



## 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

藤花 耀慈 (ふじはな しゅんじ)

2015年入社。

ドーナツが好きで、学生時代は某ドーナツショップでアルバイトをしていました。あだ名は、Mr.ドーナツです。おすすめのドーナツは、オールドファッションハニーを1500Wで8秒温めたものです。

### 技術解説

## EBC-i 自動空気比制御装置 (全3回)

### 〈第2回〉EBC-iの多彩な機能

第1回で説明した精密流量制御の概念を実機に適用するために、運転スタートからの流量限界点の処理や機器の異常診断機能を追加するなど、種々の工夫がなされました。今回はこれらの機能について説明します。

### 1. バーナ制御に要求される機能

実機におけるバーナの運転は、炉内パージから始まり、低燃焼設定によるバーナ点火、その後所定の空気比により昇温を開始するという手順が一般的です。EBC-iでは、これらの一連の手順において精密流量制御を活かすように工夫しています。

#### 1-1) 炉内パージと点火時の制御

炉内パージは通常、バーナの最大燃焼空気量で行います。EBC-iでは弁特性を事前に把握しているため弁開度と流量の関係が明確になっています。通常制御ではそれに温度・圧力の補正を加味しますがパージでは温圧補正を省略しています。一方、点火時の設定は多様なバーナの点火トライ条件に対応するために燃焼量(%)と空気比を指定できるようにし、バーナの性能を最大限まで発揮できるようにしています。しかし、点火前ではガスが流れていないので流量計算に使用する圧力が検知できません。そのため、試運転で実際に確認した圧力を"予測圧"として設定します。その予測圧にて流量計算し、弁開度を設定します。〈図1〉はタッチパネルにおける点火時の条件設定画面です。

点火モード設定 No.1UNIT				
ループ名称	予熱	加熱①	加熱②	均熱
点火時燃焼量 (%)	20.0	20.00	20.00	20.00
点火時空気比	1.20	1.10	1.10	1.20
燃料供給圧P1 (kPa)	8.00	8.20	8.10	8.20
空気供給圧P1 (kPa)	6.80	6.70	6.90	6.80
炉圧 P2 (kPa)	0.50	0.40	0.50	0.50

図1. 点火時の条件設定例

## 1-2) 運転時の空気比設定

運転時の空気比は燃焼量毎に細かく設定した16点×8パターンの空気比設定をメモリーできるようにしています(図2)。この機能により、緩い昇温カーブが必要なセラミック焼成炉等における低燃焼かつ高過剰空気での運転時に、従来のガスコン制御(空気比一定制御)で発生していた失火現象を解消しています(図3)。もちろん、高炉温時には精度の良い低空気比による省エネ運転が可能です。また、8パターンの空気比設定を使い分けることで製品毎に温度設定が変わっても最適な空気比運転が選択できます。

空気比テーブル No.1UNIT 予設										
2005/ 6/16 11:09:21 AM										
予設 加設① 加設② 均設										
燃焼量 (%)	空気比テーブル									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9 (下限)	10 (上限)
1.2	1.00	1.05	1.10	4.00	5.00	8.00	7.00	8.00	0.90	8.00
2.0	1.00	1.05	1.10	4.00	5.00	8.00	7.00	8.00	0.90	8.00
3.0	1.00	1.05	1.10	4.00	5.00	8.00	7.00	8.00	0.90	8.00
5.0	1.00	1.05	1.10	4.00	5.00	8.00	7.00	8.00	0.90	8.00
7.0	1.00	1.05	1.10	4.00	5.00	8.00	7.00	8.00	0.90	8.00
11.0	1.00	1.05	1.10	3.50	4.50	5.50	6.50	7.50	0.90	8.50
16.0	1.00	1.05	1.10	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	0.90	8.00
22.0	1.00	1.05	1.10	2.50	3.50	4.20	5.00	6.00	0.90	7.00
30.0	1.00	1.05	1.10	2.20	2.80	3.40	4.00	5.00	0.90	6.00
40.0	1.00	1.05	1.10	2.00	2.30	2.80	3.10	4.00	0.90	5.00
50.0	1.00	1.05	1.10	1.80	2.00	2.20	2.50	3.20	0.90	4.20
60.0	1.00	1.05	1.10	1.60	1.80	2.00	2.20	2.50	0.90	3.50
70.0	1.00	1.05	1.10	1.50	1.60	1.80	2.00	2.20	0.90	3.00
80.0	1.00	1.05	1.10	1.40	1.50	1.80	1.80	1.80	0.90	2.50
90.0	1.00	1.05	1.10	1.30	1.40	1.50	1.60	1.70	0.90	2.20
100.0	1.00	1.05	1.10	1.20	1.30	1.40	1.50	1.60	0.90	2.00

