



自然エネルギー財団

RENEWABLE ENERGY INSTITUTE



日本における2050 再エネに基づいたカーボン ニュートラルへの経路

**Renewable pathways to
climate-neutral Japan**

*Reaching zero emissions by 2050
in the energy system*

MURIELLE GAGNEBIN

BERLIN, 10.03.2021



Agora Energiewende – 紹介



ベルリンをベースとするシンクタンク
エキスパート約80名

2012年設立

政府にも企業にも属さない独立系の組織
として多様な資金源で運営

ビジョン: 2050年カーボンニュートラル、
かつ豊かな世界経済

情報提供と政策提言などを通し、ドイツ、
EU、そしてグローバルに電力、熱、産業
部門の転換に貢献。

アゴラと自然エネルギー財団とのパートナーシップ エネルギートランジションを目指して、政府にも企業にも偏らない 分析とステイクホルダーとの対話を促進



協働の目標: 日本とドイツにおいてエネルギートランジションのための、新たなファクト・ベースの分析を進め、広める

主な活動

- ステイクホルダーの参加のもと、独立して分析を実施
- 共同対話、ワークショップ、多様なステイクホルダーとの会議の実施
- データの透明化

2019年末、自然エネルギー財団とアゴラ・エナギヴェンデは野心的な研究プロジェクト“renewables pathways to climate neutral Japan”^{*}を開始、ラッペンランタ工科大学（LUT）に日本のエネルギーシステム分析の開発を委託

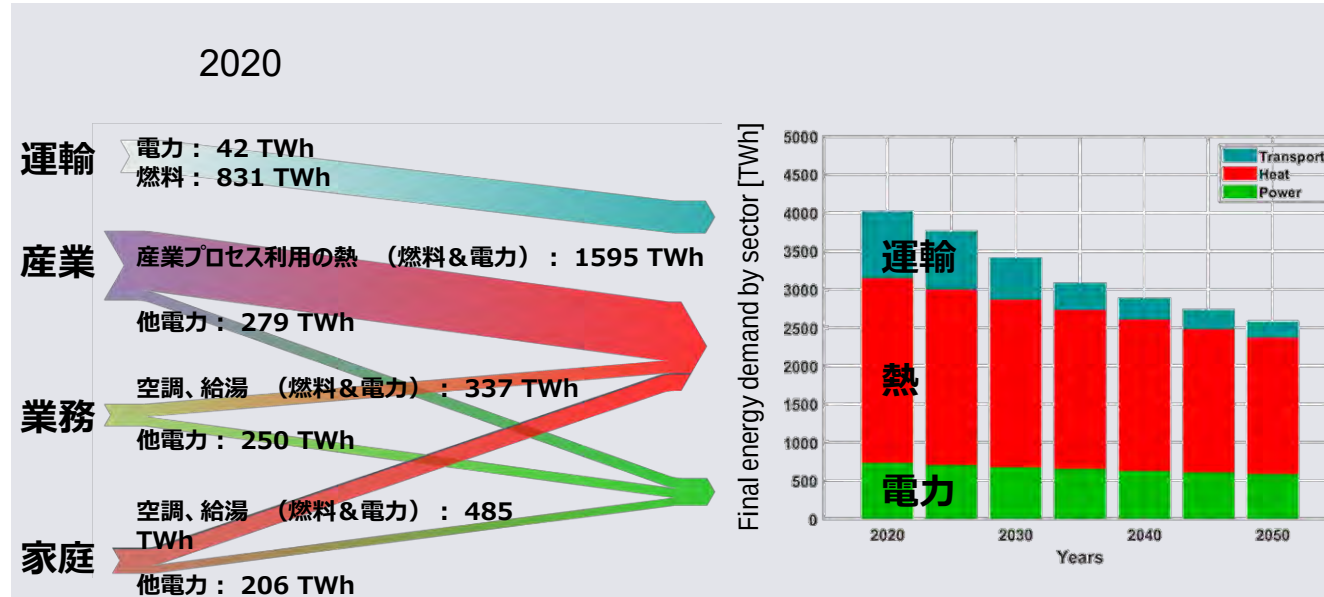
^{*}ドイツ政府の支援による

アゴラ、自然エネルギー財団とラッペンランタ工科大との共同研究で、シミュレーション解析

LUT モデル	モデル範囲と設定
→ コスト最適手法により最適化されたエネルギーシステム： ■ 多様な技術の最適化（地域における供給可能性を考慮） ■ 多様な技術の設備容量の最適なミックス ■ 最適な運用モード ■ 一定の制約下での最小コストでのエネルギー供給 → LUT Energy model の特徴 ■ リニア最適化 モデル ■ 時間ごとに 最適化 → 年間 8760 時間 ■ 2020~2050年の5年毎 ■ マルチノード → 9 地域（除く沖縄） ■ 柔軟性、拡張性	→ セクター ■ 電力 ■ 熱 & 冷房/冷却 ■ 運輸 エネルギー起源の排出を対象：非エネルギー起源の排出、LULUCF は今回のスタディの対象としていない。 → 入力データ ■ 製造、貯蔵、搬送、転換技術の財務的、技術的情報 ■ 再エネ の条件設定：利用率、最大導入量。。。 ■ 全セクターの需要想定 ■ エネルギーシステムの既存の設備 ■ エンドユーザー ごとの電力価格、燃料価格

