

特別企画WS

環境とエネルギーの相互補完的共存の未来

Hitachi High-Tech Ltd.
Miki Yamazaki, Ph.D.

環境とエネルギー

1. 環境とエネルギーの相互補完的共存の未来
2. エネルギーと環境の関係

環境にやさしいエネルギーシステム

3. カーボンニュートラル推進の理由
4. カーボンニュートラル推進がもたらすチャンス

持続可能な環境・経済

5. 持続可能な環境と経済の両立
6. まとめ

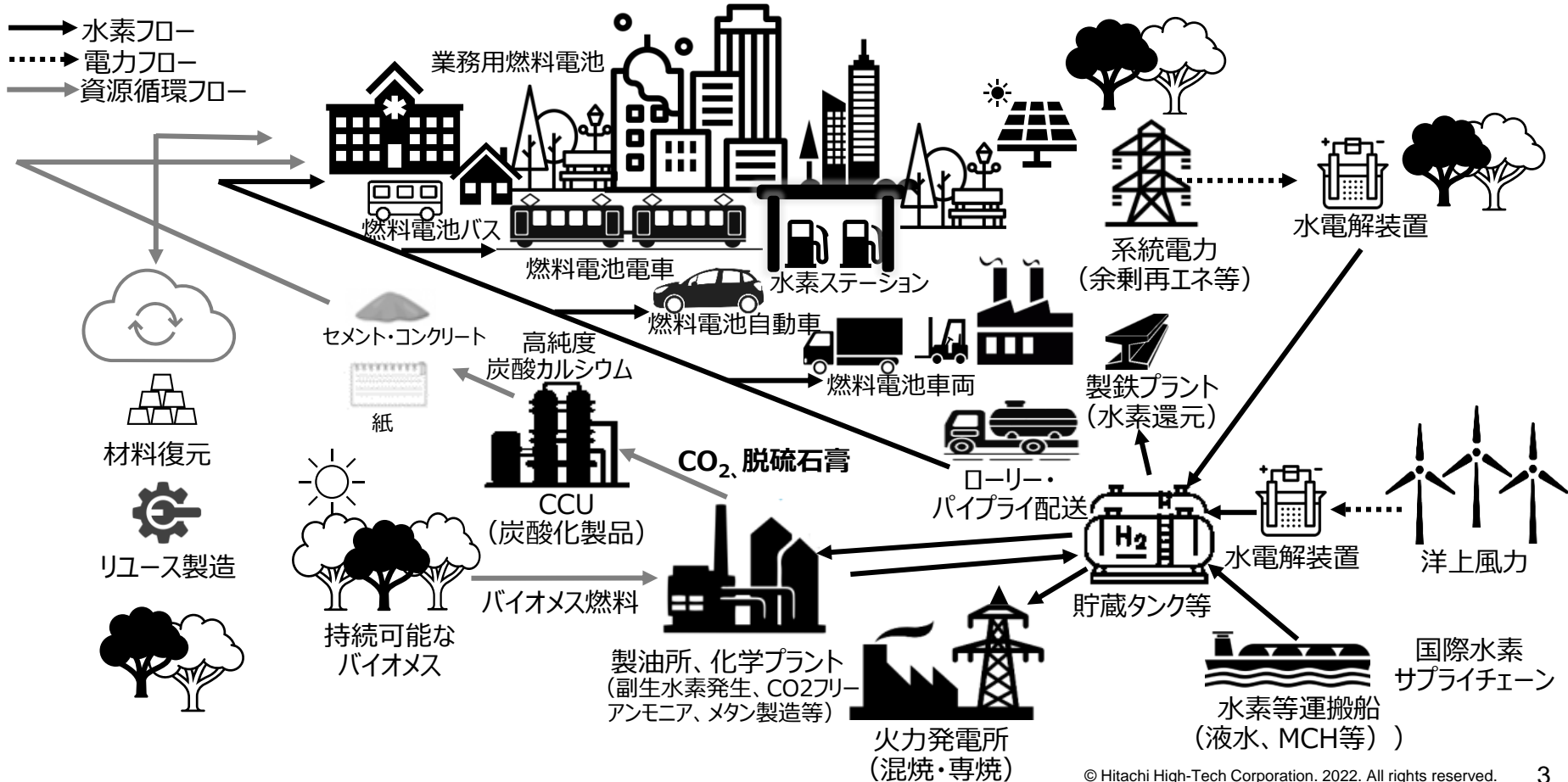
エネルギーと環境

環境にやさしいエネルギーシステム

持続可能な環境・経済

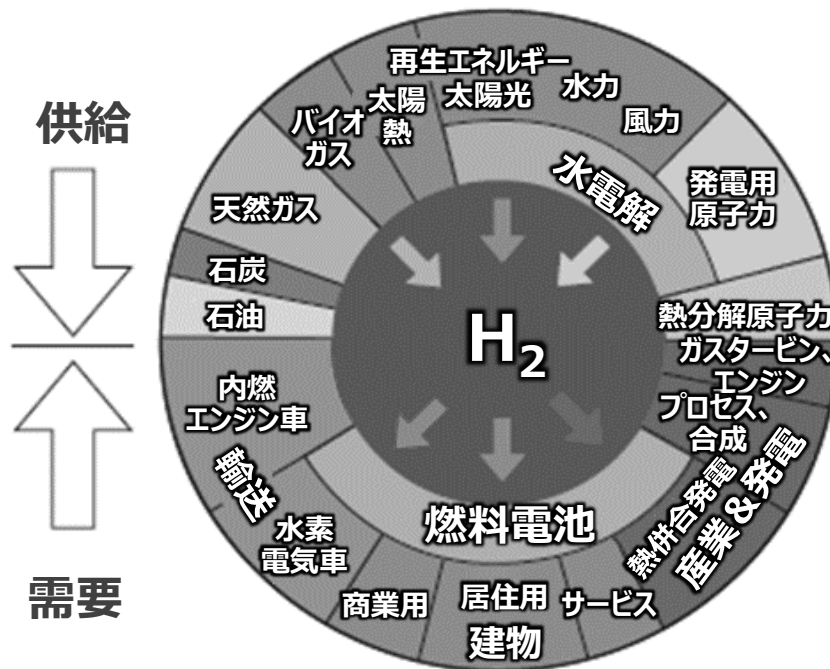
