

# 宮城教育大学とシニアとの対話会

## 2022年7月26日（火）

### 第2グループ対話テーマ

## 「カーボンニュートラルについて」

シニア： 本田 一明（SNW東北）  
後藤 廣（原子力学会 SNW連絡会）

# 目次

カーボンニュートラル	<ul style="list-style-type: none"><li>・カーボンニュートラルとは</li><li>・なぜカーボンニュートラルを目指すのでしょうか（1～2）</li><li>・カーボンニュートラルを表明した国</li><li>・世界のCO<sub>2</sub>排出量</li><li>・日本の温室効果ガス排出量</li></ul>
エネルギー資源と脱炭素	<ul style="list-style-type: none"><li>・エネルギー資源の種類</li><li>・脱炭素の難しさ</li><li>・どのようにしてCO<sub>2</sub>を減らすのか（1～9）</li><li>・2050年に向けたエネルギー技術まとめ</li></ul>
再生可能エネルギー、原子力発電	<ul style="list-style-type: none"><li>・日本財団「18歳意識調査」の結果から（1～2）</li><li>・ここで、再生可能エネルギーについて（1～5）</li><li>・それでは原子力発電は（1～2）</li></ul>
エネルギー問題（S+3E）	<ul style="list-style-type: none"><li>・最近のエネルギー問題</li><li>・2030年の電源別発電コスト試算の結果</li><li>・カーボンニュートラルはエネルギー問題</li></ul>
補足	<ul style="list-style-type: none"><li>・カーボンニュートラルの産業イメージ</li><li>・グリーン成長戦略</li><li>・2050カーボンニュートラルに向けた課題と取り組み</li><li>・カーボンニュートラルに向けた取り組み（1～2）</li></ul>

# カーボンニュートラルとは

「温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること」を意味します。

- ・ 経済活動を行う以上、完全に二酸化炭素（温室効果ガス）排出量をゼロにすることはできない。
- ・ そこで、できるだけ排出量を減らした上で、どうしても残った「残存排出量」の分を森林に吸収させたり、地下に埋めたりすることで実質的な排出量をゼロにするという考え。

＝ 「脱炭素」

2020年10月の臨時国会で、菅総理が「2050年カーボンニュートラル宣言」を行いました。

「我が国は、2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、すなわち2025年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことをここに宣言致します」



出典：首相官邸Twitter

# なぜカーボンニュートラルを目指すのでしょうか(1/2)

○地球規模の課題である気候変動問題の解決に向けて、

**2015年にパリ協定が採択**されました。(参考: [パリ協定 | 外務省 \(mofa.go.jp\)](http://mofa.go.jp))

○このパリ協定で、**世界共通の長期目標**として、世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて

- ・ 2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること (2℃目標)
  - ・ 今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡を達成すること
- 等が合意されました。

○この実現に向けて、世界が取組を進めており、多くの国と地域が「**2050年カーボンニュートラル**」という目標を掲げているところです。

**CO2 削減は世界的な潮流。**

**13** 気候変動に  
具体的な対策を

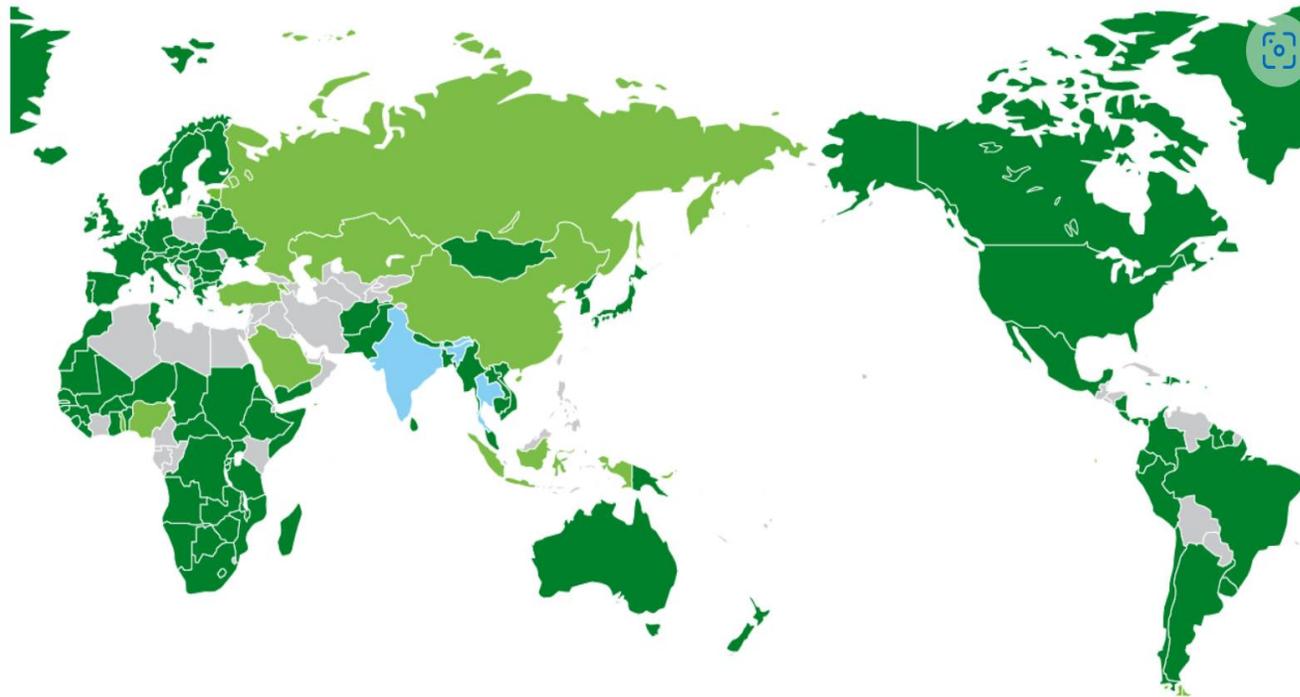


# なぜカーボンニュートラルを目指すのでしょうか(2/2)

- ・パリ協定以前の国際コンセンサス  
「温暖化を2°Cに抑えるために2050年温室効果ガス排出量80%減」
- ・パリ協定以降  
「温暖化を1.5°Cに抑えるために2050年にカーボンニュートラルを追求すべき」という議論が生まれた。
- ・当時、一部の専門家はさすがにそれは実現不可能であると批判したが、その後様々な要因が重なった(※)ことで、欧州を中心に賛同者が増加。2019年に英国が初めて「2050年カーボンニュートラル」を法制化したことを皮切りにフランス、ドイツが続き、翌年には中国、EU全体、そして日本も「2050年カーボンニュートラル」を宣言した。
- ・さらに同様の目標を公約とするバイデン米大統領が誕生した。  
 「カーボンニュートラル」は潮流となった。

(注) ※2015年のフォルクス、ワーゲン社による排出ガス規制不正事件でディーゼル車によるEUの低炭素戦略が頓挫し、EV (Electric Vehicle ; 電気自動車) 化を推し進めざるを得なくなったこと、2015年~2016年の原油価格下落で北海油田の不採算化が進んだこと、2014年以降イスラム国の台頭により中東地域が不安定化したこと、2014年のロシアによるクリミア併合で欧米が対露制裁を行い、欧州の脱ロシア依存の機運が高まったこと、などの要因が影響したのではないかと考えられている

# カーボンニュートラルを表明した国

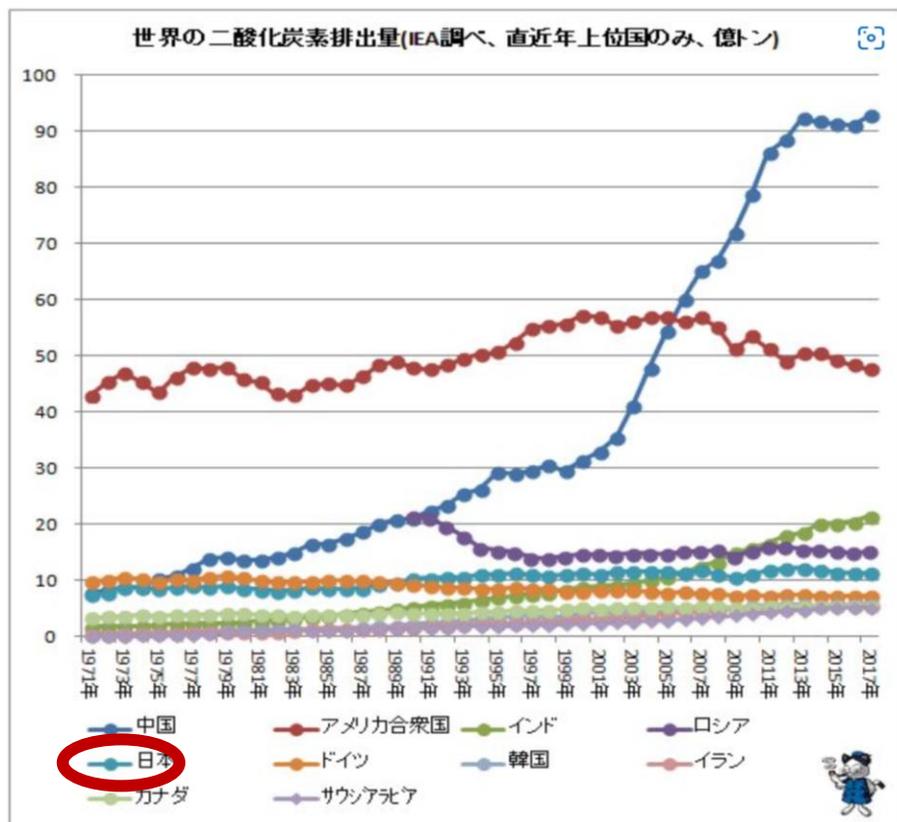


- 2050年までのカーボンニュートラル表明国（日本を含め144か国）
- 2060年までのカーボンニュートラル表明国
- 2070年までのカーボンニュートラル表明国

- 2050年までのカーボンニュートラル（CN）に向けて取り組む国・地域※1）：144  
これらの国における世界全体のCO<sub>2</sub>排出量に占める割合は42.2%（2018年実績※2）
- 加えて、中国（28.4%）、ロシア（4.7%）、インドネシア（1.6%）、サウジアラビア（1.5%）等は2060年まで、インド（6.9%）等は2070年までのCNを表明するなど、カーボンニュートラル目標を設定する動きが拡大。（これらの国における世界全体のCO<sub>2</sub>排出量に占める割合：88.2%）

