

省エネ型大気保全設備の開発

(株)四国総合研究所 電気利用技術部 吉田 正志

キーワード	： 大気保全	Key Words	： air quality protection
	大気保全設備		air quality protection equipment
	大気保全防止法		Air Pollution Control Act
	触媒燃焼		catalytic combustion
	触媒燃焼法		catalytic combustion method
	循環加熱		circulation heating
	循環加熱方式		circulation heating type
	省エネ		energy conservation
	省エネ型		energy-saving type
	電気式		electrical type
	電気加熱方式		electric-heating type

Development of energy-saving type air quality protection equipment

Shikoku Research Institute, Inc., Electricity Application Technology Development
Masashi Yoshida

Abstract

We have developed an electric-heating type air quality protection equipment with a smaller electric capacity that can be introduced in a large-scale treatment equipment and achieve a higher level of energy efficiency, as an air quality protection equipment that is effective in removing toxic elements and odors from toxic gas for use in various industries.

We have confirmed that, by applying a circulation heating method that makes good use of the characteristics of electric heating, electricity consumption is substantially reduced during “startup process of the equipment” and in “equipment standby mode” (in both cases, heat source should remain in operation), compared to conventional electrical type equipment.

Since electricity required for the heat source is largely reduced than before, we can create an equipment with a reduced electric capacity running at a smaller cost. Also, we have confirmed that competitiveness of an electrical type equipment becomes higher.

1. はじめに

揮発性有機化合物 (VOC) は、浮遊粒子状物質や光化学オキシダントの生成原因となる物質の一つで大気保全防止法により排出が規制されている。

これに対応するため、種々な業種での有毒ガスの除害・脱臭においては、触媒燃焼方式の大気保全設備が用いられている。

この大気保全設備は、排ガスを燃焼処理させるために必要な温度まで触媒を加熱する必要があるが、熱源には多くの場合バーナ式が採用され、電気式では制御性や温度追従性が優れるものの、電気容量が大きくなるため、小型の処理装置に限られていた。

このため、大型の処理装置にも導入可能な、電気容量を抑え省エネ性を高めた電気加熱方式の大気保全設備を開発し、検証した結果を報告する。

2. 大気保全設備の稼働

大気保全設備は、安定した排ガス処理を行うため、①装置稼働開始時に処理温度まで昇温する「装置立ち上げ工程」、②製品製造工程中における段取り変え時の「装置待機状態」、③揮発性有機化合物処理中の「自燃状態」、④自燃状態まで至らない「低濃度排ガス処理状態」の稼働状態があり、装置吸気する排ガス濃度・組成等の変動に追従した稼働を行っている。

搭載された熱源は、「装置立ち上げ工程」や「装置待機状態」「低濃度排ガス処理状態」時に稼働し、「自燃状態」では稼働しないように制御している。

3. 省エネ型加熱方式の検討

VOCの排出施設の規模は大きく、大気保全設備も処理風量の多い大型設備となることから、熱源にはガス式や石油式による燃焼方式が用いられ、加熱時に発生した熱は排熱されていた。

また、これまで市場投入されている電気式では単にバーナ部を電気ヒータに置き換えただけの装置であった。

このため、空気がなくても加熱できる電気加熱の特長を活用し、これまで捨てられてきた排熱を循環利用する方式について検討した。

[開発目標]

- 風量：100 N m³/min
- 電気ヒータ容量：現状の 1/3
- 対象 VOC：酢酸エチル

[開発イメージ]

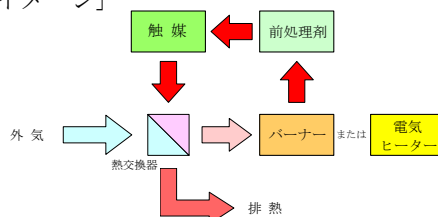


図1 現行システム

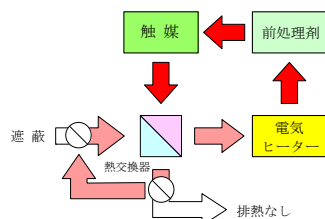


図2 循環加熱システム

4. 小型試作機による検証

開発目標である 100 N m³/min (ドライラミネート機 2 台相当) の 1/10 モデル機 (10 N m³/min 機) を製作し検証した結果、従来機の 1/3 ヒータ容量で同等時間で必要温度まで昇温 (装置立ち上げ) が行えること、安定した排ガス処理が行えることを確認した。

