

持続的世界を目指して脱炭素社会の構築を

1、はじめに

地球環境問題が次第に世界文明社会の底流、この中で温暖化問題が次第に本流になりつつある。I P C C の 1990 年の気候変動枠組み 第一次発表に始まり、2015 年には参加国は中国、米国が加わり（トランプ大統領の元、今は離脱）最多数の国が参加、第 5 次（A R 5）パリ協定が報告された。地球温暖化のデータは 100 年余にわたり記録され単調増加しつつあるのが見て取れよう（マウナケアの記録、他）。一方科学的には気体としては、オゾン、メタン、冷媒に用いられる塩素系化合物など早くに規制されている、明らかで大きな温室効果などが認められたためである。

最近問題になっている C O 2 は国際的に長い議論を経て、温室効果に無視しえない影響が科学的に確認されつつあるというものだ。人類史上でも C O 2 は産業革命あたりまでは、ほとんど 300 p p m 大と一定していた、人口増加とともに C O 2 は急速に増え、これは 1 万年以上の地球史においてこの 100 年余は突出してホッケイステイクとも呼ばれる。

地球史では温暖化、寒冷化があり、いわば地球の味噌播りに代表されるミランコビッチサイクル、などがある。また物質としても水、水蒸気のほうが量が多いし、温室効果が高い、水があるから地球の平均気温は 15°C、だがなかりせば、地球はマイナス 15°C といわれる。98 年から 10 年余にわたり温暖化の停滞ハイエイタスがあった、気候変動は空間的にも時間的にも少なくとも 10 年単位でみないといけない。

地球温暖化は厳密に言えば仮説かもしれないが、現象としては根拠を有する科学的なものである、今はそれらの実証過程ともいえる。

C O 2 はほとんど人為起源であり、まさにエネルギーと直結するだけに、実際の政策実行のためには産業、経済発展上、様々な問題をクリアしなければならないフロンなどの炭素化合物ガスはだいぶ前に規制対象になった、現在は C O 2 に焦点があたっている。

2014 年度の我が国の温暖化ガス C O 2 の排出量は 12.65 億トン（運輸 2.17 億トン 17%、産業 4.26 億トン、33%、家庭 1.92 億トン 15%）。世界の 288 億トン（2007）中国 21% 米国 20%、ロシア、インド 5%、日本 4%、ドイツ 3%。

パリ協定は 2016 年 11 月に発効した。21 世紀末に産業革命以来に比べ、+2°C は危ない、+1.5°C に抑えるべきだと警鐘を鳴らす。

I P C C によれば 1906~2005 にかき 0.74±0.18°C と前回報告より 0.14°C 上がっている、さらに最近 50 年では一層加速された（サイエンス 07-10）。

温室効果ガスの大気中濃度は産業革命以前では 280ppm,07 年時点では 430ppm,大気中濃度の増加で 0.5°C 上昇（Stern Review 06 年）した。

2、なぜ脱カーボンか

(1) いわゆる単原子分子 N_2 や O_2 には温室効果はない、複合分子、水、 CO_2 にはそれがある。

複合分子の温室効果は19世紀には科学的に知られていたらしい。産業革命以来、化石燃料の消費が増えた。20世紀の終わりのころになってこれが無視しうるものでないことを科学者団体のIPCCが訴えてきた。それを正しく理解し、状況、を発信してきたブレア元英国首相、ゴア元米国副大統領他政治家がいち早く先陣活動してきたのには頭が下がる思いだ。日本の政治家や識者の声はあまり聞こえてこない。

CO_2 の温室効果機構はむつかしいが、太陽光が地球に降り注ぐときに入射し、地球からおつりで宇宙へ放散されるが、放射の周波数がわずかに低くそれが CO_2 等カーボン系ガスにたまる一種の量子論的効果によるものと理解している。100℃の水と水蒸気の潜熱をイメージするとわかりやすいと思う。

