

〈新工法紹介〉

危険場所（1種・2種場所^{注1}）に設置出来る

電気加熱システムによる防爆式ヒータトレース工法

工事事業本部 電熱担当

1. はじめに

配管や機器の加熱システムは経済性（省エネ・メンテフリー）や管理（自動温調）の面から電気加熱方式が有利とされているが、現状ではスチームや温水方式が多用されているのが実情である。この主な理由は電気加熱トレース設備などの電気機械器具を危険場所に設置使用する場合、労働安全衛生法等により防爆検定が義務付けられていることにある。この防爆検定は設備毎の単品申請（構造規格によるもの）が必要で汎用性がなく、しかもその度に検定立会費用と時間が掛っていた。

しかし、当時の労働省によって国際規格（IEC）との整合化が進められたことにより、新たに技術的基準が定められ、平成11年から温度等級に分類できるヒータ（自己温度制御機能のあるもの）については汎用性のある「型式検定」取得の道が開かれるようになった。

そこで、提携先の㈱フジクラと共に防爆要件に合致するヒータ、端子・端末箱の製品を開発した上で、防爆式ヒータトレース工法システムとして組上げた電気加熱装置を（社）産業安全技術協会（厚生労働大臣の検定代行機関）へ申請し、汎用性のある型式検定の合格証を取得することが出来た。

現在、その合格証を取得したメーカーは弊社及びフジクラの他、海外メーカーの2社のみである。

弊社とフジクラの工法（検定合格システム）は電気加熱装置の単品検定に多数の納入実績を持ち、そのノウハウをベースに、防爆ヒータとトレース設計、施工、検査までを一貫体制とした検定システムに組上げたことを大きな特徴としている。

その結果、安全性が認められたシステムとして、危険場所（1種、2種場所）に防爆検定合格標準を表示して納入設置できるものとなった。

以下に、この防爆式ヒータトレース工法について紹介する。

2. 関連法令及び適用規格、基準、指針

本防爆式ヒータトレース工法は以下に列記する法令、規格、指針に則ったものであり、これらに基づいて、設計、施工、検査、引渡し納入を行っている。

- ①労働安全衛生法及び労働安全衛生規則
- ②消防法（危険物の規制に関する政令）
- ③電気設備技術基準、解釈
- ④工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆1979）
- ⑤電気機械器具防爆構造規格、技術的基準
（国際規格：IECとの整合による新技術的基準）
- ⑥防爆構造電気機械器具 型式検定ガイド
（国際規格に整合した技術的基準関係）
- ⑦JIS C 3651-1994 ヒーティング施設の施工方法
「附属書 発熱線等」

注1：工場電気設備防爆指針の「危険場所の分類」より

1種場所＝通常の状態において、危険ふん囲気を生成するおそれがある場所をいう。

2種場所＝異常な状態において、危険ふん囲気を生成するおそれがある場所をいう。

3. 防爆式ヒータトレース工法の概要

3.1 施工適用範囲と構成部材の仕様

加熱システム設備は対象となる機器や配管設備に伝熱を考慮してトレース設計を行い、ヒータを取付、保温、給電、加熱するものであるが、その内、電源とヒータを接続する端子箱以降の2次側を構成する部分が本工法の施工対象（検定適用）範囲となる。

この構成部材の仕様は、下記の通りである。

①端子箱、接続器（結線引込用防爆Boxセット）

耐圧防爆Boxに電源線、ヒータケーブルや分岐ケーブルの各ケーブルを耐圧パッキン方式で引込み、結線（直ジョイント）絶縁処理する安全増防爆構造^{注2}としたものである。

（図1 端子箱、接続器の組立図参照）

②自己温度制御型（ヒータ）ケーブル

テープ状の並列型ヒータケーブルで、発熱体はポリオレフィンやふっ素系樹脂に導電性カーボン混和（半導体化）して、熱安定性と自己制御性（熱出力再現性）を持たせるため放射線架橋処理を行って、分子結合を強化した発熱抵抗体である。（フジクラ、レイケム社製を採用）

ヒータの種類と仕様は「表1 型式検定合格一覧表」に示す自己温度制御機能を持った5段階の加熱温度域（～10℃、40℃、80℃、120℃、150℃）のテープ状ケーブルで、メタル編組内装の2重絶縁構造のものである。

