

日本の原油の多角化に向けた諸外国の原油輸入先 および油種構成等に関する調査

2021年5月12日

一般財団法人石油エネルギー技術センター
総務部 調査情報グループ
技術企画部

目次

1. 背景、目的
2. 主要原油輸入国の輸入先動向
3. 世界の製油所分析
4. 原油調達のフレキシビリティ検討
5. まとめ

近年、特に国内企業の国際競争力強化に大きな影響を与える可能性のある課題として、緊迫する中東情勢により一層高まっている原油調達の中東依存リスク、需要減少等の厳しい経営環境においても強く求められる気候変動面での社会的要請に係る経営リスクなどがあげられる。

本調査は、上記の認識を踏まえ、諸外国における原油調達の現状や精製処理技術に係る調査・分析において製油所の設備構成等の調査を行うことを目的とする。

2. 主要原油輸入国の輸入先動向

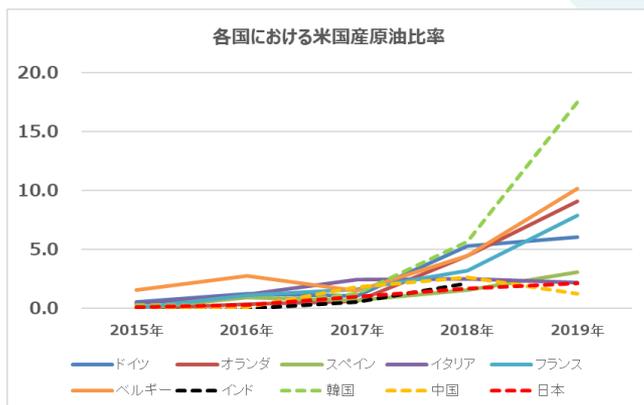
欧州（主要6か国）、中国、米国、インド、韓国、日本の原油輸入先および地域別毎（中東、アジア、北米、南米、旧ソ連、欧州、アフリカ）で比較。

【原油輸入国比較】2018年

順位	欧州6ヶ国	インド	韓国	日本	中国	米国
1	ロシア	イラク	サウジアラビア	サウジアラビア	ロシア	カナダ
2	サウジアラビア	サウジアラビア	クウェート	UAE	サウジアラビア	サウジアラビア
3	ナイジェリア	西アフリカ	イラク	カタール	アンゴラ	メキシコ
4	リビア	中南米	UAE	クウェート	イラク	イラク
5	カザフスタン	UAE	カタール	ロシア	オマーン	ベネズエラ
6	ノルウェー	クウェート	米国	イラン	ブラジル	コロンビア
7	イラク	メキシコ	イラン	イラク	イラン	エクアドル
8	英国	その他中東	カザフスタン	米国	クウェート	ナイジェリア
9	アゼルバイジャン	米国	ロシア	オマーン	UAE	ブラジル
10	イラン		イギリス	バーレーン	コロンビア	ロシア
中東比率	17	65	76	88	43	19

輸入割合が10%以上の国

* 欧州各国について域内を含む



【原油輸入国比較】2018年

順位	ドイツ	オランダ	スペイン	イタリア	フランス	ベルギー
1	ロシア	ロシア	ナイジェリア	アゼルバイジャン	カザフスタン	ロシア
2	ノルウェー	英国	メキシコ	イラク	サウジアラビア	サウジアラビア
3	カザフスタン	ノルウェー	サウジアラビア	サウジアラビア	ロシア	ナイジェリア
4	リビア	イラク	リビア	リビア	ナイジェリア	英国
5	ナイジェリア	ナイジェリア	カザフスタン	イラン	アルジェリア	ノルウェー
6	英国	クウェート	イラン	ロシア	リビア	米国
7	米国	米国	イラク	カザフスタン	イラン	イラク
8	アゼルバイジャン	サウジアラビア	ブラジル	ナイジェリア	ノルウェー	カザフスタン
9	イラク	メキシコ	アンゴラ	アルジェリア	米国	ベネズエラ
10	サウジアラビア	イラン	ノルウェー	米国	イラク	メキシコ
中東比率	6	18	25	37	24	21

