

Paper

世界の一次エネルギー動向

A Trend of Primary Energy of the World

Ichizo Aoki

Greenwood Office

iaoki@gakushikai.jp

青木一三

090-4390-3442

Abstract:

In 1992, Marchetti and Nakicenovic published an article about a trend of primary world energy of the world as "Energy Strategies for Mitigating Global Change" IIASA. This paper is an update of that forecast made in 2009 and in 2017.

要旨

1992年1月に発表された国際応用システム解析研究所のチェザー・マーケイティとナキシエノビッチによる一次エネルギー予想を最新の情報を加味して2009年に、更に2017年に改訂した手法と結果を紹介し、考察を加えた。

目次

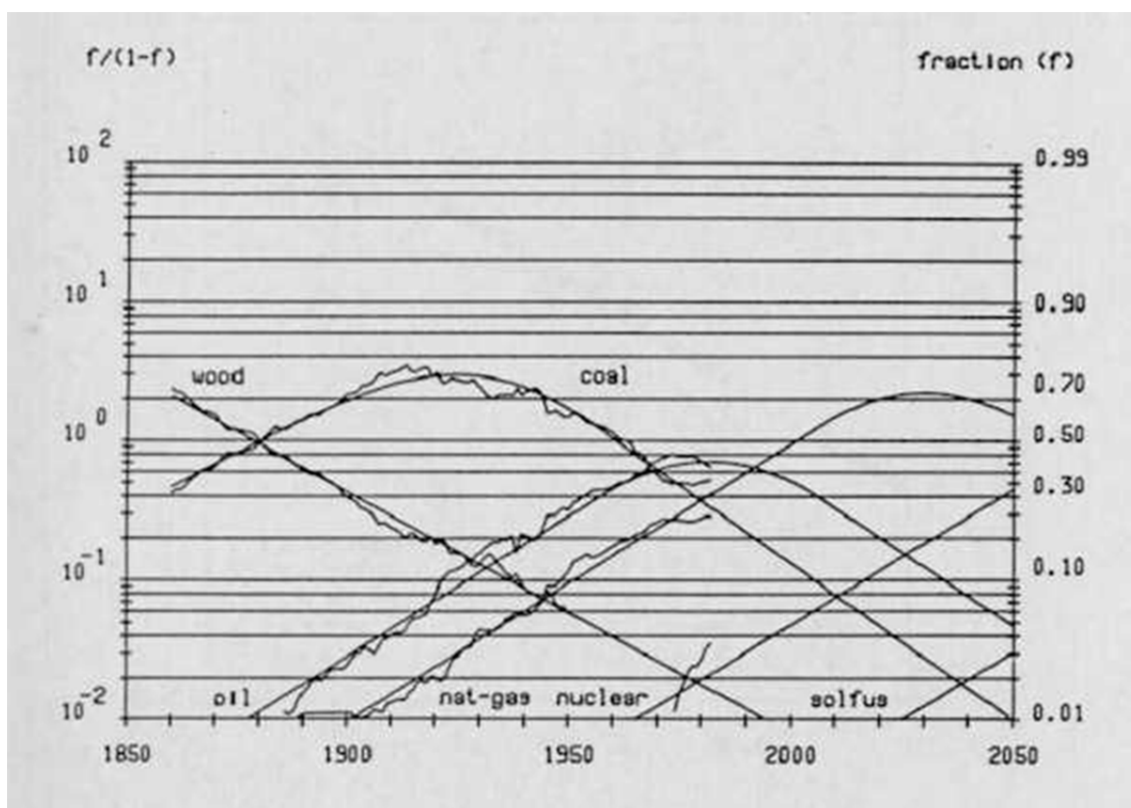
1. はじめに
2. マーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイヤグラム
3. シグモイド曲線、ベル型曲線、山形曲線
4. マーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイヤグラムの2009年の改訂
5. マーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイヤグラムの2017年の改訂
6. 日本のエネルギー政策の失敗
7. 考察
8. 結論

1. はじめに

人類は資源を利用して文明を構築してきた。エネルギー資源もその一つである。その歴史は薪炭にはじまり、水力そして石炭の利用で産業革命を達成し、石油、天然ガスと利便性を高めたが、つねに資源の有限性に悩まされてきた。しかし人類は次々と技術革新で資源の有限性を乗り換えてきた。原子力が永遠の枯渇しない資源かと期待されたが、人知では制御しがたいことがわかり、その成長は止まった。今、枯渇しないエネルギーとして太陽光に期待が集まっている。本論文はこれら一次エネルギーの交代の歴史を解析して、法則性を見つけ、将来の予想と方策を探ることが目的である。

2. マーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイアグラム

1992年1月に国際応用システム解析研究所のチェザー・マーケイティとナキシエノビッチ (Marchetti and Nakicenovic) が薪炭、石炭、石油、天然ガス、原子力、太陽光などの一次エネルギーの全エネルギーに占めるシェアを分率 (fraction f) とした時、縦軸に対数目盛りの $\log(f/(1-f))$ 、普通目盛の横軸に時間をとるとエネルギーの世代交代がうまく表現できることを示した。これをマーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイアグラムと呼ぼう。6)



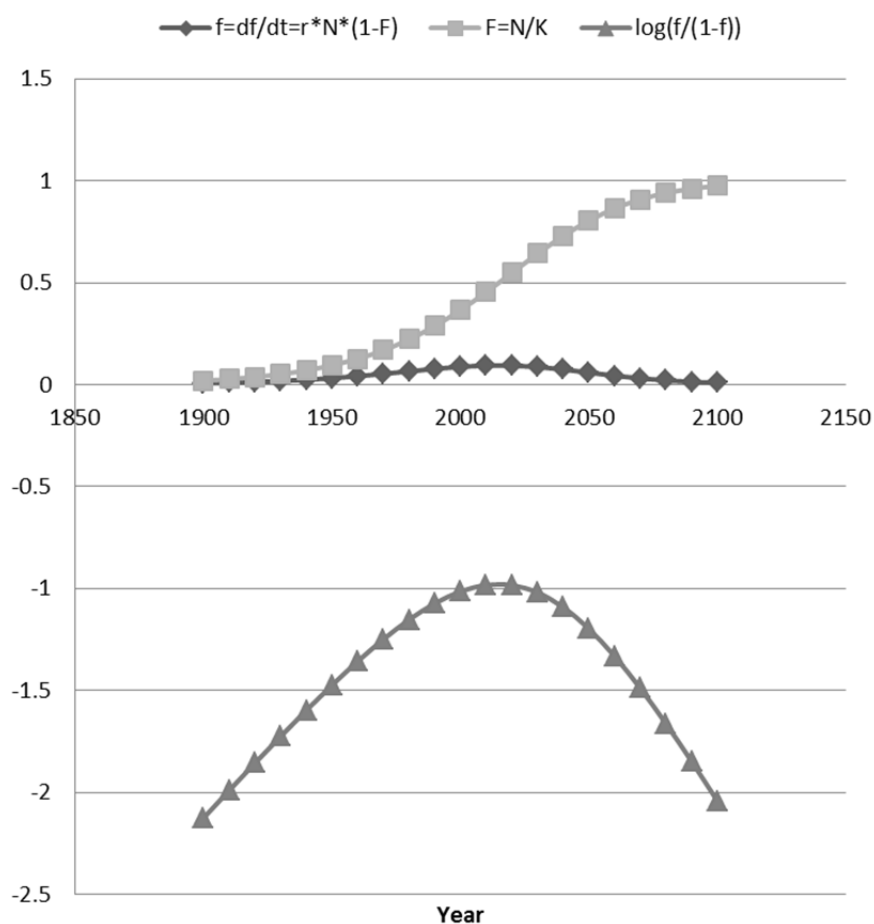
図一1 マーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイアグラム

3. シグモイド曲線、ベル型曲線、山形曲線

一つの油井の生産曲線の形は経験的にベル型をしていて、全ての油田についてほぼ同じである。このベル型は1970年に米国の油田の生産実績がピークとなると予測したシェル社の地質学者マリオン・キング・ハバート博士の名をとってハバート曲線とよばれている。ハバート曲線は1838年にベルギーの数学者Pierre Verhulst(フェルフルスト)によって考案された差分方程式(ロジスティック・モデル)と同じもので下式で表現される。

$$N_{t+1} - N_t = r N_t (1 - N_t/K)$$

ここで N_t は t 年目の原油生産高、 K は究極可採埋蔵量、 r は増加率。累積生産量が究極可採埋蔵量を超えると、生産量の増加は止まり減産に向かう。当時の K の予想値に従えば2000年頃、ピークを迎えると予想されたため、ピークオイル説と言われる。



図一2 シグモイド曲線、ベル型曲線、山形曲線

ロジスティック・モデルの $F=N/K$ はSカーブ状(図一2)になり、ロジスティック曲線(物流関数)とも呼ばれる。この F を時間微分した

$$dF/dt=r*F(1-F)$$

はベル型曲線を描く。(図—2)