また、装置温度の異常や圧力異常による変形もなく安全性に問題ないことも確認でき、省エネ性に優れた電気式大気保全設備の開発目途を得た。



写真1 10 N m³/min 循環加熱式 試作機

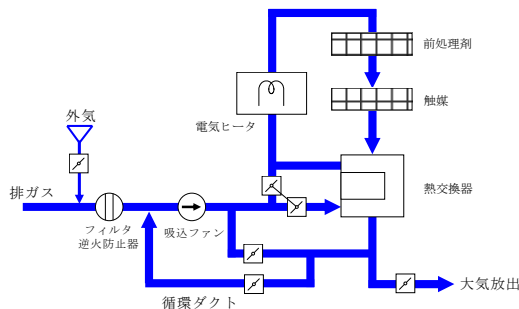


図3 10 N m³/min 試作機フロー図

5. 実機検証

ドライラミネート製品を製造しているお客さまの協力を得、既存の100 N m³/min 電気式大気保全設備を循環加熱方式に改造し実機検証した。

表1 装置改造概要

ダクト改造	<ul style="list-style-type: none"> ・循環ダクト敷設 ・循環コントロールダンパ設置 ・大気放出口に差圧調整ダンパ設置 ・保温工事
排ガス吸込ファン交換	<ul style="list-style-type: none"> ・耐熱性ファンに交換
触媒交換	<ul style="list-style-type: none"> ・白金触媒からパラジウム触媒に交換
制御盤改造	<ul style="list-style-type: none"> ・循環加熱対応に制御変更

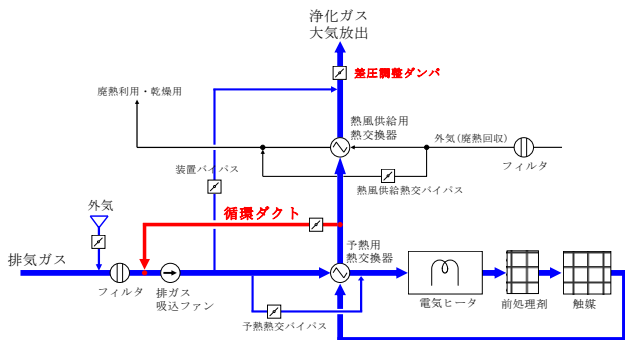


図4 100 N m³/min 実機フロー図



写真2 改造前の大気保全設備 (全景)



写真3 改造後の大気保全設備 (全景)



