

重質油分解装置の効果

(重質油分解装置による原油ソース多様化と省資源化)

平成28年9月21日

原 晋一

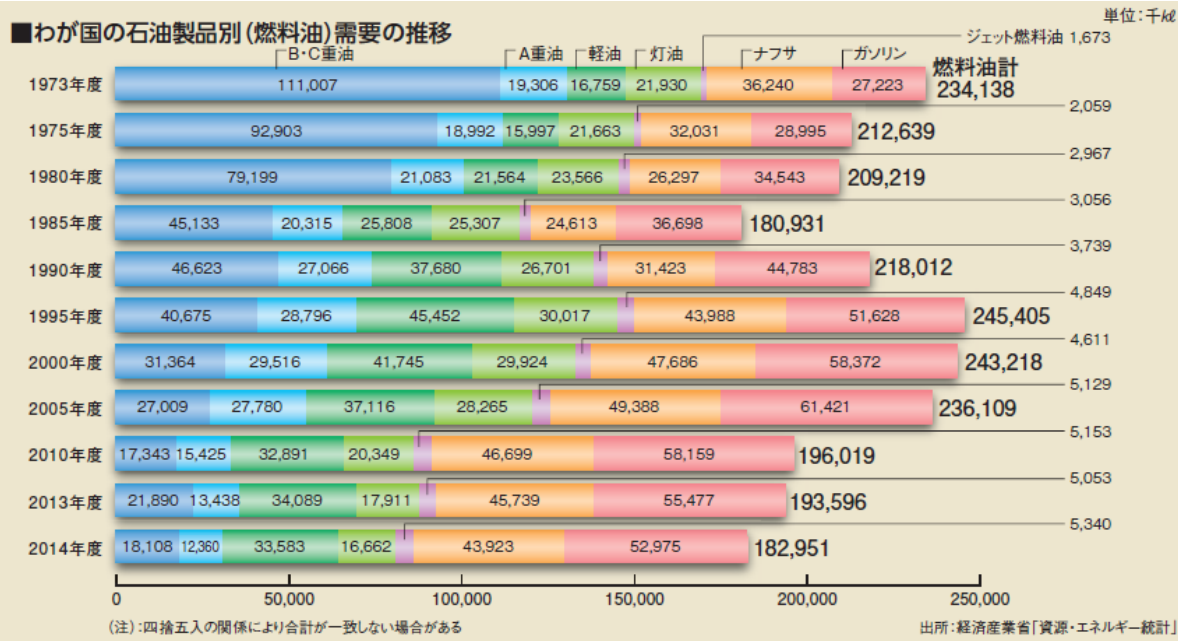
(要旨)石油精製現状の課題と技術対応

目次

- (1) 石油環境の現状と見通し
- (2) 石油精製構造改革の方向
(減圧残油(VR)分解能力の向上)
- (3) 重質油分解プロセス
- (4) 石油統合によるVR分解能力比率の向上
- (5) 新重質油分解プロセス(Slurry Hydrocracker)
導入による重質油共同分解とその効果
- (6) まとめ

国内石油事業環境

需要減少



油種別生産減少割合 (2010→2014)

- ガソリン : 2.1%減/年
- 石化ナフサ : 3.2%減/年
- ジェット燃料 : 2.0%増/年(国際航空含)
- 灯油 : 4.9%減/年
- 軽油 : 1.2%減/年
- A重油 : 5.2%減/年
- B・C重油 : 3.2%減/年
- 全体 : 2.3%減/年

石連:「今日の石油産業2016」

統合の動き

統合すれば売上高は出光・昭和シエルの2倍近い

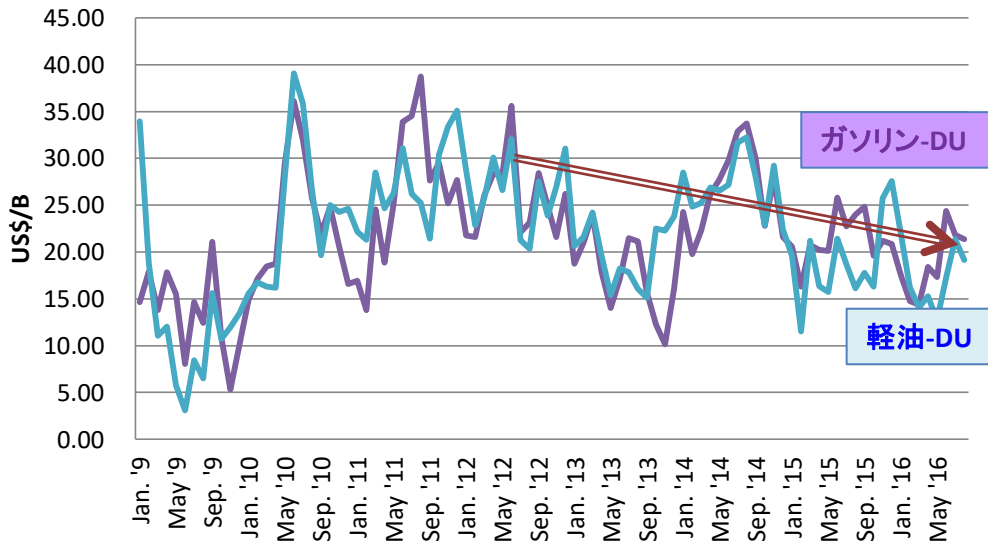
順位	売上高
JX+東燃ゼネラル 14兆3334億円	
1 JXホールディングス	10兆8824
出光+昭和シエル 7兆6276	
2 出光興産	4兆6297
3 東燃ゼネラル石油	3兆4510
Esso Mobil ぜネラル	
4 コスモエネルギーホールディングス(旧コスモ石油)	3兆358
5 昭和シエル石油	2兆9979

(注) 14年度実績を単純合算

日経電子版(H28july7)

マージン減少

国内製品(税抜き)ー原油 価格差



国外展開(東南アジア)

- 出光興産: ヴェトナム ニソン製油所
- JX HD : インドネシア
- 東燃ゼネラル: オーストラリア

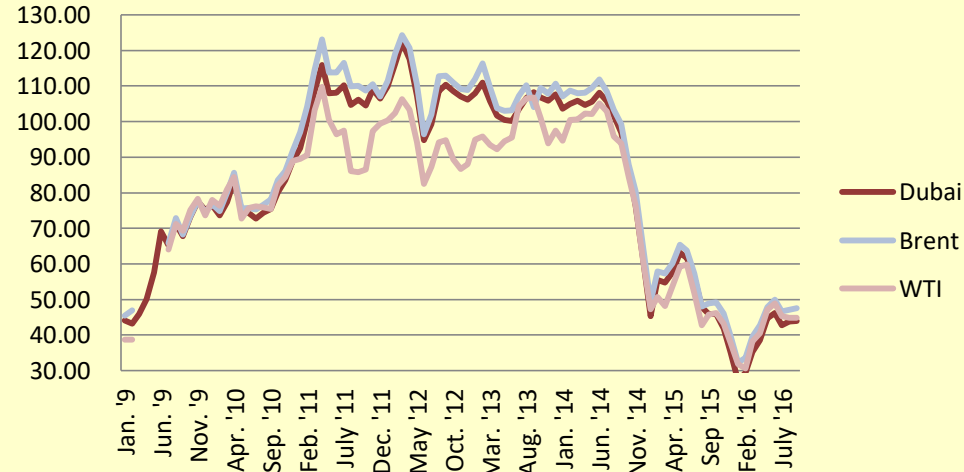
世界石油情勢

在来型原油生産減少状態下、リーマンショックの影響が弱まり原油価格が再び高くなって来た2011年から、米国シェールオイルの増産と、中国の景気減速環境下、サウジアラビアの原油増産が重なり、2014年半ばから原油価格が急落した。

最近やっと低コストのシェールオイルも金融情勢の変化もあり、生産を下げ始め、原油価格が下げ止まり、上昇基調に転じて来た。

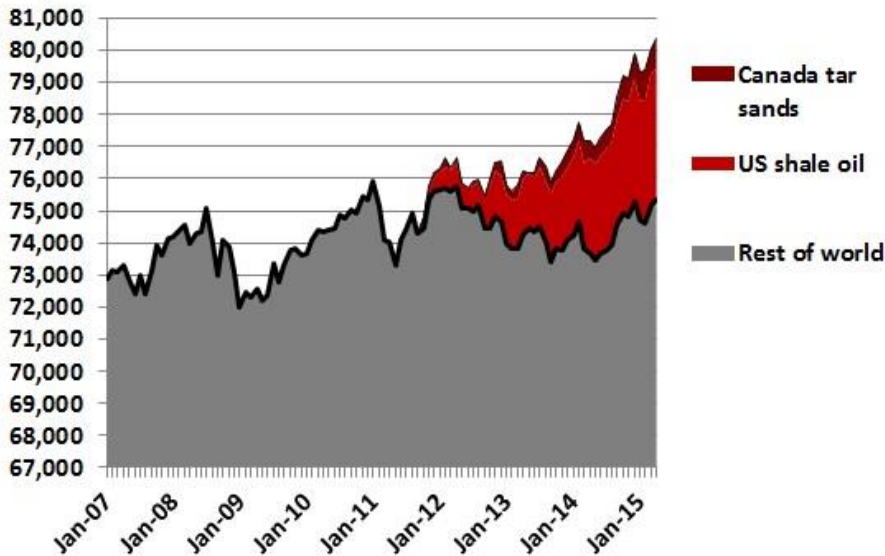
今後は、年末から来年にかけ、需給バランスも好転し、原油価格が60~70\$/B程度に向け上昇するとの見方も出てきている。

原油価格推移(\$/B)



