

コンケン大学での居候生活 (10)

伊藤信孝

コンケン大学客員教授・工学部

1970年代の初頭に人類が経験したエネルギー危機、あるいはエネルギー・ショックは、石油の争奪戦争にもつながったことは記憶に新しい。その後、果たしてどの様にエネルギー事情は変化したのか、こうした事を踏まえ、約半世紀にも及ぶエネルギー情勢の変遷を本報では「エネルギーと環境」について見て観る。持続可能な発展、開発が叫ばれてから久しい。今でもこの標語は各種国際会議やシンポジウムでのキーワードとして掲げられている。筆者が提唱したグローバル・テトラレンマ（地球規模の4重苦）は、如何に生態系を維持しつつ経済活動を推進するかと言う所に帰着する。われわれが対峙する問題の殆どは、利益をむさぼる一部の人間の経済活動の推進がもとで生み出された産物である。地球温暖化の原因は人間の経済活動の過程で排出する大量の炭酸ガスであると言われている。この説に異論を唱える人もいるが、世界は脱炭素、低炭素社会の構築の方向で動いている。われわれの生活の一部として欠かせない車の技術開発動向からそれを回顧すると、車から排出される有害排気ガスを極めて低く規制するマスキー法の制定から始まり、日本企業の低公害車開発の動きが一段と加速した。燃焼を良くするためのエンジン自体の根本的構造の改良、工夫や触媒を使って排出される有害ガスの浄化など様々な技術が開発された。当初は不可能を強調していた大手企業も日本企業の1社が複合渦流燃焼制御を米国に持ち込み、その試験をクリアしたことは世界を驚かせた。米国大手企業の1社が日本の小型エンジンだから可能でも、米国の大型エンジンでは不可能という反論に対し、その企業のエンジンに改良を加えて送り届け、可能である事を実証したと言う逸話もある。排出された有害ガスの浄化ではなく、エンジンの構造自体を改良することで可能な限り完全燃焼をさせることで有害物質を出さないと言う画期的な技術であった。このことが世界の自動車企業の対応姿勢に強いインパクトを与え、他社も環境問題への姿勢を強化せざるを得なくなった。その後、化石燃料の使用を減らし、炭酸ガスの増加のない植物由来のエネルギー資源を利用する方向でバイオマスが有望視された。ユーカリの葉を水蒸気蒸留で取り出したユーカリ油、ミカンの皮から抽出したミカン油などをガソリンや軽油にブレンドし、いくらかでも炭酸ガスの排出量を削減する方向でバイオマスが注目されるようになった。日本では余り馴染みがない植物も熱帯では大量生産も可能である事から、ジャトロファオイルや、パーム油、サトウキビ、トウモロコシなど食料資源にもその利用がおよび、遺伝子組み換え技術を用いて開発されたエネルギー利用に特化した特別の品種も投入されるようになった。わが国では、騒がれた程にバイオマス燃料は普及せず、過剰生産であえぐ稲作農家を尻目に、やっと3%のバイオ燃料のブレンドが解禁になったが、その燃料はフランスからの輸入品であり、原料は小麦と言う対応であった。バイオエタノールの原料として有効なのはサト

ウキビ、トウモロコシの2つが代表的であるが、バイオエタノール生産に於けるサトウキビのEPR (Energy Profit Ratio) 値は栽培地、品種によりいくらかは異なるが、ほぼ2.0~3.0であり、生産過程に於ける投入エネルギーの2.0~3.0倍と効率がよい。小麦や米からの生産も可能である。小麦は1トン当たりから得られるバイオエタノールの量は340リットル、米は430リットルと大きな差がある。何故国内で有り余っている米に目を向けず、海外からの、それも小麦を原料として生産されたものを輸入する対応となったのか、その背景は分からないが、当然のことながら輸入するとなると、単位原料からの生産量が100リットルほどの差がある上に、余分に送料が加算される。過ぎたこととは言え、農業関係者の一人として複雑な思いである。筆者が米からのエタノール生産を提唱したとき、その様な事をしたら、食糧資源をエネルギー資源として利用するのであるから、2つの資源の利用がバッティングすることになる。すなわち食料が不足する、と言う意味の意見が出て、極力米のエネルギー資源としての利用は賛同を得られにくくなった。背後には生産調整（減反政策）という国家政策もあって、極力米に関しては触れない、触れてはいけない聖域の様な扱いを受けていた。今でも国有の遊休干拓地が4700ヘクタールも放棄地同様に管理されず放置されているにも関わらずである。当時の試算ではガソリンに3%をブレンドするだけのバイオエタノールの量は、余剰米で十分にカバー可能であったが、見向きもされず、上記した様にバイオエタノールのブレンド使用が許可されても、輸入品で代替され国内の米の問題には一切見向きもされなかった。福島原発の惨状から一部の遊休干拓地に太陽光発電を試みた例もあるが、干拓地造成、整備の本来の趣旨とは大きくかけ離れている。太陽光発電は新しいエネルギー資源として、近年脚光を浴びてきた技術の一つであるが、障害物がない広大な土地が有効であるが、一度設備として設置すると少なくとも20年ほどはその設備を維持する必要がある、さもなければ投資した資金の回収も難しいと言われる。一方、過剰生産が故に生産調整をして、放棄地同様に放置するよりは、米を生産しバイオエタノールを作る政策の方が土地の有効利用ができる。すなわち、エネルギー問題も過剰生産米を利用することや、先端技術を導入しての大規模機械化農業を志す自作農育成に向けた雇用機会を増す事が出来る点で太陽光に勝る。しかし多額の予算をつぎ込んで造成開拓した広大な干拓地を何もせず放置しておくよりは太陽光発電パネルでも設置して利用した方が良いことは論を待たない。

