

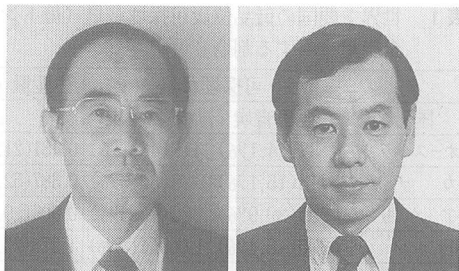
## ■ 展望・解説 ■

## 低品位炭を対象とした石炭液化技術(I)

Coal Liquefaction Technology for Low Rank Coal

松村 哲夫\*・田村 正明\*\*

Tetsuo Matsumura Masaaki Tamura



## 1. はじめに

新しい世紀を迎えるに当たって、人口増加とそれに伴う食糧需給の問題は早急に解決策を求められている世界共通の課題であるが、解決に至る基本的要件はエネルギー需給の安定と地球環境との調和である。人類の理想とするエネルギー源は、尽きることのない太陽エネルギーと核融合であるとしてもその実現は容易ではなく、少なくとも来世紀半までは従来のエネルギー源に頼らざるを得ないのが妥当な現状認識であろう。

今世紀後半にかけて石炭から石油へのエネルギー転換が行われ世界はその恩恵を享受したが、石油が限りある貴重な資源であることに気付き代替エネルギーが求められた。1960年代から80年代にかけて資源賦存量において石油の数倍に及ぶ石炭への回帰を図るべく、石炭液化技術を見直すための研究開発が広く行われた。しかし、量の方に意を注いだ当時とは異なり、現在は地球環境を適切に保つクリーンコールとして経済市場に受け入れられる石炭の有効利用技術が必須となっている。ここに述べる「低品位炭を対象とした石炭液化技術」はこのような要求を満たす可能性をもち、21世紀には実用化が期待できる技術である。

筆者らは、1970年代後半から対象を褐炭に絞り、実験室装置から石炭液化の研究を始めた。その後50t/d規模のパイロットプラントの建設・運転を行い、その成果を基に実証プラントの概念設計を試み、さらに将来の商業プラントのためのプロセス構築に至る研究開発を続けてきた。ここでは既報の技術報告や研究論文との重複を避け、前半では、低品位炭を対象とすることの意義、低品位炭液化の技術的問題を含めたパイロットプラントの建設、運転について述べ、続報では実証

プラントの概念設計と商業プラントの構想、液化油のコスト試算による経済性評価、最新の研究成果を取り入れ構築したアドバンスト石炭液化(Advanced BCL)プロセスについて述べる。

## 2. 石炭資源における低品位炭の位置付け

## 2.1 石炭資源の現状と利用上の問題点

世界の石炭埋蔵量は、究極埋蔵量で11兆t、可採埋蔵量では1兆tと推定されている。各国の一次エネルギー供給における石炭依存度は、主要先進国では原子力エネルギーを主体とするフランスの6.4%からドイツの28.5%までにわたり、経済発展の著しいアジア地域では45%、なかでも中国の石炭依存度は75%以上であり、世界平均でも28%に及んでいる。すでに石油輸入国に転じた中国や、21世紀初頭には輸入国になると見られているインドネシアを含め石炭に依存する国々におけるエネルギーに占める石炭の位置はますます重要性を増してくると考えられ、IEAによる今後の石炭需要の予測でも拡大基調にあると指摘されている<sup>1)</sup>。

しかし、石炭には利用上のハンディキャップがあり、地球環境に対する温暖化ガスおよび酸性雨の原因物質(SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>)の排出、固体燃料であるための輸送や取扱いの非効率性などが問題点として上げられている。しかも、石炭が低品位炭の場合、これらの問題は当然のことながら倍加する。現在、低品位炭の改質技術が強く求められている理由は、この辺りにあり埋蔵量の過半を占める亜瀝青炭や褐炭資源の有効利用の手段としても改質技術の意義は大きい。

## 2.2 石炭資源における低品位炭の現状

はじめに「低品位炭」という用語であるが、英語文献に現われる対応語には、low rank coal, low grade coal, low quality coalなどがある。国によって定義も微妙に異なるが、一般にlow rank coalの対応日本語として多く使用されている「低石炭化度炭」を指すことにする。すなわち、国際分類法<sup>2)</sup>では揮発