（図2 自己温度制御型ヒータ構造図参照）

③端末箱（ヒータケーブル終端処理）

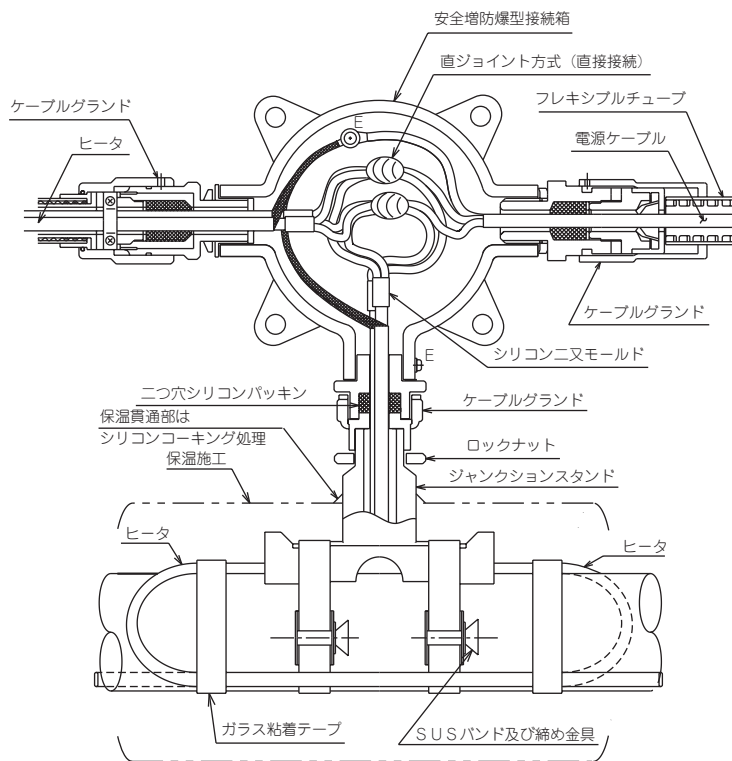


図1 端子箱、接続器組立図

注2：工場電気設備防爆指針の「防爆構造の種類」に、

1. 耐圧防爆構造
 2. 油入防爆構造
 3. 内圧防爆構造
 4. 安全増防爆構造
 5. 本質安全防爆構造
 6. 特殊防爆構造
- の6種類が定められている。

表1 型式検定合格一覧表
(防爆用ヒータケーブルの種類)

電 圧	使用温度レンジ (※1. 防爆記号)	ニチアス 防爆型式名称 検定合格番号	フジクラ 防爆型式名称 検定合格番号	最適加熱 温度範囲	耐熱温度	出力式 (アルミテープUp) 単位:w/m	最大使用長	
							※2. 電流値 初動値/10分値	
200V系 (~240V)	~40°C (Exe II T6)	—	FISH 5LV-2SJ 第C13824号	~10°C	85°C	13.4-0.23θp (×1.05)	160m 0.13A/0.07A	
		—	FISH 10LV-2SJ 第C13823号	~40°C	85°C	17.2-0.23θp (×1.1)	140m 0.2A/0.1A	
		NEHS 15LV-2SJ 第C15322号	FISH 15LV-2SJ 第C13822号 及び(角BOX) 第C13922号	~40°C	85°C	26.4-0.34θp (×1.2)	100m 0.27A/0.15A	
	~80°C (Exe II T4)	—	FISH 30HV-2SJ 第C13821号	~80°C	135°C	28-0.23θp (×1.15)	120m 0.35A/0.18A	
		NEHS 45HV-2SJ 第C15323号 及び(3本出) 第C15835号	FISH 45HV-2SJ 第C13927号 及び(角BOX) 第C13825号	~80°C	135°C	42.7-0.36θp (×1.3)	100m 0.5A/0.24A	
		NEHS 20XTV2-CT 第C15324号 及び(3本出) 第C15836号	—	~120°C	230°C	57-0.2θp (×1.2)	100m 0.5A/0.35A	
	~150°C (Exe II T2)	NEHS 20KTV2-CT 第C15837号	—	~150°C	230°C	55-0.22θp (×1.1)	108m 0.48A/0.33A	
	100V系 (~120V)	~40°C (Exe II T6)	—	FISH 15SLV-1SJ 第C13926号	~10°C	85°C	17.4-0.24θp (×1.05)	70m 0.3A/0.22A
			—	FISH 20SLV-1SJ 第C13925号	~40°C	85°C	23.1-0.31θp (×1.1)	60m 0.5A/0.33A
			—	FISH 30SLV-1SJ 第C13924号	~40°C	85°C	34.2-0.42θp (×1.2)	50m 0.55A/0.4A
~80°C (Exe II T4)		—	FISH 30HV-1SJ 第C13923号	~80°C	135°C	28-0.23θp (×1.15)	50m 0.8A/0.5A	

