

(論文)

インドネシアにおける改質褐炭(UBC)製造プロセスの実証

Demonstration of a UBC (Upgrading of Brown Coal) Process in Indonesia



杉田 哲*
Satoru Sugita



出口哲也*
Tetsuya Deguchi



重久卓夫*
Takuo Shigehisa

A UBC (Upgrading of Brown Coal) demonstration plant with a capacity of 3t/d was constructed in Indonesia and operated to acquire data for F/S. The plant was operated continuously and stably using Indonesian low rank coal. Results showed that the UBC process was suitable for Indonesian low rank coal with results almost equal to that of bituminous coal.

まえがき = インドネシア産瀝青炭の輸出は年々増加しているが、瀝青炭の枯渇まで数年といわれており、豊富な資源量をもつ低品位炭の有効利用が緊急課題となっている。一方、日本国内では石炭火力発電によって排出される灰の処理が問題になっており、低灰分を特徴とするインドネシア低品位炭が利用できれば、灰処理費削減が可能となる。現状、低品位炭は発熱量が低く自然発火性があるため利用が限られているが、これを有効利用する技術の一つに改質褐炭プロセス(以下、UBC プロセスと記す)がある¹⁾。これまで、低品位炭を改質するプロセスはいくつか開発されたが²⁾、多くは処理条件が高温、高圧であり装置コストが高い。あるいは、低品位炭の化学変化を伴うために、熱分解物質を多く含む排水が発生することで排水処理負荷が大きいといった理由により実用化が困難であった。

一方 UBC プロセスは、化学変化がほとんど起こらない温度で脱水処理するとともに、図 1 に示すように循環油中に添加したアスファルトが表面に吸着することで、高カロリーで自然発火性の低い製品を得ることができる。本報告では、インドネシアに実証プラントを建設して運転を実施し、UBC プロセスの実証と製品評価を行った結果を報告する。

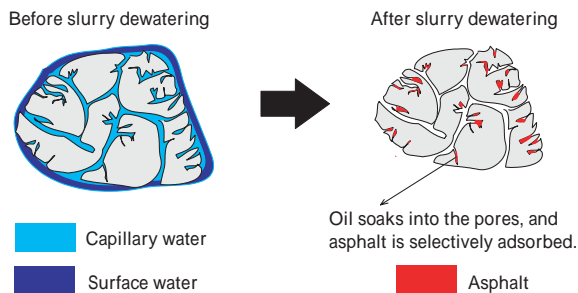


図 1 改質の原理
Fig. 1 Principle of UBC process

1. 実証プラント設備および運転内容

1.1 実証プラント設備の概要

UBC プロセスは図 2 に示すように、粉碎した低品位炭を油中でスラリー脱水するスラリー脱水工程、脱水したスラリーを遠心分離により固液分離する油分回収工程、分離した固形分に残留した油分を加熱回収する乾燥工程および乾燥した粉末状の改質炭を成型する成型工程から構成されており、高カロリーで自然発火性の低い改質炭を製造するものである^{3),4)}。実証プラント(写真 1)の生産能力は改質炭ベースで 3t/d であり、2003 年 9 月にインドネシア チレボンでの建設が完了した。

1.2 運転内容

実証運転は、プロセスの実証、商業機設計用データの採取および製品評価を目的として、2003 年 10 月から 2004 年 12 月の間実施された。試験炭には UBC プロセスの低品位炭への汎用性を評価するため、全水分の異なるインドネシア炭 5 種を選定して、合計 13Run の連続運転(各 Run の定常運転は 3 ~ 4 日程度)を実施した。改質炭の製品は写真 2 のようなブリケットであり、約 5t のサ