シナリオ設定

二次エネルギー消費の推移



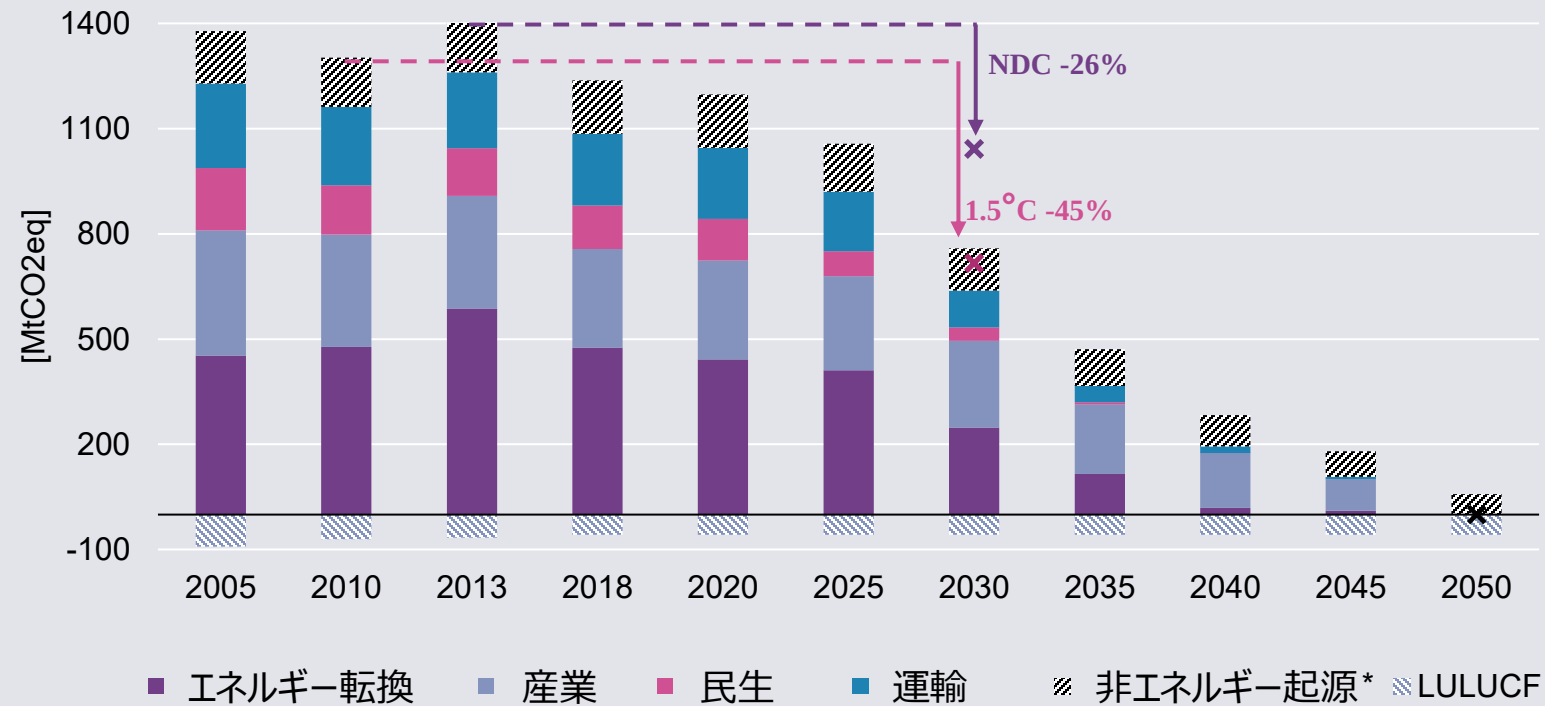
Agora-REI-LUT (2021)

- 早い脱炭素化 2030年段階では政府案より早く、2050年で脱炭素
- 少なくとも40% の再生可能エネルギー電力 を2030までに
- 石炭火力発電 は2030年で廃止
石炭による熱利用については最適化により使用されるが、2050年で禁止
- RE コスト ラーニングカーブにより低減、コストは多くの場合グローバル・ベンチマークより高い
- 原子力: 現在稼働している発電所のみ
2030年で稼働停止
- 需要水準想定: 2050年までに人口減想定を目安に20%の活動量削減 + EEによる需要側削減
- 輸入: グリーン水素最大50%と電力~140 TWh
- 感度分析: エネルギーの輸入、需要レベル、RE 導入・電化速度