※1. 防爆記号→Ex:技術的基準, e:安全増防爆構造, II:工場・事業用の防爆電気機器, T:温度等級,
 ※2. 電流値→常温(10°C)起動時の初動値でブレーカ・出力端, 及び10分値でトランスや給電ケーブルの各容量サイズの算出基準値

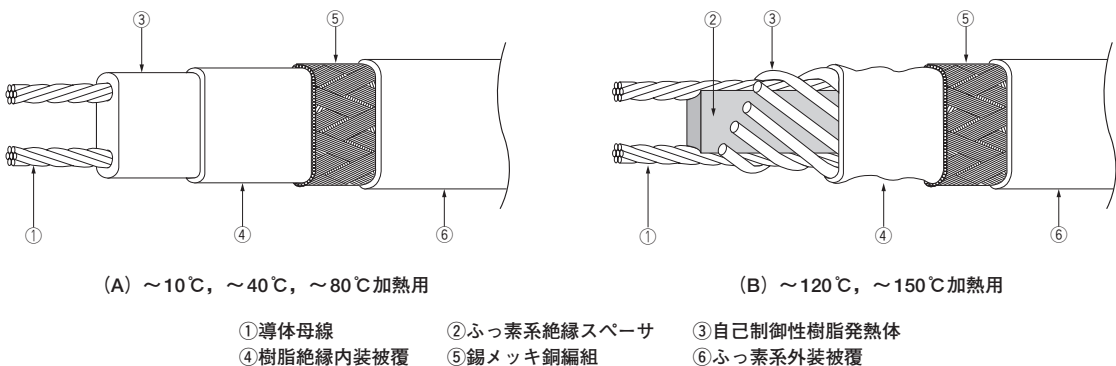


図2 自己温度制御型ヒータ構造図

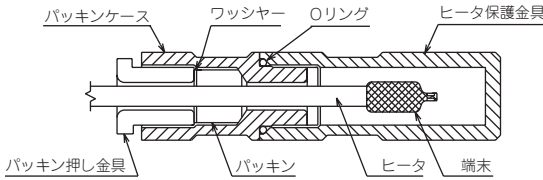


図3 端末箱組立図

ヒータケーブルを端末処理するための収納箱で、アルミ製保護ケース内へ端末を引込みパッキンでシールした構造となっている。

(図3 端末箱組立図参照)

3.2 防爆要件上の要求仕様

型式検定においては施工状態を想定して、自己温度制御型ヒータの特性確認(ヒータ電源設計に必要なデータ)、ヒータを組込んだ端子、接続、端末箱の保護性能確認を要求しており、本工法はこれらの確認として、以下の試験を行った上で、いずれも耐電圧(1,500V・1分)と絶縁抵抗試験(DC500V)に合格する性能(仕様)が得られている。

- ・初動電流/出力と抵抗試験(各基準内の確認)
- ・散水試験(IEC規格:IP44の確認)
- ・温度試験(自己温度制御機能/最高温度確認)
- ・長期熱安定性試験(各耐熱温度+20℃×4週間の後、低温-20℃×24時間の熱履歴)
- ・熱衝撃試験:下記の温度で7ジュール×2回(使用温度上限+10℃と低温-25℃)
- ・ヒータケーブルの低温(-20℃)曲げ試験
- ・ヒータケーブルの破壊試験(1,500N・30秒)

3.3 設計及び施工・検査管理上の要求事項

危険場所に設置する電気加熱トレース設備は型式検定に認証された製品部材と工法による施工が必要であるが、さらにその確認のため、記録管理(設計図書、施工写真と検査結果)が必要となる。このため弊社では施工管理記録ができない施工業者へのヒータや部材の単なる販売を行っていない。

