

国内外の政策動向と大幅削減への長期戦略シナリオ

Policy trends of Japan and the world, and scenarios of long-range strategy for deep CO₂ emission reduction

山地憲治 Kenji YAMAJI, Director-General

(公財)地球環境産業技術研究機構(RITE)理事・研究所長

Research Institute of Innovative Technology for the Earth

平成30年度 ALPS国際シンポジウム
ALPS International Symposium (FY 2018)

2019年2月19日 Feb.19, 2019

@虎ノ門ヒルズフォーラム、東京

@Toranomom Hills Forum, Tokyo

気候変動対策の国内外の動向

パリ協定(全ての主要国が参加する2020年以降の国際枠組) :
採択(2015) → 発効(2016) → 実施指針決定(2018 ; 市場メカニズムは先送り)

IPCC 1.5°C特別報告(2018) : 2050年頃に正味排出ゼロが必要

第5次エネルギー基本計画閣議決定 (2018年7月) :
2030年目標(target)は維持、2050年ビジョン(goal)へは複線シナリオ

今後のスケジュール :

2019年6月 : **G20日本開催、わが国の長期低排出発展戦略提出?**

2019年11月(COP25) : 市場メカニズムのルール合意 (目標)

2020年11月(COP26) : 2030年目標(NDC)提出期限、途上国資金支援検討開始

2020年11月 : 米国大統領選挙、米国脱退可能日、(前期にG7米国開催)

2022年11月 : グローバルストックテイク(長期目標進捗評価)の技術的評価

2023年12月頃 : グローバルストックテイクの結果検討(ハイレベルイベント)

2024年末 : パリ協定に基づく隔年報告書 (初回) 提出期限

2025年 : 第2回約束草案(NDC)提出期限

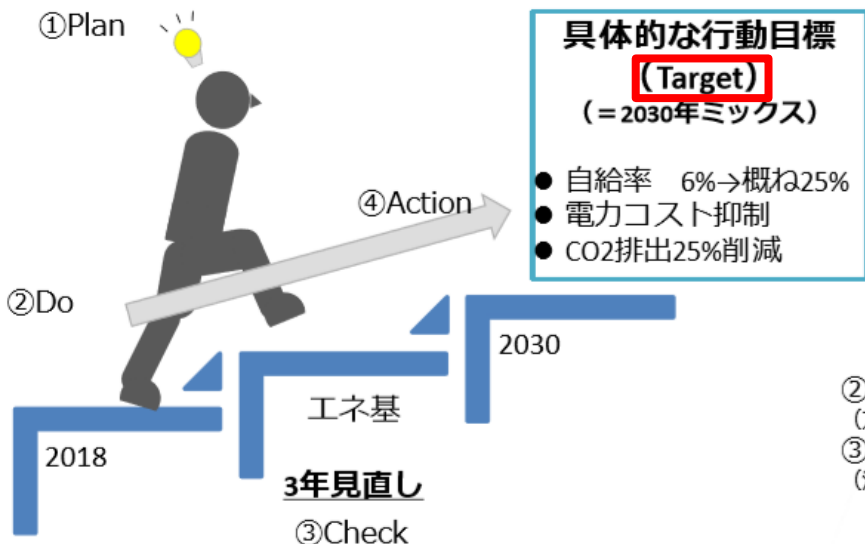
エネルギー情勢懇談会での議論：2030年と2050年

- 相応の蓋然性をもって
予見可能な未来
(予見性⇔現実的)
- インフラ・システム所与
 - ✓ 既存の人材
 - ✓ 既存の技術
 - ✓ 既存のインフラ

- 不確実であり、それゆえ
可能性もある未来
(不確実性⇔野心的)
(VUCA : Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity)
- インフラ・システム可変
 - ✓ 人材育成
 - ✓ 技術革新
 - ✓ インフラ更新

実現重視の直線的取組
(PDCAサイクル)

多様な選択肢による
複線シナリオ
(OODAサイクル)



2030年エネルギーミックスは第4次エネルギー基本計画を維持

<3E+Sに関する政策目標>

自給率 (Energy Security)

震災前(約20%)を
更に上回る概ね25%程度

電力コスト (Economic Efficiency)

現状よりも引き下げる

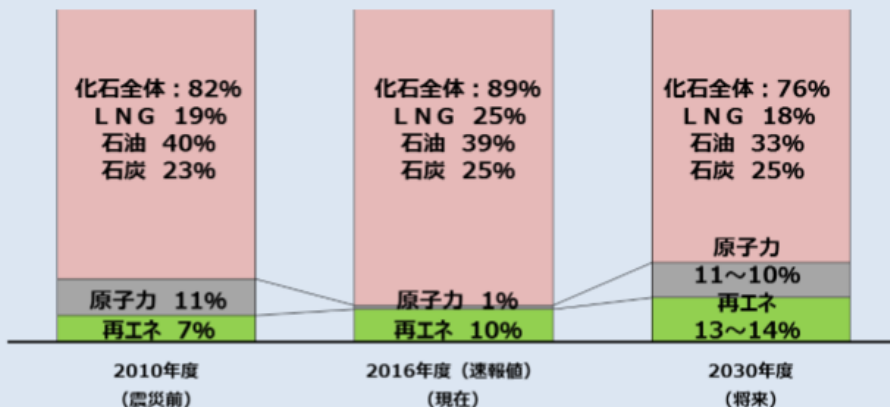
温室効果ガス 排出量 (Environment)

欧米に遜色ない
温室効果ガス削減目標

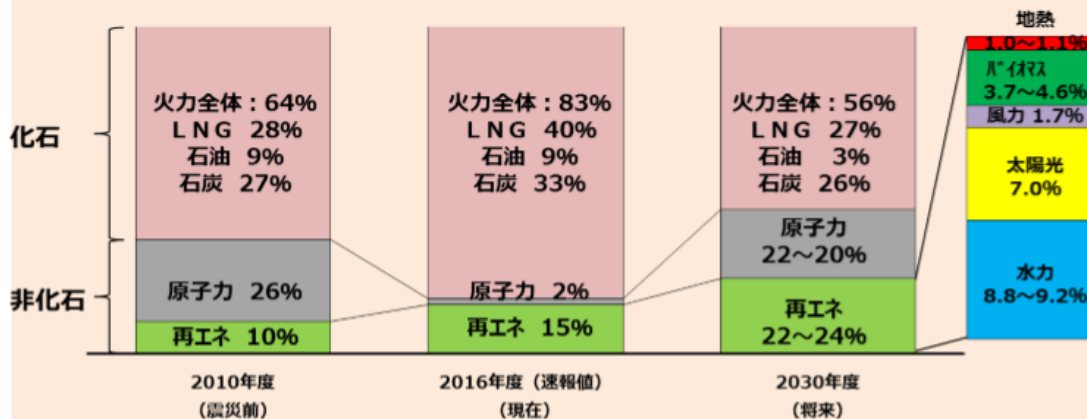
安全性(Safety)