研究結果

現在の2030年目標は容易に達成できる。1.5℃目標も達成可能

1.5℃目標に沿うシナリオ - エネルギー起源GHG排出の推移 (2020ー2050、100万トンCO₂eq)

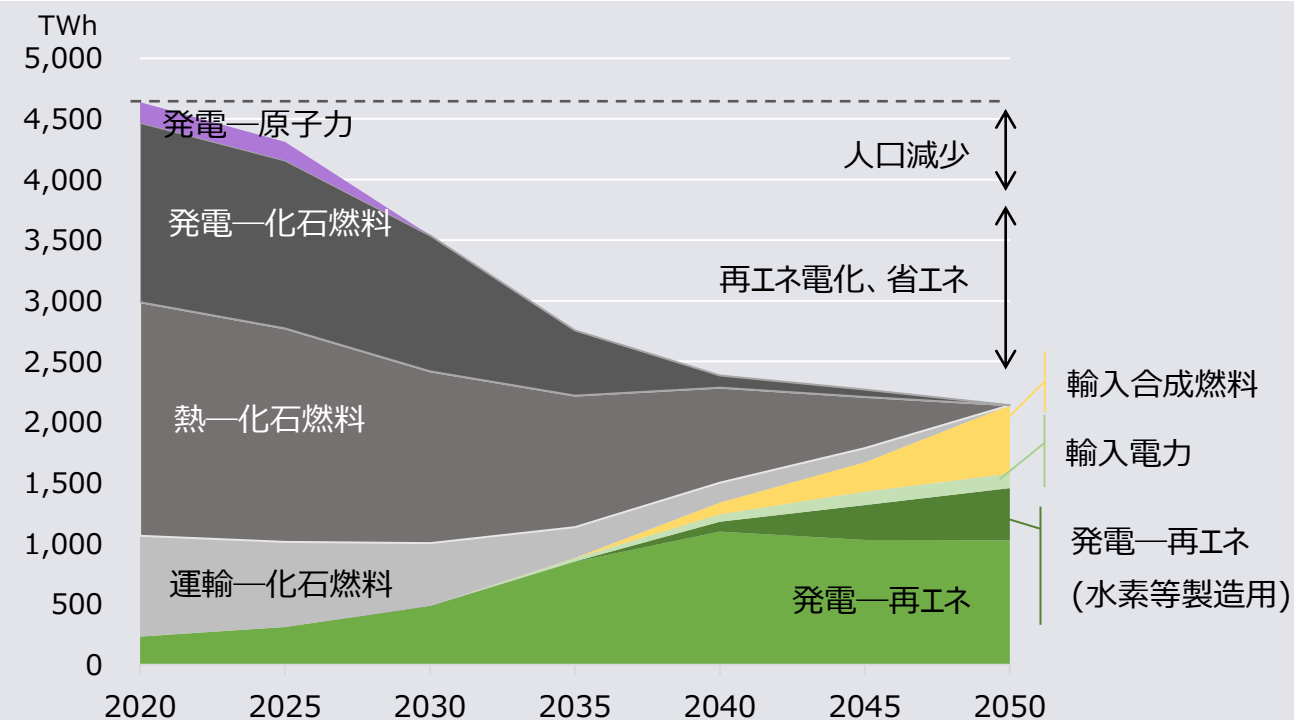


Agora-REI-LUT (2021)

* 非エネルギー起源の温室効果ガス排出は今回の研究シナリオに含まれない。非エネルギー起源のGHG排出が林業部門(LULUCF)のGHG吸収源範囲内に収まることで、2050年カーボンニュートラルが達成されると言える。

