

気候変動への対応と宇宙技術

2021年2月

一般財団法人 日本エネルギー経済研究所

理事長 豊田正和

目次

- 1. 主要国の気候変動対策**
- 2. 3種のゼロカーボンエネルギー**
 - 1) 再生可能エネルギー
 - 2) 原子力
 - 3) 水素・アンモニア、そしてカーボンリサイクル
- 3. 宇宙技術の貢献**
- 4. 日本の望ましき対応**

目次

- 1. 主要国の気候変動対策**
2. 3種のゼロカーボンエネルギー
 - 1) 再生可能エネルギー
 - 2) 原子力
 - 3) 水素・アンモニア、そしてカーボンリサイクル
3. 宇宙技術の貢献
4. 日本の望ましき対応

日本の気候変動対策

① 現状

- 2030年度排出削減目標達成に向けて、**全体としては順調に進捗しているが、原子力再稼働の進展が不十分**、FIT賦課金が増加、エネルギー安全保障の脆弱化
- 環境・エネルギー研究費の大部分を占める企業研究費が頭打ち
- **EU、及び欧州主要国（2050年目標）、中国（2060年目標）がネット・カーボンニュートラルを表明する中で、10月末菅総理が、2050年ネット・カーボンニュートラルを目指す**と宣言。官民挙げての体制が作られつつある。これまでは、**80%減を目指す**としていた。（2012年第四次環境基本計画）

② 今後の課題（短期）

- 総合エネ調基本政策懇談会で、**昨年10月第6次基本計画の策定のための審議を開始**
- **第6次エネルギー基本計画と2050年までの方向性策定と2030年度エネルギーミックスの見直し？**
 - **原子力**発電所の再稼働の着実な推進
 - **再エネ**は着実に増加しているが、高コスト化、特に家計への負担の増加に対する対策が必要

③ 今後の課題（中長期）

- 地球温暖化対策と経済成長を両立させながら、
- **2050年までにネット・ゼロの温室効果ガスの排出削減の実現**
 - 世界全体での取組と、**水素、CCS・CCU/カーボンリサイクルなどの分野における非連続的なイノベーションが不可欠**
 - イノベーション戦略の策定による革新的・非連続技術の重点化、イノベーションへの官民資金の投入、**国際共同研究の推進**

パリ合意と主要国のGHG 削減目標

	パリ協定 (2015年)	京都議定書 (1997年)
a. 参加国	NDC*提出 186 か国・地域 (2020/7/1時点)	削減義務 37 か国・地域 (米国批准せず)
b. 目標の設定	ボトムアップ	トップダウン
c. 目標の遵守 (法的拘束力)	無 (5年毎のレビュー)	有

*NDC (Nationally Determined Contributions) 自国が決定する2020年以降の温暖化対策に関する目標

❖ 2019年11月4日、米国トランプ政権は「パリ協定」離脱を通知。1年後に効力発生。

主要国の削減 目標比較	1990年比	2005年比	2013年比	GDP当たり温室効果ガス排出量 (kg/GDP1ドル)	
				2017年実績	2030年予測 (米国のみ 2025年予測)
日本 (GHG排出量目標) (基準年 2013 年) (目標年 2030 年)	▲18.0%	▲25.4%	▲ 26.0%	0.21	0.15
米国 (GHG排出量目標) (基準年 2005 年) (目標年 2025 年)	▲14~16%	▲ 26~28%	▲18~21%	0.37	0.26~0.27
EU (GHG排出量目標) (基準年 1990 年) (目標年 2030 年)	▲ 55%	▲51%	▲43%	0.23	0.11
中国 (CO ₂ /GDP: 原単位目標) → CO ₂ 排出量に換算 (基準年 2005 年) (目標年 2030 年)	+415~489%	▲ 100~129%	+20~37%	0.91	0.54~0.62
インド (GHG/GDP: 原単位目標) → GHG排出量に換算 (基準年 2005 年) (目標年 2030 年)	+603~611%	▲ 243~253%	+99~106%	0.82	0.59~0.61

(注1) 米国は 2005年比の削減目標、EUは 1990年比の削減目標を提出。

(注2) 中国は CO₂排出量のピークアウトを2030年に実現及びCO₂/GDPを 2005年比で 60~65%削減する原単位目標を提出。

インドは GHG/GDPを2030年に2005年比で 33~35%削減する原単位目標を提出。

(注3) 本表の中国 (CO₂排出量)、インド (GHG排出量) の1990年比、2005年比、2013年比は、それぞれの排出量を日本エネルギー経済研究所が試算。

(中国: 目標CO₂/GDPを元に→ CO₂排出量に換算、インド: 目標GHG/GDPを元に→ GHG排出量に換算)

(出所) 日本、米国、EUは産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会約束草案検討ワーキンググループ合同会合第7回会合 (2015年4月30日) 参考資料1「約束草案関連資料」、GDP当たり温室効果ガス排出量は、各国温室効果ガスインベントリ報告書および日本エネルギー経済研究所(2019)「IEEJアウトルック2020」を基に作成
中国、インドは、「IEEJアウトルック2020」のCO₂排出量を基に作成

主要国の目標：現状と課題①

国名	目標達成の課題
米国 (バイデン氏)	<ul style="list-style-type: none"> ・ <現状> 経済全体で2050年までにネットゼロ排出を達成 ・ <課題> 電力のエネルギー効率・クリーンエネルギー基準を実施できるか（2035年までに発電におけるCO₂フリーのエネルギーを達成できるか）、自動車の野心的な燃費基準を実施できるか ・ 任期中に2兆ドルの投資ができるか、どの程度の効果が得られるか ・ NDC（2030年目標）のCOP26までの提出が課題
EU	<ul style="list-style-type: none"> ・ <現状> 2050年までにGHG排出量ネットゼロを達成 ・ <課題> 東欧諸国が負担増加に懸念、目標は、あくまでEU全体での共同達成であり、かつ、加盟国間での費用対効果の違いを考慮することで合意された模様 ・ ネットゼロ排出にするために、5～6億トンを、森林吸収や、CCSなどの炭素除去技術で吸収・除去
中国	<ul style="list-style-type: none"> ・ <現状> 2060年にカーボンニュートラルを達成することを目指す ・ <課題> 2050年には、石炭が一次エネルギー消費に占める割合を5%以下とし、非化石エネルギーの割合が85%を超える必要。原子力も6～11倍にする必要。 ・ 2050年時点で残る17.2億トンのCO₂を森林吸収やCCSにより吸収・削減 ・ 2020～2050年で新たに追加的投資138兆元（約2200兆円）が必要、毎年のGDPの2.5%を超える
韓国	<ul style="list-style-type: none"> ・ <現状> 2050年までにカーボンニュートラルを目指す ・ <課題> 脱石炭火力政策（石炭火力発電比率は2018年で44%）と脱原発政策（同23%）とを同時に推進しているため、逆にLNG火力が増えている（同27%） ・ 再エネ発電比率は2018年で4%に過ぎない

