

## デザイナーのための経済コラム(18)

温室効果ガス削減、または脱炭素と電力生産に関して

前回までのコラム(16・17)では脱炭素社会、地球温暖化の根拠となるデータを調べました。今回は温室効果ガス(Green House Gas)の主な成分と排出源について調べて見ました。

「[46億年前に誕生した地球を包んでいた大気は最初は水素H、ヘリウムHeだったが軽いために(原子番号1, 2)直ぐに宇宙へ飛び去った。その後、地球内部から放出された水蒸気H<sub>2</sub>Oと二酸化炭酸素CO<sub>2</sub>(温室効果ガス)で包まれ、地球は徐々に冷えていった。」、とされています。約40億年ほど前に単細胞の生物が誕生し、やがて植物に進化していきます。4億4千万年前から植物が陸上に繁殖するようになってから、大気中の炭酸ガスCO<sub>2</sub>が急激に減少し、酸素O<sub>2</sub>が増加し、動物も繁殖するようになり、それら動植物の遺骸が化石燃料、シエルイオル、シエルガスになったものと言われます。

現在、地球に入る太陽輻射エネルギーと地球からの放射エネルギーのバランスが変化しています。地球を包む温室効果ガスが無ければ、地球は急速に冷却して、芯まで冷却してしまい、活火山がなくなり、温泉も、地熱発電も出来なくなります。地球のエネルギー収支は産業革命前は+0でした。エネルギー収支が+、熱が蓄積されていく傾向にあると言えます。

温室効果ガス効果の大きいものは二酸化炭酸素CO<sub>2</sub>です、次いでメタンガスCH<sub>4</sub>、一酸化二窒素N<sub>2</sub>Oフロンガスです。原始地球の大気は水蒸気と二酸化炭酸素で90%を占めていましたが、現在は窒素N<sub>2</sub>・78%、酸素O<sub>2</sub>・21%、二酸化炭酸素CO<sub>2</sub>・0.03%(0.028~0.04)です。

人為的に発生させているCO<sub>2</sub>は再生エネルギーの薪炭と再生不可の化石燃料です。産業革命で外燃機関(蒸気機関)の燃料として石炭が使われ、その後、内燃機関としてガソリン・軽油エンジン、ジェットエンジンとして石油が使われるようになり、20世紀に入って急増しています。

二酸化炭素・炭酸ガスCO<sub>2</sub>、メタンCh<sub>4</sub>は自然界では微生物、紫外線、自然発火にによって生物の自然分解(腐食・劣化、燃焼)されて発生します。メタンは天然ガスの主成分でもあり、地中からも発生しています。一酸化二窒素N<sub>2</sub>Oは地中からも、工場からも発生しています。フロンガスは冷蔵庫、エアコンの冷媒として使用されてきましたが、現在は使用していません。

パリ協定では、国別に温室効果ガスの排出量と、削減目標が示されています。国別といっても国民一人当たりの排出量は大きく異なります。中国14億1千万人、アメリカ3億2千万人、インド13億8千万人、日本1億2千万人です。環境問題の根底には人口の急増があります。この問題には人道、倫理、宗教から、簡単に、安易に、議論出来ません。人類の文明が克服しなければならない大きな課題の一つです。(現在も資源をめぐる紛争、宗教、文化、人種の優性、劣性を争ってジェノサイドの危険を持っています。)

温室効果ガスの排出量の世界の平均に近いのはフランスで、平均以上の国はアメリカ、オーストラリア、韓国、ロシア、日本、ドイツ、中国、イギリスの8ヶ国です。これらの国は工業化を早く進めた国です。工業技術の進歩と電気エネルギーを多用するライフスタイルの変化が原因です。一人当たりの排出量が平均以下であっても、人口の多い国には、いずれ工業化を進め、生活水準が向上してくると、平均値を押し上げてきます。工業化は電力需要増大でもあり、短期的には火力、長期的には原子力に対応するようになると思われます。コストパフォーマンス(対原価効果)の定義、考え方によって対応行動が大きく変わります。

このように見ていると、アメリカと中国だけが問題を抱えて目立っていて、他の国は問題が少ない様に思えますが、アメリカと中国は人口が多いからであって、国民一人あたりの電力消費量で見ると、その差はもっと小さくなります。さらに、電力を工業用と民生用に分ければ、差はもっと少なくなってくると推測します。一人当たりの電力消費量が一番大きいのはカナダです。カナダが1番なのは、水力発電によるアルミ、銅などの電気精錬によります。

世界で最も電気料金が高いところはジーゼルエンジンによる発電のソロモン諸島です。(1kwh=70円(2016年・1\$=109円)。電気料金政策が大きく違うのはデンマークとイタリアです。工業用電力を比較的安くしている国はアメリカ、デンマーク、ドイツ。工業用・家庭用どちらも同等にして、電力削減努力を両方に求める政策を取っていると思われるのはイタリアです。

