

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が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ります。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、人口密度が低いことです。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 人当たりの 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

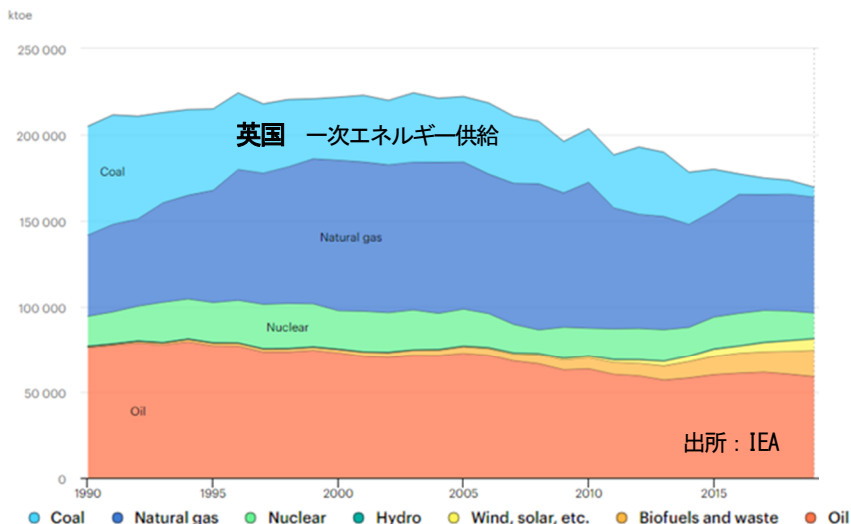
項目	2018年/1990年比率 %		
	英国	イタリア	スペイン
GHG排出量	58.4	82.8	115.5
総一次エネルギー供給量	85.1	102.7	138.8

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。

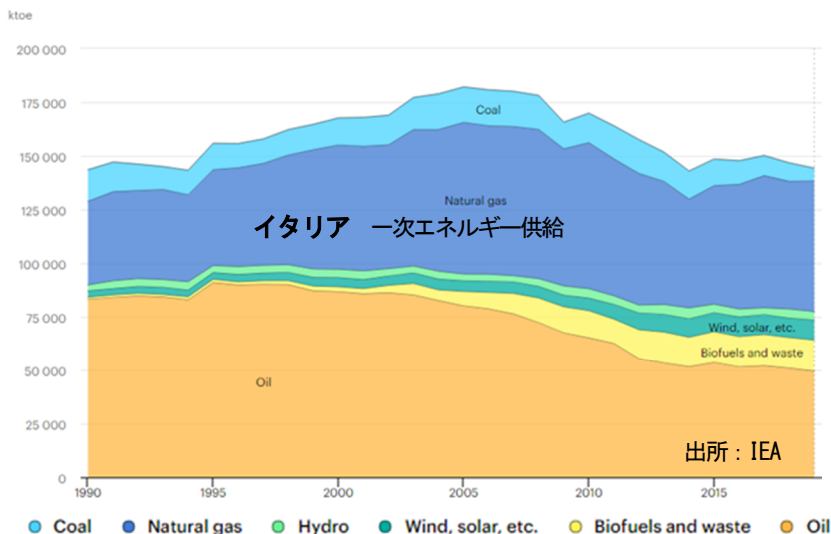


イタリアが他の二国と異なる点の一つは、チェルノブイリ原発事故の後の 1987 年、国民投票で原発廃止を決め、1990 年までに全原発を封鎖したことです。以後、原発に依る発電は行われていません。