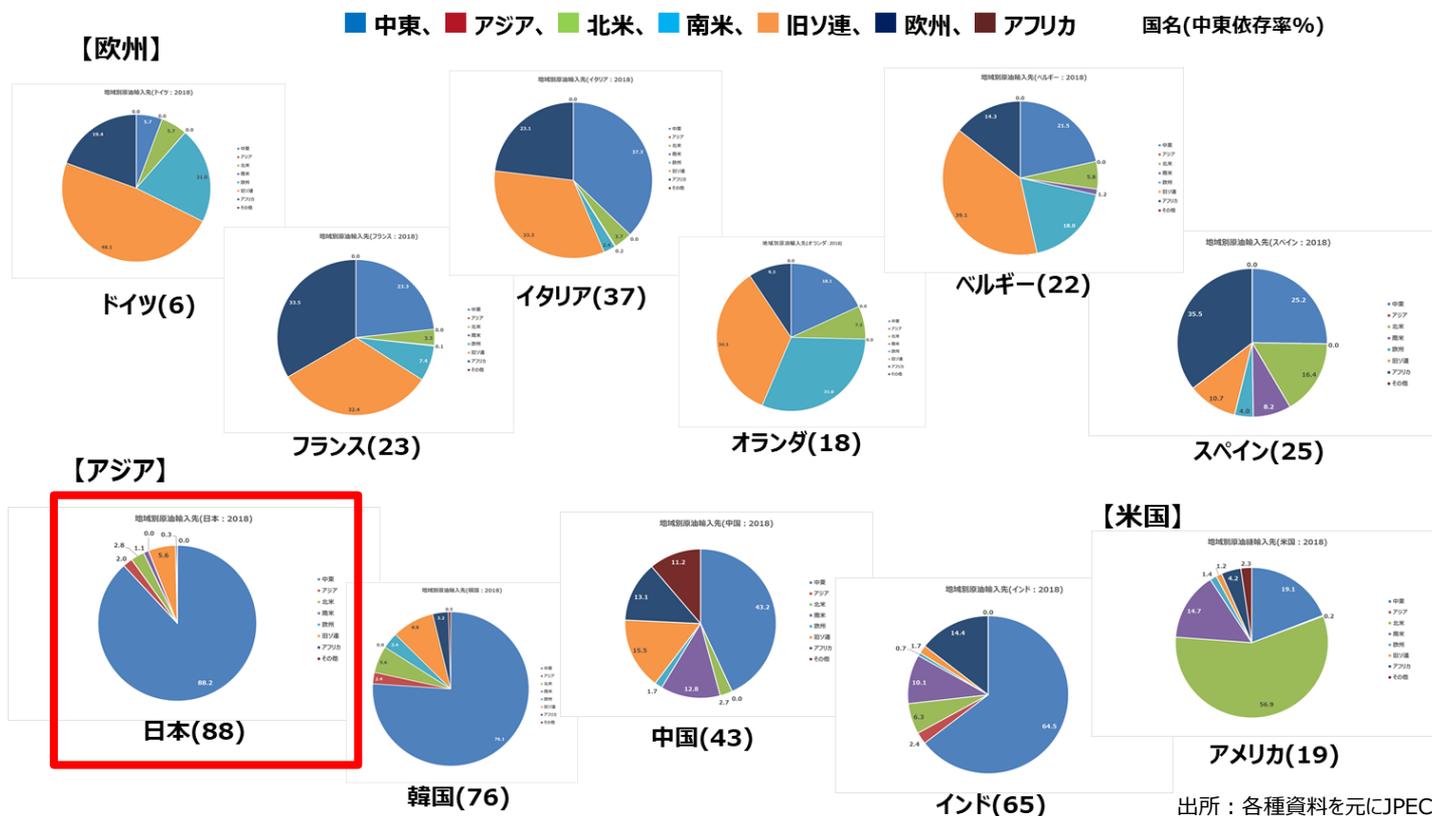
赤字：欧州上位10位以外の国

2. 主要原油輸入国の輸入先動向

地域性により中東比率が異なる。

- 米国：20%（カナダがメインで中東依存は低い）
- 欧州：約5～40%（中東依存は低く、ロシアとの結びつきが大きい）
- アジア（インド、韓国、日本）：60%以上（日本は88%）
- 地域毎では、欧州ではスペイン、アジアでは中国が、バランスがとれている。

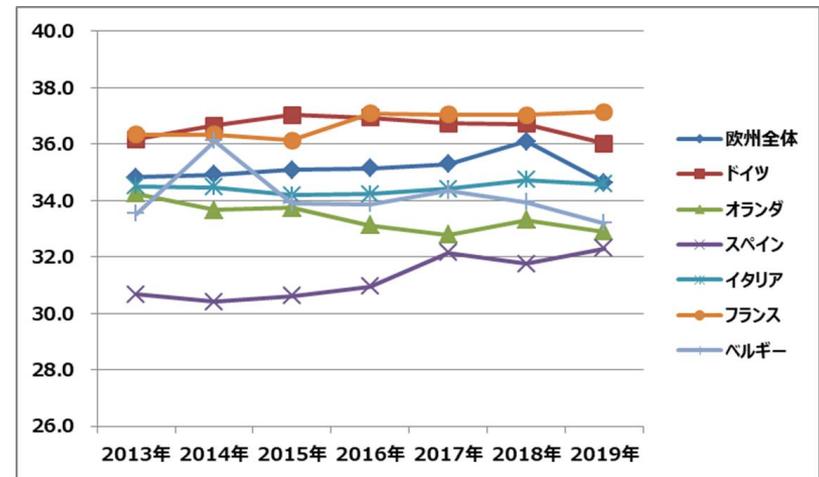
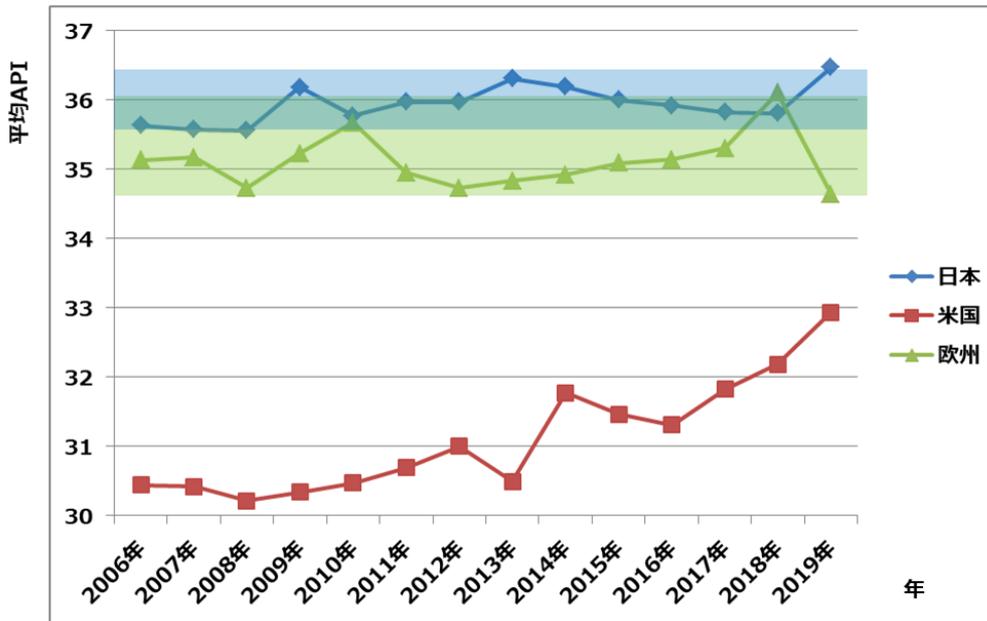
原油輸入先比較(地域毎)：2018年



