

2050年脱炭素社会に向けた 100%自然エネルギーシナリオ



WWFジャパン エネルギーシナリオ
シンポジウム
～2030年46%削減はどのように実
現可能か～

2021年5月28日

システム技術研究所
所長 槌屋 治紀

100%自然エネルギーシナリオ 目次

- 1) エネルギーシナリオ
- 2) 人口減少と活動度
- 3) 産業の構造変化
- 4) エネルギー需要の推定
- 5) 自然エネルギーの導入ポテンシャル
- 6) 2030年のシミュレーション、石炭火力の廃止
- 7) 2050年のシミュレーション
- 8) 水素製鉄、周囲熱、車上PV、水素ジェット機
- 9) 自然エネルギー設置面積
- 10) 費用算定方法、化石燃料価格
- 11) 省エネ+自然エネ+電力関連の費用
- 12) 結論

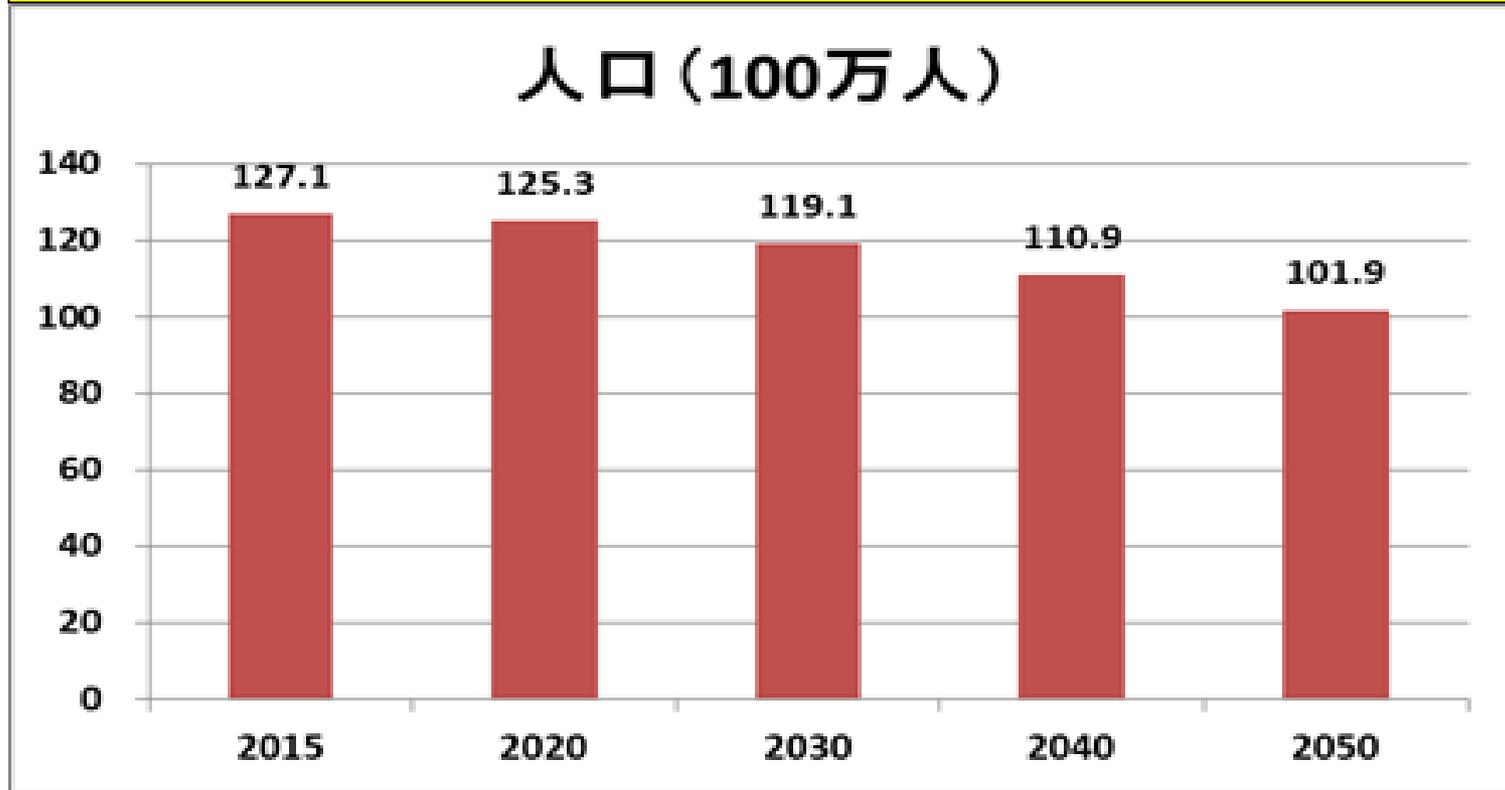
エネルギーシナリオ

| | 2030年 | 2050年 |
|---------|---|---|
| 目標 | 2013年レベルからCO2排出をおよそ50%に削減する | すべてのエネルギー用途に自然エネルギーを供給し、CO2排出をゼロにする |
| エネルギー需要 | 人口減少により活動度が減少、効率化が進み、これに比例してエネルギー需要も減少 | 人口減少80%と産業構造変化に伴って活動度はさらに減少、合わせてエネルギー効率向上により需要は約1/2になる |
| エネルギー供給 | 電力はおよそ50%を自然エネルギーから残りをガス、石油、原子力(*)から供給。石炭火力を廃止。 | 太陽光、風力、水力、地熱、バイオマス、周囲熱など、100%自然エネルギーを電力と熱・燃料需要に供給 |
| 民生部門 | 効率のよい家電製品が普及。暖房・温水需要にはガスを供給する | 暖房・温水には余剰電力+ヒートポンプまたは太陽熱を供給 |
| 産業部門 | 産業構造変化が進展。石炭を鉄鋼・紙パルプ・セメント産業に、ガスを熱需要に供給 | 産業構造変化がさらに進展。余剰電力から水素を生産して鉄鋼業に、さらに余剰電力を直接加熱またはヒートポンプにより熱需要に供給 |
| 運輸部門 | 乗用車のEV化が進展する。石油をトラック、船舶、航空機に供給 | 車上PVが普及。乗用車はEVに、トラックはEVとFCVになる。余剰電力から水素を生産して船舶、航空機に供給 |

(*)原子力についてはすでに再稼働決定したもの、および適合性審査完了済・申請済は稼働するが、30年以上経過したものは稼働せず、新規建設はしない。2030年には3基のみ322万kW(泊、東通、志賀)が稼働、2038年以降ゼロになると想定した。

日本の将来人口推計、中位推計

国立社会保障・人口問題研究所 2017



日本の人口は2050年には2015年の80%に減少すると予測されている。人口に比例して社会の活動度が減少し、エネルギー需要が減少する。

将来のエネルギー需要の推定方法

将来のエネルギー需要

=

基準年の
エネルギー需要
2015年

×

活動度変化
人口、素材
輸出、建物の長寿命化、
情報化
(ペーパーレス)

×

効率向上
断熱住宅、
LED照明、
ヒートポンプ、電気自動車など

将来の最終エネルギー需要は、基準年のエネルギー需要、将来の活動度変化、効率向上の積でできる。活動度は、最終用途ごとに適切な指標から推定する。

産業部門の構造変化の推定

総合変化量 = 人口減少 * 素材輸出減少 * 建物長寿命化 * 情報化

| 2015年→2050年 | 活動量の要因別変化量(%) | | | | |
|-------------------|---------------|------|---------|------|--------|
| | 人口減少 | 輸出増減 | 建物の長寿命化 | 情報化 | 総合変化量 |
| 産業 | | | | | |
| 農林水産鉱建設業 | 80% | 100% | 100% | 100% | 80.0% |
| 製造業 | | | | | |
| 食品飲料製造業 | 80% | 100% | 100% | 100% | 80.0% |
| 繊維工業 | 80% | 100% | 100% | 100% | 80.0% |
| パルプ・紙・紙加工品製造業 | 80% | 95% | 98% | 85% | 64.6% |
| 化学工業(含 石油石炭製品) | 80% | 70% | 98% | 100% | 54.9% |
| プラスチック・ゴム・皮革製品製造業 | 80% | 70% | 98% | 100% | 54.9% |
| 窯業・土石製品製造業 | 80% | 90% | 80% | 100% | 57.6% |
| 鉄鋼・非鉄・金属製品製造業 | 80% | 70% | 95% | 100% | 53.2% |
| 機械製造業 | 80% | 150% | 100% | 120% | 144.0% |

産業構造の変化

| 産業 | 2015 | 2030 | 2040 | 2050 | 産業の活動度の変化 |
|------------|------|------|------|------|-----------------------------|
| 農林水産鉱建設業 | 100% | 94% | 87% | 80% | 日常生活に関係が深い産業は人口比で80%に減少 |
| 食品飲料製造業 | 100% | 94% | 87% | 80% | |
| 繊維工業 | 100% | 94% | 87% | 80% | |
| パルプ・紙・紙加工 | 100% | 87% | 76% | 65% | 材料資源消費に関係が深い産業は60%近くに減少する |
| 化学工業(含 石油) | 100% | 84% | 71% | 56% | |
| プラスチック・ゴム・ | 100% | 84% | 71% | 56% | |
| 窯業・土石製品製 | 100% | 85% | 71% | 58% | |
| 鉄鋼・非鉄・金属製 | 100% | 84% | 68% | 53% | 知能情報機械など輸出に貢献する産業が144%に増加する |
| 機械製造業 | 100% | 115% | 130% | 144% | |

紙、プラスチック、セメント、鉄鋼など材料資源を生産する産業の活動度が縮小して、エネルギー消費が小さくなる。これに対して、コンピュータ、自動運転自動車、ロボット、AI機器などを製造する知能情報機械産業の活動度が増大し、輸出を伸ばす。全体として産業のGDPへの寄与は維持される。

省エネルギー

効率向上の可能性：家庭部門と業務部門

| | 家庭部門 | | 業務部門 |
|---------|--|--------|--|
| 断熱化 | ZEH(ゼロエネルギーハウス)や次世代の省エネ基準が普及し、戸建+集合住宅の暖冷房需要が現状の36%に低下する。 | 暖冷房 | ZEB(ゼロエネルギービル)や断熱化により、現状から50~75%に低下。エアコンCOPが2倍になり、暖冷房需要は35%に低減 |
| エアコンCOP | COPが現状の3~4から6~7へ、効率が2倍になる | 照明 | 暖冷房を除く電力の50%が照明。LEDタスク+アンビエント照明の普及で効率4倍に |
| 照明 | 白熱灯と蛍光灯はなくなり、LED電球が広く普及。現状の4倍の効率になる | OA機器 | ハードディスクに代わってフラッシュメモリーが普及しPCやデータセンターの電力消費は1/3に低下。OA機器の電力消費が50%に低減 |
| 電気製品 | 高効率の電気冷蔵庫の普及。家電製品は半導体の電力損失低減により、現状の半分の電力消費になる | リモート会議 | 出張などがリモート会議へ移行してエネルギー消費が低減する |

