

Beyond The Grid!

太陽光発電のほんとうの価値を活かす

松本 吉彦 (S47 卒)

<mazmoto@wind.jp> <<http://www3.wind.jp/mazmoto>>

平均寿命の半分以上を生きて来て 20 世紀を振り返るに、どう見ても「狂乱の世紀」というしかないように思える。二つの大戦をはじめとして数多くの戦争。もともと人間の幸福のための術であったはずが、いつしか目的が銭にすり替わってしまった経済。そして知識と(伝統)智になることを放棄し、銭経済の奴隷になった科学と技術…

国家による計画経済の瓦解は前奏で、いま進行中のグローバル金融原理主義とグローバル宗教原理主義の横暴も 20 世紀の後片付けの始まり。ご主人様＝銭経済の崩壊にともなって、奴隷＝技術者／科学者も自らその処世を考えたほうがよさそうだ。(2016/12/16)

バーチャルからリアルへ

もともと私は「ラジオ坊や」つまりアマチュア無線が始まり。中学生での最後の真空管時代を経て半導体の世紀、エレクトロニクスからデジタル回路、マイクログロセスからパソコン、インターネットとドットコム・カンパニーと、軌跡を省みれば時代は流され、面白そうな業界を渡ってきたことになる。

しかし、21世紀を迎えた14年前、私は約30年間糊口をしのいできたエレクトロニクスIT業界に見切りを付けた。長年かかわってきた会社とその役目を終え閉じようとし辞めるタイミングでもあったが、同業の仕事に就くべきか逡巡し、ちょうど大学へ進学した息子と二人暮らしの“若隠居”をきめこんでいた。そんななか、アメリカ本土やハワイとバケーションに現つを抜かし、その帰国の3カ月後、2001年9月11日、アメリカへの同時多発テロ…

これには考えさせられた。我々の銭経済(マネーゲーム)／ビジネス・ゲーム)やITの馬鹿騒ぎへの想像を絶する怨念・怒り・憎しみ。それと同時に、石油石炭天然ガスやウランなど、減耗しつつあり残りが2世代も保ちそうにないエネルギー、それに依存した“砂上の楼閣”である今の文明に想いを馳せた。

子煩悩の私の考えること、たかが知れている。携帯電話・パソコン・インターネット、自動車・電車・飛行機など、けっこう素敵な今の文明、息子の世代にも孫の世代にも、ずっと永く遊び続けて欲しい。遊び続けられるようにしてあげたい。それは子どもにお金を残すことではない。文明が崩壊すればお金は価値を失うし、お金その物は食えないから生存すら危うくなる。

涸渇するエネルギーを基にした文明の方向を改め、持続可能な文明を目指すしかない。70年代に読んだ

本を読み返した。

シューマッハの『スモール・イズ・ビューティフル』、エイモリ・ロビンズの『ソフト・エネルギー・パス』、ドネラ・メドウズの『成長の限界』。そういえば、この『成長の限界』の研究を彼女に依頼したローマ・クラブ創始者のアウレリオ・ペッツエイも「孫娘を膝に乗せてるとき」にこの構想を思い立ったそう。

太陽光発電で文明を紡ぐ

70年代の石油危機、また公害問題・環境汚染を背景に、ラジオ坊やの私もその業界にも興味を持ったが、エネルギー問題はエリートの「政策」、いかにせん勉強が苦手な私には遠かった。百姓も大学卒業頃に試みたが直ぐに挫折。その一方、エレクトロニクスは面白くつてたまらない。それなりに仕事になりお金にもなり、次々に新しいテーマが現れて、70年代の危機感は薄れ、「面白い遊びに夢中」になっていった。

その私が、21世紀の最初の年に、それら危機感を新たにした。地球上の生物にとって、あるいは数百万年の人間の歴史にとつて、数億年前にストックされた化石燃料の使用(消費と二酸化炭素の放出)は異常である。本格的に使い始めて約2百年、狂気の使い方の50年は、歴史的に見て、極めて短期の異常行動である。気候変動／地球温暖化は皮相的な問題にすぎない。

20世紀の多くの戦争は、二つの世界大戦を含め、エネルギー争奪戦だった。「イスラム国の勃興」も、札びらを切つて資源国の人々の心と尊厳を弄び札びらを切つて化石燃料を強奪してきたことも遠因であると思う。私たちの日常の、自動車に乗つたりテレビを見たりエアコンをつかつたりすることがそれらと無関係だと言いつけるだろうか？

錢經濟の狂気も親の遺産(化石燃料)を浪費する放蕩息子の愚行である。死じまった親の遺産も化石燃料もウランも増えない。省エネに研究開発(金と智の)投資を行うのは間違いないだろうか。10%の省エネがうまくいっても、百年の寿命が十年延びるだけだ。一次エネルギーの再生可能エネルギーへの転換に(研究開発投資を行い)成功すれば「種の“期限”」まで、人類の歴史の数百万年を超える文明の持続も可能になる。