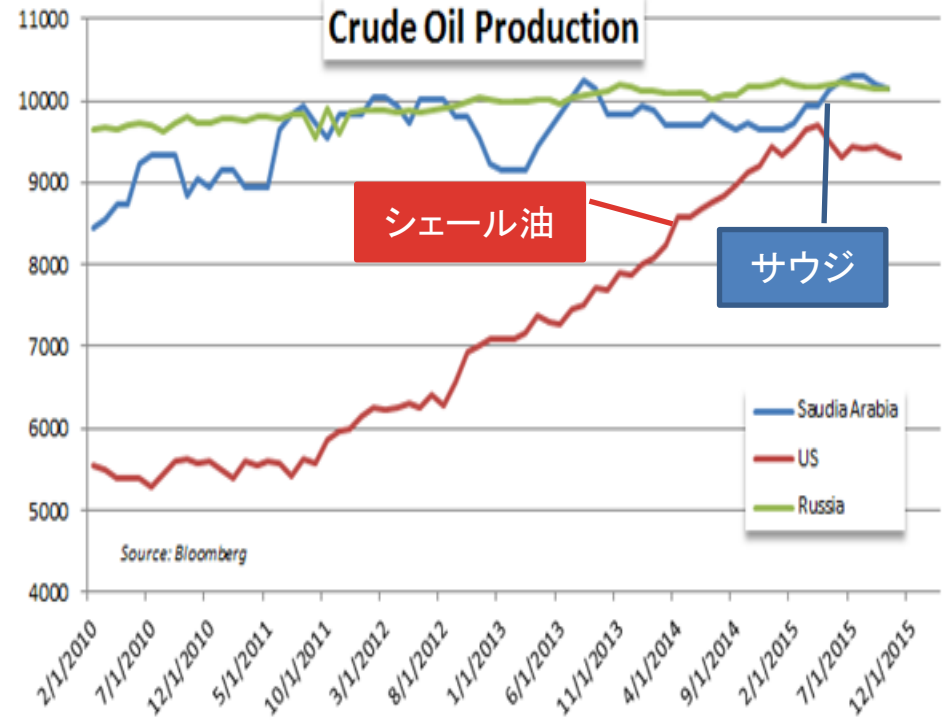
World crude

with US shale oil and Canada tar sands after Oct 2011



Data: EIA International Energy Statistics

Crude Oil Production



Source: Bloomberg

今後の世界石油見通し(1) 原油

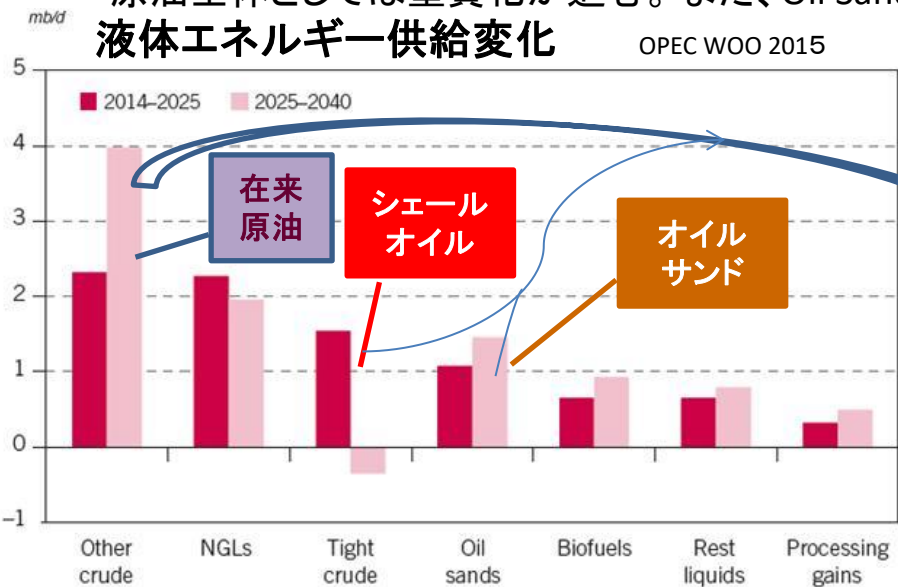
軽質なシェールオイルの伸びは2025頃から低下 (US Shale Oil Reserves:252億bbl)。

原油全体としては重質化が進む。また、Oil Sandは継続的に生産増加が行われる。

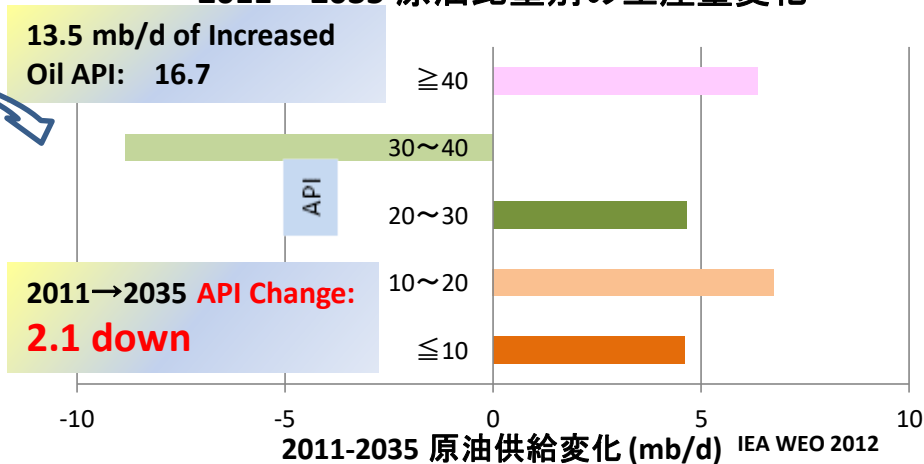
液体エネルギー供給変化

OPEC WOO 2015

原油重質化 (API比重別増減) API=141.5/比重-131.5



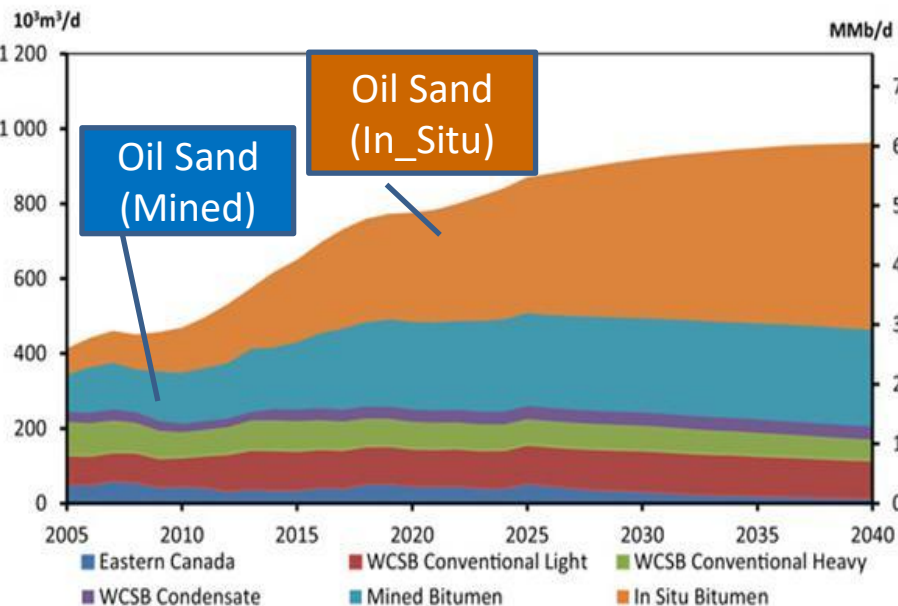
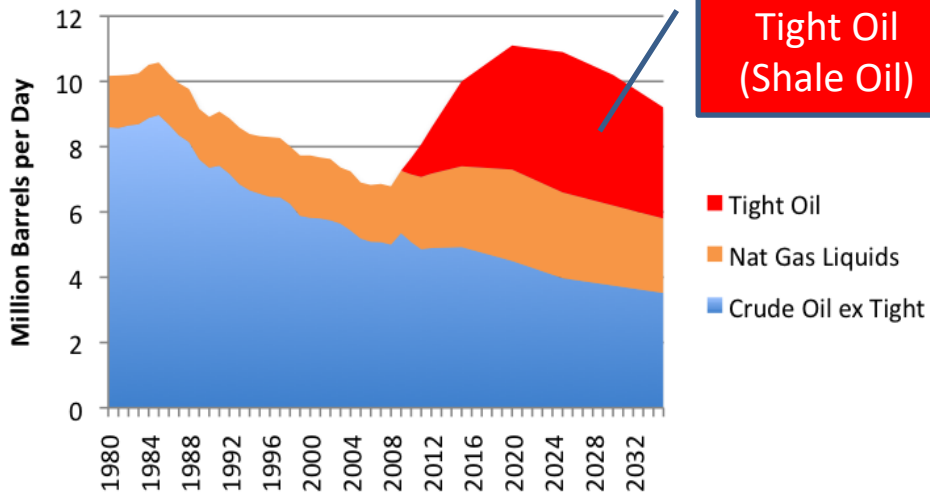
2011-2035 原油比重別の生産量変化



米国タイトオイル生産見通し(IEA WEO 2014)