安全性が大前提

一次エネルギー供給



電源構成



2050年に向けた方向性

—エネルギー情勢懇談会 提言のポイント—

5

- **可能性** ➡ **野心的シナリオ** 「エネルギー転換、これによる脱炭素化への挑戦」
脱炭素化への挑戦を主要国も主要企業も標榜
エネルギー転換に向けた国家間の覇権獲得競争の本格化
- **不確実性** ➡ **複線シナリオ** 「あらゆる選択肢の可能性を追求」
他方で、非連続の試み、主要国は野心的だが決め打ちなし
再エネ一本のドイツより全方位の英国、仏などが優れた成果
経済的で脱炭素の完璧なエネルギーがない現実
電源別コスト検証から脱炭素化システム間のコスト・リスク検証へ
- **不透明性** ➡ **科学的レビューメカニズム** 「最新情勢で重点をしなやかに決定」
地政学情勢、地経学情勢、技術間競争の帰趨は全て不透明
常に技術と情勢を360度観察し、開発目標と政策資源の重点を設定
一度定めた重点を、更なるレビューメカニズムで修正・決定
- **複雑で不確実な環境でのエネルギー転換** ➡ 「3E+S」の要請を**高度化**
 - **安全最優先** ➡ 技術とガバナンス改革による**安全の革新で実現**
 - **資源自給率** ➡ **技術自給率向上+選択肢の多様化確保**
 - **環境適合** ➡ **脱炭素化への挑戦**
 - **国民負担抑制** ➡ **自国産業競争力の強化**

5

第一の柱

野心的な複線型シナリオ

- 再エネ主力化で原発依存度低減
- この中でも全選択肢の可能性を追求

To 2030年 → 電力ZE44 & 省エネ30

● 単一ターゲット = 30年ミックス

- 電力のゼロエミ44%
- 省エネ効率3割UP

● 30年必達 & 前倒しから50年へ開発リード

- コスト一定下でCO2▲26%、ここから▲80%へ

● 技術に基づく3E+Sへ

- 安全 → 技術で安全向上
- 安定供給 → 技術でエネルギー安保
- 環境 → 技術で脱炭素化へ
- コスト → 技術で産業競争力強化

To 2050年 → ZE80 & ネガエミ

● 複数シナリオ = 科学的レビューで決定

電力システム

- 再エネ・蓄電貯蔵
- 再エネ・水素化orメタン化
- 化石・CCS・水素化orメタン化
- 海外再エネ・水素化orメタン化
- **次世代原子力（小型炉など）**

熱システム

- 電化
- 水素化orメタン化
- 次世代産業熱システム

輸送システム

- 電化
- 水素化
- 自動化

分散エネルギーシステム化

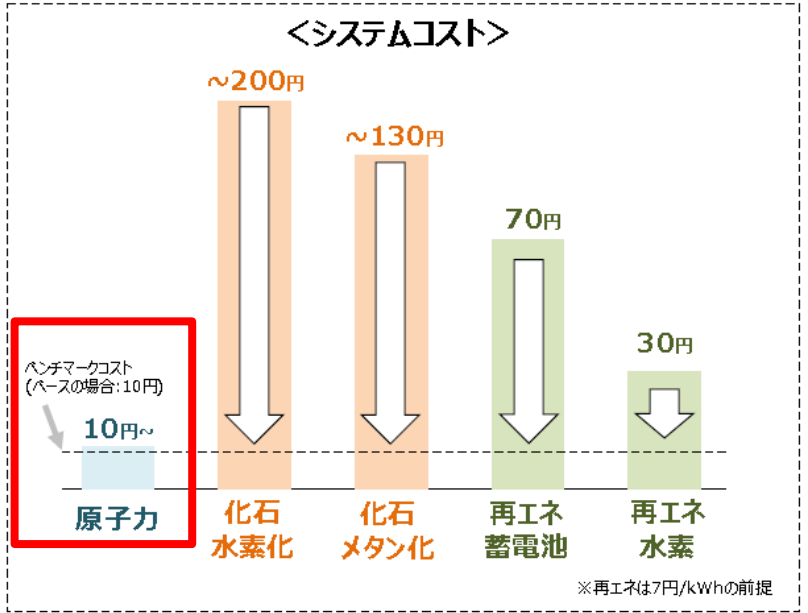
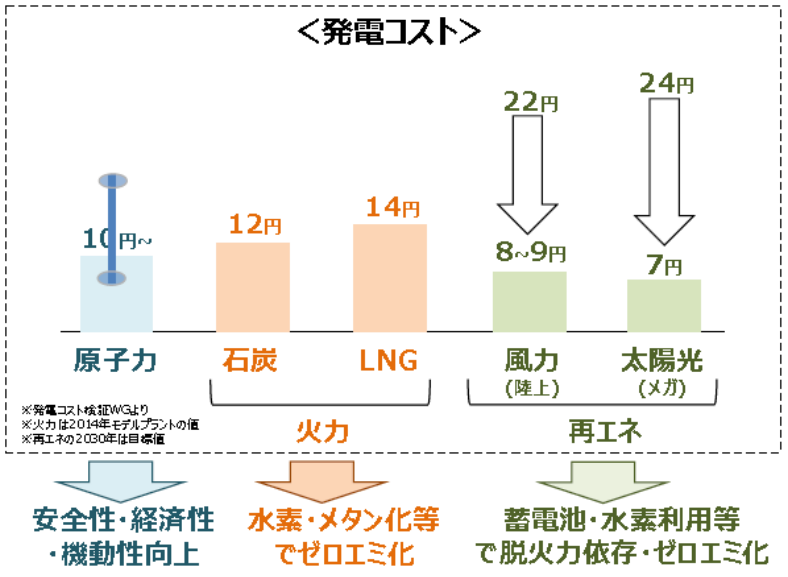
- 需要近接電源 & 小型蓄電 & IOT

第二の柱 科学的レビューメカニズムの導入

最新技術と情勢を見てエネルギー選択の重点を決定

四角形の領域切り取り(R)

発電コストからシステムコスト検証へ



30年=単一ターゲット(ミックス)→必達
既存技術→安全確保・コスト維持・自給率↑・▲26%

50年=複線シナリオ→総力戦対応・即着手
革新技術→安全革新・競争力↑・安保・▲80%

エネルギー転換のための科学的レビュー @ 2~3年ごとに
情勢見極め(技術・地政学) → 重点の決定

第三の柱 包摂的な総力戦→世界、金融、産業と同調して実行

レビューサイクル

レビュー → プロジェクト・国際連携・金融対話・政策 → 構造転換

エネルギー
ビッグデータ



科学的レビュー
メカニズム



エネルギー選択
の重点の決定

エネルギー転換・脱炭素化プロジェクト → 産官学連携

(システムコスト検証で技術の成熟度を統一的に把握)

