

温暖化対策にエレクトロヒート技術が 寄与するための政策のあり方は？

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

温暖化問題の解決のためにはイノベーションが必要とされる。そこで温暖化対策技術をもたらしたイノベーションがどのように起きてきたか事例を集めてみよう。そこから分かることは、科学技術全般が進歩する中で、その恩恵を受けて温暖化対策技術が進歩してきたことである。従って、将来、温暖化対策技術を手に入れたいのであれば、政府は単に温暖化対策技術の導入を進めるのではなく、エレクトロヒート技術を含む科学技術全般が進歩するようにしなければならない。そこから、革新的な温暖化対策技術は派生してくるだろう。

1. はじめに

どのような技術のイノベーションであっても、何らかの形で科学技術全般のイノベーションの恩恵を受ける。すると、温暖化対策イノベーションも例外ではなく、何らかの形で科学技術全般のイノベーションの恩恵を受けることが予想される。

例えば、エネルギー・環境技術戦略においては、エネルギー管理システム (EMS) 等、いわゆる温暖化対策技術開発が政府によって推進されている。このような活動は、先行する科学技術の蓄積の状態と与件として、当該技術の現時点ないし近い将来における隣接可能性を追求するもの、と位置づけられる。ここで、隣接可能性とは複雑系理論における概念であって、ある技術が実現するために、その周辺の技術が育っていることを指す (杉山大志, 2017a; 2017b)。

隣接可能性とは限界を示す概念でもあって、仮に先行する科学技術の蓄積が不十分であれば、温暖化対策技術も開発され得ない。つまり「革新的温暖化対策技術」“だけ”が真空から生まれることは無い。

以下では、これを便宜上3つのパターンに分けて、事例で確認していく。

2. 科学技術全般のイノベーションの恩恵を直接に受ける

まず AI を応用した省エネ技術を取り上げる。例えば東芝では、画像センサー応用照明・空調制御技術を

開発した。これは、画像センサーにより人物を検知し在室人数を把握して、照明・空調機器の負荷を計算し出力を調整する等の、きめ細やかな制御を行うことにより、無駄のない省エネ運転を実現するものである。この画像センサー・画像解析技術には、車の自動運転で培った技術が利用されている (JEITA, 2016)。

このような技術は、もちろん、まず AI 自体が進歩しないと実現しようがない。AI は近年、ディープラーニングが発明されて、飛躍的に進歩しつつあるが、これはウェブ上に蓄積されたビッグデータによる学習、及び、ゲーム機などで用いられた画像処理技術 (グラフィックプロセッサユニット GPU による並列計算) の存在がパーセプトロンと組み合わせられて誕生したものである。ウェブも GPU も、もともとは温暖化とは全く無関係な経済活動であったものが、AI を進歩させた。そしてこれが、省エネにも応用されていくわけである。

温暖化対策に使用されるエネルギー技術イノベーションが科学技術全般の前進に支えられていることは、(Nemet, 2012) も事例および特許の相互参照の分析によって示している。

事例としては、以下のようなものが挙げられている：

- ・軍用のジェットエンジンはそのままガス火力発電に転用され、その後の同技術の発展の基礎となった。
- ・ラジアルタイヤのための細く、丈夫で長い鉄ワイヤは、シリコン結晶インゴットを薄くカットする鋸の素材となった。これは半導体や PV の技術進歩につながった。
- ・風力発電も多く他の分野の知識に依存している。

大きく精密な羽根は船体製造用の金属加工機械で製造している。海洋での推進技術や磁石の製造技術の発展も風車の大規模化にとって肝要だった。流体力学のシミュレーションのためのソフト・ハードのIT技術も有益だった。微気象学もサイト選定にあたり重要だった。

更に、特許の相互参照を分析すると、燃料電池、PV、風力発電等の新しいエネルギー関連技術は、化学・電気工学・機械工学・流体力学等の様々な異なる分野の知見を活用して得られたことが示された。例えば燃料電池には、触媒、プラスチック製造、電気分解などの分野の知識が用いられている。

