

2020年度 JPECフォーラム

将来の需要構造変化に向けた
国内製油所の石化シフトの可能性に関する調査

2020年5月8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

— 禁無断転載・複製 ©JPEC 2020 —

JPEC
Japan Petroleum Energy Center

内容

1. 調査内容

我が国製油所に適した石化品転換への技術課題

2. 調査結果

(1) 海外の需給および製造設備の動向調査

- 石油関連の需給動向
- 石油関連の需給構造変化
- 石化シフトへの製造設備対応

(2) 日本製油所モデルによる調査検討

ア. 日本全体製油所モデルによるBTX増産効果検討

BTX増産による石化品得率への効果

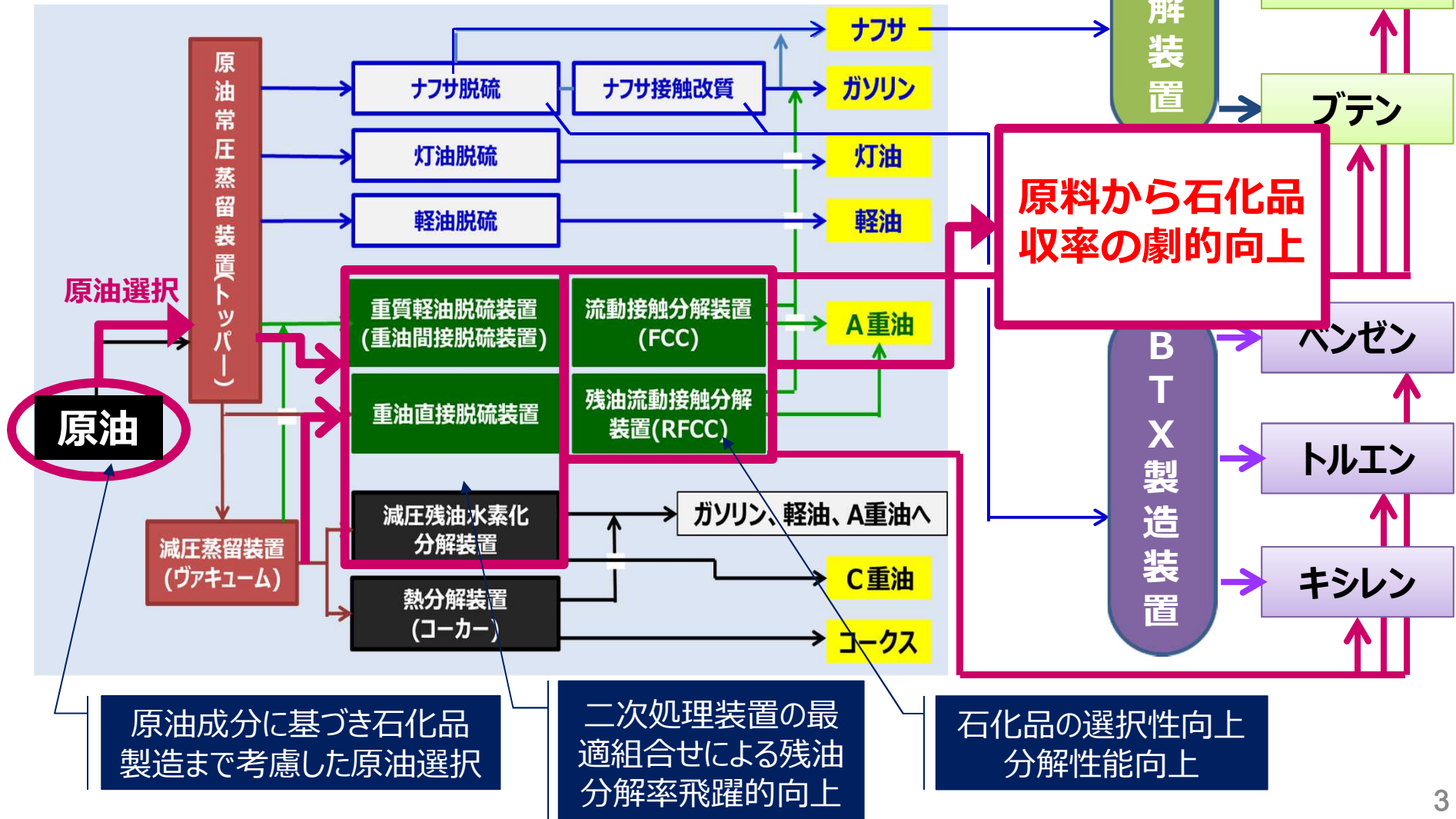
イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

FCC装置改造を含めたプロピレン増産効果

3. まとめ

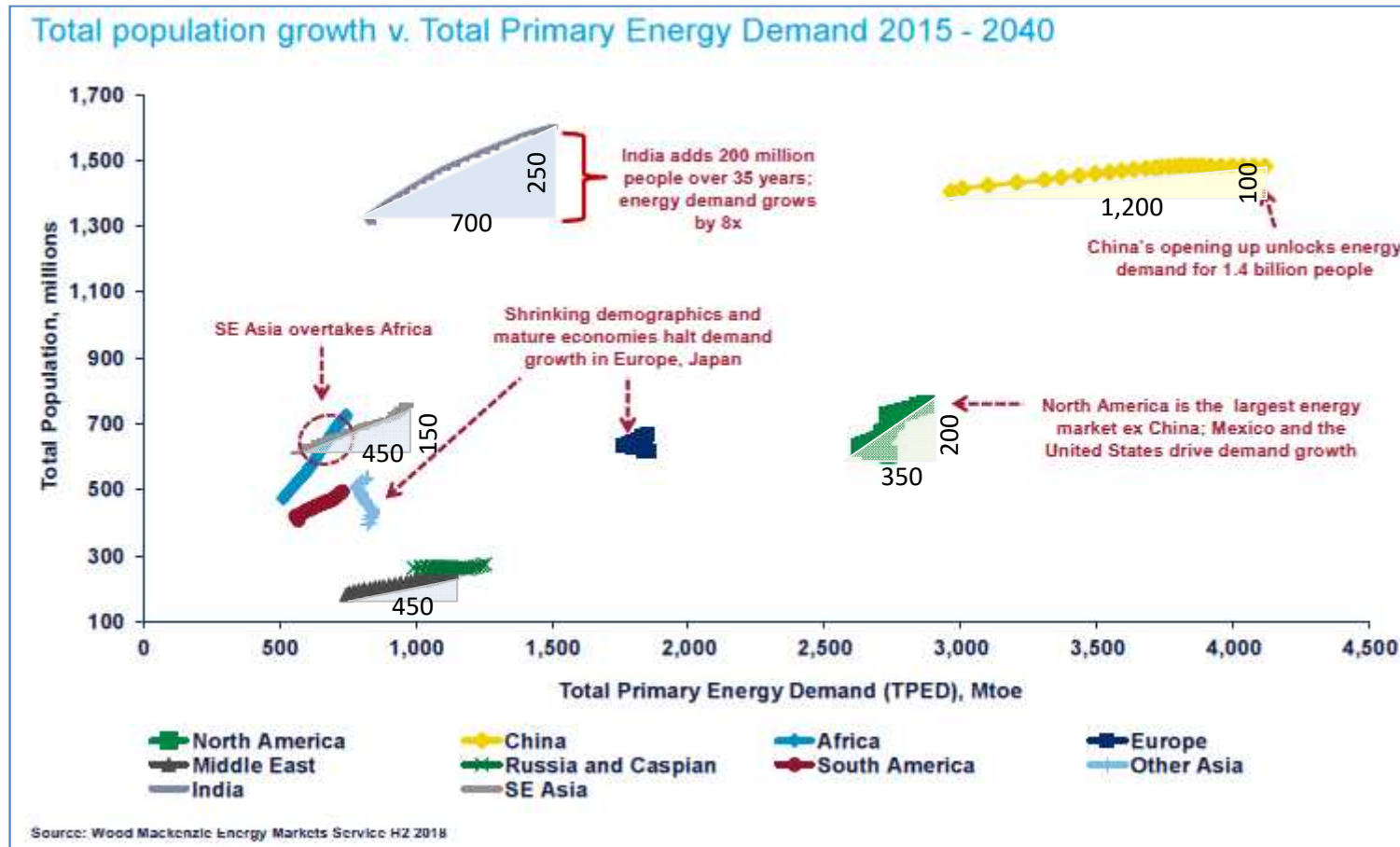
1. 調査内容 我が国製油所に適した石化品転換への技術課題

- ① 海外輸出型の韓国製油所との製品得率と製造コスト等比較から、BTXやプロピレン等石化品収率の劣位が課題
- ② 国内製油所の特徴を活かしFCC等を最大活用し、需要に応じた石化製品等に転換することができれば、競争力向上が見込まれる



2.(1) 海外の需給および製造設備の動向調査／石油関連の需給動向

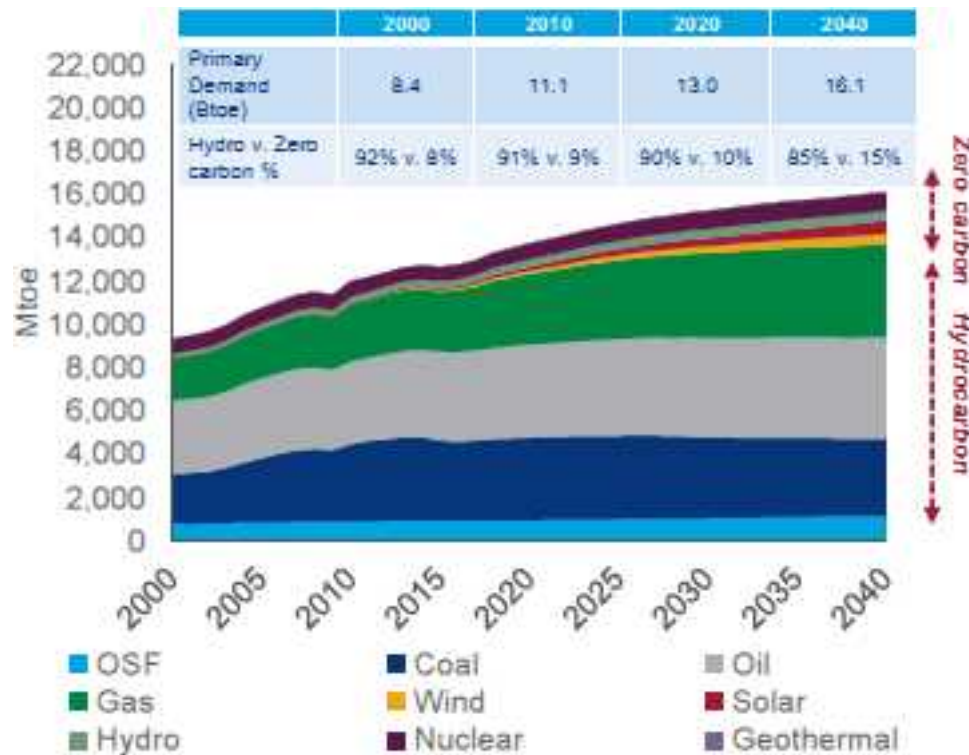
EU、日本は変化少ないが、中国、インド、東南アジア、中東の順にエネルギー消費は増大する



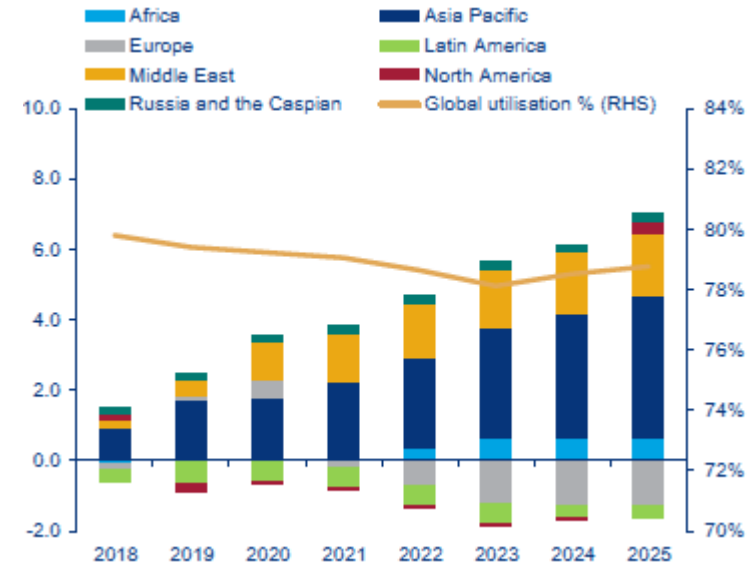
世界主要地域別の人口増加とエネルギー消費量の変化(2015年から2040年)

