油所：Martinez refinery (旧16.1万BPD)

経緯：1913年：操業開始 (Tidewater Associated Oil Company)

2020年：操業停止(COVID-19)、再生燃料工場への転換計画発表

2022年：“Land Use Permit”および“Environmental Impact report”  
を地元行政が承認、

Nesteと50:50のJ/V“Martinez Renewables”を設立

転用設備：受入ターミナル、出荷ターミナル、陸上出荷設備、水素化処理  
関係の設備は中規模の改修で転用予定

新設設備：原料前処理設備、廃水処理設備、Low-NOx燃焼装置

撤去設備：蒸留塔、ガソリン水素化処理設備、Alkylation装置、FCC、Reformer、  
Delayed coker、Steam boilers

投資額：約12億ドル(約1,620億円)

原料：大豆油、コーン油、廃食油、獣脂他

生產品：RD他 (2022年末：2.6億ガロン(約1百万kl)/年、2023年末：7.3億ガロン(約2.8百万kl)/年)

助成金：N.A.

稼働時期：装置完成 2022年末まで、フル稼働 2023年末まで

優位性：① **California's Low Carbon Fuel Standard(州内向け限定)からのcredit、Renewable Identification Number**  
② 既存設備 (オンサイト/オフサイト) の転用

出所

<https://www.marathonpetroleum.com/Newsroom/Company-News/Marathon-seeks-permits-for-Martinez-renewable-diesel-project/>

[Marathon Petroleum reiterates Martinez Renewables guidance, posts net income of \\$4.5 billion | Oil & Gas Journal \(ogj.com\)](https://www.marathonpetroleum.com/Newsroom/Company-News/Marathon-seeks-permits-for-Martinez-renewable-diesel-project/)

<https://www.ogj.com/energy-transition/article/14235075/marathon-partnering-with-neste-on-martinez-refinerytorenewables-project>

[Martinez Refinery Renewable Fuels Project | Contra Costa County, CA Official Website](https://www.ogj.com/energy-transition/article/14235075/marathon-partnering-with-neste-on-martinez-refinerytorenewables-project)



出所：同社ホームページ

## ＜既存設備の老朽化を刷新し複合的な次世代型製油所に転換＞

国名：フランス

企業：TotalEnergies SE

製油所：Grandpuits refinery (旧10.1万BPD)

経緯：1966年：操業開始

2020年：バイオリファイナリー/バイオプラスチック/廃プラケミカルリサイクル  
のコンプレックス工場への転換計画発表

2021年：原油処理停止

2022年：EPC契約発注(Technip Energies)

転用設備：N.A.

新設設備：水素製造装置(Air Liquideが設置、バイオガスを原料として水素を生産)

投資額：5億ユーロ超(約700億円超)

原料：40万トン/年の廃食油、獣脂、菜種油他（除くパーム油）

生産品：SAF(17万トン/年)、RD(12万トン/年)、Renewableナフサ(5万トン/年)

採用技術：Ecofining™ by Honeywell UOP for SAF

助成金：N.A.

稼働時期：2024年の予定

特記事項：①2014年と2019年、260kmの原油受入パイプラインで老朽化による漏油事故（通油量が70%Maxに制限）

②バイオプラスチックプラント(PLAを10万トン/年、2024年)と廃プラケミカルリサイクル設備(2030年)を併設

③コンプレックス工場向けに28MWの太陽光プラントを設置

④約400名の従業員のうち削減される150名は早期退職と内部異動で吸収

⑤SARIA AS GmbH & Co.が獣脂と廃食油を供給



出所：同社ホームページ

出所

<https://totalenergies.com/media/news/news/energy-transition-total-investing-more-eu500-million-convert-its-grandpuits>

<https://www.nenergybusiness.com/projects/grandpuits-refinery-conversion/>

<https://www.ogj.com/energy-transition/article/14286171/totalenergies-lets-contract-for-grandpuits-refineryto-renewables-project>

<https://www.technipenergies.com/en/media/press-releases/technip-energies-awarded-contract-sustainable-aviation-fuels-production-totalenergies-grandpuits>

<https://www.ofimagazine.com/news/totalenergies-and-saria-sign-agreement-to-develop-sustainable-aviation-fuel-saf-at-grandpuits-refinery>

<https://energynews.pro/en/france-totalenergies-grandpuits-refinery-will-no-longer-produce-oil/>

## ＜国策に基づき、既存製油所内にバイオ燃料製造装置を実装＞

国名：インドネシア

企業：Pertamina (KPI:Kilang Pertamina Internasional)

製油所：Cilacap refinery (34.8万BPD)

経緯：1974年：操業開始（当初10万BPD）

2021年：RDMP\*計画の下、B30用HVO本格生産開始

2022年：HVOのISCC認証を取得

転用設備：N.A

新設設備：N.A

投資額：約2億ドル（約270億円）For “Green Refinery project”

原料：パーム油、廃食油

生産品：HVO (Pertamina RD)、現状3千BPDを将来6千BPDに拡大

採用技術：Ecofining™ by Honeywell UOP

助成金：N.A

完成時期（製油所能力増強他Revamp）：2026年

優位性：① **自国の豊富な再生可能原料（世界最大のパーム油の生産・輸出国）の有効利用**

② **同国随一の多目的製油所（石化原料/潤滑油/アスファルトも製造）の更なる多機能化**

その他特記事項：自家燃用燃料のLNG転換計画推進中（受け入れターミナル建設）



出所：Pertamina

### 【Refinery Development Master Plan(RDMP\*)/Grass Root Refinery (GRR)計画】

・国内製油所の処理能力の拡大(100→200万BPD)を主目的として、既存三製油所(Cilacap/Balikpapan/Balongan)の拡張・グリーン化（RDMP）および二製油所(Tuban/Bontang)の新設(GRR)を推進・計画中。

出所

[docspike.com\\_pertaminas-refining-development-master-plan-rdmp.pdf](https://docspike.com/pertaminas-refining-development-master-plan-rdmp.pdf)

[Pertamina to Use Honeywell UOP Technologies](#)

[Supporting SDGs No 13, Pertamina Renewable Diesel Products Shows Pertamina's Global Decarbonization Implementation | Pertamina](#)

<https://tanahair.net/kpi-combines-cpo-and-used-cooking-oil-to-5050-to-increase-green-refinery-capacity/>

## <再生可能エネルギーを有効活用し、次世代型製油所に転換>

国名：オーストラリア

企業：BP p.l.c.

