

新刊「データをもとに考える日本の電源構成の再構築」 第9章

9. 附属書I国とEUの温室効果ガス排出量

本章では、京都議定書の附属書I国との温室効果ガス(GHG)排出量について紹介した上で、EUのGHG排出削減について記載します。

9.1 京都議定書の附属書I国

<条約概況>

地球温暖化防止を目的として、1992年に採択された国連気候変動枠組条約(UNFCCC)では、先進国と市場経済移行国(Economy in Transition, 略称EIT国)からなる附属書I国に、温室効果ガス削減の政策実施義務が課せられました。そのうち、先進国からなる附属書II国には、発展途上国に気候変動に関する資金援助や技術移転などの実施が求められています。しかし、温室効果ガス削減の数値目標は設定されていません。

1995年にベルリンで開催された気候変動枠組条約締約国会議(COP1)で、現状の方策では温暖化防止の目標達成に不充分との結論に達し、COP3までに、先進国に数値化された削減目標を課す議定書を策定することが決められました。それに従い、1997年に京都で開催されたCOP3で、先進国に温室効果ガス削減の数値目標を課す京都議定書が採択されました。第一約束期間の2008年から2012年の5年間の平均のGHG排出量を、基準年の排出量から目標割合だけ削減することが求めされました。

<附属書I国>

UNFCCCの附属書I国のうち、米国は京都議定書に署名しましたが、発展途上国に対する義務付けが無いことや、経済に対する悪影響などの理由で批准しませんでした。カナダは京都議定書を批准しましたが、削減目標の達成が困難になると、第一約束期間の終了を前に離脱しました。日本は、8章で紹介したように、第一約束期間の削減目標をなんとか達成しました。しかし、原発再稼動が不透明で、この先の削減見通しが立たない状況下で、京都議定書の第二約束期間への不参加を表明しています。表9-1には、京都議定書の附属書I国その他の関連情報を示しました。

表9-1 京都議定書の附属書Iの国々(2014年12月現在)

分類	国名	UNFCCC		EIT国 注1)	京都議定書		
		附属書 I国	附属書 II国		第1約束期間の 削減目標 %	基準年GHG排出 百万トンCO2換算	備考
EU-15	EU-15(バブル)	○	○		-8	4,265.5	
	ドイツ	○	○		-8	1,232.4	
	英國	○	○		-8	779.9	
	フランス	○	○		-8	563.9	
	イタリア	○	○		-8	516.8	
	スペイン	○	○		-8	289.7	
	オランダ	○	○		-8	213.0	
	ベルギー	○	○		-8	145.7	
	ギリシャ	○	○		-8	106.9	
	オーストリア	○	○		-8	79.0	
	スウェーデン	○	○		-8	72.1	
	フィンランド	○	○		-8	71.0	
	デンマーク	○	○		-8	69.9	
	ポルトガル	○	○		-8	60.1	
	アイルランド	○	○		-8	55.6	
EU-28	ルクセンブルク	○	○		-8	13.1	
	ポーランド	○		○	-6	563.4	
	ルーマニア	○		○	-8	278.2	
	チェコ	○		○	-8	194.2	
	ブルガリア	○		○	-8	132.6	
	ハンガリー	○		○	-6	115.3	
	スロバキア	○		○	-8	72.0	
	リトアニア	○		○	-8	49.4	
	エストニア	○		○	-8	42.6	
	ラトビア	○		○	-8	25.9	
	スロベニア	○		○	-8	20.3	
	クロアチア	○		○	-5	31.3	
	マルタ	○			第二約束期間	2.0	注2)
	キプロス	○			第二約束期間	6.0	注2)
その他	ロシア	○		○	0	3,323.4	
	日本	○	○		-6	1,261.3	
	ウクライナ	○		○	0	920.8	
	オーストラリア	○	○		+8	547.7	
	ニュージーランド	○	○		0	61.9	
	イスラエル	○	○		-8	52.7	
	ノルウェー	○	○		+1	49.6	
	アイスランド	○	○		+10	3.3	
	リヒテンシュタイン	○			-8	0.2	
	モナコ	○			-8	0.1	
	ベラルーシ	○		○	第二約束期間	139.1	注2)
	トルコ	○			第二約束期間	188.4	注2)
	米国	○	○		-7(未批准)	6,219.5	注2)
	カナダ	○	○		-6(離脱)	594.0	

注1) EIT国は市場経済移行国(Economy in Transition)。

注2) 1990年のGHG排出量(森林等の吸収 LULUCF無し)。

UNFCCC の京都議定書のウェブページによれば、京都議定書を批准しているのは、現在 192 の国と地域です。その内、GHG 排出量の削減義務が課せられているのは、表 9-1 のとおりです。

第一約束期間の削減目標が指定されているのは 36 カ国で、その内 26 カ国は EU・28 の加盟国です。そのうち、1990 年代半ばまでに EU に加盟していた EU・15 の国々は、EU・15 全体で削減目標を達成する「共同達成」(EU パブル) を選択しています。

表 9-1 で EIT 国と示したのは市場経済移行国で、旧ソ連や東欧諸国です。2004 年以降に EU・28 に加盟した国の大半が該当します。EIT 諸国は、1990 年時点での産業・社会のエネルギー効率の改善が進んでいなかったため、GHG 排出量は高い値でした。そのことは、1990 年を基準年とする GHG 排出量の削減を容易にするものです。

表 9-1 の附属書 I 国には、先進国と考えられている OECD 諸国のうち、米国、カナダの他に、メキシコ、韓国、チリ、イスラエルも含まれていません。率直に言って、京都議定書の附属書 I 国は、かなり偏った参加国構成を感じられます。

9.2 附属書 I 国などの GHG 排出量

図 9-1、図 9-2 には、附属書 I 国等の 1990 年、2000 年、2012 年の GHG 排出量を示しました。データの出所は、UNFCCC の GHG データベースです。森林等の吸収分（略称 LULUCF）を考慮しない値を示しました。

京都議定書では、GHG 排出削減量を算定する基準年は、原則として 1990 年ですが、HFCs、PFCs、SF6 については 1995 年の排出量を用いてよいことになっています。そのため、基準年の GHG 排出量と 1990 年の排出量は、必ずしも一致しません。紛らわしいので、本項では 1990 年の排出量を示すことにします。

図 9-1 には GHG 排出量が多い 5 カ国を、その他の国は図 9-2 に排出量の目盛りを拡大して示しました。2012 年の排出量が多い順に並べてあります。

クロアチアよりも排出量が少ない10カ国は、全体のGHG排出量を考える上で重要性が少ないと省略しました。3本一組の棒グラフは、上から順に1990年、2000年、2012年と並べてあります。

これらのグラフからは、米国のGHG排出量の多さが際立っていることが分かります。しかし、7章で紹介したように、中国の排出量が最も多いことは確実です。非附屬書I国については、一部の年のGHG排出データしか報告されていませんが、中国の2005年のGHG排出量(LUCF無し)では、非CO₂のGHGが20%あることが報告されています。従って、中国のGHG排出量は、7章に示したCO₂排出量の約1.25倍と推定されます。

図示した32カ国の中、1990年よりも2012年のGHGが増加した国は12カ国です。一方、上述したEIT諸国のGHG排出量の削減が大きいことも分かります。

日本の非CO₂のGHGは、1990年には全体の10%、2000年以降では5%で、棒グラフの先端に少しあるだけです。しかし、他国を見ると、非CO₂のGHGの比率がかなり高いことが分かります。その傾向は、非附屬書Iでも言えることで、温暖化防止は、CO₂排出削減だけではないことが分かります。なお、図9-2で、ウクライナの1990年のGHG排出量が異常に高い理由は、確認していません。データの信頼性の問題か、若しくは、1991年のソ連邦からの独立と関係があるのかもしれません。

