

電気式加熱技術の歴史

エネルギー応用研究所 お客さま技術グループ 効率利用チーム

1

電気式加熱技術の歴史

人間が地上に現れたのが約500万年前、火を手に入れたのが40～20万年前とされています。^[1]

火は、人類に「灯り」、「食物の煮炊き」、「土器類の焼成」、「石器の加工」、「金銀銅鉄の精練加工」、「蒸気による動力」といった用途をもたらし、進展してきました。その源は、薪・炭・ガス・重油などの燃焼によって得られるものでした。^[2]

電気の研究が進展し、理論体系化されはじめたのは、1800年にヴォルタによる電池の発明があつてからです。熱源として電気が登場するのは、41年にジュールが電流による熱発生を確認してからです。この発見により、電気は、「加熱」の仲間入りをしました。

送電技術が確立し、電力が輸送できる90年代になると、燃焼では得られないより高温の加熱が利用できるようになりました。日本においても、電気炉、電鉄、電灯が電力需要の3本柱であり、1920年代には名古屋電燈(株)の製鉄部門、揖斐川電気工業(株)、木曾電気製鉄(株)などが鉄鋼を生産しました。

その後も電気加熱は発展し、従来の燃焼方式に比べて、高い温度制御性・加熱効率、容易な局部加熱・起動停止、急速加熱、高温加熱、優れた作業環境という特徴を活かして、様々な加熱方法を生み出しました。

電気加熱の中でも、比較的安価で、広く普及している技術である、抵抗加熱、誘導加熱、アーク加熱、電磁波(赤外線、マイクロ波)加熱について紹介します。なお今回割愛しましたが、ヒートポンプも電気加熱の一員です。詳細は技開ニュースNo.96、97「ヒートポンプ式空調機器開発の歴史」を参照ください。

2

各種電気式加熱技術の進展

(1)抵抗加熱

電気加熱の中でも、抵抗加熱ほど広い範囲に利用されているものはありません。産業用では、1870年には鉄鋼を溶解したという記録があります。^[3]

家庭用では、電気温水器をはじめ、ヘアドライヤー、ホットプレート、便座など幅広く利用されており、ニクロム線やセラミックヒータがその熱源として用いられています。また、産業用では、自動車や家電機器の部品や工業用諸材料の加熱処理などに広く利用されています。

(2)電磁誘導加熱

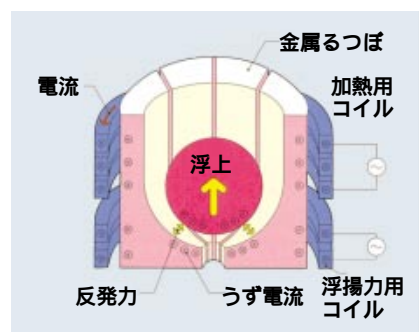
1820年にエルステッドは、電流が磁場を作り出すことを発見し、ファラデーは逆に磁気が電気を作り出すことも可能ではないかと考え、31年に電磁誘導理

論を確立しました。この方式は、融点まで容易に加熱できるため、90年に金属の溶解に利用されました。現在でも、鉄鋼業界の電気炉メーカーはこの誘導炉を多く利用しています。

当社では、優れた温度制御性に着目し、繊維の形態安定を可能とする「IHオートクレーブ(圧力釜)」を開発し、2003年に商品化しました。圧力釜本体の加熱により蒸気を発生させるため、温度制御が容易で、加熱のためのボイラーや蒸気配管が不要なため、コンパクトになっています。

家庭用では、IHクッキングヒータに利用されています。1989年に当社と(株)東芝がハイパワーな200V卓上タイプを開発し、その後の急速な普及の先駆けとなりました。

一方、1904年にフレミングの左手の法則により、磁場と誘導電流によって磁気浮揚溶解炉が予言されました。当社は、95年に科学技術庁金属材料技術研究所、富士電機(株)と協力して、磁気浮揚溶解炉を世界で初めて商品化しました。この装置は、るつぼからの溶け込みがなく、純度の高い高融点金属の溶解ができるため、チタン鑄造用に利用されています。



磁気浮揚溶解のメカニズム

(3)アーク加熱

アーク加熱は、アークという放電現象を加熱に利用しています。アークの温度は3,000～6,000といわれており、燃焼では得られない高温が得られます。産業用では、1879年に鉄くずの再溶解、86年にアルミニウムの電解精錬に利用したという記録があります。

日本においては、1910年代頃、高級な特殊鋼の溶解・精錬に多く採用され始めましたが、電極消耗が早いことやフリッカという放電の途切れによる高周波ノイズが発生することから、誘導炉などに転換されています。現在は、鉄鋼業界の一部で、簡単な仕組みで大量のエネルギーを投入できるという利点から、採用されています。