1. 環境とエネルギーの相互補完的共存の未来
2. エネルギーと環境の関係
3. カーボンニュートラル推進の理由
4. カーボンニュートラル推進がもたらすチャンス
5. 持続可能な環境と経済の両立
6. まとめ

1. 環境とエネルギーの相互補完的共存の未来



1. 環境とエネルギーの相互補完的共存の未来

水素と電気の相互補完および供給・需要のバランスの最適化により、形成される多様なエネルギー

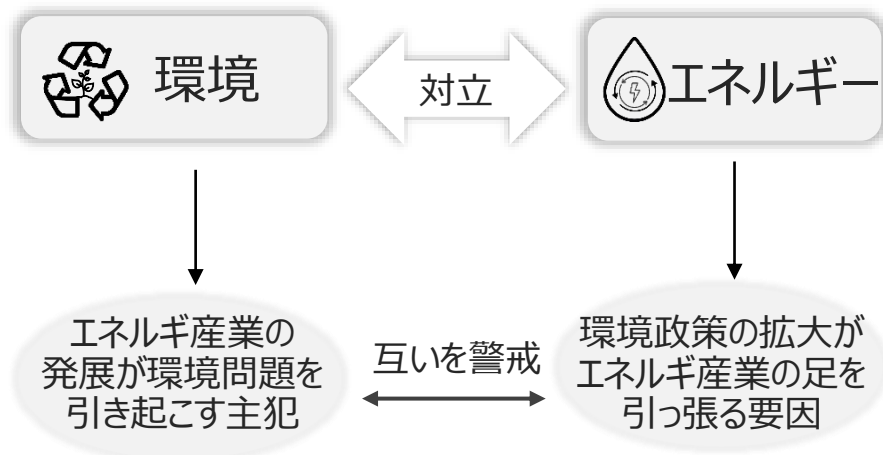


<<http://www.engineersjournal.ie/2016/07/12/electrochemical-water-splitting-hydrogen-economy/>>