# 世界のCO2排出量

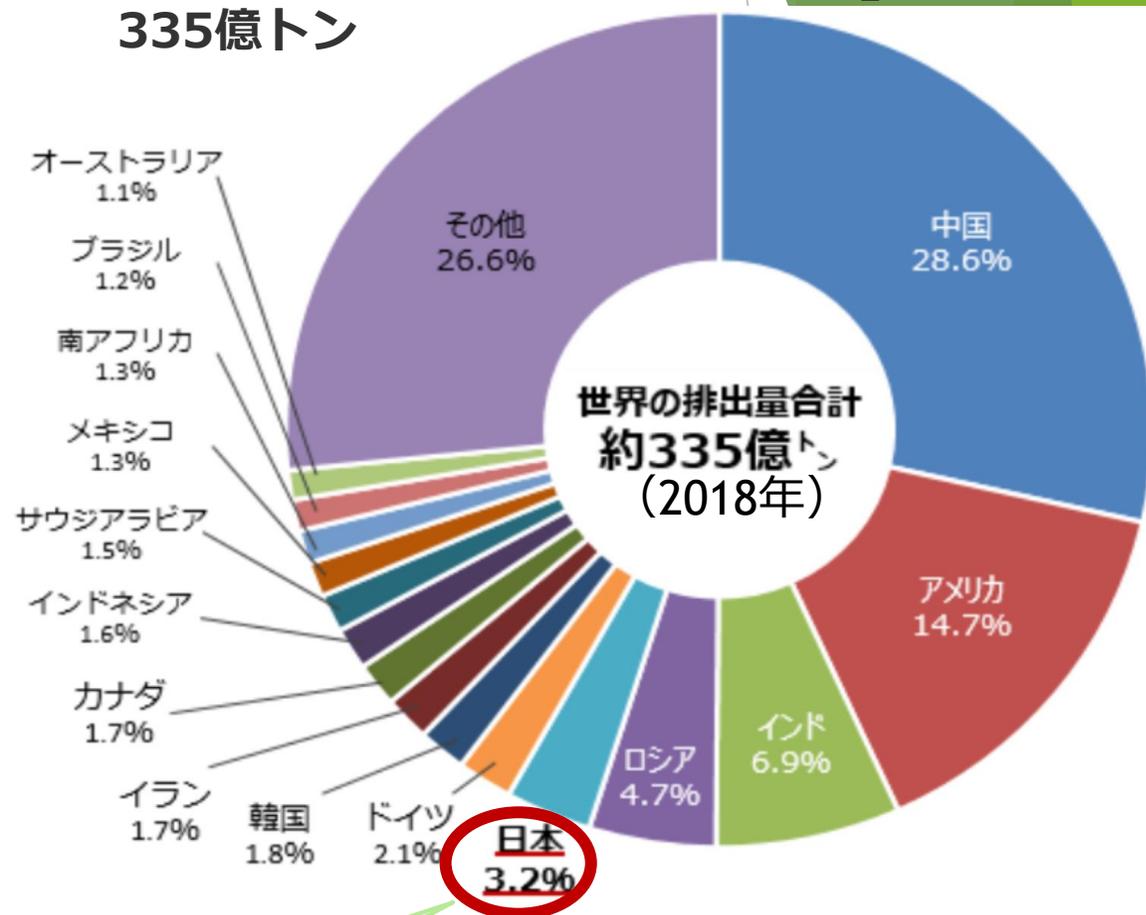
日本のCO2排出量は世界の3%



世界各国のCO2発生量推移

出典：Yahooニュース（不破雷蔵氏）

2018年 世界のエネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量  
335億トン



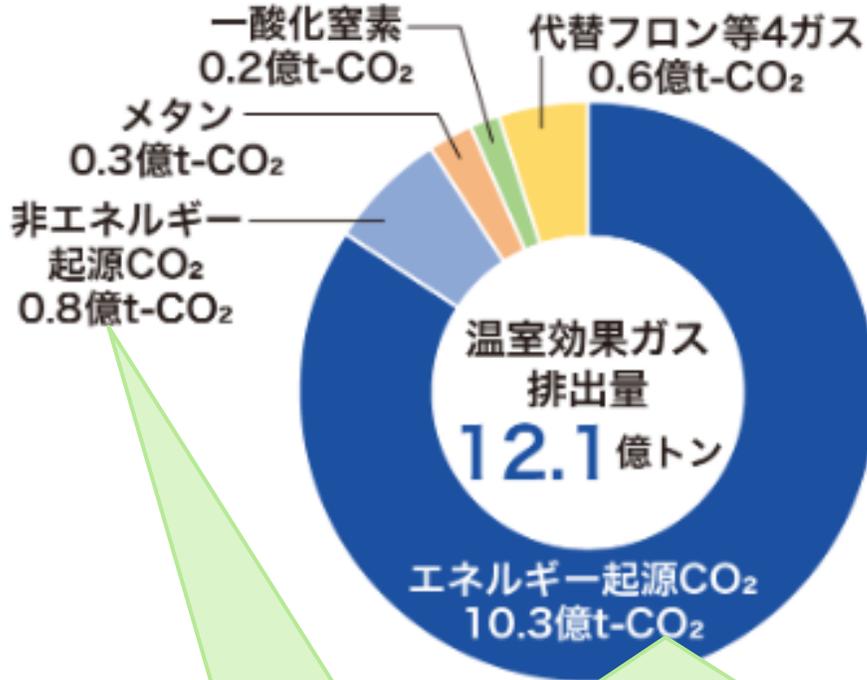
10.7億トン

出典：経済産業省HP

# 日本の温室効果ガス排出量

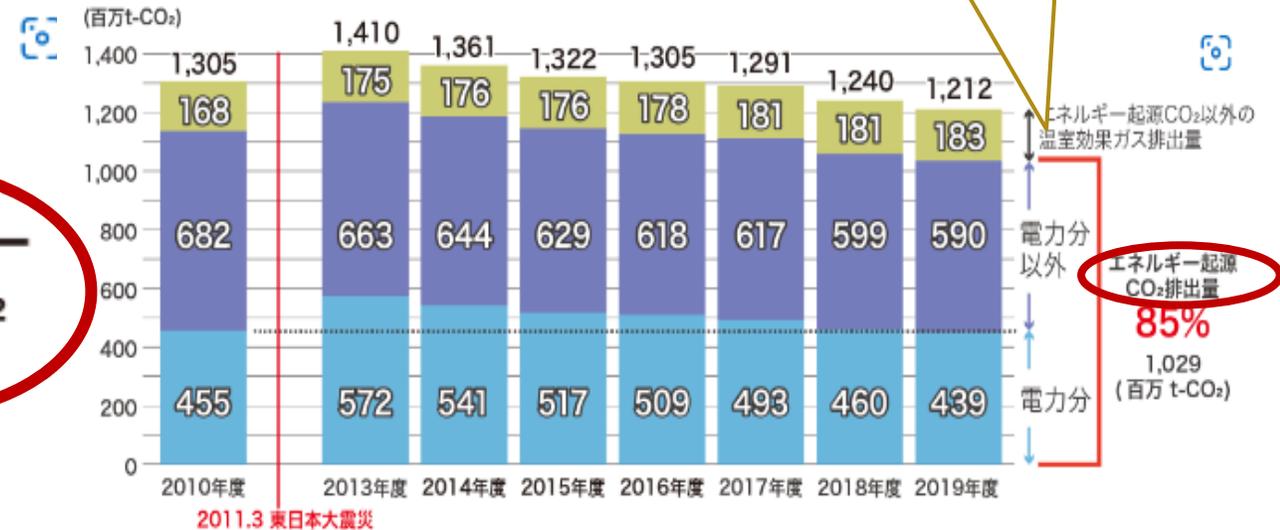
エネルギー起源のCO<sub>2</sub>が、温室効果ガス排出量（12.1億 t）の85%（10.3億 t）を占める

日本の温室効果ガス排出量（2019年度）



エネルギー起源CO<sub>2</sub> 85%

日本の温室効果ガス排出量の推移



例えば、無機鉱物製品（セメント、無機珪物製品（セメント等）からの排出ト等）からの排出

エネルギー起源 + 非エネルギー起源  
11.1億トン

出典：資源エネルギー庁HP 環境 | 日本のエネルギー 2021年度版 「エネルギーの今を知る10の質問」 | 広報パンフレット | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

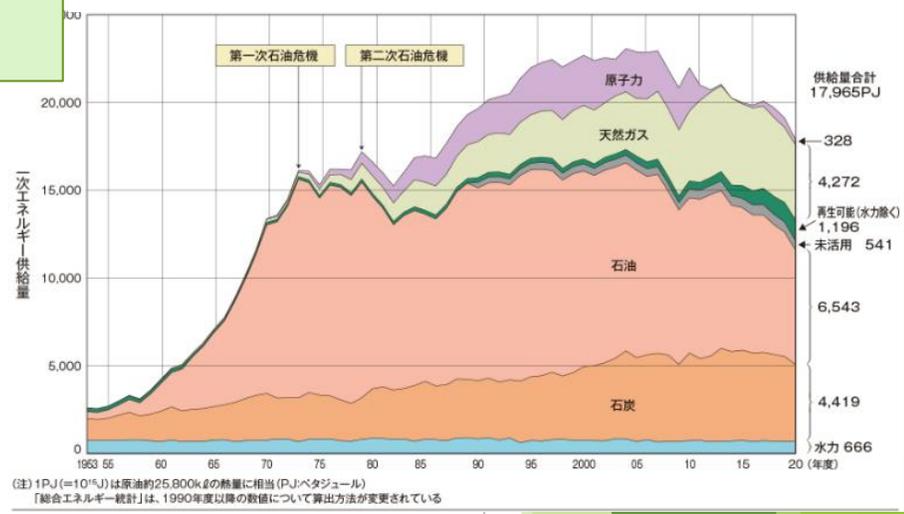
# エネルギー資源の種類

## 一次エネルギー（加工されない状態で供給されるエネルギー）

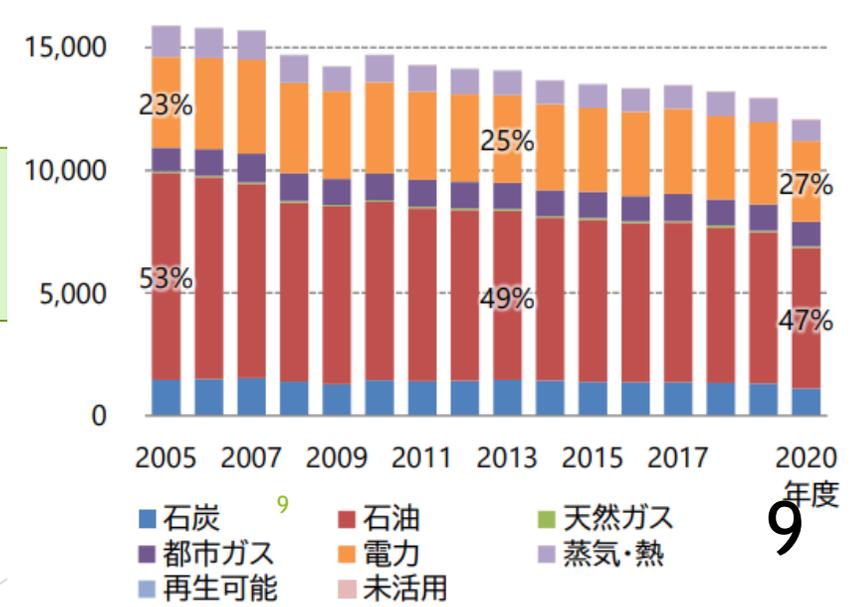
- ① **化石燃料**（世界は85%～90%依存）
  - ・ 石炭、原油・石油、天然ガス、シェールオイル/ガス、オイルサンド、メタンハイドレードなど
- ② **再生可能エネルギー**
  - ・ 安定型再エネ：水力、地熱、バイオなど
  - ・ 変動型再エネ：太陽光、風力など
- ③ **原子力エネルギー**
  - ・ 核分裂、核融合



日本の一次エネルギー供給実績推移



エネルギー源別最終エネルギー消費の推移

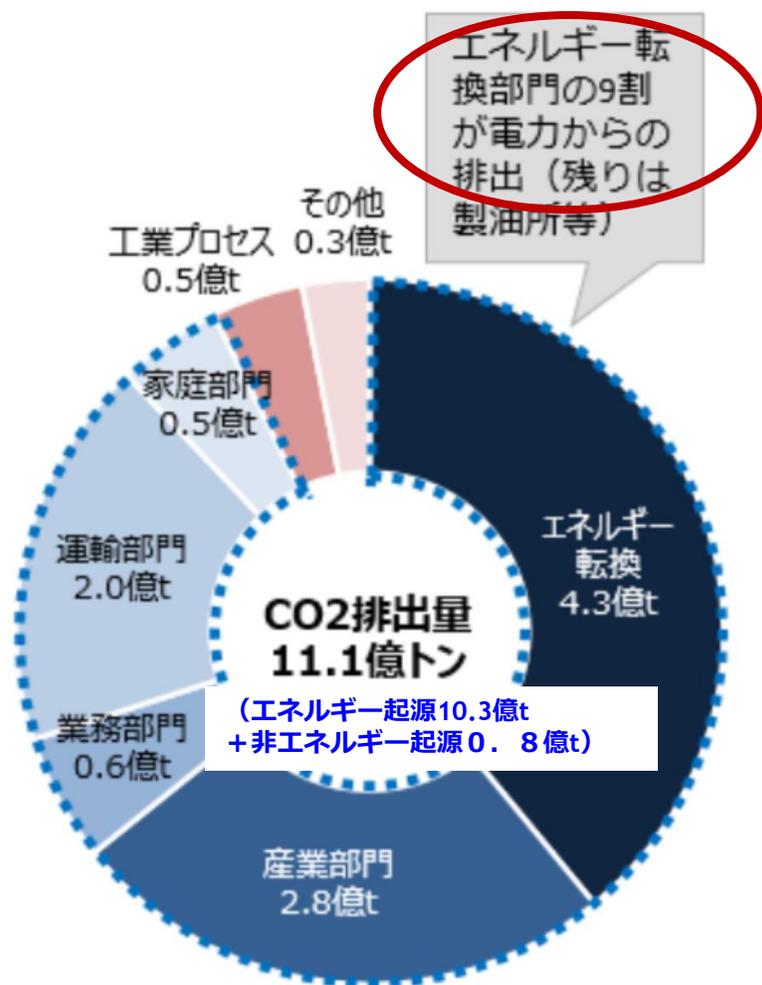


## 二次エネルギー（一次エネルギーを転換・加工して得られるエネルギー）

電気、都市ガス、水素、ガソリン、灯油など

出典（右図）：資源エネルギー庁 令和2年度（2020年度）における エネルギー需給実績（確報）  
[honbun2020fykaku.pdf](http://honbun2020fykaku.pdf) ([meti.go.jp](http://meti.go.jp))

# 脱炭素の難しさ



- 電力は、エネルギー起源CO2排出量 (10.3億トン)のうち、約40%を占めています。

- 太陽光発電、風力などの再生可能エネルギーを増やし、石炭火力を減らすといった話ばかりが話題に上ります。

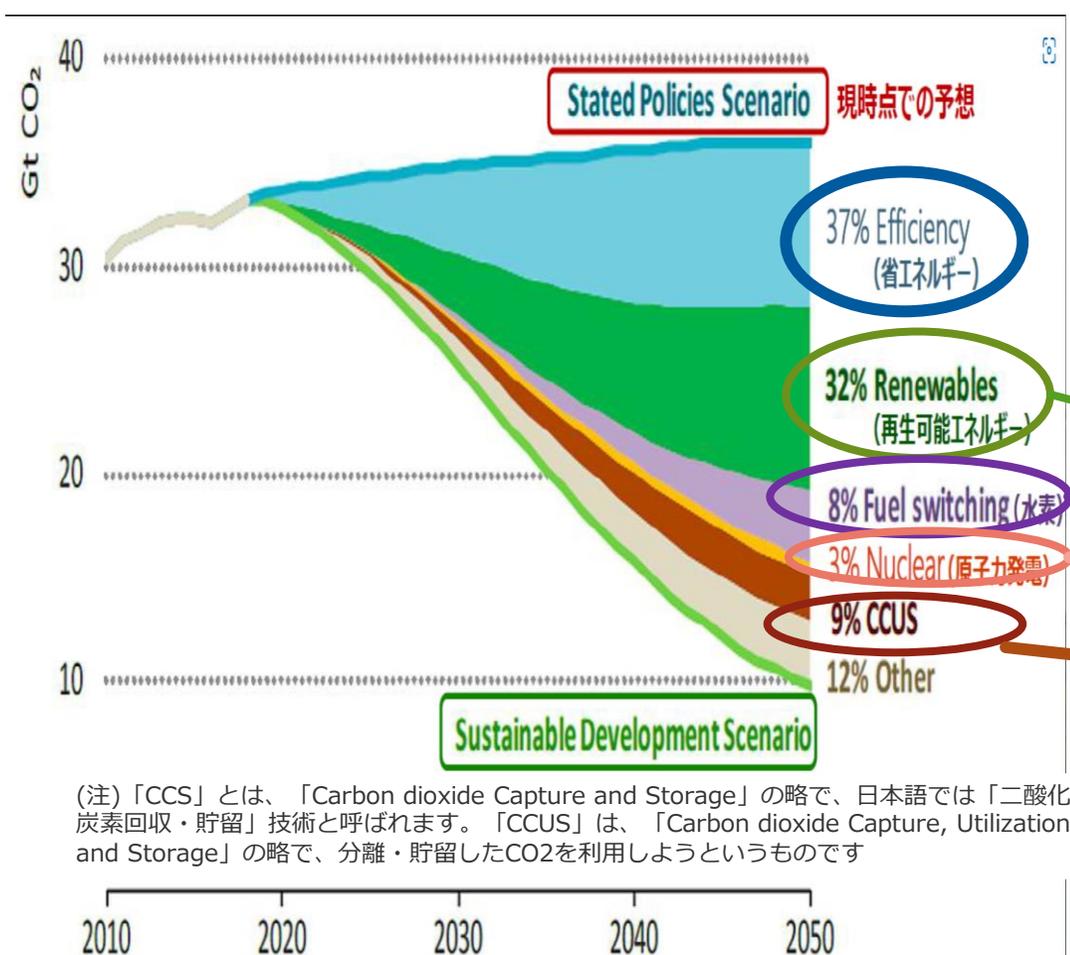
- しかし重要なことは、「脱炭素」の実現には電力を脱炭素化することは勿論のこと、残りの60% (産業部門、業務部門、運輸部門、家庭部門) も脱炭素する必要がある、ということです。

日本の部門別のCO2排出量 (2019年度)