北極の氷が溶け、最近では南極の棚氷(海に浮かんでいない氷)の融解が顕著だという。個人的意見だがともに緯度が高いため入射太陽光は減るが、大気中の CO_2 は北極も南極も均等にばらまかれているので温室効果が強いのではなかろうか。

(2) 温暖化に関連する正、反の意見

細目はともかく各分野の専門家の言うことだからうけとめよう、という姿勢が我々の中にも少なくなかろう。しかしなぜ温暖化なのかの顛末を我々は知ることは意義があると思う。これまでどんな議論がなされたか整理のため概要を示す。(主たる引用、地球温暖化、懐疑論批判 IR3S/TIGS 2009 叢書、東大：住、山本、東北大：明日香、気象研：吉村、海洋研：増田、河宮、伊勢、國環研：江守、野沢、高橋、川村)

・温度の観測データがおかしい→海上のデータがないは誤解、ヒートアイランド効果も筋の通った取捨選択をしている。

・温暖化によって CO_2 が出てきた、人為起源による CO_2 発生で温暖化が進んでいる、との議論が20年まえくらいに議論されている。その結果は前者もあるがむしろ大勢は後者に落ち着いている。

温暖化の因果論は以下。

・J. ラブロック (1919 英国生) は、地球環境問題について広範、鋭い省察を行い、わかりやすく解明、人為起源の CO_2 についても温室効果を早急に文明と折り合いをつけよ、と政治家、経済学者に訴えている。原子力への理解も大きい。(ガイアの復讐 06, 10 中央公論新社, 竹村訳)

・最近の温暖化は自然変動に過ぎない(赤祖父 08, 09 年) →20世紀後半の気温上昇は不確実性を考慮しても温室効果ガスの増加がないと説明できない(江守)

・大気中の温度上昇は海に吸収された CO_2 が出。てきた—ヘンリーの法則:海面を境に CO_2 の内外分圧のバランスを説くヘンリーの法則では説明できない、つまり大気中の CO_2 は人為起源となる。

- ・大気中でのC-14の組成は明らかに大古の化石燃料からのCであることが観測されている。宇宙で発生する真新しいC-14によるのならCO₂なら半減期 5000年のC分が一定量排出される。
 - ・英 Hadley Center-2005,により大気中におけるC14の変化として1860年から1950年にかけてC14は明らかなマイナス基調をグラフで示す。人為的CO₂発生、大気中には海に吸収されない分が増えた、事を立証したものの一つである。
 - ・CO₂の上昇0.4%/Yの7割から9割が人為排出の化石燃料などが原因。少なくとも20世紀後半の温度上昇→CO₂ではない。
 - ・大気中のCO₂上昇は海洋からのものではない、6つの独立した論文あり。
 - ・大気中のCO₂はまだ遠赤外線を吸収する一飽和に近いがまだ吸収は可能、成層圏では未飽和、(Petty,2004)
 - ・気温が下がっている場所もある→それはある。しかし全体均らしてみると20世紀の山岳氷河後退は紛れもない事実である。最近の北極海、南極山岳の氷山の落下も一例。多くの写真が立証している。
 - ・海面上昇の寄与度 93年～2003で年間3.1mm上昇、内熱膨張は1.6mm,残りは氷河、グリーンランドなどの融解によるものである
 - ・2001年以降温度上昇が止まっている(赤祖父)→北半球のラニーニャのように温度がさがっているところはある。エルニーニョのように上がるところはある、15年で均らしてみると明らかに上昇傾向。
 - ・数年前の地球温度上昇が止まったかに見えた時期があった。確か深層海域での温度上昇が出てなくて、表面に出てきたのに何年かかかっていた、(ハイエイタス)
- (3) 人為的排出によるCO₂などカーボン系ガスの温室効果は紛れはないと思われる。直感的に見ても20世紀に入ってからの活動、エネルギー分野に、限ってもそれのもたらす、温室効果ガスや温度上昇は人類誕生後700～400万年ともいわれる歴史からみて希有の事象と感ぜられる。これはホッケイステイクなどともよばれた。
- ・海洋研の松野博士は二つのポイントを挙げる、①大気、海洋の温度上昇、海面水位の上昇、雪や氷の減少、②20世紀後半の温度上昇は人為起源の温室効果ガスによる確度が高い。地球温暖化は説ではなく、「理論」であると指摘する。
- 地球の超長期的な揺動—ミランコビッチサイクルなどはあっても①②は厳存するというわけだ。
- (4) CO₂による温暖化のもたらすもの
- ・大型台風、高波の出現頻度の増加 大西洋上だけでも2005年のカトリーナ台風損害1250億\$、08年アイク台風380億\$、08年アイバン台風230億\$
 - ・海面上昇がじわりと、北極、南極、グリーンランド、南米で動かさない証拠。
棚氷が全部溶けると今世紀末か、海面上昇は60mに達するともいわれている(海