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

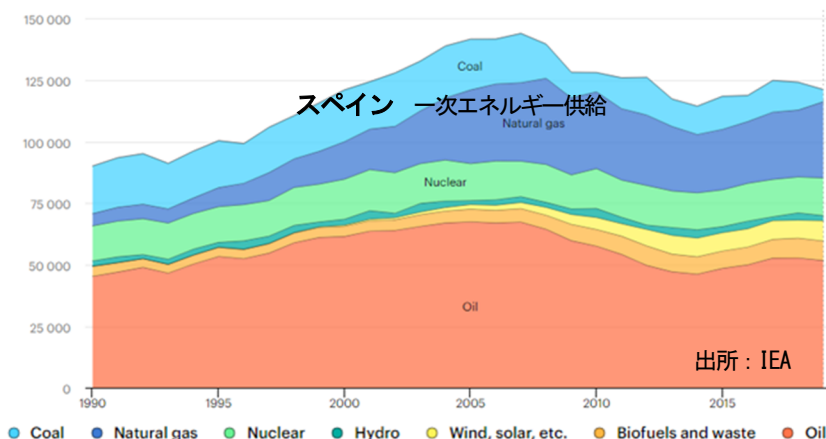
を石油に依存していたのは原発を止めた影響でしょう。

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十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。原子力はなく、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 排出が多いからです。

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。

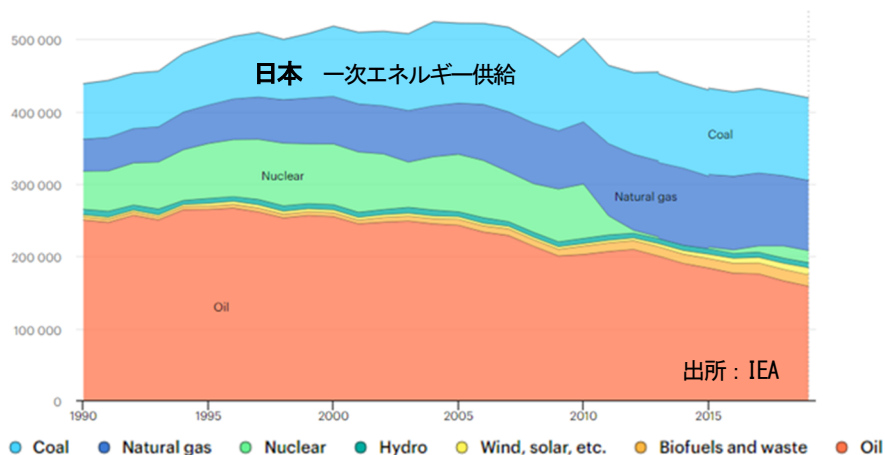
<日本・ドイツ>

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。

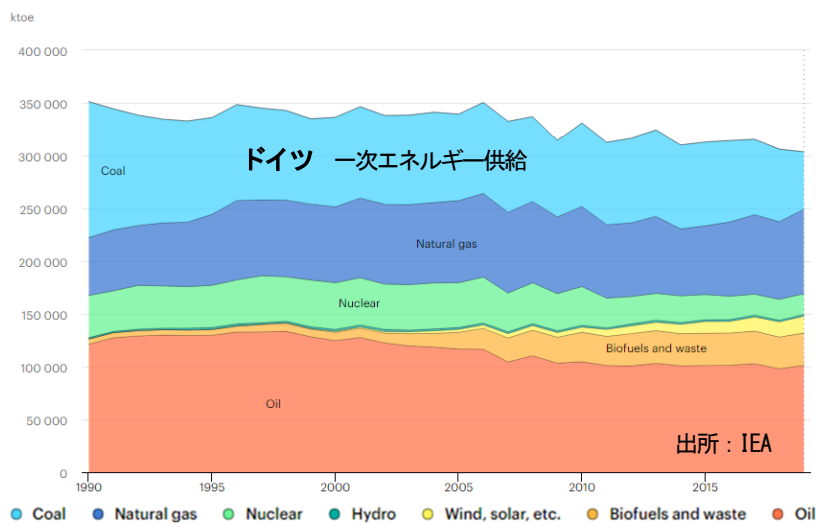
EU の検討諸国と比べ、日本とドイツは 1 人当りの GHG 排出量が多い国です。エネルギー転換部門と製造業等の部門の GHG が多いことが主な原因です。

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人当た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人当たりのGHG排出量は、スウェーデンのように低くありません。

1人当た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。

ベルギーの電源構成では、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。