

産業電化への期待と普及に向けた取り組み

Expectations for industrial electrification and efforts to spread them

浜屋敷 毅*

1. はじめに

近年、地球温暖化が原因と考えられる豪雨や熱波などの異常気象、またこれによる大規模水害や森林火災の発生など枚挙にいとまがない。これら気候変動によるリスクの回避や、2016年11月に発効した「パリ協定」などを背景に、世界各国で中長期的には脱炭素社会の実現を目指すとした目標や行動計画が盛んに提起されている。

脱炭素化を進める各国の共通点は、太陽光、風力などの自然エネルギーの導入によるエネルギー供給側の低炭素化と、エネルギー利用側における省エネルギーや、使用エネルギーを化石燃料から電気に転換していく「電化」の取り組みである。中長期的には再生可能エネルギー由来の水素利用なども加わる。

本稿では、脱炭素化のための需要側の対策として、今後、一層注目を浴びるであろう「産業電化」について、現在の適用状況や課題、普及に向けた取り組みについて紹介する。

2. 長期削減のシナリオと産業電化への期待

国内の最終エネルギー消費を部門別で見ると、製造業が最も多く全体の約43%を占めており、ガスや石油など化石燃料を直接消費する割合が大きい。(図1参照)

需要場所でガスや石油を燃焼すれば必ずCO₂が排出される。脱炭素化の実現に向けては、この電力以外のエネルギー消費の部分で脱炭素化を進めることが重要である。

昨年6月、日本政府は「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」を公表した。基本的な考え方(ビジョン)の中で、今世紀後半のできるだけ早期に、最終到達点として脱炭素社会を実現することを掲げ、エネルギー、産業、運輸、地域・くらしの各分

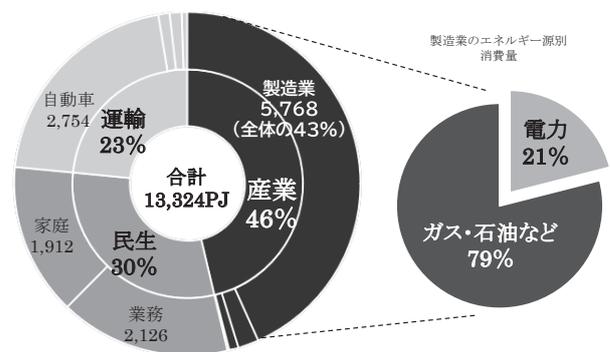


図1 最終エネルギー消費量 (2016年時点)

* 総合エネルギー統計に基づき作成

産業の製造業以外は、農林水産業 (257PJ)、建設業 (120PJ)、鉱業他 (19PJ)
運輸の自動車以外は、船舶 (149PJ)、航空 (149PJ)、鉄道 (70PJ)

野の対策・施策とともに、分野横断的な施策が示されている。図2はこの長期戦略の中で「電化」に関する記載箇所の引用である。電源の脱炭素化の取り組みと合わせて、最終エネルギー消費における「電化」は、「産業プロセスでの化石燃料消費を削減」、「プロセスの制御性を高めることによるエネルギー消費の低減」、そして「生産プロセスへの付加価値の提供」などの記載があり、「産業電化」に対する期待が読み取れる。

3. 産業電化(エレクトロヒート)の優れた特性

産業分野においてエネルギーは、動力、照明、熱源など様々な用途で使用される。熱源に用いられるエネルギーは各種あるが、電気を利用して加熱・冷却する機器・システムをエレクトロヒートと呼んでいる⁽¹⁾。エレクトロヒートは熱を発生、または熱を再利用するもので、図3のような加熱方式がある。