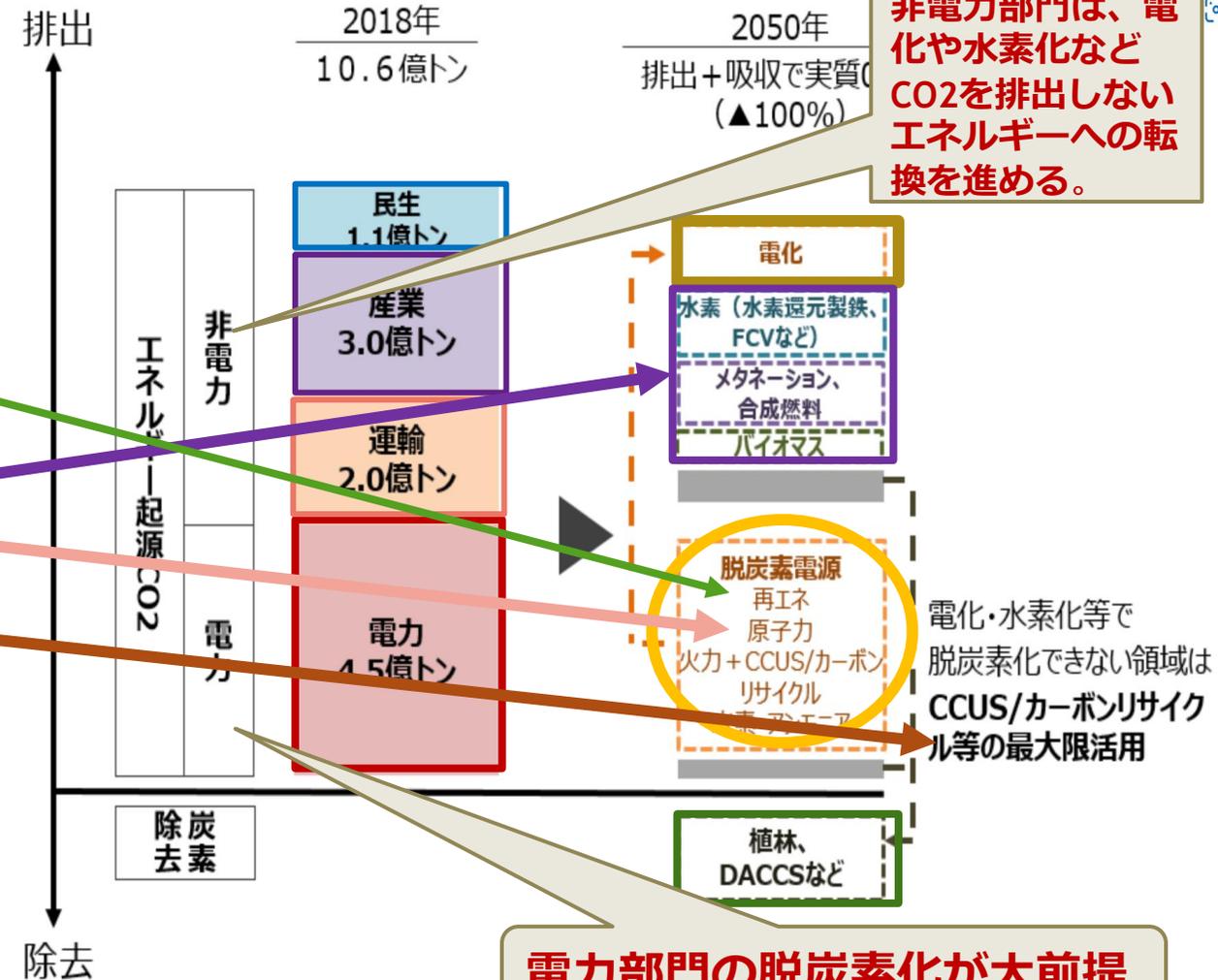
出典：資源エネルギー庁HP

# どのようにしてCO2を減らすのか (1/9)

## IEA (国際エネルギー機関) のシナリオ



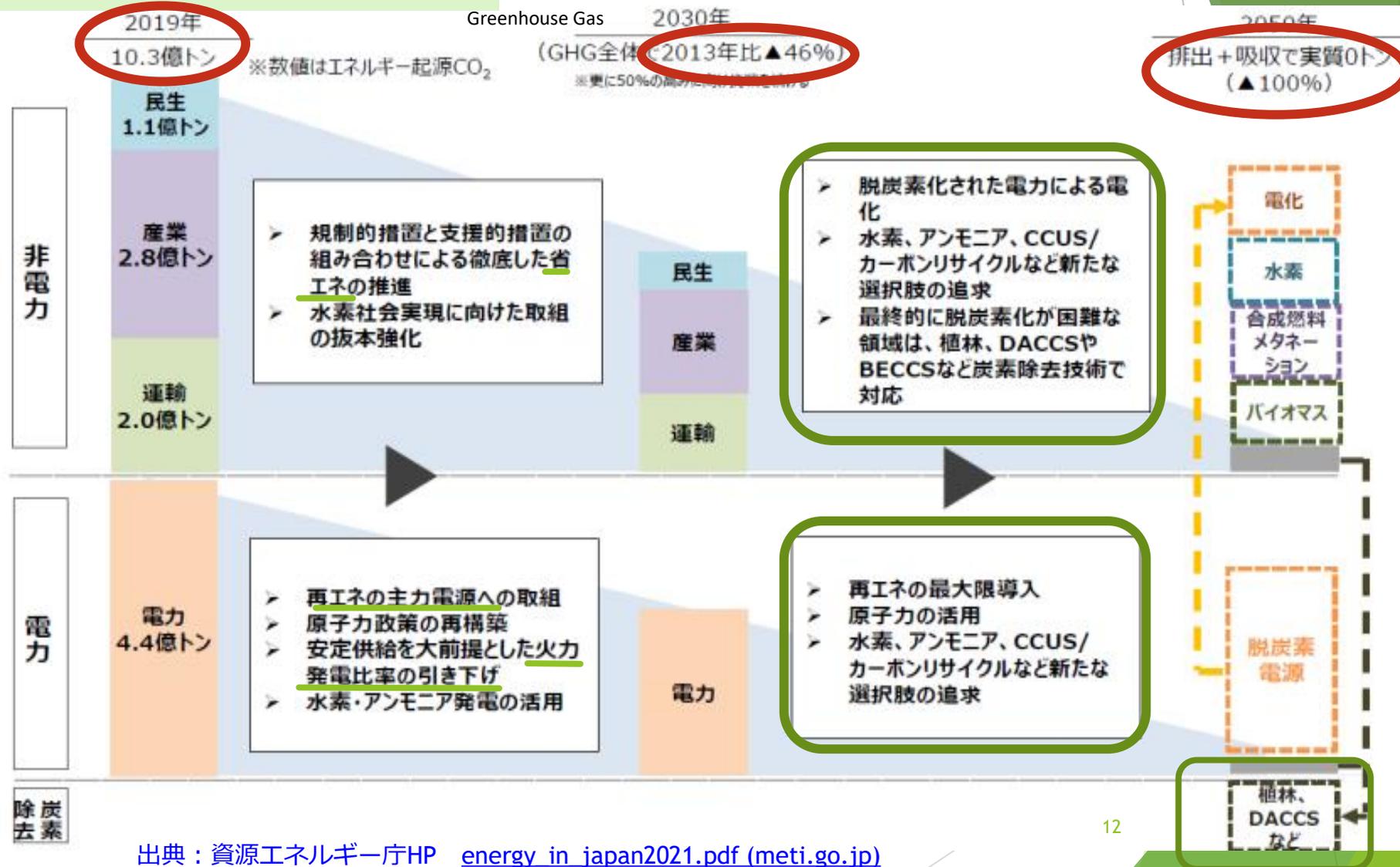
## 日本での具体的イメージ



出典 (右図) : 資源エネルギー庁HP [「カーボンニュートラル」って何ですか? \(後編\) ~なぜ日本は実現を目指しているの? | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 \(meti.go.jp\)](#)

# どのようにしてCO2を減らすのか (2/9)

## カーボンニュートラルへの転換イメージ



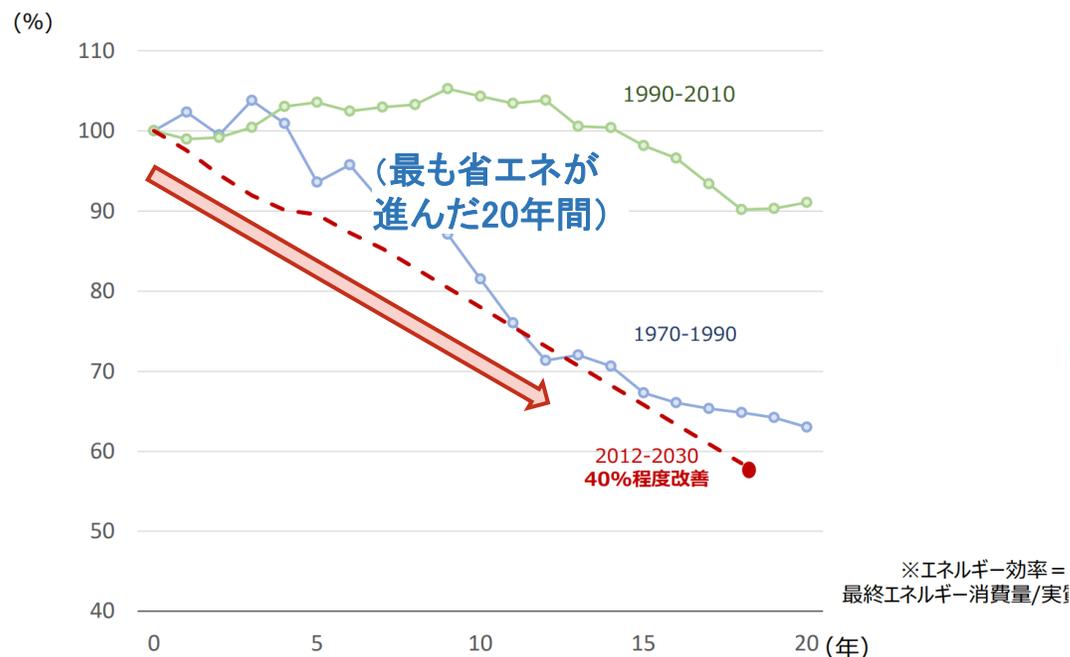
出典：資源エネルギー庁HP [energy\\_in\\_japan2021.pdf](http://energy_in_japan2021.pdf) (meti.go.jp)

# どのようにしてCO2を減らすのか (3/9)

## ① 省エネルギー（エネルギー効率の改善目標）

### 省エネ対策の例

赤線が目標です。石油危機直後と同等（青線）の効率化が期待されています。



**産業部門 <▲1,042万kI程度>**

- ▶ 主要4業種（鉄鋼、化学、セメント、紙・パルプ）  
⇒ 低炭素社会実行計画の推進
- ▶ 工場のエネルギー管理の徹底  
⇒ 製造ラインの見える化を通じたエネルギー効率の改善
- ▶ 革新的技術の開発・導入
- ▶ 業種横断的に高効率設備を導入  
⇒ 低炭素工業炉、高性能ボイラ、Ji' Iレーゾン等

**業務部門 <▲1,226万kI程度>**

- ▶ 建築物の省エネ化  
⇒ 新築建築物に対する省エネ基準適合義務化
- ▶ 高効率設備の導入  
⇒ LED等高効率照明の普及
- ▶ BEMSによる見える化・エネルギー管理  
⇒ 約半数の建築物に導入
- ▶ 国民運動の推進

**運輸部門 <▲1,607万kI程度>**

- ▶ 次世代自動車の普及、燃費改善  
⇒ 2台に1台が次世代自動車に
- ▶ 交通流対策・自動運転の実現

**家庭部門 <▲1,160万kI程度>**

- ▶ 住宅の省エネ化  
⇒ 新築住宅に対する省エネ基準適合義務化
- ▶ LED照明・有機ELの導入  
⇒ LED等高効率照明の普及
- ▶ HEMSによる見える化・エネルギー管理  
⇒ 全世帯に導入
- ▶ 国民運動の推進

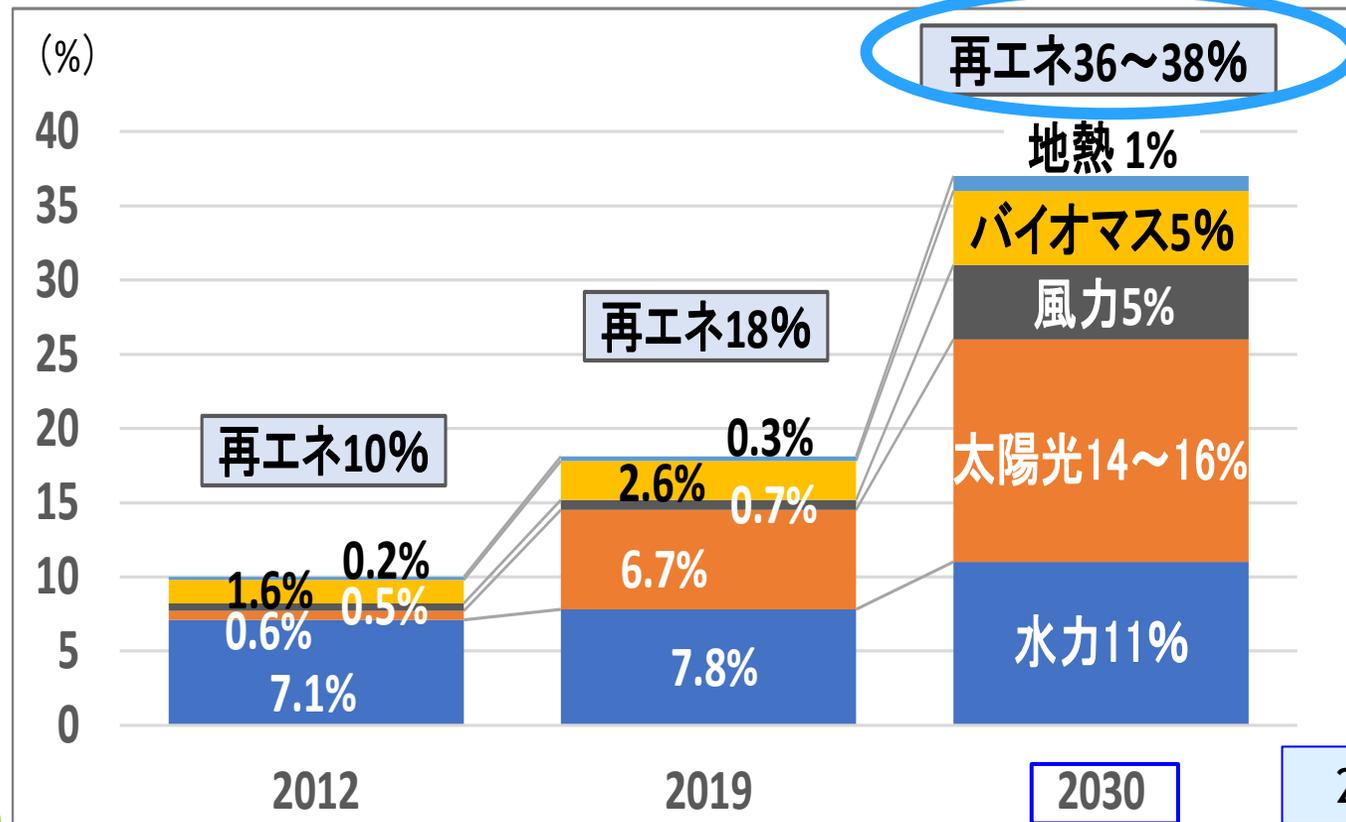
出典：資源エネルギー庁HP [20211022005-3.pdf](http://20211022005-3.pdf) (meti.go.jp)

HEMS：「Home Energy Management System（ホーム エネルギー マネジメント システム）」の略。家庭で使うエネルギーを節約するための管理システムです。家電や電気設備とつないで、電気やガスなどの使用量をモニター画面などで「見える化」したり、家電機器を「自動制御」したりします。

# どのようにしてCO2を減らすのか(4/9)

## ② 再生可能エネルギーの導入

2030年度には、2019年度の倍増で、特に風力が5倍と期待されています。



出典：資源エネルギー庁HP 2050年カーボンニュートラルを目指す 日本の新たな「エネルギー基本計画」 | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