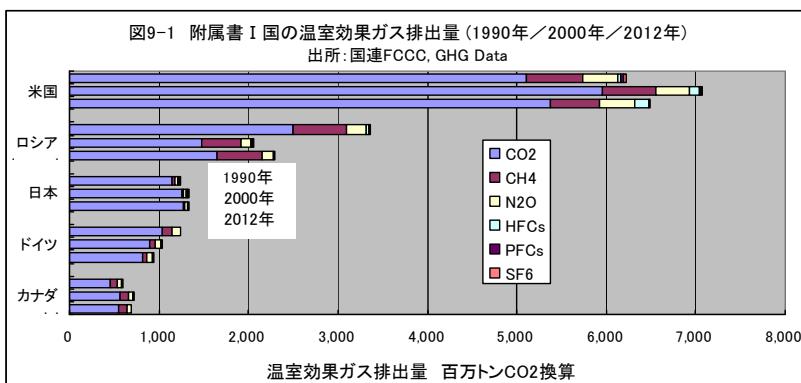
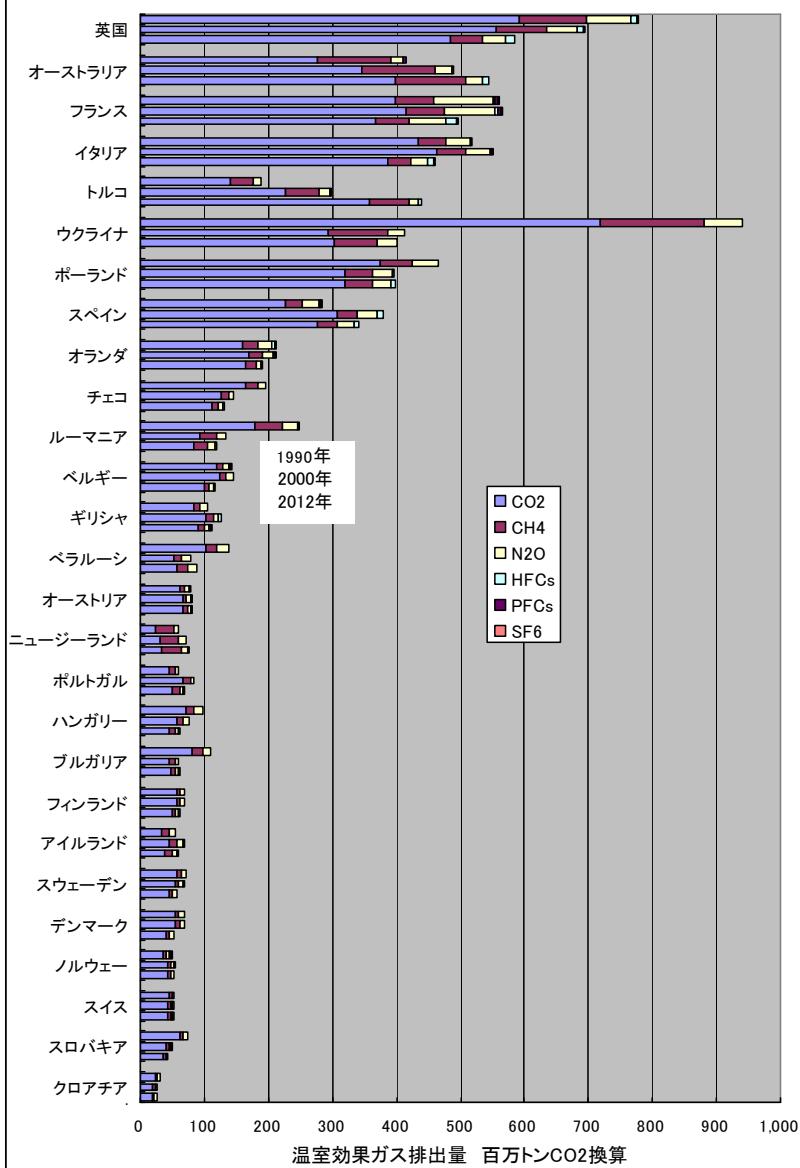


図9-2 附属書I 国の温室効果ガス排出量(1990年／2000年／2012年)

出所:国連FCCC, GHG Data



9.3 GHG 排出量の俯瞰的データ

<一人当たりの GHG 排出量>

前項で各国の GHG 排出量の大小を示しました。しかし、人口が多い国は、GHG 排出量も多くなる事は当然のことです。種々考慮すべきファクターはありますが、先ずは、人口一人当たりの GHG 排出量で比較する必要があると思います。図 9-3 には、附属書 I 国の一人当たりの GHG 排出量を示しました。小国のモナコは別にしても、最も多いオーストラリアと最少の国とは、かなり大きな違いがあります。

一人当たりの GHG 排出量で上位 6 カ国の中、オーストラリア、米国、カナダ、ロシアの 4 カ国は、石油か天然ガスの產出国です。やはり、省エネ意識が低いのだと思います。図 9-3 で 2 番目のルクセンブルクは、一人当たりの GDP が世界トップクラスの豊かな小国です。この国も、省エネ意識が乏しいのかもしれません。

一方、5 番目のニュージーランドは、GHG 排出量が多いのですが、その半分以上は非 CO₂ で、エネルギー消費によるものではありません。主要産業の牧畜に起因するもので後述します。

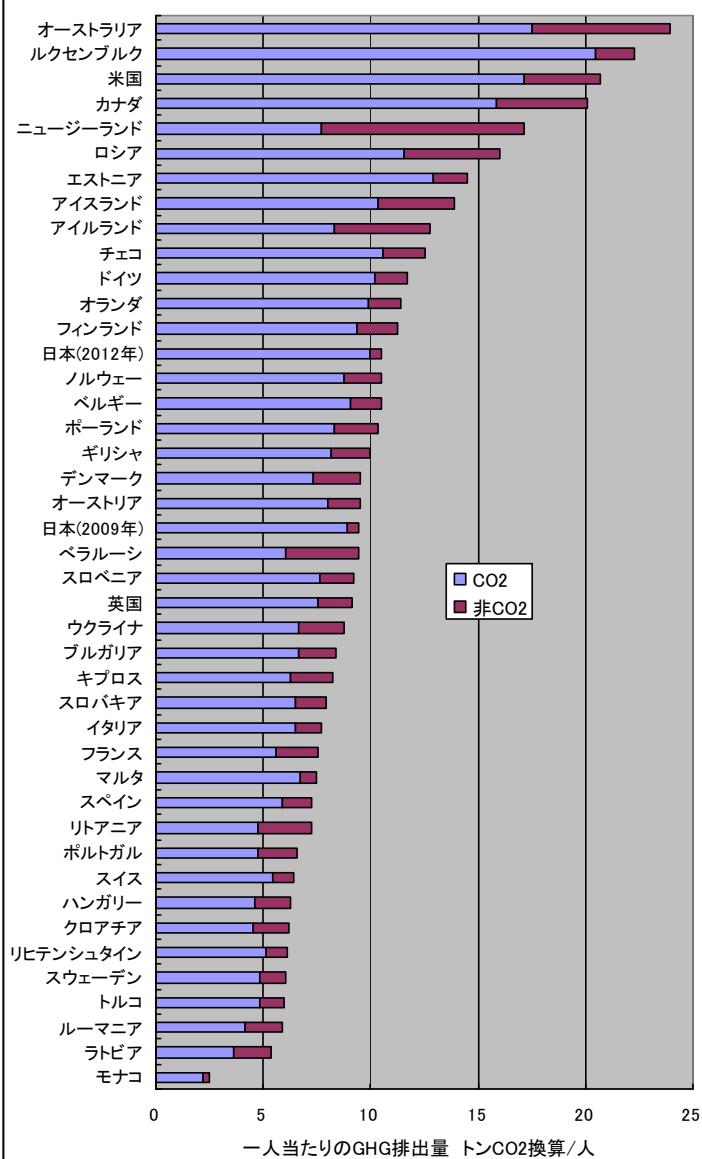
一人当たりの GHG 排出量が、10 トン CO₂ 換算前後には、ドイツ、日本、英国などが位置しています。それより GHG 排出量が少ない国々は、二つのグループに分けられるように思います。

一つは、一人当たりの GDP が比較的小さい国で、その結果、エネルギー消費とそれに起因する GHG 排出量が少ない国です。それらは、主に東欧などの EIT 諸国です。

