

(解説)

改質褐炭(UBC)製造プロセス開発

UBC (Upgraded Brown Coal) Process Development



杉田 哲*
Satoru Sugita



出口哲也*
Tetsuya Deguchi



重久卓夫*
Takuo Shigehisa

Half of the world's coal resources consist of so-called low quality coal. Such coal is difficult to utilize efficiently due to its low heat value. On the other hand it is ecologically desirable because of its low sulfur and ash content. Kobe Steel has developed a coal upgrading process, the UBC (Upgraded Brown Coal) process, for low quality coal. The history and development status of this process is reported on in this paper.

まえばき = 石炭資源の半分を占める褐炭や亜瀝青炭資源は低品位炭と呼ばれ、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。このような石炭資源を効率良く改質して、有効利用する技術の一つに当社の改質褐炭プロセス(以下 UBC プロセスと記す)がある。UBC 技術は亜瀝青炭から褐炭まで広汎な低品位炭に適用可能であるが、経済的な視点から採炭費が安く、低硫黄・低灰分の資源が対象になると考えられる。従来法に比べて改質コストが安価である、純粋な自社技術である、普及した場合の市場が大きいといった理由から、社内外で注目されるようになってきた。UBC プロセス開発の経緯と現状について報告する。

1. 石炭改質技術

石炭を低品位ならしめる要素は主に過剰な硫黄、灰分、水分であるが、厳密には石炭の品位は需要家側の相対的な価値観によるもので、はっきりとした定義はない。実際には石炭の価値は発熱量で判断されることが多かったため、「低品位炭」とは高含水低熱量である低石炭化度炭を指すようになった。低品位炭は、熱量が低いものの低硫黄・低灰分であり高品位とされる瀝青炭には見られない特徴を持つものが多い。石炭の価値に熱量だけでなく、環境適応性も勘案されるようになって、こうした低硫黄・低灰分の褐炭や亜瀝青炭資源を有するインドネシアやアメリカにおいて低品位炭の生産量は著しく伸びてきた。しかし、さらなる市場拡大には、単位熱量当たりの輸送費削減、需要家の貯炭安定性や高発熱量志向に応える必要があり、こうした事情を背景に低品位炭を改質脱水して高カロリー化・安定化する技術へのニーズが次第に高まっている。

低品位炭改質の試みは過去にも多くあり¹⁾、その代表的な例を表 1 に示した。石炭利用技術の普及は処理コス

トに強く影響されるが、石炭改質の場合、一般に消費エネルギー、操作温度、圧力が高いほど改質コストが高くなる。表 1 中に記載した非蒸発法、熱分解法は、操作温度圧力が高く実用化したものは少ない。蒸発法は操作温度圧力が低く幾つか実用例もあるが、水の相変化を伴うためエネルギー消費が大きい、また製品が再吸湿性や自然発火性を有するなどの短所があって広く普及するには至っていない。

当社の UBC プロセスは蒸発法であるが、図 1 に示すように処理温度圧力が低くだけでなく、後述の油中改質法の採用により、エネルギー消費削減、撥水性の発現や自

表 1 各種の脱水プロセス
Table 1 Upgrading process of high moisture coal

Principle	Example of the process
Evaporative	Flash method ²⁾ , Steam tube dryer ²⁾ (STD), Steam fluidized bed dryer ²⁾ (SFBD), Slurry dewatering ³⁾ (UBC), Syncoal ⁴⁾ ,
Non-evaporative	Mechanical dewatering ²⁾ , Fleissner process ²⁾ , Hot water dewatering ⁵⁾ (HWD)
Pyrolysis	Encoal ⁶⁾ , K-fuel ²⁾ (Koppelman process)

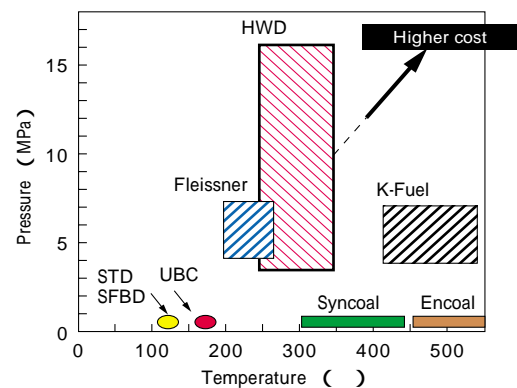


図 1 各プロセスの処理条件²⁾
Fig. 1 Processing condition of the upgrading process²⁾

*技術開発本部 石炭・エネルギープロジェクト室



写真3 建設中の UBC 実証プラント (5t/d)
 Photo 3 Pilot plant of the UBC process under construction (5t/day, Cirebon)

