

ガス化炉内数値解析ツールを用いた空気吹き石炭ガス化炉運転評価手法の確立 —低空気比運転時におけるガス化性能と溶融スラグ排出性の評価—

背景

空気吹き石炭ガス化炉の高効率化のためには、低空気比^(注) 運転による冷ガス効率^(注) の向上が有効な方策となるが、一方で、炉内温度の低下による生成チャー量の増大や溶融スラグ排出性の低下など、設備コストの増大やプラントの安定運転への障害となる可能性がある。こうした問題を解決する手段の一つとして、酸素富化運転による炉内温度の維持や炉内炭素転換率の向上が考えられる。そこで、低空気比運転条件下におけるガス化剤酸素濃度の溶融スラグ排出性やガス化性能に及ぼす影響を解明することが重要である。

目的

当研究所が開発した「ガス化炉内現象数値解析ツール*1（石炭ガス化反応を考慮した三次元固気二相流動伝熱反応数値解析ツール）」を用いた数値計算を実施し、空気吹き石炭ガス化炉における低空気比運転時のガス化剤酸素濃度と、ガス化性能および溶融スラグ排出性との関係を解明し、これらに基づくガス化炉運転評価手法を確立する。

主な成果

2室2段空気吹き石炭ガス化炉に対して、実験による確認が容易でない極めて低い空気比条件*2でガス化剤酸素濃度を变化させた数値ガス化試験（解析条件は図-1、および表-1）を実施し、以下の知見を得た。

- (1) 極めて低い空気比条件において、炉内炭素転換率^(注) 維持や生成チャー量抑制に対するガス化剤酸素濃度増加の有効性を定量的に明らかにし、ガス化炉容積等を評価する際に重要となる石炭の反応性指標を得た（図-2）。
- (2) コンバスタ内壁面を流下する溶融スラグの受熱量と、溶融スラグを対象とした気液二相流数値解析によるスラグ体積・滞留時間*3からスラグ温度を推算した。さらに、推算されたスラグ温度に、経験的手法に基づくスラグ粘性モデル*4を適用することにより、スラグ排出性の重要な評価指標であるスラグ粘度に及ぼす空気比とガス化剤酸素濃度の影響を明らかにした（図-3中破線）。
- (3) 空気比とガス化剤酸素濃度を変更した際にスラグ粘度と冷ガス効率が変化する傾向を同時に評価することにより、安定的に炉外へ排出可能なスラグ粘度*5を維持しながら高いガス化効率が得られる運転条件を検討することが可能なガス化炉運転評価指標が得られた（図-3）。

今後の展開

当所が新たに設置した「石炭ガス化研究炉」を用いた実験的手法によって、運転条件と溶融スラグ排出性との関係を解明し、本報告で確立したガス化炉運転評価手法の検証と高精度化を図っていく。

主担当者 エネルギー技術研究所 主任研究員 渡邊 裕章

関連報告書 「ガス化炉内数値解析ツールを用いた空気吹き石炭ガス化炉の性能予測」電力中央研究所報告：W03027（2004年3月）

*1：渡邊ら、「石炭ガス化炉数値解析手法の開発」、電中研報告：W99015、(2000)。当研究所2t/日石炭ガス化炉による試験結果と比較・検証を行い、本数値解析ツールの妥当性を確認した。

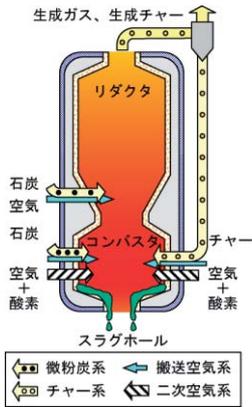
*2：2t/日石炭ガス化炉の運転実績から、豪州M炭では、空気比0.47以下ではスラグ排出が困難である。

*3：大高ら、「数値解析による石炭ガス化炉溶融スラグ排出性評価技術の確立」、電中研報告：W03021、(2004)。

*4：Browning, G. J. et. al., "An Empirical Method for the Prediction of Coal Ash Slag Viscosity," Energy & Fuels, 17, pp.731-737 (2003)。

*5：安定運転が困難になるスラグ粘度のしきい値(=150Pa*s)は、スラグ流が非ニュートン流体的なふるまいを始める臨界温度(粘度)に相当する*3と仮定した。

6. 化石燃料発電／化石燃料の多様化・クリーン利用



- (1) 供試炭：豪州M炭
石炭流量 100[kg/h]
(R/C^(注) = 60/40 [kg/kg])
- (2) 酸素富化空気は、コンバスタの微粉炭およびチャーバーナより投入する。
- (3) バーナ流速は一定。
- (4) チャーリサイクル系を考慮し、投入チャーと生成チャーの流量・組成は一致している。