2.(1) 石油関連の需給動向

- ① 炭化水素は2040年でも一次エネの85%を占める
- ② 需要のピーク
石炭：2014年／石油：2036年／天然ガスはピーク無し
- ③ 2040年のゼロカーボン（全15%）の内訳：
原子力5%／太陽光4%／水力3%／風力3%



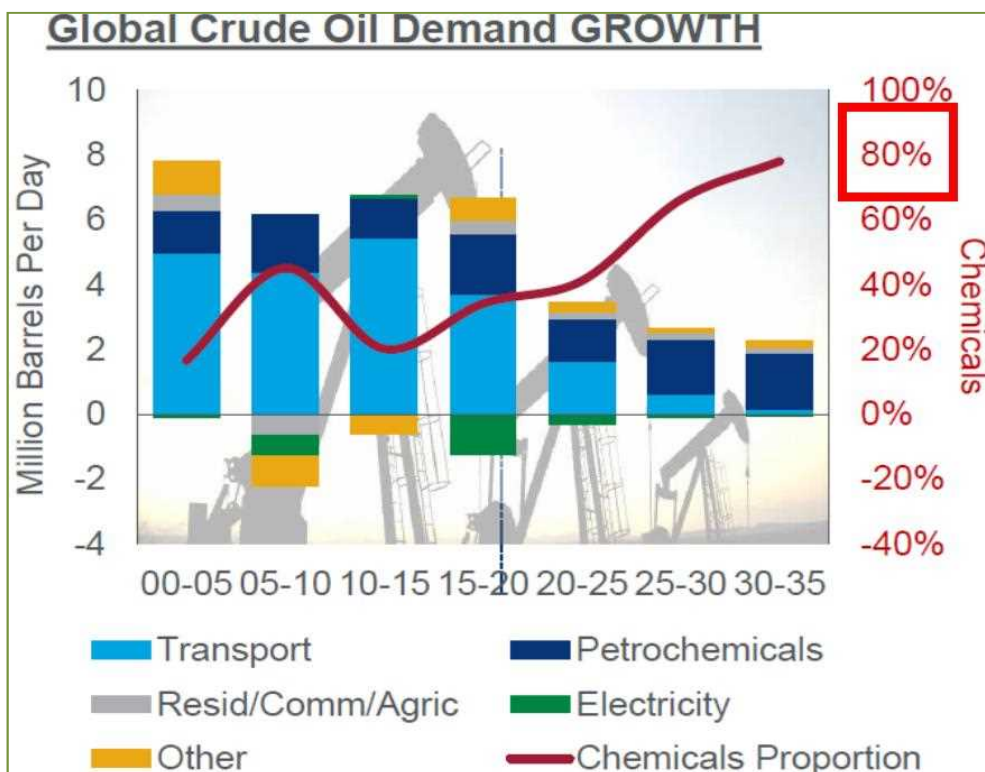
2040年までの一次エネルギー変化



2017年対比2025年までの原油精製量の変化

2025年までに800万BD増加
主は、アジア（中国、インド）、中東
逆に減少は、EU（約150万BD）と南北米

2.(1) 石油関連の需給構造変化

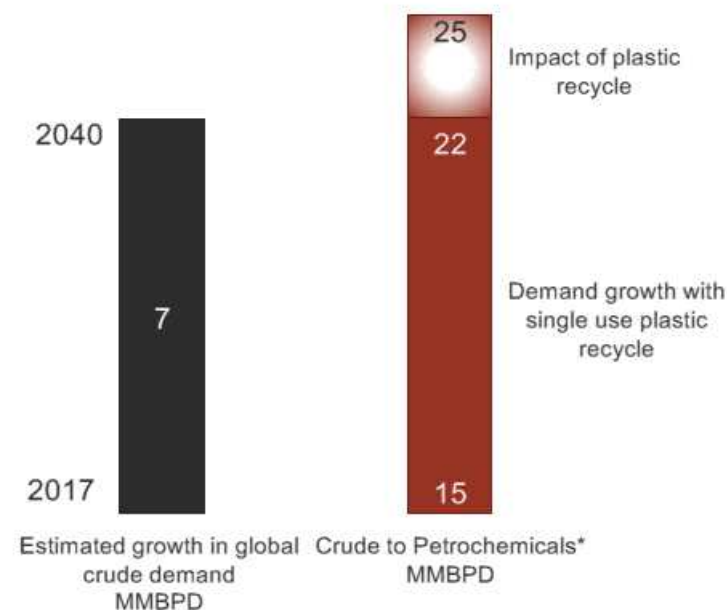


- ・世界の石油輸送用燃料需要、2020年以降は鈍化し2030-2040年にピーク(当面年率1%増)
- ・石油化学製品需要は堅調であり、2035年には世界原油増加量の約80%を占めている。

2035年までの世界石油需要の内訳

出所) 'Energy and Petrochemical Outlook', Ashish Chitalia, Wood Mackenzie, Indian Petchem Elite conference Mumbai, 2018

需給構造の変化 (石化シフト)



石油需要の増加量は
ほぼプラスチック増加量に必要な石油量と
一致する。

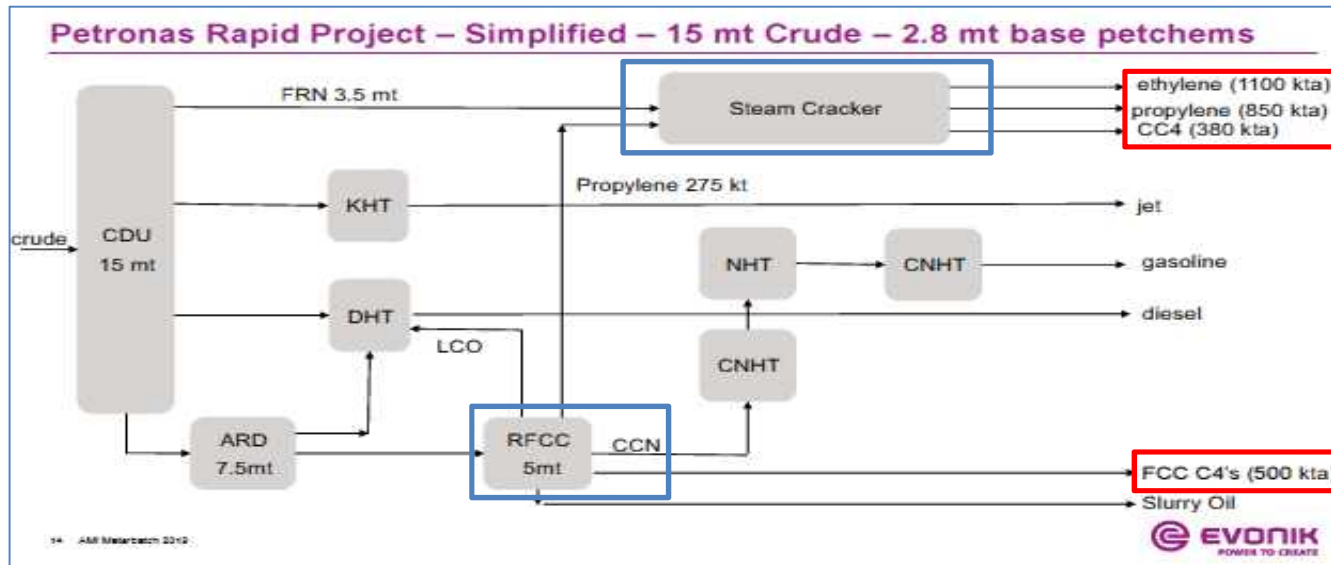
→ **需要の増加は石化品需要の増加**

2040年までの石油需要と
基礎化学品の増加量予測

出所) Rashid Iqbal, Bechtel, "Technology solutions for optimizing refineries for Crude to Chemicals", ERTC, Nov. 2019.

2.(1) 石化シフトへの製造設備対応

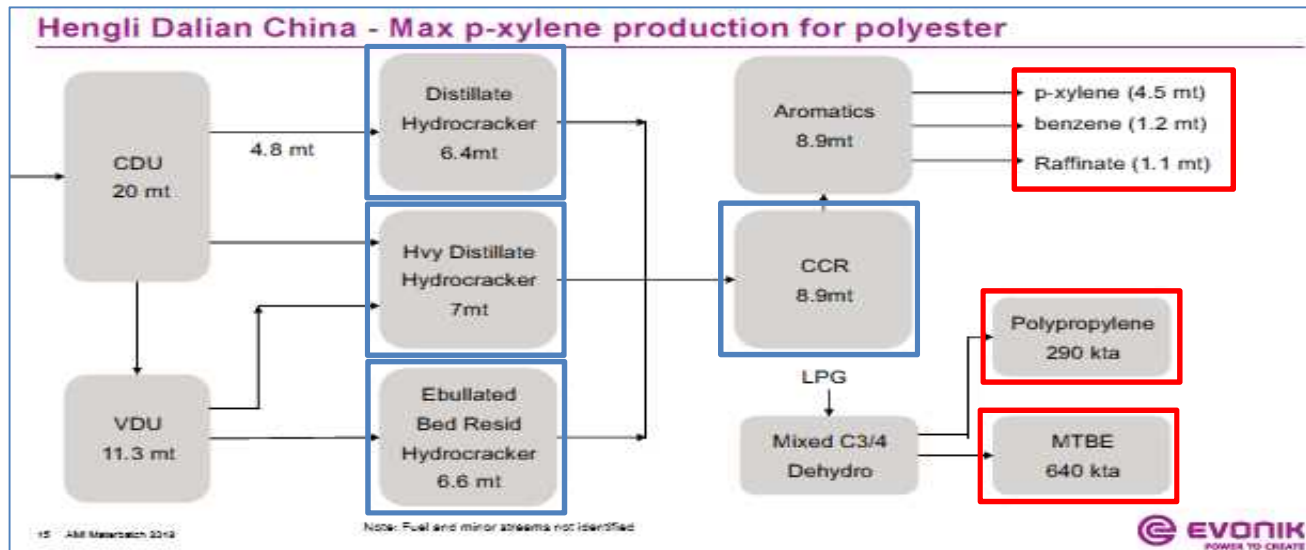
① ペトロナス・ラピッドプロジェクト (マレーシアの石化コンプレックス)



石化収率
18.6wt%

2019年1月に稼働開始
建設費270億USD
アラムコとペトロナスの合併

② Hengli(恒力)石油化学 製油所 (中国)