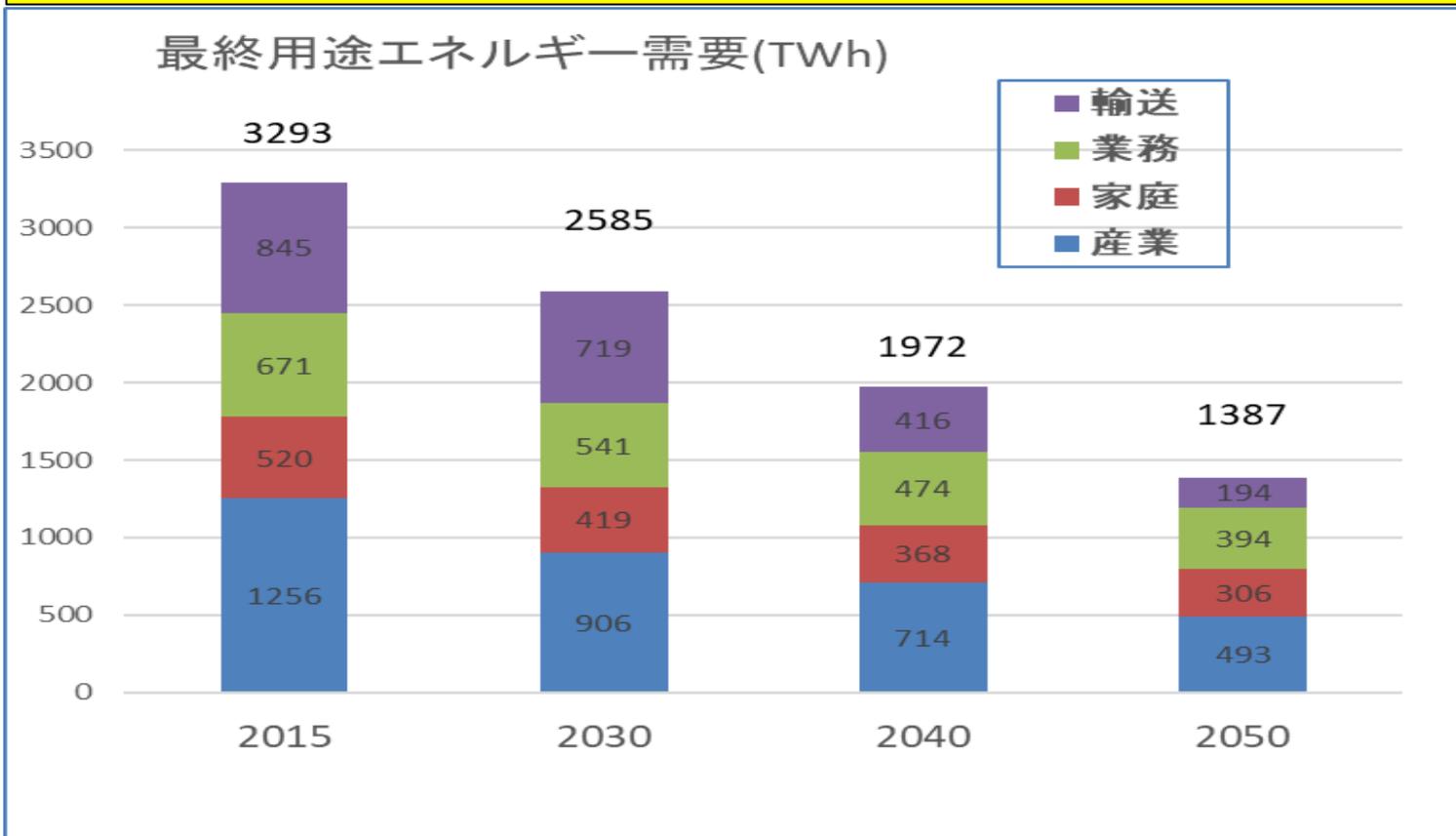
省エネルギー

効率向上の可能性：産業部門と運輸部門

| | 産業部門 |
|------------|--|
| 鉄鋼業 | 鉄鋼生産は2015年の1億400万トンから2050年には5512万トンへ減少し、リサイクル率は70%になり、水素製鉄で1653万トン、電炉で3858万トンの生産 |
| 化学・窯業・紙パルプ | 生産量が減少してゆくが、高効率省エネルギー機器の導入により効率が30%向上する。 |
| 分野横断技術 | インバータ制御モータの広範な導入により、効率が30%向上する |

| | 運輸部門 |
|-------------|---|
| カーシェアリング | 普及するがエネルギー消費への影響は不明。 |
| エコドライブ | 6~15%の省エネになるが影響は考慮していない。 |
| 軽量化、EV/FCVへ | すべての自動車が、軽量化され、乗用車はEVに、トラックは半分ずつEVとFCVになる。乗用車は5280万台から2050年には3690万台に減少する。 |
| 船舶 | 小型機はバッテリーまたは水素+FC駆動、大型機は水素+FCに移行 |
| 航空機 | 小型機はバッテリーまたは水素+FC駆動、大型機は水素ジェットに移行 |

エネルギー需要の推定 (TWh)



2015年と比較すると、2030年のエネルギー需要は活動度の変化と産業構造の変化から78%に、2050年にはさらに効率向上を加えて42%に減少する。産業部門の減少と、EVの導入により自動車の効率が3~4倍になるため運輸部門の減少が特に大きい。。

自然エネルギーの賦存量、導入可能量

| | 導入量2018 | 賦存量 | 導入ポテンシャル2050 |
|-----------|---------|----------|--------------|
| 中小水力 | -- | 9.8 GW | 9 GW |
| 住宅PV | 11.2 GW | 非常に大きい | 209 GW |
| 公共PV | 40.6 GW | | 2536 GW |
| 陸上風力 | 3.2 GW | 1486 GW | 284 GW |
| 洋上風力 | -- | 2785 GW | 1120 GW |
| 地熱 | 0.54 GW | 14.1 GW | 11.9 GW |
| バイオマス(電力) | 4.1 GW | -- | 7.4 GW |
| バイオマス(熱) | 52TWh | 438TWh | 181 TWh |
| 太陽熱 | 5.8TWh | -- | 136 TWh |
| 地中熱 | -- | 1403 TWh | 1050TWh |

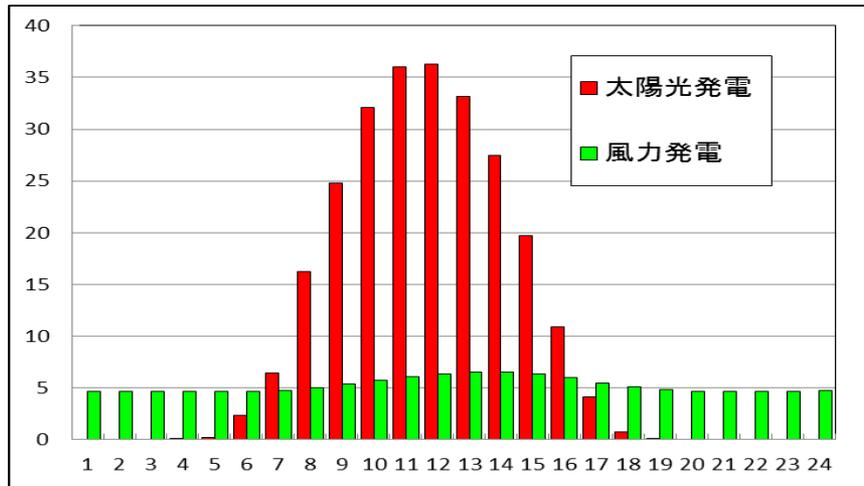
出典：H29年度自然エネルギーに関するゾーニング基礎情報の整備・公開などに関する委託業務報告書(H30年3月環境省)など

風力と太陽光発電のユニットと設置条件

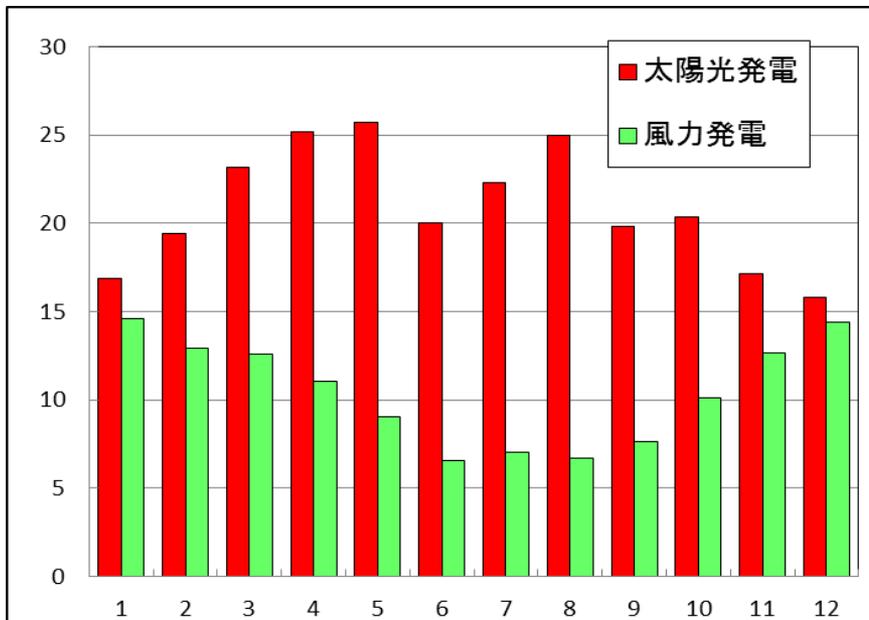
| 自然エネルギー | 地点数 設備利用率 | ひとつのユニットの 設置条件 |
|---------|---|---|
| 太陽光発電 | 842地点,設備 利用率12.6% | 10kW,南向き,傾斜 角=緯度-5度 |
| 風力発電 | 842地点から設 備利用率20% 以上の114地点 を抽出,設備利 用率30.1% | 定格容量4MW,直径 115m,ハブ高さ86m, 風速毎秒3mで発電 開始,毎秒25m以上 で停止 |

拡張AMEDAS2000の時刻別気象データは全国842地点あり、太陽輻射と風速データを利用して計算。

1年間の時刻別発電量(TWh)