製油所：旧 Kwinana oil refinery (13.8万BPD)

経緯：1955年：操業開始（Anglo-Iranian Oil、BPの前身）

2021年：精製事業停止、石油製品輸入ターミナルに転換

2022年：グリーン水素ハブへの転換計画発表（FS中）

転用設備：ユーティリティー（電力、水など）

オフサイト関連設備（タンク、出荷設備など）等

新設設備：電解槽（75MW以上）、水素貯蔵設備等

投資額：N.A.

原料：獣脂、廃食油、(再エネ電力\*)

生産品：RDおよびSAF（合わせて8-10千BPD）、水素およびアンモニア

助成金：FSに30万豪ドル（約29百万円）事業に最大70万豪ドル（約67億円）（グリーン水素事業）

稼働時期：RD（2025年後半予定）、SAF（未定）、水素/アンモニア（未定）

優位性：①周辺の工業地帯（精錬、化学、セメントその他）への容易なアクセス

②既存の出荷/配送インフラ等の転用/活用



BP's former oil refinery site in Kwinana will host a plant for sustainable aviation fuel as well as a green hydrogen plant.

出所：The Australian Financial Review

### 【Asian Renewable Energy Hub】\*

提案者：BP(Operator:40.5%),Intercontinental Energy, CWP Global and Macquarie Capital他

場所：Western Australia

構想：大規模(最大26GW)なグリーン電力(陸上風力+ソーラ発電)により、Pilbara地域における鉱業などを電化。また、輸入軽油の置き換え、船用燃料の転換、1.6百万トン/年の水素或いは9百万トン/年のアンモニア製造を行い、グリーン水素/アンモニアとしての輸出を目指す。

状況：2022年、Original partnerであったデンマーク Vestas Wind Systems(風力発電機メーカー)に替わり、BPが本案件に参画し、FS中。

出所

[bp welcomes federal funding for green hydrogen hub at Kwinana, Western Australia | News and insights | Home](#)

[BP's green transformation starts with Kwinana \(afr.com\)](#)

<https://research.csiro.au/hyresource/asian-renewable-energy-hub/>

## (1) 石油精製/石油化学を取り巻く今後の需給/市場環境

アジア域（インド等）を始めとした成長市場においては、石油製品需要以上に、石化製品の成長率が高い傾向がある。

## (2) COTC（Crude Oil to Chemicals）等の最新鋭石化製油所技術

プロピレンや芳香族を増産するプロセスにかわって、製油所を石油化学品原料の供給基地とするケミカルハブ／石化コンプレックス化に向けて以下のような技術の適用事例あり。

- ① Lummus Technologyによる韓国S-OilへのCrude-to-Chemicals技術提供
- ② MACDERMOTT社の新石化製油所スキーム（FCCによるプロピレン増産等）

## (3) 具体的に進行中のケミカルシフト／精製・石化統合プロジェクト事例

中国・韓国やインドを始めとした各国で進んでいるいわゆるCOTC(Crude Oil to Chemicals)製油所の主なプロジェクト事例について調査を行った。

ここでは、中国および韓国で進められているケミカルシフトや精製・石化統合プロジェクトの代表事例を紹介する。

## <精製・石化統合プロジェクト>

国名：中国

企業：中国石油広東石化公司

製油所：Petrochina Guandong Petrochemical Jieyang Complex

経緯：2017年：合併会社設立

2018年：広東省発展・改革委員会による再認可（石油精製專業から**精製・石化統合プロジェクトへの転換**）、pre-FEED完了

2020年：着工

2022年後半～：順次稼働開始

常圧/減圧蒸留装置（10月～）、石油コークス/水素プラント（11月～）、ナフサ水素化装置（12月～）

芳香族複合プラント、エチレンラッカー（2023年2月～）、タンカーでの石油製品初出荷（2023年2月）

転用設備：－

新設設備：常圧蒸留装置二基（計2,000万トン/年）を含めた石油精製プラント一式、  
エチレンラッカー含めた石油化学関連プラント（エチレン:120万トン/年）

投資額：約654億元（約92億ドル）【当初計画】

原料：ベネズエラ原油【当初計画】⇒中東原油も処理

生産品：石油化学品（オレフィン、パラキシレン・トルエン等の芳香族）

稼働時期：2022年末から順次

優位性：精製專業から**石化事業との統合による事業の  
多角化/高付加価値化**

出所

「中国の石油産業と石油化学工業」 「East & West Report」 (株)東西貿易通信社

<https://chem.vogel.com.cn/c/2020-11-25/1069439.shtml>

<https://oil.in-en.com/html/oil-2939470.shtml>

<https://www.163.com/dy/article/HD6ECJMQ0552FLRS.html>



出所

<https://info.21cp.com/info/detail/364695061633474560.html>

## <COTC "Crude Oil to Chemicals" によるケミカルシフト>

国名：韓国

企業：S-Oil Corporation

製油所：Onsan refinery (65万BPD)

経緯：1976年：操業開始 (Korea-Iran Petroleum Company)

1991年：Saudi Aramcoが35%資本参加

2014年：Saudi Aramcoが63%超に買い増し

転用設備：N.A.

新設設備：Steam cracker他関連設備一式 (Aramco初の商用プラント)

投資額：約70億ドル(約9,450億円)、IRR:16.4%(Payback:6 years)

原料：原油、LCO、Slurry、Asphalt

生産品：エチレン78万トン/年、プロピレン100万トン/年 ← 石油化学品の得率が約2倍の25%に

採用技術：TC2C™ by Aramco/Lummus

助成金：N.A.

