

ELECTRO-HEAT

エレクトロ

ヒート

2018 NO.218

平成30年3月発行

特集 第12回エレクトロヒート
シンポジウム

特別
寄稿

需要部門の貢献による低炭素化の可能性

特別
寄稿

メタノール蒸留工程における廃熱を活用した
省エネルギーの取り組み



一般社団法人

日本エレクトロヒートセンター

JAPAN ELECTRO-HEAT CENTER



平成30年3月発行

March 2018

目次 CONTENTS

普及広報委員

委員長

青木 美貴

(東京電力エナジーパートナー)

副委員長

釣 祐二 (中部電力)

藪 敏行 (中国電力)

委員

中村 昌恵 (北海道電力)

菅原 幸喜 (東北電力)

大崎 英昭 (北陸電力)

中川 貴元 (関西電力)

白城 昌紀 (四国電力)

佐伯 佳久 (九州電力)

谷野 守彦 (高周波熱錬)

大浜 聖 (サーマル)

志村 昭広 (沖縄電力)

浅野 雅彦 (日新電機)

事務局

井上 和茂 (JEHC)

鈴木 利江 (JEHC)

巻頭言

エレクトロヒートが拓く生産革新と省エネ・低炭素社会

東京電力エナジーパートナー(株) 佐藤 育子

特集 第12回エレクトロヒートシンポジウム

～基調講演～

省エネルギー政策の現状と課題…………… 1

経済産業省 資源エネルギー庁 吉田 健一郎

「電化イノベーション」による
地球温暖化対策の長期戦略…………… 6

キャノングローバル戦略研究所 杉山 大志

エレクトロヒートは何が優れるか？
普及拡大の課題は？…………… 11

(一社)日本エレクトロヒートセンター 内山 洋司

(一社)日本エレクトロヒートセンター 井上 和茂

～技術発表～

航空機部品塗装設備へのヒートポンプ活用事例…………… 16

東芝キャリア(株) 井場 功

過熱水蒸気オープン
SV ロースター HОTMAX の特徴…………… 22

(株)中西製作所 乾 晴行

過熱蒸気発生装置 -UPSS-
1200℃の水による熱処理革命…………… 26

トクデン(株) 山村 佳彦

マイクロ波の化学プラントの発振器需要…………… 30

マイクロ波化学株式会社

大阪大学大学院工学研究科 塚原 保徳

《ディスカッション》
エレクトロヒートを普及拡大させるには…………… 34

連載講座

- [社会とエネルギー]
エネルギー資源 37
（一社）日本エレクトロヒートセンター 内山 洋司
- [厨房の温熱環境と作業者の生理負荷・負担感に関する考察]
スチームコンベクションオープン使用時の
暑熱曝露と体温変化量の関連 42
日本女子大学 松月 弘恵
- [ニュークックチルシステム導入事例]
喜ばれる病院食をめざして
国立大学法人 佐賀大学医学部附属病院 47
佐賀大学医学部附属病院 深町 和之
- [躍動するエレクトロヒートボーイ]
沖縄電力株式会社 ソリューション営業部 51
沖縄電力(株) 金城 忠樹
沖縄電力(株) 金城 聡
沖縄電力(株) 普天間 広樹

特別寄稿

- 需要部門の貢献による低炭素化の可能性 55
東京大学 生産技術研究所 萩本 和彦
- [H29 省エネ大賞「経済産業大臣賞」受賞]
メタノール蒸留工程における廃熱を活用した
省エネルギーの取り組み 64
名糖産業(株) 村瀬 勝俊
三菱 UFJ リース(株) 望月 淳
木村化工機(株) 松尾 洋志
（一社）日本エレクトロヒートセンター 井上 和茂

センター活動

- センター活動報告 69
機関誌掲載論文一覧 75

コラム

- 上杉雪灯籠まつり（毎年2月上旬の土日に開催） 21
（一社）日本エレクトロヒートセンター 三木 俊也
- 肉じゃがの秘密 46
石井 順
- 沖縄の観光～冬編～ 54
沖縄電力(株) 渡慶次 英輝
- 縄文杉にパワーを！ 70
中国電力(株) 藪 敏行