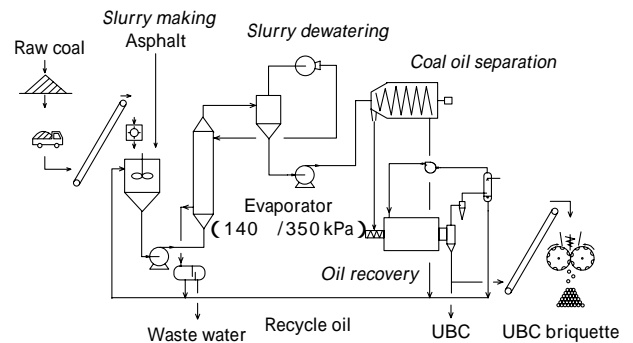


図 2 改質褐炭プロセスのフロー
Fig. 2 Process flow diagram of UBC process

*技術開発本部 石炭・エネルギープロジェクト室



写真1 3t/d UBC 実証プラント
Photo 1 3t/d UBC plant in Cirebon, Indonesia



写真2 改質炭ブリケット
Photo 2 UBC briquette

ンプルを日本に輸送し、性状分析、ハンドリング試験および燃焼試験による製品評価を実施した。

2. 結果と考察

2.1 実証運転結果の炭種比較

実証運転では、試験した5炭種全てについて安定運転が可能であることを確認し、写真2のブリケットが得られた。UBCプロセスは、主に粉砕、脱水、固液分離、油分回収、成型の5工程で構成されているが、脱水工程では炭種による脱水性能の違いはほとんどなく、他の工程

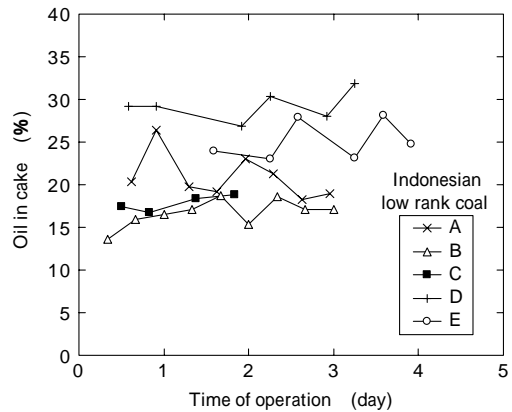


図3 デカンタケーキ中の残油分
Fig. 3 Oil content in cake from decanter

については炭種による処理性能の違いが認められた。

処理性能に炭種差のある結果として、図3に連続運転中の固液分離工程のデカンタから得られたケーキ中の残油分を示すが、炭種により残存する油分の濃度に違いが現れている。

このような炭種による処理性能の違いは、改質炭粒子の親油性などの表面物性、表面のミクロ形状および粒子径分布などによるものと考えられる。しかし、これら処理性能の炭種差は個々の工程の装置規模を大きく変えるレベルではなく、プロセスコストに与える影響は小さいと判断した。炭種と各工程での処理性能の関係については今後の基礎研究で明らかにしていきたい。

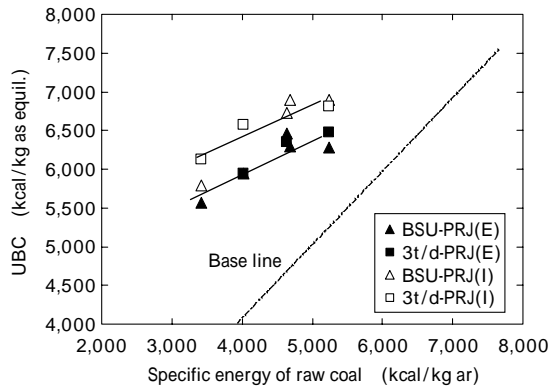
2.2 製品評価

火力発電用の燃料開発の場合、製品評価として改質炭製造工場から火力発電所までの搬送や貯炭などを想定したハンドリング試験や燃焼試験が必要である。

まず、生炭とその改質炭の性状を表1に示すが、硫黄分は0.1~0.9wt%daf（主には0.5wt%daf以下）、灰分は3~5wt%dbの範囲にあり、国内の火力発電で主に使用されている豪州炭などに比べて低硫黄、低灰分であり、インドネシア低品位炭の特徴が表れている。また、UBCプロセスは化学変化を含まないプロセスであるため、生炭と改質炭の化学分析値（揮発分、灰分、元素分析など）にはほとんど差がみられない。受取ベースの改質炭の発熱量は、D炭を除き6,500~7,000kcal/kg程度であり、生炭の炭素含有量が高く全水分が少ないほど発熱量は高くなる傾向にある。図4に製造直後と大気中で安定化した後の発熱量の比較を示すが、改質炭の製造直後の水分はほとんど0%になるため、6,000~7,000kcal/kg程度の発熱量を示す。改質炭は疎水性があるため雨水を直接吸収