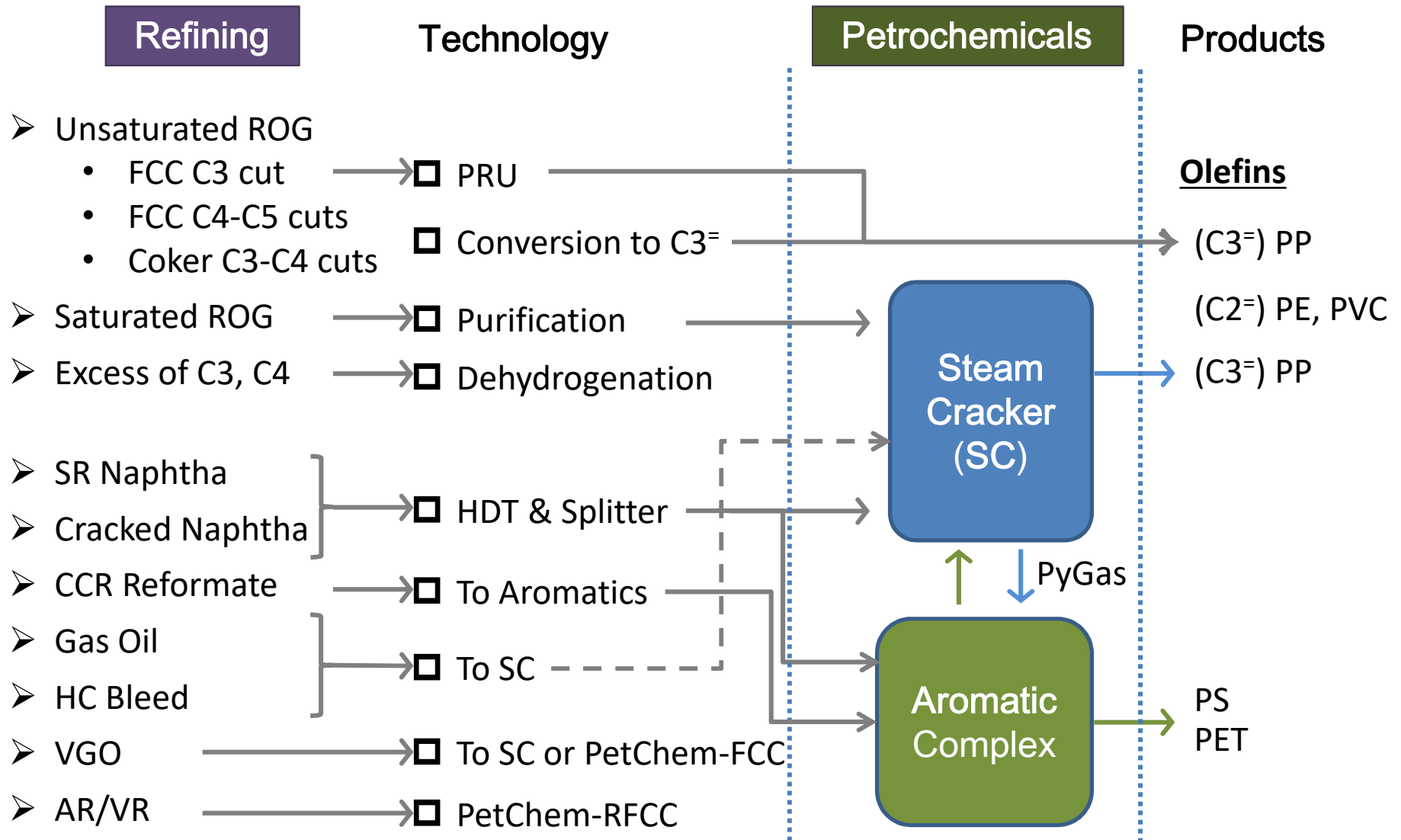


石化収率
40wt%

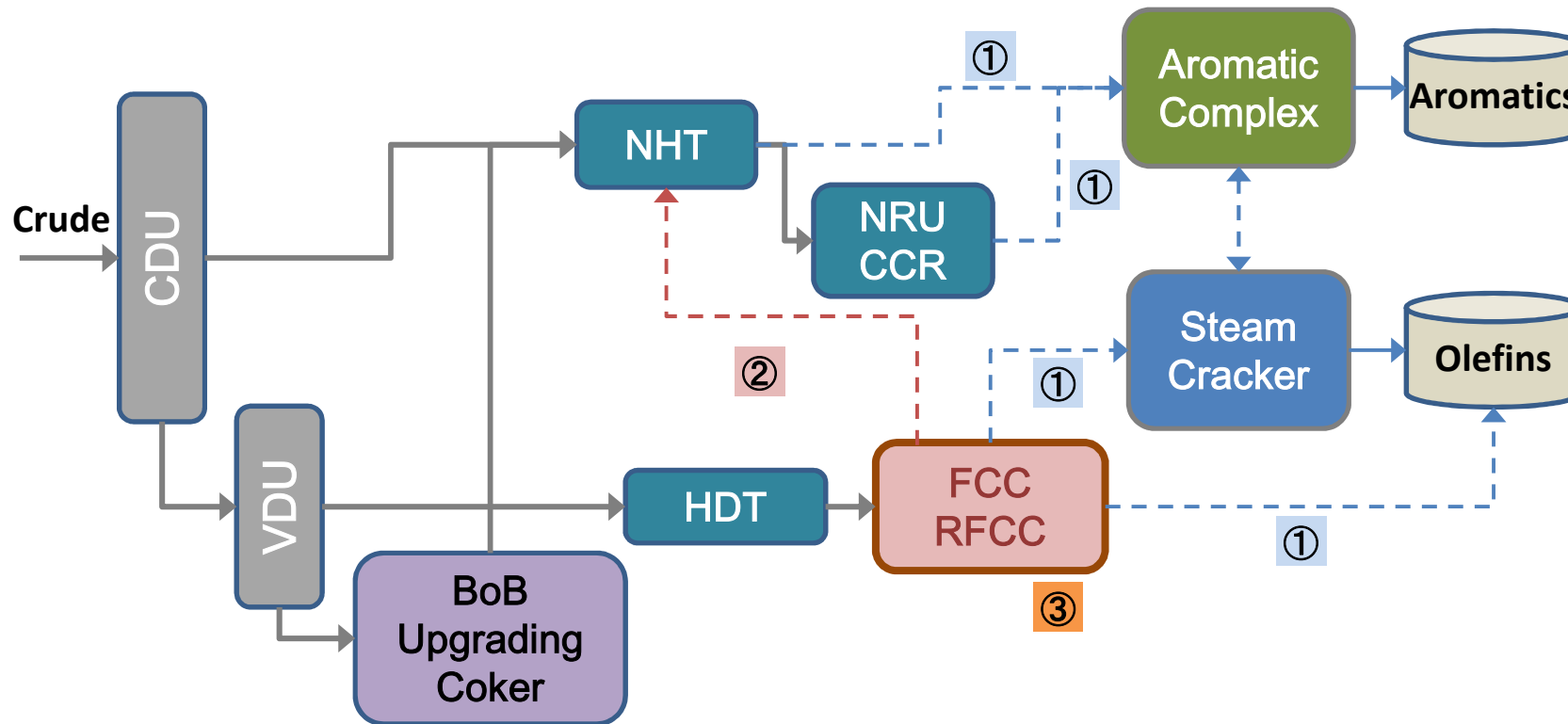
2019年5月にフル生産
達成

2.(1) 石化シフトへの製造設備対応

Refining & Petrochemical Flow Exchange



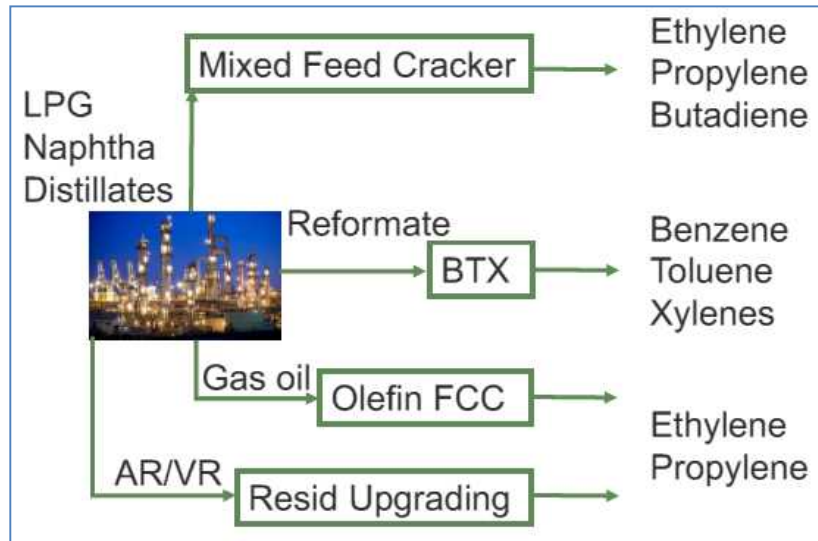
2.(1) 石化シフトへの製造設備対応



	Base ガソリン型	① PP/BTX増産	② LCN-Naphtha	③ PP-mode FCC
石化品得率 (wt%)	3	11	15	18
追加設備等	—	Aromatic Complex等	FCC-NHT	FCCEモード変更

石化品得率の増加には、アロマCとSC、それにFCCがポイント

2.(1) 石化シフトへの製造設備対応

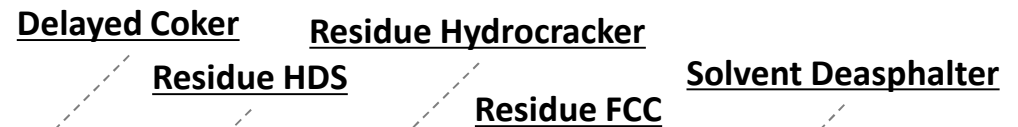


石化とのインテグ・スキーム

残油アップグレードの選択と 二次装置との組合せがポイント

Resid Upgrading
or

BoB (Bottom of the Barrel) Upgrading



Primary upgrading technologies

	DCU Delayed Coker	RDS Residue Desulfurizer	RHC Residue Hydrocracker	RFCC Residue Fluid Cracker	SDA Solvent Deasphalter
Light Crudes	VR	AR/VR	VR	AR/VR	with RDS
Heavier crudes	VR	Limited	VR	Not viable	RDS & RHC
Olefin FCC	Yes	Yes	Yes	Limited	Yes
Gasoil hydrotreater (GOHT)	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Gasoil hydrocracker (GOHC)	Yes	Yes	Yes	No	Yes

