

北海道における水素エネルギーについて
～再生可能エネルギー社会により
日本は豊かになれる～



近久 武美 (ちかひさ たけみ)

北海道職業能力開発大学校 校長
北海道大学 名誉教授

1980年 米国ウィスコンシン大学修士課程機械工学専攻修了
1982年 北海道大学大学院博士後期課程機械工学専攻修了
1982年～2019年 北海道大学工学部・講師・助教授・教授
2019年～2024年 北海道職業能力開発大学校・校長
各種委員：日本機械学会・熱工学部門長、日本伝熱学会・会長、
経産省・NEDO研究審査委員長、国交省/経産省・自動車燃費基準委員等。専門分野：機械工学、内燃機関、燃料電池、社会エネルギーシステム

1 まえがき

近年の地球温暖化は危機的な状況にあり、北海道開発局は「北海道水素地域づくりプラットフォーム」を創設して、長年にわたり再生可能エネルギー利用を促進するための情報交換を行ってきました。私はその座長代理の立場から、再生可能エネルギーの促進は我が国の経済発展に非常にプラスになること、また自然な貧富拡大メカニズムの視点からも再生可能エネルギーは雇用拡大に対して有意義なことを説明してきました。これから2回にわたって、今後の水素社会形態を含め、これらについて解説させていただきます。

2 現在の危機的な環境変化

近年次第に温暖化して、雪まつり期間中に雨が降ったり、水揚げされる魚の種類が変化したりしています。図1は木の年輪などから分析された過去1000年にわたる地球の平均気温の変化であり、概して徐々に低下してきたものが100年ほど前から急激に温度上昇しています⁽¹⁾。パリ協定はこの温度上昇を1.5度以内に抑えようというものです。1.5度はこの図の中では途方もないほどの温度上昇ですが、それでもその達成が危ぶまれている状況です。

平均気温のわずかな変化は地球環境に激的な影響を与える作用があり、地球温暖化が進行すると干ばつが進み砂漠が広がります。また、南極の氷河が融解して数十メートルも海面が上昇し、多くの海岸線が海中に没すると言われています。さらに、炭酸ガスの吸収源であったシベリアやカナダの針葉樹林帯が草原に変わり、炭酸ガスの増加が加速することになります。したがって私たちがパリ協定を守らなければ、孫子の代はとんでもない地球環境となり、それに伴って食糧確保も大変な時代になるのです。この危機意識はまだ十分に共有されていませんが、私たち世代の対応は極めて重要です。

では、なぜ地球は温暖化しているのでしょうか。1900年代の産業革命以来、人類は驚くべき速度で石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料を消費し始め、その結

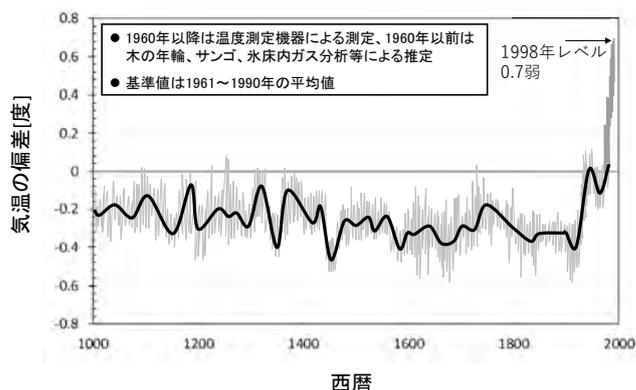


図1 過去1000年間の世界平均気温変化 (IPCC, 2001/ Houghton et al. を基に作成)⁽¹⁾

果、大気中の炭酸ガス濃度が目立って上昇しています。炭酸ガスは温室効果ガスの一つであり、その濃度が増加すると地球全体が温室の中に入ったような状態になります。ビニールやガラスと同様に温室効果ガスは太陽から来る光を通すものの、地球から宇宙に逃げていく赤外線に対しては不透明で、その一部を地球に戻してしまう作用があります。したがって、出ていくエネルギーが減少した分、温度上昇することになります。しかも、わずかに温度が上がると大気中の水蒸気濃度も上昇し、温室効果作用をさらにプラスします。人類が消費している程度のエネルギーによって気温は上昇しませんが、温室効果ガスの増大によって太陽エネルギーの入出バランスが変化し、温暖化するのです。