もう一つは、一人当たりの GDP が比較的大きい経済的に豊かな国です。エネルギー消費量は多いけれど、GHG 排出量が少ない電源構成を持つ国です。原発が総発電電力量の 80% 近くを占めるフランスや、原発と水力で 80% 以上を占めるスウェーデンや 90% を超えるスイスなどが該当します。

図9-3 一人当たりのGHG排出量(2012年)

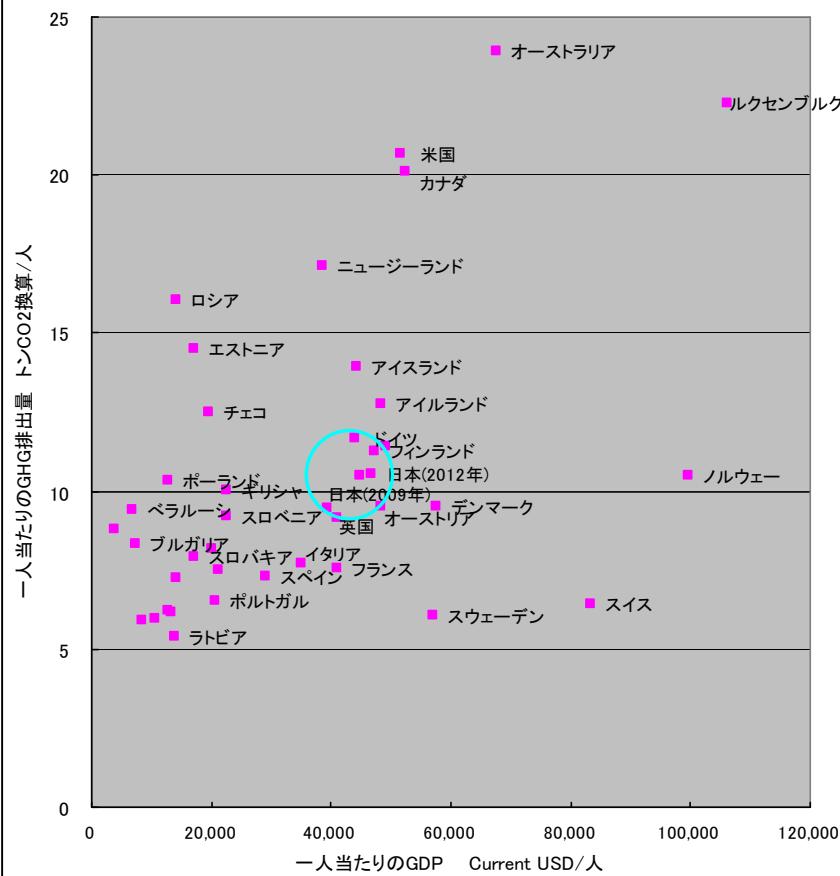
出所:UNFCCC GHG Data,Time series--Annex I



<豊かさとGHG排出量>

上述を裏付けるため、図9-4には、一人当たりのGDPを横軸に、一人当たりのGHG排出量を縦軸として、附属書I国を表示しました。小国の中ノマコ、リヒテンシュタインを除いて、40カ国を表示しています。

図9-4 一人当たりのGHG排出量とGDP(2012年)
出所:UNFCCC GHG Data, Time series--Annex I



プロットが重なっている部分の国名は省略しました。水色の輪で囲んだ部分に、ドイツ、日本、フィンランドなどがあります。

一般に、一人当たりの GDP が大きい経済的に豊かな国は、産業規模が大きく、個人のエネルギー消費も多いため、一人当たりの GHG 排出量が増加します。それに対し、先進国の多くは、産業や社会のエネルギー効率を高め、また、GHG 排出量の少ない再生可能エネルギーや原子力を使うことで、GHG 排出削減を図ってきました。図 9-4 は、そのような観点で附属書 I 国を俯瞰する目的で示したものです。

<GHG 排出量と TPES>

上記を補足するデータとして、図 9-5 には一人当たりの総一次エネルギー供給量 (TPES) を、図 9-6 には TPES 当たりの GHG 排出量を示しました。それらは、下記の関係にあります。

$$\text{一人当たりの GHG} \equiv \text{一人当たりの TPES} \times (\text{GHG 排出量} / \text{TPES})$$

このデータは、一人当たりの GHG 排出量が小さい国は、エネルギー消費が少ないので、それとも、GHG 排出量が少ないエネルギーを使用しているためかを示すものです。

例えば、アイスランドは、一人当たりの TPES が飛びぬけて大きな値です。寒い国であることに加え、エネルギーを潤沢に使用できるためだと思います。一方、(GHG 排出量 / TPES) は、極めて小さい値です。IEA の統計のエネルギー・バランスによれば、アイスランドは、水力が TPES の 20%近く、発電と熱供給に利用されている地熱が 70%を占めていることが GHG 排出量を小さくしています。両者の結果として、一人当たりの GHG 排出量は、図 9-3 に示されるように、多い方から 8 番目になっています。

<総一次エネルギー供給量>

図 9-5 に示す一人当たりの総一次エネルギー供給量の単位は Mtoe で、10 の 6 乗の石油換算トンです。総一次エネルギー供給量の大小は、気候風土、エネルギー多消費の重化学工業の有無、産業・社会のエネルギー効率、その他、経済的豊かさに係わるエネルギー消費量などの要因が関係します。

概して、エネルギー資源が豊富な国や経済的に豊かな国が、一人当たりの

総一次エネルギー供給量の多い国になっていることが分かります。

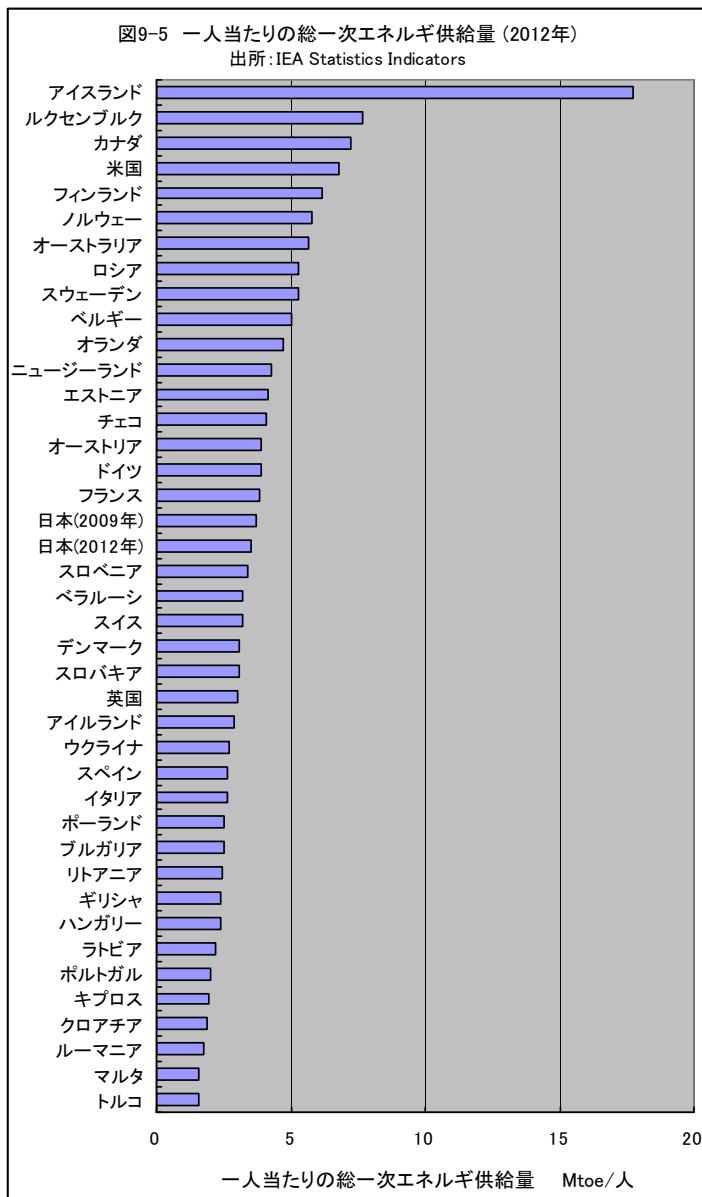
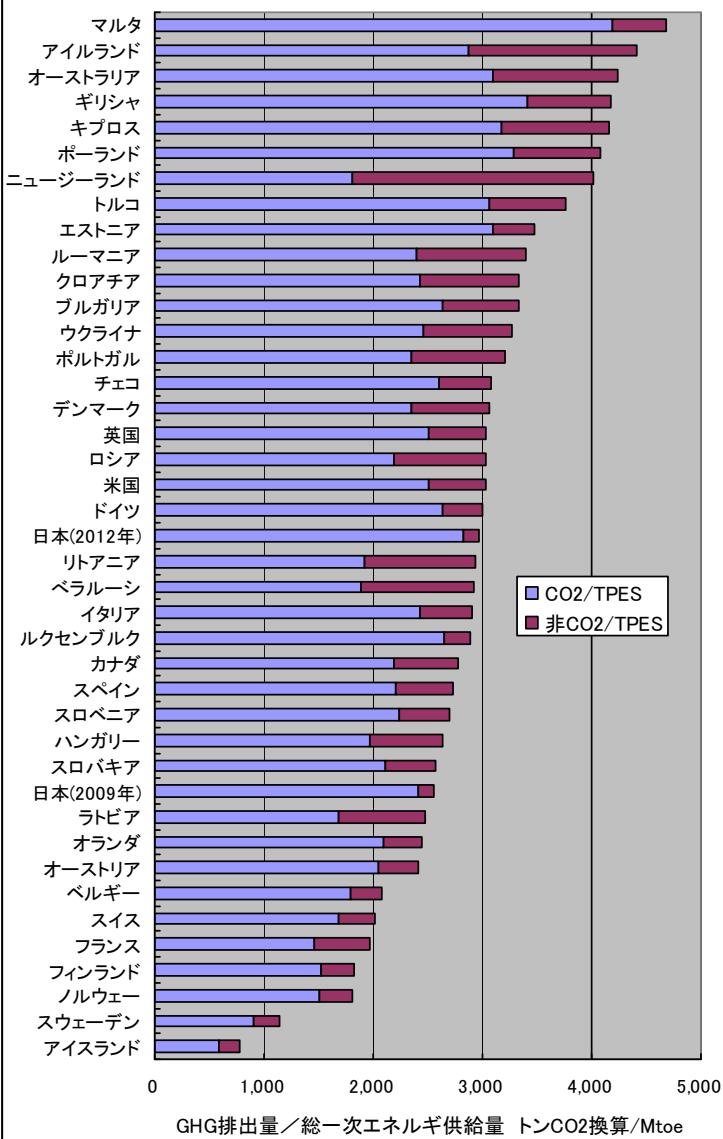


