



# 石油連盟シンポジウム

～石油産業は「脱炭素」を生き残れるか～

主催：石油連盟

協力：(株)エネルギーフォーラム

日時：2022年3月7日(月)12:30～15:00

会場：経団連カンファレンス4階 ダイアモンドルーム

# プログラム

第1部 プレゼンテーション 12時30分～

①「石油業界のカーボンニュートラルに向けた取組み」

奥田 真弥 石油連盟 専務理事

②「世界規模の脱炭素化の潮流とエネルギー安定供給」

小山 堅氏 (一財)日本エネルギー経済研究所 専務理事・首席研究員

③「2050カーボンニュートラルに向けたセオリー -電力の脱炭素化と需要の電化-」

竹内 純子氏 国際環境経済研究所 理事・主席研究員

④「自動車産業から見たカーボンニュートラル燃料の展望と課題」

古野 志健男氏 (株)SOKEN エグゼクティブフェロー

休憩 13時35分～

第2部 パネルディスカッション 13時50分～

「日本の石油産業が生き残るには」

パネリスト／小山 堅氏、竹内 純子氏、古野 志健男氏、奥田 真弥  
司 会／後藤 康浩氏・亜細亜大学教授

閉会挨拶

丹生谷 晋 石油連盟 広報委員長 (出光興産(株) 代表取締役副社長執行役員)

## ＜プレゼンテーション・パネルディスカッション登壇者＞

### **小山堅：一般社団法人日本エネルギー経済研究所 専務理事・首席研究員**

1986年早大大学院経済学修士修了、日本エネルギー経済研究所入所。研究理事(総合戦略ユニット総括)、理事(戦略・産業ユニット総括)を経て2020年から現職。総合資源エネルギー調査会など政府審議会委員、東大公共政策大学院特任教授などを務める。専門は国際石油・エネルギー情勢の分析、エネルギー安全保障問題など。

### **竹内純子：NPO 法人国際環境経済研究所 理事・主席研究員**

1994年慶大法学部卒、東京電力入社。主に環境部門を担当し、尾瀬湿原の保護などに携わる。2011年国際環境経済研究所主席研究員。産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会委員、総合資源エネルギー調査会資源・燃料分科会委員などを務める。

### **古野志健男：株式会社SOKEN エグゼクティブフェロー**

1978年福井高専卒、82年豊橋技科大電気電子工学専攻修了、トヨタ自動車入社。エンジン制御システム開発部主査、第2パワートレイン開発部部長などを歴任。12年日本自動車部品総合研究所(現SOKEN)常務。20年エグゼクティブフェロー。日本自動車部品工業会、技術顧問。日経×TECHコラムライター。

### **後藤康浩：亜細亜大学 都市創造学部教授**

早大政治経済学部卒。豪ボンド大学経営学修士修了(MBA取得)。1984年日本経済新聞社入社。社会部、国際部、バーレーン支局・欧州総局駐在、東京本社産業部、中国総局駐在。その後、東京本社で編集委員、論説委員、編集局アジア部長などを歴任。2016年から現職。

### **奥田真弥：石油連盟 専務理事**

1975年東大経済学部経済学科卒、通商産業省(当時)入省。大臣官房審議官(政策総合調整・国会総括)、製造産業局次長、経済産業省地域経済産業審議官などを経て2007年関西経済連合会専務理事、11年住友金属工業取締役専務執行役員、12年新日鉄住金常務執行役員。15年から現職。

# 石油業界のカーボンニュートラル に向けた取組み

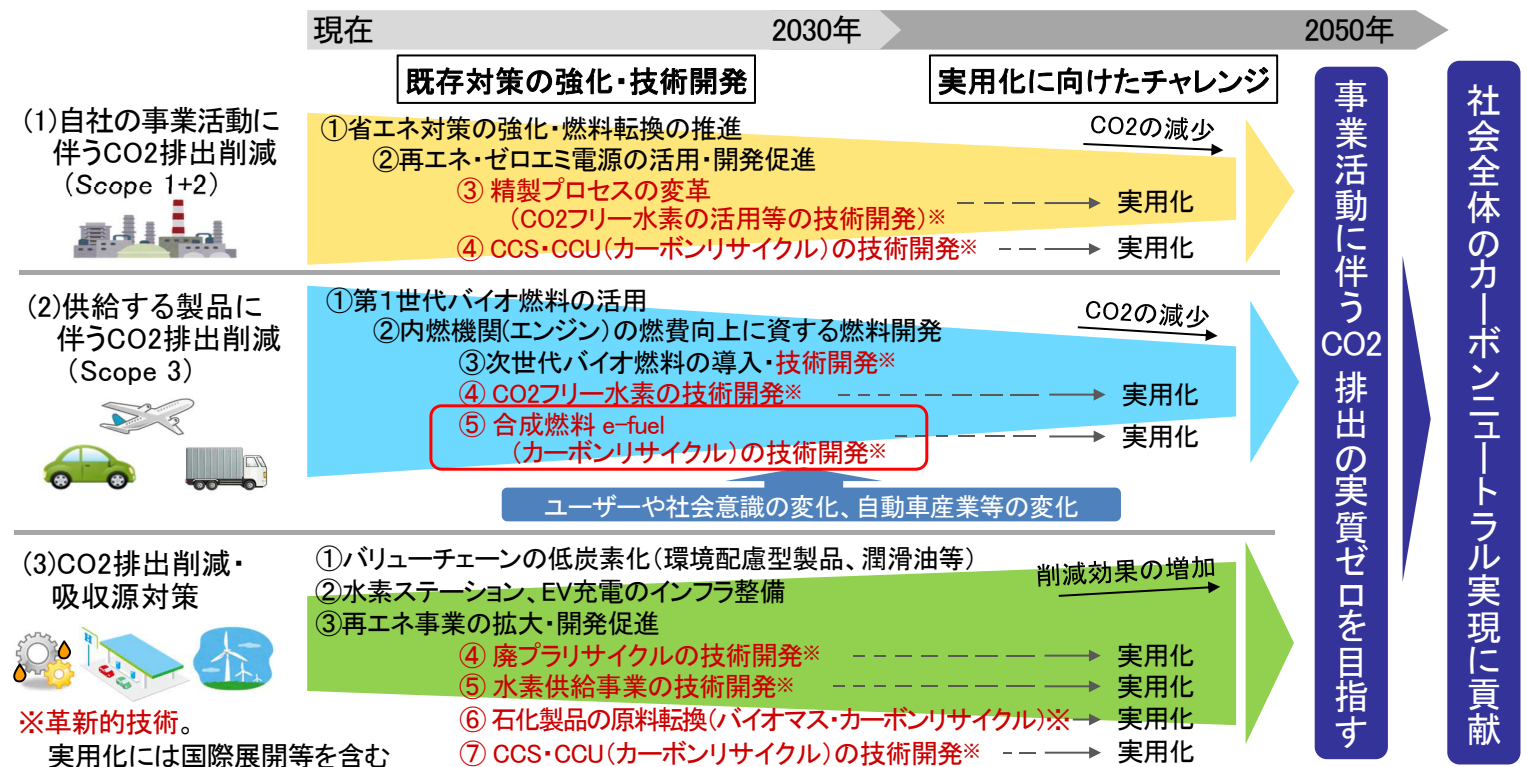
2022年3月7日

石油連盟 専務理事  
奥田 真弥

## (1) 石油業界のカーボンニュートラルに向けたビジョン(目指す姿) 2021年3月策定

1

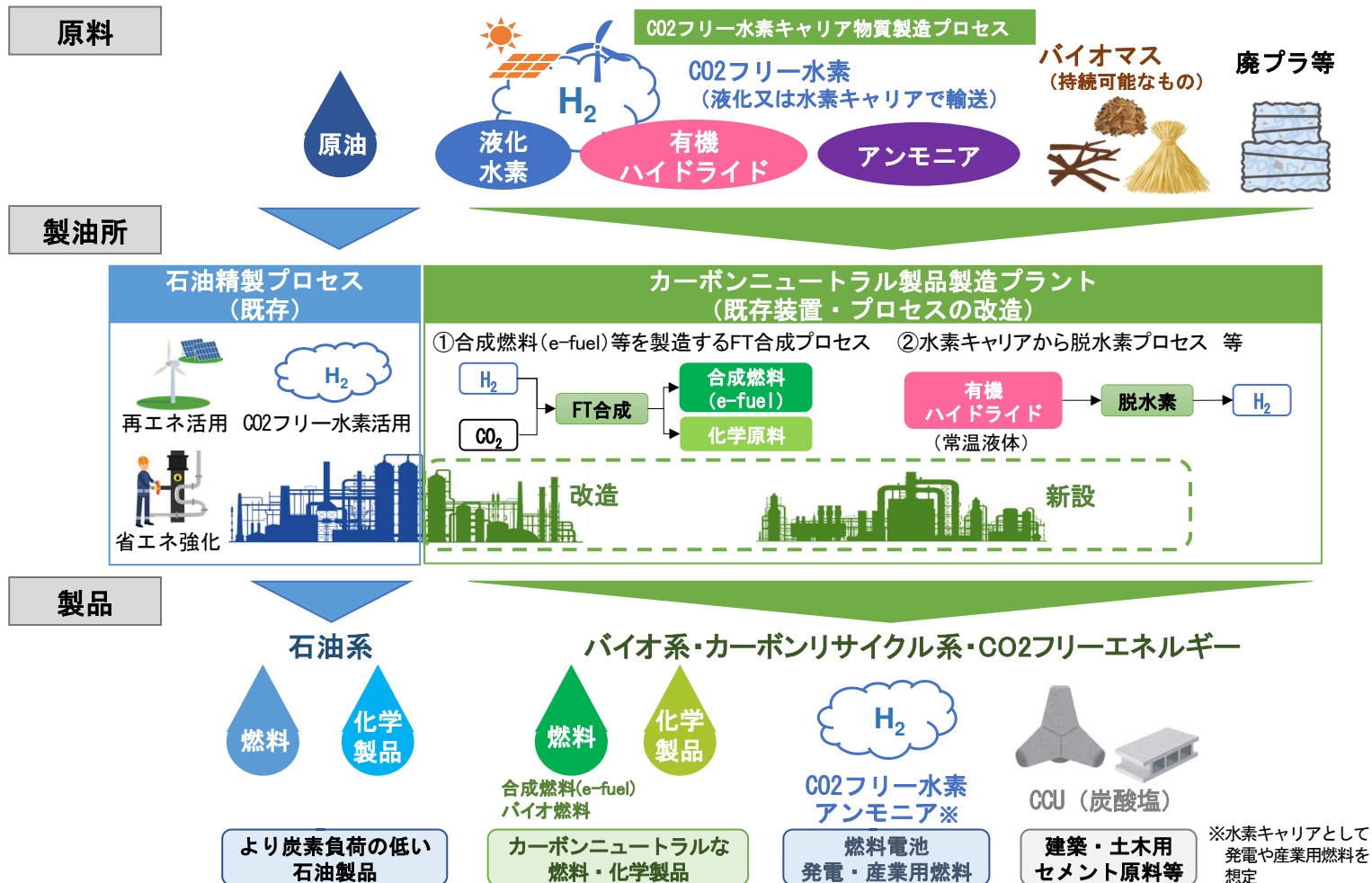
石油業界は、サプライチェーンや製品の脱炭素化の取り組みの加速化や、既存インフラが活用できる革新的な脱炭素技術(①CO2フリー水素、②合成燃料、③CCS・CCU(カーボンリサイクル)など)の研究開発と社会実装に積極的にチャレンジすることで、事業活動に伴うCO2排出の実質ゼロ(カーボンニュートラル)を目指すとともに、供給する製品の低炭素化等を通じて、社会全体のカーボンニュートラルの実現に貢献します。



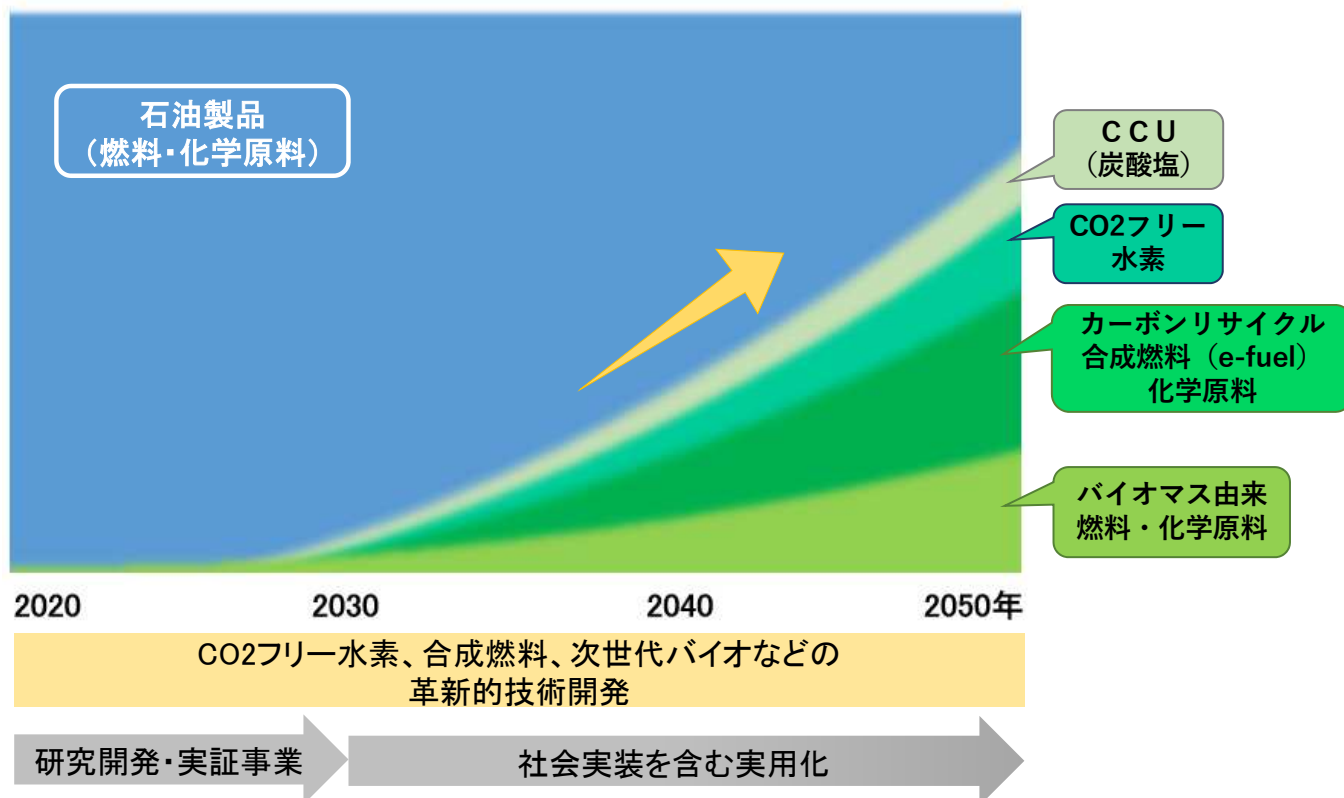
石油業界は、合成燃料や、合成燃料の原料となるCO2フリー水素のサプライチェーン構築など、「革新的技術」の開発と社会実装を含む実用化に挑戦していきます。