\* 神戸大学大学院自然科学研究科教授

〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1

\*\* ㈱神戸製鋼所 技術開発本部高砂液化センター長

〒676-8670 兵庫県高砂市荒井町新浜2-3-1

表1 世界主要国の低品位炭可採埋蔵量(億トン)と全炭量に対する割合

国名	可採埋蔵量		生産量(年)
	亜瀝青炭	褐炭	褐炭
オーストラリア	37(4.1%)	419(46.1%)	0.481(21.3%)
カナダ	13(15.1%)	28(32.6%)	0.387(52.3%)
アメリカ	959(39.9%)	320(13.3%)	0.805(9.4%)
旧ソ連	370(15.4%)	1,000(41.5%)	1.273(23.4%)
ポーランド	—	116(28.2%)	0.673(34.1%)
ドイツ	—	562(70.2%)	2.218(77.6%)
インドネシア*	12(26.6%)	28(58.6%)	0.500
中国	337(29.4%)	186(16.2%)	0.300(2.6%)
世界	1,971(19.1%)	3,152(30.6%)	

注)主に第13回世界エネルギー会議(1986年)資料に基づき一部修正

\*確定炭量; Snuardi, R. A., "Indonesia Coal Industry; Development and Production" (1997)

分>33%, 総発熱量(指数)<8000calのClass No. 7, 8, 9に相当し, 国によっては亜瀝青炭(subbituminous coal)を含め褐炭(brown coal)またはリグナイト(lignite)として分類されている石炭群をここでは低品位炭として定義する。

一方, 世界エネルギー会議(WEC)が1970年以降石炭の可採埋蔵量に関し炭質を定義したが, それによると発熱量5,700kcal/kg以上を石炭(Hard Coal)とし, それ以下を褐炭(Brown Coal)としている。しかし, 水分が30%を越えると発熱量は常に5,700kcal/kg以下となり, 境界が明確でなくなるので, 国連ECE(Economic Commission for Europe)石炭委員会はvitrinite反射率 $\geq 0.6\%$ を有する石炭を中高品位炭とし, これ以下のものを低品位炭と定義した<sup>2)</sup>。

主要国における低品位炭の可採埋蔵量(全可採炭量に対する百分率)および生産量(全生産炭量に対する百分率)を表1に示した<sup>3), 4)</sup>。石炭の全可採埋蔵量に対し45~55%が低品位炭で占められ, ドイツとインドネシアの場合は70%以上が褐炭である。一方, 現在の褐炭生産量は比較的少なく, 旧東ドイツを初めとする東欧を除いてあまり利用されていないことを窺わせる。

### 2.3 石炭液化原料としての低品位炭

低品位炭, とくに褐炭は一般に含有水分率が高いことや, それによる低発熱量のために運搬に適せず, 貿易商品とはなりにくいことから, 使用が山元に限定されている場合が多い。将来の石炭需給を考えると, 石炭資源の半ばを占める低品位炭の有効利用技術が求め

られることになり, 各種の改質技術が研究開発されている。それらの中で石炭液化技術も重要な役割を担っており, 積極的に低品位炭を対象とした液化技術確立すべきである。すなわち, 低品位炭であるからこそ石炭液化の原料としての意義があるともいえる。

現在の直接石炭液化法は高温・高圧下での熱分解, 水素化分解が主体となっている。この場合, 反応制御ができることを前提として, 反応性の高い原料が好ましいことはいうまでもない。石炭化の進んでいない低品位炭は瀝青炭に比較して化学構造上の結合が弱い部位を有し, 反応性が高く, 炭素に対する水素の割合も同等もしくは高い場合が多い。