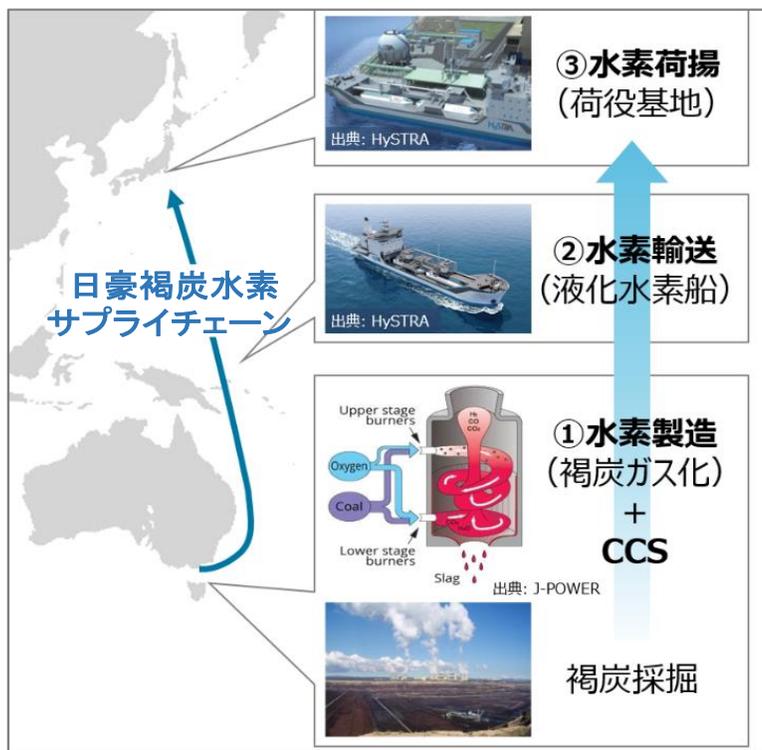
(注) 2050年の構成図は示されていない<sup>14</sup>

# どのようにしてCO2を減らすのか (5/9)

## ③ 燃料の転換

### ③-1 水素(新燃料)-日豪のプロジェクト

2022/2/25、液体水素を積載した船「すいそふろんていあ」号が神戸港に到着。世界初の快挙となりました。



出典: 資源エネルギー庁資料

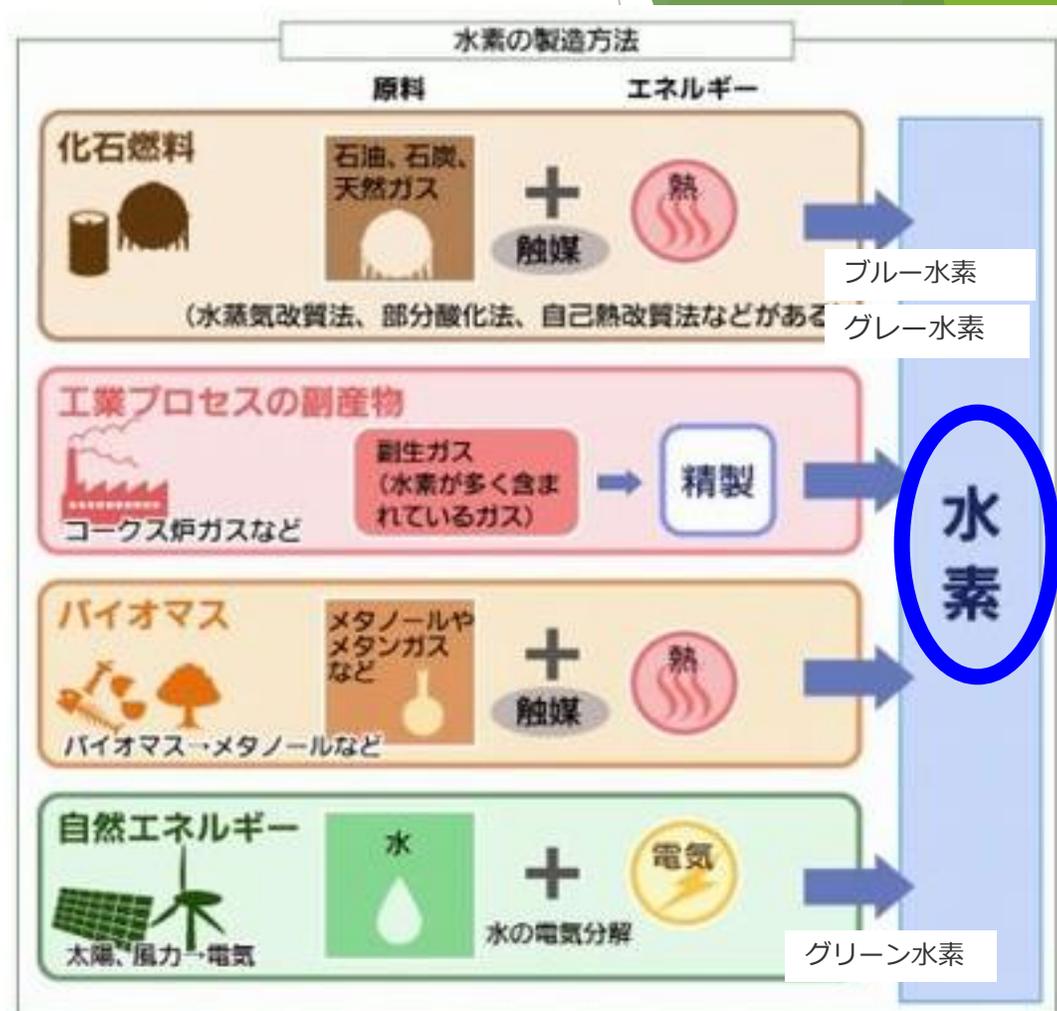


図1 水素の主な製造方法。出典: 新エネルギー・産業技術総合開発機構

# どのようにしてCO2を減らすのか(6/9)

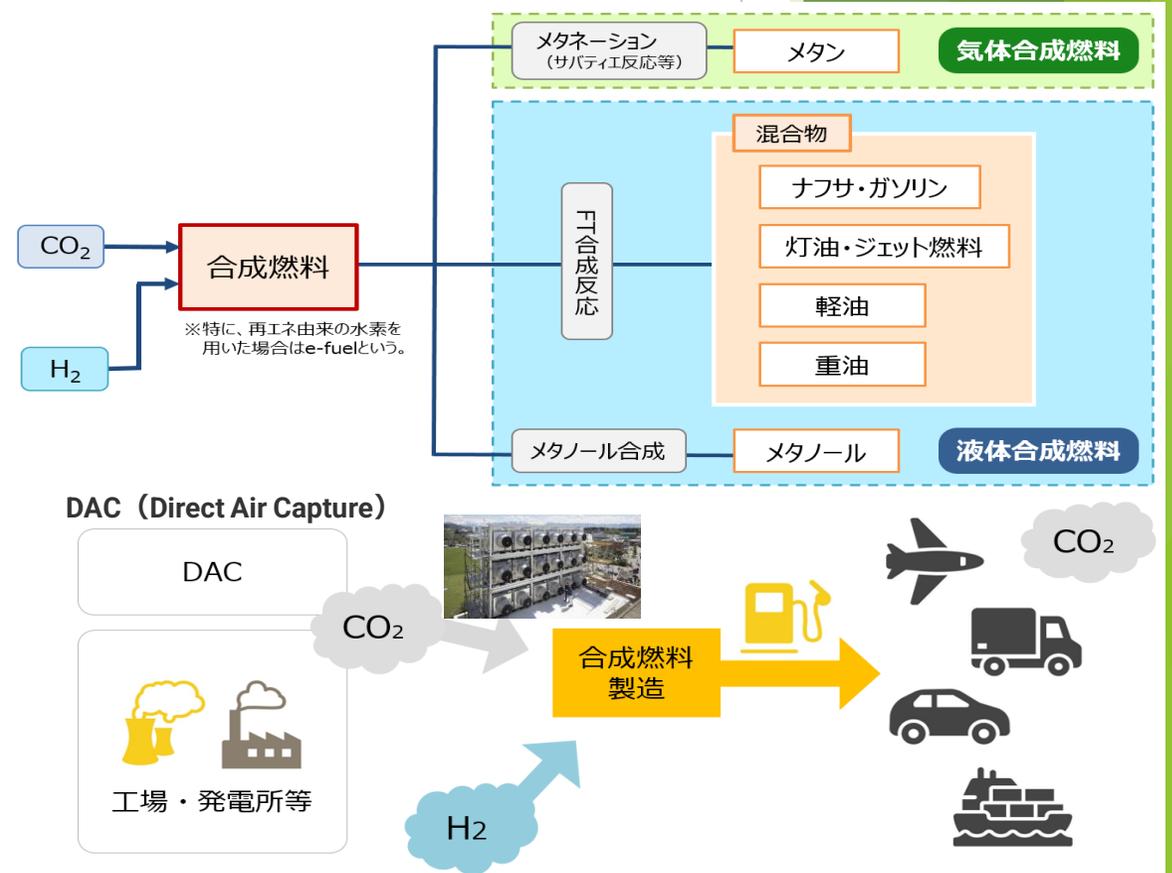
## ③ 燃料の転換

### ③-2 アンモニア(新燃料)-多角的な用途拡大



出典：資源エネルギー庁資料  
3.8.pdf ([meti.go.jp](http://meti.go.jp))

### ③-3 合成燃料(新燃料)-CO2の利用

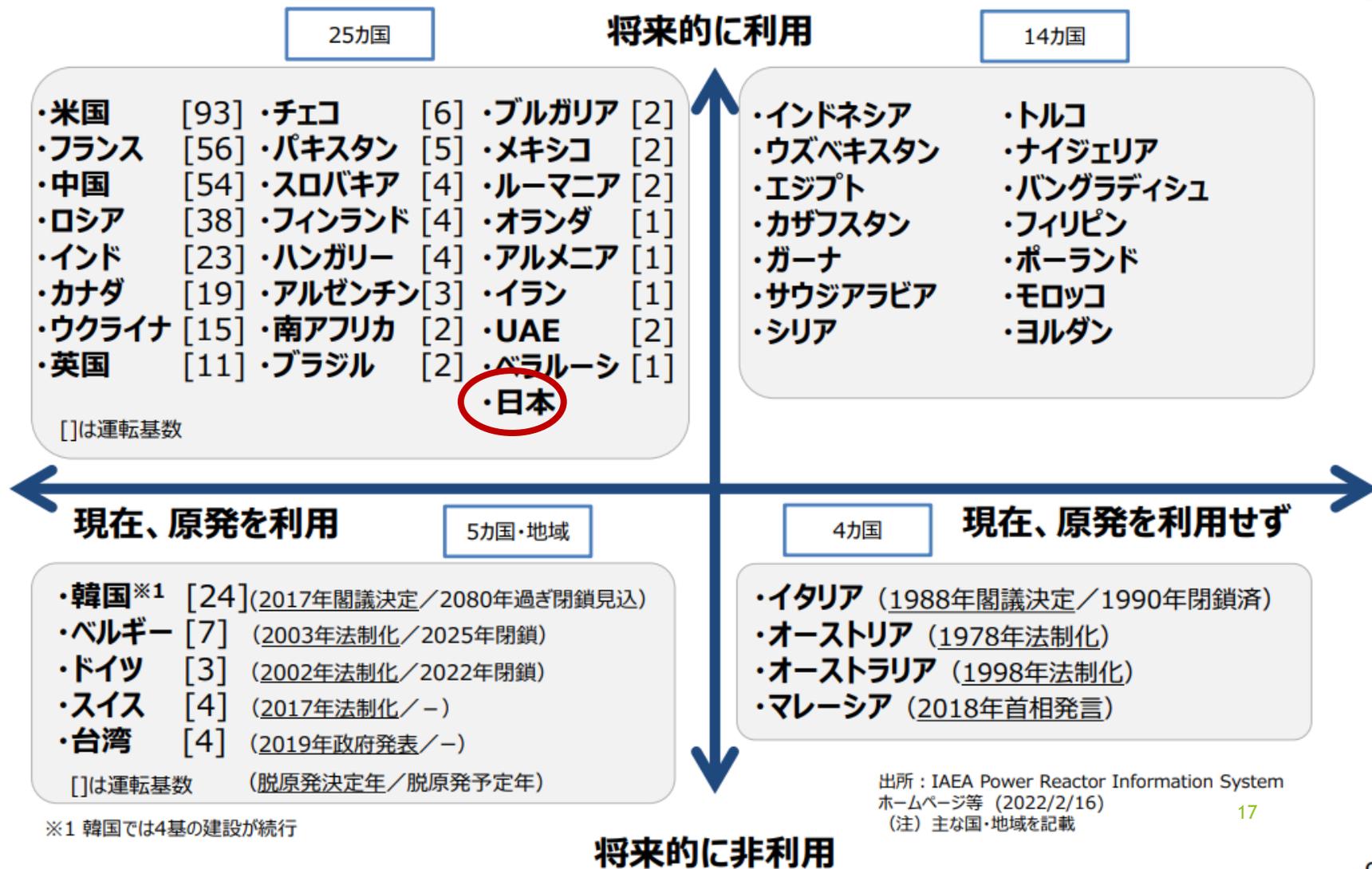


出典：資源エネルギー庁資料 [エンジン車でも脱炭素？グリーンな液体燃料「合成燃料」とは | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 \(meti.go.jp\)](http://meti.go.jp)

# どのようにしてCO2を減らすのか(7/9)

## ④ 原子力の利用

### 各国の原子力利用動向



# どのようにしてCO2を減らすのか(8/9)

## ④ 原子力の利用

### 再稼働



- 稼働中の炉.....10基
- 原子炉設置変更許可がなされた炉.....7基
- 新規制基準への適合性審査中の炉.....10基
- 適合性審査未申請の炉.....9基
- 廃炉を決定した炉.....24基

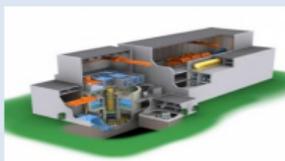
(2021年12月13日時点)

## 新型炉の開発

- 革新炉では、事故等により外部電源を喪失した場合でも、炉心を冷却するシステムを備えるなどの**固有の安全性**を有する。

### <軽水炉 (ESBWR) >

- BWR型電気出力150万kW級。
- 自然循環により、**電源なしで受動的に原子炉の冷却が可能。**



ESBWR

### <SMR (BWRX-300) >

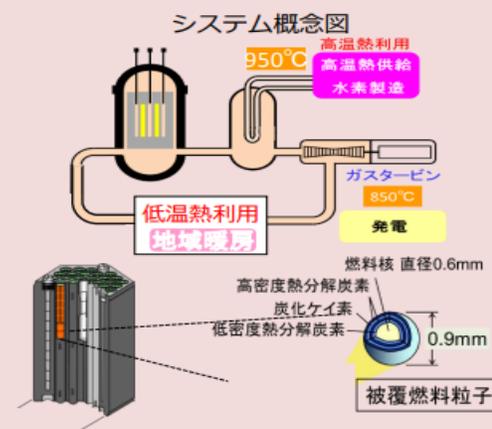
- ESBWRベースに安全性と経済性を進化させたBWR型SMR。
- 自然循環により電源・注水設備なしで受動的に原子炉の冷却が可能。



BWRX-300概略図

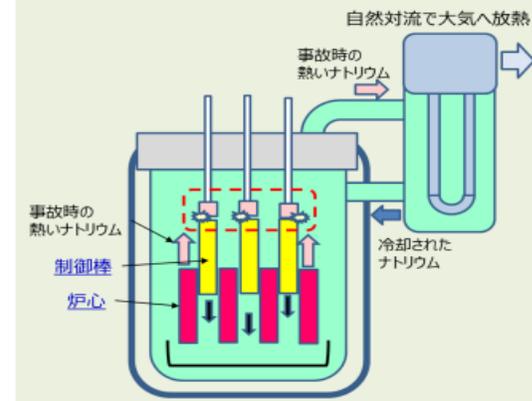
### <高温ガス炉 (HTTR) >

- 高温で**安定なヘリウム冷却材**。水素爆発しない。
- 高温に耐性のある燃料を使用するため、**炉心溶融しにくい。**
- 万が一、**冷却材を喪失しても**、黒鉛構造材が**熱を吸収・放熱**するので、**自然に冷却が可能。**



### <ナトリウム冷却高速炉>

- ナトリウムは熱を伝えやすく、**自然循環**により、電源なしでも受動的に原子炉の冷却可能。
- 高温になると**制御棒が自然に落下し、反応停止。**
- 万が一、炉心溶融しても**炉容器内で冷却・収容。**



