

脱炭素社会実現と日本海沿岸の役割

山地憲治

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)副理事長・研究所長

特別講演会

日沿議連・日沿連

2020年11月10日

@ホテルニューオータニ、東京



日本海の逆さ地図

脱炭素社会・イノベーション・洋上風力発電



日本海の逆さ地図

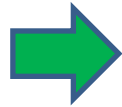
脱炭素社会・イノベーション・洋上風力発電

パリ協定の基本構成

世界全体の目標:

・産業革命以降の温度上昇を1.5°C~2°C以内に抑える。

・今世紀後半に正味の排出ゼロ(脱炭素社会)を目指す。



グローバルストックテイク:

・2023年から5年毎に世界全体の目標に向けた進捗状況をチェック。

・各国の目標改訂に反映



各国の行動:

・国情にあわせて自主的に温室効果ガス削減・抑制目標を設定(NDC)。

・進捗状況を定期的に報告し、レビューを受ける(Pledge & Review)

・5年毎に目標を見直す。

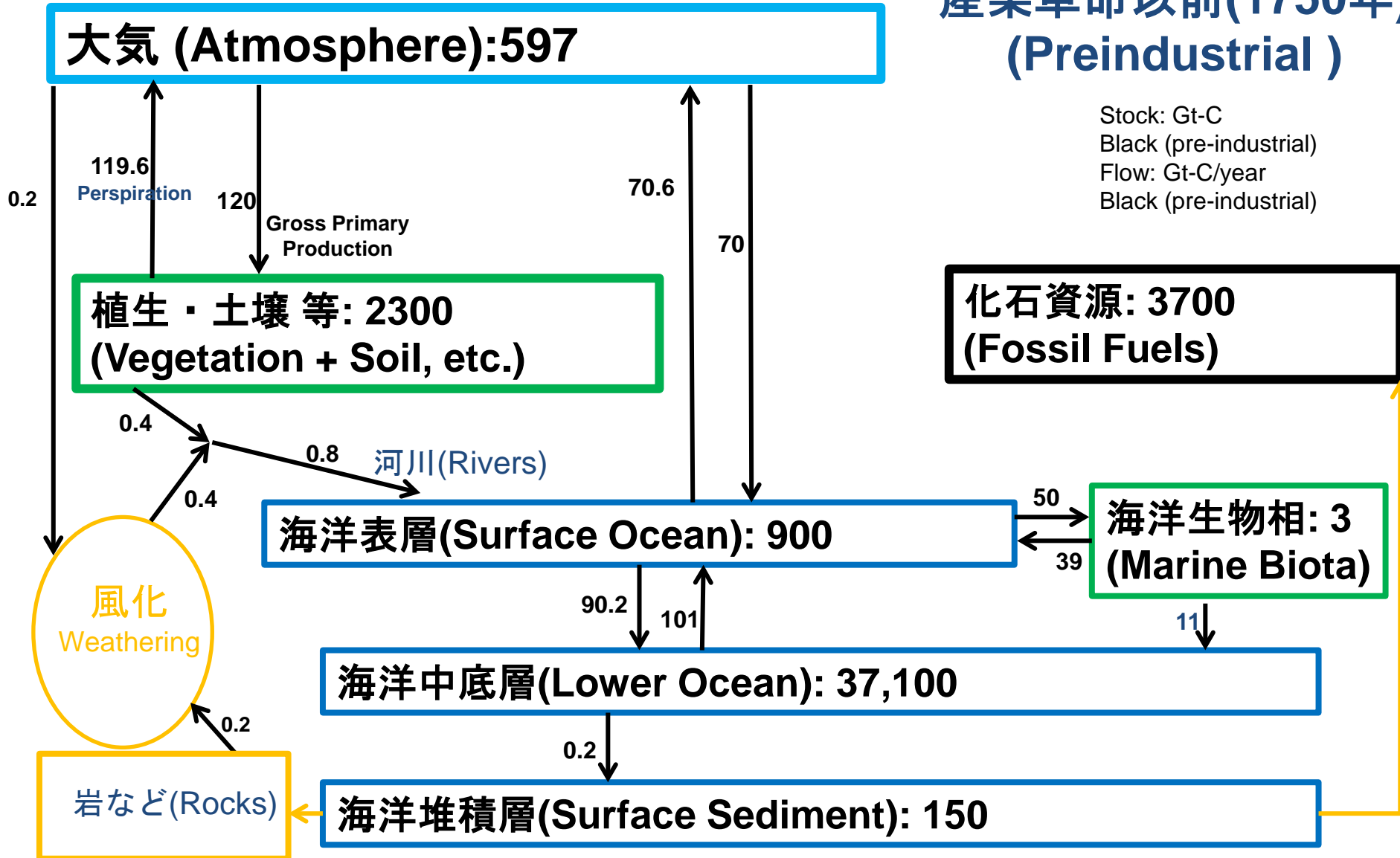
・2050年を念頭に長期戦略の策定。

COP21(2015年12月、採択)、2016年11月発効、COP24(詳細ルール合意)、2019年11月米国脱退通告、COP25(市場メカニズム?)、COP26(1年延期)

脱炭素社会の姿(Vision of Carbon Neutral Society)

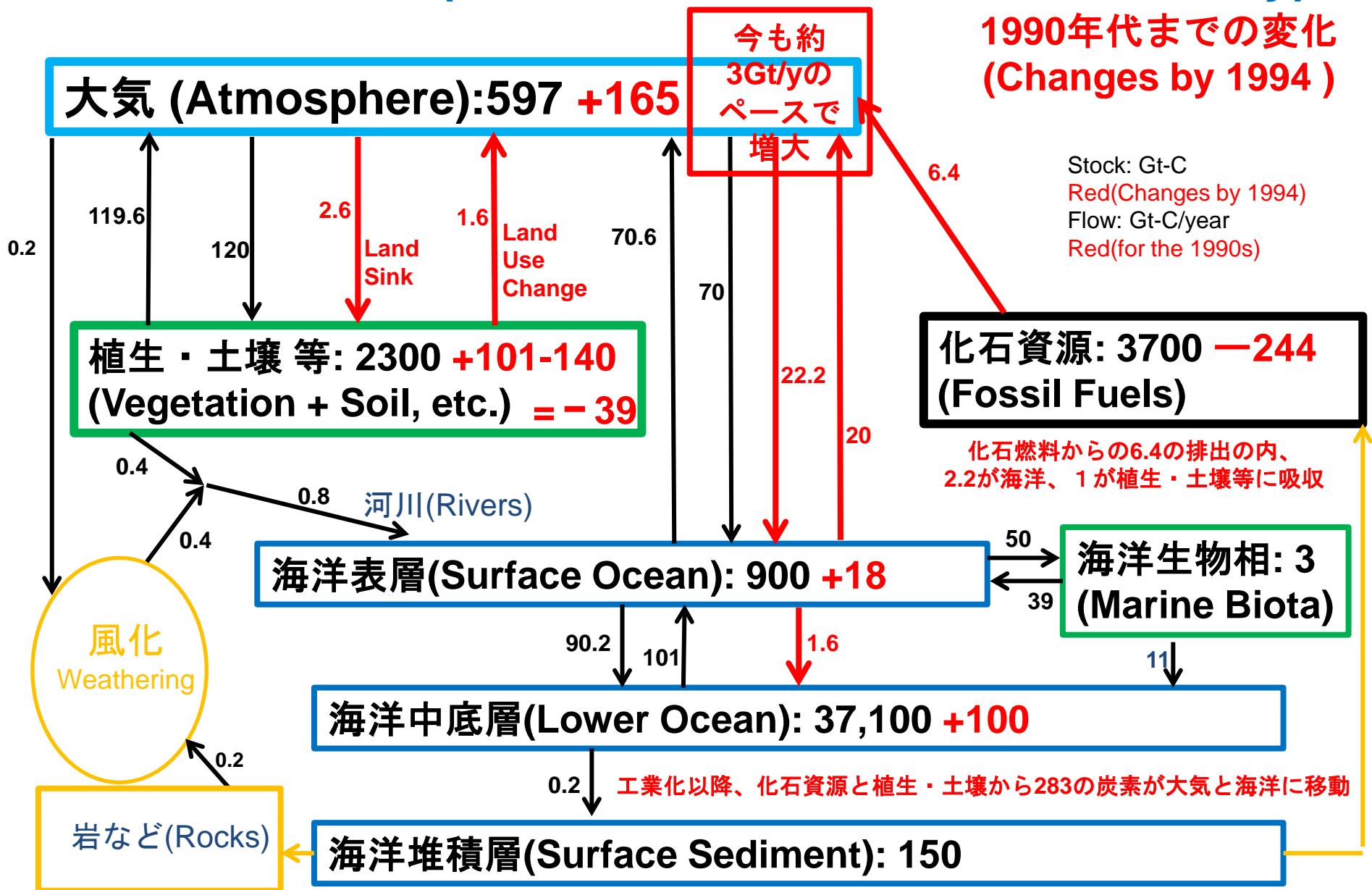
産業革命以前(1750年)
(Preindustrial)

Stock: Gt-C
Black (pre-industrial)
Flow: Gt-C/year
Black (pre-industrial)



(IPCC AR4 WG1 (2007)のFig 7.3に基づき山地が作成)

