

# エネルギー資源学会2050第3回/第12回ESI シンポジウム 「2050年のエネルギーと社会：何が難しいのか」

---

〔主催〕 エネルギー・資源学会  
研究委員会「2050年に向けた日本のエネルギー需給」  
東京大学 生産技術研究所  
エネルギーシステムインテグレーション社会連携研究部門

〔共催〕  
東京大学 先端電力エネルギー・環境技術教育研究アライアンス（APET）  
東京大学 エネルギー・資源フロンティアセンター（FRCER）  
東京大学 生産技術研究所 持続型エネルギー・材料統合研究センター  
東京大学 未来ビジョン研究センター（IFI）

# エネルギー資源学会2050第3回/第12回ESI シンポジウム

## 「2050年のエネルギーと社会：何が難しいのか」

### プログラム

13:00 開会挨拶

13:05~13:25 趣旨説明 荻本 和彦 (東京大学 生産技術研究所 特任教授)

13:30~13:55 再生可能エネルギー導入の難しさ  
電力中央研究所 社会経済研究所 上席研究員 朝野 賢司

13:55~14:20 2050年カーボンニュートラルに向けた太平洋セメントの取組み  
太平洋セメント CN技術開発プロジェクトチームリーダー 上野 直樹

14:20~14:45 民生部門カーボンニュートラルへの壁：ロックイン問題  
東京大学 生産技術研究所 ESI 特任教授 岩船 由美子

14:45~14:55 (休 憩)

14:55~15:20 短時間から長期間、需給バランス維持の難しさ  
火力原子力発電技術協会 専務理事 中澤 治久

15:20~15:45 水素ステーションに係る規制の見直しと業界自主基準化)  
石油エネルギー技術センター 水素エネルギー部長 二宮 貴之

15:45~16:10 最近のLNG需給とエネルギーセキュリティー  
石油天然ガス・金属鉱物資源機構 調査部調査課調査役 白川 裕

<第2部>

16:20~17:50 パネルディスカッション：難しさはどうやって乗り越えるのか? 2

# エネルギー資源学会第3回/第12回ESI シンポジウム 「2050年のエネルギーと社会：何が難しいのか」 お願い

- オンラインによる大規模シンポのため、  
**進行は通常よりシンプル**にさせていただきます。
- 各講演は24分で1分の交代時間で進めてゆきます。
- お手洗いなどの**休憩は適宜**お取り下さい。
- Zoomでの「**表示名**」を「**所属 氏名**」に変更下さい。
- 質問は、Zoomの「**Q&A**」に記入下さい。  
**最初に、「所属・氏名」と「誰宛の質問」かをお書き下さい。**  
講演直後、パネルディスカッションで可能な範囲で回答します。
- シンポジウムの**録画・録音はご遠慮下さい。**
- シンポジウムの終了後、資料の閲覧/DLは出来なくなります。