（出所）各種資料をもとに日本エネルギー経済研究所 作成

主要国の目標：現状と課題②

* EUの組織体としての強み：「EU バブル」、「風力等再エネが豊富」、
「網の目状の国際連携線」

国名	目標達成の課題
英国	<ul style="list-style-type: none"> ＜現状＞ CO₂排出量を 2050年までにネットゼロに。(2019年6月) ＜課題＞ 温室効果ガスネットゼロを達成するための措置には、乳肉製品の消費削減や、英国の農地の5分の1を植林地、エネルギー作物栽培地又は泥炭修復地へ転換といった措置も含まれる。 さらに、大気からのCO₂回収技術やカーボンニュートラル合成燃料の大量供給が必要
フランス	<ul style="list-style-type: none"> ＜現状＞ GHG排出量を 2050年までにカーボンニュートラルに (2019年11月) ＜課題＞ 2015年、エネルギー移行法に基づき、原子力発電比率を2025年までに50%まで引き下げる方針 (2018年で72%) しかし、2018年11月に、2025年の期限を2035年まで延期する方針を発表。
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> ＜現状＞ 2050までに GHG ニュートラル を追求する ＜課題＞ 原子力法に基づき、2022年までに原子炉全機を閉鎖 (原子力発電比率は2018年時点で12%) 2019年1月、2038年までに石炭火力発電所をフェーズアウトする計画を発表 (石炭火力発電比率は2018年38%)

(注) EUは、「欧州グリーンディール (2050年カーボン中立) 提案。2019年12月

主要国の目標：現状と課題③

国名	目標達成の課題
ポーランド等 東欧	<ul style="list-style-type: none"> ・ <現状> ポーランド等東欧諸国は、2050年までにGHG排出量ネットゼロ目標や、2030年目標引き上げに反対だったが、①カーボンニュートラル経済への移行という課題に直面している地域を支援するEUの「公正な移行」基金を含む欧州経済回復計画が合意されたこと、②今後、排出枠オークション収入の分配、目標分担に関する東欧諸国等の懸念に対応することが合意されたことから、それらの目標に妥協。 ・ <課題> 石炭火力からガス火力・再エネへの転換、原子力の導入が課題。 ・ 欧州経済回復計画の資金により、石炭火力からの転換、原子力の導入が進むか。
カナダ	<ul style="list-style-type: none"> ・ <現状> 2050年ネットゼロを約束するClimate Ambition Allianceに参加。 ・ <課題> NDCは、GHG排出量を2005年水準比で2030年に30%削減（保守党政権時の目標だが、自由党トルドー政権は見直しせず。NDCの引き上げも約束せず） ・ 気候変動対策の中心は、各州にカーボンプライシングの導入を求める法律であるが、サスクチュワン州、オンタリオ州、マニトバ州が提訴、第1審の判断が分かれ、最高裁で係争中。
豪州	<ul style="list-style-type: none"> ・ <現状> NDCは、2030年までにGHG排出量を2005年水準から26～28%削減（米国と同じ水準） ・ <課題> 2030年目標を2030年の予想排出量が上回る見通しであるが、2020年までの超過達成分をカウントすると、2030年目標の達成は容易と考えている。

(出所) 各種資料をもとに日本エネルギー経済研究所 作成

トランプ前大統領 vs バイデン大統領（エネ・環境）

	トランプ前大統領（2017～2021）	バイデン大統領（2021/1/20～）
パリ協定	2019年11月「パリ協定脱退」を通知	パリ協定に再加盟
削減目標	—	2050年までに、100%クリーンエネルギー経済とネットゼロ排出（CCUS・原子力含む）を達成
電力	オバマ政権時のクリーンパワープランを廃止	技術中立的なエネルギー効率・クリーンエネルギー基準によって、2035年までに発電における炭素汚染物フリーのエネルギーを達成
自動車	自動車の燃費基準を緩和 カリフォルニア州に認めている自動車燃費基準やZEV規制を独自に設定する権限の取消し（訴訟中）	米国をEV製造の世界的リーダーにすることにより、自動車関連で100万人の新規効用を創出 野心的な燃費基準を設定
投資	—	任期中に2兆ドルの投資
研究・開発	研究・開発予算の削減	CCUS、原子力などのクリーンエネルギーの研究・イノベーションに大規模な投資
環境公正	—	条件不利（黒人・低所得者等）コミュニティが支出便益全体の40%を受けるという目標を設定（汚染の修復、水インフラの整備等）
国境調整	—	気候に関する義務を達成しない国からの財に炭素調整を課すことを提案

結果としてのGHG等の削減

1. これまでに、**120を超える国・地域が**、2050年、あるいはそれに近い時点で、**ネット・カーボン・ニュートラルを目指す**と宣言。
2. この結果、以下が2050年時点で**実現する可能性あり**。
 - 中国、韓国を含めると、
GDP : 78%をカバーする国々が、

GHG : **61% がゼロ**

CO₂ : **63% がゼロ**

目次

1. 主要国の気候変動対策
- 2. 3種のゼロカーボンエネルギー**
 - 1) 再生可能エネルギー
 - 2) 原子力
 - 3) 水素・アンモニア、そしてカーボンリサイクル
3. 宇宙技術の貢献
4. 日本の望ましき対応

1) 日本の再生可能エネルギー政策

① 現状

- **2020年6月末時点**で FIT電源の導入規模は **76GW**（うち住宅PV 11GW、事業用PV 45GW、風力 4.4GW、大規模水力は除く）で発電電力量は 148TWh（大規模水力を含むと177TWhで総発電電力量の 17%）2020年度の **FIT賦課金単価は 2.98円/kWh**で、賦課金総額は 2.4兆円まで増大
- 住宅PVの卒FIT案件（2019年度 2GW）に対して、各社買取メニューを発表
- 事業用PVの最低落札価格は、第4回入札で**10.50円/kWh**（2019/9/3公表）、第5回入札で **10.99円/kWh**（2020/3/5公表）。2020年度も入札2回で、コロナ禍の影響で延期された第6回入札は **10.00円/kWh**（当初 8月末→11/6公表）。12月末の第7回入札では **10.48円/kWh**（12/25公表）。

② 今後の課題（短期）

- **特別措置法であるFIT法は 2020年度末までに抜本的な見直し**が行われる。各電源の特性や導入状況に応じた制度を基本としつつ、**事業用PVや風力に対しては FIP（Feed-in Premium）をベースとした枠組みを検討**した後、今度の買取制度が再構築される予定
- コネクト&マネージ等の送電線への再エネ接続制約の緩和により、出力抑制の回避を強化
- 基本政策分科会において、**2030年電源構成の22~24%という目標を増やす**のかが一つの論点

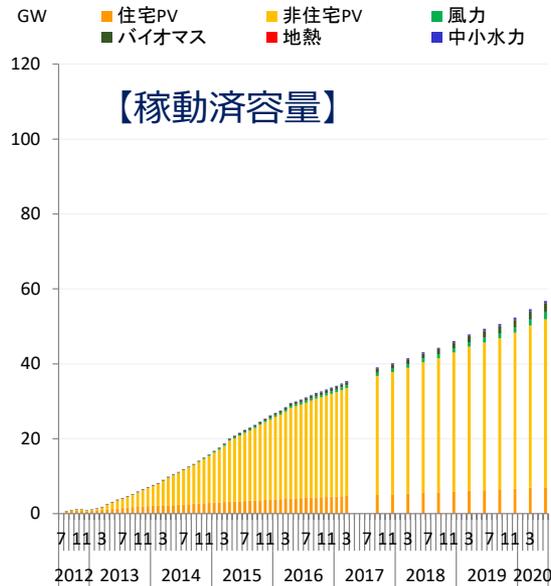
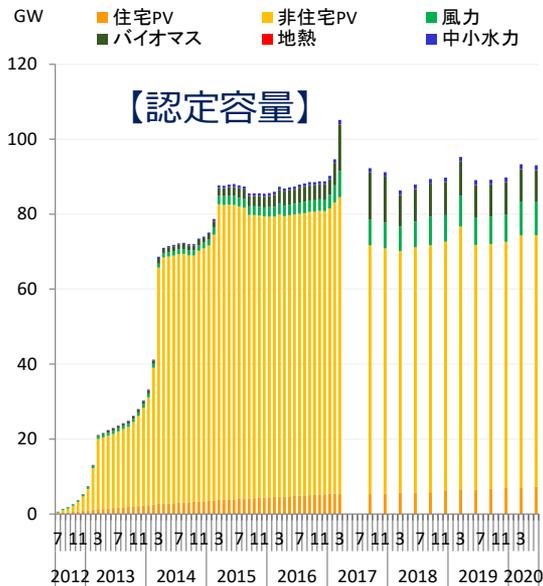
③ 今後の課題（中長期）