1年間の月別発電量(TWh)



太陽光と風力を組み合わせると効果的

拡張AMEDAS2000の気象データから太陽光については842地点すべて、風力は風況のよい114地点を選択した。

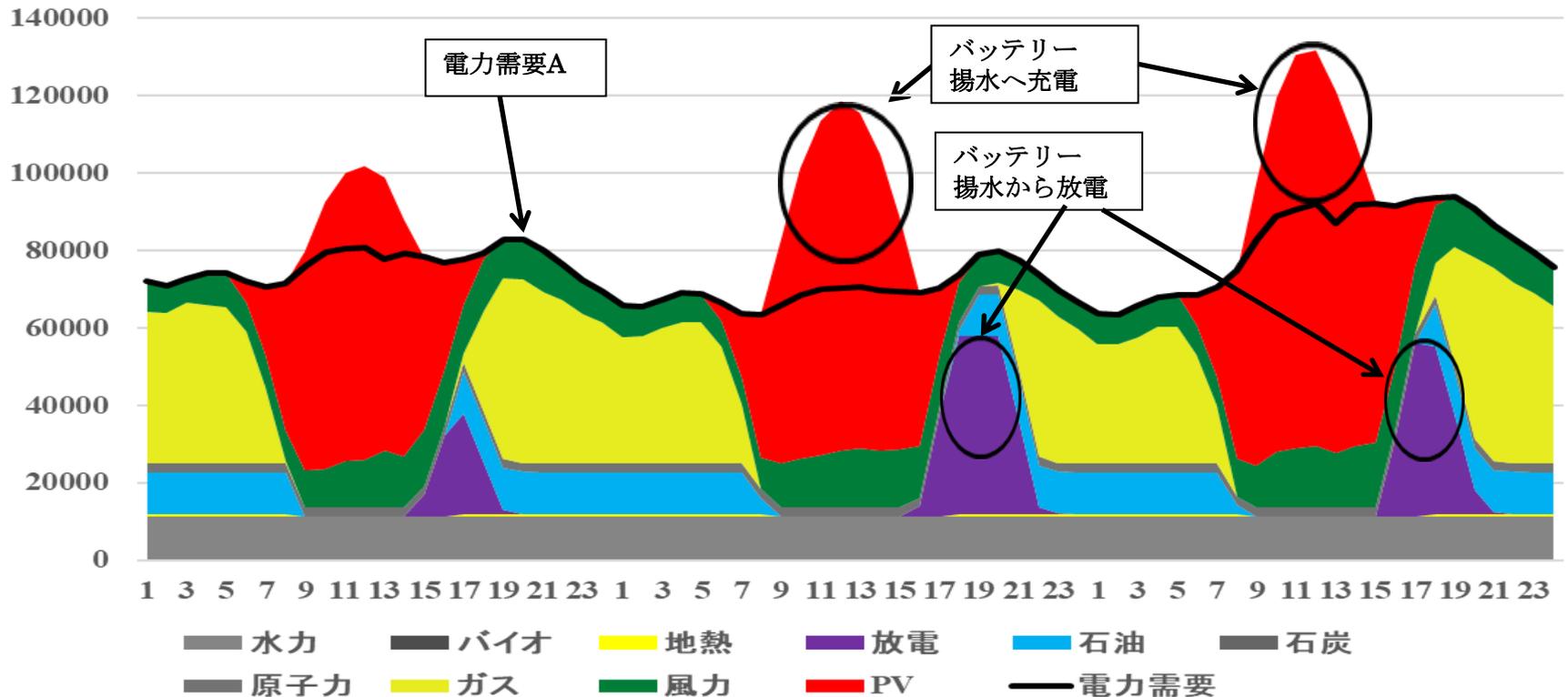
太陽光は6~18時に有効、春から夏にかけて大きくなり、冬は小さい。風力発電は24時間どの時間でも発電しているが、季節的にみると、太陽光と逆であり、夏に小さく冬が大きい。

風力の割合が大きくなると、時間的な供給は安定し、不足が生じる可能性は少なくなってくる。

2030年自然エネルギーによる電力供給(3日間)

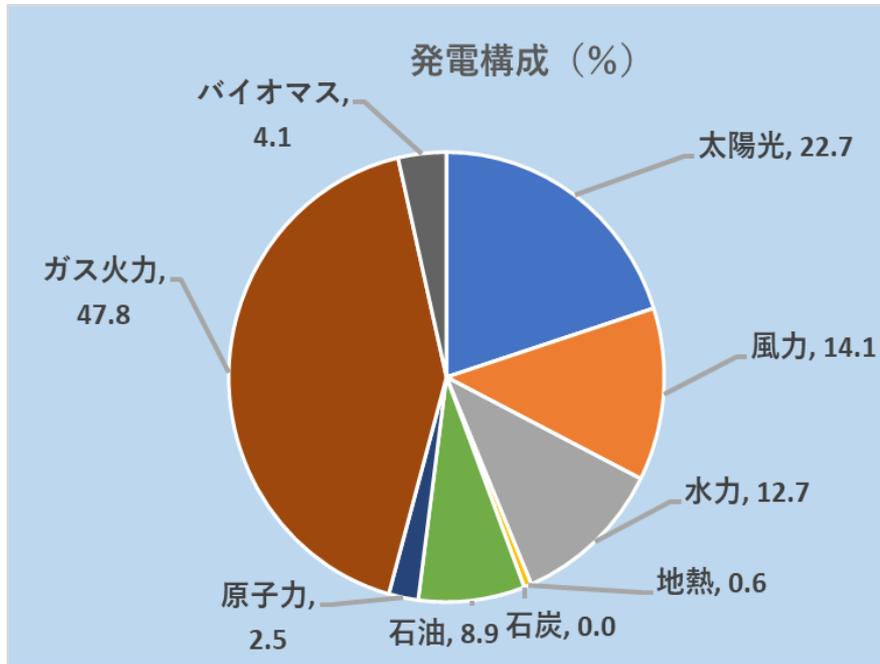
(日本全国842地点の拡張アメダス気象データを使用)

Dynamic Simulation (15-17, April)



1時間ごとのシミュレーション。電力需要(黒い線)に対して、昼間は太陽光(赤色)が大きな供給源になり、不足分は風力(緑色)とガス火力(黄色)が補っている。また昼間に生じた余剰分を、揚水発電(260GWh)とバッテリー(100GWh)に蓄電しておいて、夜間に放電(紫色)。水力と地熱は一定の電力を供給。

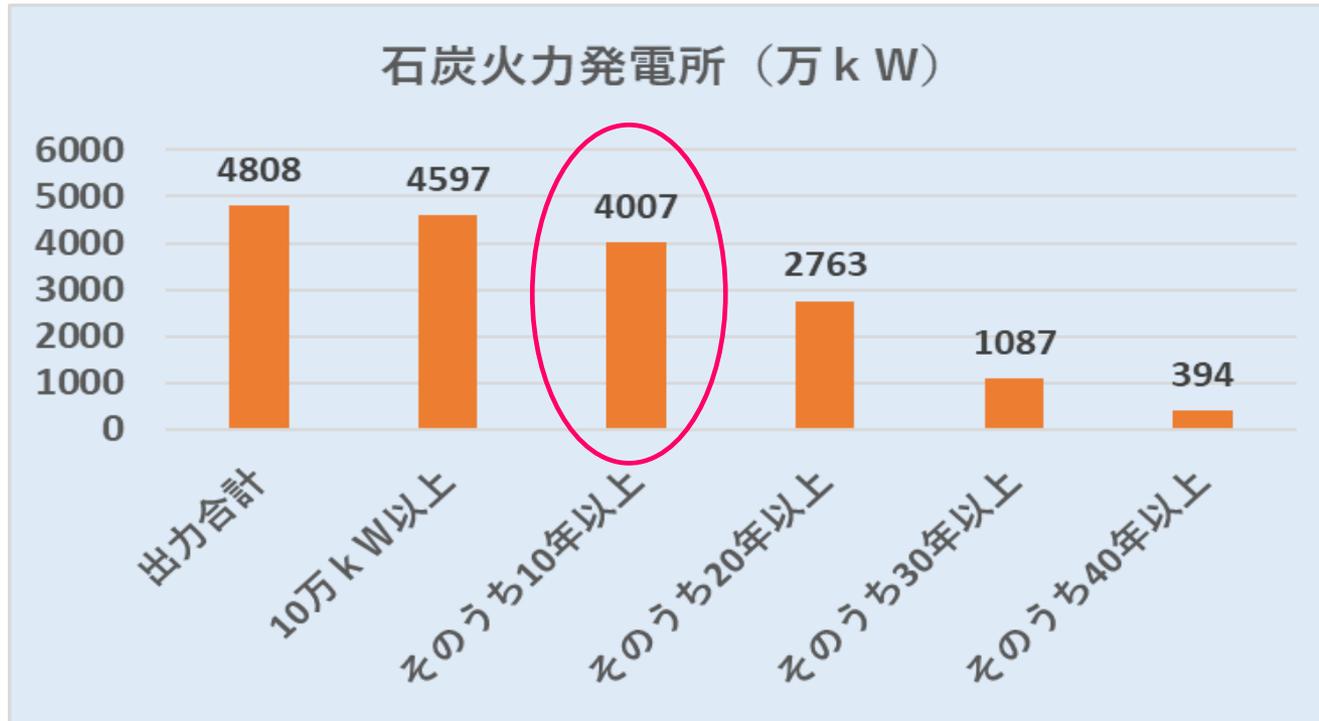
2030年のシミュレーション 電力供給構成



| | TWh/年 | 規模 | 単位 |
|-------|-------|--------------|--------------|
| 太陽光 | 180 | 太陽光発電容量 | 161 GW |
| 風力 | 111 | 風力発電容量 | 42 GW |
| 水力 | 100 | 揚水発電/バッテリー容量 | 260/ 100 GWh |
| 地熱 | 5 | | |
| 石炭 | 0 | | |
| 石油 | 71 | 年間電力需要 | 790 TWh/年 |
| 原子力 | 20 | 年間平均電力 | 90 GW |
| ガス火力 | 378 | ピーク電力需要 | 137 GW |
| バイオマス | 32 | | |
| 合計 | 896 | 発電量合計 | 896 TWh/年 |

2030年の電力供給構成は、石炭はゼロであるが、ガス火力が大きく、石油と原子力も含まれている。太陽光22.7%、風力14.1%、水力12.7%、バイオマス4.1%、地熱が0.6%となっている。発電量合計は896TWh(113%)であり、これは電力需要Aを100%としている。太陽光161GW、風力42GW、蓄電用に揚水発電260GWh、バッテリー100GWhの利用を想定している。