技術開発	年度										
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
内燃機関(エンジン)の燃費向上に資する燃料開発	研究開発		実証事業								
次世代バイオ燃料の導入・技術開発											
CO2フリー水素の技術開発											社会実装を含む 実用化に 向けたチャレンジ
合成燃料e-fuel(カーボンリサイクル)の技術開発											
廃プラリサイクルの技術開発											
石化製品の原料転換(バイオマス・カーボンリサイクル)											
CCS・CCU(カーボンリサイクル)の技術開発 具体的には、CCU(炭酸塩プロセス)等											

【参考1】カーボンニュートラルを実現する製油所の将来像



2050年カーボンニュートラル実現に向け、CO2フリー水素、バイオマス(持続可能なもの)、回収CO2などを活用する「革新的技術開発」に取組み、生産する製品を、カーボンニュートラルなものにシフトしていきます。



ご清聴ありがとうございました



# 石油連盟

サステイナブルな石油

「サステイナブルな石油」（石油連盟 広報キャッチフレーズ）

石油の安定供給や気候変動問題といった課題に積極的に取り組むとともに、ESG・SDGsなど持続可能社会への貢献、さらには将来世代の繁栄にも積極的な役割を果たす石油（業界）を目指すこと。



お問合せ先 石油連盟 広報室

TEL:03-5218-2305 FAX:03-5218-2321

← <https://www.paj.gr.jp>

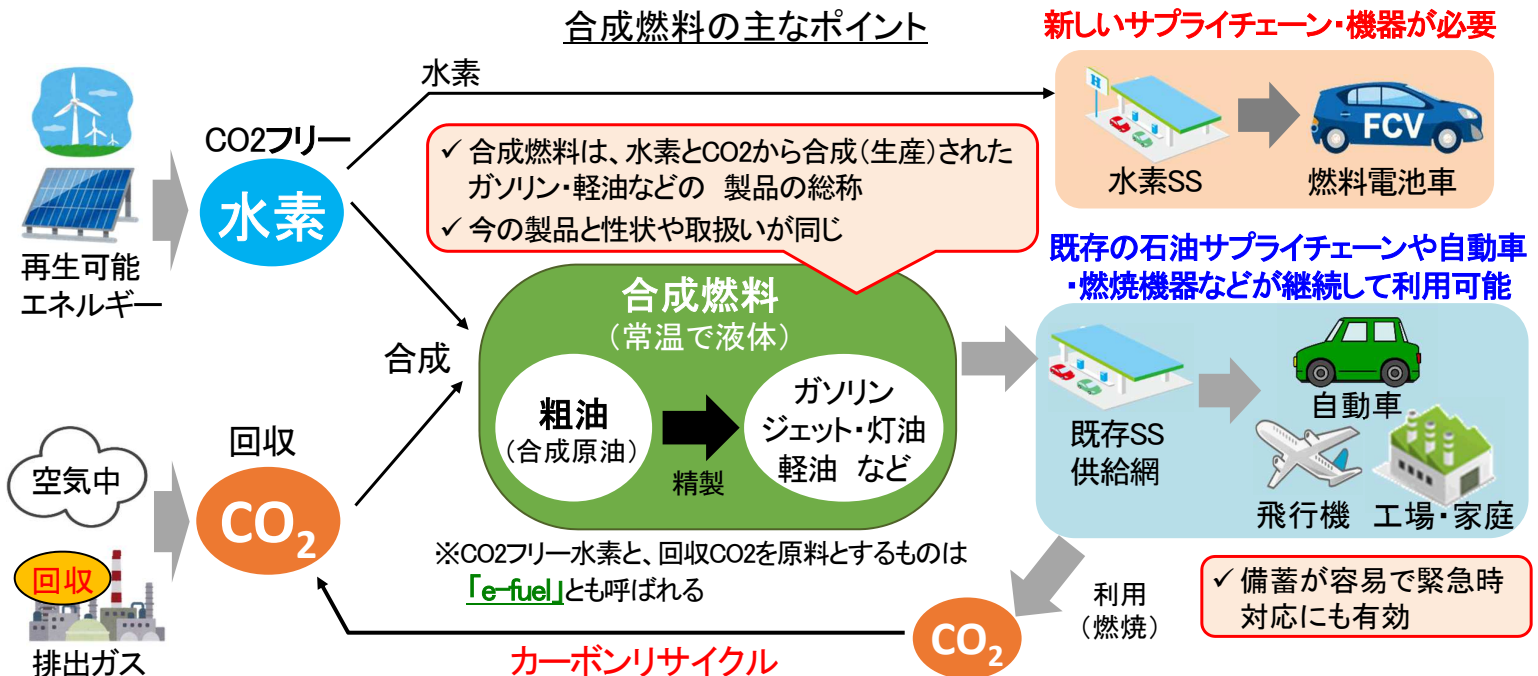
[https://twitter.com/paj\\_sekiren](https://twitter.com/paj_sekiren) →



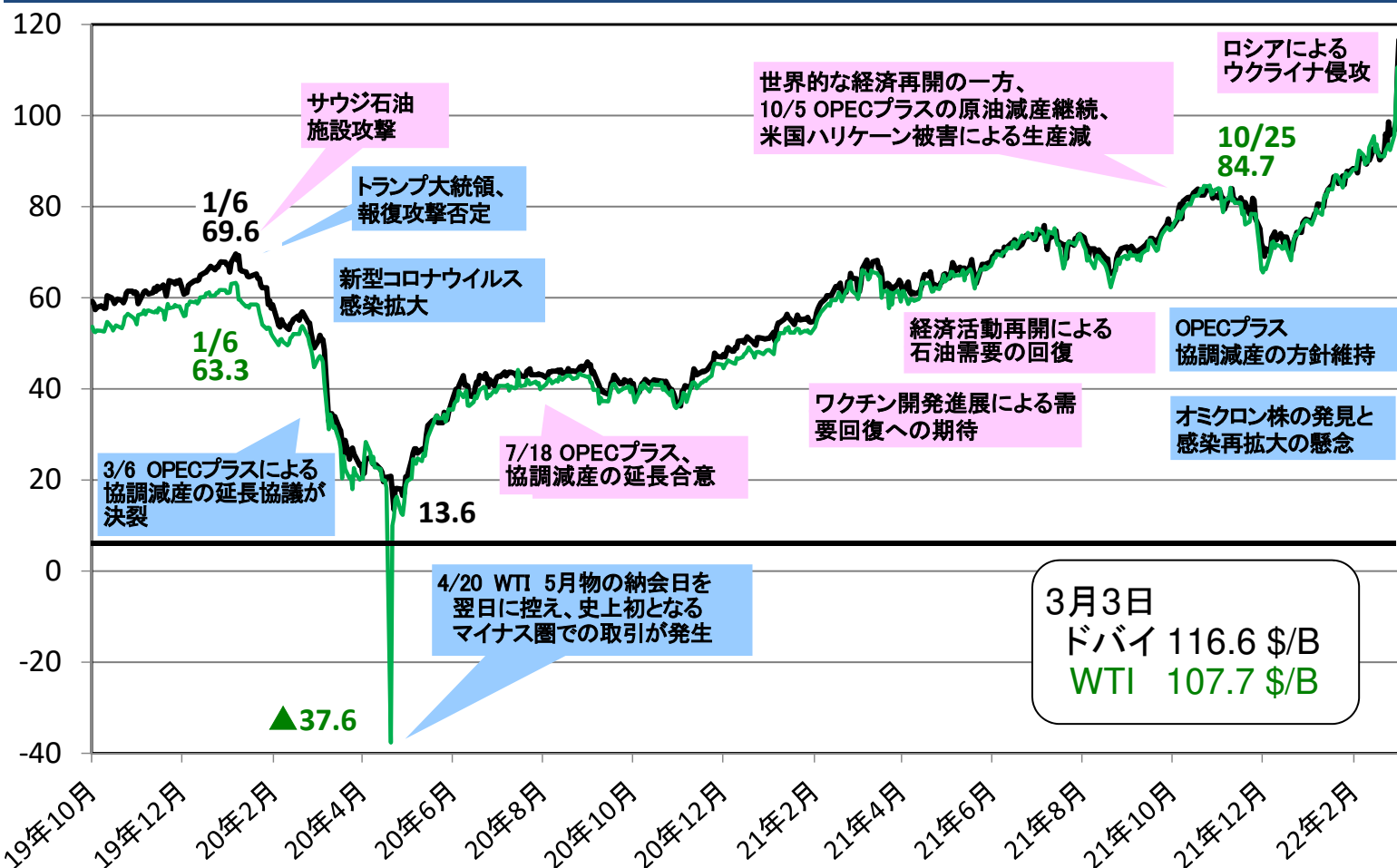
# パネルディスカッション 説明資料

## テーマ2. 合成燃料のポイント

- ① 「CO2フリー水素」と「回収CO2」から製造する合成燃料は、
  - (a) 原油から生産している現在のガソリンや軽油などと同等の性状(製品)とすることで、
  - (b) 既存の石油サプライチェーンや自動車等の利用機器を、そのまま継続利用していく、ことを目指して、研究開発を進めています。
- ② 回収CO2を原料とすることで「カーボンリサイクル」にも位置付けられています。



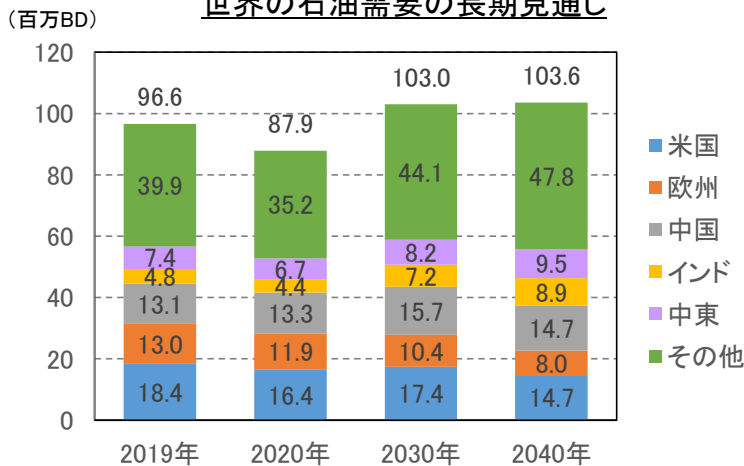
### テーマ3. (1) 原油価格の推移



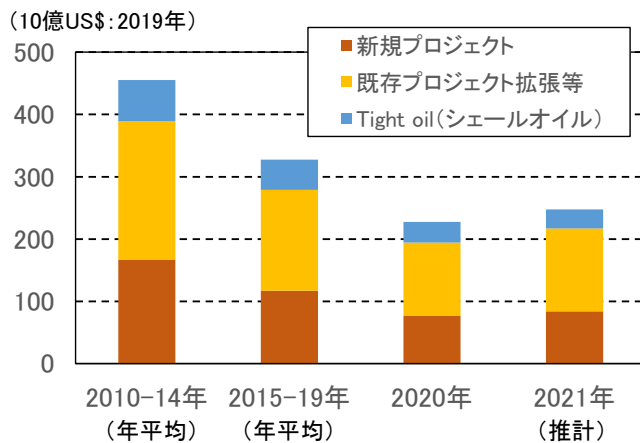
### テーマ3. (2) CNへのトランジションにおける石油の安定供給

- ① 世界的には、今後も新興国を中心に石油需要の増加が見込まれている一方、ダイベストメントの動きにより、新規の石油開発投資が停滞しています。
- ② 一足飛びに「カーボンフリー」なエネルギー源への移行が困難なことを踏まえれば、移行期(トランジション)における石油の安定供給確保は、わが国の持続的な成長を実現する上で、最重要課題の一つです。
- ③ 産油国との資源外交、石油備蓄など「国内に石油を安定供給するための対策」と、大規模自然災害に対する製油所等の強靱化対策を含む「石油サプライチェーンの維持・強化」に向けた取組が、今後も不可欠です。