低品位炭が液化原料炭として優れていることは坂部<sup>5)</sup>が「原料炭としては水素化分解を受けやすい炭種で, 灰分の少ないもの」とした上で, van Krevelen, D. W. のビトリニット平均線に比較してH/Cの大きい石炭が「液化適性炭」の条件であり, また, 森川<sup>6)</sup>は原料石炭は「反応性の大きいかつ炭の中から適性炭を選ぶべきであろう」と述べている。坂部の掲げた条件にはドイツLauna, Wesselingや朝鮮阿吾地で使用された褐炭が適合する。しかし, 液生成物のH/Cを等しいとして単位石炭当りの液化油収率の大小を比較するならば, 有機成分の多い瀝青炭の方が有利になり, 瀝青炭が好んで石炭液化原料に選ばれる場合もある。プロセスのエネルギー効率は対象炭の特性に適合した最適プロセスによって決定されていく。

### 3. 日豪褐炭液化プロジェクト

日豪褐炭液化プロジェクトは, 1980年, 日本および豪州政府間で褐炭液化プロジェクトを共同推進するための基本合意が成立し, 通産省・工業技術院のサンシャイン計画に組み込まれ, 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の指導の下に実施された。研究開発の実施は, ㈱神戸製鋼所, 三菱化学(株), 出光興産(株), コスモ石油(株)および日商岩井(株)ならびに, これら5社からなる日本褐炭液化(株)(NBCL)/ビクトリア褐炭液化(株)(BCLV)がNEDOより委託を受け, 基礎研究およびパイロットプラントの設計・建設・運転研究を分担した。

プロセス開発を目的とした本プロジェクトの成果は1993年膨大な資料として纏められた。現在実施されているNEDOLプロセスによる150t/dパイロットプラントの成果とともに, 近く日本の石炭液化技術として技術パッケージに集大成される予定である。

以下に日豪褐炭液化プロジェクトを実例として低品位炭（褐炭）に限定した石炭液化技術の実際を述べる。

3.1 豪州の石炭資源とビクトリア褐炭

豪州の石炭可採埋蔵量は909億tで全世界の可採埋蔵量104兆tの9%弱に当たる。このうち、低品位炭は約50%を占め、その大部分が褐炭である。低品位炭埋蔵量の最も多い旧ソ連の1,370億t、米国1,280億t、ドイツ、中国に次ぎ構成比8.8%となり、褐炭生産量はドイツ、旧ソ連、チェコ、アメリカに次ぐが、年4800万t程度で可採埋蔵量420億tから見れば、その利用度は低い。Fort Union（米国）、Lower Rhine（ドイツ）と共に世界三大鉱床といわれるGippsland（豪州）はビクトリア州東南部に位置し、推定埋蔵量2,020億t、可採埋蔵量330億tを誇り、Morwellを中心としたLatrobe Valley地区に多く賦存している。

3.2 褐炭の化学組成

表2には、パイロットプラントの標準炭となったYallourn, Morwell炭および将来の商業プラント使用予定のFlynn炭の化学的性状を示した<sup>7), 9)</sup>。ビクトリア褐炭は多孔質で水分を多く含み、酸素含有率が高い。一方、灰分、硫黄、窒素などが極めて低く液化原料としては有利な特徴となっている。

低品位炭とくに褐炭の化学組成において最も特徴的な点は酸素含有量の多いことである。また、その形態が液化反応やプロセスに及ぼす影響は大きく、低品位

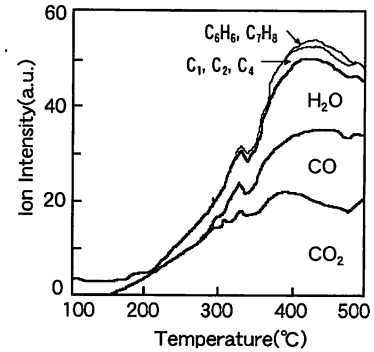


図-1 ビクトリア褐炭の熱分解挙動<sup>9)</sup>

炭の液化を特徴付ける要素の一つである。すなわち、初期熱分解反応に関与する化学構造が酸素官能基であり、プロセス上ではアルカリおよびアルカリ土類金属化合物としてスケールや反応器内の沈積物を生成する。

図-1は温度上昇に伴い生成するガスを質量分析計を用いて調べたものであるが、カルボキシル基、カルボニル基、フェノール基、エーテル結合の分解による二酸化炭素や一酸化炭素および水の発生が観察され、含酸素官能基の熱分解によるガス発生開始温度はCO<sub>2</sub>が150°C、COが300°C、H<sub>2</sub>Oが200°Cと石炭の水素化分解反応に先立つことがわかる<sup>9)</sup>。これらの結果は、Schafer, H. N. S.<sup>10)</sup>の結果とも一致している。