図2. 空気比テーブル設定例

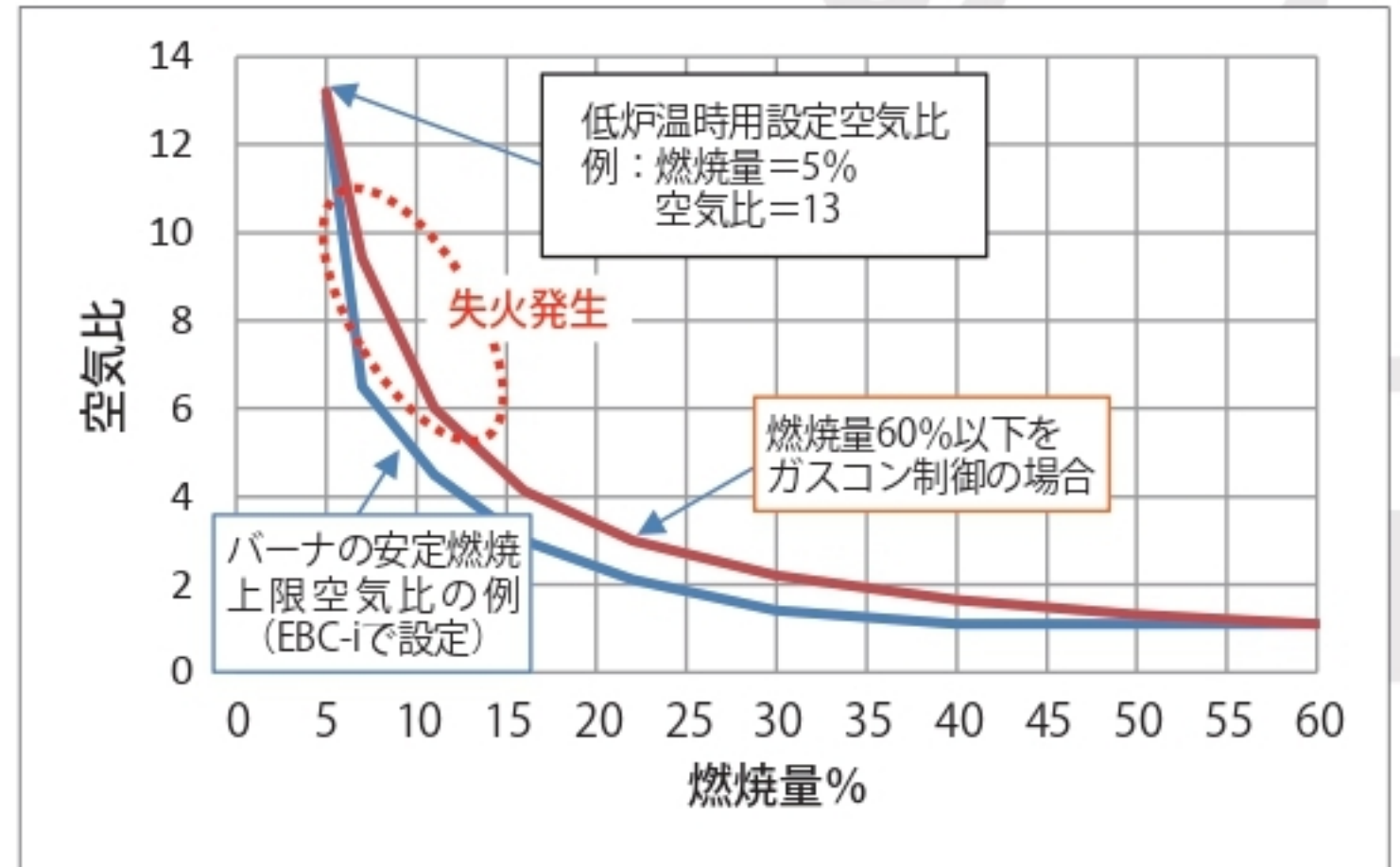


図3. 高過剰空気設定例

## 1-3) 流量制御中の限界点処理

バーナ燃焼中の精密流量制御では、空気比最優先を終始維持するように次の処理をしています。

- ・燃料の供給圧力低下でガスコントロール弁が全開(制御精度確保のため80%を上限)となった場合、空気比維持のためエア弁を制限(不足するガス流量にエア流量を合わせる)
- ・空気の供給圧力低下でエアコントロール弁が全開(制御精度確保のため80%を上限)となった場合、空気比維持のためガス弁を制限(不足するエア流量にガス流量を合わせる)

上記のどちらにおいても、コントロール弁が限界点に到達したことを注意報としてタッチパネルに表示します。また、EBC-iは空気比“最優先”で制御しますので

- ・運転中に空気比テーブルが変更され、目標空気比が突如変わった場合、エア弁だけでなくガス弁も動作します。たとえば、空気比設定1.10を1.20に変更した時に1度エア弁動作で空気比1.20とならない場合、空気比1.20となるようガス弁も同時に動きます。ただし、少しの弁開度変化で空気比が大きく変わってしまう低燃焼量かつ高空気比の運転では、悪影響となる場合がありますので空気比最優先制御に上限を設け、その上限値を2.00としています。(2.00以上の空気比では厳密に合わせるようにしない)

## 1-4) 冷却制御

材料の処理が終わり燃焼を停止した際に温度指示調節計(TIC)の出力をそのまま活かすようにした冷却モードを設けました。

①できるだけ速く冷却したい  
→TICが0%出力時に燃焼空気ブロワの容量に合わせて空気弁開度を設定

②所定の降温カーブで徐々に冷却したい  
→TIC出力%が減少すれば空気弁開度を開くように設定

