

Ⅲ. 共同分解システムへのスラリー床水素化分解装置の適用

究極の重質油分解装置 (消費地精製の総仕上げ)

SCE-NET エネルギー研究会
原 晋一*

*E-mail : sharasetsu@yahoo.co.jp



6. スラリー床水素化分解装置 (SHC) による石油精製の構造改善

6-1. 石油精製構造改善の方向

石油精製は少子化や、乗用車の燃費向上や、重油火力発電シェアの低下等により、需要の低減や製品—原油の価格差の低下という環境下に置かれている。

また将来的にも船舶燃料の低硫黄化規制や、気象変動緩和のために消費が低下することが見込まれている。このような環境において収益性を確保し、かつ気象変動緩和に資するための方向として重要なことは、輸入原油コストの低減すなわち原油の重質化と、重油生産の減少による原油処理量の低減である。

その方策は、

Step-①：企業統合・連携による生産規模の低減と、それによる対原油重油分解能力の増加

Step-②：大規模重質油共同分解設備の導入による重質油分解能力の向上

Step-②-①：企業統合・連携による大規模重質油共同分解設備の導入による、安価な重質原油の処離可能化

Step-②-②：大規模重質油共同分解設備における非在来型超重質油の処理による原料油のコスト削減と、原油ソースの多様化

の段階を経た対応である。以下その内容を確認する。

6-2. 統合・連携と重質油分解能力の向上

現在石油企業の統合や連携の動きが進んでいるが、これは縮小するマーケットに対応した、生産・販売能力の削減の動きである。石油製品生産の能力は製油所

における原油処理能力、すなわち常圧蒸留装置 (ADU) の能力で表せるが、現在 (2015 年) の製油所数は表 8 に示すように、23 カ所ありそこに設置されている ADU の合計能力は日量 4 百バレル (BSD) 弱で、製油所当たりの ADU の平均能力は 17 万 BSD 強、その稼働率は 83% である。OECD の製油所の稼働率平均は 86% あり、アジア太平洋地域で 82.5% である。(BP 統計 2016)。収益性の指標としては 85% は欲しい状態である。また、新しい製油所の ADU の能力を見ると、40 万 BSD の規模は珍しくなく、インドのリライアンスの Jamnagar 製油所は 120 万 BSD を越える能力を持っている。

今後の石油精製の収益力の向上において、装置産業である石油精製としては、製油所の装置規模を大きくかつ重質油分解能力を高く保つことが必要である。そこで、統合・連携の動きに対応した製油所の規模削減につき、次に示す基準に基づき製油所ごとに閉鎖の可能性のある製油所を検討した。これは先に述べた Step-① の検討に当たると言える。

当検討における製油所閉鎖の基準は、以下の二つが挙げられる。

①合計 ADU 能力/製油所：15 万 BDS 以下

②合計 VR 分解能力/合計 ADU 能力：10% 以下

その上で、現状の製油所のままにした場合と、製油所閉鎖が行われた状態において、現状の原油処理

表 8 製油所閉鎖前後の製油所状況比較

	製油所数	ADU 能力 [kBSD]	IADU 平均 [kBSD]	VR 分解能力 [対 ADU %]	原油処理 [kBSD]	平均稼働率 [%]
現状 (2015 年)	23	3946.2	171.6	13.1	3,275	83.0
15 年後 (設備:現状)	23	同上	同上	同上	2,607	66.1
15 年後 (設備削減)	16	3113.2	194.6	15.9	同上	83.7

量と、2030年の原油処理量が低下した条件下で、稼働率やVR分解能力等を比較検討した。その値を表8に示す。なお、この2030年の原油処理量の想定に使った製品需要量の値は表9に示す。さらに参考として、

表9 製品需要変化予測ベース
(～2015：2016年石連統計，2015～2030年筆者設定)

	ガソリン	ナフサ	JET*	灯油	軽油	AFO	B・CFO
2010～2015	-1.35%	-1.56%	+2.5%	-5.0%	-0.36%	-4.28%	-4.15%
2015～2030	-2.0%	-1.5%	+2.5%	-5%	-0.7%	-4.0%	-5.0%