4. 特長とメリット

本工法の基本構成は自己温度制御型ヒータであり、既にその特長・メリットは多くの施工実績で

実証されているが、防爆上のメリットも含め以下に列記する。

①本工法は危険場所(1種,2種場所)に設置可能
労働安全衛生法に基づき各端子箱に防爆検定合格標章:検定合格(労検)番号を表示する事で消防法、電気設備技術基準の規制にも対応できる。

②5段階の加熱温度域を具備(無温調制御も可能)
各自己温度制御型の発熱体樹脂の特性に基づいて、~10℃、~40℃、~80℃、~120℃、~150℃の5段階である。(前述の表1参照)

③安全性と施工性

自己温度制御機能により、その上限温度を超えることなく極めて安全で、ヒータ同士が接触、重なっても良く、トレース施工性に優れる。

④耐久性

本ヒータは発熱体樹脂(自己温度制御型半導体)を放射線照射、架橋処理し、強化している。

1980年代に市場に出されて以来、現在も加熱運転されており、実績からも優れた耐久性と信頼性を得ている。(アーレニウス法による劣化促進試験で寿命予測30年以上)

⑤追加/部分変更性

並列回路のヒータであるため、どこを取っても同じ特性(発熱特性、上限温度)で、ヒータケーブルの切断、追加接続、分岐が現場に合わせて自由にできる(最大使用長範囲で)。

次に電気加熱システムの大きな特長といえるものであるが、続いて列記すると

⑥省エネルギー

必要部位のみのヒータトレース加熱保温となり、スチームや温水の熱設備がなく省エネでランニングコストが低減でき、経済的である。

⑦メンテナンスフリー

電気式の為、ヒータを始め、殆ど静止機器、材料で構成でき、劣化、消耗するものがなく、修理や保守の費用が殆ど掛らない。

⑧導入(イニシャル)コストの低減

ボイラ、スチーム温水の配管関連設備が不要。

⑨環境にやさしい、クリーンなシステム

ボイラ等、熱作動設備を使わないので、トラップ噴出、ドレン等の放熱がなく、静かでクリーン、ひいてはCO₂低減、温暖化防止に貢献。

以上の特長，メリットが挙げられ，これらは多くの実績によっても確認され，今後は危険場所への採用が拡大していくものと期待している。

5. 防爆式ヒータトレース設備の計画・設計と施工

一般場所向けの電熱トレースシステムの設備も同様であり，これらを含めた手順で記述する。

5.1 電熱システムの設備計画（設計手順）

(1) 電熱システム計画の事前調査（表2参照）

設計条件チェックシートの各項目について，設定及び調査を行う。特に，①加熱目的，②流体の種類，③加熱温度，④外気温度，⑤周辺条件（屋内，屋外，風速等），⑥防爆（対象ガス，爆発等級，発火度）・非防爆，⑦電源電圧の7項目は，最初に設定しなければならない条件である。

表2 電気加熱システム設計条件チェックシート

御 客 様 名		tel No.		fax No.	
施 工 場 所					
工 事 件 名					
ヒータリングの目的 <input type="checkbox"/> 温度保持 <input type="checkbox"/> 時間予熱 <input type="checkbox"/> 流体昇温 <input type="checkbox"/>					
流 体 の 種 類 (加 熱 温 度)		名 称		比 重	
		比 熱 kcal/kg°C		流 量 kg/hr	
外 気 温 度		保 持 温 度 °C		時 間 予 熱	
(最 低) °C		初 期 温 度 °C		→ 到 達 温 度 °C	
		<input type="checkbox"/> 屋 内		<input type="checkbox"/> 屋 外 → 風 速	
外 気 温 度		m/s			
ヒータリングの対象 (パイプ、ベッセル バルブ、フランジ ポンプ、フレキ ストレーナetc.)		(サイズ、名称)		(数量)	
				(材質)	
※フロー図、配置図、機器構造図や配管組立図は別添え下さい。					
保 温 仕 様 (厚さ制限 m/m)		パイプ 機 器 等 ()		(下巻材)	
		その他		(保温材)	
				(防水材)	
				(外装材)	
防 爆 エ リ ア 規 制		ヒータ布設部		<input type="checkbox"/> 非防爆(一般場所) <input type="checkbox"/> 防 爆	
		電設部		<input type="checkbox"/> 非防爆(一般場所) <input type="checkbox"/> 防 爆	
				(対象ガス: 爆発等級(発火度):)	
				(対象ガス: 爆発等級(発火度):)	
ヒータ制御盤の型式 <input type="checkbox"/> 屋 内 <input type="checkbox"/> 屋 外 <input type="checkbox"/> 自立型 <input type="checkbox"/> 壁掛型 据付(取付/基礎)場所と状況等:					
電 源 仕 様 φ V H Z (W+接地:)		電 源 距 離 (配置・ルート)		(一次側)電源取合点⇔ヒータ制御盤:	
				m	
				(二次側)ヒータ制御盤⇔ヒータ布設部:	
				m	
工 事 範 囲		ヒータ制御盤		<input type="checkbox"/> 設計・製作 <input type="checkbox"/> 据付工事 <input type="checkbox"/> 基礎工事	
		電気・計装工事 (布設方法)		<input type="checkbox"/> 一次側 <input type="checkbox"/> 二次側	
官 庁 手 続 <input type="checkbox"/> 防爆検定(単品:特殊防爆構造) 注:型式品は不要 <input type="checkbox"/> その他の官庁申請書作成助勢 (消防申請等):					
備 考					

