11. EU と日本の GHG 実質ゼロ（2021 年 2 月）

本書の初版は 2020 年 3 月に発行したものですが、同年 10 月に菅首相が所信表明演説で「2050 年までに GHG 実質ゼロを目指す」ことを表明したため、改定 1 版として 11 章を追加しました。なお、温暖化に対する筆者の考えは変わっていないため、10 章までの記載内容は殆ど変更していません。

11.1 菅首相の方針

2020 年 10 月 26 日菅首相は所信表明演説で、「温室効果ガス排出を 2050 年に実質ゼロを目指す」方針を表明しました。

前年 2019 年 9 月の国連気候行動サミットで、77 ヶ国が 2050 年に GHG 実質排出ゼロにすると誓った、という報告がありました。また、2020 年 9 月 22 日の国連総会で唐突に、習近平主席が「2060 年までに実質 CO2 排出ゼロを目指す」と表明したのには驚かされました。

菅首相の「温室効果ガス排出実質ゼロ」は、他国に遅れてはいけないという想いがあったのではないかと想像されます。これまで、2050 年までに温室効果ガス 80%削減を目指し、今世紀後半のできるだけ早期に脱炭素社会の実現を目指すことになっていたのですから、いずれ議論しなければならない事項ですが、コロナの今取り上げなければならない問題とは考えていませんでした。

なお、GHG ゼロを誓った 77 ヶ国は間違いで、表 11-1 に示す 66 の国と地域のようです。その内訳は EU 加盟国を除くと OECD 諸国が 8 ヶ国で、残りの 40 ヶ国以上は島嶼国や小国、発展途上国です。

日本の GHG80%削減計画も技術革新を前提としたもので、達成のシナリオはありません。GHG ゼロを誓った国々も、EU を除けば、GHG ゼロを表明しただけにすぎず、表明した国の多さに驚く必要はないように思います。

習主席の「2060 年までに実質 CO2 排出ゼロ」も、米中対立のもと、パリ協定からの離脱を表明したトランプ政権を念頭に、EU との繋がりを強めることを意識した政治的発言のように思われます。

人口 14 億の中国なら、GHG ゼロのシナリオを検討している研究者は沢山

いることでしょう。しかし、中国が本当にGHGゼロを目指すとしたら、風力や太陽光発電も 10 数%くらいは導入されると思いますが、エネルギー供給の大半を原発に依存することになると思われます。中国は世界のウラン資源を確保し、発展途上国のGHG削減のため、多数の原発輸出も行うことでしょう。

安全性が危惧される中国製原発が乱立する世界は、想像するのも恐ろしいことです。そのくらいなら、日本は原発に反対せず、日立や三菱重工などにもつと原発事業を頑張ってもらえば良かったと後悔するかもしれません。

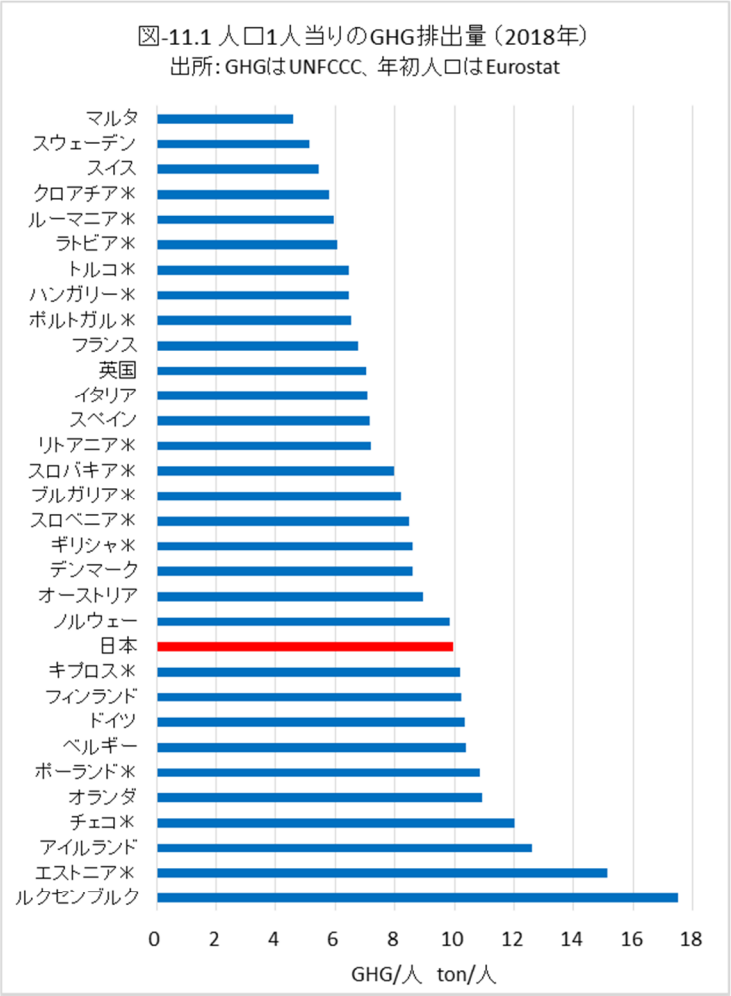
表-11.1 GHG実質排出ゼロを表明した66の国と地域（2019年9月時点）

EU諸国	EU	その他	アンティグア・バーブーダ	ナウル
	オーストリア		バハマ	ニカラグア
	ベルギー		バルバトス	ニウエ
	デンマーク		ベリーズ	パラオ
	エストニア		ペナン	パプアニューギニア
	フィンランド		カーボベルデ	マーシャル諸島
	フランス		コロモ	サモア
	ドイツ		クック諸島	セーシェル
	アイルランド		コスタリカ	ソロモン諸島
	イタリア		ドミニカ国	南スーダン
	ルクセンブルク		ドミニカ共和国	セントクリストファー・ネイビス
	オランダ		エチオピア	セントルシア
	ポルトガル		ミクロネシア連邦	セントビンセント・グレナディーン
	スペイン		フィジー	スリナム
	スウェーデン		グレナダ	東ティモール
その他OECD	英国		ガイアナ	トンガ
	スイス		ジャマイカ	トリニダート・トバコ
	アイスランド		キリバス	ツバル
	ニュージーランド		レバノン	ウルグアイ
	メキシコ		モルディブ	バヌアツ
	アルゼンチン		モーリシャス	
	チリ		モナコ	
	コロンビア		ナミビア	

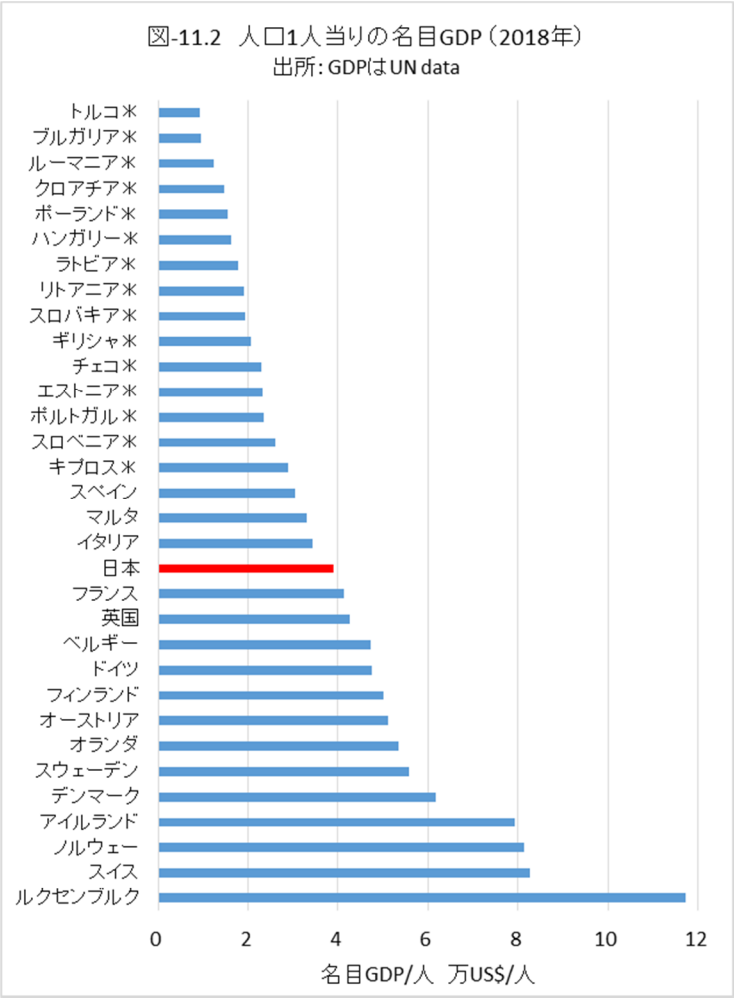
前置きが長くなりましたが、多くの国がGHGゼロを表明し、日本も乗り遅れてはいけないと心配している人もいるようですが、検討に値する計画を持っている国があるとすればEUくらいでしょう。但し、欧州人は本音と建て前を使い分ける人達ですから、単純に環境問題の視点だけではないかもしれないのです。先ずは、EUによるこれまでのGHG排出削減を見ることから始めましょう。

11.2 EU 加盟国の GHG 排出量

各国の GHG 排出量は、人口 1 人当たりで比較すべきです。図-11.1 に、EU 加盟 27 か国に英国、ノルウェー、スイス、トルコと、比較のために日本を加え、人口 1 人当たりの 2018 年の GHG 排出量を示しました。GHG 排出量は UNFCCC のデータで、土地利用分を含まない without LULUCF の値です。人口は Eurostat の年初の人口データを用いました。



赤の棒グラフで示した日本の GHG 排出量に比べ、排出量の少ない国が多いようです。但し、それらの国々の中には、EU 加盟国でも経済水準が低く、1 人当たりのエネルギー消費が低いために、GHG 排出量が低くなっている国もあります。それらの国々も経済成長すれば、GHG 排出量が増加するのですから、日本と比較するのは適当ではないと考えます。