*：Export 含み

表10にVR分解能力の中国および米国との比較を示す。なお対原油VR分解能力の計算には、ディレードコーカーは70%，EBHCは55%，RFCCは94%，FCCは30%のVR分解率とした。

表10 VR-Cracker (ディレードコーカー) 他国比較

	China	Japan	US Total	US new ('10～'13)
ディレードコーカーkBSD (Coker/ADU)	1,321 (12.0%)	119 (2.7%)	2,419 (7.3%)	359
常圧蒸留装置kBSD	10,984	4,454	17,763	—

表8から分かるように、もし精製設備能力の低減が行われないと、15年後需要が低下した状況では、平均の製油所稼働率は66%となる。一方精製設備能力の削減が行われれば、稼働率は84%弱になり、VR分解能力も13%強から約16%になる。また一製油所の規模もほぼ20万BSDと上がり、中東や、インド等新しく製油所の拡張を行っている国や、オランダ、ベルギー等のヨーロッパの中心的石油精製基地の製油所規模に近づくことができる。ただ、在来型原油にはVRが18%～25%あり、精製コストを下げるべく重質な原油を処理するには、さらにVR分解能力を上げる必要がある。これらの効果を表12と図38に、Step-②の効果(共同分解効果)と一緒に示す。

(SHC)はVRの分解率の高いプロセスであるため、さらにVRの分解を行うのに適したプロセスである。SHCは、商業運転装置としては、約20～30年前小規模な装置がドイツとカナダでそれぞれ運転されていたのと、2013年からイタリアで運転されている本格的な装置と、中国で石炭液化を兼ねて運転されているものを除き未だなく、新しい装置だと言える。ただ現在建設中のものや、開発中のものは比較的数量があり、今石油精製プロセスとして注目されているプロセスである。表11に、日本で開発中のプロセスを含め主要なSHCプロセスを示す。以降、当解説ではSHCの適用による効果の検討は、古くからの実績のあるVCCのWeb公表データを基に展開した。

6-3. SHCによる重質油分解

これまで述べたようにスラリー床水素化分解装置

表11 主要スラリー床水素化分解プロセス

	VCC	EST	Uniflex	SPH
ライセンサー	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)	ワンス・スルー	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
触媒 or 添加剤	Red Mud/Lignite : 数 wt%	MoS ₂ : 数百 wtppm	調整触媒 (非 Mo)	水酸化鉄・鉄鉱石 (天然リモナイト)
VR 分解率 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⁾
適用	HC Processing, 会議, '10, Rome	World Energy.org / congress papers	JJPI, Vol.53, No.1	2) : JPEC 報告書 2013, 2014年

(* Canada Bitumen Cracking, 推算 原)

表 12 精製設備能力削減と SHC を共同分解に適用したケースの収益状況

[年]	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]
2015	BL (Baseline)	23	0	145	AXL : AL = 60 : 40 (36)				Base
2030	BL-23-Ref.	23	0	113	同上				-2.06
2030 Step-1	BL-16-Ref.	16	0	163	同上			1.42	0.03
2030 Step-2-1	PJ (共同分解) - AH	16	4	同上	AH (27)	85.1		1.32	0.73 1.77*
2030 Step-2-2	PJ - AH + Dilbit80	16	4	同上	AH (27) + Dilbit (22)	89.1	80		1.18
2030 Step-2-2	PJ - AH + Dilbit800	16	4	同上	AH (27) + Dilbit (22)	98.3	800		4.96

* : VR Price = Coal 発熱等価価格 AH : Arabian Heavy Crude AXL : Arabian Extralight Crude AL : Arabian Light Crude 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)
 経済計算ベース : 表 6 および coal : 85\$/T と Dilbit (WCS) : 52\$/B

6-4. SHC による共同分解効果

次に、Step-②の概要を説明する。SHC は高温・高圧の反応部を持つ設備であるため高価な装置であるが、通常の石油精製装置と同じく規模が大きくなると単位処理規模に対する設備費用は低下する。統合・連携により、より多くの製油所が連動して操業しやすい環境が生まれるので、各製油所の重質油 (VR) を集め共同でそれを分解する方式を取れば単位分解コストは低下する。この効果を活用するのが、共同分解工場の設置である。