* 一般社団法人 日本エレクトロヒートセンター 企画部長

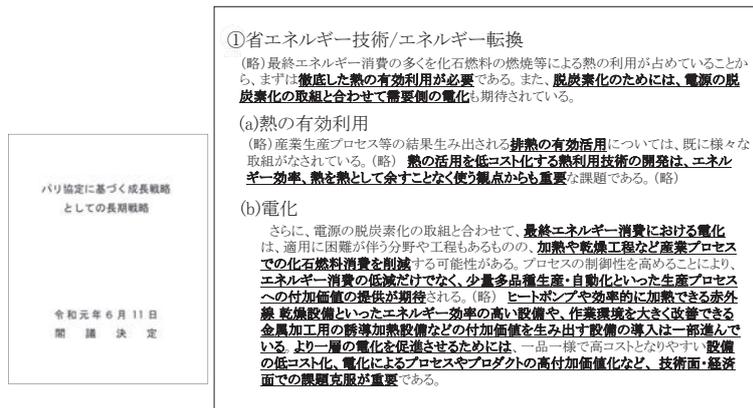


図2 パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略(2019.6.11閣議決定)
 *本文「第3章：重点的に取り組む横断的施策」「第1節：イノベーションの推進」「2. 施策の方向性」
 「(4) 個別分野における実用化に向けた課題の「見える化」」から引用

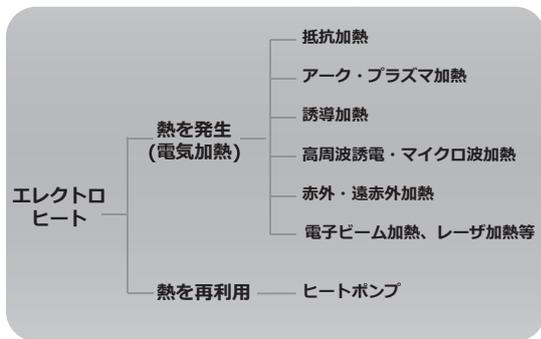


図3 エレクトロヒート

本節ではエレクトロヒートの特徴や、産業分野におけるエレクトロヒートの適用状況などを概観する

とともに、具体的な導入事例を紹介する。

3.1 電気加熱の特徴・適用状況

エレクトロヒートは、電気が持つ様々な原理や特性によって対象物を色々な方法で加熱することができる。電気により発生する熱で対象物を間接的に加熱するだけでなく、必要部分を直接的に加熱することもできるため、高い省エネルギー性を有し、制御性にも優れ、急速かつコンパクト、さらには高温度に加熱できるといった様々なメリットを有する。