表2 ビクトリア褐炭の化学的性状

〔工業分析〕 (%dry)	水分		灰分		揮発分		固定炭素		発熱量 (MJ/kg)
	(%)	(%dry)	(%dry)	(%dry)	(%dry)	(%dry)	(%dry)		
Yallourn	66.5	1.7	50.3	48.0	26.1				
Morwell	62.8	1.3	49.8	48.9	26.2				
Flynn	64.1	1.3	50.6	48.1	26.3				
〔元素分析〕 (%dmif)	H	C	O	S	N	H/C			
Yallourn	4.8	66.9	27.5	0.26	0.51	0.86			
Morwell	4.9	68.8	25.5	0.30	0.53	0.85			
Flynn	4.9	68.1	26.2	0.33	0.50	0.86			
〔無機成分分析〕 (%dry)	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	全Fe	FeS <sub>2</sub>	Ca	Mg	Na	S	
Yallourn	0.30	0.14	0.53	0.01	0.12	0.20	0.09	0.26	
Morwell	0.14	0.08	0.21	0.02	0.54	0.31	0.09	0.30	
Flynn	0.13	0.09	0.03	0.00	0.02	0.12	0.28	0.32	
〔酸素官能基〕 (平均値±標準偏差)	全O (%maf)	COOH+COO' (meq/g-dry c)	COO' (meq/g-dry c)	Ph-OH (meq/g-dry c)	pH				
Yallourn	27.5±2.0	2.70±0.32	0.49±0.25	3.72±0.45	4.11±0.29				
Morwell	25.5±1.4	2.50±0.26	0.59±0.20	3.70±0.35	5.01±0.39				
Flynn	26.2±1.0	2.66±0.23	0.15±0.05	3.33±0.47	3.83±0.24				