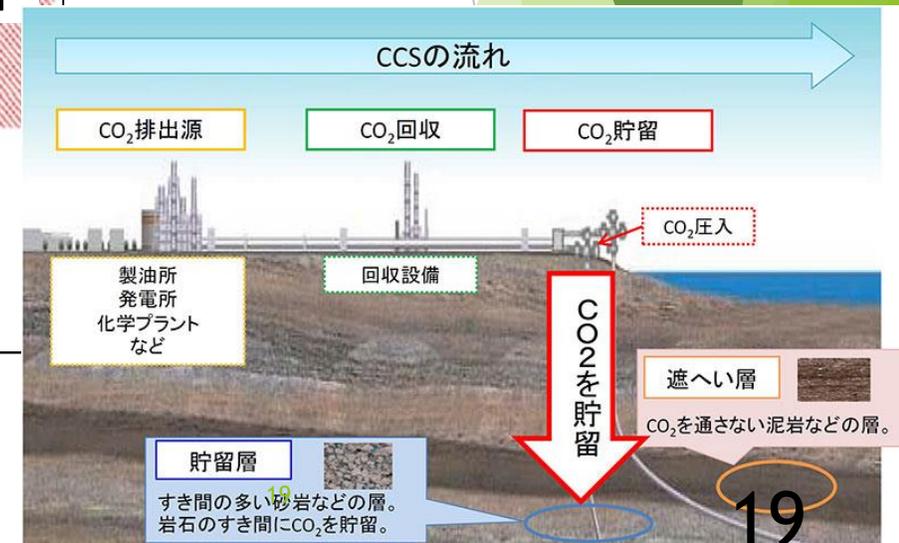
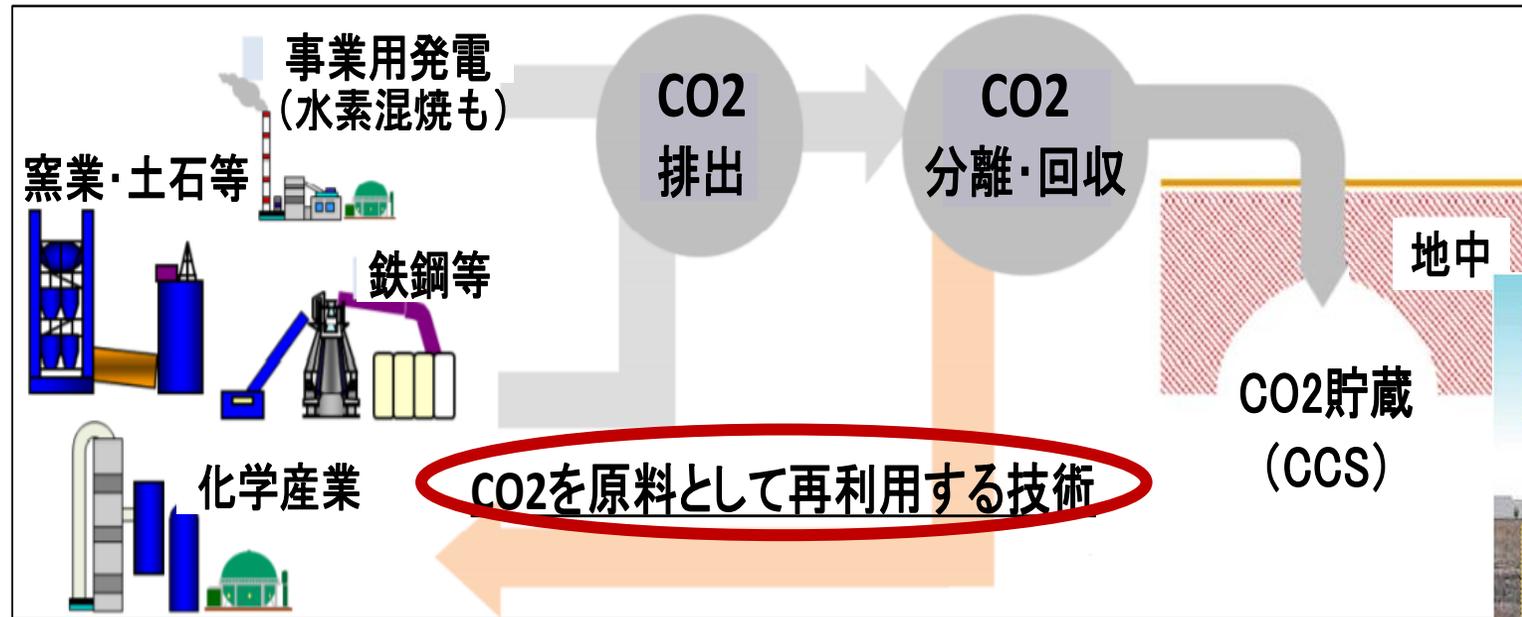
出典：資源エネルギー庁

[https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/genshiryoku/pdf/025\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/genshiryoku/pdf/025_03_00.pdf)

# どのようにしてCO2を減らすのか(9/9)

## ⑤ CCUS/カーボンリサイクル(新技術)

CO2から製品に繋がる化学素材原料ができればすごいです。



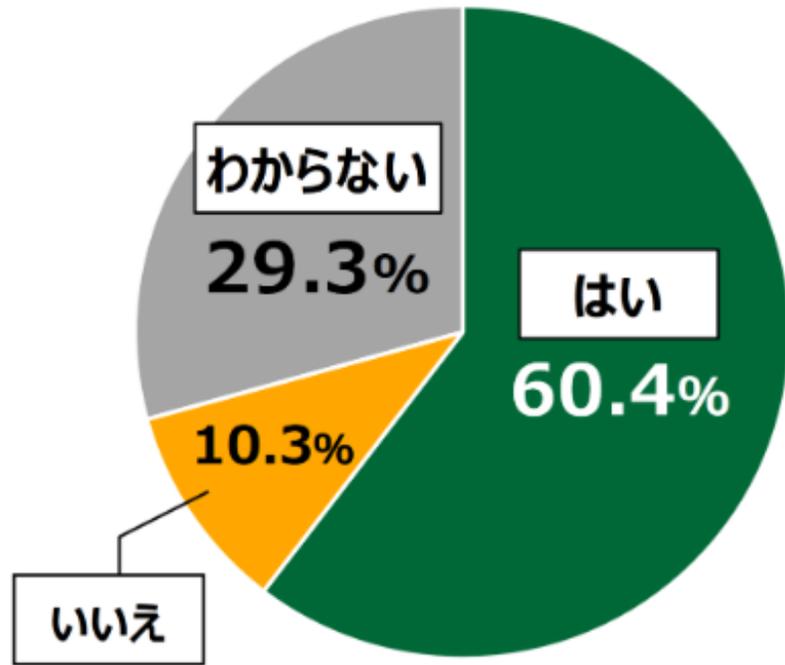
CCUS:CO2の回収・貯留、そしてCO2の利用を  
利用を組合わせた技術

出典:資源エネルギー庁資料

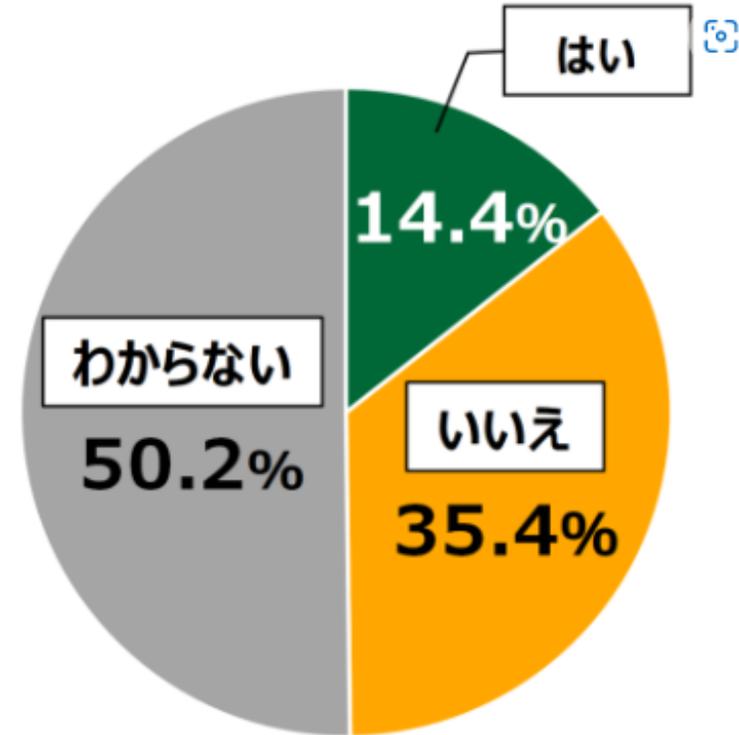


# 日本財団「18歳意識調査」の結果から (1/2)

第34回テーマ：脱炭素について (2021年1月実施)



Q.政府は2050年までに日本の温室効果ガス排出をゼロにする政策目標として「2050年カーボンニュートラル」を掲げました。評価しますか (n=1000)

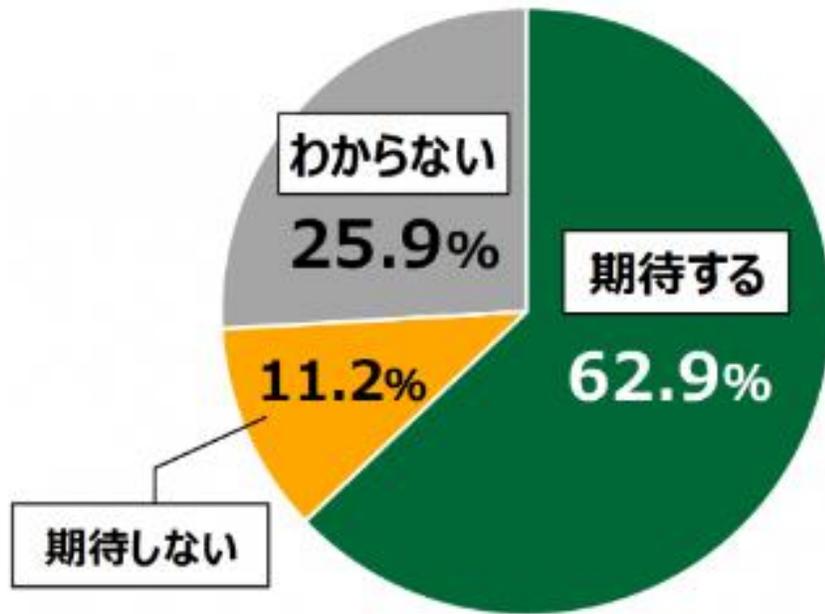


Q.政府は2050年までに日本の温室効果ガス排出をゼロにする政策目標として「2050年カーボンニュートラル」を掲げました。実現可能だと思いますか (n=1000)

出典：日本財団「18歳意識調査」第34回テーマ：脱炭素について | 日本財団 ([nippon-foundation.or.jp](http://nippon-foundation.or.jp))

# 日本財団「18歳意識調査」の結果から (2/2)

第34回テーマ：脱炭素について (2021年1月実施)



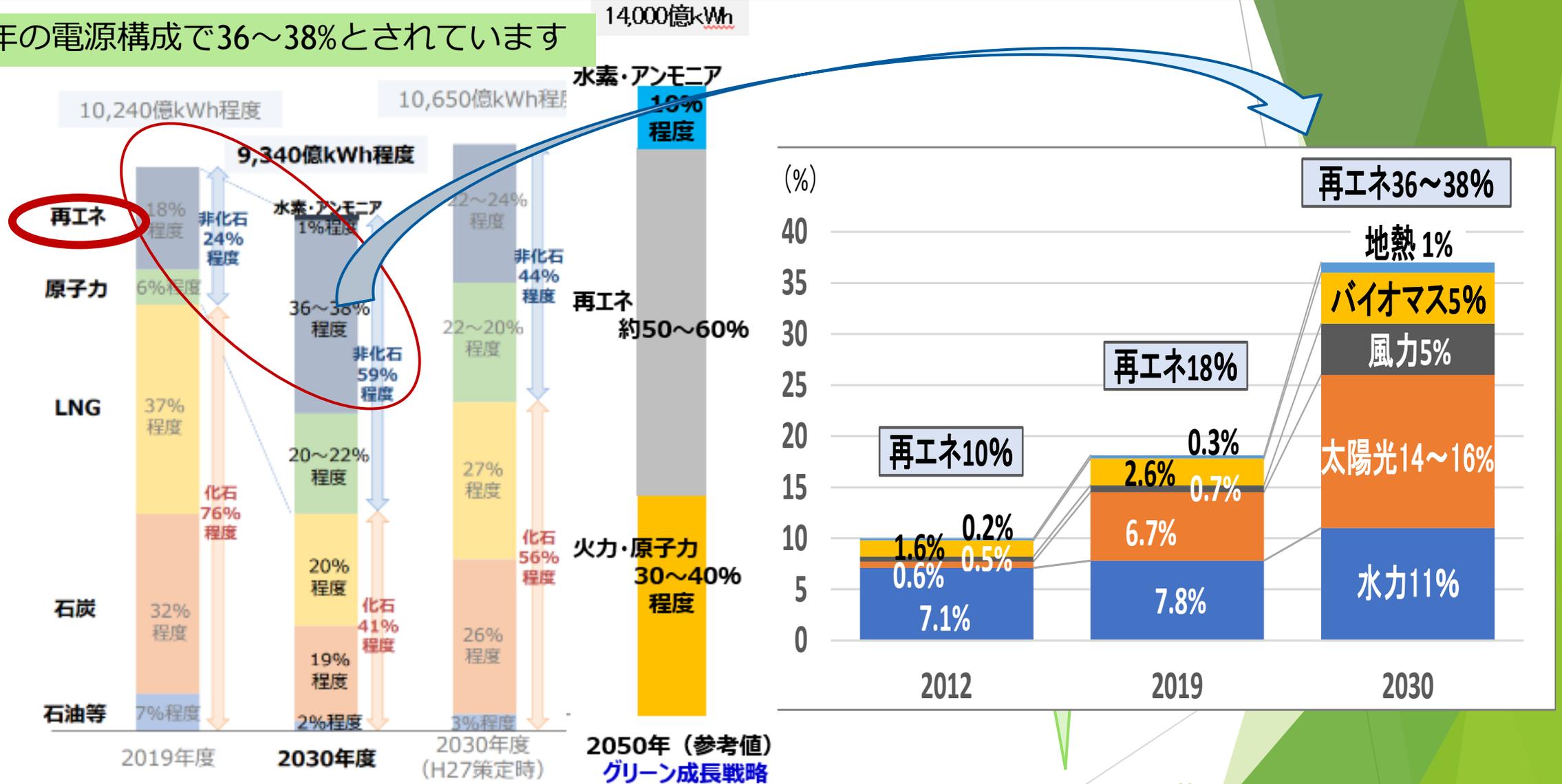
Q.再生可能エネルギーの開発が「脱炭素社会」実現の焦点となっています。あなたは再生可能エネルギーの将来を期待しますか。(n=1000)



Q.どの再生可能エネルギーに期待しますか。(複数回答)(n=1000)

# ここで、再生可能エネルギーについて(1/5)

2030年の電源構成で36~38%とされています



出典：資源エネルギー庁「2050年カーボンニュートラルを目標とする日本の新たな「エネルギー基本計画」」  
 スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

