

これからが本番のエレクトロヒート技術

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

ヒートポンプ、赤外線加熱、電磁波加熱、レーザー等に至るまで、電気利用技術の特徴として、あらゆる経済分野で、多様な応用先がある。このような「汎用目的技術 (General Purpose Technology)」の進歩を技術史の観点から眺めると、どのような特徴を整理できるだろうか。そしてそれは、どのような示唆を、将来見通しや技術開発戦略に対して与えるだろうか。

1. 汎用目的技術が大幅な CO₂ 削減を可能にする。

連載第1回目 (No.219) で述べたように、汎用目的技術は通常は所謂「温暖化対策技術」とは分類されないが、例えばエネルギー効率の高い空調・照明技術や、生産性が高くかつ温室効果ガス排出が少ない精密農業¹等の形で、温室効果ガスの削減に大きく寄与する。汎用目的技術の進歩を受け、大規模な温室効果ガス削減ポテンシャルを示唆する報告がなされるようになった。PV やシェールガス技術も汎用目的技術である ICT や材料技術の進歩の恩恵を受けている。

¹ 精密農業による温室効果ガス削減については (King, 2017)、(World Economic Forum, 2015)

2. 汎用目的技術の定義について

先に進む前に、ここで汎用目的技術の定義について議論しておく。

汎用目的技術とは、様々な用途に利用される技術ということであり、絶対的な概念というよりは、特定の対象に応用される技術に対しての相対的な概念であり、厳密な定義はない²。

学界では、蒸気利用技術、電気利用技術、そして ICT は汎用目的技術の例とされてきた³。更に化学、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー⁴、レーザー⁵等の技術についても、汎用目的技術である、として議論がされてきた。

汎用目的技術については、以下のような定義も存在する：1) 多くの経済部門で共通して利用されるもので (pervasive)、2) それ自体に長足の技術進歩の可

能性があり、かつ 3) 補完的なイノベーションを誘発し収穫逓増をもたらす技術、の3つが挙げられている⁶。ただし、このような定義を与えても、やはり汎用目的技術とは何か曖昧さは残る。本稿では、このような汎用目的技術の定義を巡る問題にはこれ以上深入りせず、「ICT (AI、IOT、スーパーコンピュータ、センサ、MEMS 等)、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー等、様々な電気利用技術 (モータ、ヒートポンプ、赤外線加熱、電磁波加熱、レーザー等)」を手短かに呼ぶ為の作業上の定義として、汎用目的技術という術語を用いることにする。

² 汎用目的技術について厳密で定まった定義が存在しないことについては以下に分かりやすい説明がある (清水洋、2016)

³ ここでの汎用技術の例示は (エルハナン・ヘルプマン、2009) に依る。

⁴ (OECD, 2017) はナノテクノロジーとバイオテクノロジーも汎用目的技術に含めている。

⁵ (清水洋、2016) はレーザーを汎用目的技術と位置付けて分析している。

⁶ この3つの性質による汎用目的技術の定義は (Bresnahan & Trajtenberg, 1995) (Bresnahan & Trajtenberg, 1995) (井上智洋、2016) による。

3. 汎用目的技術がもたらすイノベーションと経済成長の好循環

汎用目的技術には、広範囲の応用があり、多くの補完的投入物の開発のきっかけを与えること (複雑系理論の術語で言えば、隣接可能性を大幅に増大させること) という特徴がある。

そして広範囲な応用の中には、再帰的に、自らの生産技術の向上に資するものもあった。例えば、蒸気機

関の進歩は、品質が良く価格の低い金属部品などの中間財の生産を可能にして、産業全般の生産性を向上させたが、それに留まらず、より高性能な蒸気機関を安価に造ることをも可能にした。同様のことは電気利用技術についても見られた。ICTについても、計算能力の向上でシミュレーション技術が発達し、それによって新材料が開発されたのみならず、再帰的に、計算能力の高い計算機が安価に製造されるようになった⁷。

