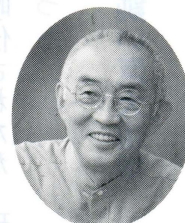


# 誰かに教えたくなる 科学技術の話 14

## 環境問題に貢献する 自然エネルギー



東京大学名誉教授 月尾 嘉男

### 異常に増加した人類のエネルギー消費

人類の歴史は数百万年とされるが、初期の人間が一日に消費したエネルギーは食料で二〇〇〇キロカロリー、焚火で二〇〇〇キロカロリー、合計で四〇〇〇キロカロリー程度であった。しかし一万年前からいに人間は農業を手中にして畜力や水力を利用するようになり、消費エネルギーは一万二〇〇〇キロカロリーに増加した。年率に換算して平均〇・〇〇〇〇二%という極微の増加である。

ところが十八世紀中頃に蒸気機関、十九世紀前半に内燃機関が実用になり、それらを使用する農業機械や輸送機械が利用されるようになった結果、十九世紀中頃には一人一日に八万キロカロリーを消費する社会が登場した。人間が農業を手中にして以後の一万年間では年率〇・〇二%のエネルギー消費の増加であると同時に、化石燃料という地中に埋蔵されていた資源を使用する時代が出現した。

その後、石炭、石油、天然ガスなどを使用する社会が急速に進展し、現在では一人一日に二五万キロカロリーを消費して生活している。これは一万年前から約二十倍のエネルギーを消費していると

いうだけではなく、その期間に地球の人口は約二千倍に増加して八〇億人に接近しているから、地球の歴史では一瞬という時間に人類のエネルギー消費が約四万倍も増加したことになる。

### 化石燃料の重要な欠陥

そのエネルギー資源は数百年前までは木材、畜糞、温泉などであったが、現代では大半が石炭、石油、天然ガスなどの化石燃料と総称される資源である。これが化石と命名されているのは、石炭であれば太陽エネルギーによって成長した樹木が数億年間かけて地中で変質した一種の植物化石であり、石油も太陽エネルギーで成長した生物の遺骸が変質した動物化石という理由である。

この化石資源の掘削利用は二種の問題を発生させている。第一は地球環境への影響である。地球環境の一部は地熱など地球内部の熱源の影響もあるが、大半は日中に太陽から投射されるエネルギーを受容し、夜間に放射して均衡を維持している。しかし化石燃料は過去に太陽から投射されて地中に蓄積されてきたエネルギーを発掘して利用するから、投射と放射の均衡を破綻させることになる。

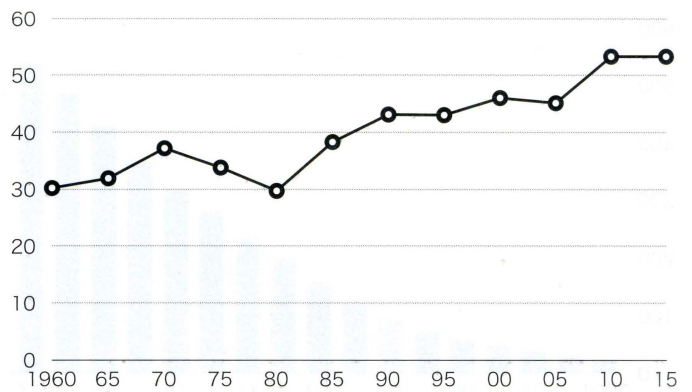


昨年、国際連合の下部組織であるIPCCは、世界が現状のままのエネルギー使用を継続すれば、人間が化石燃料を大量に利用するようになった十八世紀と比較して、地球の平均気温が二十年後には一・五度上昇するのは確実であり、化石燃料の使用を今後十五年程度で半減させ、三十年以内に完全に使用を停止しなければ問題は解決できないという衝撃の報告を発表している。

第二は化石燃料が地球内部に膨大に蓄積されているとはいえず有限な資源であるから、大量に消費していけば、いずれは枯渇するという問題である。地球に埋蔵されていると推定される数量を年採掘量で割算した数値を可採年数というが、不可思議なことに石油も天然ガスも時間とともに増加しており、枯渇を大騒ぎする業界はオオカミ少年と揶揄されることさえある(図1)。

理由は探査技術と採掘技術が進歩して新規に油田が発見されるとともに、従来は採掘不能とされた海底油田などが利用可能になってきたことである。実際、石油の採掘可能な埋蔵数量は一九六〇年には三〇〇億バレルであったが、最近では一兆五〇〇億バレルと五倍に増加し

図1 石油の可採年数(年)



ている。しかし有限であることに変化はなく、地球環境への影響からも化石燃料への依存を低減させる必要がある。

日本は太陽発電の先進地域

そこで登場してきたのが自然エネルギーとか再生可能エネルギーといわれる資源である。再生可能という表現は誤解されるが、太陽から地球に投射されるエネルギーを利用するという意味であり、再生されるわけではない。その代表が太陽エネルギー、風力エネルギー、バイオマスエネルギー、地熱エネルギー、水力エ