人口予測、電化による効率化と再生可能エネルギーへの転換で一次エネルギー半減

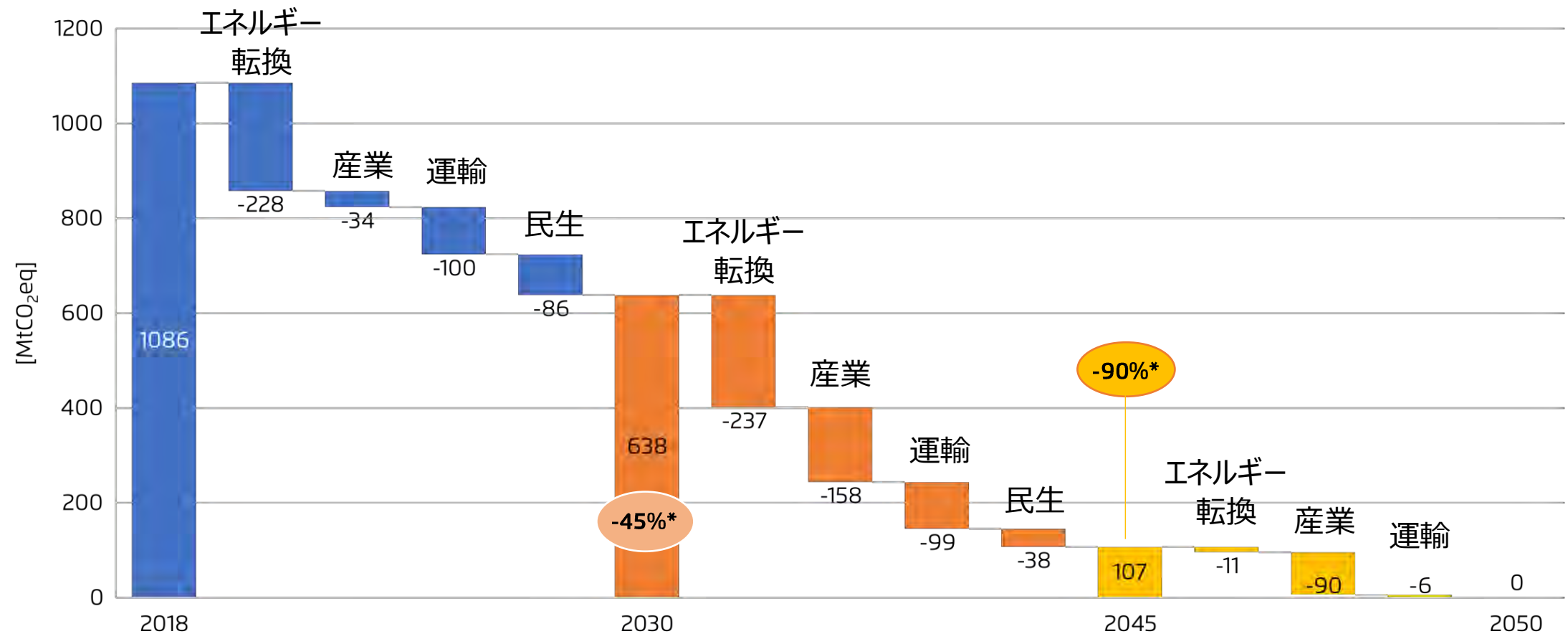
一次エネルギーの推移（2020－2050）



Agora-REI-LUT (2021)

- 一次エネルギー約54%減：
- 人口減少予測（-20%）
 - 再エネ電化と省エネ（-34%）
 - 再エネ利用の電化（-19%, 供給側）
 - 電化と効率化—特に運輸部門（-15%, 需要側）

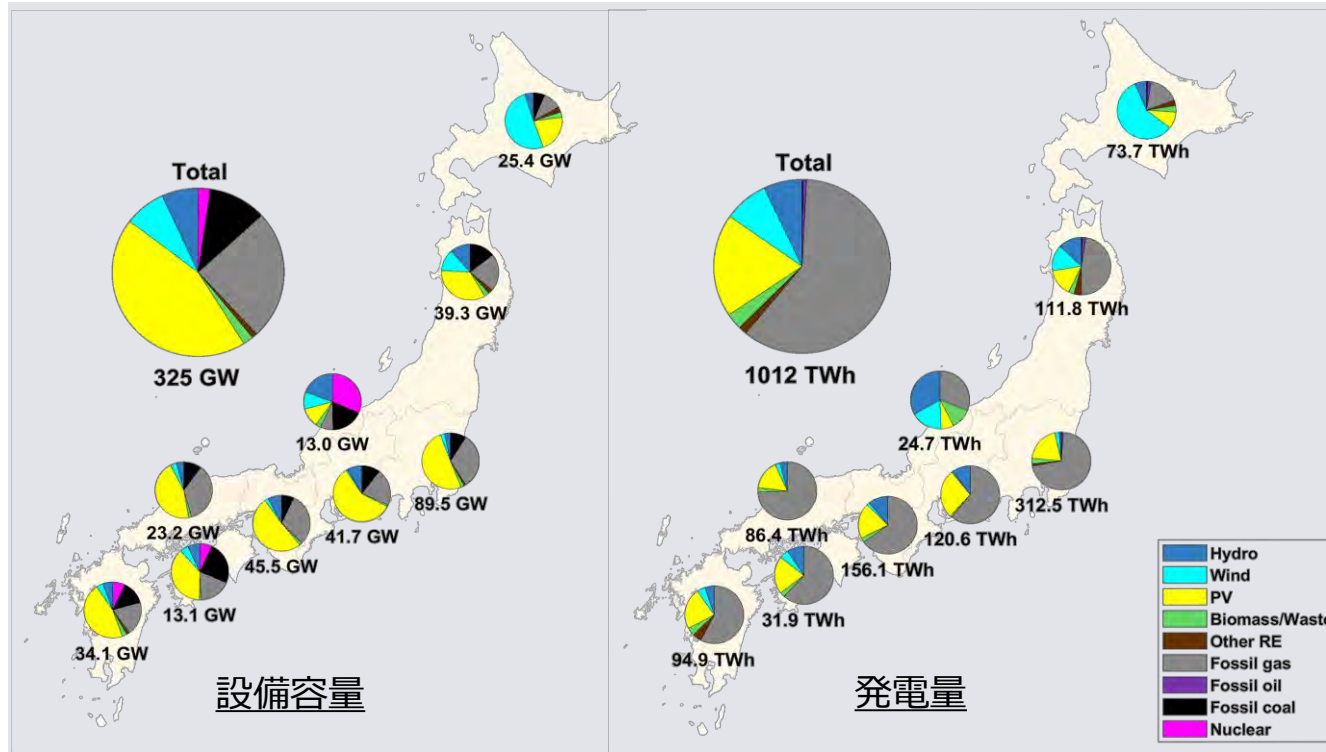
2050年排出ネットゼロへの3段階の道筋 (エネルギー起源の排出に限る)



