



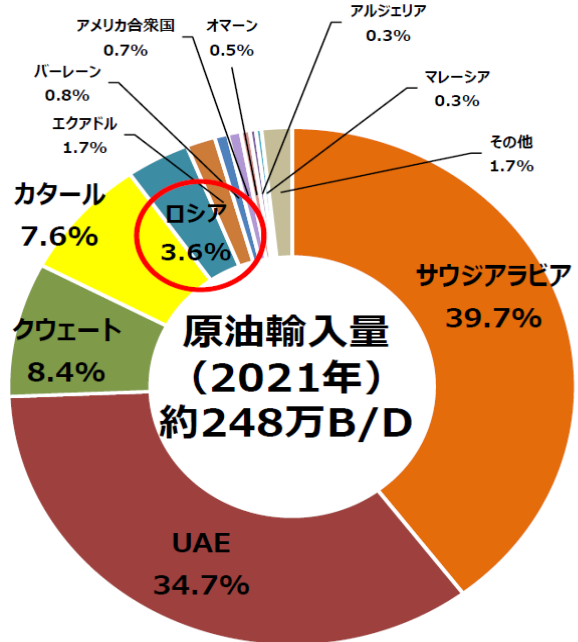
# エネルギー高騰時代に求められるクリーンエネルギー技術

東京大学 瀬川浩司

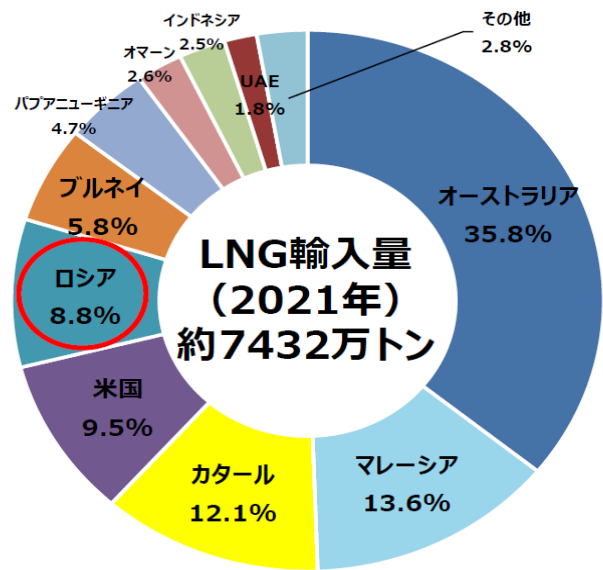
東京大学 教養学部附属教養教育高度化機構 環境エネルギー科学特別部門長  
東京大学 大学院総合文化研究科 広域科学専攻長

# ロシア産化石燃料代替：短期的にはやはり「化石燃料」

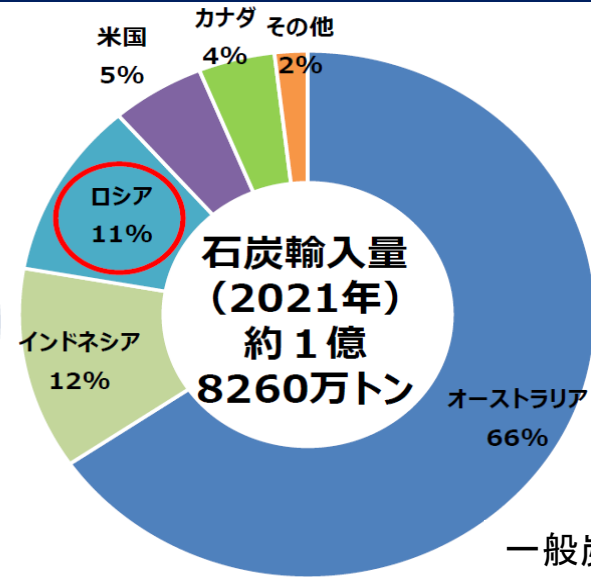
## 日本の化石燃料の輸入先（2021年速報値）



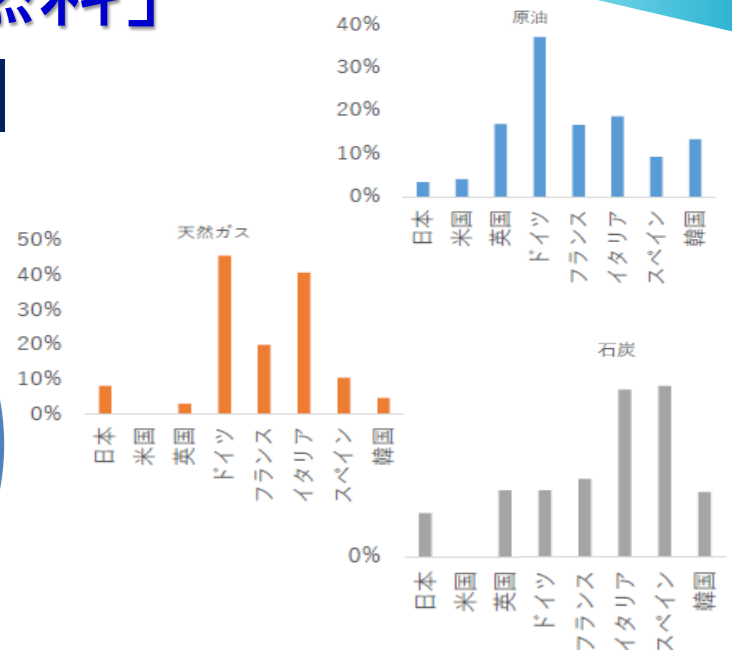
ロシア：日量9万バレル (3.6%：5位)



ロシア：657万トン (8.8%：5位)



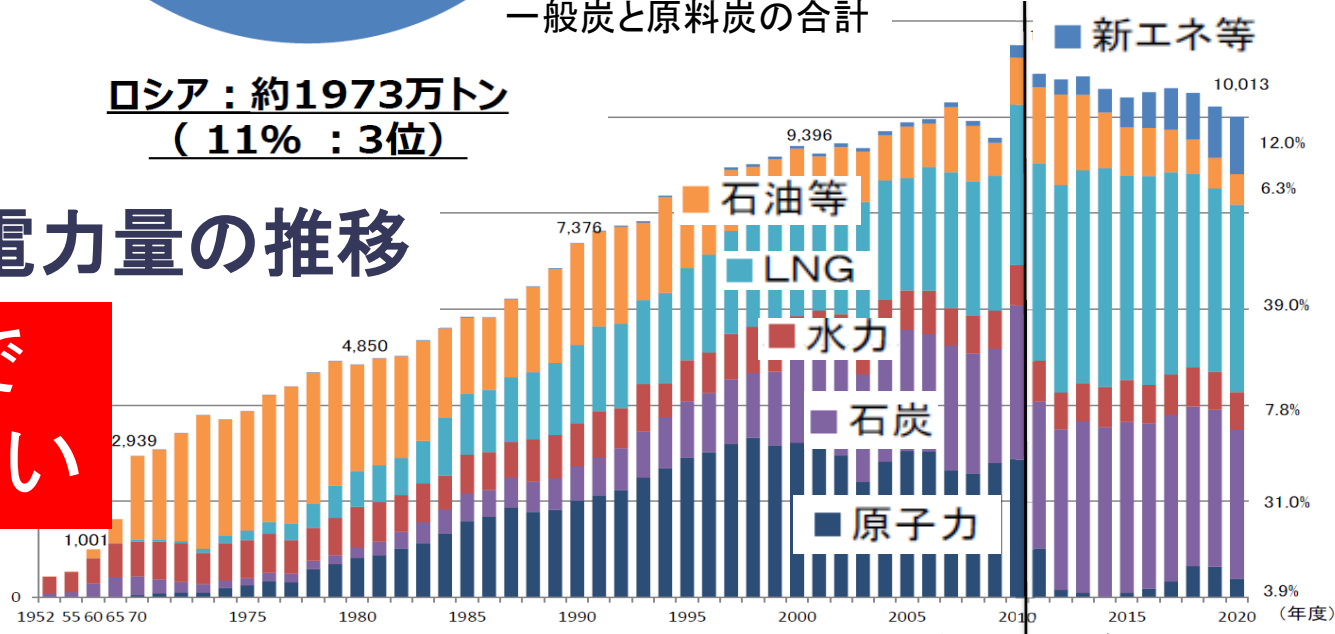
ロシア：約1973万トン (11%：3位)