電力生産手段としての比率が高いと思われるのは、火力発電、原子力発電です。水力発電はわずかです。原子力発電は現在250基稼働しています。原子炉の事故が起きる度に、廃炉や停止、建設計画中止があります。福島第一原子力発電の事故から10年が過ぎました。日本国内にも世界にも、原子力開発に対しての賛否が続いています。新たな建設計画も進んでいます。安い電力がふんだんに使えれば国際貿易で有利になるのは明らかです。

EUとしては原子力発電を温室効果ガス削減の有力な手段としてクリーンエネルギーとして苦渋の選択をしました。中国、アメリカ、インド、EUはCO2排出を0にするために、必ず、原子力発電を増やすのは明らかです。一方、原子力発電に慎重なのは地震被害を恐れる地域としてカルフォルニア州、イタリア、インドネシア、スイスです。廃炉や計画中止をしています。デンマークは原子力発電0、風力発電50%、さらに風力発電に移行しています。原子力発電は是か非かは、トレードオフ(Trade Off)、オールオアナッシング(All or nothing)中間のない選択の関係とも思えます。

火力発電の燃料・石炭、石油を大量に消費しているのはアメリカと中国です。アメリカは火力発電の燃料を石炭から石油に、さらに天然ガスに移行していますが、原子力発電にも大きく依存しています。中国の火力発電の燃料は主に石炭です。大気汚染、PM2.5の原因にもなっています。中国はアメリカの後を追って、石炭から石油、天然ガス、ソーラへ切り替えを急速に進めています。世界が石炭から石油へそして天然ガスへと移行しているのは工業的に扱いやすいことと、CO2排出が少ないことによります。さらに、水素ガスはCO2排出0です。

以下、種類別燃料の特性を分子構造から比較しました。

燃料の種類	燃料1KgあたりのCO2排出	エネルギー効率比
石炭類(nC)	3.7Kg	1
石油類(ベンゼン・C6H6)	3.1Kg	1.3
天然ガス類(メタン・CH4)	2.1Kg	2
アンモニア(NH3)	0	2.2
水素ガス(H2)	0	6