図9-6 GHG排出量/総一次エネルギー供給量（2012年）

出所：UNFCCC GHG Data, IEA Statistics Indicators



<TPES当たりのGHG排出量>

図9-6に示した総一次エネルギー供給量当たりのGHG排出量は、各国の使用エネルギーがGHG排出量が多いものか否かを示すものです。なお、非CO₂の部分は、エネルギー消費とは殆ど関係がありません。

何処の国でも、自動車の燃料は、ガソリンや軽油が殆どですから、GHG排出量の違いは、主に電源構成の違いによるものです。水力発電や原発比率の高い国は、GHG排出量が小さくなります。水力発電以外の再生可能エネルギーは、殆どの国ではGHG排出量を大きく左右するほどには導入されていませんが、デンマークでは風力発電が総発電電力量の33%に達し、アイスランドでは地熱発電が30%を占めています。なお、アイスランドでは、地熱が熱供給にも利用されているためGHG排出量が少なくなっています。

図9-6で、殆どの原発が停止した日本の2012年のGHG排出量は、2009年より16%増加しています。

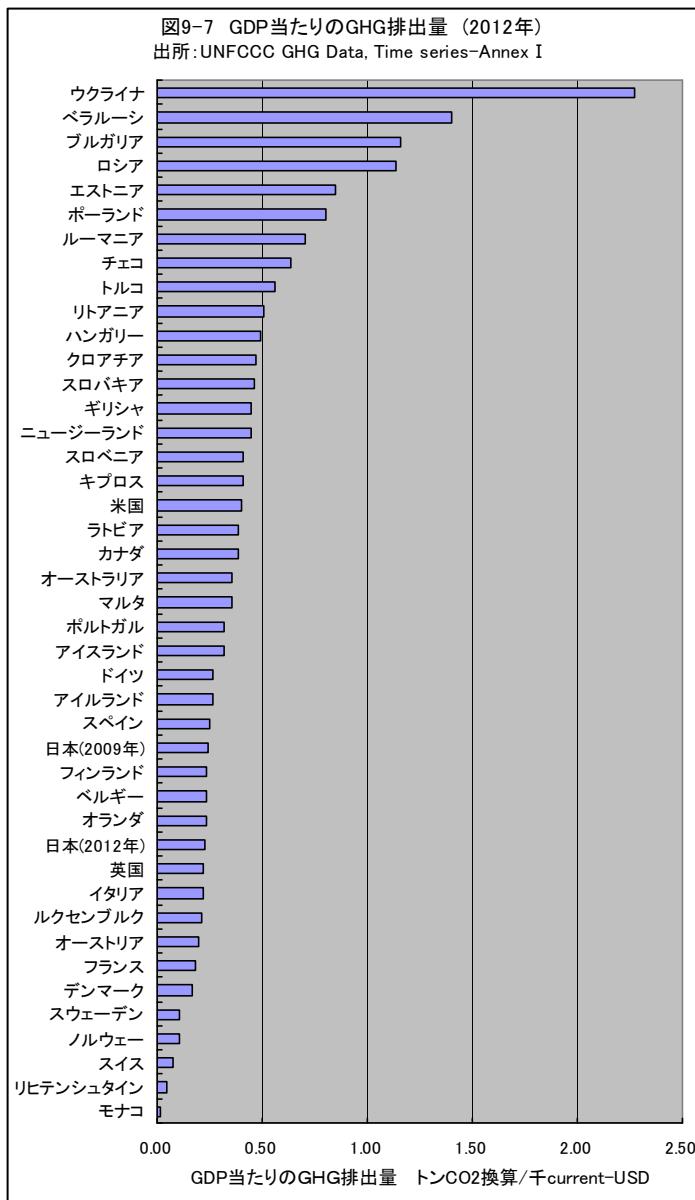
<GDP当たりのGHG排出量>

ここまで紹介したデータでは、産業・社会のエネルギー効率の高さや省エネの進展度合いは判断できません。そのため、図9-7には、GDP当たりのGHG排出量を示しました。産業活動の大きさとGHG排出量の比率ですから、図9-6のTPES当たりのGHG排出量と併せて見れば、各国のエネルギー効率や省エネの程度を推定できます。

図9-7の上位に、旧ソ連や東欧諸国が位置しているのは、エネルギー効率の改善が遅れていることを示すものです。一方、GHG排出量が少ない位置にある国々は、エネルギー多消費産業が少ない国や、リヒテンシュタインやモナコのようにサービス産業が主体の国です。

日本やドイツは、エネルギー効率の向上が進んだ国と言えると思いますが、エネルギー多消費の産業を有しているため、図9-7の真ん中位に位置しています。なお、GHG排出量を減らすために、エネルギー多消費産業を海外に出してしまえばいいかというと、前述したように、その産業がエネルギー効率の低い国に移行した場合には、地球全体では、CO₂排出量が増加してしま

います。その辺が、温暖化防止問題の難しいところです。



9.4 EU の GHG 排出量の削減

GHG 排出削減を主導してきたのは EU です。純粋に地球温暖化防止を考えている人も沢山いると思います。しかし、各国が集まり国際ルールを決める場では、自国の利益が主張されます。それは、国を代表して交渉に臨む人達の責務でもあると思います。

2020 年代の GHG 排出削減でも、EU 主導で国際ルールが決められることになると思います。恐らく、EU にとって都合がよい様にまとめられことになるでしょう。そのため、EU がこれまで、どの様に GHG 排出削減を行ってきたかを知っておくことは、日本にとっても重要になります。