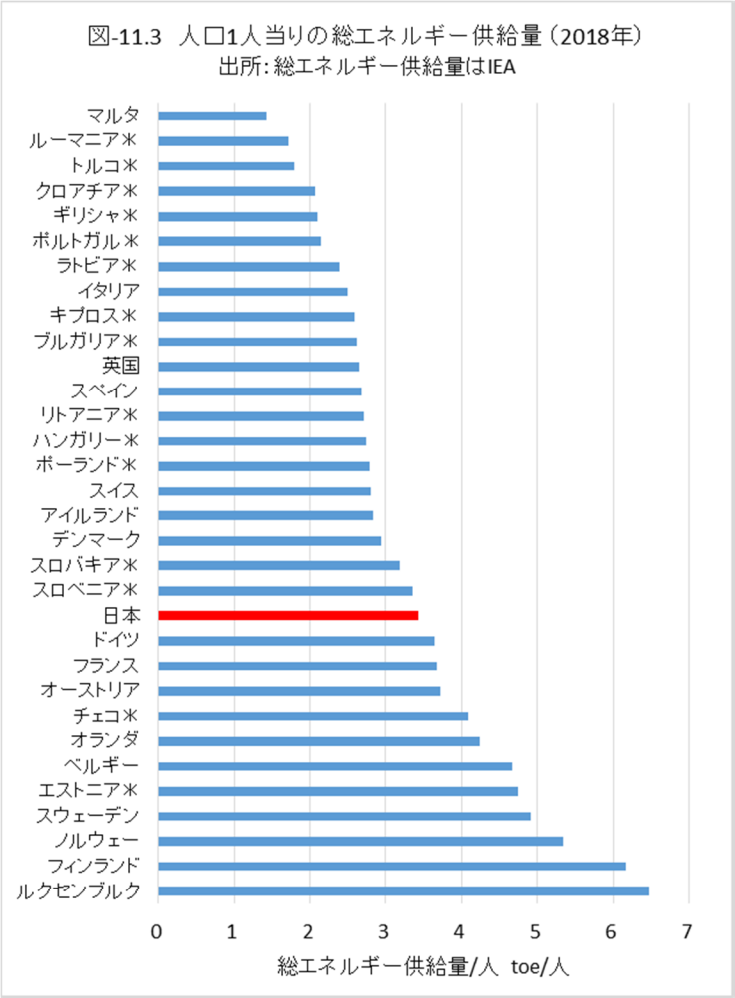


図-11.2 には 2018 年の 1 人当りの名目 GDP、図-11.3 には 1 人当りの総エネルギー供給量（TES）を示しました。図-11.2 に示した 2018 年の 1 人当りの名目 GDP で 3 万 US ドル/人以下の国名の後に＊印を付けて示しました。

＊印を付けた国の多くは、図-11.1 の GHG でも、図-11.3 の総エネルギー供給量でも、1 人当りの値が少ないことが分かります。以下の GHG 排出量の検討では、＊印を付けた国を除いて行うことにします。

11.3 GHG 排出量に係わる各種データ

本項では、検討する各国の GHG 排出量の低減に係わるデータを一通り紹介し、次項で各国の状況について論じることにします。

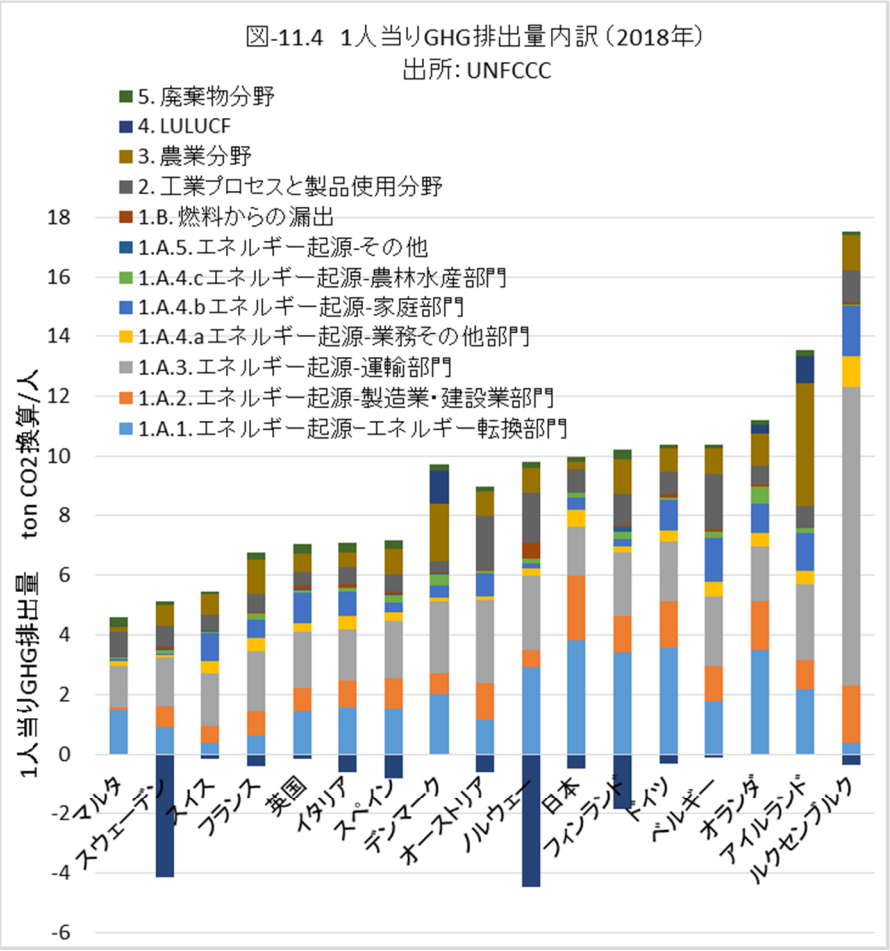


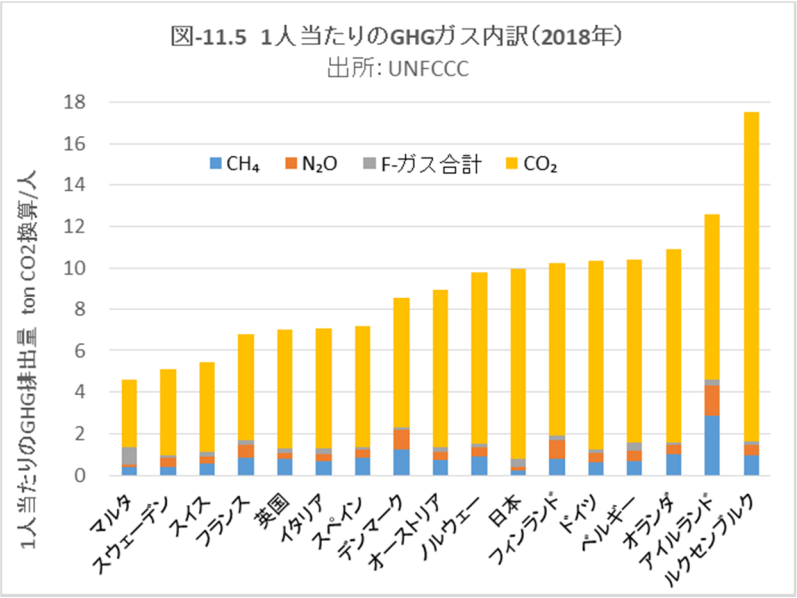
図-11.4 には、検討各国の 1 人当りの GHG の排出内訳を示しました。気候変動枠組条約（UNFCCC）事務局に各国が報告したデータです。森林吸収など土地利用に係わる LULUCF を除いた GHG 排出量の少ない順に並べてあります。グラフのマイナス側にあるのは、LULUCF が森林等による GHG の

吸収になっている国々です。

プラス側グラフの下から、エネルギー起源の GHG についてエネルギー転換部門、製造業・建設業部門、運輸部門、公共・商業部門、住宅（家庭）部門、農林水産部門、その他、燃料（生産など）からの漏出、工業プロセスと製品分野（原材料での使用による GHG など）、農業分野（農業に伴い排出される非 CO2 の GHG など）、LULUCF（GHG の森林吸収などの土地利用、土地利用変化及び林業分野）、廃棄物分野が示されています。日本は、図示した 17 ヶ国の中で 11 番目に位置しています。

GHG 排出量の多寡は、温暖化防止に熱心か否かだけによるわけではありません。GHG 削減が容易な国と、そうでない国があります。温暖化防止のためには世界全体の GHG 排出量を削減することが必要ですから、削減が容易な国は、削減が難しい国を支援する義務があると考えます。以下に示すグラフは、GHG 削減に係わる各国の国情を知るためのものです。

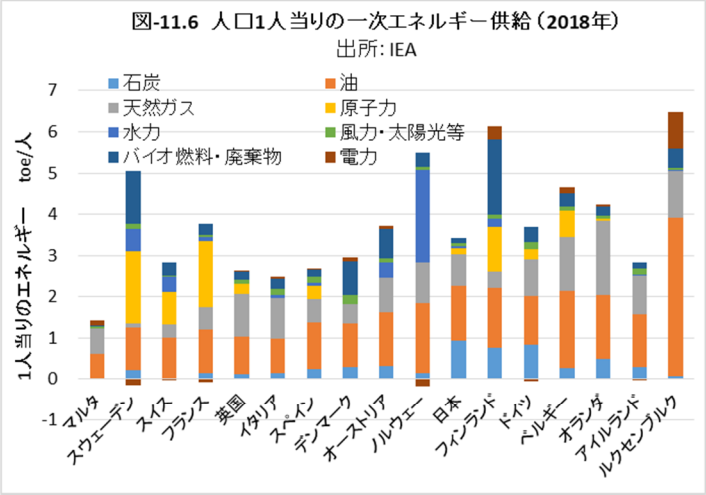
図-11.5 には、1 人に当たりの排出量の GHG ガスの内訳を示しました。



非 CO2 の GHG 排出量は、GHG 総量の 10%弱から 35%くらいの範囲に

あります。非 CO2 の GHG が多い国は、主に牧畜や農業によるものです。

エネルギー起源の CO2 は、再生可能エネルギーや原子力にエネルギー転換することで削減できます。しかし、非 CO2 の GHG は、各排出源に対応した対策が必要になります。農業分野のように低濃度で分散して排出される非 CO2 の GHG の削減は簡単ではありません。



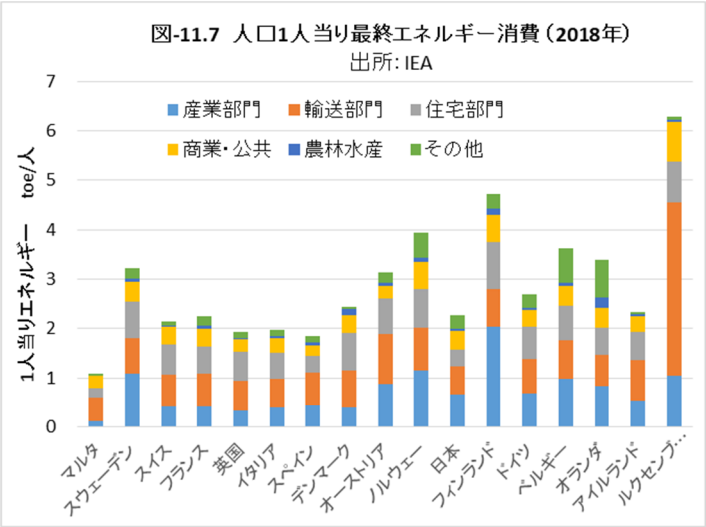


図-11.6 には 1 人当りの一次エネルギー供給量、図-11.7 には 1 人当りの最終エネルギー消費量を示しました。

前者にはエネルギー種類の内訳、後者には消費部門の内訳が示されています。エネルギー起源の GHG 排出量を論じるには、各国のエネルギー消費量と、使用エネルギーの脱炭素化について知ることが必要です。寒冷地の国は、概して住宅のエネルギー消費が多くなります。また、鉄鋼などのエネルギー多消費産業が多い国は、産業部門のエネルギー消費が多くなります。

