

都市ガスと副生水素混焼における制御システムの改善

川重冷熱工業㈱

中 村 義 人

Improvement of Regulating System in Utility Gas and Hydrogen the By-product Mixture Combustion

by Yoshito Nakamura

1. はじめに

ソーダ製造業界では原料となる塩を溶解槽で飽和塩水とし、電解槽によって水酸化ナトリウムと塩素を発生させ、そこからさまざまな化学製品が生産されている。その際、副産物として水素が発生する（以下、副生水素）。その他の化学製造工程においても副生水素が生産される。この副生水素を燃料とするとCO₂削減および化石燃料削減に多大な効果がある。副生水素はまったくCO₂を発生させないため、副生水素を燃料にした場合、低減ではなく既存の化石燃料のCO₂発生分丸ごと削除でき、CO₂低減の効果が大きい。そのため、高価な化石燃料の使用量削減による燃料経費削減とCO₂削減の効果が期待できるため、近年、副生水素をボイラー燃料としての利用が進んでいる。

ソーダ製造業界では、生産の合理化において電気料金の安い夜間に操業度を上げ（副生水素発生が多い）、昼間には操業度を下げる（副生水素発生量が少ない）のが一般的である。その変動のために、従来、化石燃料価格が低く推移していた時代には、小規模のプラントでは費用対効果からボイラー燃料として使用されることが少なかった。製造装置の操業状態により水素発生量が変動し、燃焼可能な水素量は制限されること、時間的変動があることと一方、蒸気利用側においては水素の発生量とは関係なく製品が製造されているため、蒸気デマンドと水素発生量は一致しない。そこで不足分は他の燃料で補い、かつ同一ボイラーにて必要蒸気量を確保する方法として、副生水素と他の燃料を混焼する方法がコスト的にも有利とな

る。しかし、混焼には燃焼範囲の制限、混焼比率の制限、主燃料の単体燃焼と副燃料の混焼との燃焼切替をボイラー運転中にはできない、切替条件があるなどデメリットがあったが、それらを制御方法の考案により可能とした。

2. 考案の背景

混焼には、発熱量の異なる燃料を空燃比制御するためには単体燃料の燃焼に一般的なポジショニング制御と異なった制御が必要である。主燃料は負荷追従のために変動させるが、副燃料が一定の場合は単体燃焼と同様なポジショニング制御で可能である。主燃料に対する副燃料の比率が少ない場合は、主燃料燃焼時の空燃比を多少多めにしておけば、これもポジショニング制御で可能である。今回、主燃料（都市ガス）と副燃料（副生水素）の割合がほぼ同じの場合、両方の燃料があらゆる割合で変動する場合は他方の発熱量、必要空気流量が無視できないので燃料流量制御と空気流量制御の両方を制御する必要がある。

大規模のボイラーにおいては制御にコストをかけることが可能であり、燃料流量だけでなく空気流量を測定して演算する計測制御にバックアップとして排ガスO₂濃度制御を付加するなどの制御方法が可能である。小規模のボイラーにおいては、水素利用による効果が小さくなるために、費用対効果から費用をかけることができないため、コストのかからない、なおかつ、従来の制御の自由度は維持するという要求を満足する制御方式が求められた。

3. ボイラーの仕様

表1に、ボイラーの仕様を示す。小規模であること、常用圧力が低いことから炉筒煙管式ボイラーを選定した。2009年3月に試運転を完了し、現在稼動中である。図1に、燃料関係フロー図を示す。

4. 制御要求事項

- 1) 自立的運転が可能ないようにボイラー圧力制御をする。
- 2) 副生水素燃料が供給されない場合でも運転可能なように、主燃料（都市ガス）単体燃焼と副燃料（副生水素）との混焼の両方の燃焼を可能とする。

表1 ボイラーの仕様

ボイラー形式	炉筒煙管ボイラー (KS-23SE)
最高使用圧力 MPa	0.98
実際蒸発量 ton/h	2.25
運転方法	ケース1 都市ガス単体燃焼
	ケース2 都市ガス・副生水素混焼
負荷制御	蒸気圧力PI制御