エネルギー白書2022より(2022年6月) 一部は財務省貿易統計からエネ庁整理

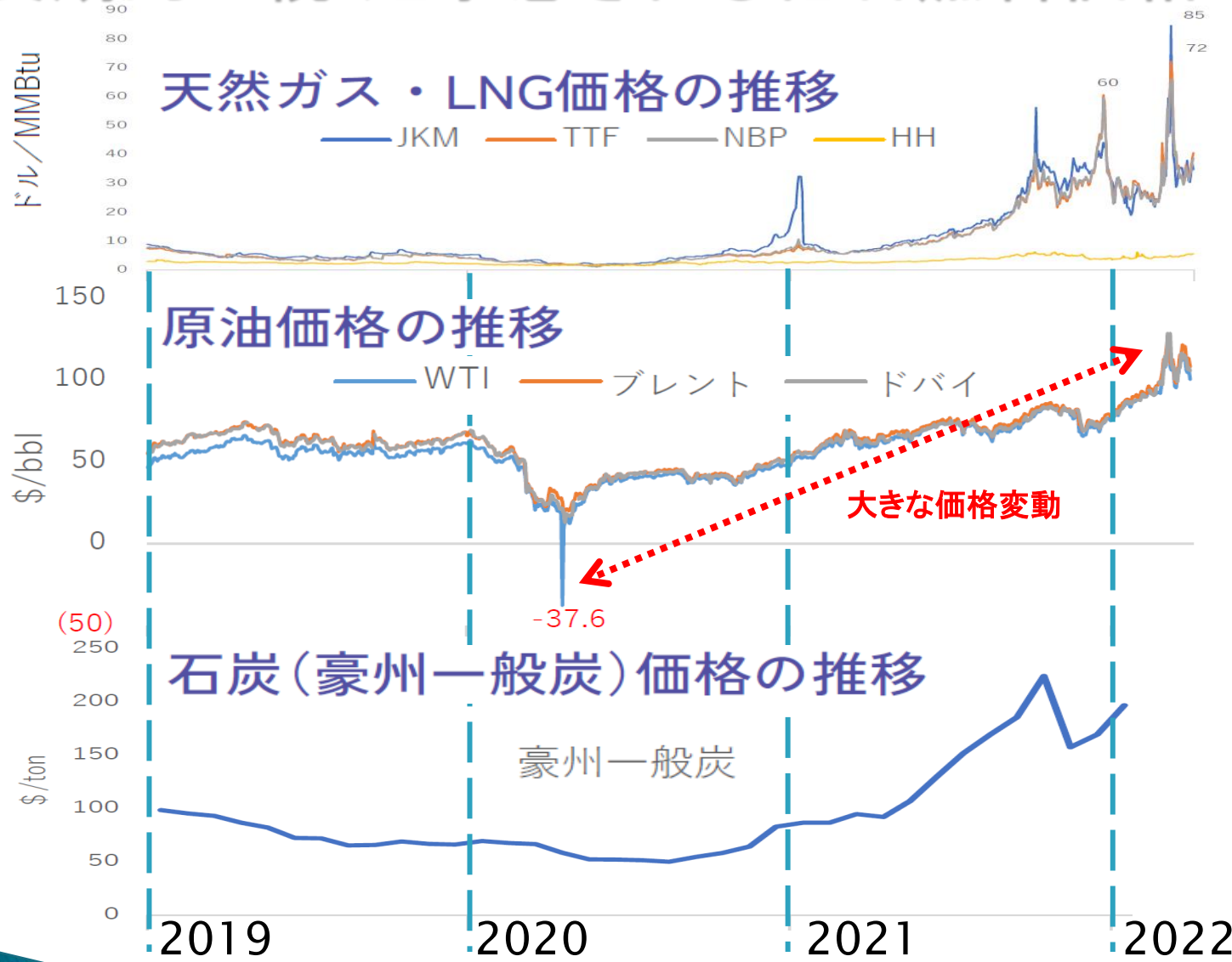
原子力発電再稼働だけで 解決するほど単純ではない

## 日本の発電電力量の推移



資源エネルギー庁「電源開発の概要」、資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」を基に作成

# 長期的に続くと予想される化石燃料価格の世界的高騰



エネルギー白書2022より  
(2022年6月)