<EU-15 と EIT 諸国の GHG 排出量>

前項では、附属書 I の各国個別の GHG 排出量を紹介しましたが、本項では EU のグループの GHG 排出量を見ることから始めたいと思います。

図 9-8 には、1990 年代から EU に加盟していた EU-15 と、2004 年以降に EU-28 に加盟した国の中、11 カ国の EIT 国の GHG 排出量の削減を示しました。なお、EU-28 の残りの 2 カ国は、キプロスとマルタですが、何れも小国で、全体に対する影響は小さいので集計から除きました。

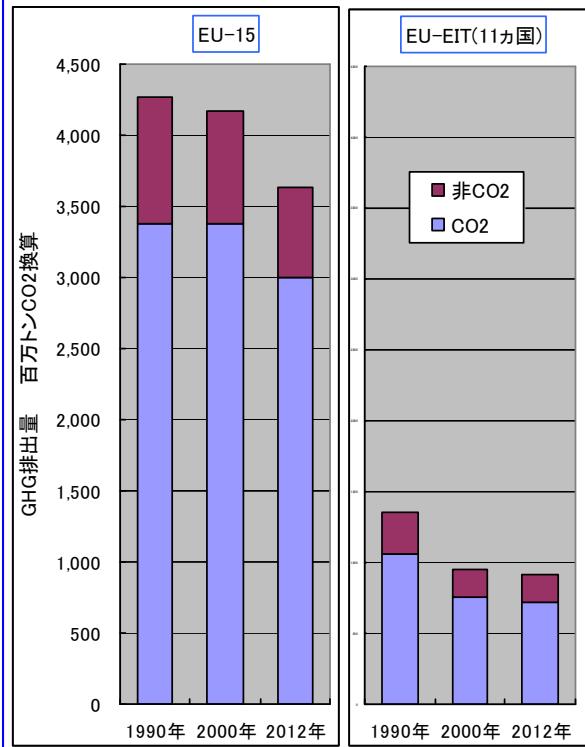
EU-15 の合計と比べ、2012 年の EIT の 11 カ国の人口は約 1/4、GDP は 1/10 以下に過ぎません。一方、1990 年から 2012 年への GHG 排出量の減少量は、EU-15 と比べて EIT の 11 カ国は約 70% であり、EIT 諸国は GHG 排出量の削減割合が大きかったことが分かります。また、EU-15 の 2090 年から 2012 年の削減割合が 15% であるのに対し、EIT の 11 カ国は 33% です。

図 9-8 からは、EU-15 の GHG 排出量は、1990 年から 2000 年までの間には、非 CO₂ の GHG はかなりの削減がありますが、CO₂ 排出量の減少は殆どないことが分かります。CO₂ 排出量の削減は 2000 年以降で、京都議定書の削減目標を達成するため、主に再生可能エネルギーの導入が進んだためと思われます。

一方、EIT の 11 カ国については、1990 年から 2000 年までの間に GHG 排出量が減少しており、それ以降は、殆ど減少していないことが分かります。

図9-8 EU-15とEUのEIT諸国のGHG排出量削減

出所：UNFCCC GHG Data, Time series Annex I



<EIT諸国のGHG排出削減>

図9-9には、EUのEITの11カ国の1人当たりの総一次エネルギー供給量(TPES)の推移を示しました。1990年に比べて2000年の値は77%と大幅に減少しています。これが、図9-8に示したGHG減少の主な原因と思われます。なお、同期間に、非CO2のGHGもかなり減少していることが図9-8から分かります。

EIT諸国の総一次エネルギー供給量の減少は、産業や社会のエネルギー効

率が高まったためでしょう。ソ連邦の構成国として、天然ガスなどのエネルギー供給を受けていた EIT 諸国は、1991 年にソ連邦が崩壊し独立国家となったことで、温暖化防止の国際世論とともに、省エネ志向が高まったものと想像されます。

表9-2 には、EU-15 と、EIT の 11 カ国の GHG 排出量に関連したデータを対比して示しました。1 人当たりの GHG 排出量は、両者は、ほぼ同じような値です。しかし、EIT 諸国の GDP は、EU-15 の 1/3 程度しかありません。また、1 人当たりの総一次エネルギー供給量も、EU-15 の 3/4 です。

EU に加盟した EIT 諸国は、市場経済の進展などにより、現在よりは豊かになっていくでしょう。その場合、GDP は増加するけれど、総一次エネルギー供給の増大は抑制することが求められると思います。

図9-9 EUのEIT-11カ国
のTPESの推移
出所:IEA Statistics

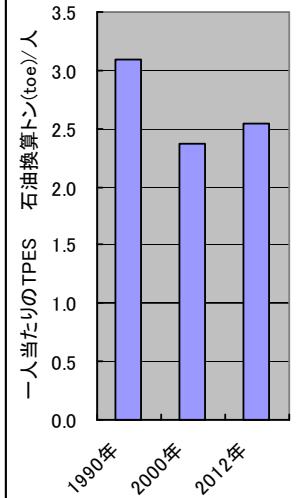


表9-2 EU-15とEITの11カ国の比較（2012年）
出所:UNFCCC GHG Data, IEA Statistics, 世銀データベース

項目		EU-15	EU-EIT(11カ国)
GHG排出量	千トンCO ₂ 換算	3,630,545	912,320
人口	万人	39,966	10,443
GDP	億current USD	158,797	13,406
TPES	Mtoe	1,375	266
1人 当たり	GHG排出量	トンCO ₂ 換算/人	9.08
	GDP	万current USD/人	3.97
	TPES	toe/人	3.44
		2.55	

＜独・英・日の GHG 比較＞

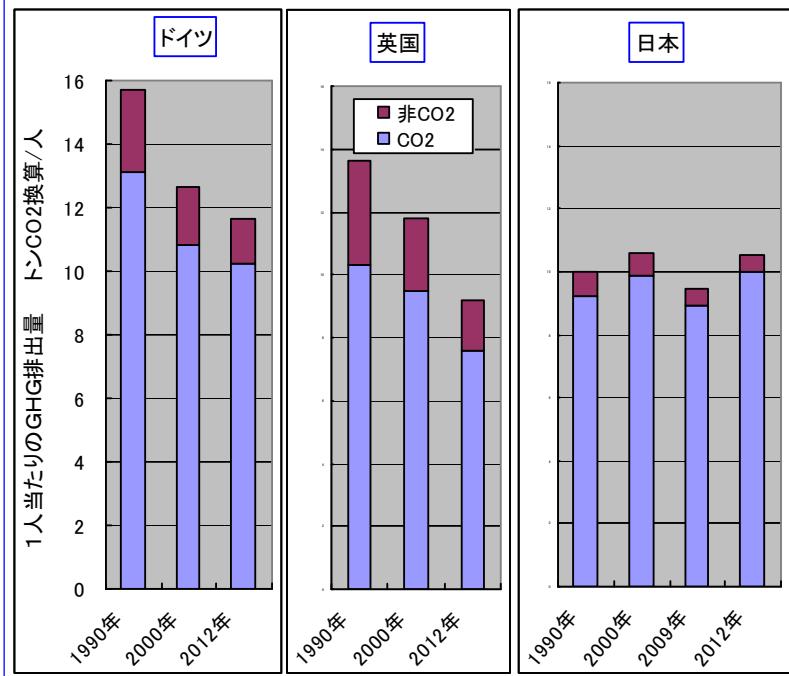
次に、EU-15 の GHG 排出削減について見ることにします。削減の経緯は

国により異なります。日本との対比を考える場合、例えば、水力発電が総電力量の60%近く、原発が36%を占める小国のスイスでは、比較にならないと思います。日本との比較を考えて、ドイツと英国のこれまでのGHG排出削減を見ることにします。

図9-10には、ドイツ、英国、日本のGHG排出量を示しました。図を眺めて、日本はGHGが少しも減っていないじゃないか、と感じるでしょう。それについては、8章に記載しました。

図9-10 ドイツ、英国、日本の1人当たりGHG排出量

出所：UNFCCC GHG Data, Time Series Annex I



1990年時点のGHG排出量は、ドイツも英国も、日本に比べて随分多いことが分かります。ドイツについては、エネルギー効率が低かった東ドイツと

の統合が、GHG 排出量を増大させており、西ドイツ出身の人には気の毒です。その代わり、京都議定書の 8% の削減目標は、容易に達成できました。

1990 年時点では英國は、家庭などでも石炭が使用されており、石炭の使用が GHG 排出量を高めていました。その他、非 CO₂ の GHG 排出量は、両国とも日本よりかなり多いことも分かります。