世界の石油需要の長期見通し



世界の石油開発への投資額の推移





# 世界規模の脱炭素化の潮流と エネルギー安定供給

石油連盟シンポジウム：石油産業は「脱炭素」を生き残れるか  
主催：石油連盟、協力：株式会社エネルギーフォーラム

2022年3月7日

(一財) 日本エネルギー経済研究所

小山 堅

IEEJ © 2022年 禁無断転載  
2022年3月7日 小山堅

## エネルギー問題の本質

- エネルギーは必要不可欠の物資
- 経済成長、人口増加等によってエネルギー需要は増加
- 自然な選択で、競争力あるエネルギーが選ばれる
- エネルギーインフラ・供給チェーンは「レガシー資産」に
- 必要なエネルギーの供給を：
  - 安定的に；
  - 手頃な（Affordableな）価格で；
  - 持続可能で環境に優しい形で；確保・提供することが求められる
- エネルギー安全保障、環境保全、経済性（効率性）の同時追求が求められる（いわゆる「3E」課題）
- しかし、「3E」はトレードオフの関係に：トリレンマ

# カーボンニュートラルを巡る主要国の動き

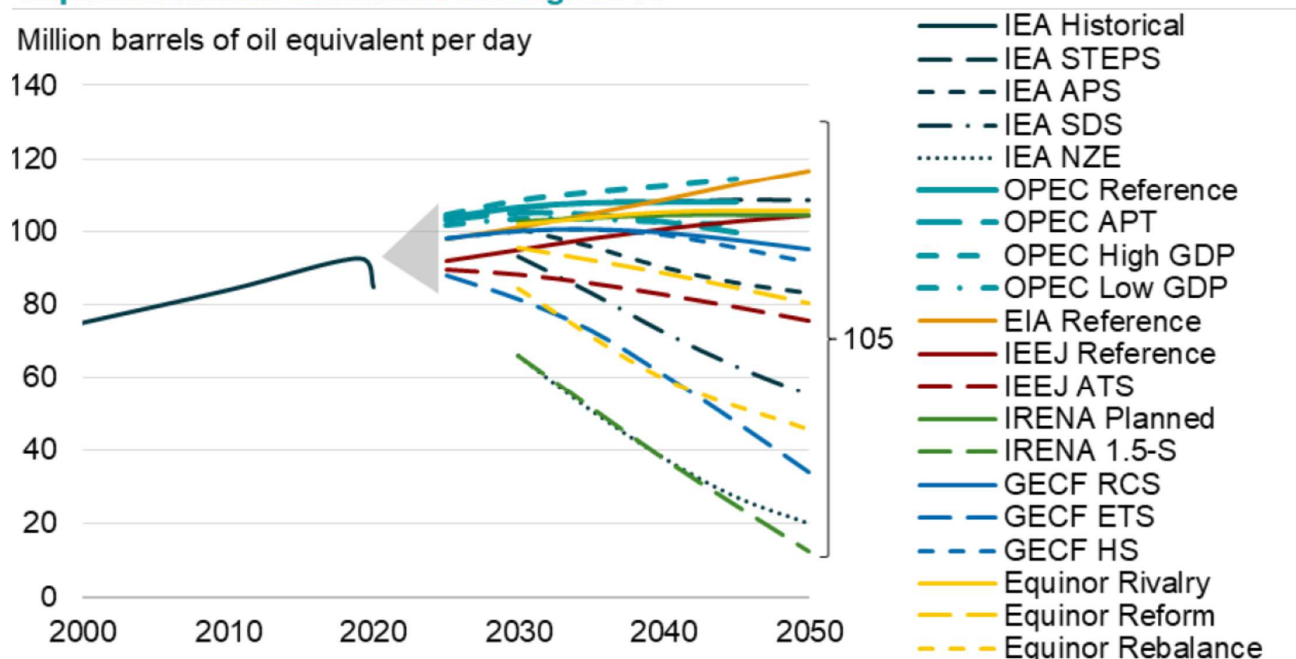
- EUの2050年カーボンニュートラル目標と「グリーンディール」
- 中国、昨年9月に、2060年カーボンニュートラル目標表明
- 日本、同10月に菅総理が2050年カーボンニュートラル目標表明
- バイデン政権発足で米国も2050年カーボンニュートラルへ
- ロシア、サウジ、インドなどもカーボンニュートラル目標発表
- 気候変動対策強化への国際的なモメンタムに影響
- しかしその実現には先進国でさえも大きな課題
- 省エネ徹底+非化石推進、電力化促進+電力の排出ゼロは必至
- 水素・直接大気回収など革新的エネルギー・アプローチが不可欠

IEEJ © 2022年 禁無断転載  
2022年3月7日 小山堅

# 世界の石油需要見通し比較

様々なシナリオで世界の石油需要見通しには大きな差。

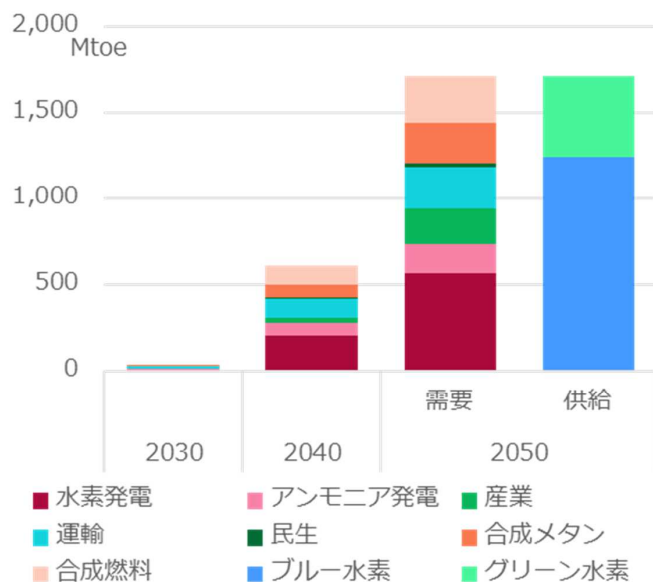
## Liquids Demand Scenarios through 2050



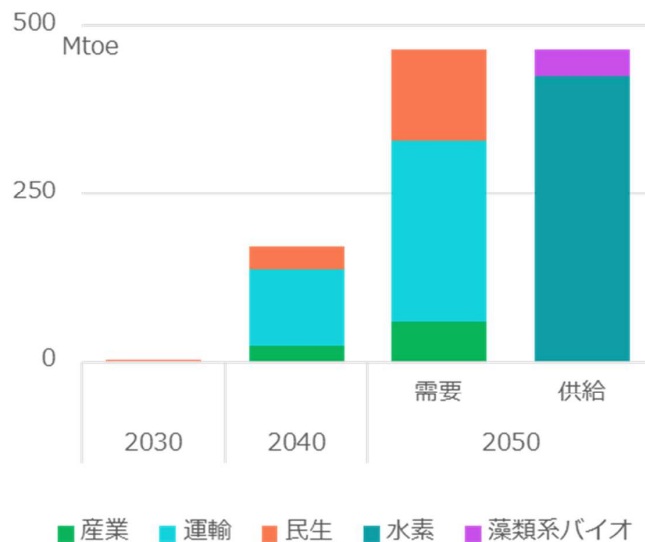
Source: IEA WEO2021 Annex Tables, OPEC WOO2021 Table 3.2, EIA International Energy Outlook 2021; IEEJ Outlook 2022, IRENA World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway and 2021 edition GECF Global Gas Outlook 2050 data provided via internal communication, Equinor Energy Perspectives 2021 Data Appendix.

# クリーン水素を活用する

## ❖ 水素/アンモニア需給の想定



## ❖ 合成メタン/燃料需給の想定



産業・発電などで、燃焼時にCO<sub>2</sub>を排出しない水素/アンモニアを活用する。水素製造は、CCSを利用するブルー水素か再エネを利用するグリーン水素に限定。

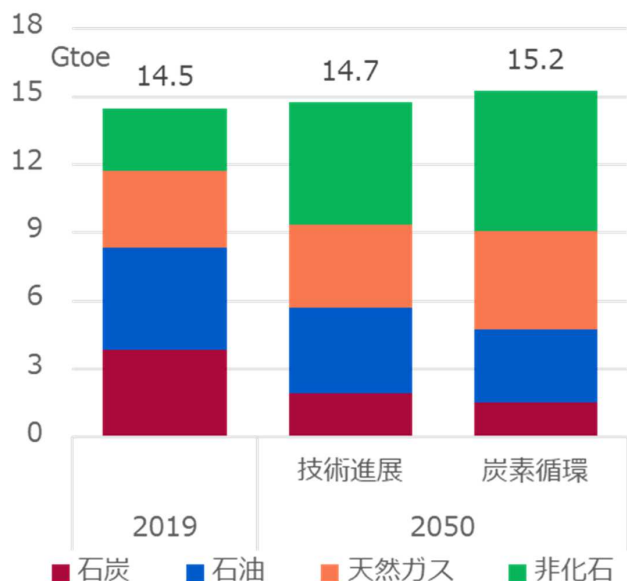
クリーン水素を利用した合成メタン/燃料も、非発電部門での既存インフラを活かして、電力化が難しい用途などで利用する。

IEEJ © 2022年 禁無断転載

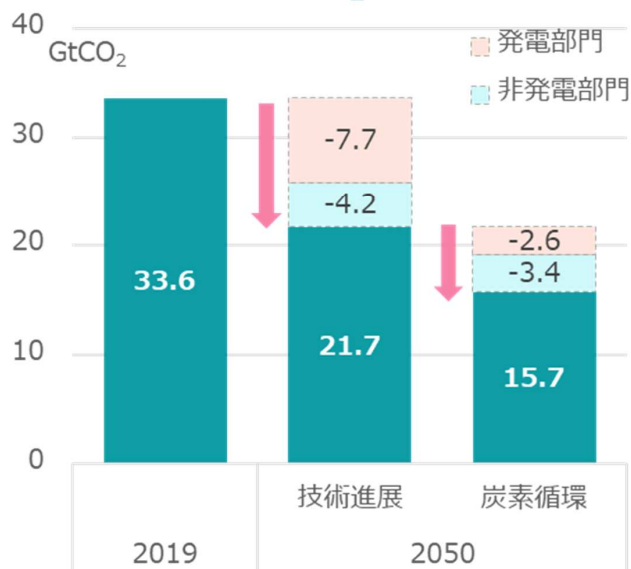
(出所) 「IEEJアウトルック2022」(IEEJ, 2021年10月15日)

# 化石燃料を減らさずに、CO<sub>2</sub>排出を減らす

## ❖ 一次エネルギー需要



## ❖ エネルギー起源CO<sub>2</sub>排出量



炭素循環経済/4Rシナリオの化石燃料消費量は技術進展シナリオとほとんど変わらない。水素製造用の天然ガス需要が増加する。

一方、CO<sub>2</sub>排出量は大きく低下する。排出削減量は非発電部門に重心がシフト。

IEEJ © 2022年 禁無断転載

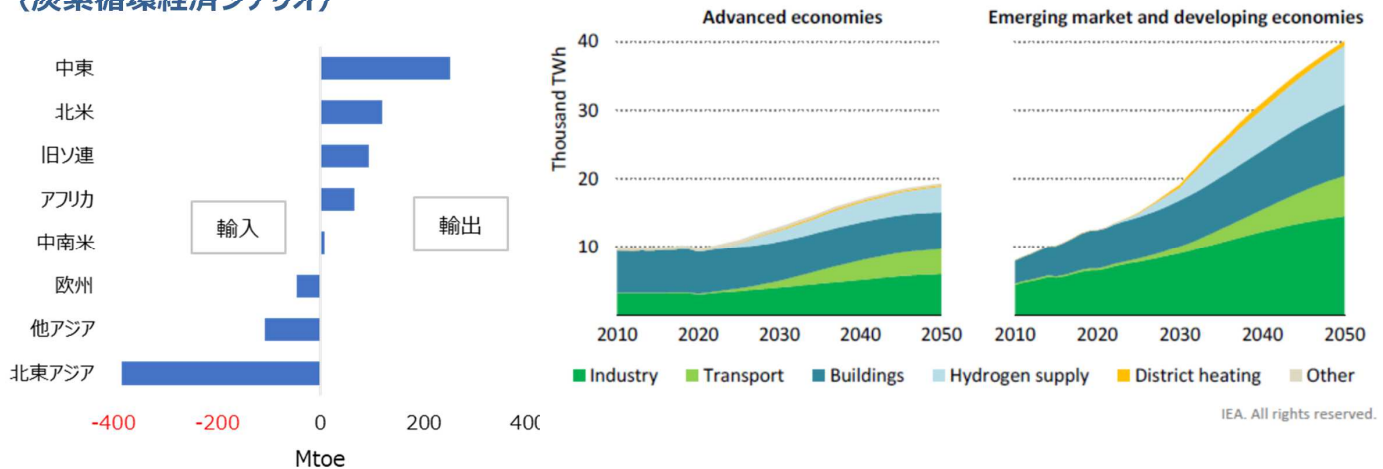
(出所) 「IEEJアウトルック2022」(IEEJ, 2021年10月15日)

## より重層的かつ複雑になるエネルギー安全保障問題

- ・ 移行期には引き続き既存の化石燃料貿易依存のエネルギー需給構造が続く
- ・ 化石燃料への投資抑制で、投資不足となれば市場不安定化へ
- ・ ウクライナ情勢に象徴される地政学リスクの重要性
- ・ 資源国が脱炭素化エネルギーの輸出国に転じれば、現状と同じ構図が残る。
- ・ CNの世界では、電力化が大幅に進展する中で、サイバー防御や再エネの間欠性、慣性力低下、システム改革などの重要課題に同時に取り組む必要
- ・ 再エネの利用拡大や電化と共にクリティカルミネラルの安定供給問題も浮上