2. 環境とエネルギーの関係

● 従来の環境とエネルギーの関係

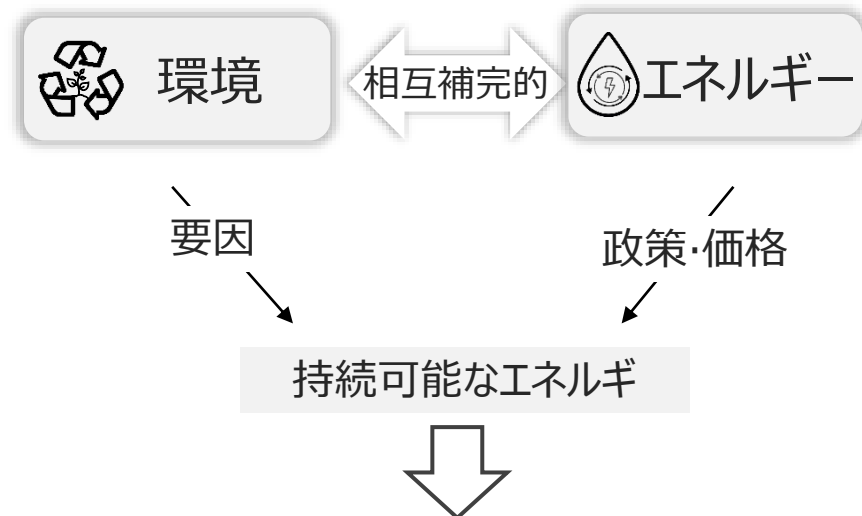
- 環境とエネルギーは、これまでは対立の関係



エネルギーと環境の両方に適切ではない結果を生む

● 今後の環境とエネルギーの関係

- 環境とエネルギーは対立ではなく「相互補完的」な発想の大転換が必要



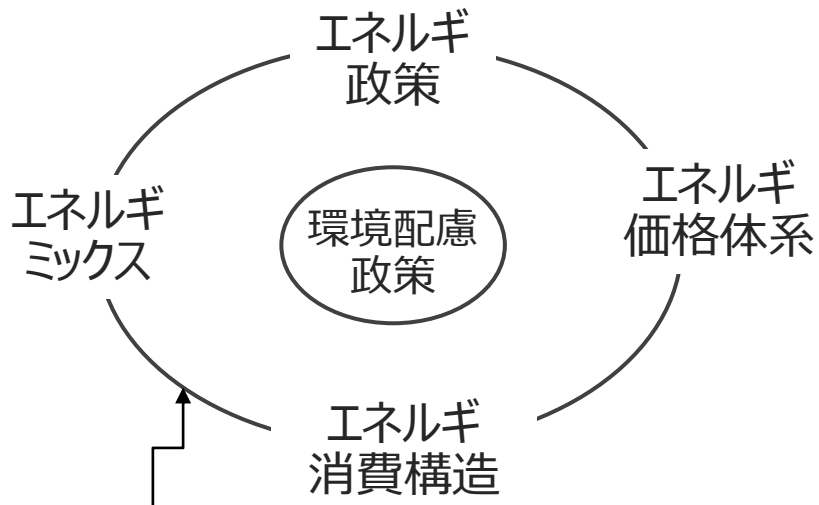
環境とエネルギーの共存の、根本的な解決策

2. エネルギーと環境の関係

- エネルギーと環境の共存はどのように可能なのか？



環境にやさしいエネルギーシステムの構築



密接な相互関連形成、一部分の変化が全体の変化につながる

- **エネルギーミックス(今後活発な議論過程が必要)**は、化石燃料、原子力、再生エネルギーの比率をどのように持っていくかが究極的に環境親和的なエネルギー体系を整えるかが重要な課題
- **エネルギー価格体系とエネルギー多消費型構造は、より密接な関係を持っている。**
エネルギー消費を減らす⇒環境問題を誘発するエネルギーの価格を上方修正
- **一方的な供給中心のエネルギー政策は、環境問題を誘発**
- **エネルギー需要の管理はエネルギーと環境の共存の近道**



需要管理政策の拡大は供給部門における省エネをもたらし、エネルギー過剰供給を弾力的に調節可

カーボンニュートラル

エネルギーと環境

1. 環境とエネルギーの相互補完的共存の未来
2. エネルギーと環境の関係

環境にやさしいエネルギーシステム

3. **カーボンニュートラル推進の理由**
4. **カーボンニュートラル推進がもたらすチャンス**

持続可能な環境・経済

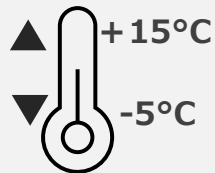
5. 持続可能な環境と経済の両立
6. まとめ

■ なぜ、カーボンニュートラルをめざすのか？

今までの人類が経験した、すべての危機は、回復が可能な危機であった。
しかし、気候危機は、回復が不可能である。
これが、すべての人類がめざさなければならない主な理由。

46億年の地球の歴史で、地球の温度変化

地球の平均温度



自然的に20°C変化

なぜ、人類が1°C変化させたことが危機になるのか

自然では10,000年 ▲ 4°C

人類では100年 ▲ 1°C



大きさの問題ではなく、上昇**Speed**が問題！

- 人類の文明の発達により、地球が限界温度に達するのはいつ？



出典：「The Carbon Clock」 MCC.

■ 1.5°Cを超える日、我々は地球で生きて行けるか？

みんなの地球は、生命が存在できる、環境にもできるが、
生命体を完全絶滅させる環境にもできる！

食糧が不足

海岸周辺の農地は
海水によって使えなくなる

多様な生態系が崩壊

洪水や水不足

海岸沿いの都市が浸水

CO₂が増加した分、海が吸収し炭酸成分で海洋を酸性化



3. カーボンニュートラル推進の理由

■ 昨年の地球の気候を振り返ってみると、既にカウントダウンは始まっていた。

観測史上初の出来事が
数きれないほど、生じていた。

もうすでに、気候は我々が予測可能な範囲を
超えている

これは、地球が我々に送る最後の警告！



528億

1日の世界CO₂
排出量[トン]

396億

エネルギー生産過程
CO₂排出量 [トン]



選択肢が
ない

カーボンニュートラル

排出されるCO₂の量分、減らす方法を考案して、
実質的なCO₂排出量をZERO

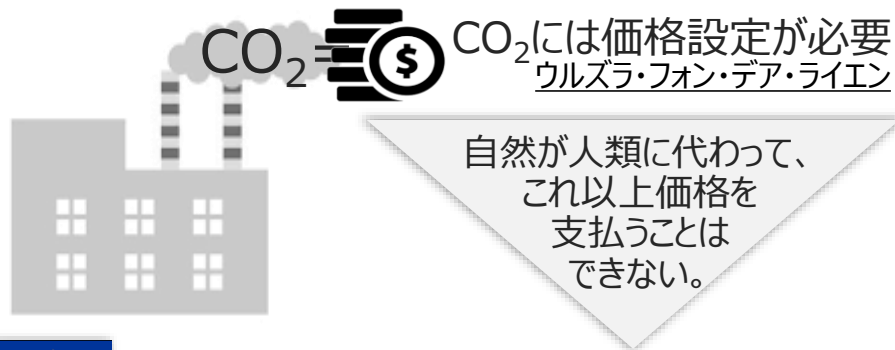
出典：「UN環境計画」(UNEP、2016)