ネルギーであるが、以下では最初の三種について紹介したい。

戦後、住宅の屋根に太陽熱温水器という箱型の装置が目立つ時代があった。冷水を日射によって温水にして風呂や炊事に利用する設備であるが、現在では太陽電池によって太陽光線を電気に変換する方式が主力である。太陽電池の原理は十九世紀前半に見えられたが、広範に利用されはじめたのは一九六〇年代からである。当初は高価で普及しなかったが、最近、急速に普及するようになった。

二十一世紀初頭には微々たる能力であ

図2 世界の太陽発電設備容量(GW)

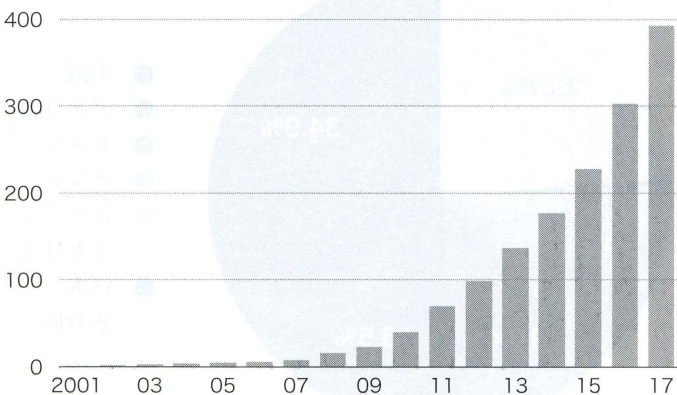
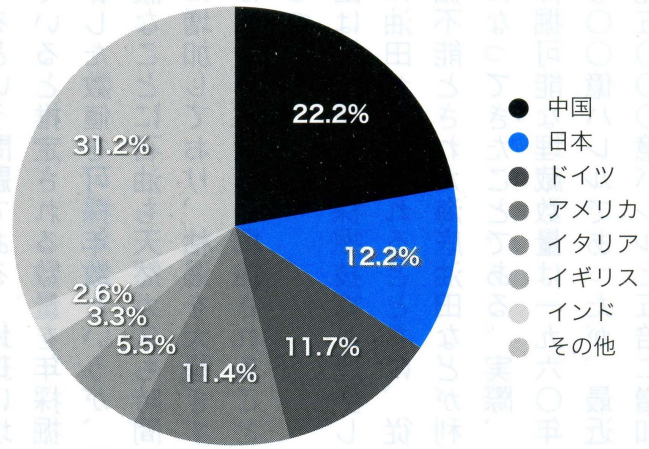




図3 国別の太陽発電設備容量 (2016)

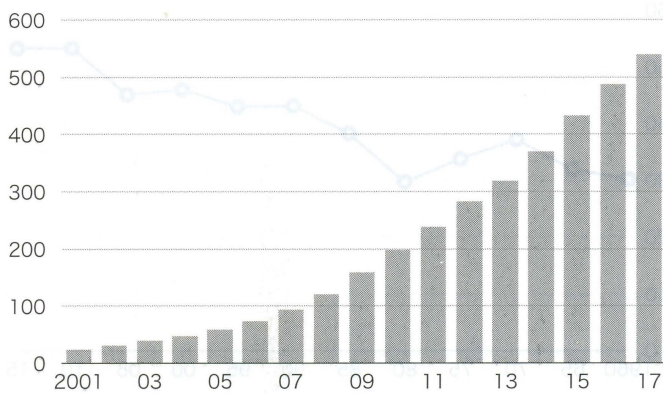


つたが、二〇一〇年頃から一気に増加しはじめ、一七年には世界全体の太陽発電能力の累積は四〇〇ギガワットになって世界の発電能力の五%に相当し、原子力発電所の発電能力の三九〇ギガワットを上回った(図2)。国別では中国が一位で二二%、二位が日本で一二%、三位が僅差のドイツで一二%であり、日本は健闘している(図3)。

風力発電では世界の後進地域

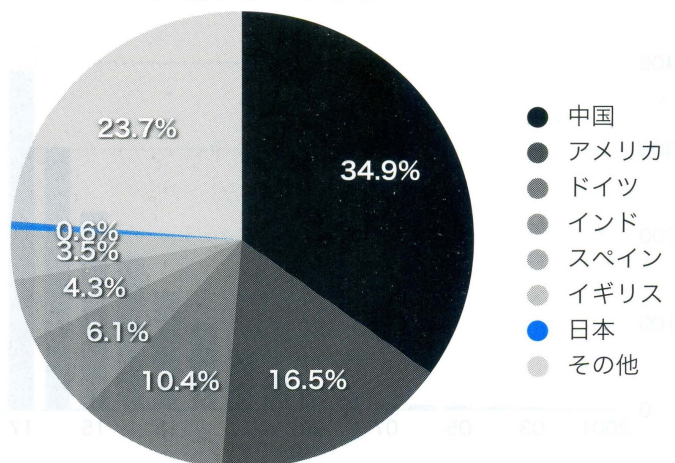
第二の再生可能エネルギーは風力である。風車といえば一部がユネスコの世界

図4 世界の風力発電設備容量 (GW)