図-11.8 には、1 人当りの発電電力量の電源内訳を示しました。詳しくは後述しますが、GHG ゼロを達成するには、エネルギー消費を低減するとともに、使用エネルギーを極力電化した上で、電力を脱炭素化することが基本になります。GHG 低減にとって、電源の脱炭素化は重要な事項です。

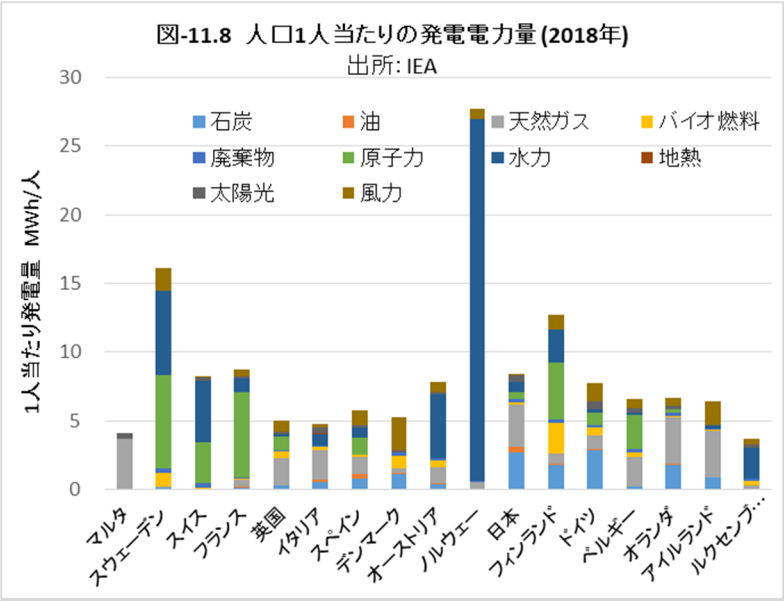


図-11.9 には人口 1 人当たりの値で、発電電力量と電力輸出入量を示しました。欧州では電力網で各国が繋がっているため、日本と異なり、電力の輸出入があります。例えば北海沿岸の風力発電は、冬季には発電量が高まり余剰電力が生じます。余剰電力は、欧州電力網を通し近隣諸国が安価に購入し、

恐らく、火力発電を減らして対応しているものと思います。なお、そのような対応は、火力発電が充分に残っている段階のことで、各国が GHG ゼロに近づけば、できないだろうと思います。その他、原発を廃止し、電力不足のためのために恒常的に電力を輸入している国もあります。

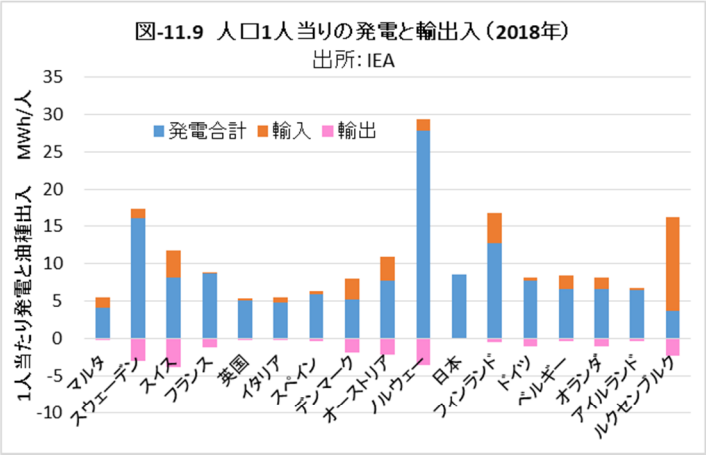
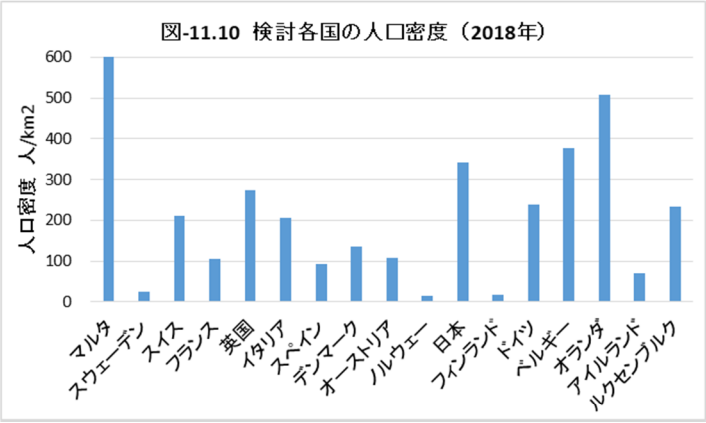
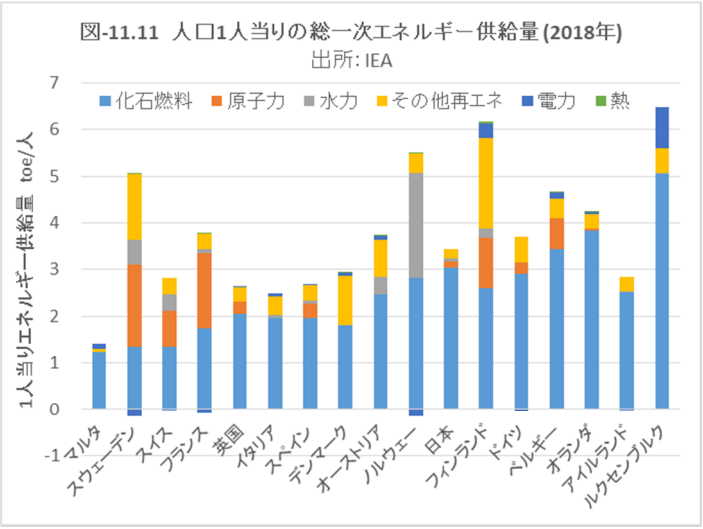


図-11.10 には、検討各国の人口密度を示しました。スカンジナビアのスウェーデン、ノルウェー、フィンランドは人口密度が格段に低いことが分かると思います。



1 国の GHG の総排出量は人口が多いほど増大し、LULUCF の森林等吸収

量は国土面積が広いほど大きくなります。そのため、人口密度の低い国は、GHG 排出量に対する LULUCF の森林等吸収量が相対的に大きくなり、GHG 排出実質ゼロの達成が容易になります。その他、人口密度の低い国では、概して間伐材などのバイオマスの利用が容易です。



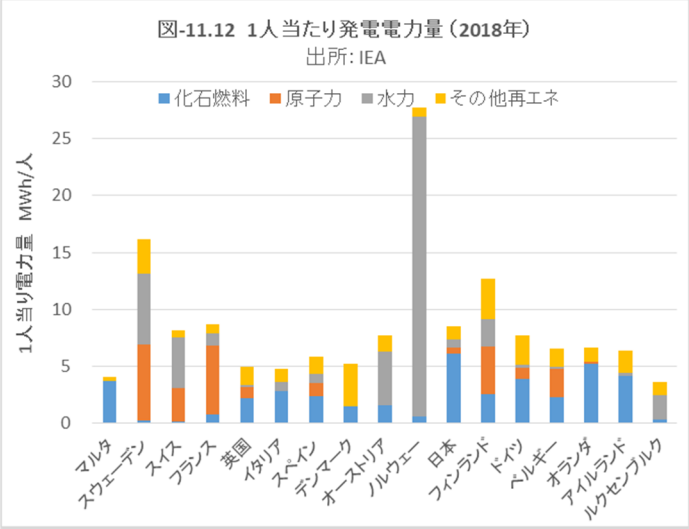


図-11.11 には、総一次エネルギー供給量を示した図-11.6 を直し、化石燃料

の割合が明瞭に分かるように示しました。

図-11.12 には発電の脱炭素化割合を示すため、1 人当りの電力量を化石燃料、原子力、水力、その他再エネの内訳で示しました。概して水力資源は開発が済んでおり、開発の余地は少ないと思います。原子力は国民の意見に違いがありますが、使う気になればできることです。風力は風況の良い立地があることが必要です、太陽光はコストは高いが立地の制約は少ないでしょう。バイオマスは、供給資源量の制約があるため、大幅に発電量を増やすことは難しいと思います。

図-11.13 には、工業分野の 1 人当り GHG 排出量を示しました。日本やドイツのように工業生産が多い国は、工業分野の GHG 排出量が多くなります。ある国が工業生産を減らしても、世界全体の需要が減る訳ではなく、他の国が生産することになります。その国の方が GHG 排出量が多ければ、世界全体では GHG 排出量は増加します。

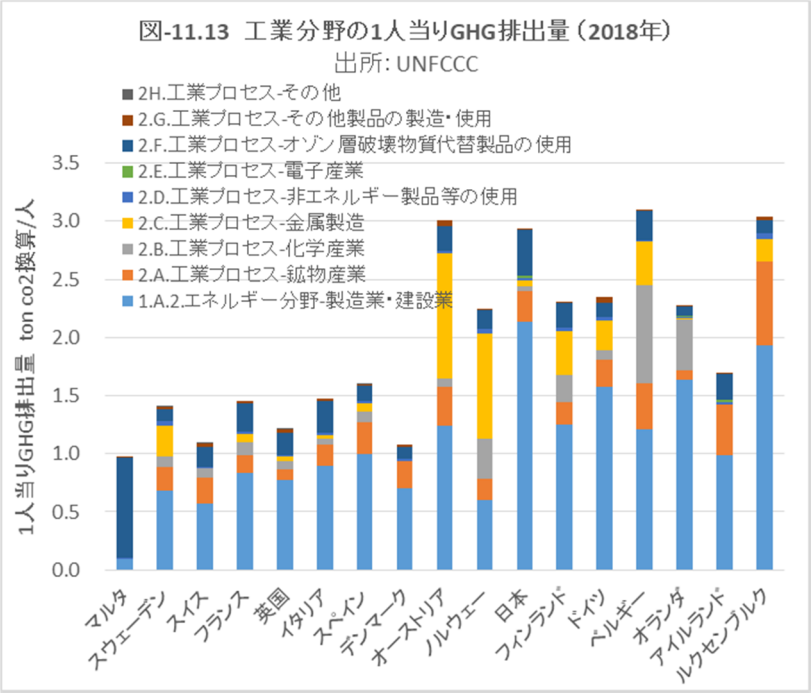
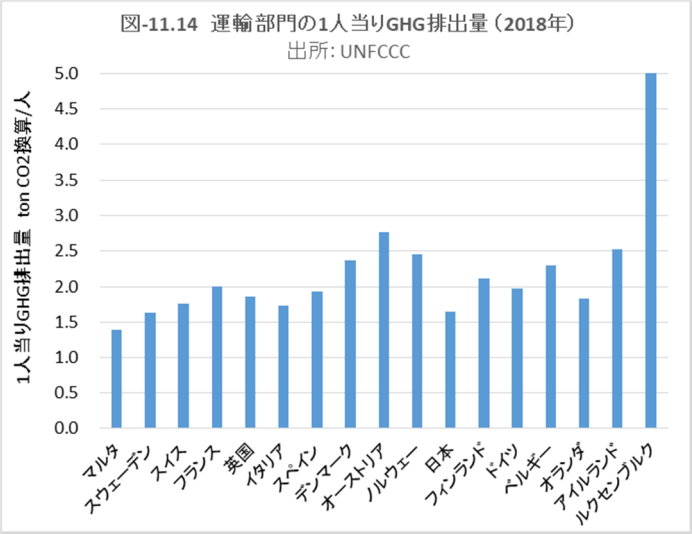