# エネルギー資源学会2050第3回/第12回ESI シンポジウム

## 「2050年のエネルギーと社会：何が難しいのか」 趣旨

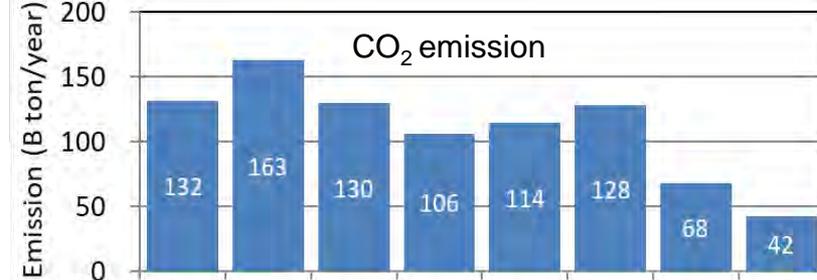
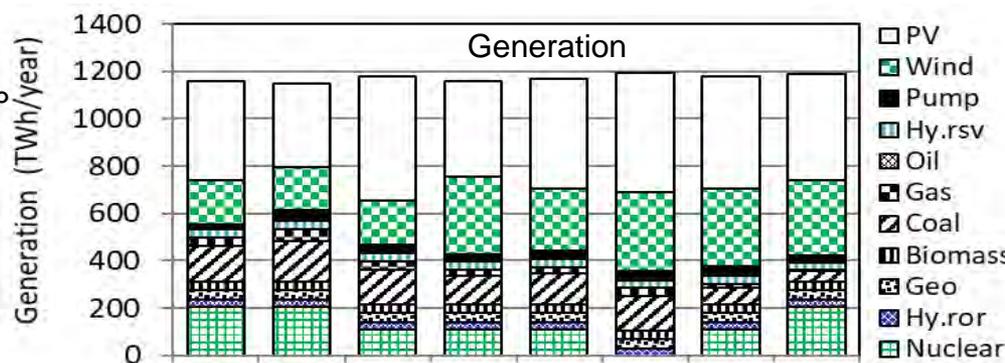
「**エネルギー資源学会2050研究委員会**」は、2017年から2019年のエネルギー・資源学会の定期の研究発表会、コンファレンスにおける2050年企画セッションなどでの議論を踏まえ、「我が国の温室効果ガス低減に向けた長期発展戦略の策定のための情報整理と議論に併せて、長期的なエネルギー需給の道筋に関する調査・検討を行い、その成果を学会会員、学会外の一般に対し提供する」という目的で**2019年1月から活動を開始**しました。

2019年8月からの研究発表会およびコンファレンスでは本年1月までに**4回の企画セッションなどでの議論**、2019年8月には情報整理と方法論の確立を目標としたシンポジウム、**5月には学会誌における特集記事を出版**しました。

本日のシンポジウムでは、2020年12月の「課題解決の方向性」、2021年2月の「選択肢の深掘り」の議論に続き、「**2050年エネルギーと社会**」シンポジウム第3回として、世の中では高揚感さえ感じる**カーボンニュートラルの実現**について、多様な視点から「何が難しいのか」そして、解決の可能性を議論します。

# 課題解決の方向性：2050年CNの姿の探索

- 技術の導入普及、経済・社会の姿、価値観、政策など全てに**大きな不確実性**。
- 排出ゼロの供給源は**再エネ、原子力**
- CNには**電化と新燃料化**要
- CNには**ネガティブエミッション**要
- 短時間から季節間まで、**調整力は全員参加**（電源、需要、蓄電、蓄エネ、ネットワーク）
- 環境目標の達成には、種別・量・場所・設計の適化による**コスト削減**と、設備形成・運用・廃棄までの**制度改善**とが必用。
- 忘れてはならないのは、**安定需給と将来の経済・社会のあるべき姿の実現**。
- 多様な**価値観**による**多数の可能性**からの**段階的な選択**とPDCAで、足元からの**好循環**と**長期の効率的・効果的取り組み**が必用。
- インフラの形成、経済・社会の変革のために、**2050年は遠い未来ではない**。

