

大学放浪記 (17)

伊藤信孝

マエジヨ大学客員教授・再生可能エネルギー学部

本報では再度「脱炭素」社会構築について記す。2020 年奇しくも筆者に届いた国際学会開催のアナウンスメント配布要請に、十分に応えられなかった責任を感じ、何某かの責任を取るという意志表示をしたため、自らが現在何をやっているかをわかりやすく示すために、これまでに国際学会で発表したVDOプレゼン資料を添付し、送付したことがきっかけで、学術誌に論文を投稿、掲載する事が出来た。また発表論文は **Best Paper Award** を頂き大きな経験をする事が出来た。もちろん筆者が一人で何もかもやり遂げたわけではなく、予めビデオでのプレゼンを準備するときの手助けや、学会参加に伴う参加登録手続きにおける論文のアップロードなど、多岐に亘りかつての筆者の研究室に在籍した博士課程留学生の協力支援を頂いた。有り難い話で有り、感謝に堪えない。コンケン大学での勤務滞在は契約通り 1 年ということで、マエジヨ大学に移ることになった。コロナ禍の最盛期で、教員、学生も殆どテレワークが日常勤務であるかのような状況で、**TOR (Terms of Reference)** に掲げた職務も多く見積もっても 60%程度と言う事で、またしても同じような生活が続くようであれば雇用する大学に取ってもあまりメリットはないので契約通りの 1 年で延長は難しいと判断し、別の大学への移籍を決心した。昨年の国際学会参加の経験から、今年 2022 年も国際学会参加への同様の誘いがあった。しかし大学を変わると言うことは、口で言うほど容易ではないし、移籍に伴う事務的手続きも初めから進める必要があり、労働許可の申請、認可、ビザの更新、延長など多くの手続きが生じる。また移籍後も諸私有荷物の搬入、再設置に伴い物品の紛失や置き忘れなどから来る無駄時間の浪費など迅速な新勤務体制に適合するには速くても 4~5 カ月は掛かる。宿舎から事務所までの交通手段の確認確保、新しいメールアドレスの入手、設定なども重要なだけに、いい加減な対応では仕事にならない。既に紹介した様に、**SIGNAL 2021** と名付けたこの国際学会は内容的に、計測、センシング、通信、信号画像処理、制御など主として電気電子工学的な分野を専門とする学会で有り。筆者の専門である農業機械・機械化とは異なるが電気電子工学の応用分野でもある。その様な訳で学会の進展、振興、学術活動の広域化のために広く、多くの学術関係者への参加を促し、会員増や学会活動の活性化を促す目的で、一見関係の無い分野の研究関係者にも学会開催のアナウンスをして貰おうと言う趣旨で送付されてきたアナウンスメントが参加のきっかけになった。こうした背景もあってか、昨年一度のオンライン参加（予め録画したビデオと 18 ページに及ぶ論文投稿）から、徐々にその学会の概要が分かってきた。少し専門的になるが、この学会は **IARIA, InfoSys** 等と言ったいくつかの学会に別れていて全体として大変大きな組織で有り、おおもとは **IEEE**（国際電気電子工学会）に有るらしいと言う事が分かってきた。**IEEE** は米国、日本での開催学会で論文

