

日立東大ラボ 産学協創フォーラム

第5回

# Society 5.0を支える エネルギーシステムの実現に向けて

2050年カーボンニュートラルに向けたエネルギーシステム  
および社会技術シナリオの構築による価値創造

2023年1月25日(水) 13:00~17:10

東京大学本郷キャンパス 安田講堂 大講堂／オンライン

<http://www.ht-lab.ducr.u-tokyo.ac.jp/2022/11/25/news042>

# PROGRAM

## ファシリテータ

吉村 忍 | 東京大学 副学長・日立東大ラボ長

馬場 淳史 | 日立製作所 研究開発グループ 脱炭素エネルギーイノベーションセンタ長

## 1 開会挨拶 (13:00-13:10)

藤井 輝夫 | 東京大学 総長 東原 敏昭 | 日立製作所 取締役会長 代表執行役

## 2 ビデオメッセージ (13:15-13:30)

Professor Mary Ryan | Vice-Provost (Research and Enterprise), Imperial College London

## 3 日立東大ラボの取組みと提言概要 (13:30-13:45)

吉村 忍 | 東京大学 副学長・日立東大ラボ長

## 4 日立東大ラボからの報告 (13:45-15:35)

### 第1部 エネルギートランジション (13:45-14:05)

- 国際情勢・社会情勢を踏まえたエネルギートランジションおよびインサイト

城山 英明 | 東京大学 法学政治学研究科 教授

鈴木 朋子 | 日立製作所 研究開発グループ 技師長

### 第2部 Society 5.0を支えるエネルギーシステム (14:10-14:50)

- カーボンニュートラル社会に向けたエネルギー基幹システムの S+3E

横山 明彦 | 東京大学 名誉教授

- 地域リソースの協調でエネルギー安定供給に応えるエネルギー協調制御プラットフォーム

荻本 和彦 | 東京大学 生産技術研究所 特任教授

- 地域社会とともに実現する持続可能なエネルギーイノベーション

伊藤 智道 | 日立製作所 脱炭素エネルギーイノベーションセンタ 研究主幹

### 第3部 デジタルで導くエネルギー・社会のイノベーション (14:55-15:35)

- 2050年カーボンニュートラルを想定したエネルギーシミュレーション

小宮山 涼一 | 東京大学 工学系研究科 教授

- カーボンニュートラルをめざす都市とエネルギーの連携シミュレーション

吉本尚起 | 日立製作所 脱炭素エネルギーイノベーションセンタ 主任研究員

- 持続可能な社会・産業を実現するカーボンニュートラルに向けたエネルギー政策

大橋 弘 | 東京大学 副学長

休憩 (15:35-15:55)

---

## 5 パネルディスカッション (15:55-17:00)

---

### 『データ利活用で導くエネルギー・地域イノベーションによる価値創造』

カーボンニュートラルトランジションにはエネルギー S+3E を前提としたデータ利活用によるマネジメント、シミュレーション等の予見性が重要である。また、エネルギー需要家のデータをはじめとする地域社会のデータ利活用は、温室効果ガスサプライチェーン排出量 Scope3 の算定はもとより、地域の価値創造に大きな影響を与える。本パネルディスカッションではデータ利活用によるエネルギーや地域社会のイノベーションを通じた価値創造について議論する。

ファシリテータ：

吉村 忍 | 東京大学 副学長・日立東大ラボ長

鈴木 朋子 | 日立製作所 研究開発グループ 技師長

パネリスト(五十音順)：

穴井 徳成様 | 東京電力ホールディングス株式会社 経営企画ユニット 系統広域連系推進室長

井上 裕司様 | 株式会社トクヤマ 経営企画本部 カーボンニュートラル戦略室長

小川 要様 | 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力基盤整備課長

本島 靖様 | 会津若松市役所 企画政策部副参事 兼 企画調整課スマートシティ推進室長

吉高 まり様 | 三菱UFJリサーチ & コンサルティング株式会社 フェロー(サステナビリティ)/ 東京大学 教養学部 客員教授

大橋 弘 | 東京大学 副学長

---

## 6 閉会挨拶 (17:00-17:10)

鈴木 教洋 | 日立製作所 執行役常務 CTO 兼 研究開発グループ長

相原 博昭 | 東京大学 理事・副学長

---

### ポスターセッション (17:20 ~ 18:10)

これまでの検討内容を直接参加者と議論するポスターセッションを設けました。

是非お立ち寄りいただきたくお願いします。

本会場：安田講堂・3階回廊

---

# PROFILE



藤井 輝夫 | Teruo Fujii

東京大学 総長

1988年 東京大学工学部卒業。1993年 同大学院工学系研究科博士課程修了・工学博士。同生産技術研究所助教授、理化学研究所研究員を経て、2007年 東京大学生産技術研究所教授、2015年 同所長。2018年より東京大学大学執行役・副学長、2019年より同理事・副学長を務め、2021年より現職。