- 脱炭素化の流れで 増産は見込めない
- ロシア経済制裁の長期化と生産者の利益追求
- 日本の場合は為替レート変動(円安)も重なる

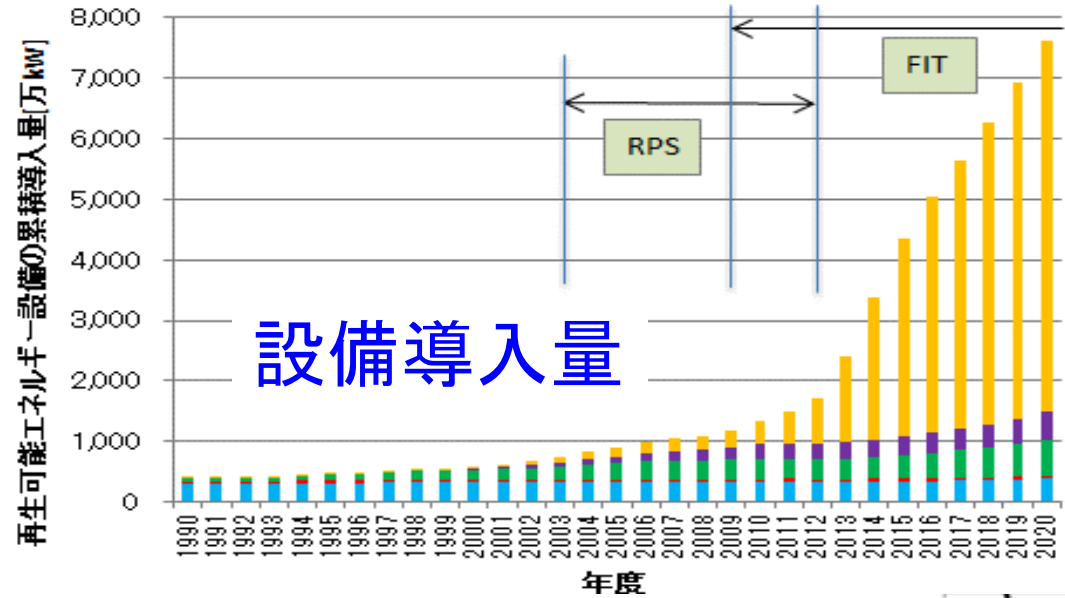


**長期的：脱炭素化の加速**

エネルギー税制の適正化  
(ガソリン税等に偏りすぎ)  
カーボンプライシングの視点

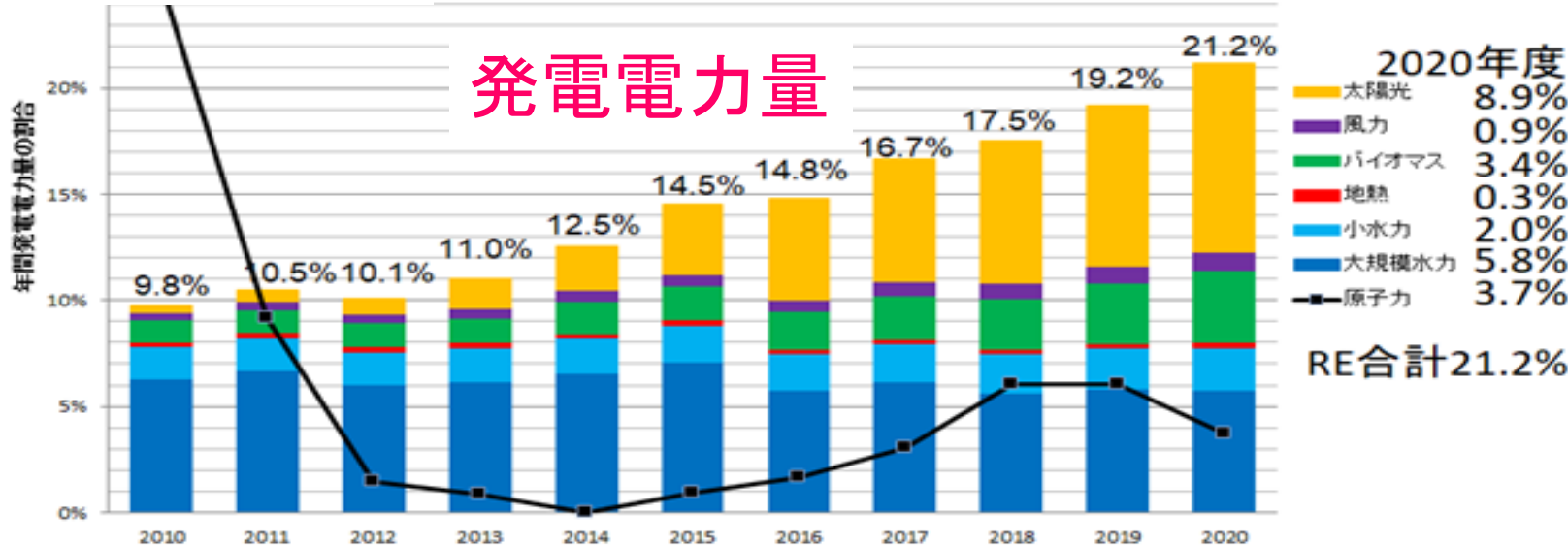
# 日本の再生可能エネルギー電力導入状況

出典：特定非営利活動法人環境エネルギー政策研究所isep速報



日本では2012年7月に開始された再生可能エネルギー電力の固定価格買取制度(FIT)で太陽光発電導入拡大

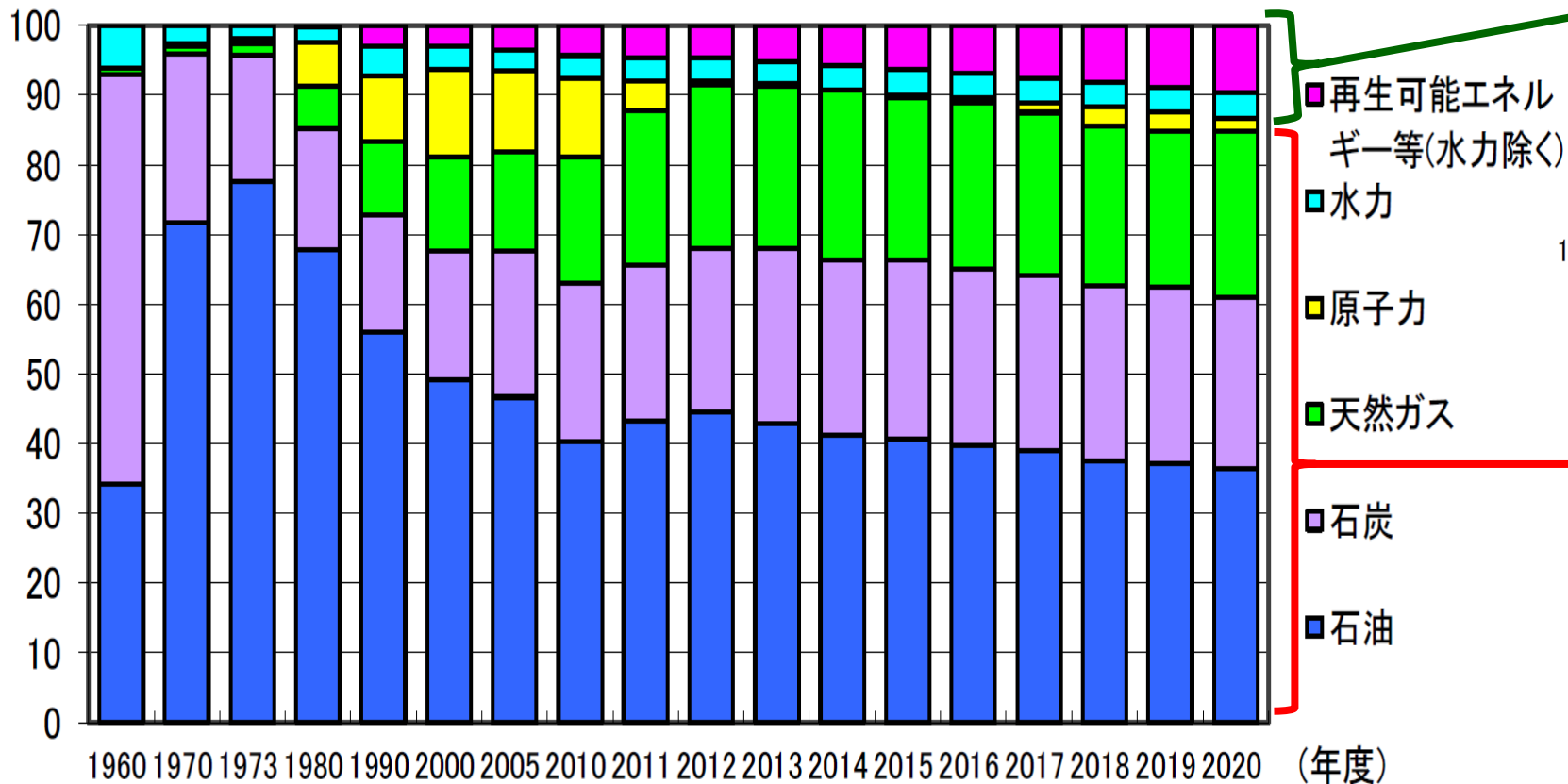
2020年に再エネ発電割合は21.2%に到達したが世界には低水準加速が必要



FIT導入10年で太陽光発電は伸びた

