



執筆者ご紹介

今回は
ワタシが執筆いたします!

中外炉工業株式会社
プラント事業本部 サーモシステム事業部
燃焼技術部

中垣 弘司

1974年に中外炉工業へ入社して以来、
一貫して燃焼機器の設計に従事。
1993年からEBC-iの前身であるIBSの開発に
携わり、今日もお客様にEBC-i採用を提案
しています。

技術解説

EBC-i 自動空気比制御装置 (全3回)

〈第1回〉制御概念と基本機能

本号より3回にわたり、バーナの精密空気比制御器として様々な工業炉に採用頂いている「EBC-i自動空気比制御装置」(以下「EBC-i」)について、制御概念から最新の実炉採用例までご紹介いたします。
今回は制御概念を確立するまでの歴史についてご説明します。

1. バーナ制御に要求される制御器

省エネの要求に応えるには予熱空気を使用するガスバーナを低空気比で運転し、さらに操業の形態に合わせて大きくターンダウンする必要があります。これには、予熱空気を使用でき、その温度が変化しても絶対流量(Nm³)を精度よく計測できることが重要で、また流量増減の過渡期にも高い空気比精度を得るには燃焼空気と燃料ガスのそれぞれの制御にオーバーシュートが生じないようにすることも肝要です。

1-1) 流量の計測

精度良く流量を計測し電気信号を得るには、やはり「オリフィス+差圧発信器」が最適であり、流体の圧力・温度補正の考え方も確立されています。大型燃焼設備で広く採用されているオリフィス流量制御は