ICTの進歩はあらゆる材料技術の進歩に貢献するⁱ (斎藤, 2015)。これは温暖化対策技術にも応用される。自動車用の燃料電池技術は、数値計算によるシミュレーション技術の進歩に支えられたナノレベルの材料製造・加工技術の進歩によって、大きなコスト要因であった白金の投入量を大幅に減らすコストダウンを、性能を向上させつつ実現させたⁱⁱ (木通, 2015)。

いま有機半導体や量子ドット半導体の技術開発も進められているが、この応用先の一つは有機系PVや量子ドットPVⁱⁱⁱ (榎本, 2015)等である。これらは何れも、PVという温暖化対策技術だけが突出して出現するのではなく、材料技術が全般として進歩する中で、その中の一部としてPVが実現されていくという構造になっている。

最後に、極端に言えば、温暖化対策イノベーションであって、科学技術全般のイノベーションの恩恵を全く受けないものがあるかといえば、それは皆無である。いかなる材料技術でも計算機シミュレーションの恩恵を受けている。また日々の科学技術情報の交換においてもパソコンやSNSの進歩の恩恵を受けている。

ただし、この最後の例からも分るように、本節でのここまでの議論の限界として、温暖化対策イノベーションが起きるにあたり、そのための直接の投資に比べて、科学技術全般のイノベーションが「どの程度」相対的に重要であるのか、という点について一般的なことは言えない。言えるのは、どのような温暖化対策イノベーションも科学技術全般のイノベーションの恩恵を受けているが、その程度は場合による、ということである。

なおディープリングの例でも分るように、隣接可能性がどのように満たされるかは予め分からないことがある。科学技術全般の蓄積からの恩恵を受けて、温暖化対策目的であれ、他の目的のためであれ、新しい技術が誕生するが、いつどのような技術が生まれてくるかを予測することは難しい。

最後に念のための但し書きであるが、ここでの議論は、温暖化対策技術等の対象を限定した技術開発政策が不要だとするものではない。重要なのは、対象を限定した技術開発政策が重要な場合ももちろんあるが、その一方で科学技術全般のイノベーションも必要であり、当該の技術も必ずその恩恵を何らかの形で受ける、ということである。

ⁱシミュレーション技術の高性能化があらゆる材料開発を加速する可能性について述べたものとして、齋藤(2015)がある。

ⁱⁱシミュレーション技術が燃料電池技術開発に寄与した経緯については井熊、木通(2015)を参照。

ⁱⁱⁱ量子ドット半導体についての解説は、榎本(2015)がある。

3. 生産性向上等の他目的に付随して温暖化対策も同時に実現される

温暖化対策技術は、温暖化対策を目的として開発されるよりも、ユーザーにとって魅力的な商品・サービスが提供される中で、その一部として実現され提供される場合がある。特にこれは省エネルギー技術の場合によく当てはまる。

工場やオフィスでは、生産性を向上させ、コストを低減するための技術開発を行い、その一部として省エネを実現してきた。そして近年では、とくにICTによる生産性向上とコスト低減が実施に移され、それは省エネをももたらしている。例えば(経産省, 2015a, 2016a)によれば、

- ・航空用ガスタービン等の製造物に取り付けたセンサーを機器制御の効率化や保守の高度化に活用するGE等の取り組みは省エネルギーにも繋がる。アリタリア航空(イタリア)ではこれによって年間1,500万ドルの燃料コストを削減したとされる。
- ・ダイキン工業は、業務用空調機に取り付けたセンサーから様々なデータをリアルタイムで取得し、故障予知を行うサービスを提供している。機器の異常停止を事前に防ぎ、最適なタイミングで補修・保全を行うことでランニングコストを低減としている。これに省エネ運転も含めたパッケージ提案をしている。
- ・自動車製造分野において、モデルベースシステムエンジニアリングの活用は、実機が完成する前の設計プロセスにおいてバーチャル上でモデルを用いた検証作業をシミュレーションすることで手戻りを大幅に防ぎ、設計の生産性を大幅に向上させるとともに、燃料噴射のタイミングや量といった

