

伊藤信孝

チェンマイ大学客員教授・工学部

1990年初頭より筆者は「グローバル・テトラレンマ」(Global tetralemma)なる標語を作り、この問題を如何に調和の取れた形で解決するかが問題になると予測し、研究はもとより国際交流事業においてもそれを重要な課題として論議すべきと主張し強調してきた。くどいようだが再度その理念を紹介し、あらためて問題の重要性を再認識していただく機会としたい。グローバル・テトラレンマとは「地球規模の4重苦」という意味で重要な課題となる項目は人口(Population)・食料(Food)・エネルギー(Energy)・環境(Environment)の4つである。現実を見れば容易に分かるが、世界における人口の急増はめざましく、国や地方によって多少の差はあるが全体として見ると75億余(2020年)であり、年間8千万人ずつ増え続けている。内訳は新生児が1億4千万人であるが年間死亡者数は6千万人で差し引き8千万人が毎年新しく加わると言う構造である。19世紀末の1900年には、およそ16億人であった世界人口は20世紀半ばの1950年に約25億人になり、1998年には60億人に急増した。特に第2次世界大戦後の増加は著しい。人口が増えると何が問題かは容易に想像できる。その日の衣食住にのみ依存していた時代には、野獣が人間を襲い食していたが、人間が知恵を出し、考え、地球上での覇権を握ると、もはや事態は逆転し、人類は何十何百億もの動物を毎日屠殺し食している。死んだ生き物の肉を食するのではなく生きていた動物を殺して食している。現在の若者の中には人類が毎日これだけの膨大な量の動物を飼育し、屠殺し食している事を知らない者が多い。ひとたび鳥インフルエンザや豚コレラが発生すると何十万もの鶏や豚が殺処分される。また人類の間でも富や資源の収奪合戦を繰り返し、およそ「共存共栄」という精神は言葉のみで、嘘で粉飾された醜い覇権争いが耐えない。基本的に何を差し置いても生きる限りは食しなければその日の運動を可能にするエネルギーが得られない。食することは生きるために最優先の最重要な行為である。上記のグローバル・テトラレンマ(Global tetralemma)の意味は、結論から言うと、人類が地球上に存在するための必要条件を如何に満たし、共存するかという「最適解」を見いだす事にある。人口が増えれば食料増産が必要となる。誰もが生きたいと欲するからである。食料生産に拘わる人口は世界人口の約2割程度であり、残り8割は2割の人が生産した食料に依存して生きている。この状況を維持するには食料生産における効率化、省力化が必要で、コスト低減、生産物の高付加価値高揚、そのための機械化、自動化技術の開発とともに安心で安全な食料生産と言う条件を満たさなければならない。人力のみでの食料生産はその人口比(2割対8割)から見ても不可能である。それが故に機械化、自動化に向けた技術開発が必要であるが、機械や関連装置の稼働、運転には多かれ少なかれエネルギー供給が必要である。とりわけ20世紀は石油の時代であり、油が無ければ機械は動かない。

燃料消費率にすぐれた、効率よい機械システムの開発、技術移転、普及が必然となった。またエネルギー消費は源である油を燃焼して得られるから燃焼後に大量の炭酸ガスを排出する。種々の学説はあるが気候変動、地球温暖化の原因は多量の炭酸ガスの排出にあるという説が体勢を占めている。したがって炭酸ガスの排出を抑制することが環境問題の解決につながると言う理解になっている。そうした背景の中から、炭酸ガス排出量が増加しない生物資源由来のバイオマスが脚光を浴び、バイオ燃料が注目されるようになった。ここで誤解を解くためにカーボン・ニュートラル (Carbon Neutral) について記す。生物資源であっても燃やせば炭酸ガスは出る。しかし生物資源である作物 (バイオマス) は生育成長の過程で光合成作用を通じて炭酸ガスを吸収し、酸素を排出する。その酸素を人間が吸っている。問題点はバイオマス作物が吸収した炭酸ガスの量は、そのバイオマスを焼却して得られる炭酸ガスの量よりも常に多いと言う点にある。したがって必要量に応じてどんどんバイオマスを増産してエネルギーとして利用して炭酸ガスを排出しても、その排出量は常に吸収量よりも少ないと言う点で、炭酸ガス排出量が増えないと言う意味である。石油は燃焼すると炭酸ガスを排出するので炭酸ガス排出が多い、したがって炭酸ガス排出量の比較的少ないエネルギー生産システムと言う観点から太陽エネルギー (光と熱) を利用するシステムが話題となった。他に風力、水力、波力、潮力、などの再生可能エネルギーが注目されるようになった。特に東北大震災にからみ福島原子力発電所の津波と地震による被害以来、原子力への人々の見方に変化が生じるようになった。個々の技術の燃焼効率向上などにおいては、めざましい技術開発や革新が見られるが、バイオマスなどに焦点を当てたビジネス・モデル (Business model) の提案とその成功例は未だ多くない。

