

対話イン三重大学2020

地球温暖化対策としての 再生可能エネルギーと原子力の役割

2020年10月15日(木)

シニアネットワーク連絡会(SNW)

大野 崇

ohno1045@ossis.email.ne.jp

本日お話したいこと

1. 地球温暖化問題とは
2. 温室効果ガスが寄与
3. 地球温暖化防止対策推進のための
国際連携の枠組みは
4. 温室効果ガスを削減するには
5. 再生可能エネルギーと原子力が鍵

1. 地球温暖化問題とは

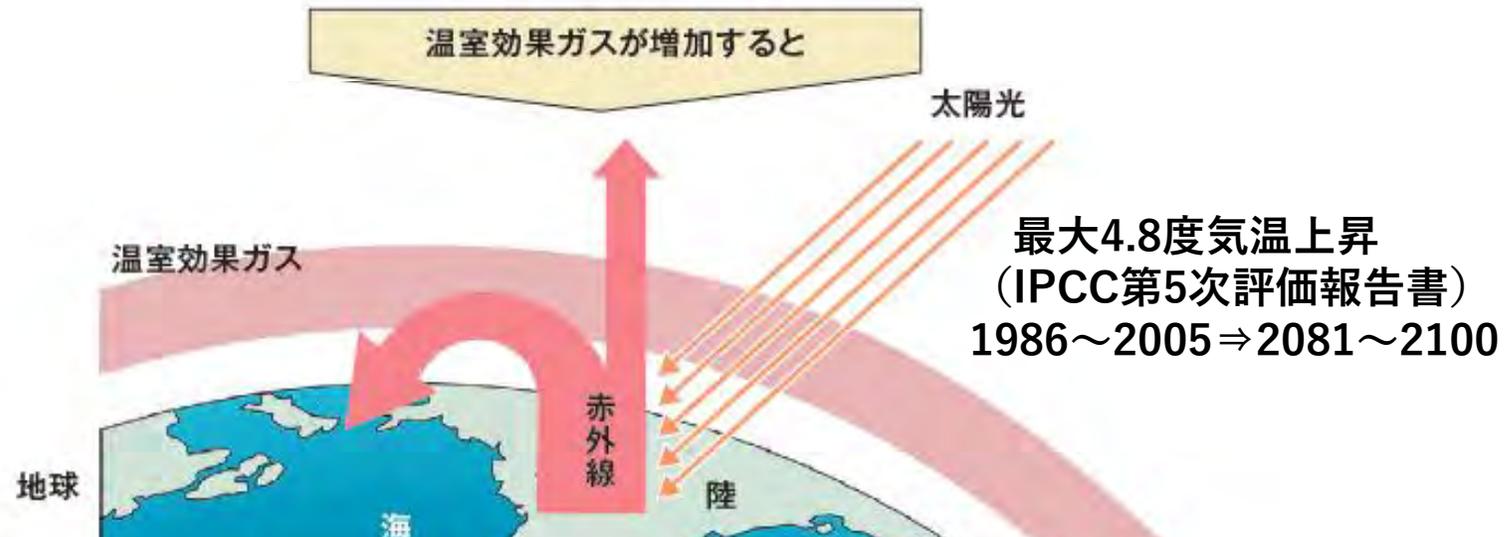
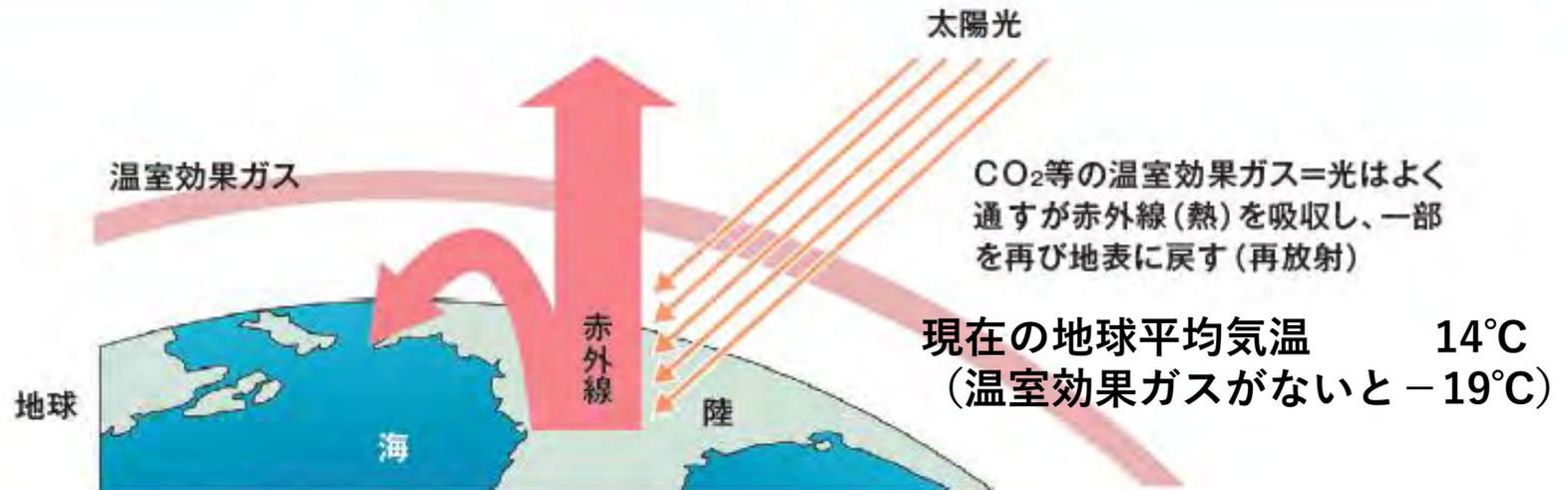
宇宙からみた夜の地球



世界の国々の中で、白く光り輝いているものは何でしょうか？ 中東地域の石油や天然ガスの炎のほかに、山火事や焼畑の光、漁火などもありますが、**この多くは電気の灯なのです。**

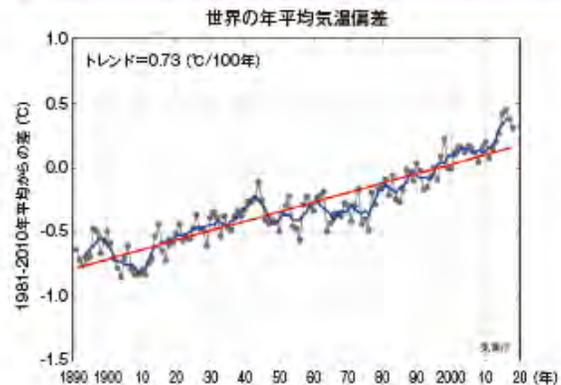
南半球よりも北半球の方が輝いているのは、先進国は北半球に多くあるためであり、いかに多くのエネルギーを利用しているか、この図から読み取れます。

温室効果のしくみ



平均気温の変化

世界の年平均気温の偏差(1891~2018年)



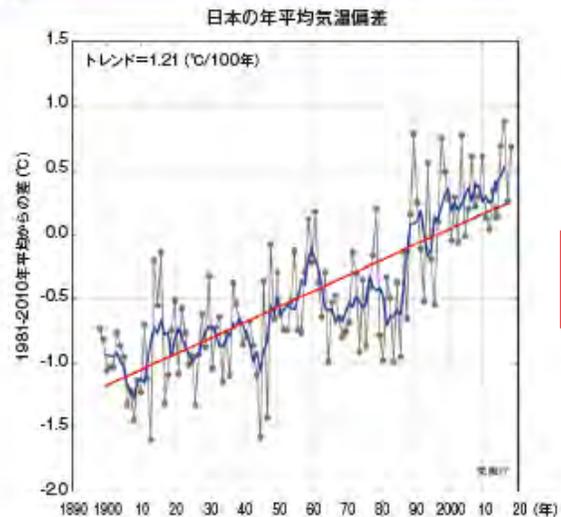
折線(黒)：各年の基準値からの偏差(1981~2010年平均からの差)
(2018年は偏差+0.31°C)

折線(青)：偏差の5年移動平均

直線(赤)：長期的な変化傾向
(100年あたり約0.73°Cの割合で上昇)

基準値は1981~2010年の30年平均値

日本の年平均気温の偏差(1898~2018年)



折線(黒)：国内15観測地点※での基準値からの偏差
(2018年は平均差+0.68°C)

折線(青)：偏差の5年移動平均

直線(赤)：長期的な変化傾向
(100年あたり約1.21°Cの割合で上昇)

基準値は1981~2010年の30年平均値

※15観測地点：網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島

IPCC第5次評価報告書 将来の世界平均気温

- 2081～2100年の世界平均地上気温の1986～2005年平均に対する上昇量は、濃度で駆動されるCMIP5モデルシミュレーションから得られる幅によれば、RCP2.6シナリオでは0.3～1.7°C、RCP4.5シナリオでは1.1～2.6°C、RCP6.0シナリオでは1.4～3.1°C、RCP8.5シナリオでは2.6～4.8°Cの範囲に入る可能性が高いと予測される

(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 19-21行目)

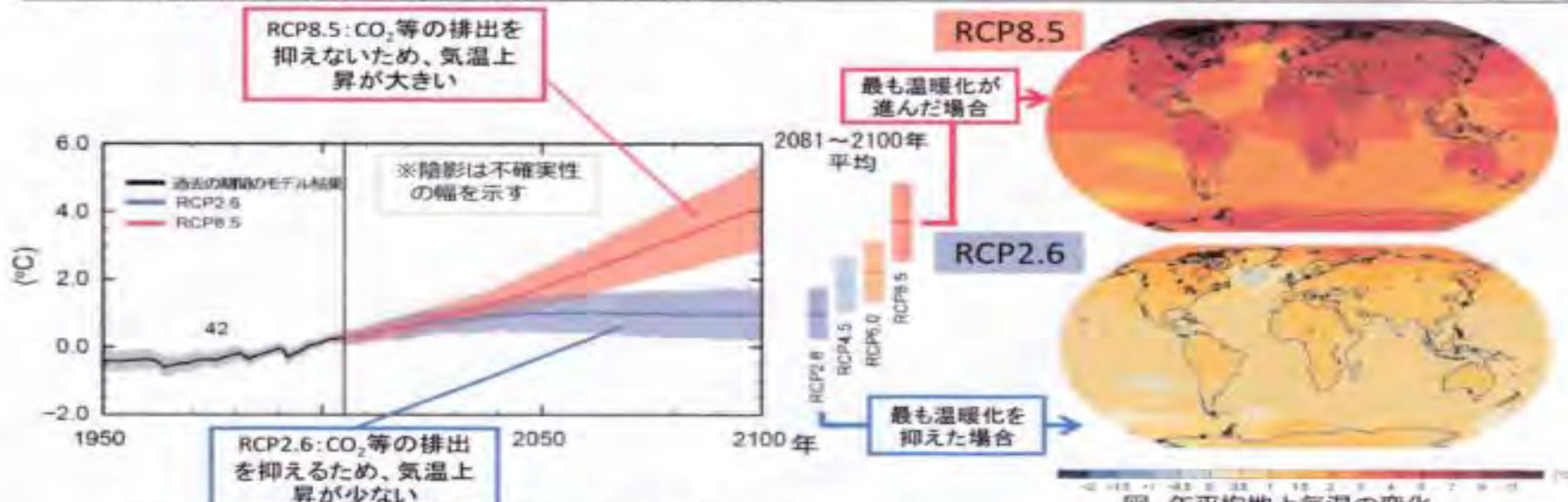


図. 1986-2005年平均に対する世界平均地上気温の変化
CMIP5の複数モデルによりシミュレーションされた時系列(1950年から2100年)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.7(a)

図. 年平均地上気温の変化
(1986-2005年平均からの偏差)
2081～2100年におけるRCP2.6とRCP8.5のシナリオによるCMIP5複数モデル平均の分布図

北極域は世界平均より速く温暖化し、陸上における平均的な温暖化は海上よりも大きくなるだろう(非常に高い確信度)
(IPCC AR5 WG I SPM p.20, 21-22行目)