* 2010と比べて

第1段階 2030年まで：GHG排出45%減（2010年ベース）

2030年設備容量と発電量



Agora-REI-LUT (2021)

発電部門：

- 石炭火力と原子力発電廃止
- 電化：電力需要 5%増
- 太陽光容量約2倍、陸上風力4倍（2030年までの太陽光設備容量144 GW、風力25 GW）*
- プロシューマーが太陽光容量の訳半分を占める
- 再エネ発電量：400 TWh（現在訳185 TWh）

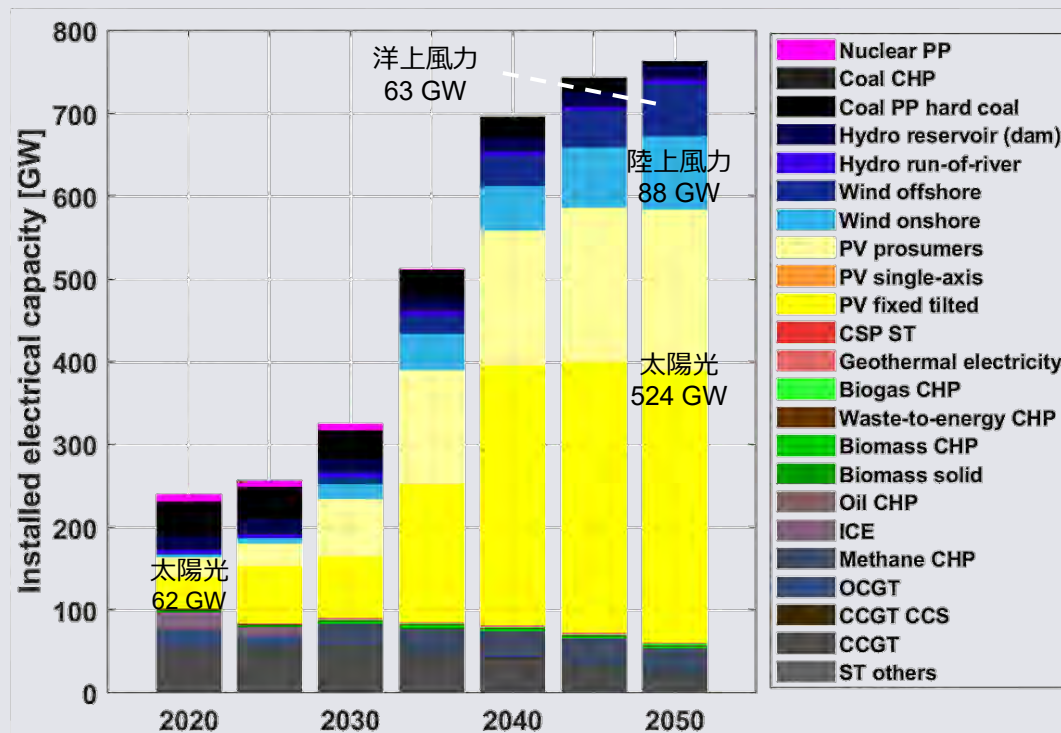
民生、運輸、産業部門：

- 再エネ電力の直接利用
- 省エネ

*2021年から2030年までに、年間追加容量太陽光訳8.4GW、陸上風力1.5GWと洋上風力0.7GWに値する。

第2段階 2045年まで：GHG排出90%減（2010年ベース）

設備容量の再エネ化



Agora-REI-LUT (2021)