再エネ
蓄電

化石
水素

次世代
原子力

産業
プロセス



分散

エネルギー転換・脱炭素化国際アライアンス → 資源国・新興国・先進国連携

エネルギー金融対話 → 金融との連携

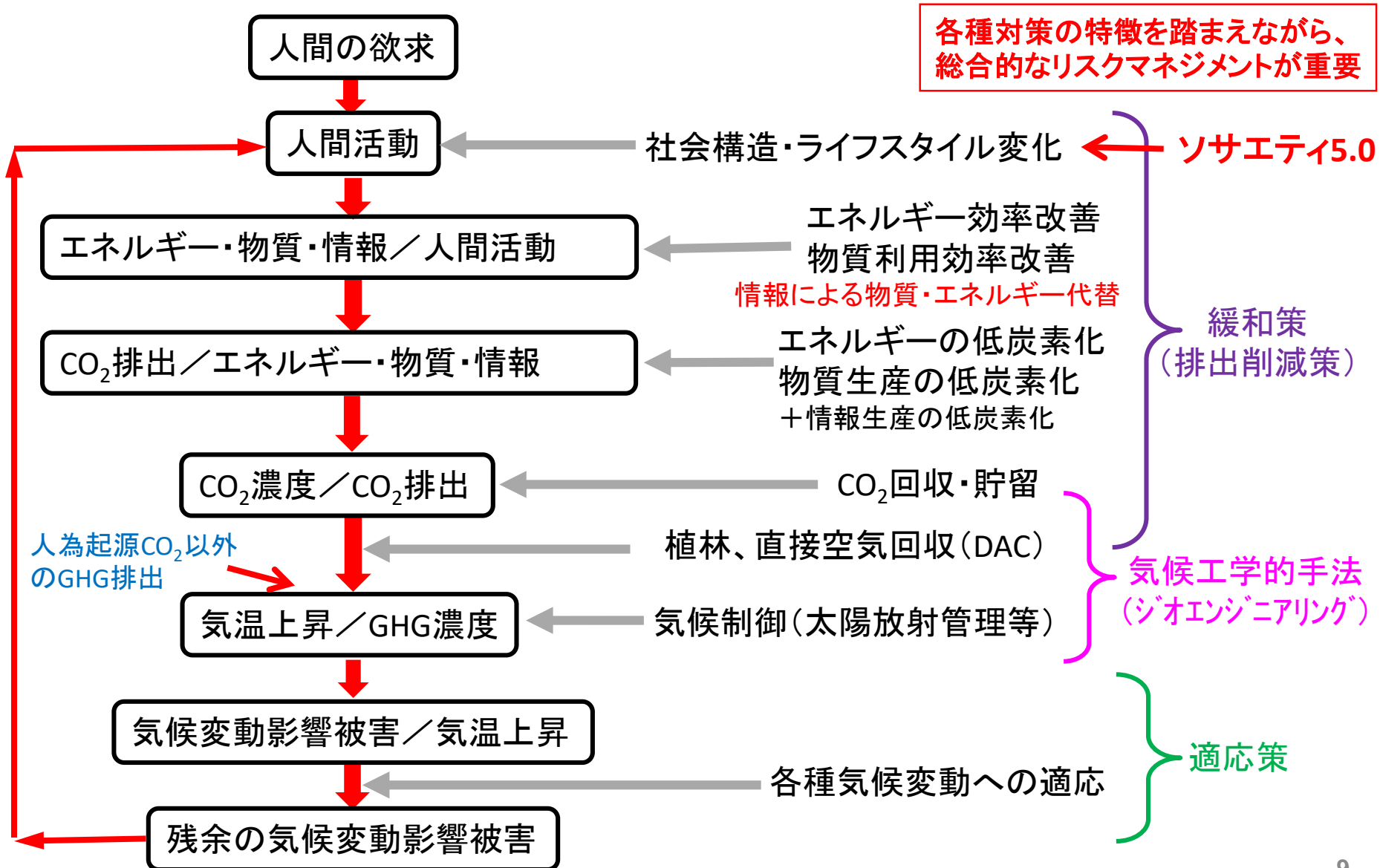
エネルギー転換・脱炭素化政策

エネルギー
産業の強化

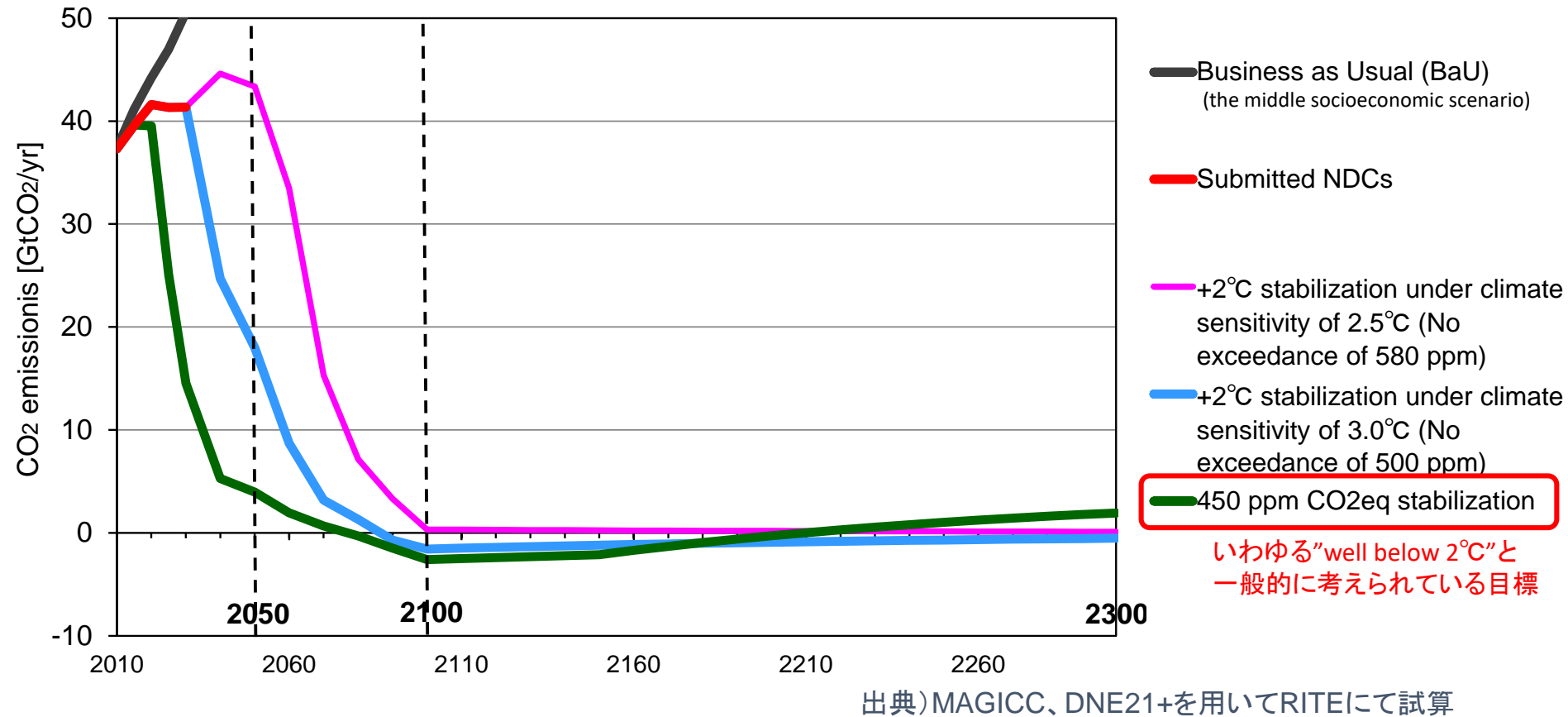
エネルギー
インフラの再編

エネルギー
システムの構造改革

地球温暖化対策の基本構造



各シナリオのCO₂排出量推移(～2300年)

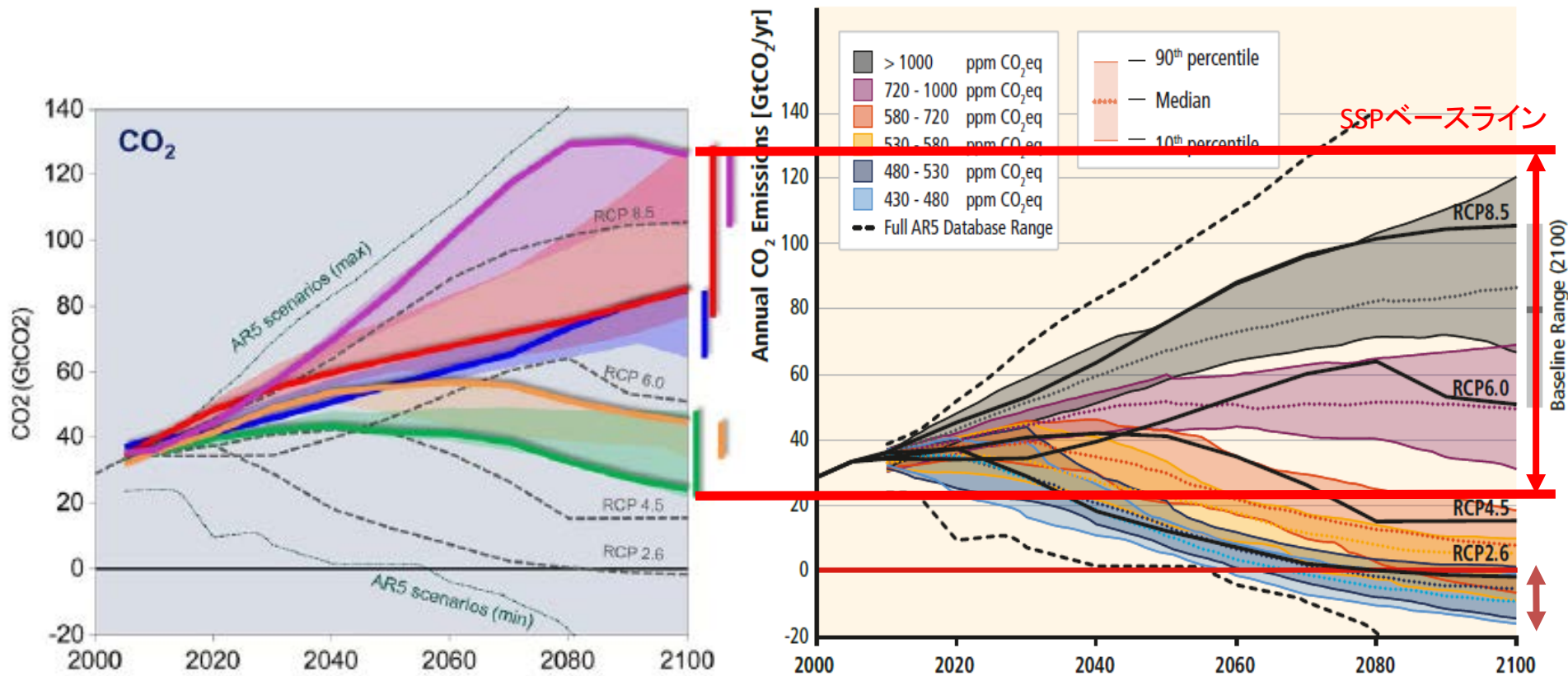