出典: 図, IPCC AR5 WG I SPM Fig. SPM.8(a)

地球温暖化の影響



温暖化が最も深刻化した場合の2100年の世界を予測した

平均海面水位は最大1.1m上昇する

沿岸の湿地は海面上昇により2～9割が消失する

欧州やアジアなど規模の小さな氷河のほとんどが、8割以上解ける

海温の上昇により生態系に影響が及び、漁獲量は最大24%落ちる

1年当たりの沿岸の浸水の被害は現在の100～1000倍に増加する

海洋熱波が約50倍の頻度で発生する

永久凍土の融解が進み、小さな湖が増える

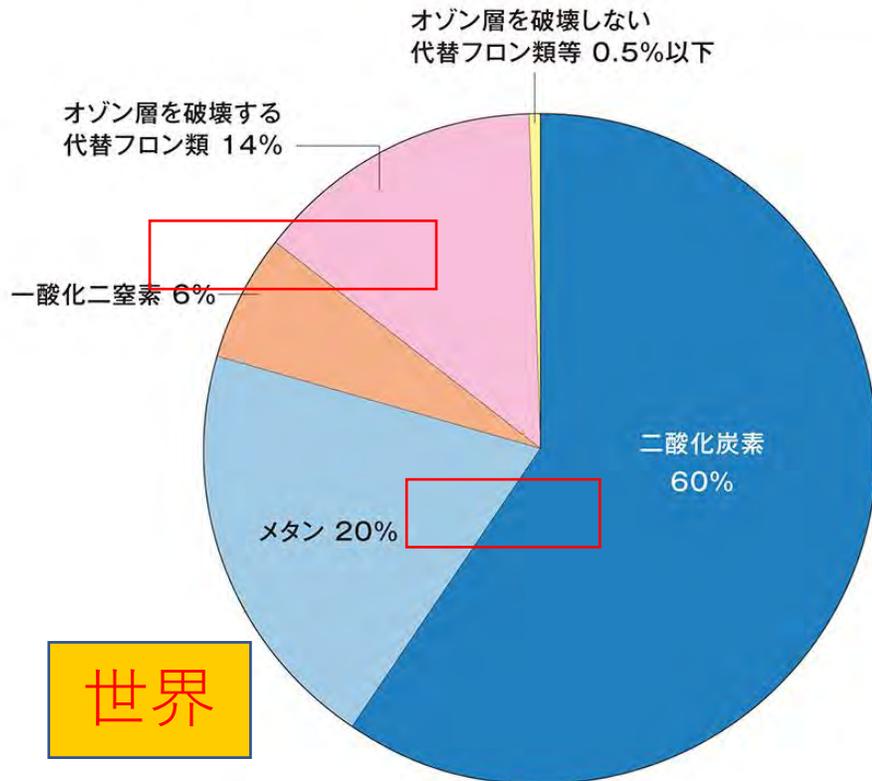
グリーンランドや南極の氷床の融解が加速する

(出所) IPCC特別報告書

2. 温室効果ガスが寄与

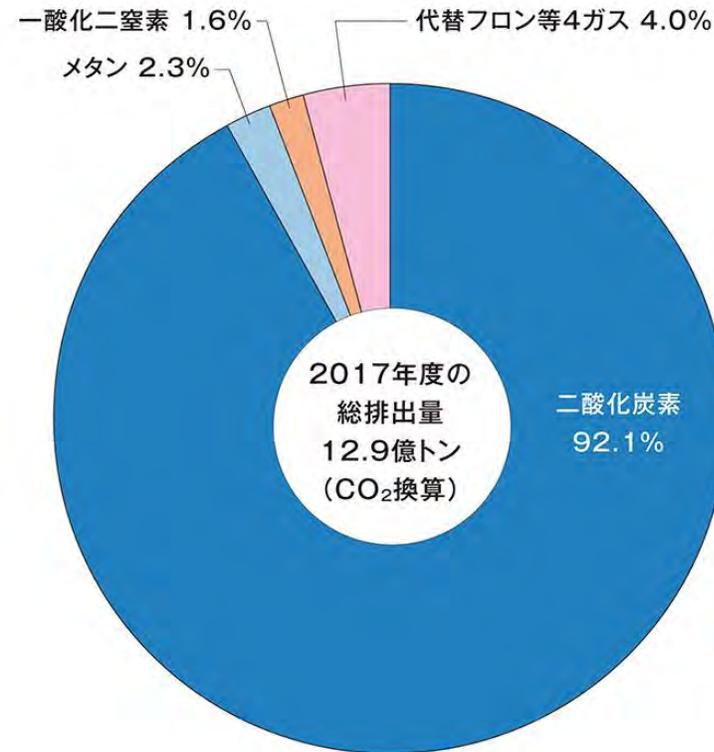
温室効果ガスの地球温暖化への寄与度

産業革命以降人為的に排出された温室効果ガスによる地球温暖化への寄与度



世界

日本が排出する温室効果ガスの地球温暖化への直接的寄与度 (2017年単年度)