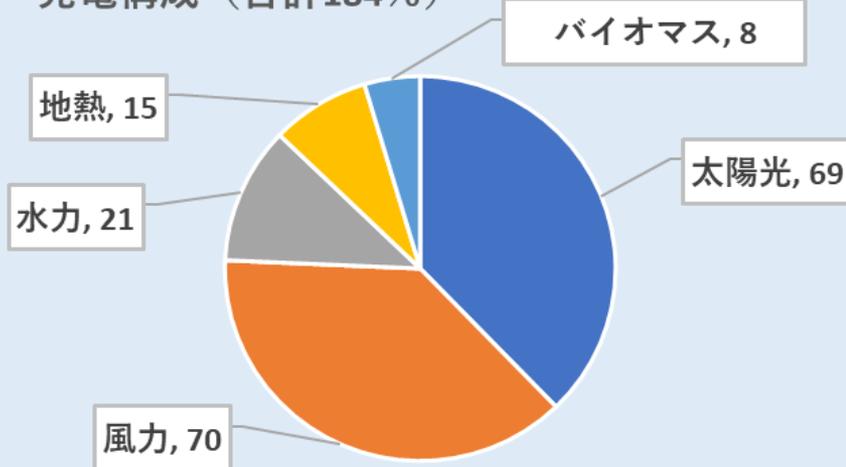
石炭火力の設備寿命



全国の10万kW以上の発電所の2019年現在の年齢別構成を示す。10年後の2030年には、20歳以上の発電所が4007万kWになり、30歳以上のプラントが2763万kWになる。**2030年時点で寿命20年以上の発電所をすべて閉鎖とすると4007万kWの廃止**であり、83%の廃止になる。

2050年のシミュレーション

発電構成（合計184%）

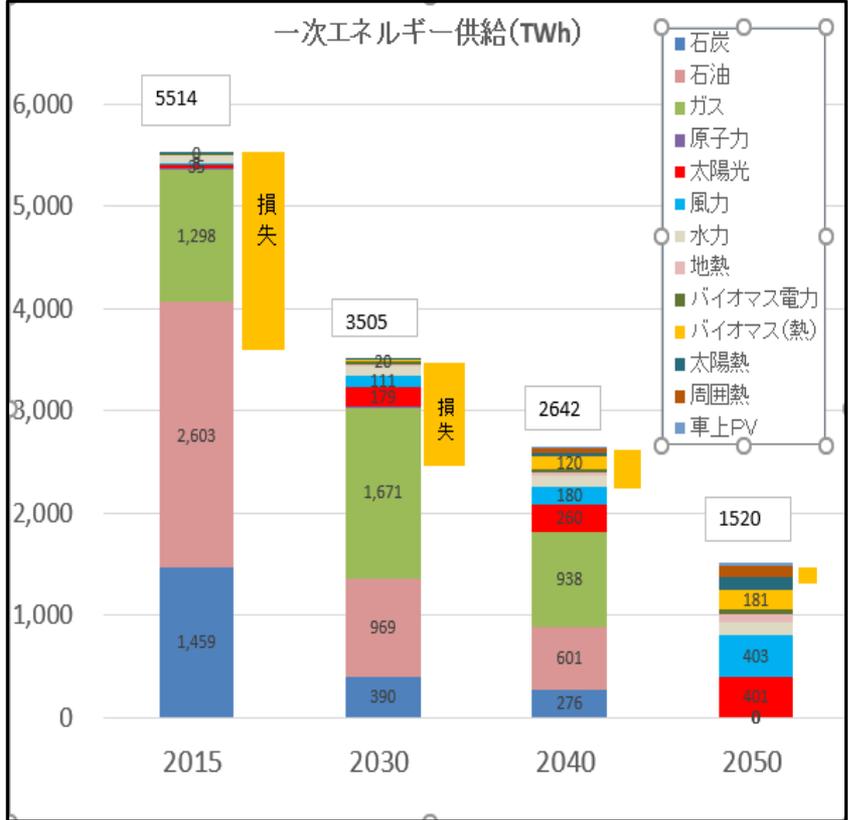


2050年の電力供給はすべて自然エネルギーである。太陽光69%、風力70%、水力21%、バイオマス8%、地熱が15%となっている。発電量合計は1063TWh(184%)であり、これは電力需要Aを100%として、余剰が84%になる。太陽光359GW、風力153GW、蓄電用に揚水発電260GWh、バッテリー300GWhの利用を想定している。

| | 規模 | 単位 | 発電量 | TWh/年 |
|--------------|----------|-------|-------|-------|
| 太陽光発電容量 | 359 | GW | 太陽光 | 401 |
| 風力発電容量 | 153 | GW | 風力 | 403 |
| 揚水発電/バッテリー容量 | 260/ 300 | GWh | 水力 | 122 |
| 年間電力需要 | 578 | TWh/年 | 地熱 | 87 |
| 年間平均電力 | 66 | GW | バイオマス | 49 |
| ピーク電力需要 | 100 | GW | 合計 | 1063 |
| 発電量合計 | 1,063 | TWh/年 | | |

エネルギー供給構成

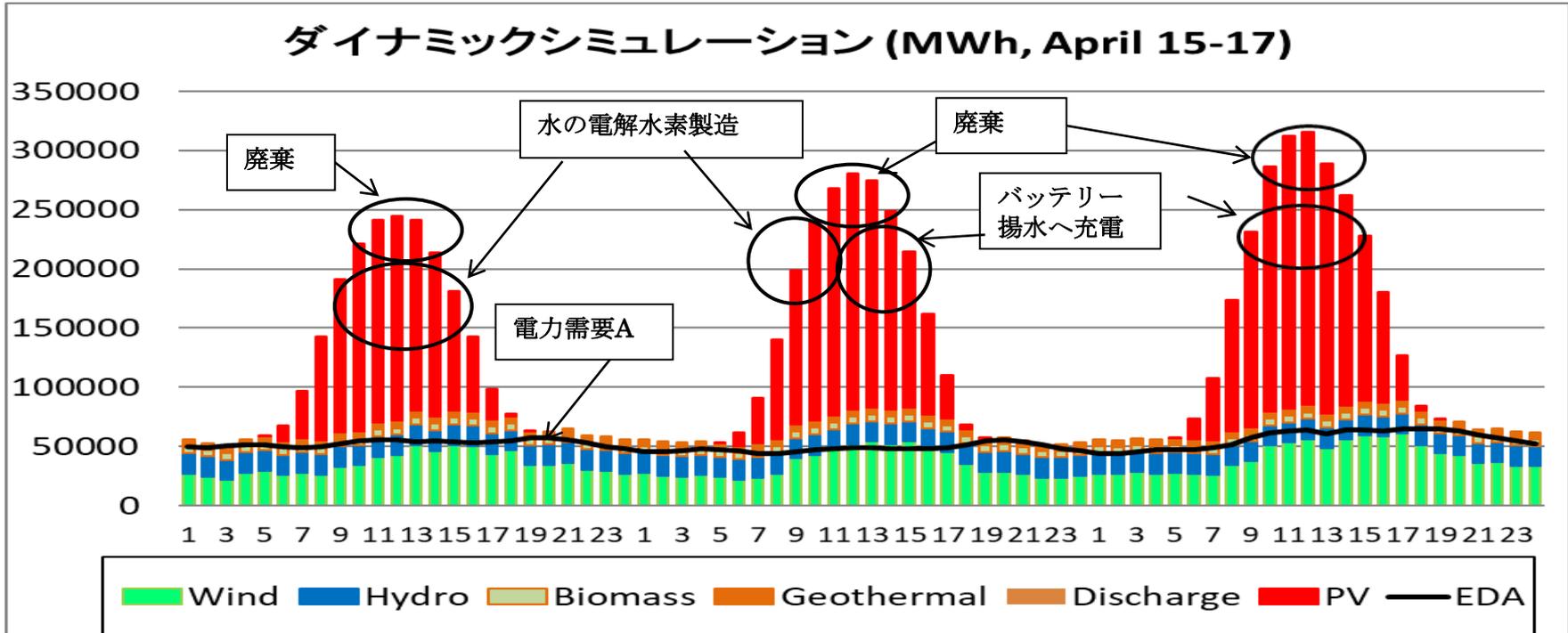
| TWh | | 2015 | 2030 | 2040 | 2050 |
|------------|-----------|--------|-------|-------|-------|
| 供給 | 石炭 | 1,459 | 390 | 276 | 0 |
| | 石油 | 2,603 | 969 | 601 | 0 |
| | ガス | 1,298 | 1,671 | 938 | 0 |
| | 原子力 | 9 | 19 | 0 | 0 |
| | 太陽光 | 35 | 179 | 260 | 401 |
| | 風力 | 8 | 111 | 180 | 403 |
| | 水力 | 87 | 100 | 110 | 122 |
| | 地熱 | 4 | 5 | 30 | 87 |
| | バイオマス電力 | 8 | 31 | 32 | 49 |
| | バイオマス(熱) | 0 | 20 | 120 | 181 |
| | 太陽熱 | 3 | 10 | 40 | 133 |
| | 周囲熱 | 0 | 0 | 50 | 104 |
| | 車上PV | 0 | 0 | 5 | 40 |
| | 供給計 | 小計 | 5,514 | 3,505 | 2,642 |
| 損失 | 発電・水素転換ロス | -2,220 | -920 | -658 | -46 |
| | 余剰電力ロス | | | -12 | -87 |
| 最終需要 | 電力需要 | 928 | 790 | 676 | 578 |
| | 熱・燃料需要 | 2,364 | 1,795 | 1,295 | 809 |
| | 合計 | 3,293 | 2,585 | 1,972 | 1,387 |
| 電力のRE割合(%) | | 15.3 | 53.9 | 90.5 | 183.7 |



2030年には合計3505TWh、2050年には1520TWh。棒グラフの右の黄色Boxは損失を示す。2030年までは発電損失が大きいですが、次第に小さくなり、水素転換ロスと余剰電力ロスに代わってゆく。電力以外に、車上PV、太陽熱、ヒートポンプ利用の周囲熱を供給源として計上している。

2050年自然エネルギーによる電力供給(3日間)

(日本全国842地点の拡張アメダス気象データを使用)



太陽光発電と風力発電の変動を、揚水発電(260GWh)とバッテリー(300GWh)からの放電が補う。地熱発電は1年中一定の電力を供給する。ピークの一部は廃棄するが、余剰分は揚水発電/バッテリーへの充電、FCV用電解水素の生産、EVの充電、産業用高温熱、ヒートポンプで熱需要に使う。