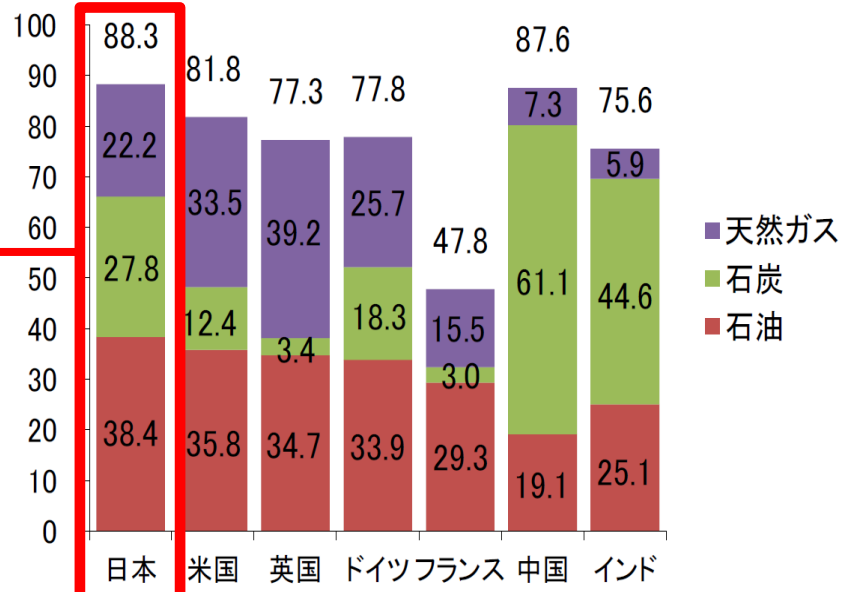
# 日本の一次エネルギー供給の推移

(%) 出典: 経済産業省 資源エネルギー庁 エネルギー白書2022



**再生可能エネルギー比率はこれまで着実に伸びてきたがまだ十分な量ではない**

主要国の化石エネルギー依存度(2019年)

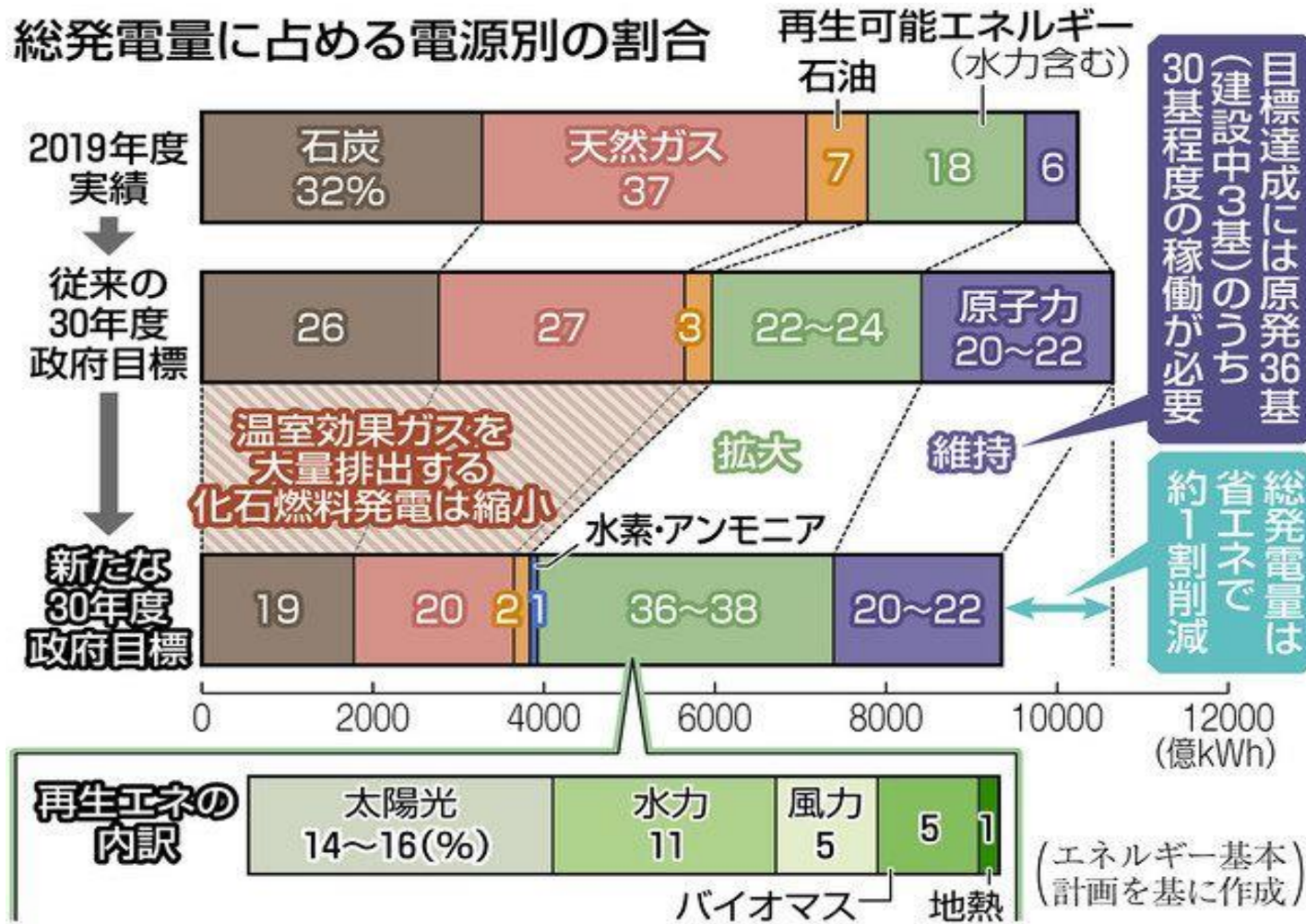


| 年度          | 1960 | 1970 | 1973 | 1980 | 1990 | 2000 | 2005 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| エネルギー自給率(%) | 58.1 | 15.3 | 9.2  | 12.6 | 17.0 | 20.3 | 19.6 | 20.2 | 11.5 | 6.7  | 6.5  | 6.3  | 7.3  | 8.1  | 9.4  | 11.7 | 12.1 |