日本

主な排出要因

二酸化炭素
石炭火力、排気ガス（自動車・工場）、焼畑、火山、山火事

メタン
畜産、ゴミの埋め立て、天然ガス、メタンハイドレード

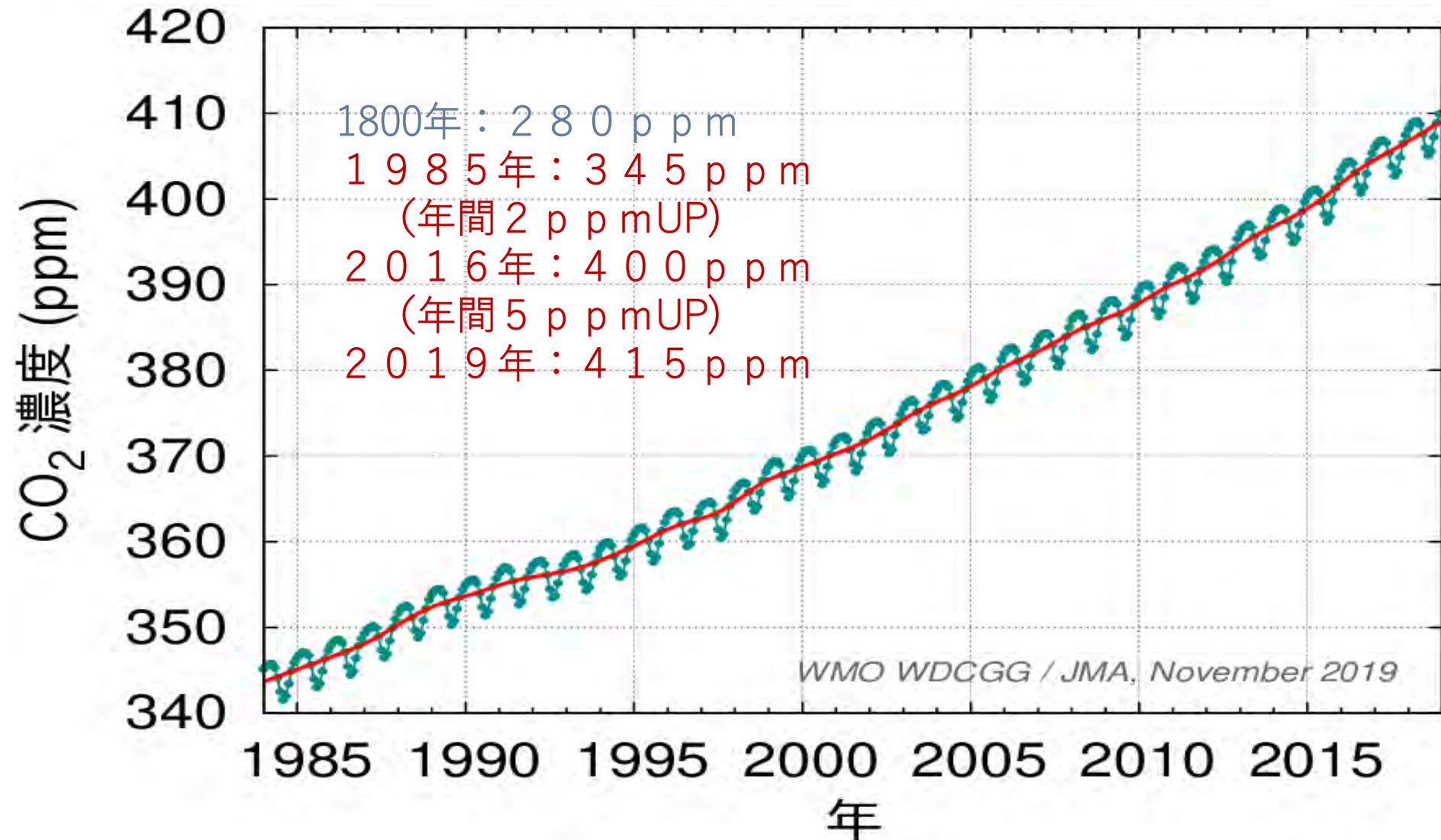
一酸化二窒素
畜産

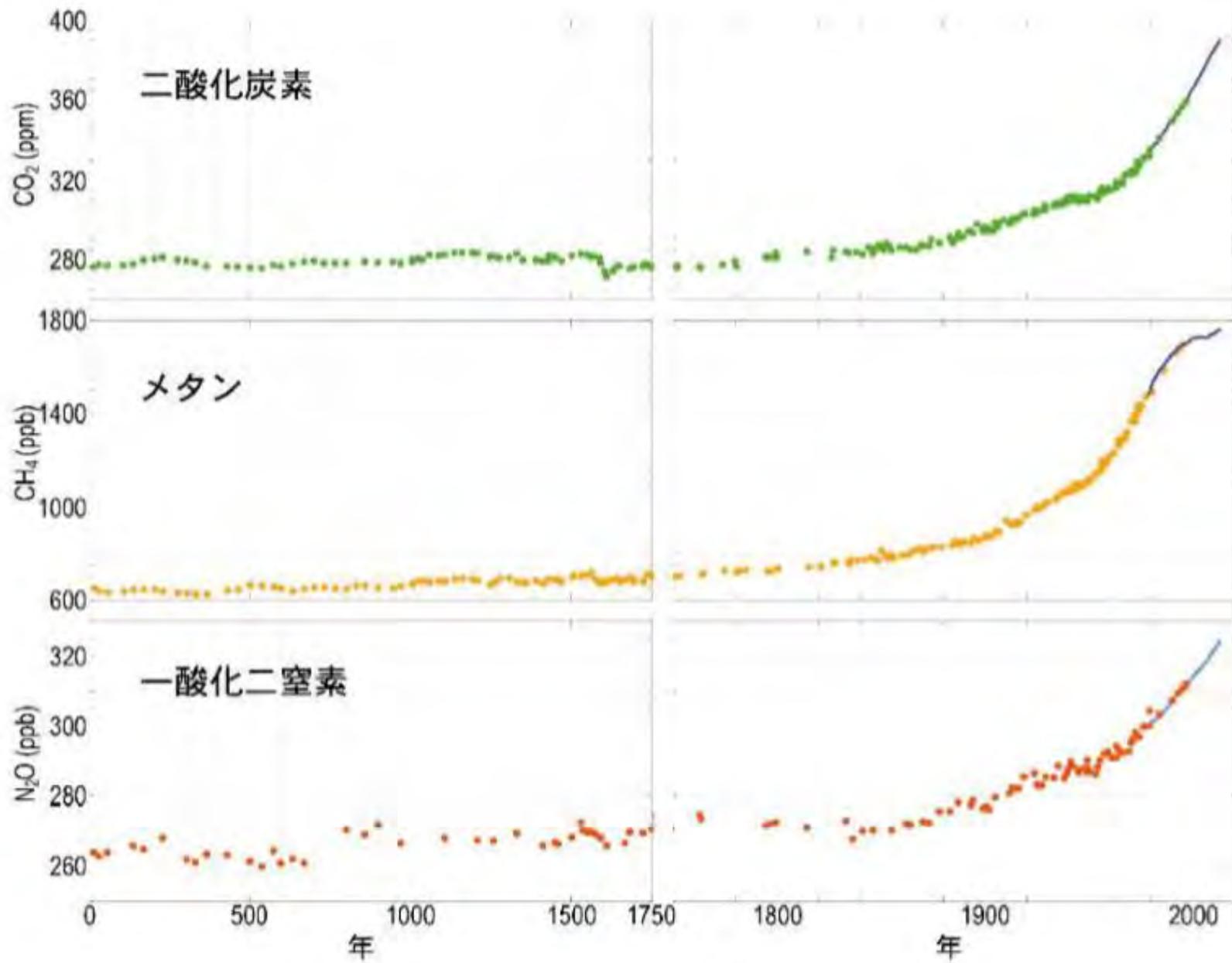
フロン
オゾン層減少

(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある

地球大気中のCO₂濃度の変化

出典：世界気象機関2019年11月データ



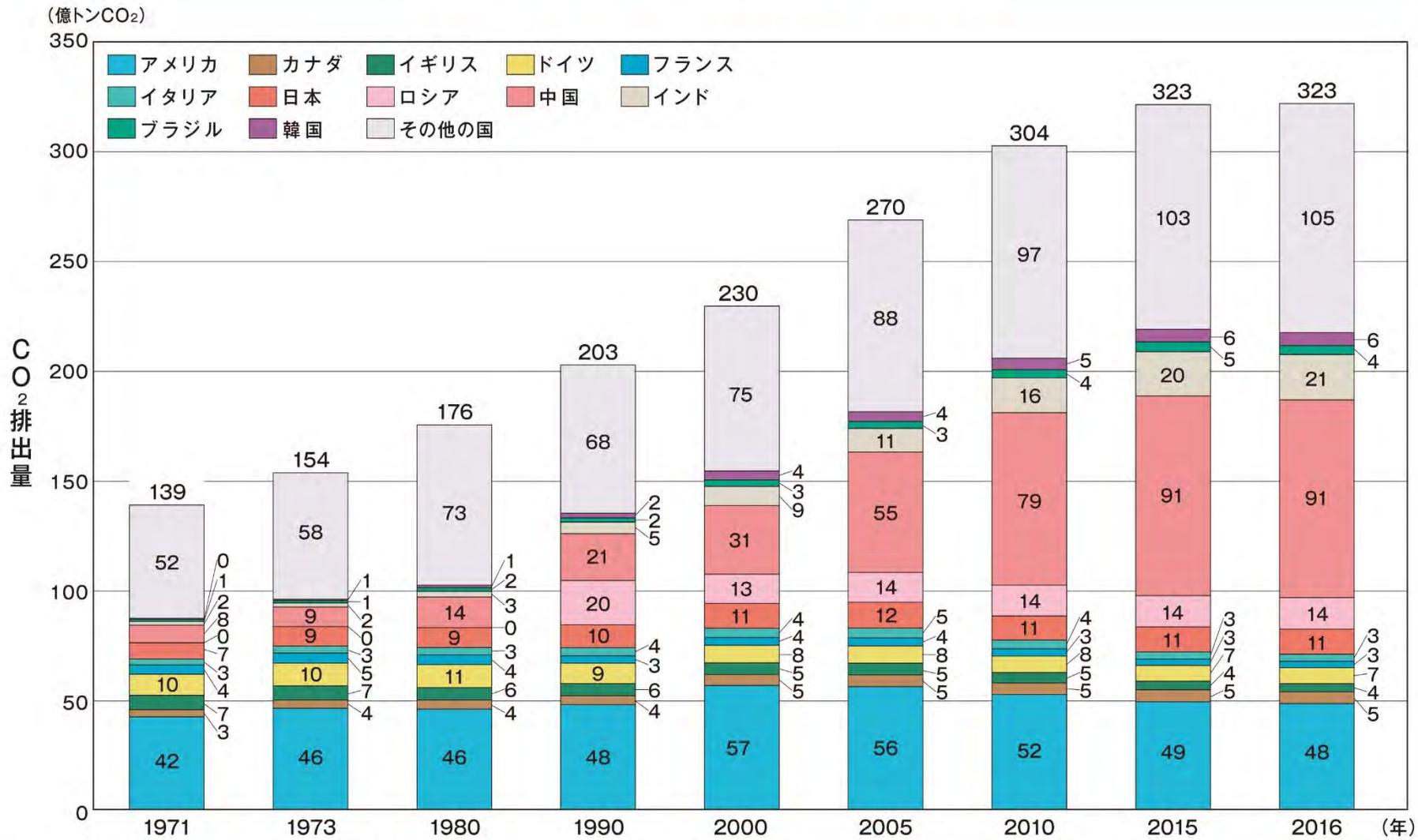


p p m :
parts per million
100万分の1

p p b :
Parts per billion
10億分の1

西暦0年から2011年までの主な温室効果ガスの大気中の濃度の変化
(IPCC 第5次評価報告書より)

世界のCO₂排出量の推移

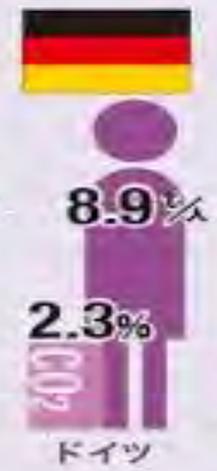
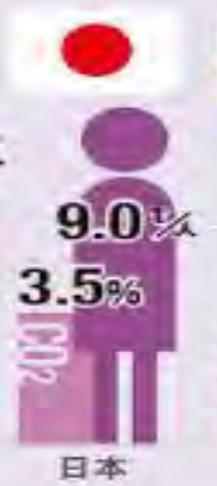
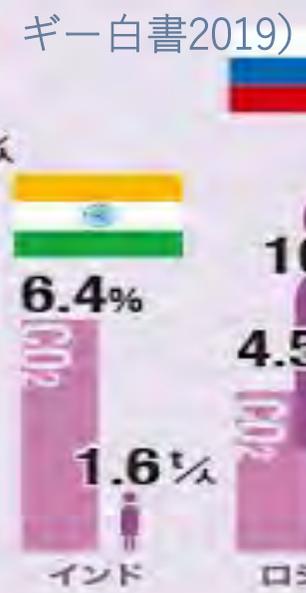


(注) 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある
 ロシアについては1990年以降の排出量を記載。1990年以前については、その他の国として集計

どの国がどのくらい二酸化炭素を出しているの？ 一人当たりではどのくらいになるの？

世界の二酸化炭素排出量に占める主要国の排出割合と各国一人当たりの排出量の比較(2016年)
出典) EDMC/エネルギー・経済統計要覧2019年版

排出割合
28.0%

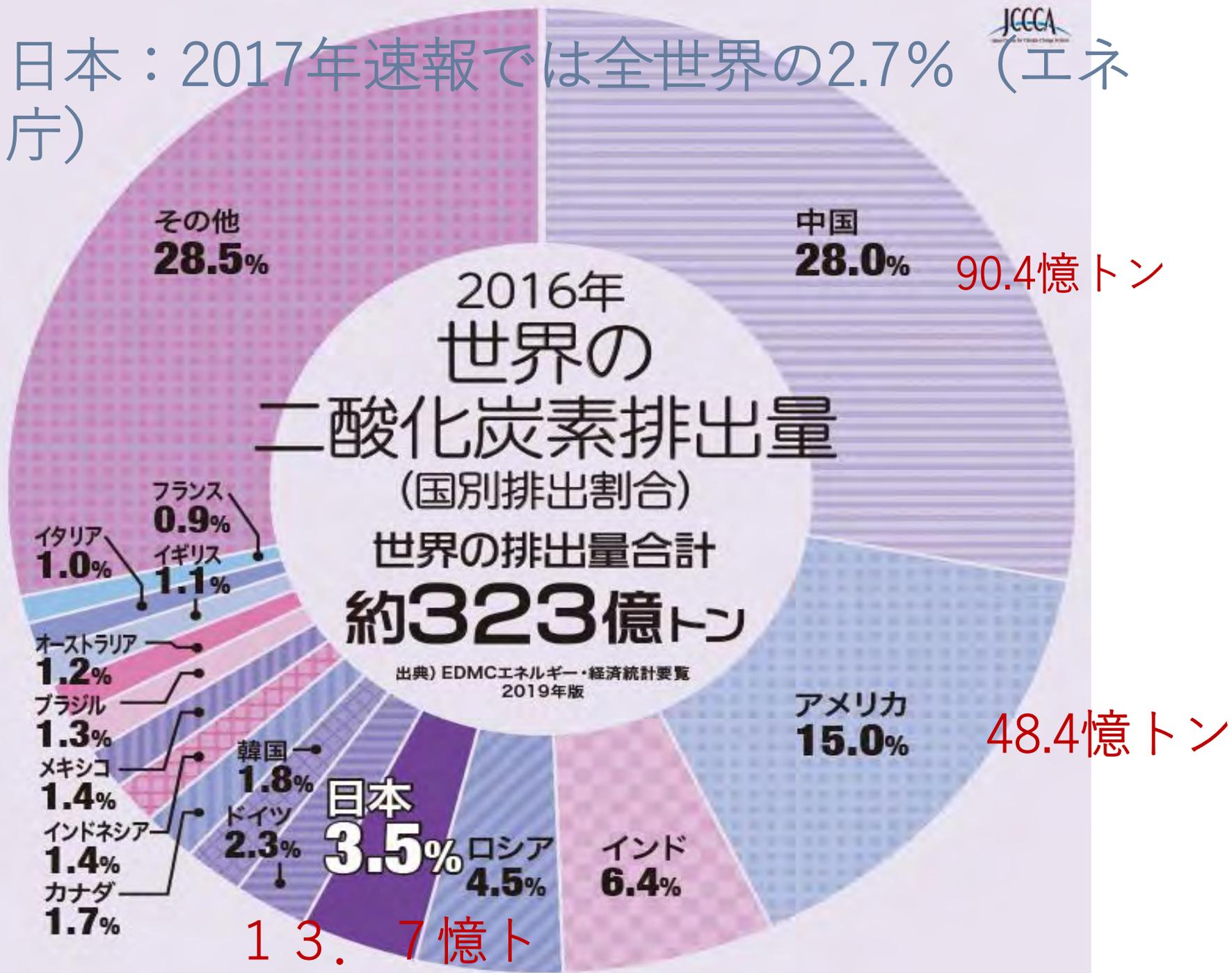


日本：OECD35ヶ国中27位

(エネルギー

ギー白書2019)

日本：2017年速報では全世界の2.7%（エネルギー）



3. 地球温暖化防止対策推進のための国際連携の枠組みは

IPCC (気候変動に関する政府間パネル:国連機関1988設立)

各国政府推薦の科学者

「国連気候変動枠組条約」：(UNFCCC) 1992年196か国締約

* 国連気候変動枠組条約締約国会議

第1作業部会(WG I)

(科学的根拠)

第2作業部会(WG II)

(影響、適応、脆弱性)

第3作業部会(WG III)

(気候変化に対する対策)

インベントリー・タスクフォース(TFI)

(国別の排出量・吸収量の目録策定のための方法論の作成/改定)

IPCC
総会

第5次報告書(2014)

反映

COP*

第1回 1995 ベルリン

第3回 1997 京都

京都議定書の採択

第16回 2010 カンクン

カンクン合意

第21回 2015 パリ

パリ協定

第25回 2019 マドリード

第26回 2021 グラスゴー

温室効果ガス削減：国際条約「パリ協定」

～2°C未満目標・ゼロエミッション社会への野心的挑戦～

- パリ協定合意内容：紳士協定と自主努力
 - ① 目標達成に向け全ての国が自主努力
 - ② 気候変動枠組条約の全加盟国196ヶ国が参加
2016-11-4発効。2019-11-4、米国の正式離脱通告。
 - ③ 長期努力目標：世紀後半までに「脱炭素化+ゼロエミッション」
 - 産業革命前からの平均気温上昇を「2°C未満」に抑制
(大気中のCO₂濃度を450 p p m以下にする)
 - 更に、平均気温上昇を「1.5°C未満」を目指す
 - 各国は対策を国連に提出し5年毎に目標見直し実施義務
 - 削減対策の進捗を2年毎に報告し、ピアレビューを受ける
- ☆ 2020年より各国の自主削減活動が本格始動！

