

最新の製鉄所副生ガス焚き ガスタービンコンバインドの開発状況

Development of the Leading Technology of
Low BTU Gas Firing Gas Turbine Combined Cycle Plant for Steel Works



小森 豊明^{*1}
Toyoaki Komori

山上 展由^{*2}
Nobuyuki Yamagami

島村 裕^{*2}
Yutaka Shimamura

近年、製鉄所に納入したBFG(高炉ガス)焚きガスタービン設備に対して、顧客からさまざまな要望を受けている。その中でも、BFGを増熱するCOG(コークス炉ガス)量の削減や窒素ガスの削減の要求が多くなっている。当社はこれに対して、中国向けの既設発電設備を用いて、M701S(DA)形によるCOGを削減した低カロリー運用、M251S形によるゼロパイロット運用、M251S形による高カロリー運用、の確認運転を行った。その結果、無負荷及び定格負荷、負荷遮断とも問題なく運転ができることを確認し、顧客要求に応える運用性の改善を実施した。現在、ほかの顧客に対しても運用性改善の提案を行っている。以下に、本内容を紹介する。

1. はじめに

世界的な地球環境負荷低減の動きの中で、製鉄業界でも地球温暖化対策として、二酸化炭素排出量削減が強く求められている。また、化石燃料に代表される一次エネルギー資源の削減への世界的な動きの中で、製鉄所から発生する副生ガスを有効利用したBFG焚きガスタービンは、地球環境負荷低減にも貢献する発電設備である。当社は、従来からBFG焚きガスタービンの開発に取り組んでおり、多くの顧客要求に応じてきた。しかし、最近、製鉄所の発電設備において、発電用に使用するCOG削減の要望が明らかに増えてきた。その背景として、COGは比較的高い発熱量を持つため、製鉄所内のほかの製鋼設備に使用する場合が多いことや、中国では周辺住民の暖房設備の燃料として優先的に外販する場合があるからである。また、COGは精製することで比較的容易に水素を得ることができ、水素リッチ産業にとっても有効利用できる。さらに、COGには石炭に含まれる腐食成分や微量金属が多く含まれており、中国向けの設備では特に、これに起因する不適合も多く発生しているため、顧客から改善要求を受けていた。また、中国向けM251S形を使用した発電設備では窒素が不足ぎみであり減熱用ガスとして使用したくないとの顧客要求もあった。以上より、当社は、顧客要求に応えるために、M701S(DA)形によるCOG量を削減した低カロリー運用、M251S形によるゼロパイロット運用、M251S形による高カロリー運用の実機検証を行い、問題なく運転できることを確認した。以下にその詳細を紹介する。

2. COG削減の低カロリー運用 —M701S(DA)形の場合—

従来のBFG焚きガスタービンは、図1のように発熱量の低いBFGにCOGを混合し、 $4400\text{kJ/m}^3\text{N-dry(LHV)}$ まで発熱量を上げた混合ガスを燃料としている。中国の製鉄所向けM701S(DA)形ガスタービン発電設備では、2009年6月に計画燃料ガスカロリーからCOGを減少させカロリー設定を低下させた低カロリー運用の実機確認を行った(図2)。