**再生可能エネルギーはエネルギー自給率向上に貢献**

# 第6次エネルギー基本計画における

## 再生可能エネルギー電力導入目標



第6次エネルギー基本計画では、温室効果ガス排出量を30年度に13年度比で46%削減する目標に基づき、再生可能エネルギー発電比率の30年度の目標を36~38%とした。原発は脱炭素電源として重視して再稼働を進めるものの、新增設の方針は盛り込まなかった。(東京新聞オンラインより)

この目標を達成する「事業体」「戦略」「政策」の3つが欠落している

この目標では十分とは言えないがそれでもこの目標達成すら難しい

# 日本の再生可能エネルギー電力導入状況

(単位万kW、2021年12月末、一般水力を除く)

| 分類      | 21年12月迄の導入量<br>制度前後計 | 12年6月迄の導入量<br>買取制度前 | 12年7月以降導入量<br>買取制度後 | 21年12月末迄の<br>未稼働設備 | 買取制度認定設備容量 | 21年末の認定設備の稼働割合 | 認定済設備100%稼働時の導入量 |
|---------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------------|----------------|------------------|
| 分類記号    | A+B                  | A                   | B                   | C                  | B+C        | B/B+C          | A+B+C            |
| 太陽光発電合計 | <b>6,433</b>         | 499                 | 5,934               | <b>1,701</b>       | 7,635      | 77.7%          | <b>8,134</b>     |
| 住宅用太陽光  | 1,301                | 472                 | 829                 | 38                 | 867        | 95.6%          | 1,339            |
| 非住宅太陽光  | 5,132                | 27                  | 5,105               | 1,663              | 6,768      | 75.4%          | 6,795            |
| 風力発電    | <b>471</b>           | 251                 | 220                 | <b>1,115</b>       | 1,335      | 16.4%          | <b>1,586</b>     |
| 中小水力発電  | 106                  | 25                  | 82                  | 85                 | 166        | 49.3%          | 191              |
| 地熱発電    | 9.4                  | 0.1                 | 9.3                 | 6.9                | 16.2       | 57.4%          | 16.3             |
| バイオマス発電 | <b>451</b>           | 142                 | 309                 | <b>495</b>         | 804        | 38.4%          | <b>946</b>       |
| 合計      | <b>7,470</b>         | 917                 | 6,554               | 3,403              | 9,956      | 65.8%          | 10,873           |

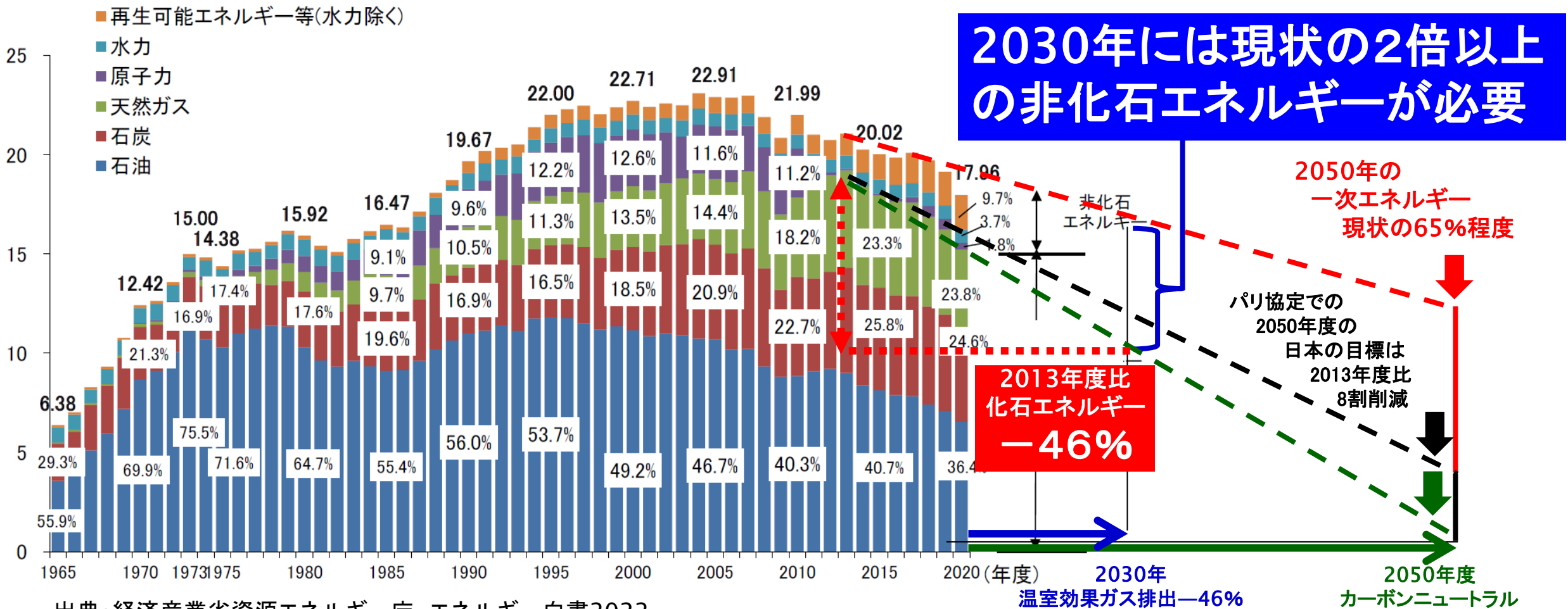
出典：経済産業省資源エネルギー庁 2022年5月発表データをもとに瀬川計算

## 2030年に現状の3倍21000万kW必要

PV:18000万kW、W:1200万kW、BM:1200万kW

# カーボンニュートラルとエネルギー安全保障の視点から

## 再生可能エネルギーの一層の導入拡大が必要



**2030年には現状の2倍以上の非化石エネルギーが必要**

**2013年度比化石エネルギー -46%**

**原子力と一般水力以外の非化石(再生可能エネルギー)は、2030年に現状の約3倍必要**

**2050年に現状の約7倍必要**

出典: 経済産業省資源エネルギー庁 エネルギー白書2022  
日本の「一次エネルギー国内供給の推移」に瀬川加筆



# 第6次エネルギー基本計画における

## 再生可能エネルギー電力導入目標

2030年ミックス  
(野心的な見通し)

約6,200万kW

(省エネ前の最終消費：約35,000万kW)

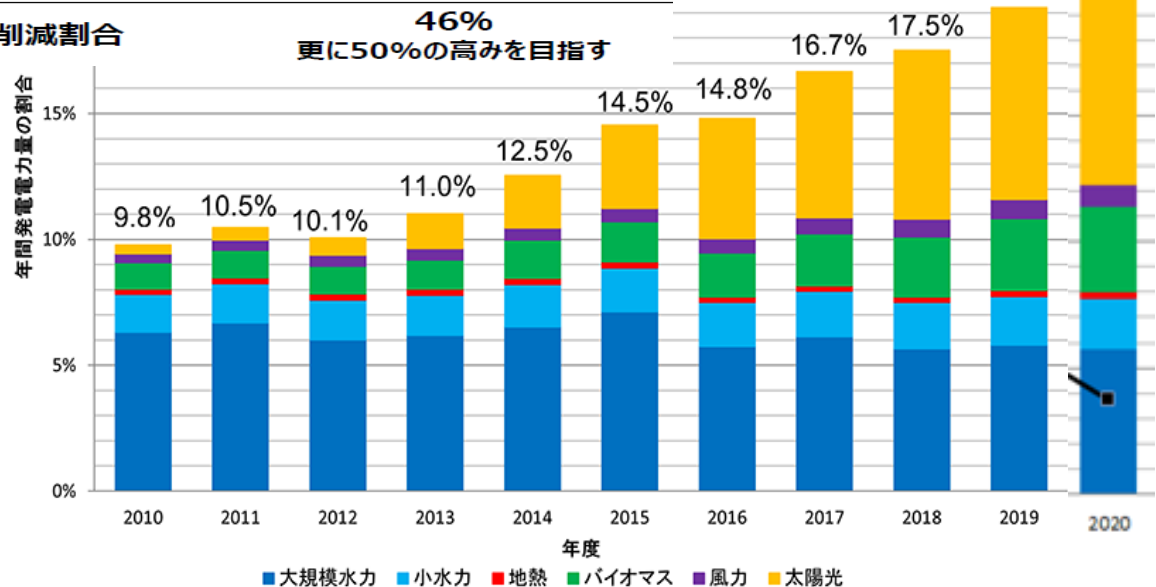
| 省エネ                    | 再エネ      | 2030年ミックス              |
|------------------------|----------|------------------------|
|                        |          | 約6,200万kW              |
|                        |          | (省エネ前の最終消費：約35,000万kW) |
| 電源構成                   | 再エネ      | 36~38%                 |
|                        | 水素・アンモニア | 1%                     |
| 発電電力量：<br>10,650億kWh   | 原子力      | 20~22%                 |
| ⇒                      | LNG      | 20%                    |
| 約9,300~9,400<br>億kWh程度 | 石炭       | 19%                    |
|                        | 石油等      | 2%                     |