冷却モード設定画面 No.1UNIT 予設			
2005/ 7/10 02:59:44 PM			
予設 加設① 加設② 均設			
TIC (%)	空気弁開度 (%)	燃料弁開度 (%)	
0.0	60.0	0.0	
10.0	60.0		
20.0	60.0		
30.0	60.0		
40.0	60.0		
50.0	50.0		
60.0	40.0		
70.0	30.0		
80.0	20.0		
90.0	10.0		
100.0	5.0		

図4. 冷却モード設定例

### 1-5) 異常を発見する自己診断

EBC-iは、重警報、軽警報、注意報の3種類の警報をEBC-i内部で自己診断しその結果を外部にデジタル出力します。流量を計算する圧力センサ、開度センサが破損あるいは断線した場合、センサ信号が無くなるのでそれによって異常の判断をし、重警報出力します(図5)の赤文字)。その出力を上位側のPLCが受け、燃焼遮断などの処理をします。また、センサ信号の経年劣化によるズレを発見するため、2つの計算流量(第1回で示した2つの計算式による)を常に比較しています。両数値のズレが大きくなった時は、軽警報を出力するようにしました。この警報の場合は直ちに燃焼遮断は必要なく、装置停止時に各センサーやバーナのノズル等の調査が必要となります。



図5. 警報表示画面例

## 2. 追加で求められた特殊機能

### 2-1) 外部空気比設定

燃焼量とは無関係に外部からの信号で空気比を設定したいとのご要望を受け、DC4-20mA信号で空気比を無段階に変更可能とする空気比設定方式も選択できるようにしています。

また応用例として、酸素富化した燃焼空気への対応実績もあります(図6)。空気比は酸素流量分を差し引いて設定します。酸素富化率の変更や酸素供給事情に応じてバーナの空気比を適正に制御します。