*1 原動機事業本部プラント事業部火力プラント計画部主席技師

*2 原動機事業本部プラント事業部火力プラント計画部

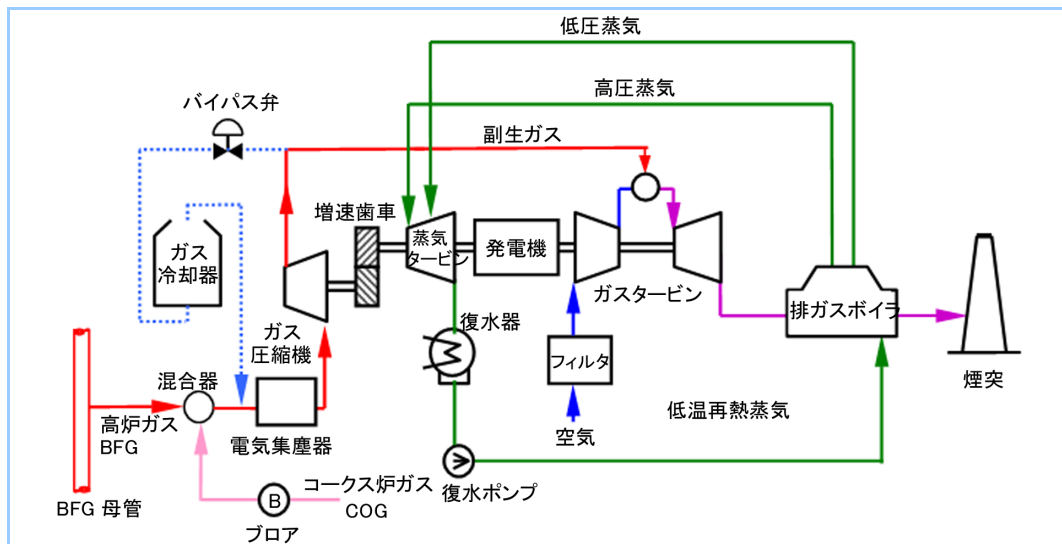


図1 プラント概略系統

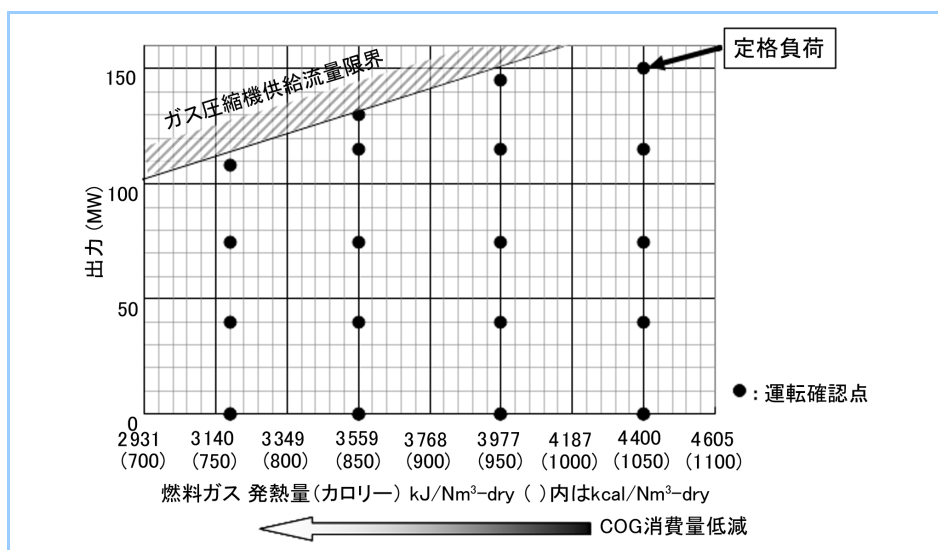


図2 M701SDA 形燃料ガス発熱量(カロリー)と運転確認出力の関係

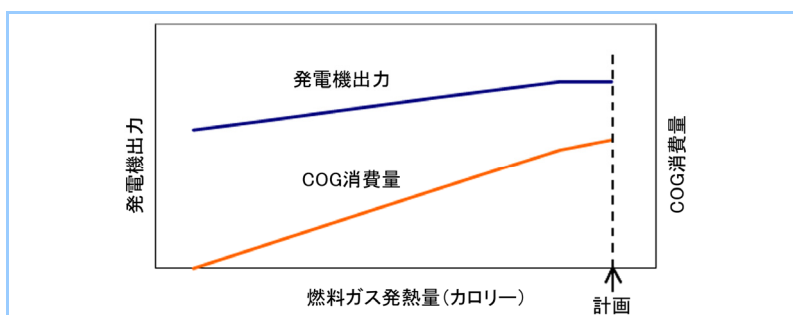


図3 燃料ガス発熱量(カロリー)と発電機出力

低カロリー運用の特徴としては、①運用負荷帯でのカロリー設定変更が可能なこと(切替のための負荷降下の必要がない)、②COG 系統の制御弁タール詰まりなどで COG が正常に供給できなくなる不調時であっても運転の継続可能なこと、が挙げられる。ただし、低カロリー運用時は、ガス圧縮機の容量の制限により、カロリー低下とともに出力は低下する(図3)。従来は COG 系統が不調で COG が供給されない場合はトリップとしていたが、運用面での設定変更により、COG の供給無しの状態でも連続運転することが可能になった。

以上により、COG 削減による低カロリー設定変更が通常負荷運転中に自由に選択できることで、燃料の設定カロリーに柔軟性を持たせたことによりガスタービン発電設備の運用性改善が可能となった。

3. COG ゼロパイロットの低カロリー運用 —M251S 形の場合—

中国向けの M251S 形ガスタービン発電設備では、パイロット用燃料の COG をゼロにし、メイン燃料の BFG だけで燃焼させるゼロパイロット運用の実機確認運転を行った。従来の M251S 形ガスタービンは、メイン燃料の BFG と、保炎のために燃焼器のパイロットノズルから COG を噴射している。しかし、このパイロット COG 燃料系統の不適合に起因するプラント停止が多いことや、COG を外販するため発電用に使用する COG 量が不足する場合がある。そこで、上述のプラントで負荷運転中の COG ゼロパイロットの確認運転を行った。図4に概略燃料系統を示す。起動時はパイロット COG は供給するが、低負荷運転時にパイロット COG を遮断すると共に、燃焼ガスの逆流防止の為 COG の代わりに主燃料の BFG を流すスweep系統を追設している。

実機確認運転の結果、全ての運用負荷帯において通常運用 BFG カロリー 3220～3800kJ/Nm³-dry の範囲で燃焼振動のレベルがアラーム値より十分低く、運転に問題がないことを確認した(図5, 6)。