発電部門：

- 電化：電力需要30%増、~1300 TWh（主に熱用）
- 再エネ発電量：ミックスの97%
- 再エネ設備容量*：
 - 太陽光－3.5倍（今回のスタディーのポテンシャルをほとんど達する）
 - 陸上風力－3倍。主に東日本、水素製造用
 - 洋上風力は需要付近（特に水素需要）：44GW

民生：2040年までに脱炭素化・ヒートポンプ

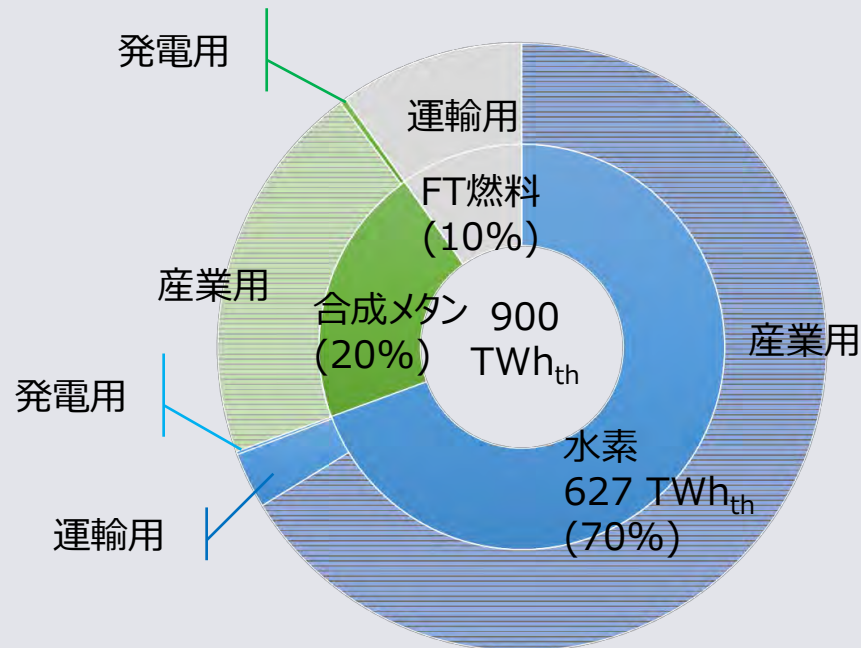
運輸、産業部門：

- 再エネ電力の直接利用
- 省エネ
- 合成燃料：主に運輸にFT燃料、産業に水素と合成メタン

*2031年から2045年までに、年間追加容量太陽光18.5GW、陸上風力2.8GWと洋上風力2GWに値する。

第3段階 2050年まで：グリーン合成燃料利用で最終脱炭素

BPS輸入シナリオにおける、2050年グリーン合成燃料の利用

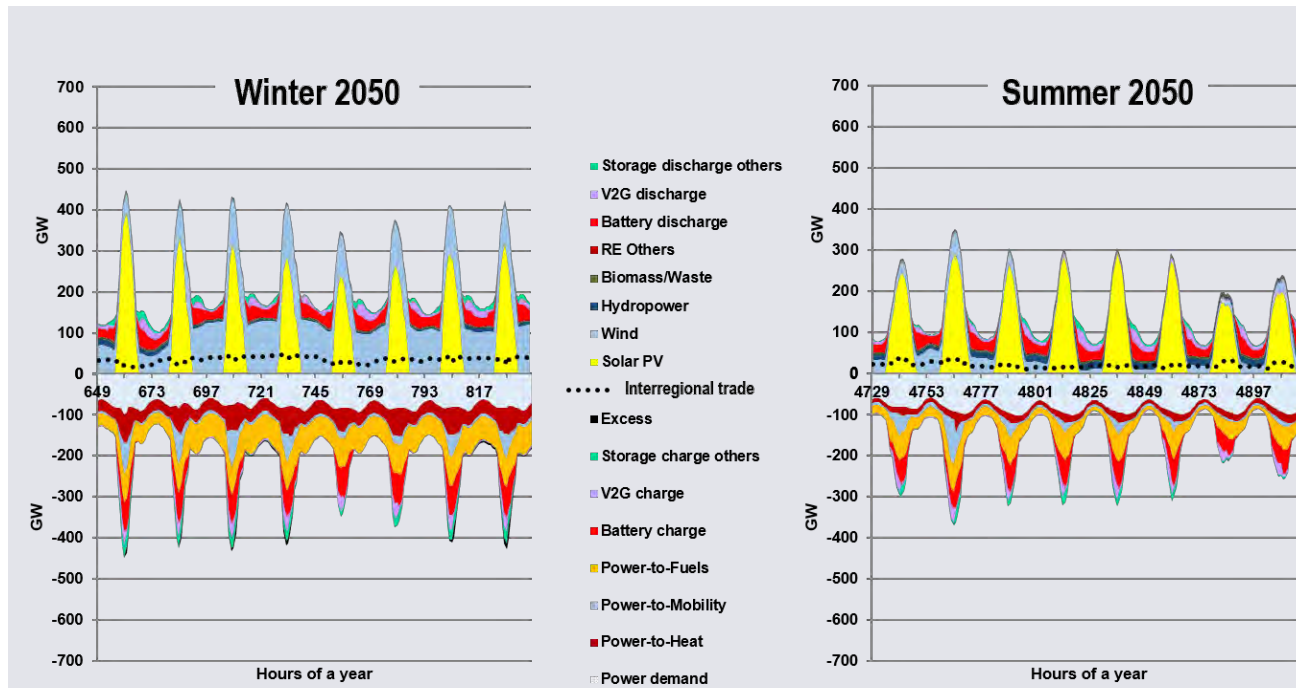


Agora-REI-LUT (2021)

- 変動性再エネ設備容量10倍：670GW
太陽光発電はスタディーの設定限界値に達する
- 電化：需要+50%（1 430 TWh）
- グリーン合成燃料需要：900 TWh_{th}
 - 大幅に産業用、水素