各国の削減目標

国連気候変動枠組条約に提出された約束草案より抜粋

国名		削減目標		
	中国	2030年までに	GDP当たりのCO ₂ 排出を 60 - 65 % 削減	2005年比
	EU	2030年までに	40 % 削減	1990年比
	インド	2030年までに	GDP当たりのCO ₂ 排出を 33 - 35 % 削減	2005年比
	日本	2030年までに	26 % 削減 ※2005年比では25.4%削減	2013年比
	ロシア	2030年までに	70 - 75 % に抑制	1990年比
	アメリカ	2025年までに	26 - 28 % 削減	2005年比

日本のCO₂削減目標値

2030年迄に26%削減 (2013年比)

COP21 パリ協定 (2015.12)

- 全加盟国の参加: 先進国も途上国も
- 5年毎の削減目標
- 先進国の経済援助: 1000億ドル
- 発効基準: 55ヶ国以上。CO₂ 55%以上



	目標年	1990年比	2005年比	2013年比
日本	2030年	18.0%	25.4%	26.0%
米国	2025年 [2030]*	14~16%	26~28% [30%*]	18~21%
EU	2030年	40%	35%	24%

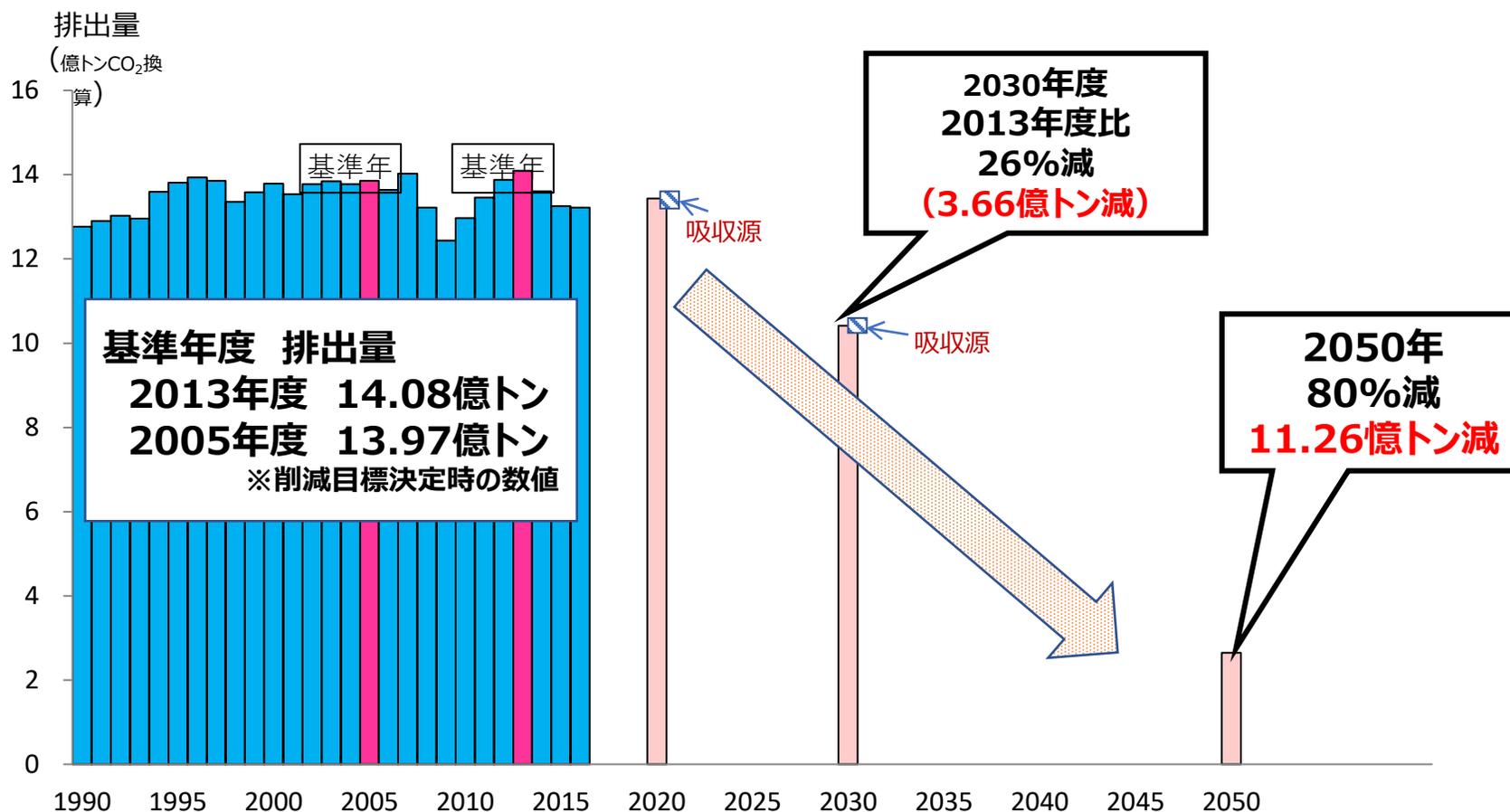
2017年8月 米国大統領 パリ協定脱退を国連に
通達

[注] *印: 2015年8月3日 米国Obama 大統領発表

我国の2050年に向けた温室効果ガス削減計画

削減目標：2030年度26%削減、2050年80%削減を目指す

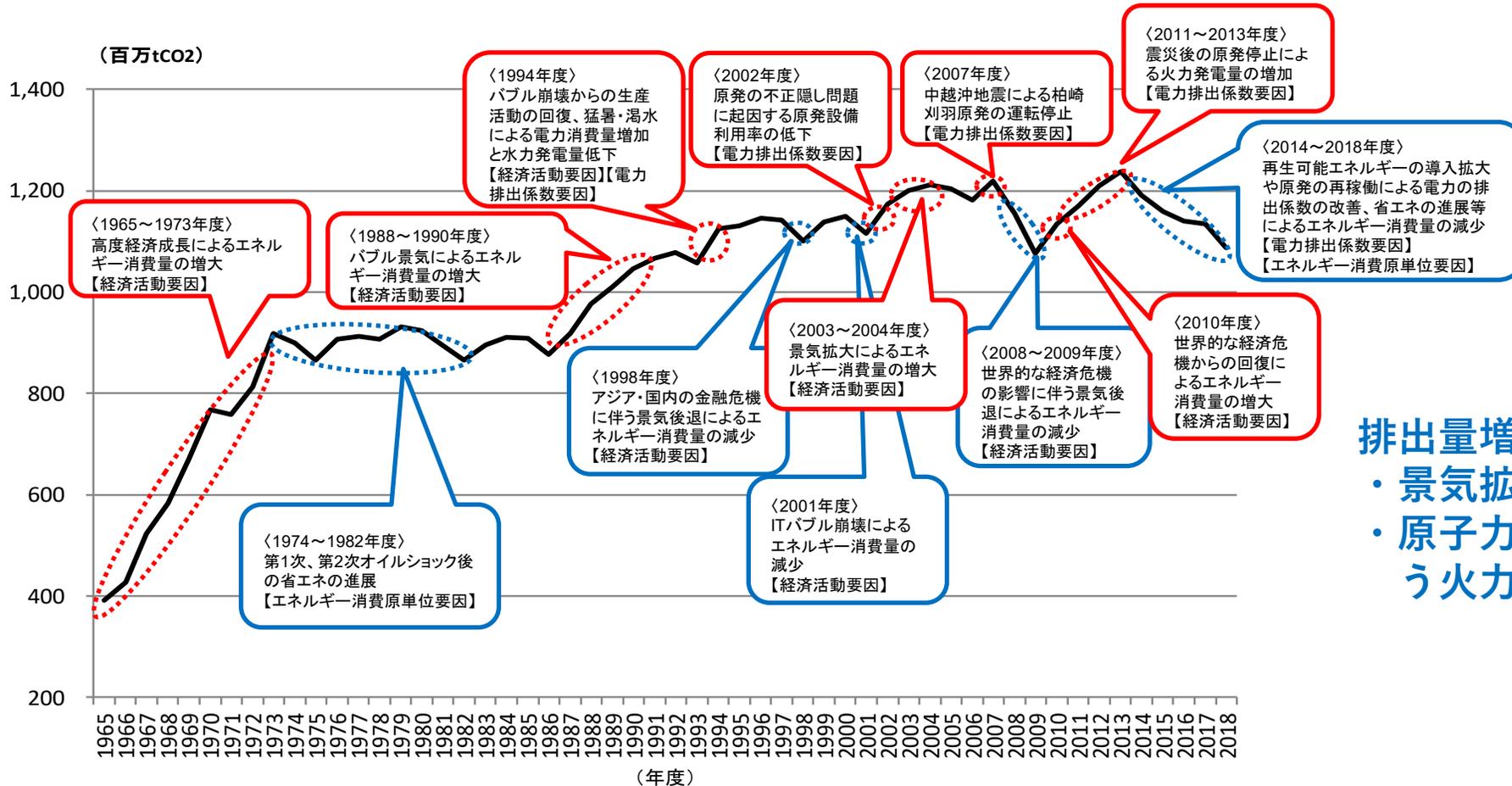
基本的考え方：環境・経済・社会の統合的向上に資する施策



(出所) 「2016 年度の温室効果ガス排出量 (速報値)」及び「地球温暖化対策計画」から作成 (小野洋氏資料より)

我が国のエネルギー起源CO₂排出量の長期的な推移(社会的背景)

● エネルギー起源CO₂排出量は、1965年度から2018年度までに177.1%増となっている。



排出量増加主要因

- ・ 景気拡大
- ・ 原子力発電停止に伴う火力発電量増加

<出典> EDMC/エネルギー・経済統計要覧(2020年版)(財)日本エネルギー経済研究所)をもとに作成
 ※ここで使用している「EDMC/エネルギー・経済統計要覧」のエネルギー起源CO₂排出量は「温室効果ガスインベントリ」のエネルギー起源CO₂排出量と異なることに注意が必要である。

4. 温室効果ガスを削減するには

CO₂排出量

$$\textcircled{1} \frac{\text{CO}_2\text{排出量}}{\text{エネルギー消費量}} \times \textcircled{2} \frac{\text{エネルギー消費量}}{\text{GDP}} \times \textcircled{3} \frac{\text{GDP}}{\text{人口}} \times \textcircled{4} \text{人口}$$