稼働時期：2026年 (2023年着工予定)

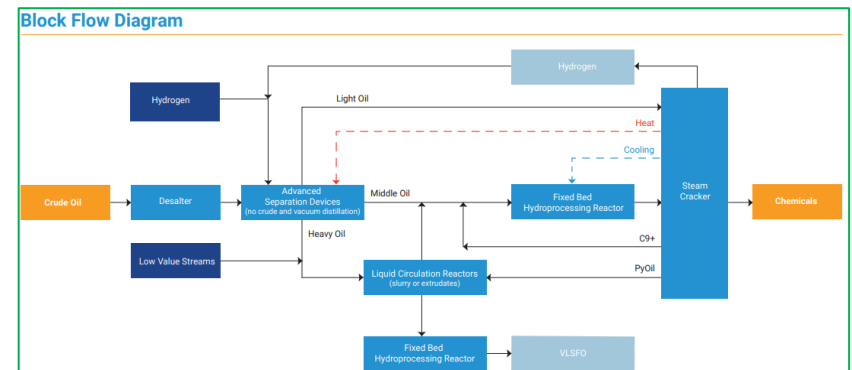
優位性：中長期的に需要の伸びが見込まれる

石化品製造への転換

背景：Aramcoの戦略として、2030年までに原油の用途として石化向けを現状の約4倍の約4百万BPDにする計画。本案件に続き、サウジ国内と中国でもJVによる石化プロジェクトを発表。



出所：同社ホームページ



出所：Lummus

出所

<https://www.aramco.com/en/news-media/news/2022/aramco-affiliate-s-oil-to-build-one-of-the-worlds-largest-petrochemical-crackers-in-south-korea>

[Crude oil to chemicals | Aramco](#)

[2021-08-18-TC2C-Tech-Sheet.pdf \(lummustechnology.com\)](#)

<https://www.energyintel.com/00000185-1abe-dbb8-abad-3ebff2510000>

- 3. 1 製油所等におけるCO2発生量とその低減対策に関する現状
- 3. 2 電解水素製造技術などCO2フリーに資する技術
- 3. 3 CO2吸収・回収やCO2用途開発技術など排出CO2を削減する技術
- 3. 4 製油所プロセスを直接電化する技術の動向

## 【3. 1 低減対策】

### 個別対策毎のCO2削減比較

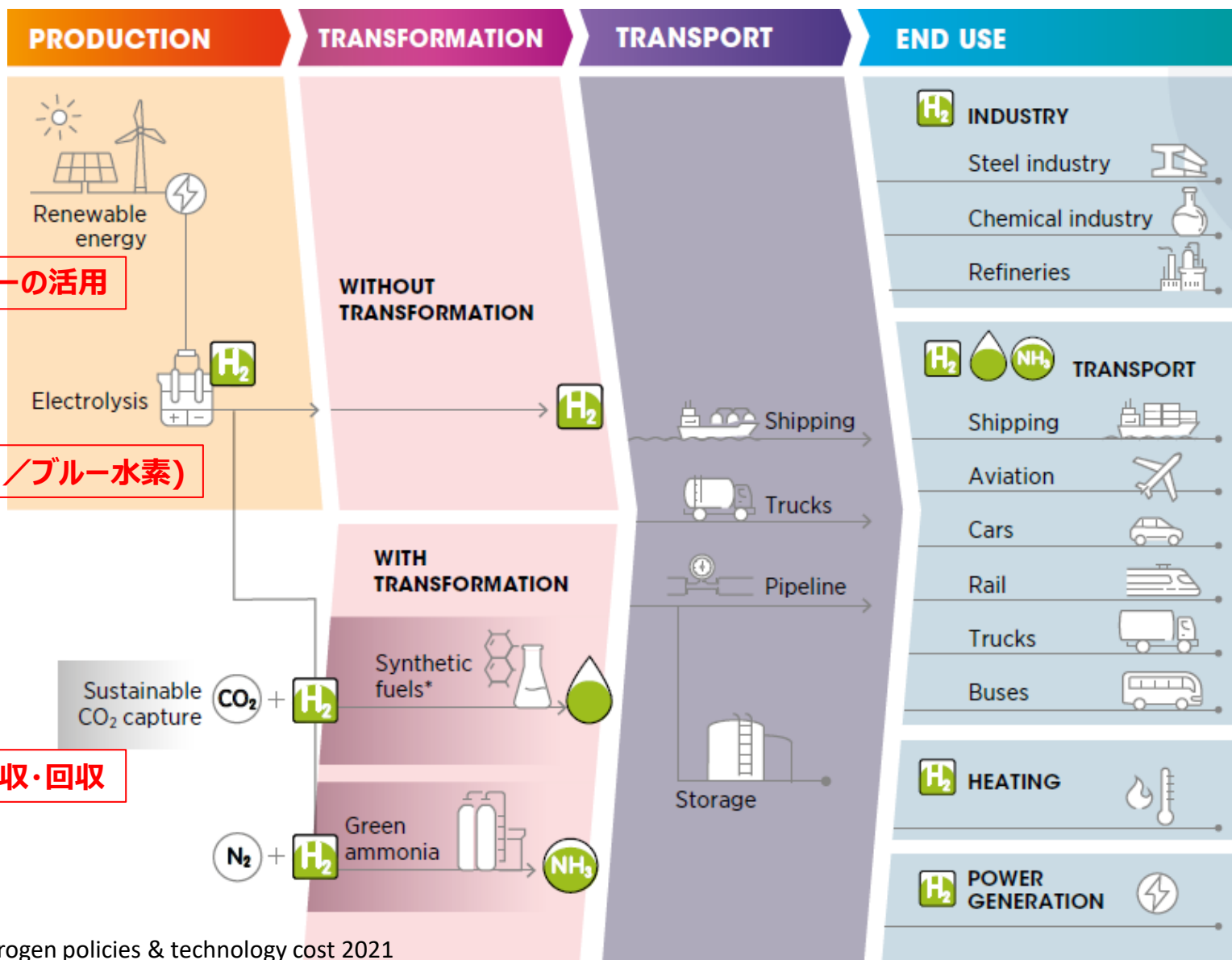
個別対策項目		CO2排出量 (kt-CO2)	CO2削減量 (kt-CO2)	CO2削減率 (%)	分類
ベース		33,018	0	0.0	-
①-A	製油所全体の省エネルギー(全体の省エネ3%)	32,155	864	2.6	エネルギー効率
①-B	常圧蒸留装置周りの汚れ制御(常圧蒸留装置の省エネ25%)	31,214	1,804	5.5	エネルギー効率
①-C	FCCのコークス制御(FCC装置の省エネ10%)	32,116	903	2.7	エネルギー効率
②	100%LNG*	32,486	532	1.6	燃料の低炭素化
③-A	電力のみ再生可能電力100%*	31,256	1,763	5.3	再生可能電力
③-B	燃料も含め全て再生可能電力100%	15,611	17,407	52.7	再生可能電力
④	再生可能電力による電解水素製造またはグリーン水素輸入100%	27,170	5,849	17.7	グリーン水素導入
⑤-A	水素製造時に分離されるCO2のみ回収	28,762	4,257	12.9	CCS導入
⑤-B	水素製造時に分離されるCO2+燃焼排ガスからCO2を10%回収	25,889	7,130	21.6	CCS導入
⑤-C	水素製造時に分離されるCO2+燃焼排ガスからCO2を50%回収	14,381	18,638	56.4	CCS導入