Base Refinery

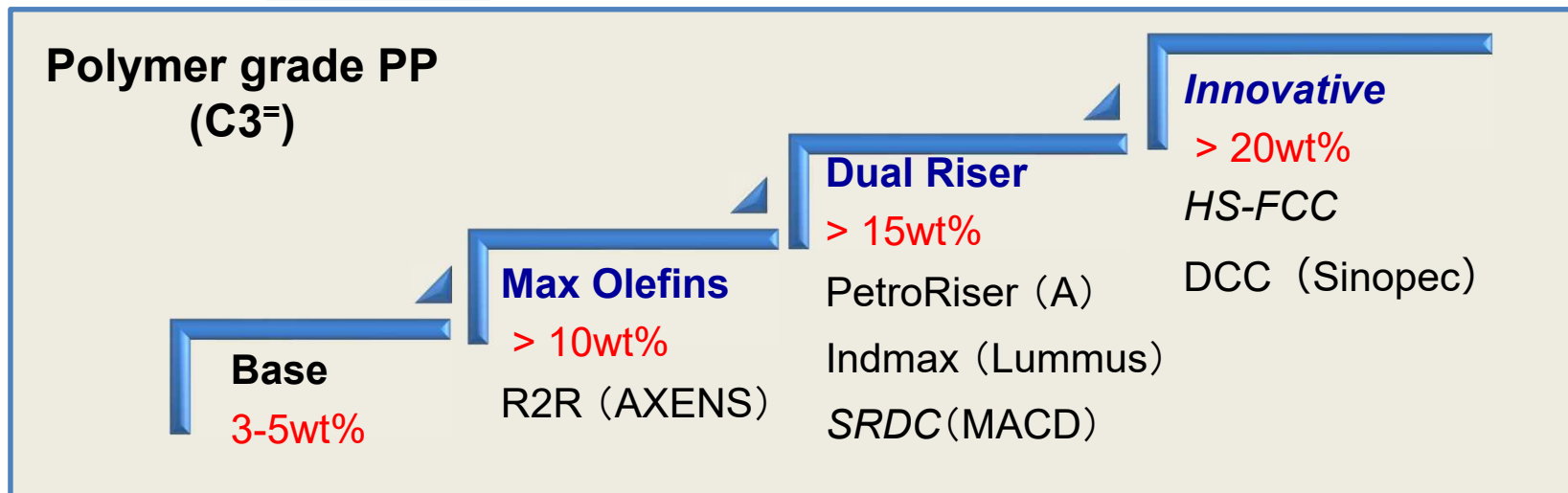
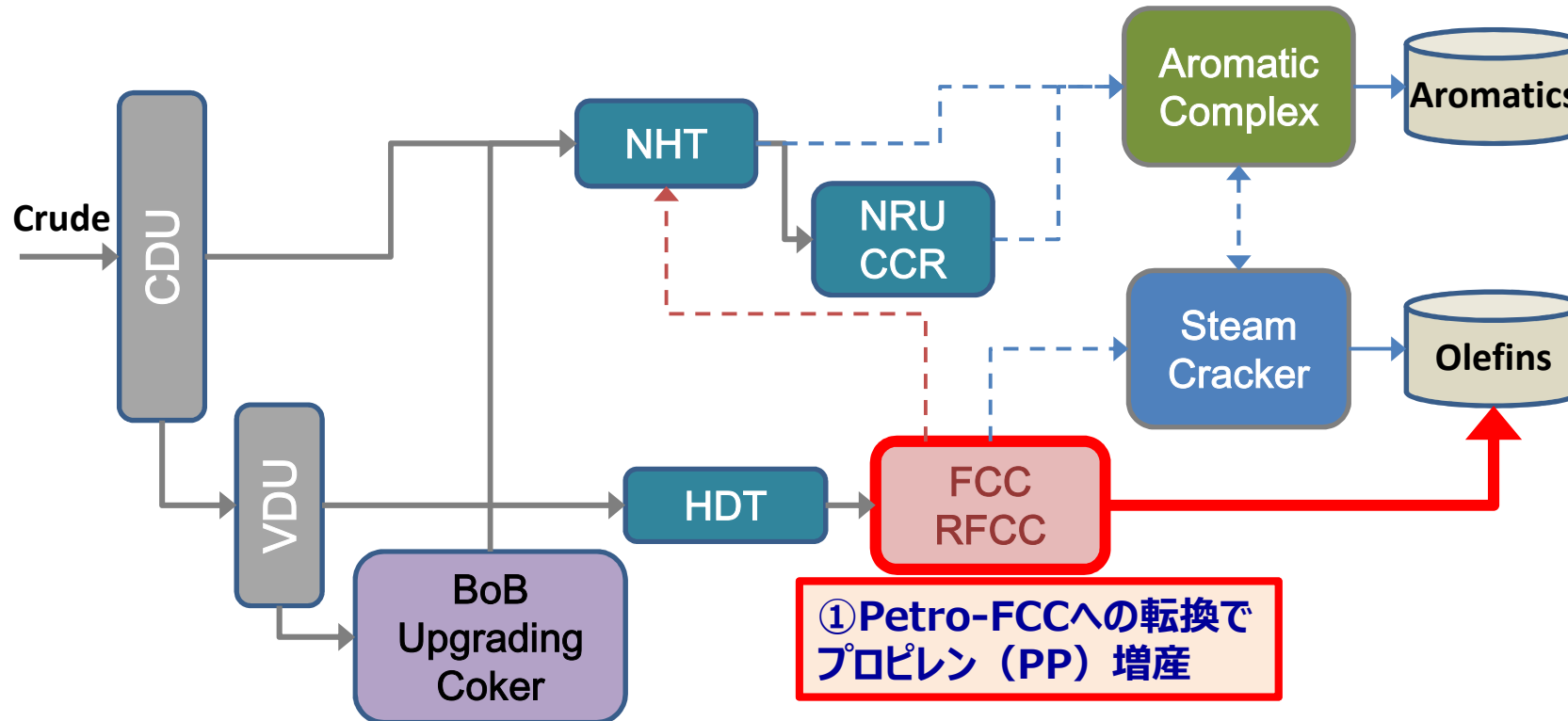
- Naphtha and distillate HDT
- Naphtha reformer
- Sulfur recovery
- Steam methane reformer

Petrochemicals

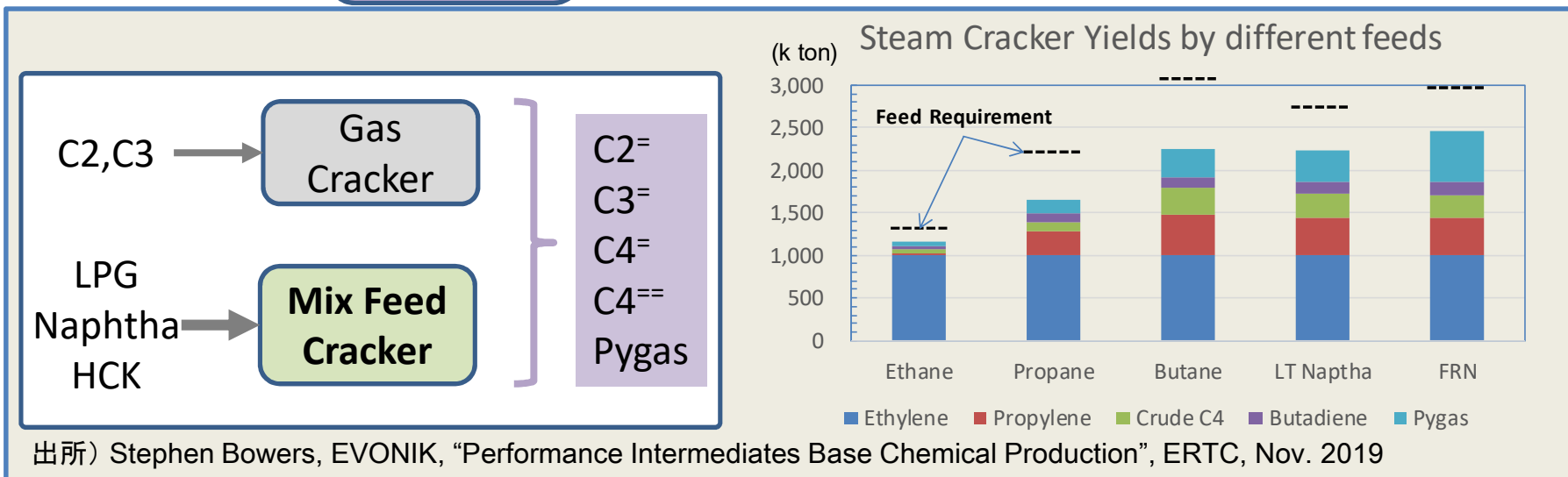
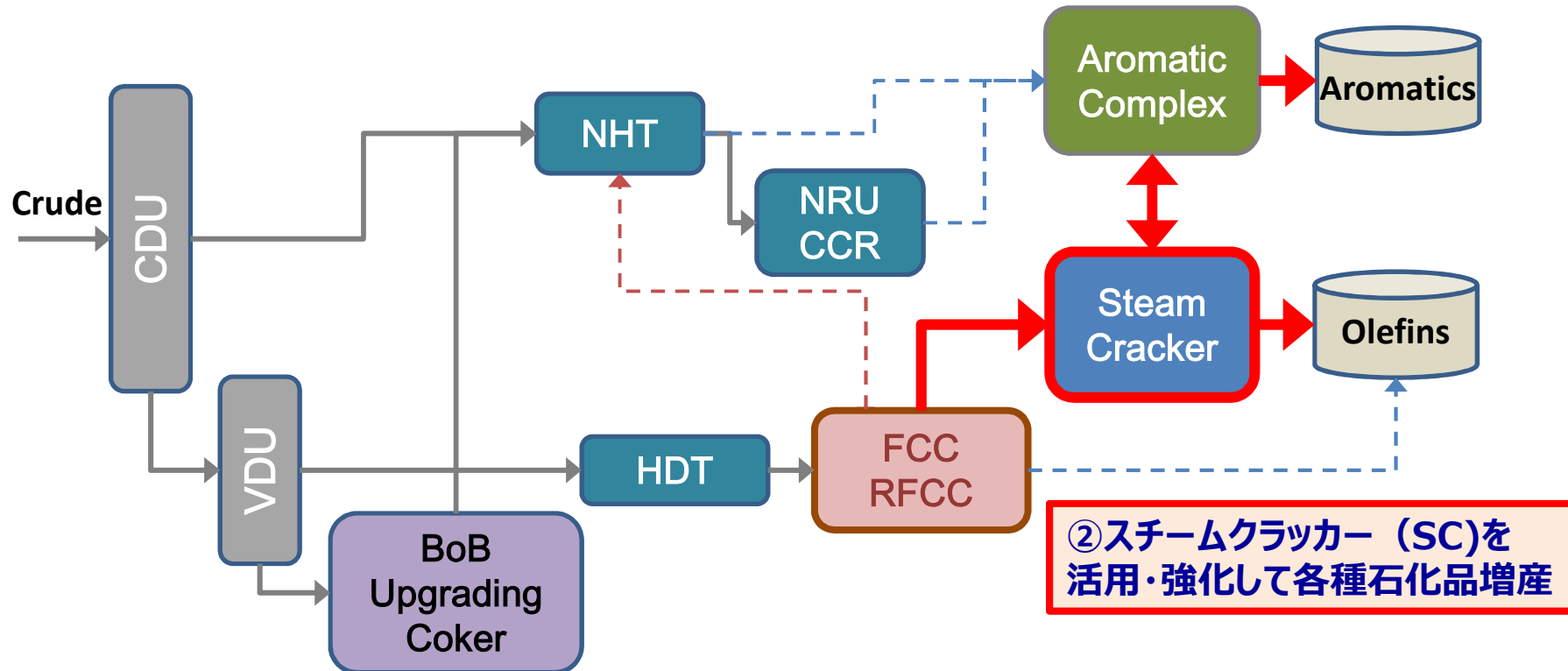
- Steam cracker
- Benzene, Toluene, Xylene separation and trans-alkylation
- Pyrolysis gasoline HDT