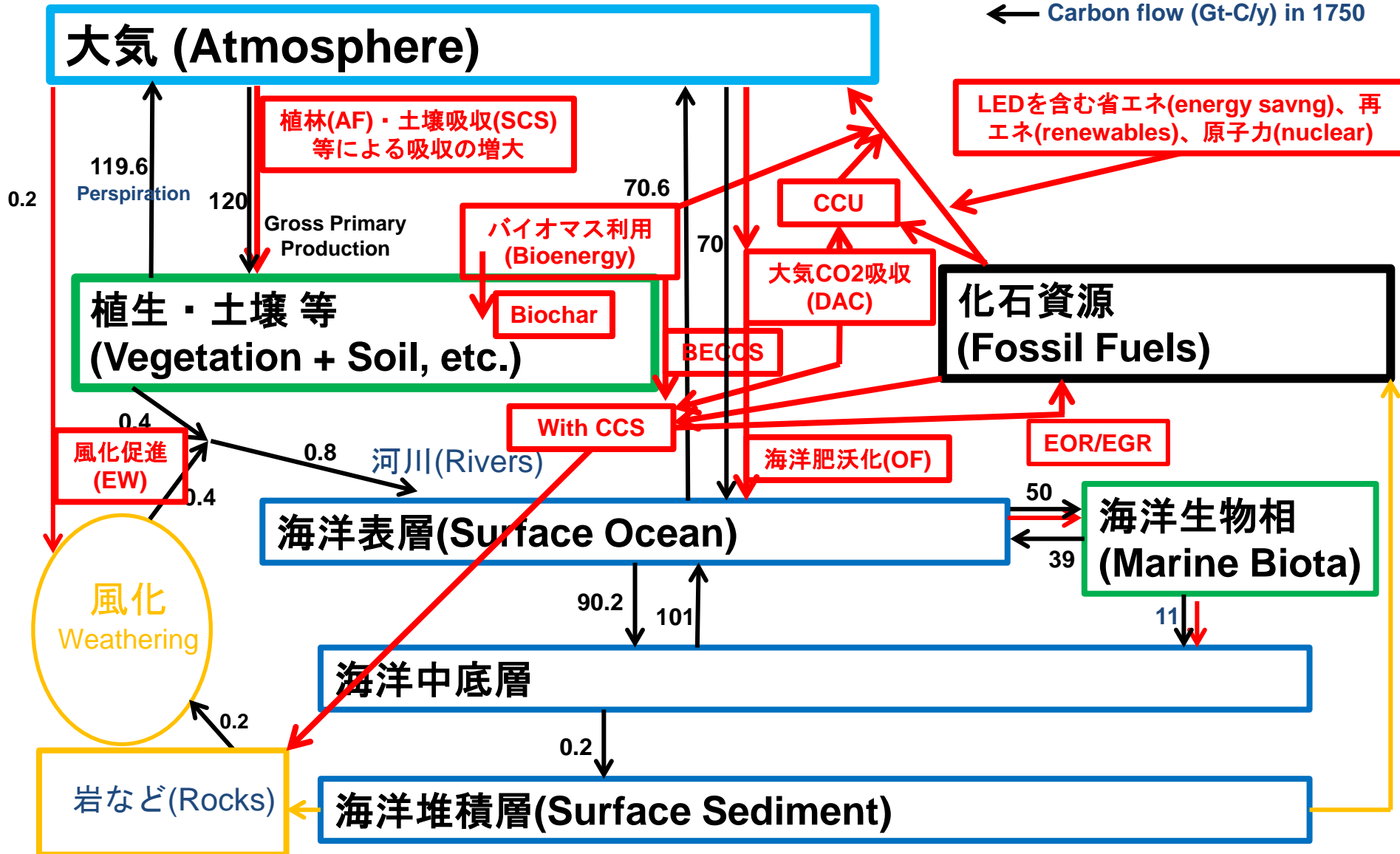
脱炭素社会の姿(Vision of Carbon Neutral Society)



(IPCC AR4 WG1 (2007)のFig 7.3に基づき山地が作成)

脱炭素社会への道筋(Possible Pathways to Carbon Neutrality)

大気中GHG濃度の安定化(UNFCCC)→正味排出量ゼロ(脱炭素社会(Carbon Neutrality))

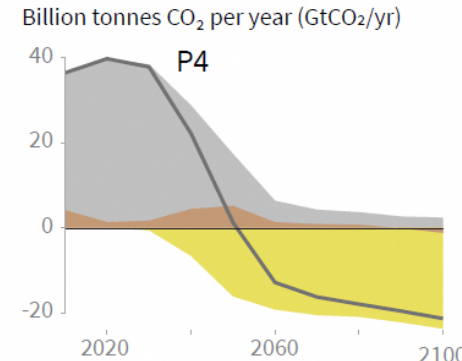
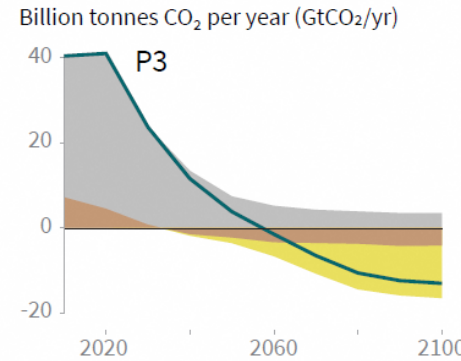
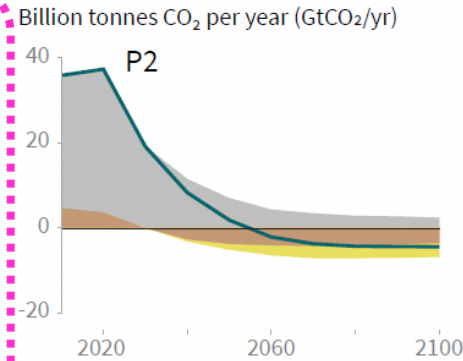
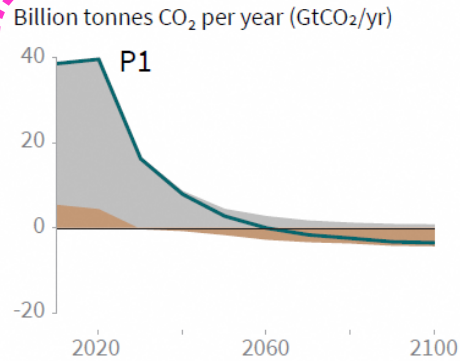


(IPCC AR4 WG1 (2007)のFig 7.3に基づき山地が作成)

大幅排出削減(1.5°Cシナリオ)の排出削減シナリオの類型化

● Fossil fuel and industry ● AFOLU ● BECCS

出典) IPCC 1.5°C特別報告書



P1: A scenario in which social, business, and technological innovations result in lower energy demand up to 2050 while living standards rise, especially in the global South. A down-sized energy system enables rapid decarbonisation of energy supply. Afforestation is the only CDR option considered; neither fossil fuels with CCS nor BECCS are used.

P2: A scenario with a broad focus on sustainability including energy intensity, human development, economic convergence and international cooperation, as well as shifts towards sustainable and healthy consumption patterns, low-carbon technology innovation, and well-managed land systems with limited societal acceptability for BECCS.

P3: A middle-of-the-road scenario in which societal as well as technological development follows historical patterns. Emissions reductions are mainly achieved by changing the way in which energy and products are produced, and to a lesser degree by reductions in demand.

P4: A resource and energy-intensive scenario in which economic growth and globalization lead to widespread adoption of greenhouse-gas intensive lifestyles, including high demand for transportation fuels and livestock products. Emissions reductions are mainly achieved through technological means, making strong use of CDR through the deployment of BECCS.

SSP1よりも更に小さいエネルギー需要(LED)シナリオ

SSP1

SSP2 (中位シナリオ)

SSP5

小 ← 最終エネルギー需要 → 大

炭素価格小(排出削減の国際協調が緩やかでも民間主導で対策が進展)

エンドユースの技術革新により経済自律的にエネルギー需要が大きく低下

- ✓ 全体のリスクマネジメントが重要であり、各技術に役割有。
- ✓ LEDシナリオは、エンドユースの技術革新とそれによるエネルギー需要低下の可能性とその気候変動対策全体への効果についてフォーカス

炭素価格大(炭素リーケージを防ぐためにも排出削減の強力な国際協調が不可欠)

気候リスク対応のためCDR(CCS, BECCS, DACS等)技術も大規模に利用



日本海の逆さ地図

脱炭素社会・イノベーション・洋上風力発電

パリ協定長期成長戦略におけるイノベーションの記述

(最終到達点としての「脱炭素社会」を掲げ、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早期実現を目指すとともに、2050年までに80%の削減に大胆に取り組む)

第3章：「環境と成長の好循環」を実現するための横断的施策

第1節：イノベーションの推進

・温室効果ガスの大幅削減につながる横断的な脱炭素技術の実用化・普及のためのイノベーションの推進・社会実装可能なコストの実現

(1) 革新的環境イノベーション戦略

- ・コスト等の明確な目標の設定、官民リソースの最大限の投入、国内外における技術シーズの発掘や創出、ニーズからの課題設定、ビジネスにつながる支援の強化等
- ・挑戦的な研究開発、G20の研究機関間の連携を強化し国際共同研究開発の展開(RD20)等
- ・実用化に向けた目標の設定・課題の見える化
 - CO₂フリー水素製造コストの10分の1以下など既存エネルギーと同等のコストの実現
 - CCU/カーボンリサイクル製品の既存製品と同等のコストの実現、原子力(原子炉・核融合) ほか

(2) 経済社会システム/ライフスタイルのイノベーション

第2節：グリーン・ファイナンスの推進

・イノベーション等を適切に「見える化」し、金融機関等がそれを後押しする資金循環の仕組みを構築

(1) TCFD[※]等による開示や対話を通じた資金循環の構築 ※気候関連財務情報開示タスクフォース

- ・産業：TCFDガイダンス・シナリオ分析ガイド拡充/金融機関等：グリーン投資ガイダンス策定
- ・産業界と金融界の対話の場(TCFDコンソーシアム)
- ・国際的な知見共有、発信の促進(TCFDサミット(2019年秋))

(2) ESG金融の拡大に向けた取組の促進

・ESG金融への取組促進(グリーンボンド発行支援、ESG地域金融普及等)、ESG対話プラットフォームの整備、ESG金融リテラシー向上、ESG金融ハイレベル・パネル等

第3節：ビジネス主導の国際展開、国際協力

・日本の強みである優れた環境技術・製品等の国際展開/相手国と協働した双方に裨益するコ・イノベーション^{ひえき}

(1) 政策・制度構築や国際ルールづくりと連動した脱炭素技術の国際展開

・相手国における制度構築や国際ルールづくりによるビジネス環境整備を通じた、脱炭素技術の普及と温室効果ガスの排出削減(ASEANでの官民イニシアティブの立上げの提案、市場メカニズムを活用した適切な国際枠組みの構築等)

(2) CO₂排出削減に貢献するインフラ輸出の強化

・パリ協定の長期目標と整合的にCO₂排出削減に貢献するエネルギーインフラや都市・交通インフラ(洋上風力・地熱発電などの再エネ、水素、CCS・CCU/カーボンリサイクル、スマートシティ等)の国際展開

(3) 地球規模の脱炭素社会に向けた基盤づくり

・相手国におけるNDC策定・緩和策にかかる計画策定支援等、サプライチェーン全体の透明性向上

イノベーション・アクションプラン

－革新的技術の2050年までの確立を目指す具体的な行動計画（5分野16課題）－

①コスト目標、世界の削減量、②開発内容、③実施体制、④基礎から実証までの工程を明記。

強力に後押し

アクセラレーションプラン –イノベーション・アクションプランの実現を加速するための3本の柱–

①司令塔による計画的推進

【グリーンイノベーション戦略推進会議】府省横断で、基礎～実装まで長期に推進。既存プロジェクトの総点検、最新知見でアクションプラン改訂。

②国内外の叡智の結集

【ゼロエミ国際共同研究センター等】G20研究者12万人をつなぐ「ゼロエミッション国際共同研究センター」、産学が共創する「次世代エネルギー基盤研究拠点」、「カーボンリサイクル実証研究拠点」の創設。「東京湾岸イノベーションエリア」を構築し、産学官連携強化。