エネルギー消費
当たりのCO₂排出量

経済活動の
エネルギー効率

人口1人当たりの
経済水準

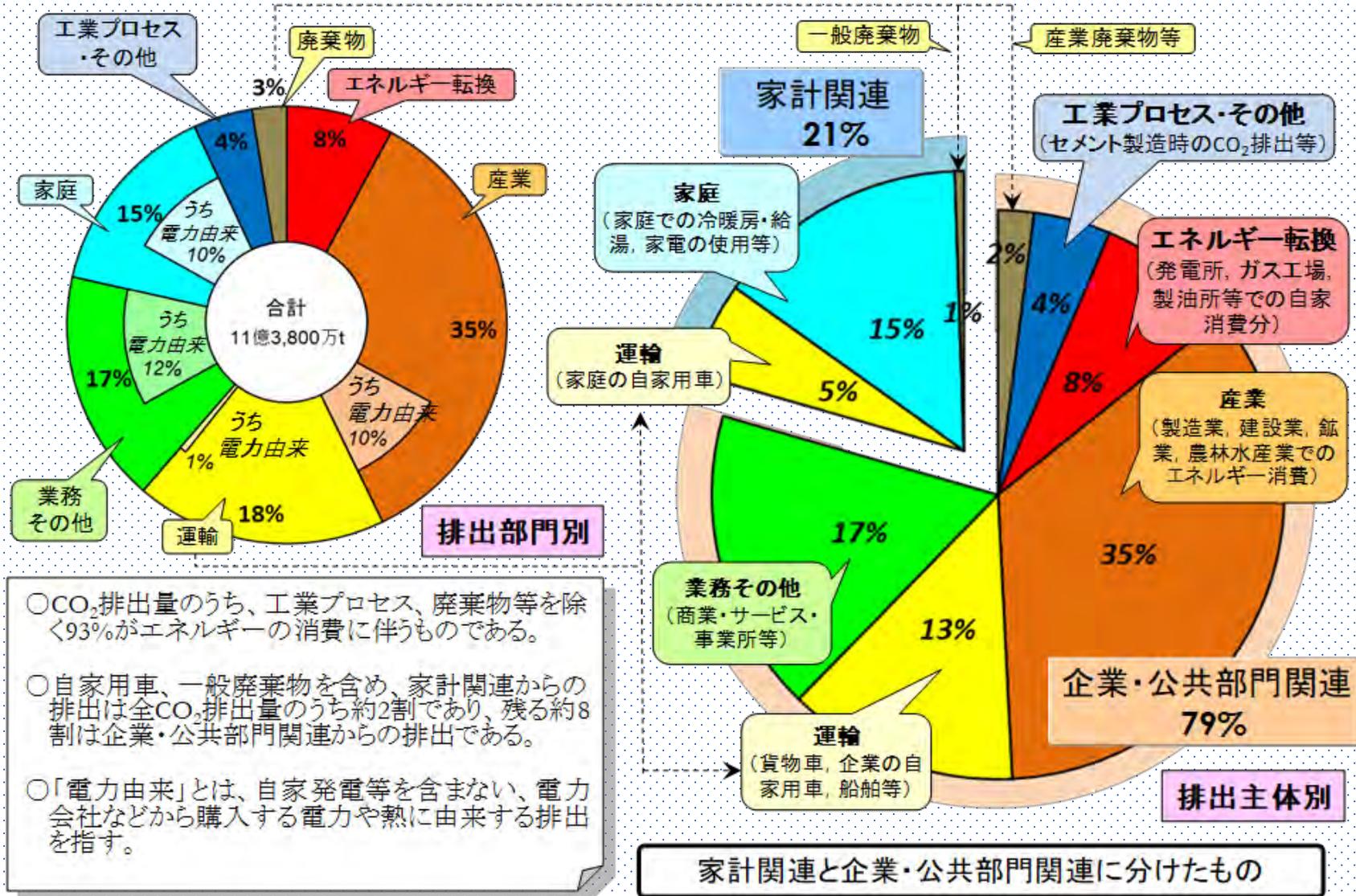
GDP：国内総生産
年間の国の儲けを示す

値を低くするには
火力発電にガスを利用
するなどして、エネル
ギー供給の低炭素化を
進める…など

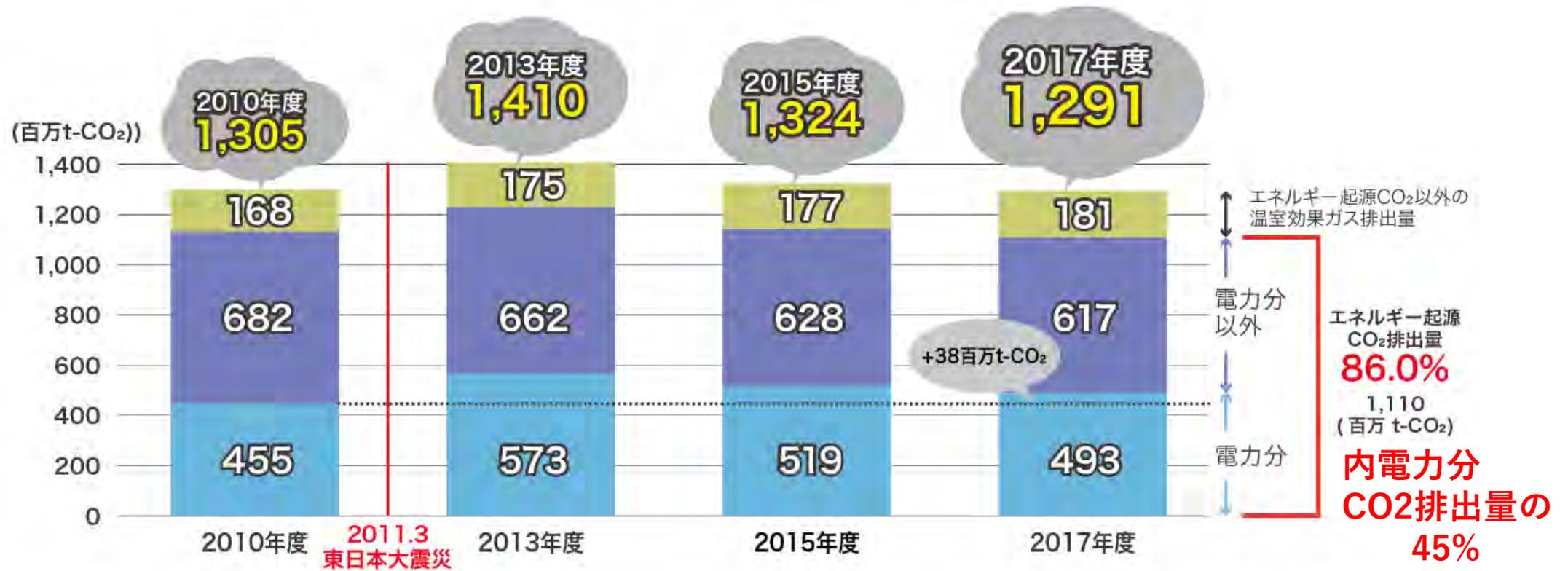
値を低くするには
エネルギー効率のよい機
械を導入するなどして、
省エネルギーを進める…
など

⇒ 国民の経済水準を保ちながら
CO₂排出量を減らすには
①低炭素化と②省エネ
鍵は電力部門の原子力と再エネ

2018年度の二酸化炭素排出量の内訳（電気・熱配分後）



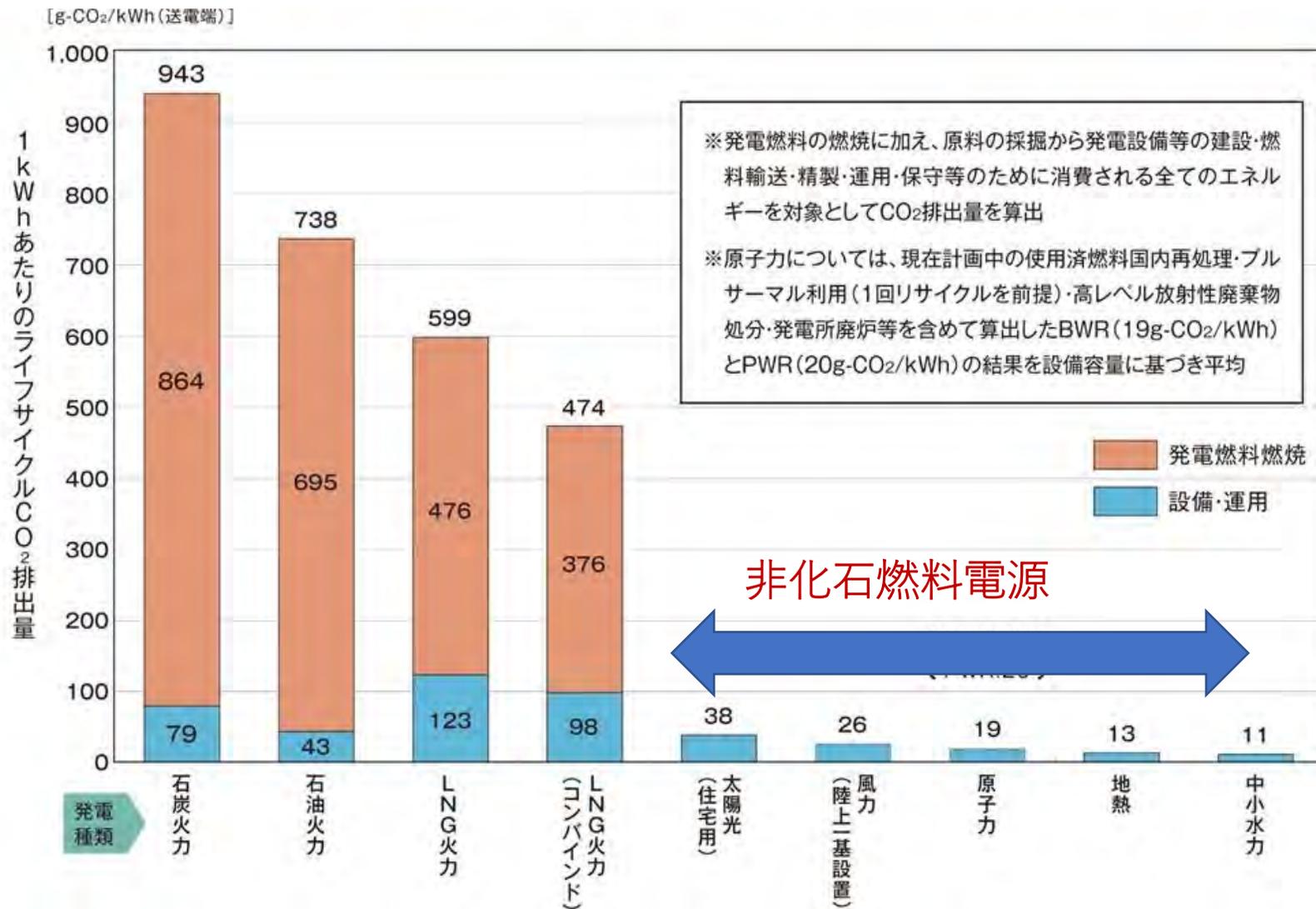
日本の温室効果ガス排出量の推移



出典：総合エネルギー統計、環境行動計画（電気事業連合会）、日本の温室効果ガス排出量の算定結果（環境省）を基に作成

温室効果ガス：二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、ハイドロフルオロカーボン類、パーフルオロカーボン類、六フッ化硫黄の6種類。