\* : 製油所ガスの対応要

出所) JPEC「石油精製段階のエネルギー消費量・CO2排出量に関する解析」

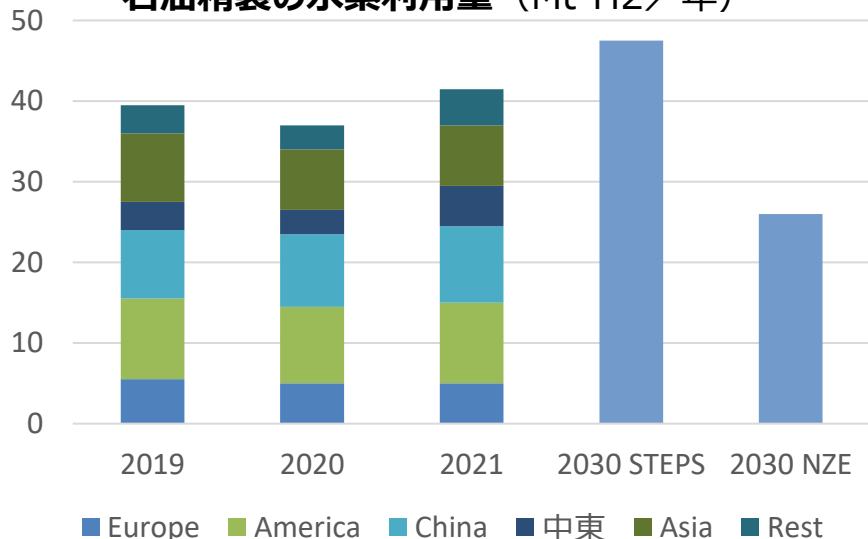


## 再生可能エネルギーからの各種製品への転換利用例（IRENA2021）



石油精製用の水素も、徐々にグリーン／ブルー水素に置き換わる。欧州／北米／中国が中心

### 石油精製の水素利用量 (Mt-H<sub>2</sub>/年)

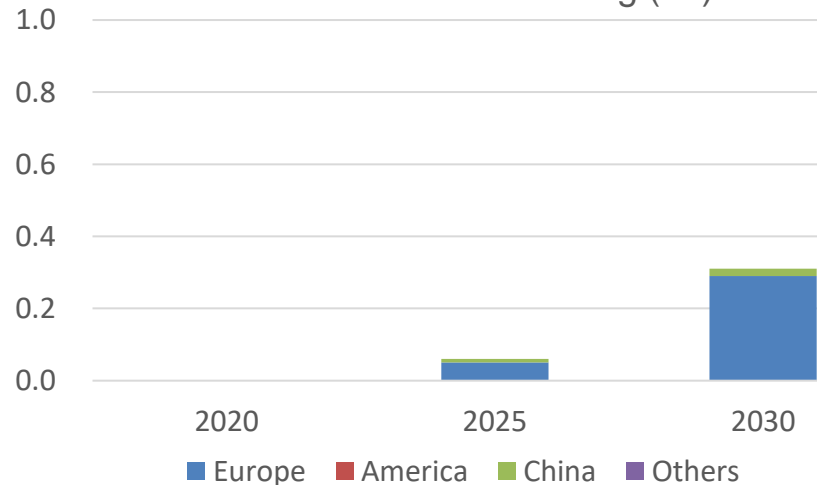


出所) Global Hydrogen Review 2022 (IEA)  
IEA Hydrogen Projects Database (2022)

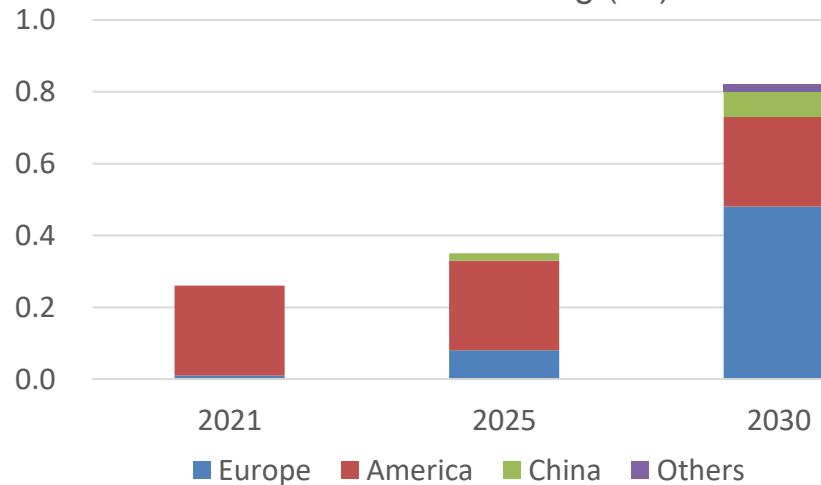
### 主な製油所関連の水素プロジェクト

	Green H <sub>2</sub>	Blue H <sub>2</sub>
<b>EU</b>	REFHYNE(1:10 MW, 2:100MW). HySynergy (1 GW by 2030);	2024 Porthos Port of Rotterdam Air Liquide, Air Products, ExxonMobil, Shell
<b>USA</b>		2013 Port Arthur: Carbon Dioxide Capture and Storage Project (2026 Air Products 700kt-H <sub>2</sub> )
<b>China</b>	2023 Sinopec is developing at Kuqa (新疆ウイグル自治区) (260 MW / 44kt-H <sub>2</sub> )	2025 CNPC China Northwest hub in Xinjiang (新疆ウイグル自治区)