発表したことが有り、またその雑誌にも投稿掲載されたことがある。しかし本来専門が異なるので、一般には参加発表は為てこなかった。関連の学術誌では計測制御学会、ビークル・オートメーション (Vehicle Automation) などがあり、参加発表、論文投稿、掲載の実績はある。いわゆる研究者の専門分野に、ずばりそのまま合致して居るというのではなく、学祭的分野 (Inter disciplinary)、あるいはいくつかの学術的分野 (Multi-disciplinary) を含む分野 と言う事になる。近年の最新技術は多くの分野の知識が必要で、従来から言われる専門という意味がひとつの分野に特化した内容でなく、他分野の研究者と話ができるほどの広い知識を求められるようになってきている。機械工学でも機械のみに関する知識以上に、その自動化、制御など電気電子の知識を必要とする (Mechatronics)。機械工学を専門分野として就職、採用されてもしばらくは電気電子関係の分野に配属されるのが当たり前になっている。さらに如何なる知識が必要となるかという判断は製品開発に向けた研究段階でのシーズ、ニーズにより異なるが、どの様な知識が必要になるかとの判断は難しく、的確な予測と判断がビジネスの将来を左右する。筆者は自分がやっていることが SIGNAL 2022 学会での発表論文にふさわしいかと考えると、本筋から言えば決してそうとは想わないが、その学会にとって新たな分野、知識の供与、可能性の示唆という観点から、参加を促され、招待され、さらにはその学会の規模拡大のための資金的協力にもなる。そのものずばりと言う分野でなくても、いくらかでも関係のあると思われる異分野の研究者を招き、幅広い情報提供の機会を創ると言う企画で、何処の学会もその運営には予算確保が必要である。このことは、見方を変えると筆者の専門分野が他の学術分野でも知られると言う事になり、専門分野は言うに及ばず、学生の就職や新たなビジネス野天階と言った利点もある。多くの可能性を残しておくという意味でも、機会があれば異分野での論文発表の意義がある。近未来の技術予測、展望と言った観点からも積極的に異分野の研究者の参加、招待を促し、研究発表の場と機会を用意する事は大きな意味がある。「招待講演」と言っても無料ではなく、講演者の身分、ポストに応じた参加登録料が決められている。筆者に準ずるポストの場合は他の学会と異なり、かなり高額である。専門も異なることから、最初は躊躇するが最終意志決定は次のように考えている。

- 1) 招待されることは名誉なことであり、積極的に参加を考える。招待されることを誇りに思い、むしろ感謝すべきである
- 2) 異分野の学会参加により自らの専門分野を知らせると共に相手学会のことも知る利点がある。これは自分のみならず、後に続く学生や若き研究者に将来的にたな分野の可能性を用意する事にもつながる。
- 3) 研究発表を通じて、異分野での幅広い情報、知識取得につながる。またこちらの分野の紹介にもなる。このことが新たな可能性、例えば新たなビジネス分野を産む機会、すなわち学生の就職、ビジネス創成ともなる。
- 4) 参加登録料にこだわるより、招待という形で与えられた機会に感謝し、自らの専門分野のみならず将来的に生み出されるであろう可能性への投資と考える。そしてその投

資が自分のみならず、後に続く学生や若き研究者への労働機会を創る。

と言うわけで 2022 年の SIGNAL 2022 にも参加する事にした。コンケン大学からマエジョ大学に移り、身分的に新しいポジションが定まっていなかったことや、所属機関を示すロゴやメールアドレスがなかったこともあり、正式に返事をする事が出来ず、学会からの連絡に回答することができなかった。しかし責任者からの 4 度目の連絡に回答したが、返事がなく、半ば諦めていたが重ねて誘いのメールが入った。大学移籍の経緯を説明し、自らは殆ど諦めていたことを説明した。そうした遅れもあって、結論として論文発表をキーノート・スピーカーとして行う。については予め録画したビデオとその内容に使用の PPT スライドを送付し、後で論文投稿すると言うことで話がまとまった。

さて発表論文のテーマと中身であるが、マエジョ大学に移って 2 ヶ月後に大学主催の国際学会で、これまたキーノート・スピーカーとして講演した「脱炭素社会の構築を考える」と言う事にした。ここであらためて発表論文の内容について紹介する理由は次のようである。「脱炭素」についての意味の理解が人によりいささか異なっているので、それを明確に為たいこと、さらに脱炭素に向けて電気自動車が大々的にとり挙げられ、あたかも電気自動車のみが脱炭素に貢献するが如き印象を与えていること、について筆者なりの意見を残しておきたいと考えたからである。