第6次エネルギー基本計画  
(2021年10月22日閣議決定)  
再生可能エネルギー導入目標  
**36~38%**

**太陽光発電**  
8.5% × 3 = 25.5%  
**その他の再エネ**  
12.3% + α  
**合計で37.8% + α**

( + 非エネルギー起源ガス・町)

温室効果ガス削減割合



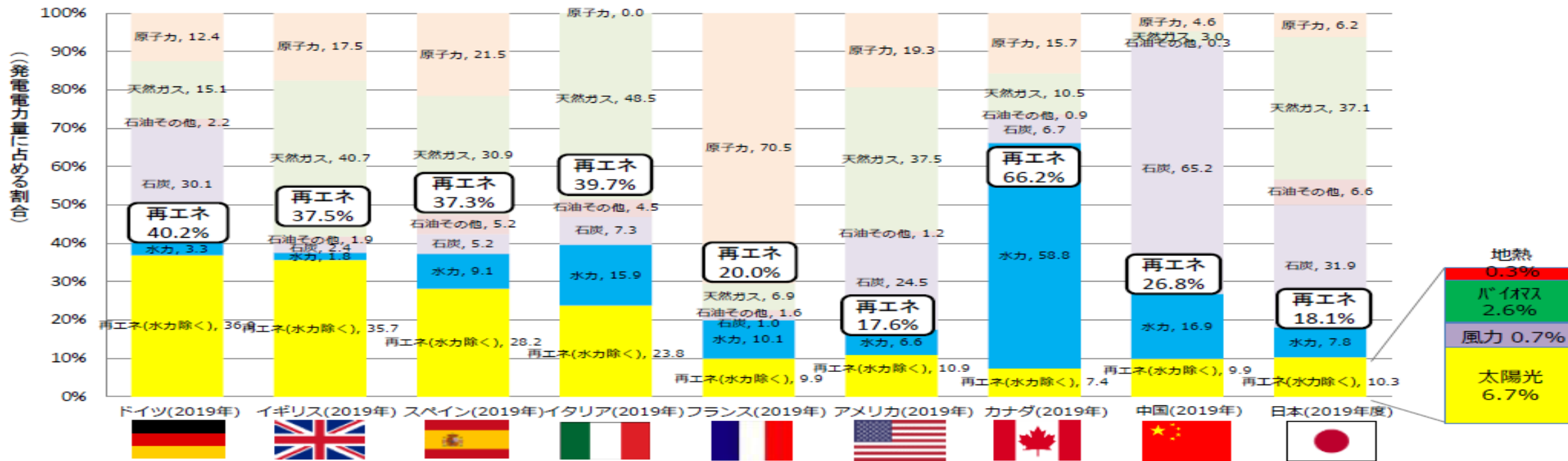
| 発電の種類      | 2015年       | 2020年       |
|------------|-------------|-------------|
| 水力         | 8.6%        | 7.9%        |
| バイオマス      | 1.5%        | 3.2%        |
| 地熱         | 0.25%       | 0.25%       |
| 風力         | 0.50%       | 0.86%       |
| <b>太陽光</b> | <b>3.0%</b> | <b>8.5%</b> |
| 火力         | 85.7%       | 74.9%       |
| 原子力        | 0.4%        | 4.3%        |

**2030年に現状の3倍21000万kW必要**

PV:18000万kW、W:1200万kW、BM:1200万kW

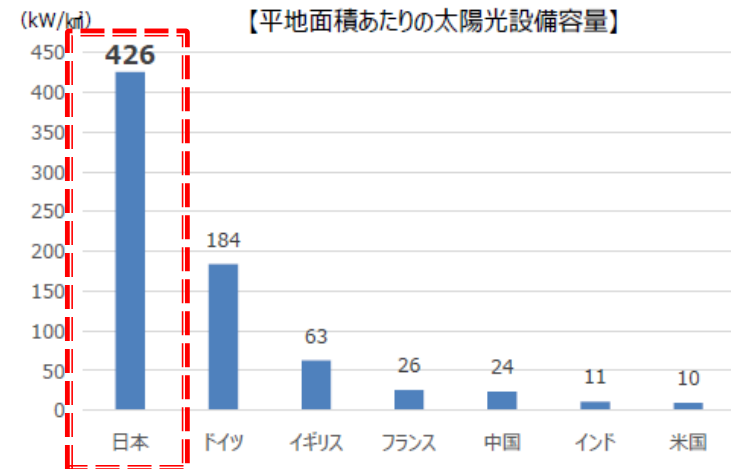
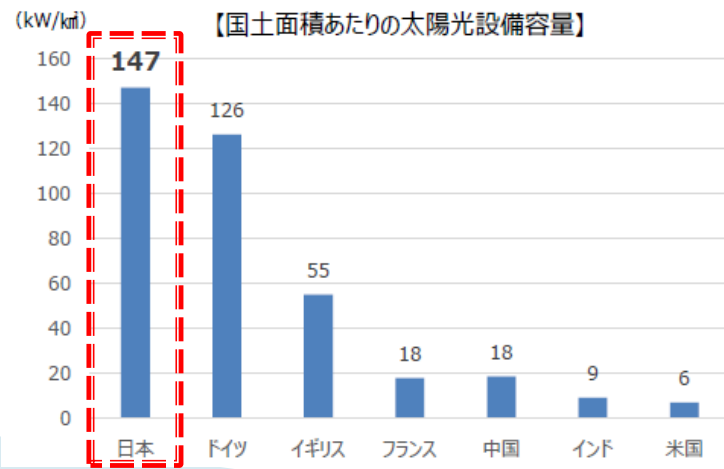
# 世界各国の再生可能エネルギー比率と

## 国土面積・平地面積当たりの太陽光設備容量



**設置スペース確保と  
更なる設置加速策が必要**

**規制緩和 税制優遇**



# インフラの余剰空間への太陽光発電の設置(国土交通省)

○公的賃貸住宅、官庁施設や、道路、空港、港湾、鉄道・軌道施設、公園、ダム、下水道等のインフラ空間等を活用した太陽光発電について、施設等の本来の機能を損なわないよう、また、周辺環境への負荷軽減にも配慮しつつ、可能な限りの導入拡大を図る。その他、立地適性等に応じ、風力発電やバイオマス発電等の地域再エネの導入を促進する。