①大きくターンダウンすると差圧発信器の誤差が流量誤差として顕著に現れる

②計測精度を上げるには配管径の15倍程度の直管長さを要する等の問題があります。

差圧発信器の誤差による流量誤差例を(図1)に示します。

燃焼負荷10%では流量誤差は±5%まで大きくなります。

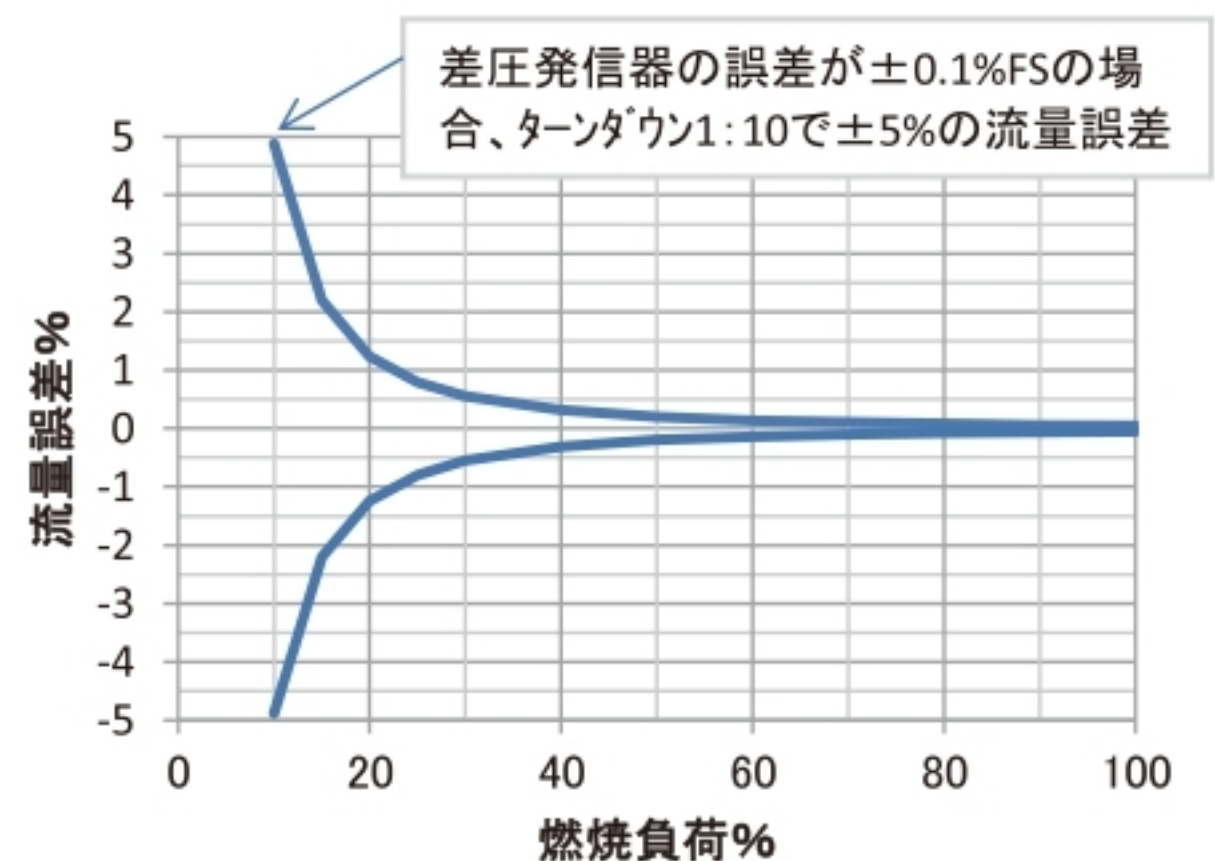


図1. 差圧発信器の誤差による流量誤差例

そこで高価な高精度差圧発信器を使用せず精度低下を回避するため『低流量時のオリフィスの面積を小さくして差圧を下げない=コントロール弁を可変オリフィスに見立てる』案が生まれました。(〈図2〉参照)