### Green H<sub>2</sub> for Refining (Mt)



### Blue H<sub>2</sub> for Refining (Mt)



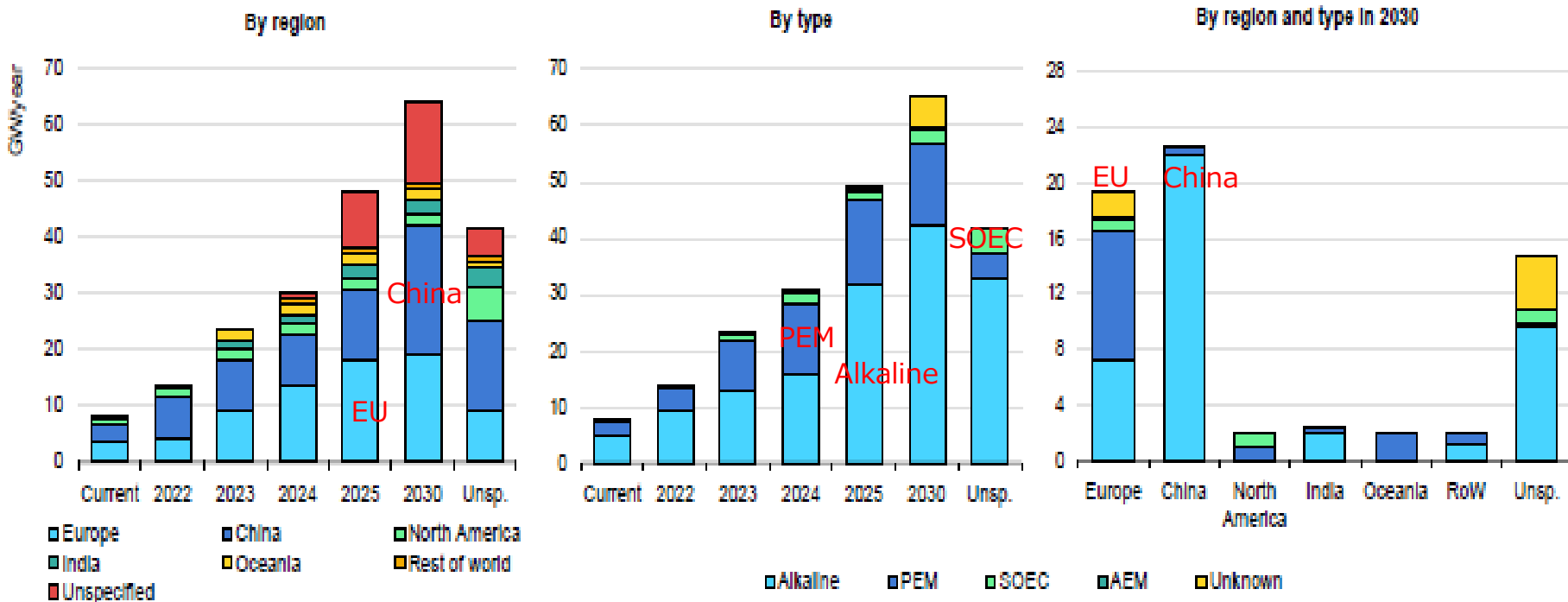
## グリーン水素製造のための水電解技術の主な特徴

	アルカリ		酸性	固体酸化物
電解槽	Alkaline	AEM	PEM	SOEC
電解質／膜	KOH	Anion Exchange Membrane	Proton Exchange Membrane	Ceramic : Solid metal oxide
電極	Ni & Ni-Mo	Ni	Pt & Pt-Pd	ペロブスカイト
触媒	Pt, Ru		Pt, Ir	ZrO <sub>2</sub> , La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
運転温度 (°C)	50 - 80	50 - 60	60 - 200	800 - 1,000
システム効率%	68 - 77	<= 74	70 - 80	80 - 90
投資コスト \$/kW	800-1,500	n/a	1,400-2,100	> 2,000
TRL	9 ~	2 - 5	7 - 9	5 - 7
長所	低製造コスト 大規模化可	膜による電解質とガスのリーク防止	高効率 高耐久性	高効率 希少金属不使用
短所	効率中程度 腐食性 (高アルカリ)	低TRL サイズ小	Pt高価格 Pt,Ir資源制約	中TRL 製造技術未成熟

参考) <https://www.oxfordenergy.org/publications/cost-competitive-green-hydrogen-how-to-lower-the-cost-of-electrolysers/>