このようにして、イノベーションと経済成長の好循環が生まれ、持続的な経済成長が可能になる。汎用目的技術は、作業場の構成や産業構造の再編成を含む長い経済成長のプロセスを生み出す。これは蒸気機関に関しては1世紀以上続き、電気については40年以上続いた⁸。現在ではICTを中心とした経済の再編と成長のプロセスが続いており、これが終わる兆しは今のところ無い。以下に、少し詳しく議論してみよう。

⁷ ICTを含めた汎用目的技術についての分かりやすい解説は(井熊均、2015)を参照。

⁸ 汎用目的技術による社会の変容が長い期間にわたったことについては、(エルハナン・ヘルプマン、2009)

4. モータの歴史に学ぶ——ICTもLEDもヒートポンプも、これからが本番

新しいテクノロジーが出来ても、普及には時間がかかる。逆に言うと、登場以来何年もたった技術でも、その真価が発揮されるのはこれからが本番、ということがある。

ICT

銀行にATMなど様々な機械が導入されて久しいが、人は全く減っていなかった。支店に行くと、ATMへの入力の仕事とか、機械に読ませる伝票への記入の仕事を教えてくれる人が立っていて、あれこれ教えてくれた。だがとうとう、大手の銀行は一斉に支店の人員を削減して、配置の転換に乗り出した。

ICTがどんどん導入されてきたのに、GDPがあまり伸びていない、という意見がある。理由の1つとされるのが、新しい技術が導入されるときは、その導入にはコストがかかるけれども、その技術が生産性の向上に寄与するようになるには、多くの社会的ないしは技術的な調整が必要だから、時間がかかる、というものだ⁹。

⁹ 新技術が生産性向上に寄与するには時間がかかるという説については(エルハナン・ヘルプマン、2009)

銀行では、ATMを導入するだけでは、コストの増加にしかならなかった。生産性が上がるためには、そこにいる人員が削減されて、配置転換されて、別の仕事をするようにならなければならない。ところが、支店には人がいてサービスするのが当たり前という感覚が、銀行にもお客さんにもあったから、なかなか人員が減らなかったわけだ。

このように、ICTは導入されているけれども、それで人員が減っていない場所ももっと沢山ある。先日、運転免許の書き換えにいったら、やはり人が大勢立っていて、様式への記入の仕方を教えてくれたり、整理券を発行する機械の使い方を教えていた。確かに人がいるとホッとするけれども、生産性という点ではずいぶん勿体ない。

Youtubeのような動画配信も、真価はこれからだ。国公立学校の授業などは、小学校から大学まで、全ての授業を録画して配信すれば良い。そうしたら、勉強したい子供は、全てタダで、しかも全国で最高水準の授業を、いつでも受けることが出来る。海外にいても、外国人でも同じサービスを受けられる。いまこれが出ていないのは、技術的な理由で無く、明らかに社会的な調整が追い付いていない。もちろん、学校でなければ出来ないこともある。着席させるとか、そもそも勉強をさせるとか、勉強で分からないところを教えてもらったり、あるいは友達と議論する、といったことである。だがそれは、国公立学校の授業の動画配信を否定する理由には全くなならない。

モータ

実は、新技術が生産性向上に直結しないという現象は、幅広く知られてきた。よく「汎用目的技術」を扱う技術史関係の学界で取り上げられてきた事例は、モータの話である。モータが初め発明されたとき、それは工場に幾つか設置されていた、大型の蒸気機関や水車を置き換えたただけだった。動力は、そこからシャフト、歯車、ベルトを組み合わせ、工場全体に力学的に伝えられていた。モータがこのように使われている間は、たいして生産性の向上にはつながらなかった。

モータが真価を発揮したのは、それが小型化されて、動力を必要とする場所に分散して配置されるようになってからだった。工場からシャフトも歯車も消えた。モータを使って、動力は、使いたいときに、使いたいところ、欲しい大きさで手に入るようになった。生産設備のレイアウトや入れ替えも自在になり生産性が向上した。