自然エネルギーの供給 (2050年、数値はTWh)

自然エネルギーによる発電

水力、太陽光、風力、地熱、バイオマス

余剰電力

太陽光、風力

太陽熱(133)、バイオマス(181)、周囲熱(104)
車上PV(40)

電力需要Bは、時間的に柔軟にシフト可能な需要であり、デマンドレスポンス、天気予報に応じて生産調整を行う。

電力需要A⁽⁵⁷⁸⁾

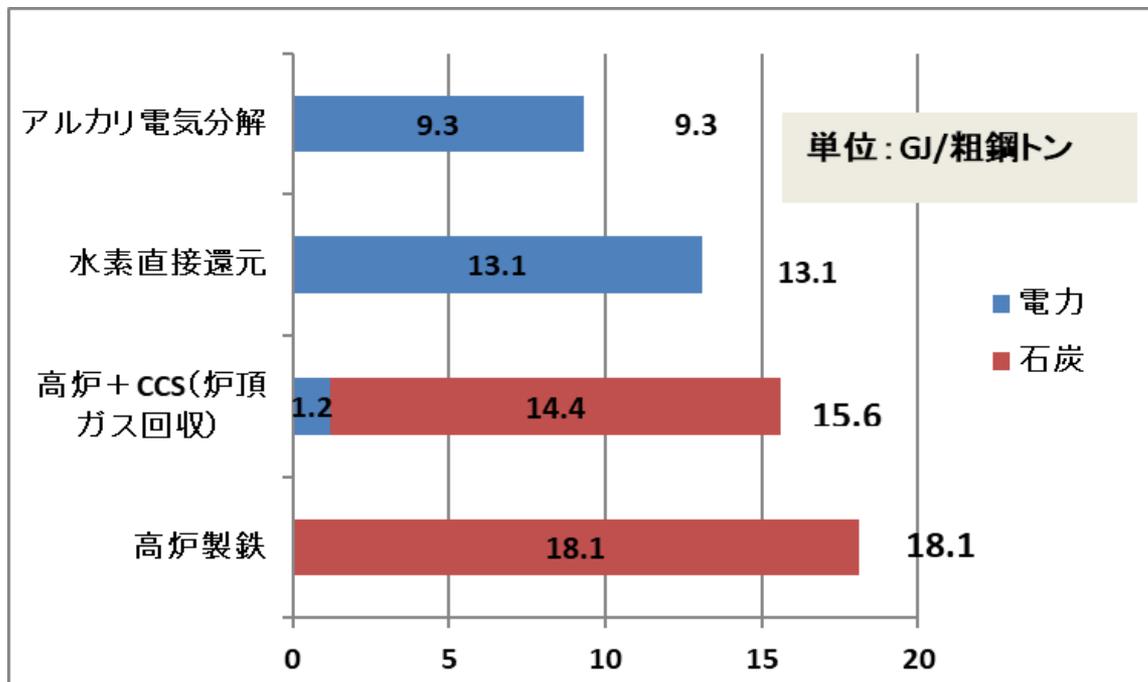
照明、モータ、エアコン、エレクトロニクス

電力需要B⁽³⁹²⁾

EV⁽⁴⁹⁾・FCV⁽²³⁾、水素製鉄⁽⁷⁰⁾、船舶⁽²⁰⁾、中温・高温熱⁽¹⁷³⁾、航空機燃料⁽²⁰⁾

低温熱、ヒートポンプ⁽³¹⁾、民生用COP=5、産業用COP=3、家庭・業務用

高炉製鉄の代替：水素還元製鉄とアルカリ電気分解



水素による製鉄は高炉製鉄と比較して鉄1トンを製造するのに必要なエネルギー原単位は大きく変わらない。将来は、北海道や九州の豊富な風力を利用して実現されるだろう。

図はブッパートル研究所の研究例。電気分解はアルカリ溶液を用いる。水素直接還元は現在行われている天然ガス還元製鉄に類似のプロセスであり、水素生産の水電解電力を含む。アルカリ電気分解と水素直接還元のプロセス原単位は小さく見えるが、電力を火力発電で供給すれば大きくなるため現状では行われていない。自然エネルギー電力が主流になれば、実現可能性がある。2050年には、鉄鋼生産5512万トンのうち、1653万トン(30%)を余剰電力70TWhで水素還元製鉄で生産、3858万トン(70%)を電炉で生産する。

車 上PVを装備したソーラーアシストカー



NEDOは2019年7月、プリウスPHVに効率34%以上の0.03mm厚の太陽電池をとりつけ自立走行する自動車の実験を公開した。1日の充電量で44.5km走行した。充電スタンドがなくても太陽光があれば走行可能である。

AirBus社の水素ジェット機の開発

Introducing Airbus ZEROe

Turboprop



<100

Passengers



Hydrogen Hybrid Turboprop Engines (x 2)



1,000+nm

Range



Liquid Hydrogen Storage & Distribution System

Blended-Wing Body



<200

Passengers



Hydrogen Hybrid Turbofan Engines (x 2)



2,000+nm

Range



Liquid Hydrogen Storage & Distribution System

Turbofan



AIRBUS

エアバスの発表では水素ジェット飛行機に3種的设计案があり、1600~3200km飛行可能。燃料は液体水素。2035年までに製造する予定と発表。

シナリオでは、2050年にはこの2つの技術の実用化を想定している。

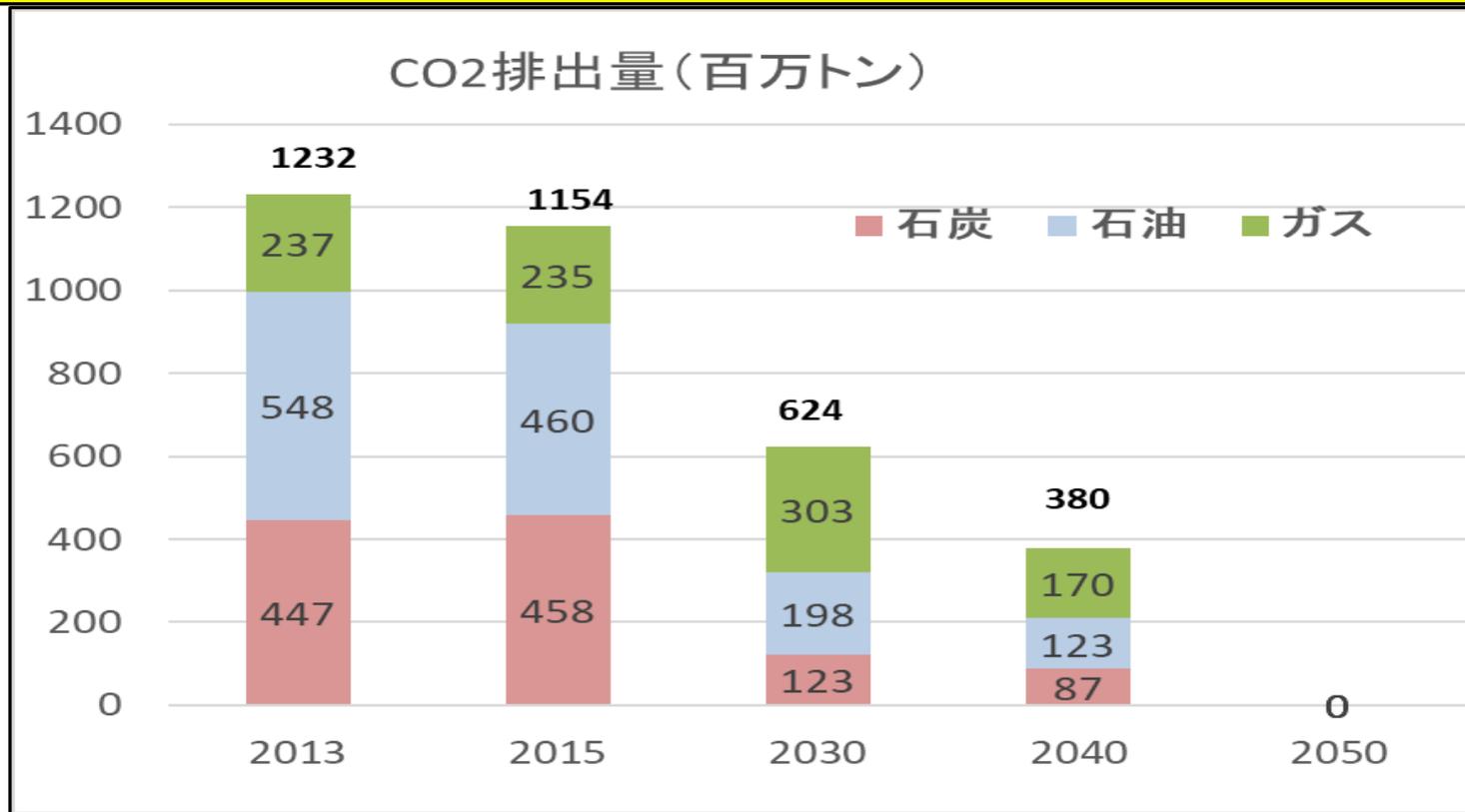
太陽光と風力の設置面積

| 供給源 | GW | 単位面積 (W/m ²) | 面積 (km ²) | 国土に占める割合 (%) |
|------|-----|--------------------------|-----------------------|--------------|
| 住宅PV | 213 | 66W/m ² | 3227 | 0.85 |
| 公共PV | 147 | 100W/m ² | 1470 | 0.39 |
| 風力 | 153 | 20MW/100ha | 7650 | 2.02 |

国土は37.8万km²

2050年、太陽光360GWの設置に必要な面積は、国土面積に対して住宅PV0.85+公共PV0.39=1.24%であり、風力153GWでは2.02%である(風車を通過した風が上空からエネルギーをふたたび得るために必要)。現在の国土の利用状況は、森林66%、農地13%、住居5%、道路3%であり、自然エネルギーの設備に必要な面積は、国土のおよそ1~2%。