2. 主要原油輸入国の輸入先動向

- ◆ 日本、米国、欧州の平均API推移の変化を調査
- 日本の輸入原油の平均APIは、36前後でほぼ一定。
- 米国の輸入原油の平均APIは、最も低いが、最近上昇(31→33)
- 欧州の輸入原油の平均APIは、35～36間で推移。

日本、米国、欧州の輸入原油の平均API推移



- 欧州の国別平均APIの推移について、各国に特徴あり。

出所：

- ◆ 日本の輸入原油のAPIと硫黄分：経済産業省/石油統計/統計表一覧/年報 (Yearbook)
- ◆ 米国製油所の受入れ原油のAPIと硫黄分：EIA, Crude Oil Input Qualities/Download Series History
- ◆ EUの輸入原油のAPIと硫黄分：EU/EUROPEAN COMMISSION
EU crude oil imports and supply cost/Crude oil imports and supply cost over time/Crude oil imports history

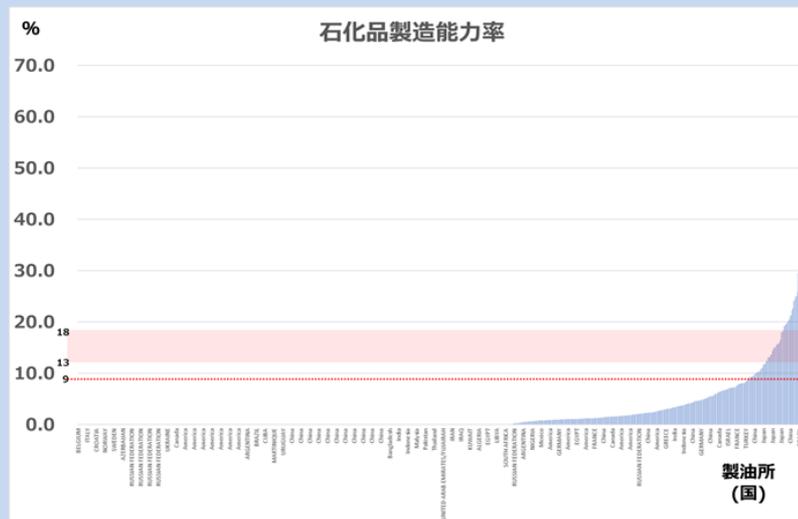
※ APIは、各輸入先(中東、アフリカ、米国等)の数量を元に算出

3. 世界の製油所分析

◆世界の820製油所の設備情報を収集し、データベースとして整理し、競争力比較のため、複数の指標で分析

【競争力指標】

- ネルソン指数
- 残油処理装置装備率
- 石化品製造能力率



出所：ENEOS 総研データを元にJPEC作成

石化品製造能力率を製油所(国)で比較

【定義】

ネルソン指数：米国の石油学者Wilbur L. Nelsonが1960年OGJ誌で初めて提唱した原油常圧蒸留装置（CDU）の能力と比した製油所の2次転換装置（SCU）の能力を計る指標

残油処理装置装備率：経済産業省のエネルギー供給構造高度化法（第2次告示）の次式から算出

$$\text{残油処理装置装備率（\%）} = \text{残油処理装置の能力（KBD）} / \text{常圧蒸留装置の能力（KBD）}$$

石化品製造能力率：石化品[プロピレン、芳香族（ベンゼン、トルエン、キシレン）]の常圧蒸留装置の能力に対する製造能力の比率

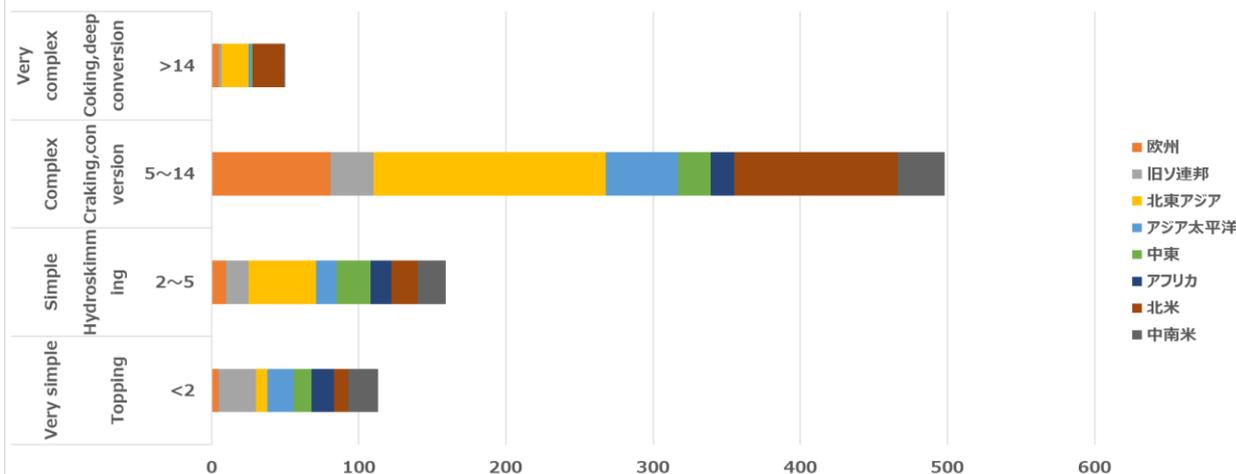
$$\text{石化品製造能力率（\%）} = \text{石化品製造装置の能力（トン/年）} / \text{常圧蒸留装置の能力（トン/年）}$$