そういつたわけで70年代から興味を持っていた太陽光発電(PV)について調べ始めた。PVは格段に進歩していた、私が「面白い遊びに夢中」になっていた間に。

その昔PVは、PVを生産した電力を、その寿命の内にPVで発電した電力で、回収できなかった。いわゆるEPR (Energy Portfolio Ratio, Energy Payback Ratio) が1を下回っていたのだが、そのEPRは今や10を上回っているという。たとえば結晶シリコン太陽電池は、自分を生産した電力を約2年で回収し、その寿命は20年はありそうなのだ。つまりPV自身を生産した電力の10倍を回収し、言い替えば、資源制約のないシリコンと、PVで発電した電力でPVを拡大再生産することにより、文明を紡ぐためのエネルギーになり得る。

PVのコストも70年代の百分の1になっている。もう既に、危険な地で石油を汲み揚げ遠方から危険な海路を運んでくるより、PVで太陽エネルギーを集める方が、コストの面でも安くなっているのではないか。私のいた業界の半導体メモリは、そのビット単価は70年代の十億分の1に低下している。情報とエネルギーは違うとはいっても、同じ工業生産物だ。さらなる大量生産でもっと安くなる。屋根を葺くのに、トタン板

や瓦とPVで、そう大差なくなると期待しよう。

太陽エネルギーの直接利用が文明を紡ぐ一番いい方法だろうという思いに至った。植物を経由してエネルギーを得るのは邪道だ。きつと「お天道様のバチ」があたる。食べ物には神聖である。人類、命を紡ぐエネルギーは植物や藻類等の光合成に頼ってきた。その輪に現代文明が割り込んで横取りすると、いつしか命を紡ぐのに支障をきたすに違いない。

現代文明：携帯電話・パソコン・インターネット・自動車・電車・飛行機などのエネルギー、より正確にはエクセルギーは、植物を繁茂させることのできない建造物などに設置したPVによって、太陽エネルギーを集め、電気エネルギーに変換して使うのだ。

もともと約6千°Cの太陽からエネルギーは 10^{14} 10^{15} Hz くらいの電波で飛んで来て、地球という周波数コンバータにより25°Cの電波で背景放射の270°Cの宇宙空間に排熱として捨てられるものだ。その過程でほんの少しだけ、ちよつとの間(ほとんどが日周期)だけ借りる。横取りしてしまうのではない。

太陽光発電システムの真の価値

経産省／資エネ庁／NEDO を含めたエネルギー業界では、PVを「コスト」でしか評価しない。電力の発電端コストでの比較や、化石燃料／核分裂燃料削減分のコストとの比較、そして受電端での電気代(=需要家にとつてのコスト)としての比較だけに嵌まってしまう、自分(業界)で自分の首を絞めるような状況に陥っている。

それに対して、太陽光発電システムの研究と世界的な普及に邁進されておられる黒川浩助先生は、ここ数年しきりに問い掛けておられる、「太陽光発電システムの真の価値」とは何かと。

第一の価値は、これまで述べて来たように「現代文明が必要とする電力を永続的に供給するための要素技術である」と、私も考える。

幸せな人生のために「現代文明」を必要としない既に幸せな人々もこの地球上にはたくさんおられる。むしろ「現代文明=無痛文明」の中で不幸な我々へ、電力という「ヤク」を永続的に恵んでくれる要素技術というべきなのかもしれないが、平和な世界、テロや戦争が無いだけではなく、人々の心が和やかな世界に変えていくには、まず最初に我々=現代文明中毒患者側が変わらなければならぬのだ。その第一歩は、PVにより、「経済という暴力」でエネルギー資源を強奪して来るのをやめることだ。

人類の歴史に耐えられる一次エネルギーは、その賦存量からみて直接の太陽光エネルギーしかない。おおまかに、人類の必要としているエネルギーの何倍かで賦存量を表せば、水力は1倍、バイオマス(植物や藻類等)は十倍、風力+波力+潮力は百倍のオーダーであるのに対し、地表に到達する太陽光は1万5千倍といわれているからである。

絶対量でも寿命でも、太陽光に頼るしかないのだ。それが最も安心できる。生物が35億年間 命を紡ぐ糧として直接の太陽光を振り所にしてきたのだから、その実証実験に勝るものはない。

もう一つの太陽光発電の真の価値

そして私は、もう一つの「太陽光発電の真の価値」も追究したい。それは「人道に叶う電力システムを構築できる要素技術である」ということだと思っている。最近気付いたことだが、前高OBの高木仁三郎は、巨大科学技術への批判の中で、不平等や抑圧を減らすのが好ましい科学技術だと書いていた。