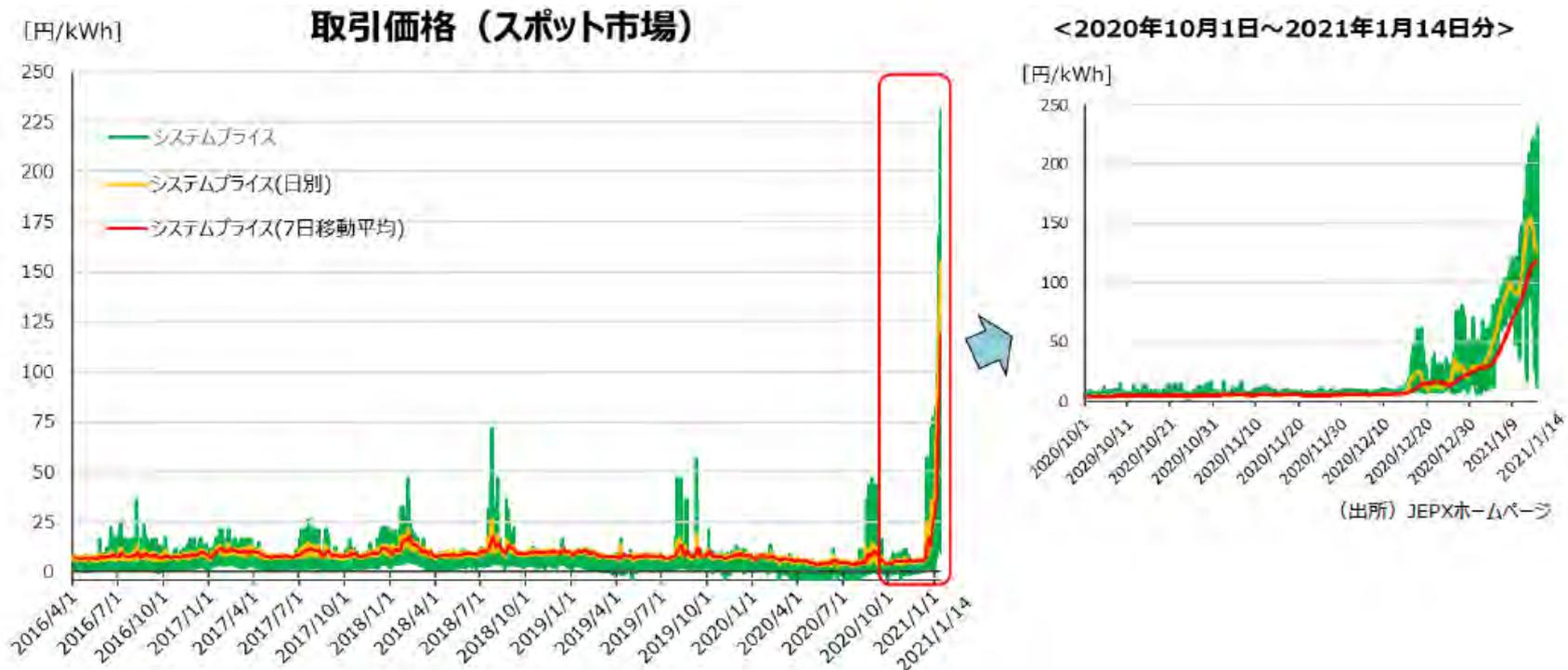


PV	300	300	400	300	350	400	400	400	GW
Wind	70	70	70	140	105	140	140	140	GW
Nuclear	34	34	17	17	17	0	17	34	GW

荻本ほか: 2050年の電力需給における低炭素化の可能性, エネルギー・資源学会 第36回コンファレンス (2021.1)

# 多様なリスクを管理・克服できるか

- ❑ 冬季の高需要期である2020年12月から1月にかけて、世界的品薄からLNGの追加調達の困難となり **LNG在庫が枯渇**するリスクが生じ、**火力発電の出力抑制**が発生。
- ❑ 需給ひっ迫による売り札不足により、JEPXの**スポット市場価格**とそれにより計算される**インバランス価格**が高騰した
- ❑ 電力・エネルギーシステムの変容の中で**リスクの管理と克服**は重要命題。



METI:再生可能エネルギー大量導入・次世代電力ネットワーク小委員会 (第23回) 参考資料4

# 2020年12月10日 2050第1回シンポジウム 「2050年のエネルギーと社会：課題解決の方向性」

---

## 講演

- ・ 長期エネルギー政策分析におけるエネルギー・モデル (杉山様)
- ・ エネルギー需給分析から見た脱炭素社会移行の課題 (黒沢様)
- ・ 発電部門の脱炭素化に向けて：電力需給分析からの含意 (松尾様)
- ・ 世界の脱炭素の潮流の日本の政策への含意 (高村様)
- ・ 我が国の脱炭素社会検討における社会経済シナリオ (日比野様)

## パネルディスカッション

パネリスト：各講演者とESI 鹿園教授

モデレータ：荻本 和彦 (東京大学 生産技術研究所)

進め方： 論点1 講演内容の振り返り  
論点2 課題解決の方向性  
論点3 次の一手：実現の施策

# 12月10日第1回シンポ「エネ需給」からの振り返り

## 東京大学 未来ビジョン研究センター 杉山

- **社会が望むのは脱炭素社会への移行だがよく用いられるモデルによるシナリオ分析は直接問いに答えない**
  - 経済学・工学的なシナリオ分析は有用だが移行の社会学・心理学・政治学的側面は分析できない
  - 「脱炭素は実現可能か」という問いは社会学・政治学の範疇でシナリオでは回答不可
  