❖ 2050年時点の水素貿易バランス  
(炭素循環経済シナリオ)

❖ IEA Net Zeroシナリオにおける電力需要の増加



IEEJ © 2022年 禁無断転載  
2022年3月7日 小山堅

(出所) 「IEEJアウトック2022」 (IEEJ, 2021年10月15日)

出所: IEA, Net Zero by 2050

## 同時多発エネルギー価格高騰とエネルギー市場不安定化

- 原油価格100ドルへ
- 欧州天然ガス価格・アジアLNGスポット価格暴騰
- 石炭価格も大幅高騰
- 欧州（特に英国）の卸電力価格も大幅高騰
- 欧州で深刻化する電力需給逼迫とエネルギー危機への懸念
- 中国での電力不足の深刻化
- コロナ禍の反動：「谷深ければ山高し」
- 市場効率の追求がもたらす供給余力の減少（「余力保持者」の重要性）
- 脱炭素化への取組みがもたらす影響？
- エネルギー全体の需給逼迫連鎖・地政学リスクの影響

## 緊迫するウクライナ情勢とエネルギー地政学

- ロシアによるウクライナ侵攻：力による現状変更と国際秩序への挑戦
- 米欧日による予想を超えた厳しい対露経済制裁実施へ
- 侵攻と経済制裁の下、ロシアの対欧州エネルギー輸出に大規模支障発生の可能性について高まる懸念
- 欧州の高いロシア依存度を考えると、欧州エネルギー市場は一気に不安定化、欧州経済にとっても重大な影響
- エネルギー市場のグローバル化の下で、影響は世界に拡大する可能性
- この地政学リスクで、原油価格・ガス価格には上昇圧力が発生。今後の展開次第で市場不安定化加速の可能性も。
- エネルギー安定供給・安全保障確保は喫緊の最重要課題に

## なぜ、石油は重要なのか

- 最大のシェアを持つエネルギー源
- 交通用中心に多様な用途で利用されるエネルギー
- 国際エネルギー貿易の中心
- 国際・国内エネルギー価格動向の鍵を握る
- 国際市場不安定化の実際の実験
- 国内・国際経済および政治への大きな影響  
(エネルギー地政学の中心的存在)
- **重要な石油の安定供給と気候変動への適切な対応を担う石油産業の重要性と期待される大きな役割**

---

# 2050カーボンニュートラルに向けたセオリー

## —電力の脱炭素化と需要の電化—

竹内 純子

国際環境経済研究所 理事・主席研究員

21世紀政策研究所 研究副主幹

東北大学特任教授

U3Innovations,LLC 共同代表

### 自己紹介：竹内 純子（たけうち すみこ）

NPO法人国際環境経済研究所理事・主席研究員

東北大学特任教授（客員）

U3イノベーションズLLC 共同創業者・代表取締役

<主な公職>

- ・規制改革推進会議委員
- ・産業構造審議会産業技術環境分科会地球環境小委員会委員
- ・水素・燃料電池戦略協議会委員／自動車新時代戦略検討会委員
- ・資源燃料分科会委員／グリーンイノベーション推進戦略会議委員 等

<経歴>

慶応義塾大学法学部法律学科卒業。1994年東京電力入社。国立公園「尾瀬」の自然保護に10年以上携わり、その後、地球温暖化の国際交渉や環境・エネルギー政策への提言活動等に関与。福島原子力発電所事故を契機に、独立し研究職に。エネルギー・環境政策の学際と、それに係る産業の現場を含めた実態、一般の方という三者のコミュニケーションを可能にする「通訳」のような存在を目指している。

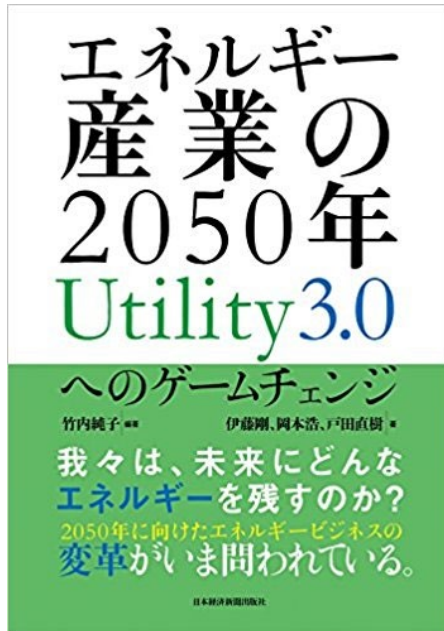
2018年10月、U3イノベーションズLLCを創業。

<主な著書>

「誤解だらけの電力問題」、「エネルギー産業の2050年 Utility3.0 へのゲームチェンジ」、「原発は安全か」、「エネルギー産業2030への戦略 Utility3.0を実装する」など。

# エネルギー産業の将来像

- エネルギー産業のゲームチェンジを進める“5つのD”
- 有効なのは「電源の脱炭素化」×「需要の電化」の掛け算
- 顧客体験の提供／電熱化・電動化・電脳化に日本企業の勝ち筋あり



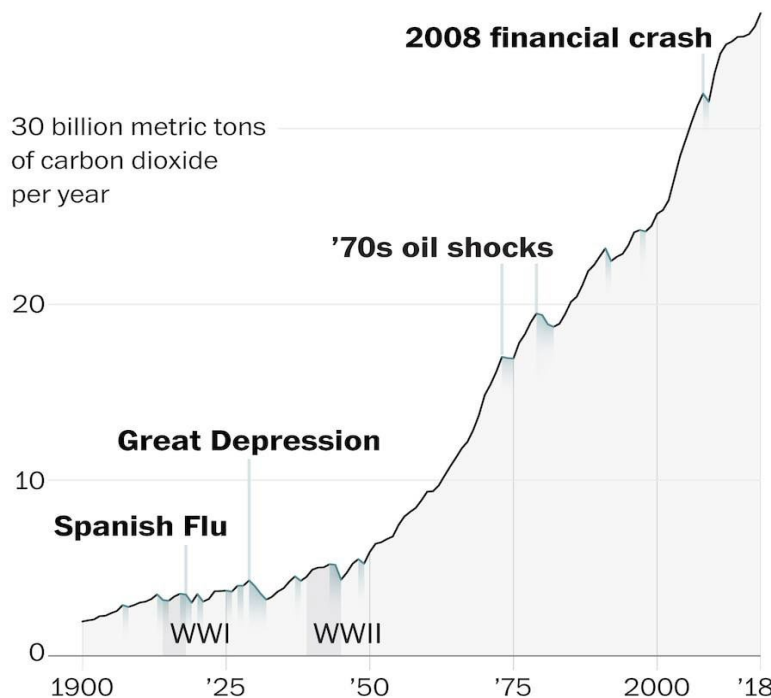
2022/3/1

©2021 U3 Innovations, LLC

3

## 気候変動問題はなぜ解決が難しいのか？

**Global crises have spurred the largest emissions drops**



Source: Global Carbon Project

- 石油危機や、リーマンショックなどの経済危機において、一時的に排出が落ち込むことはあっても、基本的に人類の歴史は、エネルギーを消費し、CO2排出を増やしてきた。

- これを今世紀後半に（あと30～80年以内）実質ゼロにすることが目標。

- しかし、各国がパリ協定の下に提出した目標がすべて達成されたとしてもパリ協定が掲げる2℃目標のパスには不足。

4

# 気候変動問題はなぜ解決が難しいのか

- リオデジャネイロ地球サミット以降、長年国際交渉が続けられているが、基本的には、温室効果ガス排出量は増加の一途。
- CO2削減に効果的なのは、エネルギーに対して税金をかけることで、エネルギー利用を抑制すること。
- しかし、途上国の国民の多くはそうした負担に耐えられない。(先進国でも、困るのは貧困世帯や中小企業など)
- 温暖化対策を「やりすぎ」と、貧困や飢餓の問題に悪影響(IPCC)

1992年 リオデジャネイロ地球サミットで演説するセヴァン・カリス＝鈴木さん



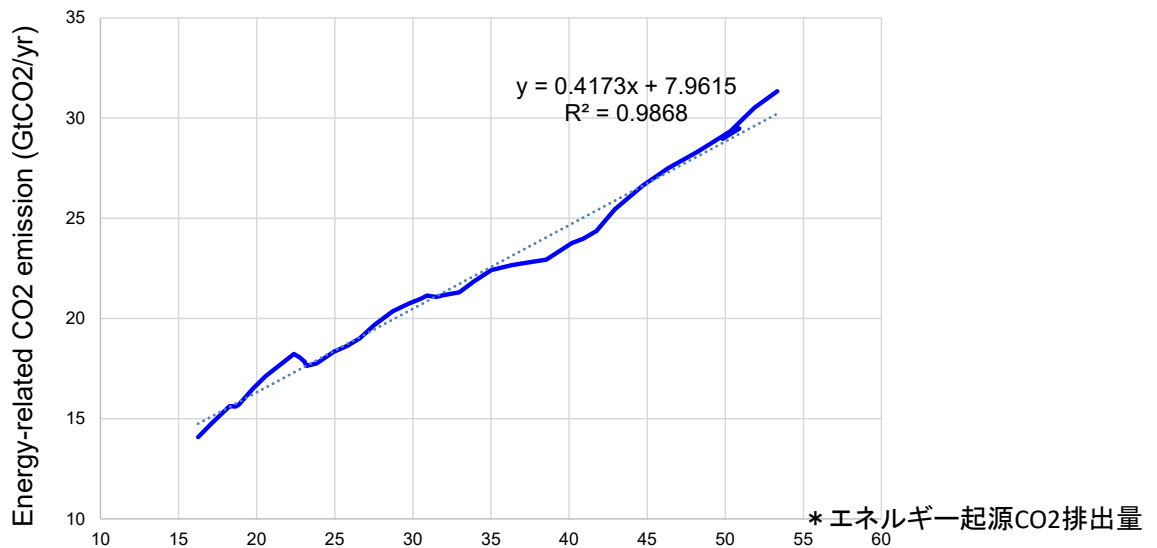
2019年 気候変動対策を求める学生たちの抗議活動



## 気候変動問題はエネルギー問題であり、経済問題である

- GDPとCO2排出量には強い相関関係がある。最近、乖離が生じている事例もあるが、どこまで定着するかは不透明。
- 気候変動問題は環境問題ではなく、経済・エネルギー問題
- 各国とも経済成長への制約を置くことは避けたい&できない。

World



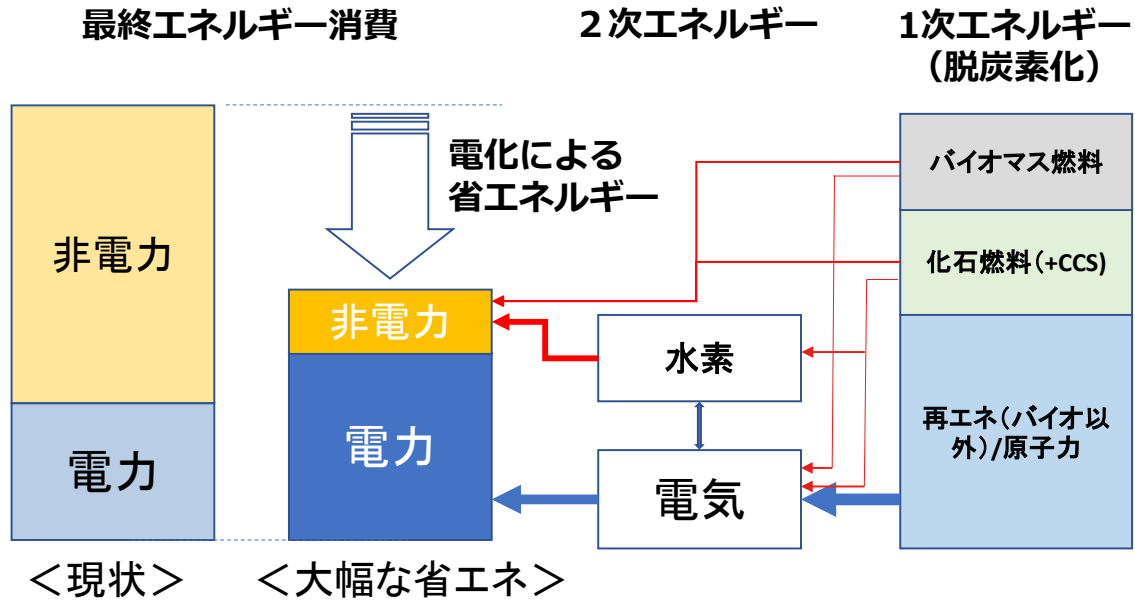
GDP (MER) (trillion US2005 \$)

IEA統計 GDP :Energy Balances of OECD/Non-OECD Countries: 2014 Edition  
CO2 :CO2 Emissions from Fuel Combustion: 2013 Edition