加熱方式としては、抵抗、誘導、誘電、赤外線、アーク・プラズマなどがあり、対象物や温度、加熱方法などに応じた方式を選択することができる。図4は、

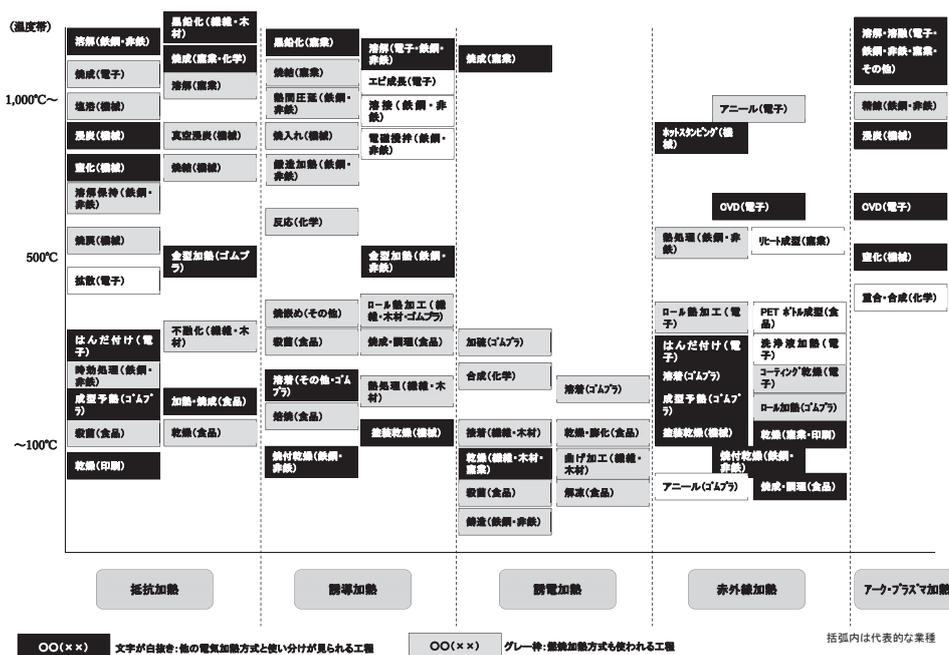


図4 加熱方式別の適用業種・適用用途
 *各種調査、ヒアリング結果をもとに作成

加熱方式別の適用業種・用途を示したものである⁽²⁾。100℃以下の低温度から1,000℃以上(最大1万℃超)の高温の加熱にも対応できるなど幅広い温度域への導入が可能であり、多くの業種・用途への適用が見込める。

3.2 産業用ヒートポンプの特徴・適用状況

投入したエネルギーの何倍もの熱エネルギーが得られるヒートポンプは、CO₂排出量・一次エネルギー消費量の削減、さらには廃熱や未利用熱を活用できる重要技術として世界的にも大きな注目を集めている。家庭や業務、産業分野の空調・給湯用途に広く普及しているが、今後、更なる普及が期待されているのが製造業の加温・乾燥プロセスなどの加熱用途である。

製造プロセスの加熱用途に対応する「産業用ヒートポンプ」は、2000年代後半に70℃レベルの高温水の取り出しができる製品が市場投入され、その後、さらなる高温化や大容量化、冷温同時供給など市場ニーズに応じた技術開発が進められてきた。産業用ヒートポンプから取り出される熱媒体「温水・熱風・蒸気」で区分し、最終的に7種類の商品に分類したものを図5に示す。また、製造工程の中でどのような用途に温熱が使われているのかを示したのが図6である。洗浄・殺菌・加温・保温・反応・乾燥・蒸留・濃縮といった用途があり、産業用ヒートポンプの導入が進みつつある。⁽³⁾

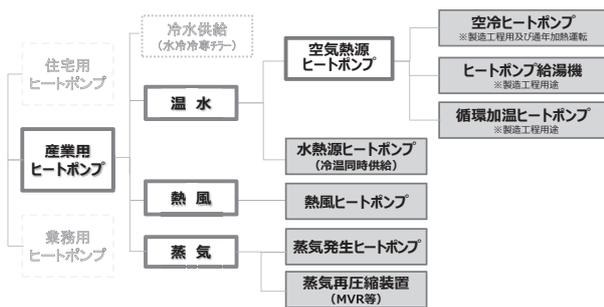


図5 産業用ヒートポンプの種類

3.3 赤外加熱による塗装乾燥への導入事例

事例の1つ目は、建設機械部品の製造工場において、塗装後の乾燥工程への「赤外加熱」の導入事例⁽⁵⁾である。これまでのガスを燃焼する熱風炉では、乾燥効率が悪く、長い炉長を確保する必要があり、熱が外部に流出してしまうことによる大きなエネルギー損失が生じていた。これに対して、赤外線と熱風を併用したハイブリッド方式に更新したことで、省エネ・省CO₂だけでなく、炉長の短縮(52m→32m)による製造ラインのコンパクト化と生産スピードの向上が図られた。図7、8に、更新後の塗装・乾燥ラインの概要と、赤外加熱を採用した炉の写真を示す。一次エネルギー使用量、CO₂排出量の削減率はそれぞれ▲50%、▲45%である。