【ゼロエミクリエイターズ500】若手研究者の集中支援。

【有望技術の支援強化】「先導研究」、「ムーンショット型研究開発制度」の活用、「地域循環共生圏」の構築。

③民間投資の増大

【グリーン・ファイナンス推進】TCFD提言に基づく企業の情報発信、金融界との対話等の推進。

【ゼロエミ・チャレンジ】優良プロジェクトの表彰・情報開示により、投資家の企業情報へのアクセス向上。

【ゼロエミッションベンチャー支援】研究開発型ベンチャーへのVC投資拡大。

ゼロエミッション・イニシアティブズ –国際会議等を通じ、世界との共創のために発信–

グリーンイノベーション・サミット、RD20、ICEF、TCFDサミット、水素閣僚会議、カーボンリサイクル産学官国際会議

● 革新技术の構成 (要素技術だけでなく、システム化・構造化して提示、山地)

① エネルギー転換分野：

再エネ主力電源化

強靱な電力ネットワーク

水素サプライチェーン

革新的原子力技術・核融合

低コストCO₂分離回収

⇒ **CCUS**

② 運輸分野：

多様なグリーンモビリティ

④ 民生分野・その他・横断領域：

最先端のGHG削減技術の活用

スマートコミュニティ

社会システム・ライフスタイル革新

(シェアリング/テレワーク等)

GHG削減効果検証の科学的知見

③ 産業分野：

化石資源依存からの脱却

CO₂の原燃料化

電化

⑤ 農業・吸収源：

最先端のバイオ技術 (ブルーカーボン等を含む)

農畜産業のメタン・N₂O削減

スマート農林水産業

DAC

は山地が追加した項目

共通基盤技術：

デジタル技術 (ビッグデータ解析、AI、ブロックチェーン、...)

パワエレ、材料、エネルギー貯蔵

観測システム、情報基盤

バイオテクノロジー、etc.

目標 4

2050年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現

<ターゲット>

地球環境再生のために、持続可能な資源循環の実現による、**地球温暖化問題の解決 (Cool Earth)** と環境汚染問題の解決 (Clean Earth) を目指す。

Cool Earth & Clean Earth

- 2050年までに、資源循環技術の商業規模のプラントや製品を世界的に普及させる。

Cool Earth

- 2030年までに、温室効果ガスに対する循環技術を開発し、ライフサイクルアセスメント (LCA) の観点からも有効であることをパイロット規模で確認する。

Clean Earth

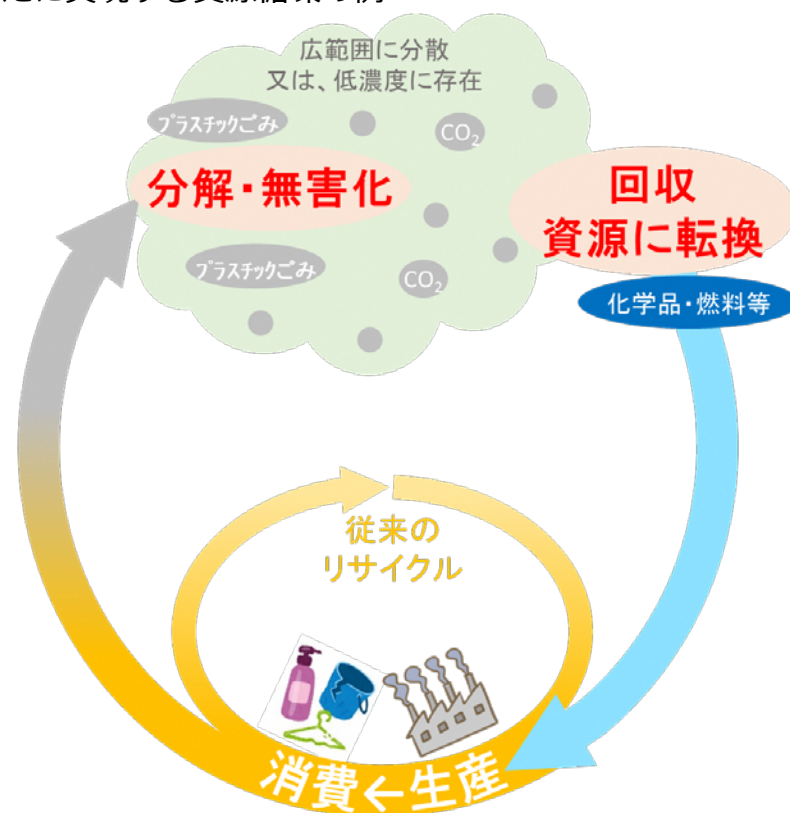
- 2030年までに、環境汚染物質を有益な資源に変換もしくは無害化する技術を開発し、パイロット規模または試作品レベルで有効であることを確認する。

(参考：目指すべき未来像)

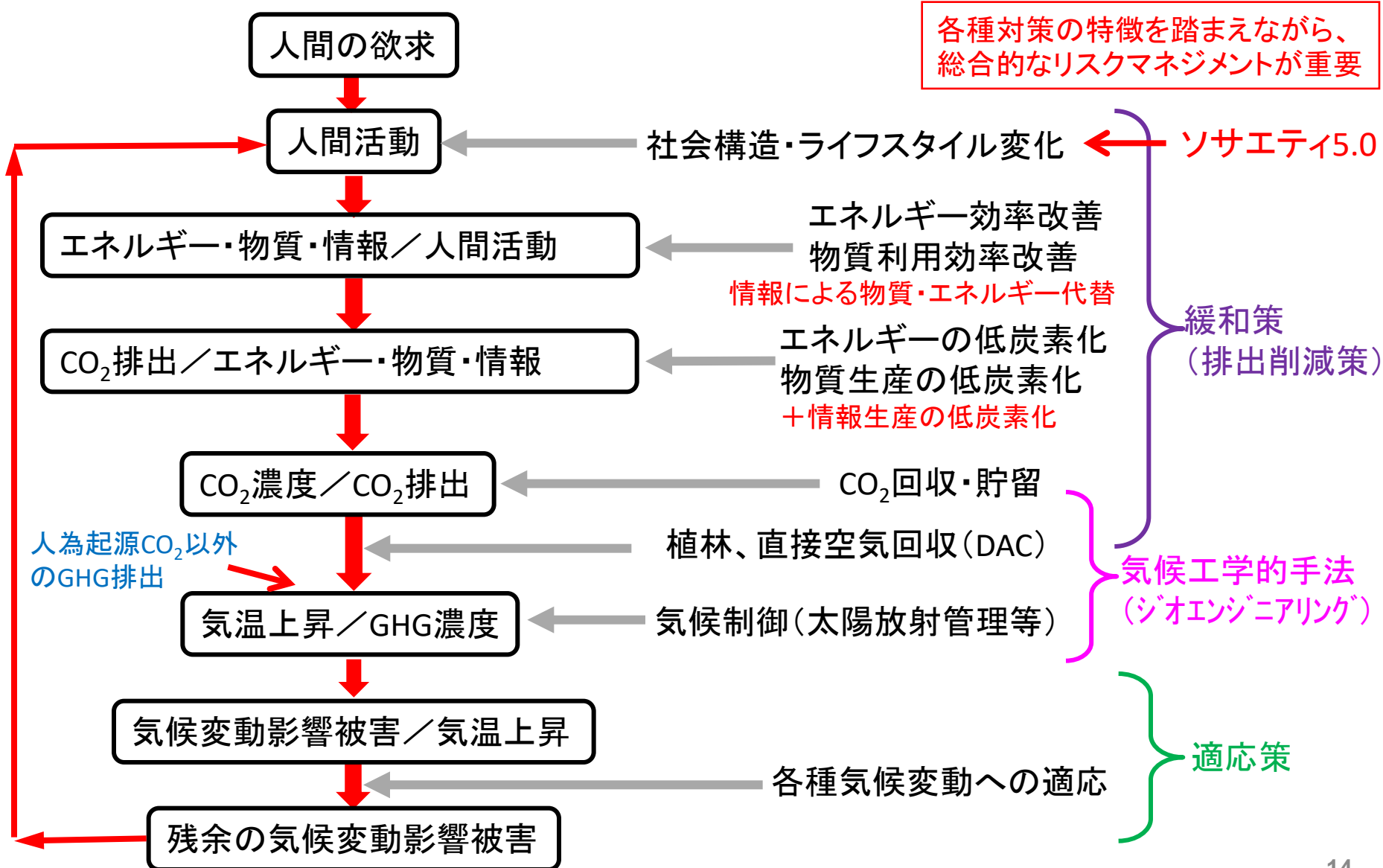
Cool Earth & Clean Earth の実現

- 2050年までに、**大気中のCO₂の直接回収・資源転換**や、プラスチックごみの分解・無害化技術等を社会実装。

新たに実現する資源循環の例



地球温暖化対策の基本構造



第5期科学技術基本計画（2016年）で示された超スマート社会

第2章 未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組み

（2）世界に先駆けた「超スマート社会」の実現（**Society 5.0**）

- ・IoTの活用をものづくりだけではなく、様々な分野に広げ、経済成長や健康長寿社会の形成、さらには社会変革につなげていく。
- ・**サイバー空間とフィジカル空間が高度に融合した「超スマート社会」**を未来の姿として共有し、その取組みを「Society 5.0」として推進。
- ・サービスや事業のシステム化、複数のシステム間の連携協調が必要であり、**超スマート社会サービスプラットフォーム**を構築。

高度道路交通システム、**エネルギーバリューチェーン最適化**、インフラ維持管理、防災、地域包括ケアシステムなど11のシステム開発を先行的に進める。

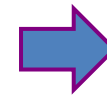
ロボット、センサ、アクチュエータ、バイオ、ヒューマンインターフェース（脳科学、感性工学等）、素材・ナノ、光・量子などの**基盤技術の強化**を図る。

超スマート社会 (Society 5.0) のインパクト

超スマート社会とは: 必要なモノ・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会のニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き生きと快適に暮らすことができる社会。
サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(現実空間)を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会

影響は単なる省エネに留まらない:

シェアリングエコノミーを推進し、
モノの生産からサービス提供へと産業を変える
+ 情報タグで究極のリサイクル社会へ



情報によるモノの代替

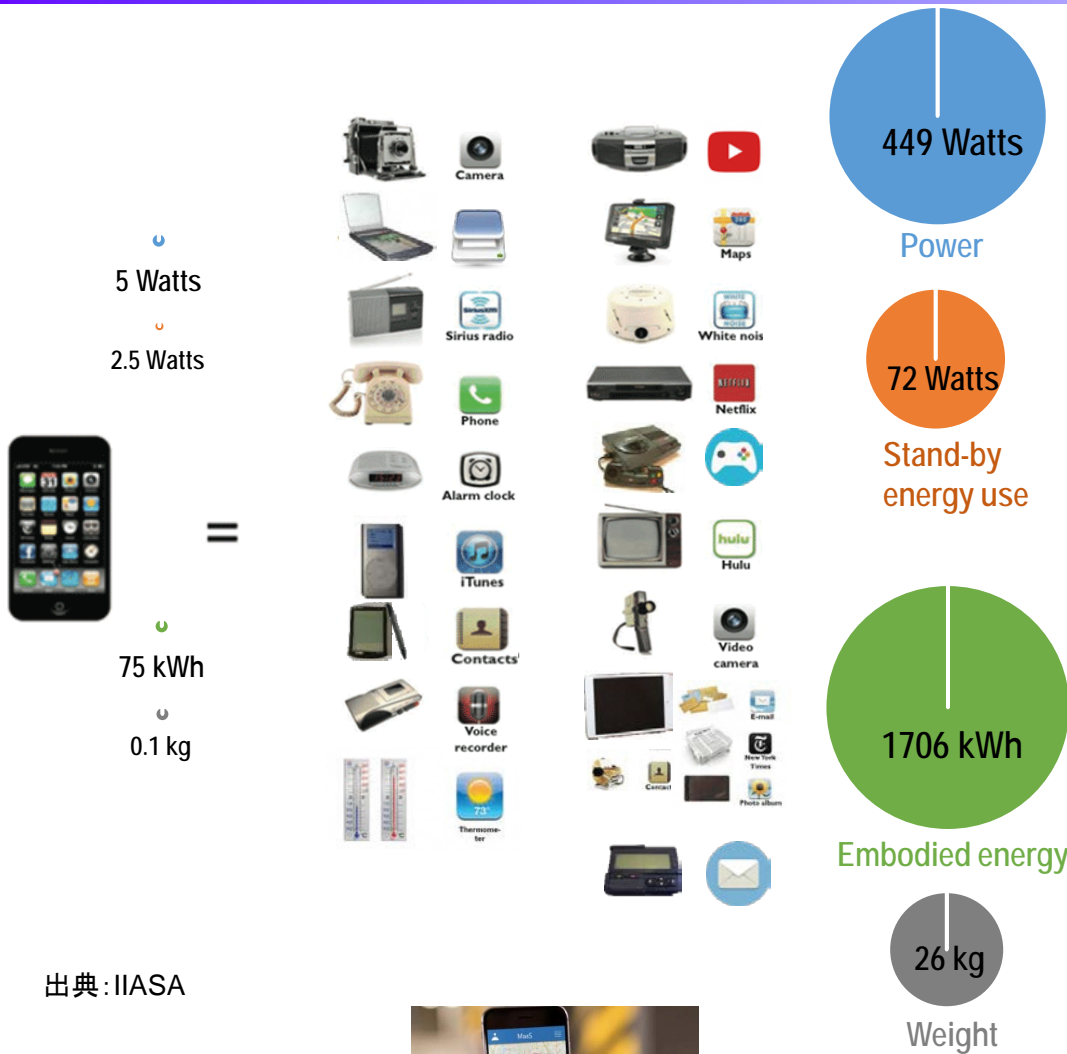


ただし、リバウンド効果に注意!

(モビリティや照明需要ではイノベーションに伴う大きな需要増(リバウンド)が観察されている)

例えば、自動運転+カーシェア/ライドシェア → 自動車利用率(現状4%)の向上 → 自動車保有台数の減少 → 自動車生産量の低下 → 鉄鋼等素材生産量の低下 → **エネルギー需要減少** → CO₂削減

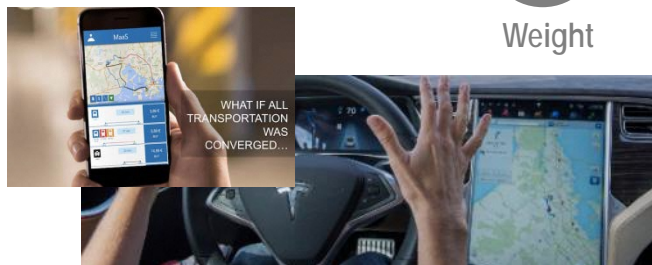
例えば、IoTでスマートメンテナンス → 部品・製品寿命の延伸 → 部品・製品需要の低下 → **エネルギー需要減少** → CO₂削減



- 社会はエネルギー消費を目的にエネルギーを消費しているわけではない。製品・サービスが効用増をもたらすため、それに体化されたエネルギーを消費しているに過ぎない。
- 効用増をもたらす製品・サービスの展開は急速な場合が多く、それに付随したエネルギー・CO2排出低減は急速になる可能性あり。

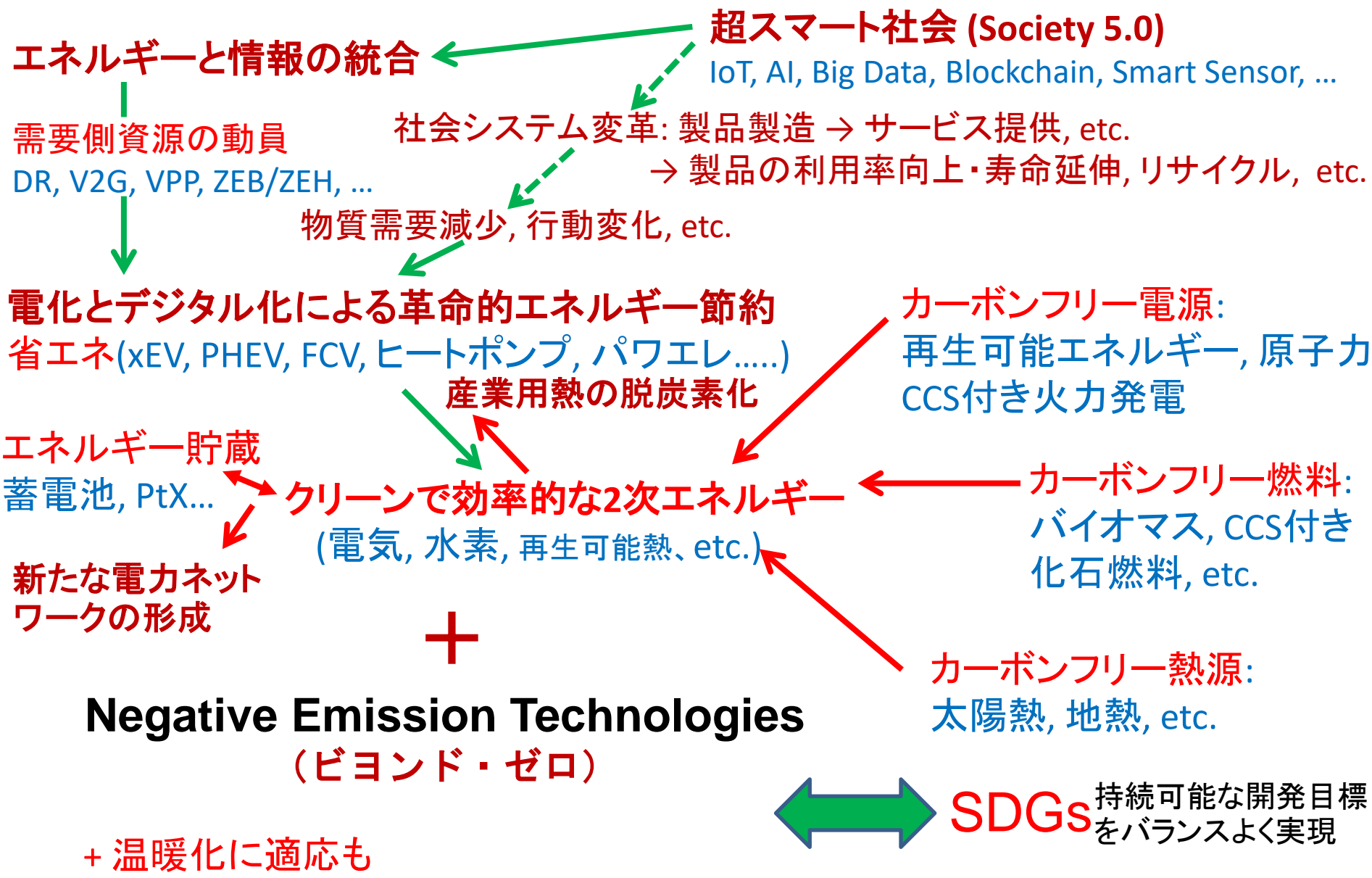
出典: IIASA

例えば自家用車の稼働率は5%前後であり、完全自動運転でシェアリングとなれば大きな変化をもたらされ得る。



完全自動運転等で、AI, IoTの革新が社会変化を誘発し、エネルギー効率向上をもたらす機会も多く存在

CO₂正味ゼロ排出に向かうエネルギーシステム



Keep Options as Many as Possible!



日本海の逆さ地図

脱炭素社会・イノベーション・洋上風力発電

次期エネルギー基本計画検討の進め方（案）

3E+Sを目指す上での課題を整理

- レジリエンスの重要性など新たな要素の確認



今世紀後半のできるだけ早期に「脱炭素社会」を実現するための課題の検証

- 気候変動対策を進める世界の状況
- CO2排出の太宗を占める、エネルギーの需給構造
- 脱炭素化技術への投資確保 など

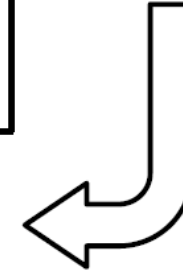


2030年目標の進捗と更なる取組の検証

- エネルギーミックスの達成状況
- エネルギー源ごとの取組状況
- 今後、さらに取り組むべき施策 など

グリーンイノベーション
戦略推進会議

脱炭素社会に不可欠な
イノベーションのあり方



【参考】『パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略』（2019年6月11日閣議決定）

「我が国は、最終到達点として「脱炭素社会」を掲げ、それを野心的に今世紀後半のできるだけ早期に実現していくことを目指す。」

「2050年までに80%の温室効果ガスの排出削減という長期的目標を掲げており、その実現に向けて、大胆に施策に取り組む。」

(参考) エネルギーミックス～3E+Sの同時実現～

< 3E+Sに関する政策目標 >

自給率 (Energy Security)

震災前 (約20%) を
更に上回る概ね25%程度

経済効率性 (電力コスト) (Economic Efficiency)