Common Technologies

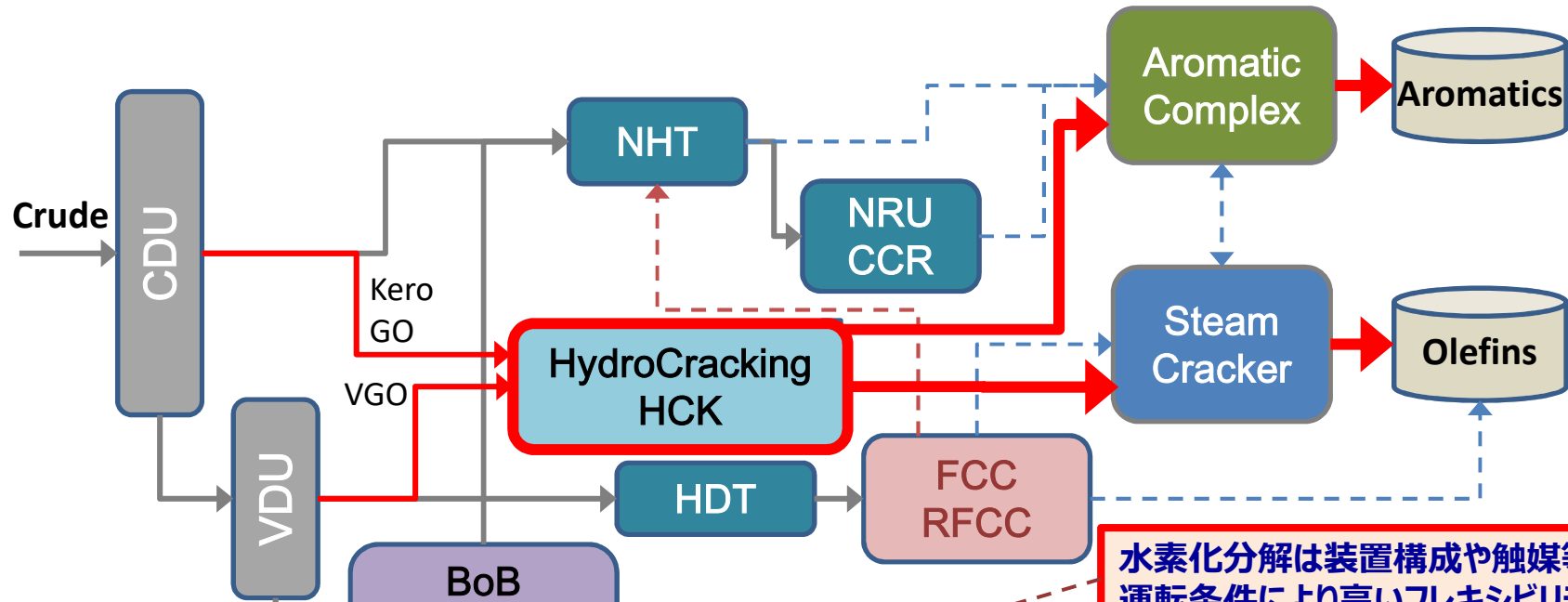
2.(1) 石化シフトへの製造設備対応



2.(1) 石化シフトへの製造設備対応

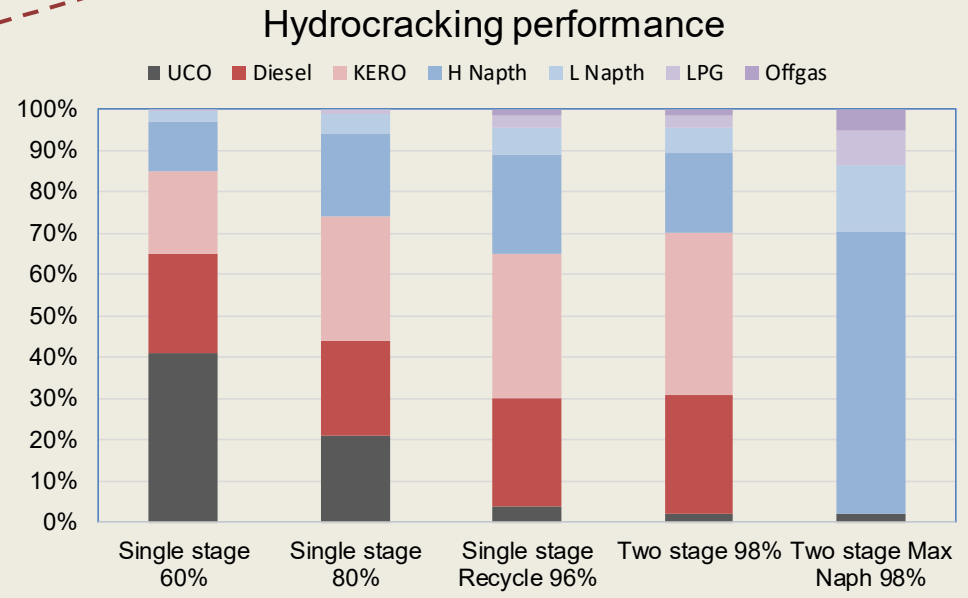
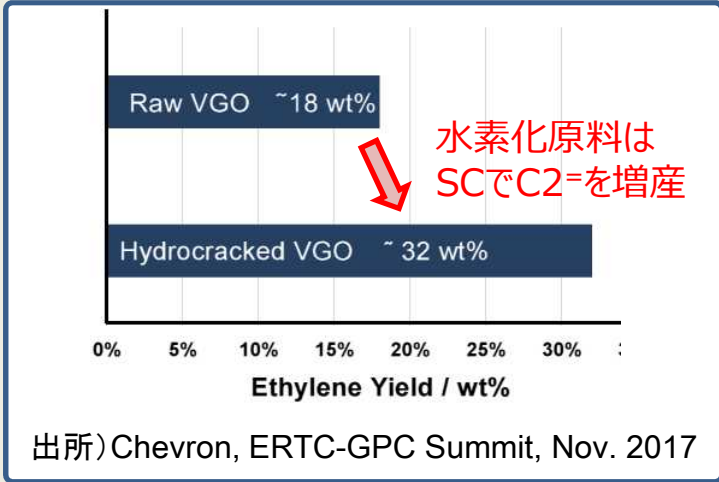


2.(1) 石化シフトへの製造設備対応



水素化分解は装置構成や触媒等
運転条件により高いフレキシビリティ

③水素化分解（水素化処理）により
質の高いアロマCおよびSC原料を供給



2.(2) ア. 日本全体製油所モデルによるBTX増産効果検討

国内製油所の国際競争力を定量的に把握するために入手可能な需給予測に基づき、日本全体（日本平均LPモデル）による2020年、2030年の原油処理、製品生産、装置稼働、精製コスト等を調査する。

1) 検討内容

- 日本全体（日本平均LPモデル）による現状から2030年までの原油処理、製品生産、装置稼働、精製コスト等を調査し、2030年日本モデルを構築する。
- 2030年日本モデルを使い、新技術設備を導入を含む石化品増産のケーススタディを行う。

2) 前提および検討方法

- 昨年度日本平均全国LPモデル※をベース
 - ※ JPEC-2018P-05 「製油所の競争力に係る技術動向に関する調査報告書」
- 需給想定
 - ✓ NEXANT社他需給・生産予測を参照
 - ✓ 2016年（ベース）、2020年、2030年
- 設備能力、原油および製品価格を想定し、LPによるプロフィット最大での最適予測

2.(2) ア. 日本全体製油所モデルによるBTX増産効果検討

① 日本モデルの構築と2030年ベースケースの設定

ア. 需給想定からの製品生産予測

NEXAN社データ中心とした需給データからの2030年までの生産予想を基に、LPによる製品生産を予測

日本の石油製品バランス (千BPD)

	Nexant-Base			
	実績	予測		
	2016	2020	2025	2030
需要				
LPG	553	575	594	609
ナフサ	524	510	538	525
ガソリン	911	865	822	773
灯油/ジェット燃料	369	354	341	324
ディーゼル/ガスオイル	785	806	737	682
残渣燃料	356	269	265	255
計	3,498	3,379	3,297	3,168

生産	2016	2020	2025	2030
LPG	99	98	90	83
ナフサ	345	315	295	275
ガソリン	932	852	798	745
灯油/ジェット燃料	541	494	463	432
ディーゼル/ガスオイル	929	851	799	746
残渣燃料	365	331	308	289
計	3,211	2,941	2,753	2,570

需給バランス	2016	2020	2025	2030
LPG	(454)	(477)	(503)	(526)
ナフサ	(180)	(195)	(243)	(249)
ガソリン	22	(13)	(24)	(28)
灯油/ジェット燃料	172	141	123	108
ディーゼル/ガスオイル	143	45	62	65
残渣燃料	9	62	43	31

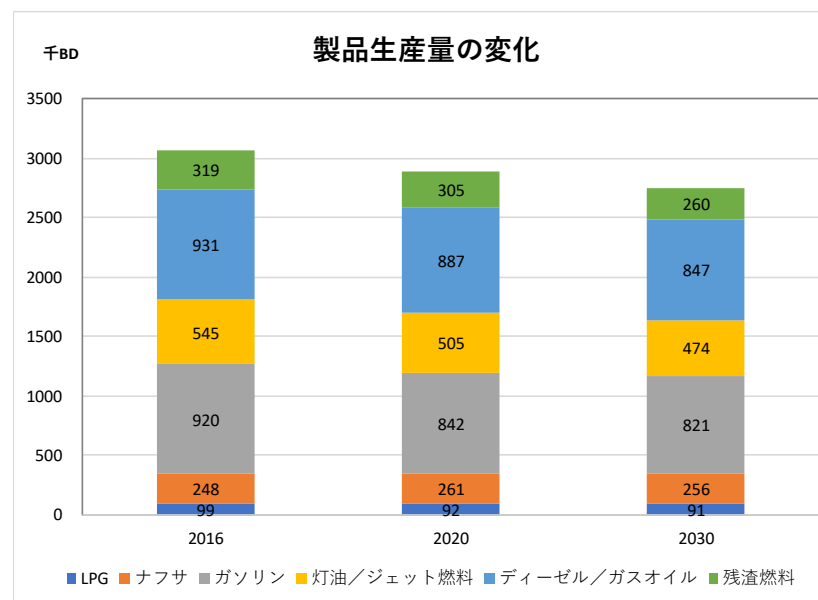
イ. LP最適計算結果

① 製油所ゲート価格・原油API

\$/bbl

	ベース (2016年)	ケース (2020年)	ケース (2030年)		
			△ベース	△ベース	
総製品価値	51.50	51.74	0.24	52.00	0.50
原料投入費	42.72	43.02	0.30	42.83	0.11
売上総利益	8.78	8.72	(0.06)	9.16	0.38
原油API	36.0	36.7	0.7	36.3	0.3

② 製品生産量の変化



2.(2) ア. 日本全体製油所モデルによるBTX増産効果検討

② 2030年を想定したBTX増産による石化品得率への効果

2030年におけるBTX増産時のケーススタディにより石化品得率への効果を検証

検討内容

- ベースケースと現有設備の活用促進ケース (BASE2)
- BTX増産技術 (GT-BTX Plus & AROMATIZATION) の導入検討

石油化学製品生産制約の影響ケーススタディ

	BASE1	BASE2
石化製品生産量		
プロピレン	FREE	←
ベンゼン	FREE	←
トルエン	2016年実績MAX	FREE
ミックスキシレン	2016年実績MAX	FREE
パラキシレン	2016年実績MAX	FREE
石化製造装置能力・稼働率		
プロピレンスプリッター	2016年実績MAX	←
トランスアルキレーション	2016年実績MAX	←
パラキシレン製造装置	2016年実績MAX	←

BASE1 : 2016年実績MAXとするケース

BASE2 : 生産量をFREEとするケース

原油価格および製品価格 (想定)

原油価格(\$/bbl)

アラビアンエクストラライト	67
アラビアンライト	65
アラビアンミディアム	63
アラビアンヘビー	61
スマトラライト	65
タママコンデンセート	67

製品価格(\$/bbl)

ナフサ	63	LPG	46
ガソリン 92RON	75	プロピレン	85
97RON	79	ベンゼン	105
灯油/ジェット	79	トルエン	104
軽油 500ppm	74	Mキシレン	101
50ppm	75	Pキシレン	127
10ppm	79		
HSFO 高硫黄3.5%	52		
LSFO 低硫黄0.5%以下	72		

BASE1とBASE2の比較

石化品生産制約による装置稼働への影響を評価

装置稼働

千BD

		能力	上限稼働率(%)	BASE1		BASE2		
				通油	稼働率(%)	通油	稼働率(%)	△通油
常圧蒸留装置	CDU	3519	82	2840	81	2879	82	39
減圧蒸留装置	VDU	1271	67	662	52	668	53	6
ナフサ脱硫装置	N-HDS	857	83	580	68	733	86	153
ガソリン脱硫装置	CCG-HDS	431	73	340	79	259	60	(81)
ナフサ・ガソリン脱硫装置	合計	1288	80	920	71	992	77	72
固定床接触改質装置	FIXED BED PLAT	302	80	105	35	242	80	136
連続再生式接触改質装置	CCR PLAT	348	88	307	88	307	88	0
接触改質装置	合計	650	84	413	63	549	84	136
アルキレーション装置	ALKY	59	75	44	75	44	75	0
異性化装置	ISOMER	23	55	13	55	13	55	0
ETBE装置	ETBE	6	70	4	70	4	70	0
灯油脱硫装置	KERO-HDS	860	73	468	54	453	53	(14)
軽油脱硫装置	GO-HDS	942	72	677	72	677	72	0
中間留分脱硫装置	合計	1802	72	1145	64	1131	63	(14)
減圧軽油脱硫装置	VGO-HDS	683	77	460	67	468	69	8
水素化分解装置	HDC	146	87	127	87	127	87	0
直接重油脱硫装置	RDS	411	77	316	77	316	77	0
コーカー	COKER	141	77	110	78	108	77	(2)
溶剤脱歴装置	SDA	47	67	31	67	31	67	0
減圧軽油接触分解装置	VGO-FCC	622	84	435	70	445	72	10
残渣油接触分解装置	RFCC	322	79	255	79	255	79	0
接触分解装置	合計	944	82	691	73	701	74	10
プロピレン分留装置	PP SPLITTER	62	88	50	80	50	81	1
パラキシレン装置	PAREX	42	90	38	90	38	90	0
トランスアルキ装置	TRANSALKY	36	85	30	85	30	85	0