(2) 電熱システム設備の設計フロー

図4に示す設計フローにより進める。

5.2 製作・施工工事の項目 (システムの各要素)

次の項目が電熱システム (トレース方式) の大きな構成要素である。

(1) 自己制御型ヒータケーブルトレース工事

トレース設計図書に基づき、防爆記号の印刷表示 (防爆向け品質管理) されたヒータケーブルを確認してトレース施工する。

(2) 電源接続箱・接続器取付及び端末処理工事

同じくトレース設計図書に基づき、各接続箱等を配置し、ヒータを引込端末処理する。

以上の施工写真と検査記録・管理保管が必要で

ある。

次は、防爆検定範囲外となるが、システム上、必要とされる工事項目である。

(3) 温度検出器 (測温体, 熱電対等) 取付工事

(4) 保温及び防水防湿外装工事

(5) ヒータ電源, 制御盤製作, 据付工事

(6) 電気制御ケーブル工事 (1次側, 2次側)

(7) 試験検査・試運転

以上の設計, 製作 (調達), 現場工事と各試験・検査を経て加熱運転が可能となる。

ここで, 試験, 検査の項目の主なものを表3に示す。

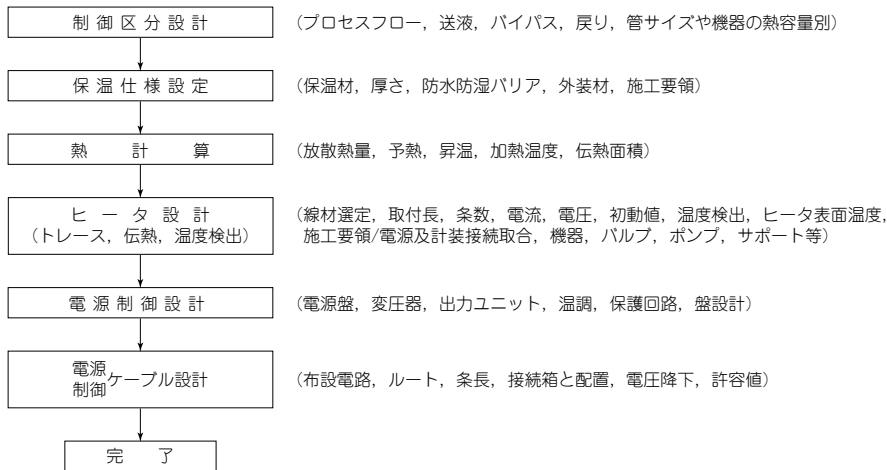


図4 電熱システム設計フロー

表3 試験及び検査の項目

		工場出荷検査	現地試験検査
防爆検定適用範囲	電気ヒータケーブル (電源取合含む)	外観, 寸法検査 発熱量検査 絶縁耐圧試験 (1,500V/1min) 絶縁抵抗測定 (DC 500V)	外観検査 (ボックス等組立引込接続確認含む) 絶縁抵抗検査 回路抵抗測定 (参考値)
	測温抵抗体・熱電対	外観, 寸法検査 絶縁抵抗測定 (DC 500V) 抵抗値または熱起電力試験	外観検査 絶縁抵抗測定 導通測定
検定範囲外	電源・制御盤	外観・寸法・員数検査 絶縁耐圧試験 (1,500V/1min) 絶縁抵抗測定 (DC500V) 機能検査 (配線及び動作)	外観検査 絶縁抵抗検査 回路抵抗測定 (参考値) 動作試験
	性能試験	—	温度試験