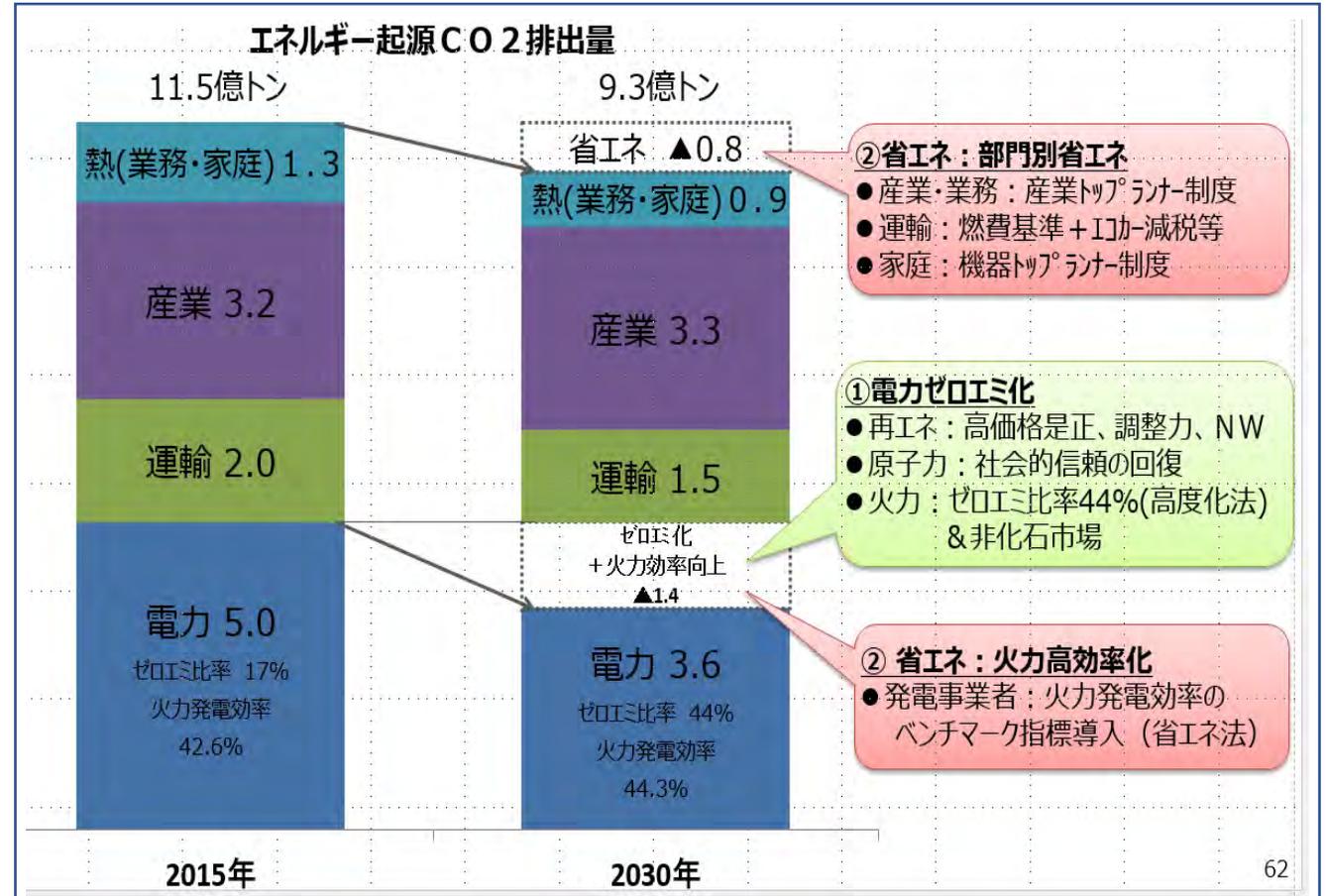
各種電源のライフサイクルCO2排出量



出典： 電事連原子力・エネルギー図面集2016

エネルギー起源GHG排出量（削減目標）

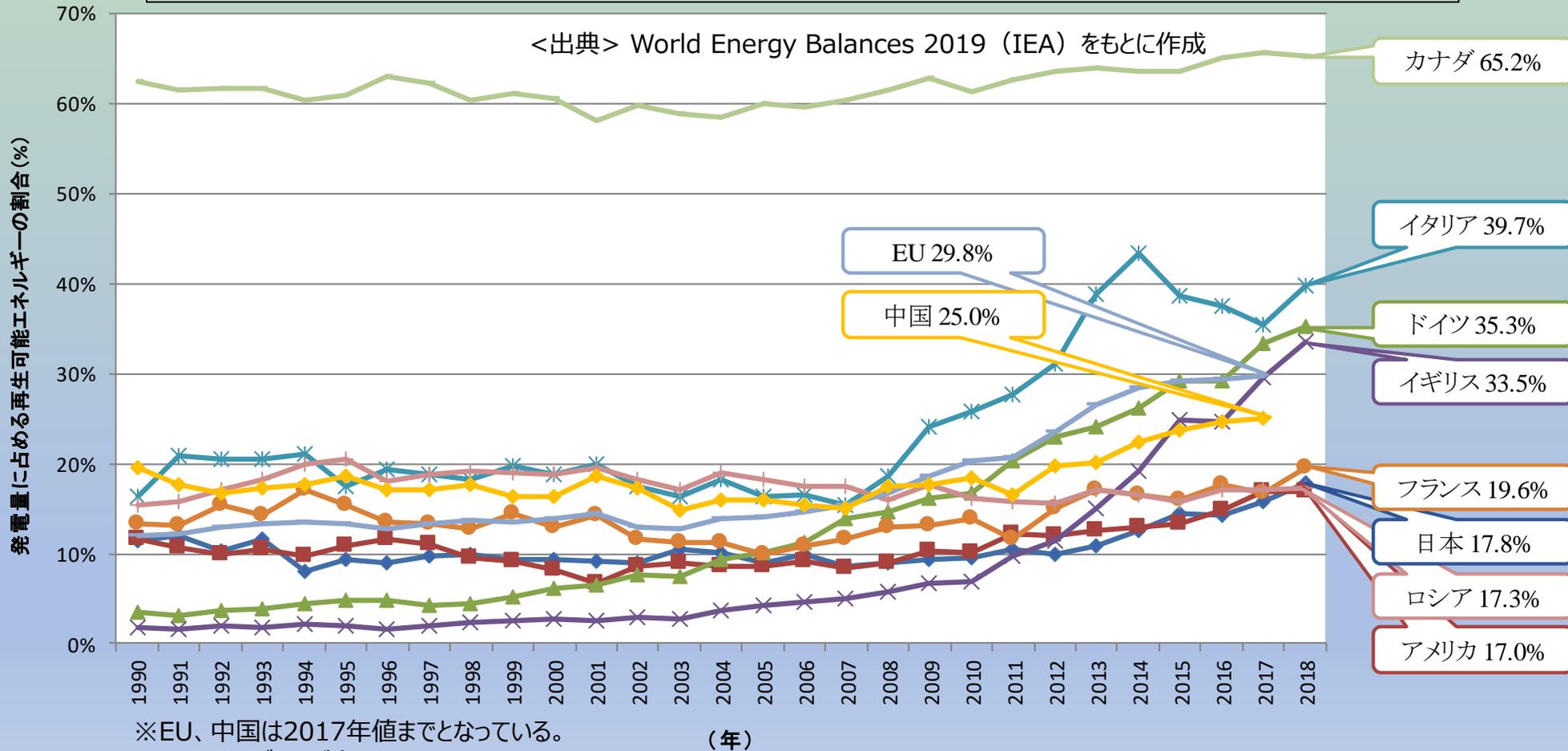
- ・エネルギー起源GHGのうち、電力分野の排出量は
2013年は5.7億トン(46%)
2015年は5.2億トン(43%)
2030年目標は3.6億トン
38%。
- ・他分野の排出低減に向けて政府一体の取り組みが重要。



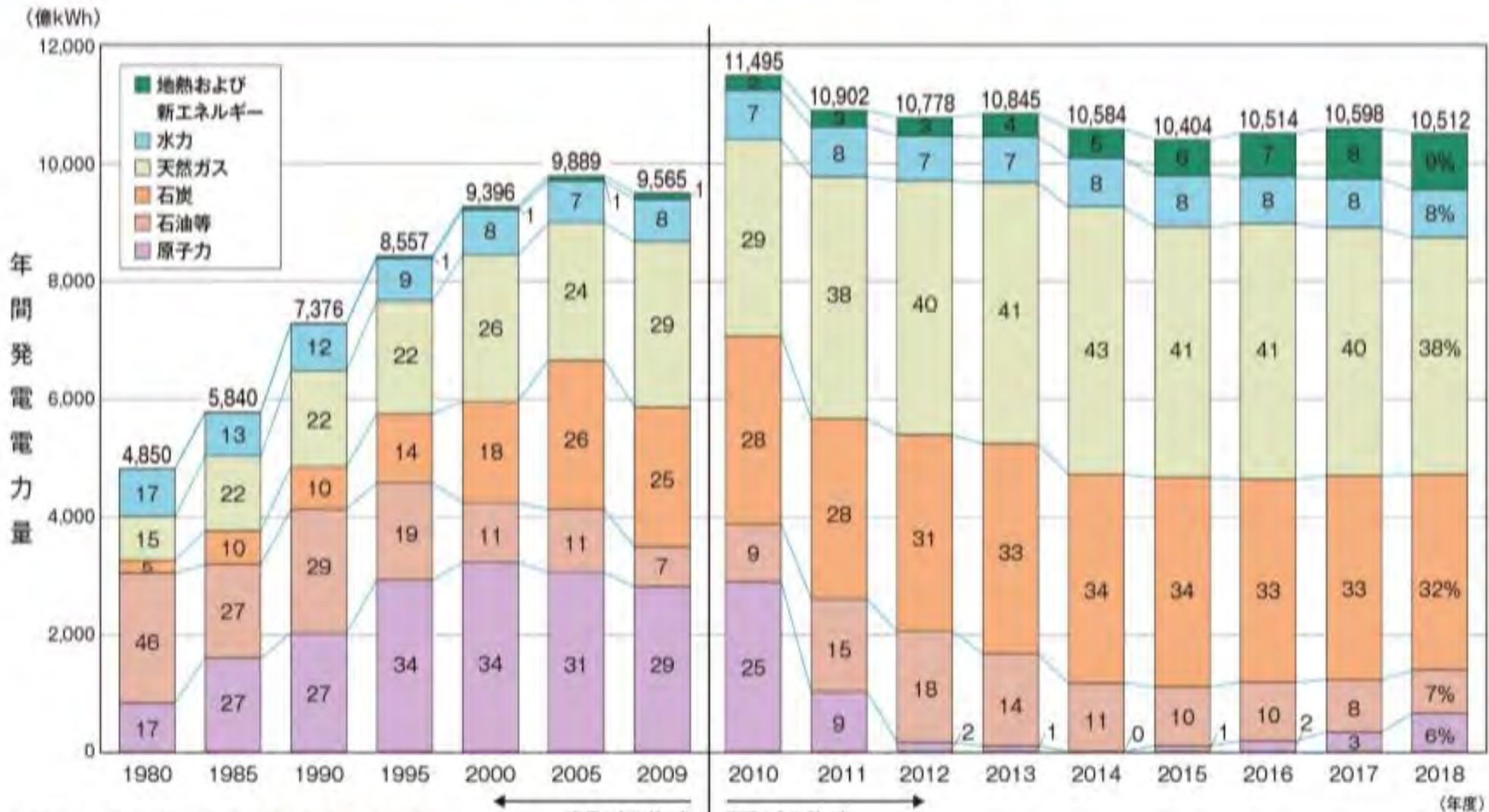
5. 再生可能エネルギーと原子力が鍵

主要国の発電量に占める再生可能エネルギーの割合の推移

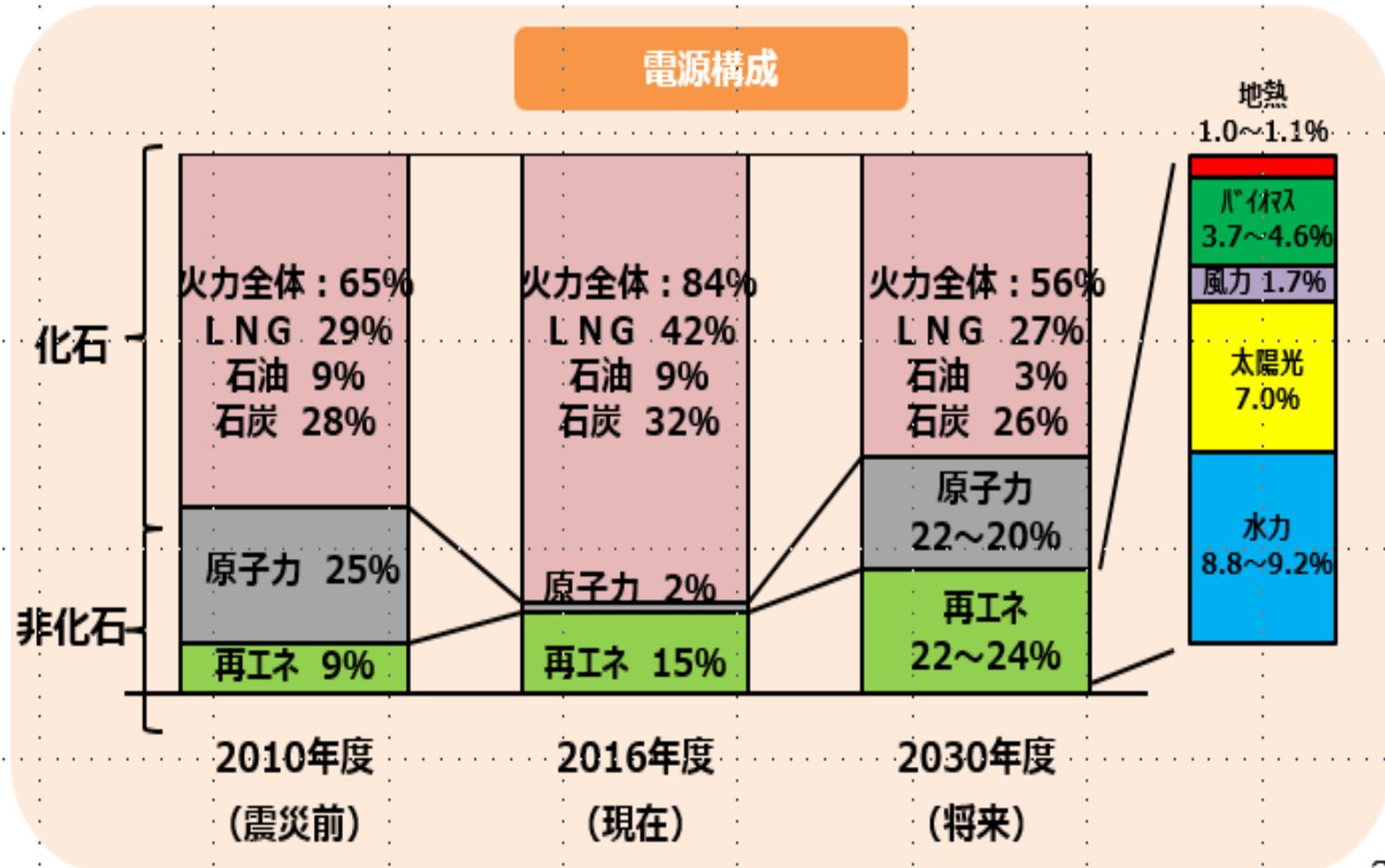
● 主要国の2018年（EU、中国は2017年）における発電量に占める再生可能エネルギーの割合は、カナダが最も高く、イタリア、ドイツが続く。一方、最も低いのはアメリカで、日本は3番目に低い割合となっている。