表1 改質炭の性状
Table 1 UBC quality data

Coal	A		B		C		D		E	
	Raw coal	UBC	Raw coal	UBC	Raw coal	UBC	Raw coal	UBC	Raw coal	UBC
Total moisture (wt% ar)	32.4	2.0	22.6	1.9	36.2	2.0	40.2	5.0	26.0	2.3
Ash (wt% db)	3.0	2.9	4.4	4.8	4.3	3.5	4.2	4.9	4.3	4.2
VM (wt% db)	50.1	49.9	46.4	46.9	49.7	49.6	53.8	52.5	47.8	48.0
FC (wt% db)	46.9	47.2	49.2	48.3	46.0	46.9	42.0	42.6	47.9	47.8
Fuel ratio (-)	0.94	0.95	1.06	1.03	0.93	0.95	0.78	0.81	1.00	1.00
Heat value (kcal/kg ar)	4,253	6,441	5,202	6,687	4,093	6,680	3,488	5,818	5,115	6,996
C (wt% daf)	69.76	70.19	72.61	71.41	69.30	71.52	65.67	67.03	76.19	76.63
S (wt% daf)	0.12	0.13	0.89	0.62	0.14	0.13	0.40	0.37	0.19	0.28



E : UBC (just after aging at pile), I : UBC (just after production)

図4 水分再吸着による発熱量の変化

Fig. 4 Change of UBC heat value by moisture re-adsorption

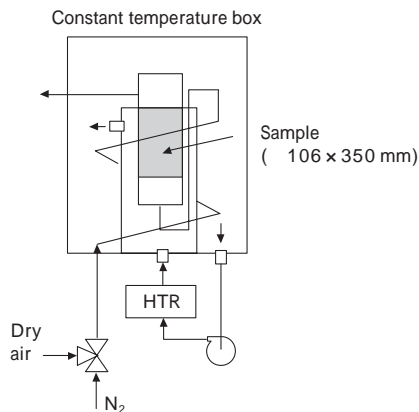


図5 自然発火測定用ベンチ試験装置

Fig. 5 Bench scale device for spontaneous combustion test

することはないが、大気中の水分をゆっくりと吸着することがわかっている。改質炭の平衡水分は炭種にもよるが、数%であり、その結果カロリー換算で300~500kcal/kg低下する。また、改質炭の平衡水分は生炭に比べて低くなるが、その理由は図1に示すように、改質炭表面に油中のアスファルトが被覆して疎水化することにより、水分の再吸着が抑制されたと考えられる。また、改質炭のブリケットの平衡水分は粉状の改質炭より低く5%程度であり、粉に比べてブリケットは大気との接触面積が小さいことが原因と考えられる。

製品となるブリケットに関しては、試験した5炭種全ての改質炭についてダブルロール型成型機によるパインダなしでの成型が比較的容易にできた。また、瀝青炭に比べてブリケットの高密度はほぼ同等であることから、運送コストに大きな差はないと考えられる。

改質炭の自然発火性を図5のベンチ試験装置を用いて調べた結果を図6に示す。自然発火性は、ベンチ試験装置に改質炭を仕込み、窒素雰囲気中で50に昇温した後、乾燥空気に切替え、酸化反応による発熱によって80

および150に到達するまでの時間で評価した。比較用の瀝青炭として、発電所で使用実績のある瀝青炭AおよびBを使用した。改質炭は、試験した瀝青炭に比べ80

および150への到達時間は長く、自然発火性が低いことがわかった。同様の結果は、BSUで実施した他のインドネシア低品位炭の改質試験でも得られており^{4) 5)}、自然発火性が低くなる理由として、スラリー脱水時に循