2019年12月からその感染者数と死亡者数の増加で、行政の対応は遅きに失したとの批判はあるが、ようやく「パンデミック宣言」となったコロナ・ウイルスの勢いは衰えるどころか、益々その広がりを増している。出入国禁止、鎖国政策を宣言、維持している国も増え、人が多く集まる場所での集会やイベントの延期や中止、自粛を求めるロック・ダウン (Lock down) が政府指導で実施されている。不急不要の外出は控え、じっと自宅待機に近い状態での日常生活を強いられ、失業者も増え、正規雇用でない労働者には苦難の毎日である。学校や大学も長期の休暇、自宅待機処置で外出も労働も、はたまた友人知人との間でも感染を防ぐための距離 (Social distance) を維持しなければならない。幸にも情報通信技術の発展でリモート・ワーク (Remote work) が可能となり、オンライン回線を結んでのテレビ会議やイー・ラーニング (e-learning) を駆使しての通信教育講座が実施され、物理的に職場やオフィスに直接行かなくても目的を果たすレベルの教育を行う事が出来る。日増しに入るコロナ・ウイルスの新情報から、長期にわたる対策が必要との視点から、食料の輸出規制を行ういくつかの国が現れた。ユー・チューブ (Youtube) などでは、わが国も休耕田や耕作放棄地を補助金で復元し、食料自給に備えるべきと言う意見も聞く。意見としては承っておくが、いささか農業政策に関する背景が理解されていないようである。生産調整 (減反政策) を税金を使って推進したのは行政であり、この政策は約半世紀も続

いた。タイでは耕作していない農地には課税されるから、農地は目一杯作付け栽培されている。公費を使って生産を抑制すると言う施策は、一般企業では短期間ならともかく長期にわたり継続できるものではない。税金という公費であるから可能であったのである。今更言っても遅きに失するが・・・。また農業機械技術者の中にも「後継者不足が問題であるから機械化が必要」という言い訳をして機械化の目的をつくろう人もいるが、この理解は間違っている、後継者がいないのは農業が魅力のない職業であるからではない。本来農業はその様な職業では無かったはずである。長期にわたる生産調整（減反政策）策がつくり出した人工的災害（Artificial disaster）である。政策対応の原因は米の過剰生産にあり、加えて日本人の年間米消費量の減少と言う2つの要因に要約される。（日本人一人が消費する米の量は約60kg程度にまで減少している。半世紀にわたる生産調整策の結末はどうか、と言えば広大な休耕地、耕作放棄地の存在、兼業化、稲作農業の衰退、に加えて農業従事者の精神的無気力化を創り出したことである。米に拘わる産業の縮小、活力の減退がそれに追い打ちを掛けたことである。過剰生産に対する生産調整策による対応のプリンシプル（Principle）は「短期に解決」することであり、新製品、新市場の開拓が基本である。生産無くして経営が成り立つ筈がない。かつて生産調整推進派とそうでない著名な学者との間で公開討論があり、広大な空間の講堂は聴衆で溢れたと聞く。結論は初めから分かっているから、筆者は怪訝な顔でやり過ぎた。すなわち生産をやめたら全ては終わりであり、その職業（あるいは産業）は終わりである。「生産物を販売してなんぼのものか」と言うのが生産業である。生産するものが無ければ売るものはない。売るものが無ければ、もちろん収入もない。経営が成り立つ筈がない。日本の農業はアジア農業と同じで小規模、家族労働、貧困、低収入で代表される。そんな農業を職業に選ぶ若者はいない。機械化で労働の軽減は図れるが、機械購入の経費や維持管理・修理を補うことができるほどの余裕は無かった。おまけに、常に補助を受けなければならない職業という暗いイメージが付きまとう。兼業化は農家収入安定の増加に寄与し、機械の購買力を高め、企業に利益をもたらし、日本の農業機械技術レベルの向上、農業機械化推進に寄与したが、農業そのものが向上した訳ではない。そうでなければ休耕農地や耕作放棄地が増えるはずはないからである。TPP(Trans Pacific Partnership)でも当初は加入すべきでないとする意見が日本国内では多かったが、かといって参加もせずに傍観していても日本農業は良くならない。同じ加入するなら積極的に加入し、少なくとも対等に、できればそれ以上に（例えば参加国のリーダー的存在）に位置する存在になることであろう。米国が抜け、期せずして日本がその後始末をする結末になった事は皮肉では無いが良かった。秘訣はないが、基本的な姿勢、スタンスは「安全で高品質な製品（生産物）を競争力のある価格で、かつ安心できる供給体制で市場に出す」ことが農業の生き残る道である。今回のコロナ・ウイルス(Corona virus)が世界人口の減少に影響を及ぼすほどの規模にまで発展するかは、現時点では予談を許さず予測が難しい。常日頃からの準備が大切であり、重要かつ必要である。