塗装後の乾燥工程は、自動車及び同部品、産業機械・家電など多くの製造ラインに存在しており、塗装乾燥炉のエネルギー消費が工場全体の70%を占めている例もあるなど多くのエネルギーを消費する。乾燥工程の省エネは、エレクトロヒートの採用が鍵となる。

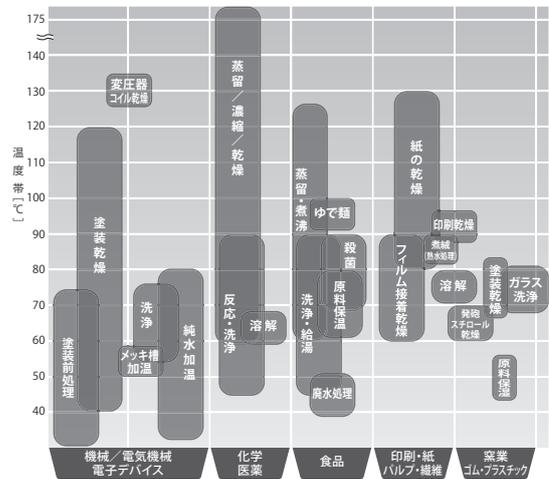


図6 製造工程における温熱用途

* 産業用ヒートポンプの適用先・導入事例をもとに作成

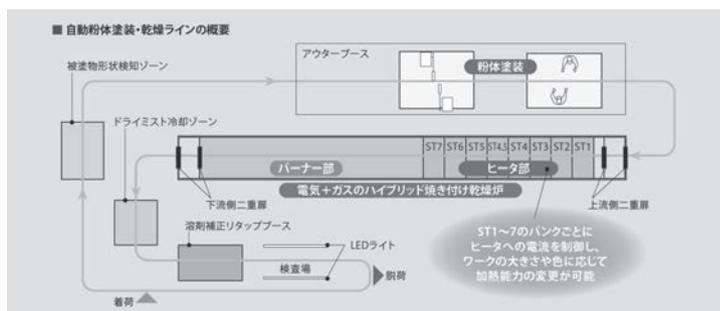


図7 自動粉体塗装・乾燥ラインの概要



図8 赤外線と熱風を併用した乾燥炉

3.4 ヒートポンプ式濃縮装置の導入事例

事例の2つ目は、排液の濃縮工程に「ヒートポンプ式濃縮設備」を導入した事例である。この工場では機能化学品を製造しており、製造過程で発生する排液は有機成分を含むため、そのままでは下水処理ができず、排液を蒸気で加熱し、濃縮・減容化をしていた。

生産増に伴う排水量増加への対応や、エネルギーコストの削減を目的に、従来は回収できずに排気していた蒸発ガスを、圧縮・昇温できるヒートポンプ式濃縮設備を新たに導入した（図9参照）。

蒸発缶に投入された排液の中に含まれる水分は、高温に加熱された伝熱管表面に触れて蒸発ペーパーとなる。蒸発ペーパーは圧縮機で圧縮されることにより3℃程度温度が上昇する。そして熱源として伝熱管内部に供給され、排液を蒸発させた後は凝縮水として排出される。濃縮排液は蒸発缶の下部から回収されて産業廃棄物となる。

設備を起動するときのみ外部から蒸気を供給する必要があるが、定常時はほぼ電力のみで濃縮が進み、捨てられる熱がほとんど発生しない「熱エネルギーの循環利用システム」を構築することができた。従来設備は外部から常に蒸気を供給する必要があったが、更新により、一次エネルギー使用量、及びCO₂排出量の削減率はともに▲95%を達成、また、従

来設備では排液中に含まれる樹脂の伝熱管への付着が著しく、清掃作業に時間を要していたが、更新後は、蒸発缶内の真空度を上げ、低温度で蒸発させることで、樹脂の付着を大幅に少なくすることができた。