面上昇についてはほかにもデータがある、今後の推移に注目)

台風高波とともに世界中の沿海部すべてが破壊的影響をうける、都市文明、臨海工業地帯を丸まる破壊する。温暖化にとどまらず、今後の海面上昇には注意を怠らず、顕在化するようなら政策を立てなおさなくてはならないだろう。

- ・海の酸性化による影響例 三陸の蝦夷アワビの飼育では海水中の CO₂ の濃度が 1000ppm を超えると殻に凹凸や穴が開く→子孫が育たない

- ・パリ協定の 1.5°C 上昇に食い止めるのはエネルギー産業にとっても、消費者全体の喫緊の課題となる。

- ・Stern Review 07 によると、2000 年時点の世界の温室効果ガスの排出源別は高い方から電力 24%、土地利用 18%、運輸、産業、農業それぞれ 14%、残り 16%

- ・温室効果により、メタンの放出など正の feed back がある。

- ・台風の大型化などで洪水リスクの増大世界人口の 1/6 にまで影響が及ぶ、特にアフリカの穀物収量の減少、栄養失調、の増加、高緯度地域ではマラリア、デング熱の増加、

- ・同じく今日の社会的費用は適切な経済政策で CO₂、1 トン当たり 85\$ と推定される。Review では環境対策にもっと投資しなくてはならない、それが究極の社会的経済効果をもたらすことを示唆している。わかる気がする。

我が国 2008 年では CO₂、12 億トン (現在も似たようなもの) 約 1/4 の 3 億トンが電力から出る、これにあてはめると 2, 55 兆円となる。

(5) 森林 水産 水資源

推計によると森林減少 (局地的水不足、山火事) による CO₂ の減少影響は極めて大きく世界的には 18% に達すると言われる。

3、電力システムにおける具体的方策例

(1) 電力事業における CO₂ の放出は化石燃料の燃焼によるもので、日本全体の 1/4 ~ 1/3 を占める。放出量を 20% にする場合を示したのが第 1 表。

30 年後くらいをイメージしているので太陽光発電、風力発電のバックアップになる火力発電は凡て LNG Gas turbin の combined cycle 現行の火力発電所 (老朽火力、石炭火力を含む) のヒートレートが 2 割アップするものとしてある。この 20 年間火力発電の熱効率の向上は目覚ましく、熱効率で 60% を上回るものも出てきた。然し所詮使用温度を上げなくては効率向上はできない、これは材料の問題で難題である。原発の抜けている今四苦八苦で老朽火力も稼働させているのでうまくいけば全火力のヒートレート向上により 30% 近く上がるかもしれない。この向上はもろに全体の CO₂ 低減に効く、同時に全体的な電力コストを引き下げることになる。

第 1 表は変動電源の代表である太陽光発電、風力発電をどれだけ系統に入れるか、そこには朝晩の立ち上げ、気象変化に火力とともに水力発電、などの加勢も加え極

力太陽、風力を減らさないようにしたつもりである。

少子高齢化などにより人口減少は避けられないが、外国人が入国することも期待される。電力総需要は1.0兆kWhのほか1.2兆、0.8兆についても算出した。現在 原子力は20~22%とされているが1.0兆の場合でも50基 3700億kWh、37%の原発投入が必要となる。