戦後の食料自給、増産を掲げて農業振興を目指して全国的に大規模農業を目指した干拓

事業が推進されたが、米の消費の減少に加え、米の過剰生産、生産調整（減反政策）策の制定で事業の殆どは中止となり、国営遊休干拓地として放置されている。一時期、大規模稲作のモデル圃場として、精密農業などの高度先端技術を組み入れた自律走行を導入して米を栽培し、その米からバイオエタノールを生産しバイオ燃料として利用すればエネルギーと環境問題は緩和、解決出来るのではないかと提案し、一部の関連企業からも関係機関に掛け合って貰えないかとの話もあったが、基本的に米は生産調整作物であり、国の方針に逆向すると言う事で報告書はできたが積極的な振興支援はその時点でストップした（干拓地の大半は現在も同じ状況である）。その後も心残りがしたので、農業振興、大規模ハイテク実証微農場、食料・エネルギー生産圃場、をキー・ワード（Keyword）にいろいろ考えていたとき、休耕地を利用した太陽光発電が話題になった。筆者は以下に示す次の点で反対であったが、何の作付けも、耕作もせず放棄しておくのであれば何か作付けして土地の有効利用を図った方が良く、と言う事で太陽光発電も選択肢の一つに考えていた。いうまでもなく殆どの休耕地は総面積は多くても個々の農家の所有する休耕地は小規模で、あちこちに分散して散在していること、草や木々が繁茂しており太陽好設備・装置の設置には同じ高い効率を維持管理し続けるための清掃整備などの付加的作業が必要なこと、投資経費のペイ・バック（Pay back）を考えると一度設置すると少なくとも15年から20年は設置した状態を維持継続する必要があること、また定期的にメンテナンス（Maintenance）が必要である事、などがそのデメリット（Demerit）であった。したがって広い空間が確保でき、光を遮断する障害物がない広大な空き地（できれば農地でない方が良く）があればと考えていた矢先に、三重大学からチェンマイにいられた社会連携の関係者にそのことを話した。その人達が帰国して直後に連絡があつて「先生が言われていることが実現されるようです」との一報が入った。三重県と愛知県にまたがる木曾崎干拓地がその場所である。筆者が考えていた食料エネルギー生産圃場もこの地を対象にしたものであった。その後、県側と干拓地を管轄する国側との間で太陽光発電設備が設置され、以後順調に稼働していると聞き及んでいる。情報によれば、総面積440ヘクタールの干拓農地の80ヘクタールがその対象となっているらしい。上記したように、利用しない土地であれば利用する方が良く。効果としては、新技術のデモンストレーション（Demonstration）とその検証（Verification）であっても良い。極端に言えば新技術の可能性の紹介、稼働性能実験と性能試験結果の公表などがあるが、将来に向けた可能性と実用普及化が進めばさらに良く。ここでの議論では食料（Food）とエネルギー生産（Energy production）がキー・ワード（Keyword）である。

太陽光発電が良いのか、バイオマス栽培による食料・エネルギー生産がよいのかと言う点で筆者の考えを披露したい。いうまでも無く、両者は共に再生可能エネルギーで炭酸ガスの排出に関する問題は少ない。いずれも環境に優しいエネルギー生産が可能と言える。しかし太陽光発電は発電に特化した装置であり、食料生産は直接できない。一方バイオマスは食料として食することもできる上にバイオ燃料の生産もできる。いわゆるバッファ・リソース（Buffer resource, 緩衝資源）である。また土地はいつでもバイオマス生産の為に自由自