表1. 空気比設定例

入力信号	空気比
4mA	1.00
20mA	2.00

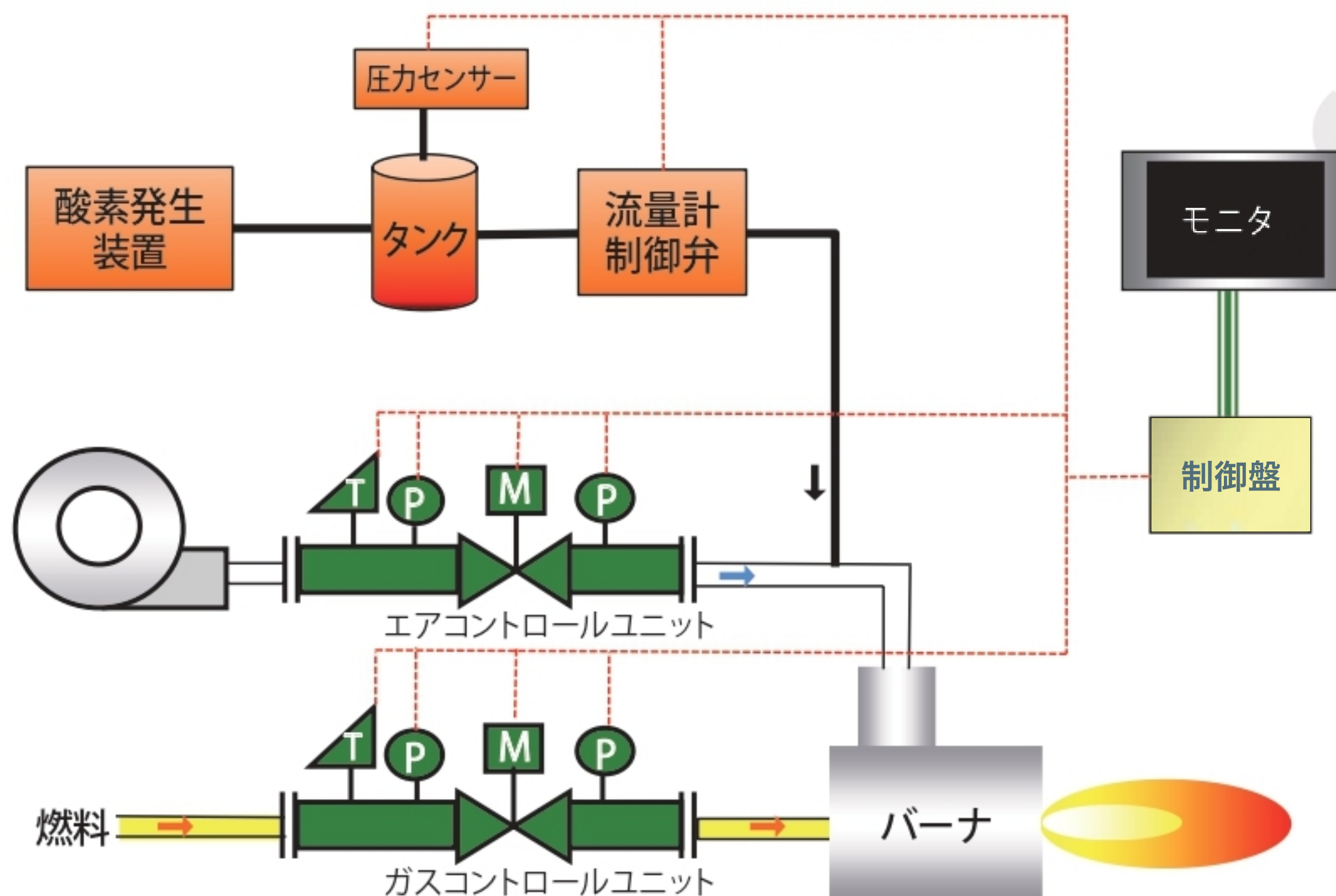


図6. 酸素富化燃焼への適用例

## 2-2) 高炉圧対応

熱風発生炉など、燃焼室の圧力が大気圧よりも高い(3kPa等)場合はP3圧力センサーを取り付けバーナ差圧とバーナ流量係数から以下の式にて流量を算出しています。

$$\text{流量} Q = N \times \sqrt{(P2 - P3)} \dots \dots \text{式} \textcircled{2}' \text{ (N:バーナの流量係数(前号Vol.12参照))}$$