表 9-3 には、2012 年の 3 カ国の比較を示しました。人口 1 人当たりの値でみると、GHG 排出量、GDP、総一次エネルギー供給の何れも、概ね同じ様なものです。日本は、人口でドイツの 1.4 倍、英國の 2.3 倍の大國ですから、大国としての責任は求められると思います。しかし、現状の GHG 排出量について、EU から非難されるほどのものではありません。問題なのは、2020 年代以降の GHG 排出削減です。

表 9-3 ドイツ、英國、日本の比較（2012 年）
出所：UNFCCC GHG Data, IEA Statistics, 世銀データ

項目	ドイツ	英國	日本
GHG 排出量 千トン CO ₂ 換算	939,083	584,304	1,343,118
人口 万人	8,043	6,370	12,756
GDP 億 current USD	35,332	26,150	59,545
TPES Mtoe	312.5	192.2	452.3
1 人 当たり	GHG 排出量 トン CO ₂ 換算/人	11.68	9.17
	GDP 万 current USD/人	4.39	4.11
	TPES toe/人	3.89	3.02
			3.55

＜ドイツの GHG 削減＞

1990 年に比べ 2012 年の GHG 排出量は、CO₂ は 78%、非 CO₂ は 56%、GHG 全体で 74% に減少しました。また、GHG 減少量の絶対値では、約 7 割が CO₂ の減少、残りが非 CO₂ の減少によるものです。

非 CO₂ の減少は、主に廃棄物処分の適正化による CH₄ 発生の減少と、ナイロン製造などに用いられるアジピン酸製造での N₂O の排出削減によるものです。

1990 年から 2012 年までの GHG 排出削減量の 3/4 は、2000 年までに削減されたものです。2000 年までの排出削減量が多い理由は、1990 年のドイ

ツ統合によるものです。エネルギー効率や廃棄物の適正処分に関して遅れていた東ドイツと統合したこと、それを西ドイツの水準に引き上げるだけで、かなりの GHG 排出削減になっています。その件に関しては、下記の分析レポートがあります。

Fraunhofer ISI(独), DIW, SPRU(英), Report prepared for COP6
(2001), "Greenhouse gas reductions in Germany and the UK -
Coincidence or policy induced?"

レポートのタイトルに示されるように、2000 年までのドイツと英国の GHG 排出量の削減が、両国の削減政策の結果であるか否かを分析したものでです。ドイツについては、長期の気温にデータをもとに、対象期間について CO2 排出量の気温補正を行った上で、積み上げ方式の結構詳しい分析を行っています。

1990 年から 2000 年までの CO2 排出量の削減については、6 割が東西ドイツの統合効果、非 CO2 の削減については、約 1 割が統合効果によるものとしています。CO2 と非 CO2 を合わせた合計では、46%が統合効果、残りの 54%がドイツの GHG 削減政策の結果であると分析しています。

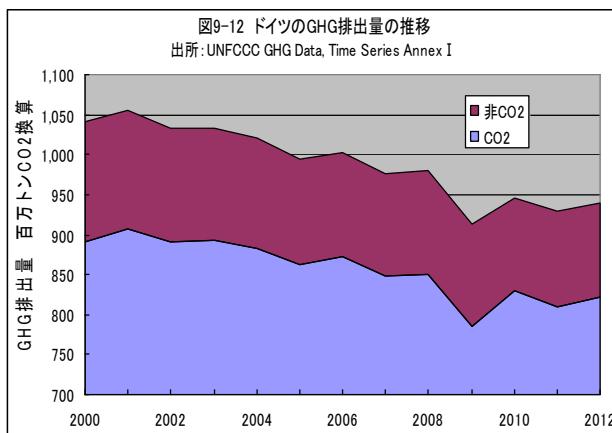
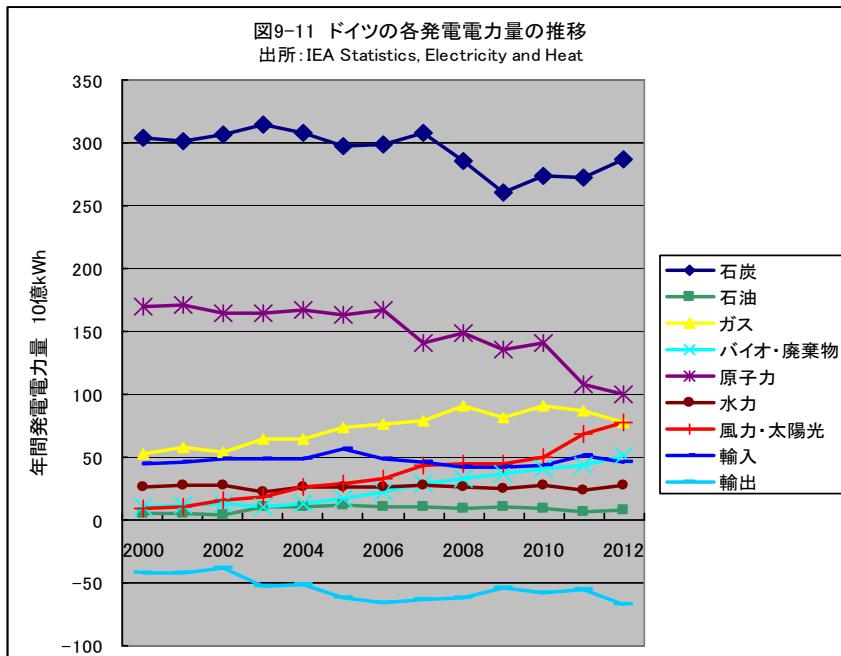
東ドイツとの統合による GHG 排出削減は、主に CO2 の削減で、統合後の数年間に顕著に削減されています。そのことが、2000 年以降には CO2 削減が少ない事実に繋がったものと思います。

近年、ドイツでは太陽光発電の導入が進んでいます。また、福島第一原発の事故の後、運転原発の削減も行われています。それらが、GHG 排出削減に与える影響を見るために、図 9-11 には、2000 年以降の各電源の電力量の推移を示しました。風力と太陽光はその合計を示し、また、電力の輸出入も併記しました。マイナスのグラフは輸出分です。

同様に、図 9-12 には GHG 排出量の推移を示しました。増減を分かり易くするため、グラフの上部を示しています。また、図 9-13 は 2012 年の発電電力量の構成比率です。

図 9-11 で、2010 年頃からの風力・太陽光が増加しています。そのほとん

どは、太陽光発電によるものです。また、2000年頃から、風力・太陽光発電が増加を続いている間、電力輸出も増大しています。



2011年頃から、一部の原発が停止し、発電量が減少していますが、それに対し、石炭火力が増加していることも分かります。

一方、図9-12に示すGHG排出量は減少を続けていましたが、2010年頃から再び増加傾向を見せてています。

世間では、原発が停止した結果、石炭火力の発電量が増加し、CO₂排出量が増加してしまったと言われます。しかし、それ

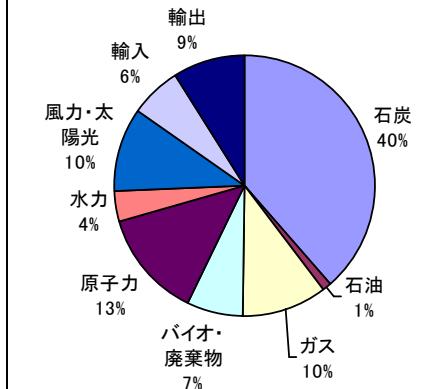
は短期的な対応の問題で、中長期的にはGHG排出量が減少する方向に進んでいくでしょう。

風力・太陽光発電が増加すると、電力輸出が増加する傾向は、本質的な問題であるように思います。風力・太陽光の発電変動に対し、それなりに火力発電などの負荷調整を行っても、余剰の発電電力量が増大することは避けがたいものと思われます。それに対し、ドイツでは隣接諸国との送電網を増強し、電力の輸出入で対応しているわけです。

