

# Paris 協定達成に向けた 2050 年 Zero Emission Scenario

## その5 エネルギー需給部門別検討

### Zero Emission Scenario in 2050 towards Paris Target

#### Part5 Discussion by Energy Demand Sector

外岡 豊\*  
Yutaka Tonooka

To realize the Paris Target of 1.5 °C global warming, Japan and developed countries are strongly requested to reduce emissions of Greenhouse effect gases (GHGs) towards almost nearly zero in 2050. I have studied on emissions reduction scenario to reach zero at 2050 in Japan. In this paper I discuss on the future projection of emissions of GHGs mainly of CO2 by energy demand sector, based on long trend analysis.

**Keywords** : Energy, Resource, Environmental problem, Global warming

#### 1. はじめに

日本における台風の大型化、集中豪雨だけでなく、欧州他世界各地で深刻な洪水被害が発生、干ばつ、火事、氷河消失等、気候変動問題は今や現前の深刻な問題と化しており、1.5°C特別報告書でも、Carbon Budget の残余が限られる中、今、早急な排出削減を開始し年々それを強化継続して行かなければ、地球の平均気温は3~4°C上昇し Tipping Point を超えてしまう危険性が指摘されている。今年に入って、深刻な気候変動への世界的な対応が不可欠であることへの緊急性認識が急に高まった。スウェーデンの高校生グレタ・トンベリ Greta Thunberg が始めた金曜日学生ストが世界的に広がり若い世代の関心を集めるようにもなった。彼女は国連での演説(2019. 9. 23)で、『年輩の世界のリーダーたちは気候変動に何も対応しようとしていない。“This is all wrong,”、すべてが間違っている。“How dare you?”、どうして平気で何もしないでいられるのか、今すぐ行動を起こさないと若い世代は対処できない破滅に直面する。』と強く訴えた。こうして彼女は一躍世界的な有名人になったが、その訴えは世界中の市民に大きな影響を与え、開催場所をチリからスペインに移し、マドリッドで開催されることになった COP25 での交渉にも前向きな影響をもたらすことが期待されている。

とくに日本では、ここ数年、深刻な豪雨被害が頻発、今年は大規模な台風襲来と記録的な豪雨により千葉県、長野県、東北等での堤防決壊、突風被害、広域停電等に見舞われ、気候変動の影響が顕在化したものと考えられている。排出削減の必要性が再認識されるとともに、同時に適応策の具体化

も緊急の課題と認識されるようになったが、今年になって、とくに秋以降に急速に認識が高まり、自治体の洪水対策等、その具体化が急がれるところとなった。ただでさえ人手が足りない市町村の現場で排出削減行政が停滞して実効が上がらないことが懸念される。

このような情勢変化を受けて、気候変動は『気候危機』、Climate Crisis : Urgent concern of human being と言うべき、とする考えが広がり、また気候変動は『気候正義』、Climate Justice : Ethics of human society 人類の倫理問題とする考えも広まっている。これは世界規模ビジネス追求と富裕層のぜいたくの結果として多大な排出がなされ、結果として途上国貧困層が被害を受けると言う構図を問題視した考えである。それらを反映して、『Climate Emergency (Declaration) : CED を行う自治体が増え、世界で 300 超の自治体・地方議会、累計人口 2500 万人以上が宣言を行っている。日本ではまだ少ないがそれを促進する集会も開かれている。

各国排出削減目標 INDC, Intended Nationally Determined Contributions を累計しても 1.5°C 目標削減量には遠く及ばない危機的な実情の中で、今まさに Paris 協定をどう具体化するか COP25 での交渉が重要になっている。世界的には Paris 目標達成への前向きな動きが見られるが、日本では、ことに政府は COP25 において排出削減に向けた交渉進展に積極的な役割を担う姿勢は見られず、未だに石炭火力を推進する立場を維持している。横須賀火力はじめ大型石炭火力の建設や新設計画が進行中であり、諸外国の石炭火力新設についても日本の銀行が融資しているとされ、