3. カーボンニュートラル推進の理由

■ 我々には、カーボンニュートラルの実現以外、選択肢はない！

悩んで考えなければならない課題は、どうやってこれを実現させることである。


我々の目標は、事実上、すでに決まっている。





2023年から「CO₂国境調整制度」
Carbon tax*を導入

* Carbon Tax : 石油、石炭、各種化石エネルギー使用量に従って
付加する税金

CO₂国境調整制度による新貿易体制ショック

 2030年CO₂を50%削減宣言

 2023年化石エネルギー制限
2024年10月全面閉鎖

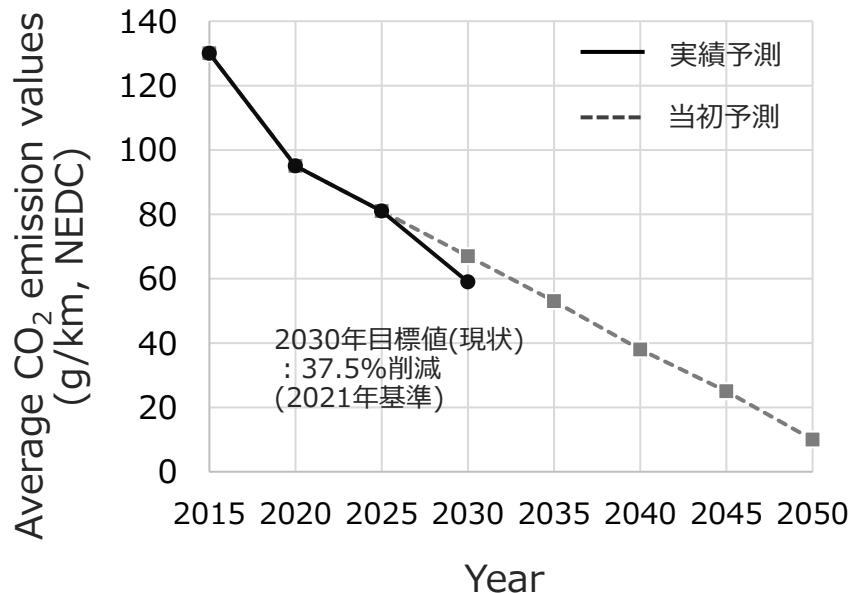
 2038年火力発電所全面閉鎖、
脱カーボン法の制定

出典：気候サミット(2021.4.22)

カーボンニュートラルの対応は、
ゲームチェンジャーになる



■ グローバル環境規制への迅速な対応こそが、チャンスを生む。



European regulation on fuel efficiency

出典 : EU CO₂ Car Regulation

“気候危機こそ投資危機”

- ・グローバル主要国ではCO₂削減のために自動車燃費と排気ガス関連の環境規制は持続的強化
- ・環境規制未達時の販売台数に比例的に巨額な罰金や車両販売禁止など強力な制裁予想
- ・EUの場合、2050年カーボンニュートラルを目標にして、車両環境規制が急速に強化

迅速な対応こそが、**チャンス**

■ 今、人類は新しい出発点に立った。

すでにドイツでは再生エネルギーの割合が化石燃料の割合を超える。しかし、世界全体を見渡しますと再生エネルギーの普及率は低いのが現状！



?