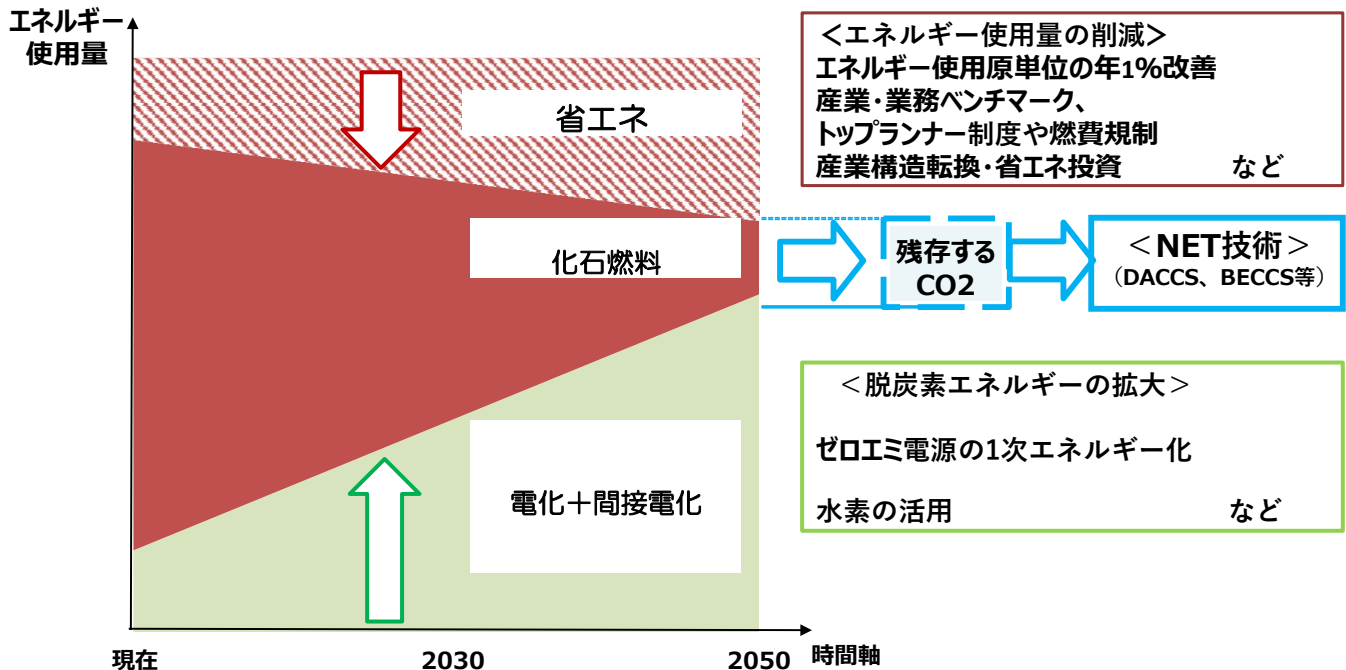
# 大幅な脱炭素化には「電化×電源の低炭素化」

- 大幅な脱炭素への技術的選択肢はそれほどない。
- 有効なのは「電源の低炭素化」×「需要の電化」の掛け算
- 現状、電力に様々な制約を課し、電化を阻害している。



7

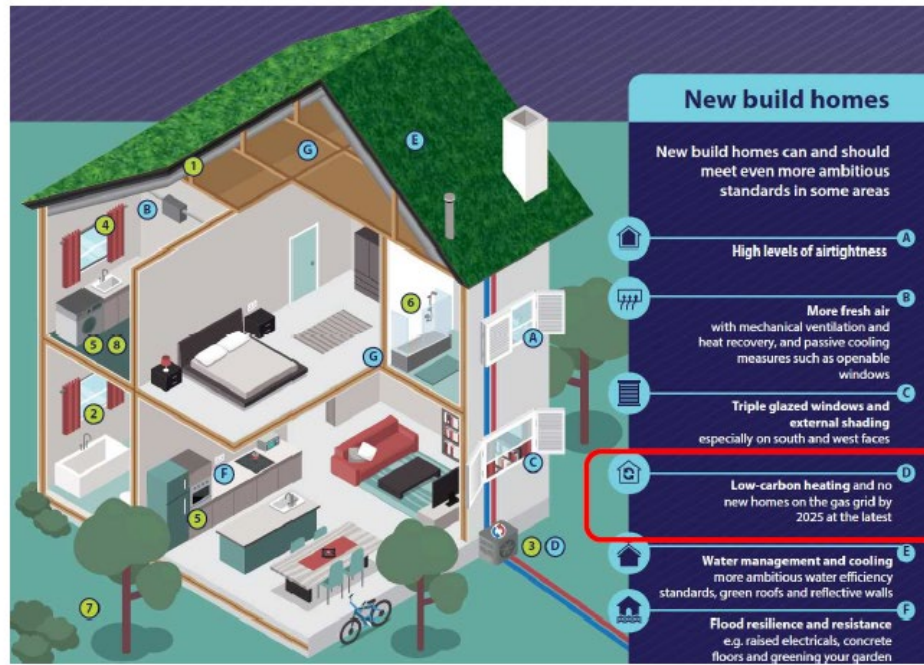
## 脱炭素化に向けた概念図



# 海外でも電化推進が主流

英国政府の気候変動委員会 (Committee on Climate Change) は、2025年以降の新築建築物をガス管に接続を禁じるよう提言。

(参考) 英国CCCによる新築住宅でのガス管不接続

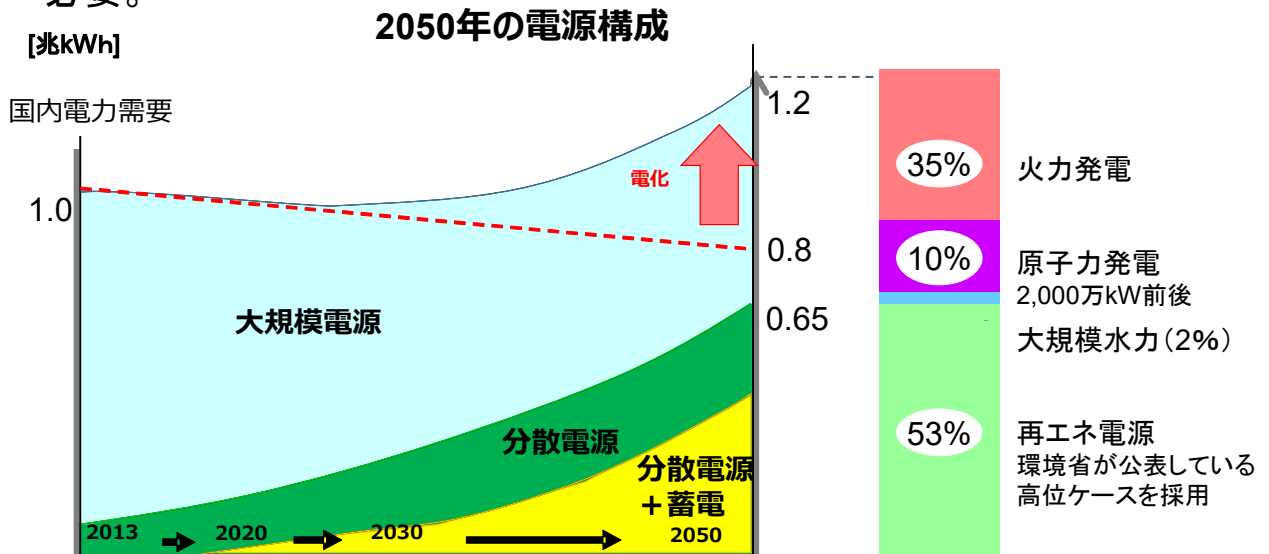


2022/3/1

9

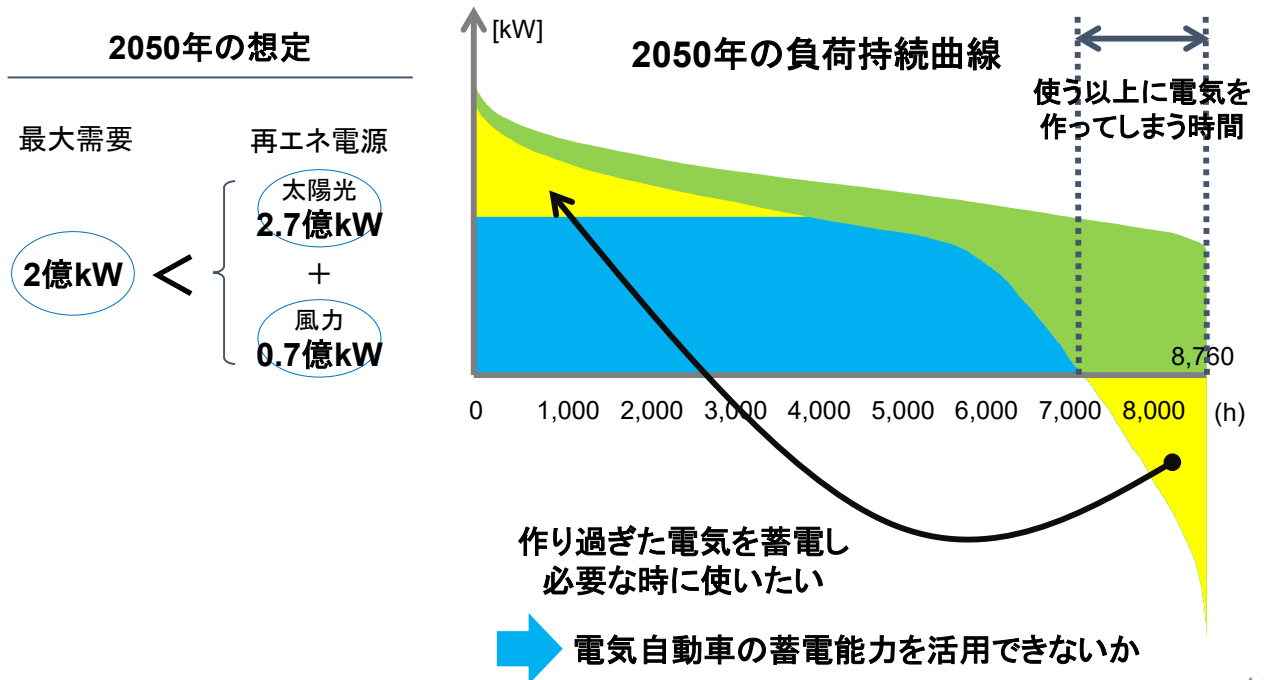
## 2050年の電力需要と電源構成

- 国内電力需要は減少要因(人口減少、経済停滞、省エネの進展等)に任せると、赤の点線のように減少する見通し。
- 一方、増加要因(低炭素化に向けた電化の進展、デジタル化等)を加味すると、2050年には13年比20%増と試算。
- これを下図右のような電源構成で賄うと、**CO2排出量は72%削減**(2013年比)となる。最大限の再エネ導入、一定程度の原子力維持が必要。



# 再エネの普及に向けては調整力確保も必要

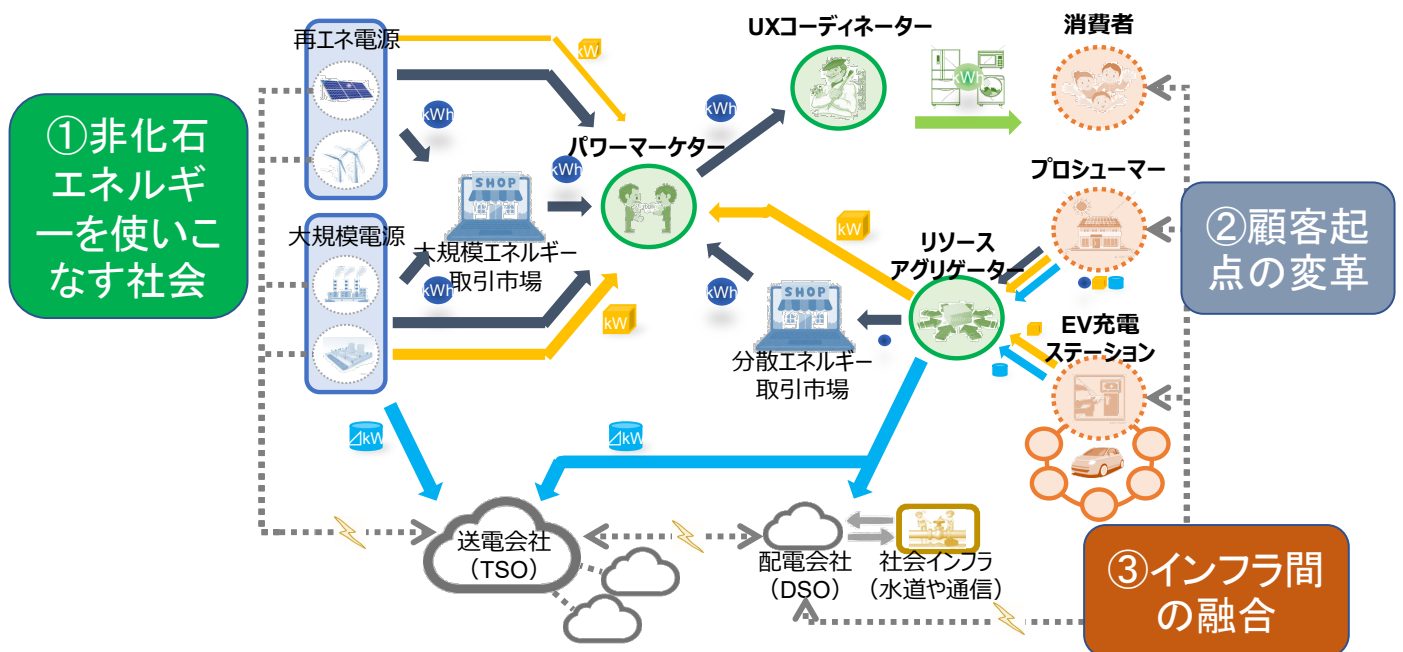
太陽光・風力が「必要とされる以上に発電してしまう時間帯」が多くでる安定供給維持には①再エネの発電を抑制、②どこかに流す、③貯める蓄電技術が進歩し、安価で貯められることが必要。



11

## Utility3.0で起きること

- Utility1.0と2.0の違いは、ネットワークのアンバンドル。しかし3.0は産業の提供する価値そのものが変わる。
- あらゆるものが”CASE化”する。



# 自動車産業から見た カーボンニュートラル燃料の展望と課題

2022年3月7日(月)