3 利用可能な将来エネルギー選択

以上より明らかなように、これから私たちは石炭・石油・天然ガスなどの化石燃料以外のエネルギーに基づいた社会づくりをしなければなりません。炭酸ガスを出さないエネルギーには、原子力のほか、風力・太陽光（熱）・水力・地熱・バイオマスなどの再生可能エネルギーがあります。これらの中で原子力はあまり期待できず、再生可能エネルギーが主体とならざるを得ないのは明白です。なぜなら、原子力に必要なウラン235は資源量がわずかで、あと数十年しか持ちません。また、高速増殖炉技術や核融合技術はこの時代までに見通しはつかず、加えて大きな副次的懸念事項（放射性廃棄物や大規模事故等）を必然的にともなっているからです⁽¹⁾。したがって、私たちはパリ協定が目指す2050年までに再生可能エネルギーに基づいた社会を作らなければなりません。

再生可能エネルギーの主体は風力、太陽光・熱、およびバイオマスとなります。水力や地熱もありますが、資源量は限られています。バイオマスは木材ペレットや稲藁、あるいは家畜糞尿や下水汚泥から作られるメタンガス等によるエネルギーです。燃焼ガス中に炭酸ガスを排出しますが、それらの元となる草木の成長週

程で大気中の炭酸ガスを吸収しますので、実質的に温室効果はありません。

そこで次に生じる大きな疑問は、これらの資源量と経済に及ぼすコスト影響です。日本ではエネルギーは輸入するものという先入観がありますが、再生可能エネルギーの賦存量は十分にあります。しかも、賦存量調査に含まれていなかった広大な洋上を利用した風力発電のポテンシャルを加味すると、日本は世界でも有数の再生可能エネルギーに恵まれた国といえます。一方、再生可能エネルギーの導入によって当面のコストは若干上がるものと思います。しかし、その上昇はわずかであり、しかも現在海外に流出している膨大なエネルギーコストの多くが国内で循環するようになりますので、経済はこれまで以上に活性化するポテンシャルが高いといえます。この点は非常に重要でありながら一般に論じられていませんので、次節において改めて説明することにいたします。

さて、再生可能エネルギーの中で主体となる風力や太陽光から作られた電力は非常に変動が大きいため、それらを平準化するシステムが必要となります。それには電力系統内に大きな蓄電システムを導入するほか、その余剰電力を用いて水素製造をすることになります。また、電力需要側を発電側に同調して需給調整するダイヤモンドコントロールも重要な技術になります。これらの平準化システムは個別の発電施設で行うよりも、できるだけ大規模に系統内で行う方が有利となります。

一方、このような過程で生成された水素はさまざまな分野で利用されます。水素はガス体で用いるイメージがありますが、計画的に利用できる分野では液体水素の形態で用いられます。この場合、蒸発速度が懸念されますが、十分に長い期間液体状態で保存できる技術は既にあります。水素は電気に比べて移動体燃料として適しており、一部の電気自動車を除いて、自動車、長距離バス・トラック、農業・建設機械、船舶などにおいて利用されるでしょう。この動力源には燃料電池が用いられるほか、水素内燃機関も有用です。航空機

燃料では重量・体積エネルギー密度が問題になりますので、液体水素やバイオマス燃料が利用されることとなります。その点、廃油や糞尿等から作られるバイオマス燃料はこの種の貴重な燃料になるはずで、同様に、産業部門においても主として電気や水素に基づいたエネルギー利用になるでしょう。例えば製鉄産業は電炉や水素による製鉄になるものと推定されます。