- **そもそもシナリオ分析自体にも様々な限界・問題がある**
  - 問題1：特定の研究機関、グループのシナリオだけ扱うと偏りがでる
  - 問題2：変化の速い技術には追いつくのが難しい（例：PV, シェールガス）
  - 問題3：シナリオは独り歩きしてコミュニケーションが難しい
  
- **こうした問題を踏まえて以下のような研究課題が考えられる**
  - 問題1への対応：モデル相互比較のトピックを拡充する（エネルギー・システム、再エネ、イノベーション、etc）
  - 問題2への対応：エネルギー技術のデータベースを作成・共有する
  - 問題3への対応：実験的アンケート等でシナリオ伝達を研究する

# 12月10日第1回シンポ「エネ需給」からの振り返り

## エネルギー総合工学研究所 黒沢

### □ 低炭素から脱炭素へ：シナリオとモデル

- 将来になると拡大する不確実性 マルチシナリオ
- 実行可能の定義 技術, 経済, 社会, 制度

### □ 脱炭素シナリオ実現のための条件

- エネルギーキャリア（電気, 水素, カーボンニュートラル合成燃料）
  - 生産側の低・脱炭素化, 需要側での利用拡大
- 既存大規模インフラからの排出
  - 電化の難しい削減困難セクター 素材産業, 長距離運輸, 既築建築物
  - オフセット技術としてのネガティブエミッション
- 技術開発と普及
  - 成熟技術普及, 技術イノベーション
  - トランジション 速度と大量導入
- 実現のための社会枠組
  - 非国家主体 自治体, 企業, 市民のアクションが必須
  - ファイナンスと情報開示



# 12月10日第1回シンポ「電力需給」からの振り返り

## 日本エネルギー経済研究所 松尾

### ■ 脱炭素化社会に向けた電力部門のあり方

- ・ 電力需要は現状よりも増加する可能性が高い。
- ・ 全ての電力供給の低炭素電源化（変動性再生可能エネルギー、その他の再生可能エネルギー、原子力、ゼロ・エミッション火力）が求められる。

### ■ 変動性再生可能エネルギー大量導入の影響

- ・ 電力量のみならず、容量や調整力、供給安定性などの付加価値が重要となる。
- ・ ゼロ排出電源、調整電源、貯蔵、送配電網の最適化が必要。
- ・ 導入場所／種別の優先順位を明確にすることが求められる。

### ■ 統合費用・電源別限界費用の分析からわかること

- ・ 特定の電源のみに偏重するとその限界費用が上昇する。
- ・ このため、特定の電源に偏らないベストミックス（再エネ/原子力/ゼロ・エミッション火力≒新燃料・新技術、太陽光/風力の最適比率）が存在する。
- ・ 太陽光・風力はともに数百GW規模で必要。但し陸上風力の導入可能量には限界がある可能性が高く、洋上風力も含めた最適化が重要。
- ・ 現状では評価例によって結果の相違が大きい。今後の研究の進展に期待。

# 12月10日第1回シンポ「社会経済シナリオ」からの振り返り

## 国立環境研究所 日比野

### 1 将来の社会・経済シナリオ策定の背景

- ① 将来排出量の推計のための不確実な将来に対する対応
- ② 脱炭素ビジョンの共有

### 2. シナリオ分析の事例

- ① 対策シナリオ IEA WEO・ETP、EU・米国・英国の長期戦略
- ② 社会・経済シナリオ SHELL、IPCC SSP、環境省の各種検討

### 3. まとめ

- 社会・経済のニーズがエネルギー消費を誘引する。このため、社会・経済的な状況は、エネルギー消費に大きな影響を及ぼすとともに、脱炭素対策の受容性や選択肢に対しても大きく影響を及ぼす。よって、将来におけるエネルギー消費やCO2排出量の分析を実施する上で、将来の社会・経済の姿を想定しておくことは必然である。
- 一方で、脱炭素社会という厳しい排出制約実現は、社会・経済に対して大きな変容を強いることになる。
- 社会・経済シナリオと対策シナリオは、一体として検討を行っていくことが重要である。