本事例はこのような大きな省エネルギーや生産性向上、他社への展開が図れる事例として評価され、2019年度の省エネ大賞 省エネ事例部門「テーマ名：“熱のリサイクル”を利用した濃縮工程の省エネ革新」として資源エネルギー庁長官賞を受賞⁽⁶⁾している。

4. 産業電化の普及に向けた取り組み

産業電化（エレクトロヒート）の特徴やメリット、製造業における適用状況などを述べてきたが、普及への課題や障壁も存在しており、普及を加速していくにはそれらをクリアしていく取り組みが重要である。

製造業には多様な生産ラインや設備・機器が存在し、そこで使われるエネルギーの種類や量、対象物に投じる熱の温度・時間などは個々に異なる。また、それらは各企業のノウハウでもあるため非公開な部分も多く、家庭や業務分野のように水平展開が容易ではない。

日本のものづくりは、約2万軒という非常に多くのユーザーに支えられ成り立っている。図10は、図の左にユーザーの実態として、電化（エレクトロヒート）に対して未検討、検討中、導入済の3つに模式的に分類し、その右側にユーザーの取り組み、普及への課題・障壁、それに対する対応策などを列記した。

ユーザーの取り組みとして共通するテーマは、省エネ・省CO₂や生産性向上、CSRなどが挙げられ、検討中の領域においては、導入に向けたF/S（フィジビリティスタディ）や予算化、導入済の領域においては、効率運転や、増設に向けた検討などが行われる。

普及への課題・障壁としては、未検討の領域では、ユーザーのエレクトロヒートに対する認知度向上や検討のきっかけとなる要因（検討のトリガー）が無いなど、また検討中の領域では、検討に要する時間・人材の充当が困難、導入コストが高いため投資の優先順位が低いなどが挙げられる。