図-11.14 には、運輸部門の 1 人当り GHG 排出量を示しました。主に自動車などの移動体の使用で排出される GHG です。GHG 排出ゼロのためには、運輸部門の電化と発電の脱炭素化が図られることになります。現状各国は、同じような自動車、航空機、船舶、鉄道車両を用いています。そのため、各国の運輸部門の GHG 排出量の違いは、省エネの推進度合いの違いと考えることもできるでしょう。日本は運輸部門の GHG 排出が少ない国です。



11.4 各国の GHG 排出状況

図-11.4 に戻り、1 人当りの GHG 排出量が最も少ないマルタからコメントを記載します。なお、GHG 内訳の多寡は、特に断らない場合は日本との対比によるもので、前項に記載した 2018 年のデータを基にしています。

＜マルタ＞

マルタは人口 48 万人の地中海の小国です。1 人当りの GHG 排出量が少ないのですが、その要因はエネルギー消費量が少ないためです。主な原因は製造業が少ないことで、その他、住宅部門や農業部門のエネルギー消費が少ないこともあります。しかし、人口が 1 桁以上多い他の国々と比較して論じる

ことは適当ではないと考えます。

＜スウェーデン＞

スウェーデンは、GHG 排出量が少ないだけでなく、森林等の吸収分が GHG 排出量の 80%以上あり、容易に GHG 排出実質ゼロを達成できると考えられる数少ない国です。

スカンジナビアのノルウェーやフィンランドと同様に 1 人当りのエネルギー消費は多く、省エネが進んでいる訳ではありません。寒冷地のためエネルギー消費が多くなっています。それでも GHG 排出量が少ないのは、使用エネルギーの脱炭素化が進んでいるためです。

発電電力量では 38%が水力であり、原子力も 42%を占め、バイオ燃料、廃棄物、風力もあります。電力の脱炭素化率は 99%近くに達しています。

GHG 排出量の多いのは自動車などの運輸部門です。しかし、図-11.14 に示すように、スウェーデンの運輸部門の 1 人当りの GHG 排出量は、他国と比べて少なく部類です。

その他、図-11.4 でエネルギー変換部門の地域熱供給、製造業部門、工業プロセス部門、農業部門などからの GHG 排出がありますが、EU の他国と比べて多くはありません。

水力発電や LULUCF の森林吸収が多いのは、スウェーデン国土の特質ではありません。2018 年のデータで、スウェーデンの総水力発電量は日本の 70%、LULUCF の総 GHG 吸収量は日本の 73%に過ぎません。スウェーデンを人口 1 人あたりで評価して上述のようになるのは、日本の 1.1 倍の広さの国土に、日本の十二分の一の人口が住んでいる人口密度の低さによるものです。図-11.10 に、検討各国の人口密度を示しました。スウェーデン、ノルウェー、フィンランドの人口密度が格段に低いことが分かると思います。バイオマスの利用が進んでいるのも、人口密度の低さが関係しているでしょう。

スウェーデンは、下水汚泥のメタン発酵によるガス利用など廃棄物のエネルギー利用など、環境問題に熱心であることは否定しません。しかし、それに依る GHG 削減は一部に過ぎません。GHG 実質ゼロに近い要因は、人口

密度が低いためです。GHG 削減で他国がスウェーデンを見習える効果的な対策は、原子力を増やすことくらいなのです。

＜スイス＞

スイスも発電量の 55%が水力で、37%を原子力が占めています。風力は少ないのですが、2.8%の太陽光と 4.4%のバイオ燃料・廃棄物による発電があり、電力の脱炭素化は 99%に達しています。なお、スイスの人口密度は、スウェーデンのように低い訳ではありません。

スイスのエネルギー消費は検討諸国の中で少ない方です。エネルギー多消費産業が少ないこともありますが、省エネも進んでいると言えるでしょう。

GHG 排出量では運輸部門を除くと、住宅部門と農業部門が比較的多くなっています。住宅については冬季の暖房負荷、農業部門については農地の 4 分の 3 を草地と牧場が占める酪農による非 CO2 の GHG が多いものと思われます。

＜フランス＞

フランスは周知のように、発電電力量の 71%を原子力が占めることが GHG が少ない要因です。その他、水力が 12%、風力が 4.9%など、電力の脱炭素化は 92%に達しています。

1 人当りのエネルギー消費量は、検討諸国の中位の水準です。図-11.4 で GHG 排出量が多い項目としては、運輸部門の他には、農業部門が目立っており、西欧で最大規模の農業国であることを反映したものでしょう。

図-11.10 に示した人口 1 人当たりの総一次エネルギー供給に占める化石燃料の量は、マルタ、スウェーデン、スイスに続いて少ない値です。電力は脱炭素化が進んでいるため、運輸部門を電化すれば、風力発電等の再エネを増やすことで GHG 排出実質ゼロに手が届くかもしれません。そのことが、パリ協定の履行に熱心な理由であると思います。それもひとえに、原子力の比率が高いためです。

＜英国・イタリア・スペインの GHG 低減＞

英国、イタリア、スペインは、2018 年の 1 人当りの GHG 排出量が同水準です。エネルギー消費量も同水準で検討諸国の中で低い値です。これら 3 か国は 1990 年以降、温暖化防止に努めてきたのだと思いますが、その状況は各国で異なります。

表-11.2 に、1990 年比 2018 年の GHG 排出量と総一次エネルギー供給量の比率を示しました。英国は GHG 排出低減が顕著ですが、総一次エネルギー供給量もかなり減少しています。イタリアは GHG 排出量は低減しましたが、エネルギー供給量は僅かに増加しています。スペインは GHG 排出量もエネルギー供給量も共に増加し、エネルギーの増加は顕著です。

表-11.2　英・伊・スペインの GHG とエネルギー
出所：UNFCCC, IEA

項目	2018年/1990年比率　%		
	英国	イタリア	スペイン
GHG排出量	58.4	82.8	115.5
総一次エネルギー供給量	85.1	102.7	138.8

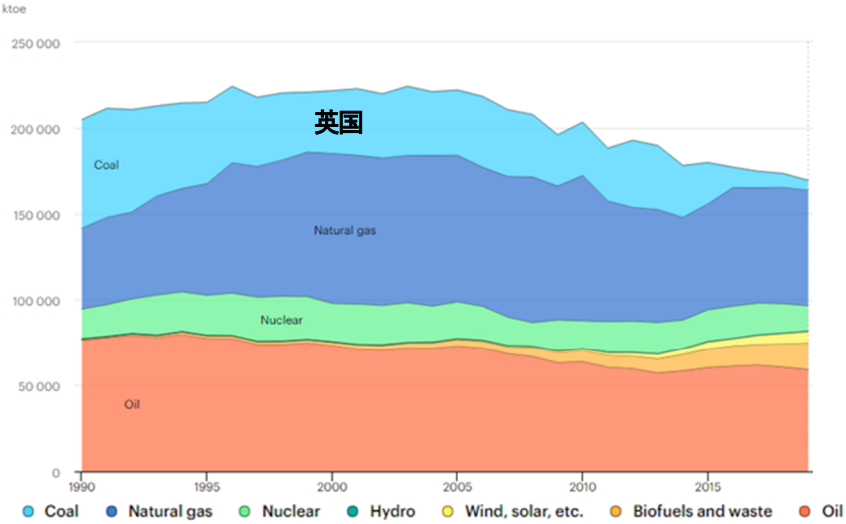
各国の違いの原因を見るため、IEA のデータで、1990 年から 2018 年までの総エネルギー供給量（TES）の推移を見ることにしましょう。

英国の TES は 1990 年以降 2003 年頃までほぼ一定か微増で、その後減少に転じ、リーマン・ショックによる景気後退によりエネルギー供給量も減少しました。

TES で 1990 年と比べ、石炭は 2018 年には 13%に大きく減少し僅かに残るだけになりました。また、石油も 2018 年には 79%に減少し、代わりに天然ガスが 2018 年には 1.44 倍に増加しました。その他、1990 年に TES の 0.3%だったバイオ・廃棄物は 2018 年の TES の 7.8%に増加し、ほとんどゼロだった風力・太陽光は 2018 年には TES の 3.4%に増加したことも GHG 排出低減に寄与しています。なお、その間発電量の約 20%を占める原子力と 2.4%の水力は、ほぼ横ばいでした。

図-11.11、図-11.12 に示したように、2018 年に TES に占める英国の化石燃料の比率は 78%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は 45%にな

っています。

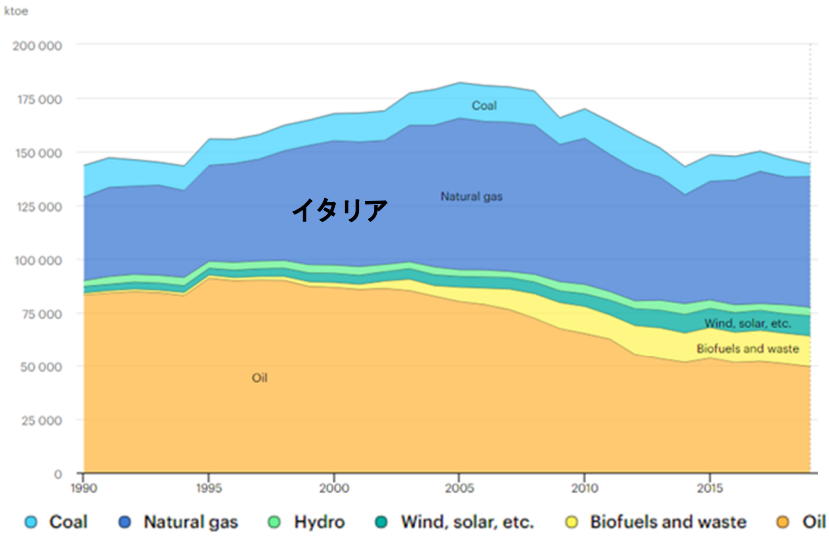


イタリアが他の二国と異なる点の一つは、チェルノブイリ原発事故の後の1987年、国民投票で原発廃止を決め、1990年までに全原発を封鎖したことです。以後、原発に依る発電は行われていません。