全エネルギーに対する分率 f は

$$f=dF/dt$$

として定義できる。そうすると片対数図の横軸に時間、縦軸に

$$\text{Log}_{10}(f/(1-f))$$

をプロットするとベル型曲線は裾野が直線となる山形曲線を描く。(図—2) 山形曲線は一つのエネルギー種が成長率 r で成長し、ピークに達したのち、減少に転じて谷底に真っ直ぐに向かう。

なお

$$\sum f_i=1$$

である。

実際のそれぞれのエネルギー種の消費量 C_i は

$$C_i=n \eta f_i$$

ここで n は世界の総人口、 η は一人あたりの平均エネルギー消費である。

4. マーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイヤグラムの 2009 年の改訂

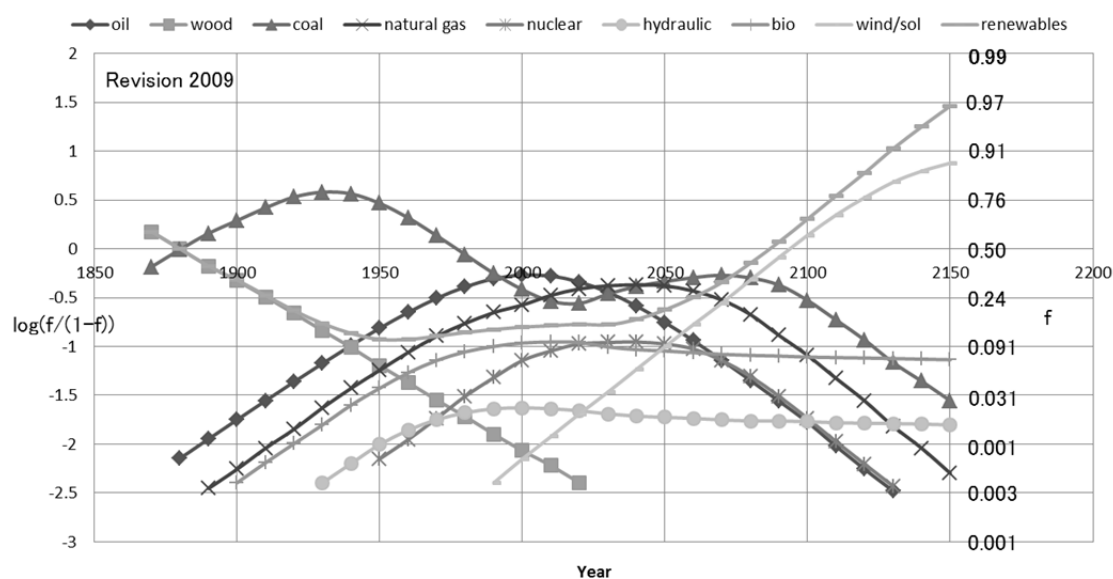
1992 年作成の国際応用システム解析研究所のマーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイヤグラムでは 1992 年までの実際の統計が表示されていて、このモデルが妥当であることが分かる。興味深いのは薪の減衰率と石炭、石油の成長率を示す勾配がほぼ同じであることだ。石油の成長率 $r=0.047$ とし、 $K=1,800$ billions of barrels として描いたものが図—3 の 2000 年がピークとなる山形曲線となる。山裾の勾配は同じなので薪、石炭もほぼ同じ成長率だったことが分かる。これは社会が新エネルギーを受け入れて(薪の場合は放棄して)行く速度を示しているといえるだろう。マーケイティ・ナキシエノビッチもこれを認識していて、原子力やソーラパネルや核融合の普及速度も同じと仮定している。

しかし、2009 年にマーケイティ・ナキシエノビッチの予測を見て私は原子力に関しては当たっていないと感じた。その理由は単純で 1973 年のオイル・クライシスが北米、西ヨーロッパ、および日本の原発への傾斜投資を加速させたことは確かである。しかし 1979 年のスリーマイル事故後、北米と西ヨーロッパの新規原発計画はなくなり、計画済みの建設を消化するだけになっていたからである。そして 1986 年のチェルノブイリ事故後、東・中央ヨーロッパも完全に衰退期に入っていた。とはいえ原子力は東・中央ヨーロッパでは鈍化したとはいえ伸び続け、アジアの日本も世界の動きに無関心で影響をうけず、定常的に建設を継続していた。1986 年のチェルノブイリ事故後、ようやく東・中央ヨーロッパは完全に衰退期に入るも、日本は影響を受けず原発建設を継続していた。1995 年に日本に入れ代わるようにアジアの韓国、台湾、インドで原発が採用されるようになる。脱原発の波が辺境の地に伝播するには遅れがあることが見て取れる。時とともにウェスティングハウスの

稼働率は下がり続け、かつての 1/6 に下がった。1997 年、旧ウェスティングハウス・エレクトリックが、原子力部門の将来性に見切りをつけ、原子力部門を英国核燃料会社に売却した。