ところでこの時代（1970年代初期のエネルギー・ショック、またはエネルギー危機の時代）からの車の使用燃料の観点からその変遷をみると次のようになる。すなわち、1) ガソリン、軽油などの化石燃料をベースにした車、2) バイオマスなどの代替燃料を用いる車、3) ハイブリッド車、4) 電気自動車、5) 燃料電池車・水素自動車、に区分される。現在はどうなっているのかと言うと、未だにガソリン、軽油を中心とした化石燃料を利用した車が主流である事には変わりはないが、徐々にではあるがハイブリッド車の普及が進んでいる。その次の世代は水素自動車というわけで日本の大手企業も世界に先駆けて水素自動車の投入に踏み切った。しかし、この時点で急に電気自動車が注目され、世の中の空気としては

電気自動車がまず市場で受け入れられ、その後に水素自動車となる雰囲気にある。EUは2040年以降は、従来の化石燃料をベースにした車の輸入を禁止し、電気自動車のみを対象とする宣言をした。バイオ燃料などを利用した代替燃料で動く車などは一切対象外とする、と言うものである。2035年から2040年は、その意味で車にとっても自動車企業にとっても一つの変革時期であり、また心すべき準備を整える目標の時期でもある。ここで重要な事は、「ならば、電気以外のエネルギーで動く自動車は全く価値がなくなり、不要なものになるのではないかと解する人も出てくるのではないかと、と言う事である。これまで熱い視線を浴びた植物由来のバイオマス燃料もわずか半世紀ほどでだめになるのか、と早合点する人もあるであろう。環境負荷を下げると言う趣旨、意味から対応への処置は致し方ないとは言っているものの、これまでの新エネルギーへのシフトがこんなに速く訪れようとは……と考える人も出てくるであろう。たしかに自動車の輸出入は電気自動車に限られるが、その他の車はどうなるのであろうかといぶかるのは当然かも知れない。しかし、製品としての車は電気自動車に限られるが、電気は発電しないと利用できない。発電には各種のエネルギー資源が用いられる。よく知られた水力発電、化石燃料を用いたエンジンを動力源としての発電、あるいはバイオマスなど代替燃料を用いた機関での発電など、いずれも発電という過程を経ないと電気は得られない。となると従来通り各種エネルギー資源が発電のために必要となる。エネルギー資源の取引は車とは別ルートで行われるから、車の貿易が電気自動車に限定されても差ほど変わることは無いであろうし、その国の国内では電気自動車に限らず各種燃料で稼働する車への制限は個々の国家政府によって成されるから、従来のエネルギー資源も引き続き重要視されることに変わりはないと考える。ただ電気自動車を開発、製造する技術は、その技術を有する国にしか不可能であるから、国の経済、国力、持続可能な経済振興発展を維持するには世界市場で高い競争力を維持する独自の技術の開発が必要である。その意味で技術の重要性が語られることは言うまでもない。

世界的に技術の高さが強調される所以でもある。出来上がった技術を金で買うことは手っ取り早く、資金があれば極めて容易である。しかし購入するだけでは技術の維持はできない。それなりにその技術を伝承し、維持管理する人材の育成を同時併行して実施していかなければ、いつまでもサプライ・チェーンが続くという保証はない。伝承でしかできないノウ・ハウ (Know-how) もあり、これが時には極めて重要となる。