とする。

- 3) 副燃料（副生水素）は、遠隔より自由に燃焼流量の設定が可能とする。
- 4) 工場の蒸気負荷要求に応じて燃焼流量を変更可能とする。
- 5) 主燃料単体燃焼と副燃料との混焼との切替は、どのような蒸気負荷においても運転継続をしながらワンタッチで切替可能とする。

5. 制御方式

図2に、燃焼制御フロー図を示す。

- 1) ボイラー圧力制御

ボイラー圧力発信器より制御信号を得て、ボイラー圧力制御演算部にて必要燃焼流量を都市ガス燃料流量制御演算部に指令を出す。

- 2) 都市ガス燃料流量制御

ボイラー圧力制御演算部からの必要燃料流量指令により、都市ガス燃料流量制御演算部にて都市ガス流量制御弁への開度指令を出す。都市ガス流量計からの流量フィードバックと都市ガス燃料流量指令値との偏差がなくなるよう演算する。副生

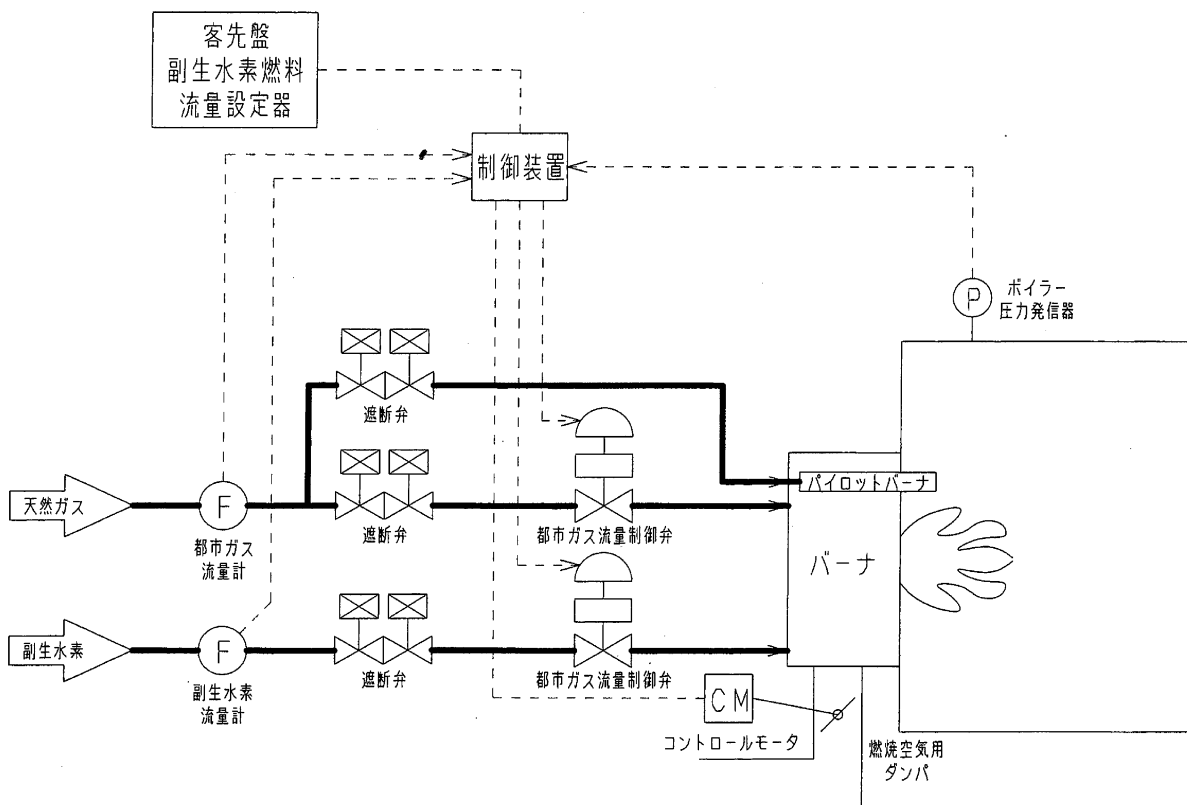


図1 燃焼関係フロー図

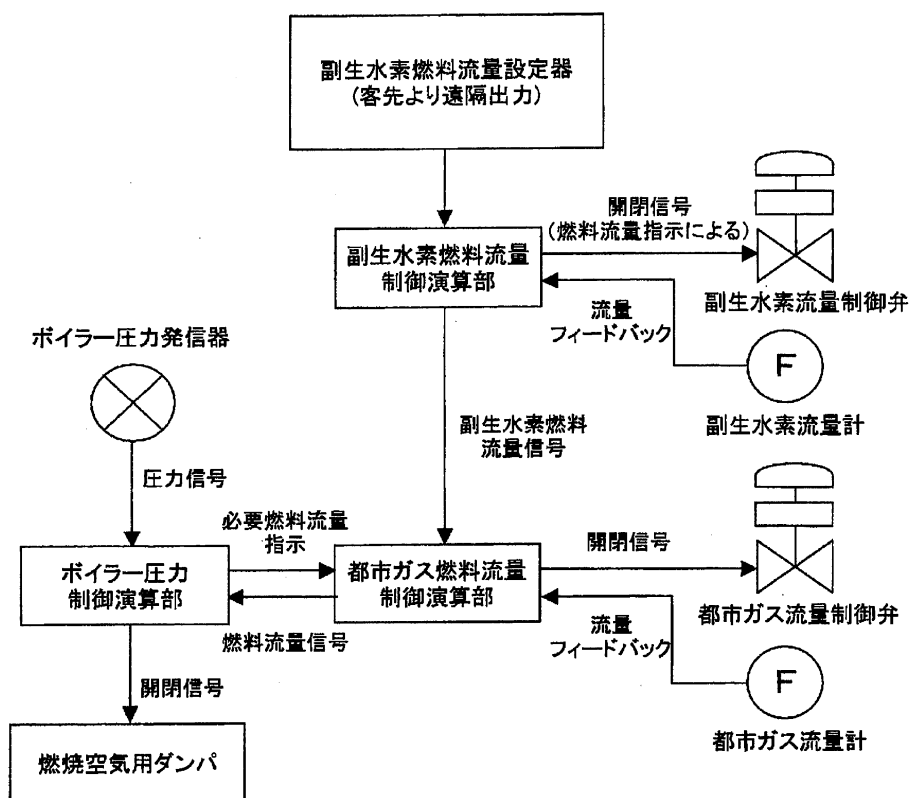


図2 燃焼制御フロー図

水素混焼の場合は、副生水素燃料流量制御演算部からの副生水素燃料流量の熱量を減算して、都市ガス燃料流量制御演算部にて都市ガス流量制御弁に開度指令を出す。