- いずれの排出経路をとっても、長期的(2100年以降)にはCO₂ゼロ排出は必要
- 一方、2050年頃にかけては、2°C目標としても、気候感度の不確実性で許容される世界排出量には大きな幅が生じる。不確実性を適切にマネジメントしながら、長期的に必要な正味ゼロCO₂排出に近い要求を満たすような技術、社会のイノベーションを進める必要あり。

将来社会経済シナリオ (SSP) と2°C目標の関係性

SSP: Shared Socioeconomic Pathways

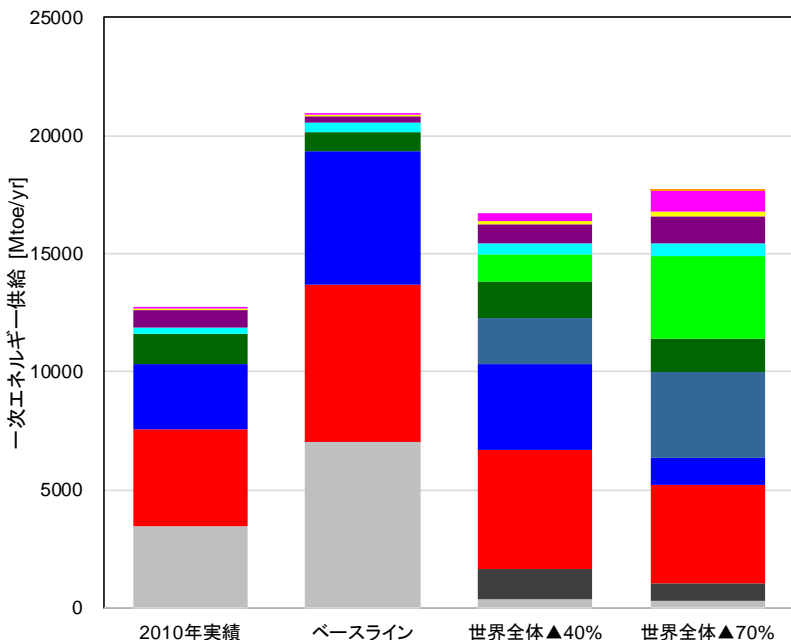
Total CO₂ Emissions in all AR5 Scenarios