圧力センサーには±5kPaのレンジを設定することでマイナス炉圧にも対応可能です。

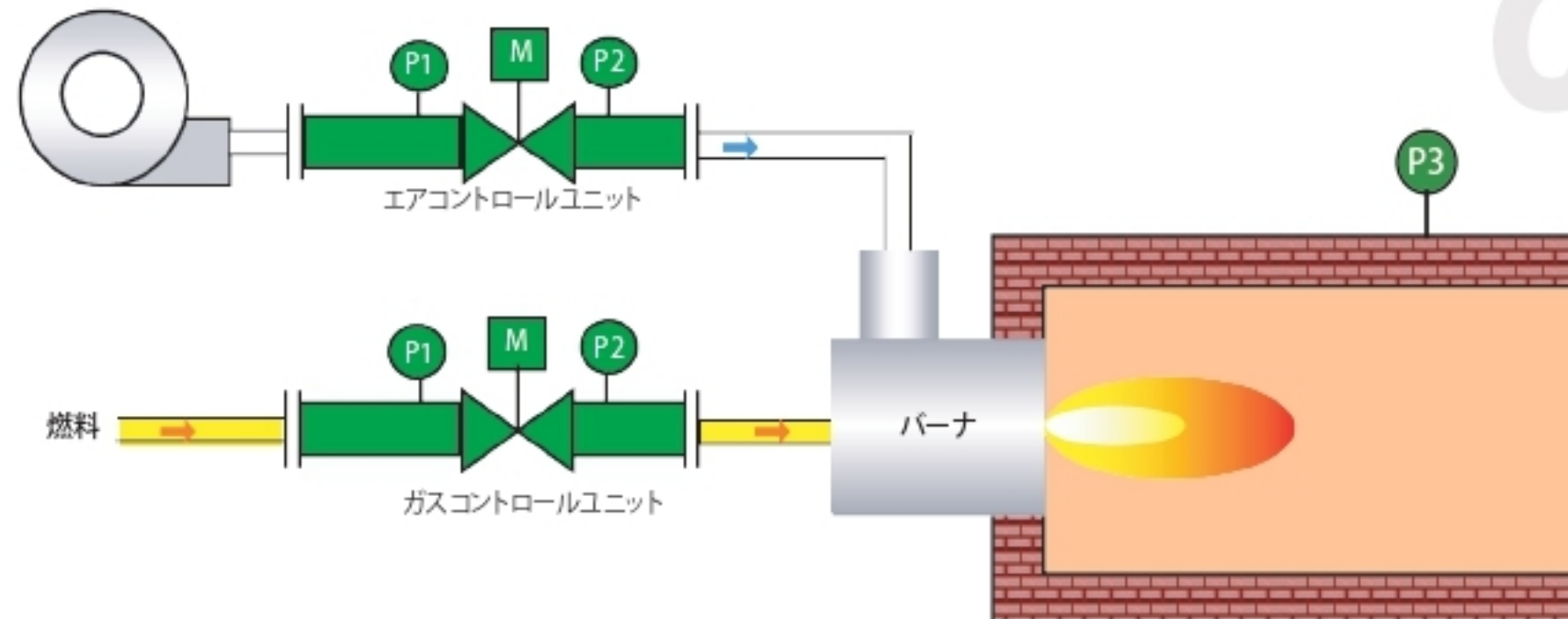


図7. 燃焼室にP3圧力センサーを取り付けた例

## 2-3) 2流体制御

EBC-iは1ループでガス弁・エア弁の2台のコントロール弁を空気比制御するというフローが基本ですが、お客様より個別に2つの流体を流量制御して使いたいとのご要望もありました。