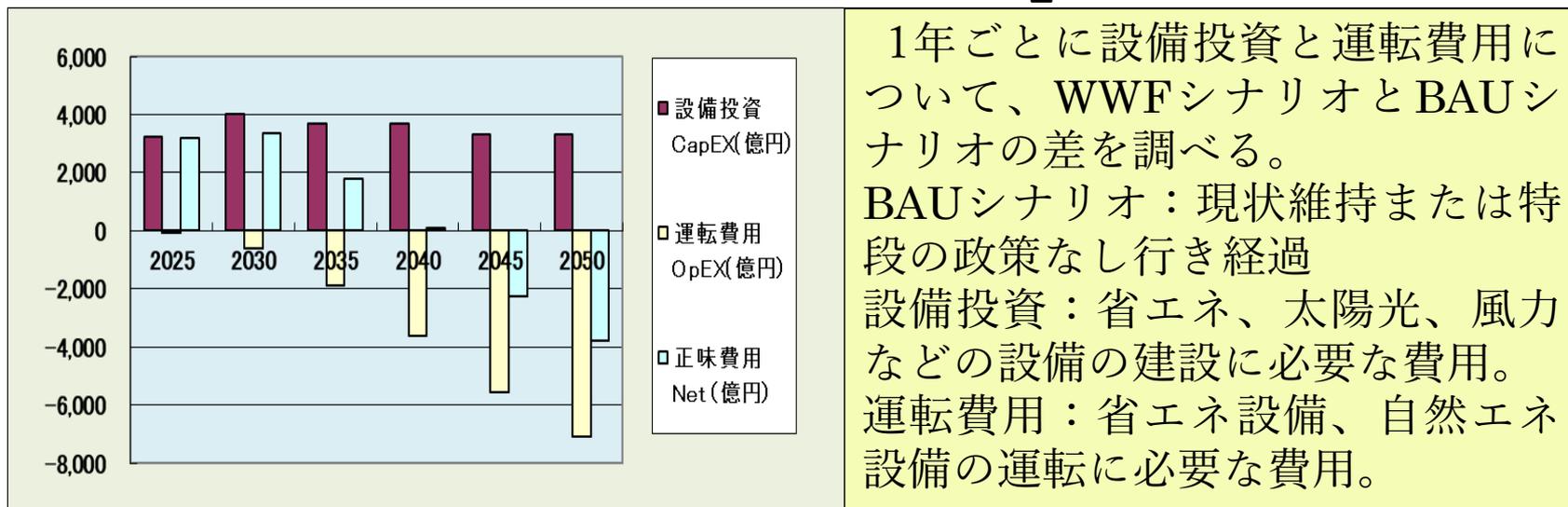
二酸化炭素排出量



2013年には12.3億トン、2030年には6.24億トン、2040年には3.8億トン、2050年にはゼロ。2013年からみると2030年にはマイナス49%、2040年にはマイナス69%になる。

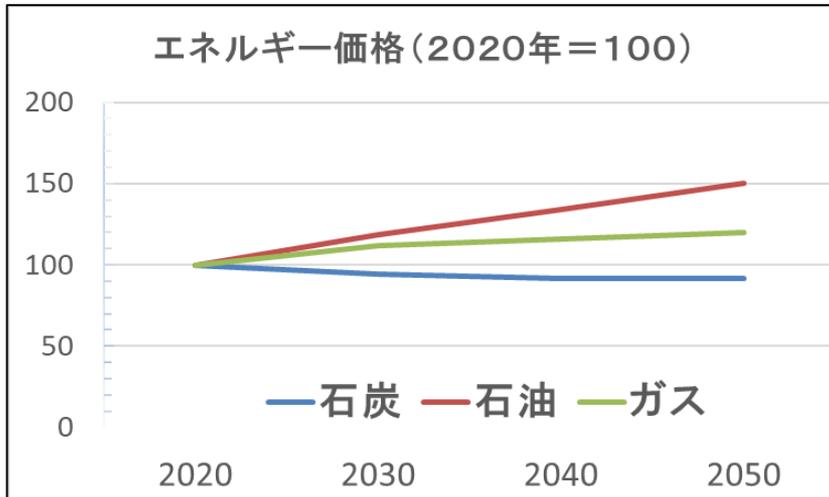
WWFシナリオの費用評価方法

$$\text{正味費用 (Net)} = \text{設備投資 (CaPex)} + \text{運転費用 (OpEx)}$$



例) WWFシナリオでPVの導入費用を評価するとき、BAUシナリオでは設備投資はなく、代わりに支払う電気料金が運転費用になる。このため、運転費用は多くの場合はマイナスになる。このとき正味費用がマイナスになれば投資は有効に回収される。

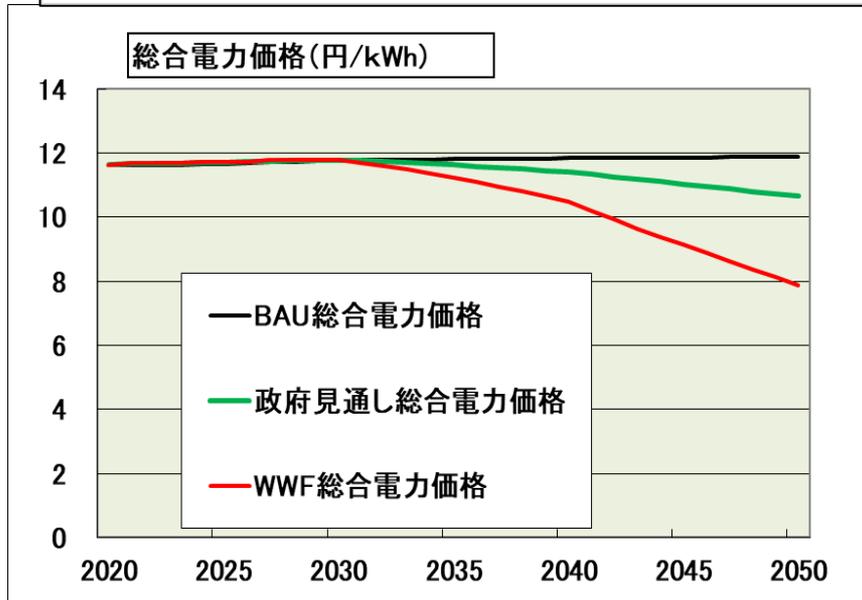
化石燃料価格と電力価格



IEAとEIAの将来エネルギー価格想定標準シナリオを参照して、2020～2050年に石炭0.92倍、石油は1.5倍、ガスは1.2倍になると想定。

IEA: International Energy Agency

EIA: Energy Information Administration(US DOE)

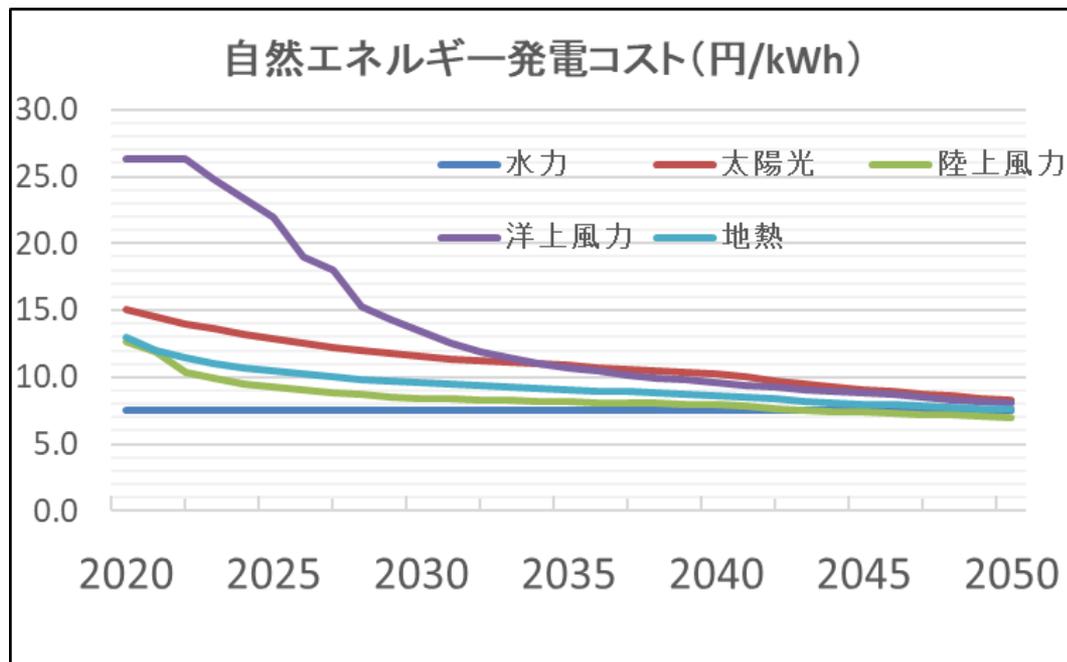


BAU: 2020年の電力供給割合を維持

政府の長期見通し: 2030年に電力の26%、2050年に50%を自然エネルギーに

WWFシナリオ: 2050年に100%自然エネルギー

自然エネルギーの発電コスト



| 円/kWh | 水力 | 太陽光 | 陸上風力 | 洋上風力 | 地熱 |
|-------|-----|------|------|------|------|
| 2020 | 7.6 | 15.0 | 12.7 | 26.3 | 13.0 |
| 2030 | 7.6 | 11.5 | 8.4 | 13.4 | 9.6 |
| 2040 | 7.6 | 10.3 | 7.9 | 9.6 | 8.7 |
| 2050 | 7.6 | 8.3 | 7.0 | 8.1 | 7.6 |

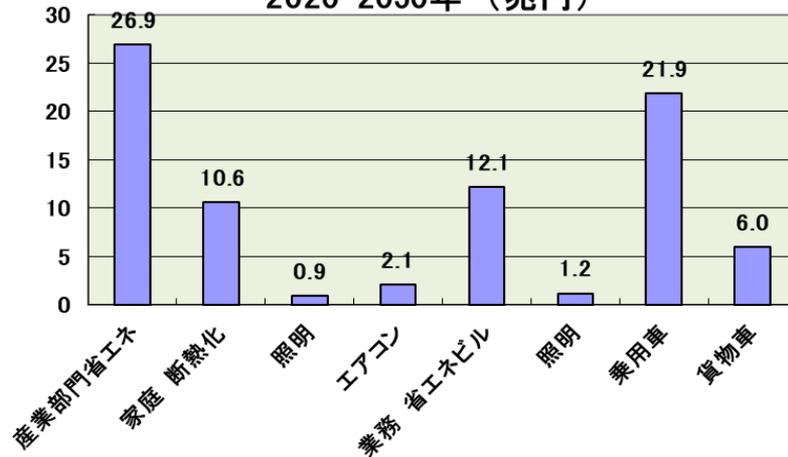
自然エネルギーの発電コストは、学習曲線を想定。累積生産量が2倍になるたびに80~95%(習熟率)にコストが低下する。