再生エネルギーの普及の壁
不確実性

エネルギーを貯蔵して運搬する
エネルギーキャリアが
解決のKey
H₂

出発点に立つためには、
水素経済のロードマップが必要
誰が先に策定実践できるかが重要

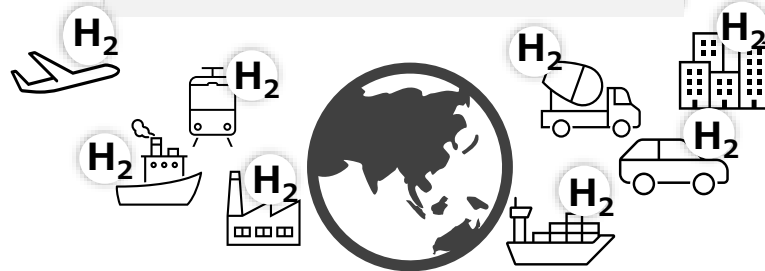
既に未来学者は、20年前に予言



水素は人間文明を再構成して、世界経済と権力構造を再編する新しいエネルギー体系として浮上する！

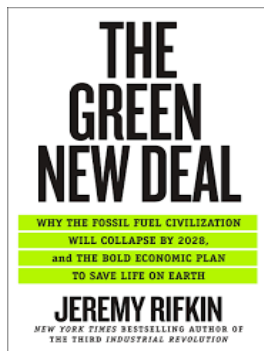
Jeremy Rifkin

水素経済をリードする者が
世界をリードする！



4. カーボンニュートラル推進によるチャンス

■ グリーンニューディールがもたらすパラダイムの転換



産業革命の3つ条件

- ・ネットワーク
- ・動力源
- ・運送メカニズム

2020年、効率性の極大化を通じて
生産、再利用限界費用を
ZEROに！

CO₂排出を削減は必須

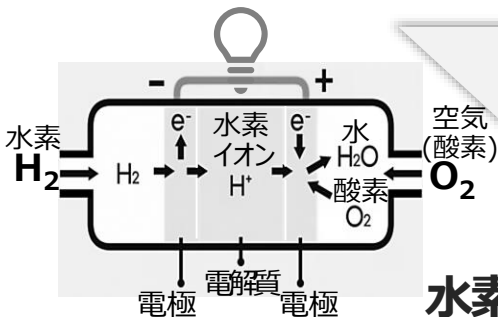
		ネットワーク	動力源	運送メカニズム
19C		印刷 電信	石炭	蒸気機関
20C		電話 ラジオ TV	石油	内燃機関
21C		IoT 5G 半導体	太陽光 風力 水素	BEV FCEV 自動運転

4. カーボンニュートラル推進によるチャンス

■ Hは、宇宙で質量75%、原子数90%以上占める元素。どう使うかが決め手！

Hは、単独では存在しない、
H₂O、CH₄、NH₃、HF、H₂Sなど、化合物として存在

結合力も強くて、水素を切って単独で抽出する技術が
エネルギー多く消耗する部分



水から水素、酸素を
高い効率で水素を
分離させる
技術が
Key

水素燃料電池は、リスクは？
電池には**純粋な水素**を使用

- ・グレー水素：化石燃料基盤、サブ水素、CO₂との関係性強い
- ・ブルー水素：天然ガス、LPGなどを活用、改質・抽出、CO₂発生
- ・グリーン水素：水から生産する水素、再生エネルギーを使用

水素は人類の持続可能な成長のための
新しいエネルギー代案

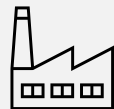


■ 水素の関連産業の領域拡大

水素増加が予想されるエコ水素生産と水素貯蔵の技術

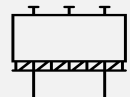
バッテリー、燃料電池、スーパーキャパシタなどの技術
ポートフォリオによる次世代モビリティの開発

水素生産



- ・水素産業の市場拡大(水を電気分解して水素生産)
- ・非車両分野需要拡大
- ・燃料電池車(FCEV)技術との関連性の考慮
(PEM: ポリマー電解質膜)

水素貯蔵



- ・水素需要増加による貯蔵効率の再構築
(水素貯蔵システム開発)
- ・非定型水素タンク開発(四角、その他の形状)
- ・液化水素貯蔵システム

次世代 モビリティ



- ・バッテリー、燃料電池、スーパーキャパシタの3つの動力
システムの活用(水素電気自動車にスーパーキャパシタの
適用により高出力満足)
- ・車の補助電源、UAMなどにもスーパーキャパシタの適用

水素事業推進分野

- ・船舶、鉄道車両市場に対しても環境規制の対応が必須
- ・未来都市の航空モビリティ及び非常発電機に燃料電池活用

水素船舶



- ・現状全世界の炭素排出量の2.5%が船舶から発生
- ・小型船舶の動力源、大型船舶の補助電源や水素
基盤合成燃料として水素エネルギーは多様活用予定

水素列車



- ・水素エネルギーは変電所などの給電設備が不要である
ため、電力インフラの建設やメンテナンスコストを削減
- ・エネルギー生産前の周期で二酸化炭素排出51.9%削減

UAM



- ・垂直離着陸場の構築から新しい安全基準、航法までの
考慮はこれからであり、インフラなど生態系も共に構築
- ・バッテリー(10~30分)に比べ長時間飛行(2時間以上)

非常発電 システム







- ・水素燃料電池を活用した発電システムは高いエネルギー
効率と無公害、静音のメリットは大きい
- ・電気創出の燃料電池モジュールの数量が調節可能

■ デジタル技術が牽引する水素社会

水素は高いエネルギー密度を持っており、充電が容易
長距離・固定路線運行の公共交通、トラックなど物流、
航空機分野の水素・燃料電池の活用度が高い

情報通信技術分野のエネルギー需要は2050年までに倍

2030年までの水素適用

	100万~150万台
	70万台
	300万~400万台
	4,000~8,000台

2050年までの水素関連市場



出典：McKinsey 「Hydrogen meets digital」

- ・カシェアのように資産を共有、IoTを通じたエネルギー効率性の向上
- ・ICT情報通信技術分野は、米国電気消費量の50%以上を消費
- ・ICT部門のエネルギー需要は2050年度までに電力消費倍増予測

貨物チェーンデジタル化

運送手段のあらゆる形態自律化



貨物全体に燃料を供給する理想的なエネルギーベクトル
(世界20以上の都市でディーゼル車及びICEを禁止)

ゼロ排出を作るためのデジタル化配送作業の4つの前提

- 1 配送車両は地域排出ガスになってはいけない
- 2 自律運行トラックが年中無休で運営され、所有者ができるだけ早く高い資本投資を回収するための稼働時間と迅速なリフレッシュ時間が重要なメリット
- 3 車両は広範囲に渡る地域配送および長距離運送、最大800kmの距離の自律性が必要
- 4 最も収益を生み出す搭載量を達成し、高価なドライブトレインの重さの最小化と高い燃料エネルギー密度が必要