写真4 循環ダクト取出口

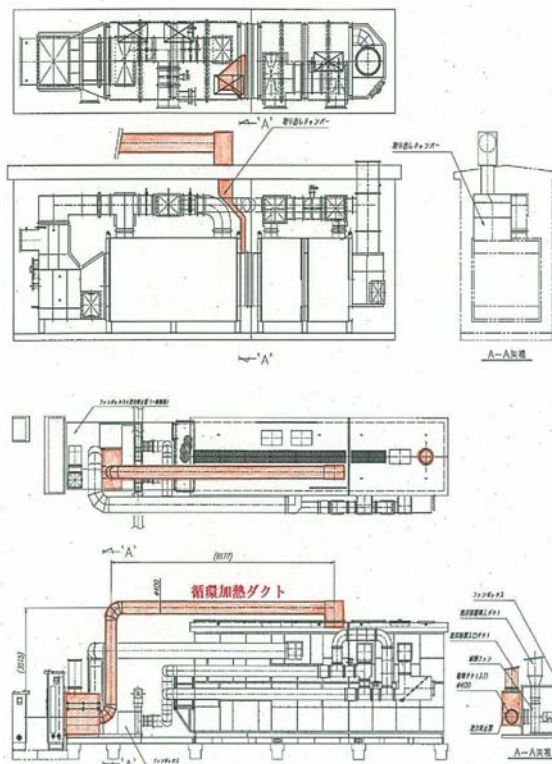


図5 装置改造図

既存設備の改造にあたっては、お客さま施設の製造状態が設備導入当初に比べ、高濃度排ガスが発生しやすい製造に変更されていることから、既設より高温処理する装置・制御（改造前の触媒入口温度 340℃ 制御から触媒入口温度 390℃ 制御に変更）に併せて改造した。

このため、改造前に比べ改造後では、必要電力は上昇する設備形態となった。

5.1 循環加熱への改造前後の比較

(1) 装置立ち上げ工程時の比較

設備改造前と循環加熱方式への改造後の装置立ち上げ工程時を改造前の触媒入口温度 340℃ 時点と比較すると、同時間で昇温し、ヒータ電力を 93.7kW 削減、消費電力量で 24.1kWh 削減した装置立ち上げ結果であった。

昇温温度を 50℃ 上げた 390℃ との比較では、昇温時間が約 4 分延長されたことから、改造後の消費電力量は改造前に比べ 12.3kWh の削減効果であった。

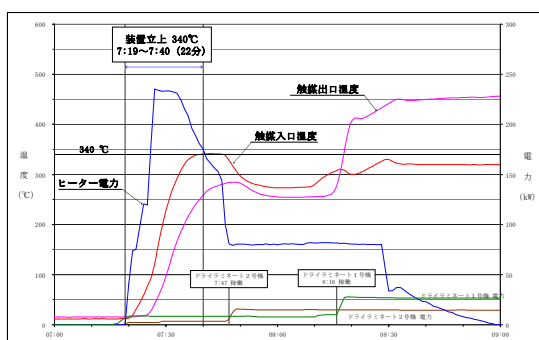


図 6 改造前の装置立ち上げ工程(例)

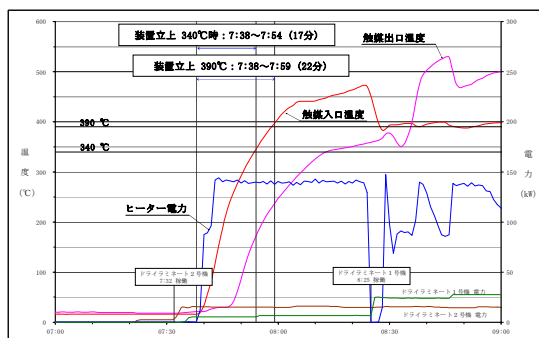


図 7 改造後の装置立ち上げ工程(例)

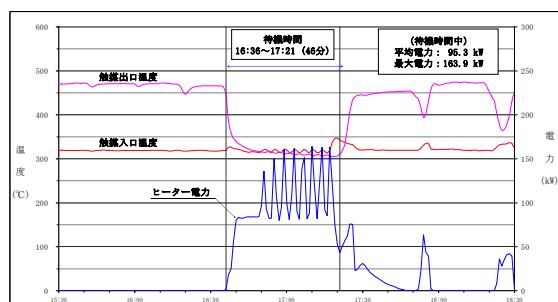


図 8 改造前の装置待機状態(例)

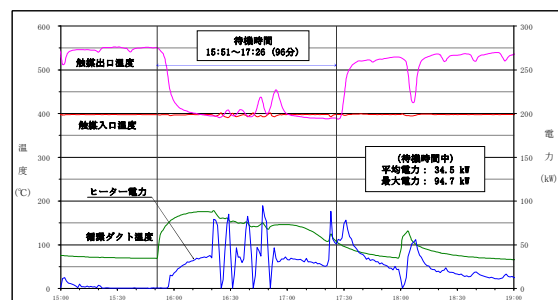


図 9 改造後・循環加熱による装置待機状態(例)