さてその太陽光エネルギーは、現状の電力の一次エネルギー⇨化石燃料やウランあるいは高いところに溜めた水からのエネルギーとは、性質が全く異なる。まずは遍在している⇨遍く賦存されているということ、集中して偏在⇨偏つて存在していないということだ。そして太陽光⇨電波自体は貯めておけないこと、変動すること、また余すこと無く全て変換して使おうとすると、その量はその瞬間毎の太陽光エネルギーに依存し制御できないことなどである。

現状の電力システムは、19世紀末にに發明された“グリッド”というアーキテクチャのままで、技術的には大規模・集中、制御できる発電を前提にしている。上記のようにまるで違う性質に由来する太陽光からの電力は、旧来のグリッドに載せようとすると、系統連系限界問題のように無理が生じる。

「新しいワインは古い革袋にいれてはいけない」と昔から云われている(マタイ伝9)。太陽光発電からの電力はこの“新しいワイン”だ。“古い革袋”とはグリッドである。それぞれの時代の発電に適した新しい電力システム(ネットワーク)アーキテクチャ⇨“新しい革袋”が必要であると考える。

PVは小型分散システムに向いている。旧来の発電は熱力学・回転系であったのでスケール・メリットを追及する(大きくして効率を上げる)しかなかったのに対し、PVはスケラブルであり(大きくしても効率は上がらないが)小さくしても効率は下がらないからだ。一次エネルギーは空からやってくる。現代文明はやつと、遍くそれぞれの民を主とする発電手段⇨PVを手に入れた。

電力システム(ネットワーク)アーキテクチャというものには技術革新によって変革された例は歴史的に非常にまれである。情報システム(ネットワーク)アーキ

テクチャが、技術革新の度に煩わしいほど変革してきたのと対極をなす。電力システムは多くの場合、外的要因、多くは政治的に変革させられてきた。さらに悲しいことに、大きく変わったのはいつも戦争のときであった。

そしてグリッドそれ自体の大イノベーションのきっかけとなったのが、経済的自由競争を妨げる「独占の術」としての、アメリカ合州国シカゴにおけるサムエル・インサルのビジネスモデルの發明であった。その出生の後もグリッドは、電力を分配する手段であるとともに、富を収奪する手段として、また戦時には国家が電力政策を独占し、戦争を遂行する手段として発展・成長してきたのだ。

PVが非定常/制御不可能な発電であるということとはチャンスである。PVがスケール・メリットを持たないということとはチャンスである。やつと、民を主とする自ずから人の道に叶うような電力システム(ネットワーク)アーキテクチャを、技術革新に依つて生むチャンスとなり得ると考えるからだ。

この「新しい電力システム(ネットワーク)アーキテクチャが構成できる」ということが、私の考えるもう一つの「太陽光発電システムの真の価値」である。

電力貯蔵の真の価値

夜には発電できない/雨の日には晴れの日の10~20%しか発電できない非定常発電のPVからの電力を、日本での使い方のように使うのには、電力貯蔵は必須だ。それが無いと、化石燃料燃焼エネルギーや核分裂エネルギーからの電力との連携、つまりグリッドにつながる⇨系統連系が必要になる。そしてグリッドにとつてのPVからの電力は少ない割合でなければ

ならず、PVからの電力の割合が多くなると系統擾乱問題になり、「ほぼPVからの電力だけ」の運用は不可能と言われている。

化石燃料燃焼エネルギーや核分裂エネルギーへの依存から抜け出し、前項での述べたような「太陽光発電システムのもう一つの価値」を具現化するには、グリッドから独立し系統連系を断ち切らなければならない。

太陽光発電システムの電力貯蔵の真の価値は、このグリッドからの独立を可能とするところにある。

PVの発電の一番大きな変動は日周期⇨夜と昼の周期である。次に大きいのが天候による日照の変動、日本では昔から言われている三寒四温のような周期だ。そして長い変動の小さいのが、一週10億キロメートルの宇宙旅行の1年だ。

年周期に対応した容量の電力貯蔵を持つのは非現実的だ。最低でも日周期、実用的には天候による日照変動の周期に対応し、3~5日分以上の電力消費量に相当する電力貯蔵を備えようと、グリッドから独立して従来の日本の電力消費を賄える。わがまを許す住宅用システムが一番たいへんで、矛盾するようだが、住んでいるヒトの智恵で対応できる住宅用が面白い。一日の電力消費がほぼ一定の、工場や事務所が一番簡単だと思う。

この稿の題の「自律分散電力システム」の実証実験は3戸の住宅と、1戸の電力融通のハブで、横浜市に構築した。一日の電力消費を5kWhとみなし、住宅各戸には約15kWh(ハブは約30kWh)の電力貯蔵を備える。この電力貯蔵機器の部品コストが高い。