* 対象となる製油所は常圧蒸留装置（CDU）を有し原油処理ができる製油所とした。

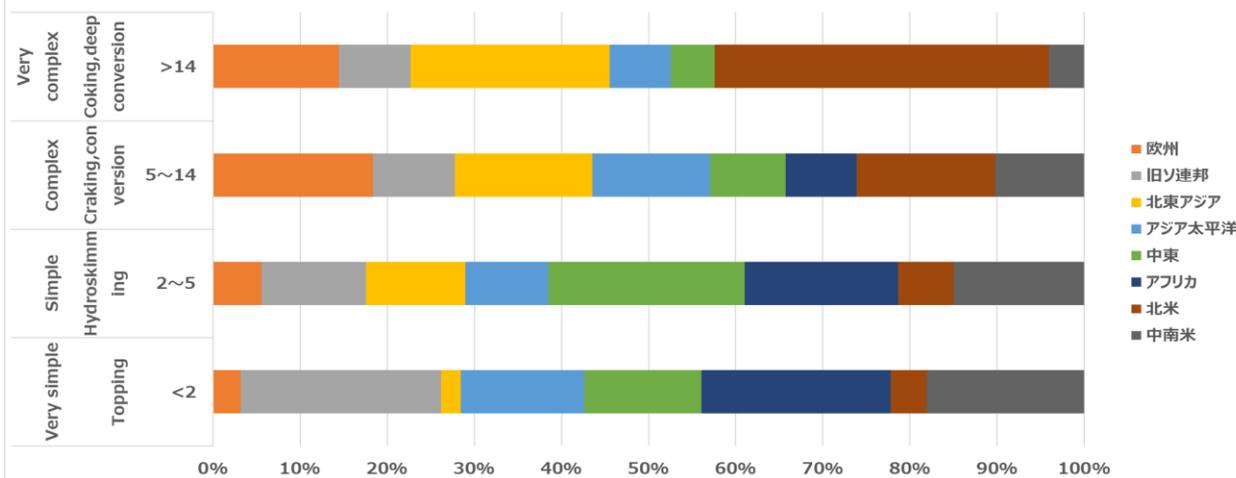
3. 世界の製油所分析

◆ネルソン指数

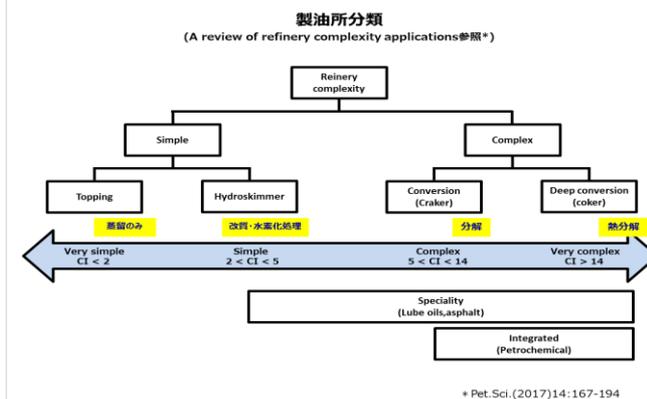
ネルソン指数比較(地域別)



ネルソン指数比較(地域別)