こういうわけで原子力はマーケイティ・ナキシエノビッチの 2040 年以降も伸び続けるという予測を裏切り、2040 年頃ピークを迎え、衰退期にはいるだろうと予想した。原発は多重防護すれば重大事故は防げると、構成要素の故障確率密度からシステムとしての確率密度を推算していたのも、おかしい。実際には原発はカオス系でべき分布になるのではというのが理由であった。1) そうして作ったのが 2009 年の私の予測、図一3である。1992 年のマーケイティ・ナキシエノビッチはソーラーパネルと並んで、核融合も伸びると予測したが、核融合は放射性廃棄物を生むので原発と同じく将来性は全くないと判断した。

技術革新は予測しがたいが、ソーラーパネルは少なくとも太陽光を電流に変換する素子として半導体を使うわけで、核分裂熱で湯を沸かして蒸気タービンをまわすという 19 世紀的技術と縁を切ったところに将来性がある。19 世紀的システムは必ず壊れることは分かり切ったこと。安全だと言い募るのはそれで得をしようというグループが必ずすることだ。将来の人類はそんなリスクはとらず、この半導体素子で生存を計るはずだ。太陽は人類が持っている安全な核融合炉だ。地球が太陽より受け取る輻射エネルギー(太陽定数)は 1.37kW/m^2 。地球の断面積 $127,400,000\text{km}^2$ をかけると地球全体が受け取っているエネルギーは $1.74 \times 10^{17}\text{W}$ となり、現在人類が消費しているエネルギーの 1 万倍もある。日本の国土の 1.8% にソーラーパネルを設置すれば日本の電力の 100% をまかなえる。そういうわけでソーラーパネルの成長率も過去の他のエネルギーと同じはずと考えて 2009 年の改訂を行った。(図一3)



図一3 2009年の改訂

このとき、アンカーポイントとして 2000 年の世界平均の石油分率 $f=0.35$ 、天然ガス分率 0.21、原子力分率 0.067、水力分率 0.023、バイオ分率 0.1、風力/太陽光分率 0.007 とした。そして世界の原子力は 2030 年頃、分率 0.09 でピークとなり、以後減少するとした。水力は 2000 年、バイオも 2020 年をピークとして以後成長は止まるとした。

天然ガスの埋蔵量は石油よりも多いが、液化施設、タンカー、パイプライン等への巨額投資が必要で、成長に限度があると考え 2050 年でピークアウトすると判断。石炭分率は総計 = 1 となるように決定すると石炭ルネッサンスともいうべきツインピークスとなった。

再生可能エネルギーとは薪、バイオ、水力、風力、ソーラーパネルの合計で丁度バスタブ型になる。人類は産業革命で化石燃料に手を付けて繁栄したが、太陽の恵みを電力に変換する技術を手にして、再び枯れることのないエネルギーに回帰したといえる。

5. マーケイティ・ナキシエノビッチ・ダイヤグラムの 2017 年の改訂

2002 年にピークオイル説、人為的温暖化説に乗るようにして原子力への期待が急に高まり、原子力ルネッサンスという言葉が流布した。こうしてアジアの原発建設熱が発生した。この熱に誘われるようにして東芝は 2005 年英国核燃料会社からウエスチングハウスを買収した。どうしてしまったのかとと思っていると 2011 年 2 月の福島第一のメルトダウン事故が発生するのである。こうして原発への期待は完全に失望に変わり、不良債権を抱えた東芝は今その存在の可否を問われている。一方、化石燃料を燃焼させることによって発生する二酸化炭素により、気候変動が生じているという人為的温暖化説がマスコミで喧伝されているうちにこの説の真偽の検証は難しいこともあって、うやむやになり、二酸化炭素排出制限が国際政治課題となってしまった。こうしてドイツを除き、脱原発の課題は未だテーブルに乗ったままである。