在に利用できる。装置の設置、長期間の設置の継続維持と短期間で取り外し除去は不可である。上記したようにバイオマス資源は食料資源でもあり、エネルギー資源としての利用も可能である。どれだけの量を食料に供し、どれだけをエネルギー資源に回すかは生産者である農家が基本的に決めるが、食料としての米よりもエネルギーとしてのバイオマスの方が高い価格で販売できるとなると、農家は必然的に生産したバイオマスをエネルギー資源として販売するようになる。そうすると次第に食料に供する割が少なくなり、最後にはエネルギー資源としての生産が圧倒的に多く成る。この調整は政治的な判断でも可能であるが、市場での需要と供給のバランスでも機能する。筆者はバイオマスのバッファ資源 (Buffer resources) としての利点を強調したが、他の多くの人は食料とエネルギーとのバッティング (batting) の懸念を強調した。特に米は主食であり、米のエネルギー資源としての利用には抵抗が多かったようである。しかし米に拘わる問題の矛盾は多々あり、単に国有遊休干拓地を利用しての食料・エネルギー生産に限らず、ミニマム・アクセス米 (Rice for minimum access) などの利用なども議論が必要であったが、今では時すでに遅しである。ミニマム・アクセス米とは米の貿易自由化をかたくなに守るわが日本国の姿勢に対し、将来的に米市場を開放するという姿勢を見せる検証の証として、わが国に科せられた「懲罰的」な措置であり、米が過剰であるのに、さらに数十万トンの米を強制的に毎年輸入しなければ成らないと言う合意である。生産過剰の上の余剰米であるからエネルギー資源としての利用も大きな可能性であったが、やっとE3 (ガソリンに3%のバイオエタノールを混入した燃料) の販売が緩和されたにも拘わらず、そのバイオ燃料は日本産ではなく、フランスからの輸入であり、原材料は小麦であった。小麦は1トンから330リットルのバイオ燃料が採れるが、米を使った場合は1トンから430リットルとさらに100リットルほど多く、条件は良かったがなぜか、輸入品の利用が優先された。フランスからの輸入コストもさらにコストに上乗せする事になるという不利な条件が加わるのにである。

図1は木曾崎干拓地に設置の太陽光発電設備を示す。全干拓地面積の約1/5を占める。図2はKWh当たりの発電コストの比較を太陽光、バイオマス、原子力について比較したものである。太陽光もバイオマスも50円程度であり、甲乙差がつけがたい。原子力が極めて安い事が分かる。しかし太陽光発電では、既述したように土地を利用する上でのメリット、デメリットを考えると初期投資としての設備の設置、一度設置すれば十数年間の取り外し不可、装置の継続的メンテナンス管理などでエネルギー生産に特化した利用しかできない。バイオマスは食料資源にもエネルギー資源にも利用が可能であり、土地(農地)の利用がフレキシブル (Flexible) であることから、異なる種々のバイオマス作物の栽培、生産がいつからでも可能と言う点で雇用機会を創造 (Job opportunity creation) する上でもメリットがある。かつて自作農創設を推奨した政策もあったが、いまや農業は陽の当たる産業からは遠い位置に置かれている。何故こうなったかと言えば、政策的な対応が大きく影響している。農業機械産業も大きな影響を受けてきたが高度先端技術を装備した機械の開発、普及の貢献は企業の自助努力以外のなにものでもない。一時行政が出したシンプル農

業機械の普及策は大半の兼業農家や農業機械企業双方にとっても、また技術レベルの高度化にもあまり寄与していない。兼業農家は基本的に専業農家と異なり農業、営農は「素人」であり、自動化機能を備えたハイテク機械へのニーズは農家、企業の双方にとって共通のニーズであった。兼業農家は定期的にサイド・ジョブで得た収入で高価な機械の購入、入手はそれほど困難なことではない。そうした環境に目を向けることなく、ただ自動化装置を装備しない廉価な機械を開発普及せよと迫っても「得にならない」ところに金を無駄につき込む者はいない。農家と企業の双方にとって不評で、この政策は速いうちに消えた。