dmif=dry mineral and non-mineral inorganic free

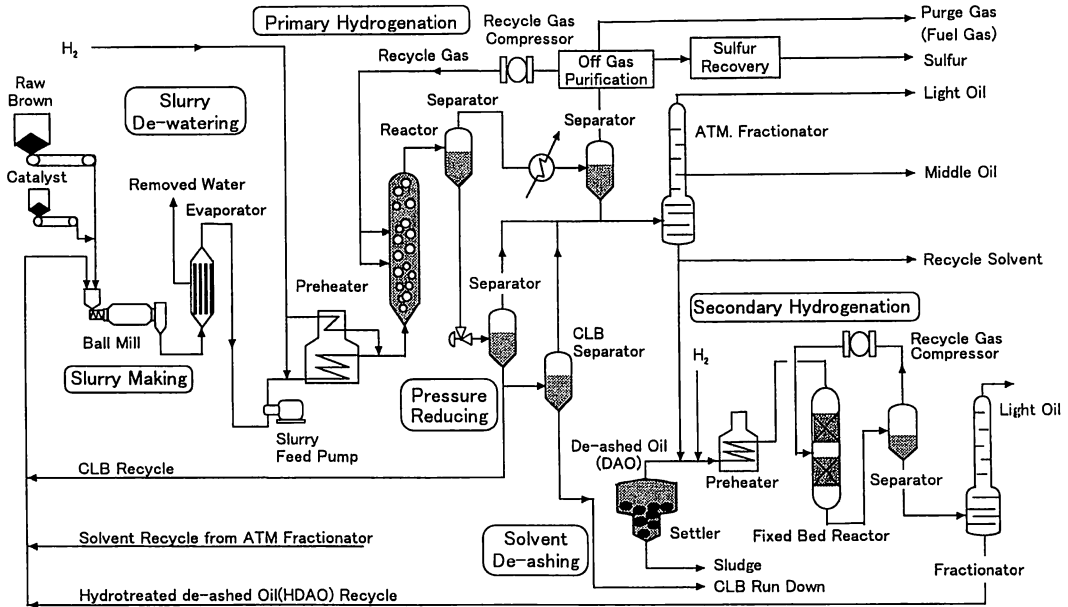


図-2 褐炭液化 (BCL) プロセスのフロー図

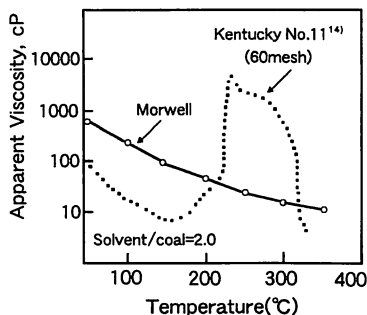


図-3 温度に対する石炭スラリー粘度の変化

### 3.3 50t/dパイロットプラント<sup>10), 12)</sup>

採用したプロセスはNBCLが開発したBrown Coal Liquefaction (BCL) プロセスと呼ばれるもので二段液化法である。一次水素添加工程には石炭スラリーの調製、脱水、予熱装置があり、一次水添と二次水添を繋ぐ工程には常圧/減圧蒸留および脱灰工程を配し最終工程には蒸留塔をもつ。図-2にプロセスフローを示す。

#### 3.3.1 石炭スラリーの調製

瀝青炭の場合、石炭スラリーが予熱器を通過する250~300°Cの温度域で膨潤による急激な粘度上昇を起こすので、最適プロセス設計を行うためには予熱器や熱交換器の構造と運転条件に留意する必要がある<sup>13)</sup>が、褐炭ではこの現象は少ない。図-3はスラリー温度に対

する粘度の変化を瀝青炭 (Kentucky No.11)<sup>14)</sup> と褐炭 (Morwell) のデータとを合成して示したものである。瀝青炭の場合、200°C付近から急激な粘度上昇が観察され、溶解と水素化反応の進行とともに急激に低下していく。しかし、褐炭では溶剤による低温での膨潤が認められるので、スラリー濃度を上げることが困難でありプロセス効率の向上には特別な配慮がなされねばならない。続報で述べる二極分化型溶剤の使用はこれらを考慮し考案されたプロセスである。

#### 3.3.2 脱水

褐炭の性状の特徴の一つは水分含有率が高いことであり、特にビクトリア褐炭は60%を越える水分をもつので脱水は技術開発上、重要な課題であった。BCLプロセスにおいては、褐炭液化プロセスの循環溶剤を用いてスラリーを調製した後、油中で脱水する新しいプロセスを取り入れ、分離した水蒸気を断熱圧縮して蒸発器の熱源とする経済性の高い脱水法を確立した。回収した凝縮廃水は有機物の分離・回収を行った後、活性汚泥処理し工業用水として再利用した。代表的な運転条件は表3に示す通りである。スラリー脱水パイロットプラントの運転の結果、以下の成果が得られた<sup>15)</sup>。

- (1) 運転性に問題はなく、脱水率も97%と良好で、脱水プロセスとして成立することを実証した。
- (2) 乾式ドライヤーに比べ、蒸発缶を用い3倍の伝

表3 脱水パイロットプラントの代表的運転条件

スラリー調整	ボールミル：80℃， 5 kPaG 溶剤/石炭 (mafc)：2.5
予熱器	スラリー側：140℃， 500kPaG
蒸発器	管側：140 (135~140) °C 250 (190~300)kPaG シェル側：155℃， 450kPaG 水分除去率：65~92%
過熱器	スラリー側：120 (100~130) °C， 20 (0~30) kPaG 水分除去率：80~96%

熱係数が得られる上に、熱回収によってエネルギー消費が1/4以下となる。

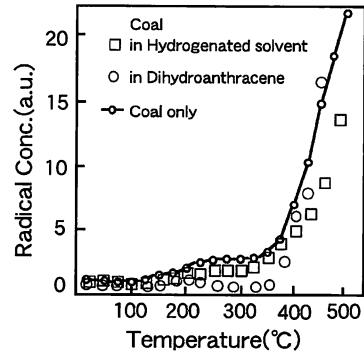
- (3) 運転データの解析によりスケールアップや最適設計上に重要な次の知見を得た。
- (i) 褐炭水分の油中での脱着平衡が気相での脱着平衡と類似していること、
- (ii) 蒸発器の熱流速データが得られ、その伝熱機構が核沸騰伝熱であることが確認された。