Oil Sand Outlook NEB Canada's Energy Future 2016

IEA Forecast of US Oil Production

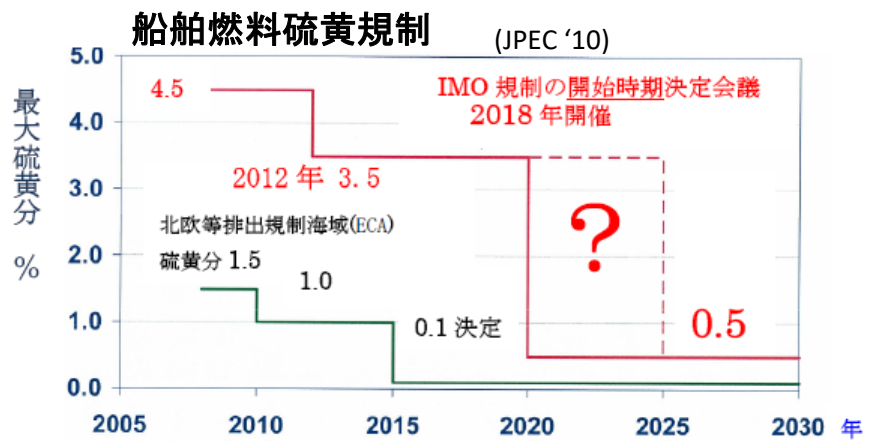
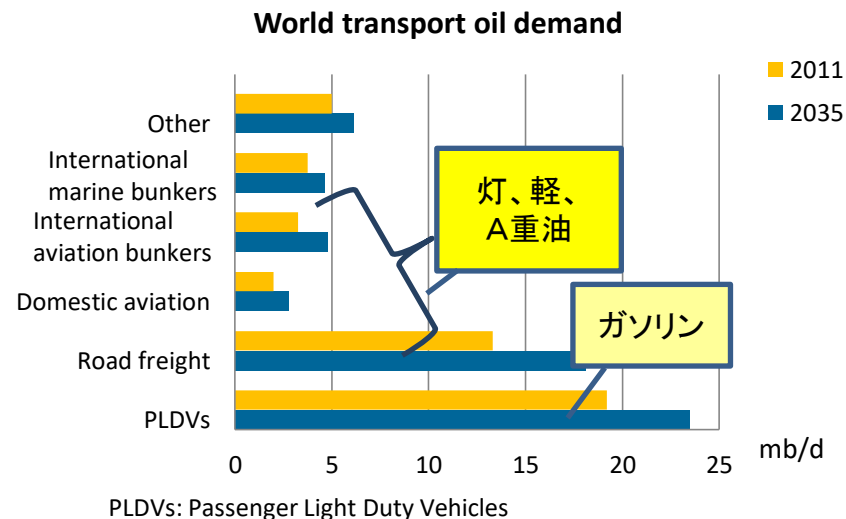
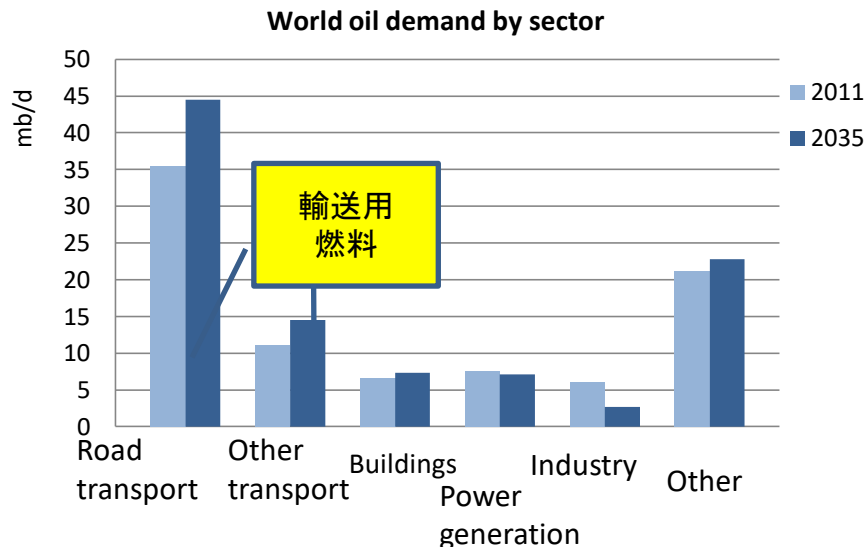


今後の世界石油見通し(2) 需要・製品マーケット

- 世界の石油製品は今後25年間に、輸送用燃料の増加を中心にして伸びる。輸送用燃料の伸びは、中間留分が60%弱を占め、ガソリンの伸びより大きい。
- また、発電燃料の需要は減少し、船舶燃料の硫黄規制もあり、重油消費は減少する。

石油需要: 73.3%輸送用燃料 (IEA WEO 2012)

輸送用燃料増: 13 mb/d; 内中間品57.7%以上 (IEA WEO 2012)



Oil demand
 '11~'14 : +1.5%/y (IEA 2015)
 '14~'35 : +1.45%/y (BP 2016 Feb.)

図-1 世界および欧州の船舶用燃料油の硫黄分規制

出所) Purvin & Gertz 社「Crude to bunker」セミナー (2010年シンガポール) 資料

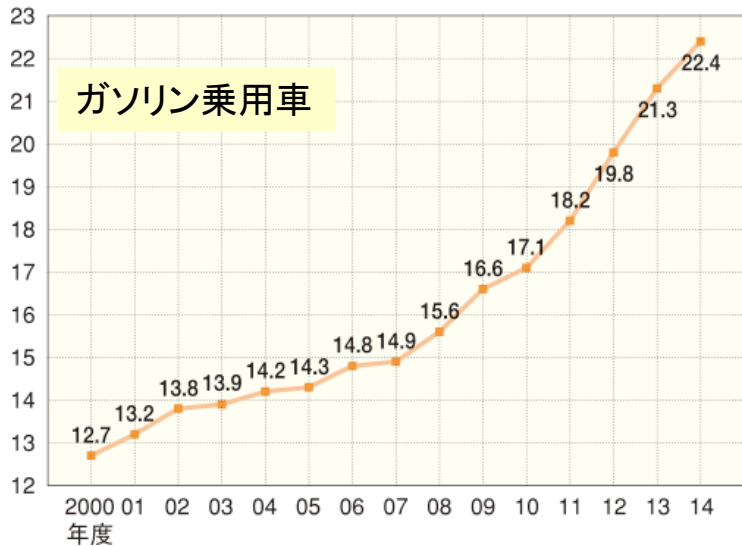
今後の国内石油情勢

乗用車燃費の向上、船舶燃料硫黄規制、及びLNG火力発電の増大により、ガソリンと重油需要が減少。

自動車燃費の向上

自動車工業会、'15 March 1

単位:km/ℓ



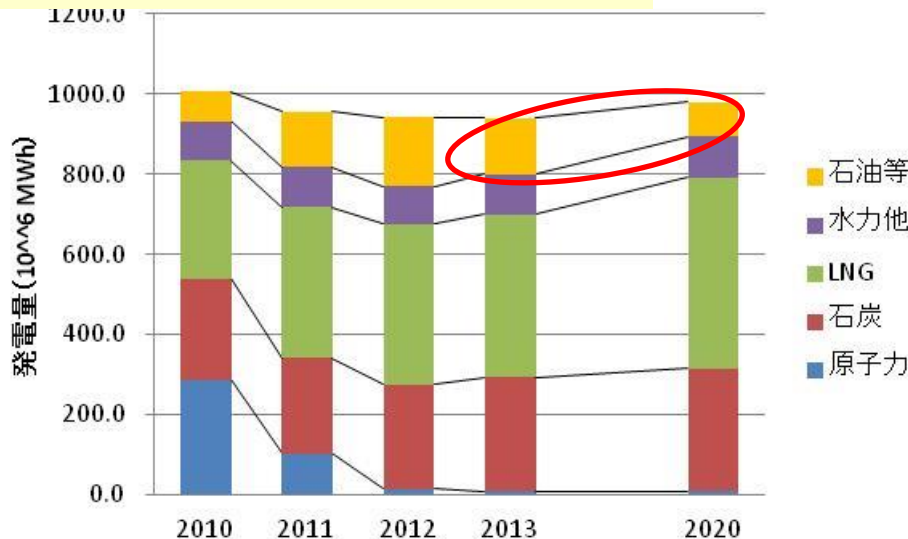
次世代自動車2030年政府目標

METI'15 Nov.

	2014年(実績)	2030年
従来車	76.0%	30~50%
次世代自動車	24.0%	50~70%
ハイブリッド自動車	21.6%	30~40%
電気自動車 プラグイン・ハイブリッド自動車	0.34% 0.34%	20~30%
燃料電池自動車	0.0%	~3%
クリーンディーゼル自動車	1.7%	5~10%

発電燃料の変化 (石油等燃料減)

電気事業連合会、2014、5月23日資料 及び、METI発電所環境アセスメント(～2020)



石油等による発電量と石油等使用量

2013: 140*10⁶ MWh/y 575 kBSD

2020: 86.4*10⁶ MWh/y 355 kBSD

2013 - 2020 重油消費VR差: 50 kBSD

原子力発電再稼働の場合、石油等消費はさらに減少。

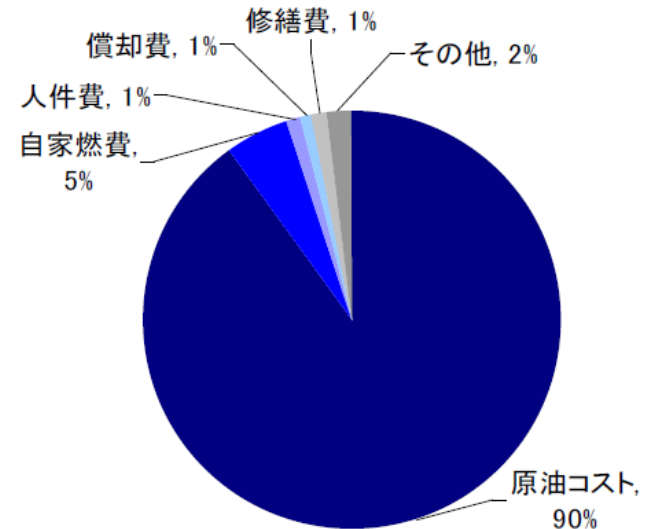
ガソリン、重油: 消費形態変化、消費減

中間油種: 人口要因、景気要因、消費低迷

対応の基本方向(1): 重油生産の削減と原油価格低減

- 低価格である重油生産の削減
- その為には重油の中の2/3を占める減圧残渣 (VR)の分解
- 精製コストの90%を占める原油価格を下げるべく、価格の安い重質原油処理の実施
- 以上のキーポイントは、VR高分解装置の設置

石油精製コスト構造 (2012)

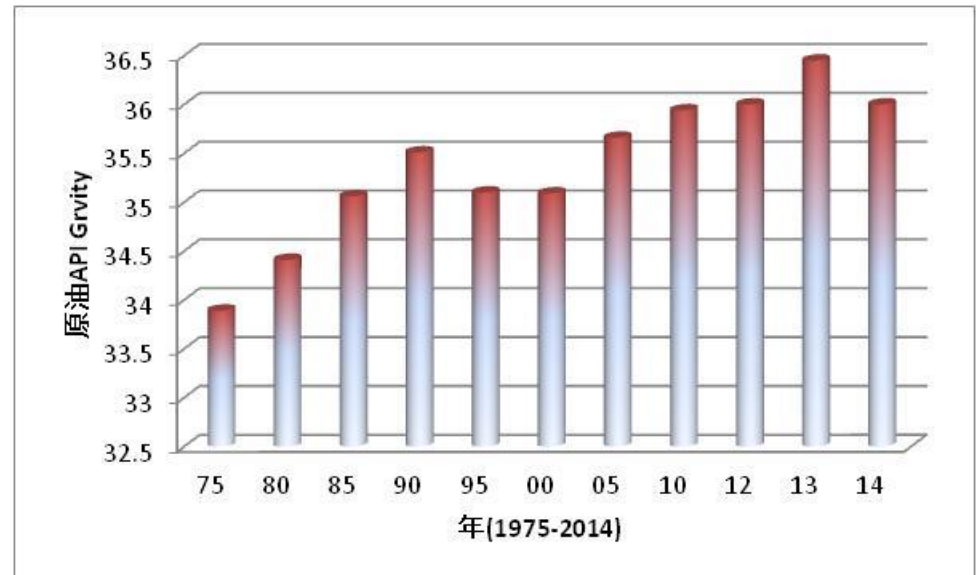


METI「石油精製業の市場構造調査」2014

各製品対原油価格差
(Aug. 2012 – July 2016 業転)