- 接触改質装置の通油量が大幅に増加し、BASE2で稼働率上限に達している。

- ガソリン減産傾向のため、BASE1、2ともFCC装置の稼働率は低下している。
- BASE2で、FCC装置の通油はやや増加し、その結果プロピレン生産は若干増加しているが、プロピレンスプリッターの稼働率上限には達していない。

2.(2) ア. 日本全体製油所モデルによるBTX増産効果検討

② 2030年を想定したBTX増産による石化品得率への効果

BTX増産技術 (GT-BTX PlusとAROMATIZATION) の導入検討

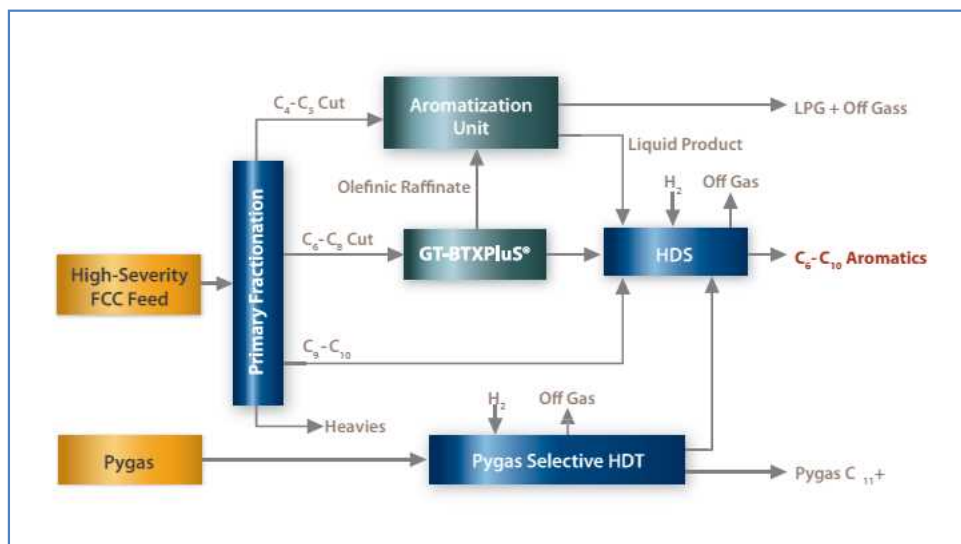
GT-BTX Plus、AROMATIZATIONプロセスは米国のSulzer GTC社がライセンスを持つプロセスである。これらのプロセスを組み合わせるとBTXを製造する。

GT-BTX Plusは特徴ある抽出蒸留技術により、FCCガソリンからBTX分となる、オレフィンリッチなMCN分(C6-C8)を回収し、AROMATIZATIONはC4-C8レンジのオレフィンに水素消費せずに反応により芳香族化する。

AROMATIZATION芳香族化反応は複数の固定床反応器を用いて再生をサイクリックにおこなう。

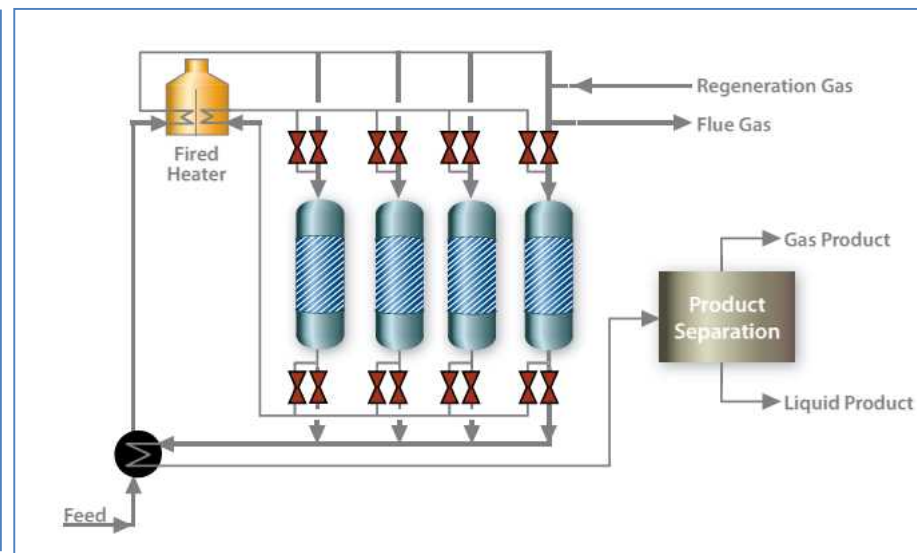
世界の建設実績はGT-BTX Plusが7基、AROMATIZATIONが19基である。

概算投資額は各300KTAスケールで、GT-BTX Plusが\$35M、GT-Aromatizationが\$50M



GT-BTX Plus、AROMATIZATIONによるBTX製造

ガソリン中芳香族	30-50%
芳香族中の比率	
ベンゼン	<5%
トルエン	15-20%
キシレン	30-40%
C9A	45-50%



AROMATIZATIONプロセスフロー

ドライガス	15-20%	LPG	30-35%	液	47-55%
液中芳香族の比率					
ベンゼン	10-15%				
トルエン	35-45%				
キシレン	25-35%				
C9A	10-15%				

2.(2) ア. 日本全体製油所モデルによるBTX増産効果検討

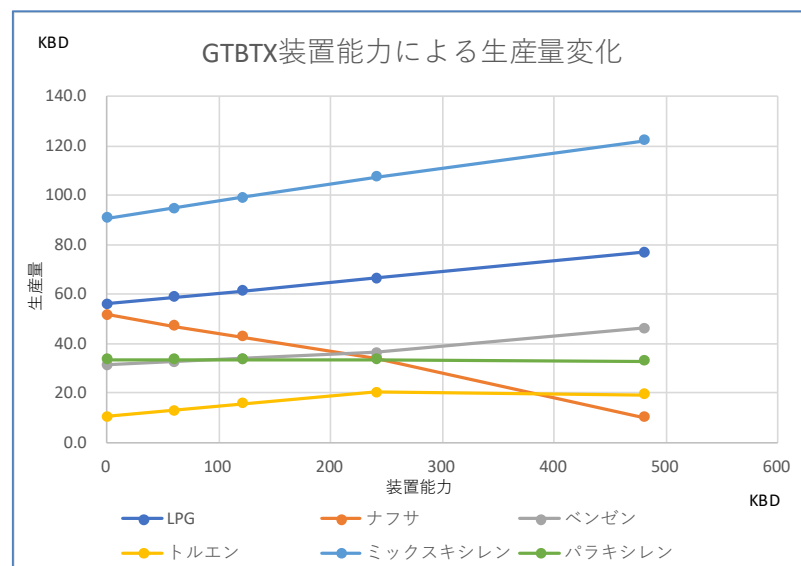
② 2030年を想定したBTX増産による石化品得率への効果

ア. BTX増産技術導入検討の試算

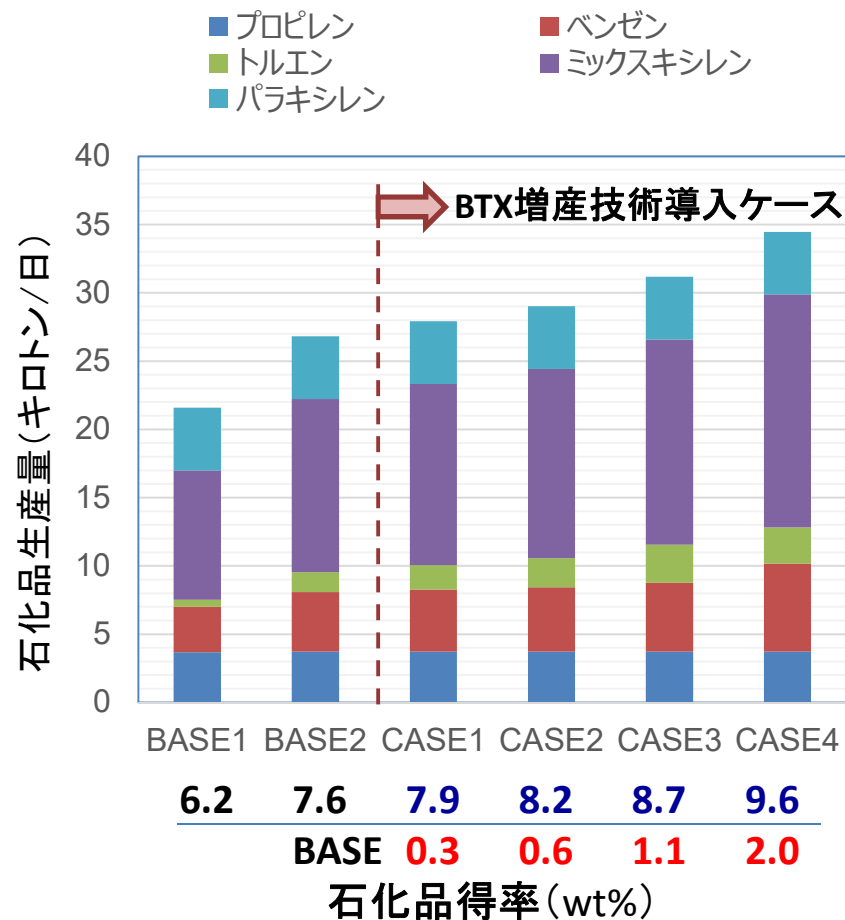
	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4
GTBTXを導入するFCC能力 (KBD)	60	120	240	480

結果

- BTX増産技術の装置能力増加に伴いBTX生産量が増加する。ガソリンブレンドへのトルエン、C9Aが増加、ナフサ生産量は減少。
- BTX増産のため既にPLATは稼働上限となっているが、このBTX増産技術を導入することによりさらにBTX増産が図れる。



イ. BTX増産による石化品得率への効果



2.(2) イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

国内製油所の国際競争力を定量的に把握するために入手可能な需給予測に基づき、日本全体（日本平均全国LPモデル）とは別に、現実的かつ具体的な方策に結び付けることを狙いとして、地域ごとに分類した地域別製油所モデルによる2020年、2025年、2030年の原油処理、製品生産、装置稼働等を調査する。

1) 検討内容

- 石油精製業の国際競争力の指標として、下記2製油所の精製マージン等調査
 - ✓ シンガポール製油所
 - ✓ インド・リライアンス社ジャムナガール石化製油所
 - 得られた製油所の生産バランスから精製マージン等を推算する評価手法を、国内製油所の競争力評価に適用した。

- 国内製油所の国際競争力強化可能性の検討
 - ✓ 各地域製油所の石油精製装置能力からの6地域製油所モデル構築
 - ✓ 現有装置活用およびFCC増強等による、操業状況等導入効果の推計

2.(2) イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

① 国際競争力の指標として、代表的海外2製油所の精製マージン等試算

シンガポール製油所の競争力

シンガポール 製品等名	①2030年想定既存製油所推計バランス			
	生産量	対原油得率	想定価格	価値
	千BBL/日	%	\$/BBL	百万\$/年
プロパン	23	2.0	46	386
プロピレン	8	0.7	85	248
ブタン・ブテン	34	3.0	46	571
ナフサ	69	6.1	63	1,587
ガソリン	168	14.8	75	4,599
BTX	46	4.0	116	1,941
ジェット・灯油	203	17.8	79	5,854
軽油・A重油	319	28.0	79	9,198
潤滑油	60	5.3	79	1,730
アスファルト	52	4.6	60	1,129
低硫黄船舶要重油	75	6.6	72	1,971
高硫黄船舶要重油	34	3.0	52	645
合計	1,091	96		
販売高合計 百万\$/年 S	29,859			
原油分類名	処理量	原油種割合	想定価格	価値
超軽質油・コンデンセート	259	23	70	6,617
アラブエクストラライト	275	24	67	6,735
アラブライト	346	30	65	8,209
アラブミディアム	0	0	63	0
アラブヘビー	0	0	61	0
低硫黄原油(米産含む)	258	23	64	6,013
天然ガス	14	-	64	326
原油・天然ガス 合計 API度	1,152	100		38
原油・天然ガスコスト合計 百万\$/年 C	27,900			
精製マージン 百万\$/年 S-C	1,959			
精製マージン \$/バレル-原油 M	4.7			