2°C目標 (>66%、>50%)

- ベースライン(社会経済の動向)の方が圧倒的に大きな不確実性あり。
- ベースライン(炭素価格ゼロ以下)をいかに低い排出量に導けるか(それに寄与する技術)は大変重要。

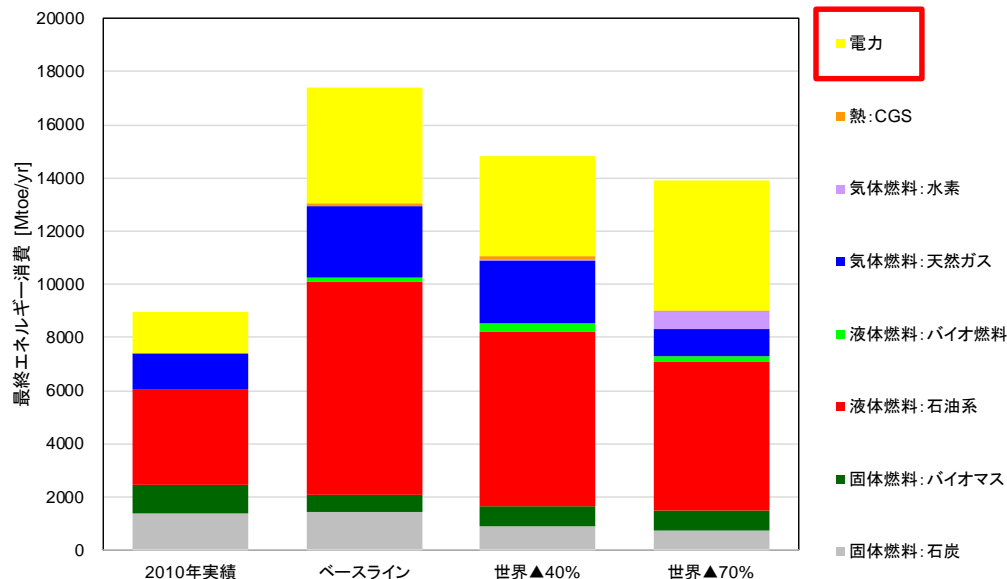
世界全体の一次エネルギー供給量および最終エネルギー消費量 (2050年)



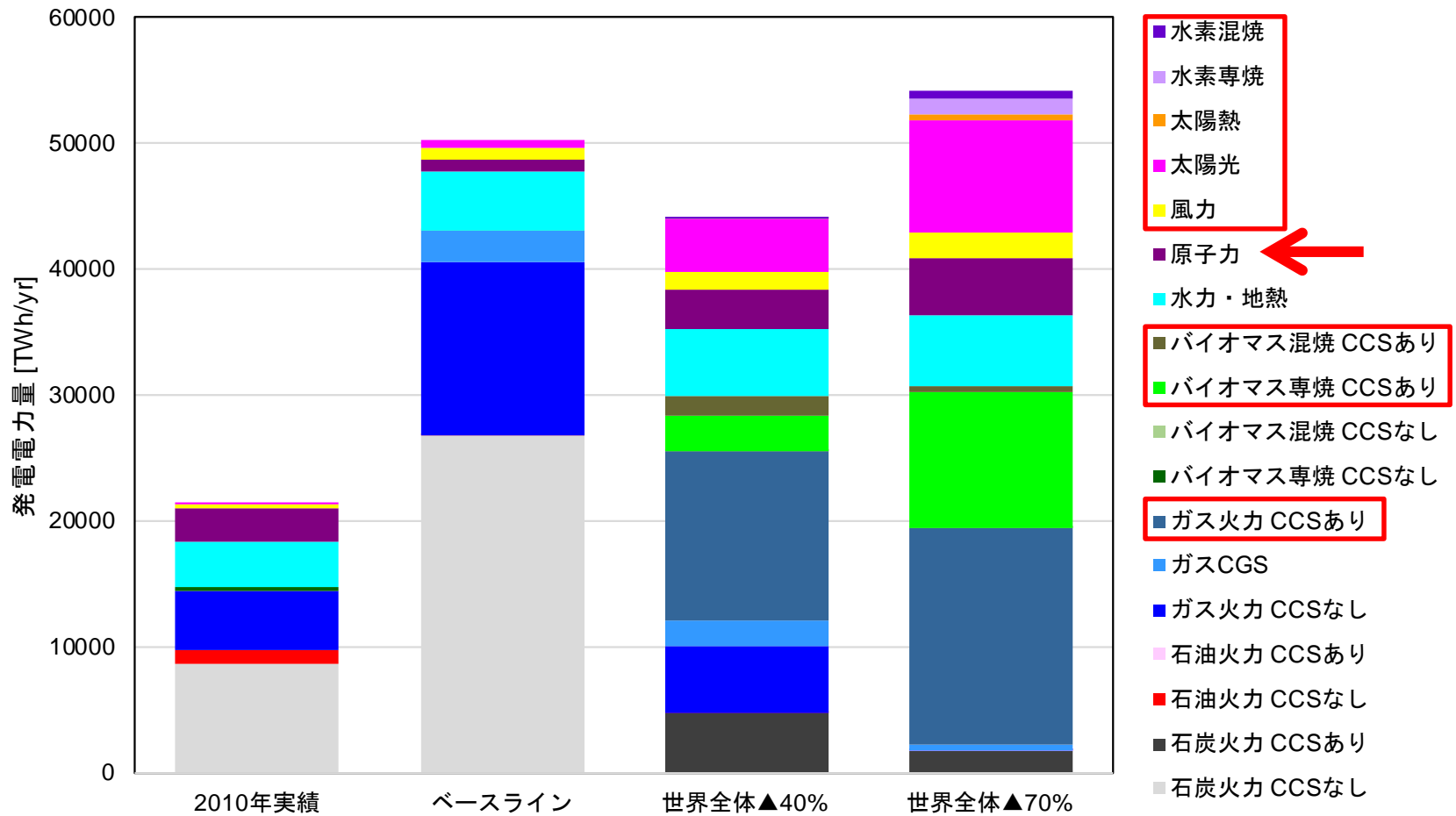
電化して
電気の脱炭素化

日本▲65%の場合

- ・特に▲70%においては相当のBECCS依存
- ・▲70%においては、最終エネルギー種としては、石油、ガスの大幅な低下。電化率の向上が必要(費用対効果上)