5.2 省エネ効果の確認

各季節において、循環制御を停止した場合のデータを取得し、循環加熱有無時の「装置立ち上げ工程」および「装置待機状態」を触媒出口温度 360℃ 時点と比較した。

(1) 装置立ち上げ工程時の比較

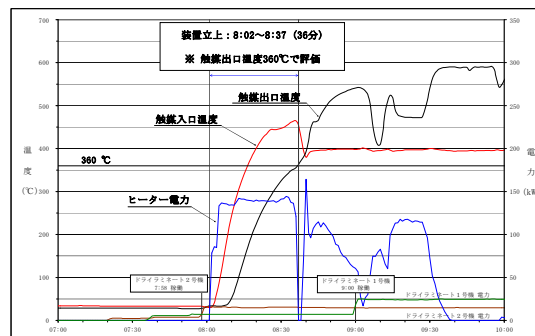


図 10 循環加熱による装置立ち上げ工程(例)

(2) 装置待機状態時の比較

製造段取り変え等に伴う装置待機状態時を比較すると、改造前のヒータ電力は 95.3kW を要していたが、改造後の循環加熱では 36.2kW と、制御温度を 50℃ 上げたにもかかわらず、約 38% 電力で温度維持した。

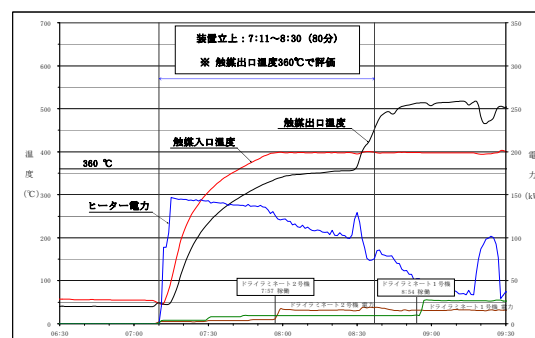


図 11 循環加熱停止時の装置立ち上げ工程(例)

表2 循環有無時の装置立ち上げ工程比較

	循環あり		循環なし		差 ①-②
	①	②	①	②	
春季	立ち上げ時間	36分	80分	▲44分	
	ヒーター消費電力量	77.8 kWh	166.1 kWh	▲88.3 kWh	
	ヒーター最大電力	142.3 kW	146.6 kW	▲4.3 kW	
	必要昇温温度	329.6℃	317.3℃	+12.3℃	
	平均外気温度	20.4℃	16.2℃	+4.2℃	
夏季	立ち上げ時間	35分	72分	▲37分	
	ヒーター消費電力量	67.9 kWh	142.5 kWh	▲74.6 kWh	
	ヒーター最大電力	137.1 kW	137.6 kW	▲0.5 kW	
	必要昇温温度	329.9℃	335.1℃	▲5.2℃	
	平均外気温度	26.2℃	29.9℃	▲3.7℃	
秋季	立ち上げ時間	36分	72分	▲36分	
	ヒーター消費電力量	71.1 kWh	144.0 kWh	▲72.9 kWh	
	ヒーター最大電力	136.8 kW	140.0 kW	▲3.2 kW	
	必要昇温温度	140.4℃	332.4℃	+5.1℃	
	平均外気温度	22.5℃	19.3℃	+3.2℃	
冬季	立ち上げ時間	51分	113分	▲62分	
	ヒーター消費電力量	102.8 kWh	227.5 kWh	▲124.7 kWh	
	ヒーター最大電力	140.4 kW	138.3 kW	+2.1 kW	
	必要昇温温度	350.0℃	341.3℃	+8.7℃	
	平均外気温度	10.8℃	3.3℃	+7.5℃	
平均消費電力量差		▲90.1 kWh/回 (▲52.7%)			
装置立ち上げ所要時間差		▲44分/回 (▲52.8%)			

装置立ち上げ工程時での循環加熱の有無を比較すると、循環なしに比べ循環ありでは、必要温度までの装置立ち上げ所要時間が大幅に短縮され、装置立ち上げに係る消費電力量は90.1kWh(52.7%)削減できる結果である。