「電化イノベーション」による地球温暖化対策の長期戦略

杉山 大志 (すぎやま たいし) キヤノングローバル戦略研究所 上席研究員

要約 地球温暖化対策としては、地球の温度上昇を2度以下に抑えることが国際的な目標とされており、このためには長期的には大規模なCO₂等の排出削減が必要とされている。この実現のための方向性として、運輸部門においては、自動運転・シェアリングとの相乗効果で電化が進むことへ期待が高まっている。これは運輸部門に留まるものではなく、民生部門・産業部門においても、ICT (AI・センサー・IOT) 等のイノベーションとの相乗効果で電化を進める機会がある。かかる「電化イノベーション」のビジョンを検討して共通の期待を形成し、技術開発を進め、ビジネスのエコシステムを発達させていくことが望ましい。

1. はじめに

地球温暖化対策としては、地球の温度上昇を2度以下に抑えることが国際的な目標とされており、このためには長期的には大規模なCO₂等の排出削減が必要とされている。これを実現するための手段としては、「電化」(=最終エネルギー需要における電力の比率の増大)と「電気の低炭素化」(=発電電力量あたりのCO₂排出量の低減)が両輪であることは、既に国際機関・省庁・産業界・NGO等、幅広い立場を超えたコンセンサスとなっている。以上については詳しくはすでにエレクトロヒート2016年No.210の拙稿「歴史的な認知が進む、温暖化対策における電化の役割」で報告したので参照されたい。

以下本稿では2017年12月7日に開催されたエレクトロヒートシンポジウムにおける講演から抜粋し、「電化イノベーション」による地球温暖化対策の長期戦略について論じる。

2. 歴史的趨勢としての電力化：過去と現在

図1で、過去の電力化率(=最終エネルギー需要に占める電力の割合)を見てみよう。国によってエネルギー需要の構成が異なるのでばらつきはあるものの、以下の傾向ははっきりしている。すなわち、電力化率は、あらゆる国で、一貫して上昇してきた。そして、電力化率は所得水準にも依存するが、それ以上に、同

じ所得水準であっても、時間とともに電化率が大きく上昇してきた。

所得水準が上がるにつれて電化が進んできたのは、電気が、便利・安全・クリーンだからである。所得水準が同じであっても時間と共に電化率が上昇してきたのは、技術進歩によって、次々に新しい機器が利用可能になり、かつそのコストが低下してきたからである。

今後も、この傾向は変わらないだろう。電力化率は、一貫して、時間と共に上昇する。それは、経済成長が早ければ勿論加速されるが、仮に経済成長が遅くても、技術進歩に伴って電化率は上昇していくだろう。

このように、電化は趨勢として進行するが、これを更に進めることで地球温暖化問題を解決しよう、というのが現在の世界で幅広く共有されているコンセンサスである。

3. 運輸部門における「電化イノベーション」への期待

運輸部門については、電気自動車・自動運転・カーシェアリングの3つの組み合わせによって、乗用車部門からの温室効果ガス排出削減を大幅に減らすことができるという見積もりが複数発表された。中には、2050年時点で、世界全体の乗用車による温室効果ガス排出の80%を削減できるとする報告もある。大幅な排出削減が可能になるのは、電化によって低炭素の電源を活用すること、自動運転やカーシェアリングによって渋滞の緩和等による効率向上が図れるためとさ