世界全体の発電電力量 (2050年)



日本▲65%の場合

注1:「バイオマス混焼」は、石炭火力との混焼を想定。発電電力量は入力熱量の比率で石炭とバイオマスに按分し、図中に表示しているものはバイオマス分。石炭分は石炭火力に含めている。

注2:「水素混焼」は、ガス火力との混焼を想定。発電電力量は入力熱量の比率でガスと水素に按分し、図中に表示しているものは水素分。ガス分はガス火力に含めている。

- ・ ▲40%でも相当量のCCS導入。▲70%では石炭+CCSからバイオマス+CCS(BECCS)に
- ・ ▲70%では世界全体でも相当の再エネ(特にPV) + 水素利用

主要国の一人当たりCO2排出の推移

～日本は震災後上昇。ドイツは削減が伸び悩む一方、英国・フランスは着実に削減。
中国は先進国並みの水準に増加し、米国は低下傾向な一方で水準は未だ高い。

再エネ増大に対して石炭火力で調整↓CO₂が減らない！

	2000年		2009年		2015年
米国	20.0トン	-3.3	16.7トン	-1.2	15.5トン
日本	9.0トン	-0.7	8.3トン	+0.7	9.0トン
ドイツ	10.0トン	-1.1	8.9トン	±0	8.9トン
中国	2.5トン	+2.8	5.3トン	+1.3	6.6トン
英国	8.8トン	-1.4	7.4トン	-1.4	6.0トン
フランス	6.0トン	-0.8	5.2トン	-0.8	4.4トン

(参考) 原子力の利用実態

世界原子力発電の現状

将来的に利用

- ・米国 [99]
 - ・フランス [58]
 - ・中国 [37]
 - ・ロシア [35]
 - ・インド [22]
 - ・カナダ [19]
 - ・ウクライナ [15]
 - ・英国 [15]
 - ・スウェーデン [8]
 - ・チェコ [6]
 - ・パキスタン [5]
 - ・フィンランド [4]
 - ・ハンガリー [4]
 - ・アルゼンチン [3]
 - ・南アフリカ [2]
 - ・ブラジル [2]
 - ・ブルガリア [2]
 - ・メキシコ [2]
 - ・オランダ [1]
- []は運転基数

- ・トルコ
- ・ベラルーシ
- ・チリ
- ・エジプト
- ・インドネシア
- ・イスラエル
- ・ヨルダン
- ・カザフスタン
- ・マレーシア
- ・ポーランド
- ・サウジアラビア
- ・タイ
- ・バングラディシュ
- ・U A E

・スタンスを表明していない国も多数存在

現在、原発を利用

- ・韓国※1 [24] (2017年閣議決定／2080年過ぎ閉鎖見込)
 - ・ドイツ [8] (2011年法制化／2022年閉鎖)
 - ・ベルギー [7] (2003年法制化／2025年閉鎖)
 - ・台湾 [6] (2017年法制化／2025年閉鎖)
 - ・スイス※2 [5] (2017年法制化／-)
- []は運転基数 (脱原発決定年／脱原発予定年)

現在、原発を利用せず

- ・イタリア (1988年閣議決定／1990年閉鎖済)
- ・オーストリア (1979年法制化)
- ・オーストラリア (1998年法制化)

将来的に非利用

※1 韓国では5基の建設が進行 (うち、新古里5・6号機については、討論型世論調査を実施した結果、建設の継続を決定)
 ※2 スイスは運転期間の制限を設けず

出所：World Nuclear Association
 ホームページ (2017/8/1)より資工庁作成
 (注) 主な国を記載

超スマート社会（Society 5.0）のインパクト

超スマート社会とは：必要なモノ・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会のニーズにきめ細かく対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といった様々な違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすことができる社会。

影響は単なる省エネに留まらない：

シェアリングエコノミーを推進し、
モノの生産からサービス提供へと産業を変える
+情報タグで究極のリサイクル社会へ



**情報による
モノの代替**

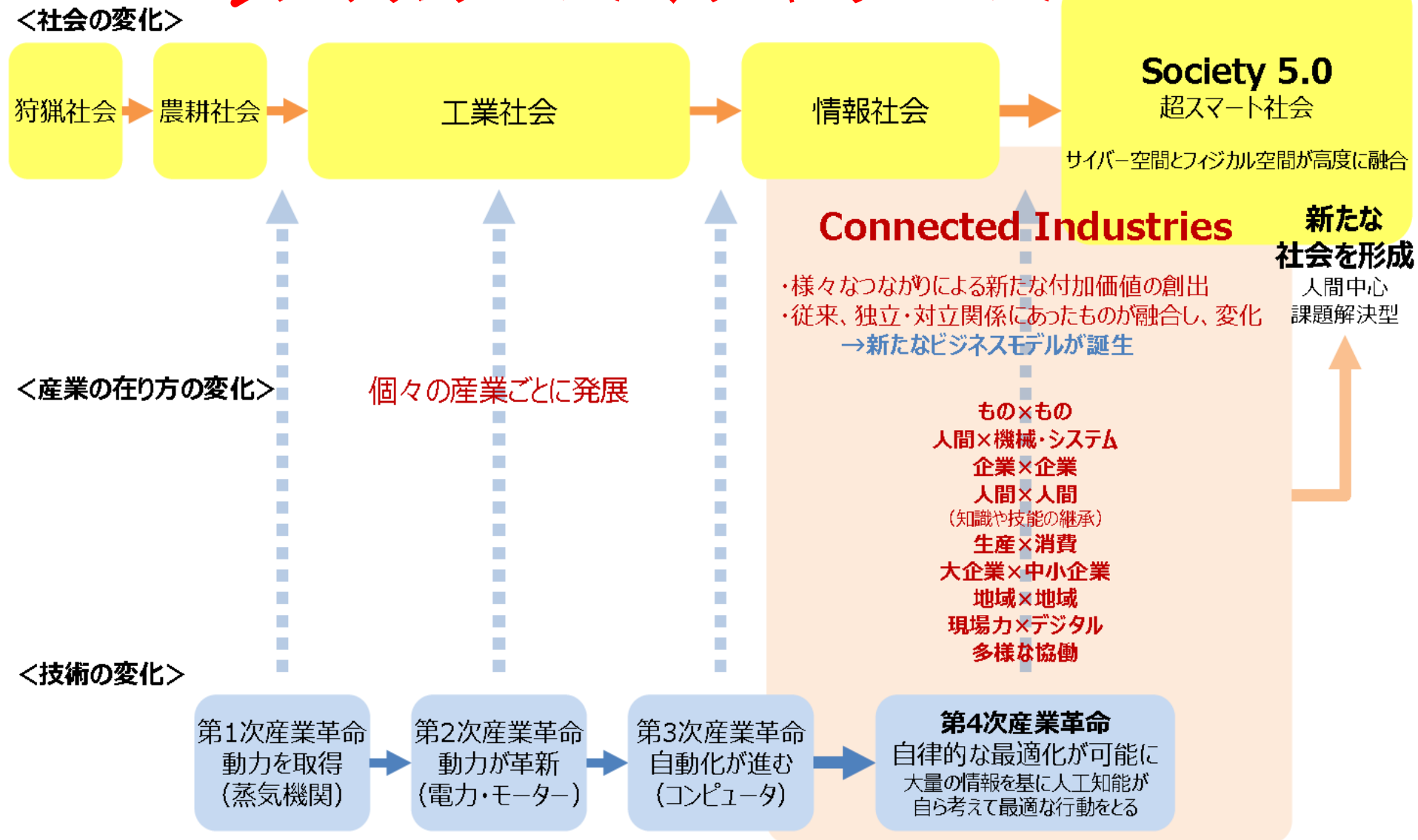
例えば、自動運転+カーシェア → 自動車利用率(現状4%)の向上 → 自動車保有台数の減少 → 自動車生産量の低下 → 鉄鋼等素材生産量の低下 → **エネルギー需要減少** → CO₂削減

