



## コラム 地球温暖化対策から見たエネルギー 第2回

# 温室効果ガスの削減に向けた

## 日本のエネルギー利用と役割

一般財団法人 電力中央研究所 社会経済研究所

エネルギーシステム分析領域 副研究参事 永田 豊氏

日本国政府は、今年12月にパリで開催されるCOP21に、2030年の温室効果ガス排出量を「2013年度比マイナス26%」とする目標を提出しました。このほか、欧州連合(EU)は1990年比マイナス40%、米国は2005年比マイナス26～28%(2025年時点)で、という目標を提出しています。

今回は、温室効果ガスの削減が、日本のエネルギー利用にどのような影響を及ぼすのか、また、目標を達成するためにはどのような対策が必要となるのかについて解説します。

### ◆温室効果ガスの種類と排出量

大気中であつて、地球に放射された太陽光が地表から宇宙に放射される際に、赤外線の一部を吸収することにより、温室効果をもたらす気体のことを「温室効果ガス」と呼びます。温室効果ガスには様々なものがありますが、国連の気候変動に関する枠組条約(UNFCCC)では、2012年までは二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、メタン(CH<sub>4</sub>)、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)、ハイドロフルオロカーボン類(HFC<sub>s</sub>)、パーフルオロカーボン類(PFC<sub>s</sub>)、六ふつ化硫黄(SF<sub>6</sub>)、6種類を、2013年以降はそれに三ふつ化窒素(NF<sub>3</sub>)を加えた7種類を削減対象の温室効果ガスとして定めています。

気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が2013年から2014年にかけて公表した第5次評価報告書によりますと、2010年における世界全体の温室効果ガスの排出量は、各ガスの地球温暖化への寄与度で加重平均した場合、CO<sub>2</sub>は76%と圧倒的な割合を占めています。また、CO<sub>2</sub>を化石燃料の燃焼(エネルギー起源)や工業プロセスによるものと、熱帯林の減少など土地利用の変化に伴うものに分けると、前者は温室効果ガス全体の約3分の2、65%を占めています。日本においては、農業からのCH<sub>4</sub>排出が他の

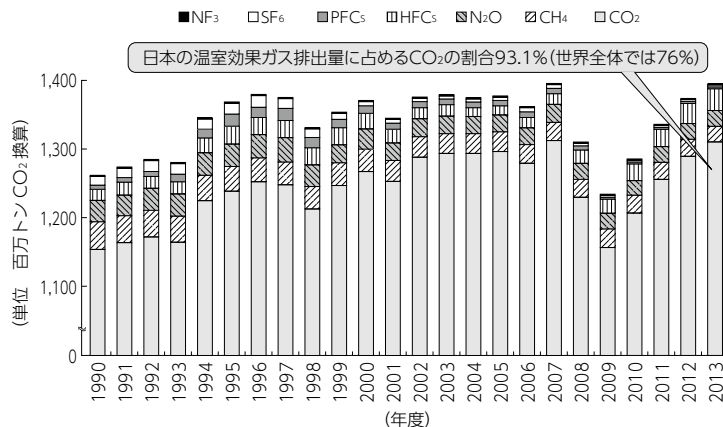


◆エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出とエネルギー構成

エネルギー起源のCO<sub>2</sub>は、エネルギー構成によって変化します。エネルギーの中で、CO<sub>2</sub>を排出しない再生可能エネルギーや原子力、化石燃料の中で最もCO<sub>2</sub>排出が少ない天然ガスなどの割合が高まれば、エネルギー消費量が同じでもCO<sub>2</sub>排出量は減ります。これに関して、2014年に刊行されたIPCCの第5次評価報告書に興味深い資料があります。(資料2参照)