日本は東日本大震災による福島第一原発の事故により、過半の国民が原発の廃止を求めています。イタリアの事例は、原発の廃止が電力供給と2050年に向けたGHG排出ゼロにどのような影響を及ぼすか情報を提供してくれると思います。なお、イタリアは太陽光発電が風力発電を上回る欧州では数少ない国で、日本と同様に風力発電の立地が乏しい国である点も参考になると思います。

イタリアのTESは1990年以降2005年頃まで増加し、その後減少に転じ、リーマン・ショックによる景気後退によりエネルギー供給量も減少しました。1990年時点で既にTESの10%に減少していた石炭は、2018年にはTESの6%に減少しました。また、1990年に発電電力量の47%を占めていた石油は、2018年には4%に減少しました。代わりにTESで天然ガスは、2018年には1990年の1.52倍に増加しました。その他、1990年にはTESの0.6%だっ

たバイオ・廃棄物は2018年にはTESの3.8%に増加しました。また、発電量で1990年にほとんどゼロだった太陽光と風力は、2018年には各々7.8%と6.1%に増加したこともGHG排出低減に寄与しています。なお、1990年に発電量の16%を占めた水力はほぼ横ばいで推移しました。



なお、イタリアのGHG排出量を検討する時、発電電力量の正味約15%の電力輸入があることを考慮する必要があります。恒常的な電力不足は、原発を止めたことが大きいと思います。また、1990年になっても発電の半分近くを石油に依存していたのは原発を止めた影響でしょう。

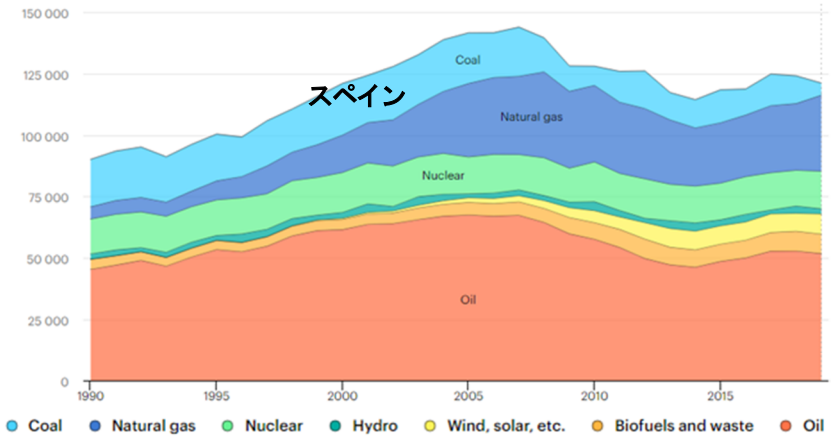
2018年にTESに占めるイタリアの化石燃料の比率は79%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は59%です。

スペインは1990年から2018年の間、TESはピークの2007年に1990年の1.6倍に達し、発電電力量は2008年に1990年の2倍に達した後、リーマン・ショック後の景気後退により、エネルギー供給量も発電電力量も減少しました。

スペインのエネルギー消費は、主に景気の影響に左右されて大きく変動し

ており、省エネやGHG排出低減の力が作用しているようには見えません。

分かり易い発電電力量の推移から紹介します。1990年に石炭が40%、原子力が36%、水力が17%を占めていました。天然ガスは1.0%しかありませんでした。その他、石油が5.7%、その他再生エネが0.5%でした。その後、増減がありますが、2018年には石炭は14%、原子力が20%に減少し、天然ガスは21%に増加しました。また、風力が19%と大幅に増加し、バイオ・廃棄物が2.5%　太陽光が2.9%　太陽熱が1.8%になりました。水力は13%に減少し、石油は概ね横ばいでした。



TESで見ると、1990年に石油が50%、石炭が21%、原子力が16%で、天然ガスは5.5%に過ぎませんでした。その後、TESは増減しましたが、2018年には石油はTESの42%、石炭は9%に減少し、天然ガスは22%に増加しました。

スペインは、他の二国と比べて、風力発電の増加は顕著ですが、石炭から天然ガスへの転換が不充分な状態に留まっています。1990年から2018年までに、エネルギー消費量が40%近く増加したため、GHG排出量も15%増加しました。

2018年にTESに占めるスペインの化石燃料の比率は73%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は41%です。

＜石炭から天然ガスへの転換＞

上記の英国など三国は高い原発比率でなく、水力資源にもそれほど恵まれていませんが、GHG 排出低減に頑張っています。GHG 排出量の低減要因は、石炭から天然ガスへの転換です。

天然ガスに関し、欧州と日本では事情が異なります。日本は、天然ガスをマイナス 164℃で液化した LNG として輸入しています。産出国側には液化プラントが必要になり、専用の LNG 船で輸送し、LNG 断熱タンクに貯蔵して利用しています。産出国、輸入国ともに多額の設備投資が必要になるため、LNG は多くの場合長期の購入契約を結んで輸入することになります。

一方、欧州で天然ガスは、2013 年のデータですが、北海油田など域内生産が 34%、ロシアからパイプライン輸入が 29%、ロシア以外からのパイプライン輸入が 28%で、LNG 輸入は 9%に過ぎません。天然ガス価格も LNG より安価です。EU の方針として温暖化防止が求められており、石炭から天然ガスへの燃料転換は自然な流れです。

なお、EU のこれら国々は、再エネの導入拡大は頑張っていると思いますが、省エネについては、日本の産業界ほど頑張っていないように感じられます。

＜デンマーク＞

デンマークについて多くの人が想い浮かべるのは、洋上に林立した多数の風力発電でしょう。デンマーク沿岸の北海は、風況が良い上に遠浅の海底であるため、着床式の風力発電の設置に適しています。日本と比べ、台風やハリケーンのような強風が少ないことも利点でしょう。

2018 年の電源構成で、風力は 46%に達し、バイオと廃棄物で 22%、太陽光は少ないが 3%あります。原子力は無く、水力もほとんどありません。一方、石炭が 22%残っており、天然ガスも 7%あります。

TES で注目されるのはバイオと廃棄物の多さで、TES の 27%を占めており、発電の他に熱供給にも利用されています。

しかし、図-11.4 に示したように、GHG 排出量がそれほど少なくないのは、

農業部門のGHG排出量が多いためです。デンマークは人口が約580万人で、九州とほぼ同じ広さの国土で、その約6割を農用地が占めています。酪農を中心とする大規模農業国です。農業用土壌から発生するN2O、家畜の腸内発酵（いわゆる牛のゲップ）によるCH4、肥料管理に係わるCH4やN2Oの排出が多いためです。また、同図デンマークの棒グラフの一番上はLULUCFで、EUではGHG吸収の国が多い中で、デンマークは1人当りの排出量が最も多くなっています。これは、LULUCFの耕作地の値が大きく影響しています。

2018年にTESに占めるデンマークの化石燃料の比率は62%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は29%です。化石燃料の割合は低いのですが、GHG実質ゼロを達成するには、LULUCF排出分とともに、農業分野の非CO2のGHGの排出低減が難しい問題になるでしょう。

＜オーストリア＞

オーストリアは水力資源に恵まれており、2018年の発電電力量で60%が水力です。その他、バイオと廃棄物で8%、風力が9%、太陽光が2%です。原子力はありません。化石燃料発電として天然ガスが14%、石炭が5%などです。2018年に総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は21%で、原発無しで電力の脱炭素化が進んでいます。また、TESに占める化石燃料の比率は66%です。

図-11.4に示されるように1人当りのGHG排出量は、それほど少なくありません。その原因は、GHG内訳の「工業プロセスと製品使用分野」が多く、具体的には鉄鋼業からのGHG排出が多いためです。

1990年と比べて2018年のTESは1.32倍に増加し、GHG排出量(without LULUCF)も僅かですが増加していますから、オーストリアは温暖化防止に注力しているとは言えないでしょう。

＜ノルウェー＞

ノルウェーは2018年の発電電力量の95%が水力です。その他、2.6%の風

力と、1.7%の天然ガスなどです。正味の電力輸出が発電電力量の 6.9%ですから、水力で全電力需要を賄える国です。恐らく、水力発電を追加する余地もあるものと思われます。そのような国は、他には南米のパラグアイくらいしかありません。

しかし、図-11.4 に示すように、1 人当りの GHG 排出量はそれほど少なくありません。また、図-11.6 と図-11.8 に示すように、1 人当りの TES は EU でトップラスの多さで、1 人当りの発電電力量は EU でも群を抜いて多いことが原因です。

GHG 排出で特筆すべきは、先ずエネルギー転換部門です。ノルウェーは北海油田から石油と天然ガスの生産を行っており、それに関連した GHG 排出です。恐らく、天然ガスの精製過程で分離された含有する CO2 を大気放散が大きいと思われます。なお、分離された CO2 の一部は、天然ガス生産フィールドの海底下に再貯留（CCS）も行われています。

燃料からの漏出の GHG も、石油と天然ガス生産に関するものです。また、工業プロセス等の分野で多い GHG 排出は金属産業に関するもので、水力発電の安価な電力を利用したアルミ精錬が最大の GHG 排出で、その他、合金鉄製造やマグネシウム製造からの GHG 排出もあります。

1 人当りの電力消費が極めて高い原因は、上記のような工業部門の電力消費が大きく、寒冷地であることに加え、電気料金が安価なことで、住宅部門や公共・商業部門の電力消費が大きくなっていることと思われます。

化石燃料の使用がほとんど無くなる時代が来れば、ノルウェーは経済的には大きな打撃を受けるでしょうが、石油や天然ガス生産に係わる GHG 排出は無くなります。また、輸送部門は電動化され、GHG は大幅に低減します。一方、LULUCF の吸収分が多く、北海油田のフィールが CCS 立地として有望と考えられるため、GHG 実質ゼロが可能と思われます。それは、スウェーデンと同様に人口密度が極めて低いことに起因しています。

＜日本・ドイツ＞

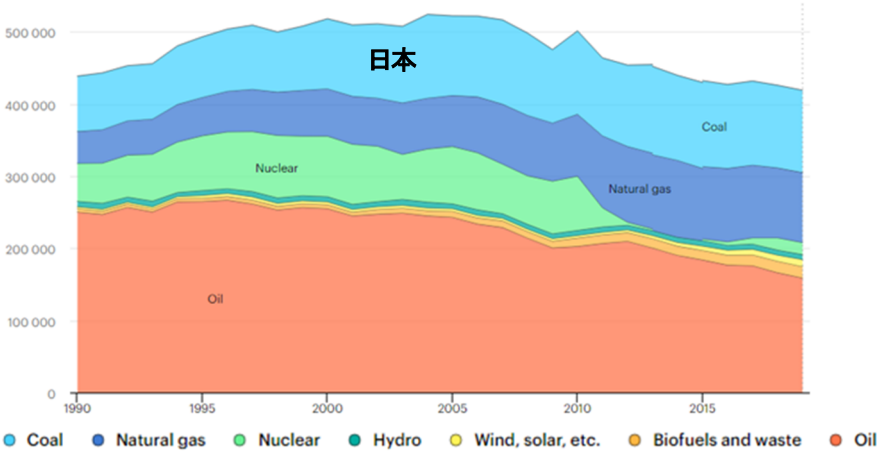
日本の人口はドイツの約 1.5 倍、国土面積はほぼ同じですが、図-11.4 に示