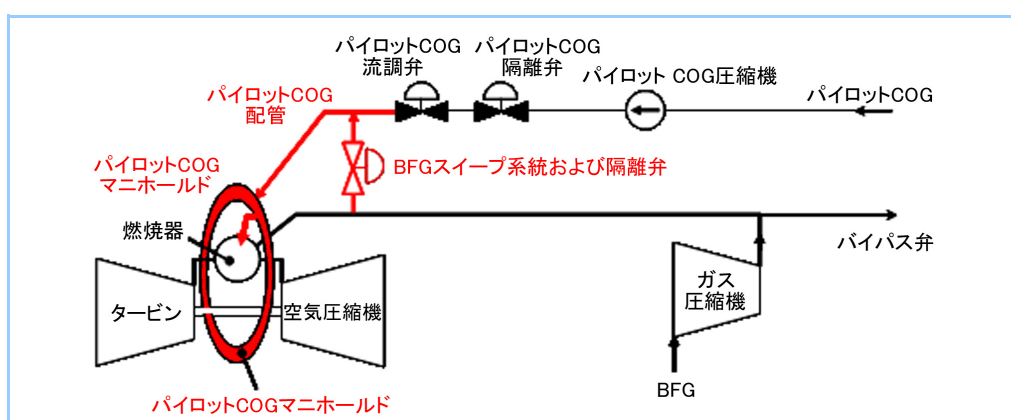


図4 M251S 形パイロット用 COG をゼロとした時の燃料系統の運用

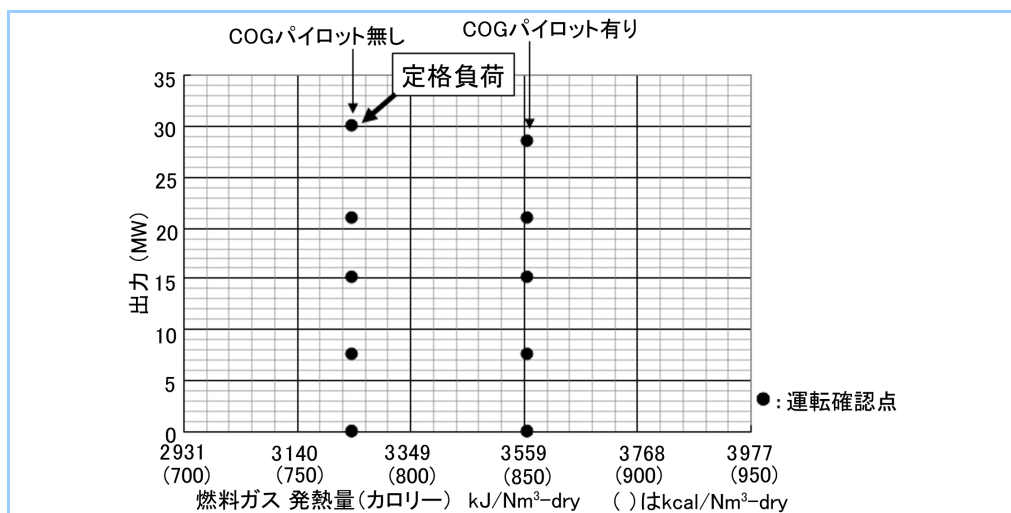


図5 M251S 形パイロット用 COG をゼロとした時の燃料ガス発熱量と運転確認出力の関係

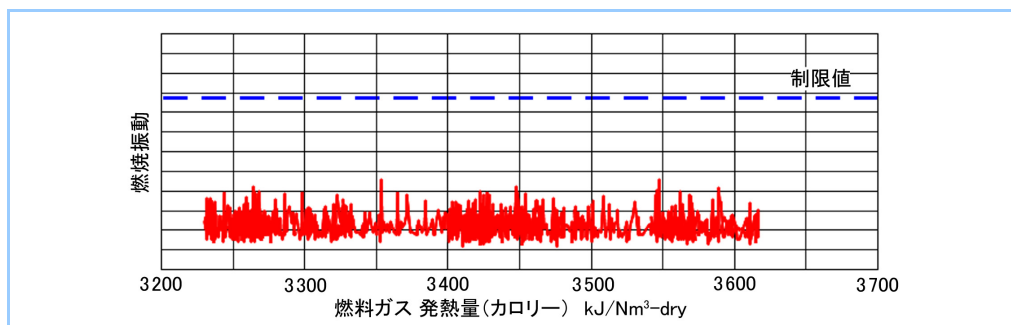


図6 M251S 形パイロット用 COG をゼロとした時の試験結果(燃焼振動)

4. 窒素ガス削減の高カロリー運用 —M251S 形の場合—

従来のM251S形ガスタービンでは、BFG カロリー範囲が $3010\sim 3410\text{kJ}/\text{Nm}^3\text{-dry}$ で運用しておりBFG カロリーが高い場合には減熱用の窒素を混合した混合ガスを使用していた。しかし、中国の製鉄所内では窒素量が十分確保できないことが多く、窒素を外部から購入しなくてはならない顧客が多く、コスト低減として窒素削減の要望があった。

中国向けのM251S形ガスタービンで窒素ガスの削減を目的として、運転可能カロリー範囲を高カロリー側に広げる実機確認運転を行った。高カロリー運転における負荷遮断試験、トリップ試験、負荷変化試験を実施して問題ないことを確認しBFG カロリーが $3930\text{kJ}/\text{Nm}^3\text{-dry}$ においても安定運転が可能であることを確認した。その結果、運用可能カロリーを $3010\sim 3930\text{kJ}/\text{Nm}^3\text{-dry}$ に広げることが可能となりBFG のカロリー変動に応じて高カロリー時の減熱用窒素の削減も可能となった(図7, 8)。