(2) 装置待機状態時の比較

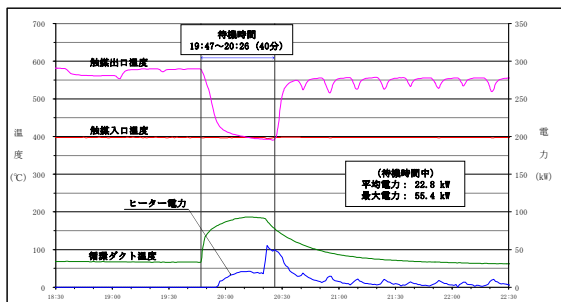


図12 循環加熱による装置立ち上げ工程(例)

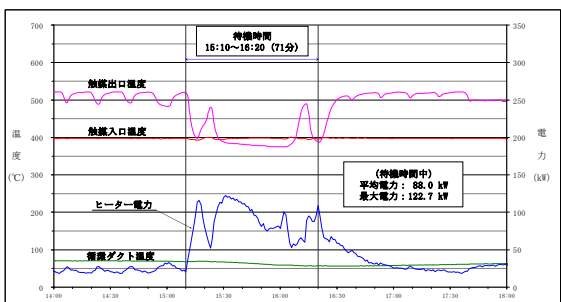


図13 循環加熱停止時の装置立ち上げ工程(例)

表3 循環有無時の装置待機状態の比較

	循環あり		循環なし		差 ①-②
	①	②	①	②	
春季	ヒーター平均電力	22.8 kW	88.0 kW	▲65.2 kW	
	ヒーター最大電力	55.4 kW	122.7 kW	▲67.3 kW	
夏季	ヒーター平均電力	24.3 kW	73.6 kW	▲49.3 kW	
	ヒーター最大電力	48.9 kW	97.4 kW	▲48.5 kW	
秋季	ヒーター平均電力	18.9 kW	99.6 kW	▲80.7 kW	
	ヒーター最大電力	86.0 kW	127.1 kW	▲41.1 kW	
冬季	ヒーター平均電力	30.7 kW	109.0 kW	▲78.3 kW	
	ヒーター最大電力	90.9 kW	135.6 kW	▲44.7 kW	
平均ヒーター電力差		▲68.3 kW (▲73.4%)			
最大ヒーター電力差		▲50.3 kW (▲42.5%)			

装置待機状態時での循環加熱の有無を比較すると、循環なしに比べ循環ありでは、温度維持に要するヒータ電力を68.3kW(73.4%)削減できる結果である。

(3) 大気保全設備の稼働状況

実証試験先での大気保全設備「装置立ち上げ工程」および「装置待機状態」を季節毎に集計した。

表4 大気保全設備の稼働状況

	稼働日数	月間 装置立ち上げ 回数	装置待機状態		
			回数	1回当たり 待機時間	月間 待機時間
春季	25日/月	16回/月	141回/月	16分48秒	39時間28分
夏季	24日/月	11回/月	145回/月	15分13秒	36時間46分
秋季	23日/月	15回/月	156回/月	14分00秒	36時間24分
冬季	22日/月	14回/月	118回/月	16分25秒	32時間17分

(4) 年間における省エネ効果

実証試験先における稼働状況をもとに、年間の省エネ効果を算出した。

表5 循環加熱方式による年間立ち上げ効果

	春季		夏季	
	循環加熱方式	従来方式	循環加熱方式	従来方式
ヒーター消費電力量	77.8 kWh	166.1 kWh	67.9 kWh	142.5 kWh
月間立ち上げ回数	16回/月		11回/月	
月間消費電力量	1,244.8 kWh	2,657.6 kWh	746.9 kWh	1,567.5 kWh
年間月数	3ヶ月		3ヶ月	
季節消費電力量	3,734.4 kWh	7,972.8 kWh	2,240.7 kWh	4,702.5 kWh
	秋季		冬季	
	循環加熱方式	従来方式	循環加熱方式	従来方式
ヒーター消費電力量	71.1 kWh	144.0 kWh	102.8 kWh	227.5 kWh
月間立ち上げ回数	15回/月		14回/月	
月間消費電力量	1,066.5 kWh	2,160.0 kWh	1,439.2 kWh	3,185.0 kWh
年間月数	2ヶ月		4ヶ月	
季節消費電力量	2,133.0 kWh	4,320.0 kWh	5,756.8 kWh	12,740.0 kWh
年間消費電力量	循環加熱方式	従来方式	差	
	13,864.9 kWh	29,735.3 kWh	▲15,870.4 kWh	
	(46.6%)	(100.0%)	(▲53.4%)	