環境問題解決の最たる対応は炭酸ガス排出量の削減、または低減である。なぜ電気自動車が炭酸ガスを排出しないからと言って環境に優しいと言えるのか、発電所では大量の炭酸ガスを排出しておるのではないかと、との指摘をうける。確かに言われる通りである。発電所では地域限定で大量の炭酸ガスを排出し、発電した電気を地方で分散して電気エネルギー（具体的には電気自動車）として利用している。炭酸ガスは排出するが限定された地方、または地域で行われるが、個々の個人が炭酸ガスを少しずつ撒き散らしている訳ではないのが現状である。一カ所で大量の炭酸ガスを排出し、地方にまき散らさないのが良いのか、あるいは、現行の化石燃料で動くバイクや自動車が個々の所有者により少量づつ炭酸ガス

を排出するのが良いのか、と言う論争になる。一カ所の限定地域で大量に出される炭酸ガスは収集しやすいし、収集した後のガスの利用も容易と想われる。どちらが良いかの判断は各自、あるいは行政が判断することではあるが、世界的にみると、社会の情勢は炭酸ガスの地域限定排出の方向に向かい、広範囲に同じ量の炭酸ガスを少量ずつ撒き散らすシステムは削減される方向に向かっていると見るのが妥当であろう。かつて大学の独立行政法人化と同時に大学改組の波が押し寄せ、特に4文字学部への改組が時の話題を独占した。特に農学部、水産学部はその改組対象となり認可を得るのに多大の時間を要した大学もある。これまで馴染みであった「農」が「生物」云々という名称に変わり、種々の問題があらためて浮上、再認識されたが、いまでは過去のこととなり落ち着きを見せている。しかし、よくよく考えると「農」のイメージが食料資源生産というカテゴリで捉えられるのに比べ「生物」云々は食料に限らず、さらに広範囲の分野を対象とすることから「改組は良かった」と考えて居る。改組直後は問題山積で、カリキュラムの内容（どの様な内容を教えているのか）、またこれまでの卒業生を受け入れてきた企業からは、これまでと違うとの不満も聞かれた。「農」と言えば直ぐに分かるが、「生物」と言うとな何を為しているのかと言う確認が要る。しかし教育研究対象が広くなり、食料のみならずエネルギー、環境、材料にも対応できる資源生産と言え、さらにビジョンは広がる。化石燃料からバイオ燃料、再生可能なエネルギーへのシフトを考えると、改組が良かったと思うと同時にその「農から生物資源」への名称変更の重要性を再認識させられる思いである。ただ、その改組の時点で理学部との相違は何処にあるのか、と言う部分が明確でなかった。筆者の意見は明確で、生物資源学部はあくまでも応用科学であり、理学とは完全に異なると理解している。

ところで、電気自動車EV (Electric Vehicle) の問題点は、電気を供給するバッテリーの重量の軽量化、同時にコンパクト化、さらには1回の充電でカバーできる航続距離の長さ、またその充電に要する時間の短縮、と諸々の諸条件を満たす技術開発につきる。また従来の車のイメージとしての動力伝達駆動系のように、エンジンをモーターに載せ替え、クラッチを経て変速機、さらにユニバーサル・ジョイント (Universal joint) を介してデファレンシャル・ギア (Differential gear) で左右の車輪に動力を振り分けると言う概念は完全に変わり、個々の車輪に組み込んだホイール・イン・モータ (Wheel in motor) が適切な制御の元に駆動される構造になり、従来の上記の動力伝達系は不要となり、空いた空間にはバッテリーが搭載されると言う構造が一般化してきている。バッテリーに関する上記の諸問題への解決策は日進月歩で進んでおり、1回の充電で600kmの後続距離を実現しているものもあると言う。また積み込まれる電池はリチウム・イオン (Lithium ion) 電池で、媒体の中に液体を使用していた従来品から、全固体式のものが既に開発されている。液漏れなどの問題も解決し、蓄電容量的にも改良が進んでいる。電気自動車というと高速走行ができないのではないかのイメージが定着していたが、慶応大学の清水 浩教授が開発したエリーカ (Eliica) は8輪前輪にホイール・イン・モータを組み込んだ構造で時速370kmを実現し、電気自動車の可能性に対するイメージを根本的に変えた。最近では加速性、高速性能にお

いても世界的に多くの企業がスポーツ・カーにおいてこのレベルの高速性能を実現している。電気自動車の普及には充電インフラが必要であるが、グローバルな市場進出となると世界的に通用する国際規格に沿った整備が必要である。日本では自動車企業の間で共同開発することで合意した急速充電装置チャデモがある。農業分野では電気トラクタなどの開発研究があるが、従来のものにエンジンとモーターを載せ替えたレベルでの取り組みで本格的な構造機能の追求には未だ距離がある。余談ではあるがこのチャデモという名称は、充電中に茶でも一服呑んでいる間に受電すると言うイメージから名付けられたようである。