様々なパラメーターの最適値を求めることを可能にする。これも省エネルギーに寄与する。

更に、製造業だけでなく、ITS (Intelligent Transport Systems; /高度情報通信を利用した道路交通における管理システム) による運輸部門の交通流改善は、渋滞解消などの効果もあるが、CO₂削減効果もある。農業では農業機械の自動運転化により生産性の向上、熟練労働者の不足解消、農薬散布の適正化などを図る一方で省エネとCO₂削減も実現できる。この場合、農薬起源の温室効果ガスである亜酸化窒素の削減も同時に可能になる。(JEITA, 2016)

家庭部門においては、ICTの進展によって、防災・防犯・快適居住性の向上などの他の多様なサービスの一部として、それらを提供するプラットフォームを利用して、付随的に省エネルギーを図るという形が出現しつつある(経産省, 2016b)。

4. 他目的のイノベーションが温暖化対策にもなることが判明する

最後に、温暖化対策をまったく意図していない技術開発が、莫大なCO₂削減につながる例について2つ挙げる。

シェールガス

米国ではシェールガス(非在来型の天然ガスの一種)の採掘技術が開発され、これによって国内の天然ガス需給が緩み、天然ガスが安くなった。米国の天然ガス価格は、2015年時点において、日本の5分の1、欧州の2分の1という低い水準になった。これを受けて、米国では天然ガスが石炭を代替することで、大幅なCO₂削減が実現された。更にこの代替をさらに促進する制度であるクリーンパワープランの導入も検討されるに至った(若林・上野, 2016)。シェールガスの生産は今後も増えて、2040年には米国の天然ガス生産の半分を賄うと見込まれている(U.S. Energy Information, 2013)。

シェールガスは温暖化対策を目的としたのではなく、単に相対的に安価なエネルギー源であるとして技術開発された(福田, 2013)。その進歩は急激であり、2007年のIPCC第4次評価報告の時点では殆ど生産量も無い技術だったが、2014年のIPCC第5次評価報告では、有力な温暖化対策技術として紹介されるに至った(IPCC, 2014)。

自動運転

自動運転技術は、複雑かつ間接的な形で大幅なCO₂削減をもたらすかもしれない。

自動運転技術は、もちろん、温暖化対策のためではなく、利便性を高める等の、他の便益を目的として開発されている。単純に運転しなくて済むという便益が勿論あるが、それ以外の便益としては、例えば、人間に比べて加速が上手なので渋滞が無くなることがある。また、交通事故を大幅に減らすことが期待されている。

もちろん、自動運転には、直接的な温暖化対策上の効果もある。人間のような空ぶかしをしないので、燃費が改善する。渋滞がなくなれば勿論省エネになる。車間距離を詰めることが出来るので、空気抵抗が減り、これも省エネになる。

だがこの直接的な効果を超えて、自動運転は、カーシェアリング(無人タクシーを含む)(宮崎, 2015)^{iv}、EVといった3つの技術進歩と複合的に、相互作用しながら起きて、大幅なCO₂削減を可能にするかもしれない。例えば：

自動運転技術によって、充電の面倒も機械が請け負うことになれば、航続距離が短く頻繁な充電が必要という現在のEVの欠点は重大ではなくなる。また自動運転は運転手を不要にするので、電車やバスなどの大人数の公共交通に対して、無人タクシー等のカーシェアリングのコストを相対的に下げる。このように、自動運転が実現することで、他の2つの技術であるEVとカーシェアリングの魅力が増す(鶴原・仲森, 2014)。

更に、カーシェアリングが進むことは、運輸部門を激変させうる。まず、EVが一層有利になる。というのは、現在の自動車は1日に2時間しか稼働していないが、カーシェアリングによってそれが6時間稼働すれば稼働率は3倍になり、すると車体価格は高いがランニングコストが低いという特徴があるEVは、内燃自動車に対して有利になるからだ^v(Covert, Greenstone, & Knittel, 2016; Levine, 2015; Nykvist & Nilsson, 2015; 金村, 2015; 経産省, 2014, 2015b; 日産自動車, 2016)。更に、自動車が、保有するものから、シェアして必要な時だけ使うものになることから、自動車の台数自体が激減するかもしれない。今日の自動車は、大半の時間、空車の状態で駐車している。タクシーも半分の時間は客を乗せていない。ICTによって自動車の稼働率が全般に上がると、必要な輸送需要を満たすための台数は大幅に減る。