本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(1-2002)により実施された。

# 12月10日第1回シンポ「電力需給」からの振り返り

## 東京大学 生産技術研究所 鹿園

- **カーボンニュートラルに至るまでの途中の過程において、有効な排出削減への投資が不十分になる懸念**
  - ・ 再エネ移行が容易で、既存インフラも活かせる技術
- **非エネ起源温室効果ガス（特にHFC）が相対的に顕在化**
  - ・ キガリ改正（先進国は2036年までにHFCを85%削減）は、熱需要（空調や給湯等）を大きく変える可能性
- **民生や産業部門において需要の過半を占める熱**
  - ・ 「貯めやすく安い化石燃料の使い捨て」から  
「貯めにくいor高いエネルギーの投入抑制」へ
  - ・ 境界条件が変われば、技術もリセットされる可能性
  - ・ 需要サイドは規模・種類・用途が多様なので、特定の技術に賭けるよりも、必ず使用される共通基盤的技術（熱交換器やインバーター等）を強化すべきでは？
- **「擦り合わせが得意」は「要素の目標設定が苦手」の裏返しか？**
  - ・ 複雑システムにおいて個別要素に正しい目標を割り振るための分析ツールが不可欠
  - ・ 目標が決まれば強い

2021年2月4日 2050第2回シンポジウム

「2050年のエネルギーと社会：課題解決の方向性」

## 講演

風力発電大量導入と系統拡張の最適化	安田 陽 様
新燃料の意義と課題 –水素の多様な利用形態–	柴田善朗 様
建築ストックの状況等から見た民生部門排出削減への課題	下田吉之 様
次世代自動車技術による温暖化ガス排出削減の取組み	大聖泰弘 様
「鉄鋼産業ゼロカーボンへの挑戦」-実現に向けた課題	小野 透 様

## パネルディスカッション

パネリスト：各講演者とESI岩船特任教授

モデレータ：荻本 和彦（東京大学 生産技術研究所）

進め方： 論点1 持続的導入の条件  
          論点2 温暖化ガス排出削減だけではない付加価値  
          論点3 次の一手

# 2月4日2050第2回シンポ「選択肢の深掘り」からの振り返り

## 京都大学 大学院経済学研究科 安田陽

---

### ■ 不確実性が増す電力システム

- 電力自由化 → ただし、自由放任(レッセフェール)ではない
- 混合経済 → 適切な規制の元での自由競争

### ■ 不確実性下における電力系統シミュレーション

- 不確実性 → 自由競争下における市場プレイヤー自己利益最大化
- 制約条件 → 規制（気候変動、土地利用、地域需要性など）
- 外部性の内部化による電源構成の変化（火力→再エネ）
- 電源の地理的分布の変化（再エネは地域偏在）
- 電源構成は送電網の構成に強く影響を受ける

### ■ 不確実性下における意思決定の手法

- 最適化問題/感度分析/マルチシナリオ
- 費用便益分析

# 2月4日2050第2回シンポ「選択肢の深掘り」からの振り返り

## 日本エネルギー経済研究所 柴田 善朗

### ■ 水素への期待と課題

- 脱炭素化に向けて**水素**が期待されているが、現在のエネルギーシステムでは水素に対応するために、**新規技術・インフラが必要な場合が多い**（輸送・貯蔵・利用：パイプライン、貯蔵、水素ステーション、需要側機器等）
- **水素由来新燃料**（e-fuel：合成CH<sub>4</sub>・MeOH・NH<sub>3</sub>等）は**既存インフラが活用可能**

### ■ 水素か新燃料か

- 製造コストは“新燃料＞水素”であることから、“既存インフラを利用できるメリット＞新燃料合成コスト（+CO<sub>2</sub>分離回収）”であれば新燃料が優位
- ただし、現在の**インフラもいずれ更新**時期を迎える