図-1 計算条件

表-1 計算条件

空気比	—	0.39, 0.41, 0.43, 0.47
酸素濃度	vol%	21, 30, 40

酸素濃度40%の酸素富化運転で、生成チャー量を空気比0.47時の生成量に抑制しつつ、空気比を0.425程度まで低減することが可能となる。

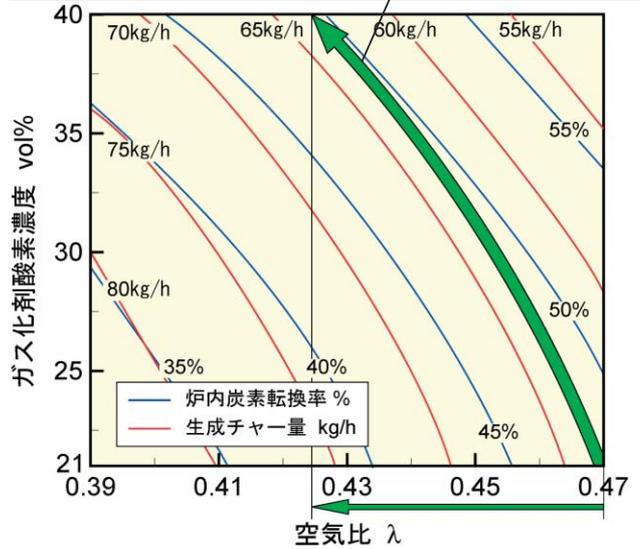


図-2 空気比、および酸素濃度が変化した際の炉内炭素転換率と生成チャー量の傾向

空気比とガス化剤酸素濃度を変更した際の炉内炭素転換率と生成チャー量との関係を明らかにした。これにより、ガス化炉容積等を評価する際に重要となる石炭の反応性指標が得られた。

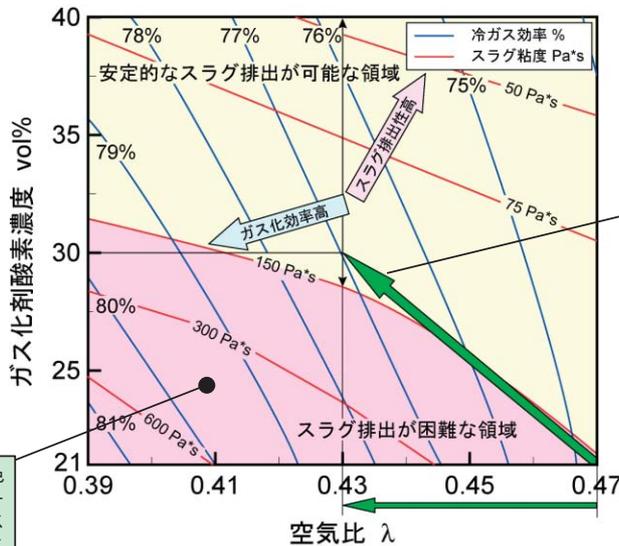
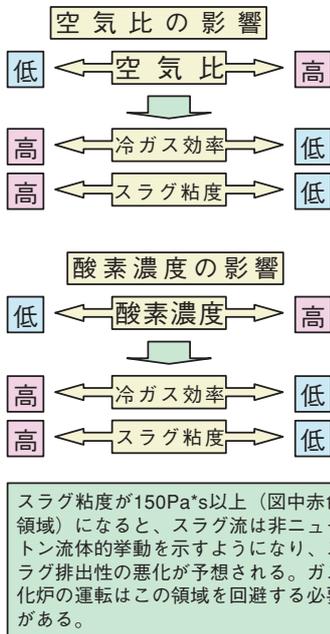


図-3 空気比、および酸素濃度が変化した際の冷ガス効率とスラグ粘度の傾向

酸素濃度30%の酸素富化運転で、スラグ排出を確保しつつ、空気比を0.43まで低減でき、空気比0.47と比べ約2%の冷ガス効率向上を図ることが可能である。

空気比とガス化剤酸素濃度を変更した際の冷ガス効率とスラグ粘度の関係を明らかにした。これにより、低空気比運転時のスラグ排出性維持とガス化効率向上を検討することが可能なガス化炉運転指標が得られた。

(注)

$$\text{空気比} = \frac{\text{ガス化剤空気流量}}{\text{投入石炭の理論空気流量}}$$

$$\text{炉内炭素転換率} = \frac{\text{生成ガス中炭素量}}{\text{投入石炭およびチャー中炭素量}} \times 100$$

$$\text{冷ガス効率} = \frac{\text{生成ガス化学熱}}{\text{ガス化炉投入石炭化学熱}} \times 100$$

$$R/C = \frac{\text{リダクタ投入石炭流量}}{\text{コンバスタ投入石炭流量}}$$