当時はその考え方の先見性に気付かず、遠い将来の話しとして見られてきた感がある研究に佐藤邦夫氏（元三重大学生物資源学部・教授）の研究がある。個々の車輪にホイール・イン・モータを埋め込み、それらが旋回時に協調的に操舵制御される構造となっている。今だからこそ、同種の商品化に向けた試作品などが発表されて、脚光を浴びる様になってきているが、当時は「なるほど、その様なトラクタもあるのか」とモデル的なものとして、およそ実現、商品化されると考えた人は多くはなかったと想像するが、永い時を経た現在、同じような構造、機能、コンセプトを有する同種のトラクタが提案されている。いまでこそ、その先見性に驚きを隠せないが、「なるほど、こう言う事だったのか」と再認識させられる昨今である。技術の進展には一つの技術だけでは不十分で周辺に関連技術があるレベルに達していること、またそうした製品の商品化への社会的ニーズが高まらないと、具体的な実現には至らない。その典型的な一例と言えよう。

<参考関係文献>

- 1) Nobutaka Ito (2019) Where does Electric Vehicle drive renewable energy?,
Proceeding of The 12th TSAE International Conference 14-15 March 2019, Hard
Rock Hotel, Pattaya, Thailand (Keynote speech as Invited Guest speaker)
- 2) Nobutaka Ito (2018) Does EV make Renewable Energy useless?, Keynote lecture,
2nd Maejo-Engineo International Conference on Renewable Energy, The wisdom of
Agriculture and Renewable Energy, Proceedings of MEICRE 2018 December 14-15, 2018
at International Education and Training Center, Maejo University, page 4, Chiang Mai,
Thailand
- 3) Nobutaka Ito (2018) Food and Energy Farm, 7th CMU-KU Joint Symposium 2018,
August 27 -29, 2018, Chiang Mai University, Thailand
- 4) Nobutaka Ito (2018) Which is which, Biomass or solar for food and energy? SAFE
NETWORK International workshop, October 18 - 21, I'M Hotel, Manila, Philippines
- 5) 佐藤邦夫、伊佐 務、田尻功郎、李明 珠 (1981) 4 輪駆動モデルトラクタの試作、三
重大学農学部トラクタ総合試験室研究報告、第 5 号、pp. 91-92.
- 6) 佐藤邦夫、伊佐 務、田尻功郎、東 久男 (1981) 電動モデルトラクタにおける基本制
御系の開発、第 63 号、pp. 257-266

- 7) 佐藤邦夫、田尻功郎、高木博己（1983）4輪操舵車両の旋回特性に関する研究（第2報）、農機誌 50(4), pp. 25-33
- 8) 佐藤邦夫、田尻功郎（1983）4輪操舵車両の旋回特性に関する研究（第1報）、農機誌 50(3), pp. 37-44
- 9) 佐藤邦夫、田尻功郎、伊佐 務（1984）電動モデルトラクタ車輪回転数の検出に関する研究、トラクタ総合試験室研究報告抜刷、三重大学農学部農業機械学科 pp. 17-29
- 10) 佐藤邦夫、田尻功郎、高木博己（1985）電動モデルトラクタROM モニタの開発（第1報）、トラクタ総合試験室研究報告抜刷、三重大学農学部農業機械学科、pp. 15-35
- 11) 佐藤邦夫、田尻功郎、高木博己（1986）電動モデルトラクタROM モニタの開発（第2報）、トラクタ総合試験室研究報告抜刷、三重大学農学部農業機械学科、pp. 1-26
- 12) トヨタ、米で燃料電池トラック公開、バイオマス水素も計画 ... | xtech.nikkei.com
2019年4月25日 <https://xtech.nikkei.com/dm/atcl/news/16/042512163/>
- 13) Toyota Tri-Gen: Water, Electricity and Hydrogen from Bio. | greenoptimistic.com
<https://www.greenoptimistic.com/toyota-tri-gen-20171211/>



図 1



図 2



図 3

- 図 1 2019年のTSAE（タイ農業工学会）での招待講演をする筆者（左）
講演の演題：Where does Electric Vehicle drive Renewable Energy？
- 図 2 講演発表の後、農業工学会会長より記念品を授与される（中央）
- 図 3 基調講演、招待講演者 TSAE 関係者との集合写真（右）