(株) SOKEN エグゼクティブフェロー  
(社) 日本自動車部品工業会 JAPIA 技術顧問

古野 志健男

2

## 1. 脱炭素化に向けた自動車産業の潮流

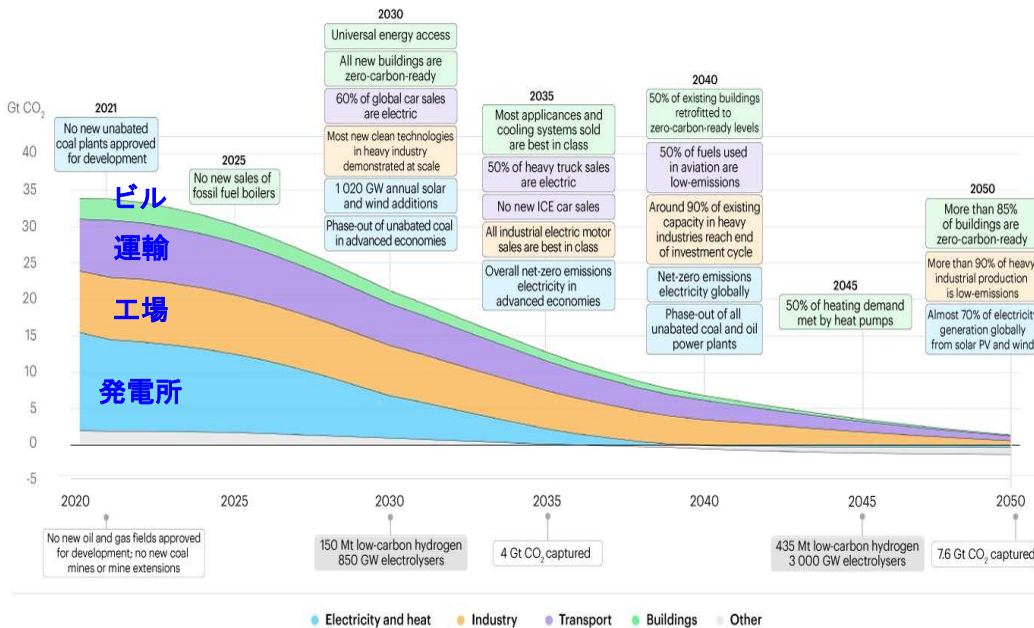
自動車産業もカーボンニュートラル(CN)に向けて舵.....

OEM各社電動車投入計画を加速.....

BEVやバッテリーに多大な投資も、本音は?.....

NZEシナリオの目的: 1.5°C対応策として、COP26ヘインブット

<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>



全セクターで低減必要

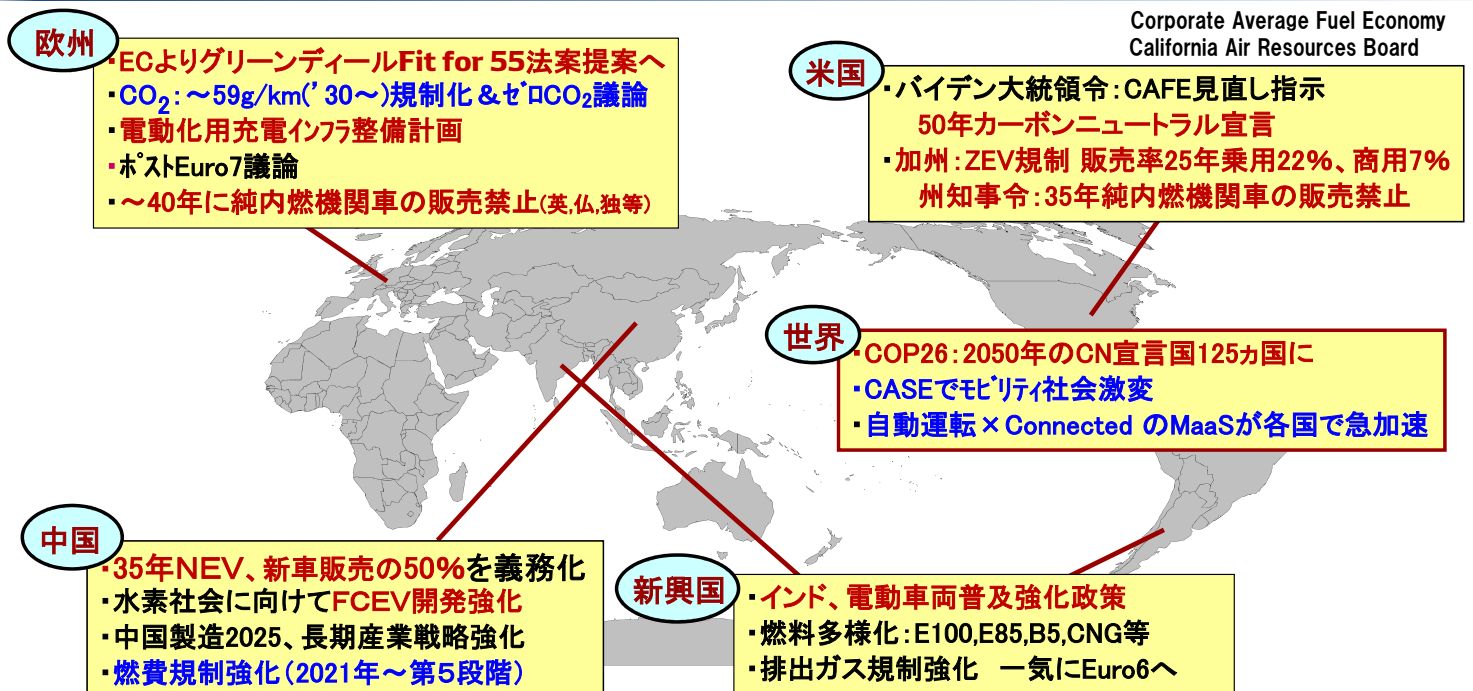
- ・発電所
- ・工場
- ・運輸
- ・ビル
- ・他

主なCO2低減策

- ・エネルギー効率向上、省エネ
- ・再生可能エネルギー増加
- ・CCUS (CO2回収、利用、貯蔵)

シナリオ達成: 各セクターとも大幅に低減必要。⇒ 運輸、台数増加でも大幅低減

## 自動車産業を取り巻く最新の世界動向

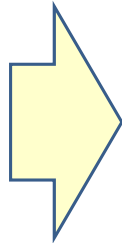


CO<sub>2</sub>/排気規制強化、各国CN宣言で電動車 (BEV) 義務化、CASE (MaaS) が急加速

# グローバルに電動車両へのシフト

## 各国の動き

国名	計画
	30年代半ば: 純内燃機関車の新車販売禁止の方向へ
	35年: 内燃機関車の新車販売の実質禁止法案(w/HEV、PHEV)
	30年: 純内燃機関車の販売禁止 35年: HEV、PHEVも対象か
	40年: 純内燃機関車の販売禁止
	連邦議会は、30年までに内燃機関車の販売禁止案採択
	35年: NEV (PHEV、BEV、FCEV) 新車販売の50%に義務化 35年: 内燃機関車新車販売禁止
米加州	35年: 純内燃機関車の販売禁止。EV、PHV義務化



## OEMの動き

エンブレム: <https://autoc-one.jp/knowhow/5006255/>

OEM	計画
	30年までにBEV350万台販売、bZ4X始め、30車種のBEVを展開。BEV関連に4兆円投資。
	40年までに全ての四輪車をBEVとFCEVのみに 35年に日米中市場でEV/FCVの販売比率80%
	BEVとHEV(e-POWER)の2本柱戦略 30年頃の販売比率をe-POWER=BEV
	35年までに全乗用車をBEV、FCEV化 25年までに30車種のBEV投入
	BEVモビリティ企業に。25年からBEVへ9.5兆円の投資、BEV化50%/25年、70%/30年
	PHEVとBEVの2本柱の電動化戦略 30年までにBEVの販売比率50%へ
	BEVシフト宣言。30年までに新車販売BEV100%。BEV関連に5兆円投資計画

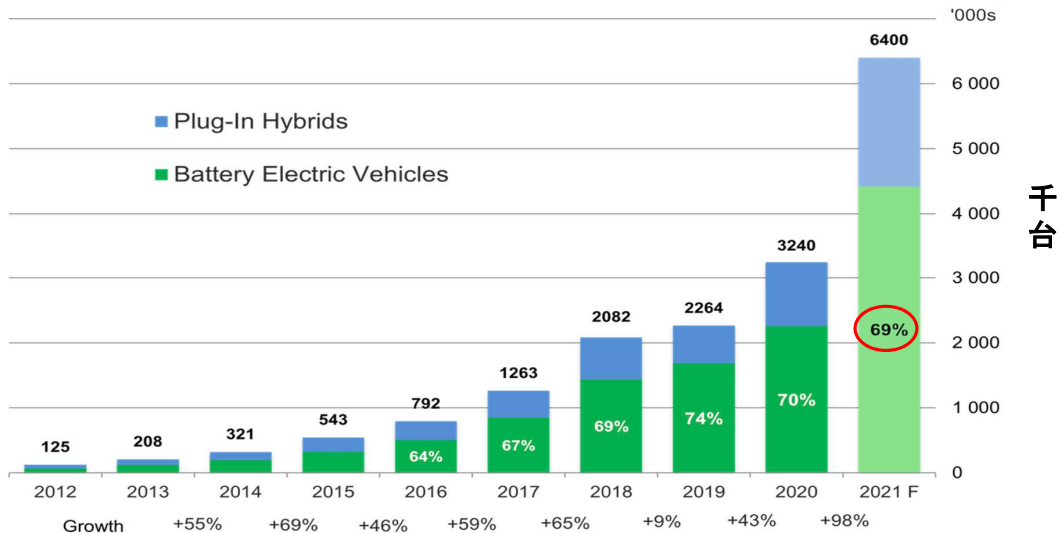
# 世界の電動車(PHEV、BEV)シェアの推移

グローバル: 約倍増 (2020⇒2021)  
中国BEV : 約半数 (2021)

<https://lowcarb.style/2022/02/04/world-ev-ranking-2021/>

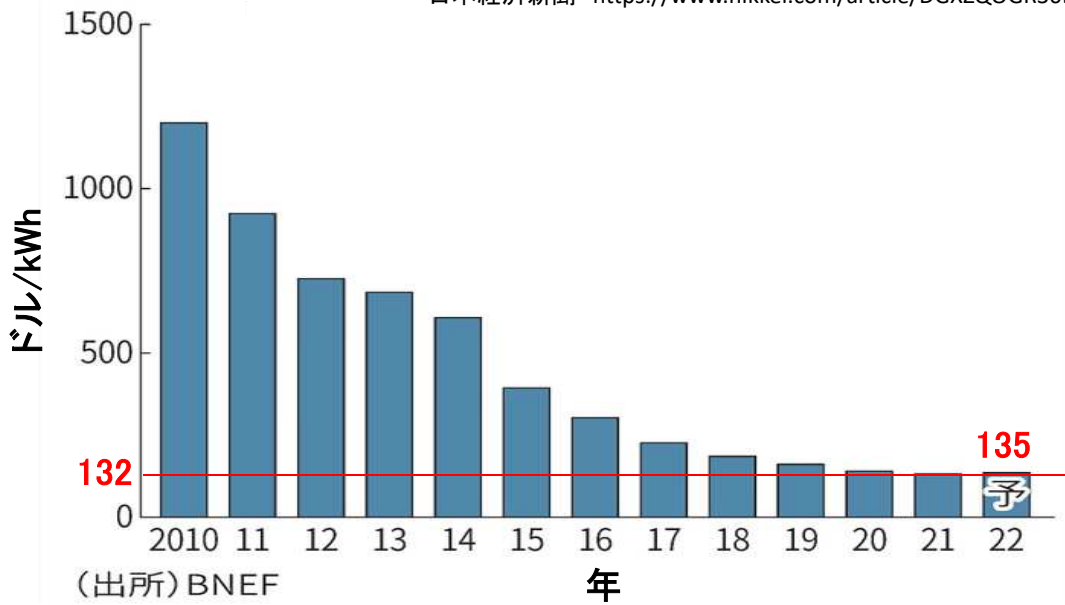
GLOBAL PLUG-IN VEHICLE SALES

世界のBEVシェア: 5.8%



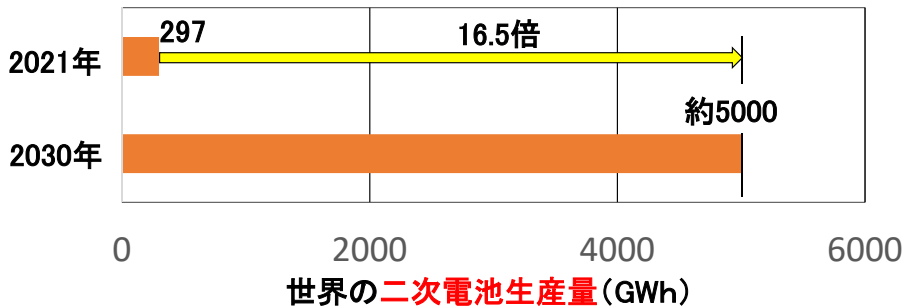
# Liイオン電池価格の推移

日本経済新聞 <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGR30DV60Q1A131C2000000/>