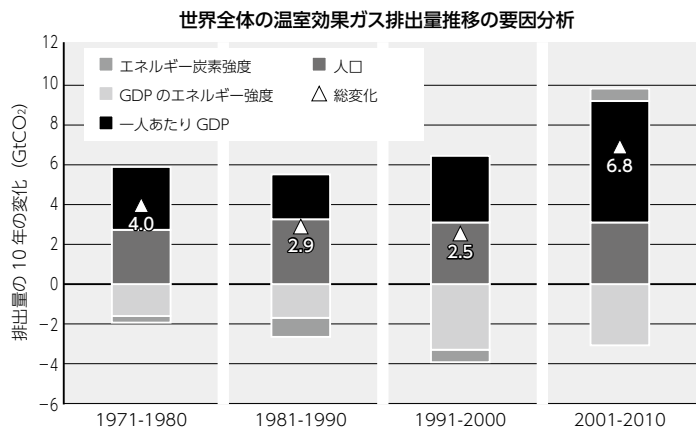
1971年から2010年にかけて、10年毎に化石燃料の燃焼から(＝エネルギー起源)のCO<sub>2</sub>排出量の変化を要因別に分解したも

### 資料① 日本の温室効果ガス排出量の推移



出典：環境省、2013年度(平成25年度)の温室効果ガス排出量(確報値)より

### 資料② 世界のCO<sub>2</sub>排出量増加率の年代別要因分解



出典：全国地球温暖化防止活動推進センター(JCCCA)、IPCC第5次評価報告書 WGIII Flade SPM3

国より少ないことから、CO<sub>2</sub>がすべての温室効果ガスに占める割合はさらに高く、環境省によりますと2013年度で93・1%となっています。(資料1参照)

また、日本では、土地利用の変化に伴うCO<sub>2</sub>排出が少ないため、CO<sub>2</sub>の中ではエネルギー起源のCO<sub>2</sub>が圧倒的に多く、エネルギー起源のCO<sub>2</sub>だけで日本の温室効果ガス排出量全体の87・7%を占めています。

このように、全世界的に見て、温室効果ガスを削減するためには、その最大の排出源であるエネルギー起源のCO<sub>2</sub>をいかに削減するかがきわめて重要な課題といえるのです。



のです。これによると、「一人あたりGDPの」増加率は2000年代が年率6・8%と最も大きく、各年代において、「人口」と、「一人あたりのGDP」が増加要因に、「GDPのエネルギー強度」が減少要因となっています。エネルギー構成の変化を表す「エネルギーの炭素強度（エネルギー消費量当たりのCO<sub>2</sub>排出量）」は、90年代までの30年間は減少要因となっていたのに対し、2000年代は増加要因となっています。地球温暖化対策が世界的に叫ばれる中で、再生可能エネルギーなど、CO<sub>2</sub>を排出しないエネルギーが増加したものの、その効果を原子力の停滞や石炭の増加が打ち消してしまったものと考えられます。

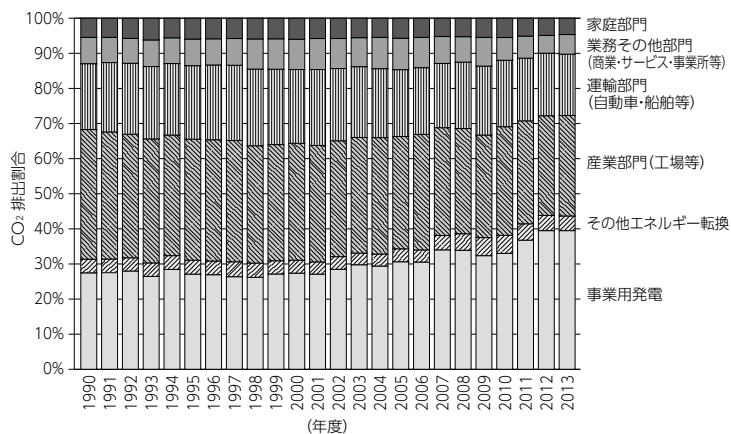
では次に、エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出を部門別に見てみましょう。（資料3参照・64ページ）日本の2013年度実績では、事業用発電が39・5%と最も多く、以下、産業部門（工場等）28・6%、運輸部門（自動車・船舶等）17・5%、家庭部門と業務その他部門（商業・サービス・事業所等）を合わせた民生部門は10・3%、その他エネルギー転換4・2%となります（民生部門も、利用段階ではCO<sub>2</sub>を排出しない電気や地域熱供給からの排出をその使用量に応じて按分すれば割合は大きくなりますが、ここではそのような考え方をとらず、エネルギー転換部門に計上していることに注意して下さい）。事業用発電のCO<sub>2</sub>の排