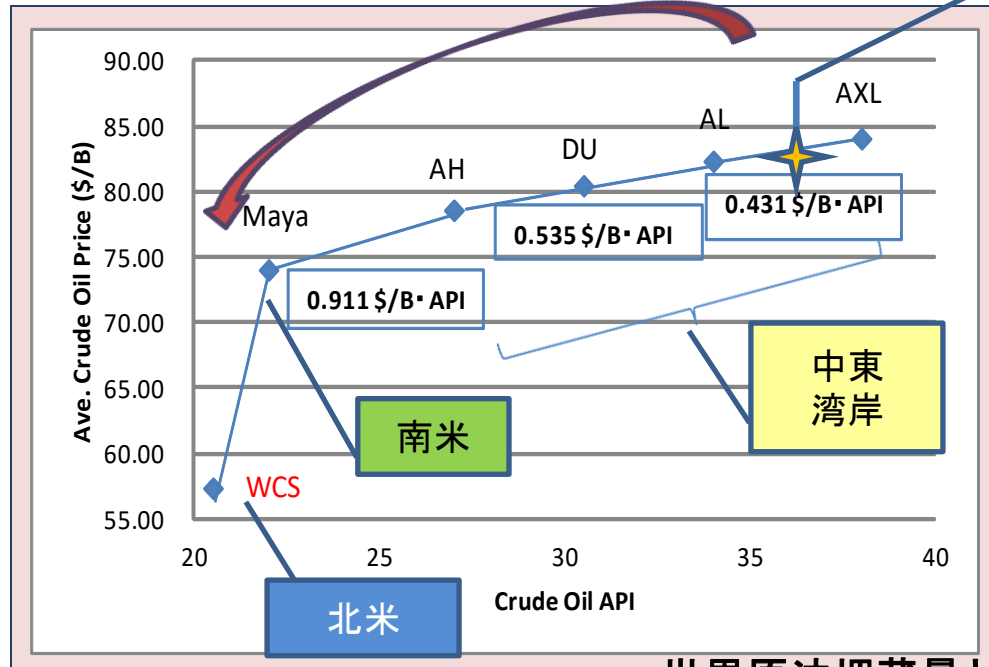
製品一原油	\$/B
ガソリン	18.9
灯油	17.4
軽油	18.9
HSFO	-2.5
原油(API:36)	82.8

処理原油API推移 (API比重=141.5/SpecificGravity-131.5)



対応の基本方向 (2): 重質原油の処理可能化

原油価格差 (API Differential (\$/B・API)) [July'12-June'16]



日本
現在

Condensate

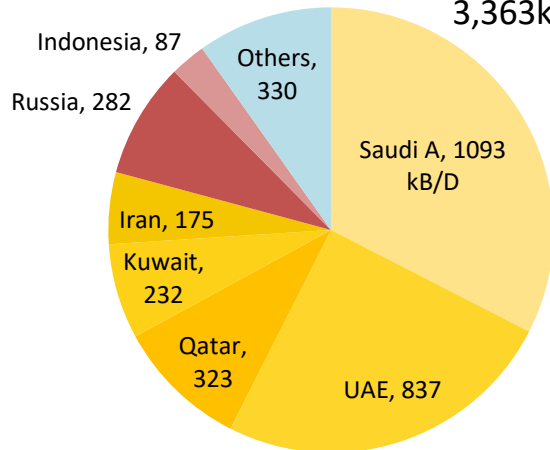
WCS: West Canada Select
Bitumen:Condensate=75:25

Oil Sand
15~50\$/B
API: 7

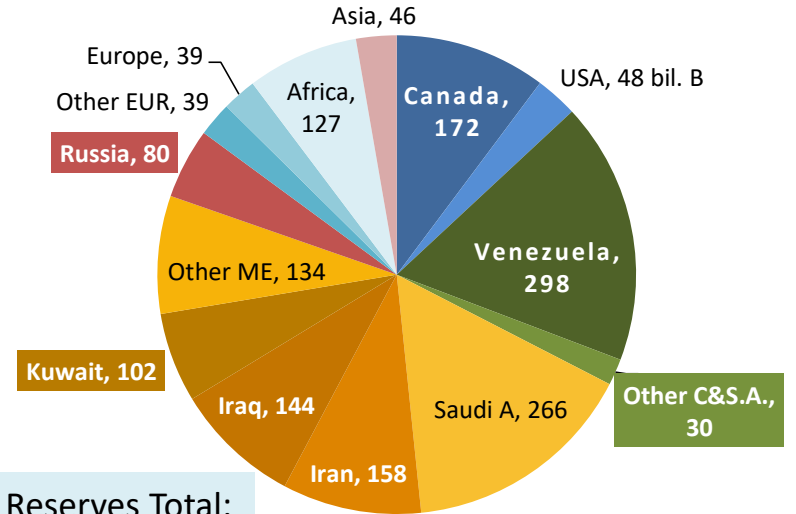


日本原油輸入量と地域

2014輸入量トータル:
3,363kB/D



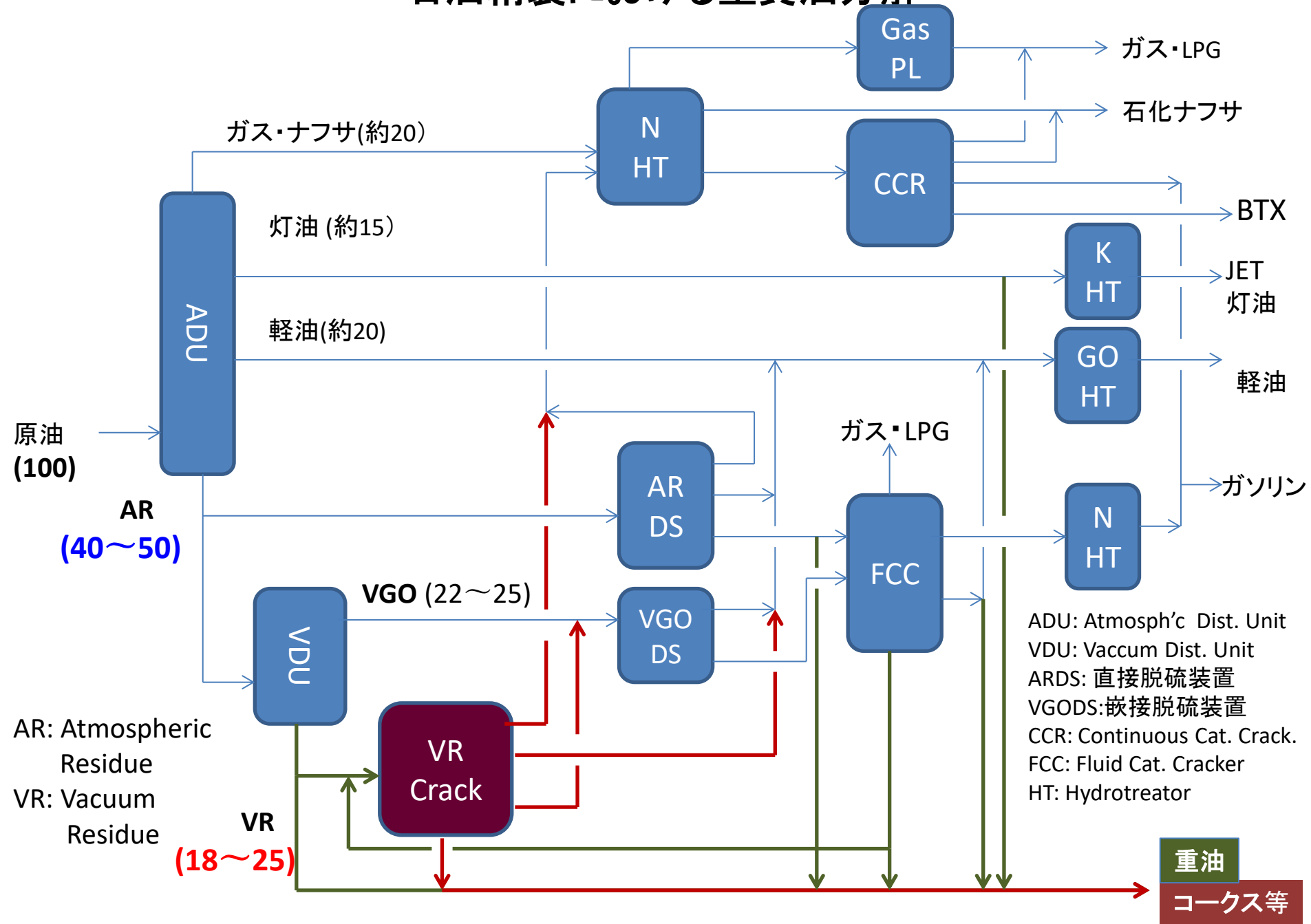
世界原油埋蔵量と地域 (白字: 重質原油多い)



Proved Reserves Total:
1,656 billion Barrels

IEA2013

石油精製における重質油分解



重質油分解装置(VR Cracker)