\*埼玉大学 名誉教授 早稲田大学招聘研究員  
一社・エコステージ協会 理事  
〒251-0027 藤沢市鶴沼桜が岡 1-6-11  
E-mail : ytonooka@gmail.com

ESG 投資にそむく事業が行われている。

筆者は本学会以外の学会を含め、一連の学会発表において Paris 協定目標の達成に向けて幅広く考察し、当学会の守備範囲であるエネルギー需給とその技術だけでなく、人類社会全体の歴史的な方向性と地球環境との関係、資本主義経済企業活動のあり方、文化、生活慣習、宗教心を反映した価値観や世界観、自然観、倫理基準等、持続可能社会を希求する方向性の中での気候変動対策のあり方を総合的、包括的に考察しようとしてきた。この発表では排出削減の実現に向けて日本の排出動向についてエネルギー需給部門別に実態動向をできるだけ長期的に分析することで、Paris 協定目標達成に向けた 2050 年、排出ゼロへを実現させる k 経路を探る。

## 2. 鉄鋼

### 2-1 原料起源 CO2 排出

鉄鋼業における石灰石とドロマイト投入による現行技術で削減不可能な原料起源排出があるが、それを取り上げていなかったのも、ここで数値確認しておく。セメント生産については原料である石灰石からの排出が避けられないものであることが語られることが少ないと私はあちこちで述べて来た。セメント焼成原料石灰石 CO2 排出は Paris 協定目標達成への最大の障壁と考えて来た。しかし、類似の石灰石消費である鉄鋼業における排出については産業連関表推計でも加算していなかった。これについて、温室効果ガスインベントリオフィス (GIO) 編 環境省地球環境局総務課低炭素社会推進室監修、日本国温室効果ガスインベントリ報告書 2019 年版から 2017 年度値を確認すると石灰石とドロマイト投入に伴う鉄鋼業 CO2 排出量は 5,723kt であった。例年 6 百万 t 程度の CO2 排出が継続している。

また電気炉において石油コークスから製造した炭素電極が高熱で損耗することによる CO2 発生があるが、その量は少なく 2017 年度は 169kt であった。

### 2-2 海外技術移転排出削減貢献

日本の製鉄技術は品質、省エネルギーともに世界最高水準にあるが省エネルギーに関してかなり前から技術が完成され既に導入されており最近の追加的な省エネルギー、排出削減は限定的であった。そうした中で水素利用の拡大等、次世代技術に向けた技術革新開発が進められていることは鉄鋼連盟のホームページ等でも紹介されており、前報でも少し触れた。政府の『パリ協定にもとづく成長戦略としての長期戦略 (2019.6.11 閣議決定)』においてもイノベーションの推進と、その国際展開、国際協力についてビジネス主導で推進することが述べられているが、その規模と効果におい

て代表格は日本の鉄鋼業の技術力を海外展開した排出削減である。例えば JFE は早くからインド進出を進めてきており 2009 年には現地の鉄鋼企業 JSW と提携、粗鋼生産能力 1800 万 t の一貫製鉄所において省エネルギー、排出削減を展開しており、日本製鉄も 1000 万 t 規模の製鉄企業エッサーを買収して事業展開を図っている。鉄鋼連盟の集計によると 2017 年度断面の海外技術移転排出削減効果は累計 62.59TgCO<sub>2</sub> とされ、副生ガス専焼 GTCC (ガスタービン発電機)、CDQ、TRT、転炉ガス回収、転炉顕熱回収、焼結廃熱回収等各種の技術が展開されており、2017 年度の 1 年間に 2.58Tg の削減効果を達成したとしている。

また今後の見通しとして日系エンジニアリング会社が海外とくにインド他、途上国で展開する省エネ設備により 2020 年に 70Tg、2030 年までに 80Tg の排出削減を達成するシナリオを紹介している。この排出削減は国内での導入が頭打ちな状況下で大きな寄与を期待できるものであり、COP25 において技術供与国と削減現地国の削減寄与分配分のルールが討議される予定であり、この分野における日本の ESG 投資による排出削減効果が期待される。

