

抵抗加熱の基本と解析事例

田 伸 功 株式会社リケン環境システム 熊谷事業所 取締役 熱エンジニアリング部 部長

要約 低炭素社会のグローバル化を実現するために、リケン環境システムは Eco Thermal Technology（エコ・サーマル・テクノロジー：ET²）を展開・推進します。抵抗加熱分野において、最新の熱流体解析技術や材料に関する基礎技術と加熱装置のノウハウを駆使することにより抵抗体（発熱体・ヒーター）とワークのマッチングを最適化し総エネルギー効率の向上を図るものです。その結果を定量的にCO₂や、エネルギーコストをどの程度削減出来るか、スペースはどうか、温度分布の性能は期待される範囲内か等を数値化し提案していくものです。

1. はじめに

「加熱（冷却）」するという行為・技術は広い分野で用いられる、ごく一般的な方法である。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得られ、工業社会において溶解・精錬・加工・熱処理などに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の燃焼と電気によるものに大別され、電気加熱は用途に応じて誘導・アーク・電子ビーム・プラズマ・抵抗加熱として使い分けされている。

抵抗加熱として実用化されている代表的な抵抗体は、表1に示される。

表1 各種抵抗体

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

以下、抵抗加熱の基本から総エネルギー効率の向上の取り組みを、具体的に解析事例で述べる。

2. 抵抗加熱の基本

“抵抗加熱”を利用した一般用・工業用機器に各種のヒーターユニット・抵抗炉・電気炉がある。これら機器の効率を100%とすることは不可能であり複雑な使用条件では10%に満たないこともある。

各機器は

ワークの必要とする加熱熱量 W （カロリー cal）

$$W = w \cdot C_p \cdot \Delta t$$

質量 w 、比熱 C_p 、加熱温度 Δt

を求めることから始まる。

さらに、これを取り囲む耐火断熱材や付属機器も考慮し最終電気容量を決定していくが、反応熱や熱ロス等の一つずつ積み上げる熱試算方式の場合もあれば、実績から導いた簡易式・グラフを用いて求める（妥当な設計値かどうかは実機データを収集し比較）ことも一般的である。

抵抗加熱の基本は

$$V = I \cdot R$$

で表されるオームの法則にある。

各種抵抗体に電圧 V （ボルト V）を印加すると抵抗体 R （オーム Ω ）に電流 I （アンペア A）が流れる。

結果、抵抗体はジュールの法則から

$$P = I^2 R$$

熱量 P （ワット W）のジュール熱を発生する。このジュール熱は伝導・対流・放射（輻射）により、被加