衆知のように 1970 年代に 2 度に亘り人類が経験したエネルギー危機は「石油」の重要性をあらためて再認識させるものであった。筆者が提唱するグローバル・テトラレム (Global tetralemma) の中の 2 つの課題である、エネルギーと環境問題が含まれる。経済振興を求めればエネルギー消費は増大し、経済活動を自粛すれば炭酸ガス排出が少なくなり、環境は保全される。エネルギーを取るか、環境を取るかは言い換えれば経済を優先するか、環境保全を優先するかと言う問題になる。持続可能な開発という標語を説明する最も身近で、わかりやすい直接的な最近の例は、森林の樹木を伐採して、太陽光発電装置設置すると言う何とも馬鹿げた話である。しかし、いずれも人類の経済振興活動に端を発している。人口が少なく、経済という仕組みがない遠い昔には、金儲けする必要も無く、その日の衣食住が確保されれば問題は無かった。1 日の仕事と言えば、獲物をもって河川や湖の畔で食するにたる魚が来るのをひたすら待ち受け、捕獲すれば持ち帰り火で調理して食するのが日常生活であった。われ先にと他人を押しつけて食しないし、食する必要も無いので大量の魚を捕獲する必要も無かった。それぞれが必要な量を確保できればそれで良かった。しかし人口が増え、経済の概念が入ると、如何に金儲けをして裕福に成り、自らの欲望を満たすかと言う身勝手な考えが拡がり、経済振興の姿勢が大多数を占める様になった。誰もが楽をして裕福な生活をしたいと言う身勝手な欲望に浸りきっていたからである。人口の増加はその余剰人口（新しく生まれた増加人口）をまかなうだけの食糧増産を促し、その目的を果たすために人間に代わる機械力が生み出され、それを動かすエネルギーの源が石油であった。当初は蒸気機関であったから上記を造り出すのに石炭が用いられた。その後、ガソリン、ディーゼル機関が発明され、そのエネルギーとして石油が大量に用いられる様になった。リ

ッチな生活を夢見る富豪があちこちに現れ、地球上の富を独占した。金儲けのため究極の生産効率が追求され、環境には目も向けられなかった。原材料を加工して付加価値をつけることで利益倍増が図られた。原材料は南半球に位置する途上国から伐採、採取され北半球の工業生産国に運ばれた。原材料の生産、収穫は現住民が奴隷のように使われ、多額の利益を生み出す作物栽培が限定、重要視され、プランテーション、植民地化が進められた（これを南北問題と言う）。技術開発、革新はめざましく、瞬く間にエネルギー消費の増大となり、環境問題へと発展した。自然環境破壊防止という倫理観と経済振興という金儲け主義の狭間で、持続可能な成長発展が模索 (Sustainable Development) されているが、最適解は未だ見出されていない。と言うのも出てくる問題がケース・バイ・ケースでの対応と言う場合が多いことにも起因する。

現在地球温暖化の元凶は人類の経済活動から排出される温室効果ガス（主に炭酸ガス）にあるとするのが大方の意見であり、そうでないとする少数派もいる。したがって将来的に炭酸ガスの排出を抑える方向で進もうという合意を目指す会議がCOP (Conference of parties) である。1997年に日本の京都で開催されたCOP3では2008年から2012年の間に炭酸ガス排出量を1990年火で6%減じるという合意であったが。環境よりもエネルギー（経済振興）を優先する国の脱落もありこの目標は達成されなかった。そして2021年、英国のグラスゴーで開催のCOP26では2050年迄の地球の温度上昇を1.5度に抑えるということで合意した。この合意ができるまでに24年、ほぼ4半世紀を人類は要したことになる。人類が住む唯一の惑星が地球であることをやっと人類は理解、認識がたかに見える。しかし第2次大戦後70数年を経ても、未だかつての大帝国を夢見る思考停止の国も散見される。人類の愚かさとしか言いようがない。果たして合意目標がどの程度達成されるかは「？」であるが、合意ができた事だけは確認しておこう。

ところで、温暖化の原因が炭酸ガスにあるので、この排出量を削減することが「脱炭素社会の構築」に貢献すると言う事になる。ここで言う炭酸ガスは人間の経済振興活動から排出される炭酸ガスを言い、日常生活で植物との間で営まれる「光合成」から吸・排出する炭酸ガスではない。経済活動のあまりの激しさにエネルギー消費は急増し、化石燃料の燃焼により排出される炭酸ガスが問題となっているのである。炭酸ガス排出源はおもにエネルギー生産、工業生産活動、交通機関、日常生活に伴う活動などであるが、話題の一例として自動車を取り上げる。自動車は人類の生活に深く浸透し、今後もその需要は増加の一途と予想される。以下にどれほどの自動車が生産、普及しているかを数値で示す。