これらの課題・障壁に対する対応策として、高効率機器など優れた製品、及びその製品の具体的な適用事例や導入メリットを多くのユーザーに知ってい

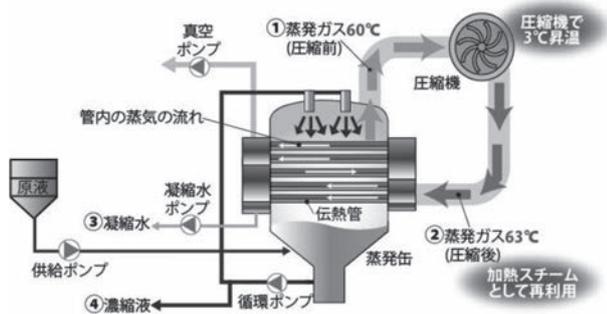


図9 ヒートポンプ式濃縮設備

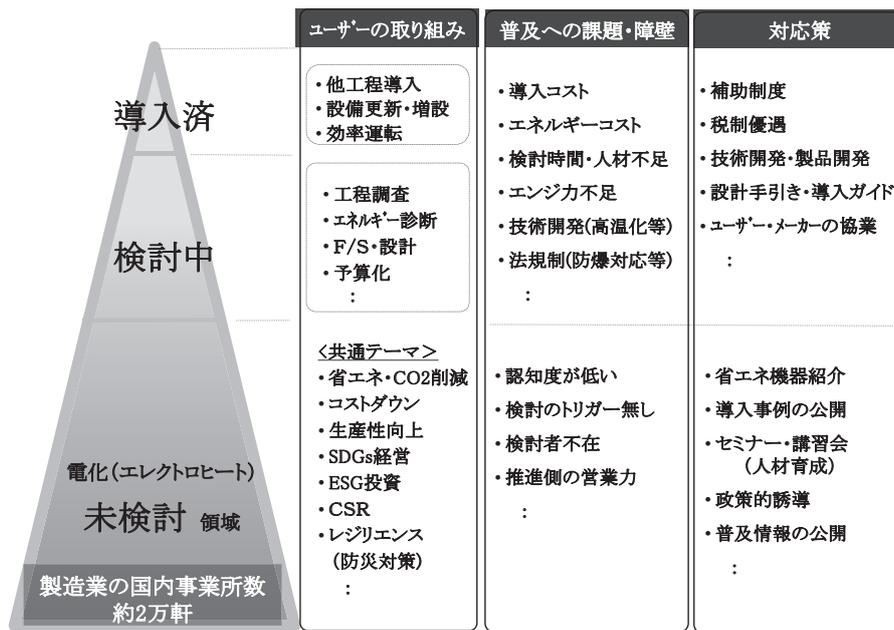


図10 製造業におけるユーザーの取り組みと電化普及への課題・対応策
*ユーザーへのアンケート，メーカーヒアリングなどをもとに作成



図11 エレクトロヒートに関する図書・ガイド，産業用ヒートポンプ運営サイト

ただ、さらには、普及実績などを公開していくことが検討を促すために効果的である。また、検討の手順や内容を紹介するガイド類の整備、技術検討ができる人材の育成、ユーザーとメーカーの協業進展による新しい製造装置の導入・開発に繋げていくことが重要となる。参考として、日本エレクトロヒートセンターの発行図書・資料や、運営サイト⁽⁷⁾を図11に紹介する。

エレクトロヒートは良いものと分かっているが導入コストが高い、という話をユーザーから聞くことがある。既存設備への組み込みなどオーダーメイドとなる場合が大半で、設備費に加えて調査や設計、工事に係わる人材や時間、費用が発生する。国内のみならずグローバルな競争の中で、環境投資に力を注げない企業も多く、製造ラインでの実装を図るた

めには、経済合理性の視点が必要になる。そのためには、導入費用の低減につながる国や自治体による補助制度の充実化とともに、産業界や開発メーカー、研究機関、関係団体など日本全体で電化の推進につながる政策的な後押しも必要だと考えられる。

5. 最後に

脱炭素化を実現するには様々な分野での取り組みや技術の進歩が不可欠で、どれも一朝一夕に進むものではない。また、今回紹介した2つの事例も大きなCO₂削減につながったものではあるが、脱炭素(CO₂排出ゼロ)の技術ではないことも事実である。しかしながら、地球上のCO₂濃度は徐々に増加しており、温暖化によるリスクを減らしていくには、実行できる対策に、今から取り組むことが求められる。

今後も産業分野における電化技術の適用状況や導入事例を公開していくことで、普及への加速、新たな適用先や応用事例の展開、さらには機器・システム開発といったイノベーションの創出につながることを期待したい。

また、産業分野の脱炭素化に向けては、本稿で紹介した加熱用途に対する電化とともに、再生可能エネルギー由来の電力の適用拡大や、石油や石炭などCO₂を含む原材料を、水素やCO₂そのものを活用していく取り組みが、国内外の研究機関・プログラムで始動している。これらの技術や動向の収集も進

め、広く発信していくことで、脱炭素社会の実現に貢献してまいりたい。

6. 参考文献

- 1) 「新訂版エレクトロヒートハンドブック」(2019年4月1日発行 オーム社)
- 2) 「エレクトロヒート [電気加熱システム] 活用ガイド」(2019年4月1日発行)
- 3) 「産業用ヒートポンプ活用ガイド」(2017年3月発行)
- 4) 「産業用ヒートポンプ導入量把握調査 結果報告書」(2020年1月発行)
- 5) 「これからの時代 ものづくりに電気 vol.6」(2019年3月発行)
- 6) 「2019年度省エネ大賞」省エネ事例部門 全応募事例集(一般財団法人省エネルギーセンター)
- 7) アドレス：<http://sangyo-hp.jeh-center.org/>

筆者略歴



浜屋敷 毅 (ハマヤシキ ツヨシ)

1967年生まれ、鹿児島県出身

1990年成蹊大学工学部電気工学科卒業

同年エネルギー会社入社

1995年より営業開発・法人営業部門に従事

2017年7月より現職