## 公的賃貸住宅・官庁施設

### 公的賃貸住宅(UR、公営住宅)への太陽光発電の導入推進

- ・新築について標準的に導入することを検討
- ・既存について導入の可能性を検討

### 官庁施設(合同庁舎)への導入推進

- ・新築の標準的な導入について検討
- ・既存施設について導入の可能性について検討

## 道路

### 道路空間を活用した、太陽光発電等の導入を推進

- ・道路管理に必要な電力について太陽光発電等の再エネ導入を推進

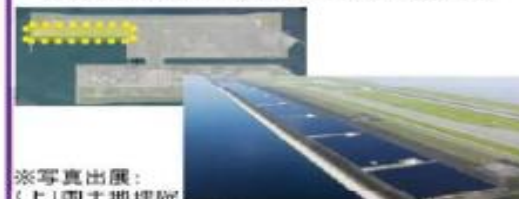


道路における太陽光発電施設活用

## 空港

### 空港の再エネ拠点化の推進

- ・太陽光発電等の導入促進による空港の再エネ拠点化を推進
- ・2030年までに230万kW規模の太陽光発電の導入について検討



※写真出展:  
(上)国土埋蔵院  
(右)関西エアポート㈱

## 港湾

### 港湾における太陽光発電の導入推進

- ・コンテナターミナル等の管理棟、上屋・倉庫等への導入ポテンシャル等について検討



横浜港

## 鉄道・軌道施設

### 鉄道・軌道施設における太陽光発電の導入推進

- ・全国の駅舎等における導入ポテンシャル等について検討



東京メトロ提供 丸の内線四ツ谷駅

## 公園

### 国営公園、都市公園への太陽光発電等の導入推進

- ・国営公園において既存施設屋上等への導入拡大を推進
- ・防災公園等において実態調査を踏まえた導入推進を検討



海の中道海浜公園

## ダム

### ダム等における自家用水力発電、太陽光発電の導入推進

- ・ダム管理施設における自家用水力発電を未導入箇所へ導入等



利水放流設備

発電設備

自家発電所

※発電所内

## 下水道

### 下水道における太陽光発電の導入推進

- ・下水処理場の上部空間を利用した太陽光発電の導入を推進



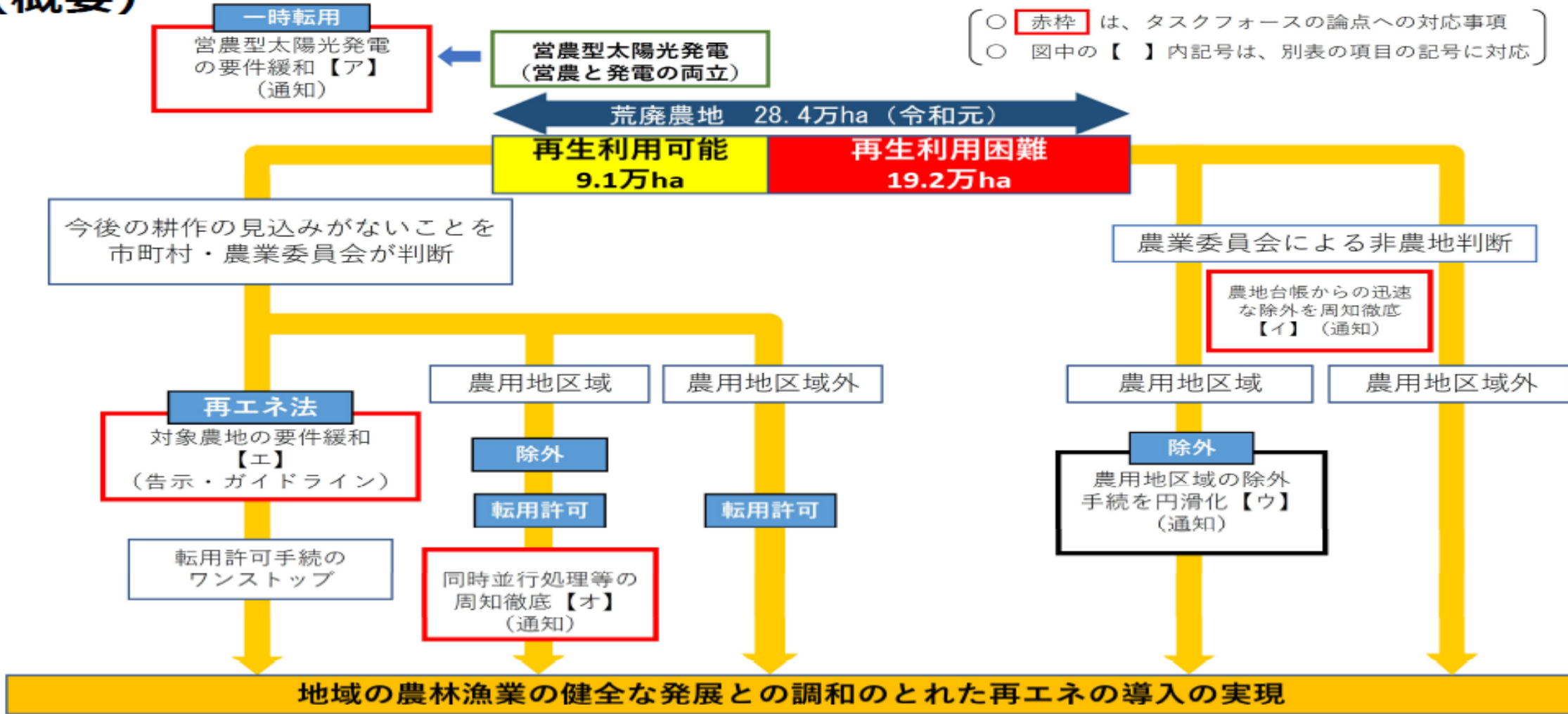
下水処理場の上部空間を活用した太陽光発電

出典:国土交通省「国土交通省における再エネの導入・利用拡大に関する取組み概要」資料より

**場所を提供すれば再エネ電力が買える  
多角的なPPA事業者の育成と補助**

# 再エネ導入促進に向けた荒廃農地規制見直し(農林水産省)

## (概要)



注：上記のほか、営農型太陽光発電設備について、再許可による期間更新がなされる仕組みであることを周知

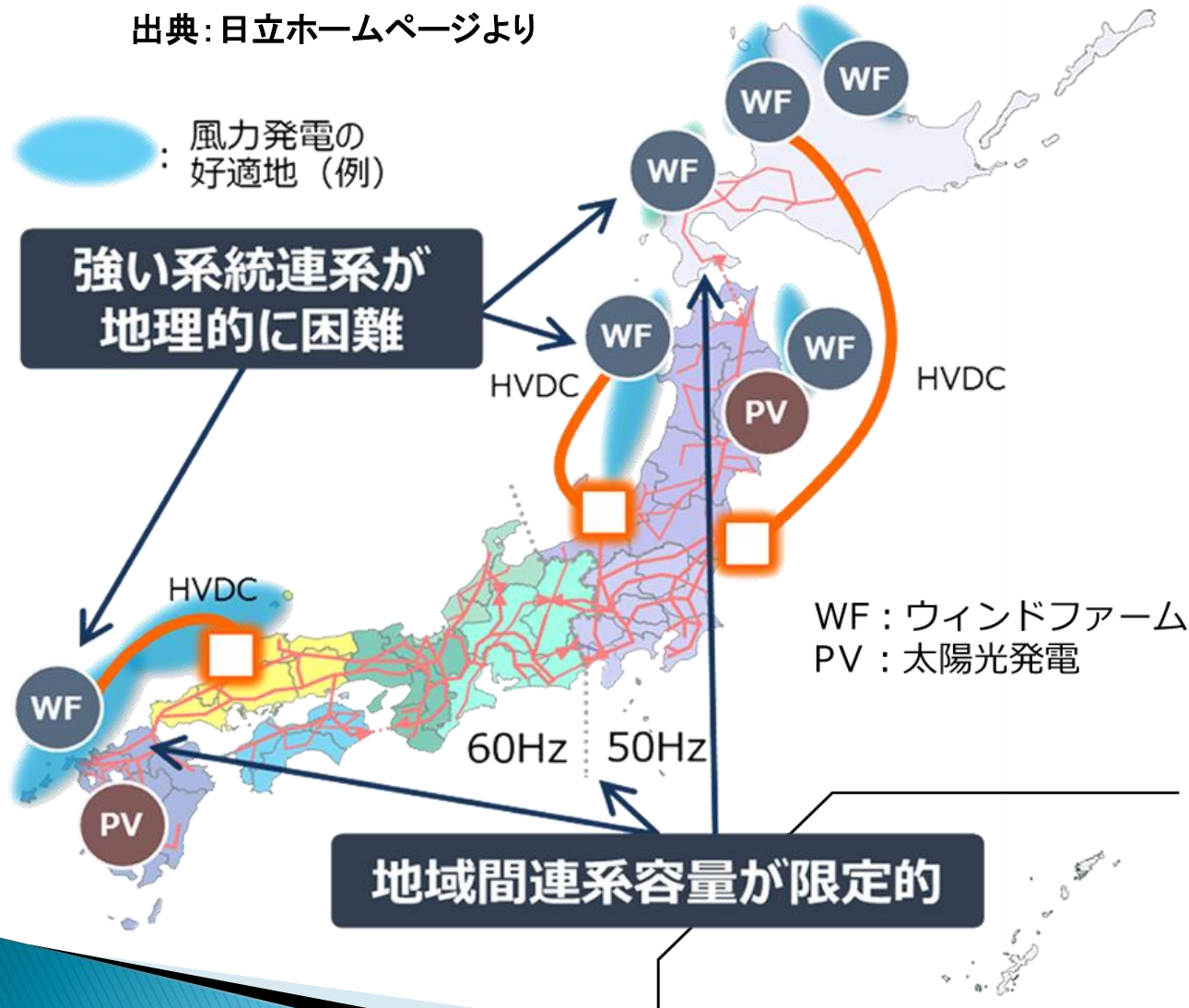
出典：農林水産省「再生可能エネルギー導入促進に向けた取組みについて」資料より

**環境性、需要地からの距離でランク分け  
導入インセンティブ(税控除)など**

# エネルギー高騰によって出てくる新電力運用技術

## 海底直流送電などで地域間系統連携強化(経済産業省)

出典: 日立ホームページより

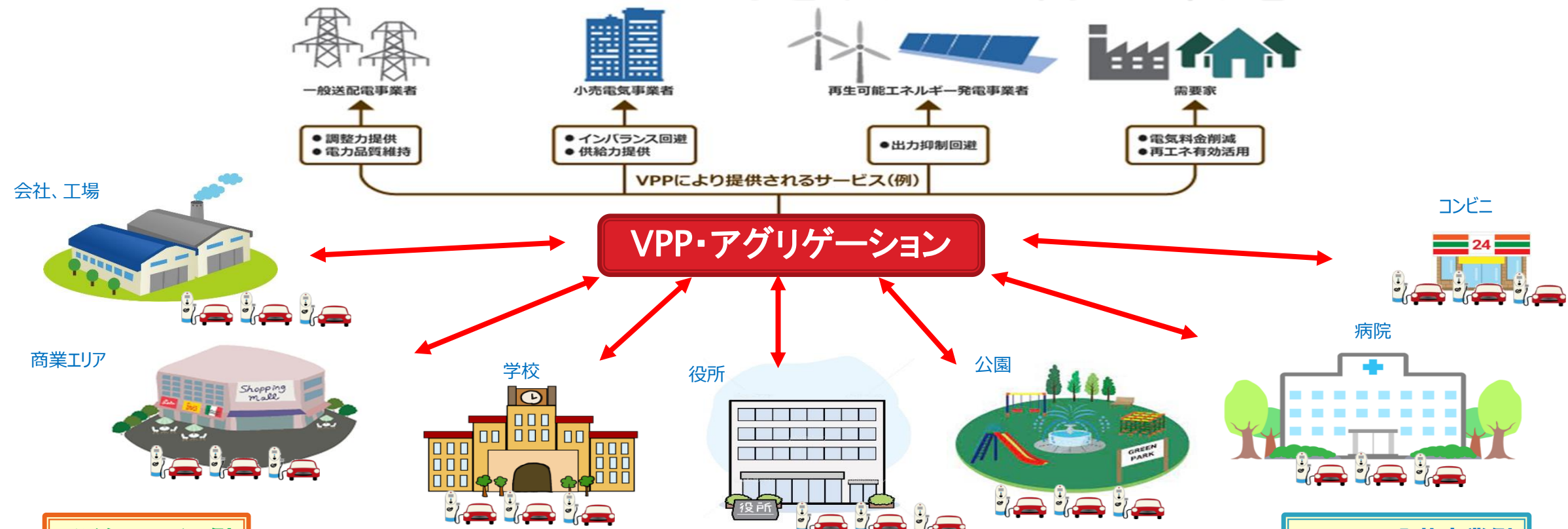


北海道、東北、九州などの余剰の再エネ電力は、大きな需要を持つ地域(調整力が大きい地域)に高圧直流送電で運ぶ  
(HVDC: 高圧直流送電)

一部は「グリーン水素」をオンサイトで作るための電力として利用する(水素輸送のインフラを整備する費用が節約できる)水素発電も有効

- ドイツ連邦政府: 国家水素戦略(2020年6月採択)  
水素は「グリーン水素」であることを明示
- 2030年までに水素電解プラントを500万kW導入  
グリーン水素14TWh相当の供給を目指す
- 2040年に1000万kW(10GW)に拡大

# エネルギー高騰によって出てくる蓄エネルギー技術 EV等を活用した街ごと蓄電池システム



### ビジネスモデル例

- 広告ビジネス  
契約者にポイントなどのインセンティブ付与
- 電力販売ビジネス
- VPPシステムビジネス
- Data活用ビジネス
- EVレンタルサービスビジネス
- アグリゲーションビジネス  
ピークカット、デマンドレスポンス、電力ディーリング
- 機器、システム管理ビジネス
- 不動産活用ビジネス