- **洋上風力新法***の施行により今後の導入拡大が**期待される洋上風力**ではあるが、経済合理的な導入のためには、欧州で見られるような**国内関連産業の育成や競争の醸成**が必要
- 再エネの主力電源化には、再エネの**大幅なコストダウン**は必須。その他に、エネルギー貯蔵技術としては**蓄電池のみならず、Power to Gas による Sector Integration の検討**も重要課題
- 昨年12月の基本政策分科会で、**経産省は、基本ケースとして 2050年50~60%の数字を提示**。

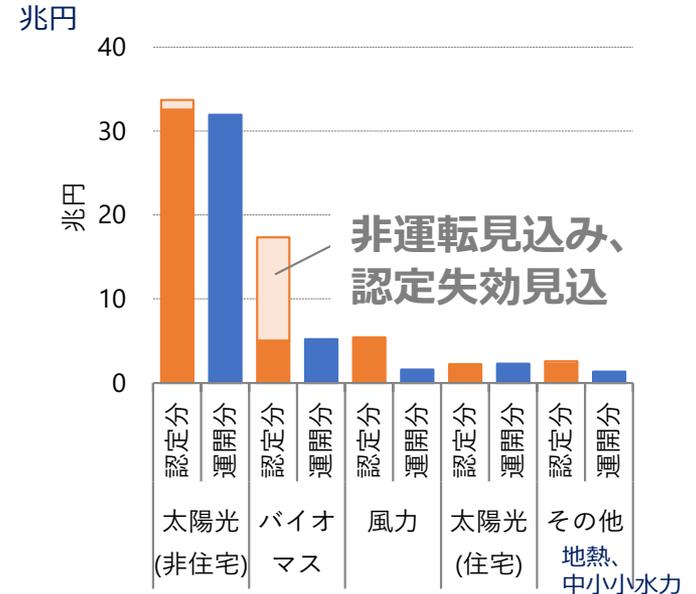
*洋上風力新法とは、洋上風力等の円滑な導入促進を図るために、政府が促進区域を定め、開発事業者を公募で選定し、事業者は30年間の占有が認められる法律（2019年4月施行）。

相対的に高い日本の再エネ・コスト

FIT電源の認定・稼動状況



FITの累積賦課金額



- 再生可能エネルギー発電に係る消費者負担額も急速に増大している。
- 買取価格が高い太陽光（PV）の導入急拡大が、負担額を大きく押し上げている。
2020年6月末時点の導入・認定設備分（93.1 GW）が稼動するだけでも、買取期間累計で、累積 60兆円、電気料金で 3.4円/kWh（家庭用 +15%、産業用 +21%）の値上げに相当。
- ただしバイオマス発電のうち長期安定的な燃料調達に関する障壁から稼働の実現が厳しい**非運転見込み（2GW：エネ研推計）を除くと、今後 20年間で、累積 46兆円、電気料金で 2.7円/kWh（家庭用 +12%、産業用 +17%）の値上げに相当。**

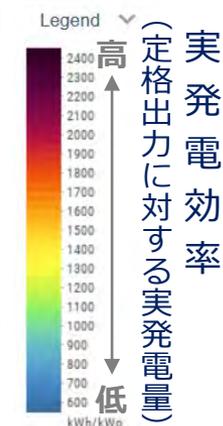
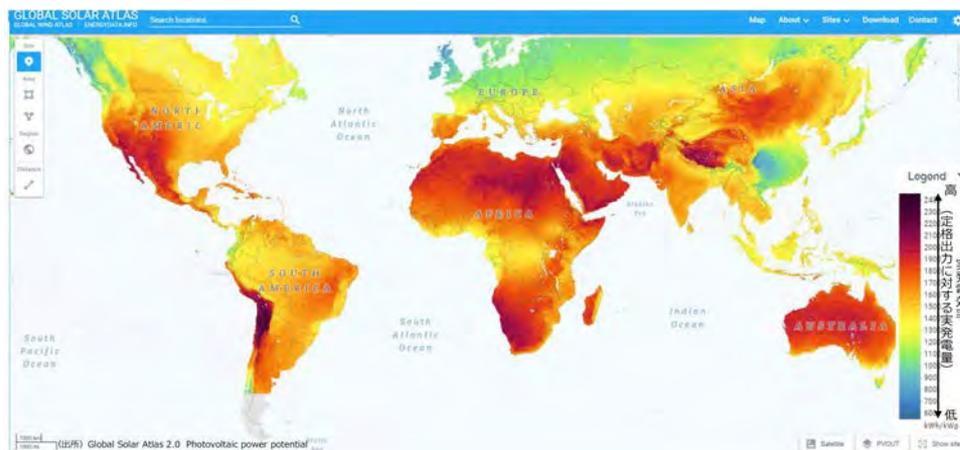
（出所）資源エネルギー庁「再生可能エネルギー発電設備の導入状況（2020年6月末）」2020年10月29日公表等をもとに作成

再生エネルギーポテンシャル

再生エネルギーの資源ポテンシャルは、地域によって異なる

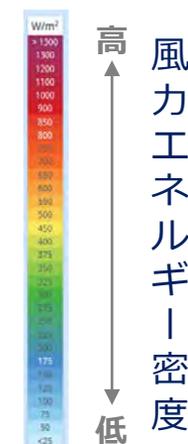
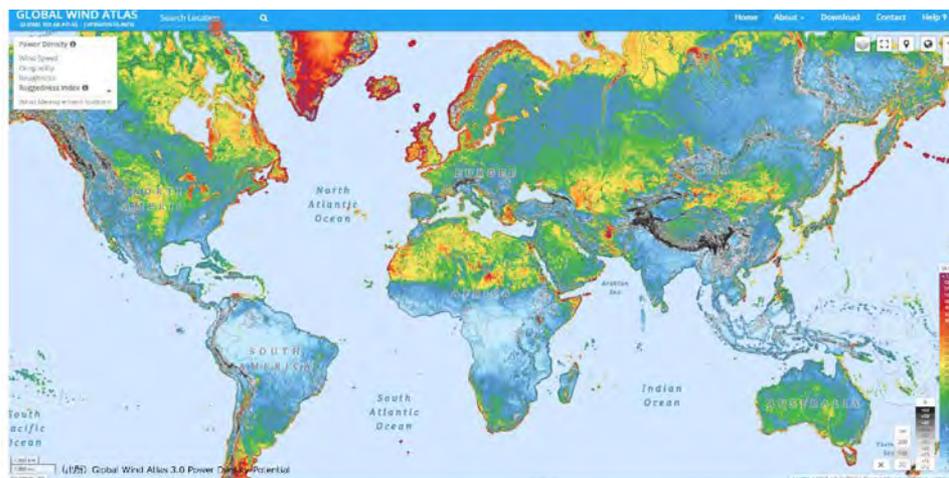
太陽光ポテンシャル