出割合は、1990年度から2004年度までは30%未満でしたが、震災前の2010年度には33・0%となり、震災後は原子力発電所の停止により、大幅に増加しています。事業用発電のCO<sub>2</sub>を減らすためには、CO<sub>2</sub>排出が少ない電源の割合を高めるというエネルギー構成（電源構成）の変化を実現することが重要です。

### ◆各電源の特性と2030年の電源構成の目標

実際には、CO<sub>2</sub>排出が少ない電源の割合だけを高めるわけにはいきません。各電源には、CO<sub>2</sub>排出以外に、考慮しなくてはならない様々な特性があるためです。資料4（65

資料③ 部門別エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出割合の推移



出典：国立環境研究所温室効果ガスインベントリオフィス、日本の温室効果ガス排出量データ（1990～2013年度確報値）より筆者作成

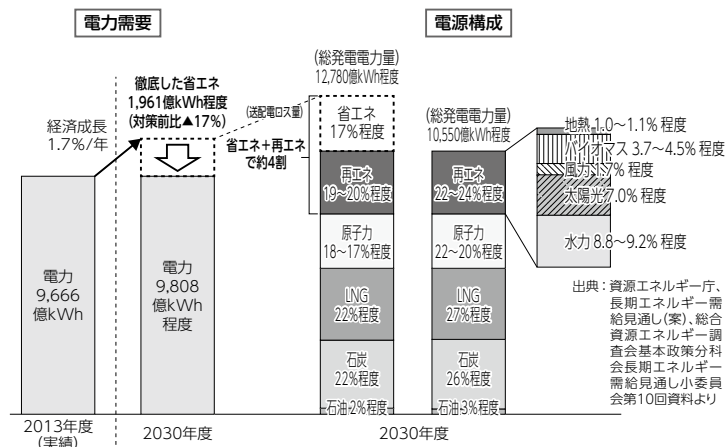


果ガス削減目標では、「エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出を2013年度比マイナス25%にする」（温室効果ガス全体の削減率は26%）となっています。この目標を実現するために、徹底的な省エネを実施し、電力需要を省エネ対策前と比べて17%削減し、2013年度より1・5%だけ多い水準に抑制するとしています。そして、各電源の供給割合は、原子力22・20%、再生可能エネルギー22・24%、石炭26%、LNG27%、石油3%としています。（資料5参照）このうち、低廉で安定的なペー  
スロード電源と位置づけられる、原子力、石炭火力、水力、地熱の4つの合計は、原子力発電所の停止などの影響で、近年は40%未満に落ち込んでいるのを、2030年度には

資料④ 電源別の特性

項目	石炭火力	天然ガス火力	石油火力	原子力	水力・地熱	太陽光	風力
CO <sub>2</sub> 排出	×	○	△	◎	◎	◎	◎
経済性	◎	○	△	◎	○	×	○～△
供給国・経路の政情安定性	○	△	×	◎	◎	◎	◎
運転特性	○	◎	◎	△	△	×	×
供給可能性	◎	◎	◎	◎	×	○	△
廃棄物処分	○しかし、CO <sub>2</sub> は化石燃料を燃焼した後の廃棄物と考えることもできます			×	◎	◎	◎

資料⑤ 長期エネルギー需給見通しの電力需要と電源構成



ページ）はそれらをまとめたものです。CO<sub>2</sub>排出削減の観点からは、原子力や水力、地熱、太陽光、風力などの再生可能エネルギーが望ましいといえますが、これらの電源にも×や△の項目があり、オールマイティとはいえません。また、太陽光や風力といった再生可能エネルギーは、気象条件による出力変動が激しいため、大規模に利用する際は、その変動を吸収するために追加的な対策コストも必要になります。逆に、CO<sub>2</sub>排出削減の観点から望ましくないとされる石炭火力は、経済性や供給国の政情安定性など、他の項目では非常に優れた電源であるといえます。