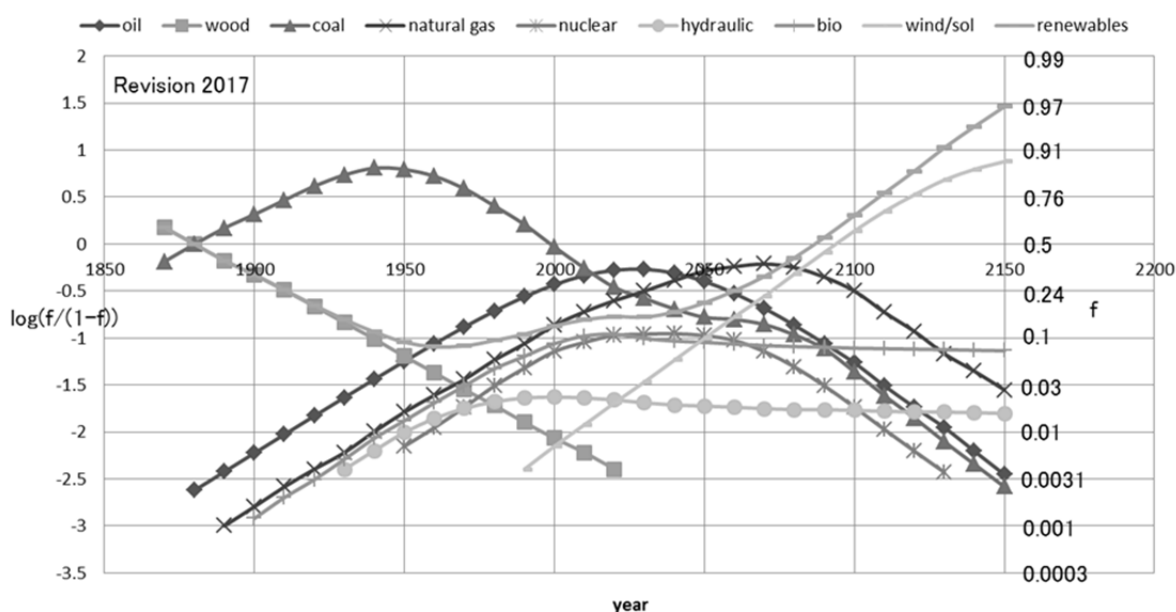
産業革命で人類が石炭を使うようになる前に、10 万年に 1 回、極端な海面の上下動や気温の変化が生じていることは分かっている。その規則的再現性から気候変動の原因は海面の上下振動と海底のハイドレートの脱圧放散や、海流の大循環に伴う振動などを示唆しているが、現時点では因果関係を証明するのは困難である。これをよいことにして日本の指導層は福島事故にも関わらず原子力は無くしてはならないエネルギー源だという見解をいまだに保持している。私は福島事故後の分析で原発の累積事故確率と汚染の規模はべき分布になると結論している。^{4) 5)} 累積事故確率を微分した確率密度は 10^{-9} (1/GW-y) 程度となり、累積確率より 6 桁も小さい。この確率密度はラスムッセンが考案した Probabilistic Risk Assessment (PRA) の手法に従いポアソン分布や正規分布であらわされる構成要素の故障頻度からブール代数で組み上げたシステム確率密度とほぼ同じとなる。一般民衆は見かけだけ小さな数字となる確率密度で騙されていたのみならず、専門家も正しく理解していなかったのである。

Hidden Cost of Nuclear Power ⁴⁾ にまとめたように福島第一事故の後始末に必要な費用

が当初の推算のように 9.2 兆円なら、原発の発電単価は政府の公表価格に 3.17yen/kWh 積み上がることになり、再生可能エネルギーとくらべても安くはないということになる。ところが最近の見積もりでは完全な廃炉までに至るコストは 50-70 兆円に達する可能性もあると言われている。もしチェルノブイリ級ならこの 2 倍は必要と推算できる。

この考えはすでに世界で共有されるため、世界の原発の予想は 2009 年当時の予測を変える必要はないとした。

さて、日本の風力の適地は北海道と東北だが、消費地と結ぶ送電網が無い。茨城県鹿島港沖大規模洋上風力発電所は風況の悪さと高建設費で頓挫している。従って再生可能エネルギーはいまのところ、ソーラーパネルしか将来性は無い。ソーラーパネルはコストダウンしているものの、夜間のバックアップ電力費が高止まりしていることと、電力網の 100V 単相、家庭向きの 9 円/kWh を超える託送料金のため、いまだ普及は FIT 制度で卸売の範囲内にとどまっている。しかし、世界的なEV車普及に伴い、多量生産によりバッテリーコストが下がると期待できる。この自動車用バッテリーを各家庭のソーラーパネルと組み合わせれば、少なくとも家庭向き電力は自律分散発電に移行し、電力網に依存する必要がなくなる。結果として発電から配電まで垂直統合されている電力会社の企業基盤が崩壊する可能性がある。そういう意味で 2009 年の再生可能エネルギーに関する私の読みは変える必要が無いと考えた。



図一4 2017年の改訂

さて 2009 年の改訂後、8 年の歳月が流れた。この間の最大の変化は原子力でも再生エネルギーでもなく、米国におけるシェールガス採掘技術革新であった。フラクチャリングを使うことにより頁岩からも石油、LPG、ガスを回収できるようになった。2009 年当時は進