共同分解工場を設置すれば、統合・連携効果のみで得られる VR 分解能力の増大では処理できないコストの低い、より重質な原油を処理できたり、船舶燃料の低硫黄化規制により余剰となる高硫黄重油製品の生産停止もできる (Step-②-①)。また、さらに重質で安価なカナダ産のオイルサンド等の非在来型原油の処理も可能となる (Step-②-②)。

これらの効果を Step-①の効果も併せて

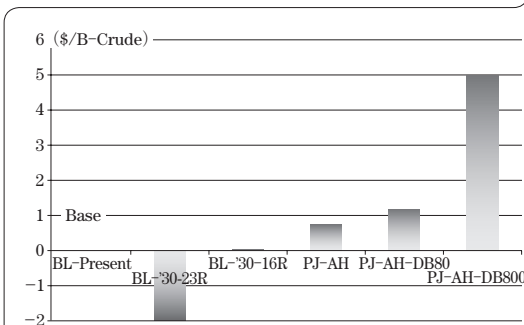


図 38 精製設備能力削減と SHC を共同分解に適用したケースの収益差

数量的に表したのが、表 12 と図 38 である。表 12 には各ケースの条件と、解析結果である各ケースの現状 (BL (Baseline)) に対する単位原油量当たりの収益の差を、図 38 にはマージン差のグラフを示す。

(1) 精製能力削減効果

表 12 で見るように、現状の製油所数の 23 カ所では需要に対応した原油処理を行うと製油所能力 172kBSD に対し、現在の需要では 145kBSD、2030 年では 113kBSD しか操業できないことと、原油も API 比重 36 と高価な軽質原油を使用せざる

を得ないため収益は現状より単位原油量当たり約 2\$/B 低下するという状況である。これに対し、製油所削減が行われれば製油所数は 16 カ所になり、稼働率と、VR 分解率が上がり収益性は現状並みに戻る。

(2) SHC 適用による共同分解効果

さらに、SHC を適用し共同分解を行えば、収益は上がる。すなわち、統合・連携を行ってもまだ 5 ~ 6% の重油生産は避けられず、これを個々の製油所で小規模 (3kBSD 程度) な VR-Cracker の導入で対応しても経済性は得られない。そこで複数の製油所が共同で利用できる VR-Cracker を導入し、安価な重質原油を処理し余剰の VR を共同分解工場で分解する事により収益を上げることができる。