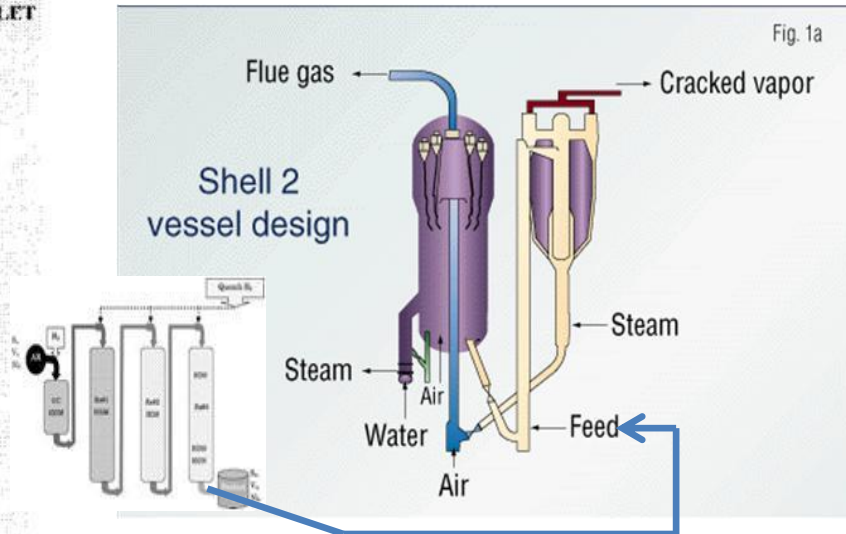
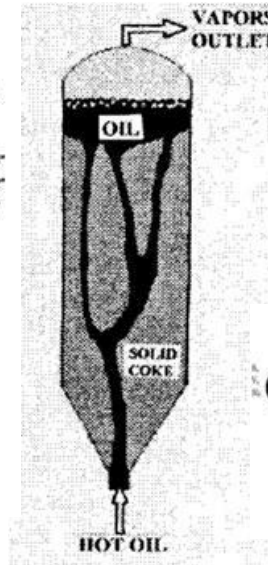
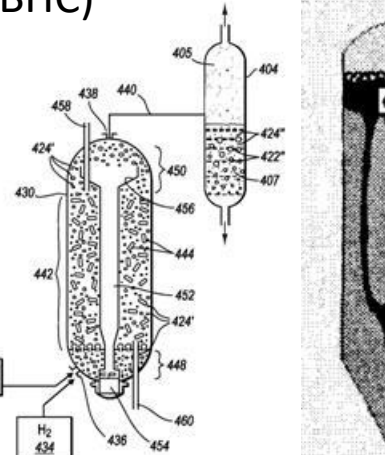
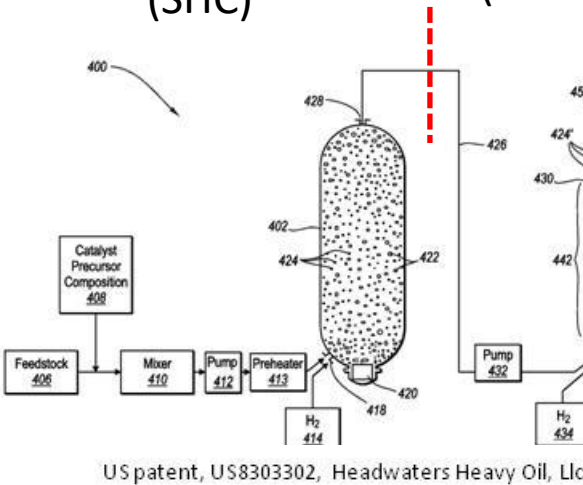
Slurry Bed RT (SHC)

Ebullated Bed RT (EBHC)

Delayed Coker (DC)

RDS・RFCC

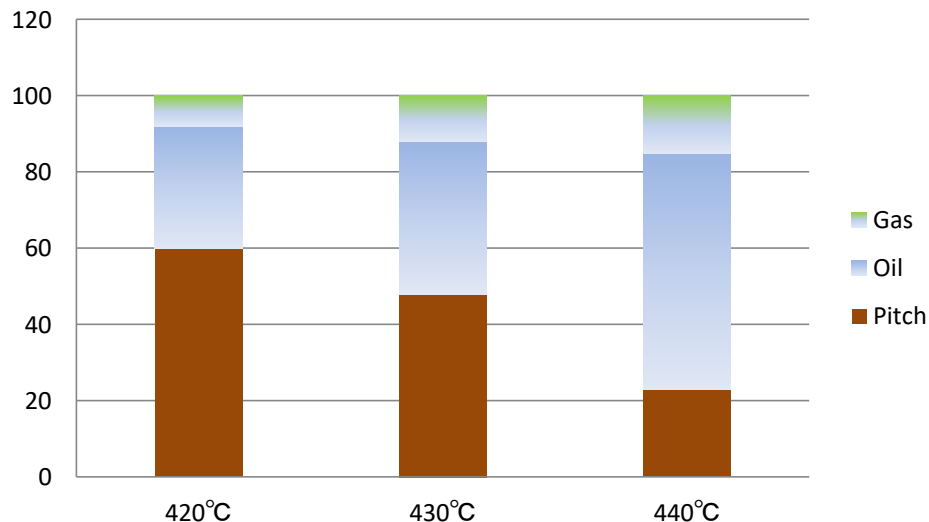
O&GJ 1998 Nov. 23



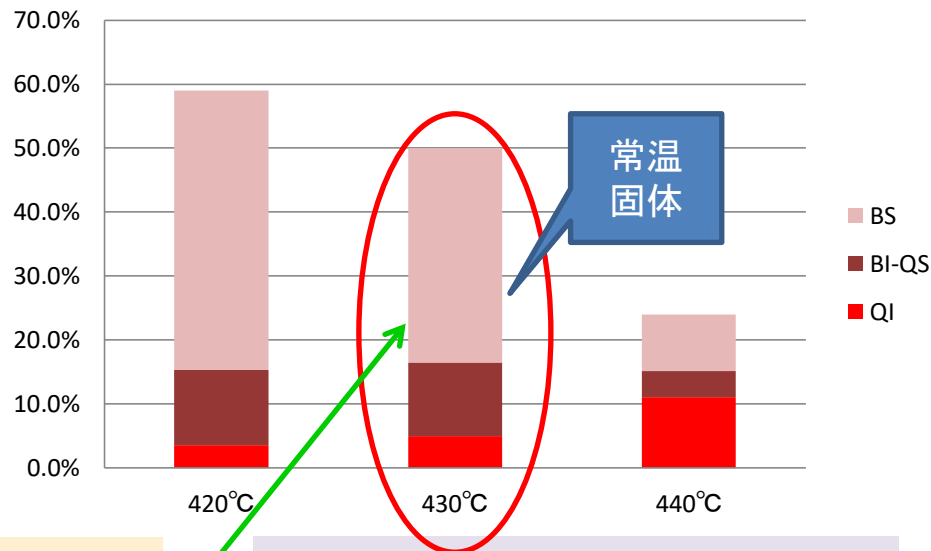
	SHC	DC	EBHC	RDS・RFCC
名称	スラリー床水素化分解	ディレドコーカー	沸騰床水素化分解	直脱・残油FCC
反応	熱分解水素化	熱分解	重油水素化脱硫	流動触媒分解
温度	430～470℃	500℃弱	400弱～425℃	510～535℃
圧力	15～21MPa	0.3～0.4MPaG	20MPa	20MPa/0.1～0.2MPaG
反応時間	1～2 hrs	17～24 hrs	3 hrs	3 hrs/2～3 sec
触媒 (サイズ)	5～10 wt%、 (nm～数μφ)		5～10 wt%、 (≦1mm*5～7mmL)	Cat/Oil: 6～10 (数mm / 数10μφ)
分解率	93～97 wt%	70～75 wt%	55～70 wt%	93～95 wt%

SHC / Thermal-Cracking Reaction Comparison

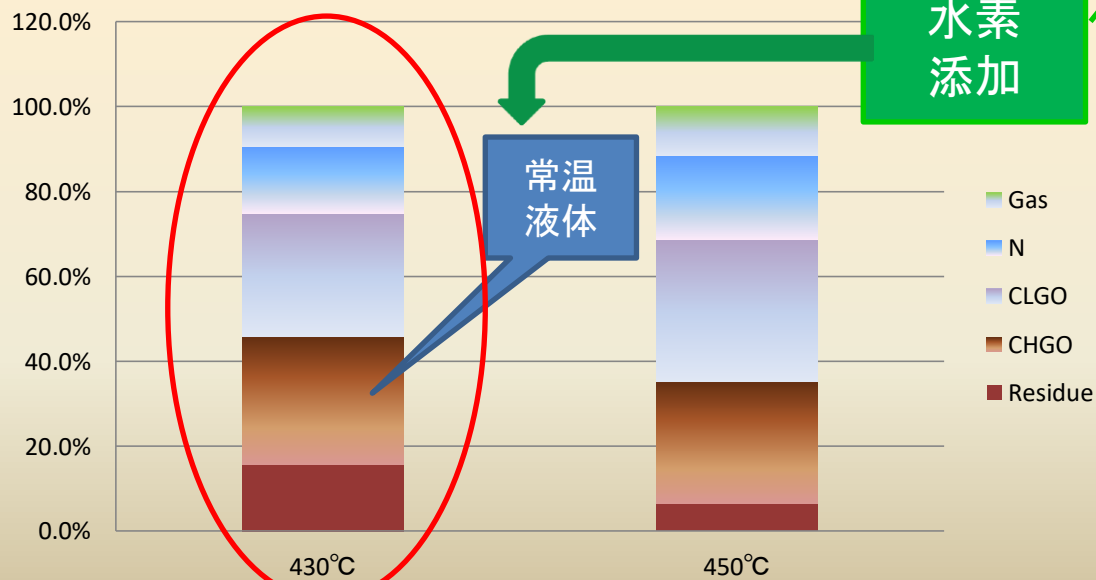
Thermal Cracker Yield vs Temp. (wt%, Kh-VR, 90min.)
(JJPI, 27, No.1, 81-87, 1984, Honda etc.)



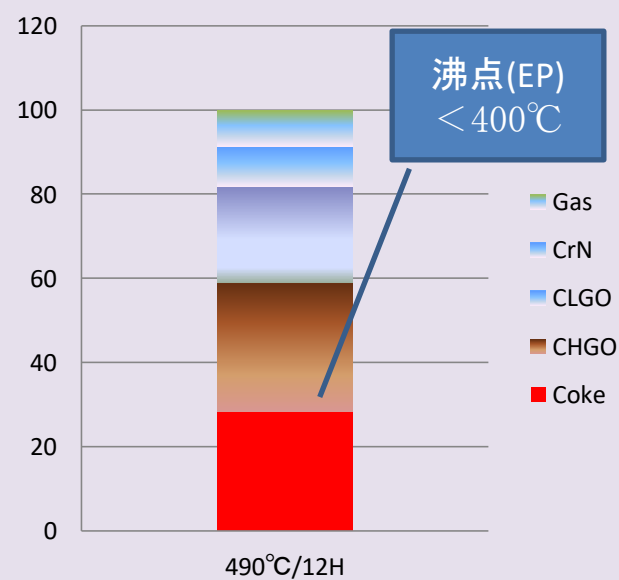
Therm. Crack. **Pitch** Comp. vs Temp. (wt%, Kh-VR, 90min)
(JJPI, 18, No.9, 1975, Yamada, Honda etc.)