東原 敏昭 | Toshiaki Higashihara

(株)日立製作所 取締役会長 代表執行役

徳島大学工学部卒業後、1977年 (株)日立製作所入社。電力・電機グループ大みか電機本部交通システム設計部長、システムソリューショングループ情報制御システム事業部電力システム本部長、理事/情報・通信グループ情報制御システム事業部長、執行役常務/電力グループCOO、執行役専務/医療事業担当を経て、2014年取締役代表執行役 執行役社長兼COOに就任。2022年より現職。



Mary Ryan

Vice-Provost (Research and Enterprise), Imperial College London

Mary Ryan is currently Professor of Materials Science and Nanotechnology, and Vice-Dean for Research in the Faculty of Engineering. She joined Imperial in 1998 from Brookhaven National Laboratory in the US where she was assistant scientist in the Materials-Environment Interactions Group. She graduated from Manchester University with a Joint Honours degree in Mathematics and Physics and was then awarded a PhD in Materials Science. Her research spans diverse application areas including: energy materials, nanomaterials for bio-sensors and therapies; the mechanisms that lead to human and environmental toxicity associated with nanostructures, and the potential of nanomaterials for environmental remediation (in particular for nuclear waste). She was elected Fellow of the Royal Academy of Engineering in 2015 and is a Fellow IoM3 and of the Institute of Corrosion. Her research spans diverse application areas including: energy materials, nanomaterials for bio-sensors and therapies; the mechanisms that lead to human and environmental toxicity associated with nanostructures, and the potential of nanomaterials for environmental remediation (in particular for nuclear waste). She was elected Fellow of the Royal Academy of Engineering in 2015 and is a Fellow IoM3 and of the Institute of Corrosion.



吉村 忍 | Shinobu Yoshimura

東京大学 副学長・大学院工学系研究科 教授・日立東大ラボ長

1987年 東京大学大学院工学系研究科修了、工学博士。1987年 東京大学工学部講師、助教授、新領域創成科学研究科教授を経て2005年より工学系研究科教授、2009年 総長補佐、広報室長、工学系研究科副研究科長、教育研究評議員を経て、2017年より現職。2019年4月より日立東大ラボ長。専門は計算力学、システムデザイン学。国際計算力学連合(IACM)副会長、アジア太平洋計算力学連合(APACM)会長を歴任。現在、日本学術会議会員・第三部部長等。IACMフェロー賞(2014)、APACM計算力学賞(2013)等受賞。



城山 英明 | Hideaki Shiroyama

東京大学 未来ビジョン研究センター センター長・公共政策大学院 教授・法学政治学研究科 教授

1989年 東京大学法学部卒業。1994年 東京大学大学院法学政治学研究科助教授、2006年 東京大学大学院法学政治学研究科教授。東京大学公共政策大学院教授(2010年～)、東京大学政策ビジョン研究センター長(2010-2014年)、東京大学公共政策大学院長(2014-2016年)、東京大学未来ビジョン研究センター副センター長(2019年～)を兼務。専門は行政学で、国際行政、科学技術と公共政策、政策形成プロセスについて研究している。



鈴木 朋子 | Tomoko Suzuki

(株)日立製作所 研究開発グループ 技師長

1992年 (株)日立製作所入社。天然ガスや石炭からの水素製造プロセス等の研究開発を経て、顧客協創による新事業創生プロジェクト管掌に従事し、2020年より現職。日本機械学会会員、化学工学会会員。

## 登壇者プロフィール



横山 明彦 | Akihiko Yokoyama

東京大学 名誉教授

1984年 東京大学大学院工学系研究科電気工学専門課程博士課程修了、工学博士。1984年 東京大学工学部助手、1985年 同講師、1989年 同助教授、2000年 東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻教授。途中2008年～2019年 新領域創成科学研究科先端エネルギー工学専攻教授。2022年 定年退職。名誉教授。専門は電力システム工学、スマートグリッド。現在、経済産業省 電力・ガス取引監視等委員会委員長、IEC TC8、TC123 国内委員長、電力系統計算国際会議理事、執行委員。



荻本 和彦 | Kazuhiko Ogimoto

東京大学 生産技術研究所 特任教授

1979年 東京大学工学部卒業、電源開発株式会社入社。2008年より現職。エネルギーインテグレーションとしてエネルギー技術戦略、物質・エネルギー需給解析・評価、動的エネルギー需給解析・評価、集中/分散のエネルギーマネジメントと再生可能エネルギー導入、エネルギーシステムの診断・評価とリスクアセスメントなどを研究。



伊藤 智道 | Tomomichi Ito

(株)日立製作所 研究開発グループ 脱炭素エネルギーイノベーションセンタ 環境システム研究部 研究主幹

2000年 北海道大学大学院修了後、(株)日立製作所に入社。日立研究所に配属されて、系統連系用の大容量パワーエレクトロニクス製品開発に従事。独アーヘン工科大学との共同研究推進のため、2008年9月から2010年1月までアーヘンに滞在。太陽光発電用インバータの性能評価用PV simulatorの大容量化を推進。帰国後は産業用パワーエレクトロニクス、エネルギーマネジメント製品の開発に関する研究テーマを担当。