洋上風力は、まだ高価だが、次第に低下してくると予想される。いずれも2050年には7~8円/kWhに達する。

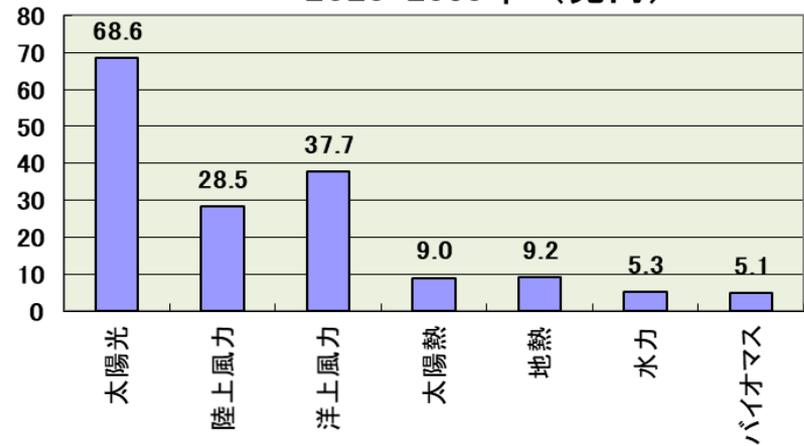
費用の推定

(省エネ＋自然エネルギー、2020～2050年)

省エネルギー設備投資
2020-2050年 (兆円)



自然エネルギー設備投資
2020-2050年 (兆円)



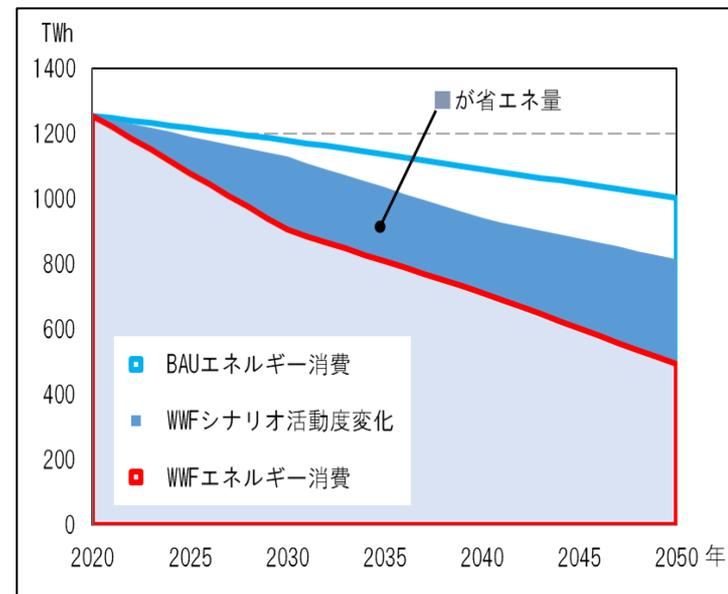
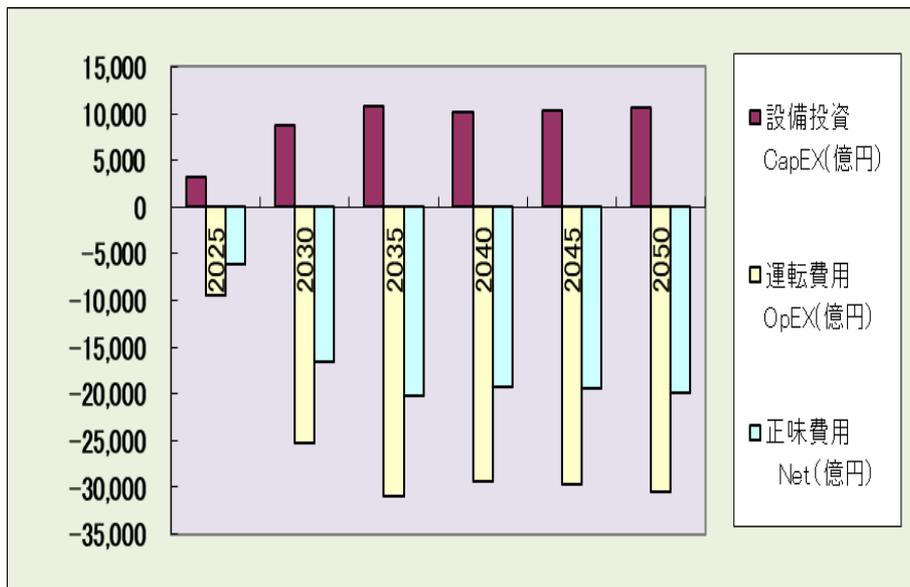
省エネルギー:

産業の省エネが大きく、設備投資27兆円になる。設備投資は乗用車のEV化に22兆円、貨物車に6兆円、住宅断熱化に11兆円、省エネビルに12兆円、LED照明(住宅+ビル)には2兆円。LEDは急速に浸透しており2030年までに100%普及する。

自然エネルギー:

設備投資はPVが360GW、69兆円、陸上風力が71GW、29兆円、洋上風力が82GW、38兆円。いずれも正味費用はプラスになり、期間中に資金は完全には回収されず2050年以降に回収される。

産業部門の省エネ費用



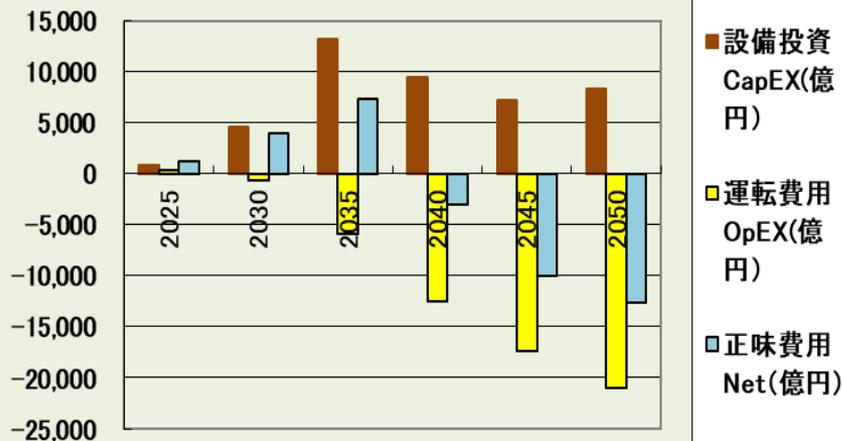
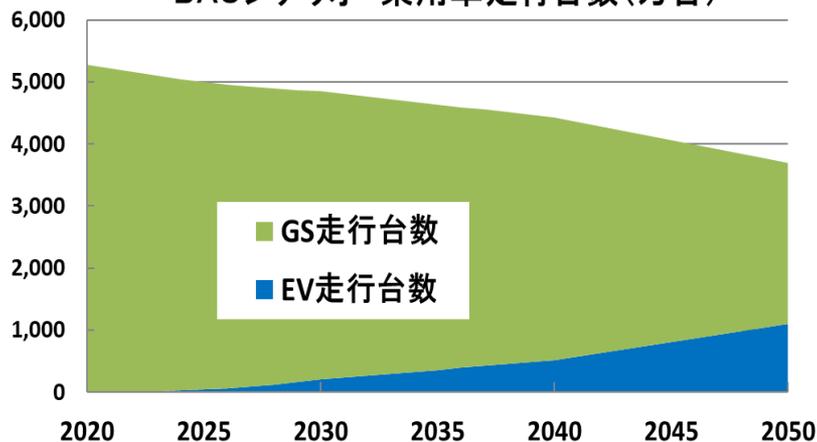
| 省エネ方法 | 回収年 | 機器寿命 (年) | 投資金額例 (万円) | 省エネ負担割合 (%) | 例 |
|-------|-----|----------|------------|-------------|--------|
| タイプ 1 | 2 | 10 | 62 | 20 | 保温対策 |
| タイプ 2 | 4 | 15 | 188 | 40 | インバーター |
| タイプ 3 | 10 | 20 | 250 | 40 | 電源設備 |

設備投資は27兆円、運転費用はマイナス78兆円、正味費用はマイナス51兆円。

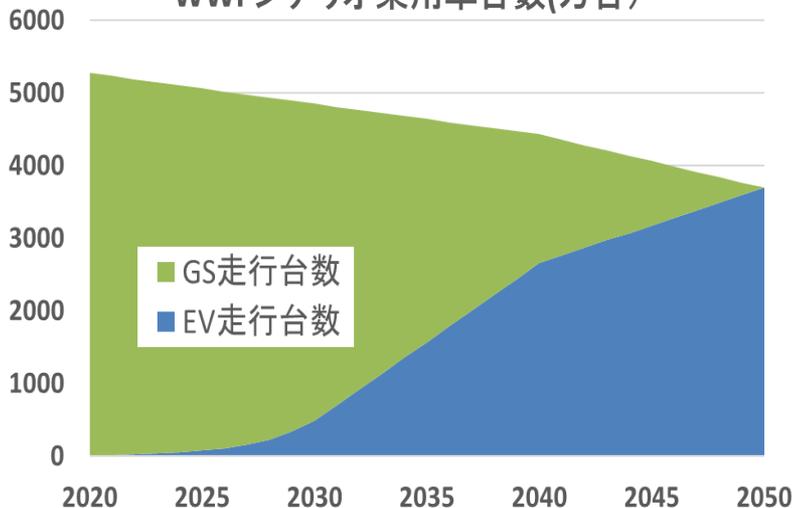
産業部門の省エネは、省エネルギーセンターの省エネ事例調査を参考にして計算。回収年数が2, 4, 10年で耐久寿命が10, 15, 20年とすると、投下資金は耐久寿命／回収年数で返ってくる。省エネのタイプを3つに分けて想定して計算している。

乗用車のEVへの転換

BAUシナリオ 乗用車走行台数(万台)