この11年でLiイオン電池価格は約1/10に。ただし近年は鈍化傾向。22年は上昇へ。

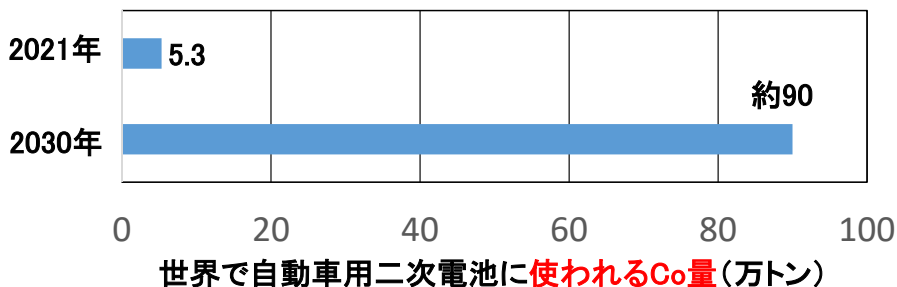
# 電池生産計画の爆発とレアメタルの供給不足



\* Co埋蔵量  
約700万トン

\* 2020年の  
Co生産量  
約14万トン

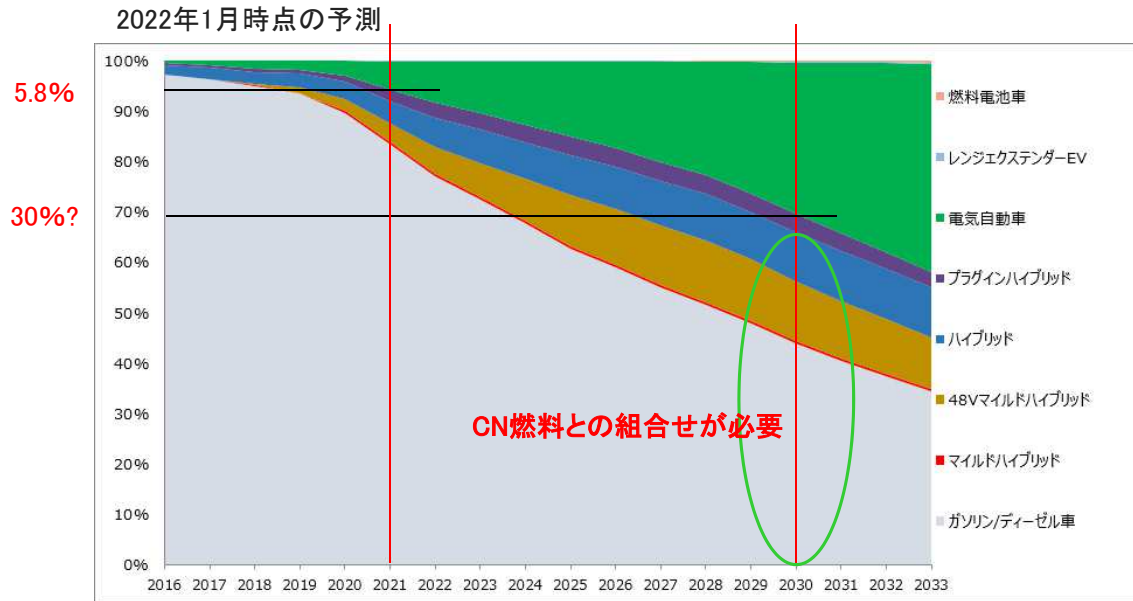
\* 5G用スマホ  
Co23g/台使用



\* Co: 25年～  
供給不足へ

\* Li: 23年～  
供給不足へ

30年の世界生産計画が実施されると、レアメタルが破綻？



## 世界のOEMの本音 (古野個人の推察)

**BEVだけでは、2050年に運輸部門のCNを達成することは不可能**

- CNのためにBEVは必須だが、**収益確保**が容易ではない。 :BEV
- テスラ、GAF A、ソニーなど、家電/IT企業との競争での**差別化**が難しい。
- BEVのバッテリー容量は、**HEVの40倍以上**でコスト、寿命、CO<sub>2</sub>フリーが大変。 :HEV, PHEV
- 航続距離やインフラの心配のない**エンジン搭載電動車**が、まだまだ売れるので何とか売っていきたい。
- 電動車用エンジンの**熱効率向上**もしっかりやっておこう (最大正味熱効率50%以上)。 :DHE
- 長年のエンジン技術を活用できる**CN燃料の普及**はとても重要。 :e-fuel, バイオ燃料
- 自分たちが売った**既販車の排出CO<sub>2</sub>**を低減しないとイケない。



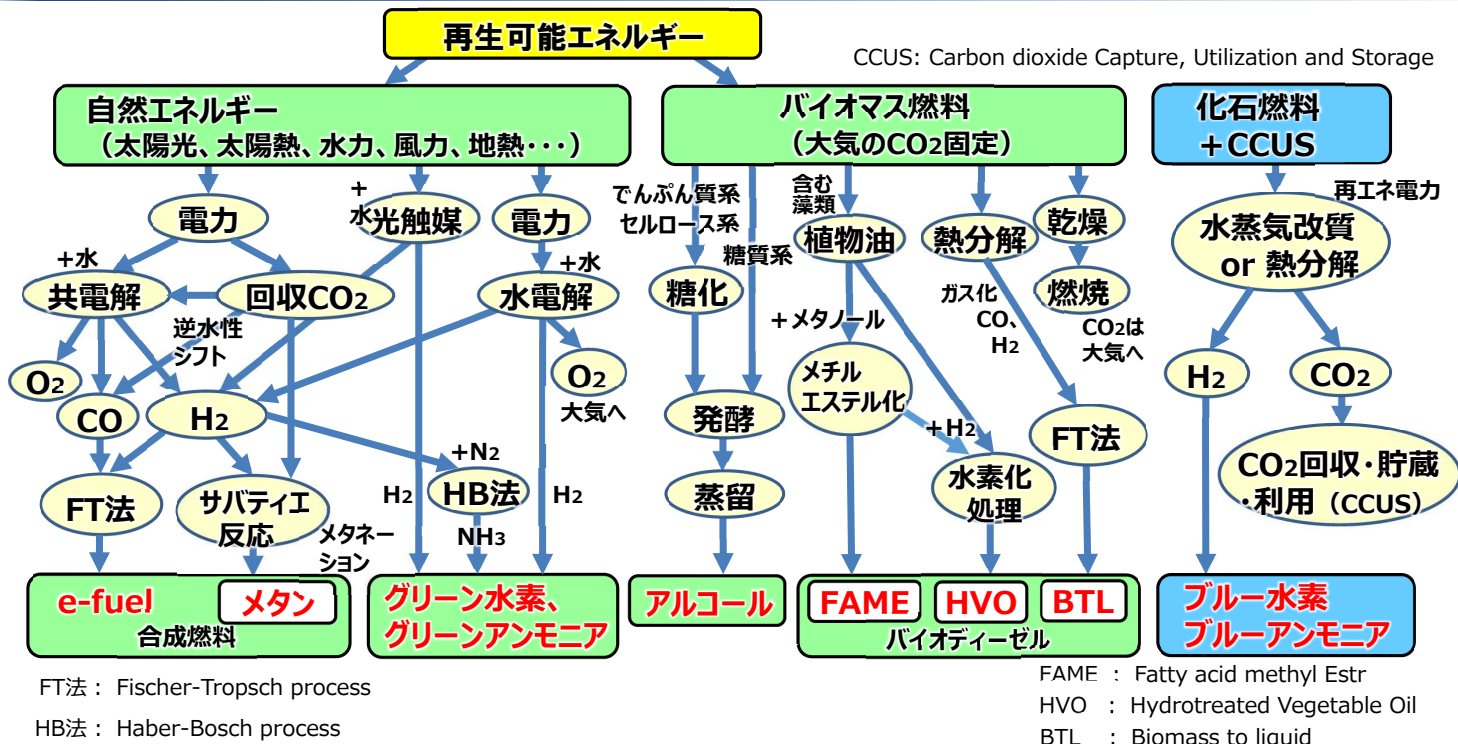
## 2. 世界におけるCN燃料に対する考え

カーボンニュートラル燃料の**必要性**?.....

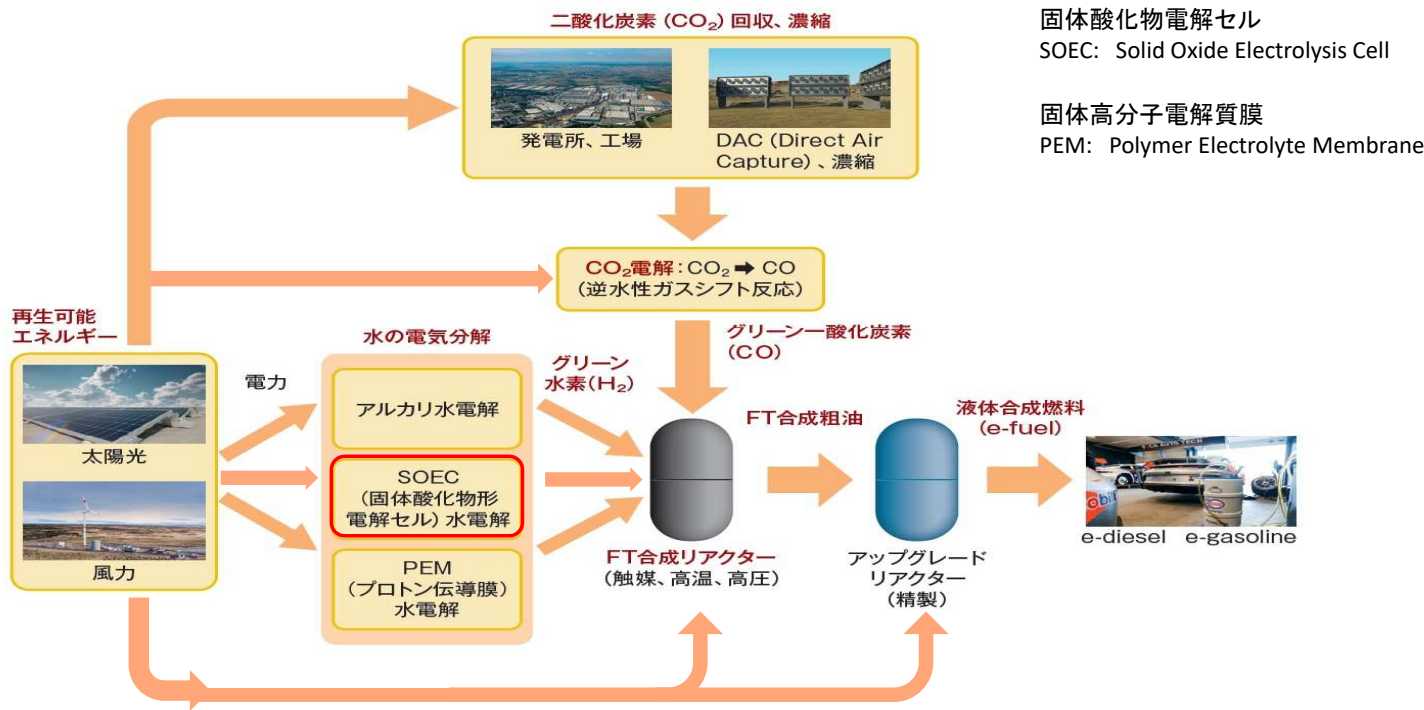
エンジンにCN燃料使うと、  
**LCA視点のCO<sub>2</sub>でどれだけ嬉しいの?**.....

### CN燃料の必要性

- **既販車のCO<sub>2</sub>低減策**: 世界中に14億3000万台(電動車:約12%/21年)
  - \*これら既販車から出るCO<sub>2</sub>低減も必要
  - \*新車のライフサイクル15~20年を考えると、全て電動化シフトまで2050年に間に合わない
- **航続距離心配なし**: 特に、遠出、牽引、寒冷地、砂漠地帯、山岳地域
  - \*バッテリーの質量エネルギー密度が、ガソリン(液体)燃料の5%を越えることはない
- **既存のインフラが活用可能**
  - \*BEV普及時の充電待ちやピーク電力不足を緩和できる
- **災害等非常時**のCO<sub>2</sub>フリー燃料(再生可能エネルギーキャリア)として電気を供給できる



## e-fuelの製造工程 (除くメタネーション)

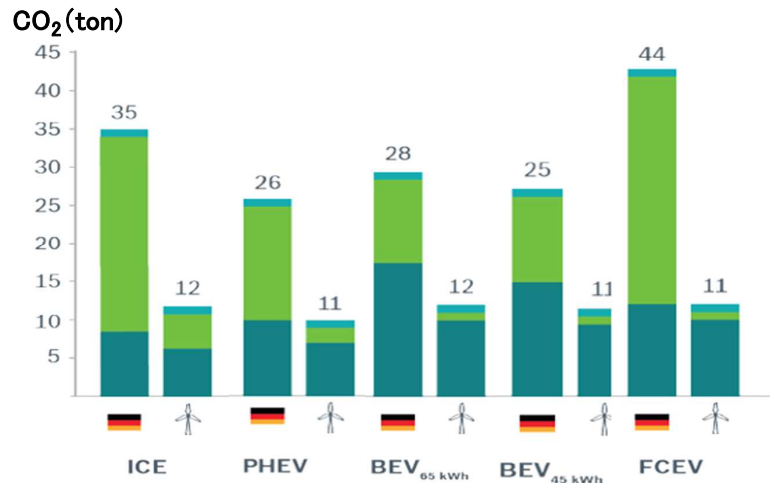


・電動化車用**Dedicated ICE**は、少なくとも**2050年**まで主要な役割を果たす。

・再生可能エネルギーによる**e-fuel**を**Dedicated ICE**と組合せることで  
**LCA視点のCO<sub>2</sub>排出量は、ゼロインパクト**に。