行中で表面化していなかったが、この技術により従来の背斜構造の貯留岩だけでなく、根源岩からも回収できるようになり、可採埋蔵量は一桁以上増えたと考えられる。こうして米国は輸入国から輸出国になった。今のところ、商用として成功しているのは米大陸だけだが、頁岩は世界中に分布している。中国でも四川省で開発に取り組んでいる。こうして従来の石油輸出国は石油価格の暴落で国家財政が不安定化しつつある。深海石油・ガス開発も競争力を失った。現時点の大多数の国際石油会社の予想は石油の生産は2030年にピークアウトするとしている。⁶⁾ 同じ石油会社は天然ガスでの予想は2050年までは伸び続けるとしていて、その前にピークに達すると予想しているところはどこにもない。

人為的温暖化説の真偽は不明としても、石炭と二酸化炭素分離・隔離を組み合わせるより、天然ガスで石炭代替するほうが確実で安価であることは容易に想像できる。というわけで石炭ルネッサンスなしで済むように最大限の天然ガス利用をすると予想できる。結果、図一4のように天然ガス利用のピークは2070年になる。この天然ガスのピークは資源枯渇で出現するものではなく、再生可能エネルギーに敗退したことを意味する。この見解はDieter Helmと一致するところである。⁶⁾

以上の結果をみると、今後、50年間は天然ガスを利用しつつ、再生可能エネルギー開発・普及が非常に大切であることが分かる。このとき再生可能エネルギーは配電網中心ではなく、分散発電となり、消費も配電網とは切り離された地産地消的形態になると予想される。

6. 日本のエネルギー政策の失敗

世界はエネルギー流通網を電力網だけで整備するのではなく、パイプラインを含め、エネルギー・インフラとして総合的に認識し、再構成している。しかし日本にはそのような考えも組織も欠落していて電力網はそれぞれの地域配電網、そして天然ガス網はそれぞれの都市ガス会社管内にしか存在しない。そしてなぜか人為的温暖化説をとる国際社会に媚びてボンベ詰めの水素自動車を開発するなど研究資源を無駄に浪費して墓穴を掘っている。そもそも水素は資源ではなく、電力と同じ二次エネルギーである。風力やソーラーパネルのような再生可能エネルギーから製造すればサステナブルエネルギーとなりうるが、現時点では褐炭や天然ガス、LPG、ナフサなどの化石燃料から改質反応で変換したものを使おうとしているので、サステナブルとは言えない。石炭を水素原料に使う場合は、二酸化炭素は回収・隔離することになる。褐炭から製造した水素をタンカーで輸送し、圧縮水素ガスを燃料とするところまでの総合効率は26%である。燃料電池効率はせいぜい36%なので水素自動車の総合効率はたったの13%である。片や天然ガスをLNGにして運びトリプル・コンバインドサイクルで発電すれば総合効率67%となる。これで充電するEV車の効率は80%だから、総合効率は54%である。ことほど左様に化石燃料の水素化は化石燃料をかえって早く枯渇させることになる。そういう意味でサステナブルエネルギーとはいえない。まさに砂に頭を突っこんで現実逃避しようとするダチョウの習性とそっくりだ。こう

いうわけで日本の水素エネルギー推進政策は **an ostrich policy** だと揶揄される。

トヨタのハイブリッド車の総合効率は **38%**だから **EV** 車のほうがはるかに省エネとなる。ハイブリッド車ですらバッテリーは不可欠。歴史的にみればハイブリッド車は既設の給油施設を利用しつつするための過渡的な技術といえる。今後の自動車は **EV** 車になるのは必然の流れであろう。フランスと中国は将来を見据えて **EV** 車に大きく舵を切った。

EV 車開発は電力に再生可能エネルギーを組み込むために必須な蓄電技術開発と目的が同じで相乗効果がある。しかし研究資源を水素自動車にも拡大することは国家的に壮大な無駄であるといえる。

無駄な政策といえば他にも二酸化炭素隔離型石炭火力、木質バイオ発電所建設など愚かな政策の目白押し。バイオ木質発電が機能するためには日本の林業の近代化が必須なのにそれをせず、輸入外材をつかうハメになっている。農水省は米の自給率 **40%**を死守するとしているが、国民に白米を食べさせて、国民を血糖スパイクに陥らせ、寿命を短くしているのだ。

7. 考察

2016年4月から家庭向け **100V** 単相電力の自由化が行われた。自由化で東電が失なったシェアは年間で **7.9%**であった。マーケイティ・ナキシエノビッチがエネルギー転換予測につかった歴史的なエネルギーの成長率は **4.7%**だから、大きな減少といえる。