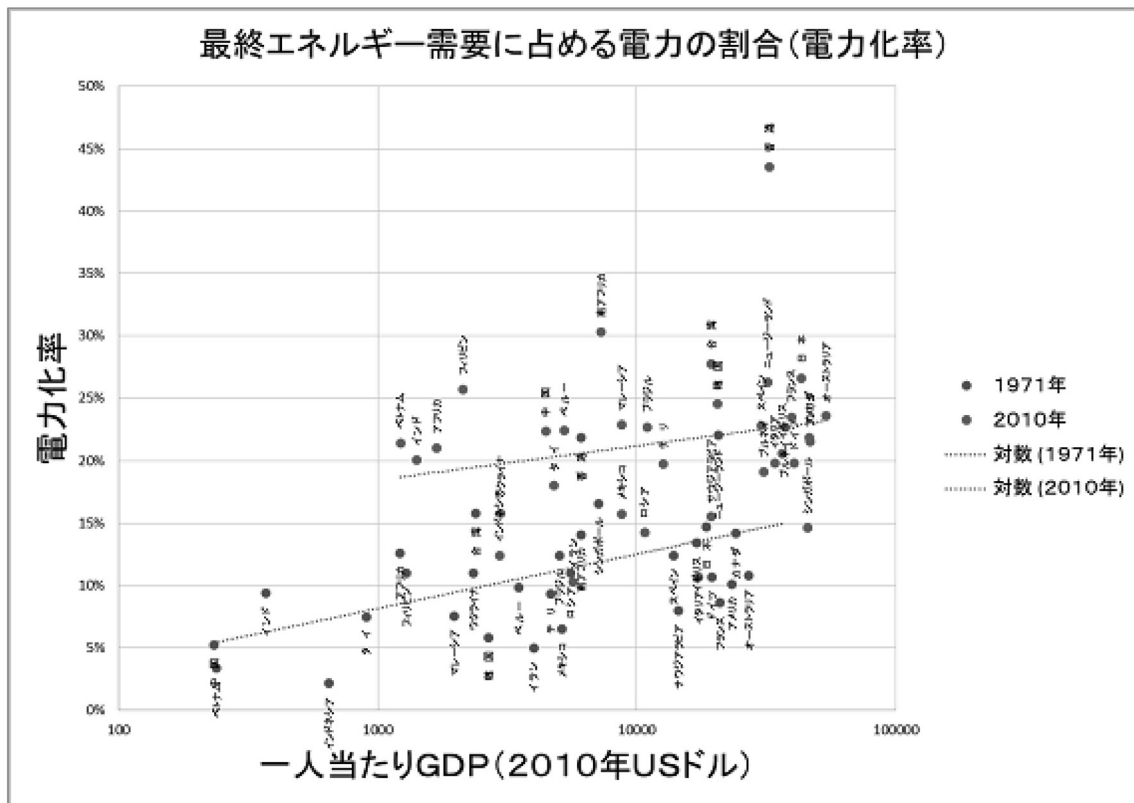


図1 最終エネルギー需要に占める電力の割合

れる。ただし、利便性の向上によって温室効果ガス排出がかえって増大する可能性もあり、大幅な排出削減を可能にするには、リバウンド効果を抑制する適切な政策介入が必要となる。

貨物部門についても、ICTの活用による効率向上と物流の最適化、電化等の燃料転換によって、75%の温室効果ガス排出削減が可能という見積りがある。大型トラックの電化としては、高速道路へ架線を設置し給電するシステムが有望とされている。架線から給電する自動運転トラックは既に鉱山で利用されている。(なお以上についての文献は拙著 CIGS ワーキング・ペーパー (17-006J)「汎用的技術の進歩による地球温暖化問題解決への展望について」http://www.canon-igs.org/research_papers/energy/20171124_4594.htmlを参照されたい)。

充電による走行距離が身近といった欠点があるが、自動運転やシェアリングが実現するとういう欠点は欠点で無くなると期待される(図2)。

EV・自動運転・シェアリングの相乗効果

- ・自動運転によって、バッテリー管理が容易になる。EVの充電待ち時間を無くし、一回の走行距離を延長できる。
- ・自動運転により、ドライバーの件数を削減し、カーシェアリングのコストが下がる。
- ・自動運転で事故が減り、安全性の装備が減らせると、車両の小型軽量化が進み、EVが有利になる。
- ・シェアリングで稼働率が向上すると、車体価格が高いが燃費が低いEVが有利になる。
- ・EVの普及によって低コストかつ低公害なシェアリング手段が提供される。

(Fulton 2017/ Anair 2017等をもとに作成)

CIGS The Canon Institute for Global Studies

図2 EV・自動運転・シェアリングの相乗効果

4. 運輸部門における相乗効果

電気自動車・自動運転・カーシェアリングは、もとも別の技術なのだが、一つの技術が他の技術を有利にするといった、相乗効果が働くことが面白い。現在の電気自動車は、バッテリーのコストが高い、一回の

5. 他部門における「電化イノベーション」への期待

それでは、運輸部門で期待されているのと同様なことは、他部門でも期待できないのだろうか。電気自動車・自動運転・カーシェアリングの3つの組み

合わせは、より一般化して言えば、電化、AI・センサー、IOT、と見ることが出来る（図3）。つまり自動運転とはセンサ技術とAIを自動車に応用することであるので、自動運転はAI・センサーの適用例と運輸部門への適用例と見ることが出来る。またカーシェアリングとは、IOTによって、自動車や利用者の間での通信が発達して、車というモノを売るかわりに、モビリティというサービスを売るというビジネスの形態である。従って、カーシェアリングはIOTの運輸部門への適用の一例と見ることが出来る。（なお、電化、AI・センサー、IOTという代わりに、電化、AI、IOTと行った方が端的であり語呂が良いかもしれない。あるいは電化・自動化・接続化、英語で言えば electrification, automation, connectivity、といった表現もありうる。要は電化が現在のICT等を中心としたイノベーションとの相乗効果があることを端的に表現したいのだが、どのような言い回しが最も適しているかは模索中である）。