電源別発受電電力量の推移



2030年電源構成目標



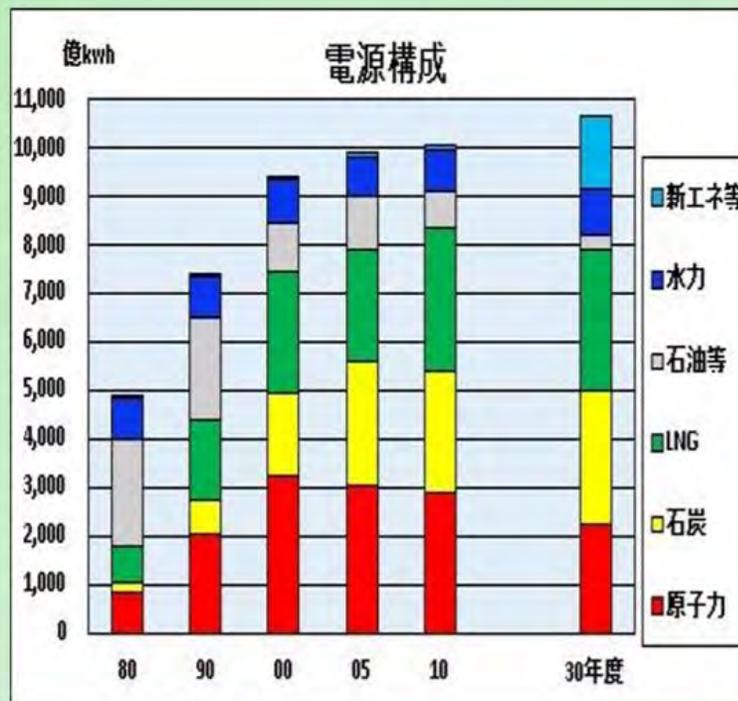
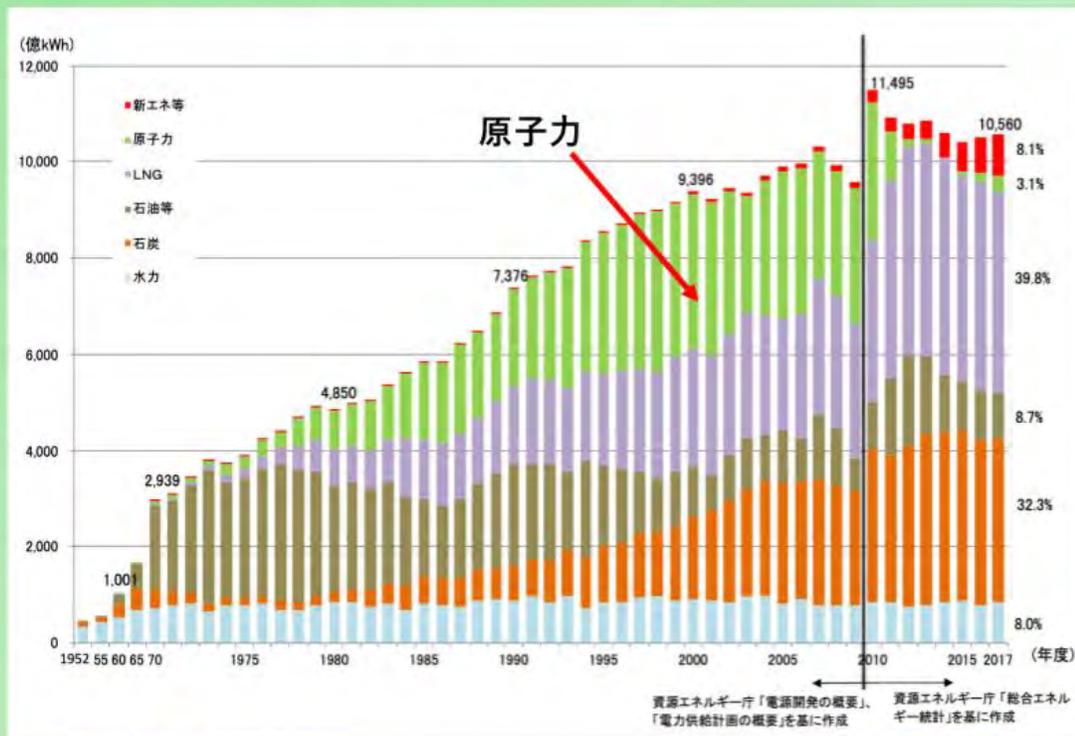
2018年度
 地熱: 0.22%
 バイオマス: 2.2%
 風力: 0.69%
 太陽光: 6.5%
 水力: 7.8%
 計 17.4%

再エネ電源の種類と特徴・課題

	太陽光	風力	バイオマス	地熱	水力	
					中小水力	一般
出力特性	不安定		安定			
	※気象により変動	※気象により変動	※安定集積が必要	-	-	-
キロワット時当たりのコスト	33.4-38.3	9.9-17.3	17.4-32.2	9.2-11.6	19.1-22.0	10.6
立地特性	大規模化には大面積の設置場所確保が必要	適地が北海道、東北に集中、環境影響への配慮が必要	大規模化には広域収集が必要	適地が国立公園内や温泉地に近接するため配慮が必要	水利権の行政手続き有	新規建設可能地は限定的
設備利用率	12%	20%	80%	70%	60%	45%
	南向き	設置場所により大きく変動	品質の安定及び安定集積が必要	-	-	-

原子力 全発電電力量の約30%を供給していた

1966年の商業発電開始以来、発電量を着実に伸ばし福島第一発電所事故以前は全発電量の約30%を供給する主力電源であった。



水力
主導

石油
主導

石油主導から石炭・LNG・原子力主導へ

石炭・
LNG

原子力発電20~22%(2030年)は可能か

厳しい状況になっている

- ・再稼働が新規制基準適合性審査、地元了解等の長期化、安全対策工事等により予定通り進まず。
- ・40年運転の延長に電力各社の思惑(採算性、電力自由化、..)
- ・新・増設を国が打ち出さない。地元了解取り付けの困難。
(計画から運転開始まで最低15年要す)



原子力産業協会の調査結果 (254社回答)

達成出来る：10%、達成出来ない：50%、
分らない：40%

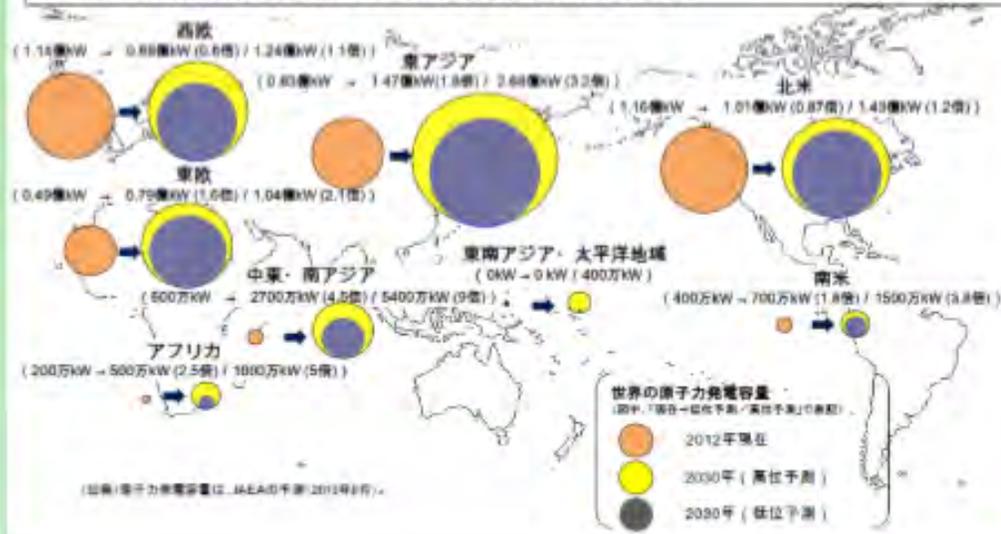
出来ない理由：新增設が見えない、再稼働が遅れている、信頼回復が進まない

世界の原子力発電利用の現状と将来

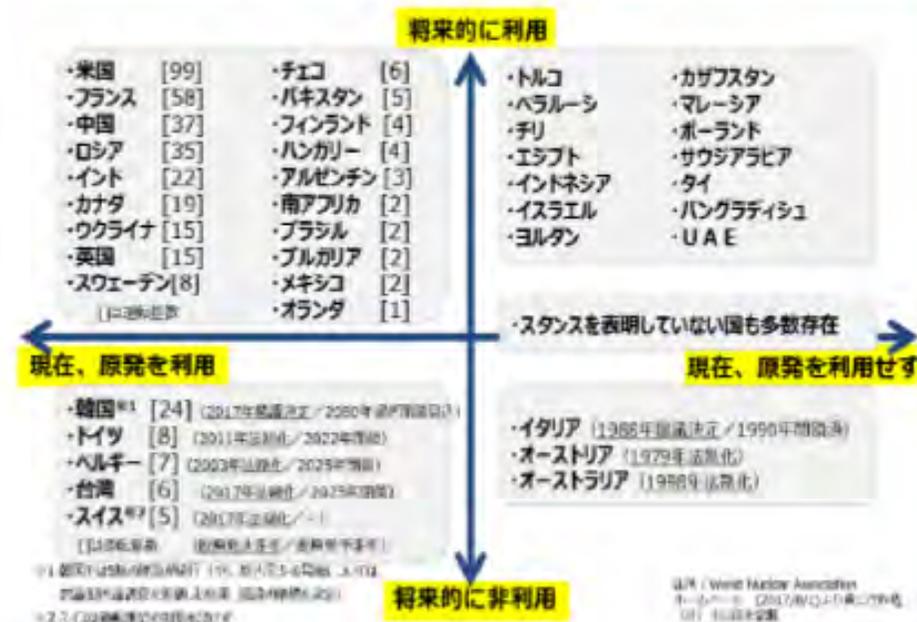
- ・ 現在、原子力発電を導入している国は**31か国**で、運転中のプラントは**441基**、総設備容量は**4億1000万kW**で世界全体の**発電電力量の10.1%**を担っている。
- ・ また、建設中のプラント数は63基、6700万kW、計画中は89基、9990万kWである。 (原子力産業協会調べ)