グローバル化の原理はリカードの適地生産と世界貿易により、皆が得するというものである。しかしこのドグマは世界中に貧富の差の拡大をもたらし、英国で **BREXIT**、米国でトランプ政権をもたらし、社会保障制度が崩壊の危機に瀕している。ベーシック・インカム制度の是非が議論されるようになった。

ソーラーパネルもバッテリーも日本が初めて商品開発したものだが、国産ならエネルギー自立国家になれたのに、世界分業で中国に製造拠点を奪われ、石油と同じく輸入する物となってしまった。これから日本でもソーラーパネルが普及し、二次電池と組み合わせてもグリッドより安くなるというバッテリー・パリティーも達成されるだろうけれど、パネルもバッテリーも輸入機器依存となり、エネルギー自立のできない脆弱国家のままとなる。

2) 3)

中国の産業構造は日米の製造業をそのまま引越しただけのものでエネルギー依存が大きい。にもかかわらず、中国の石油・天然ガスエネルギー資源量は少なく、日本と同じく、ほとんど中東依存でホルムズ海峡やマラッカ海峡に弱点を抱える脆弱なものである。**EU** が主導して再生可能エネルギーへのシフトを打ち出したのはこの中国の弱点をつくという秘めたる目的があったわけであるが。しかし中国がいち早くソーラーパネル製造業で成功して以来、人為的温暖化説はむしろ中国に有利な立場を与えてしまった。そして皮肉なことに先進国に逆風となっている。かてて加えて中国がもし内陸部のシェールガス開発に成功

すれば、これをbalancing電力として完全自給自足の世界最強の帝国になる可能性がある。幸い四川の地質が深く複雑でいまだ成功していないし、ウラムチは遠隔の地だ。とりあえず軍事力でマラッカ・ジレンマを解決しようとしている。結果、南沙諸島、東シナ海、津軽海峡で周辺国を威圧しているし、日本にとっての自由回廊にマラッカ海峡に加えて南シナ海という弱点が加わるわけだ。こうして第一次大戦前に工業力が急伸したドイツ帝国と同じ状況が生まれている。日本が再生可能エネルギー利用のために中国製ソーラーパネルやバッテリーを購入すれば中国はますます軍事大国となり、軍事バランスは非対称となり、日米は拡大する軍事費で疲弊する。唯一の慰めは中国の躍進も日本の出生率低下が日本の高度成長の因子であったという人口ボーナス説と同じ効果をもつ「一人っ子政策」の結果だったということだけだ。

本論文で予測したように今世紀は天然ガスが主力エネルギーとなるのが必然であるなら、日本としても南シナ海という自由回廊に弱点を持つLNG輸入だけでなく、天然ガスパイプラインを敷設して価格を下げる努力が必要だ。パイプラインルートとして宗谷海峡と津軽海峡を渡っても北海道と東北には大きなエネルギー消費地はない。朝鮮半島経由は政治的に安定しておらず当面不可能。代案として樺太から日本海側の海岸にそって新潟まで敷設するパイプラインが提案されている。しかし私は沿海州から大和堆、佐渡、新潟と渡るパイプラインでガスを新潟にもたらし、ここで電力に変換して原発廃炉後の柏崎—東京の原発送電線を有効利用するという発想が必要だろうとおもう。大和堆の深度は**236m**だが、日本海の最深部は**3,800m**もある。地中海パイプラインの深度が最大**2,160m**だから、技術的には大きなチャレンジとなる。このルートのメリットは柏崎刈羽原発を廃炉にしても首都圏への**100**万ボルト送電線は有効利用でき、脱原発のインセンティブになる。北朝鮮に弱い脇腹をみせたままで、今後も軍事対決するリスクを考えれば、真剣に検討する価値があるといえる。日本海のド真ん中に海底パイプラインなどそれだけみたら全くばかげて見える。LNGにして新潟にもってくるのが一番安いはず。でもこのLNGスキームでは日本にとっての自由回廊にマラッカ海峡に加えて南シナ海という弱点が残る。米国産のLNGは救いだが、それだけでは頼りない。多少金がかかっても1本くらい別の天然ガスソースに直結して保険かけようというわけである。

日本の指導層が水素自動車開発、原発維持と憲法改訂しか考えられないのも不幸なことだ。北朝鮮がICBMに原爆1—2発搭載して、米国に打ち込んだとて、北朝鮮は覇権を握れない。逆に核の反撃をくらうだけだ。こうして核の抑止力は機能している。しかし地上**40~400**キロ・メートルの成層圏より高い高度で一発核爆発させればγ線が全米に広がり、これが電磁波となって全米の電力網を破壊してしまい。長期間復旧できない甚大な被害をあたえる可能性がある。この電磁攻撃は弾頭の熱遮蔽も不要で北の軍事オプションになるのではと米国は恐れているという。発電所と消費者を結ぶ空中送電網の脆弱性を狙った攻撃は、原発の暴走をも意味する。制御棒挿入できない事態とかブラックアウトによる炉心冷却不能→崩壊熱によるメルトダウンと連鎖するかもしれない。しかし、この軍事攻撃は