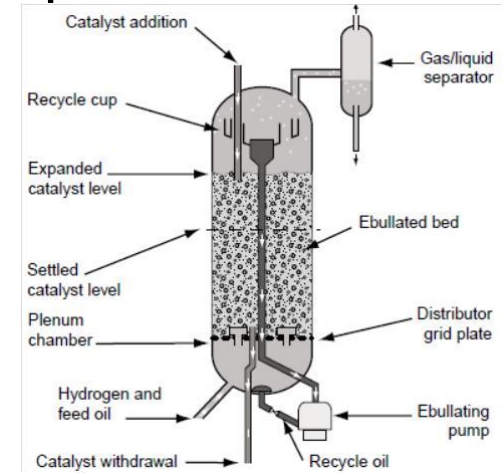
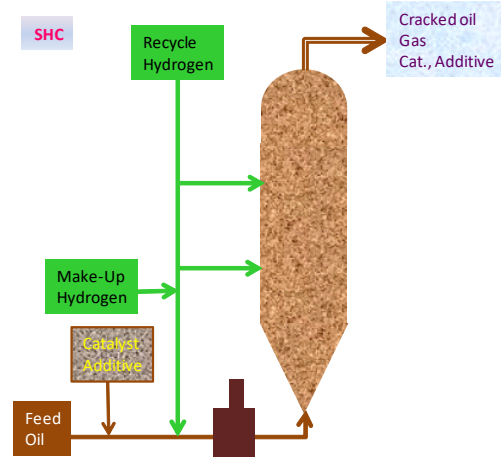
SHC Temp. vs Yield (wt%)
Canmet(SHC), Cold Lake VR: (UOP LLC, 2009)



Delayed Coker Yield (wt%)
(中東原油VR, CCR:22.4wt%)



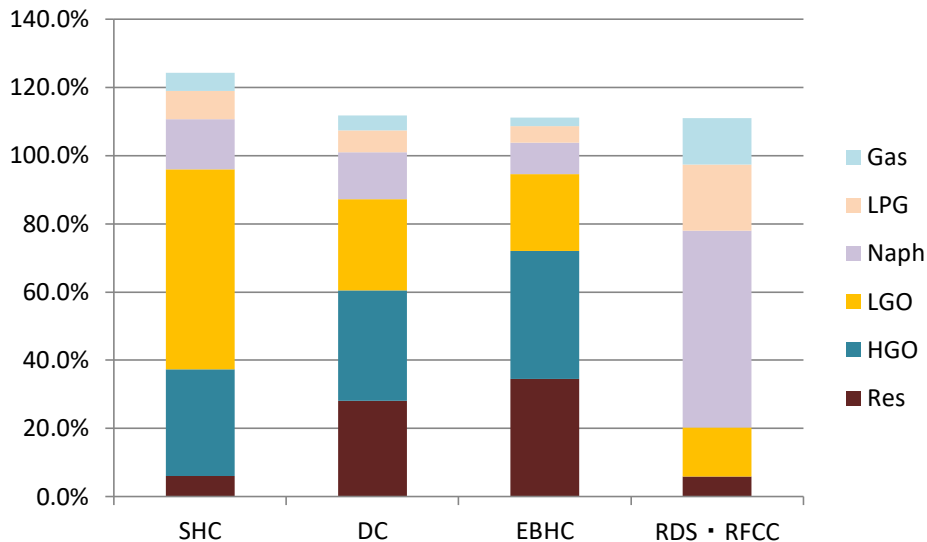
SHC – EBHC Catalyst Behavior Comparison



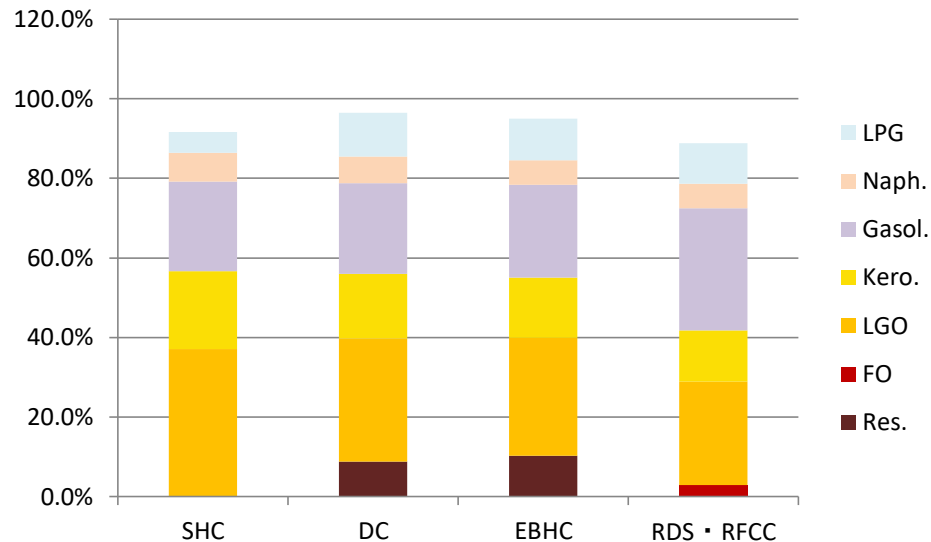
	SHC	EBHC
	Slurry Bed Hydrocracking	Ebullated Bed Hydrocracking
Cat. or Additive Makeup	(0.2~) 10~50 kg/t-feed	0.6~0.7 kg/t-feed
Cat. or Additive conc. In RT	3~8 wt%	10~20 wt%
Cat. Size(Terminal Velocity)	1$\mu\phi$~5$\mu\phi$ (0.06cm/s)	0.7mmϕ X 5mm-L (60cm/s)
Cat. Surface Area (30kBSD)	3~5 *10⁶ m²	800~850 m²
Liquid & Gas velocity (cm/s)	Liq.: 0.7~1 / Gas: 2~5	Liq.: 7~9 / Gas: 20~30
Temp.(°C) & Pressure(Mpa)	440~470 / 15~25	410~440 / 15~20
VR Conversion (wt%)	93~97	55~70
Operation Concern		Carbonious Agglomerate Formation

VR Cracker Performance (AH Crude, 200kBD Grass-Roots)

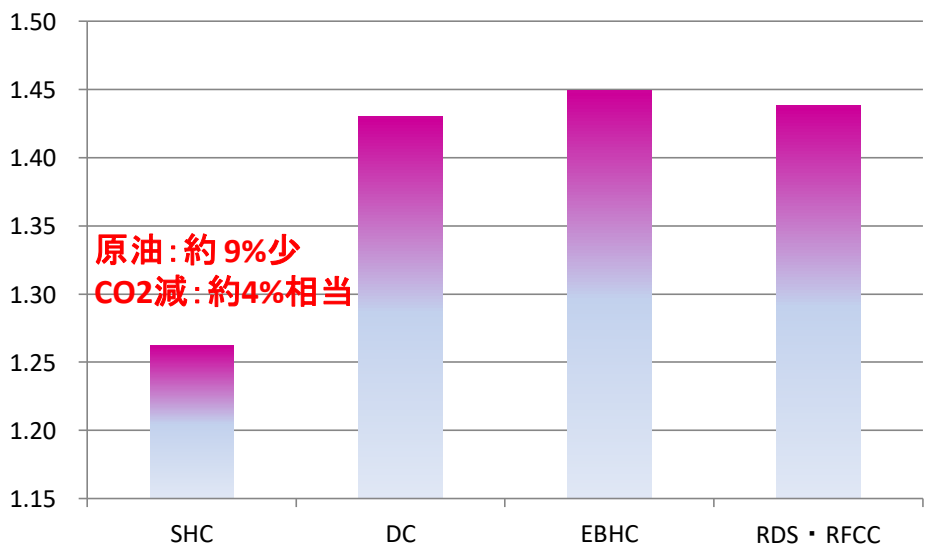
VR Cracker Product Yield (vol%)



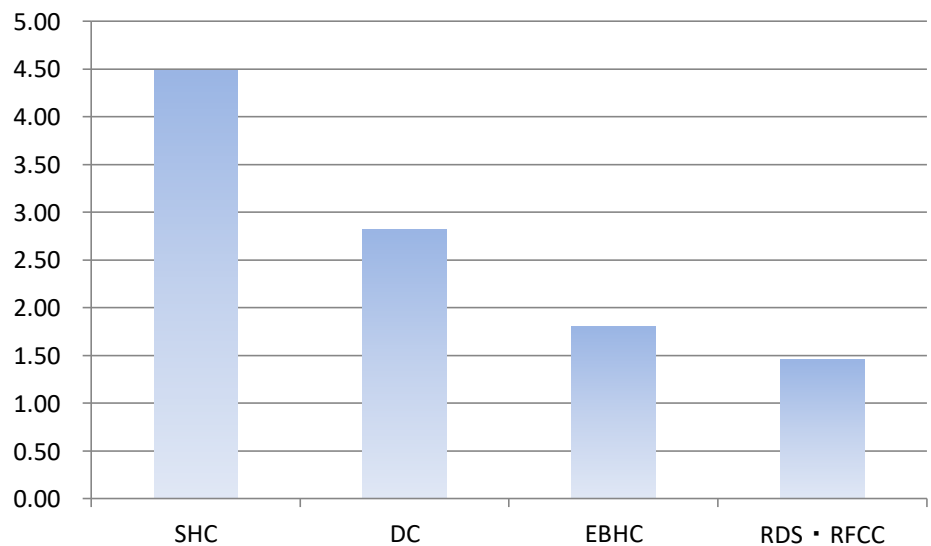
Refinery Product Yield (vol%)



Crude Oil Requirement on Transportation Fuel Products



Refinery Margin (\$/B-Crude Oil Feed)



石油精製の構造改善

- Step-1: 需要減少に対応した原油処理能力の削減
(石油企業の統合)
→製油所装置規模の増大とVR分解装置率の向上
- Step-2 : VR高分解装置(SHC)導入設置による重油生産の削減と、
各製油所での安価な在来型重質原油の処理可能化
(共同分解装置導入によるVR分解の低コスト化)
- Step-2' : 共同分解装置への中東以外からの超重質原油の
輸入処理可能化

(目標)

将来、発電や工業用燃料に使用する重油は、天然ガや安価な石炭、あるいは再生可能エネルギーに代替されるので、原油からは輸送用エネルギー、中でもHeavy Dutyな輸送手段に利用される燃料を重点的に生産可能とし、また輸入原油量の低減、引いては社会の低炭素化に寄与出来るようにする。

(石油精製構造改善) Step-1 原油処理能力削減私案 (VR分解能力増大)