したように、1 人当りの GHG 排出量は似ています。また、1 人当りのエネルギー消費量や GDP も近い値です。それは、工業生産規模が大きいことなど、国情が似ているためと思います。

EU の検討諸国と比べ、日本とドイツは 1 人当りの GHG 排出量が多い国です。エネルギー転換部門と製造業等の部門の GHG が多いことが主な原因です。

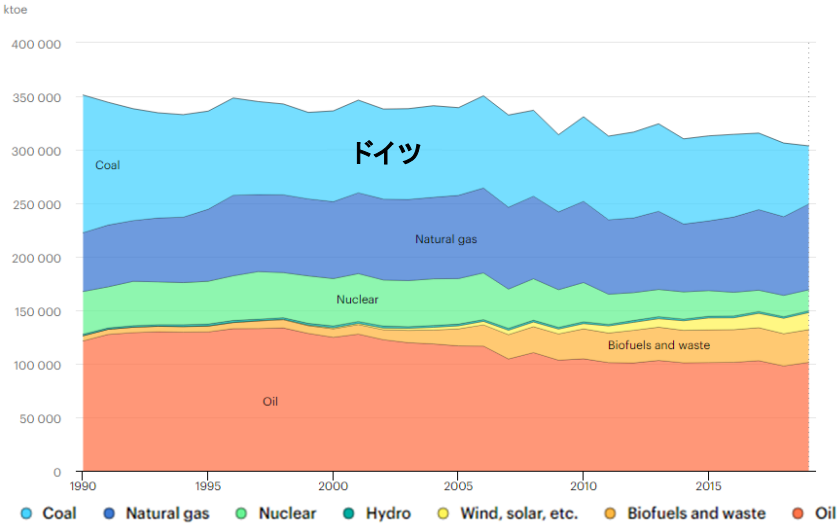
前者は、使用エネルギーの脱炭素化が進んでいないことが大きいと考えます。以下に、1990 年から 2018 年までの日本とドイツの TES の推移を示しました。前述の諸国のようには、石炭から天然ガスへの転換が進んでいないことが分かるでしょう。

特に日本の TES では、1990 年に比べて 2018 年の石炭が約 1.5 倍に増加しています。この原因は、エネルギー安定供給の点からのエネルギーの多様化、温暖化に対する日本の認識の違い、東日本大震災による原発の停止、電力の自由化など、複数の問題が関係していると思いますが、本章のまとめにに後述します。



ドイツでは、石炭使用は減少しましたが、まだ可成り残っています。ドイツの石炭火力は、主に国内で産出し他の用途が少ない低質の褐炭を使用しています。石炭火力の廃止計画が出されていますが、設備寿命が残っている設

備の廃止は計画通りに進まないようです。



製造業等の部門の GHG の多さについては、例えば英国やフランスと比べて、日本やドイツは、鉄鋼業などエネルギー多消費産業の規模が大きいためです。但し、1 人当りのエネルギー消費量では、検討諸国で中位なのは、省エネが進んでいるためと言えるでしょう。

前の章にも記載したことですが、エネルギー多消費の産業を止めれば GHG は減ります。しかし、その製品の需要が減る訳ではありません。製品産業量に対する GHG 排出量の割合（単位 GHG 排出量、GHG intensity）が高い国に生産が移行すれば、世界全体の GHG 排出量は増加します。日本やドイツは、概して工業生産の単位 GHG 排出量は低いと思います。なお、各国の GHG 排出量を比較する場合には、その点を考慮することが必要です。なお、各国の GHG 排出量を比較する場合には、工業生産だけでなく、農業や酪農での GHG 排出量や、気候や再生エネの賦存量の違いも考慮する必要があります。

この検討諸国の中では、日本やドイツの GHG 排出量が多いとはいえ、2 章に示したように世界的には、GHG 排出量がもっと多い先進国は沢山ありま

す。世界全体のGHG排出低減が問題であることを忘れてはいけません。

＜フィンランド＞

フィンランドは、図-11.10 に示すようにスウェーデン、ノルウェーと同様に人口密度が極めて低く、それら二国と類似の国情と思われます。しかし、１人当りのGHG排出量は、スウェーデンのように低くありません。

１人当りのエネルギー消費量は多く、産業部門と住宅部門の多さが目立ちます。産業部門でエネルギー消費が多いのは製紙・パルプ産業です。住宅部門は、寒冷地のため暖房負荷が高いためです。

電源構成で2018年実績は、化石燃料以外では原子力が32%、水力が19%、バイオ・廃棄物が19%、風力が8.3%などで、脱炭素化が79%とかなり進んでいます。但し、石炭が14%残っており、天然ガスは6%で、EU他国のように、石炭から天然ガスへの政策的転換は行われていないようです。

また、正味の電力輸入が発電電力量の28%に達しています。デンマークを含めた北欧４か国で1963年に北欧電力協議会が結成され、その後、各国で電力自由化が進んだことで電力取引が増加したためです。フィンランドは高い１人当りの電力需要の四分の一以上を輸入に依存しています。

2018年にTESに占める化石燃料の比率は42%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は21%です。LULUCFによる吸収分が、総GHG排出量の18%あります。

現状の１人当りGHG排出量はかなり多いのですが、スウェーデンやノルウェーと同様に、GHG排出実質ゼロを真剣に目指せば、達成は可能だろうと思われます。

＜ベルギー・オランダ＞

ベネルクス３国の二つベルギーとオランダは、狭い国土に高い人口密度で類似の国のように思われます。検討諸国の中では、１人当りのGHG排出量が多い国です。LULUCFは、ベルギーは僅かにGHG吸収ですが、オランダはGHG排出です。

ベルギーで GHG 排出が多い部門は、工業プロセス等の部門で、鉄鋼業と石油精製が GHG 排出を増加させる要因です。

ベルキーの電源構成では、2018 年実績で原子力が 38%あります。再生エネは、水力は 1.8%に過ぎませんが、バイオ・廃棄物 9.1%、風力が 9.9%、太陽光が 5.2%です。石炭は 3.1%に減少し、天然ガスが 32%です。また、正味の電力輸入が、発電電力量の 23%あります。

ベルギーの発電は、40%近い原子力を基幹電源とし、石炭から天然ガスへの転換と、まだそれほど多くはありませんがバイオ、風力、太陽光の導入を進めるという典型的な GHG 削減策を実行しています。

2018 年に TES に占めるベルギーの化石燃料の比率は 74%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は 35%です。

オランダは GHG 排出量が多い部門は、エネルギー変換部門で電力の脱炭素化が進んでいないためです。農業部門の GHG 排出量が多いのも、オランダの産業の特質を表しています。

オランダの電源構成では、2018 年実績で原子力が 3.1%と僅かであることが GHG 排出に影響しています。再生エネは、水力はほぼゼロで、バイオ・廃棄物 5.7%、風力が 9.2%、太陽光が 3.2%です。51%を占める天然ガスが基幹電源ですが、石炭もまだ 26%残っています。

EU の GHG 削減方針に、オランダはそこそこに対応しているという感を免れませんが、原子力と水力が無いと GHG 実質ゼロに向けて手の打ちようが無いということかもしれません。

2018 年に TES に占めるオランダの化石燃料の比率は 90%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は 79%と高く、日本の現状を見るようです。

＜アイルランド＞

アイルランドの GHG で先ず注目されるのは、農業部門の排出量の多さです。家畜の腸内発酵による CH4 が一番多く、農業用土壌からの N2O、肥料管理に係わる CH4 や N2O と続いています。これら非 CO2 の GHG は、広

い範囲に低濃度で発生するガスのため、更なる排出低減は容易でないでしょう。

アイルランドの電源構成は 2018 年実績によると原子力が無く、水力は少なく 3%しかありません。天然ガスが 51%を占め基幹電源になっています。風力が 28%、バイオ・廃棄物が 3.7%ですが、石炭も 14%残っています。

アイルランドは、風況の良い立地に恵まれています。風力発電設備が国土に林立することは望まないでしょうが、風力発電を増やすことが可能でしょう。

2018 年に TES に占めるアイルランドの化石燃料の比率は 89%、総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は 66%とかなり高い値です。

＜ルクセンブルク＞

正式名称はルクセンブルク大公国で、人口約 57 万人、面積が 2,586km2 と神奈川県より少し広い国土で、主要産業は金融業と鉄鋼業です。人口がデンマークの約十分の一、イタリアの百分の一である小国のルクセンブルクを、１人当りの GHG 排出量などで比較するのは適当ではないと思います。

ルクセンブルクは 1960 年代から鉄鋼業が経済を牽引してきたのですが、鉄鋼の不振により、金融業へシフトしており、１人当り GDP が世界で最も高い国です。

ルクセンブルクに本社を置いた鉄鋼業のアルセロール社が、2006 年にオランダのミタル社と合併し、世界最大の鉄鋼会社アルセロール・ミタルとなり、その本社もルクセンブルクにあります。殆どの事業所は国外にありますが、圧延工場など一部は、ルクセンブルク国内に残っています。小国のため１人当りで評価すると、エネルギーや電力消費、物流などに対する鉄鋼業の影響が大きく現れるものと思われます。

図-11.4 で、ルクセンブルクの GHG 排出量が大きくなっているのは、運輸部門のためです。UNFCCC のデータを調べると、大型トラックによる GHG 排出が一番多く、乗用車の排出が続いています。大型トラックによる GHG は、鉄鋼業関連の物流の影響が大きいものと思います。

2018 年に TES に占めるルクセンブルクの化石燃料の比率は 78%です。総発電電力量に占める化石燃料電力の比率は 9%と低いのですが、発電電力量の 2.8 倍の正味電力輸入があります。

各国の GHG 排出には、それぞれの国の事情化が係わっています。但し、ルクセンブルクの例は特殊で比較の対象にならないので、これ以上のコメントは必要ないと思います。

11.5 GHG 実質ゼロに関する要点整理

前項では、各国の GHG 排出低減状況を紹介しましたが、GHG 実質ゼロの達成に関し、私見を交えて要点を記載しました。

(1) GHG ゼロに近い国

現在、GHG 排出が実質ゼロ（GHG 排出と森林等の吸収で合計ゼロ）の国は、幸せの国ブータンとアマゾン熱帯雨林に隣接するスリナムの二国と言われます。EU 諸国では、スウェーデンが GHG 実質ゼロに最も近い国でしょう。