### 3.3.3 一次水添

石炭液化の中心をなすプロセスであり、反応器はそれぞれの工夫がなされ、プロセスを特徴付ける部分となっている。朝鮮阿吾地で採用された内熱式反応筒<sup>16)</sup>はわが国で開発された特色ある反応器であり、米国のHコールによる沸騰床反応器は使用する触媒に合った工夫がなされている。しかし、石炭スラリーと水素ガスからなる気液固三相反応を行わせる点において変わりはなく、反応効率や熱効率を最適化する努力がなされる。

本プロジェクトで採用したのは完全混合相型の懸濁気泡塔反応器である。褐炭の初期熱分解反応および水素添加反応は極めて速く、生成するラジカルを温度や反応雰囲気によっていかに制御するかが、液化油収率を左右する。図-4に石炭の分解によるラジカル生成の実験結果の一例を示した<sup>17)</sup>。添加した溶剤によってラジカル生成の様子が変化することがわかる。この実験結果から得た情報が後に段温度差反応方式へと発展していく。

スラリーの予熱による熱分解、水素化分解反応の段階におけるプロセス上の問題として、スケール生成の抑制、制御がある。添加触媒や石炭に含まれているアルカリ金属やアルカリ土類金属化合物によるスケールが配管や塔槽類の壁に蓄積し運転に支障を来す。特に

図-4 溶媒によるラジカル濃度の変化<sup>17)</sup>

瀝青炭と比較してこれら金属を多く含む低品位炭の場合、プラント操作上深刻な状況を引き起こす。Dolkemeyer, W.ら<sup>18)</sup>は1943年Wesselingの実プラントで起こった反応器の沈積物の例を引用しながら、熱処理によるフミン酸カルシウムの安定化効果を報告している。

ビクトリア褐炭液化プラントにおいても沈積物やスケールが観察された<sup>19)</sup>が、反応器からの抜出しに加えて、石炭の熱分解反応や水素化反応の詳細な研究とスケール発生機構の解明、さらには触媒添加量の低減などの結果として問題の重要性は軽減しつつある<sup>20)</sup>。

### 3.3.4 脱灰

前述のスケールと関連した無機物質をプロセス系外に抜出し、配管や反応器内での蓄積、最終的には閉塞に至るのを防ぐためにも必要とするプロセスである。脱灰工程を省略し単純に減圧蒸留残渣として取り出すことも行われているが、液化油収率の向上や安定操作のために本プロジェクトでは溶剤脱灰法を開発した。

系内で生成する溶剤を使用することを特徴とし、常温では固体である減圧蒸留残渣CLBを溶解し、灰分を迅速に沈降分離できる脱灰装置を完成させた。すなわち、一次水添ナフサを平均沸点~160℃に調製して脱灰溶剤として用い、操作温度250~270℃、圧力3~5 MPaで灰分を沈降分離した。重質成分を溶解した脱灰溶剤は蒸留等により回収し再使用する。

### 3.3.5 二次水添

灰分を分離除去した重質成分は沸点180~420℃の一次水添溶剤に溶解し、Caで修飾したNi-Mo系触媒を充填した固定床型反応器へ導入し水素化反応を行う。標準反応条件は380℃、15MPaである。得られた生成液は製品ナフサを分離した後、中/重質油溶剤として一次水添工程へ循環する。この溶剤循環は一次水添反

表4 パイロットプラント段階における開発目標と成果

開発目標	成果	達成Run No
①液化油収率50%以上	一次水添48%, 二次添4%	Run-8
②連続運転1000時間	1730時間	Run-6
③脱灰性能1000ppm以下	av.300ppm~ av.700ppm	Run-6, 7, 8, 9
④長期運転に耐える固定床二次水添触媒の開発	パイロットプラント3400時間 寿命テスト7800時間	Run-6, 7, 8
⑤経済的な新スラリー脱水法の確立	エネルギー消費量として従来技術の1/3	Run-6, 7, 8

応条件の緩和と液化油収率向上によりプロセス効率を高めることを目的とした二段液化法の特徴である。

#### 4. パイロットプラントの建設と運転

##### 4.1 パイロットプラントの建設

プラントの建設地はメルボルン東方約150kmにある褐炭田の町Morwellである。

褐炭の搬入・粉碎乾燥処理、予熱器を含む一次水素添加反応器と蒸留装置の建設が第一期工事として施工され、脱灰・二次水素添加反応器と付随する蒸留装置・用役設備の建設が第二期工事として行われた。全工程の建設が完了したのは1986年12月であった。