日本の製油所		2014						10年後(2024)
Group	製油所	ADU	FCC	RFCC	VR-Cracker	H-Oil, SDA	VR-Cr/ADU	残留製油所
A	A-1	160,000	33,000				6.2%	160,000
	A-2	220,000	45,000				6.1%	220,000
	A-3	175,000		50,000			26.6%	175,000
	A-4	70,000			27,000		27.0%	70,000
	A-5	255,000		61,000			22.2%	255,000
	A-6	120,000	28,000				7.0%	
	A-7	143,000			30,000		14.7%	143,000
小計		1,143,000	106,000	111,000	57,000		18.4%	1,023,000
B	B-1	240,000	40,000				5.0%	240,000
	B-2	112,000					0.0%	
	B-3	100,000			25,000		17.5%	100,000
小計		452,000	40,000		25,000		6.5%	340,000
C	C-1	118,000					0.0%	
D	D-1	100,000					0.0%	
小計		218,000					0.0%	
E	E-1	145,000		43,000			27.6%	145,000
	E-2	252,000		35,500		22,000	17.9%	252,000
	E-3	270,000		83,000	20,000		33.8%	270,000
	E-4	380,200		46,000	30,000	25,000	16.8%	380,200
	E-5	127,000			22,000		12.1%	127,000
	E-6	136,000					0.0%	
	E-7	152,000					0.0%	152,000
	E-8	268,000	92,000			31,450	16.8%	268,000
	E-9	156,000					0.0%	156,000
	E-10	132,000					0.0%	
	E-11	115,000					0.0%	
小計		2,133,200	92,000	207,500	72,000	78,450	17.0%	1,750,200
合計	ADU能力	3,946,200	238,000	318,500	154,000	78,450	13.1%	3,113,200
	製油所数	23						16
ADU削減後VR分解能力			210,000	318,500	154,000	78,450	ADU減後VR分解率	15.9%
VR分解率			0.3	0.93	0.7	0.55		

稼働停止Criteria: ADU < 150kBD かつ VR-Cracking/ADU < 10%

世界ADU趨勢: 400kBD新設

(石油精製構造改善) Step-1原油処理能力削減

	製油所数	ADU能力 (kBSD)	1ADU平均 (kBSD)	VR分解能力 (対ADU%)	原油処理 (kBSD)	平均稼働率 (%)
現状 ¹⁾ (2014)	23	3946.2	171.6	13.2	3252.3	82.4
10年後 (設備:現状)	23	同上	同上	同上	2469 ²⁾	62.6
10年後 (設備削減)	16 ⁴⁾	3113.2	194.6	15.9	同上	85.1

Coking Capacity in China, Japan and US

	China	Japan	US Total	US new ('10~'13)
Coking kBSD (Coker/ADU)	1,321 (12.0%)	119 (2.7%)	2,419 (7.3%)	359*
ADU kBSD	10,984	4,454	17,763	—

1): 2016年 石連統計資料「今日の石油産業」

2): 需要減少推定下表 原

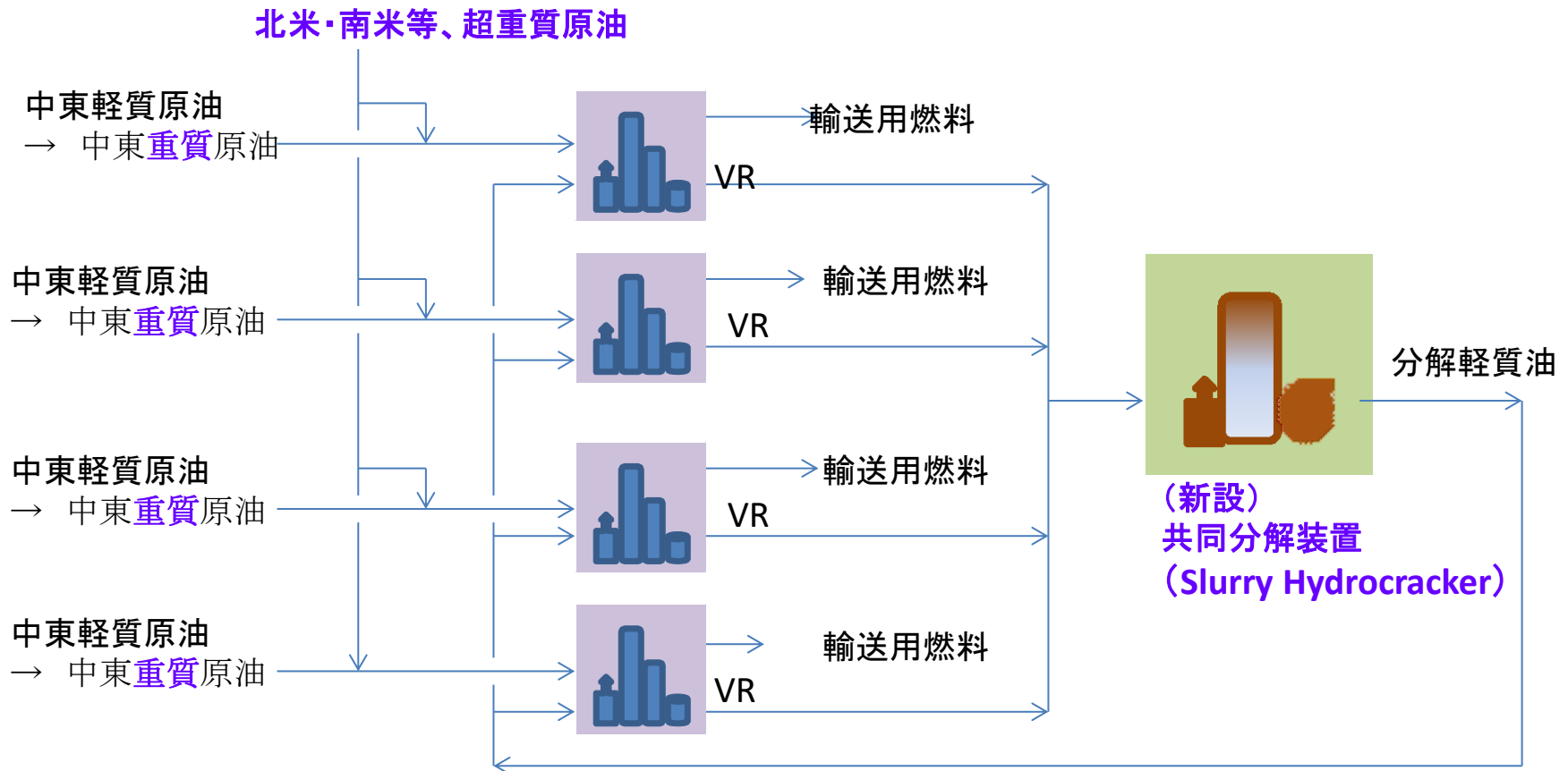
	ガソリン	ナフサ	JET ³⁾	灯油	軽油	AFO	B・CFO
2010~2014	-2.05%	-3.19%	+2.09%	-4.91%	-1.19%	-5.23%	-3.18%
2015~2024	-2.5%	-3.0%	+2.5%	-5%	-1.0%	-4.5%	-5.0%

3): Export含

4): ADU能力 < 15kBSDかつ、VR Cracking / ADU < 10% の製油所は閉鎖で算定(前スライド、by原)

(石油精製構造改革) Step-2, 2' VR-Cracker[SHC]導入

- 石油企業統合による製油所数の低減を行ってもまだ5～6%の重油生産が避けられない。これを個々の製油所で分解するには個々の製油所に小規模(3kBSD程度)なVR-Crackerの導入となり、経済性が無い。
- そこで、複数の製油所が共同で利用できるVR-Crackerを導入しVRの分解を行えるようにする(Step-2)。これは、安価な重質原油の処理が可能になると同時に、中東以外に豊富に賦存する超重質原油の輸入処理を可能することになる(Step-2')。



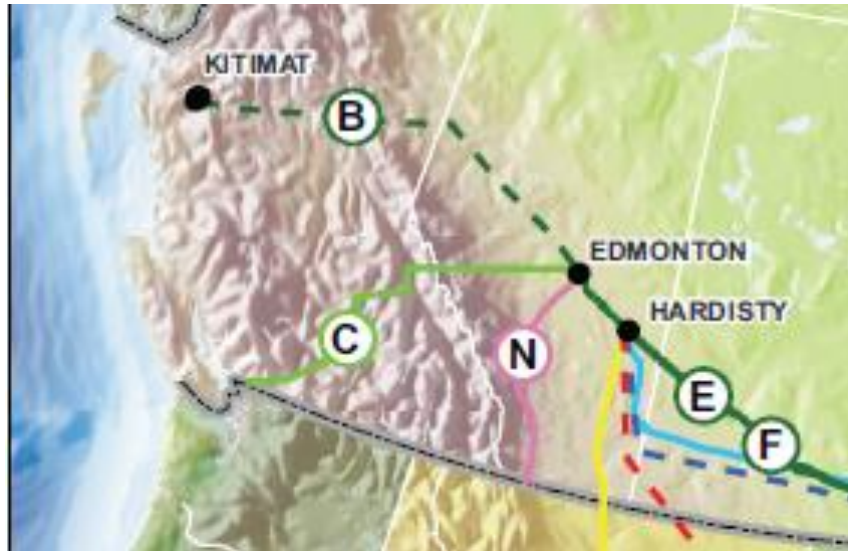
(石油精製構造改善Step-2,2') 共同分解 – Slurry HydroCracker

	VCC	EST	Uniflex	SPH
Licenser	KBR	ENI	UOP	神鋼・千代田
歴史・実績	WW II 独で石炭液化油生産。1987年から独VebaがVR分解。2010年、KBR技術に。中国: 山西省延長石化9000BD 露: TAIF, 54000BSD 2016年運転開始予定	'90年代初R&D開始 2005年1200BD Demo Plant Test。 2013年10月、 Sannazzaro Refinery 23000BD 商業装置運転開始	1979年からカナダCANMETでOil Sand分解として開発。1985年～1997年PetroCanada Co.で5000BD商業運転。2007年UOP技術に。	1970年代から石炭液化開発。2005年からVR分解に展開。実証化Pilot Test 移行段階。
プロセス構造 (リサイクル有無)	Once Through	Residue & Cat. リサイクル	分解重質軽油 リサイクル	Residue & Cat. リサイクル
Catalyst or Additive	Red Mud/ Lignite : 数 wt%	MoS ₂ : 数百wtppm	Tailored Cat. (none Mo)	水酸化鉄・鉄鉱石 (天然リモナイト)
VR Cracking ¹⁾	95% (Russia Cr. VR)	96.2% (Ural VR)	94% (Cold Lake VR)	93～97% (中東原油 VR)
温度 / 圧力 / 滞留時間	460°C/21MPa /2hrs	≥410°C/16MPa /2～3hrs	440°C/14MPa /—	—
原油/中間留分 ¹⁾	1 (Base)	1.05	1.09	0.98 ²⁾
Remarks	HC Processing, Confer., '10, Rome	worldenergy.org / congress papers	JJPI, Vol.53, No.1	2): JPEC報告書 2013, 2014年