日本国政府が策定した2030年の温室効



震災前より若干少ない56%程度を確保するとしています。

政府は、このような電源構成に変えることにより、電力由来のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量は2013年度の5・48億トンが2030年度には3・60億トンまで34%減少するとしており、これはエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量全体の削減率の25%より大きくなっています。これから電力需要当たりのCO<sub>2</sub>排出量を計算しますと、2013年度の1kWh当たり0・57kgが2030年度には35%の減の0・37kgとなり、これは震災前より低い水準です。日本の電気事業および新電力23社も、2015年7月17日に、この目標に沿った「電気事業における低炭素社会実行計画」を策定・公表しています。

ところで、この電源構成を達成することは容易ではありません。原子力については、稼働率を80%としますと、政府目標の発電電力量を得るためには少なくとも3,000万kWの設備が必要となります。しかし、原子力規制委員会は、原子力発電所の運転期間を原則40年とするという基準を設けており、これに基づく2030年の設備容量に設置許可済みの3基分を加えても、2,500万kW程度にしか届きません。このため、既存発電所の一部の運転期間を40年以上に延長するか、新たな発電所を建設する必要があります。一方、再生可能エネルギーについては、平均的な稼働率を想定しますと、太陽光発電は6,

500万kW、風力発電は1,000万kWもの設備が必要となると見積もられます。

風力発電で見ると、適地が多い北海道では、最小需要は300万kW未満で、一方、原子力発電所は3基で207万kW、これに加えて自流水力などもあるため、最小需要時に風力発電の出力変動を吸収できる火力発電は100万kW未満となります。したがって、本州との連系線(60万kW)を活用しても、200万kW(政府目標の1,000万kWの5分の1)でさえそのまま系統連系することは不可能です。このため、蓄電池を導入するなど、再生可能エネルギーの変動を吸収するための追加対策が必要となることは避けられませんので、その分のコストがかかります。

### ◆電力化によるCO<sub>2</sub>排出削減

ここまでは電力の供給に着目してCO<sub>2</sub>排出削減について述べてきましたが、次は、エネルギーの利用サイドに目を移してみましよう。日本のエネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出の約4割は事業用発電によるものですが、言い換えれば、残りの6割は、製造業でのボイラ用や直接加熱用の燃料、自動車用燃料、家庭の暖房および給湯などに化石燃料を発電以外の用途のために燃やした際に排出されているということです。これらのうち、製造業以外の