アジア太平洋地域は、降水量が多く、砂漠地帯と比較すると実発電効率が低い。また、人口密集地域であり、未利用の遊休地が少ない為、メガソーラーの設置場所には限界もあり。



風力ポテンシャル

アジア太平洋地域は、一部の沿岸部を除き、欧州と比較して風速が低く、また、台風等の影響から、年間を通じた安定的な風力エネルギーは得にくい。



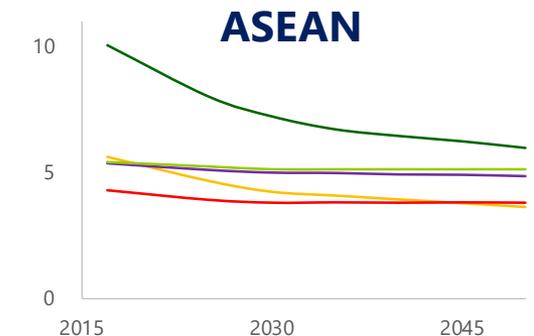
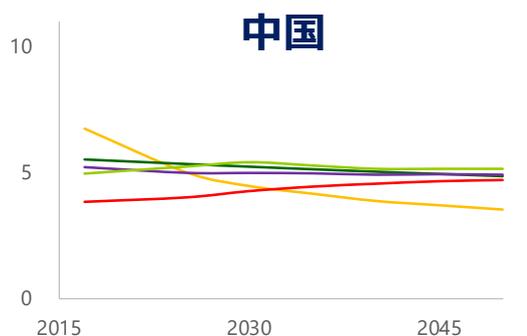
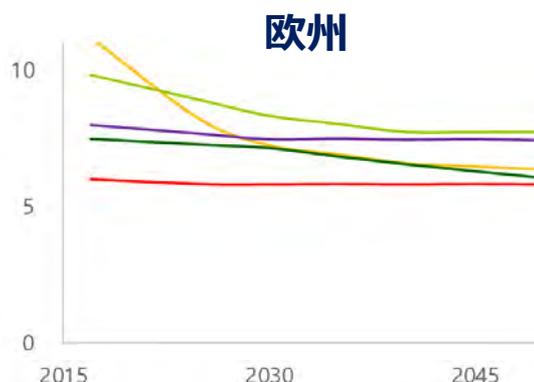
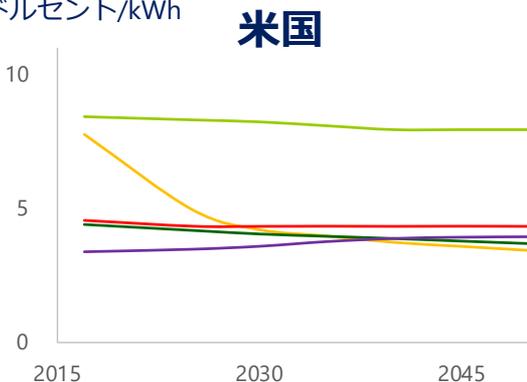
(出所) 経済産業省 貿易経済協力局「～エネルギー・電力～事務局資料」(資料2) 第1回インフラ海外展開懇談会、2020年4月24日

国によって電源コストは異なる

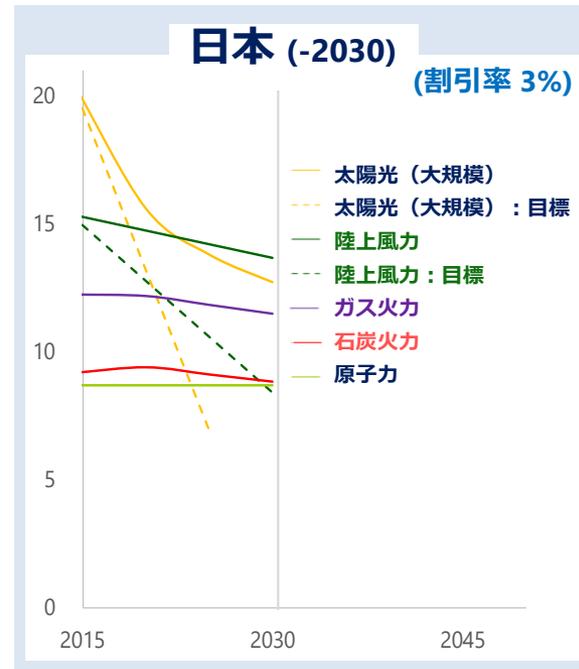
⇒ ASEANでは、石炭が、2045年でも安くかつ豊富

電源別発電コスト (-2050) (割引率 7%で計算。日本のみ 3%)

2017
米ドルセント/kWh



- 太陽光 (大規模)
- 陸上風力
- ガス火力
- 石炭火力
- 原子力



LCOE : Levelized Cost Of Electricity (均等化発電原価)

建設費や運転維持費、燃料費など発電に必要なコストと利潤などを合計して、運転期間中の想定発電量で割ったもの。

(出所) 経済産業省 貿易経済協力局「～エネルギー・電力～ 事務局資料」(資料2) 第1回インフラ海外展開懇談会、2020年4月24日 など

2) 日本の原子力政策

① 現状

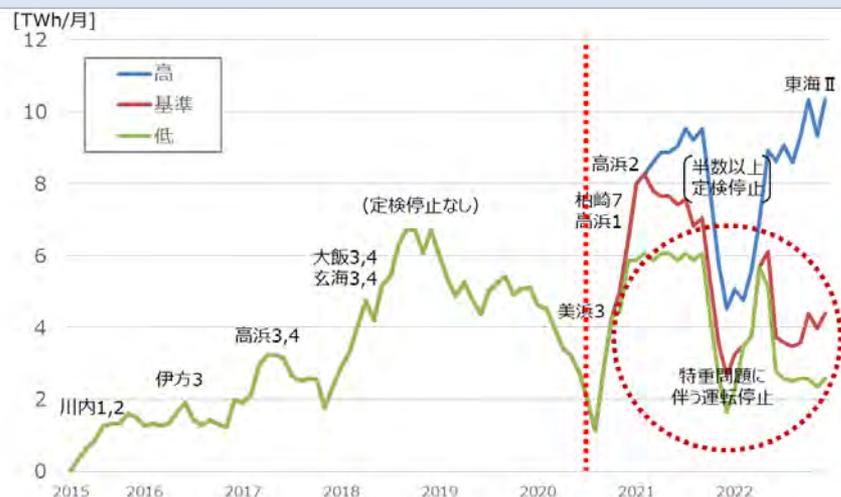
- **9基** (全てPWR) **再稼働済み**。ただし、稼働中は**4基**のみ (調整運転を含む)。
2基 (高浜3/4号) は **特重問題で停止**。1基は **運転差し止め仮処分で停止** (伊方3号)。**2基** (は **地裁による設置許可取消判決を受け控訴中** (大飯3/4号)。**審査中7基、申請済み11基**。
未申請9基含み計36基。

② 今後の課題 (短期)