## 3. セメント

### 3-1 セメント消費量削減技術

建築でも土木でも主流は RC 造で当然のように鉄筋コンクリートが使われて来たが、Paris 協定目標に向けた CO2 排出削減努力が強く求められているのであるから、セメント消費量を削減するように全面的に再考すべきことは明らかであろう。同じ強度の構築物を少ないセメント消費量で建造することは様々な工夫により新しい可能性があるはずである。そもそも鉄は錆びやすくセメントと合わせた RC という素材の組み合わせが最良と言えるのか、単に、どちらも安価な素材であったからどこでも使われて来たに過ぎないのではないか。従来、鉄筋代替素材は既に研究されており例えば炭素繊維コンクリート等がある。炭素に限らず繊維系素材を用いたコンクリートは FRC、Fiber Reinforced Concrete、繊維補強コンクリートと総称されるが、それには多種多様な繊維素材の使い方のものが含まれる。鉄筋の代替材として同じ形状の棒状の繊維素材を使うもの、繊維素材をかご状、網状にして鉄筋に代替する引っ張り材を構成するもの等がある。別の使い方として連続繊維補強コンクリートと呼ばれるものは表面にシート状の繊維素材を貼り付けて補強するもので、また別の方法として、土壁に藁をすき込む「苧 (すさ)」同様に細かな繊維素材をセメントに混入して強度を高める短繊維補強コンクリートもある。それぞれ異なる繊維素材の使い方であるが、どれもセメントと鉄筋の使用量を削減する効果が期待できる技術である。これは

脱セメントではなく低セメント追求の削減策であるが、まずは RC 鉄筋コンクリートに代替する、より洗練された素材消費量が少ない環境負荷が小さい構造物構築手法をとことん追求するべきであろう。

### 3-2 セメント代替・古来技術 1 石材

セメントに依存しない時代の代替素材は石材であった。石材を大量に使用することでセメント消費量を削減することは可能である。代表例はロックフィルダムであろう。また日本の築城において城壁は石積であり江戸城も関東大震災でも崩壊しなかった。西欧都市の伝統的街区建築のように建築素材として石材を用いた建物は堅牢で長寿命であるが、地震発生地域では重量物であることが耐震性の弱点となる問題がある。また世界中の多くの都市建設に必要な大量の石材を各地で供給できるのか疑問である。マチュピチュ遺跡の石積構築物はどうしてうまく接合できる形にできたのか今だに謎めいているが、現代の新技术で石材を精密切断加工して堅牢な構築物を建造する工法を開発することも可能であろう。量的な普及は望みがたいとしても脱セメント構築物の可能性を示す象徴となり得るので開発するべきものとする。

小片石材を利用することでセメント消費量を削減した建築物を構築することは工夫次第であり、例えば上野の東京文化会館はプレバクト石材カーテンウォール、石材を表面に埋め込んだ外壁が使われている。この事例のように石材を利用することが可能であるが、石材の利用に限らず現況における建築家、建築技術者は RC、SRC 造建築を当然のように建てており、セメント消費に伴う CO2 排出を削減することを考えてもいないに等しいのではないか。少片石材利用は脱セメントではなく低セメント追求の削減策である場合が多そうであるが、やってみれば創造性、耐久性、自然素材、地場調達素材活用、建設費削減等々の副次効果も同時に追求できる好機会ともなるであろう。

### 3-3 セメント代替・古来技術 2 版築

土を突き固めて堅固な構築物を造る工法を『版築』と総称する。日本で伝統的に使われて来た方法は粘土質と砂層を交互に重ねた層状構築物である。蒙古襲来に対抗すべく北九州西岸に構築された防御壁や、寺院大規模本堂等の大規模木造建築の基礎地盤構築に版築が使われて来た。当初の東大寺の大仏殿は現存建物より大きかったとされ、京都にも座像 18m 高の大仏があって、その寸法からすると大仏殿は棟高 55m の巨大建築であったが地震で崩壊しておらず、その建物下の地盤も版築で強固な基礎とする工法で十分な耐震性が得られていたと考えられる。中国でも日本でも巨大建築を支える基礎をコンクリートなしセメントなしで構築して来た歴史がある。