➤ 北米、北東アジア地域にネルソン指数が大きい



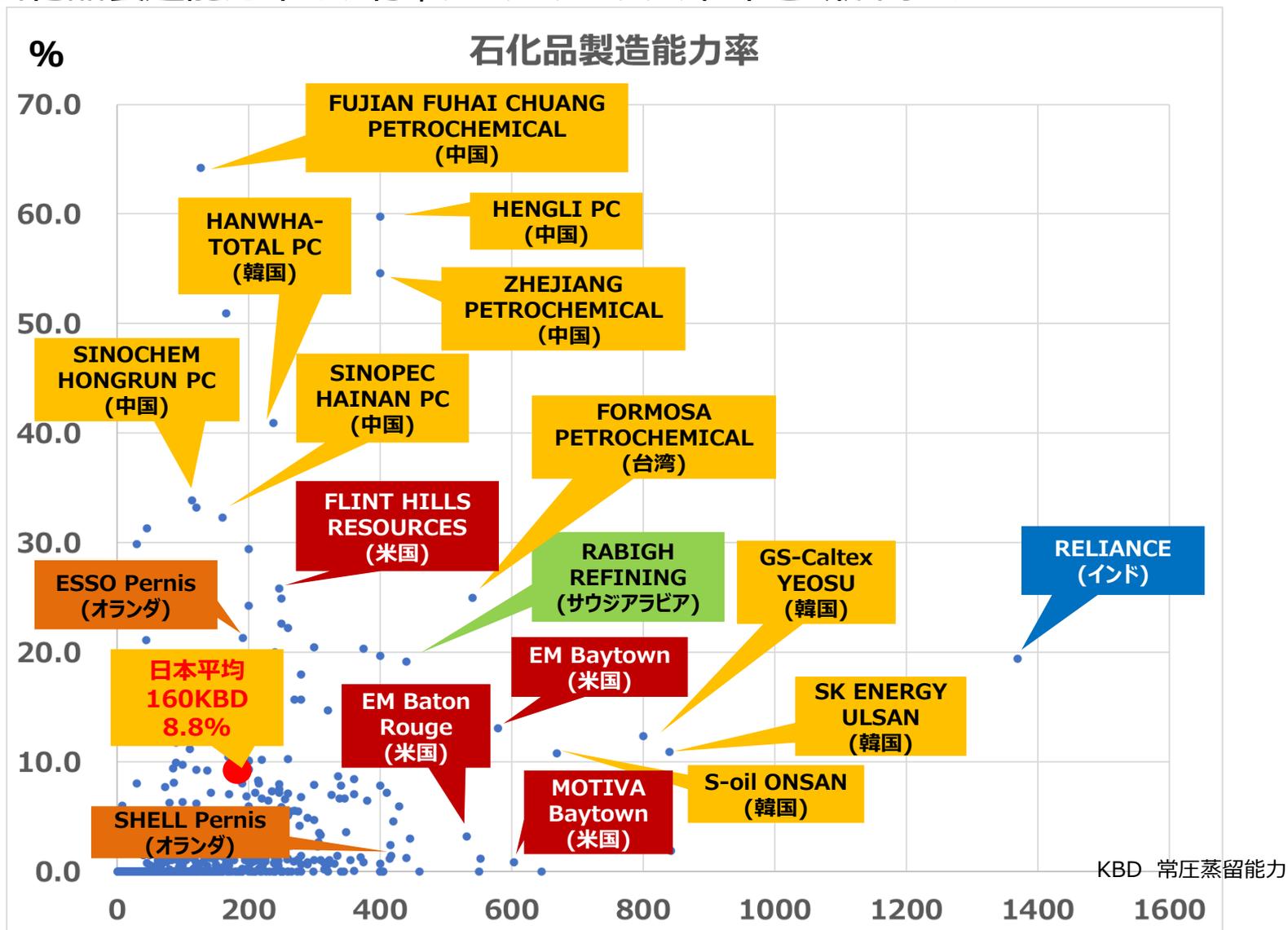
◆ 石化品製造能力率

- 石化品製造能力率の比較では、北米（中南米含む）地域が低く、ガソリン主体の生産運営を実施しているといえる。



3. 世界の製油所分析

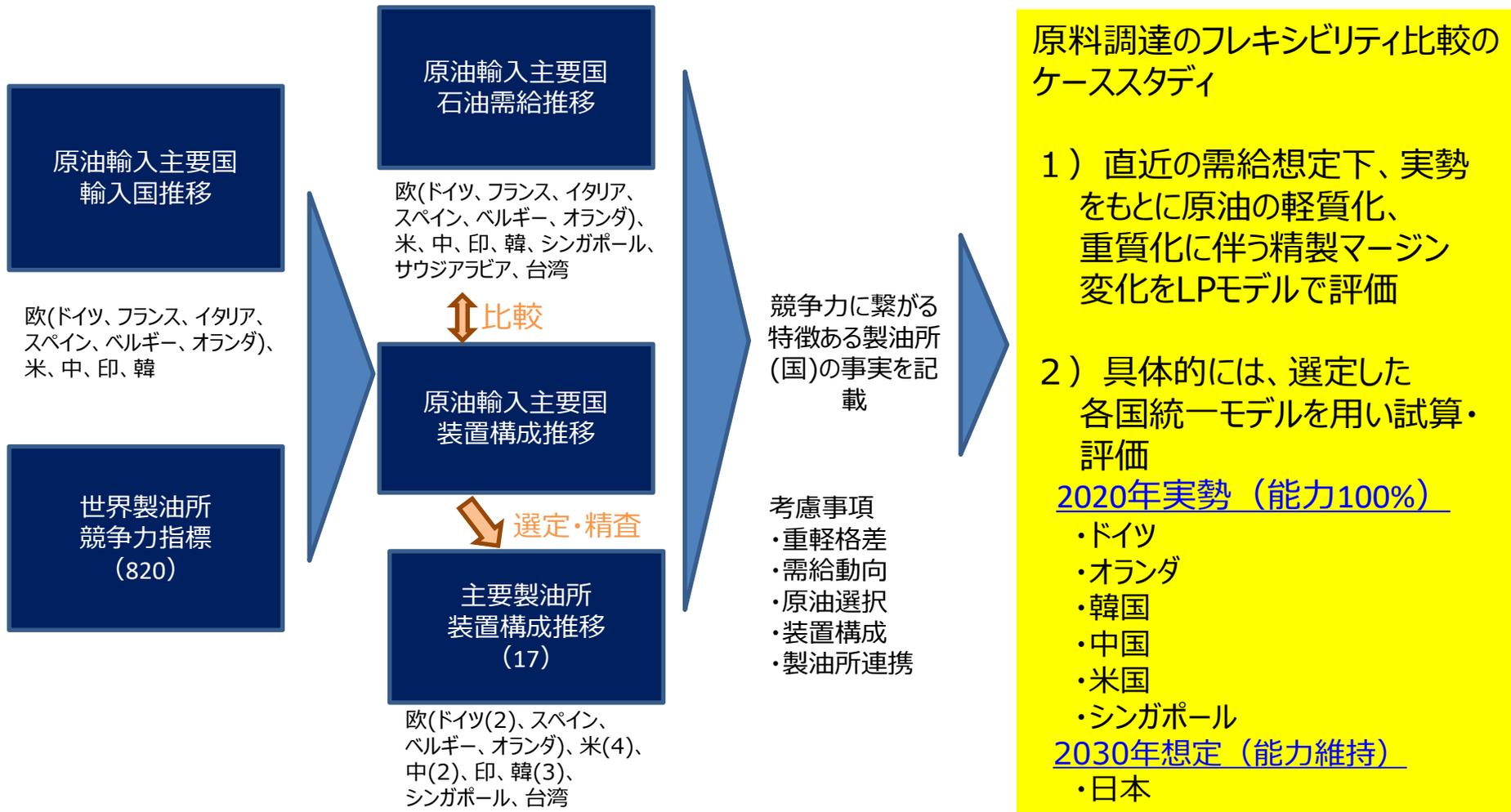
▶ 石化品製造能力率は、北東アジア・アジア太平洋地域が高い。



石化品製造能力率で特徴的な製油所と日本（平均）の位置づけ

出所：ENEOS 総研データを元にJPEC作成

4. 原油調達フレキシビリティ検討



調査の流れ

◆原料調達のフレキシビリティ比較

主要原油輸入国のドイツ、オランダ、米国、韓国、中国、日本、シンガポールを含めた7ヶ国について、2020年の石油製品生産および製油所装置構成状況をもとに、生産する石油製品を実勢に合わせ、装置稼働率100%の前提で、実勢のケースとして計算。実勢時の推定API値を基準に、原油を軽質化または重質化させた場合について、精製マージンの最適化を実施。

例としてドイツの場合を示す。

精製マージン算出のための前提

原油・原料油関連	\$ / バレル	製品関連	\$ / バレル
超軽質油・コンデンセート	68	プロパン	46
アラビアンエクストラライト	68	プロピレン (PP)	85
アラビアンライト	66	エタン・ブタン・ブテン	46
アラビアンミディアム	64	ナフサ	63
アラビアンヘビー	62	ガソリン	81
低硫黄原油	71	BTX (B)	116
米州原油	68	ジェット・灯油	79
E-FUEL	66	軽油・A重油	79
軽質ナフサ	63	潤滑油ベースオイル	79
ガソリン基材(RN)	52	アスファルト	52
ETBE・エタノール	66	低硫黄船舶用重油	72
重油原料	66	高硫黄C重油	52
天然ガス	46	高硫黄コークス	28
		電極用コークス	79

4. 原油調達のフレキシビリティ検討