スウェーデンが温暖化防止に熱心であることは否定しませんが、GHG ゼロに近いのは、前述のように、発電電力量の 38%が水力で、48%が原子力、GHG 排出量の 81%の森林等の GHG 吸収があるためです。その要因は、人口密度が極めて低いために、国土の割に GHG 排出量が少ないからです。バイオマスの利用を可能にしているのも、人口密度が低いためと思います。

北欧のノルウェーやフィンランドは、現状の GHG 排出量はそれほど少なくありませんが、同様に人口密度が低く、水力資源に恵まれているため、GHG 実質ゼロを目指せば、達成可能と思われます。

EU における本格的な温暖化対策は、1990 年代初頭の北欧諸国による温暖化対策税導入に始まりますが、GHG 削減が容易であったことが同税導入に繋がったものと思います。温暖化防止について、他国がスウェーデンに見習えることがあるとしたら、発電での原子力の多さくらいなのです。

⑵ 水力と原子力

GHG 実質ゼロを達成するには、エネルギー利用の電化を進め、発電の脱炭素化を図ることが基本です。その上で、削減できなかった CO2 や非 CO2 の GHG を、森林等の吸収で相殺するか、CCS で地下に貯留することになります。

発電の脱炭素化のためには、先ず、水力と原子力の比率が高いことが重要です。スイスは発電の 55%が水力で 37%が原子力です。フランスは水力発電は 12%ですが、原子力が 71%です。フランスは電力輸出が多く、国内電力供給量との比率なら原子力は 80%になります。

両国の CCS 立地に関する知見はありませんが、ある程度の CCS の立地があれば、GHG 実質ゼロの達成が可能でしょう。フランスは、電力供給を全面的に原子力に依存する割切があるので、パリ協定の履行に熱心なのだと思います。

⑶ 風力資源

英国は電源構成で原子力が 20%、水力はほとんど無しに、GHG 排出量をかなり低減しました。石炭を天然ガスに転換した効果が大きかったのです。LNG で輸入している日本と異なり、欧州では天然ガスの大半はパイプラインで供給され、価格も比較的安価です。英国のこれまでの GHG 低減は、それほど大きな経済的負担になっていないと思います。

英国が GHG 実質ゼロを実現するには、風力発電を大幅に増やすことが必要になるでしょう。EU の中で英国は、風力資源が最も豊富な国です。国土に風力発電が林立することを許容するなら、必要な電力量を確保できると思われます。

問題は、風力発電の比率が大幅に高くなった場合に、発電変動を制御できるかです。電力網で各国がつながっている欧州で、現在は火力発電が沢山残っているため、火力発電を止めて余剰の安価な風力電力を購入する国があります。しかし、各国に火力発電がほとんど残っていない時代にも、風力や太陽光発電の変動を制御できるかは疑問です。場合によっては英国も、原子力

を増やす途を選ぶことになるかもしれません。

英国は北海油田をノルウェー等と保有しており、生産が減退したフィールドが CCS 立地に利用できれば、GHG 実質ゼロも可能かもしれません。豊富な風力資源と CCS 立地が、温暖化防止に熱心な理由であると思います。

(4) GHG ゼロが困難な国

水力発電が 10 数%かそれ以下で、風力発電の立地が乏しく、原子力は使いたくないと考える国は、GHG 実質ゼロの達成は恐らく困難でしょう。例えば、イタリアや日本などです。

太陽光発電があると考えるかもしれませんが、風力発電に比べて発電コストが高いだけでなく、発電変動が大き過ぎます。昼夜や天候による発電変動に加え、季節変動もあります。基幹電源とするには膨大な電力貯蔵設備が必要となり、それを加えると発電コストが過大になります。

また、バイオ燃料は供給量に限界がありますから、基幹電源になるのは難しいでしょう。

(5) 工業生産で排出される GHG

日本やドイツの GHG 排出量が多い要因の一つは、工業生産、特にエネルギー多消費産業の規模が大きいことです。例えば、日本の鉄鋼業は日本全体の約 13%の GHG を排出しています。鉄鋼生産を止めれば、図-11.4 で日本の 1 人当りの GHG 排出量は、デンマークとオーストリアの間くらいになります。

しかし、鉄鋼生産を止めても、日本の鉄鋼需要が大きく減るわけではなく、また輸出もしています。日本が生産を止めた分の鉄鋼は、他の国が生産することになります。鉄鋼 1 トン当の生産で排出される GHG が多い国や企業に生産が移行すれば、世界全体では GHG 排出が増加することになります。

なお、この種の問題は農業や牧畜でも起きることですが、農業や牧畜は簡単に生産国を変更することはできないでしょう。

世界的に炭素税を課すことで、各種産業を GHG 排出が少ない国に誘導す

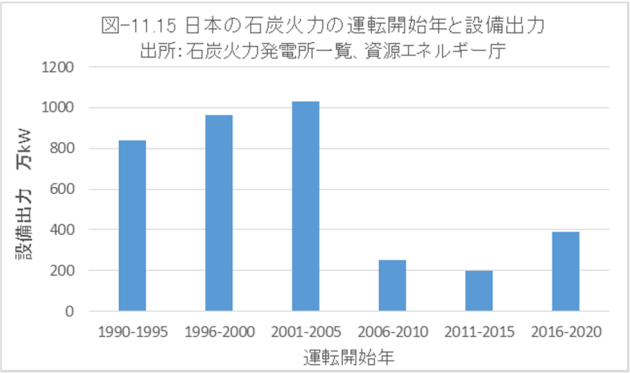
ることができます。産業により排出される GHG はゼロにすることが困難であることが多く、国ごとの GHG 排出量の比較では、別枠で評価すべきでしょう。また、CCS 立地が豊富な国に、産業が移転する事態も起きるかもしれません。

(6) 日本はなぜ石炭火力が増加したか

EU では GHG 排出低減のため、石炭から天然ガスへの転換が進みました。しかし、日本では 1990 年以降石炭消費が増加しました。日本で石炭は、50%余りが発電用で、約 30%が鉄鋼業、その他工業燃料等に使用されています。石炭の工業利用は(5)項に記載したような問題があり、発電について調べてみました。

図-11.15 は、1990 年以降に運転開始になった自家発を含む石炭火力の 5 年ごとの合計出力です。新たに沢山の石炭火力が建設され運転開始されています。特に 2005 年頃までは、新規石炭火力の運転開始が多かったことが分かります。

1970 年代の石油危機の教訓から、日本はエネルギーの安定供給のため、使用エネルギーの分散化を図ってきました。石油は発電燃料に使用するには価格が高くなり過ぎたことなどで削減し、石炭火力、LNG 火力、原発で、水力発電を除く凡そ三分の一ずつの電力を供給するのが基本的な考えです。



温室効果ガス削減の京都議定書で、日本は 6%の GHG 削減の義務を負っ

ていましたが、その程度の削減なら石炭火力が増加しても達成できると考えていたのでしょう。

例えば、2009 年の G8 ラクイラ・サミットで、世界全体の温室効果ガス排出量を 2050 年までに少なくとも 50%削減する目標を再確認するとともに、先進国全体として、80%またはそれ以上削減する目標が支持されました。2050 年はかなり先のことですが、本気で実行するならば大変な事ですが、あまり話題にならなかったように思います。日本では当時、GHG 排出ゼロを真剣に考えることは無かったように思います。

EU では、IPCC の 5 次評価報告書が発行された 2013、2014 年頃から、GHG ゼロの考えが高まり出したように思います。しかし、EU 以外の先進国が、それに同調したわけではありませんでした。

日本は、2008 年 9 月に始まるリーマン・ショックによる景気後退もあり、上記のように石炭火力の建設は抑制され始めていましたが、2011 年 3 月に東日本大震災が発生し、全ての原発が停止しました。不足した電力は、長期休止していた石油火力の運転で当座はしのぎましたが、LNG 火力の大幅増加と石炭火力により対応されました。

2016 年 4 月に日本では、電力小売完全自由化が始まりました。石炭火力の発電コストは LNG 火力より低いため、経済原理に委ねるなら、石炭火力が増加するのは当然の成り行きです。EU の動向をウォッチしていた筆者は、石炭火力の増加を放置していいのか、炭素税の導入が必要ではという想いがありました。

以上のように、石炭火力の増加には、それなりの理由があったわけです。温暖化は確かに進行していると考えますが、GHG 実質ゼロという極めて困難な課題に優先して取り組まなければいけない、という説得力のある根拠も充分に示されていないように思います。

11.6 EU 諸国の GHG 排出量低減の推移

本項では 1990 年から 2018 年までの GHG 排出量の推移を紹介します。森林等による吸収を考慮した GHG 実質排出量（GHG net emissions with

LULUCF）を示します。各国がUNFCCCに提出したデータです。各国を比較するため、上記と同様に人口1人当りの排出量を示しました。検討対象期間での各国の人口変化はそれほど大きくないため、簡単のため、2018年年初の人口で各年のGHG排出量を除した値になっています。1990年から2018年までのGHG排出量の変化により、検討各国を4グループに分けてみました。

図-11.15は、28年の期間にGHG排出量がほぼ一貫して減少している国です。温暖化防止に熱心な国と考えてよいかもしれません。

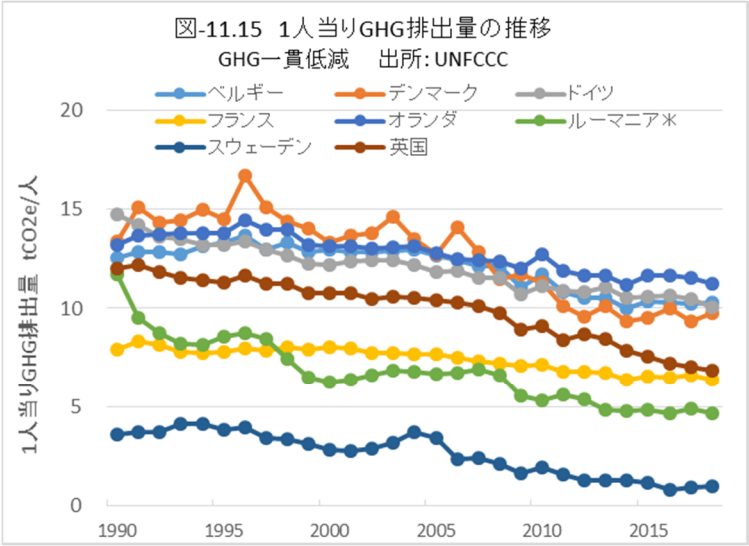


図-11.16には逆に、1990年に比べ2018年の排出量が増加した国を示しました。温暖化防止を無視したわけではないでしょうが、経済成長によりエネルギー消費が増加し、GHG排出が増加した国が多いと思います。

図-11.17は、1990年台前半にGHG排出量が急速に低減したが、その後顕著な低減が見られない国です。何れも東欧諸国で、旧ソ連圏の時代に省エネが遅れていた国々です。京都議定書によるGHG削減で、最初はGHG排出低減が急速に進みました。概して1人当りのGDPが低い国で、政策の重点が豊かさに置かれたためと思われますが、その後はGHG排出低減が進まなかった国です。