### 3-4 セメント代替・古来技術 3 煉瓦

古来技術 3 例えばインダス文明の古代都市、モヘンジョダロ遺跡では規格寸法の焼成煉瓦で都市が構築され上下水道等も焼成煉瓦で整備されていた。万里の長城は石材だけでは材料が不足建設に際して焼成煉瓦工場を建て、量産した。煉瓦焼成では高温熱需要があり化石燃料加熱なら CO2 排出を伴うが薪、木質バイオマス燃料でそれをカーボンニュートラル評価するなら一応 CO2 排出なしである。煉瓦焼成には千°C以上の高温加熱が必要になるが水素燃料加熱か再生可能エネルギー電気で焼成できれば排出ゼロで製造できる。コンクリート代替として煉瓦を使えば少なくともセメント焼成の石灰石 CO2 排出を減らすことができる。

強度は低い古来、日干煉瓦もあった。都内の建設現場で大型建築を建てる場合、地下室、污水ピット等、地下数メートル以上を掘削し残土が発生するが、地質が関東ローム層のところが多く、粘土質の残土が大量発生しそれを廃棄処分に遠くまで運搬しなければならず、その運搬と処分の費用とトラックの軽油消費を伴う。これを有効利用するため日干煉瓦を試作したことがあった。公園の庭構成素材等に十分利用できるものであるが耐久性は未知数であった。強度を要しない用途であれば十分使えるものであり、これもセメント削減の代替材として使えるものである。練成、圧縮、脱水、乾燥等、あるいは高温焼成とまで行かなくても誘導加熱を加える等して硬化して強度を高める等、技術的な改良により用途を広げ、残土の有効利用を図ることが期待される。できれば現場か運搬距離が短い場所で加工して近くで再利用したい。都内のような建設現場では制約が大きくても海外の巨大開発事業等であれば残土利用日干煉瓦を有効利用して排出削減と残土処分の環境負荷を削減することが可能になると期待する。

### 3-5 海外削減

途上国の中心都市において農村部から社会移動により人口が急増しているところが多いが、それらの都市での都市建設、中心市街地建物建設においてセメント消費量抑制になる企画設計を行い、建設技術を伝授し、排出削減に寄与できるとよい。COP25 における Paris 協定の交渉事項として供与国の削減寄与評価手法が協議されることになっており、東南アジア等での排出削減貢献を実施すべきである。

## 4. 製造業一般

エネルギー白書 2019、112p、図 212-1-4、製造業のエネルギー消費原単位の推移を見ると 1973 年度を 100 とした製造業 IIP(付加価値ウェイト) 1 単位当たりの最終エネルギー消費量指数は 1985 年度以降、継続して指数 50 台後半、高くても 61.9 で横這傾向にあり、リーマンショック、大震