# ここで、再生可能エネルギーについて(2/5)

## 再生可能エネルギー（太陽光・風力）のメリット/デメリット

### メリット

- 燃料が枯渇する心配がない
- 発電時にCO2を出さない
- 原子力のような事故の心配がない

### デメリット

- ▲**天候にされ、発電が不安定**
- ▲総合コストを考慮した発電コストが割高
- ▲景観を害する事例も発生

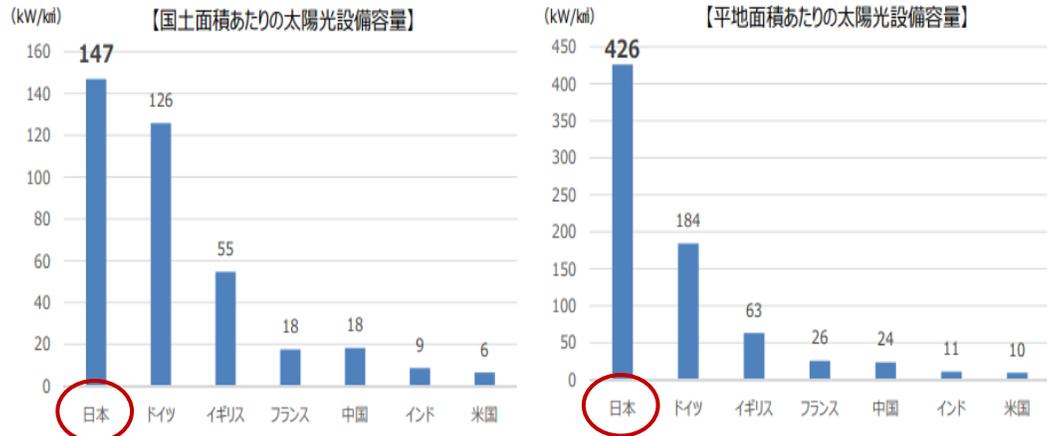
(注)総合コスト;電源を電カシステムに受け入れるコスト

	強み	課題
変動型 再エネ	太陽光発電 <ul style="list-style-type: none"> <li>・相対的にメンテナンスが簡易</li> <li>・非常用電源としても利用可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・天候により発電出力が左右される</li> <li>・一定地域に集中すると、送配電システムの電圧上昇につながり、対策に費用が必要となる</li> </ul>
	風力発電 <ul style="list-style-type: none"> <li>・大規模に開発した場合、コストが火力、水力並みに抑えられる</li> <li>・風さえあれば、昼夜を問わず発電できる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・広い土地の確保が必要</li> <li>・風況の良い適地が北海道と東北などに集中しているため、広域での連携についても検討が</li> </ul>
安定型 再エネ	水力発電 <ul style="list-style-type: none"> <li>・安定して長期間の運転が可能で信頼性が高い</li> <li>・中小規模タイプは分散型電源としてのポテンシャルが高く、多くの未開発地点が残っている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中小規模タイプは相対的にコストが高い</li> <li>・事前の調査に時間を要し、水利権や関係者との調整も必要</li> </ul>
	地熱発電 <ul style="list-style-type: none"> <li>・出力が安定しており、大規模開発が可能</li> <li>・昼夜を問わず24時間稼働</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・開発期間が10年程度と長く、開発費用も高額</li> <li>・温泉、公園施設など開発地域が重なるため地元との調整が必要</li> </ul>
	バイオマス発電 <ul style="list-style-type: none"> <li>・資源の有効活用で廃棄物の削減に貢献</li> <li>・天候に左右されにくい</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原料の安定供給の確保や、原料の収集運搬、管理にコストがかかる</li> </ul>

出典(下表): 資源エネルギー庁HPから作成  
[制度の概要](#) | [固定価格買取制度](#) | [なっとく!再生可能エネルギー \(meti.go.jp\)](#)

# ここで、再生可能エネルギーについて (3/5)

**太陽光**：国土面積当たりの日本の太陽光導入容量は主要国の中で最大。平地面積で見るとドイツの2倍

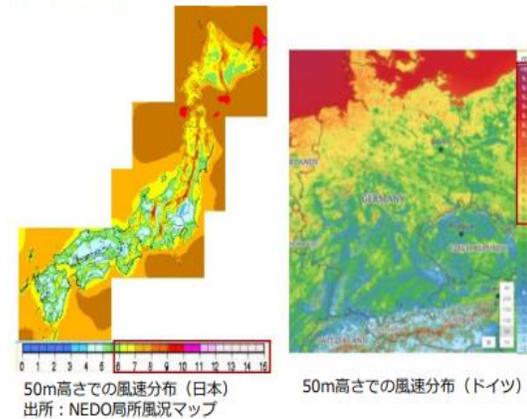


	日	独	英	仏	中	印	米
国土面積	38万km <sup>2</sup>	36万km <sup>2</sup>	24万km <sup>2</sup>	54万km <sup>2</sup>	960万km <sup>2</sup>	329万km <sup>2</sup>	963万km <sup>2</sup>
平地面積※ (国土面積に占める割合)	13万km <sup>2</sup> (34%)	25万km <sup>2</sup> (69%)	21万km <sup>2</sup> (88%)	37万km <sup>2</sup> (69%)	740万km <sup>2</sup> (77%)	257万km <sup>2</sup> (78%)	653万km <sup>2</sup> (68%)
太陽光の設備容量 (GW)	56	45	13	10	175	28	63
太陽光の発電量 (億kWh)	690	462	129	102	1,969	361	872
発電量 (億kWh)	10,277	6,370	3,309	5,766	71,855	15,832	44,339
太陽光の総発電量 に占める比率	6.7%	7.3%	3.9%	1.8%	2.7%	2.3%	2.0%

(出典) 外務省HP (<https://www.mofa.go.jp/mofaj/area/index.html>)、Global Forest Resources Assessment 2020 (<http://www.fao.org/3/ca9825en/CA9825EN.pdf>)、IEA Market Report Series - Renewables 2019 (各国2018年度時点の発電量)、総合エネルギー統計(2019年度速報値)、FIT認定量等より作成  
※平地面積は、国土面積から、Global Forest Resources Assessment 2020の森林面積を差し引いて計算したものの。

**風力**：日本は風況の良い平地が限られているため、山間部の割合が増加。開発し易い平野部での適地が減少しつつある 今後は**洋上風力**に期待がかかる。

日本と欧州における風況の違い

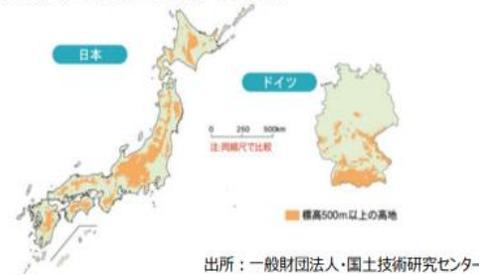


1MW以上の認定案件のうち山間部の案件が占める割合 (容量ベース)



■ 山間部 ■ 非・山間部  
出所：事業計画認定情報を元に資源エネルギー庁作成。  
※設置場所が標高250m以上と推定される案件を「山間部」の案件とカウント

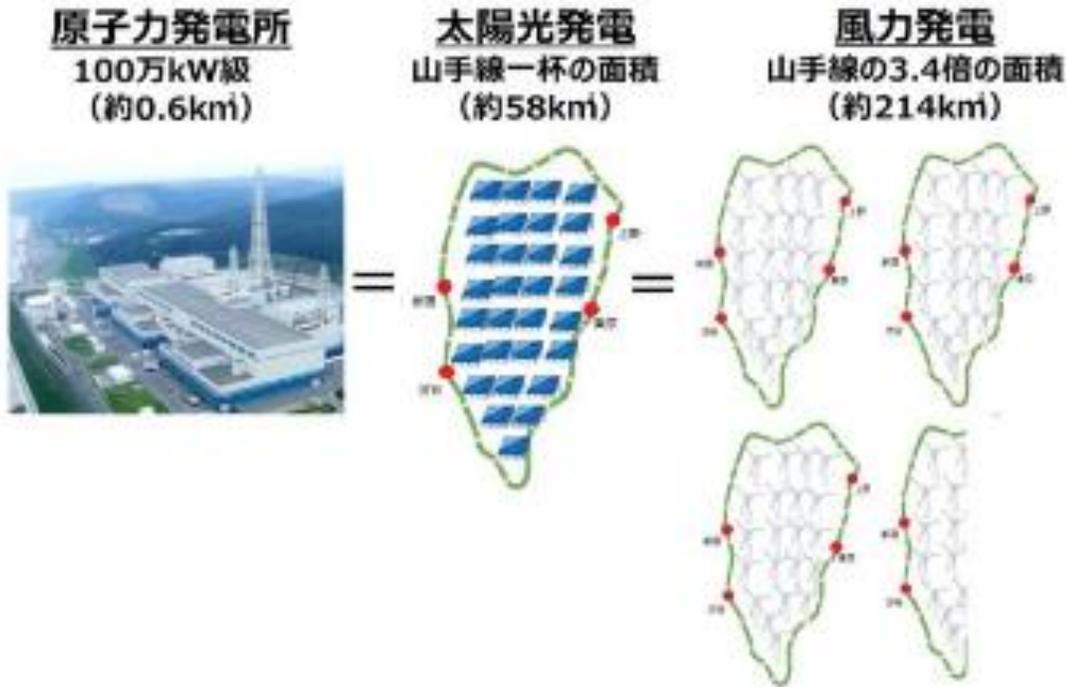
日本と欧州各国の国土比較 (同縮尺)



# ここで、再生可能エネルギーについて(4/5)

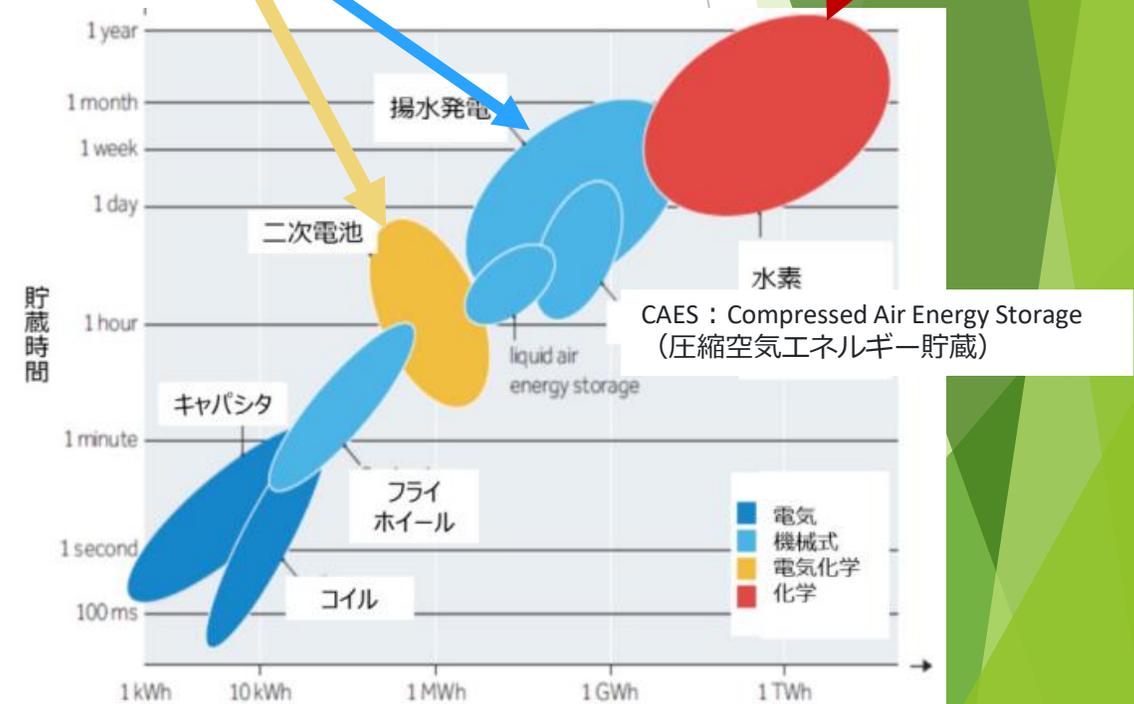
広大な土地が必要

原子力発電1年間分と同じ発電量を得るために必要な面積



太陽光は夜、曇天、風力は風のない日は発電できない

- 「蓄電池」に期待がかかるが . . . . .
- **揚水発電**、燃料を転換した或いはCCUS付**火力発電**が現実的では . . .



各種電力貯蔵方式の貯蔵容量と貯蔵時間

出典：池田信夫氏Twitter 池田信夫さんはTwitterを使っています：「太陽光のエネルギー密度は原発の1/100。原発1基と同じ発電量には山手線の内側ぐらいの面積が必要だ。日本の再生エネはすでに平地あたり発電量は世界一で、飽和している。  
<https://t.co/I2Dt4qa51D> / Twitter

出典：科学技術振興機構  
[CRDS-FY2020-FR-01\\_20109.pdf \(jst.go.jp\)](https://www.jst.go.jp/CRDS-FY2020-FR-01_20109.pdf)

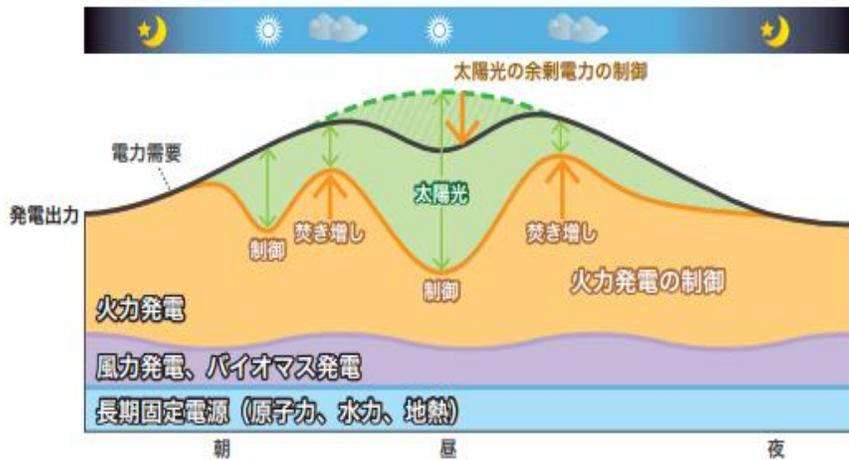
# ここで、再生可能エネルギーについて (5/5)

## 再エネの主力電源化

**Q** 再エネだけでエネルギーを賄うことはできないのですか？

**A** 再エネは季節や天候によって発電量が変動し、安定供給のためには火力発電などの出力調整が可能な電源や、蓄電池と組み合わせてエネルギーを蓄積する手段の確保が必要です。

最小需要日(5月の晴天日など)の需給イメージ

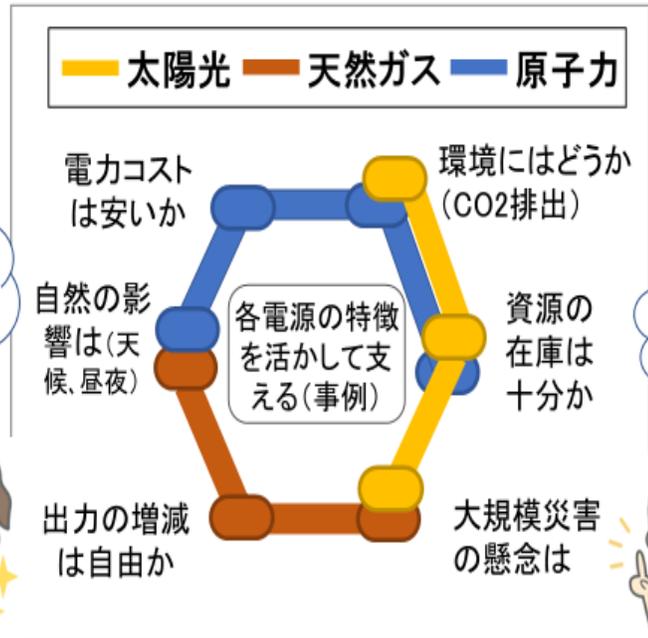


電気を安定して使うには、常に発電量(供給)と消費量(需要)を同じにする必要があります。そのため、再エネの出力の上下に対応出来る火力発電などで、発電量と消費量のバランスをとる必要があります。