現状よりも引き下げる

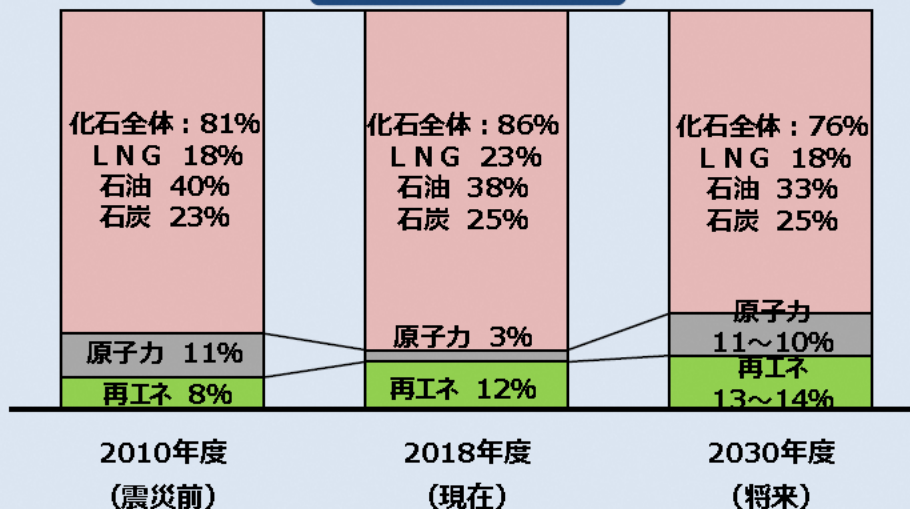
温室効果ガス排出量 (Environment)

欧米に遜色ない
温室効果ガス削減目標

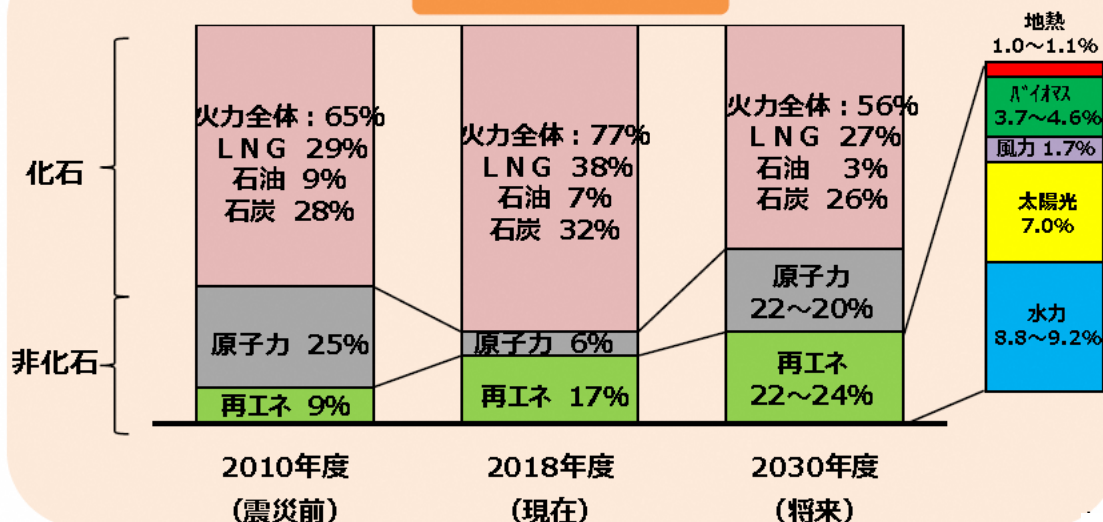
安全性(Safety)

安全性が大前提

一次エネルギー供給



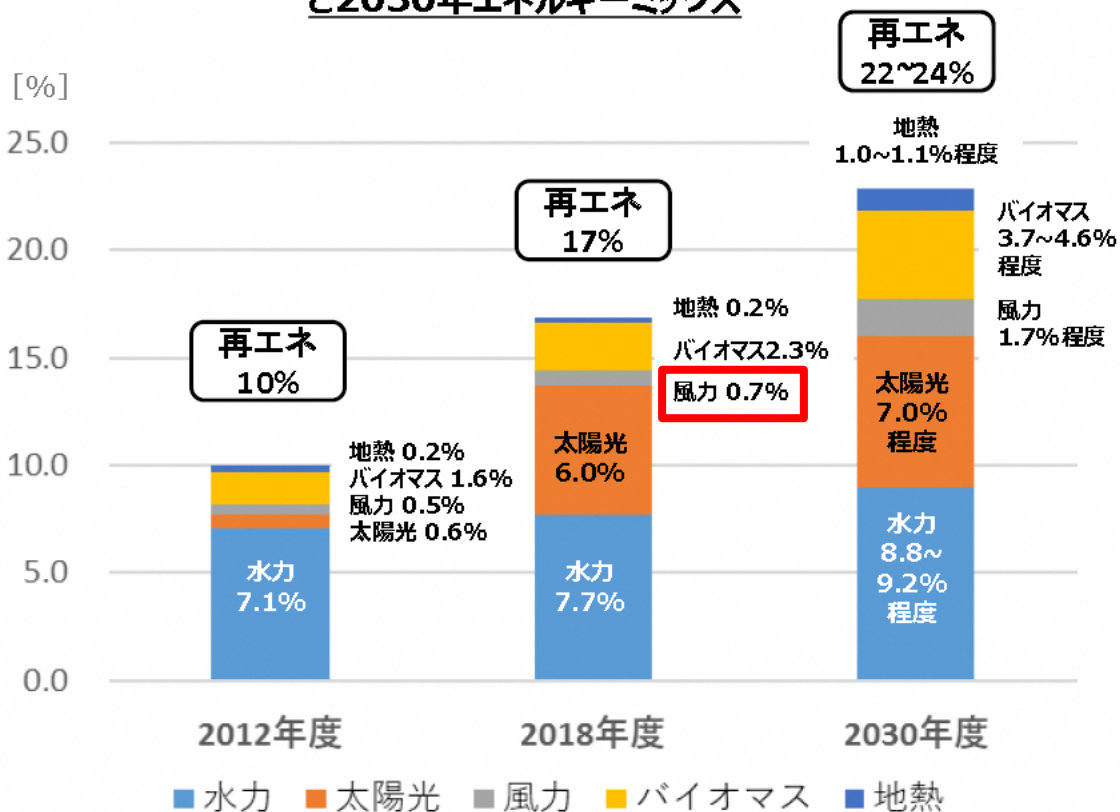
電源構成



(参考6) 再生可能エネルギーの導入状況

- FIT制度を2012年に導入し、**再エネ比率は17%** (2018年度)、**再エネ導入量は世界第6位** (2017年)と導入が拡大。
- **この6年間で約3倍**という日本の増加スピードは、世界トップクラス。

我が国の再エネ比率の推移
と2030年エネルギーミックス



発電電力量の国際比較 (水力発電除く)

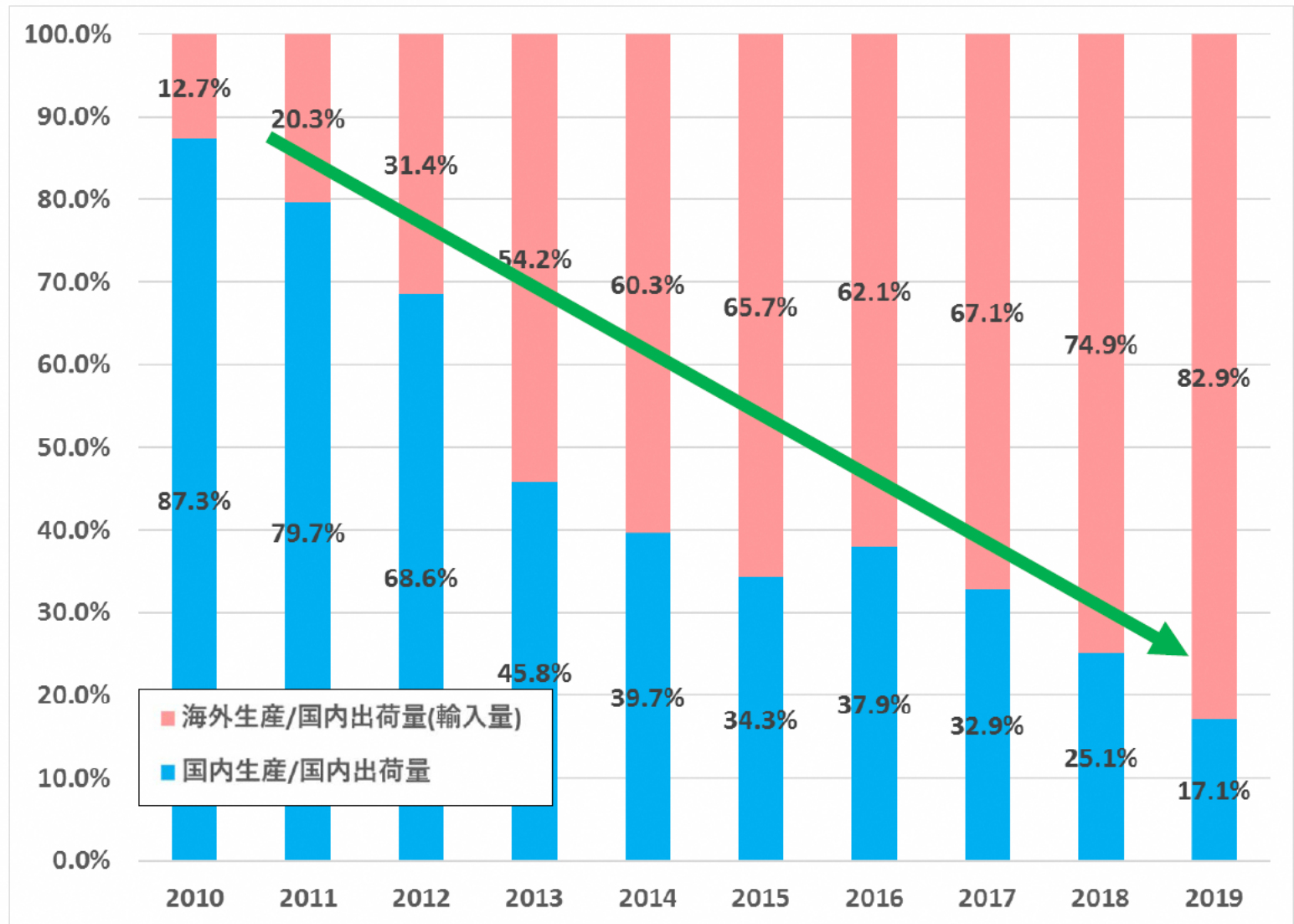
単位：億kWh

	2012年	2018年
日本	309	963
		3.1倍
EU	4,319	6,743
		1.6倍
ドイツ	1,217	1,962
		1.6倍
イギリス	358	934
		2.6倍
世界	10,693	21,870
		2.0倍