そこで、2台の油バーナにエアコントロール弁を1台ずつ設置し2つの燃焼空気を制御した例もあります。

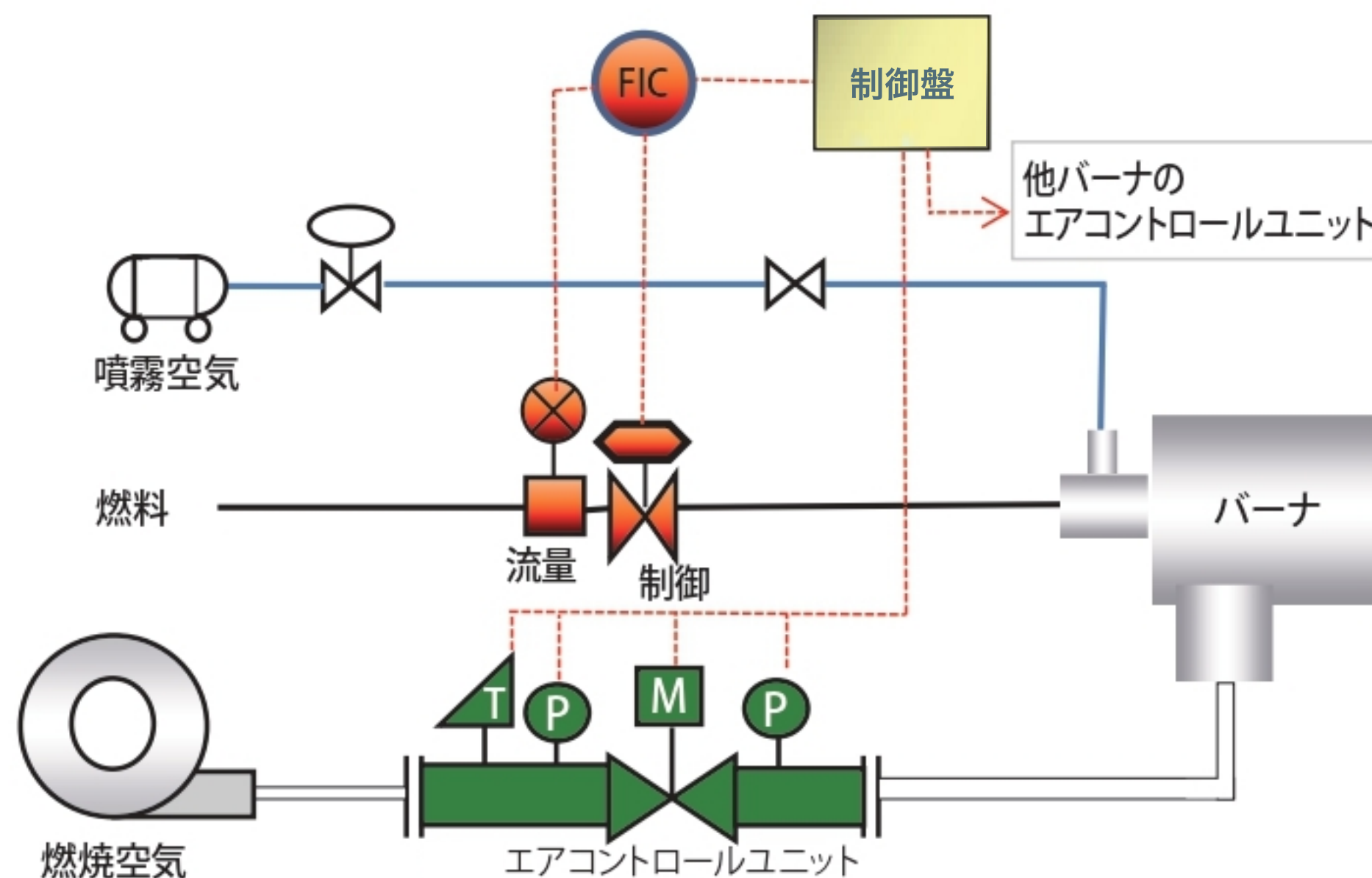


図8. オイルバーナの空気流量制御に使用した例

次号では、EBC-iの多彩な実施例をご紹介します。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)