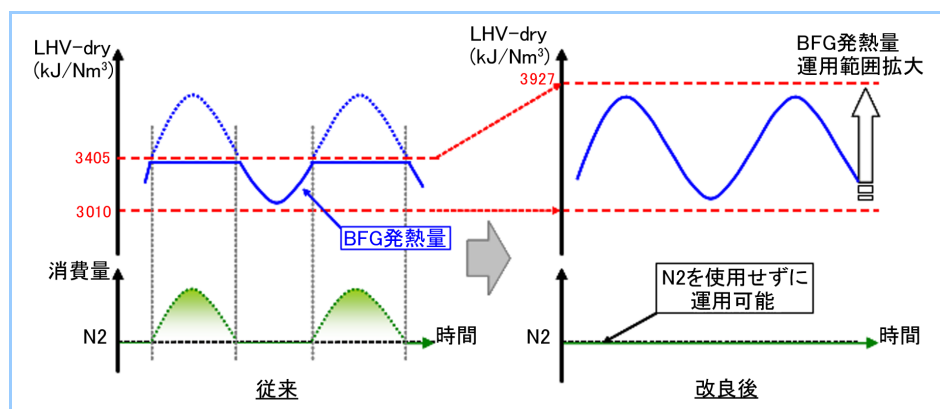


図7 BFG 発熱量運用範囲拡大による窒素量の削減

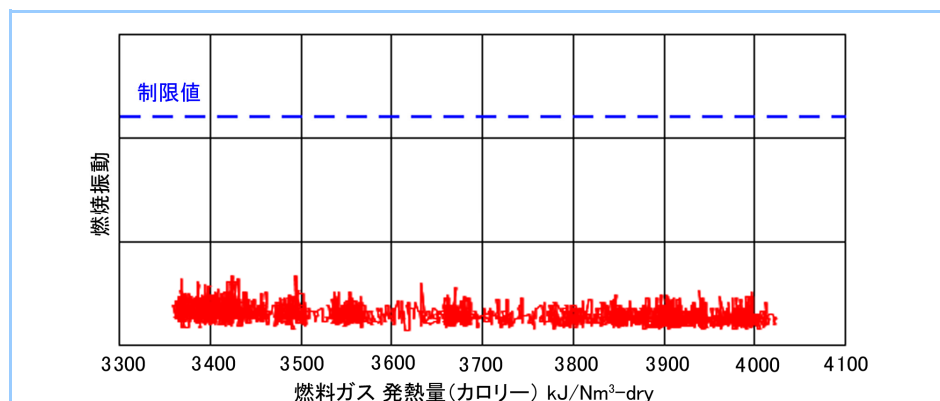


図8 BFG 発熱量運用範囲拡大時の試験結果(燃焼振動)

5. まとめ

当社のBFG 焼きガスタービン技術を導入した発電設備は、現在国内外で設計及び建設中で、また今後建設予定の発電設備も多数ある。地球温暖化対策及び省エネルギー化、化石燃料の有効利用の世界的な要求を背景とし、BFG 焼きガスタービンは製鉄所の副生ガスを有効利用した高効率高出力化により、ステークホルダーの要求に応えることが必要である。例えば、本論文で紹介したCOG 削減の低カロリー対応や窒素削減の高カロリー対応の幅広い燃料カロリー範囲の運用技術は顧客要求及び市場要求に応じており、さらなる技術開発が期待される。今後も当社はこの分野で先駆的な役割を果たすべく、より一層の技術開発に努める所存である。

参考文献

- (1) 小森ほか、BFG 焼きガスタービンコンバインドサイクルプラント、日本ガスタービン学会誌 34 巻 5 号
- (2) 百武ほか、Low BTU Gas Firing Technologies for Gas Turbine, Power Gen India 2009