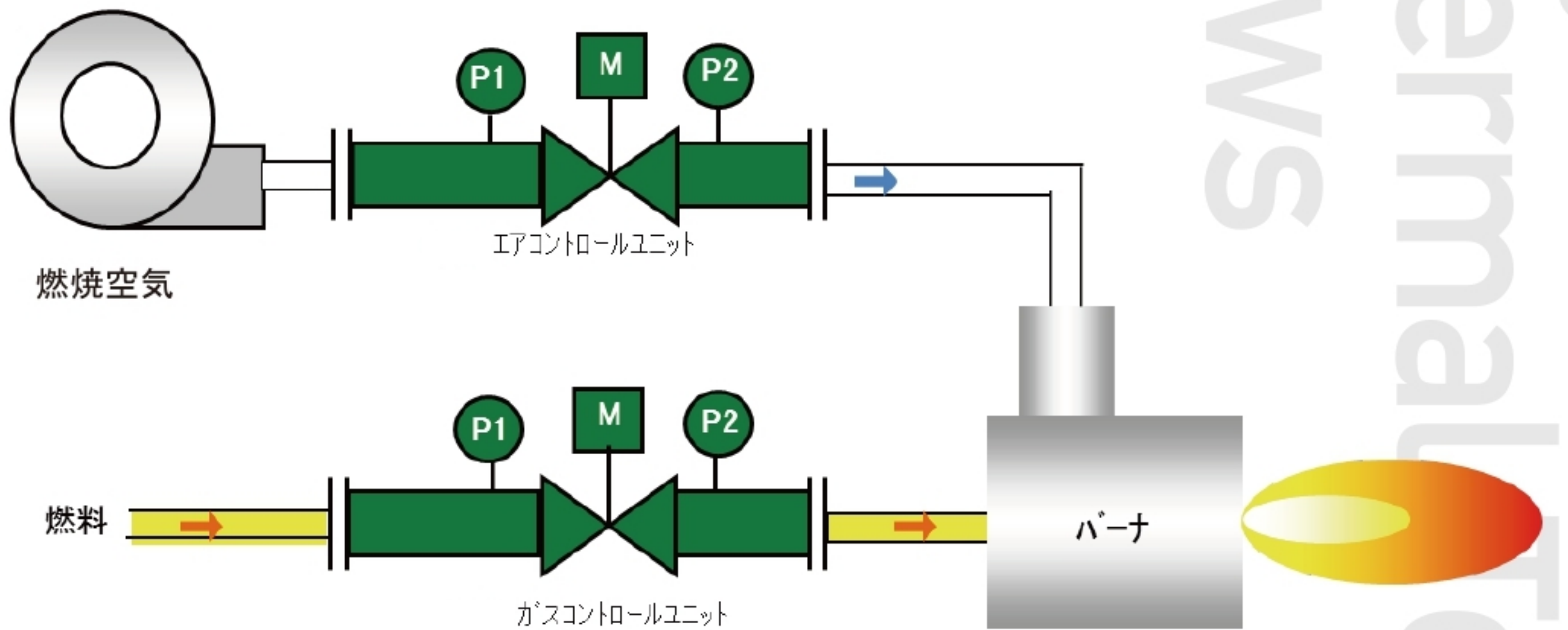


図2. 可変オリフィスを兼ねたコントロール弁ユニット

計算に使う流量係数(オリフィス計算式の α に相当)はあらかじめ実測したものを使用します。このためにオリフィスの面積(=弁の開度)を正確に計測する必要があり、弁シャフトと開度センサーの間にガタつきのないコントロール弁を新作しました。〈図3〉に実際のコントロール弁の弁開度と流量係数率(C_v 値相当)の例を示します。

オリフィスの計算に使用する係数 α は低流量では若干大きくなるのですが、EBC-iの制御弁ではその開度における流量係数を基準となる流量計で計測していますので、低流量でも高精度を維持します。

1-2) 流量の制御

低流量になるとP2が小さくなり弁差圧が大きくなるので、差圧発信器の誤差が影響せず高精度で流量計測ができます。

流量 $Q=C_v \times \sqrt{(P1-P2)}$ …… 式①

しかし、温度制御で燃焼量信号が変化すると

流量増加信号→増加分の流量係数まで弁を開く→2次圧力が上がって差圧が不足し目標値に届かない→再度その差圧で計算し弁を開くが目標値に届かない

を繰り返すので差圧をそのまま計算には使用できないことが判明しました。一方、弁の2次側にあるバーナにはバーナ差圧P2と流量Qに一定の関係(バーナのP/Q特性)があります。

流量 $Q=N \times \sqrt{P2}$ …… 式② (N:バーナの流量係数)

