

石炭ガス化炉最適運転支援システムの開発

背景

現在わが国では、250MW級石炭ガス化複合発電（IGCC）実証機プラントの建設が進められている。IGCCの実用化に向けて、プラントの高効率化と石炭ガス化炉の安定運転は主要な課題であり、低空気比運転による高発熱量ガスの製造と、炉内温度維持による熔融スラグ排出性確保という温度に対する傾向が相反する要求を両立させる必要がある。これに対し、パイロットプラントなどでは経験的基準が適用され、必ずしも最適な条件で運転されていない。商用プラントとして運転するためには、より合理的な条件設定・運転操作が求められている。

目的

ガス化炉運転に対してオンライン画像・データを用いた運転条件最適化手法を開発する。さらに、当研究所の2t/日石炭ガス化炉の運転実績*1を基に定常運転時を対象とした最適化計算を実施し、ガス化炉運転に対する本最適化手法の有用性を実証する。

主な成果

1. 「石炭ガス化炉最適運転支援システム」の構築

スラグ流動やガス化性能をオンライン監視し、運転条件とガス化炉諸特性の関係について学習・データベース化を図りながら、ガス化炉性能評価関数と連携して自動的に最適運転条件を設定する機能を有する「石炭ガス化炉最適運転支援システム」を提案した（図1）。本報告では本支援システムの主要な以下の項目を開発した。

- (1) ガス化炉負荷、空気比および給炭量比*を操作パラメータとした、コンバスタ温度、生成ガス発熱量およびリサイクル（回収）チャー量等に関するガス化炉性能評価関数
- (2) スラグ排出性指標としてコンバスタ温度、石炭ガス品質の観点から生成ガス発熱量、チャー系容量制限からリサイクルチャー量を運転制約*として課し、最大発熱量の生成ガスを得ることを目的とする、非線形システムを対象とした最適化アルゴリズム
- (3) スラグ流動やガス化性能へ影響を及ぼす可能性がある供給ガス流量等プラント入力変動に対し、オンラインデータの統計的処理をすることで、合理的な運転裕度を設定する新たな安定運転指標

2. 実際のガス化炉試験条件を対象とした最適化計算

2t/日石炭ガス化炉のT炭運転実績*1を基にした100%および80%負荷におけるベース条件（表1）に対して、最適計算を実施した。その結果、100%負荷では0.047の低空気比化が図れ（図2）、このとき生成ガス発熱量は0.28MJ/m³N上昇した（図3）。さらに、80%負荷では0.073の低空気比化が図れ（図2）、このとき生成ガス発熱量は0.43MJ/m³N上昇するとともに、発熱量下限値をクリアする（図3）。また、70%負荷以下では、表の運転制約条件を満たす解は存在しないことが分かった。

以上から、本支援システムがガス化炉運転条件の最適化に有効であることを確認した。

今後の展開

当研究所が新たに設置した「石炭ガス化研究炉」を用いて、運転条件と熔融スラグ排出性との関係を解明するとともに、オンラインデータの取得・データベース化と学習アルゴリズムによる自律的高精度化機能に関する検討を進める。