1): Canada Bitumen Crack. 推算 (原)

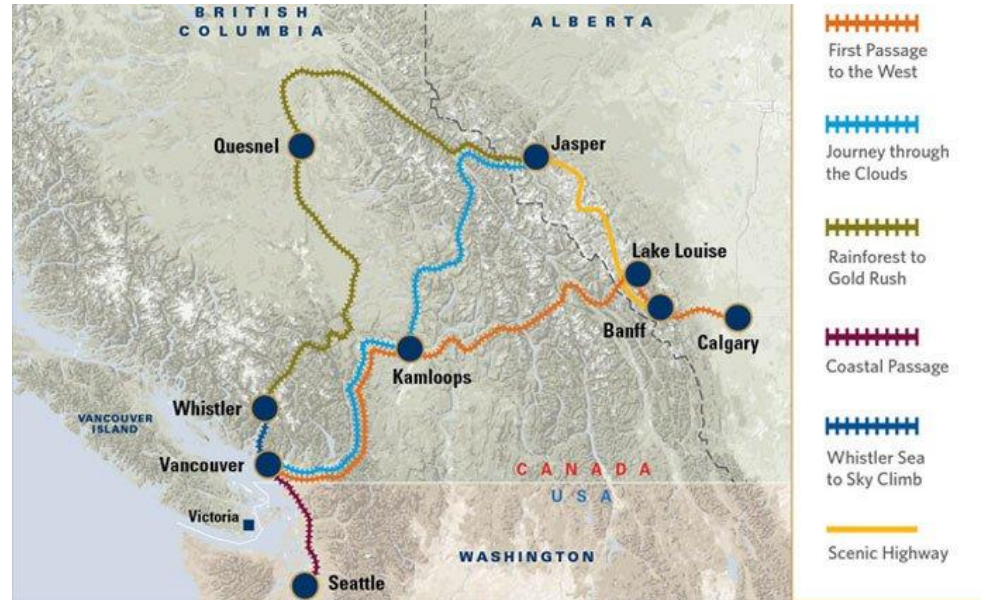
北米、南米 重質・超重質原油 埋蔵量と輸送インフラ

Oil Pipeline Crossing Rocky Mts



B	Northern Gate Way (Enbridge)	New pipeline, 525 kBD (2020)
C	Trans Mountains (Kinder Morgan)	Expansion, 590 kBD (2020)

West Canadian Rail Ways



Hot Tank Car: 30,000gallon/Car
 50~120 Cars/Train: 35~85 kbbl/Train
 ≥5 Trains/Day: ≥175~425 kBSD

NBE 2016 "Canada's Energy Future 2016"

Heavy Oil (API ≤ 22) Latin America & Canada (at 2011) (Energy Analytics Institute, Dec. 2012)

	Venezuela	Mexico	Brazil	Colombia	Equador	Peru	Canada
Reserve (mill.bbl)	298,000	57,00	5,800	1,900	5,660	1,040	172,000
Production (kBD) 2011	1,460	1,400	1,300	270	500	30	2,200
2015_plan			2,000	1,000	800		4,400 ('20)
API	7~(21)	11~21	11~20	8~20	14~20	10~22	8~(18)

Panama Canal Expansion: Crude Oil Transportation: (300~400) → (500~600) kbbl/ship

SHCの既存製油所群対応 共同重質油分解装置としての適用、検討ケースと結果

比較ケース	製油所	共同分解装置	1製油所ADU運転(kBSD)	原油(API)	1共同分解kBSD	Dilbit kBSD	原油量輸送用燃料	マージン(\$/B)
BL-Present	23	0	143.9	AXL:AL=60:40(36)				Base
BL-'24 23-Ref'ry	23	0	115.2	同上				-1.84
BL-'24 16-Ref'ry	16	0	165.6	同上	(7.1)		1.42	0.31
PJ- AH	16	4	同上	AH (27)	87.2		1.32	0.87
PJ-AH VR=Coal-P	16	4	同上	AH (27)	同上			1.91
PJ-AH+Dilbit80	16	4	同上	AH (27) + Dilbit(22)	88.3	80		1.17
PJ-AH+Dilbit800	16	4	同上	AH (27) + Dilbit(22)	97.6	800		4.64

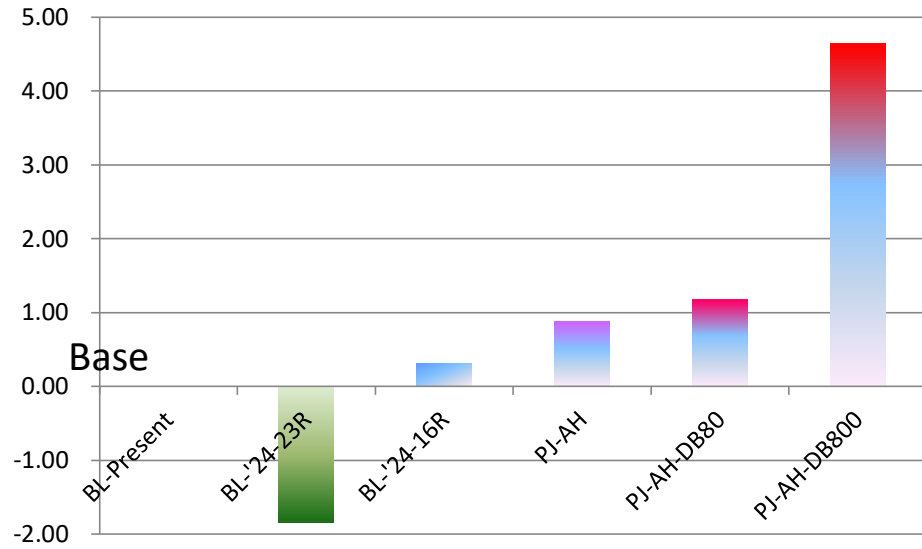
DilBit : Diluted Bitumen (Bitumen(Oil Sand) 75%+ Natural Gas Condensate 25%)

BL: Baseline (no New VR-Cracking Process)

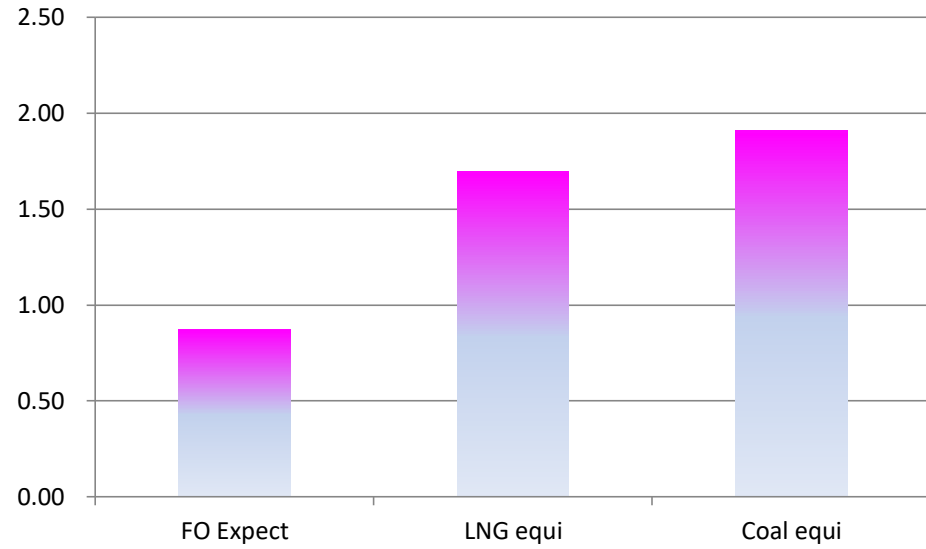
PJ : Project (SHC新設による共同分解Project)

SHCの既存製油所群対応 共同重質油分解装置としての適用、検討結果

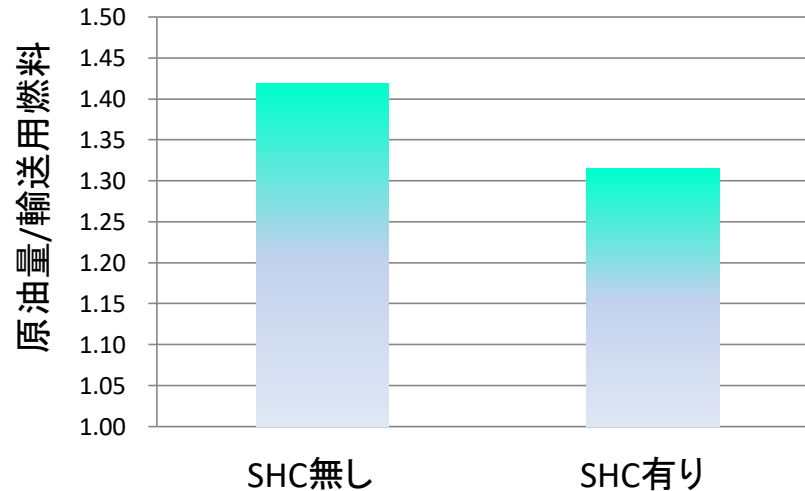
製油所閉鎖、共同分解、超重質油処理マージン比較(S/B)



重油価格の変化によるマージンへの影響(\$/B)



SHCの共同分解装置への導入による、輸送用燃料生産当たり原油必要量の比較



まとめ

- 現在、日本の石油産業は、石油製品の需要減少に対し、企業統合による原油処理設備能力の縮小等による生産効率化の方策をとりつつある。
- しかし、将来人口減少や低炭素社会への移行等により、更なる効率化対応が必要と考えられる。
- その方法として、重質油を90%以上分解可能で、製品イールドとして輸送用燃料留分を多く生産できるスラリー床水素化分解装置を、重質油の共同分解装置として導入すれば、
 - ① 安価な重質原油を、規模の大きい装置により処理できることになり、生産コストを低減できること、
 - ② 中東以外からの、更に安価な超重質原油の輸入処理が可能となりコスト低減が進むと共に、原油ソースの多様化もあり、有効である。
- 更に、重質油の分解により重油生産を低減でき、輸送用燃料生産のための原油処理量を低減できることから、低炭素社会にも寄与できる。