出典：IEA データベースより資源エネルギー庁作成

日本の太陽光パネルにおける海外シェア

- 日本製が高い世界シェアを誇った太陽光パネルも、現在は輸入に依存する割合が拡大。



(出典) 資源総合システム社調べ

日本における洋上風力発電に対する制度整備の状況

2018年7月 エネルギー基本計画（閣議決定）

○陸上風力の導入可能な適地が限定的な我が国において、**洋上風力発電の導入拡大は不可欠**である。（中略）
地域との共生を図る海域利用のルール整備や系統制約、基地港湾への対応、関連手続きの迅速化と価格入札も
組み合わせた**洋上風力発電の導入促進策を講じていく**。



2018年12月 再エネ海域利用法の成立

【洋上風力発電の主な課題】

【対応】

課題① 海域利用に関する統一的なルールがない

- ・海域利用（占有）の統一ルールなし
（都道府県の許可は通常3～5年と短期）

- ・国が、洋上風力を実施可能な**促進区域を指定**。公募を行って事業者を選定、**長期占有を可能とする制度**を創設。
→**十分な占有期間（30年間）、事業の安定性を確保**。

課題② 先行利用者との調整の枠組が不明確

- ・海運や漁業等の地域の先行利用者との調整に係る枠組みが存在しない。

- ・**関係者による協議会**を設置。**地元調整を円滑化**。
- ・**区域指定の際、関係省庁と協議**。他の**公益との整合性を確認**。
→**事業者の予見可能性向上、負担軽減**。

課題③ 高コスト

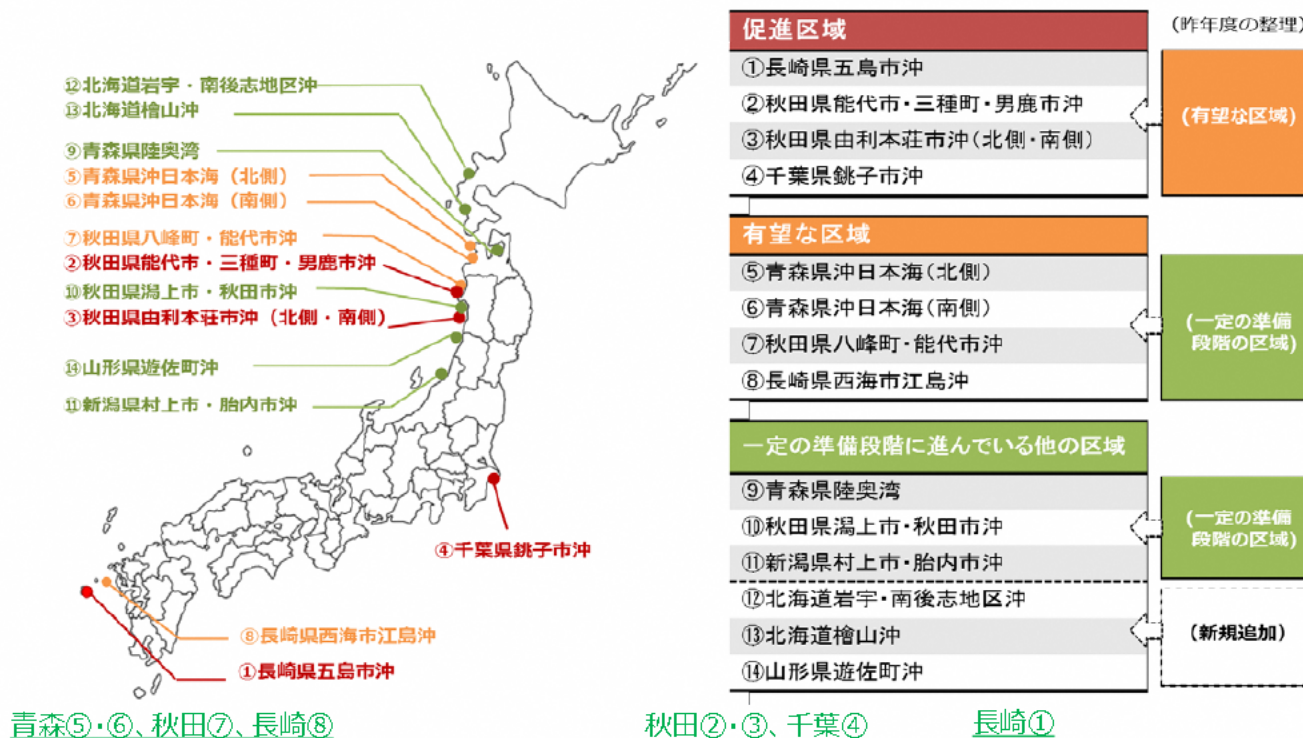
- ・FIT価格が欧州と比べ**36円/kWhと高額**。
- ・国内に経験ある**事業者が不足**。

- ・**価格等により事業者を公募・選定**。
→ **競争を促してコストを低減**。

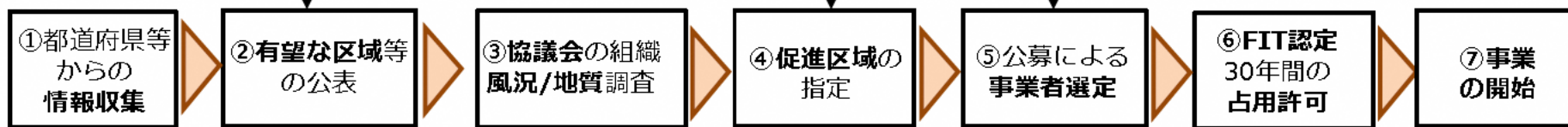
再エネ海域利用法により実現

洋上風力発電促進区域の指定に係る現状

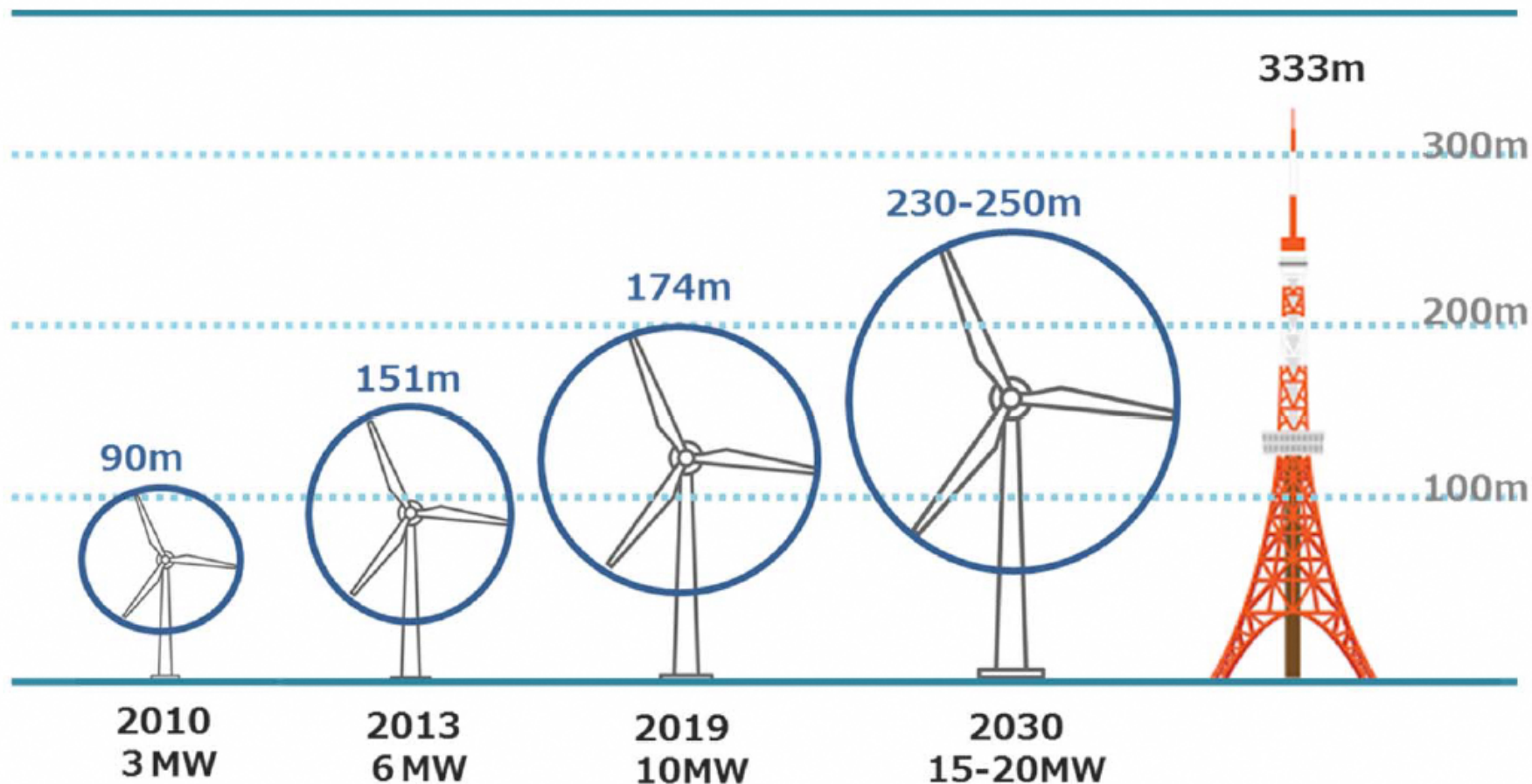
- 2019年4月、再エネ海域利用法を施行。2019年7月、促進区域の指定に向けて、既に一定の準備が進んでいる区域、及び**有望な区域（4か所）**について、**初めて公表**。
- この4か所のうち、**長崎県五島市沖は、昨年12月に促進区域に指定し、2020年6月より、事業者の公募を開始**。残りの**3か所（秋田2か所（3区域）、千葉1か所）**についても、**本年7月21日に促進区域として指定した**。
- なお、本年7月3日、既に一定の準備段階に進んでいる区域、及び**有望な区域（4か所）**につき**2回目の公表**。