ここで式①の計算には計測したP2を使用せず式②から目標流量時のP2を計算して使用することで、1回の動作で目標値に到達させることができるようになりました。

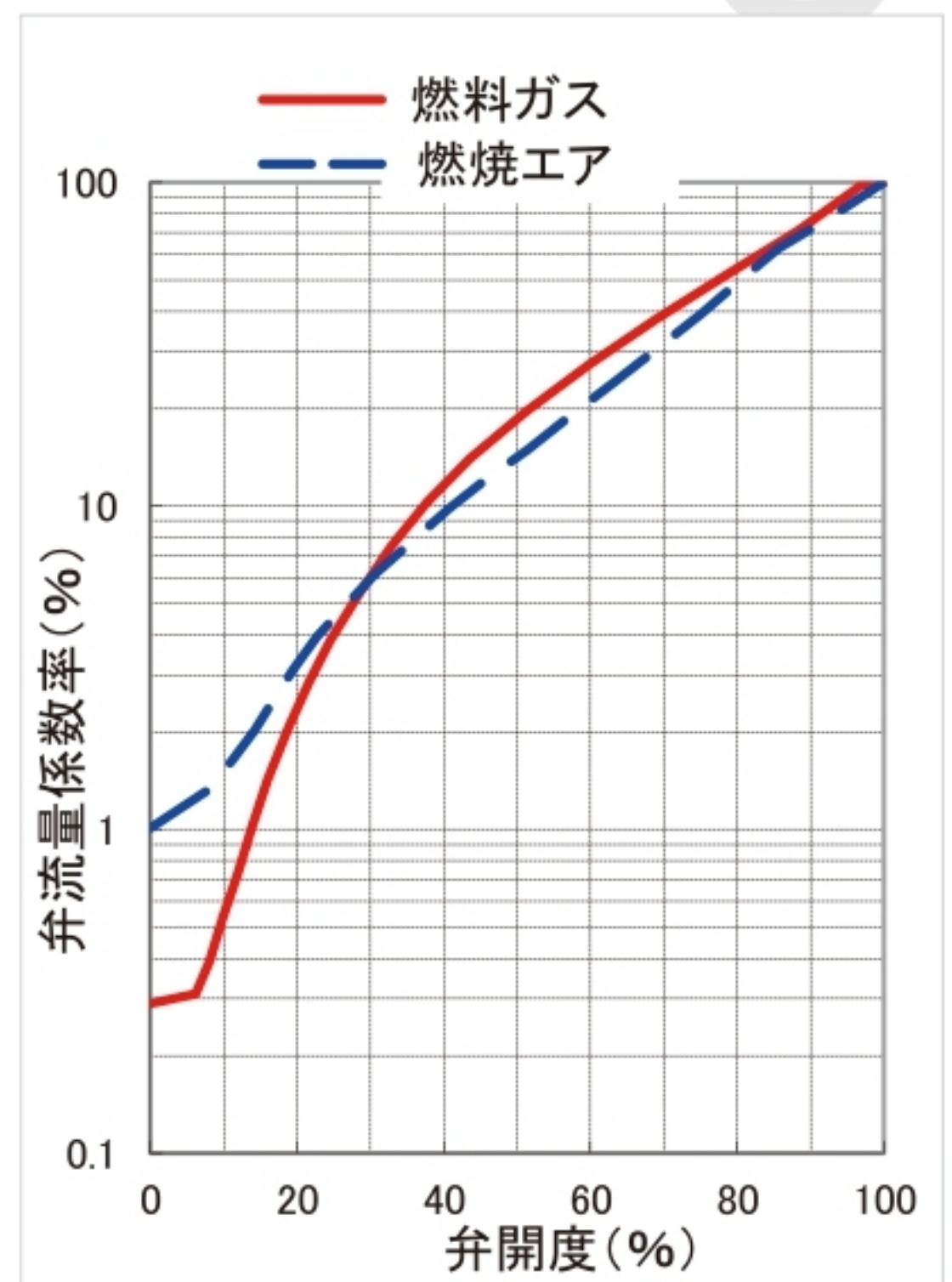


図3. 弁開度と流量係数率の例

1-3) 空気比最優先の制御

温度指示調節計からの燃焼量信号は刻々変化し、燃料ガスと燃焼エアは0.5秒毎に上記の計算を行い弁を動作させます。〈図3〉にあるように燃料ガスと燃焼エアの弁特性は大きく異なるので、流量変化量の多い方に制限をかけて空気比を合わせるようにしました。これにより0.5秒毎に空気比を合わせながらモータ駆動の最高速度で目標値に到達させることを可能にしました。フィードバック制御ではなく、0.5秒毎の連続プリセット制御となります。