- BWR含めた**再稼働スピードアップ** ● **特重問題リスク顕在化の回避** (グラフの高ケース⇒基準ケース)
- **司法への対応** (伊方3号機への運転差し止め仮処分決定_20/1/17、大飯3/4号機への設置許可取り消し判決_20/12/4)
- 基本政策分科会にて、**2030年の電源構成20~22%という目標を変更するか**が一つの論点。**新增設有無ももう一つの論点**。
参考値として、化石+CCUS/カーボンリサイクルと合わせて、約3~4割という数字を提起。

③ 今後の課題 (中長期)

- **中期 :**
 - ・ 事業者の信頼性獲得 (~2030年)
 - ・ 安全目標の合意形成 (許容リスク概念の普及)
 - ・ 規制運用の最適化
 - ・ 高レベル処分場確保
 - ・ 全基再稼働
- **長期 :**
 - ・ **革新的技術開発** (SMR等) & 新設立地 (~2050年)
 - ・ **再エネとの共存** (調整電源化)



※グラフは検討用のものであり、厳密なものでは無いことに留意願います。
 (出所) 日本エネルギー経済研究所

着実だがスローな原子炉再稼動状況①

(稼動中: 4基 (調整運転を含む)、停止中: 5基)

(2021年1月26日時点)

状況	会社	発電所	調整運転(検査中)	営業運転	停止期間	備考
稼動中	九州電力	川内 1号機	①2015年 8月 ②2016年12月 ③2018年6月 ④2019年10月 ⑤2020年11月	①2015/9/10~16/10/6 ②2017/1/6~18/1/29 ③2018/6/29~19/7/27 ④2019/11/1~20/3/16 ⑤2020/11/26~	①2016/10/6~17/1/6 ②2018/1/29~6/29 ③2020/3/16~11/16	2020/3/17の特重施設設置期限前に運転停止。 2020/11/17特定重大事故等対処施設の設置工事等の終了に伴い原子炉を起動。
稼動中	九州電力	川内 2号機	①2015年10月 ②2017年 2月 ③2018年8月 ④2018年12月 ⑤2021年12月	①2015/11/17~16/12/16 ②2017/3/24~18/4/23 ③2018/9/28~19/10/18 ④2020/1/23~20/5/19 ⑤2021/1/22~	①2016/12/16~17/3/24 ②2018/4/23~9/28 ③2020/5/20~12/23	2020/5/21に特重施設設置期限を迎えるため、 2020/5/20に停止。
停止中	関西電力	高浜 3号機	①2016年 1月 ②2017年 6月 ③2018年11月	①2016/2/26~3/10 ②2017/7/4~18/8/3 ③2018/12/7~20/1/6	①地裁命令で停止 2016/3/10~17/3/28 ②2018/8/3~12/7 ③2020/1/6~21/2月以降	・ 2016/3/9付、大津地裁の運転停止を命じる仮処分決定により法的停止。2017/3/28付の大阪高裁の仮処分取消を受けて、④検査合格後に再稼動。 ・ 2020/8/3に特重施設設置期限を迎えるため定検期間延長。
停止中	関西電力	高浜 4号機	①2016年 2月 ②2017年 5月 ③2018年9月 ④2020年2月 ⑤2021年2月	(2016年3月 ④検査中停止) ①2017/6/16~18/5/18 ②2018/9/28~19/9/18 ③2020/2/26~20/10/6	①地裁命令で停止 2016/3/10~17/3/28 ②2018/5/18~9/28 ③2020/10/7~21/3月以降	・ 2016/3/9付、大津地裁の運転停止を命じる仮処分決定により法的停止。2017/3/28付の大阪高裁の仮処分取消を受けて、④検査合格後に再稼動。 ・ 2020/10/8に特重施設設置期限を迎え停止。
停止中	四国電力	伊方 3号機	①2016年 8月 ②2018年10月	①2016/9/7~2017/10/3 ②2018/11/28~19/12/26	①2017/10/3~2018/11/28 ②高裁命令で停止 2017/12/13~18/9/25 ③2019/12/26~ (高裁命令で停止2020/1/18~)	・ 定期検査中に広島高裁の運転停止を命じる仮処分決定で法的停止。2018/9/25広島高裁で仮処分命令が取消。 ・ 2020/1/17広島高裁で運転差し止めの仮処分が決定し法的停止。
停止中	関西電力	大飯 3号機	①2018年 3月 ②2019年6月 ③2021年1月	①2018/4/10~19/4/11 ②2019/7/23~20/7/19	①2019/4/11~7/23 ②2020/7/20~(見通せず)	・ 2020/5/8から定検予定が新型コロナウイルス感染拡大防止のため定検開始時期を後ろ倒し。 ・ 2020/12/4付、大阪地裁が設置許可を取消したが、国が控訴中のため効力を発揮せず
稼動中	九州電力	玄海 3号機	①2018年 4月 ②2019年8月 ③2020年11月	①2018/5/16~19/7/22 ②2019/8/21~20/9/17 ③2020/12/22~	①2019/5/13~8/20 ②2020/9/18~11/22	
調整運転中	関西電力	大飯 4号機	①2018年5月 ②2019年9月 ③2021年1月	①2018/6/5~19/7/4 ②2019/10/10~20/11/3 ③2021/2月中旬予定	①2019/7/4~10/10 ②2020/11/3~21/1/16	・ 2020/12/4付、大阪地裁が設置許可を取消したが、国が控訴中のため効力を発揮せず
停止中	九州電力	玄海 4号機	①2018年6月 ②2019年10月	①2018/7/19~2019/8/16 ②2019/11/20~12/19	①2019/8/16~11/20 ②2020/12/20~(21/3月予定)	

着実だがスローな原子炉再稼動状況②

(審査中: 7基)

(2020年12月7日時点)

状況	会社	発電所	備考	
審査中	関西電力	高浜 1号機	①②許認可、③審査中	(2021年3月以降) に再稼働予定
審査中	関西電力	高浜 2号機	①②許認可、③審査中	(2021年5月以降) に再稼働予定
審査中	関西電力	美浜 3号機	①②③許認可、④検査中	(2021年1月以降) に再稼働予定
審査中	東電HD	柏崎刈羽6号機	①許可、②③審査中	(工事完了が未定) (見通せず)
審査中	東電HD	柏崎刈羽7号機	①②③許認可、④審査中	(2021年6月以降) に再稼働予定
審査中	日本原電	東海第二	①②③許認可、④審査中	2022年12月には事故対策工事が終了予定。 (2023年以降) に再稼働予定
審査中	東北電力	女川2号	①許可、②審査中、③審査中	2020/11/10、宮城県の村井嘉浩知事が、再稼働に同意する方針との報道。東日本大震災で被災した原発の再稼働に向けた地元自治体の同意は初めて。 (2023年以降) に再稼働予定

※ その他、審査申請済み 11基 (泊1～3号機、東通1号機、浜岡3・4号機、志賀2号機、島根2～3号機、敦賀2号機、大間)

新規制基準適合性に係る審査・検査～再稼動までの大まかな流れ

(①～③の審査は同時並行的に行われる)

①申請→ ① 設置許可審査 (許可)、② 工事計画審査 (認可)、③ 保安規定審査 (認可)

→ ④ 使用前検査 (合格)

その他 再稼動に向けては、電力会社と自治体との安全協定に基づく、地元の同意も求められる (立地市

町村と、その市町村が属する都道府県)。 → ⑤再稼動 (④使用前検査に合格後、営業運転に移行)

特定重大事故対処施設に関する規制の影響

(2020年12月7日時点)