LED

LEDはどうか。これまでのLEDは、蛍光灯や白熱電灯のソケットやデザインをそのまま模倣してリプレースをする格好で導入されてきた。だが実はLEDの真価は、もっと別のところにある。半導体であるという特徴を活かして、もっと自在に照明を演出できるはずである。また通信機能なども搭載されるようになってきた。いま「スマート照明」という名のもとに様々な商品が開発されているが、たんにスマートになるのではなく、照明の概念自体をがらりと変えるような使い方があはずだ。LEDをよく見るようになってからもう何年もたつけれども、まだまだ、これからが本番だ。

ヒートポンプ

ヒートポンプはどうか。工場では、蒸気供給が出来るヒートポンプが開発されて、既存の蒸気ボイラをリプレースできるようになった。だがこれは、ちょうどモータの初期を彷彿とさせる。というのは、ヒートポンプはまだボイラ室に鎮座していて、以前は蒸気ボイラがあった場所に置かれて、そこで出来た蒸気は、これまた以前の蒸気ボイラが使っていた配管をたどって工場内のさまざまな反応容器に搬送されるからである。

そこで、ちょうどモータを小型化して分散配置したのと同じ要領で、ヒートポンプを工場における釜や炉などの反応容器の場所に配置することが考えられる。そしてこれは実際に行われつつある。そして、反応容器の前後に注目すると、実は蒸気の入口温度と出口温度の差は（工場全体に供給する蒸気と常温の差に比べれば）小さいので、ヒートポンプを極めて高い効率で活用できる機会が存在する。実際にこの発想でヒートポンプを活用したところ、製塩工場の蒸発濃縮工程で△79%、デキストラン製造工場のメタノール蒸留工程で△60%の省エネが達成された、と報告されている¹⁰。よく「排熱」の活用というが、工場全体といった大雑把なスケールではなく、工程ごとに分解してみると、実は高温の（従って利用価値も高い）排熱はあちこちに存在する。これを活用するために、製造工程の中にまで入り込むと、ヒートポンプの真価が発揮される。

¹⁰ ここで紹介したヒートポンプによる省エネ事例について詳しくは（日本エレクトロヒートセンター、2018）

5. むすび

多くの電気利用技術は「汎用目的技術」であり、モータの例から分かるように、技術史的な観点から見ると、その導入は、作業場の構成や産業構造の再編成を含む、息の長いプロセスになる。現在、多くの電気利用技術は、ヒートポンプを初めとして、まだ既存の技術の単純なリプレースの段階に留まっている。今後、より一層、その技術の、より本質的・潜在的な特徴を活かした、利用がなされていくことが期待される。

参考文献

- Bresnahan, T. F., & Trajtenberg, M. (1995). General purpose technologies “Engines of growth”? *Journal of Econometrics*, 65(1), 83-108. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(94\)01598-T](https://doi.org/10.1016/0304-4076(94)01598-T)
- King, A. (2017). Technology: The Future of Agriculture. *Nature*, 544(7651), S21-S23. <https://doi.org/10.1038/544S21a>
- OECD. (2017). *The Next Production Revolution. The Next Production Revolution*. <https://doi.org/10.1787/f69a68e9-en>
- World Economic Forum. (2015). Industrial Internet of Things. Retrieved from http://www3.weforum.org/docs/WEFUSA_IndustrialInternet_Report2015.pdf
- エルハナン・ヘルプマン. (2009). 経済成長のミステリー. 九州大学出版会.
- 井熊均, 木通秀樹. (2015). なぜ、トヨタは700万円です「ミライ」を売ることができたか?—技術革新のメガトレンドが市場構造を変える.
- 井上智洋. (2016). 人工知能と経済の未来 2030年雇用大崩壊.
- 清水洋. (2016). ジェネラル・パーパス・テクノロジーのイノベーション—半導体レーザーの技術進化の日米比較. 日本エレクトロヒートセンター. (2018). エレクトロヒート No.218. http://www.jeh-center.org/eh_218.html