## 電解槽製造メーカーの製造容量見通し 地域／電解槽タイプ／2030年時の地域とタイプ

Electrolyser manufacturing capacity by region and type to 2030

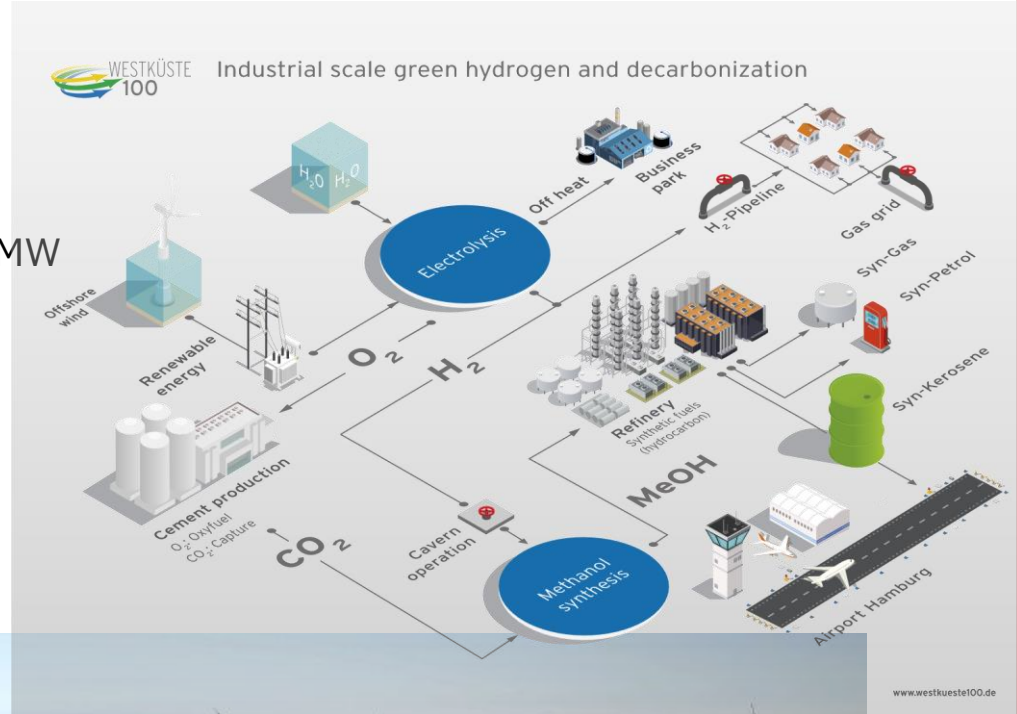


出所) IEA Global Hydrogen Review 2022

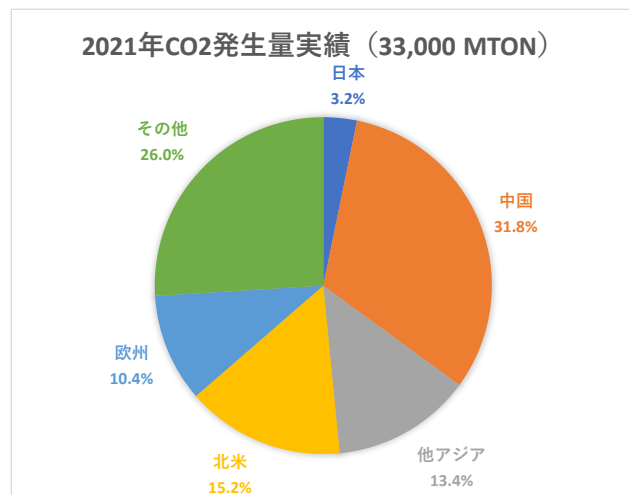
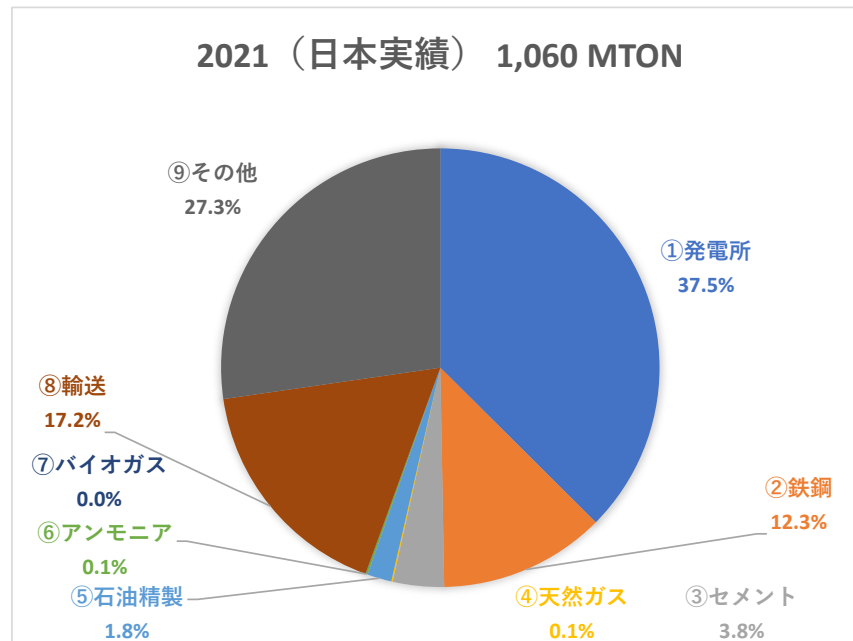
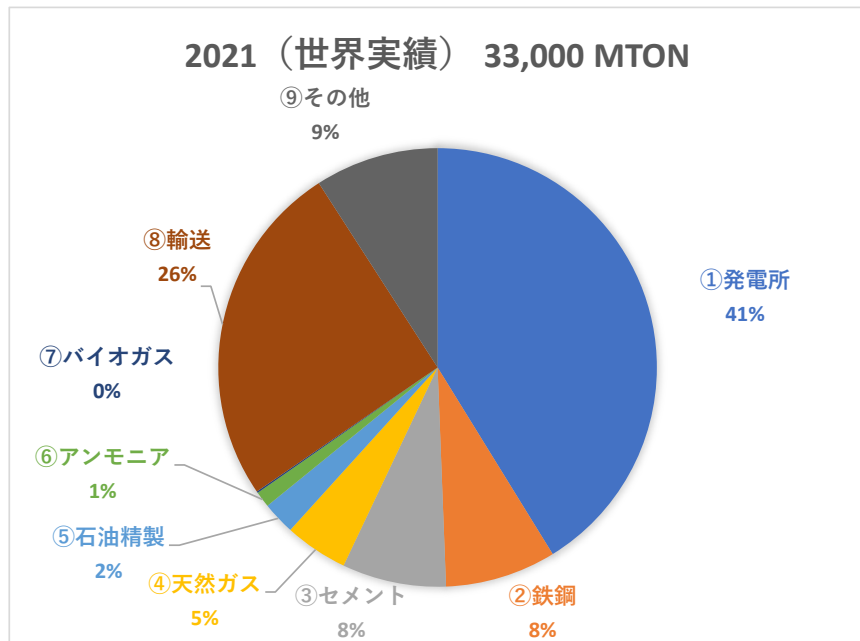
# 製油所脱炭素化に向けたプロジェクト例