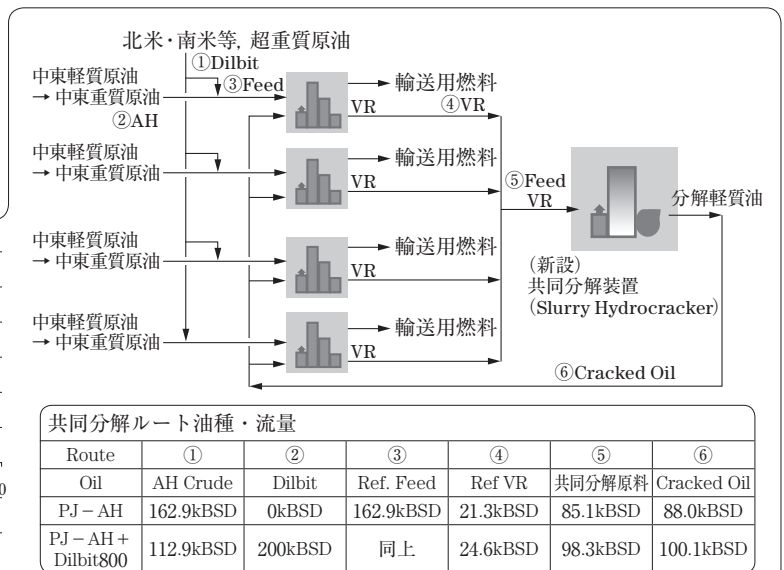


図 39 共同分解スキームと各ルートの流量

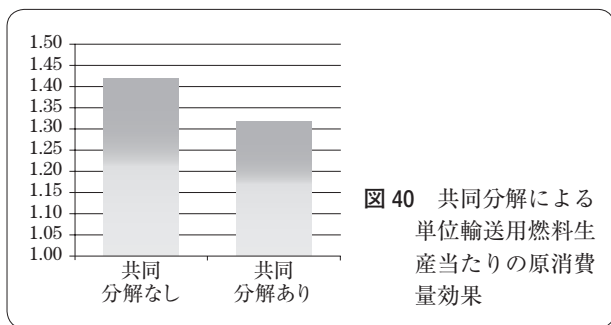


図 40 共同分解による
単位輸送用燃料生
産当たりの原消費
量効果

そのシステムは、全国の 16 製油所を 4 グループに分け一グループ平均約 800kBSD (194.6kBSD×4 製油所) の製油所グループとし、各グループに一つの SHC による共同分解装置を配置し行われる。その場合の原油および余剰 VR と分解油の流れを図 39 に示す。図 38 と図 39 から分かるように超重質油 (オイルサンド) 75% に、コンデンサーを 25% プレンした Dilbit を、全日本で処理する原油の 30% 程度使うと、収益性は Arabian Heavy (AH) 原油の場合に比べ収益性は格段に高くなる。すなわち非在来型の超重質原油が安価である事が収益に寄与することが分かる。また、このように米国マーケットを主マーケットとする北米原油は活発な原油生産や石油精製の競争環境が価格の低下に寄与していることも窺える。ただ、オイルサンドやオリノコータルは現状では東アジアへの原油輸送は限られており、早期にロッキー山脈越えのパイプラインが完成することが望まれる。中東以外の原油の輸入は地政学的リスクの低下になると言われているが、非在来型超重質原油の輸入は原料ソースの多様化になり、中東地域からの原油調達にも有利に働くものと考えられる。さらに、コストの安い製品を我が国で生産できることは、海外からの石油製品の輸入や輸出においても有利となると考えられる。

共同分解スキームのもう一つの利点は、マーケットが必要とする輸送用燃料製品を一単位生産するのに必要な原油消費量を下げることができることである。

これは、SHC という VR を 95% 以上分解し輸送用燃料に変えることのできるプロセスを使い、製油所で余剰となる VR を分解することによるものである。その状態を図 40 に示す。ここで消費する原油は、製油所や共同分解装置で消費される燃料や、水素を作る原料としても使われるので、共同分解スキームは、高温高圧かつ大規模にアスファルトを分解するという高エネルギー消費量スキームだと思われるが、実は低炭素な方式であると言える。ただここには、これまで VR を含む重油を燃料とした発電が、再生エネルギー等より低炭素な発電で行われるという条件が必要となる。

7. 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、企業統合や連携による石油産業の中・下流の効率化の方策を取りつつある。しかし、将来人口減少や低炭素社会への移行等により、さらなる効率化対策が必要と考えられる。

その方法として、重質油を 95% 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ので、生産コストを低減できること、②中東以外からの、さらに安価な超重質原油の輸入処理が可能になり、コスト低減がさらに進むと共に、原油ソースの多様化も可能となり、非常に有効である。③さらに、重質油の分解により、重油生産を低減できることから、輸送用燃料油生産に必要な原油処理量を低減できるので、低炭素社会への動きに寄与できる。

このように、原油のない我が国が世界各地からの原油を安価に調達し、コストの低いエネルギーを需要の状況に応じ生産し、かつ気候変動緩和にも寄与できるようにすることは、これまで培ってきた消費地精製システム確立のための重要な方向だと言える。

情報ファイル

ドイツ機械産業、引き続き日本のポテンシャルを高く評価

VDMA、在日ドイツ商工会議所内に日本代表事務所を開設した。ドイツ機械産業は、将来における日本市場のポテンシャルを高く評価している。この評価に基づいて、ドイツ機械工業連盟 (VDMA) は、日本における活動を継続するべく、2017 年 4 月に在日ドイツ商工会議所内に日本代表事務所を開設 (〒102-0075 東京都千代田区三番町 2-4 三番町 KS ビル 5F, Tel: 03-5276-6632)。在日ドイツ商工会議

シニアコンサルタントの長谷川平和氏が、1984 年以来日本で VDMA の代表を務めてきたホルガー・ヴィッテヒよりバトンを受け継ぐことになる。

同代表事務所は、日本の行政機関に対してドイツ機械産業を代表するとともに、日本の業界団体とのコンタクト等を円滑に行う役割を担っている。市場情報を調査、分析等も行う。