原発を減らして代わりに太陽光発電、風力をいれるとなるとコンバインドガスを増やすことになり、前提のCO2を20%に維持できなくなる。

または給電指令の効く地熱、小水力、バイオをどれだけ投入できるかである。

原発をある程度増やすのも容易ではない、かつ火力に代わる豊富な代替電源が求められないとすれば蓄電池、揚水が必要となるが系統全体のコストを上げる。太陽光発電、風力発電は高いことになる。これまた経済合理性からも大きな期待はできない。ドイツ、スペインでも蓄電池大量投入の話は聞いたことがない。

蓄電池は電気化学的なもので今後安くなっても需要端でなく、電源端に設置するのはコスト的に難しい、送配電線増強も必要であり、容量が増えれば太陽光発電、風力発電も給電指令下に置くべきものとする。

以上の例からもわかるように国全体の経済性を維持し、CO2を低減できるのは原子力しかないということである。

(2) ガソリン車と電気自動車EV

2-1 運輸の温室ガス排出量は14% (スターンレビュー)、このうち半分を乗用車とみると7% やはり多い。

現在急速にガソリン車規制の気運がわいてきた。交通機関では電車がよい例で米のある州では近い将来ガソリン車をやめて電化にする話も耳にする。

2-2 ここで注意が要るのは、系統電源があまりに貧弱だとEVはガソリン車一特にプラグインハイブリッドP h Vに劣る場合がある、日本ではめったにないだろうが、電源効率が悪いと末端でのガソリン車に劣る場合があるということだ。

第1表 CO2を20%にする場合の総需要、原発、目安S,W発電電力量

Y. I

| 総需要兆 kWh | 原発、G,億 kWh *2 | G基数 100万kW/ 基 | 太陽光発電 S+風力発電 (w)億kWh*3 | 備考 |
|-------------|------------------|---------------------|------------------------------|----|
| 1.2兆 kwh | 5200億 kWh | 70基 | 584億 kwh | *1 |
| 1.0 " | 3700 " | 50基 | 486 " | *4 |
| 0.8 " | 3300 " | 44基 | 486 " | *5 |
| | | | | |

*1 CO2を現状の80%減→火力発電量5667億kWh→1133億kWh、

火力発電効率上昇により CO2 80%減の場合は 1360 億 kWh、

*2 同上火力発電 1360 億 kWh、にする場合の原発量

*3 2010 年 S は 15.8 億 kWh、W は 39.5 億 kWh、

*4 総需要は日本の現状にほとんど同じ

*5 2010 年我が国総人口 1 億 2600 万人をピークに少子高齢化による 2070 年推定 7500 万と人口減、総需要が若干減る場合

4、おわりに

- ・ エネルギーか、環境よりむしろ、環境問題の中でエネルギー問題は如何にあるべきか問われている。

- ・ 地球をリンゴにみたてれば、生物や人類はリンゴの皮 1 枚にとじこめられており、その中の廃棄物がどの程度人類に影響を与えるか、CO₂、放射性廃棄物、産業廃棄物、生活廃棄物についてどう管理し持続していくべきか。

- ・ 資源にしる、廃棄物にしる将来は抑制すべきである。我が国には徳川三百年の時代において何人かの先達が模範を示してきた。政治 経済も将来を見て、この点もっと考慮されるべきではなかろうか。

- ・ 再生可能エネルギーがブームだが、実態は太陽光発電にかたよりすぎている。第 1 表にも示したが、CO₂ の抑制能力から言っても原子力は今や安全で最も優れているといえる。太陽光発電は見かけは環境対策になるが、系統電力需要が今の形で将来もいくと見れば、その kW 変動の大きさが問題、それを吸収するには膨大な蓄電池、費用がかかる。設備を抑制するか、給電指令の停止権限を高めるか。要するに国家、国民のための本質はなんであるか、過剰設備に落ちいらぬよう投資を考えるべきである。