##### 4.2 パイロットプラントの運転

プラント建設の進捗に合わせ一次水素添加反応工程から運転を開始し、全工程の建設完了後四年に亘る総合運転を行った。パイロットプラント運転では表4に示す開発目標が課せられた。これらの目標達成は当時の技術レベルとしては一般に困難視されていたが、結果的には余裕をもってクリアすることができ、その後の技術評価にも耐えることができた。同時にスケールアップデータの取得、運転・保全技術の確立などの開発課題も全て達成することができた。

##### 4.3 液化粗油の品質

パイロットプラントで得られた液化粗油について石油製品と同様に分留し、燃料油としての評価を行った。表5<sup>2)</sup>に代表例としてRun-8の液化油の性状を示す。一次水添液化油は石油に比べて水素および硫黄含有量が少なく、酸素と窒素が多い。また、芳香族・ナフテン系炭化水素を多く含むため、ガソリン留分のオクタン価は高く、脱ヘテロ処理後脱水素すると良質な高オ

表5 褐炭液化油の性状

留分	一次水添ナフサ			一次水添中間油			二次水添ナフサ	
	C <sub>1</sub> -100	100-200	200-240	240-360	360-420	100-200	200-240	
沸点範囲℃								
得率(%dry)	4	11	13	17	3	2	2	
元素分析(%)								
C	81.2	82.5	83.4	86.8	88.4	85.0	86.6	
H	13.3	11.6	10.2	10.1	8.3	12.8	11.6	
N	0.14	0.13	0.27	0.60	1.10	0.49	0.67	
S	0.10	0.16	0.05	0.04	0.07	0.01	0.01	
O	3.7	4.7	6.3	2.9	2.7	1.70	1.12	
FIA分析								
A (vol%)	7.1	20.6				14.7		
O (vol%)	12.6	14.1				6.6		
S (vol%)	80.3	65.3				78.7		
F1ON	82	81				70		
煙点(mm)			9					10.5
セタン指数				9	11			

クタン価のガソリン基材となる。反面、灯油および軽油留分の煙点とセタン指数は低く、燃焼性は良くない。このように褐炭液化粗油はそのまま石油製品に混合して使用することは難しいが、水素化処理等による精製を行えば石油代替品として市場に提供することが可能である。直接燃焼による発電以外、用途に乏しかった褐炭をクリーンな液体燃料に転換する技術を確認したことは、低品位炭の有効利用に道を開くものとして意義深いと考えられる。

#### 5. まとめ

本報告は低品位炭に照準を合わせ、1980年代に実施された褐炭液化プロジェクトを中心に石炭液化の技術的問題点およびその対策等を述べたものである。パイロットプラントの成果として纏められた6000t/d実証プラント概念設計は商業プラントの経済性評価を可能とし、さらには革新的な石炭液化技術の完成への技術的な足掛りとなった。これらについては稿を改めて述べることにする。

#### 引用文献

- 1) Energy Balances of OECD Countries 1993-1994 (IEA).
- 2) van Krevelen, D. W.; COAL (Elsevier), 1993.
- 3) 資源産業新聞社刊:「コールノート」1995年版
- 4) World Energy Council "Survey of Energy Resources 1995".
- 5) 坂部政; 石炭液化プロセスにおける技術的諸問題, 石油学会誌, 第17巻, 第10号 (1974) 848~852.
- 6) 森川清; 満州の石炭液化技術, 石油学会誌, 第18巻, 第5号 (1975) 377~382.