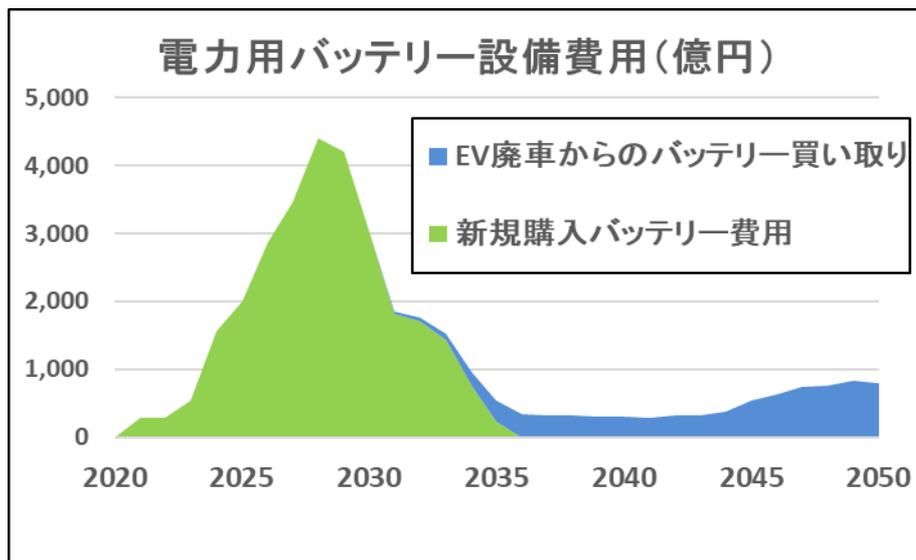
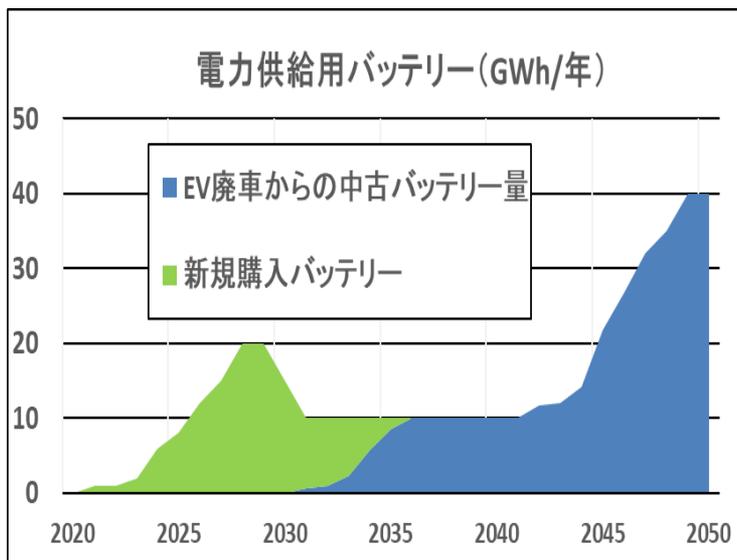


WWFシナリオ乗用車台数(万台)



WWFシナリオでは、2050年に乗用車3690万台はすべてEVへ転換、設備投資は22兆円、BAUシナリオでは2050年にEVになるのは30%に留まる。EVは効率が高く正味費用がマイナスで、投資は効果的に回収。充電ステーションの設備投資は1兆円。

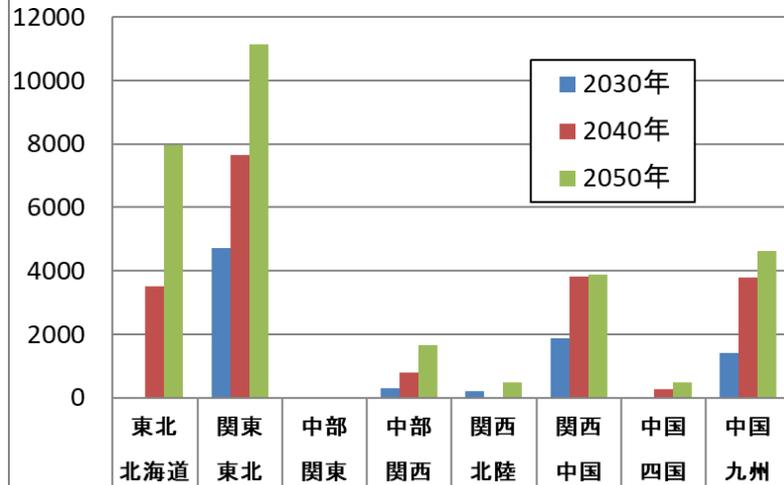
電力系統につなぐバッテリー



バッテリーは揚水発電と協調して電力システムの安定性を維持する。2030年100GWh、2050年には300GWhを想定した。2030年までは新品が必要だが、以降はEVの廃棄に伴って放出される中古バッテリーを利用、その費用は新品の1/5、出力は80%が維持される。設備投資は3.6兆円、2030年以降は費用が小さくなる。走行するEVが3690万台あり、10年寿命とすると、EV廃棄時に中古バッテリーが369万台 \times 40kW \times 0.8=118GWhが毎年放出される。電力安定化には十分な規模になる。

送電線と水素生産

地域間送電線建設費(億円)



| TWh/年 | 2020 | 2030 | 2040 | 2050 |
|------------------|------|------|-------|--------|
| 製鉄用水素 | 0.0 | 0.0 | 15 | 70 |
| 貨物車用水素 | 0.0 | 0.0 | 7 | 23 |
| 船舶用水素 | 0.0 | 0.0 | 3 | 7 |
| 航空用水素 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.0 |
| 水素生産装置 | | | | |
| 規模(GW) | 0.0 | 0.0 | 10.4 | 42.9 |
| 水電解装置 (万円/kW) | 10 | 7 | 5 | 3 |
| コスト(億円) | 0 | 0 | 5,208 | 12,875 |

地域間送電線の建設は2050年までに北海道-東北721万kW、東北-関東1654万kW、中国-関西891万kW、中国-九州917万kWなどで、その費用は総計3兆円になった。

製鉄用、貨物車、航空、船舶に必要な水素生産用水電解装置は2030年以降に立ち上がり2050年に43GWの規模となり、その設備費用は1.3兆円になる。

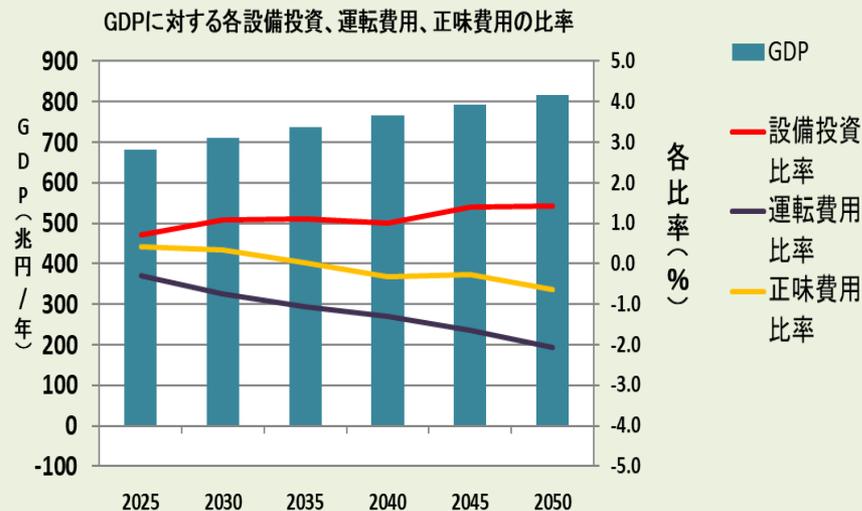
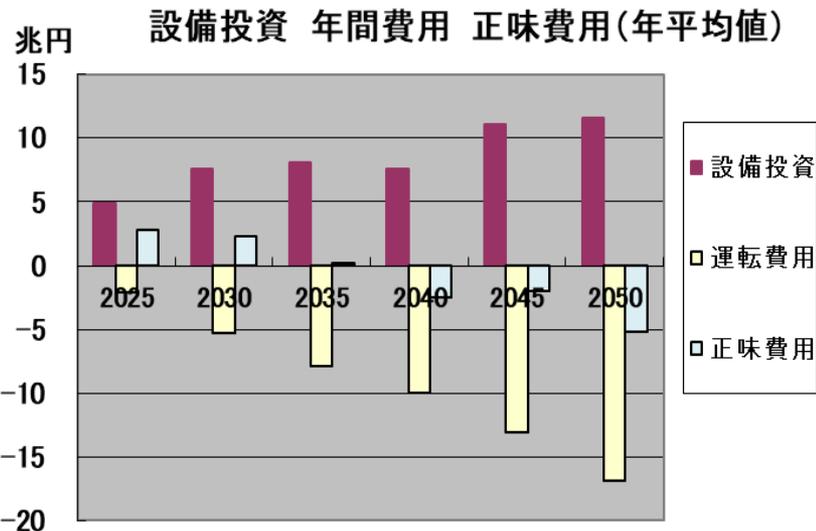
省エネ＋自然エネ＋電力関連の費用

| 2020-2050年 省エネと自然エネ設備投資・運転費用・正味費用の合計 | | | | |
|--------------------------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------|
| | A | B | C | C/A |
| 項目 | 設備投資 CapEX(兆円) | 運転費用 OpEX(兆円) | 正味費用 Net(兆円) | (%) |
| 省エネ合計 | 81.7 | -137.1 | -55.4 | -67.8 |
| (産業省エネ、断熱住宅、照明、エアコン、乗用車、貨物自動車) | | | | |
| 自然エネルギー合計 | 163.5 | -138.8 | 24.6 | 15.1 |
| (太陽光、陸上風力、洋上風力、太陽熱、地熱、水力、バイオマス) | | | | |
| 電力関連合計 | 9.0 | 0.0 | 9.0 | 100.0 |
| (電力貯蔵バッテリー、EV充電ステーション、地域間送電線、水素生産) | | | | |
| 合計 | 254.1 | -275.9 | -21.8 | -8.6 |
| 年間平均 | 8.5 | -9.2 | -0.7 | -8.6 |

2020～2050年の省エネの設備投資は82兆円になり、維持費用はマイナス137兆円、正味費用はマイナス55兆円となる。

自然エネルギーの30年間の設備投資は164兆円、維持費用はマイナス139兆円、正味費用はプラス25兆円となる。資金の回収は2050年以後になる。電力関連の設備投資が9兆円である。

省エネ＋自然エネ＋電力関連の費用



省エネ＋自然エネ＋電力関連の30年間の設備投資は254兆円、運転費用はマイナス276兆円、正味費用はマイナス22兆円となる。全体で見れば資金は回収される有効な投資である。

2020～2050年の省エネ＋自然エネ＋電力関連の設備投資は年間8.5兆円、この期間の年間GDPは平均で750兆円であり、その1.1%に相当する。

結論

2030年には、

- ①石炭火力を廃止でき、その不足分はガス火力＋太陽光＋風力で供給。電力の50%が自然エネになる
- ②CO2排出量は50%削減できる

2050年には、自然エネ100%になりCO2排出ゼロに。

- ①人口減少で80%、効率化で70%に、総合するとエネルギー需要は50～60%に縮小する
- ②鉄鋼・セメント・化学・製紙の活動が約60%に減少し、情報機械産業が140%に増加（産業構造の転換）
- ③太陽光360GW、風力153GWになり、国土面積の1～2%を使用する。

EV、LED照明、PV、風力などのコスト低下進展中。省エネ+自然エネ+電力関連に、2020～2050年に必要な設備投資は254兆円、年間8.5兆円の有利な投資であり、GDPの1.1%になる。

Thank you