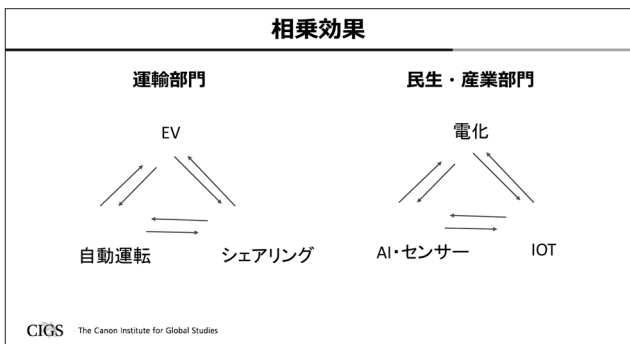


図3 運輸部門における相乗効果を一般化して考える

このように一般化して考えてみると、運輸部門だけではなく、民生・産業部門においても、AI・センサー・IOTといったICTの導入に従って、それと相乗効果をもった形で電化を進める余地があるのではなからうか、と考えたくなる。これは具体的には何であろうか？

6. 相乗効果の鍵： ICTによる省エネ

具体的に相乗効果を考える鍵は、ICTが省エネを促進するという点である。投資回収年数を勘定すると、2、3年以内といった少ない年数で元がとれる省エネ投資であっても、なかなか実施に移されていないことが知られている。そのような省エネ投資を妨げる「バリア」としては、「省エネのための人手が足りない」、「どのようにして省エネをしたらよいのか分からない」、「どのような言い回しが最も適しているのかは模索中である」。

このことは、電化を活用した省エネ・省コストにとって有利に働くことが多いと思われる。なぜなら、ICTによって電気を利用するシステムのメリットが可視化されていくからである。電気を利用するシステムは、化石燃料を燃焼するシステムに比べて、一般的な傾向として、設備そのものは高価であるが、使用時の効率が高く便利（制御性が高い）ので、無駄を省く余地も

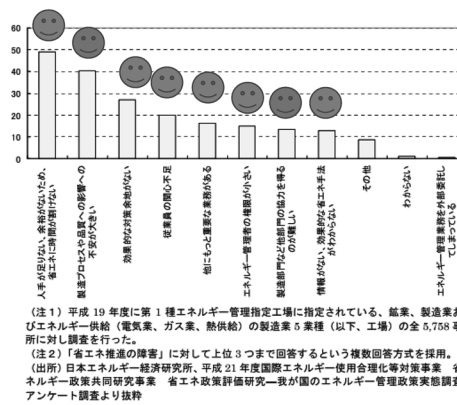
ICTは省エネを妨げるバリアを除く



- ・ICTによる改善見込み大
- ・省エネ情報の収集・分析



- ・ICTによる改善見込み有り
- ・ICTによる生産工程管理・改善



(注1) 平成19年度に第1種エネルギー管理指定工場に指定されている、鉄業、製造業およびエネルギー供給（電気業、ガス業、熱供給）の製造業5業種（以下、工場）の全5,768事業所に対し調査を行った。
 (注2) 「省エネ推進の障害」に対して上位3つまで回答するという複数回答方式を採用。
 (出所) 日本エネルギー経済研究所、平成21年度国際エネルギー使用合理化等対策事業「省エネエネルギー政策共同研究事業」省エネ政策評価研究—我が国のエネルギー管理政策実施態調査—アンケート調査より抜粋

図 2.5.2 省エネルギー推進のバリア

「省エネ行動とエネルギー管理に関する研究会とりまとめ 日本エネルギー経済研究所 2011年 <http://eneken.iej.or.jp/data/4049.pdf>」に筆者加筆。