他方では、自動運転によって交通事故がほぼ無くなれば、自動車の車体を、鉄を大量に利用して頑丈に作

る必要も無くなる。素材需要が大幅に減り、素材生産のためのエネルギー消費も減少する。更に、自動運転もカーシェアリングも、都市部の路上駐車や駐車場スペースの大幅な減少をもたらす、その土地を他の用途に解放して、交通流を改善し、都市計画を容易にする。これも省エネに寄与する。

もちろん以上は、今のところ絵に描いた餅であり、実際にどうなるかは分らない。だが自動運転がもたらさうる経済・社会、そしてエネルギー利用への変化には巨大なポテンシャルがある。

自動運転だけでなく、ICTを活用した省エネルギー全般について考察した(Laitner, McDonnell, & Keller, 2015)は、将来について具体的な推計をすることは難しいとしながらも、個別の機器への省エネ規制を過度に強化するよりも、システム全体としての巨大な経済的便益と省エネポテンシャルに注目すべきであると述べている。筆者もこれに賛同する。

^{iv} シェアリングは自動車のみならずホテルなどの多様なサービスについて起きうる。詳しくは宮崎(2015)を参照。

^v EVに関して補足する。日本政府はEVおよびプラグインハイブリッド車の合計が2030年の新車販売の20%~30%を占めるという普及目標を立てている(経産省 2014; 2015b)。燃費については、電気モーターは効率が高いため、大体の傾向として、EVはガソリン車より安くなる。試算例は例えば日産自動車(2016)を参照。EVの車体価格においてはバッテリーが最も重要な要素になるところ、リチウムイオンバッテリーの価格は年率8%で下がり続けている(Nykqvist and Nilsson 2015)。だが現状では依然としてガソリン自動車よりもEVの車体価格は高い。今後もバッテリー価格の低下は期待されているが、ライフサイクルコストでブレークイブンを達するには、かなり高い石油価格を想定する必要があるとの指摘もある(Covert and Knittel 2016)。正極・負極・電解質・セパレータ等のバッテリー技術開発の動向については、金村(2015)にまとめられている。米国のリチウムイオン電池開発競争について読みやすく書かれたものとしては、Levine(2015)がある。

5. エレクトロヒート技術開発への示唆

最後にエレクトロヒート技術に関して補足する。

エレクトロヒート技術は、勿論、省エネおよびエネルギー利用の電化の両面からCO₂の排出削減に寄与する。だがそれに留まらず、全く新しい生産プロセス

を生み出すことで、飛躍的に生産性を向上させることも出来る。

将来的に温暖化対策として重要になるのは、いまずぐに省エネや電化に直結する技術ばかりではない。生産性を飛躍的に向上させる技術、あるいはそのような可能性を秘めている技術が進歩することで、将来的には材料投入を大幅に減らしたり、製品の経済的な付加価値を高めることが出来る。

従って政府のエレクトロヒート技術開発への投資は、温暖化対策に偏重することなく、有望な技術であれば、例え短期的には温暖化対策につながらないものであっても、幅広く実施することが、結局は温暖化対策のためにもなるだろう。