発電所	工事計画認可日	特重認可		特重施設設置期限	再稼働 (予定) ※起動後、調整運転を行って 営業運転開始のタイミング
		申請日	許可日		
川内1号機 川内2号機	1号機：2015.3.18 2号機：2015.5.22	2015.12.17	2017.4.5	1号機：2020.3.17※① 2号機：2020.5.21※②	1号機：2020.11.26 2号機：2020.12.24
高浜3号機 高浜4号機	3号機：2015.8.4 4号機：2015.10.9	2014.12.25	2016.9.21	3号機：2020.8.3※③ 4号機：2020.10.8※④	3号機：(2021年2月以降) 4号機：(2021年3月以降)
伊方3号機	2016.3.23	2016.1.14	2017.10.4	2021.3.22	(運転停止の長期化見込み)
高浜1号機 高浜2号機	2016.6.10	2016.12.22	2018.3.7	2021.6.9	1号機：(2021年3月以降) 2号機：(2021年5月以降)
美浜3号機	2016.10.26	2018.4.20	審査中	2021.10.25	(2021年1月以降)
大飯3号機 大飯4号機	2017.8.25	2019.3.8	2020.2.26	2022.8.24	3号機：(見通せず) 4号機：(2021年2月中旬) 2020/12/4付、大阪地裁が設置許可を取消
玄海3号機 玄海4号機	3号機：2017.8.25 4号機：2017.9.14	2017.12.20	2019.4.3	3号機：2022.8.24 4号機：2022.9.13	3号機：(2020年12下旬) 4号機：稼働中(～20/12/19)
東海第二	2018.10.18	2019.9.24	審査中	2023.10.17	2022年12月には事故対策工事が終了予定 (2023年以降)再稼働予定

※① 川内 1号機 は、特重施設設置期限前 2020/3/16付で稼働停止 (定期検査)

※② 川内 2号機 は、特重施設設置期限前 2020/5/20付で稼働停止 (定期検査)

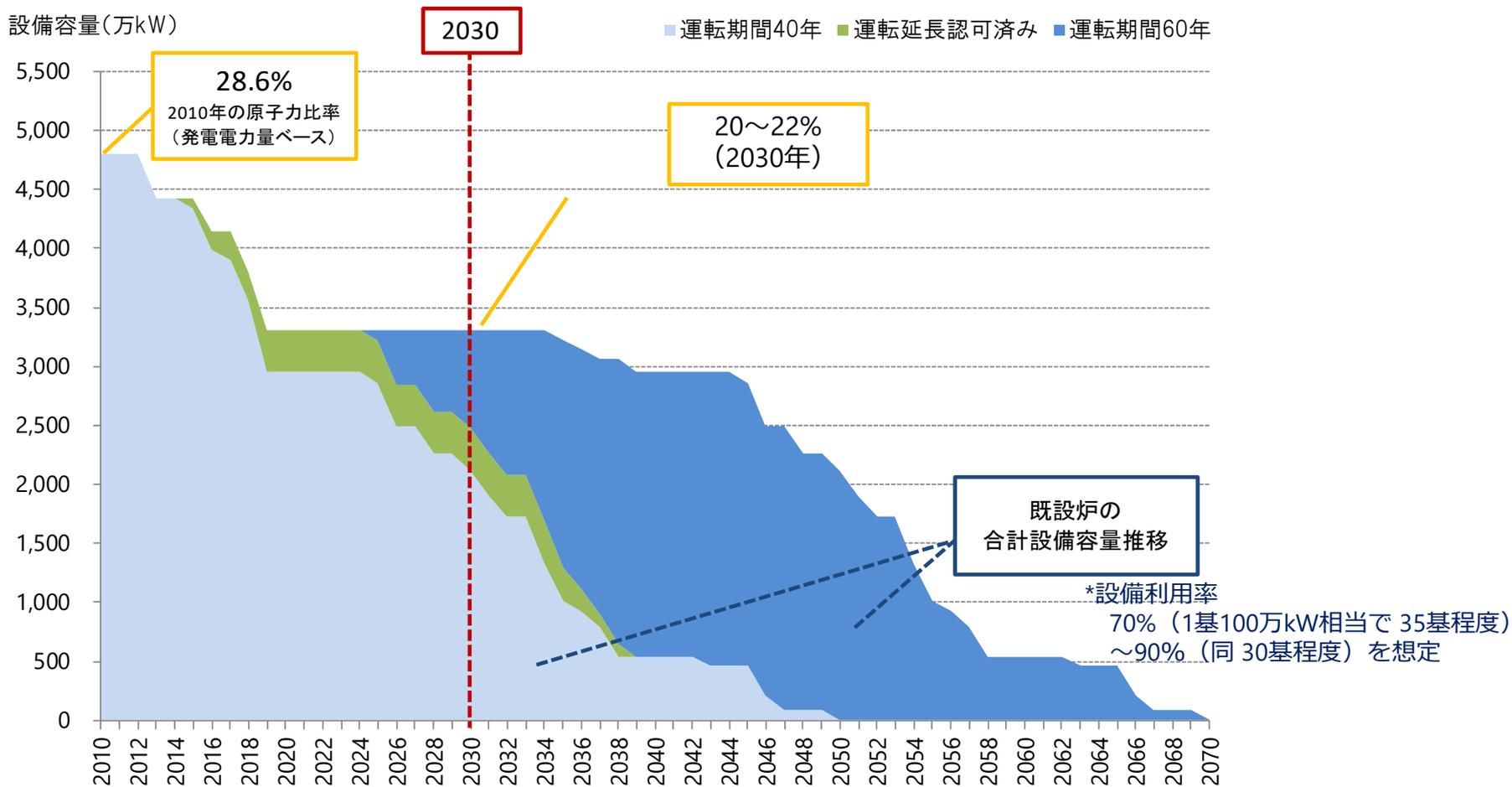
※③ 高浜 3号機 は、2020/8/3に特重施設設置期限を迎えることから定期検査期間の延長を決定

※④ 高浜 4号機 は、特重施設設置期限前 2020/10/7付で稼働停止 (定検停止)

(出所) 規制庁、第2回原子力規制委員会 (2020.7.16) 等

新增設の必要性：原子力20-22%の維持？

❖ 運転年数延長か、新規建設が必要



3) 日本の水素・アンモニア、そして カーボンリサイクル政策

水素・アンモニア

① 現状

水素利用はほぼ工業用途のみ（石油精製、石油化学、軽工業等で 150億Nm³/年）。エネルギー用途では、FCVは 3,800台程度普及（世界で 20,000台）。「水素・燃料電池戦略ロードマップ」では目標達成に向けた詳細なアクションプランを策定し技術開発を強化。全世界で12か国・地域が戦略やロードマップを策定、**3回目の水素閣僚会議等、世界での取組みが加速**し、わが国との連携も強まる。

② 今後の課題（短期）

2020年には**アンモニアの国際サプライチェーン実証が開始**し、まずは石炭火力混焼用燃料として海外からの輸入が2020年代後半から開始される見込み。**発電・自動車の他に、産業部門での水素需要創出が鍵**。基本政策分科会で、**2030年水素・アンモニアの目標として発電量の1割前後を提起**

③ 今後の課題（中長期）

化石燃料+CCS水素は **CCSの国際ルール作り**、再エネ水素は再エネの**コストダウン**が課題

カーボンリサイクル等

① 現状

ICEF（世界エネルギー・環境イノベーションフォーラム）、「**カーボンリサイクル技術ロードマップ**」の策定、**カーボンリサイクル産官学国際会議等国内2回目の外での推進が加速**。