例えば、IoTでスマートメンテナンス → 部品・製品寿命の延伸 → 部品・製品需要の低下 → **エネルギー需要減少** → CO₂削減

例えば、すべての材料・部品にICタグ → 再利用率・素材ごとの分別回収率向上 → 素材・部品生産量の低下 → **エネルギー需要減少** → CO₂削減

Society 5.0につながるConnected Industries 領域切り取り(R)

→ シェアリングエコノミー、サーキュラーエコノミー



無駄はあらゆる部門に存在する

- 自動車の稼働率は4%
- 空き家が13%
- 薬は半分以上の人が飲み残す
- 食品は3分の1が廃棄される
- 女性のクローゼットには未使用の服が22着
- ホテルは4割が空き室

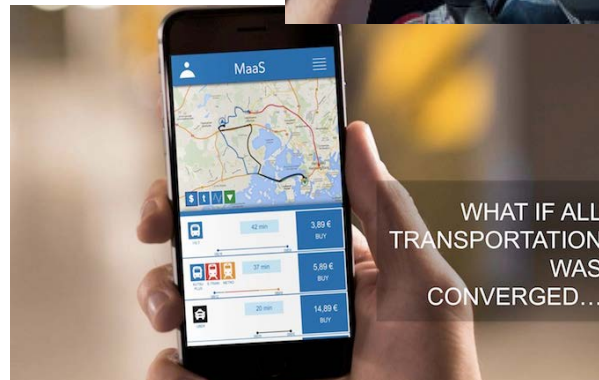
(レイシー&ルトクヴィスト(2015) サーキュラーエコノミー、日本経済新聞出版社 p411、他)

出所：杉山大志、日本学術会議公開シンポジウム資料、2017年9月27日

エンドユース技術の革新と社会変化



- 社会はエネルギー消費を目的にエネルギーを消費しているわけではない。製品・サービスが効用増をもたらすため、それに体化されたエネルギーを消費しているに過ぎない。
- 効用増をもたらす製品・サービスの展開は急速な場合が多く、それに付随したエネルギー・CO2排出低減は急速になる可能性あり。



自動運転+カーシェアリング+IoTによるサービス提供(MaaS等)などの連携による社会変化(AI, IoT, ビッグデータ等の進展による)

出典: IIASA

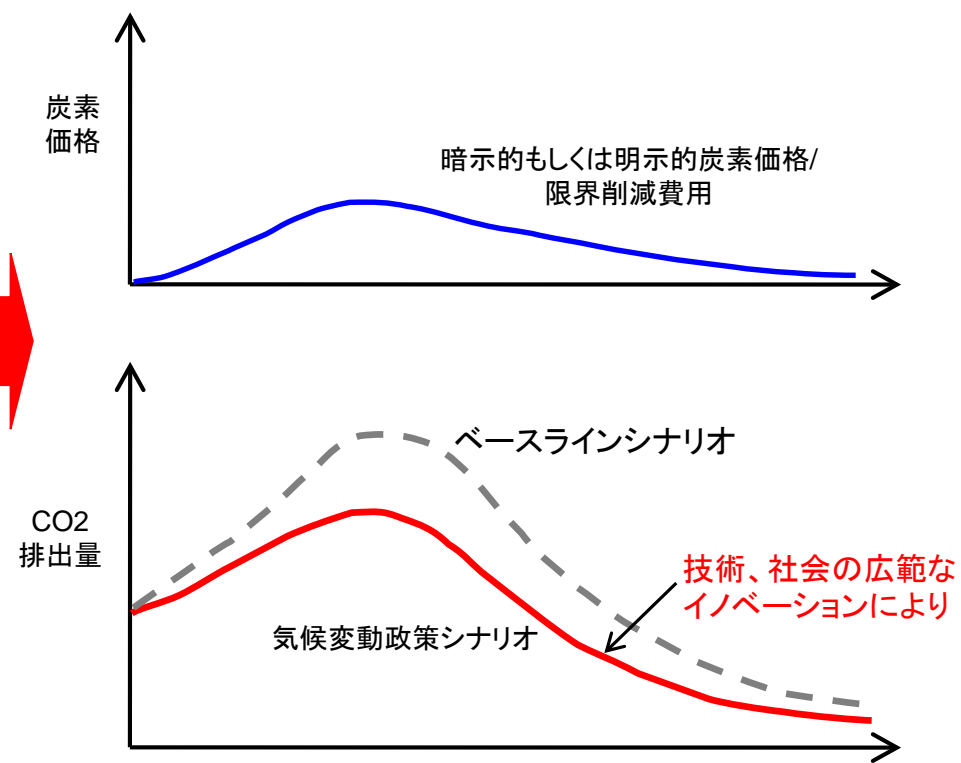
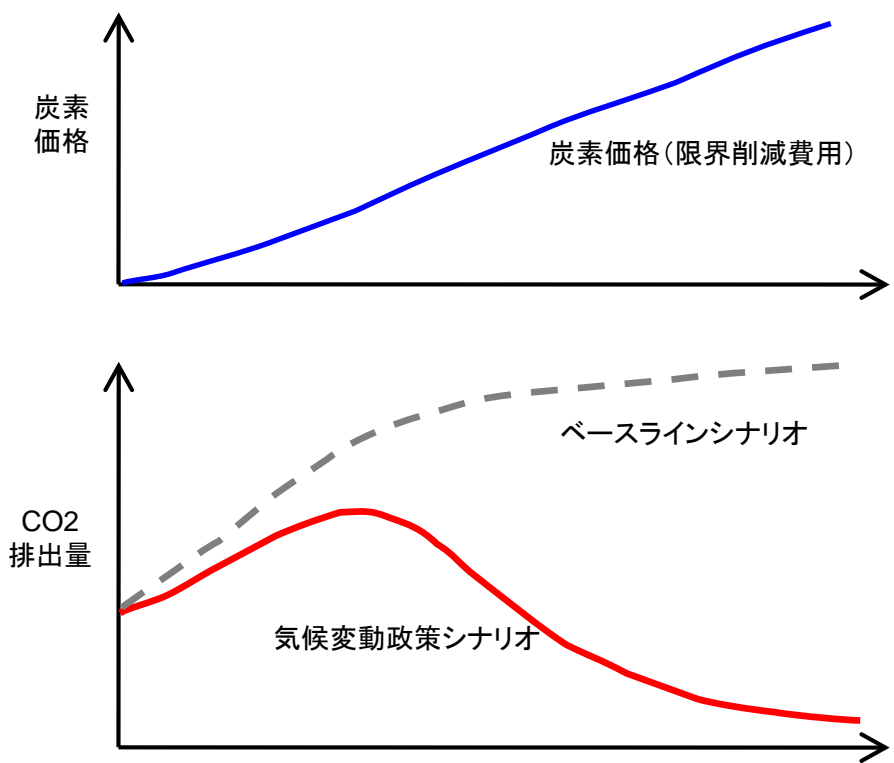
電話、カメラ、音響機器
テレビ、パソコン、照明...