石炭会社との連携や基礎試験などの成果が日本・インドネシア両政府に認められ、2001年に UBC プロセスの実証プラントプロジェクトが日・イ国家プロジェクトとして発足した。当社技術をベースに(財)石炭エネルギーセンターが推進母体となって、現在、生炭ベース 5t/d の実証プラントがジャワ島チレボンに建設中である(写真3参照)。

4. UBC プロセス

改質褐炭プロセスは、大略下記の工程から成っている。

- * 生炭を循環油と混合してスラリーとする。
- * スラリーを加熱し石炭を油中で脱水・安定化する。
- * 改質後の石炭を循環油と分離する。
- * 需要家が山元に無い場合は輸送のために成型する。

プロセスフローを図2に示す。

4.1 スラリー調製・脱水工程

生炭は通常数 mm 以下に粉碎され、循環油と混合してスラリーとなったあと、シェル & チューブ型の蒸発器に送られ加熱脱水される。加熱により蒸発分離した水蒸気をコンプレッサで圧縮して蒸発器のシェル側に送って、脱水の熱源とすることで分離エネルギーを大幅に削減する設計となっている。褐炭を初めとする低炭化度炭は多くの細孔を持ち、これらが酸素を吸着・発熱することが自然発火の原因の一つとされている。循環油に少量添加された重質油分はこれらの細孔に効果的に吸着され自然発火の活性点を失活せしめるだけでなく、撥水性を発現させ、水分の再吸着や湿潤熱による蓄熱をも防ぐ効果がある。図3に現象のイメージを示すが、重質油の吸着はスラリー脱水前後の油の色相(写真4)からむしろ容易に知ることができる。

4.2 固液分離、油分回収

炭質にもよるが、脱水改質後のスラリーは、機械的分離法で改質炭と油分に固液分離される。さらに石炭の細孔中に残存した油分は熱的な乾燥法で回収される。UBC プロセスの場合、前者にはデカンタ、後者にはスチームチューブドライヤを適用することを標準としており、BSUで製造したサンプルをこれらの機器メーカーのショップテストに供することでエンジニアリングデータを蓄積してきた。

4.3 成型

UBC プロセスで得られる改質炭はそのままでは粉状であり、需要家が山元にある場合を除き搬送する目的か

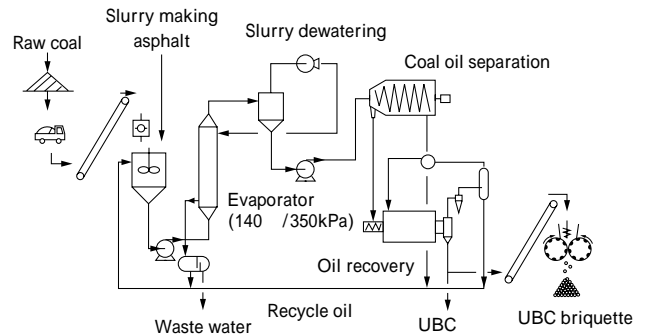


図2 改質炭のプロセスフロー
 Fig. 2 Process flow diagram of UBC process

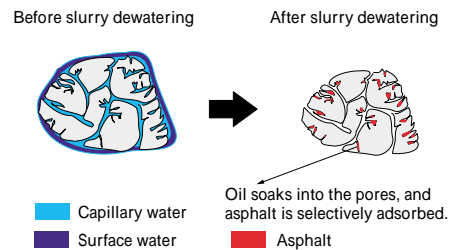


図3 改質の原理
 Fig. 3 Principle of the UBC process



写真4 改質炭による重質油分の吸着(左:スラリー脱水前, 右:スラリー脱水後)
 Photo 4 Heavy oil adsorption by UBC (Left: Before slurry dewatering, Right: After slurry dewatering)