図4 ICTは省エネを促進する

大きく、またランニングコストを低く抑えることができるためである。

身近な例を挙げると、エアコン暖房がある。現在の日本では、電動エアコンを設置している家庭でも、暖房にはわざわざ石油やガスのストーブを購入して利用している場合が多い。実際にはエアコンは成績係数が高くランニングコストは低いので、たいていはエアコンの方が安価になる。だが多くの人々はこのような情報を理解しておらず、エアコンは漠然と高価であると思っていて利用しないのが現状である。だが家庭のエネルギー管理をするプラットフォームが出来て、AIがその最適化を担うようになれば、暖房用途にエアコンが自動的に選択されるようになるだろう。エアコンだけでは能力が足りない寒冷地でも、エアコンをフル回転させた上で、必要に応じてガスストーブを併用するといった運用も考えられる。通常、人が利用するときには、このような形の運用はまず思いつかないが、AIなら訳も無く発見して実施するだろう。

7. 産業部門での ICT と電化の相乗効果

以上は家庭での例であったが、産業用のエネルギー利用においても、多くの無駄があったことが指摘されている。本シンポジウムの内山会長講演にあったように、発泡樹脂の乾燥・養生工程（熱風炉：70℃）における測定例では、製品に実際に作用する熱量は僅か3.6%で、後は廃熱になっている。これはABS樹脂の塗装乾燥（熱風炉：70%）0.7%と更に低い。食品加熱（蒸気釜：90℃）の例でも製品に作用する熱量は36%、別の食品加熱（蒸気釜：90℃）では27.0%等となっている。つまり工場に排熱は莫大に存在する。

のみならず、これらの工程では、熱風炉や蒸気窯の前後の温度差は小さい場合が多く、数度程度になることもある。このときは、わざわざ化石燃料を燃やして高温の蒸気を作る必要はなく、排熱を利用して、僅かな温度低下分だけ昇温してやればよい。昇温する幅が少ないほどヒートポンプの成績係数は高くできるので、これはよい機会になる。

このような考え方でヒートポンプを導入した結果、製塩工場の蒸発濃縮工程で△79%の省エネが図られた。またメタノール蒸留塔に利用した事例では、蒸留塔の塔底（80℃）と塔頂（44℃）の温度差を温水ヒートポンプ（成績係数7.0）によって維持するシステムによって、△60%の省エネが実現できた（本シンポジウムの井上氏講演）。

以上のようなヒートポンプ導入がなされるにあたっ

ては、多くの計測や分析が必要で、これまではそれは人手がかかり、また専門知識を必要とする仕事であった。しかし今、多くの工場で、生産性向上を目的としてAI・センサ・IOTが入り込んでいる。この結果、エネルギー利用形態もより詳しく計測・分析・制御され、コストやCO₂排出量についても最適化が図られるようになる。このときには、これまでは埋もれていた、あらゆる熱利用工程におけるヒートポンプ活用の機会が発見され、実施に移されていくと期待できる。

なお以上はヒートポンプを例に述べたが、電気の別の特性として便利（制御性が高い）ということがある。これは多くの過熱工程において、赤外線・マイクロ波・電磁誘導等多用な電磁波やレーザーを駆使して、必要最小限の部分だけを加熱することを通じて、大幅な省エネルギーをもたらす。表面乾燥工程では、表面だけ加熱すればよい。加熱し成型する工程では、材料全体を加熱するのではなく、成型部分だけを加熱すればよい。高圧ポンプの端管加工工程では燃焼炉を電磁誘導炉に代えることで一次エネルギーベースで83%の省エネになった。化学工場といえば、これまでは、反応塔や反応容器全体を、大量の化石燃料を用いて加熱してきた。だが実はこれは全く必然性は無く、触媒と反応させたい物質だけを、選択的に加熱すればよい。（本シンポジウムの塚原氏講演）によれば、マイクロ波を活用した化学プロセスによって、大幅な省エネと省コストが可能である。今後は、更にICTが発達し、材料の物性シミュレーションが精密に出来るようになることから、マイクロ波加熱による化学工程の研究開発自体も加速が期待できる。