出典: フィンランド

モデルによって通常示される大幅排出削減シナリオと 現実社会でよりあり得る大幅排出削減シナリオ

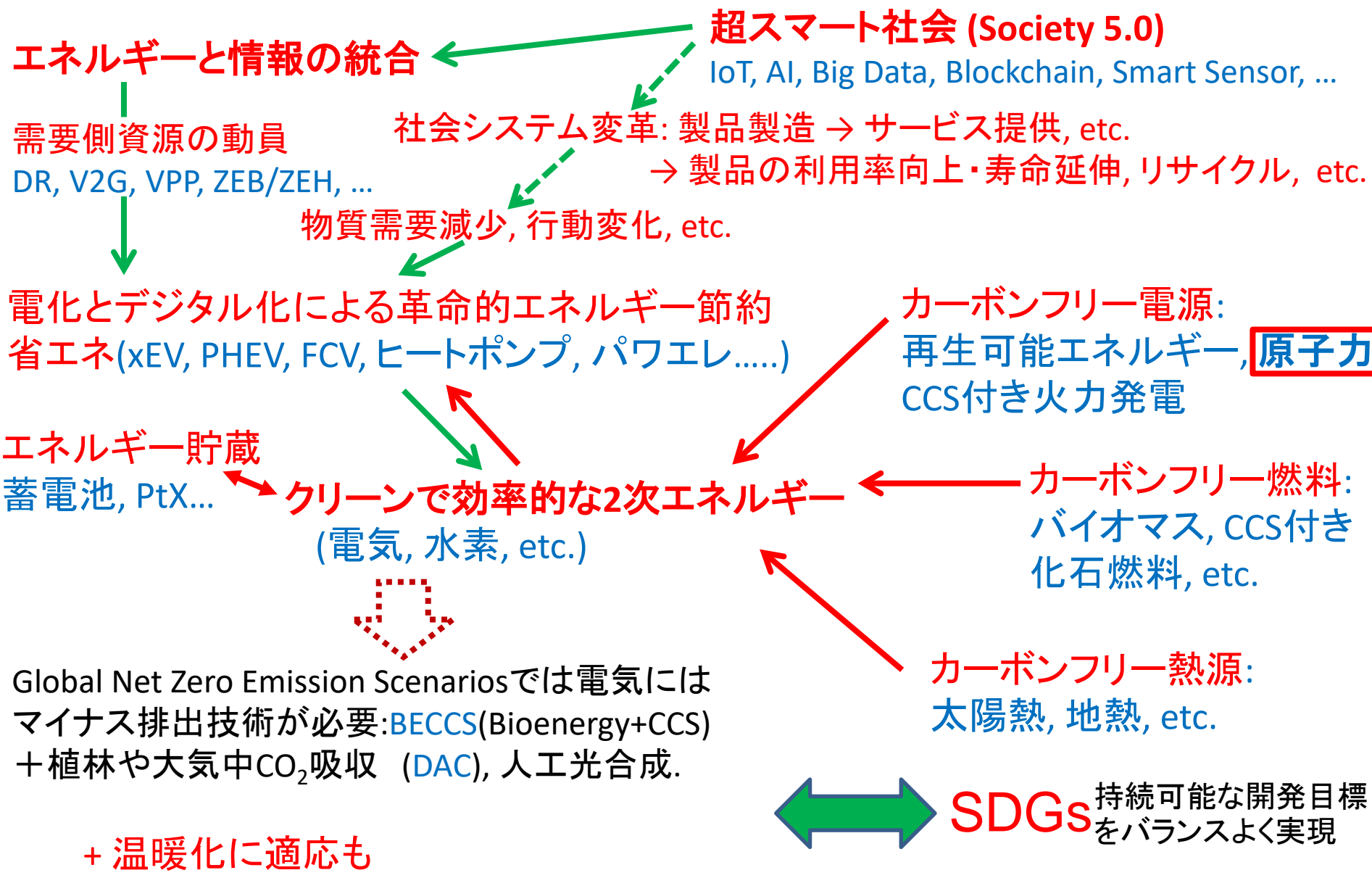
モデル分析による典型的シナリオ:
通常の技術進展の想定

現実社会で要求される世界:
技術革新がより大きく誘発、実現される必要あり



現実世界においては、高い明示的な炭素価格(例えば100\$/tCO₂を超えるような)を継続的につけるようなことは非現実的。高くない(暗示的もしくは明示的な)炭素価格であっても(2次エネルギー価格の世界的な協調を含め)結果として、排出が大幅に減るように誘発するような技術、社会の大幅なイノベーションが起こらなければ、現実世界では大幅な排出削減は不可能と考えられる。

CO₂正味ゼロ排出に向かうエネルギーシステム



Keep Options as Many as Possible!

ご清聴ありがとうございました

Thanks for your attention



公益財団法人 地球環境産業技術研究機構 (RITE)
Research Institute of Innovative Technology for the Earth