発電電力量の時間的変動を、送電網を増強して、電力の輸出入により広域的に吸収する方法は、最も経済的な対応策です。しかし、日本はこのような対策を取る事はできません。火力発電や揚水発電などにより負荷調整と、電力貯蔵によることになります。

電力貯蔵には高い費用が掛かるばかりでなく、貯蔵効率は驚くほど低いものです。再生可能エネルギーの導入拡大による発電変動の問題は、技術的には対応可能かもしれませんのが、日本の場合、大きな経済負担を伴うものになります。何れにしても、問題の本質を見極めて、中長期的に対応策を講じて

図9-13 ドイツの電源構成（2012年）
出所：IEA Statistics, Electricity and Heat



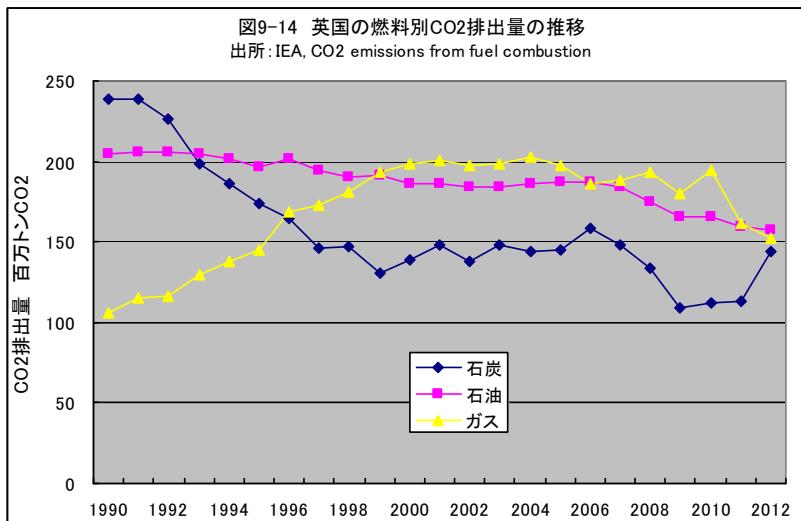
いくことが重要であると思います。

<英国のGHG削減>

図9-10で、1990年に比べ2012年のGHG排出量は、CO₂は73%、非CO₂は48%、GHG全体で67%に減少しました。また、GHG減少量の絶対値では、約6割がCO₂の減少、残りが非CO₂の減少によるものです。

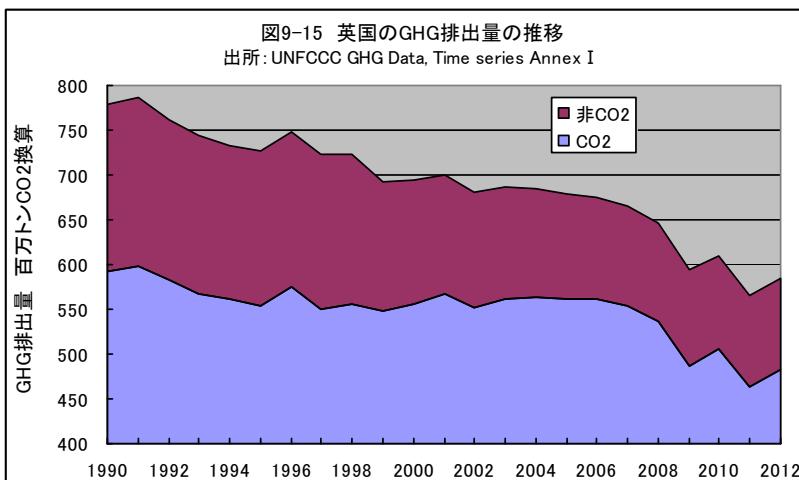
非CO₂の減少は、廃棄物の処理処分の適正化などでCH₄が半分以下になったこと、アジピン酸製造での排出削減などによりN₂Oが半分近くになったことが主な点です。

CO₂の減少は、主に石炭から天然ガスへの燃料転換によるものです。英国が北海油田で生産している天然ガスが使用されています。図9-14には、石炭、石油、天然ガスの各燃料の使用によるCO₂排出量の推移を示しました。1990年から2010年の間に、石炭によるCO₂排出量は半減し、天然ガスによるCO₂排出量が2倍近くに増加しています。



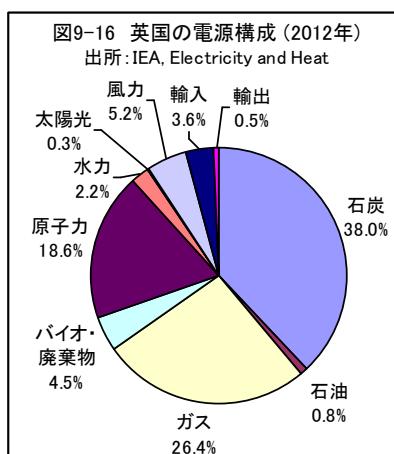
CO₂排出量が少ない天然ガスに燃料転換が進んだことで、図9-15に示されるように、CO₂の総排出量は減少しています。なお、図9-14で、2011年

から石炭が増加し、天然ガスが減少していますが、その原因は確認していません。



上記ドイツの項で紹介したレポートには、石炭から天然ガスへの燃料転換は、英国で1990年頃から始まったエネルギー市場の自由化とエネルギー企業の民営化の結果であると述べられています。GHGの排出削減は、環境意識の高まりや、それに呼応した政策以外にも、種々の要因が影響を及ぼしています。

図9-16には、英国の2012年の電源構成を示しました。石炭から天然ガスへの転換が進んだとしても、電力における石炭比率は、まだ40%近くあります。そのことは、図9-13に示したドイツでも同様です。



英国の再生可能エネルギーは、4章で紹介したように、風力資源が豊富で、風力発電の比率が5%に達しています。但し、発電コストが高い太陽光発電は、その1/10以下です。

9.5 非 CO₂ の GHG 排出量

日本では、非CO₂のGHGは、総GHG排出量の5%に過ぎませんから、温暖化防止はCO₂削減の問題になります。しかし、世界では必ずしもそうではありません。

<附属書I 国の非CO₂削減>

図9-17には、附属書I国2012年のGHG排出量に占める非CO₂比率を示しました。図9-1、図9-2に対応して、GHG排出量が多い国から並べてあります。排出量の絶対値は同図を参照して下さい。非CO₂の比率が分かり易いようグラフの上部を表示してあります。

非CO₂の比率が最も大きいのはニュージーランドで、55%に達しています。牧畜で飼育されている多数の羊が出すメタンがその大半を占めているのですから驚きです。

EU-28全体では、非CO₂がGHG排出量の18%を占めています。2012年の値ですから、比較的容易に削減できるものは、既に削減された上の値です。2050年までに、温室効果ガスを80%削減するという長期ビジョンもありますから、多くの国では、非CO₂のGHGについても大幅な削減が必要になります。

<世界全体の非CO₂削減>

表9-4には、非CO₂の5種のGHGについて、世界全体の1990年の排出量推定値を示しました。GHG合計の排出量に対する比率も併記しました。元のデータは、IPCCのレポートではないかと思いますが、米国環境省(EPA)のレポートからとったものです。GHG合計に対する比率では、CH₄が約16%で最大で、N₂Oが8%です。残りのHFCsは0.3%、PFCsは0.2%、SF₆は0.2%と、最初の2者に比べ、かなり少ない比率です。