## ERTC 2022 基調講演から Heide Refineryの事例紹介 グリーン水素拠点としての製油所へ転換中

- ① Westküste 100  
風力による再生電力グリーン水素 30MW→700MW
- ② HySCALE100  
グリーン水素とCO<sub>2</sub> からe-メタノール→e-ケミカル  
500MW (2026) → 2.1GW
- ③ KEROSyN100  
Power-to-Liquid (PtL) plant  
airport supply in the North of Germany



## 2021年時点の世界／日本のCO2発生源・量



石油精製プラント稼働に伴う発生CO2量は2%程度で割合としては高くないが石油業界としては直接削減していく必要がある。

### 1) プラント発生CO2の回収技術

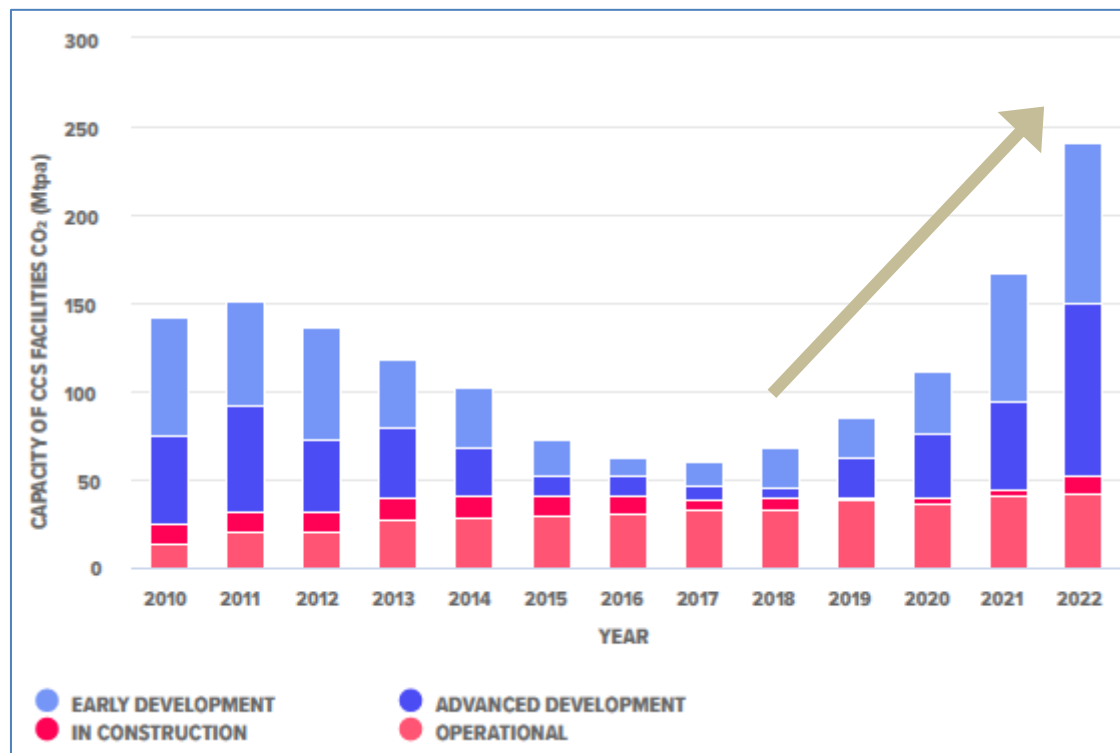
一方、割合として1/4程度を占める「輸送」は石油系燃料燃焼に伴い発生するCO2なので、2050年に向け需要が減少するとしても、削減していく必要がある。