4. カーボンニュートラル推進によるチャンス

■ 多様な分野において相互補完的に活用するバッテリーと水素ストレージ技術

デジタル技術は、仕事、暮らしなどを変化させ、新商品とサービスの創出・伝達・消費を変革

デジタル化は、ものすごい量の新エネルギー需要を創出



- 水素技術は現在商用化する準備完、水素基盤ソリューションが提供する強力な政策を考慮すべき時期。
- 新技術の導入と市場の形成、標準化設定の今こそが、チャンス
- 自律運行車両(AV)やVTOL*1のような新技術の場合、初期のインフラ要求事項が制限され、少数の水素充電所で大規模な自治車両を稼働させることが可能。

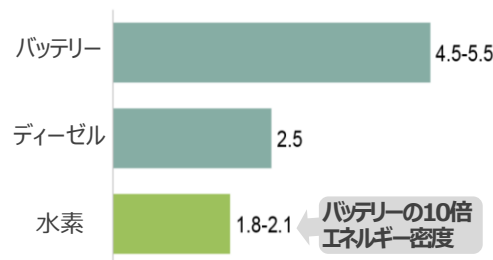
*1: 垂直離陸・着陸タクシー

バッテリー

- 広く使用でき、変換損失が少なく、コスト削減傾向
- 初期使用に多くのインフラを必要としないため、市場で採用が容易

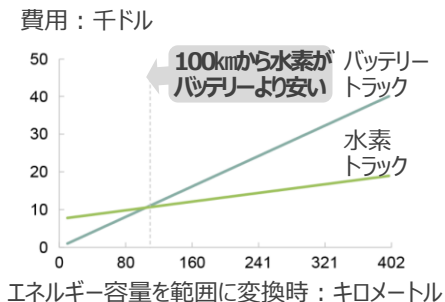
水素ストレージ

- 高いエネルギー密度
- 水素燃料セルシステムは大きい長い走行距離
- 初期インフラ投資は高いが規模面の費用低い



パワートレインパワートレイン重量比較: トン
(セミトラックの18トントラクターユニット)

出典: DOE, Nikola Motors, Bloomberg, Manager Magazin, Sustainable Transportation Lab



バッテリー対水素システム費用

出典: DOE, Hydrogen - scaling up

エネルギーと環境

1. 環境とエネルギーの相互補完的共存の未来
2. エネルギーと環境の関係

環境にやさしいエネルギーシステム

3. カーボンニュートラル推進の理由
4. カーボンニュートラル推進がもたらすチャンス

持続可能な環境・経済

5. **持続可能な環境と経済の両立**
6. **まとめ**

● 生産と消費の関係からなる環境影響

$$I = P \cdot A \cdot T$$

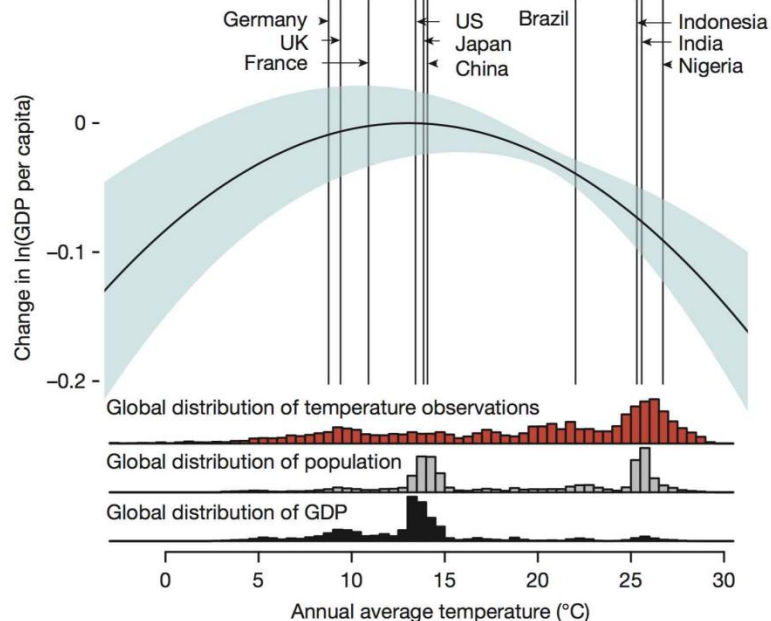
- ・I(環境影響) : Environmental Impact
 - ・P(人口数) : Population
 - ・A(一人当たりの消費程度) : Affluence
 - ・T(環境技術水準) : Environmental Technology
- 総消費 (Consumption) ← P, A
総生産 (Production) ← T

持続的な経済成長の観点で見れば、消費と生産を減らすことは経済の成長を止めることになる

環境のため、消費をあきらめることはできない

—ドイツ時事週刊誌 シュピーゲル—

● 気候変動がマクロ経済に及ぼす影響



1960年から2010年までの年平均気温とlog(GDP)間の非線形的な相関関係

出展 : Global non-linear effect of temperature on economic production, nature, 527, pages235-239 (2015)