(4)電磁波加熱

1864年にマクスウェルが数学的な手法で電磁波の存在を予言し、88年にヘルツが実験的に確認しました。

ア 赤外線加熱

赤外線は太陽の熱線や炭火の熱線と同一のもので、波長が高分子の振動エネルギーに一致するため、エ

第1表 電気式加熱の原理と適用例

| 加熱方法 | 原 理 | 特 徴 | | | 適 用 例 |
|-------|---------|---|-------------|----------|---|
| | | 温度() | 効 率 | そ の 他 | |
| 電 気 式 | 抵 抗 | ・物体に電流を流すと熱が発生(ジュールの法則) | ~2,800 | 100%*1 | 金属 溶解、焼結 焼入、焼鈍 乾燥 ガラス 溶解、アニール セラミックス 乾燥、焼結 半導体、合金 単結晶化 |
| | 電 磁 誘 導 | ・磁束変化により金属にうず電流を誘導 ・そのジュール熱で自ら発熱 | ~融点 | 90% | |
| | アーク | ・アークという放電現象を利用 | 3,000~6,000 | 90% | 金属 溶解、溶接、切断 セラミックス 溶解 輸送・電機 焼付塗装 プラスチック 硬化、アニール ガラス 溶解、アニール ゴム 加硫*2 食品 調理、解凍、乾燥 セラミックス 乾燥、焼結 |
| | 赤外線 | ・赤外線ヒータは、熱線(赤外線)を放射 ・その放射エネルギーによって加熱 | ~800 | 90% | |
| 電 磁 波 | マイクロ波 | ・高周波電界内では極性のある物質(水やアルコールなど)は高速で反転振動 ・その摩擦熱によって自ら発熱 | ~融点 | 60% | |
| 燃 焼 | 焼 | ・ガス・重油の燃焼熱によって加熱 | ~800 | 20~80%*3 | 金属 溶解、切断 紙・パルプ、化学 繊維、窯業、食品 乾燥 ガラス 溶解、アニール |

*1 直接通電の場合

*2 硫黄や炭素を添加することで耐久性を向上

*3 20%:直火、80%:蒸気発生

エネルギー吸収に優れています。

赤外線ヒータは、温度の高い物体がその温度に応じた熱線を放出する原理を利用しています。

1934年に赤外線の高い吸収特性を活かし、石英ガラスの溶解に使われました。日本では、80年代に食材を加熱すると美味しくなると言われる「遠赤効果」が流行し、業務用の赤外線調理器が普及しました。

家庭用では、炬燵やオープンレンジといった身近な製品に利用されています。

90年代は、IT需要で、携帯電話やパソコンなど精密プラスチックの部品加工や基板製造のプロセスに採用され、成長してきました。

当社では、99年にノリタケカンパニーリミテド(株)と協力して、赤外線の高いエネルギー密度の特徴を活かして、他熱源に比べて加工コストを50%に低減したプラスチックの連続式アニール(歪み取り)装置を開発・商品化しました。

イ マイクロ波加熱

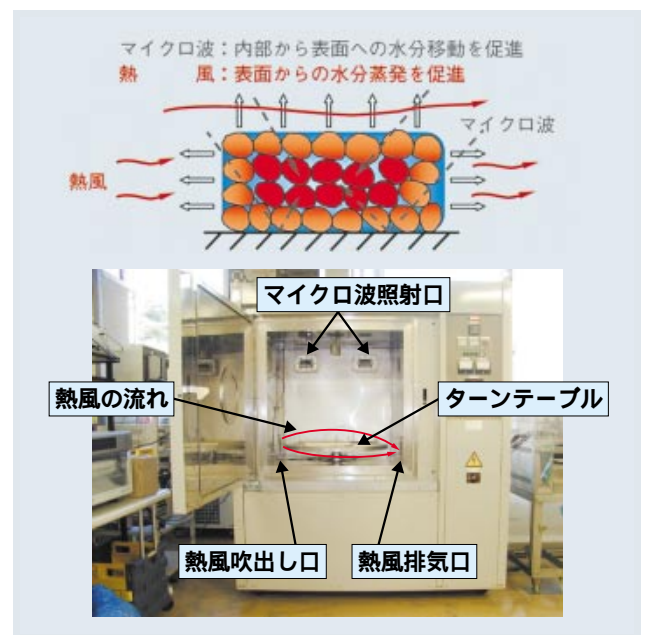
1921年にヒュルがマグネトロンというマイクロ波発振管を開発しました。さらに、35年にヘイル兄弟がクライストロンという大容量のマイクロ波発振管の原理を提唱したのに続き、37年にバリアン兄弟がクライストロンの開発に成功しました。

マイクロ波は通信に利用できるため、軍事連絡やレーダなど軍事技術として開発されてきました。加熱への応用は、マイクロ波のアンテナをメンテナンスする技師が火傷したことから始まりました。

日本では62年に業務用の電子レンジが、66年には家庭用の電子レンジが開発され、身近になっています。産業用には、戦後、誘電物質を内部から直接加熱できる特徴から応用範囲が拡大し、食品類の調理、解凍、乾燥をはじめ、ゴムの加硫やセラミックスの乾燥等に利用されています。

当社では、93年に陶磁器生地の乾燥時間を短くす

ることを目的に、マイクロ波乾燥装置を開発しました。98年には、マイクロ波の内部加熱による水分拡散と熱風による表面からの水分蒸発を組み合わせたマイクロ波併用対流乾燥装置を開発し、その装置を使用した安価な乾燥方式を食品、窯業分野へ提案しています。



マイクロ波併用対流乾燥装置

3 今後の方向性

加熱方式の高効率化、処理コストの低減により、利便性を追求すると共に、お客さま製造プロセスの改革に向けた技術調査などのソリューション活動により適用分野の拡大を図っていきます。

参考文献

[1] 工業善通: 火を駆使する文化の創造 日本古代史(1)集英社(1956)

[2] 島尾詠、ギリスビー著: 科学思想の歴史、みすず書房(1972)

[3] History of Electro-heat: UIE(国際電熱連合)(1966)