### ■ 脱炭素化以外に必要な視点

- 既存インフラを活用できる合成燃料は **Energy System Integration**への貢献度大
- **エネルギーセキュリティー・安定供給、備蓄**。ただし、**産業振興**が必要
- 合成炭化水素の場合、**低炭素化効果は水素に依存**。CO<sub>2</sub>は回収・利用・再排出で、**このプロセスに低炭素化効果はない**。合成燃料は水素を利用し易くする方策。化石由来CO<sub>2</sub>でも問題ない。ただし、CO<sub>2</sub>が極端に減少する将来はバイオマス由来かDAC由来のCO<sub>2</sub>

# 2月4日2050第2回シンポ「選択肢の深掘り」からの振り返り

## 大阪大学 大学院工学研究科 下田 吉之

---

- 産業（ものづくり）と民生・運輸（まちづくり）は分けて論じるべし。
- 2050年の風景の半分以上は既にできている？設備更新も20年程度と考えればあと1回程度。
- ポストコロナの「分散居住」の具体的姿は何か。民生・運輸部門の自家用自動車は市民(家計)が担い手。魅力ある都市と農漁村のモデルが必要。脱炭素に係る地域作りのコンセプトが出ては消えていくのは、人々の心をつかみ切れていない証拠。
- 建築におけるエネルギーの選択は電化だけで良いか？
- 日本の民生部門では、暖房の電化とPV電力の天候影響で冬に足りなくなる恐れ。家庭部門では50%程度の省エネは現在利用可能な技術で実現可能。業務部門でもほぼ同様。脱炭素化で減らした需要で需給調整力は提供できるのか？

# 2月4日2050第2回シンポ「選択肢の深掘り」からの振り返り

## 早稲田大学 大聖 泰弘

### □次世代自動車の普及

(乗用車の新車販売に占める割合の目標設定,トラック・バスへの展開が必要)