ドイツ製油所(2020年生産)の軽質化ケース

ドイツ製油所		独製油所	
原油分類名 処理量 千BD・比率%	推計生産状況	製品等名 生産量 千BD	推計生産状況
超軽質油・コンデンセート	269	プロパン	53
アラビアンエクストラライト	965	プロピレン (PP)	31
アラビアンライト	0	ブタン・ブテン	74
アラビアンミディアム	1	ナフサ	245
アラビアンヘビー	0	ガソリン	507
低硫黄原油 (米産含む)	831	BTX (B)	82
合計 千BD	2066	ジェット・灯油	101
超軽質油・コンデンセート	13	軽油・A重油	900
アラビアンエクストラライト	47	潤滑油ベースオイル	20
アラビアンライト	0	アスファルト	0
アラビアンミディアム	0	低硫黄船舶用等C重油	94
アラビアンヘビー	0	高硫黄C重油・コークス	35
低硫黄原油 (米産含む)	40	合計	2,142
合計 %	100	同上製品等別の対原油油得率%	99.0
天然ガス(35)・ETBE(63) 千BD	98	プロパン	2.5
参考(原油比重 API度)	40.1	プロピレン (PP)	1.4
主要装置名 (能力千BD)	稼働率%	ブタン・ブテン	3.4
原油常圧蒸留 (2066)	100	ナフサ	11.3
減圧蒸留 (955)	53	ガソリン	23.4
重質ナフサ接触改質 (324)	100	BTX	3.8
重油流動接触分解 (341)	100	ジェット・灯油	4.7
減圧軽油水素化分解 (177)	100	軽油・A重油	41.6
減圧軽油脱硫 (268)	44	潤滑油ベースオイル	0.9
常圧残渣油直接脱硫 (0)	-	アスファルト	0.0
減圧残渣油直接脱硫(0)	-	低硫黄船舶用等C重油	4.3
コーカー (145)	100	高硫黄C重油・コークス	1.6
アルキレーション (29)	100	合計	99.0
精製マージン 百万\$/年	5641	参考(PP+BTX)	5.2
精製マージン \$/BBL	7.5	参考(PP+BTX+N)	16.6