シユンペーターのイノベーション

この新しい電力システム(ネットワーク)アーキテク

チャイルド』自律分散電力システム』その実現には「30年間で長足の進歩をした要素技術の鼎立、すなわち、太陽光発電、電力貯蔵、そしてパワーエレクトロニクスの三つに依つて立つ。

電力貯蔵は今、長足の進歩を遂げようとしているし、半導体メモリや磁気ディスク・メモリの“暴落”から見れば歯がゆいが、プライス低減が進んでいる。新しい電力システム構築のために既に妥当なコストになつてくると思う。

「自律分散電力システム」の実証実験を、2005年に私が最初に構想したときには、環境負荷や充放電特性から電気二重層キャパシタの使用を考えていた。しかし故岡村さんに相談したら「電気二重層キャパシタに拘らないほうがいい」と言われ、重量と容積そしてコストからリチウムイオン電池に切り替え、2010年から構築した。その後の電気二重層キャパシタは、高出力電力密度にシフトし、多電力量貯蔵密度からは撤退してしまつたようにみえるのが残念だ。

パワーエレクトロニクスは単に定電圧電源だけでなく、定電流電源、定電力電源、定インピーダンス電源、あるいはそれら「定」だけでなく任意に設定できる「可変」、そして電源ではなく「負荷」としての特性が「定／可変」そして電圧／流／力と求められる。

たとえば、PVは非線型電源であるから最大電力を取り出すには「可変負荷インピーダンス」入力が必要である。LED照明では、現状は定電流駆動だが、定電力駆動や「定照度」駆動、さらに窓からの採光や人間の感性まで勘案した駆動まで考えられる。

また、スイッチング電源の並列運転や、スイッチング電源がシリーズに接続されたり、負荷自体がパワーエレクトロニクスの場合の、振動や発振の予防には、定電圧や定電流の電源ではなく、あるインピーダンスを持った

(たとえば負荷によって出力電圧が下がる)電源の方がいいかもしれない。それを損失なく実現できるのがスイッチング電源である。

また、パワーレは電源だけでなく制御や保護にも重要だ。細かいことだが12Vの基準電圧を数十円という安価に使えることは、70年代に千数百円で買つた私からすると夢のような素子である。これによつてリチウム電池や電気二重層キャパシタのセル単位の充放電制御や保護などが実用的になつた。これからは電力貯蔵がパワーレの腕の揮いどころだ。

技術の革新は、そしてその技術革新をビジネスにするのも、現状の技術とビジネスの当事者以外であることが多かつたように私は感じている。

トランジスタの発明や商品化は、RCAなど真空管屋ではなく電話屋の AT&T やセットメーカーの SONY だつた。電子計算機の商品化は電気屋／電子屋などではなく、機械屋の IBM だつた。マイクロプロセッサの発明と商品化はインピータ屋の IBM や DEC ではなく、半導体屋の intel だつたし、インターネットも SUN などコンピュータ屋が開発し通信屋は後から参入した。

今こそ、電力屋以外が電力業界を根底から覆すときがきた。

40年以上昔にはなりますが、今も前高時代のごときは生々しく想い出します。パソコンやインターネットそしてエネルギーでも好き勝手やつてこられたのは、やはり前高が原点です。素晴らしい友達と先生方からとんでもない啓示をたくさん頂戴し、また自由闊達な校風の中で自分自身を解き放つことができたからだと感じています。感謝にたえません。

参照していただきたい文献

電気学会論文誌B

Vol.123-B, No.12 p.1436-1441 (2003)

「新世代に向けた電力システム構造のビジョン」

ELECTRICAL ENGINEERING in JAPAN, Vol.150 No.1, Jan. 15, 2005, John Wiley & Sons, Inc.
“A Vision of an Electric Power Architecture for the Next Generation”

財団法人産業創造研究所「自律分散型電力システムネットワークの可能性調査」NEDO (2004)

財団法人産業創造研究所「自律分散型電力システムネットワークの可能性調査その2」NEDO (2005)

日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会、4
合同研究発表、2003年11月7日

「太陽光発電など非常発電を融通する電力ネットワークの研究」

電気学会、電力・エネルギー部門、電力技術委員会、
電力技術研究会、2004年2月6日

「ECO ネットワークへの直流送電給電技術の適用」

電気学会全国大会 シンポジウム、2005年3月19日
次世代電力システムのための直流配電システムのフィ
ージビリティ「ECO ネットワーク」

博士論文、2006年3月「直流ネットワークによる自律分散電力システムの研究 (Evaluation of Autonomic Dispersed Electric Systems with DC Networks)」