日本の規制委員会の再稼働の審査条件になっていると聞いたことはない。ICBMの迎撃は不意打ちの攻撃になるだろうから、迎撃力は期待できないし、核抑止力は意味をなさない。電力網の脆弱性をなくす対策は電力網とは別のソーラーパネルなどの分散発電やバッテリーなどを用意することではないのか？水素エネルギーなどの隘路に迷い込んだNEDOなどの機関は弊害しか残さなかった。早々に解体すべき組織ではないか？

古い考えに凝り固まって政策を変更できない凡庸な政治家・官僚や経営者の淘汰こそ、日本の課題ではないか。

8. 結論

ジョン・メイナード・ケインズが『この世で一番むずかしいのは新しい考えを受け入れることではなく、古い考えを忘れることだ』 **"The difficulty lies, not in the new ideas, but in escaping from the old ones, which ramify, for those brought up as most of us have been, into every corner of our minds** と言っている。

我々を人間としているDNAは核酸のリニアな配列にすぎないが、その配列には2種類あって、特定の酵素になるたんぱく質のアミノ酸配列を規定するものと、特定の酵素をつくれという指令をするスイッチの役目をするDNA配列の2種がある。この遺伝子構造は人間がつくる社会構造と非常に似ている。酵素となるたんぱく質は立体構造と、電荷分布で複雑な操作をするが、マネジメントの役目はオンオフ機能にすぎない。とはいえ、特定の酵素をつくり遺伝子にスイッチを入れるか入れないかという機能を担っているわけだからシステムとしては上位にあるわけ。更に複雑なのはこのスイッチを入れる順番というさらに上位のロジックがあって階層構造になっている。具体的には人間がサルより優れているのは大きな脳を持っているためだが、これは脳の成長が適量と判断してそれ以上成長しないように止めるHOX遺伝子を失ったためだ。人間の言語もFOXP2という転写因子グループに属するゼネラル・マネジャーとしての遺伝子に関係するのだが、この遺伝子の周辺は多様性が無い。この多様性の無さが言語を司る器官を作り上げるために必要なのだ。どうも生物の重要な進化は新しいDNAを獲得ことではなく、除去することで成立しているらしい。

人類は進化により生物界の上層部に進出できた。進化の原理は環境に適応できない個体はシステムから消え去るという原理だ。水素自動車や原発は環境に適合しないゆえ消え去る運命と考えられる。

ではなぜ現在の日本の政治・官僚・企業経営者層は水素自動車や原発を推進しようと頑張るのか？階層構造ではそれぞれの層の境界条件は固定されていて、これが書き換えられるのは、口頭、文書などによるコミュニケーションだけである。政治・官僚・経営者層の判断はその下層にある技術者層に依存している。しかしその下層は一生その構造にしばりつけられていて転進するルートがないため、自分達の存在を否定する報告や提言は上げる

はずがない。むしろ巧言令色を弄して、その存続を図ると歴史が教えている。かつてのメディアは不勉強でピントハズレだらけだったし、ITによりその財政基盤が切り崩され、消え去る運命にある。こうして社会の総エントロピーは熱力学の第二法則にしたがい常に増大し、熱死がまっている。これがレバイアサンという怪獣だろう。これを退治することができるか否かは社会の指導層がその技術の問題を自分の頭で考えて認識できるかにかかっている。

参考文献：

1. 青木一三、「カオス系としての原子力発電」 **Nuclear Power Plant as Chaos Systems**
総合知学会学会誌、2011
2. 青木一三、「日本の政治・経済の不調の原因」 **The Cause of Japan's Poor Political and Economic Performance**
総合知学会学会誌、2012
3. 青木一三、「日本の宿痾」 **Japan under Siege** 総合知学会学会誌、2013
4. 青木一三、**Hidden Cost of Nuclear Power** 総合知学会学会誌、2014
5. 青木一三、荻林成章 **Probability of Nuclear Power Plant Accidents with respect to Radioactive Fallout** 総合知学会学会誌、2015
6. Nebojsa Nakicenovic、"Energy Strategies for Mitigating Global Change" IIASA
7. Dieter Helm、"Burn Out End Game for Fossil Fuel"、Yale University Press. 2017