したがって、将来は再生可能エネルギーを一次エネルギーとし、そこから作られる電気と水素に基づいた社会になるものと推察されます。

4 GDPは向上しているのになぜ豊かにならないのか

次にコスト影響について考えてみましょう。我が国のGDPは1980年代に比べて現在2倍近くになっているにもかかわらず、自殺率や失業率はむしろ高くなっています⁽¹⁾。世界的にみてもGDPは明らかに向上していますが、紛争が頻発し、決して豊かになったようには感じられません。これは社会のお金が増えるほど貧富の格差が増大する自然なメカニズムに起因していると考えられます。

図2は空からパンをばら撒き、その下にいる人達が争ってパンを拾いあつた際の獲得数分布を表したものです⁽¹⁾。横軸は各人が拾ったパンの数であり、縦軸はその人数です。パンをわずかししか拾えなかった人が沢

山いる一方（図の左側）、一人で沢山のパンを拾った人（図の右側）がわずかにいます。世の中には少数の富豪と多数の貧しい人がいますが、これは能力の差ではなく、自然な分布なのです。ここでばら撒くパンの数を増やすと（図中の波線）、その多くは豊かな人に行ってしまう、貧しい人はそれほど多く減少しません。

このように考えますと、世界的にGDPが増大しているにもかかわらず閉塞感が増大し、紛争がなくならない現状を理解することができます。これを解決し、皆に幸福感を与えるには、大きな累進課税等により金持ちからお金を回収し、それをを用いて貧しい人たちに適切な労働機会を与えることが肝要と言えます。その点、再生可能エネルギーは多くの人をシステムの維持管理等に取り込むことが可能ですので、理想的な社会づくりに近づく高いポテンシャルがあります。

次にコストについて考えてみましょう。一般に企業はコストを下げることに躍起となっており、消費者も安い商品を選択することに一生懸命です。そのために労働者の数を削減し、労働単価もギリギリまで削ろうとします。しかし、労働賃金と消費は裏腹の関係にあり、商品コストを上げても労働者収入が高くなれば両者はバランスし、消費は減りません。したがって、大切なことは全ての人に適切な労働と賃金が提供されることなのです。エネルギーは全ての国民に必要ですので、それに多くの労働が投入されるのは望ましい構造と言えます。

5 再生可能エネルギーにより日本は豊かになれる

さて、再生可能エネルギーはどの程度コスト増になり、一方で国内の雇用を増やす効果があるのでしょうか。図3は日本の産業における正味輸出入バランスを示したものです⁽¹⁾。大雑把に見ると、日本は自動車と一般機器類を輸出し、鉱物性燃料と食料を輸入している国であることがわかります。この中で鉱物性燃料の輸入額は膨大です。私たちが支払っている電気・ガス・燃料代の多くが海外に流出しているのです。