3) 副生水素燃料流量制御

副生水素燃料流量設定器より、遠隔にて指示された副生水素流量を副生水素燃料量制御演算部にて副生水素流量制御弁への開度指令を出す。副生水素流量計からの流量フィードバックと副生水素燃料流量指令値との偏差がなくなるよう演算する。

4) 燃焼空気用ダンパ制御

図3に都市ガス単体燃焼と補正無混燃時の排ガス O_2 濃度比較を示す。

都市ガス単体燃焼では、ボイラー圧力制御演算部よりボイラー負荷に応じた都市ガス必要燃料流量と都市ガスの理論空気流量、ボイラー負荷に応じた空気比を乗じて燃焼空気用ダンパに開度指令を出す。副生水素混焼時は、都市ガス燃料と副生水素の発熱量当りの理論空気流量が異なるため、図3に示すように、都市ガス単体燃焼に対して混

焼時の排ガス O_2 濃度が高くなり、ボイラー効率が低下する。そのため、混焼においても最適な排ガス O_2 濃度になるように都市ガス単体燃焼時演算に対して、さらに係数を乗じ燃焼空気ダンパに開度指令を出す。

5) 最大蒸発量の制限制御

都市ガスと副生水素は、それぞれの燃焼可能範囲において自由な組合せで制御可能であるが、それぞれの最大を燃焼させるとボイラーの定格蒸発量をオーバーする。副生水素指示値ごとに、都市ガスの燃料流量の制限をかけて定格蒸発量を超えないような演算をする。