はたして今回のコロナ・ウイルスが世界的な経済衰退を招き、さらには食糧危機 (Food crisis) をも引き起こす大惨事にまで影響を及ぼすのか、明確な方向の提示は、現在ではできないものの、常に危機に備える準備と心得を堅持する必要性を再認識させる事件でもあった。筆者が記した本シリーズの「チェンマイ大学での貢献 (83)」を読んだ人から「やはり堅実な準備と対応、それに向けた心得を常に旨とすべきで、I R (Integrated Resort) 建設誘致構想も良いがギャンブル (Gamble) より堅実な事業としての社会基盤整備にもっと力を入れるべき」との意見を聞き、大いに励まされた。ちなみに米からのバイオエタノール生産のエネルギー生産ではその効率 E P R (Energy Profit Ratio) が 1.0 より低く 0.4 余であり、バイオマスエネルギー生産には適していない。この値が 2.0 ~ 3.0 程も有るサトウキビがより有利であることはブラジルのバイオエネルギー利用先進立国としての成功例からも容易にわかる。では米の場合、どの様にすればこの E P R の値を 1.0 以上にすることができると言う方法は廃熱や余剰副産物の積極的利用で可能となる。すなわちバイオ燃料でエンジンを動かし、仕事をするると本来の仕事に必要なエネルギー以外に余分な廃熱が生じる。こうした廃熱を回収して暖房に利用するなど、これまで捨てていたエネルギーを回収 (Energy recovery) することで達成できる。

<余談>

かつて農業機械を専門とする卒業生 (地方公務員) に米からのバイオマスの生産の話をしたら、「米の値段が高価でエネルギー生産は勘定に合いません」と言う答えが返ってきたのを記憶している。農業・農業機械化を学んだ卒業生が地方の行政機関 (農業関係部門) に就職し、持ち合わせている認識が上記の表現である。いささか失望を隠せない、やるせない気持ちを今でも明確に記憶している。なぜなら「高い米の値段」は行政によって創られたものであり、市場価格で形成されたものではないからである。またそうした高い価格に何処の誰が為しているのかと言う認識がないことである。生産調整策が米の価格を高く維持するための政策である事への知識のなさに加えて、その政策を推進しているのは、あなた方行政ではないか」という情けない思いを記憶している。長年のぬるま湯的な機関での在籍が自らの成すべきミッションを見失わせ、自分が何を為しているかと言う事すら疑問に思わず、その席に安住、鎮座している姿に驚嘆したものである。周りで何が起きているかに何の関心も持たず、まさに公務員的人間が育っている、そんな気がして成らない。

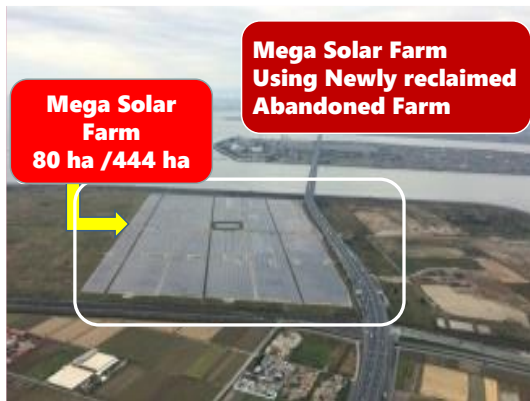


図1 木曾崎干拓地に設置の太陽光発電設備

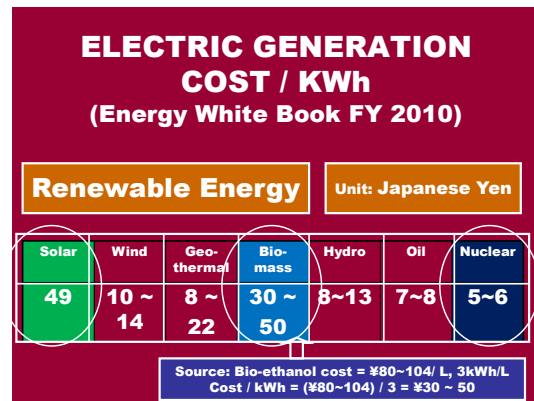


図2 KWh 当たりの発電コストの比較

参考文献

- 1) 伊藤信孝 (1999) 食物等のバイオマスのエネルギー利用に関する調査 (委員長として) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO)、委託先 (株) テクノリサーチ研究所 (分担執筆: 新栽培システムの提案) 122-129, 1999. 3月
- 2) 伊藤信孝 (2008) 米からのエタノール生産 (上)、農業電化 pp. 6- 11, 2月号
- 3) 伊藤信孝 (2008) 米からのエタノール生産 (下)、農業電化 pp. 13- 17, 3月号
- 4) Nobutaka Ito (2018), Which is which, Biomass or Solar for Food and Energy? October 18-21, 2018. Prepared for Plenary speech at SAFE NETWORK, I'M Hotel IN MANILA, PHILIPPINES