年間の生産台数 (Total number of car production) は、約8千万台 80,145,988 / year (Source: Global Note March 2022, OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers) であり、世界にどれだけの自動車があるか、その総台数は (Total number of cars in the world) は約15億台 (1,492,040,000) である。また日本では約8千万台 78,420,000 in 2019 であり、2019年の統計では日本人の2人に一人が車を所有している事になる。(Source: <https://www.mitsubishi-motors.com/jp/sustainability/contribution/people/kids/question/box/cat>

egory08/qa05/

この自動車がひとつの大きな話題になっている。すなわち、これまで蒸気機関、ガソリン機関、ディーゼル機関、(ロータリ機関)、と変遷し、今でも蒸気機関を除く4種の機関は現役である。環境に配慮して、エネルギー節減、炭酸ガスの排出を削減するという観点から、種々の技術の開発、適用が試みられてきた。石油代替燃料であるバイオ・ブレンド燃料の適用、従来方式と電動モータの2つの機関を搭載し、適宜使い分けて使用するハイブリッド、ディーゼル機関ではコモンレール方式の適用、ガソリン機関ではCVCC、触媒の適用など各種の技術が個々の機関に向けて開発されてきた。そうした状況の元でハイブリッドが当面のエコカー普及へのターゲットであるかに見えた。もちろん電気自動車、水素自動車も想定内にあった。しかしEUが発した自動車輸出入規制宣言は電気自動車であり、その他はバイオ燃料で動く自動車も含まれていなかった。理由はバイオ燃料に於ける品質が必ずしも一定でないと言うものであった。2020年を目処に水素自動車を製品化、普及型として開発、販売を開始した企業に取っては、行き着く先が水素でなく、その一歩手前の電気自動車になった事が、ゴールポストを動かされた様な驚きであったに違いない。先行する少数企業に対し技術的に追いつけない多くの他企業の「意地悪」か「羨望、ねたみ」かとも受け取れるEUの規制である。

たしかに電気自動車は走行中に炭酸ガスの排出はゼロである。この点だけを見れば全くのCO₂排出ゼロで完全なエコカーと言えよう。しかし何故電気自動車のみを対象にしたのか。筆者はエネルギーの最終的な形は電気エネルギーと見ている。しかし電気は必ず発電というプロセスを経なければならない。では発電の過程で利用するエネルギー源は炭酸ガスを排出しないのかと言う疑問が出てくる。あたかも電気だけが自然に出てくるかの如き議論に聞こえるニュースが多すぎる。水素はそのまま燃焼もできるし、従来の内燃機関にも直接利用できる。炭酸ガスの排出はなく排出は水のみである。水素は貯蔵もできるし運搬もできる。電気に優る利点も多く存在する。また炭酸ガスの吸収量が極めて驚異的なユーグレナの栽培、生産後の利用、炭酸ガスの積極利用、CO₂のCCS (Carbon Capture & Storage), CCU (Carbon capture & Utilization) の利点を考慮すればいくつか対応方法は考えられる。すなわち「脱炭素」とは必ずしも「絶対にCO₂を出さない」というのではなく、むしろCO₂の排出は許容するが、「積極的に有効利用する」という対応の方がベターではないかと言うことである。そうするとEV (Electric Vehicle) に限らず、HV (Hydrogen Veicle), BV (Bio vehicle) であっても一向に構わない。発電せずに直接エンジンに供給できる、また従来のエンジンがそのまま利用できるということを考慮すればHVは優れている。現段階ではいくらかの解決すべき問題もあるが、電気自動車においても蓄電池の容量増、小型コンパクト化、安全性、発電時間の短縮など解決すべき問題は少なくない。またバイオでも同様のメリットはあるし、排出されたCO₂の積極有効利用で新製品、ニュービジネス創出の可能性も大である。問題は生産コストダウンと販売価格である。現時点で電気自動車のみに限定するのはいささか疑問である。日本の企業は2030年ま

でに30車種を総生産台数300~350万台として企業意志を明らかにした。現代の日本の自動車機関は技術的に完成の域に有り、世界の市場を大きくリードしている。それだけに技術で勝てない他の企業が新たなゴールを設定したのではと考えるのはごく自然とも考える。

図1は動力機関別自動車の変遷を、また図2は世界の国別炭酸ガス排出量を示す。経済振興活動のために炭酸ガスの排出量は減じるどころか益々増加の一途を辿っている。かつては米国が最大の炭酸ガス排出量であったが、今や中国がその座に着いている。しかもその排出量は米国の約2倍に達している。