プロセス



<洋上風車の大型化>

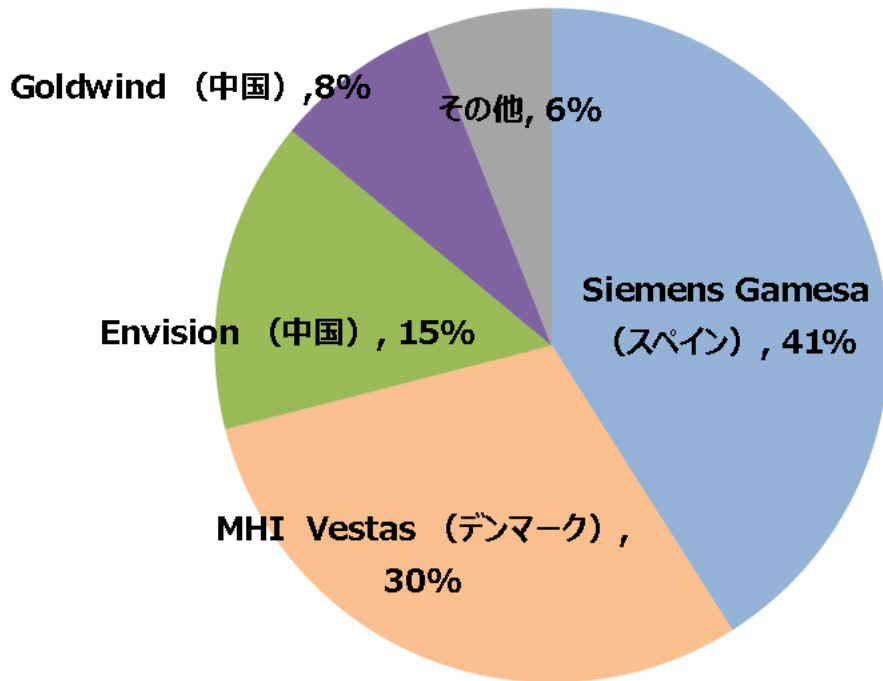


【出典】「IEA(2019) Offshore Wind Outlook」及び「MHIヴェスタス提供資料」より資源エネルギー庁作成

洋上風力発電の経済波及効果

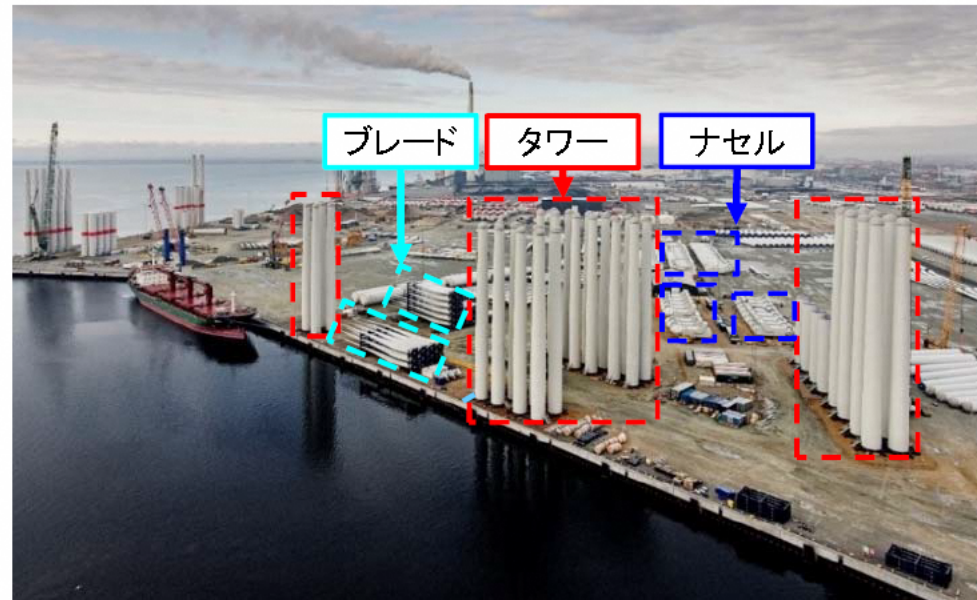
- 洋上風力発電設備は、部品数が多く（1～2万点）、また、事業規模は数千億円にいたる場合もあり、関連産業への波及効果が大きい。地域活性化にも寄与。
- 一方で、多くの産業が国外に立地しているのが現状。

世界の洋上風力発電タービンメーカーシェア（2018）



欧州における港湾都市の事例（デンマーク・エスビアウ港）

- ・建設・運転・保守等の地域との結びつきの強い産業も多いため、地域活性化に寄与。
- ・エスビアウ市では、企業誘致にも成功し、約8,000人の雇用を創出。



出典：IEA analysis based on BNEF（2019）

国内洋上風力産業の競争力強化に向けた基本的な考え方

● 四角形の領域切り取り(R)

- 洋上風力を主力電源化とするためには、関連産業の競争力を強化し、コスト削減していくことが必要。
- 関連産業の競争力強化・コスト削減の鍵となるのは、投資拡大。一方で、事業者からは、日本の市場拡大の見通しが見えないと投資を躊躇するとの声がある。
- そのため、洋上風力発電の計画的・継続的な導入拡大（予見性の確保）と関連産業の競争力強化・コスト削減を官民が一体となる形で進め、相互の「好循環」を生み出すこととしたい。
- 本協議会では、この「好循環」を形成するため、官民が一体となって取り組むべき事項についてご議論いただきたい。



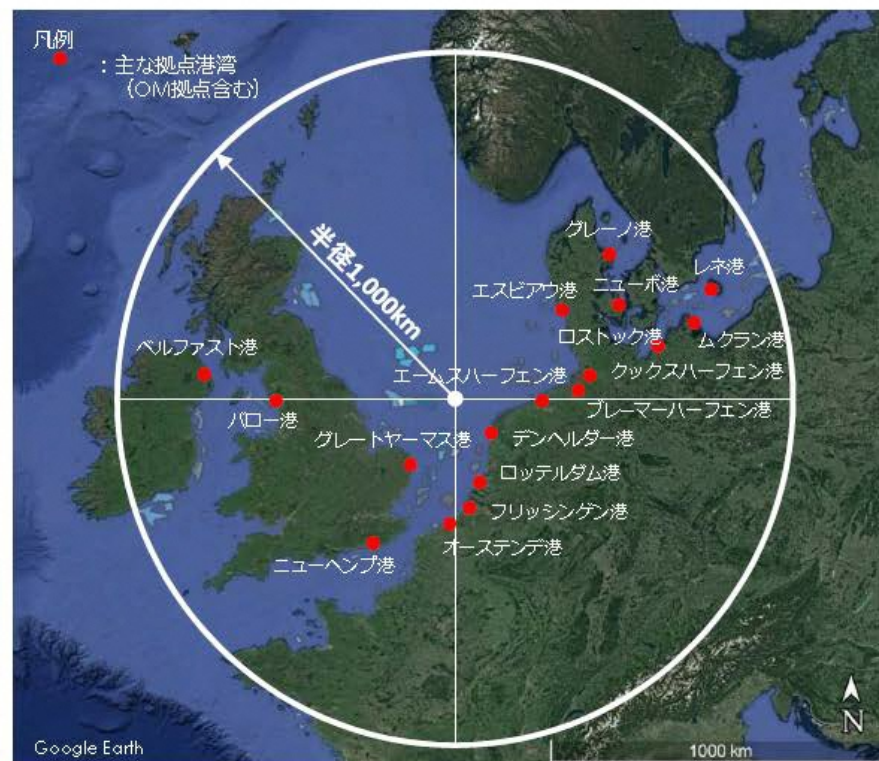
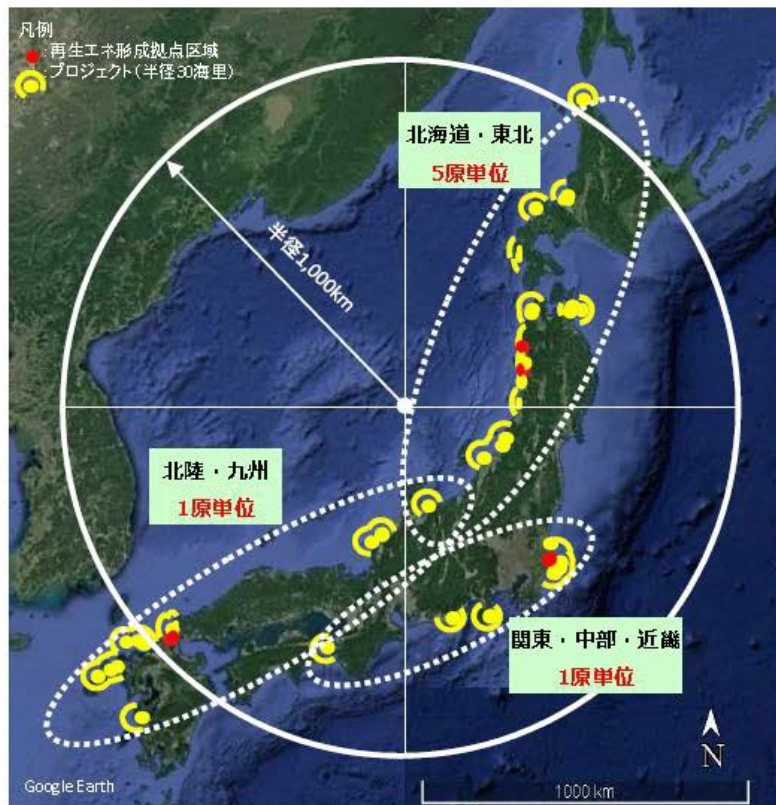
官民が一体となって取り組むべき事項

【本協議会の検討課題】

- ① 中長期的な洋上風力発電導入のポテンシャルと課題の分析
- ② 分野別課題分析（設計・製造、建設・海洋土木、メンテナンス、ファイナンス等）
- ③ 計画的導入に向けたインフラ環境整備の在り方（電力系統、港湾・コンビナート、産業基盤）
- ④ 事業者（業界）の投資コスト削減等に関する取り組み

⇒課題解決と導入拡大に向けた、具体的な方向性を示す「洋上風力産業ビジョン（仮称）」を作成

(参考) 日欧の拠点港湾の比較(配置)



欧州において、2018年度までに18GW導入するのに、大小17箇所の拠点港湾で対応
 (元々、欧州では北海油田開発のための産業と技術が集積されていた)
 日本でも、プロジェクトのエリア・ニーズに応じた適切な拠点港湾の配置が必要