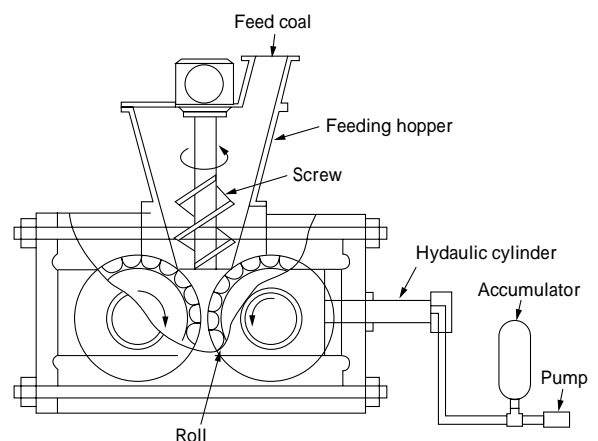


図4 ダブルロール成型機
 Fig. 4 Double roll briquette machine

ら成型する必要がある。低炭化度炭は通常バインダレスブリケットングが可能であり、ダブルロール成型機(図4)で比較的容易に成型することができる。製品写真を写真5に示す。



写真5 成型した改質炭
Photo 5 Briquetted UBC

5. UBC の性状

燃料開発の場合，製造技術の確立に加えて製品評価が非常に重要である。下記に主な製品評価結果を示す。

5.1 物性値（熱量）

生炭とその改質炭の性状を表3に示す。改質炭の発熱量は炭種にもよるが6500kcal/kg程度になる。また基本的に大きな化学反応を含まないプロセスなので，両者の工業分析値にはほとんど差がない。また改質炭の製造直後水分はほとんど0%であるが，そのあと平衡水分に向かってゆっくりと水分の再吸着が起こる。成型したブリケットの場合，屋外パイル実験から改質炭の平衡水分では3～4%程度と考えられている。

5.2 自然発火性

実験的手法で自然発火性を調べるには，断熱装置にサンプルを挿入したのち，一定温度の空気や酸素に曝してその低温酸化による蓄熱速度を比較するのが一般的である。図5は，普及型の低温酸化性測定装置（島津製作所製：SIT-1）で自然発火性を測定した結果である。試験は窒素曝気で100に昇温したあと，酸素に切替え200に到達するまでの時間を測定比較するものであり，既に発電所で使用した実績がある各種石炭との結果比較で評価する。改質炭の200に到達時間は73分であった。到達時間60～120分の石炭の自然発火性は「普通」であり，パイルが60に達するのに1カ月以上かかるというものであった。

5.3 ハンドリング性

改質炭のハンドリング性については，UBC 豪州プロジェクトにおいて，ドロップテスト（動的耐久性），200kg・2カ月パイルングテスト（静的耐久性）など，デュラム試験（ホッパ落下性試験）が実施され，瀝青炭などと同程度以上の結果が得られており，通常の発電所で利用する

表3 改質炭の性状
Table3 UBC quality data

Coal	A		B		C	
	Raw	UBC	Raw	UBC	Raw	UBC
Total moist. (wt%)	33.6	LT.4	34.0	LT.4	43.4	LT.4
Heat value (kcal/kg)	4 460	6 760	4 200	6 160	3 770	6 820
Ash (wt%)	2.5	2.7	4.6	4.6	4.0	4.0
VM (wt%)	51.2	52.5	48.5	50.9	48.4	50.6
FC (wt%)	46.3	44.8	46.9	44.5	47.6	45.4
Total sulfur (wt%)	0.48	0.49	0.17	0.19	0.31	0.34

上での特別な問題点は見つからなかった。また粉碎性試験（ホソカワミクロン製 ACM-10 パルペライザによる動力測定）も行っているが，瀝青炭とほぼ同じ動力で粉碎できることが確認された。

5.4 燃焼性

燃焼試験は，5kg/h・Top-Down フロー型バーナ炉を用いて実施された。実炉に比べて滞留時間が短いので，NO_xや未燃分がやや高く出る傾向があるが，瀝青炭との準定量的な比較ができる。図6に結果を示す。改質炭はNO_x転換率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（図6中の高OFA-factor条件）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。フレームの位置もかなり高く着火性も良好と認められた（写真6）。