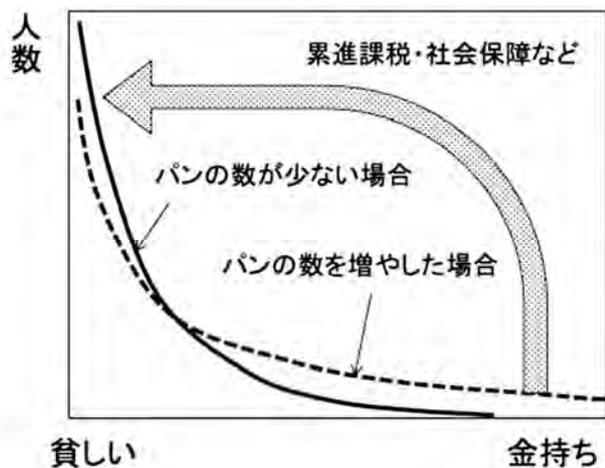


図2 貧富割合の自然な分布と所得還元概念⁽¹⁾

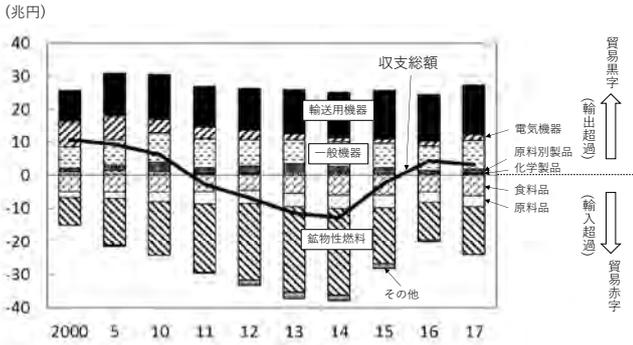


図3 わが国の輸出・輸入構成⁽¹⁾

表1は主要な発電システムのコスト構造を示したものであり、最下段が海外に流出するコストと国内で循環するコストの概略の比率です⁽¹⁾。この表から明らかかなように、風力や太陽電池はその比率が石炭火力並みに小さく、石油や天然ガス火力に比べて遥かに国内で循環するお金が大きいことがわかります。この場合、風車や太陽電池は輸入品としてコスト計算しているので、これらを国内産にしたならばさらに大きな内需拡大効果があります。

さらに、経済産業省が予測した2030年の発電単価を用いた解析では、風力や太陽光による発電量を増やしても道内の発電に要するコストはほとんど上昇しないことが試算されています⁽¹⁾。したがって、再生可能エネルギーの拡大に伴って将来それらの単価がさらに低下することを勧奨すると、再生可能エネルギーによる社会作りは我が国の経済発展にとって極めて有効であると断言することができます。

表1 発電にかかる設備費・維持費・燃料費と、コストの海外/国内比率⁽¹⁾

	単位	水力	石炭火力	石油火力	LNG火力	LNGコンバインド	風力	太陽
建設費	千円/kW	640	250	200	83.8	120	252	222
設備維持費	千円/(kW・年)	9.1	10	6.8	0.74	3.7	5.3	3.2
運用維持費	円/kWh	2.3	1.7	2.6	0.3	0.6	3	2.6
燃料費	円/kWh	0.2	9.1	22.5	16	14	0.3	0.2
原価償却年数	年	40	40	40	40	40	20	30
年間設備費	円/(kW・年)	27700	10800	8700	3600	5200	16900	11300
年間設備維持費	円/(kW・年)	18200	20400	22700	2600	7400	10600	6400
年間燃料費	円/(kW・年)	800	55800	138000	98100	85800	500	200
国内経費	円/(kW・年)	46700	31200	31400	6200	12600	11100	6600
海外経費	円/(kW・年)	0	55800	138000	98100	85800	16900	11300
海外/国内		0	1.8	4.4	15.8	6.8	1.5	1.7

6 まとめ

以上、地球温暖化は深刻な状況にあり、そのために再生可能エネルギーを主体とする社会を一刻も早く形成しなければならないこと、また日本は再生可能エネルギーに非常に恵まれた国であることを説明いたしました。さらに貧富が拡大する自然のメカニズムについて解説し、この改善と経済活性化に対して再生可能エネルギーの導入・拡大は非常に効果があることを示しました。

ただし、エネルギー構造が変わるとビジネス構造も大きく変化するので、現在のエネルギー企業がこうした変化の中で今まで以上の利益を上げていけるような仕組みにすることは重要です。また、エネルギー単価の上昇が産業や生活弱者に不利にならないようにすることも重要です。さらに、再生可能エネルギーの近隣住民の積極的な参加も大切です。この点を考慮した政策が現在ほとんどなされておらず、そのために再生可能エネルギーの導入がなかなか進まない状態となっています。次号では、この点に関して適切な仕組みについて考えたいと思います。

参考文献

- (1) 近久 武美, 幸せになるためのエネルギー論 - 脱原発から新エネルギーシステム論へ: 持続可能な社会への挑戦, 22世紀アート (2022), 電子書籍。