

50 年の知見によるシミュレーションツール

村上 貴洋 （むらかみ たかひろ）株式会社リケンヒートテクノ 熱エンジニアリング部

要約 株式会社リケンヒートテクノは、加熱要素と装置設計を一貫して手がけるハイブリッドメーカーである。金属ヒータ「Pyromax」（最大使用温度 1200℃）とセラミックヒータ「Pyromax-Super」（最大使用温度 1700℃）をそろえ、広範囲の温度域をカバーする発熱体メーカーとしての顔を持つ一方、これらを搭載した工業炉などの熱処理装置を自社で設計・製造するエンジニアリングメーカーでもある。近年は、設備内の温度分布や被加熱物との熱授受を事前に把握し、顧客要求仕様の確実な達成やリスク回避を図るため、熱シミュレーション技術を積極的に導入。シミュレーションソフトメーカーと提携し、過去 50 年間に手がけた約 2,000 件の事例をデータベース化。ソフトの補正・チューニングを重ねることで、信頼性の高い熱解析ツールとして顧客に提供している。今回は、同社が開発した熱シミュレーションツールを用いて設計・製作した装置の温度分布を、解析結果と実測結果で比較した事例を紹介する。

1. はじめに

「加熱（冷却）」するという行為や技術は広く活用される一般的なプロセスである。これにより被加熱物（ワーク）の物理的・化学的反応や改質が促進され、工業分野では溶解、精錬、加工、熱処理などにおいて有効な手段となっている。

加熱源は、固体・液体・ガスなどの化石燃料による燃焼方式と電気方式に大別される。電気加熱は用途に応じて誘導加熱、アーク加熱、電子ビーム加熱、プラズマ加熱、抵抗加熱に使い分けられている。これから述べる抵抗加熱で実用化されている代表的な抵抗体は表 1 に示すとおりである。

抵抗加熱方式を採用した機器には、一般用・工業用を問わず、抵抗炉や電気炉がある。なお、熱処理対象のワークに必要な加熱熱量 W は、質量 w 、比熱 C_p 、温度差 D_t を用いて、一般的に $W = w \times C_p \times D_t$ で求められ、炉体を囲む耐火断熱材や付帯機器を含めて

加熱量を判断する。また反応熱や熱損失を考慮した熱試算となると、実績データから導出した簡易式グラフを用いて求めることもあり、それらが妥当な設計値であるかは実機稼働データの収集・比較により検証する。

一方で抵抗加熱はオームの法則（ $V = I \times R$ ）に基づき、抵抗体に電圧 V [V] を印加すると抵抗 R [Ω] に電流 I [A] が流れ、その電流により抵抗体内でジュール熱（ P [W] = $I^2 \times R$ ）が発生する。発生したジュール熱は伝導・対流・輻射の各方式を通じてワークを間接的または直接的に加熱するが、どの伝熱方式が支配的になるかは温度域や周囲環境、ワークと抵抗体（ヒータ）の物性および相性が重要な要因となる。

ここで図 1 に加熱形態のモデルを示す。従来は「物を早く加熱するにはパワーを大きくすればよい」という発想で炉を設計することがあった。しかしワークと加熱源のマッチングを最大化し、手間を最小限に抑えるため、熱流体解析（シミュレーション）技術を導入し、加熱状態を可視化し、解析結果を数値化して比較・提案する手

表 1 抵抗加熱で実用化されている代表的な抵抗体

抵抗体	金属系	ニッケル・クローム (NCH)
		鉄・クロム・アルミ (FCH)
		タングステン・モリブデン・タantal
		白金・白金合金
	非金属系	炭化珪素
		モリブデンシリサイト
		ジルコニア
		ランタンクロマイト
	融体系	カーボン
		ガラス 塩化物(塩化バリウム他)

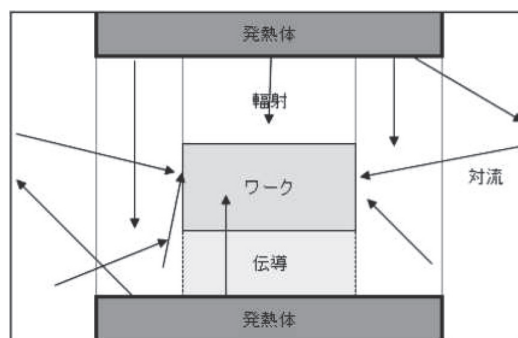


図 1 加熱形態のモデル