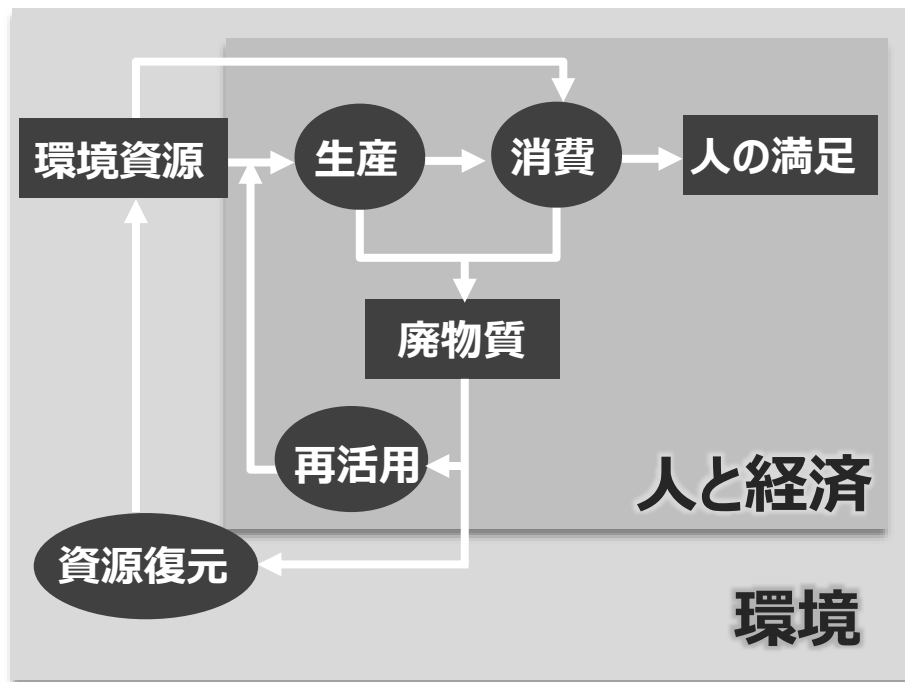
- ・グラフの中間部分に位置する国々は比較的裕福な(ドイツ、イギリス、フランス、アメリカ、日本、中国)である。
- ・インドネシア、インド、ナイジェリアのような国々はGDPが大幅に低下する区間に位置する。

<温度上昇が人間の活動に及ぼす影響>

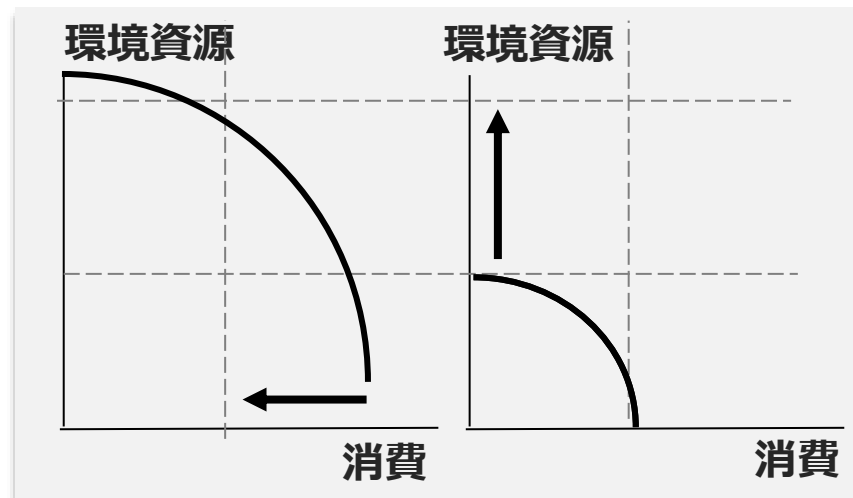
- 温度が高いほど人間の健康がもっと悪くなる場合が多い。
米国のような先進国では心臓麻痺がより多く発生し、発展途上国では疾病による死亡がより多い。
(ex. デング熱とマラリアなど)
- 温度が上がるほど労働生産性が落ちる。
- 暑い天気であればあるほど、人々がより多くのミスをし、試験のような重要な状況で失敗する確率が高い
- 温度が高くなるにつれて人間の葛藤が増加し、経済活動に妨害が発生する。

●カーボンニュートラルより確かなビジネスはない？

・環境経済学(物質バランスモデル)



・生産可能曲線と持続可能成長



5. 持続可能な環境と経済の両立

●サーキュラーエコノミ(資源の節約、雇用創出)