### 2) 低炭素燃料（LCF）への転換促進

### 3) 大気中CO2の回収技術（DAC）

## 2022年世界CCS状況 (GLOBAL CCS Institute, 2022年11月公開資料から)

	稼働中	建設中	開発後期	開発初期	運転停止	計
CCS設備数	30	11	78	75	2	196
CCS 容量(Mtpa)	42	10	98	92	2	244

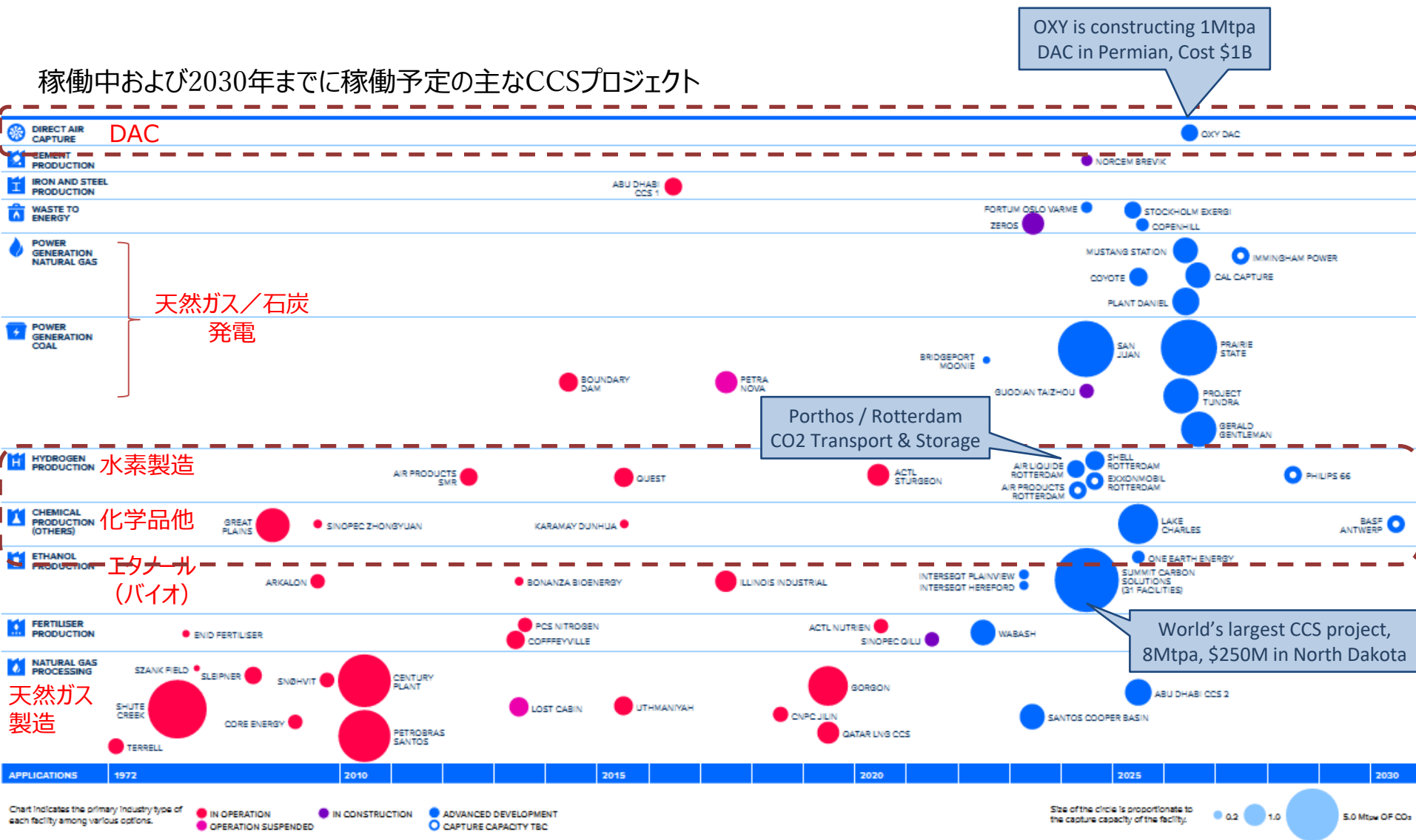


- ✓ コロナ禍にもかかわらず2018年から5年連続でCCS容量は増加中
- ✓ CCS容量は開発中を含め2021年時170Mtから44%増加し244Mt
- ✓ 北米、欧州がリードしているが、アジア、中東で開発が進む

世界の商用CCS設備の稼働及び設置計画の状況  
 出所) "Global Status of CCS 2022", Global CCS Institute

## 2021年時点の世界CCS状況 (GLOBAL CCS Institute公開資料より抜粋)

稼働中および2030年までに稼働予定の主なCCSプロジェクト



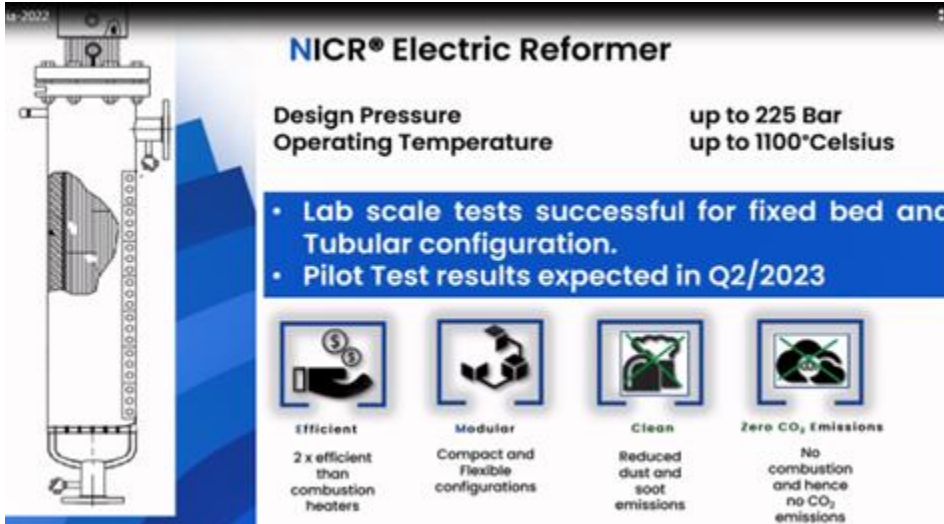


## 製油所プロセスの直接電化に向けた開発状況

反応に必要な熱源として、電力を使用する検討は既に数多く行われており、石油精製プロセスにおける適用事例などを調査。

Pyramid E&C社“Reduction of carbon intensity in refining using electric reforming”  
Pyramid E&C社は、製油所の脱炭素化の実現に向け、“Electric reforming”を開発。

- 反応に必要な熱を電力により供給  
(up to 1,100°C)
- 熱効率は、90%以上  
(通常のReformerは、40-45%)



**NICR® Electric Reformer**

Design Pressure up to 225 Bar  
Operating Temperature up to 1100°Celsius

- Lab scale tests successful for fixed bed and Tubular configuration.
- Pilot Test results expected in Q2/2023

**Efficient**  
2 x efficient than combustion heaters

**Modular**  
Compact and Flexible configurations

**Clean**  
Reduced dust and soot emissions

**Zero CO<sub>2</sub> Emissions**  
No combustion and hence no CO<sub>2</sub> emissions

Pyramid E&C 社の“Electric reforming”技術  
出所) Pyramid E&C 社ホームページ<https://pyramidenc.com/>

- エネルギー製造ハブとしての転換や脱炭素化に向けて多様な戦略で変貌しようとする世界各地の製油所について、その移行のアプローチに関する最新情報を収集・整理
- 世界各地の多様な環境下、カーボンニュートラル／脱炭素化に向けたCO<sub>2</sub>排出削減に加え、燃料生産のための原料転換にとどまらず、石油化学品へのシフトなど様々なプランによる生き残りを図っている製油所事例を調査
- バイオ燃料／次世代液体燃料製造拠点への典型的な転換事例をピックアップ
- 中国や韓国、インドなどを中心にケミカルシフト／石化統合プロジェクトを整理
- 製油所からのCO<sub>2</sub>排出は、接触分解（FCC）、常圧蒸留、水素製造装置からの排出量が大きく、CO<sub>2</sub>削減／脱炭素化に向けて、「再生可能電力の利用」、「グリーン水素の利用」、「CCUS技術の適用」等の更なる検討/推進が必要
  - ✓ 電解水素製造技術などCO<sub>2</sub>フリーに資する技術
  - ✓ CO<sub>2</sub>吸収・回収やCO<sub>2</sub>用途開発技術など排出CO<sub>2</sub>を削減する技術
  - ✓ 製油所プロセスを直接電化する技術

本調査は経済産業省・資源エネルギー庁の  
「令和4年度燃料安定供給対策に関する調査事業」  
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。