災後は緩やかな減少に転じ2017年度の54.2が最小である。重化学工業を中心とした高度成長期は第一次石油危機を機に終焉を迎え、産業構造が高付加価値産業へ重点が移行し1985年頃には指数60前後まで低下したが、その後はこの総合指標においても省エネルギー化の大きな進展は見られていない。なお日本のエネルギー統計が1990年度を境に変更になっているが、その影響は大きなものではなく、いわゆる失われた10年と言われた1990年代はこの指数も高原状態でGDP低下の影響もあったのか微増にさえなっていた。この指数の経年動向は日本経済と製造業技術の動向を象徴するもので、成熟して成長せず、しかし衰退せずに継続維持してはいるが省エネルギーに関しても成熟化して抜本的な省エネルギーの新規導入がなされないままリーマンショックまで横這いで推移している。この指数は技術的な省エネルギーの新規導入がなくても産業構造が高付加価値産業の割合が増加すれば指数は低下するものであるが、1990年代はそれが進展しなかった、まさに失われた十年であったということなのだろう。コリンクラークの法則または別称ペティの法則とは産業構造が1次産業から、2次産業、3次産業へと従業者数、生産額ともに移行して行くとするものであるが、2次産業、製造業内部でも同様の傾向があると考えられ、大量の物資を生産する重化学工業から物量は少なくとも高付加価値な機械等に生産構成が移行することで、それに伴いこの指標も低下するはずである。こうした傾向は化学工業という業種に限ってもその内部構成が移行しており生産t当たり数万円の石油化学基礎品から高機能のプラスチックに加工されるとt当単価は高くなる。医療品も化学工業に含まれるが1g数万円の医薬もあり、単価は千倍の格差がある。化学工業の生産構成で医薬品の割合が高まると、技術的な省エネルギーの進展がなくてもこの指標は低下する。それでも1985年頃からリーマンショックまで指数が低下しなかったのである。日本の場合、製造業において鉄鋼生産1億トン、セメント生産、最盛期8千万トン台、4千万トン台以上継続のエネルギー多消費産業があり、両業種ともに付加価値の大きな変動がないので長期傾向が安定して変化が少ない傾向を助長している面もあり、両業種ともに省エネルギー技術が早くから導入され、それ以上の省エネルギー導入余地がなかったことも一因と考えられる。

## 5. 業務建築

エネルギー白書2019、114p、図212-1-8、業務他部門のエネルギー消費と経済活動によれば、1973年度を100とした指数において2017年度、床面積は279.9、エネルギー消費は205.9、GDPは258.2であった。エネルギー需要総量は2倍になったが、床面積当では1973年度から2017年度の44

年間に26.4%の省エネルギーが達成されたことになる。これを年率換算すると年に0.7%の省エネルギー率となる。なお、この業務その他部門とは業務建物以外のエネルギー需要を含むので絶対値が大きめで建物省エネの効果を定量評価するのに直接使うと実態と違う評価をする恐れがある。またエネルギー構成もエネルギー用途構成も実態とずれているのではないかと見ている。これについては山崎政人と共同研究を2018.8.5,6開催の研究発表会でも2編発表した。今回も山崎正人発表の業務建築将来CO<sub>2</sub>排出量予測研究を発表している。2017年度における業務建築のエネルギー消費量をエネルギーバランス表から求めると1,841PJとなるがエネルギー白書ではその他を含んでおり14.4%大きい2107PJとしている。床面積当エネルギー消費量においても972.6MJ/m<sup>2</sup>に対し1,113MJ/m<sup>2</sup>となっている。

CO<sub>2</sub>排出量は2007年度の230.2TgCO<sub>2</sub>が最大であった。その後減少し2017年度192.9、2018年度181.6TgCO<sub>2</sub>となった。2018年度は2007年度に対し21.1%の減少である。床面積が増大しているのに総量の伸びも大きい床面積当で動向を見ると最近はかなり省エネルギーが進展していることがわかる。石油危機1973年度1484.9MJ/m<sup>2</sup>が最大であったが、一度減少し、再び増大して2002年度の1,338.5MJ/m<sup>2</sup>が次の頂点であった。2017年度には2002年度から27.3%減少し972.6MJ/m<sup>2</sup>になっている。この値は1968年度値より少し低い。途中の経緯は石油危機を契機に一度大きく低下し底打ちしてから再度上昇に転じてその後の最大頂点を形成している。エネルギー消費原単位は1986年度、CO<sub>2</sub>排出原単位は1981年度が底値であった。床面積当CO<sub>2</sub>排出量は2005年度の129.0kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>が最大であったが2017年度には21.0%低下し101.9kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>となっている。この値は1992年度と1991年度の間となっている。エネルギー消費原単位ほどCO<sub>2</sub>排出原単位は減少していない。これはエネルギー構成において電力割合が増えたことが影響している。電力は燃料より2次エネルギーCO<sub>2</sub>排出原単位が大きいためである。石油危機後の1980年代の底値を出発点にいわゆる環境クズネツ曲線が形成されているといえるが、最近の減少傾向は、やや下に凸、減少率が鈍りだしている。