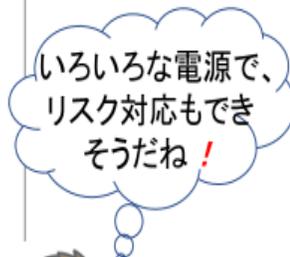
出典：資源エネルギー庁 [スペシャルコンテンツ energy in japan2021.pdf \(meti.go.jp\)](https://www.meti.go.jp/special_contents/energy_in_japan2021.pdf)

## そうだったのか！エネルギーミックス

では、まず太陽光発電から確認してみましょう。➡



CO2や資源はいいけど他は…。ここに別の電源を加えるとどうなるかな？



出典：東北エネルギー懇談会HP  
[日本のエネルギー問題“まるわかり” | 東北エネルギー懇談会 \(t-enecon.com\)](https://www.t-enecon.com/)

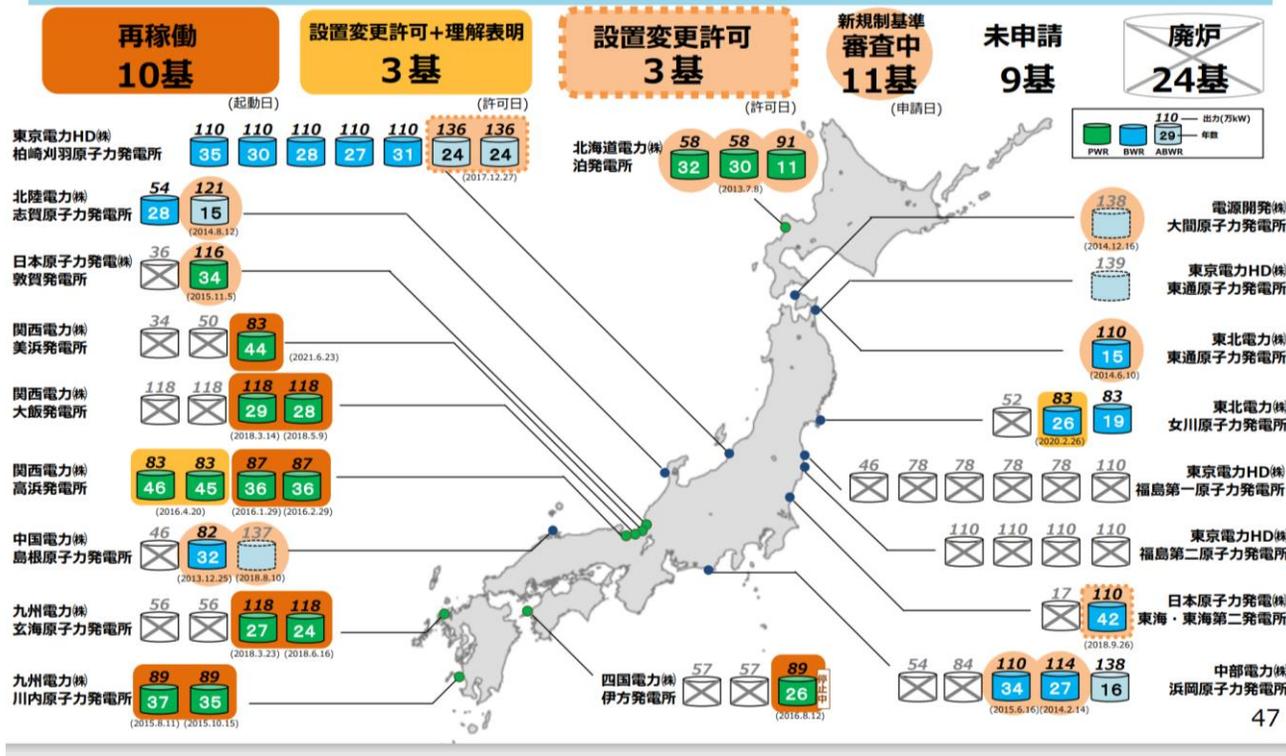
# それでは原子力発電は(1/2)

## 日本の原子力発電所の現状

稼働中の原子炉 10基

2021年8月30日時点

- エネルギーミックスの実現に向け、設備利用率の向上や40年超運転も含め、安全確保を大前提として、地元 の理解を得ながら再稼働を進める。



出典：資源エネルギー庁HP

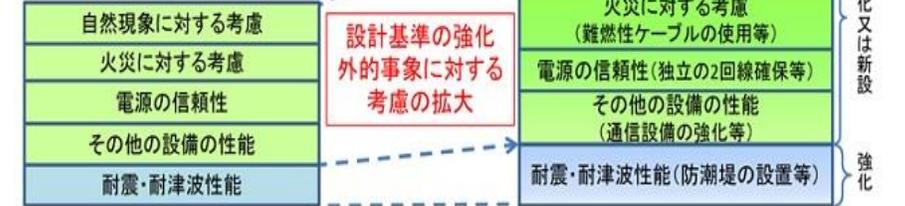
20211022005-3.pdf (meti.go.jp)

## 新規規制基準で安全性は更に向上

<従来の規制基準>

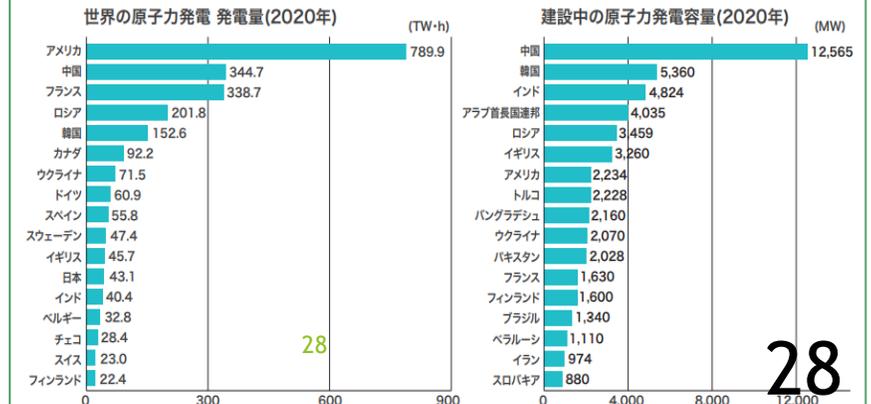
<新規規制基準>

シビアアクシデントを防止するための基準 (いわゆる設計基準) (単一の機器の故障を想定しても炉心損傷に至らないことを確認)



## 世界の原子力発電所の現状

原子力発電の発電量実績を見ると、上位からアメリカ、中国、フランス、ロシア、韓国となっておりますが、建設中の原子力発電容量を見ると、中国が非常に多くの建設を行っていることが分かります。

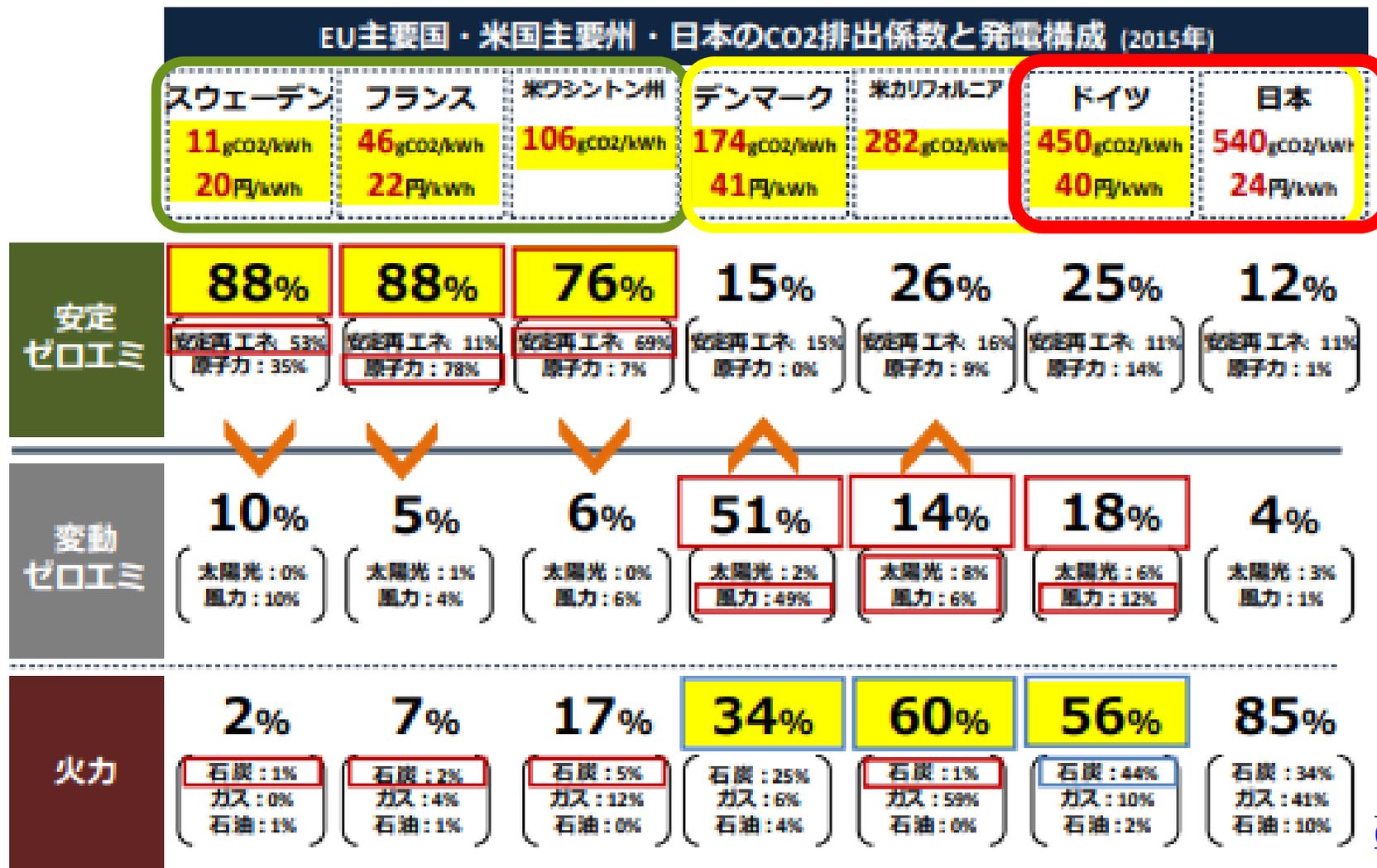


出典：IAEA "Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050 REFERENCE DATA SERIES No. 1 2021 Edition"

# それでは原子力発電は(2/2)

## CO2削減に成功しているのは 水力と原子力の国

EU主要国・米国主要州・日本のCO2排出係数と発電構成 (2015年)



出典: 資源エネルギー庁 エネルギー醸成懇談会  
008\_005.pdf (meti.go.jp)

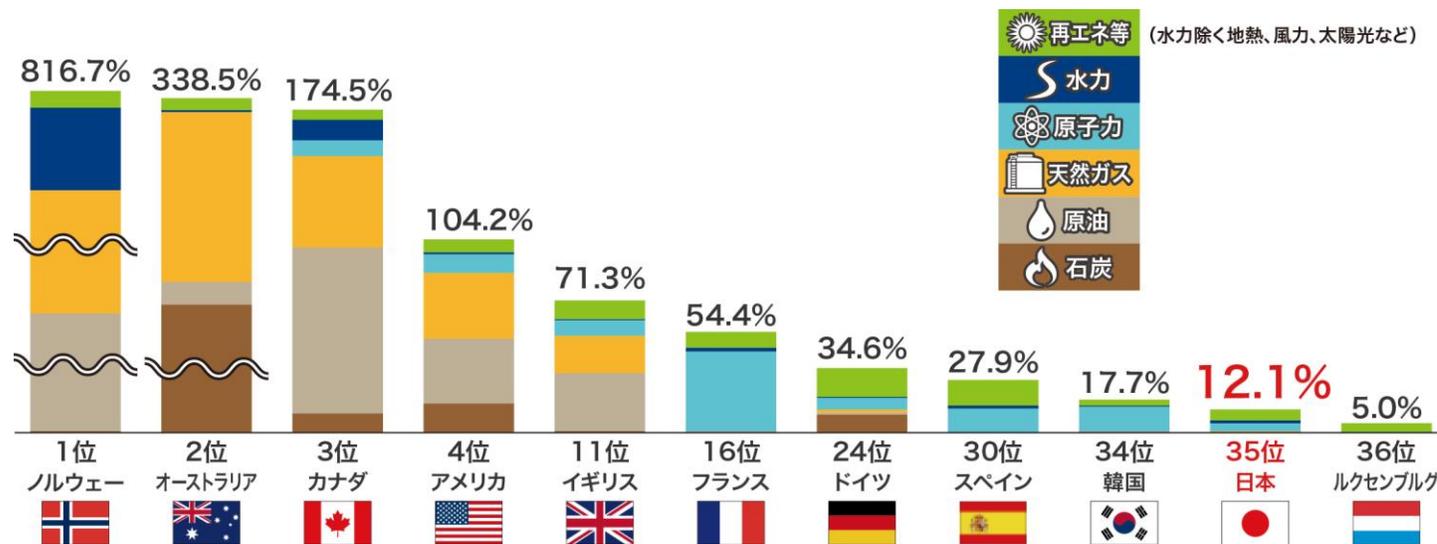
(出所) IEA CO2 emissions from fuel combustion 2017, 総合エネルギー統計より作成



# ロシアによるウクライナ侵攻を受けて

ロシアによるウクライナ侵攻などを受けてエネルギー価格が高騰。国内では電力需給の不安定さが浮き彫りになりました。

6月の先進7カ国首脳会議（G7サミット）ではウクライナ侵攻を続けるロシアへのエネルギー依存から脱却するため、欧州でも温暖化ガスの排出量が多い石炭火力発電所に回帰する動きが出ており、「脱炭素」と「脱ロシア依存」を両立させる難しさが浮き彫りに

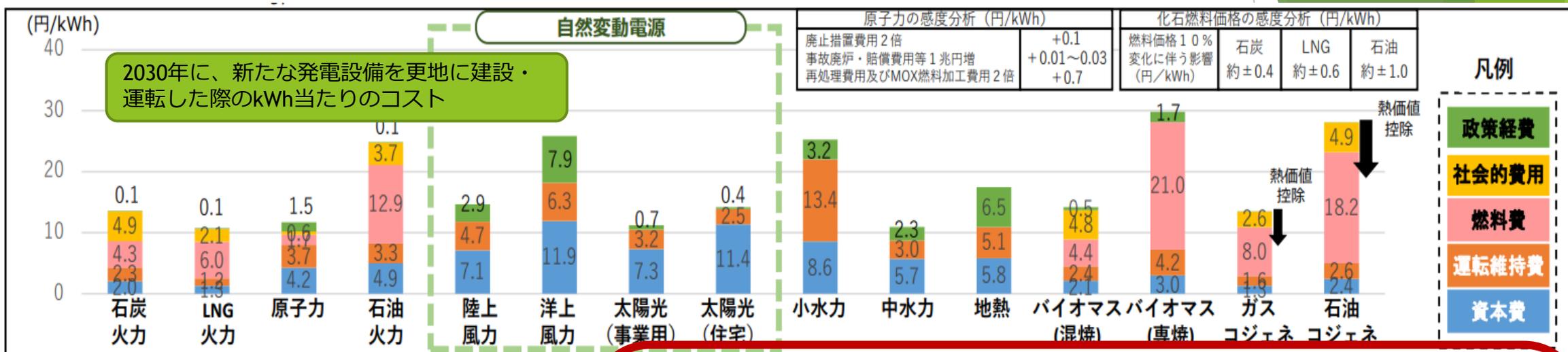


出典：資源エネルギー庁HP：[安定供給 | 日本のエネルギー 2021年度版「エネルギーの今を知る10の質問」](#) | [広報パンフレット](#) | [資源エネルギー庁 \(meti.go.jp\)](#)