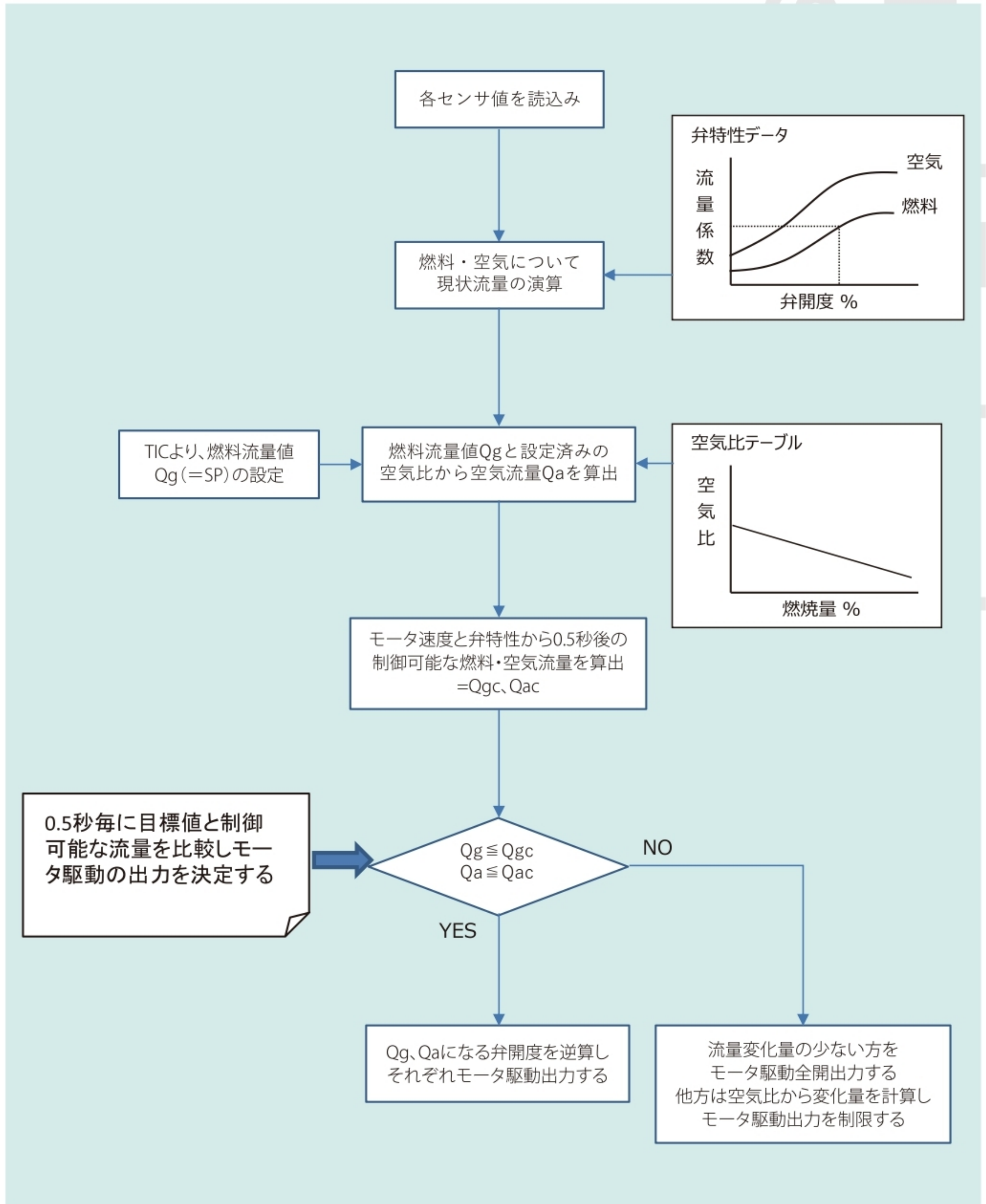


図4. プリセット制御フロー図

2. 精密流量計測と制御の成果

目標流量を100%から20%に変化させた時の実際の流量変化の様子を〈図5〉に示します。

階段状の流量変化は変化途中も空気比が合っていることを示しています。また、20%到達時のオーバーシュートもありません。炉内の残留酸素濃度を計測すると燃焼量に変化しても $O_2=2\%$ を維持できています。