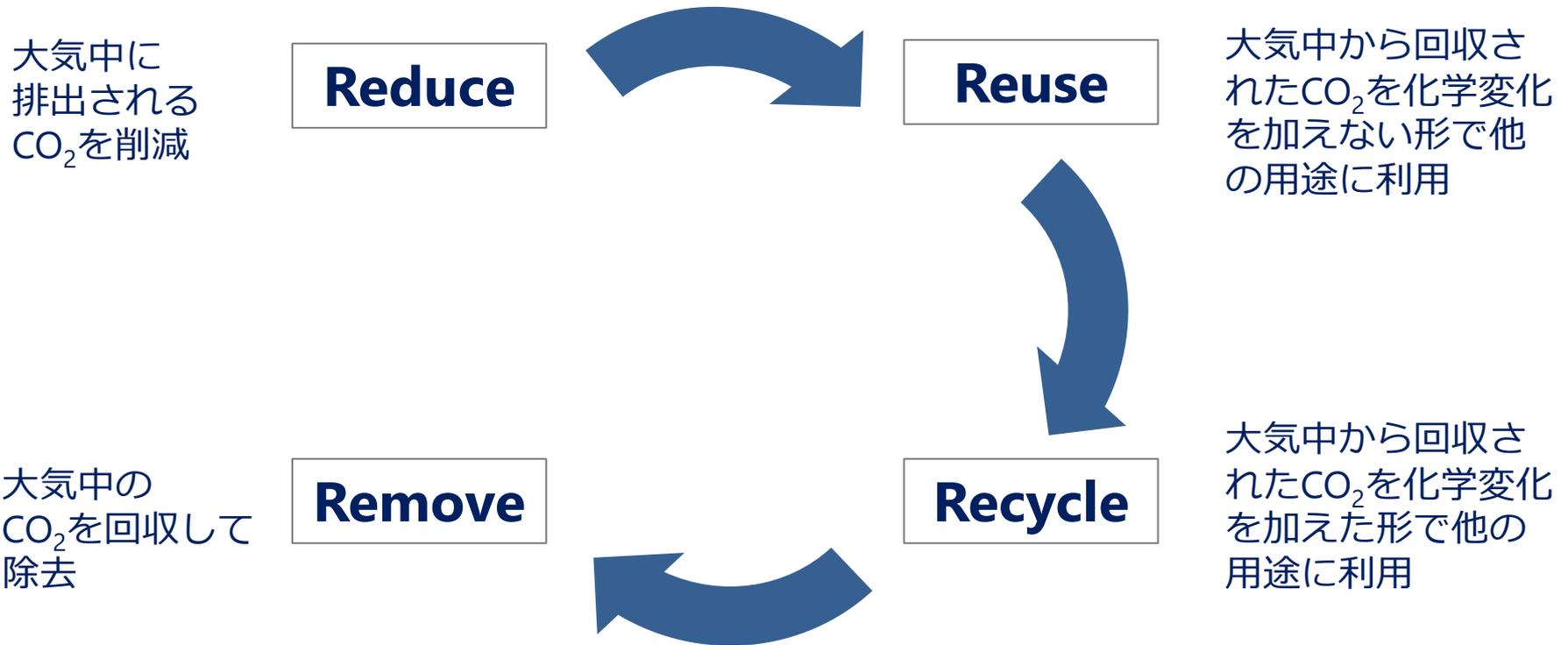
② 今後の課題（短期）

当面は**CO₂を吸い込むコンクリート製造や建材利用等**が進む。また、CCR技術全般の経済性向上、LCCO₂（ライフサイクルCO₂）評価が必要。基本政策分科会で、**原子力と合わせて、化石+CCUS/カーボンリサイクルの参考値3-4割を提起**

③ 今後の課題（中長期）

水素が必要な**合成燃料（メタン、メタノール）は、既存インフラの活用というメリット**がある。都市ガス部門や運輸部門（特に国際航空・船舶）等、**現状の技術では低炭素化が困難な部門・用途での利用の検討が課題**。

炭素循環経済 (Circular Carbon Economy) とは



炭素循環経済 (Circular Carbon Economy : **CCE**) とは、大気中に存在するCO₂を循環構造に見立てて、全体を俯瞰する包括的な観点から削減を進めていく考え方

利用可能な技術は全て活用するという観点から、大気中の炭素削減策を、削減 (Reduce)、再利用 (Reuse)、再循環 (Recycle)、除去 (Remove) の**4つの「R」の技術**で進めるものとする。

4つの「R」技術で炭素の削減を目指す

❖ 炭素循環経済における主な「4R」技術

4Rの種類	削減 (Reduce)	再利用 (Reuse)	再循環 (Recycle)	除去 (Remove)
内容	大気中に排出されるCO ₂ の量を削減	大気中から回収したCO ₂ を化学変化を加えない形で別の用途に利用	大気中から回収したCO ₂ を化学変化を加えた形でほか別の用途に利用	大気中のCO ₂ を回収して除去
主な技術	<ul style="list-style-type: none"> ●省エネルギーの推進 ●再生可能エネルギーの導入促進 ●原子力の導入促進 ●先進超々臨界圧石炭火力の活用 ●燃料電池車の導入促進 ●水素発電 ●アンモニアを発電用燃料や船舶用燃料として利用 ●石炭灰等の混和材を用いたセメント生産量削減 ●水素を用いた還元製鉄プロセス 	<ul style="list-style-type: none"> ●回収したCO₂を用いた油田の増進回収法 (Enhanced Oil Recovery: EOR) ●CO₂濃度を高めたグリーンハウスにおける農産物栽培 ●回収されたCO₂を活用した藻類系バイオ燃料 ●葦を原料とするジェット燃料の生産 	<ul style="list-style-type: none"> ●回収したCO₂をコンクリートに吸着させる技術 ●回収したCO₂を炭酸塩として固定 ●回収したCO₂と水素を原料とした合成液体燃料の生産 ●回収したCO₂と水素を原料とした合成メタンの生産 ●回収したCO₂と水素を原料とした化学原料の生産 	<ul style="list-style-type: none"> ●炭素回収・貯留 (CCS) ●二酸化炭素直接吸収 (Direct Air Capture : DAC) によるCO₂の回収

出所 : Mansouri, N. Y. et al.(2020) "A Carbon Management System of Innovation: Towards a Circular Carbon Economy"を基に作成

個々の技術はこれまでも開発が進められてきたものであるが、上記「4R」の分類は、これらの一連の技術を大気中の炭素の循環構造に見立てて包括的に再整理したもの

ReduceやRemoveが主であった従来の排出削減の議論に対し、炭素を資源とみなすReuseやRecycleの重要性を強調

化石燃料や再エネからのゼロカーボン水素を製造

- 水素社会の実現に向けて、ロードマップを2014年に策定し、2016年、2019年に改訂
- 2019年の改訂では、**目指すべきターゲットを新たに設定**（基盤技術のスペック・コスト内訳の目標）

水素・燃料電池戦略ロードマップ～水素社会実現に向けた産学官のアクションプラン～（全体）

- 基本戦略等で掲げた目標を確実に実現するため、
 - ① **目指すべきターゲットを新たに設定(基盤技術のスペック・コスト内訳の目標)、達成に向けて必要な取組を規定**
 - ② **有識者による評価WGを設置し、分野ごとのフォローアップを実施**