精製マージン： 4.7 \$/バレル

石化品得率：
(PP+BTX) 4.7 vol%
5.1 wt%

インド・ジャムナガール製油所の競争力

ジャムナガール 製品等名	①2030年想定既存製油所推計バランス			
	生産量	対原油得率	想定価格	価値
	千BBL/日	%	\$/BBL	百万\$/年
プロパン	55	4.4	46	923
プロピレン	62	5.0	85	1,924
ブタン・ブテン	46	3.7	46	772
ナフサ	139	11.2	63	3,196
ガソリン	263	21.2	75	7,200
BTX	100	8.1	116	4,220
ジェット・灯油	3	0.2	79	87
軽油・A重油	470	37.9	79	13,552
CB	26	2.1	52	493
Coke	99	8.0	17	614
低硫黄船舶要重油	10	0.8	72	263
高硫黄船舶要重油	4	0.3	52	76
合計	1,277	103		
販売高合計 百万\$/年 S	33,320			
原油分類名	処理量	原油種割合	想定価格	価値
超軽質油・コンデンセート	0	0	70	0
アラブエクストラライト	0	0	67	0
アラブライト	0	0	65	0
アラブミディアム	0	0	63	0
アラブヘビー	1,240	100	61	27,676
低硫黄原油(米産含む)	0	0	64	0
天然ガス	0	-	64	0
原油・天然ガス 合計 API度	1,240	100		27
原油・天然ガスコスト合計 百万\$/年 C	27,676			
精製マージン 百万\$/年 S-C	5,644			
精製マージン \$/バレル-原油 M	12.5			

精製マージン： 12.5 \$/バレル

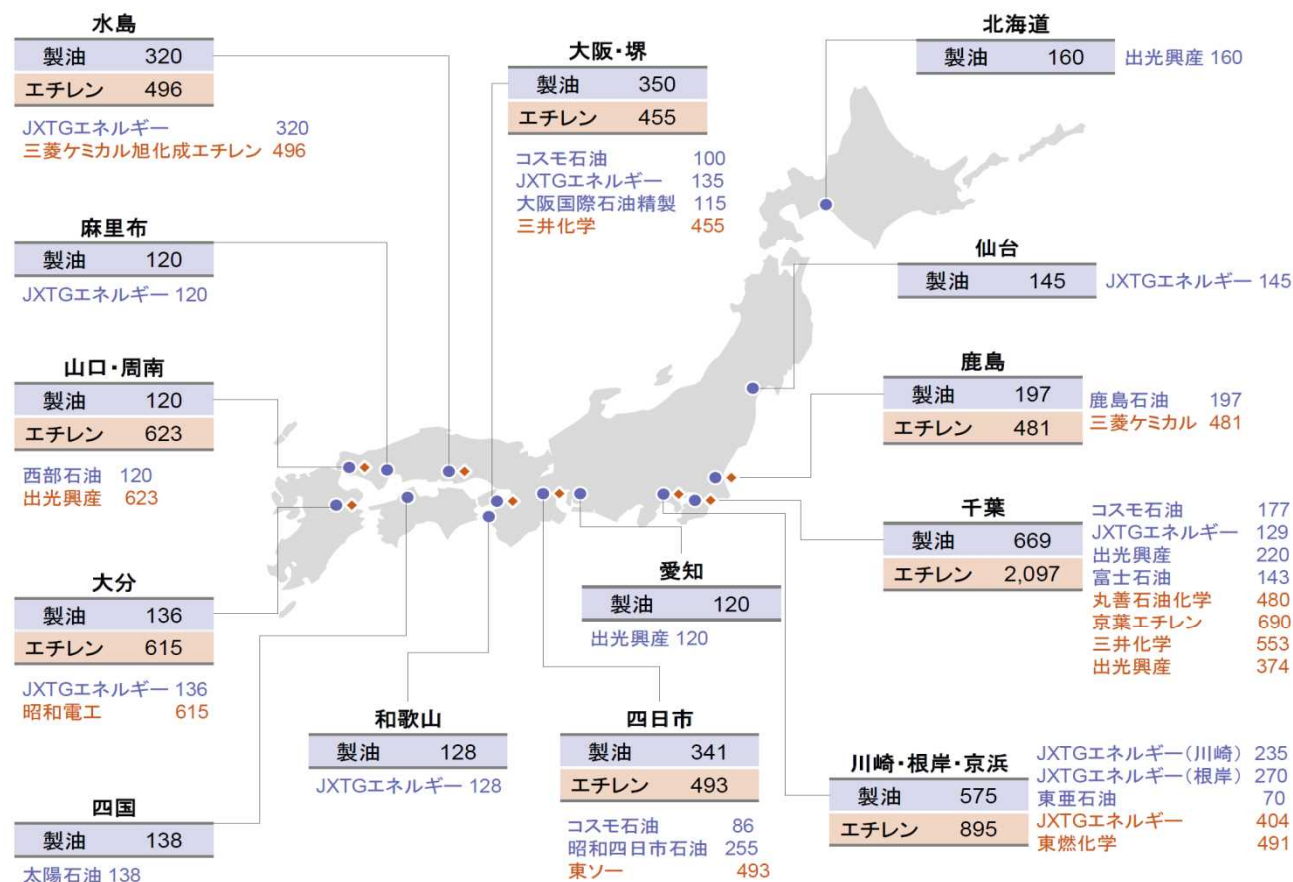
石化品得率：
(PP+BTX) 13.1 vol%
11.0 wt%

2.(2) イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

② 日本全国および6地域製油所モデルの設定

日本の石油・石油化学インフラ

所在地および能力¹
 製油所:千バレル/日 エチレンプラント:千トン/年



製油所・エチレンプラントの稼働年数
(2018年基準)

製油所		
社名	場所	年数
1 太陽石油	四国	80
2 JXTGエネルギー	和歌山	77
3 JXTGエネルギー	麻里布	75
4 コスモ石油	四日市	75
5 東亜石油	京浜	63
6 昭和四日市石油	四日市	60
7 JXTGエネルギー	水島	57
8 JXTGエネルギー	川崎	56
9 出光興産	千葉	55
10 コスモ石油	千葉	55
11 JXTGエネルギー	根岸	54
12 JXTGエネルギー	大分	54
13 JXTGエネルギー	堺	53
14 JXTGエネルギー	千葉	50
15 コスモ石油	堺	50
16 富士石油	袖ヶ浦	50
17 西部石油	山口	49
18 鹿島石油	鹿島	48
19 大阪国際石油精製	大阪	47
20 JXTGエネルギー	仙台	47
21 出光興産	北海道	45
22 出光興産	愛知	43

エチレンプラント		
社名	場所	年数
1 三井化学	千葉	51
2 出光興産	周南	50
3 丸善石油化学	千葉	49
4 JXTGエネルギー	川崎	48
5 三菱ケミカル旭化成	水島	48
6 三井化学	堺	48
7 東ソー	四日市	46
8 東燃化学	川崎	46
9 昭和電工	大分	41
10 出光興産	千葉	33
11 三菱ケミカル	鹿島	26
12 京葉エチレン	千葉	24

(出所)石油化学工業協会HP、石油連盟HP、石油通信社「平成29年石油資料」より弊社作成

(注)1. 製油所は2017年11月、エチレンプラントは2017年7月時点の能力

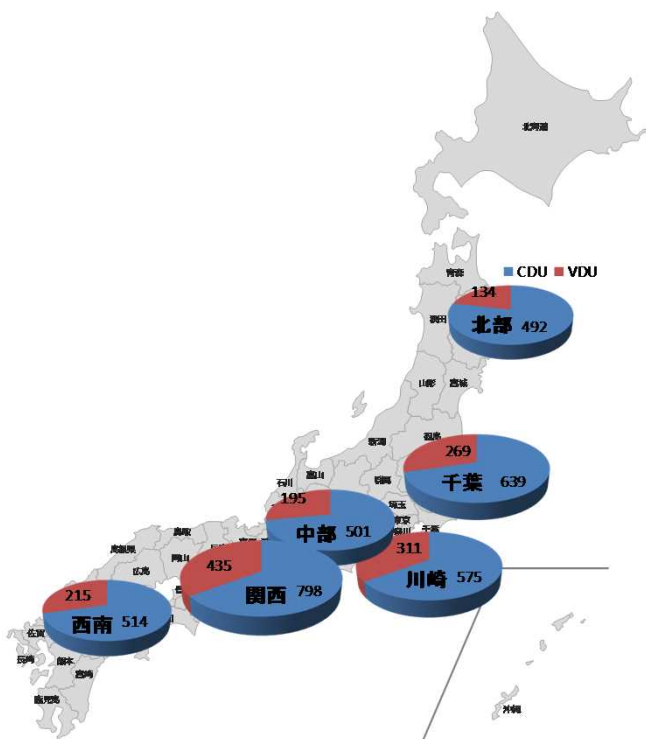
(出所)各種資料より弊社作成

2.(2) イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

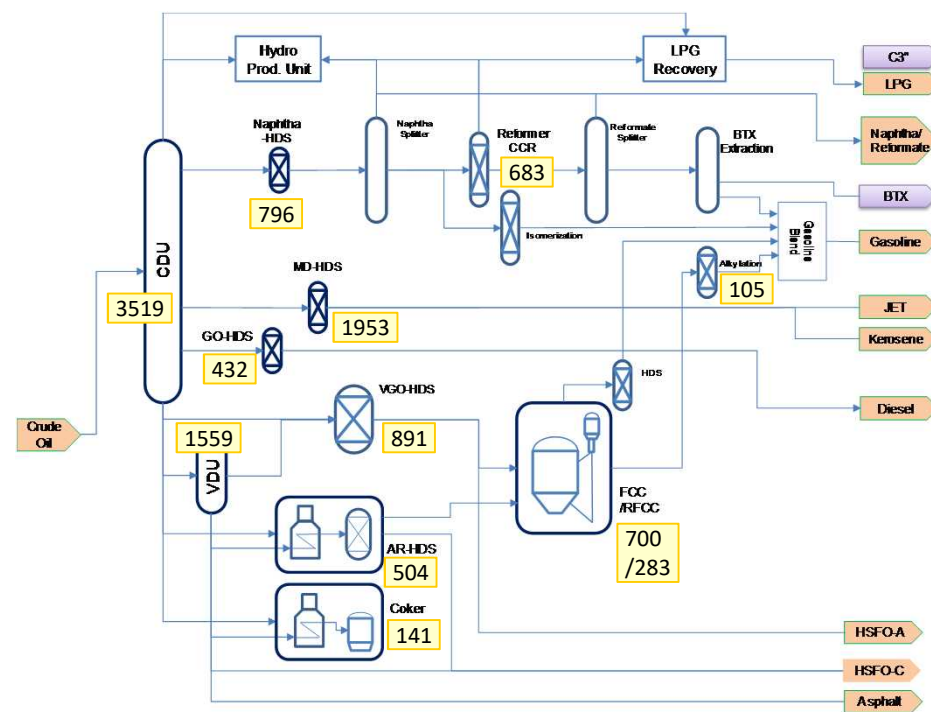
② 日本全国および6地域製油所モデルの設定

①北部、②千葉、③川崎、④中部、⑤関西、⑥西南

6地域製油所装置能力 (千バレル/日)	常圧蒸留 CDU	減圧蒸留 VDU	ナフサ脱硫 Naph-HDS	灯油脱硫 MD-HDS	軽油脱硫 GO-HDS	改質装置計 RFM	固定床接触改質 FBRFM	連続再生改質 CGR	FCC	RFCC	アルキレーション ALK	VGO-HDS	VGO分解 HC	AR-HDS	残油熱分解 コーカー	残油水素化 分解
北部	492	134	104	217	69	76	18	58	37	76	9	65	17	124	0	0
千葉	639	269	138	404	78	110	82	28	129	34	4	136	40	112	33	0
川崎	575	311	114	338	66	116	52	64	184	30	19	219	0	35	27	35
中部	501	195	128	262	55	102	24	79	31	111	27	118	0	105	0	0
関西	798	435	169	493	124	159	106	53	233	0	38	257	57	76	59	0
西南	514	215	144	240	41	122	0	122	86	32	7	96.0	30	52	22	0
全国計	3,519	1,559	796	1,953	432	683	280	403	700	283	105	891	144	504	141	35