世界の原子力発電の見通し

1. IAEAは、2030年までに、世界の原子力発電所の設備容量は約20~90%増加すると予測。
(原子力発電所(100万kW級)の基数換算で、60~350基程度増加(年間3~19基建設)(2013年8月))
2. 東アジア、東欧、中東・南アジア等で大きな伸びが予想される。



各国の原子力発電利用状況と今後の見通し



原子力発電はなぜ必要か(1)

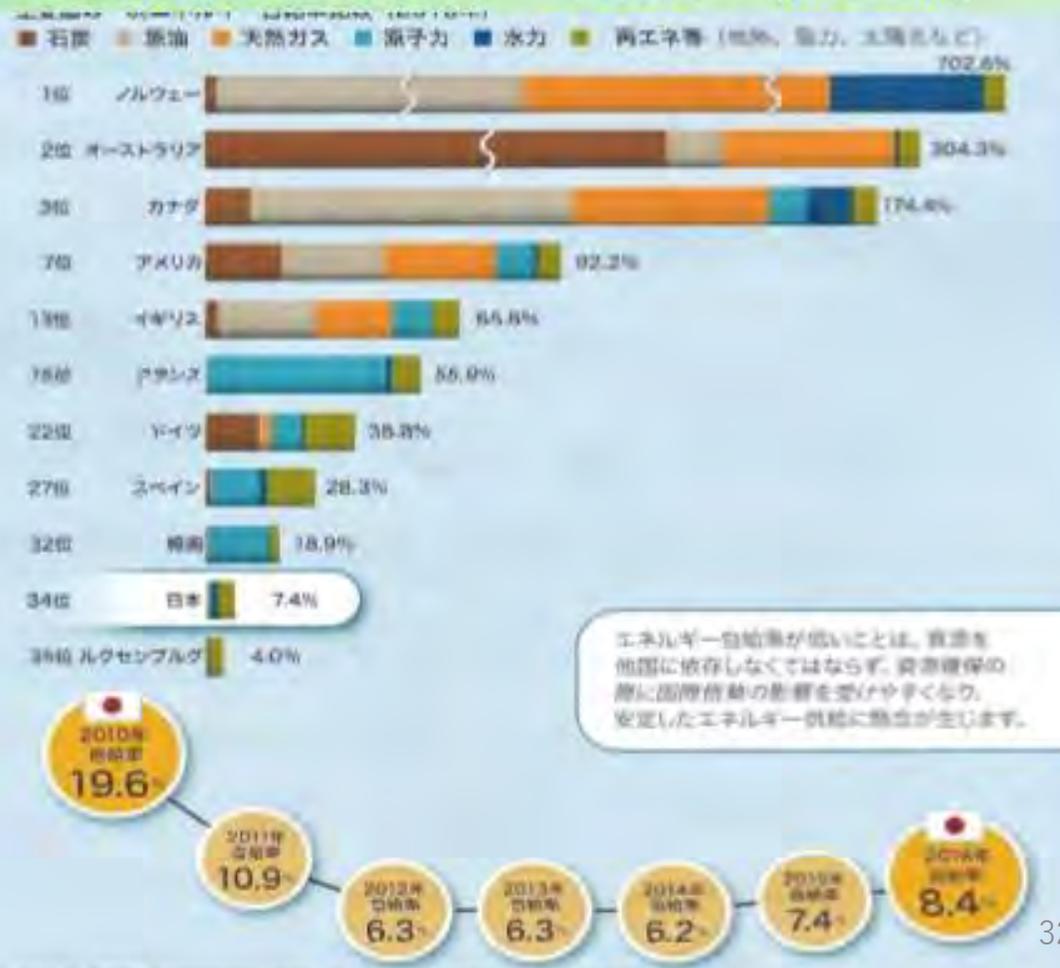
1. **安定したエネルギー供給**を確保するためには、資源小国であるわが国では準国産エネルギーである原子力は**エネルギー自給率向上**のために欠かせない。

エネルギー自給率は先進国最下位で**8.4%**であるが、福島第一発電所事故前は**約20%の自給率**であった。

化石燃料は、世界各国から輸入

- ・国内エネルギー需要の42%は輸入原油に依存
- ・世界輸出入総量の12.1%にあたる990億m³の天然ガスを輸入
- ・世界輸出入総量の20%にあたる187Mt（世界最多）の石炭を輸入

主要国のエネルギー自給率（2015年）



原子力発電はなぜ必要か(2)

2. **温暖化防止**に寄与する**安定電源**として原子力は欠かせない。

・再エネで安定電源は、**バイオマス、地熱、水力**

3. 発電コストが**もっとも安価**である。

・化石燃料は、発電時にCO₂を排出する他、**価格の大きな変動、輸入、資源の枯渇等の不安**

	エネルギーの安定供給	環境保全 (1kWhあたりのCO ₂ 排出量)		経済性 (1kWhあたりのコスト)			安全性など
		原料の採掘や輸送、輸送費など	発電時	2014年 モジュールコスト	2014年時点 での燃料費	2030年 モジュールコスト	
原子力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域が世界に広く分布 腐蝕性に落ちる 燃料をリサイクルできる 	19	発電時にCO ₂ を排出しない	10.1円~ (8.8円~)	1.5円	10.3円~ (8.8円~)	<ul style="list-style-type: none"> 徹底した安全確保、厳重な放射線管理、廃棄物の適切な処理、処分が必要
太陽光 (住宅用)		38		29.4円 (27.3円)	0円	12.5円~16.4円 (12.3円~16.2円)	<ul style="list-style-type: none"> 広い土地が必要
風力 (陸上)	<ul style="list-style-type: none"> 資源が枯渇するおそれがない 自然条件に左右される 	25		21.6円 (15.6円)	0円	13.6円~21.5円 (9.6円~15.6円)	
水力 (一般)		11		11.0円 (10.8円)	0円	11.0円 (10.8円)	<ul style="list-style-type: none"> 新たに建設できる場所が少ない
石炭火力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域に偏りがなく、世界に広く分布 	79	943 864	12.3円 (12.2円)	5.5円	12.9円 (12.9円)	
天然ガス (LNG) 火力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域の偏りが小さい 	123	599 476	13.7円 (13.7円)	10.8円	13.4円 (13.4円)	<ul style="list-style-type: none"> 世界的な資源価格の変動により、発電コストが大きく左右される
石油火力	<ul style="list-style-type: none"> 燃料の埋蔵地域が中東に偏っている 	43	738 695	30.6円~43.4円 (30.6円~43.3円)	21.7円	28.9円~41.7円 (28.9円~41.6円)	

単位: g-CO₂/kWh

()内は、政府認可を期待したコスト

再生エネルギーの種類、特徴と課題

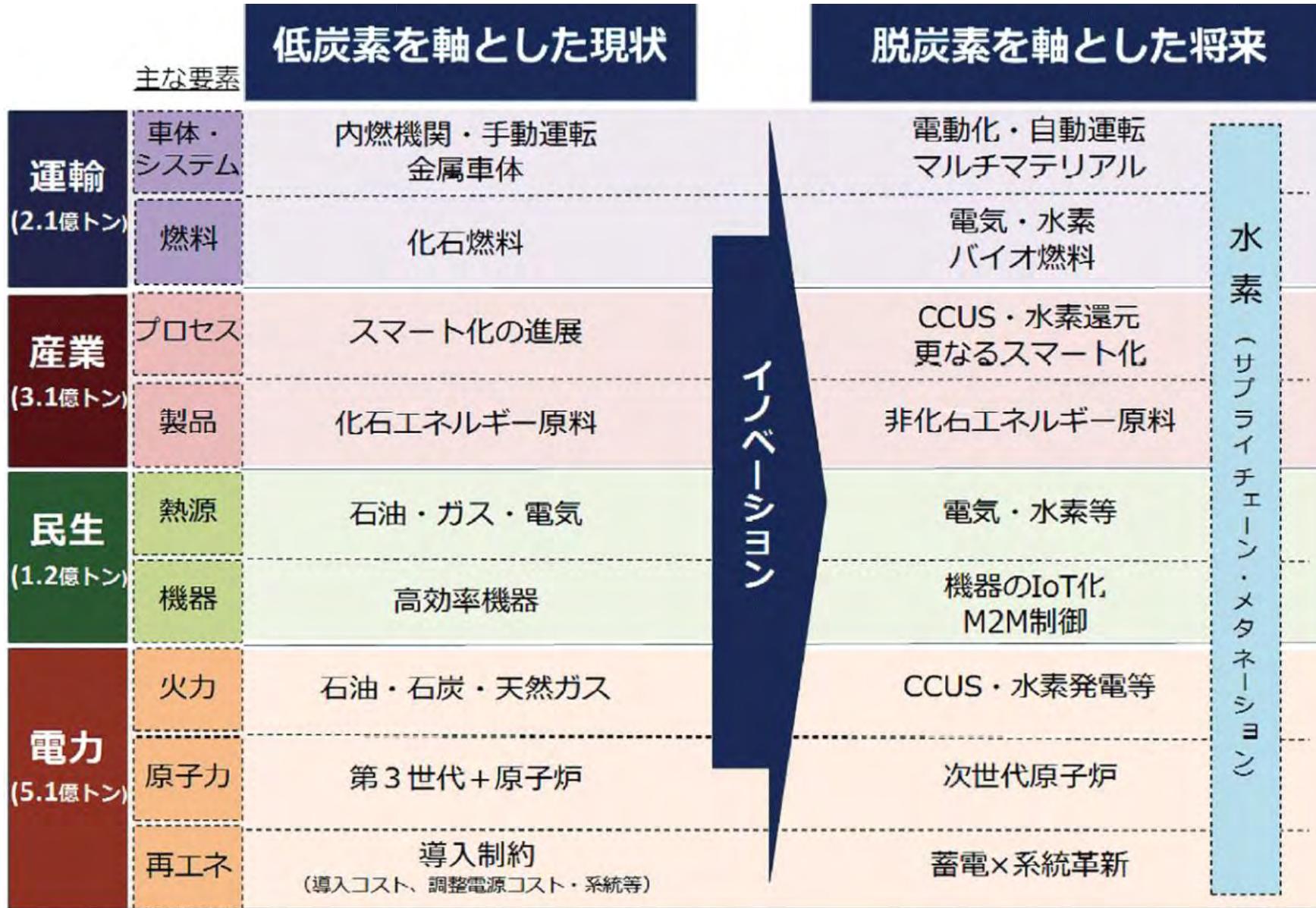
○変動型再生エネルギー（太陽光、風力）

- ・発電出力（kW）、電力量（kWh）が、自然条件（日照、気象）に左右（変動）され、予測不可、調整不可であり、電力需要に合わせた発電が出来ない
- ・エネルギー密度が低いため、広大な土地を必要とする
- ・海外と比べ発電コストが高い
- ・再生エネルギー賦課金が電気料金を押し上げている

○安定型再生エネルギー（水力、地熱、バイオマス等）

- ・原子力、火力と同様に、自然条件に左右されず出力調整が容易
- ・立地等の制約が大きく、今後の大規模開発は難しい。地域利用に向いている

2050年に向けたエネルギー技術について



ccus
 Carbon dioxide
 Capture Utilization
 and Storage
 二酸化炭素回収・利
 用・貯留技術

まとめ（1）

- 産業革命以降の気温上昇データから、地球温暖化は確実に進んでいる。
- このまま対策をとらなければ100年後には最大4.8°C上昇する。
- その要因は主にCO₂の濃度上昇によるものとされ、国連の下、196か国による温暖化防止のための会議が毎年開かれている。

まとめ（2）

- 我国は2030年度及び2050年度までに2013年比で各々26%、80%のCO₂削減を約しており、電力部門の脱炭素化、省エネ（産業部門の効率化等）等に努めているが、鍵となる電力部門の再エネ及び原子力は、各々普及上の課題、社会的受容性から先は明るくない。
- 2050年に向けては野心的な種々の技術的、社会的試みが計画されているが、その不確実性は高い。
- 原子力は、知事の同意さえ得られれば再稼働が可能で、また、リプレースによる新設によりCO₂削減に大きく貢献できるので 国の温暖化防止政策において避けて通れない。

終わり

ご清聴ありがとうございました