業務建物の省エネルギーとCO<sub>2</sub>排出削減はZEBゼロエネルギービル化の推進と電力平均CO<sub>2</sub>排出係数の両動向を反映して決まる。大規模業務建築で完全なZEB化は容易ではなく、再生エネルギー電源のとくに風力発電の導入遅れが購入電力CO<sub>2</sub>排出係数の低下を鈍らせており、それだけ削減速度が鈍化している。例えば都内では超高層化が進み、それだけ床面積が大きな大規模業務ビルが建設されているが、その床面積の伸びが省エネ化の進展と相殺になり絶対量で

のエネルギー消費量と CO2 排出量の低減を妨げている構図が見える。サテライトオフィスや自宅就業は業務ビルでのビル滞在延人員を減らす効果はあるが住宅でのエネルギー消費量増加等を伴うのと、大きな割合を占める程の普及ではないので排出削減対策として大きな効果は望めない。

## 6. 家庭部門（住宅）

日本の住宅エネルギー消費でかねてから問題でありしかし改善されていないのが寒冷地のとくに戸建住宅の暖房エネルギー消費が大きいことであり、中でも灯油の消費量が突出して大きい。環境省の CO2 排出調査による地域別世帯当エネルギー消費量を見ると北海道の灯油消費量(以下、世帯当表記単位省略)は 2017 年度 30.3MJ/世帯、全国平均 6.3 の 5 倍近く、近畿の 10 倍以上の大きさであった。次いで東北、北陸と寒冷地が大きい傾向が顕著である。CO2 排出量も同様で北海道 2.08tCO2/世帯年、全国平均は 0.43、近畿は 0.17 であった。この集計では関東甲信越が一地域となっているため東京付近の排出に寒冷地の排出が混ざっているため平均値が高くなり正確な比較が難しいが、需要が多い南関東の平均値と比べても北海道は 10 倍の大きさであろう。このことが全国平均にも影響しエネルギー経済統計要覧掲載の EDMC 推計でも暖房用エネルギー消費の 6 割が灯油となっている。郊外または農村部での暖房用に灯油を使うことは燃料輸送上も CO2 排出量削減上も望ましくない。また排煙が室内放出されるストーブの使用は室内空気汚染上、健康影響があり問題である。日本のエネルギー政策で灯油と LP ガスについて、今後どうすべきか検討すべきであるのに何十年放置されて来た。

そこで提案したいのは木質バイオマス利用である。木質バイオマスは発電用に使われる場合が多いようであるが、木質バイオマス燃焼の発電は規模が小さく発電効率が低いものが多いので非効率、規模を大きくすると燃料を集め一定以上量を常時確保することが難しく、規模が小さいと採算性が悪く投資効率が低い。熱利用では小規模燃焼でよく時間をかけて随時収集し貯蔵し冬場だけ利用することで支障なく木質バイオマス資源を利用できる。農山村は木質バイオマスの供給源に近く輸送、貯蔵に有利な条件を備えている一方で化石燃料利用には不利な条件が多い。ゆえに山間部から出る木質バイオマスを地場付近で自消できる熱利用を最優先で消費する需給体系を各地で早急に整備すべきである。これを全国展開することで簡易、廉価がチップ加工機器、ペレット加工機器を普及させ木質バイオマスの熱利用を加速すること、これを早急に日本の GHGs 排出削減対策の柱の一つとして政策を具現化することを提案する。

## 7. 運輸部門・旅客と貨物輸送

エネルギー白書 118p、図 212-3-3 によれば最大時 2001 年度 3824PJ/年度であったが 2017 年度は 19.0%減の 3099 であった。これはちょうど 1990 年頃と同じ水準であり約 10 年間の増大分が約 20 年間ややならかに減少したことになる。1965 年度にはわずかに 331 であったが 1973 年の石油危機でも大きな落ち込みなく推移し単調に増加し単調に減少し環境クズネツ曲線に近い推移をたどっている。2001 年度以降の減少経緯は 2008 年度まで急速に減少したが、それ以降は減少速度が鈍化したり 2012~2014 年度だけ急激に減少したりしているが、旅客交通のエネルギー消費の減少傾向が不特定であるのに対し貨物部門は 1996 年頃から減少に転じ単調な減少を続けている。