### □燃費改善 (新たな燃費基準の設定と実施)

### □交通流対策の推進

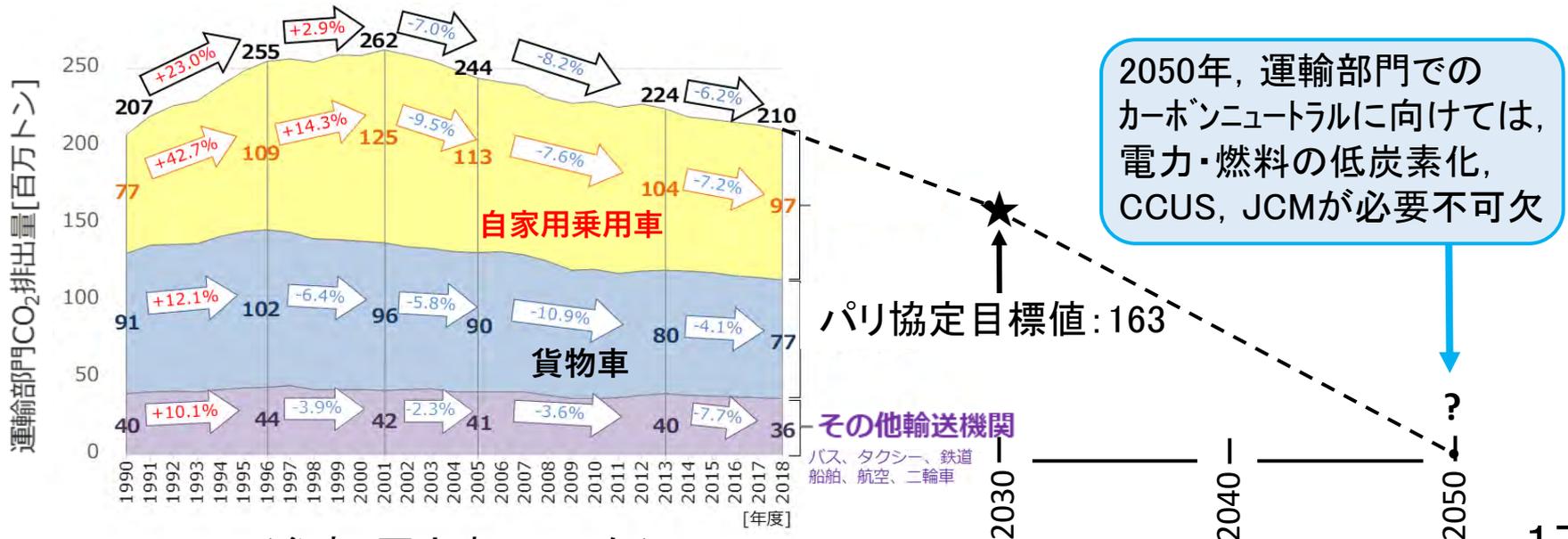
### □エコドライブの推進

### □公共交通機関の利用, モーダルシフトの推進

### □グリーン物流の推進

### ☆分野横断的施策

- ・国民運動の展開
- ・低炭素型の都市・地域構造及び社会経済システムの形成
- ・水素社会の実現
- ・事業活動における環境への配慮の促進
- ・税制のグリーン化に向けた対応及び地球温暖化対策税の有効活用



(参考: 国交省, 2020年)

# 2月4日2050第2回シンポ「選択肢の深掘り」からの振り返り

## NSRI/JISF 小野 透

---

### 1. 革新技術開発

- ✓ 水素還元技術（吸熱反応）の商業規模での実現
  - \* 電力は技術の選択であるのに対して製鉄は未踏の超革新技術開発が必要

### 2. 社会インフラ整備

- ✓ 莫大な規模のクリーン水素/アンモニア資源開発・サプライチェーン構築
- ✓ 商業規模CCS実現のための技術的・社会科学的課題解決、法整備
- ✓ 大量のカーボンフリー電力の安価安定供給

### 3. 設備転換

- ✓ 製鉄・製鋼工程の革新プロセスへの転換、資金確保（数千億～兆円レベル）
- ✓ 既存製鉄・製鋼プロセス等の座礁資産化（数千億～兆円レベルの特別損失）

### 4. コスト負担

- ✓ 製品性能向上にも生産効率向上にも寄与しない設備投資（CAPEX）
- ✓ 高コスト用役・原料利用に伴う生産コスト（OPEX）

### 5. 事業環境

- ✓ 技術開発、国内での生産活動、設備投資が継続できる事業環境
  - \* 足元の電力コスト、長期的な安定供給の予見性

# エネルギー資源学会2050第3回/第12回ESI シンポジウム

## 「2050年のエネルギーと社会：何が難しいのか」

### プログラム

13:00 開会挨拶

13:05-13:25 趣旨説明

荻本 和彦（東京大学 生産技術研究所 特任教授）

13 : 30～13 : 55 再生可能エネルギー導入の難しさ

電力中央研究所 社会経済研究所 上席研究員 朝野 賢司

13 : 55～14 : 20 2050年カーボンニュートラルへ向けた太平洋セメントの取組み

太平洋セメント CN技術開発プロジェクトチームリーダー 上野 直樹

14 : 20～14 : 45 民生部門カーボンニュートラルへの壁：ロックイン問題

東京大学 生産技術研究所 ESI 特任教授 岩船 由美子

14 : 45～14 : 55 (休 憩)

14 : 55～15 : 20 短時間から長期間、需給バランス維持の難しさ

火力原子力発電技術協会 専務理事 中澤 治久

15 : 20～15 : 45 水素ステーションに係る規制の見直しと業界自主基準化)

石油エネルギー技術センター 水素エネルギー部長 二宮 貴之

15 : 45～16 : 10 最近のLNG需給とエネルギーセキュリティー

石油天然ガス・金属鉱物資源機構 調査部調査課調査役 白川 裕

<第2部>

16 : 20～17 : 50 パネルディスカッション：難しさはどうやって乗り越えるのか？

# 閉会

---

- 本日は長時間ご参加・後議論、ありがとうございました。
- オンラインによる大規模シンポのため、いろいろな不便はあったと思いますが、ご容赦いただければ幸いです。
- 「2050年のエネルギーと社会」については、今後も開催を企画・検討中です。
- 次のシンポジウムも、別途ご案内させていただきます。どうぞよろしくお願い致します。