6) 都市ガスと副生水素の燃焼範囲において蒸気

負荷量と副生水素燃焼流量指示値との制限制御バーナの特性により、都市ガスと副生水素のそれぞれに燃焼比例範囲(ターンダウン)がある。例えば、副生水素の遠隔からの燃焼流量指示値に対して燃焼比例範囲を超える指示値が来た場合、制限を加える制御をする。

7) フェールセーフ制御

都市ガスと副生水素とも流量を基に制御をして

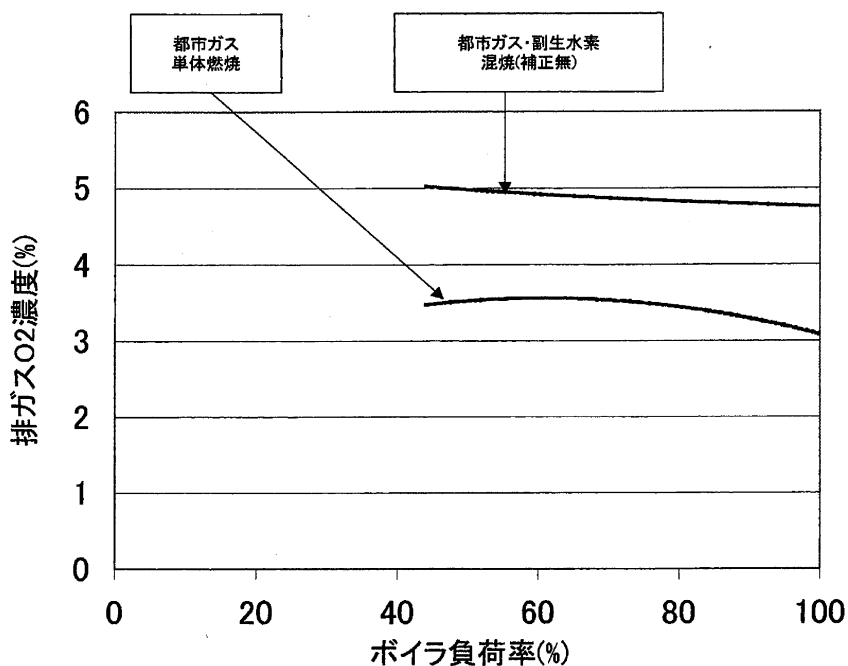


図3 都市ガス単体燃焼と補正無混焼時の排ガスO₂濃度比較

いるので、流量計に不具合がでた場合でも安全側に制御をできるように、バックアップ制御を付け加えるとともに警報を発信する。

6. 制御システムの特長

- 1) 前述の制御方式、安全を確保した制御システムに改善することで、空気流量を測定して演算する計測制御および排ガスO₂濃度制御の省略によりコスト低減を可能とした。
- 2) 都市ガスと副生水素の各燃焼比例範囲において、どのような混焼比率においても制御を可能とした。
- 3) 都市ガス単体燃焼と混焼の切換は、どのような燃料流量においてもワンタッチにて可能とした。
- 4) 都市ガス単体燃焼および混焼においても、それぞれ最適な排ガスO₂濃度（空気比）での制御を可能とした。

7. まとめ

副生水素量が少ない（特に、生産量が少ない昼間）ために空放（大気放出）されていたユーザにおいても、1台のボイラーにて副生水素の有効利用と蒸気デマンドに対応した混焼によって対応でき、費用対効果が大きくメリットが大である。熱量が異なる燃料の混焼制御技術であり、例えば副生バイオマス燃料との混焼や多様な燃料に適用できる。

小規模になるほど燃焼制御にコストをかけにくくなるが、今回考案の制御技術をなお一層発展させて、低コストで対応力のある技術開発に努めたい。比較的少量の副生水素が発生するユーザにおいても、夜間と昼間の生産量の差にて燃焼可能な水素量が極端な比率になることがある。その場合においても、燃焼量比率20：1を可能とする技術も開発している。