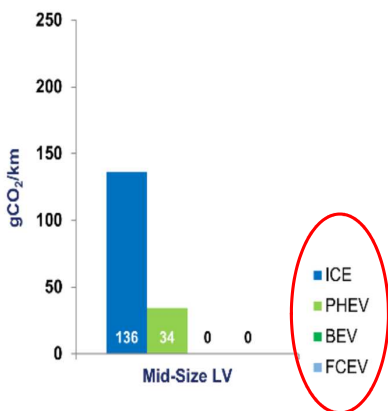
・最新のガソリンICE技術の組合せにより  
排出規制値以下を十分に達成しながら  
**熱効率50%の可能性**を示唆。

・再生可能エネルギーを用いた場合、  
**LCA視点のCO<sub>2</sub>排出量は、ICE、PHEV、  
BEV、FCEVのいずれもあまり差無し。**

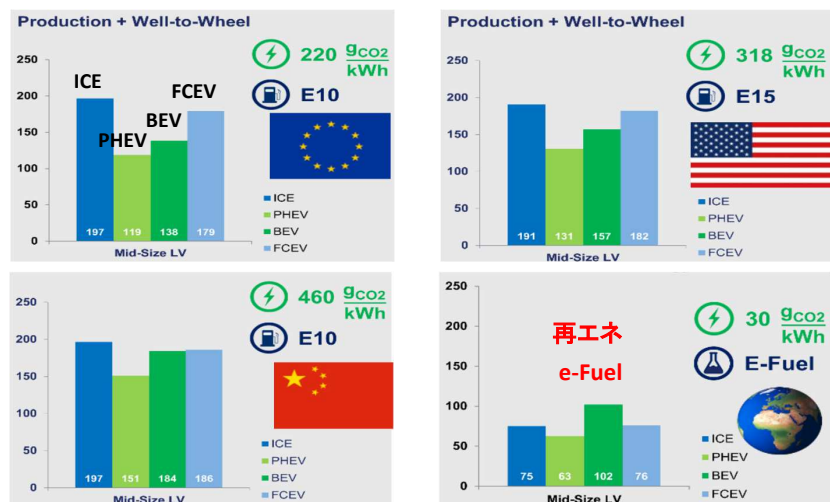


## MAHLE : LCAでのパワトレ毎のCO<sub>2</sub>排出量試算

### Tank-to-Wheel



### LCA (車両製造+燃料製造+車両走行)



- ・低CO<sub>2</sub>に最適なパワートレインは、**地域・エネルギー源により異なる**
- ・多くのアプリケーションの中で、**PHEVがエコなパワートレイン**
- ・持続可能な環境のために、**LCA観点での技術評価がデファクトスタンダード**

## 3. CN燃料普及への課題と可能性

CN燃料普及への課題は?.....

それに対して**世界での最新動向**は?.....

### CN燃料普及への課題

18

- |               |   |
|---------------|---|
| <b>e-fuel</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高コスト: <b>水素価格</b>の低減が重要 (現100円/Nm<sup>3</sup> → 10円/Nm<sup>3</sup>)<br/><b>DACの消費エネルギー</b>大 (現10GJ以上/CO<sub>2</sub>トン → 1GJ/CO<sub>2</sub>トン)</li> <li>・効率化: 水素とCO生成の効率化 <b>SOEC共電解</b>+合成→85%可能<br/>FT合成法での<b>選択性が悪い</b> (複数のHCが合成できてしまう)</li> <li>・生産量: FT合成法の設備が大型化。<b>収率</b>を上げることも重要。</li> </ul> |
| <b>バイオ燃料</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高コスト: <b>非食用先進的バイオ</b>(セルロース系)の糖化(分解)がしにくく、酵素が高価<br/>バイオディーゼルの<b>水素化処理</b>(HVO)や<b>BTL</b>工程が高価</li> <li>・効率化、量: セルロース系バイオエタノールの<b>生産量</b>わずか0.5%</li> </ul>  |
| <b>普及</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・規制: 欧州グリーン・ディールを包括する <b>Fit for 55</b> パッケージ法案の存在<br/>乗用車<b>CO<sub>2</sub>排出▲100%</b>@2035年=TTWで<b>モードCO<sub>2</sub>ゼロ</b></li> </ul>   |

# 日本でのe-fuel価格のケーススタディ

水素価格の目標： 30円/Nm<sup>3</sup>(2030年) → 20円/Nm<sup>3</sup>(2040年)

H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	製造コスト	
100円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ	5.91円/kg × 5.47kg/ℓ		
= 634円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約700円/ℓ
32.9円/Nm <sup>3</sup> + 14.65円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ			
= 301円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約350円/ℓ
32.9円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ			
= 209円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約300円/ℓ
20円/Nm <sup>3</sup> × 6.34Nm <sup>3</sup> /ℓ			
= 127円/ℓ	+ 32円/ℓ	+ 33円/ℓ	= 約200円/ℓ

国内の水素を活用し、国内で合成燃料を製造するケース

海外の水素を国内に輸送し、国内で合成燃料を製造するケース

合成燃料を海外で製造するケース

将来、水素価格が20円/Nm<sup>3</sup>になったケース

水素価格が20円/Nm<sup>3</sup>を達成しても、e-fuelはガソリンよりも高い

# 米国DoEの水素エネルギー戦略

米国(DoE)水素エネルギー戦略: **Hydrogen Program Plan** (2020.11)

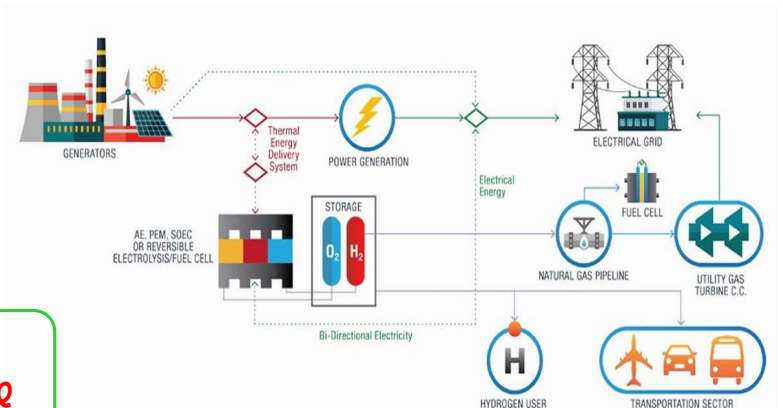
DOE長官ダン・ブレイエット氏:

「水素はアメリカのエネルギー資源を統合する燃料源だ。コスト低減と需要を増加し実用化へ」

2050年: 年間7,500億ドル(86兆円)の経済効果と340万人の雇用

## 5つの主要課題

- コスト削減と製造や変換システムの性能向上
- 水素と従来エネルギーシステムとの統合
- 供給源の集約による大規模化
- 水素による統合エネルギーシステムの開発
- 革新的で新しい価値提案



水素価格目標: 1ドル/kg (= 10円/Nm<sup>3</sup>) / 30  
e-fuel価格に換算: 約130円/ℓ

現在の生産量: 1000万トン / '19 (水蒸気改質法)

# e-fuelプロジェクトの最新動向

21

合成燃料研究会 中間報告 2021.4

組織、国	連携組織	燃料種	レベル	日程、規模、事業費	製造技術
Audi ドイツ	Sunfire Climeworks	e-gas e-diesel e-gasoline	量産 量産化 実証事業	2013年～：e-gas 2017年:e-diesel、40万kL 2018年:e-gasoline、60L	CO2回収 (DAC) FT合成法
Porsche ドイツ	Haru Oni プロジェクト	e-gasoline	実証事業	最下段に同じ	最下段に同じ
BMW、ルノー 欧州	不明	e-fuel	研究開発	2021年～	不明
eFuel Alliance 欧州	142社 (21年マツダ)	e-fuel (液体)	研究開発 ～実証事業	2017年～ ロビー活動が主	自動車、部品、石油 化学、航空、海運
Norsk e-fuel コンソーシアム ノルウェー	Climeworks Sunfire Paul Wurth	e-fuel	実証事業	2023年：1万kL/年 2026年：10万kL/年	CO2回収 SOEC共電解 FT合成法
Nordic blue Crude ノルウェー	Sunfire Norwegian technological University	e-fuel	実証事業	2022年：1万kL/年	CO2回収 アルカリ水電解 FT合成法
Haru Oni プロジェクト (チリ) Siemens Energy ドイツ Porsche ドイツ 電力会社AME チリ	HIF チリ ENAP チリ Enel イタリア ExxonMobile	e-gasoline	実証事業	2022年：13万L/年 (パイロット) 2024年：5.5万kL/年 2026年：55万kL/年	CO2回収 (DAC) Siemens製 PEM型水電解 MTG

# バイオ燃料の最新動向

22

MAHLE, 28<sup>th</sup> Aachen Colloquium, 2019

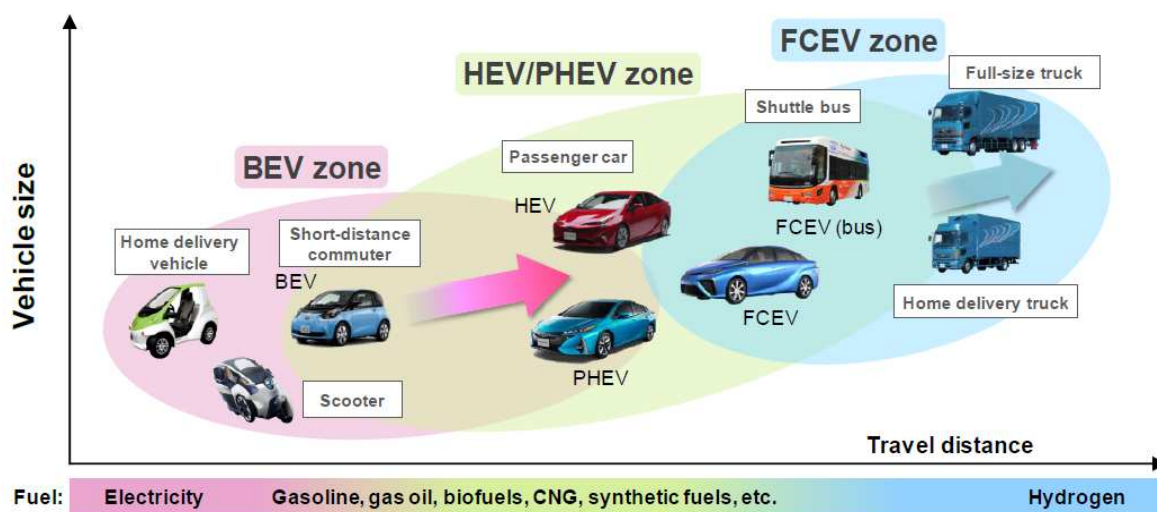
組織、国	連携組織	燃料種	レベル	日程、規模、事業費、技術
Covenant Energy カナダ	Haldor Topsoe	Bio-diesel FAME→HVO	量産	2024年：38万 kL/年 水素生成：H2bridge HVO: HydroFlex
Greenfield Global カナダ	モントリオール港	グリーン水素 Bio-ethanol Bio-Methanol	量産化	海運業界へのバイオ燃料導入でGHG削減
Aemetis アメリカ	Gulf Process Gases Axens フランス	Bio-diesel HVO(Vegan) ジェット燃料	量産	現在： 24.6万kL/年 2022年～： 9.5万kL/年増産 2021～2023年：220億円契約 再生可能燃料サプライヤー
POET アメリカ	Flint Hills Resourcesの バイオ関連事業買収	Bio-ethanol	量産	生産能力40%強化 1140万kL/33年間 (=平均34.5万kL/年)
Cargill アメリカ	インドネシアで建設中	パーム油	量産化	2022年後半稼働
Oak Ridge Nat. Lab. アメリカ	DoE	ジェット燃料 SAF	研究開発	EthanolからC3+オレフィン 生産用触媒開発
Co-Optima アメリカ	DoE、 米国国立9研究所、 企業等20以上の組織	Bio燃料と エンジン研究 4件に100万ドル	研究開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>重量ガソリン車用バイオ燃料</li> <li>バイオ燃料の最適配合比</li> <li>中量車用エンジン燃焼</li> <li>バイオ燃料アンチノック解析</li> </ul>

- 2050年CNを目指して、世界中の取組み**急加速**、**CO<sub>2</sub>規制**も強化
- 必須事項: ① **低コスト高効率な再生可能エネルギー生産増強**  
 ② **CO<sub>2</sub>回収/貯蔵/利用(DAC、CCUS、e-fuel)**
- OEMの表向き戦略: **電動化**、特に**BEVに舵**、**BEV & バッテリーへの投資急増**  
**バッテリー調達確保のために各社グループ内製(調達)**
- 課題
  - 世界的に廉価な**再生可能エネルギー量**がまかなえるか?
  - 世界的に廉価な**多くのバッテリー**が作れるのか? (レアメタルが足りるのか?)
  - 利便性のある**充電ステーション**や**水素ステーション**の**インフラ**が十分に整うか?
  - 多くの**エンドユーザー**が**BEV/FCEV**を買ってくれるか?
- 多くのOEMは、**BEVだけでは50年に運輸部門のCNを達成することは不可能**との認識  
 上記リスクに対し**低CO<sub>2</sub>排出の内燃機関搭載電動車**も用意 (高効率DHE、e-fuel、バイオ、水素)

## 将来に向けたパワートレインの方向性

カーボンニュートラル  
ゼロCO<sub>2</sub>に向けて

- **エンジンは存続**するが、電動化に最適な姿**DHE**に**進化**、**台数は減少**
- 内燃機関は**CN燃料(水素、バイオ燃料、e-fuel)**との**組合せ**
- 電動化パワートレインのシステムは、**多様化、適材適所、全方位**





# 石油連盟

---

サステイナブルな石油