むすび＝今日，石油や天然ガスが精製されずに用いられ

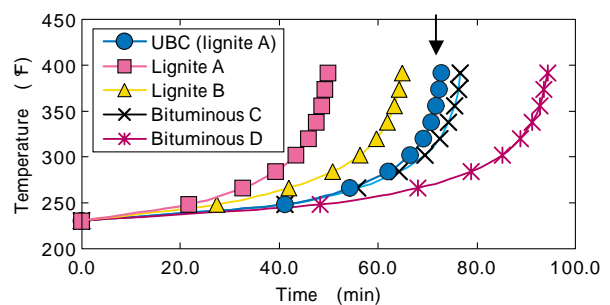
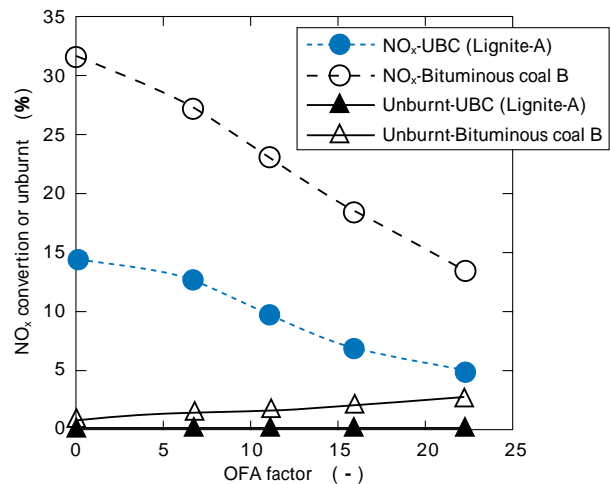


図5 低温酸化速度試験結果
Fig. 5 Low temperature oxidation test



【note】OFA factor = (OFA injection position/furnace length) × (OFA air/total air) × 100

図6 改質炭の燃焼試験（NO_xと未燃分）
Fig. 6 Combustion test of UBC (NO_x & burnout)

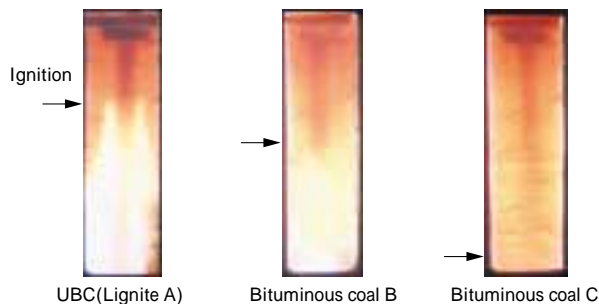


写真6 パーナ火炎の写真
Photo 6 Outward photo of the burner

ることは無い。一般に化石資源は普及するにつれて、需要家に届く前に事前処理されるようになるのが自然であり、石炭も例外ではない。石炭の場合、発熱量以外が評価基準になることは少なかったが、環境問題が注目されるに従って硫黄分・灰分も価格に反映されるようになっており、次第にその精製が導入される時代になるであろう。現在すでに洗炭（脱灰）はかなり広範囲に普及しており、その次の技術として改質炭（脱水）が位置づけられる。灰処分の難しい日本においては低灰分が注目されているが、1セント/kWhとも言われる排煙脱硫費を考えると世界的には低硫黄がセールスポイントなることも十

分考えられ、UBC技術の普及・商業化が期待される。

本発表にご協力頂いた新エネルギー・産業技術総合開発機構、(財)エネルギー総合工学研究所、(財)石炭エネルギーセンターに謝意を表します。

参考文献

- 1) 重久卓夫:日本エネルギー学会誌(2001) p.207.
- 2) G. R. Couch : Lignite Upgrading, IEACR/23, ISBN 92-9029-176-1, May(1990) p.25.
- 3) T. Shigehisa et al.: Proceedings, FTEC2000, Bandung(2000) p.175.
- 4) U. S. DOE : "Clean Coal Technology Demonstration Program Update 1995".
- 5) B. Anderson et al.: NEW TECHNOLOGIES FOR PRODUCING ELECTRICITY FROM BROWN COAL, Institution of Engineers, Australia, 1990 International Coal Engineering Conference, Sydney, June(1990) p.253.
- 6) U. S. DOE : ENCOAL Mild Gasification Project, DOE Contract No. DE-FC21-90MC27339.
- 7) 重久卓夫ほか : 化学工学論文集, Vol.21, No.1(1995) p.1.
- 8) 特許第2776278号