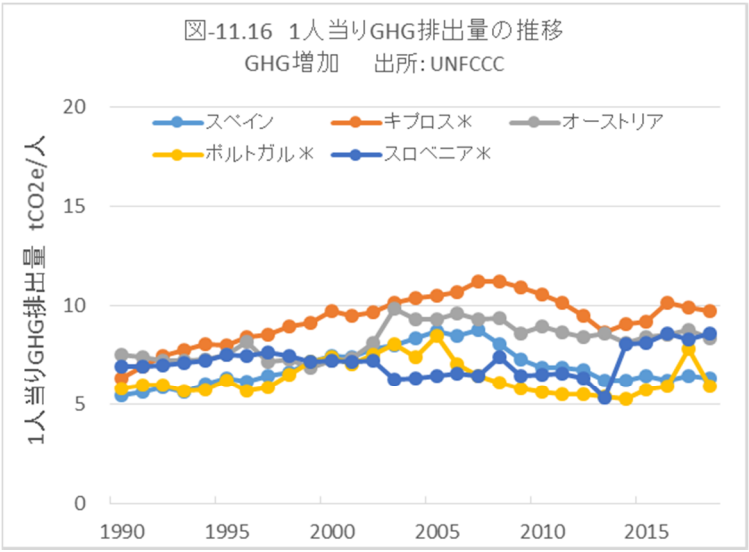


図-11.16 1人当りGHG排出量の推移
GHG増加 出所: UNFCCC
1人当りGHG排出量 tCO2e/人
スペイン
キプロス＊
オーストリア
ポルトガル＊
スロベニア＊
20
15
10
5
0
1990
1995
2000
2005
2010
2015

.

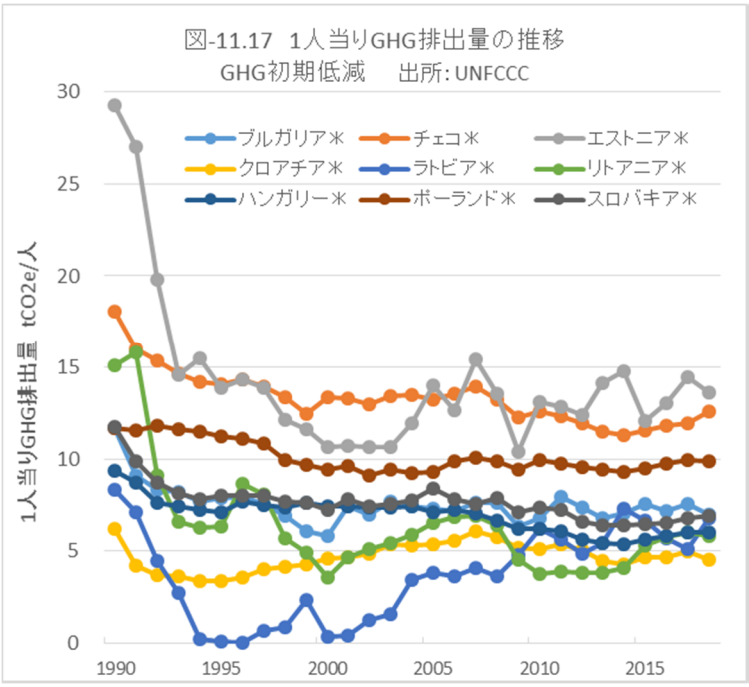
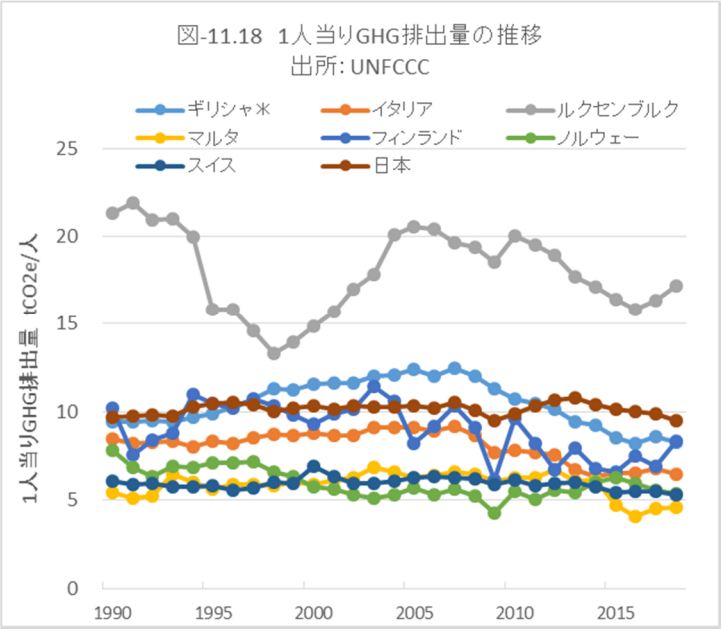


図-11.17 1人当りGHG排出量の推移
GHG初期低減 出所: UNFCCC
1人当りGHG抹出量 tCO2e/人
ブルガリア＊
チェコ＊
エストニア＊
クロアチア＊
ラトビア＊
リトアニア＊
ハンガリー＊
ポーランド＊
スロバキア＊
30
25
20
15
10
5
0
1990
1995
2000
2005
2010
2015

図-11.18は残りの国々で、ほとんどがGHGの排出低減が僅かだった国で、日本もそこに含まれています。

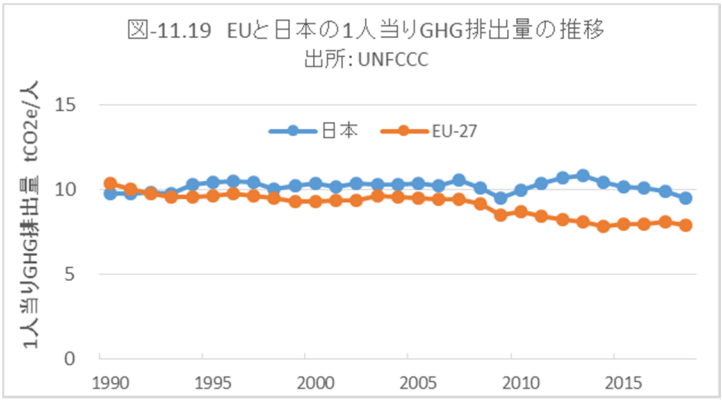


これらのグラフを眺めると、GHGの排出低減、特にGHG排出実質ゼロに向け真剣に取り組んでいるのは、EU加盟国の一部であるという想いがします。また、それらの国には、GHG排出低減が比較的容易な国が含まれています。

図-11.19には、EU27ヶ国の合計のGHGの人口1人当り排出量を示し、日本の排出量と比較しました。1990年に比べ2018年のEU-27のGHG排出量は24%減少したのに対し、日本の減少は2.2%に過ぎません。2018年のEU-27のGHG排出量は、日本より17%少なくなっています。欧州の温暖化防止に比べ、日本を周回遅れと批判する人もいますが、それなりに尤もと思います。

しかし、GHG実質ゼロの達成を目指すなら、GHG排出量が少なくなるほど、削減は益々困難になります。2050年までに30年しか残されていません

が、GHG 実質ゼロのゴールは遥か遠くです。



加えて、2018 年の値で日本の非 CO2 の GHG は総排出量の 9%であるのに対し、EU-27 では 21%もあります。これは、日本の産業は工業の比率が高いのに対し、概して EU-27 では農業や牧畜の比率が相対的に高いためです。農業や牧畜で排出される非 CO2 の GHG である CH4 や N2O は、広い範囲に低濃度で排出され、エネルギー由来の CO2 に比べて削減は難しくなります。そのことを考慮すれば、日本が GHG 実質ゼロを目指すとしても、EU に比べてそれほど遅れているわけではないと考えます。

最近は、カーボンニュートラルという表現がよく聞かれるようになりました。GHG 排出ゼロでなく、CO2 排出ゼロにすり替えが行われるかもしれません。

11.7 温暖化の危機感

GHG 排出実質ゼロを目指して真剣に取り組んでいるのは、EU 加盟国の一部であることを紹介しました。GHG 実質ゼロは、ほとんどの先進国にとって、豊かさをかなり犠牲にして行うことです。また、発展途上国や低所得国に GHG 実質ゼロの実行を求めたら、飢餓や難民が発生することは想像に難くありません。GHG 実質ゼロに取り組むのは、温暖化被害に対する強い危機感がある場合でしょう。

深刻な温暖化リスクとしては、異常気象が第一にあげられると思います。未曾有の集中豪雨や強力な台風の多発のような異常気象により、温暖化被害が、温暖化防止の経済負担を上回るようになれば、温暖化を放置するわけにはいきません。

異常気象が発生すると、マスコミは温暖化のためと報じます。しかし、IPCC の 5 次評価報告書 WG1 には、熱帯低気圧に対する温暖化の影響は「世界全体での熱帯低気圧の発生頻度は減少するか、又は本質的には変わらないままである可能性が高く、それと同時に、世界平均した熱帯低気圧の最大風速及び降水量は増加する可能性が高い。」と記載されています。また、温暖化が閾値を超えて高まると、取り返しのつかない事態になるという指摘もありますが、同様に不確かさを含むものです。本書の 3.3.項に「温暖化による極端な気象現象」、3.4.項に「温暖化による主要リスク」として、IPCC の 5 次評価報告書でどのように記載されているかを紹介しました。

異常気象に温暖化が影響しているとしても、主な原因であるかは不確かです。温暖化リスクとは不確実な危機のことで、IPCC の評価報告書は可能性・不確実性の評価付きで記載されており、全てが確実な事と考えるのは間違った理解です。

［**参考**］ 例えば、日本の気象庁のウェブページに掲載されている異常気象と温暖化について、次のように解説されています。

個々の異常気象を分析してみると、多くの場合、上空の偏西風が通常とことなる位置を流れる状態が続いたことや、熱帯地域の対流活動の影響が遠い場所に伝わったことなど、地球の大気と海洋の自律的な変動による自然のゆらぎが一方的に大きく振れたときに、平年と比べ著しい高温となることがわかります。このような自然のゆらぎは、地球の気候システムに元々備わった性質であり、地球温暖化が原因で発生したと言うことはできません。

一方、大気中の温室効果ガス濃度の増加に伴って、世界のほとんどの地域で長期的に気温が上昇しています。言い換えると、「平年」の気温が昔に比べ高くなっています。上述の自然のゆらぎによる平年の気温からのずれの程度

が同じであったとしても、平年の気温そのものが高くなっているために、過去にはほとんど経験されなかったような著しい高温が発生する確率が高まっていると考えられます。これはあくまで確率ですので、ある日の気温がたまたま高かったからといって、地球温暖化と関係があると断定することはできません。しかし、過去数十年にわたる観測データを分析すると、日本を含む世界各地で、顕著な高温の発生頻度が増えていることが分かっており、このような長期的な増加傾向は、地球温暖化の表れであると考えられます。