図9-17 附属書I 国のGHG排出量構成比率

出所: UNFCCC GHG Data

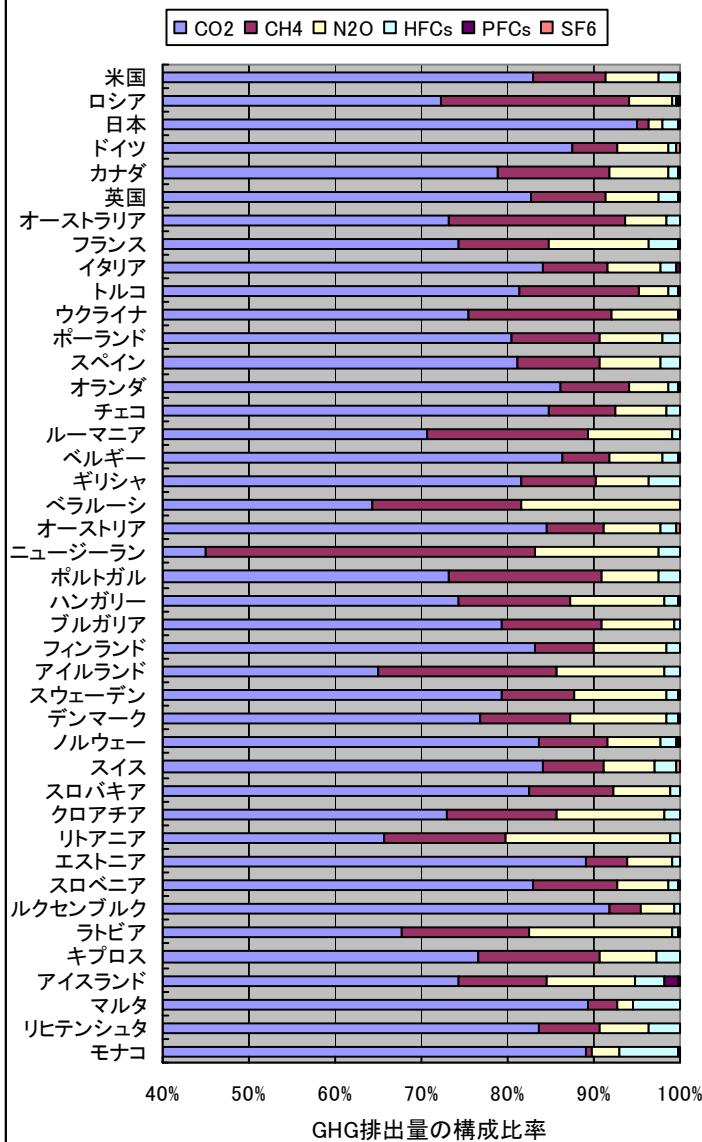


表9-4 世界の非CO₂のGHG排出量（1990年推定値）

部門	排出源	排出量(1990年) 百万トンCO ₂ 換算	GHG合計比 %
CH4			
エネルギー	天然ガス・石油システム	1,278	3.2
	石炭採鉱	530	1.3
	定置・移動燃焼	221	0.6
	バイオマス燃焼	176	0.4
農業	家畜の腸内発酵	1,764	4.5
	稲作	480	1.2
	肥料管理	233	0.6
	その他農業発生源	507	1.3
廃棄物	固体廃棄物の埋立	706	1.8
	排水	352	0.9
その他計		22	0.1
CH4計		6,269	15.9
N2O			
エネルギー	定置・移動燃焼	201	0.5
	バイオマス燃焼	41	0.1
工業プロセス	アジピン酸・硝酸製造	200	0.5
	その他工業プロセス源	81	0.2
農業	農業土壤	1,658	4.2
	肥料管理	204	0.5
	その他農業発生源	777	2.0
廃棄物	生活排水	68	0.2
その他計		12	0.0
N2O計		3,241	8.2
HFCs			
工業プロセス	HCFC-22製造	104	0.3
	その他	1	0.0
HFCs計		105	0.3
PFCs			
工業プロセス	一次アルミ製造	84	0.2
	その他	9	0.0
PFCs計		93	0.2
SF6			
工業プロセス	電源システムの使用	49	0.1
	その他	15	0.0
SF6計		64	0.2
非CO ₂ のGHG排出量合計		9771	24.8

出所：米EPA, Global Anthropogenic Non-CO₂ Greenhouse Gas Emissions:
1990 – 2030, Revised December 2012

HFCs、PFCs、SF6 は、工業プロセスなどで使用されている化学物質であり、代替物質に転換したり、設備からの排出を防ぐことも可能ですが。それに対し、CH4 や N2O の削減は容易ではありません。

<メタンの排出源>

ここでは、排出量が最も多いCH4（メタン）について、主な排出源を紹介します。CH4 の最大の排出源は、牛や羊などの反芻動物の腸内発酵で発生するメタンガスです。よく言われる表現では「牛のげっぷ」で、驚くべきことに、GHG の 4.5%を占めると推定されています。

次は、天然ガスや原油の生産過程で、大気に漏洩する CH4 です。天然ガスは殆どが CH4 であり、原油の生産でも CH4 が随伴します。精製過程以降でも、ある程度の CH4 漏洩があると思います。合計で GHG の 3.2%を占めると推定されています。

石炭採鉱でも CH4 が発生します。石炭層には CH4 が吸着しており、炭層メタンと呼ばれます。石炭を採掘することで、吸着している CH4 が大気に放散されます。この CH4 を燃料として回収する試みもありますが、実用には殆ど行われていないと思います。石炭採鉱での CH4 は GHG の 1.3%と推定されています。

<生ゴミの処分>

廃棄物の埋立てで発生する CH4 も多く、GHG の 1.8%を占めると推定されています。生ごみなどの主成分である有機物は、主に炭素と水素から構成されています。焼却すると炭素は CO2 になり、水素は H2O になります。一方、有機物を埋立処分すると、酸素が乏しい雰囲気の下で、嫌気性バクテリアであるメタン生成菌により分解されて CH4 が発生します。有機物の 1 個の炭素からは、焼却すると 1 個の CO2 が発生し、メタン生成菌により分解されると 1 個の CH4 が発生します。しかし、CH4 の温室効果は大きく、21 倍の重量の CO2 に相当するとされます。そのため、温暖化防止のためには、生ごみは埋立ではなく、焼却すべきとされます。

少し細かい話になりますが、補足しておきます。1 個の炭素からは、1 個

のCO₂や1個のCH₄が発生します。発生するCH₄とCO₂の重量比は、分子量の比率で16：44です。一方、CH₄の温暖化の影響（温暖化係数）は、21倍の重量のCO₂に相当するとされます。従って、埋立てCH₄が発生する場合と、焼却でCO₂が発生する場合では、埋立の方が、温暖化の影響は $21 \times 16 / 44 = 7.6$ 倍大きいことになります。但し、炭素は、焼却すると短時間で殆どCO₂になりますが、埋立てのバクテリアによるCH₄の生成は、ゆっくりした反応で、埋立てられた炭素が全てCH₄になるわけではありません。埋立ての温暖化の影響は、7.6倍よりも低いと思われますが、焼却よりもかなり大きいと考えられています。

日本は都市ごみ焼却施設が普及しています。廃棄物の焼却は埋立てより費用が掛かります。欧米では、概して埋立て場所の立地に困らないため、廃棄物の埋立て処分が一般的です。しかし、CH₄の排出削減のため、EUでも生分解性廃棄物の埋立てを削減するEU指令が出されています。なお、廃棄物処理に関しては、焼却や埋立ての他にも、CH₄の発生を低減する種々の処理・処分法が実施されています。

<その他のメタン排出源>

稲作でのCH₄は、GHGの1.2%とされています。これも、稻わら等が土壤中で分解されてCH₄を発生することによるものです。その他、農業関係や排水処理でのCH₄の発生は、有機物が分解されて生じるものです。

N₂Oも農業関連が大きな排出量となっています。CH₄、N₂Oともに、農業関係のGHGの排出は、対象が広範囲であり、削減が難しい分野であると思います。

表9-4は1990年の推定値ですから、シェールガスの開発・生産で発生するCH₄は含まれていないと思います。6章で紹介したように、シェールガス生産を適正な環境保護により行わないと、生産した天然ガスは、石油よりも温室効果が高くなってしまうかもしれません。

<9章のおわりに>

本章では、先進国のGHG排出状況を紹介しました。EIT諸国は別にして、

既に豊かになった先進国は、エネルギー消費と CO₂ 排出量を充分に増大させており、今後はそれを減らしていくことでしょう。

問題は発展途上国です。それらの国々が、今より豊かになり、エネルギー消費と CO₂ 排出量を増大させます。それを妨げる権利などは、先進国にはありません。エネルギー問題と温暖化防止は、自國のことだけ考えて済む問題ではありません。世界を見て考えることが必要です。