排出削減に関しては旅客と貨物で事情が異なる。旅客に関してはインターネット情報社会化が交通量削減に寄与しているだろう。しかし、大きく減少に寄与しているのは軽自動車とハイブリッド車の普及による燃費改善である。

貨物は貨物車と船舶の軽油消費が主なものであるが減少に寄与して来たのは小型貨物車の軽油とガソリン消費の減少で宅急便やネット販売による小口輸送の需要が伸びている中で大規模物流センターの整備等在庫管理を含めた物流全体の合理化を通じて輸送全体の合理化による積載率の向上や大型車輸送化が寄与しているだろう。それゆえ普通貨物車、営業用貨物車のエネルギー消費は微減ながら横這いで小型貨物車エネルギー需要が減少している。

貨物に関しては国内エネルギー消費量に計上されない輸出入の国際貨物輸送を合算して評価しないと意味がない。今日の世界市場経済は広域交易が盛んであり、中国の内陸に原料を輸送しそこで生産された製品を南米のブラジルに輸出するような、あるいはアマゾンの熱帯雨林を伐採して開発された農地で生産された大豆を中国が輸入していたり、大型貨物船による長距離大量輸送が増大している。日本を端末とする国際交通においても豪州他からの鉄鉱石と原料炭、各地からの LNG 等の重量物の輸入と最近では現地生産が増えたが乗用車を主とする自動車輸出等がある。内燃機関の効率向上や輸送効率の向上だけでは世界的な物流量 tkm が伸びるかぎり、Paris 協定目標達成に近づく削減は困難と考えるべきであり、世界市場物販ビジネスから実需品を必要に応じて消費地に近いところで生産するように大きな転換をしなければ世界の貨物輸送 tkm を削減困難であり、しかしその転換を 2050 年までにどこまで進めることができるかは、今後予想されるリーマンショック級の世界経済危機をいつどのように経験するか、それを受けて、その後の世界経済システムの大変化にかかっていると予想する。

## 8. 廃棄物とバイオマス燃焼

廃棄物の焼却と Thermal Recycle と言われる熱回収利用における CO2 排出に関してはエネルギー統計に記載されないため、正確な実態がわかりにくい、FCCC 国別報告書に廃棄物部門の排出量推計が含まれている。バイオマス質を含む廃棄物起源 CO2 排出量について扱い方をきちんと説明した資料が不足し社会的な共有が不十分と思われる。

いわゆる Carbon Neutral、バイオマス燃焼は自然に腐敗して CO2 排出されるのと同様に考えて排出ゼロ評価することが京都議定書以来認められて来たが、バイオマス燃焼をゼロ評価するのが正しいのかという疑問がある。日本でまた世界各地で大型台風や豪雨や間伐や山火事等で深刻な被害が現実になっている今、腐敗より排出時期が前倒しされるバイオマス燃焼の現実を考えると早急に再考すべきであり、化石燃料の消費機会を代替する点を評価して、私見では半分削減、50%評価とすることを提案している。

## 9. 酸水素・HHO ガス

HHO ガスまたは酸水素ガスと呼ばれる気体は水素ガスと似たようなものであるが、水を分解してできた水素原子2と酸素原子1がイオン状になって混合した気体である。水に特殊な振動を与えて電気分解して生成する方法が知られていたが、電気分解なしで生成する画期的な技術が開発され、すぐにも実用化可能な状況にある。水にある特殊な自然物(石)等を加えると水がイオン化して水素と酸素に容易に分解される。このガスは水素ガス H<sub>2</sub> ではなく、イオン化した水素と酸素が水クラスターと呼ばれるものに囲まれて存在しているため水素ガスと違い爆発する危険がないと言われる。また酸素を含んでいるので自燃するとも言われる。金属表面にこのガスを吹き付けると融点が 3,422°C のタングステンが融ける不思議な現象が起こる。これは溶断と言って以前から知られていた酸水素ガスの特徴である。