 - 水素50%、合成メタンとFT燃料ほぼ100%輸入
 - 発電にはグリーン合成燃料ほぼ不要
- 水素製造：
 - 水電解装置：73 GW
 - 水素製造用発電：430 TWh_{el}（需要の30%）主に風力（洋上&陸上～140 GW）
- エネルギー自給率：68%
合成燃料輸入無しの場合：
 - 風力：190GW増
 - 連携線：～100GW増（現在の4倍、輸入ケースの2倍）

柔軟な電力需要、エネルギー供給と合成燃料の輸入で電力需給バランスを年間を通して確保

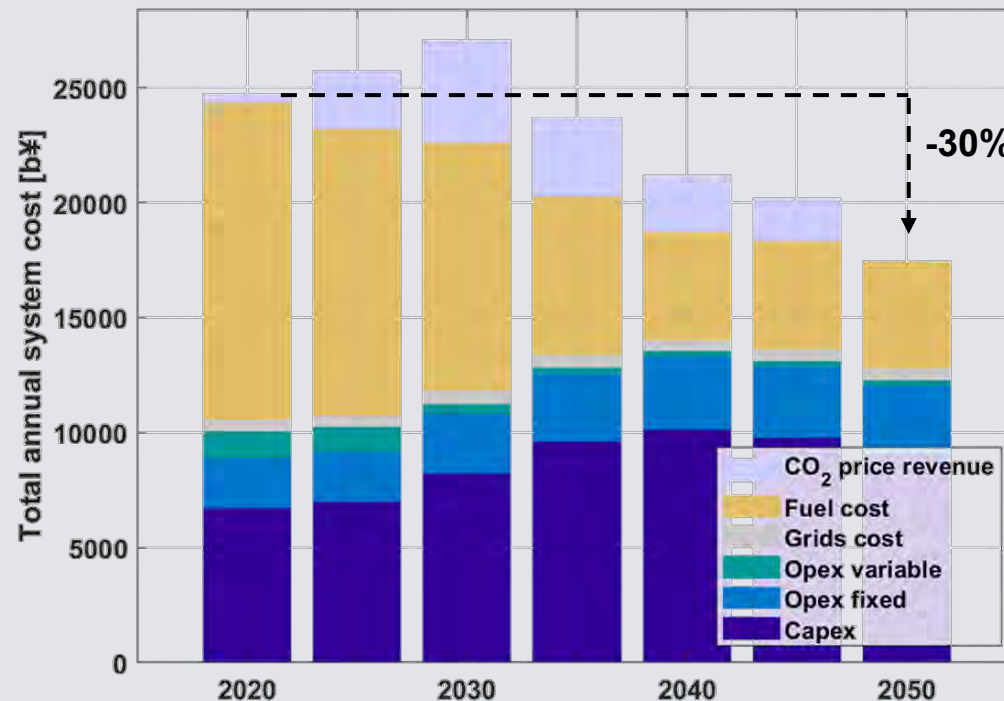
2050年の電力需給バランス（冬、夏の典型的な一週間）



- システム設備容量 > 750GW
- ピークロード：84～490 GW（夏夜間—冬昼間）
- 柔軟な電力需要が再エネの豊富な時間帯に引き出される：
 - 電力貯蔵、自動車バッテリー
 - 熱貯蔵、グリーン合成燃料の製造など
- 柔軟なエネルギー供給で再エネ発電量が小さくなる時間帯における需給バランス確保（> 200 GW）：
 - 水力発電、揚水発電
 - バイオガス・グリーン水素等を使った発電・コージェネシステム、バイオマス発電
 - 蓄電池、スマートチャージ・V2G、貯蔵
 - 常に発電する一部の風力発電
- 抑制量：1.1%