	基本戦略での目標	目指すべきターゲットの設定	ターゲット達成に向けた取組	
利用	モビリティ	FCV 20万台@2025 80万台@2030	2025年 <ul style="list-style-type: none"> ● FCVとHVの価格差 (300万円→70万円) ● FCV主要システムのコスト (燃料電池 約2万円/kW→0.5万円/kW) 水素貯蔵 約70万円→30万円 	● 徹底的な規制改革と技術開発
		ST 320か所@2025 900か所@2030	2025年 <ul style="list-style-type: none"> ● 整備・運営費 (整備費 3.5億円→2億円) 運営費 3.4千万円→1.5千万円) ● ST構成機器のコスト (圧縮機 0.9億円→0.5億円) 蓄圧器 0.5億円→0.1億円) 	● 全国的なSTネットワーク、土日営業の拡大 ● ガリガソノ/エドコ併設STの拡大
		バス 1200台@2030	20年代前半 <ul style="list-style-type: none"> ● FCバス車両価格 (1億500万円→5250万円) ※トラック、船舶、鉄道分野での水素利用拡大に向け、指針策定や技術開発等を進める	● バス対応STの拡大
FC	商用化@2030	2020年 <ul style="list-style-type: none"> ● 水素専焼発電での発電効率 (26%→27%) <small>※1MW級ガスタービン</small> 	● 高効率な燃焼器等の開発	
	グリッドパリティの早期実現	2025年 <ul style="list-style-type: none"> ● 業務・産業用燃料電池のグリッドパリティの実現 	● セルスタックの技術開発	
供給	化石+CCS	水素コスト 30円/Nm3@2030 20円/Nm3@将来	20年代前半 <ul style="list-style-type: none"> ● 製造：褐炭ガス化による製造コスト (数億円/Nm3→12円/Nm3) ● 貯蔵・輸送：液化水素タンクの規模 (数千m³→5万m³) 水素液化効率 (13.6kWh/kg→6kWh/kg) 	● 褐炭ガス化炉の大型化・高効率化 ● 液化水素タンの断熱性向上・大型化
		再エネ水素	2030年 <ul style="list-style-type: none"> ● 水電解装置のコスト (20万円/kW→5万円/kW) ● 水電解効率 (5kWh/Nm3→4.3kWh/Nm3) 	● 浪江実証成果を活かした地方地域実証 ● 水電解装置の高効率化・耐久性向上 ● 地域電源を活用した水素サプライチェーン構築

(出所) 経済産業省「水素・燃料電池戦略ロードマップ」2019年3月

新たな資源外交：双方向型中東安定化支援



サウジアラビア

日本エネルギー経済研究所とサウジアラムコとの間で「サウジアラビアにおけるCO₂フリーのアンモニア製造の実現可能性調査」に関する覚書（MOU）

本件は「日・サウジ・ビジョン 2030 2.0」に基づき、経済産業省の支援の下、両国間のパートナーシップを強化するものであり、両社は今後、サウジアラビアでのCO₂フリーアンモニア製造の可能性を探る。

MOU（CO₂フリーアンモニア）

日・サウジ・ビジョン2030 ビジネスフォーラム：2019/6/17



覚書を取り交わす、アラムコ・アジア・ジャパンのオマール アル アムーディ代表取締役社長（左から4番目）と日本エネルギー経済研究所の豊田正和理事長（左から5番目）。

（写真左から）サウジアラビア総合投資院のイブラヒム・アルオマル総裁、カーリッド A. アルファレ エネルギー産業鉱物資源相兼サウジアラムコ取締役会長、ムハンマド M. アルトワイジリー経済企画相、（右端）世耕弘成経済産業大臣（当時）



アラブ首長国連邦 （アブダビ）

日本エネルギー経済研究所とハリーファ大学との間の産学連携に関する協力覚書（MOU）

本件は「包括的・戦略的パートナーシップ・イニシアティブ（CSPI）」に基づき、経済産業省の支援の下、両機関間での産学連携を推進する枠組みを構築するものであり、水素タウン等分野で共同研究・協力が進むことが期待される。

MOU 調印式 2019/1/13

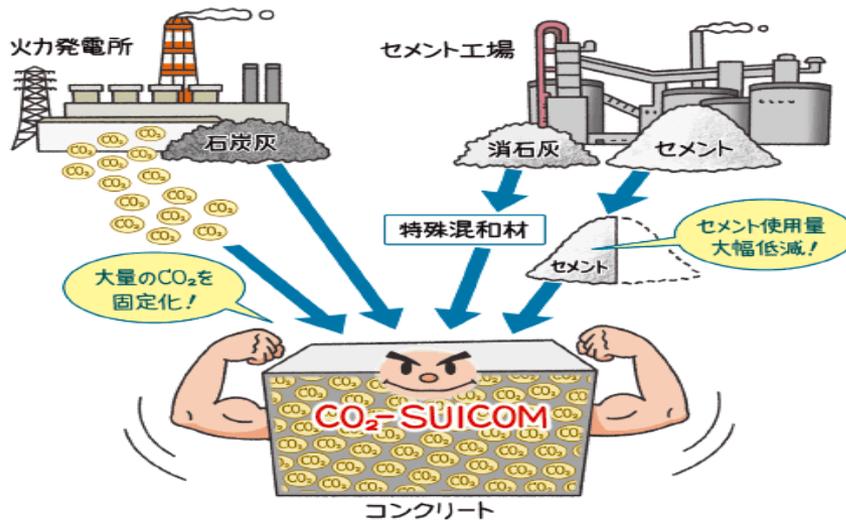


覚書を取り交わす、ハリーファ科学技術大学の Arif Sultan Al Hammadi 副学長（右端）と日本エネルギー経済研究所の豊田正和理事長（左端）。

（写真左から3番目）アブダビ国営石油会社(ADNOC) ジャーベル CEO（左から2番目）世耕弘成経済産業大臣（当時）

建設材料：環境配慮型コンクリート

- **CO₂-SUICOM** (スイコム) は「**CO₂-Storage Under Infrastructure by COncrete Materials**」の略称。
- CO₂-SUICOMは、セメント代替として石炭灰と特殊混和材を利用するとともに、火力発電所等からのCO₂をコンクリートに吸収させて、コンクリート製造時のCO₂排出量をゼロ以下にする世界で初めてのコンクリート。



❖ CO₂を原料とするセメント製造プロセスの確立/CO₂吸収型コンクリートの開発
他によるCO₂削減量

世界 約43億トン※1
日本 約5700万トン※2

※1：出所「革新的環境イノベーション戦略」
※2：日本の数値は、2019年のセメント製造量の世界と日本の比から IEEJ 試算

注記：上記 CO₂削減量/試算は、環境配慮型コンクリート「CO₂-SUICOM」によるものだけではないことに留意。
出所に試算詳細が記載されていないが、コンクリート骨材(砂利)の炭酸塩化によるCO₂吸収/削減量が含まれることが想定される。

セメントによるコンクリート全体を CO₂-SUICOMに代替する場合 (IEEJ 試算)

	CO ₂ -SUICOM 適用前	CO ₂ 吸収量	CO ₂ -SUICOM 適用後
世界におけるセメント製造からのCO ₂ 排出量	約25億トン	約16億トン	約9億トン

(出所) 各種資料をもとに日本エネルギー経済研究所 作成