HHO ガスの利点は装置が単純で廉価に製造できることである。現時点で水素 1 m<sup>3</sup> 当 30 円以下で製造できると言い、市販ガソリンより十分安いので大量に供給できれば十分な市場競争力がある。またオンサイトで需要に応じて必要量を随時発生させることができるため貯蔵も輸送も不要で、水さえあればいつでもどこでも必要量を供給できる。ガソリンのような危険物を輸送、貯蔵する必要がなくなるのも画期的な改善点である。またこの方法で発生させた HHO ガスは旧来のガソリンエンジン車、自動車船舶ともディーゼルエンジンにもそのまま利用できる。トヨタが走行実験を行っているとのことである。またある商船会社が興味を示し実用化に向けて動き出していると言う。水質に無関係に HHO ガスが発生するので海水でも利用でき、この発生装置を積んだ船舶は海上で海水を燃料に稼働できると言う。

風力と太陽光発電力を VRE、Variable Renewable Energy、変動型の再生可能エネルギーと呼ぶことがあるが、再生可能エネルギー100%を目指そうとしても、VER だけでは電力需要に追従した供給はできない。ことに PVC が突出して多く、風力が全く足りない日本の VRE 供給状況では、蓄電池を設置して調整するとしても不可能に近い。そこで余剰電力で水を電気分解して水素製造すればよいとの構想もあったが、この HHO ガスをオンサイトで安く発生させることができれば需給の時間的空間的落差を埋めることができる。さらに VER で問題であった同期についても HHO ガスを燃料電池で発電するだけでなく、あえて HHO ガスから得た水素をタービン発電に用いれば核となる安定サイクル電力が得られる。

環境省は防災拠点や災害時避難所に再生可能エネルギーや蓄電池を導入する際に補助金を出す政策に 230 億円以上の規模の予算を用意しているが、この HHO ガス発生装置を設置すれば災害時に水さえあればエネルギーを確保できる。この場合は燃料電池が適している。

## 参考文献, 関連発表等

- 1) “Thunberg vows that if U.N. doesn't tackle climate change, we will never forgive you”, by Juliet Eilperin and Kayla Epstein The Washington Post, web news, Sep. 23, 2019 at 9:44 am Updated Sep. 23, 2019 at 4:17 pm
- 2) 日本政府：パリ協定にもとづく成長戦略としての長期戦略, 2019. 6. 11 閣議決定
- 3) 鉄鋼連盟 web <https://www.jisf.or.jp/>
- 4) JEF web <https://www.jfe-steel.co.jp/>
- 5) Eneco Holdings <https://www.eneco-hd.co.jp/>, 2019. 10. 22 DL
- 6) 外岡豊; Paris 協定達成に向けた 2050 年 Zero Emission Scenario 排出削減と持続可能社会の具体像 エネルギー資源学会「2050 年に向けた日本のエネルギー需給」研究委員会「温室効果ガス低減に向けた長期発展戦略の策定のための情報と視点の整理と方法論」シンポジウム, 2019. 8. 21, 東京大学生産技術研究所 発表 pdf 公開
- 7) 外岡豊; Paris 協定達成に向けた 2050 年 Zero Emission Scenario その 2 残された 30 年における部門別削減可能性検討, 13-4, 第 38 回エネルギー・資源学会研究発表会論文集, 2019. 8. 06, 東大駒場
- 8) 外岡豊; Paris 協定達成に向けた 2050 年 Zero Emission Scenario, その 3 持続可能社会の具体像, 20-1, ibid
- 9) 外岡豊; Paris 協定達成に向けた 2050 年 Zero Emission Scenario, その 4 関連事項の世界的趨勢と変化展望, 13-5, ibid
- 10) 外岡豊, 山崎政人; 業務建築のエネルギー需要量と CO2 排出量の推計その 2 統計調査を用いた推計手法の検討, 13-3, ibid