再エネをベースとしたエネルギーシステムはコスト的にも合理的。総エネルギーコストは訳30%減

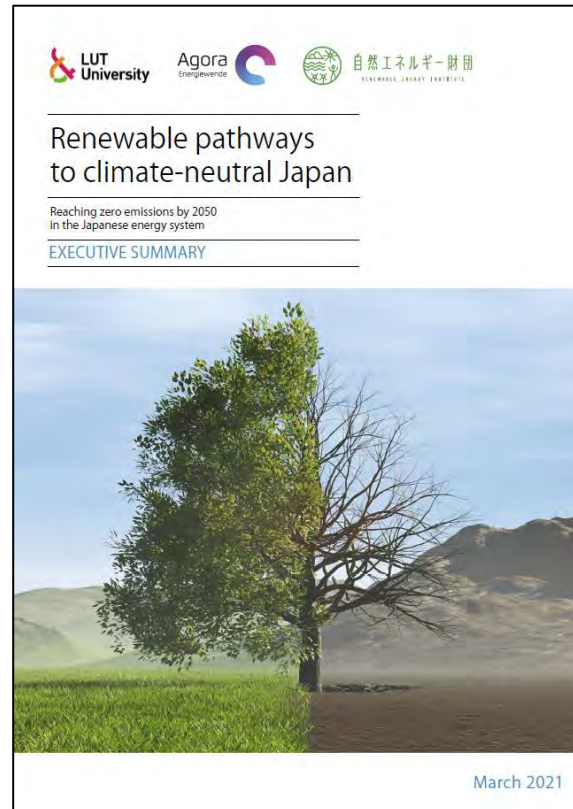
年間エネルギーコスト（10億円単位）



Agora-REI-LUT (2021)

- 年間エネルギーコスト
2020年：24.7 兆円 国内総生産の4.4%
2050年：17.4 兆円 国内総生産の3%
- 熱供給のコスト上昇（合成燃料利用）
- 設備投資額が上昇するが、化石燃料の輸入減少のため、総合コスト削減
- 設備投資：主に太陽光発電、次いで風力。現在の総固定資本形成の1.4%～3.2%
- 比較：化石燃料の輸入コストは年間～17兆円、日本の総合輸入額の22%

Key findings



1

Net zero emissions can be achieved in Japan at reasonable costs based on renewables deployment and electrification. An interim target of at least 40% renewables in power generation is required in 2030 to transition towards a 100% objective in 2050. Electrification of heat, transport and industry, as well as various flexibility options (such as grid reinforcement, storage and demand-side flexibility) will facilitate the integration of renewables, while bringing down emissions to net zero in 2050.

2

A three-step roadmap is needed to achieve climate neutrality by 2050. The first step consists of a 45% reduction in greenhouse gas emissions by 2030 (relative to 2010). Second, emissions must decline by at least 90% by 2045 (relative to 2010). Finally, green synthetic fuels eliminate residual emissions, mostly from high-temperature heat generation in industry.

3

Hydrogen will be used sparingly, even if it is imported, as direct electrification is more efficient and less expensive. Direct electrification should therefore be prioritized wherever possible in transportation, space heating and low and mid-temperature heat in industry. Domestic production of green hydrogen will also put considerable pressure on the power system.

4

Nuclear power is not necessary to achieve the long-term decarbonization target at lower cost. Renewables will outcompete nuclear new build and lifetime extension projects already by 2025, leading to a gradual phase-out of nuclear power plants at the end of their technical lifetime if not stopped earlier.

5

Japan has to kick-start enhanced climate action as soon as possible and increase its interim sectoral targets to reach 45% lower GHG emissions and at least 40% renewables in power generation by 2030. The upcoming discussions on the 6th Strategic Energy Plan and concrete regulatory measures, such as an effective carbon pricing mechanism, will be crucial to determine how Japan goes about achieving those interim 2030 targets and climate neutrality by 2050.

Agora Energiewende
Anna-Louisa-Karsch-Str. 2
10178 Berlin

T +49 (0)30 700 1435 - 000
F +49 (0)30 700 1435 - 129
@ info@agora-energiewende.de

✉ Please subscribe to our newsletter via
www.agora-energiewende.de
🐦 www.twitter.com/AgoraEW



Thank you for your attention!

Questions or Comments? Feel free to contact me:

Murielle.Gagnebin@agora-energiewende.de

Agora Energiewende is a joint initiative of the Mercator Foundation and the European Climate Foundation.