本報で言いたいことを要約すると次の2つである。

- 1) 「脱炭素は絶対CO₂を排出しない、排出してはいけない」と言うのではなく、排出を許容するが、必ず相当量を吸収処理して収支のバランスをとるべきと言う意味である。最近炭酸ガスを海底深くに貯蔵する技術が紹介されたが、貯蔵してどうするのか?と言う点で疑問が残る。貯蔵を継続すれば貯蔵量は増大する一方で、いずれかの時点で取り出して適切な処理をする必要が生じる。持続可能と言うコンセプトは、連続'(continue)、継続(Analog)、循環 (Circular)などを意味し、初めから終わりまでのループが途中で切れていたり、つながっていない状況はこのコンセプトから外れると筆者は解している。
- 2) 脱炭素の議論で出てくるのがカーボン・ニュートラル (Carbon Neutral, または Carbon Neutrality)である。植物が成長時に光合成作用で吸収した炭酸ガスの吸収量は成長後に排出されるCO₂量より常に少ないと言うことである。従ってバイオマスを栽培利用する限り排出炭酸ガスの量は吸収量以上に排出されないことから、バイオマスが地球、あるいは環境に優しいエネルギーと言われる所以である。したがって「脱炭素」と言っても決して炭酸ガスを排出してはいけないと言うのではなく、排出は許容するが相当量を吸収処理すれば良いと解される。
- 3) 電気自動車のみがCO₂排出がゼロで環境に良いのではなく、水素、バイオ・エネルギーでも同様の状況を実現できる。その代表例がユーグレナ・プロジェクトである。電気エネルギーの利用には必ず発電と言うプロセスが必要であり、発電した電気は蓄電が必要であり、長期に亘り利用しないと放電し、再利用には充電が必要である。電気自動車がCO₂を排出しないと言う点のみを考えていると電気のみが脱炭素に貢献するという誤解に至るので注意を要する。

<余談>

脱炭素が強調され、電気自動車だけに焦点を当てたEUの宣言は、とかく誤解を招く恐れがある。人によっては電気以外のエネルギーは脱炭素に貢献しないと言う様にもきこえる。ならば、再生可能エネルギーの研究はやっても無駄と早合点する人も多くいるのではないか。電気以外は論外であると言わんばかりの取り扱いに、いささか「そうではない」と言うのが本報の記事の内容である。人によっては日本の先行する大手自動車企業を標的にした「日

本企業潰し」と言われるのも、無理からぬ言い分であり、多分にこの主張は的を得ていると筆者も考えて居る。主たるエネルギーが電気にあるという意見は理解できる。しかしだから電気だけが重要で他のエネルギー源は不要と言う事にはならない。電気は発電、蓄電しないと利用できない。発電する為のエネルギーが要る。バイオマスを含む再生可能エネルギーが必要である。このような視点で敢えて脱炭素を話題としてとりあげた。

究極の目的は炭酸ガス排出量を削減し、抑制すると言う最終目標を達成することが費用であるのであるから、どの様な方法でも構わない筈である。水素であろうがバイオであろうが、最終目的が達成されるのであれば方法は如何なるものであっても良いと言うのが公平な判断基準であるべきである。

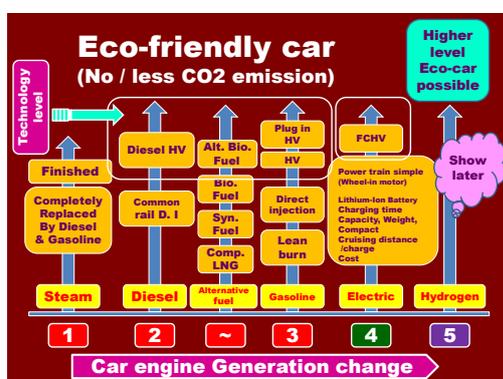


図1 動力源別自動車の変遷

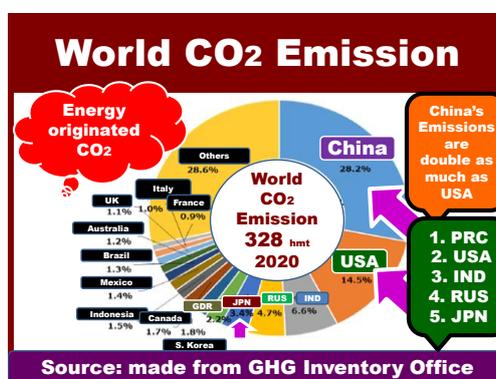


図2 世界の国別炭酸ガス被出漁