遺産にも登録されているオランダを連想するが、それらは十五世紀から排水のために建設された施設であり、人間が帆船を発明したのは六千年以上前と推定され、エジプトで耕地の灌漑に風車を利用したのも同様の時期とされている。しかし、現在のように発電に風車を利用したのは十九世紀の最後の時期である。一気に増加したのは地球環境問題が深刻な話題になってきた二十世紀の最後の時期からで、過去十七年間で発電能力は約二十三倍に増加している(図4)。国別では中国が二〇一〇年頃から急速に設備

図5 国別の風力発電設備容量 (2017)



を建設し、最近では世界の風力発電能力の三五%が中国に存在する。日本は残念ながら世界の〇・六%で順位も十九位である(図5)。これには日本の環境条件が影響している。風力発電は一定の方向に一定の速度で気流がある場所が最適であるが、日本はユーラシア大陸の東端に位置して安定した風況がなく、しかも台風が襲来するために構造を強固にする必要があり、全体に適地ではない。そこで最近、海上に風車を建設する構想が出現しているが、これも高価になる。その結果、世界の再生



可能エネルギーの比率で風力は半分にもなるが、日本では七%でしかない。

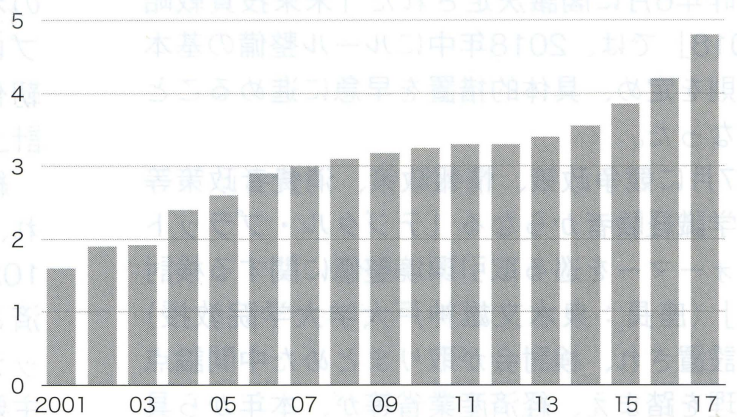
### バイオマス発電

バイオマス発電とは木材などを燃料とする火力発電である。木材を燃焼すれば炭酸ガスが発生するが、木材は石炭や石油のように過去の太陽エネルギーの缶詰ではなく、空中に存在していた炭素を樹木として固定しただけであり、それが燃焼によって空中に再度放出されても炭酸ガスが増加したことはない。これをカーボン・ニュートラルという。

バイオマスの大半は暖房や炊事に使用されており、発電の燃料になるのは一部であるが、それでも世界全体では二〇〇六年からの十年間でバイオマス発電設備容量は二・五倍に増加し、日本でも同一期間に一・六倍に増加している(図6)。ただし日本の場合、木材を燃料にする発電は一五%であり、主力は一般廃棄物(五〇%)と産業廃棄物(三〇%)を燃料とする発電である。

日本は国土面積の七割が森林という世界でも有数の森林国家であるが、木材を燃料としたバイオマス発電の比率が少量であるのは、急峻な地形に山林が展開し

図6 日本のバイオマス発電設備容量 (GW)



ているため、間伐して運搬するのに手間と費用がかかる影響である。実際、周辺の森林を間伐して発電する予定で施設を建設したが、地域の木材では数量が不足するうえ価格も高価になるため、外材を輸入している発電施設もある。

### 依然として化石燃料依存の日本

自然エネルギーは資源問題と環境問題を解決する手段のようであるが、問題がある。第一は化石燃料で発電するよりも高価という問題である。この解決のため

にヨーロッパや日本では固定価格買取制度(FIT)を導入し、従来の方法で発電された電力との差額を消費者側が支払う料金に上乗せする方法が採用されているが、現在では世帯あたり年間一万円近くになり、見直しが議論されている。

第二は自然エネルギーという名前のよりに発電能力は自然次第という問題である。太陽電池は夜間や雨天には役立たないし、風力発電は強風や無風では能力を発揮しない。火力発電や水力発電は需要に対応して発電できるが、自然エネルギーは巨大な蓄電設備を用意する必要がある。しかし、IPCCが警告する破局の回避のためには自然エネルギーの役割が重要になることは確実である。

このような状況にもかかわらず、二〇三〇年の日本のエネルギー構成の想定は化石燃料が七六%、原子力が一〇%、自然エネルギーが一四%である。二〇一〇年には自然エネルギーの比率は七%であったから、二十一年間で倍増させる計画ではあるが、IPCCの警告には対応できていない。この警告が正当であるとすれば、自然エネルギーの割合をさらに拡大していく覚悟が必要である。