## 化石燃料利用を巡る各国の動き

-  **ドイツ** 石炭火力発電の稼働を増やす緊急措置
-  **オランダ** 石炭火力発電の利用制限解除
-  **オーストリア** ガス火力発電所を石炭火力に改造方針
-  **日本** 夏の供給力確保のため、休止中の火力発電所の稼働を要請

# 2030年の電源別発電コスト試算の結果



## 参考① 電源立地や系統制約を考慮しない機械的な試算 (2015年の手法を踏襲)

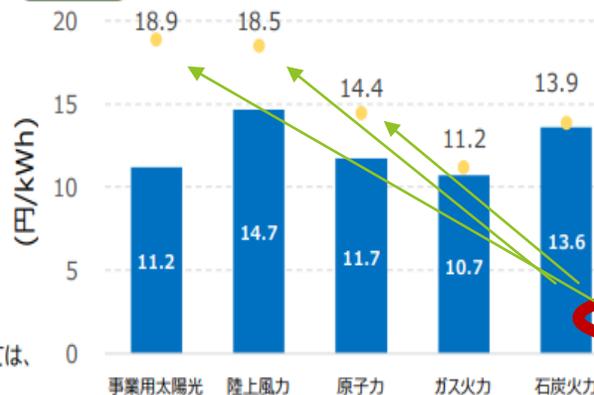
「系統が日本全国で大幅に増強され、日本全体で電力需給が瞬時に調整される」前提を置いてもなお生じる追加費用 (火力効率低下や揚水活用等の費用) 追加費用として試算。

自然変動電源の導入量・割合※1※2	生じる追加費用
1450億kWh (15%) 程度	年間8,470億円
1850億kWh (20%) 程度	年間1兆1,580億円
2350億kWh (25%) 程度	年間1兆4,780億円

※1 導入割合は総発電電力量が9300億-9400億kWhの場合

※2 検証時点では、洋上風力の時間変動実データが得られないため、洋上風力の追加費用の計算については、陸上風力の諸元を流用した。

## 参考② 電源立地や系統制約を考慮した、モデルによる分析・試算 (委員による分析※2)



- 2030年エネルギーミックスが達成された状態から、さらに各電源を微少追加した場合に、電力システム全体に追加で生じるコストを計算し、便宜的に、追加した電源で割り戻してkWh当たりのコスト (電源別限界コスト) を算出。
- どの電源を追加しても、電力システム全体にコストが生じる。これを、どう抑制していくのか、誰がどう負担するのかを議論していくことが重要。

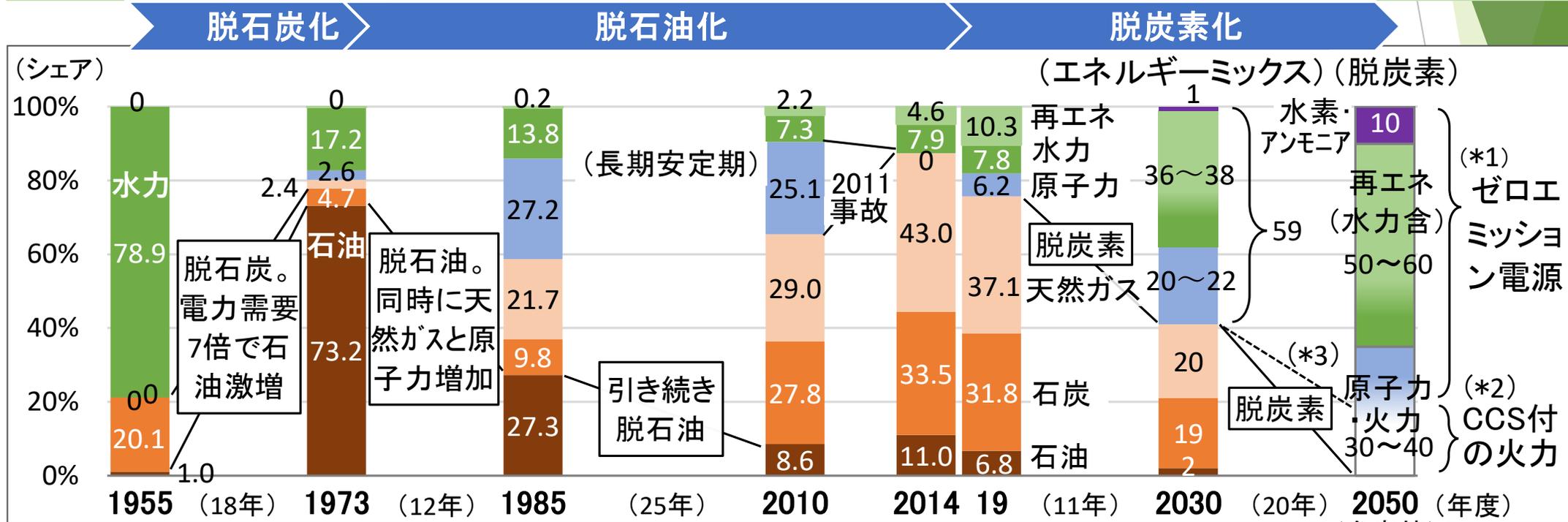
青 橋・発電コスト (上の積上げ棒グラフの値と同じ)

黄色ドット：電源別限界コスト

※2 第8回発電コスト検証WGにおける委員発表資料より引用。

# カーボンニュートラルはエネルギー問題

日本は、過去、脱石炭化、脱石油化の経験してきました。2050年カーボンニュートラル、2030年の温室効果ガス排出46%の削減目標は野心的と言われています。  
**達成に向けた日本のエネルギー、私たちの生活について考えましょう。**



(\* 1) 発電時にCO2の排出がない電源(再エネ、原子力、水素・アンモニア)  
 (\* 2) 発電時のCO2を回収し、それを地層や海中に埋める火力発電  
 (\* 3) 上記(\* 2)の火力発電がCCUS付きで残るため、その分を点線で示したもの

出典: エネルギー白書2021、第6次エネルギー基本計画から作成

## 発電電力量割合の歴史と2050年の目標 (約1世紀の変遷)

# 補足





# グリーン成長戦略

## 成長が期待される14の産業分野

足下から2030年、  
そして2050年にかけて成長分野は拡大

### エネルギー関連産業

①洋上風力産業  
風車本体・部品・浮体式風力

②燃料アンモニア産業  
発電用バーナー  
(水素社会に向けた移行期の燃料)

③水素産業  
発電タービン・水素還元製鉄・  
運搬船・水電解装置

④原子力産業  
SMR・水素製造原子力

### 輸送・製造関連産業

⑤自動車・蓄電池産業  
EV・FCV・次世代電池

⑦船舶産業  
燃料電池船・EV船・ガス燃料船等  
(水素・アンモニア等)

⑨食料・農林水産業  
スマート農業・高層建築物木造化・  
ブルーカーボン

⑪カーボンリサイクル産業  
コンクリート・バイオ燃料・  
プラスチック原料

⑥半導体・情報通信産業  
データセンター・省エネ半導体  
(需要サイドの効率化)

⑧物流・人流・  
土木インフラ産業  
スマート交通・物流用ドローン・FC建機

⑩航空機産業  
ハイブリット化・水素航空機

### 家庭・オフィス関連産業

⑫住宅・建築物産業/  
次世代型太陽光産業  
(ペロブスカイト)

⑬資源循環関連産業  
バイオ素材・再生材・廃棄物発電

⑭ライフスタイル関連産業  
地域の脱炭素化ビジネス

出典：資源エネルギー庁 [カーボンニュートラルに向けた産業政策“グリーン成長戦略”とは？ | スペシャルコンテンツ | 資源エネルギー庁 \(meti.go.jp\)](https://www.meti.go.jp/special_contents/green_growth_strategy)

# 2050カーボンニュートラルに向けた課題と取り組み

	分野	分析結果概要
1	洋上風力産業	✓ 中国が、日米を大きく離して首位。中国は、特許出願数も多いが、特許の注目度や排他性等も高く、知財競争力が高いと評価される。
2	燃料アンモニア産業	✓ 米国は、エクソンモービルが突出した知財競争力を持ち、首位となっている。 ✓ 中国が2位であるが、特許出願数は米国より多い。また、大学・研究機関が特許出願者の中心。
3	水素産業	✓ 日本は、自動車メーカー3社による燃料電池自動車関連の特許がけん引し、首位。 ✓ 他国も、自動車メーカーが上位を占めている。
4	原子力産業	✓ 日本は原子力関連機器の製造分野での競争力が高いが、本分析の対象は、SMRや高温ガス炉等の次世代革新炉や核融合であり、米国・中国が特許出願数、注目度や排他性ともに高い。
5	自動車・蓄電池産業	✓ 各国の自動車メーカーが上位を占め、電池メーカー・部素材メーカーがその後に並んでいる。日本は、自動車メーカー3社がけん引し、首位。
6	半導体・情報通信産業	✓ パワー半導体などの分野がけん引する形で日本が首位となっている。 ✓ 米国も出願数が少ないものの、特許の注目度や排他性等は高く、知財競争力が高い。
7	船舶産業	✓ 上位3位までを韓国企業が占めており、韓国が高い知財競争力を持つ。
8	物流・人流・土木インフラ産業	✓ 陸上運輸に関わる企業（自動車・重電）や物流部門の企業が上位に。中国は特許出願数が多く、特許の注目度や排他性等も高い。
9	食料・農林水産業	✓ 温室効果ガス吸収に関わる農林畜産技術や関連機具等の技術等の特許を分析。日本の農機具メーカーが上位を独占（省エネ化など）しており、日本が首位に。
10	航空機産業	✓ 航空機メーカー（米ボーイング、仏エアバス）が強く、首位が米国、2位がフランス。
11	カーボンリサイクル産業	✓ バイオ燃料とCCS関係の特許が太宗を占めている。それに続くジャンルとして人工光合成、CO2吸収コンクリートがあるが、現時点では数は少ない（両分野では日本の知財競争力が高い）。
12	住宅・建築物産業／次世代型太陽光産業	✓ 太陽光発電関係の特許が上位を占め、中国は特許出願数が多く、特許の注目度や排他性等も高い。日本も太陽光発電関係企業を中心に健闘している。
13	資源循環関連産業	✓ ゴミ・汚泥処理などに関わる技術の特許を分析。中国は、特許出願数が多く首位に。大学・研究機関が上位を占めている。
14	ライフスタイル関連産業	✓ CO2削減に係る行動変容やシェアリング、気候変動予測などに関わる技術の特許を分析。中国が、特許出願数が多く首位に。

出典：資源エネルギー庁HP 第1部 第2章 第3節 2050年カーボンニュートラルに向けた我が国の課題と取組 | 令和2年度エネルギーに関する年次報告 (エネルギー白書2021) HTML版 | 資源エネルギー庁 (meti.go.jp)

# カーボンニュートラルに向けた取り組み(1/2)

		脱炭素技術	克服すべき主な課題	※1 薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの	コストパリティ
電力部門	発電	再エネ	導入拡大に向け、系統制約の克服、コスト低減、周辺環境との調和が課題		
		原子力	安全最優先の再稼働、安全性等に優れた炉の追求、継続した信頼回復が課題		
		火力+CCUS/ カーボンリサイクル	CO2回収技術の確立、回収CO2の用途拡大、CCSの適地開発、コスト低減が課題		
		水素発電	水素専焼火力の技術開発、水素インフラの整備が課題		水素価格 約13円/Nm3
		アンモニア発電	アンモニア混焼率の向上、アンモニア専焼火力の技術開発が課題		
産業部門	熱・燃料	電化	産業用ヒートポンプ、設備のコスト低減、技術者の確保、より広い温度帯への対応が課題		
		バイオマス活用 (主に紙・板紙業)	黒液（パルプ製造工程で発生する廃液）、廃材のボイラ燃料利用の普及拡大に向け、燃料コストの低減が課題		
		水素化 (メタネーション)	水素のボイラ燃料利用、水素バーナー技術の普及拡大に向け、設備のコスト低減、技術者の確保、水素インフラの整備が課題		水素価格 40円/Nm3
		メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題			
	アンモニア化	火炎温度の高温化のためのアンモニアバーナー等の技術開発が課題			
	製造プロセス (鉄鋼・コンクリート・化学品)	鉄： 水素還元製鉄	水素による還元を実現するために、水素による吸熱反応の克服、安価・大量の水素供給が課題		水素価格 約8円/Nm3
		コンクリート： CO2吸収型 コンクリート	防錆性能を持つCO2吸収型コンクリート（骨材としてCO2を利用）の開発・用途拡大、スケールアップによるコスト低減、CO2のセメント原料活用（石灰石代替）の要素技術開発が課題 セメントキルン（回転窯）からのCO2回収のための技術開発が課題		
化学品： 人工光合成		変換効率を高める光触媒等の研究開発、大規模化によるコスト低減が課題			

出典：資源エネルギー庁HP

※2 主なエネルギー起源CO2を対象に整理、製造業における工業プロセスのCO2排出も対象  
コストパリティは既存の主要技術を対象に燃料費のパリティ水準を算出

※3 水素発電のパリティはLNG価格が10MMBtuの場合、水素還元製鉄は第11回CO2フリー水素WGの  
資料より抜粋(100kW級の純水素FCで系統電力+ボイラーを置換)

# カーボンニュートラルに向けた取り組み(2/2)

		脱炭素技術	克服すべき主な課題 ※1 薄赤色のエリアは技術的なイノベーションが必要なもの	コストパリティ 
民生部門	熱・燃料	電化	<ul style="list-style-type: none"> <li>エコキュート、IHコンロやオール電化住宅、ZEH,ZEB等を更に普及させるため、設備コスト低減が課題</li> </ul>	
		水素化	<ul style="list-style-type: none"> <li>水素燃料電池の導入拡大に向けて、設備コスト低減、水素インフラの整備が課題</li> </ul>	
		メタネーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>メタネーション設備の大型化のための技術開発が課題</li> </ul>	
運輸部門	燃料 (乗用車・トラック・バスなど)	EV	<ul style="list-style-type: none"> <li>導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、充電インフラの整備、充電時間の削減、次世代蓄電池の技術確立が課題</li> </ul>	電力価格 約10~30円/kWh
		FCV	<ul style="list-style-type: none"> <li>導入拡大に向け、車種の拡充、設備コストの低減、水素インフラの整備、が課題</li> </ul>	
		合成燃料 (e-fuel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題</li> </ul>	
	燃料 (船・航空機・鉄道)	バイオジェット燃料/ 合成燃料 (e-fuel)	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量生産、コスト削減を実現する燃料製造方法等の技術開発が課題</li> </ul>	
		水素化	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料電池船、燃料電池電車の製造技術の確立、インフラ整備が課題</li> </ul>	
		燃料アンモニア	<ul style="list-style-type: none"> <li>燃料アンモニア船の製造技術の確立</li> </ul>	
炭素除去	DACCS、BECCS、植林	<ul style="list-style-type: none"> <li>DACCS : エネルギー消費量、コスト低減が課題</li> <li>BECCS : バイオマスの量的制約の克服が課題 (CCSの適地開発、コスト低減は双方共通の課題)</li> </ul>		

※2 DACCS : Direct Air Capture and Storage、 BECCS : Bio-energy with Carbon Capture and Storage

※3 ガソリン自動車との比較。ガソリン価格が142.8円/Lの時を想定 (詳細は第11回CO2フリー水素WGの資料を参照)

※4 主なエネルギー起源CO2を対象に整理、製造業における工業プロセスのCO2排出も対象  
コストパリティは既存の主要技術を対象に燃料費のパリティ水準を算出

出典：資源エネルギー庁HP