参考文献

- Covert, T., Greenstone, M., & Knittel, C. R. (2016). Will We Ever Stop Using Fossil Fuels? *SSRN Electronic Journal*, 30(1), 117-138. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2720633>
- IPCC. (2014). IPCC 2014 第5次評価第3部会報告書.
- JEITA. (2016). ITソリューションによる温暖化対策貢献調査報告書.
- Laitner, J. A. "Skip," McDonnell, M. T., & Keller, R. M. (2015). ICT-Enabled Intelligent Efficiency: Shifting from Device-Specific Approaches to System Optima, (May).
- Levine. (2015). The Powerhouse: Inside the Invention of a Battery to Save the World, Viking.
- Nemet, G. F. (2012). Inter-technology knowledge spillovers for energy technologies. *Energy Economics*, 34(5), 1259-1270. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2012.06.002>
- Nykqvist, B., & Nilsson, M. (2015). Rapidly falling costs of battery packs for electric vehicles. *Nature Climate Change*, 5(4), 329-332.
- U.S. Energy Information, a. (2013). Annual Energy Outlook 2013. *Office of Integrated and International Energy Analysis*, 1, 1-244. [https://doi.org/DOE/EIA-0383\(2013\)](https://doi.org/DOE/EIA-0383(2013))
- 経産省. (2014). 2014年11月 経済産業省製造産業局 自動車課.
- 経産省. (2015a). 経産省 2015 ものづくり白書, 1-50.
- 経産省. (2015b). 次世代自動車普及に向けた経済産業省の取り組み -EV・PHV 普及に向けた 経済産業省の取組について.
- 経産省. (2016a). IoT 社会における製造業の方向性, 0-42.
- 経産省. (2016b). 経産省 2016 産業構造審議会 中間報告資料, 5-7.
- 日産自動車. (2016). 日産リーフガソリン車との比較, 8-9.

井熊均・木通秀樹. (2015). なぜ、トヨタは700万円で「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—.

金村聖志. (2015). ハイブリッド自動車用リチウムイオン電池.

斎藤元章. (2015). エクサスケールの衝撃.

杉山大志. (2017a). 地球温暖化対策におけるイノベーション—どのような期待があるのか、如何なる技術が想定されているか. 日本原子力学会誌, 59(7). Retrieved from http://www.canon-igs.org/research_papers/energy/20171019_4527.html

杉山大志. (2017b). 科学技術イノベーションによる温暖化問題解決のあり方は—イノベーションシステム論から複雑系理論へ. 環境情報科学, 46, 52-57.

鶴原吉郎・仲森智博. (2014). 自動運転 ライフスタイルから電気自動車まで、すべてを変える破壊的イノベーション.

福田佳之. (2013). シェールガスが米国エネルギー事情を一変, 1-4.

梶本泰章. (2015). 量子ドットの基礎と応用.

宮崎康二. (2015). シェアリングエコノミー.

若林雅代・上野貴弘. (2016). 米国火力発電所 CO₂ 排出規制 Clean Power Plan の事前評価.

一般社団法人 日本エレクトロヒートセンター 出版物

〒103-0011 東京都中央区日本橋大伝馬町13-7 日本橋大富ビル6階 TEL:03-5642-1733 FAX:03-5642-1734

お申込みはホームページで! <http://www.jeh-center.org/>

パンフレット

(消費税8%込価格:円/部 送料別)

	会員価格	会員外価格
・誘導加熱	756	1,080
・マイクロ波および高周波誘電加熱	756	1,080
・ヒートポンプとその応用	756	1,080
・遠赤外加熱	756	1,080
・食品加工における電気利用技術	972	1,296
・電気加熱の利用による好事例(食品・農林水産業)	151	216
・オール電化施設設計ポイント[学校給食編]	972	1,296
・オール電化施設設計ポイント[介護施設編]	972	1,296
・これからの時代 ものづくりに電気	648	864
・これからの時代 ものづくりに電気 改訂版	648	864
・これからの時代 ものづくりに電気 Vol. 3~5	各 648	各 864
・産業用ヒートポンプ活用ガイド	648	648



書籍

	会員価格	会員外価格
・人にやさしい厨房計画(複写本)	3,086	5,184
・業務用電化厨房施設の設備設計指針(解説編付)[第2版]	4,937	7,776
・業務用電化厨房施設の設備設計事例集(複写本)	3,240	5,400
・エレクトロヒートハンドブック	19,440	21,600
・病院給食施設の設計マニュアル	1,944	2,160
・学校給食に携わる方のための 施設計画・運営のリファレンスノート	540	540