表6 循環加熱方式による年間待機状態効果

	春季		夏季	
	循環加熱方式	従来方式	循環加熱方式	従来方式
ヒーター電力	22.8 kW	88.0 kW	24.3 kW	73.6 kW
月間待機時間	39時間28分		36時間46分	
月間消費電力量	899.8 kWh	3,473.1 kWh	893.4 kWh	2,706.0 kWh
年間月数	3ヶ月		3ヶ月	
季節消費電力量	2,699.5 kWh	10,419.2 kWh	2,680.3 kWh	8,118.1 kWh
	秋季		冬季	
	循環加熱方式	従来方式	循環加熱方式	従来方式
ヒーター電力	18.9 kW	99.6 kW	30.7 kW	109.0 kW
月間待機時間	36時間24分		32時間17分	
月間消費電力量	688.0 kWh	3,625.4 kWh	991.1 kWh	3,518.9 kWh
年間月数	2ヶ月		4ヶ月	
季節消費電力量	1,375.9 kWh	7,250.9 kWh	3,964.4 kWh	14,075.5 kWh
年間消費電力量	循環加熱方式	従来方式	差	
	10,720.1 kWh (26.9%)	39,863.7 kWh (100.0%)	▲ 29,143.6 kWh (▲ 73.1%)	

表7 循環加熱方式による省エネ効果

	循環加熱方式	従来方式	差
装置立ち上げ工程	13,864.9 kWh	29,735.3 kWh	▲15,870.4 kWh
装置待機状態	10,720.1 kWh	39,863.7 kWh	▲29,143.6 kWh
計	24,585.0 kWh (35.3%)	69,599.0 kWh (100.0%)	▲45,014.0 kWh (▲64.7%)

循環加熱方式を用いることで、従来方式に比べ年間45,014kWh(64.7%)の消費電力量削減効果が得られることが確認できた。

(5) 排ガス処理状況

揮発性有機化合物計測の公定法である水素炎イオン化検出法(FID法)により排ガス濃度を分析評価した。

表8 排ガス濃度測定結果

ガス採取	濃度 (volppmC)		処理率	
	入口濃度	出口濃度		
改造前	① 7/26 9:50~10:10	4,100	430	89.5%
	② 9/25 13:15~13:35	6,300	830	86.8%
改造後	① 12/24 10:16~10:36	6,200	980	84.2%
	② 2/28 15:55~16:15	6,500	680	89.5%
	③ 5/23 9:45~10:05	4,200	480	88.6%
	④ 8/25 13:15~13:35	7,300	1,100	84.9%
	⑤ 10/22 10:22~10:42	4,600	870	81.1%

※ 接着の用に供する乾燥施設排出基準：1,400 volppmC

前処理剤の経年が4年を経過しており、劣化傾向の状態であるものの、排出基準を満足する排ガス処理状況である。

6. まとめ

電気式装置のメリットとして、燃料供給設備の設置や燃焼設備に係る保護機器等が不要であるため、他熱源装置に比べ装置設置が省スペース化できるとともに燃焼を伴わないため、装置内部のメンテナンスが容易であること、制御性や温度追従性が良く排ガス処理面で優位である。

これに加え、電気加熱の特長を用いた循環加熱方式とすることで、ヒータ電力を従来より削減でき、ランニングコストや電気設備容量を低減した設備構築が可能となり、電気式装置の競争力が高められたことを確認した。

[謝辞]

本研究は、四国電力㈱ お客さま本部 営業部さまより委託を受け実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。