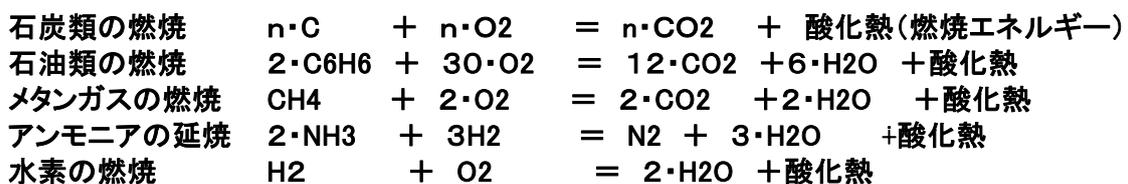
\* 炭素を構成要素とする燃料は炭素の割合に比例してCO2を排出します。

\* 炭素原子C:12、酸素原子O:16、窒素原子N:14、水素原子H:1

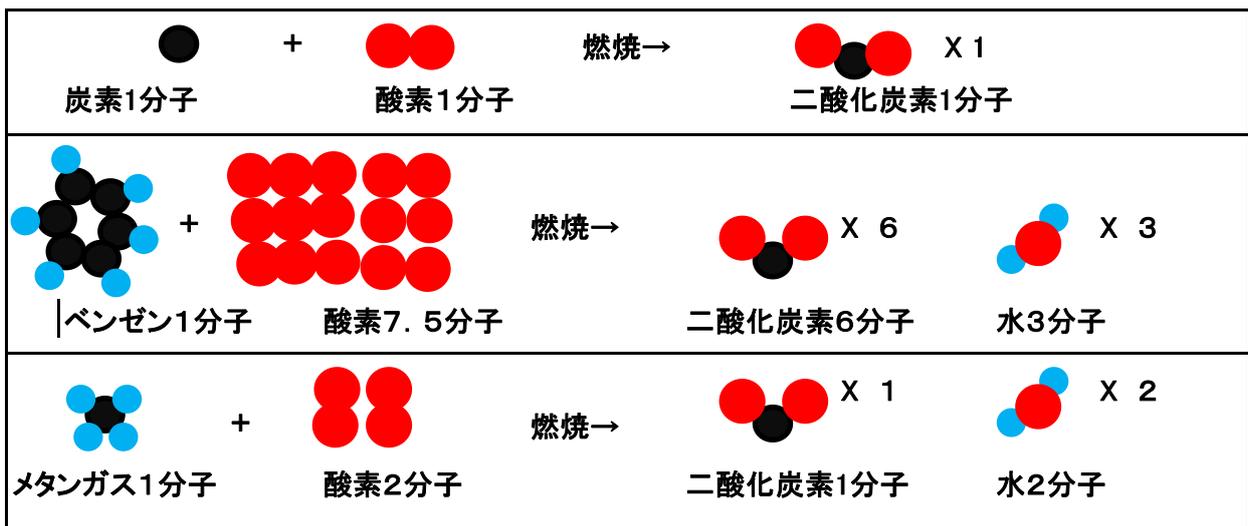
質量比(近似重量比)として計算

\* 不純物がないものとし、完全燃焼したとして計算、

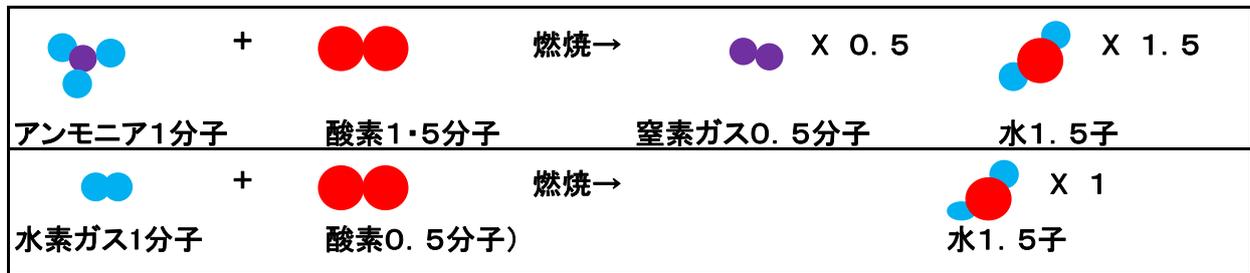
\* エネルギー量は燃焼するときに必要な酸素に比例するものとして計算



炭素: ●      酸素: ●●      水素: ●●●      窒素: ●●●●      として燃焼を図化



## 二酸化炭素を排出しない燃焼



重量(質量)当たりのコスト  
 重量(質量)当たりのエネルギー  
 重量(質量)当たりのCO2排出

大  水素 > 天然ガス類 > 石油類 > 石炭類  
 水素 > 天然ガス類 > 石油類 > 石炭類  
 水素 > 天然ガス類 > 石油類 > 石炭類

これらの比較から水素ガスはコストを除けば優れているのが分かります。温室ガス対策の究極、最終の答えは原子力発電ではなく、水素ガスになると思います。

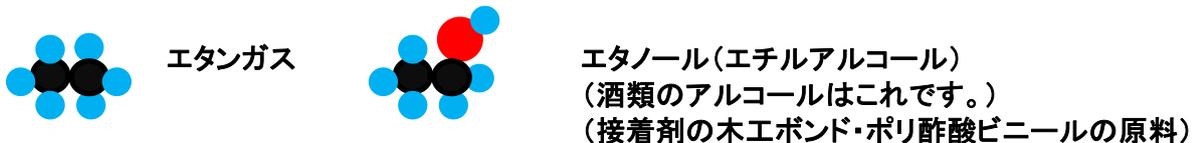
水素ガスは石炭、石油や天然ガスからも作れますが、製造過程でCO2も発生し本末転倒です。現在、水素ガスは天然ガス(メタンガス)から作る方法と、水を電気分解することで作られます。主要な多様の工業材である水酸化ナトリウム(苛性ソーダ)NaOHは塩水を電気分解して作ります。その時に塩素と水素も副産物として生産されます。

工業用燃料としては使われていませんが、ガソリンの混合剤としてバイオマス由来の粗製アルコールエタノール(エチルアルコール・C2H6)あります。精製されて、消毒用アルコールとして多用されています。

バイオ由来のアルコールは穀物を発酵させて蒸留したもので、純粋なエチルアルコールではありません。類似のものにメタノール(メチルアルコール)があります。メタンガスと構造が似ています。



アルコールランプに使っています。



(この形が連続するとポリエチレンになります。)



(ガスボンベに使われています。)

(窯業に使われています。)

燃料に使ってガスの中で炭素の割合が一番少なく二酸化炭素排出の少ないのはメタンガスです。炭素の割合が大きいブタンガスは還元焼成の窯、いぶし瓦の窯に、松材の代用に使われます。

理想としては水素を再生エネルギー(バイオ、太陽光、風力、水力、地熱、波動...)で作った電力で水を電気分解して生産することです。貯蔵、輸送は液化したもの、アンモニアNH3に変換させたものにして行います。これが、現在エネルギー関連企業が実用化に取り組んでいる課題だと思われます。温室ガス排出ゼロを完全に達成するにはこの研究が実用になることが必須だと思います。

(T.K.)