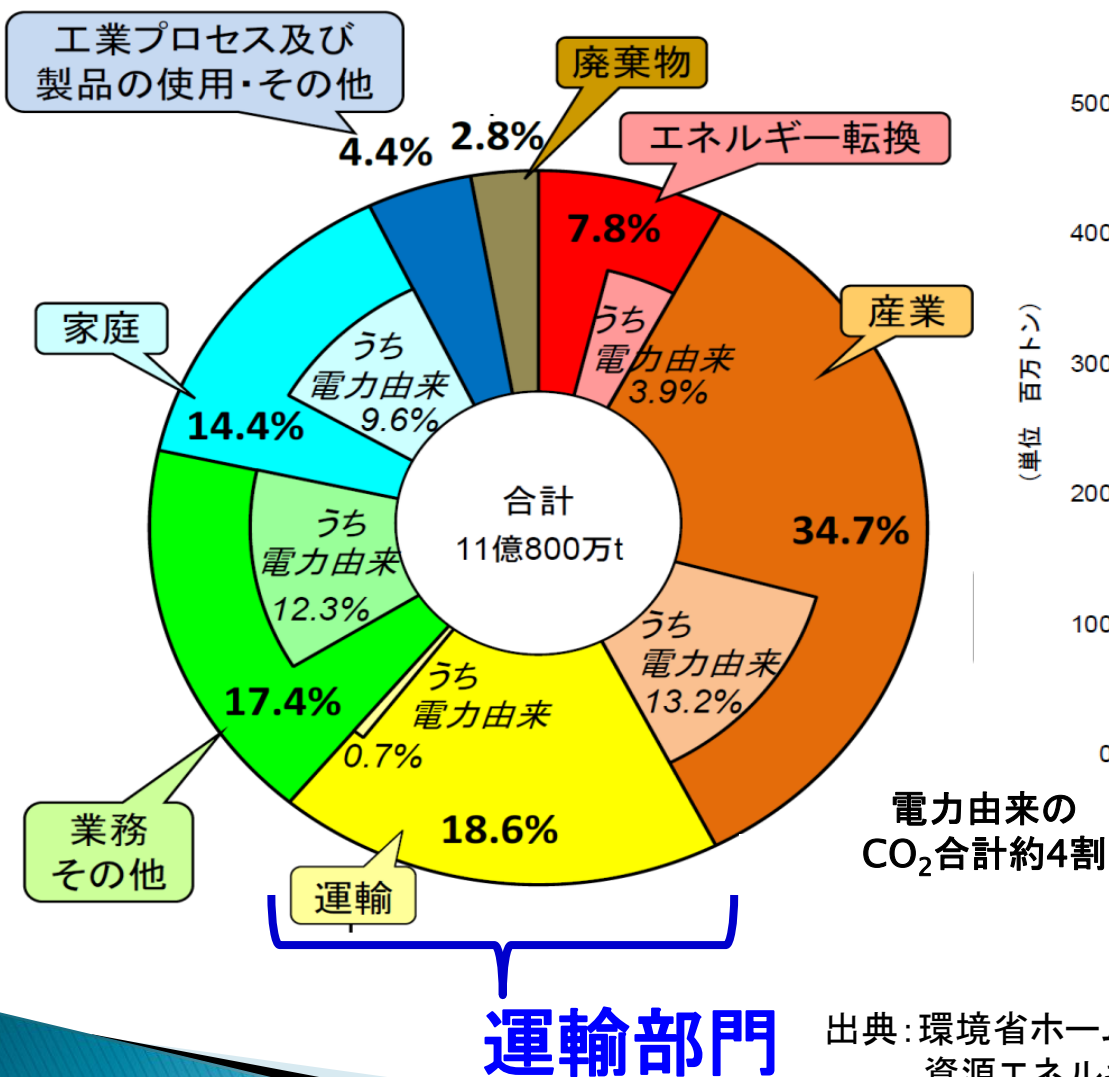
### インフラ・公共事業例

- 災害時のエネルギー供給
- エネルギー備蓄
- スマートグリッド
- ※対価は税金控除など

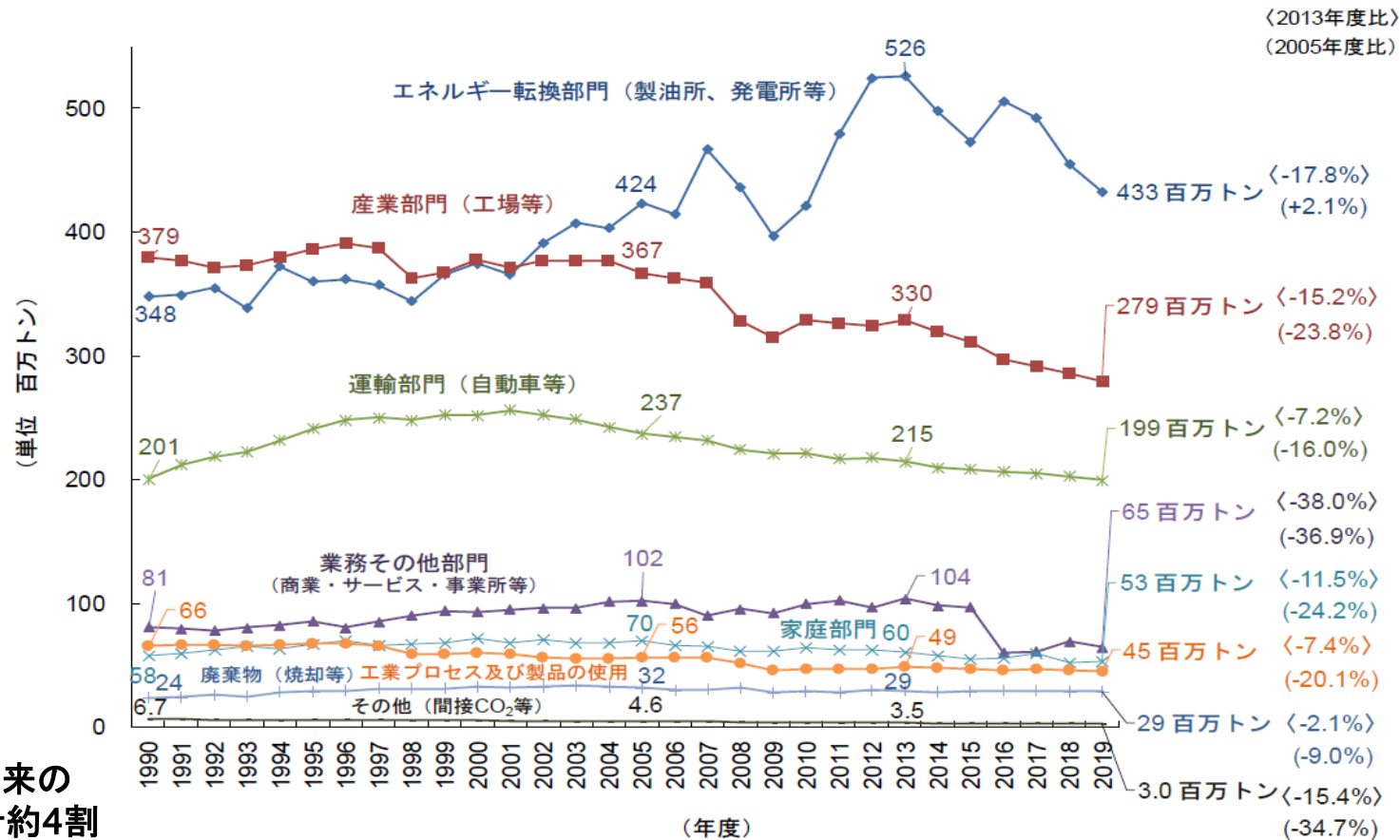
レジリエントな街づくりにも貢献

# 運輸部門の脱炭素化の戦略を立てる

日本では電力以外、特に運輸部門のエネルギーの議論が不足



出典: 環境省ホームページ  
資源エネルギー庁  
エネルギー白書2021



CO<sub>2</sub>の部門別排出量 (電気・熱配分前<sup>(注1)</sup> (注4)) の推移

**ガソリン車廃止／EV・FCV導入目標  
鉄道の脱炭素化と利用拡大**

# 日本の貨物輸送の変遷と課題

## 貨物の輸送機関別輸送分担率の推移

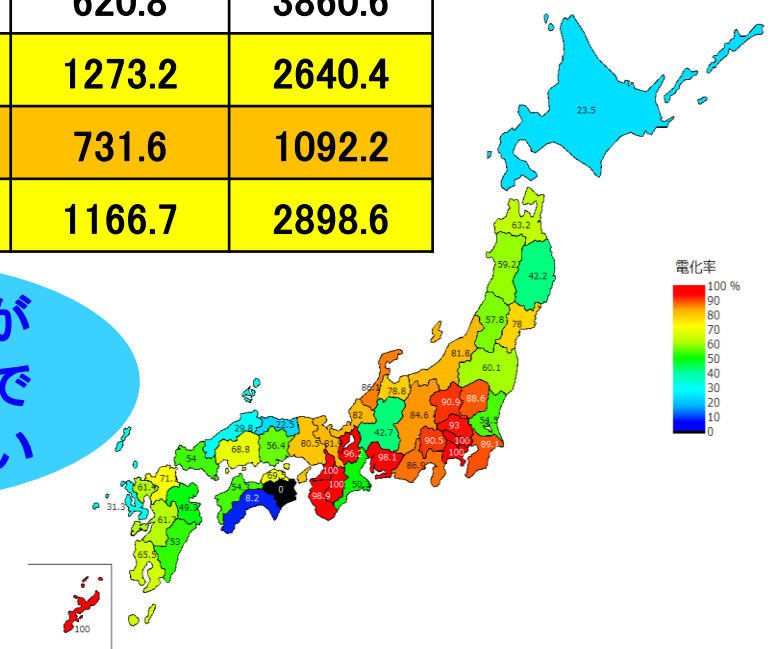
| 分類<br>年度 | 輸 送 ト ン キ ロ (単位:%) |      |      |     |
|----------|--------------------|------|------|-----|
|          | 自 動 車              | 鉄 道  | 内航海運 | 航 空 |
| 昭和25     | 8.7                | 50.3 | 41.0 | —   |
| 30       | 11.7               | 52.6 | 35.7 | 0.0 |
| 35       | 15.0               | 39.0 | 46.0 | 0.0 |
| 40       | 26.1               | 30.5 | 43.4 | 0.0 |
| 45       | 38.8               | 18.0 | 43.2 | 0.0 |
| 50       | 36.0               | 13.1 | 50.9 | 0.0 |
| 55       | 40.8               | 8.5  | 50.6 | 0.1 |
| 60       | 47.5               | 4.9  | 47.5 | 0.1 |
| 平成2      | 50.2               | 5.0  | 44.7 | 0.1 |
| 7        | 52.7               | 4.5  | 42.6 | 0.2 |
| 12       | 54.2               | 3.8  | 41.8 | 0.2 |
| 17       | 58.7               | 4.0  | 37.1 | 0.2 |
| 22       | 54.7               | 4.6  | 40.5 | 0.2 |
| 27       | 50.2               | 5.3  | 44.3 | 0.3 |
| 29       | 50.9               | 5.2  | 43.7 | 0.3 |
| 30       | 51.3               | 4.7  | 43.7 | 0.2 |
| 令和元      | 52.9               | 4.9  | 42.0 | 0.2 |

## 地方別鉄道電化率

| 地方    | 電化率(%) | 非電化路線長 (km) | 総計(km) |
|-------|--------|-------------|--------|
| 北海道   | 23.46  | 1767.8      | 2309.7 |
| 東北    | 58.52  | 1698.0      | 4093.5 |
| 関東    | 90.51  | 460.9       | 4857.3 |
| 中部    | 81.82  | 941.9       | 5181.6 |
| 近畿    | 83.92  | 620.8       | 3860.6 |
| 中国    | 51.78  | 1273.2      | 2640.4 |
| 四国    | 33.02  | 731.6       | 1092.2 |
| 九州・沖縄 | 59.75  | 1166.7      | 2898.6 |

再エネ活用の  
ミッシングリンク  
が存在している

再エネ電力が  
豊富な地域で  
電化率が低い



脱炭素輸送手段としての鉄道の利用拡大

インフラコストと利便性の同時解決は可能か



# エネルギー高騰によって出てくる新交通技術の可能性

## BRT(バス・ラピッド・トランジット、bus rapid transit)



出典:JR東日本

気仙沼線BRT・大船渡線BRT(バス高速輸送システム)

**BRTのEV・FCV化**  
**専用線で自動運転、デマンドレスポンス**



**脱炭素以外の価値も創造**  
**地域活性化、高齢化への対応**  
**レジリエンス**



# エネルギー高騰によって出てくる新炭素循環技術の可能性

## カーボンニュートラル二酸化炭素「CN CO<sub>2</sub>」の利活用

- ▶ バイオマス発電等が出るCO<sub>2</sub>は「カーボンニュートラルCO<sub>2</sub>」
- ▶ バイオガス製造(メタン+CO<sub>2</sub>)で出るCO<sub>2</sub>も利用可能
- ▶ これらのCO<sub>2</sub>は(一部濃縮が必要だが)メタネーションへ
- ▶ H<sub>2</sub>は余剰再エネ等を使うグリーン水素
- ▶ 作ったメタンは既存のガスインフラへ

出典:東京ガス



**既存インフラの活用  
(LNG船、タンク、ガス配管)**

# エネルギー高騰時代に求められるグリーンエネルギー技術

- エネルギー高騰の長期化を見据えて「絶対に必要な技術は何か」を考える  
脱炭素化と高騰で加速する化石資源からの脱却を前提とし  
コスト問題で除外されてきた新技術や運用を改めて見直す  
⇒絶対に必要な技術は必ず生き残る
- 既存インフラを活用できる場合はそれを最大限に利用する手段を考える  
ゼロベースでシステムを作り直すと時間とコストの問題が必ず顕在化  
既存インフラをベースにしたセクターカップリングで解決できる道筋を見出す  
⇒例えば電力技術とインフラに水素技術を組み合わせる
- 脱炭素化とエネルギーの問題だけでなく他の課題との同時解決を考える  
社会に受け入れられる持続可能な仕組みを作るにはどうするか  
高齢化やレジリエンスなど他の問題の解決にもつながる技術を作る  
⇒新しい交通システムで脱炭素化と利便性の同時解決
- 再生可能エネルギーの一層の利用拡大でエネルギー自給率向上を目指す  
日本のエネルギー安全保障の確立に確実に貢献、「グリーンリカバリー」も  
⇒短期的にはエネルギーマネジメント技術(ハード)  
長期的には分散型エネルギー技術