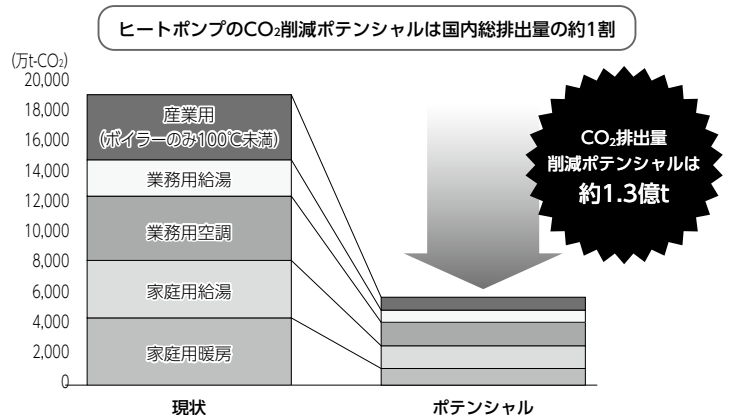


用途では、化石燃料が効率的に利用されているとはいえないのが実情です。例えば、自動車では、トヨタ自動車(株)の資料によりますと、車両の走行のために使うエネルギーは、燃料となるガソリンの16%しか使われていません。また、熱は、周囲の温度と比べて高ければ高いほど、あるいは低ければ低いほど価値が高いのですが、貴重な化石燃料を燃やして、2千℃ともいわれる高温を、数10℃の温度で済む家庭の暖房および給湯などに利用するとは、大変もったいない使い方であるといえます。このような用途では、化石燃料の燃焼機器を積極的に電化機器に置き換えることが、CO<sub>2</sub>削減のためにも望ましいといえます。自動車であれば電気自動車やプラグイン・ハイブリッド車、暖房であればエアコン(利用している技術はヒートポンプ)、給湯であればヒートポンプ式給湯器などです。(二財)ヒートポンプ・蓄熱センターでは、家庭用の暖房・給湯、業務用の空調・給湯、産業用の空調・加温・100℃未満の乾燥で、燃焼式の熱源をすべてヒートポンプ式に転換した場合、1.3億トン(日本全体の約1割)のCO<sub>2</sub>削減につながるとしています(資料6参照・70ページ)。

### ◆今後の世界のエネルギー需要と先進国に求められる役割

百円均一ショップに行くと、「こんなものまでが百円か」と感じる製品がたくさんあると思います。それらの製品は、人件費が安い中国などの途上国で作られています。エネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出の面でいえば、それらの製品を日本で作らないことで、日本のエネルギー消費やCO<sub>2</sub>排出が少なくなり、その分、海外で増えるということになります。(一財)日本エネルギー経済研究所によりますと、2012年の一人当たりエネルギー消費は世界平均で1.9トン(石油換算)でしたが、日本を含むOECD34カ国は4.2トン(同)

#### 資料⑥ ヒートポンプによるCO<sub>2</sub>削減ポテンシャルの試算例



注) 電力のCO<sub>2</sub>排出原単位が震災前と同等の水準とした場合

出典: (一財)ヒートポンプ・蓄熱センターホームページより



もあるのに対し、非OECD諸国は1・3トン（同）で、3倍を超える差があります。かつては5倍を超えていたので、それでも、経済のグローバル化を通じた製造業の途上国への立地などの影響もあって、差が縮まったといえます。

今後、途上国では生活水準の向上と、経済のグローバル化は続くと思われますから、人口の増加も続く途上国のエネルギー消費がある程度増えることは避けられないでしょう。

先進国の役割は、それぞれの国のエネルギー消費とCO<sub>2</sub>排出を極力抑えるとともに、国際協力を通じて途上国の省エネとCO<sub>2</sub>排出を支援していくことだと思います。

### ◆おわりに

ほとんどの原子力発電所が停止している中で（H28年8月末現在、稼働しているのは川内原子力発電所一号機のみ）、停電することなく電気が送られている状況を鑑みて、「原子力発電所がなくてもやっていける」と思われる方がいらっしやいます。しかし、その間、刻一刻と火力発電の焼き増しと電気料金の上昇という代償が払われているのです。また、原子力なしでは、2030年に大幅なCO<sub>2</sub>排出削減を達成することはできません。日本

が他の先進国と肩を並べられるような削減目標を掲げつつ、エネルギーセキュリティやコストなどにも配慮したエネルギーミックスを実現していくことが世界から求められています。そのためには、省エネ、高効率発電技術の技術開発、途上国の支援などに加え、利用サイドでの電化を含めた総合的な対策が必要となるでしょう。



## 講師略歴

### ●永田 豊

(ながた ゆたか)



一般財団法人 電力中央研究所 社会経済研究所  
エネルギーシステム分析領域  
副研究参事

1985年3月 東京工業大学理学部物理学学科卒  
1987年3月 同大学院総合理工学研究科エネルギー科学専攻修士課程修了  
1987年4月 (財)電力中央研究所 入所  
1991年10月～1992年9月 スタンフォード大学 客員研究員  
1996年5月～1999年3月 京都大学大学院エネルギー科学研究科 助教授  
2000年4月～2011年3月 東京工業大学大学院総合理工学研究科  
連携准教授