

月刊「クリーンエネルギー」2010年2月号掲載 原稿

## ボイラによる未利用副生水素の有効利用システムの開発

川重冷熱工業株式会社  
技術総括室 ボイラ技術部  
清田 一真

### はじめに

工場の生産過程から副産物として発生する副生燃料は、有効利用の要望が高まっている。特にその中でも、化学製品工場などから発生する副生水素を燃料とするとCO<sub>2</sub>削減・化石燃料削減に多大な効果がある。副生水素はまったくCO<sub>2</sub>を発生させない為、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CO<sub>2</sub>発生分丸ごと削除出来CO<sub>2</sub>低減の効果が大きい。その為、高価な化石燃料の使用量削減による燃料経費削減と、CO<sub>2</sub>削減の効果が期待できる。

しかし、副産物として発生するため燃料として使用できる量は安定しない。工場の蒸気利用側においては副生水素の発生量とは関係なく製品が製造されるため、蒸気需要量と水素発生量は必ずしも合致するとは限らない。

そこで、不足分は他の燃料で補い、かつ同一ボイラ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合燃焼する方法がコスト的にも有利となる。混合燃焼には燃焼範囲・混焼比率の制限などがあるが、それらを制御方法の考案により可能とした。

### 有効利用システム開発のコンセプト

ユーザーから求められるシステムの条件として、簡単な操作でかつ自由度の高いシステムが挙げられる。そのため、単体燃料専焼時の空燃比制御は、一般的に簡易な機構のポジション制御が採用されることが多い。しかし、発熱量の異なる燃料を混合燃焼時により制御する為には、一般的なポジション制御と異なった制御が必要である。混合燃焼方法には下記3パターンが考えられる。

- ①主燃料・副燃料ともに燃料流量固定。
- ②副燃料流量は一定で主燃料流量は負荷追従。
- ③副燃料流量は発生量に応じて任意で設定でき、主燃料流量は負荷追従。

パターン①の場合は、燃料流量固定・必要空気量も固定のためポジションも固定となる。

パターン②の場合は、主燃料は負荷追従の為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。また、主燃料と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。ただし、燃料の混焼比を大きく変更した場合は、他方の発熱量・必要空気量は無視出来ないためポジショニングの再調整が必要となる。

パターン③の場合は、両方の燃料があらゆる割合で変動する。よって他方の発熱量・必要空気量が無視出来ないため燃料流量と空気量の両方を制御する必要があり、一般的なポジショニング制御では対応ができない。空気量測定や排ガス酸素濃度測定などの複雑な制御システムとなる。

つまり、自由度の高さは（高）パターン③＞パターン②＞パターン①（低）となるが、制御システムの複雑化は（高）パターン③＞パターン②＞パターン①（低）となり、ユーザが求める条件と実際の仕様で矛盾が生じる。

システムが複雑化すればコストも上がり、副生水素の有効利用への促進阻害要因の一つとなる。今回の仕様は混合燃焼方法パターン③であるが、市場要望に沿って汎用的に多用されているポジショニング制御を採用し、かつ自由度の高い制御システムを開発した。

## 本システムの特徴

本システムは下記特徴を有する。

- (1) 副生水素の発生量が少ないまたは発生量の変動が大きいために、副生水素をボイラの燃料として利用することを断念し大気放出されている場合、本システムにより不足分は他の燃料で補うことで有効利用できることを可能とした。
- (2) 副生水素専焼ボイラーと化石燃料焚きボイラーの2台で稼働されている場合、本システムにより負荷追従を含め1台での対応を可能とした。
- (3) 汎用的に多用されているポジショニング制御を採用することを可能とした。また、ポジショニングの機構は、都市ガス専焼と都市ガス・副生水素混焼を区別することなく、共通の機構で対応することを可能とした。
- (4) 燃料流量制御システム・燃焼空気用ダンパ制御システムの開発により、どのような燃料混焼比率でも制御を可能とし、最適な空気比での制御を可能とした。
- (5) フェールセーフ制御の開発により、ボイラー運転中にどのような燃料流量においてもボタン一つワンタッチで、かつ安全に専焼⇄混焼の切替えを可能とした。

## システム概要

### (1) ボイラーの緒言

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。今回は主燃料は都市ガス、副燃料は副生水素である。

運転方法としては、副生水素無し時でも運転可能を考慮して下記となっている。

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

## (2) 燃料流量の制御について

図1に制御システムのフロー図を示す。

ケース1) 「ボイラ圧力発信器」より制御信号を得て、「ボイラ圧力制御演算部」にて必要燃料流量を「都市ガス燃料流量制御演算部」に指示し、「都市ガス流量制御弁」へ開閉信号を出力し、都市ガスの燃料流量を制御する。また、「都市ガス流量計」からの流量フィードバック信号と燃料流量指示との偏差がなくなるように演算を行なう。

ケース2) 副生水素と都市ガスの燃焼量制御を区別する。

副生水素は工場の生産状況により発生量が増減するため、「副生水素燃料流量設定器」にて任意に燃料流量を設定する。副生水素燃料流量は、「副生水素燃料流量制御演算部」に指示し、「副生水素制御弁」へ開閉信号を出力し、副生水素の燃料流量を制御する。また、「副生水素流量計」からの流量フィードバック信号と燃料流量指示との偏差がなくなるように演算を行なう。

一方都市ガス燃料流量は、「ボイラ圧力制御演算部」からの必要燃料流量から、「都市ガス燃料流量制御演算部」で副生水素燃料流量の熱量を減算して、「都市ガス流量制御弁」へ開閉信号を出力し、都市ガスの燃料流量を制御する。

## (3) 燃焼空気用ダンパの制御について

図1に制御システムのフロー図を示す。

ケース1) 「ボイラ圧力制御演算部」よりボイラ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量、ボイラ負荷に応じた空気比を乗じて「燃焼空気用ダンパ」に開閉信号を出力し、空気量を制御する。

ケース2) 都市ガス燃料と副生水素の発熱量当りの理論空気量が異なるため、同じボイラ負荷であっても、都市ガス単体燃焼と都市ガス・副生水素混焼では必要空気量も異なり空気比に差異が生じる。よって都市ガス・副生水素混焼時は、ケース1に対し係数を乗じ、「燃焼空気用ダンパ」に開閉信号を出力し空気量を制御する。

## (4) 都市ガス・副生水素燃料流量制限の制御について

図2に都市ガス・副生水素ガスの流量制限を示す。

天然ガスと副生水素は、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の定格蒸発量をオーバーしてしまう。副生水素指示値ごとに都市ガスの燃料量の制限をかけて定格蒸発量を越えないような演算をする。

#### (5)フェールセーフ制御について

都市ガス・副生水素とも流量をもとに制御をしているので、流量計に不具合がでた場合でも安全側に制御を出来るように流量指示制限を付け加えるととも警報を発信する。

また都市ガス単体専焼→都市ガス・副生水素混焼に切替え時は、副生水素混焼分空気ダンプを開側に指示し、空気過剰で安定した後に副生水素を投入する制御とする。

#### おわりに

今回のシステムは、副生水素の発生量が少ないために副生水素をボイラの燃料として利用することを断念し大気放出されていたり、既存の化石燃料焚きボイラーを併設されていたユーザにおいても、1台のボイラで副生水素を有効利用できるシステムである。

また熱量が異なる燃料の混焼制御システムであるため、その他副生燃料(バイオマス燃料など)への適用も可能である。

このシステムの開発を機に、低コストで対応力のある技術・市場要望に沿った技術・そして地球環境を考慮した技術をより一層発展させるよう努めたい。