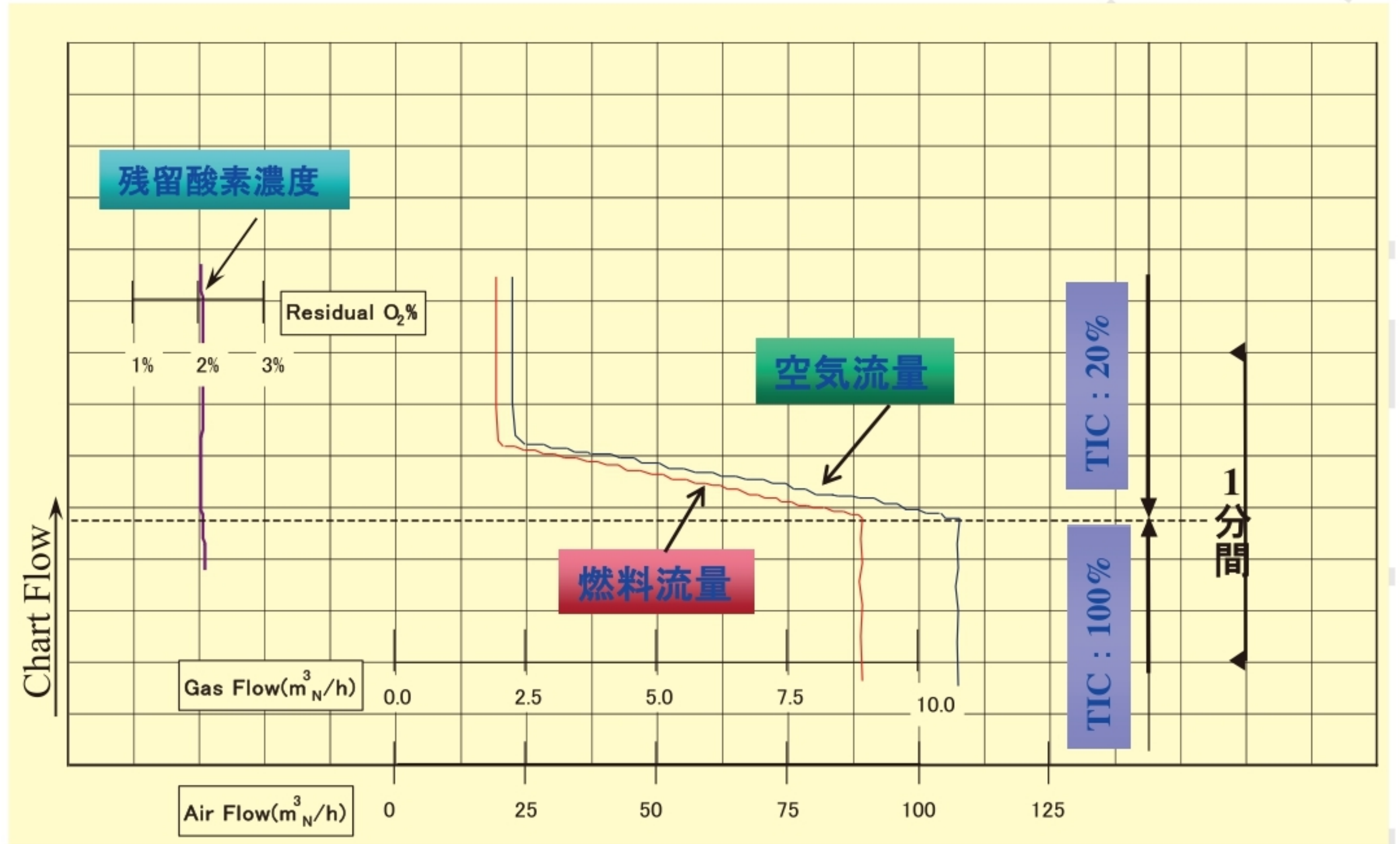


図5. TIC信号変化時の実際の流量変化例

次号では、EBC-iの多彩な機能をご紹介します。ご期待下さい。

発行:

 中外炉工業株式会社

堺事業所 プラント事業本部 〒592-8331 堺市西区築港新町2丁4番 TEL(072)247-1440(直通)

東京支社 プラント事業本部 〒108-0075 東京都港区港南2丁目5番7号(港南ビル) TEL(03)5783-3378(直通)

名古屋営業所 〒450-0003 名古屋市中村区名駅南1丁目21番19号(名駅サウスサイドスクエア) TEL(052)561-3561(代表)