主担当者 エネルギー技術研究所 システム熱工学領域 主任研究員 渡邊 裕章

関連報告書 「石炭ガス化炉最適運転支援システムの開発」電力中央研究所報告：M04001（2005年3月）

*1：「2T/D加圧二段噴流床石炭ガス化炉特性」電力中央研究所報告：W89042（1990年3月）

6. 化石燃料発電／化石燃料の多様化・クリーン利用

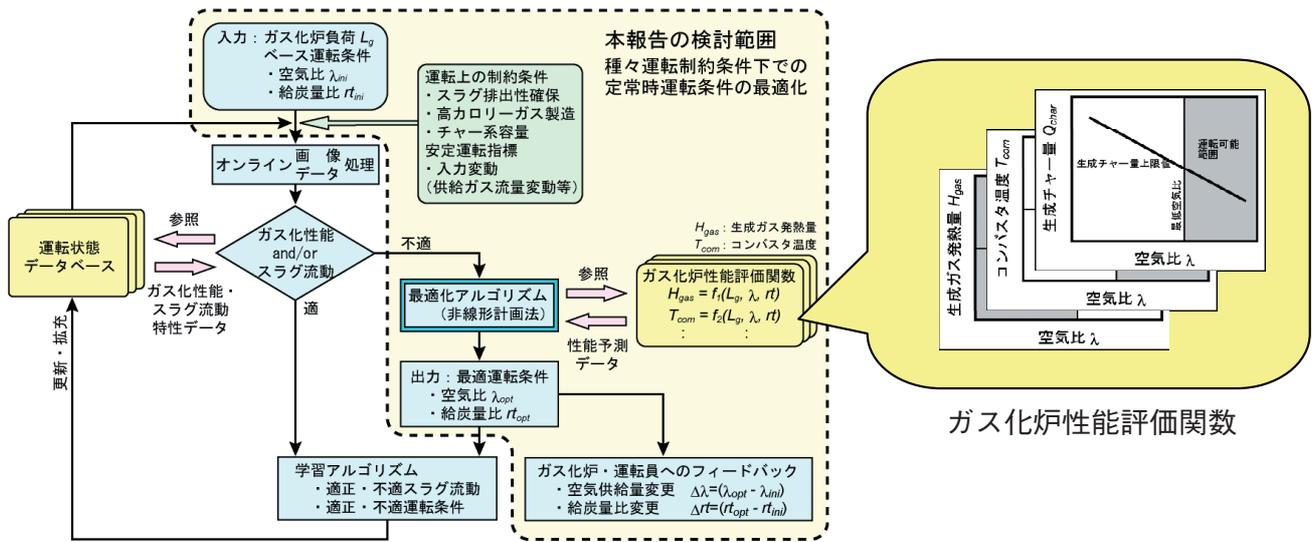


図1 石炭ガス化炉最適運転支援システムの概要

スラグ流動やガス化性能をオンライン監視し、運転状態の学習・データベースを回りながら、ガス化炉性能評価関数と連携して自動的に最適運転条件を設定する機能を持つ最適手法を提案した。

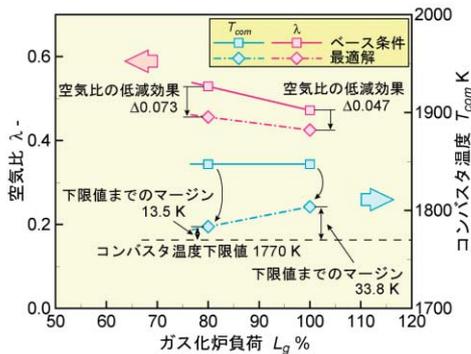


図2 空気比とコンバスタ温度の最適

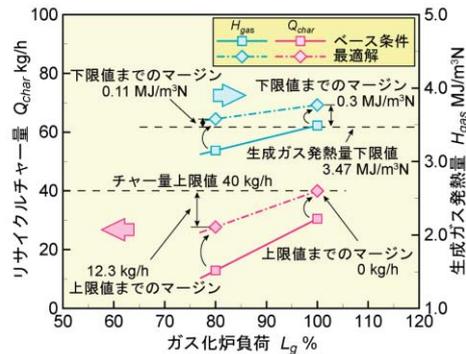


図3 回収チャー量と生成ガス発熱量の最適

100%負荷では、0.047の低空気比化により0.28MJ/m³Nの生成ガス発熱量の上昇が図れる。80%負荷で負荷は、0.073の低空気比化により0.43MJ/m³Nの生成ガス発熱量の上昇が図れる。

表1 各負荷におけるベース条件、運転制約、および最適解とその評価

負荷	項目	ベース	運転制約	最適解	評価	
100%	空気比	—	0.472	—	0.425	-0.047の低空気比化
	コンバスタ温度	K	1847.3	> 1770	1803.8	スラグ安定排出確保
	生成ガス発熱量	MJ/m ³ N	3.49	> 3.47	3.77	+0.28MJ/m ³ Nの発熱量上昇
	回収チャー量	kg/h	30.5	< 40	40.0	チャー系容量が律速となる
	給炭量比	—	0.6	0.6~0.8	0.74	—
80%	空気比	—	0.529	—	0.456	-0.073の低空気比化
	コンバスタ温度	K	1847.3	> 1770	1783.5	コンバスタ温度が律速となる
	生成ガス発熱量	MJ/m ³ N	3.15	> 3.47	3.58	発熱量下限値をクリア
	回収チャー量	kg/h	12.9	< 40	27.7	—
	給炭量比	—	0.6	0.6~0.8	0.72	—

*：本報告における運転制約条件について

コンバスタ温度：T炭の臨界（固化開始）温度約1720Kから50Kの余裕を取り、1770Kとした。

生成ガス発熱量：パイロット炉実績4.2MJ/m³Nを基に、2t/日炉での制約条件から3.47MJ/m³Nとした。

回収チャー量：2t/日炉におけるT炭の運転実績最大値40kg/hを採用した。

ガス流量の変動：変動を正規分布として仮定し、運転時間の少なくとも90%は運転制約を満たすとした。

給炭量比：ガス化炉へ投入する石炭のうちリダクタへ投入する石炭の割合