6地域製油所モデル、ロケーションと規模



日本製油所モデルの構成プロセスフロー
(数値は、日本全国の規模、単位千BD)

2.(2) イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

③ 日本全国および6地域製油所モデルによる検討

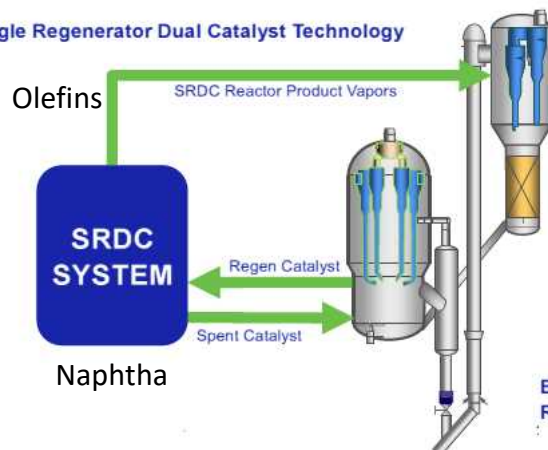
検討手順

- 1) 日本全国と6地域製油所モデルの構築 (ベースケース)
- 2) 既存設備で余力を活かしBTX増産可能性
- 3) 2) に加え低硫黄重油 (LSFO) 増産可能性
原油処理能力等の最大稼働状況時
- 4) 2) に加えFCC装置改造ケース (PP増産)
McDermott (MACD) 社のSRDCシステム (※)
- 5) 4) に加えRFCC装置をHS-FCC装置に転換
更なるPP増産
- 6) 5) に加え低硫黄重油 (LSFO) 増産可能性

- ① 日本全国モデル
2020年、2025年、2030年
- ② 6地域製油所モデル
2030年

※参考 McDermott社のSRDCシステム – 既存RFCCに付加することでPP増産を可能とする

SRDC: Single Regenerator Dual Catalyst Technology



Products	Case 1a	Case 1b	Case 2**	Case 3**
Configuration	Indmax FCC	Indmax FCC + OCU	RFCC to Indmax RFCC	RFCC+SRDC
Unit Type	Grass-roots	Grass-roots	RFCC Revamp	RFCC Revamp
Feed type	HT VGO	HT VGO	Treated AR	Treated AR
Total Propylene	20%	31%	12%	15%
Naphtha	29%	29%	26%	25%
LCO	8%	8%	12%	17%

**Base Case RFCC Unit
– Feed: Treated Atm Residue
– Propylene yield: 6.0 wt%

Estimated payback period:
– Case 1a and 1b: 3 years
– Case 2-3: Less than 3 years

出所) Jo Portela, MCDERMOTT, “Integrate your paid-off FCC unit for improved flexibility and better economics in a dynamic market”, ERTC, Nov. 2019.

2.(2) イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

③ 日本全国および6地域製油所モデルによる検討／前提条件

表1. 国内製油所の石油・石油化学製品 生産量の想定値 (千BPD)

石油製品名	実績	見通し				
	2017	2018	2019	2020	2025	2030
レギュラーガソリン	121	119	118	116	107	99
プレミアムガソリン	804	787	775	758	673	602
ナフサ	777	747	759	752	722	704
ジェット	258	263	263	263	263	262
灯油	287	255	260	251	223	202
軽油	720	722	724	722	721	721
A重油	198	192	185	179	151	127
一般C重油(内需)	90	85	82	79	63	51
電力C重油	97	69	66	64	51	41
船舶用C重油	127	127	127	127	127	127
潤滑油	40	40	40	40	40	40
アスファルト	51	51	51	51	51	51
リフォーマート BTX	150	150	150	150	150	150
合計	3,720	3,607	3,600	3,552	3,342	3,177

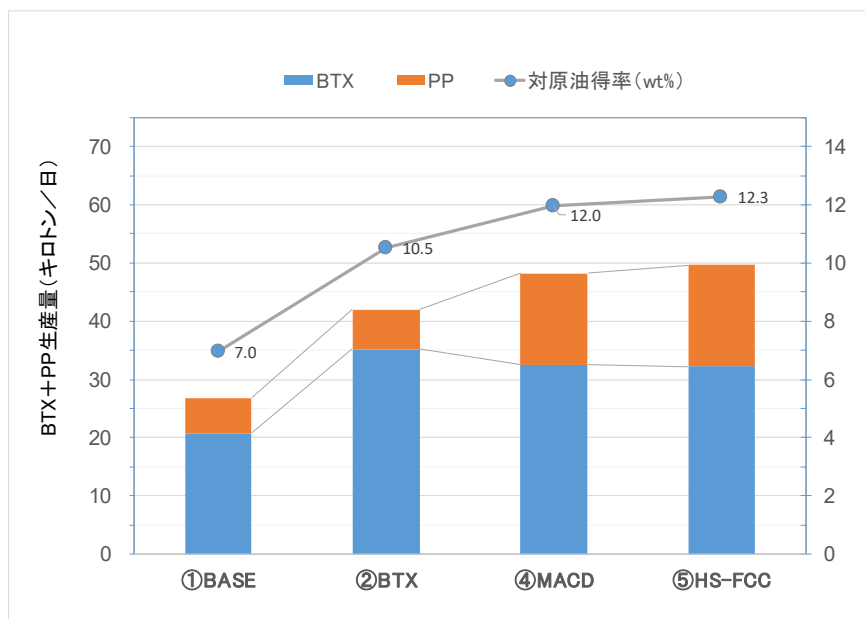
以下の製品は想定輸出量を加えて算出：
レギュラーガソリン、ジェット、軽油、
船舶用C重油
プロピレンは、別枠で、生産条件を設定せず
製油所の生産バランスに応じて生産できると
した。

表2. FCC/RFCC装置への付加技術採用時の製品得率想定値 (対原油vol%)

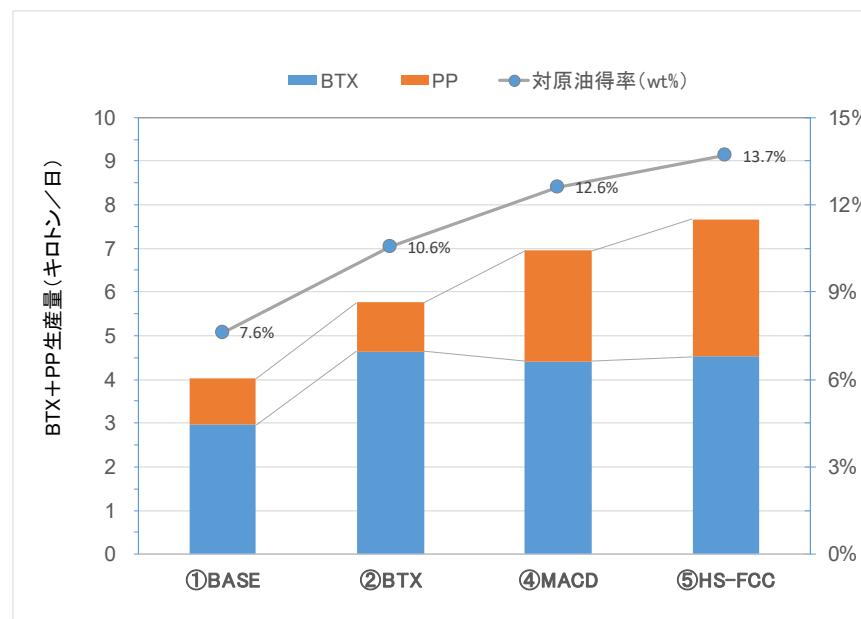
各種装置	既存FCC/RFCC		プロピレン増産型FCC	MACD社技術導入改造FCC/RFCC		HSFCC
	脱硫減圧軽油	直脱重油	脱硫減圧軽油	脱硫減圧軽油	直脱重油	直脱重油
原料油	対原料VOL%					
製品基材・留分名	対原料VOL%					
ガス(自家燃換算)	4	6	4	5	6	7
プロピレン	9	10	17	20	22	29
プロパン留分	2	3	4	3	5	7
ブタン留分	15	14	19	19	18	21
ガソリン基材	63	55	50	47	40	35
軽油基材	15	18	13	13	15	9
LSC重油基材	6	8	7	7	8	8
合計	114	114	114	114	114	116
備考	我国・シンガポール製油所実勢		リライアンス石化製油所実勢	MACD社技術導入による改造FCC/RFCC		高過酷新設RFCC

2.(2) イ. 日本地域別モデルによるFCC活用検討

③ 日本全国および6地域製油所モデルによる検討／結果（エッセンスのみ）



日本全体モデル(2030年)技術適用時の石化品生産量



中部地区モデル(2030年)技術適用時の石化品生産量

代表して2030年を想定した日本全国と中部地区モデルによる生産量、特に石化品への影響を図に示す。以下の結果が得られた。

- ✓ BTX増産は既存設備（リフォーマー等）の最大活用で向上できる（①→②）、一方、PP増産にはFCCの改造（④、⑤）が必要である。
- ✓ ④MACD技術を適用した場合、PP増産には有効であるが、ガソリン生産量を減らすためBTXが若干減少する。
- ✓ ⑤HS-FCC適用はRFCCに限定して検討。中部地区のようにRFCC比率が高い場合には、特にPP増産に有効である。

3. まとめ

国内製油所の国際競争力強化を図るため、国の燃料油需要の減少と国際的石化品需要の増大という将来的な構造変化に備え、需要に応じて必要製品をフレキシブルに効率よく製造することが求められている。特に石化シフトに関する技術動向とその国内製油所への適用可能性を含めた技術調査を実施した。

1. 海外の需給および製造設備の動向調査

- ✓ オレフィンの効果的な生産のためにはスチームクラッカー（SC）が、BTXにはアロマコンプレックスがポイントである。
- ✓ 製油所の石化シフトは設備投資を含め具体的な方法論が議論されている。具体的には、DCU/Olefin-FCC、RDS/Olefin-FCC、SDA/RDS 等、複数の組合せにより複合効果を引き出す工夫など。
- ✓ その中で石化品の生産性を効果的に増大させる技術として、①石化増産型のFCCへの転換、②原料供給を含めたSCの活用・強化、③VGO等重質油の水素化分解等ボトムアップグレード技術の活用、が有効である。

2. 日本製油所モデルによる将来の生産性予測と新技術適用の効果推算

- ✓ 日本全体（日本平均LPモデル）による現状から2030年までの原油処理、製品生産、装置稼働、精製コスト等を調査し、2030年日本モデルを構築した。
- ✓ その結果、BTXを効果的に増産するためには、ガソリン需要減少に伴い低下する改質装置の活用と、例えばGT-BTX Plus等（Sulzer GTC社）を導入しFCCプロセスに組合せれば、BTX増産が図れることが示された。
- ✓ さらに日本全国および6地域製油所モデルへの展開を図った。
その前提として、国際競争力の指標とするため海外の代表的2製油所の生産バランス等から精製マージンを推算し、同様の手法を国内に適用した。精製マージンに与える石化品得率の影響は非常に大きいことが示された。
- ✓ プロピレンの増産を製油所で図るためにはFCC/R FCCの活用が有効と認識されている。そのケーススタディとして、既存FCCの改造（MACD社のSRDCシステム）とRFCC装置のHS-FCCへ置換えの二ケースを調査し、それぞれの効果を、部分的にはあるが、定量的に評価することができた。

3. 今後の展開

今回の調査結果を我が国の製油所に相応しい石化シフトの方策立案に活かす。

本調査は経済産業省・資源エネルギー庁の
「令和元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

「令和元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。