精製マージン
7.5\$/BBL

参考 : (PP+BTX+N)得率
16.6%

4. 原油調達のフレキシビリティ検討

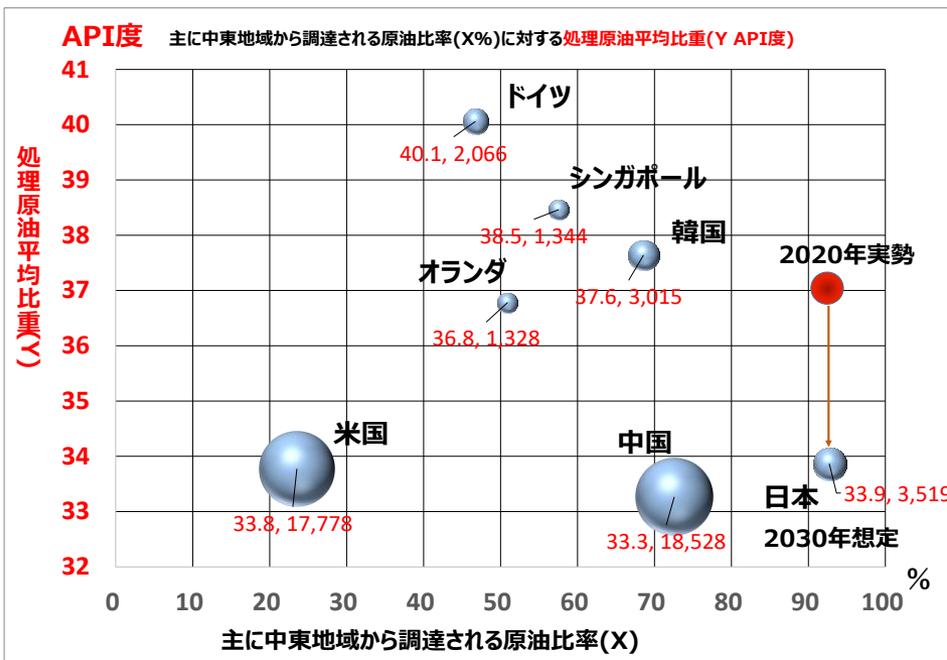
ドイツ製油所(2020年生産)の重質化ケース

ドイツ製油所 原油分類名 処理量 千BD・比率%	既存製油所 推計生産状況	独製油所 製品等名 生産量 千BD	既存製油所 推計生産状況
超軽質油・コンデンセート	457	プロパン	63
アラビアンエクストラライト	32	プロピレン (PP)	31
アラビアンライト	0	ブタン・ブテン	75
アラビアンミディアム	1450	ナフサ	178
アラビアンヘビー	0	ガソリン	507
低硫黄原油 (米産含む)	127	BTX (B)	82
合計 千BD	2066	ジェット・灯油	101
超軽質油・コンデンセート	22	軽油・A重油	881
アラビアンエクストラライト	2	潤滑油ベースオイル	20
アラビアンライト	0	アスファルト	0
アラビアンミディアム	70	低硫黄船舶用等C重油	19
アラビアンヘビー	0	高硫黄C重油・コークス	27
低硫黄原油 (米産含む)	6	合計	1,985
合計 %	100	同上製品等別の対原油得率%	91.5
天然ガス(40)・ETBE(63) 千BD	103	プロパン	2.9
参考(原油比重 API度)	35.2	プロピレン (PP)	1.4
主要装置名 (能力千BD)	稼働率%	ブタン・ブテン	3.5
原油常圧蒸留 (2066)	100	ナフサ	8.2
減圧蒸留 (955)	79	ガソリン	23.4
重質ナフサ接触改質 (324)	100	BTX	3.8
重油流動接触分解 (341)	100	ジェット・灯油	4.7
減圧軽油水素化分解 (177)	100	軽油・A重油	40.6
減圧軽油脱硫 (268)	100	潤滑油ベースオイル	0.9
常圧残渣油直接脱硫 (0)	-	アスファルト	0.0
減圧残渣油直接脱硫(0)	-	低硫黄船舶用等C重油	0.9
コーカー (145)	83	高硫黄C重油・コークス	1.2
アルキレーション (29)	100	合計	91.5
精製マージン 百万\$/年	4255	参考(PP+BTX)	5.2
精製マージン \$/BBL	5.6	参考(PP+BTX)	13.4

参考：(PP+BTX+N)得率
13.4%

精製マージン
5.6\$/BBL

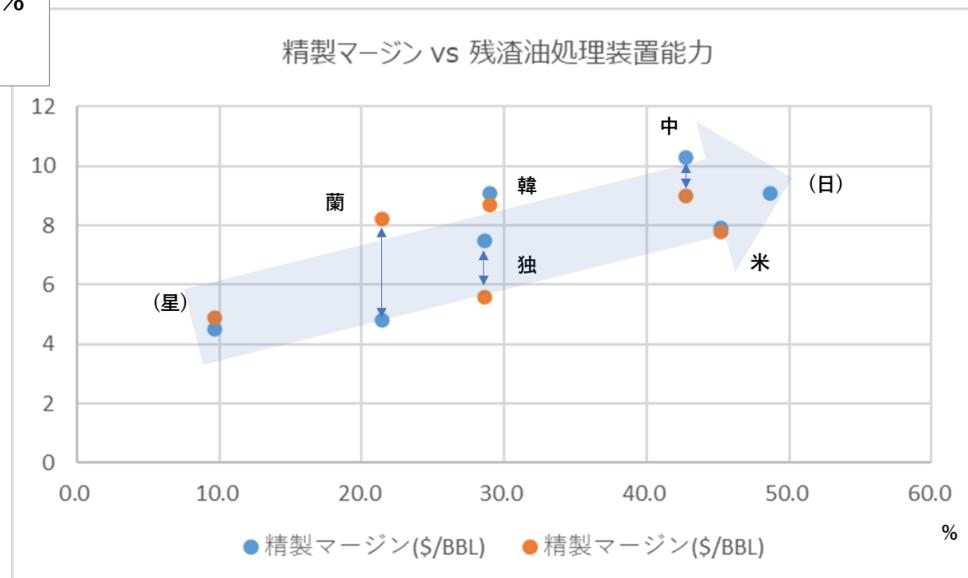
4. 原油調達フレキシビリティ検討



➤ 我が国の位置は、全処理原油平均比重は、最も重質な原油処理可能なグループ、実勢の調達原油比重は7ヶ国中、平均的な調達状況で比較的軽重質原油をフレキシブルに選択出来る状況