・パラダイムの補完

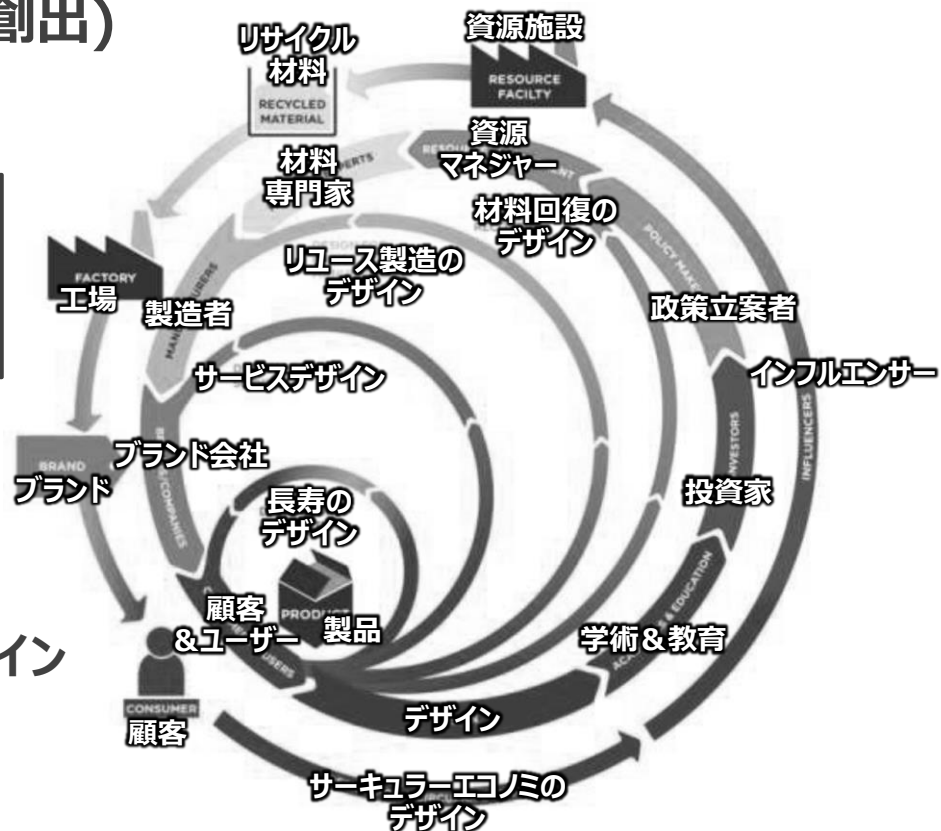
Point 1. ローカルループとグローバルサプライチェーン

Point 2. 寿命延長/修理およびリサイクルのための
適格な仕事

・サーキュラーエコノミのためのデザイン

- (1) 材料回復のデザイン
- (2) リユース製造のデザイン
- (3) サービスデザイン
- (4) 長寿のデザイン

環境配慮デザイン

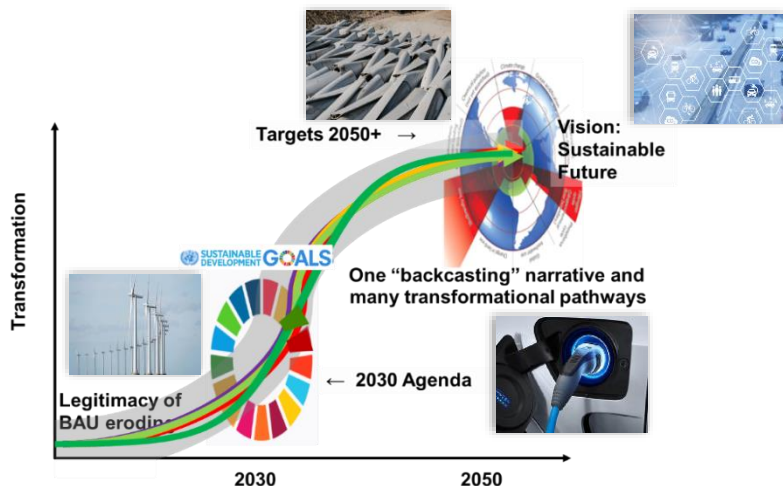


出展 : mrw.co.uk

●環境とエネルギーの相互補完的共存の未来

17のSDGs達成を見据え、目標間の相乗効果・
トレードオフ効果を評価しつつ課題の統合的解決に
向けて複数のパスを考慮

SDGs達成に向けたトランスフォーメーション



出典：IIASA Prof. Dr. Nebojsa Nakicenovicの講演資料(2019.7)

バックカスティングによるロードマップ

2030年までに、再生エネルギー普及を促進
2050年の、再生エネルギーインフラを
どのように管理、再利用すべきか
将来像を考える

2030年までに、再生エネルギー普及を促進に
必要な技術を補完

2030年までに、電気自動車の普及がもたらす
2050年の、コネクテッド社会がもたらす
将来像を反映

2030年までに、電気自動車の普及に
必要な技術を補完

Epilogue

- 水素社会の幕が上がったことや今の気候危機を否定する人は、だれもいない。
- 今すぐにでも、できるところからみんなでスタートすることが重要。

- 1、2年後すぐに、水素社会や、カーボンニュートラルができる簡単な挑戦ではない。
- それでも、我々がこれを推進しなければならない理由は、結局、人類の存続のため。

- 今までも人々は、人類のために、悩み、終わりなく、挑戦を続けて、努力してきた。
- この先も、終わりなく、挑戦を続けていくために、失敗が必須の条件。

- 挑戦には失敗が必須、失敗がないものは挑戦とは言えない。
- 努力する人々の失敗を認める時、更なる高い目標に向けて、人々は挑戦できる。

6. まとめ（環境とエネルギーの相互補完的共存の未来）