- 7) R. A. Durie ; "The Science of Victorian Brawn Coal", Butterworth-Heinemann Ltd. (1991).
- 8) SEC Report No. SC/80/17 Aug. 1980.
- 9) 金持真理子, 兼子隆雄, 蔭山陽一, 熊谷治夫, 真田雄三 ; 液化反応の初期過程に関する研究, 第32回石炭科学会議 (1995) 291~294.
- 10) Schafer, H. N. S. ; Fuel 1979 58, 667.  
Schafer, H. N. S., Fuel 1979 58, 673.
- 11) Kunii, K., Matsumura, T., and Camier, R. J. ; Construction and commissioning of the BCLV pilot plant, Chemical Engineering in Australia Vol.ChE 9, No. 3 September 1984, 24~34.
- 12) 中子敬夫, 高橋正道, 小河原銃二, 松村哲夫 ; 褐炭液化プロセス (BCLプロセス), R&D神戸製鋼技報, Vol.36 No. 2 (1986) 57~60.
- 13) 松尾和芳 ; 石炭液化におけるスラリーの高濃度化, 日本エネルギー学会誌, 第73巻, 第6号 (1994) 378~387.
- 14) Wright, C. A., and Schmalzer, D. K. ; "Short Residence Time SRC-I : Background and Recent Work," Report 4, Coal Liquefaction on Preheater Studies, Oak Ridge Natl. Lab., 1979.
- 15) 重久卓夫, 大隈修, 大沢寿夫, 松村哲夫 ; 豪州褐炭液化 (BCL) プロセスにおけるスラリー脱水パイロットプラントの運転, 化学工学論文集 第21巻, 第1号 (1995) 1~7.
- 16) 宗像英二 ; 「石炭液化内熱式反応筒を支持する理由」 燃料協会誌, 第63巻, 第2号 (1984) 90~99.
- 17) 金持真理子, 兼子隆雄, 嶋崎勝乗, 熊谷治夫, 千葉忠俊 ; 液化反応の初期過程に関する研究, 第33回石炭科学会議 (1996) 299~302.
- 18) Dolkemeyer, W., Giehr, A., Lenz, U. and Ritter, G. ; The First International Conference on Coal Science, Düsseldorf 1981 September.
- 19) 安達芳雄, 三木敏春, 柴田昌男, 廣末英晴, 中子敬夫, 滝義宏 ; 褐炭液化プラントにおける予熱器および反応塔内の沈積物の解析, 日本エネルギー学会誌, 第72巻, 第4号 (1993) 272~277.
- 20) 小松信行, 古明地東, 桃野栄治, 奥井利明, 兼子隆雄, 嶋崎勝乗, 松村哲夫 ; 石炭液化技術の高度化研究-3スケール生成機構とその抑制技術-第34回石炭科学会議 (1997) 139~142.
- 21) 平成4年度ニューサンシャイン計画「石炭技術開発」AI ST/NEDO合同研究成果発表・討論会 (1993).

## 募集

## 「平成11年度天然ガス新技術に関する

## 研究助成テーマの応募要領」について

## 1. 研究助成対象

天然ガスを活用するための下記に関わる基礎研究

## 1) 燃焼以外に用いる新用途研究

(例)新規な反応プロセス, バイオプロセス

新素材製造プロセス, LNG冷熱利用システム

## 2) 新しい燃焼 (エネルギー変換システムを含む) の研究

(例)新規な燃焼方法 (エンジン, タービン等)

熱電変換システム, 空調システム

## 3) 輸送, 貯蔵に関する研究

(例)新規な天然ガス貯蔵システム

## 4) 天然ガス新技術に関する物性, 材料に関する研究

## 2. 応募資格 (対象者)

日本国内の大学等の研究機関において研究に従事する者であって, 平成11年4月1日現在40歳未満の研究者

## 3. 応募の締切

平成11年1月29日 (金) 事務局必着

## 4. 期間及び件数

期間 : 2年間, 件数 : 3件程度

## 5. 金額と使途

1件につき, 200万 (年間100万円×2年間)

使途は限定しません。

## 6. 応募の方法

応募用紙に必要事項を記入して下記事務局まで送付して下さい。なお, 応募用紙は, 下記協会事務局に請求するか, または応募様式をインターネットの日本ガス協会ホームページに掲載いたしますのでダウンロードしてご利用ください。

(URLアドレス <http://www.gas.or.jp>)

## 7. 問合せ先

事務局

〒105-0011 東京都港区虎ノ門1-15-12

社団法人 日本ガス協会 技術開発部

担当 梶山, 中村

TEL : 03-3502-0113 FAX : 03-3502-0370