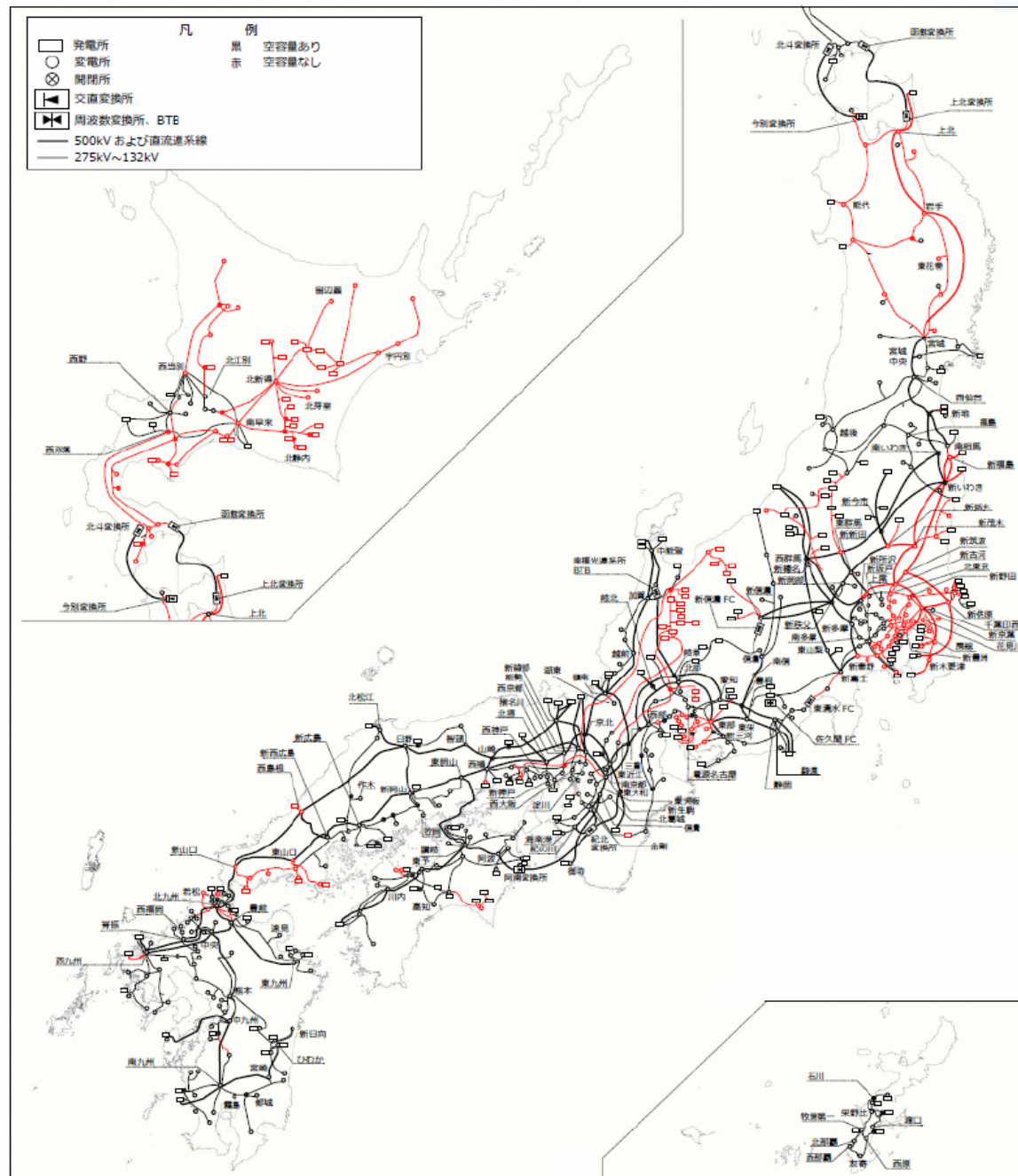
日本風力発電協会の意気込み

意欲的で明確な中長期導入目標の設定

四角形の領域切り取り(R)

- **2030年：洋上風力10GW**
 - 中間点として目標を設定
 - 投資判断に最低限必要な市場規模(1GW程度×10年間)
- **2040年：洋上風力30～45GW**
 - 産業界が投資回収見通し可能な市場規模(年間当り2～4GW程度)
 - 世界各国と肩を並べる競争環境を醸成できる市場規模
- **2050年：洋上風力90GW (+陸上40GW = 130GW)**
 - 政府目標：GHG排出量80%削減に相応しい目標値
 - 2050年推定需要電力量に対して風力より30%以上を供給

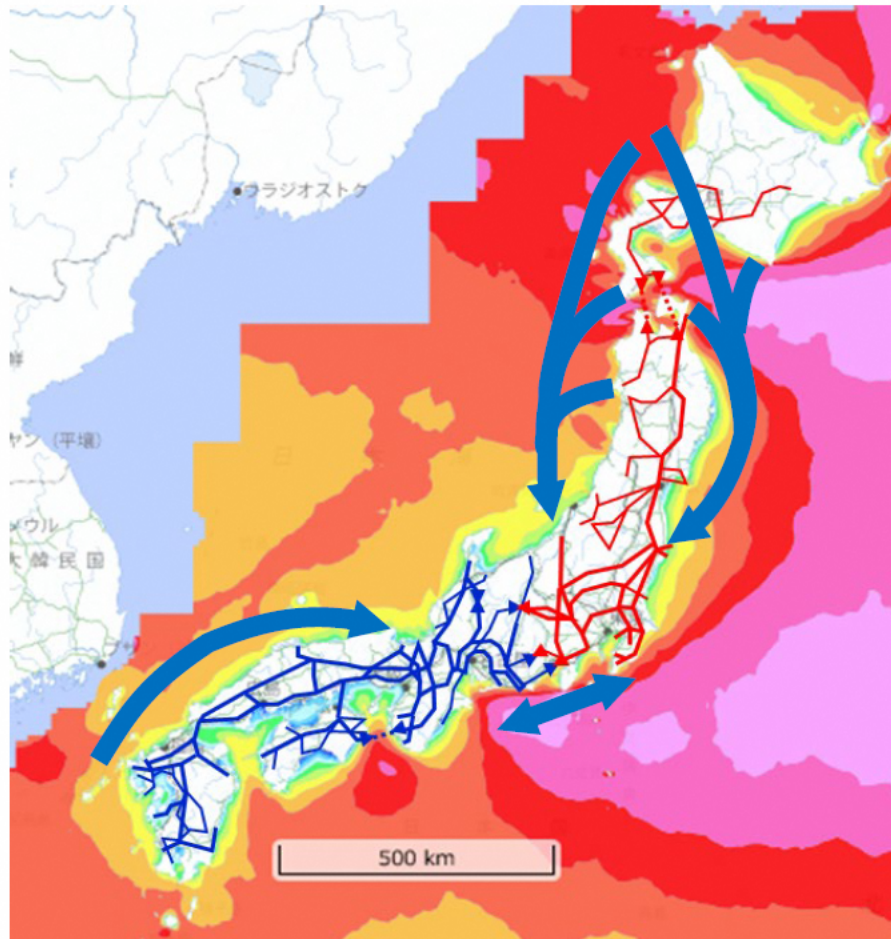




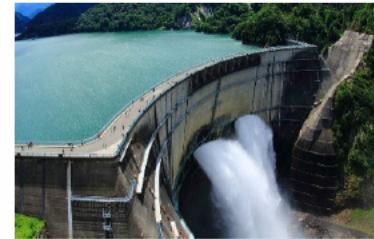
日本の基幹電力系統（2020年9月23日18時）

【参考】ジャパン・スーパーグリッドのイメージ

大型電源 = 広域消費



ダム



原子力

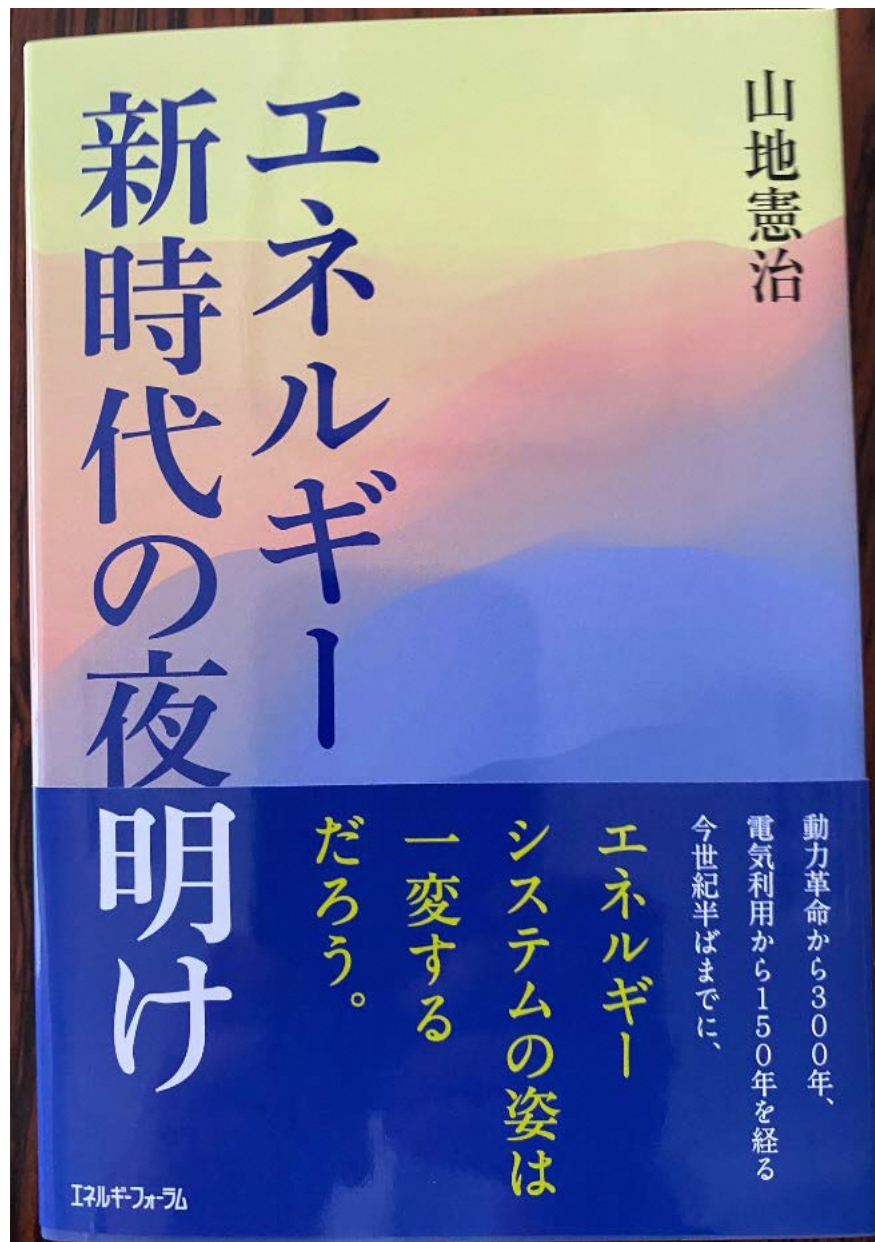


洋上風力



- 海底ケーブルによる短納期での整備
- 直流送電でロス少なく長距離に最適
- 全国大で系統の一体運用を可能に

※ NEDO洋上風況マップ (http://app10.in.foc.nedo.go.jp/Nedo_Webgis/index.html) に主要電力系統 (275kV以上) 概略図を重ねた



山地憲治

エネルギー 新時代の夜明け

動力革命から300年、
電気利用から150年を経る
今世紀半ばまでに、

エネルギー
システムの姿は
一変する
だろう。

エネルギーフォーラム

2020年8月29日発行、(株)エネルギーフォーラム

ご清聴ありがとうございました

Thanks for your attention



公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE)
Research Institute of Innovative Technology for the Earth