中東からの調達原油比率とAPIの関係

- 残渣油処理能力が大きい程、精製マージン増加
- 日本は設備能力を活かすことができれば重質油処理にも対応可能であり、その場合、高マージンが期待できる。



残渣油処理装置能力と精製マージンの関係

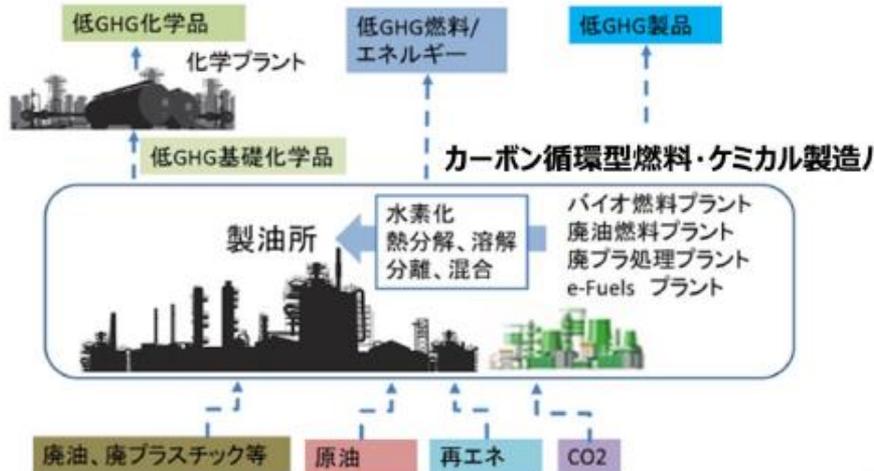
今年度調査した項目	分かったこと
<p>1. 主要原油輸入国の輸入先動向</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 主要原油輸入国および地域別の比較 ・ 国別の原油輸入先の推移 	<p>欧州（主要6か国）、中国、米国、インド、韓国、日本の原油輸入先および地域別毎（中東、アジア、北米、南米、旧ソ連、欧州、アフリカ）で比較。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 地域性により中東比率が異なる。 <ul style="list-style-type: none"> 米国：20%（カナダがメインで中東依存は低い） 欧州：約5～40%（低く、ロシアとの結びつきが大きい） アジア（インド、韓国、日本）：60%以上（日本は88%） ➢ 地域毎では、欧州ではスペイン、アジアでは中国が、バランスがとれている。
<p>2. 世界の製油所分析</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 世界820製油所DB化 ・ 競争力指標分析 ・ 主要原油輸入国の製油所装置構成の推移 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ ネルソン指数に関しては、北米地域が最も高い。 ➢ 残油処理装置装備率は、北米、北東アジア、中南米地域が高く、重質油に対応した装置構成といえる。 ➢ 石化品製造能力率の比較では、北米（中南米含む）地域が低く、ガソリン主体の生産運営を実施しているといえる。日本を含む北東アジア・アジア太平洋地域が高く、競争地域である。
<p>3. 原油調達フレキシビリティ検討</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各国の精製マージンケーススタディー 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 残渣油処理装置能力が大きい程、精製マージンは増加 ➢ 我が国の特徴 <ul style="list-style-type: none"> 実勢の調達原油比重は7ヶ国中、平均的な調達状況（API 37） 設備能力的には原油加工能力が高い（重質な原油処理可能なグループ） その場合、付加価値面での国際競争力は高い位置が期待できる

今後の課題として

- 装置の有効活用としては、国際的に注目されている二酸化炭素低減策として、製油所においてもバイオ燃料をはじめとした低炭素燃料の供給セクターとして、原料の多様性を検討する必要性が増している。低炭素燃料（バイオ、廃プラスチック、FT-WAXを含む合成燃料）毎の特性（分解、水素量など）に依存し、製油所プロセスの相性、反応性が異なる。国内製油所の構成などを考慮し、競争力強化に資する低炭素燃料混合処理のケーススタディーを行う予定（例えば、欧州においては、E-Fuelの水素化分解による軽油増産を検討）

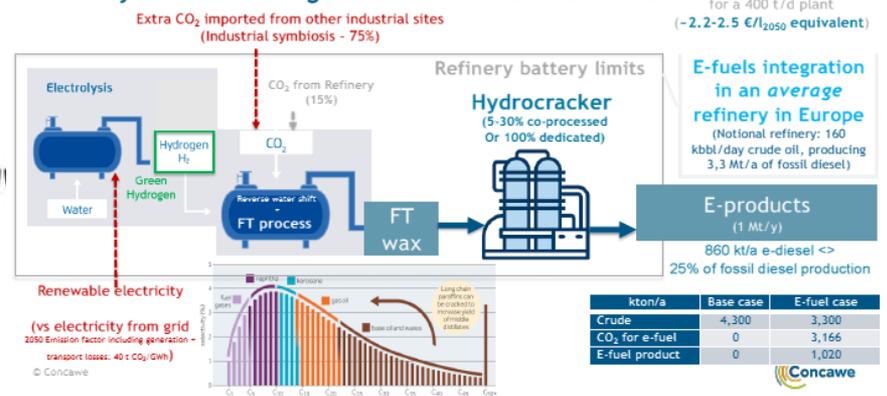
カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ

- GHG削減には製油所設備と新規プラントを連携し、最終的には製油所で安定した製品品質確保と安定供給を行う必要がある。→ **カーボン循環型燃料・ケミカル製造ハブ**



水素化分解装置による軽油増産検討

Refinery 2050 modelling exercise: limited e-fuel case



出所：ERTC Conference Warsaw Nov.2019

本調査は経済産業省・資源エネルギー庁の
「令和2年度燃料安定供給政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2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。