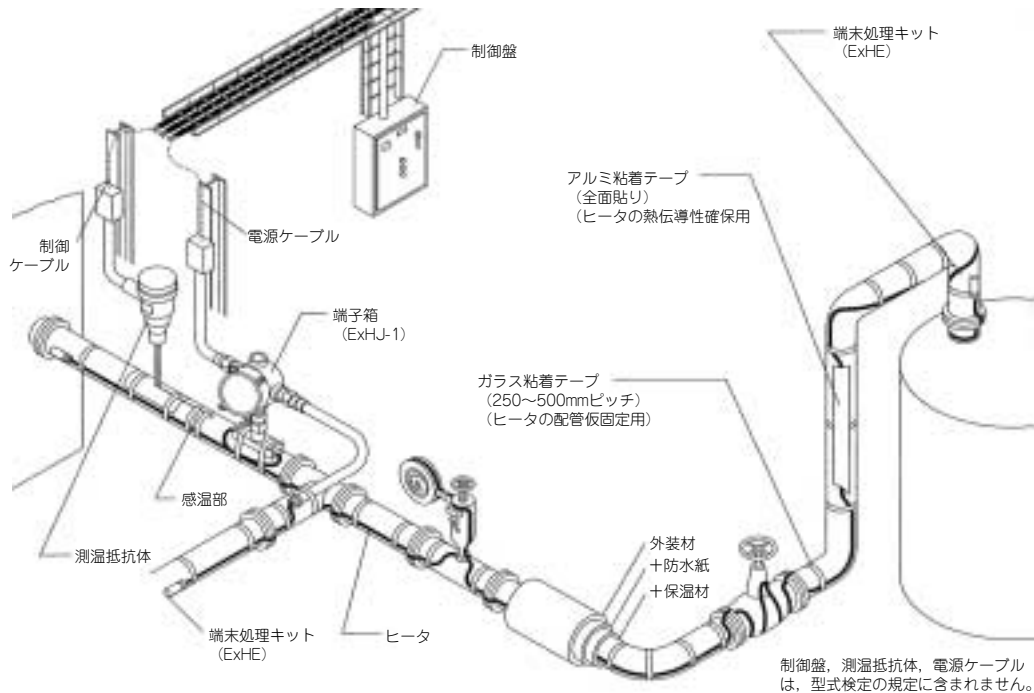


図5 一般的防爆式ヒータトレース工法による加熱システム例

6. 施工例

一般的な防爆式ヒータトレース工法の加熱システム例を図5に示すので、参考にして戴きたい。

7. おわりに

危険場所に設置できる電気加熱システムの「防爆式ヒータトレース工法」の概要を述べた。

弊社は、(株)フジクラと業務提携を継続強化し、MI（無機絶縁）ケーブルや高温用の自己制御型ヒータケーブルの海外調達を拡充するなど、ヒータ線材部門を充実させて来た。よって、より広範の加熱エンジニアリング（熱計算、ヒータ、保温、温度制御、電気設備の設計施工）が可能となった。

さらに、全国組織の工事体制で、施工保証とメンテナンス対応を行い、システムの信頼性を高めるように努力しており、併せてこの工法により、防爆型式検定品として危険場所向けに低コスト、省エネ、短納期対応のできる加熱システムで貢献することを目指している。

また、最近の動向として各種プラント（食品、薬品、塗料、化学、石油、油脂の送液等）は、多様化する需要に製造品目の多様対応が求められている。

この中で配管・機器・貯蔵タンクの加熱システムとしては、製品毎に変わる温度・搬送に対応容易な電気加熱方式が運転管理の自動化と省エネの面で特に優れているとして、同方式の採用が増え、スチームレス化が進んでいる。弊社はこれに応えるべく、①シーケンサ、光ケーブルを用いた高度なDCS（分散型CPUシステム）対応、②省エネ管理の面で電力監視モニターを用いた高機能の電気加熱設備などを完成させている。これからもさらに熱技術、トレースシステムの向上に努める所存である。

今後とも、弊社の「電気加熱システム」に対して、各位のご意見、ご指導をお願いする次第である。なお、お問い合わせは、工事事業本部 電熱担当（TEL：03-5796-2381）までお願いしたい。