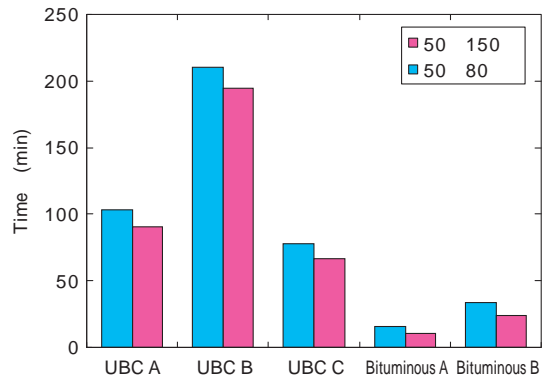


図6 ベンチ試験装置による自然発火試験

Fig. 6 Spontaneous combustion test by bench scale device

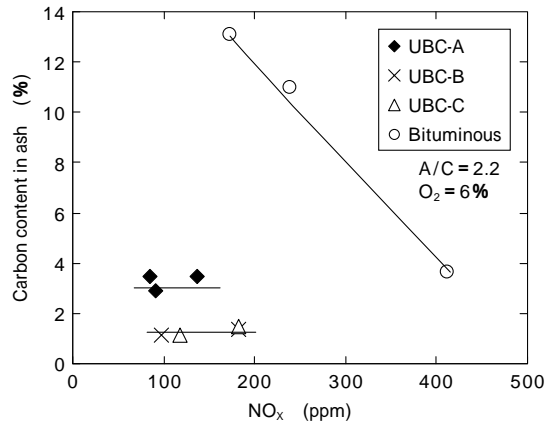


図7 UBC から発生する NO_x 濃度と未燃分

Fig. 7 NO_x and unburnt from UBC by combustion test

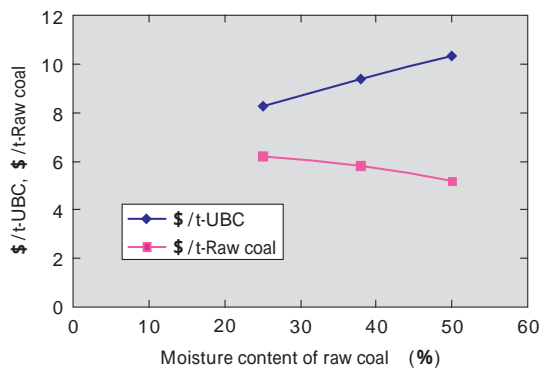


図8 UBC プロセスのプロセスコスト試算

Fig. 8 Cost study of UBC process

環油に添加したアスファルトが低品位炭表面上の活性部位を覆い、空気中の酸素との反応を妨げることが考えられる。

燃焼試験の結果を図7に示す。100kg/h 燃焼試験装置によって改質炭A, B, Cを燃焼させ、瀝青炭との比較を行ったところ、試験した3種類の改質炭はNO_x濃度が瀝青炭に比べて低く、また良好な燃え切り性を有しており、低NO_x燃焼条件下でも未燃分をほとんど排出しない優れた燃焼特性を有している。

2.3 コスト試算

評価に用いた石炭の3t/d実証プラントの運転データおよび製品評価から、5,000t/d商業プラントのプロセスコスト試算を実施した。その結果、5,000t/d商業プラントのプロセスコストは、図8に示すように全水分に依存

して約\$8~10/t-UBC (\$5~6/t-Raw coal)であった⁶⁾。
このプロセスコストは、生炭価格と瀝青炭のFOB価格
を考慮すると、瀝青炭と十分競争可能なプロセスコスト
と考えられる。

むすび=インドネシアに建設した3t/d 実証プラントの
運転によってUBC プロセスを実証するとともに、プロ
セスコストも目標の\$8~10/t-UBC を達成した。製品評
価の結果は良好であり、今後は、数百 t/d 規模の大型実
証プラントによるプロセス実証および実缶試験での製品
評価を計画している。

本発表の内容は、(財)石炭エネルギーセンターの石炭生
産・利用技術振興費補助事業の一環として行われた研究
開発の成果であり、ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 杉田 哲ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.53, No.2(2003) p.41.
- 2) 重久卓夫：日本エネルギー学会誌，(2001) p.207.
- 3) 大隈 修ほか：第33回石炭科学会議発表論文集，(1996)
p.97.
- 4) T. Shigehisa et al. : Proceedings, FTEC2000, Bandung(2000)
p.175.
- 5) S. Sugita et al. : Proceedings, FTEC2003, Bali,(2003) p.052-1.
- 6) S. Sugita et al. : 2005 ICCS&T, Okinawa, 1C09 (2005).