以上のような電磁波活用技術も、ヒートポンプと同様、工場にICTが入り込んで生産工程が抜本的に見直される中で、広く活用されていくことが期待される。

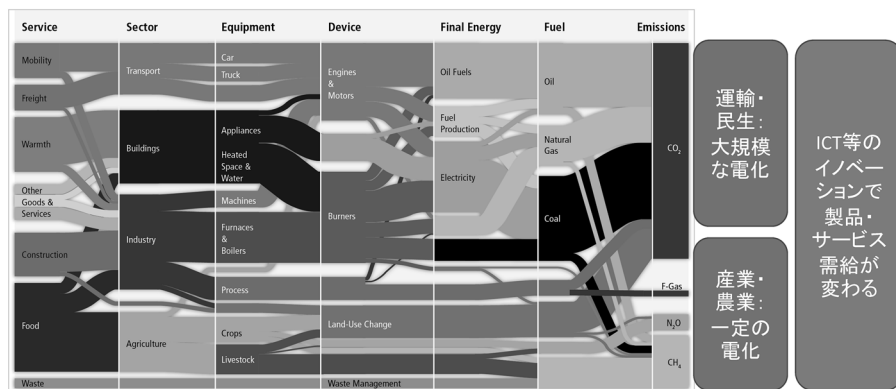
8. 「電化イノベーション」戦略の経済全体における位置づけ

最後に地球規模での経済全体を俯瞰して、「電化イノベーション」が温暖化対策の長期戦略にどのように位置づけられるか考察する。図5は、どのようなサービスを生むために、どの部門で、どのような設備・機器が利用され、そのためにいかなるエネルギーが消費されて温室効果ガス排出を引き起こしているか、ということを表している。図中の縦方向の大きさは、地球全体における温室効果ガス排出量に比例している。

このうち、運輸部門と民生部門については、前述したように、「電化」と「電気の低炭素化」を両輪として、

「電化イノベーション」による温暖化対策の長期戦略

●製品・サービスはICT等のイノベーションで大きく変わる。電化はこの傾向と相乗効果がある。



CIGS The Canon Institute for Global Studies

(IPCC 第5次評価第三部会報告書、2014年に筆者加筆)

図5

CO₂ 排出を大幅に減らす、という方向性が、技術的にも実施可能であるという相場感が世界で広く形成されつつある。

これに対して、産業部門については、やはりまだ当面は化石燃料に頼らざるを得ない部分がある。それは高温の熱を必要とする工程であって、具体的には、セメント製造、製鉄、プラスチック製造、高温のボイラ利用などである（低温部分はヒートポンプが活用できる）。現状では、これらの多くは強引に電気置き換えようとすると現状では途方も無くコストがかかるので現実的ではない。

また農業部門では、電化を進めること自体には大いにポテンシャルがあり、農業機械の多くは運輸部門と類似した形で電化が進むと期待されるものの、水田から発生するメタンガスや肥料が分解して発生する亜酸化窒素など、本質的に排出を抑制することが出来ない温室効果ガスが存在する。

これら、電化イノベーションでは削減しきれない温室効果ガス排出はどうしても残余として残る。だが筆者は、（本稿では深入りは省くが）これは地球環境に大きな悪影響を与える規模ではないと見ている。

なお電化イノベーションは更なる温室効果ガス削減の可能性を秘めている。もちろんプラスチック製造や高温でのボイラ利用はマイクロ波加熱等で置き換えていくことができる。のみならず、今後のICT等のイノベーションは、製品やサービスのあり方自体を変えて、これが産業部門や農業部門の排出量を大幅に減らす可能性がある。例えば、自動運転が普及すると交通事故がなくなるため、自動車は鉄のかたまりである必

要がなくなり、炭素繊維やプラスチックなど軽量な材料で作られるようになるかもしれない。これは燃費を改善し材料製造のためのCO₂ 排出を減らす。あるいは木材の乾燥工程が細かく制御できるようになった（CLT材と呼ばれる）ことから、頑丈な木造の高層建築が可能になってきていて、現に多くのビルが建てられている。これは鉄やセメントを代替することで、温室効果ガス排出の削減に寄与する。

9. 結びに代えて

電化は独立の現象ではない。AI・センサ・IOTなどは、これからあらゆる場面における経済活動を大きく変えていくと期待されている。これらICTのイノベーションと、電化は親和性が高く、高い相乗効果が期待される。それはどのように展開していくのだろうか。かかる「電化イノベーション」のビジョンを検討して共通の期待を形成し、技術開発を進め、ビジネスのエコシステムを発達させていくことが望ましい。

これまで、工場においては、電化のメリットを試算や導入事例で示し、それが明らかに有利に思える場合でも、なかなか既存のシステムを置き換えるには至らず、大規模な普及には至らなかった。いまICTの波が押し寄せており、これは世界の至るところで生産工程を根本的に見直す機会となっている。これは電化にとってもまたとない機会である。

※本稿は個人の見解です。