小宮山 涼一 | Ryoichi Komiyama

東京大学 大学院工学系研究科 教授

2003年 東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了。日本エネルギー経済研究所主任研究員、東京大学助教、准教授を経て、2022年より現職。専門はエネルギーシステムの数値シミュレーション分析、エネルギー・環境政策に関する分析。



吉本 尚起 | Naoki Yoshimoto

(株)日立製作所 研究開発グループ 脱炭素エネルギーイノベーションセンタ 環境システム研究部 主任研究員

2003年 東京工業大学大学院総合理工学研究科修了。博士(工学)。同年 (株)日立製作所基礎研究所入社。2017年より日立東大ラボ。専門は環境機能材料、エネルギーマネジメント、再生可能エネルギーの建築設備応用。技術士(化学、総合技術監理部門)。高分子学会、日本建築学会、応用物理学会、日本化学会会員。



大橋 弘 | Hiroshi Ohashi

東京大学 大学院経済学研究科・公共政策大学院 教授/副学長

1995年 東京大学大学院修士課程修了。2000年 米国ノースウェスタン大学より博士号(経済学PhD)取得。カナダ・ブリティッシュ・コロンビア大学 Sauder School of Business 助教授、東京大学大学院経済学研究科准教授を経て、2022年より現職。専門は産業組織論・エネルギー政策。総合資源エネルギー調査会、電力・ガス取引監視等委員会等の各種委員会委員を歴任。石川賞(日本経済学会)、円城寺次郎賞(日本経済研究センター)等受賞。



穴井 徳成 | Tokunari Anai

東京電力ホールディングス株式会社 経営企画ユニット 系統広域連系推進室長

1995年 東京電力株式会社(当時)に入社。主として、技術企画部門にて電力系統の系統計画・需給計画・電源開発計画・電力システム改革対応等に従事。現在は東京電力ホールディングス株式会社経営企画ユニット系統広域連系推進室長として、電力システム改革を踏まえた広域的な電力市場・電力系統の分析・再エネ導入拡大・事業戦略策定等に従事。



## 登壇者プロフィール



### 井上 裕司 | Yuji Inoue

株式会社トクヤマ 経営企画本部 カーボンニュートラル戦略室長

1997年 九州大学大学院総合理工学研究科博士課程修了後、株式会社トクヤマに入社。多結晶シリコンの製造・技術開発に従事し、マレーシア工場の製造副部長を経て、2019年から徳山製造所Si製造部長。2020年より徳山製造所副所長として、CO2排出削減の取り組み計画の策定を担当、2021年より現職。



### 小川 要 | Kaname Ogawa

資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 電力基盤整備課長

2000年に米国イェール大学に留学し、修士号取得(国際関係論)。2008年から2年間、ブリュッセルにて日本政府EU代表部に勤務。帰国後、2010年に資源エネルギー庁電力・ガス事業部政策課課長補佐。東日本大震災前後の3年間、エネルギー政策に従事し、2015年に経済産業政策局政策企画官兼内閣官房日本経済再生総合事務局企画官として成長戦略の取りまとめに尽力。同年から2018年まで資源エネルギー庁電力産業・市場室長として電力システム改革貫徹を推進。2018年夏からは企業行動課長として税制改正のとりまとめを担い、2018年には車体課税の抜本的見直し、2019年にはオープンイノベーション促進税制など、2年連続で極めて異例の税制措置を実現した。課内のワークライフバランスの向上にも努め、2019年には企業行動課初の「働き方改革表彰」を受賞。2020年より現職。



### 本島 靖 | Yasushi Motojima

会津若松市役所 企画政策部副参事 兼 企画調整課スマートシティ推進室 室長

1984年 会津若松市役所入庁。1991年 総務部総務課(電子計算係)、2000年 総務部情報政策課に改編。2016年 総務部情報政策課長、2019年 企画政策部情報統計課に改編。2021年 企画政策部副参事 兼 企画調整課スマートシティ推進室長、現在に至る。



### 吉高 まり | Mari Yoshitaka

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社 フェロー(サステナビリティ)/ 東京大学 教養学部 客員教授

IT会社、米国投資銀行等に勤務。ミシガン大学環境・サステナビリティ大学院(現)科学修士。慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士(学術)。国内外で環境金融コンサルティング業務に長年従事した経験を活かし、現在はESG投資、SDGsビジネス、気候変動、サステナブルファイナンス領域で多様なセクターに対しアドバイス等を提供。(株)三菱UFJ銀行、三菱UFJモルガン・スタンレー証券株式会社兼務。慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科非常勤講師。国の各種審議会委員にも従事。



### 鈴木 教洋 | Norihiro Suzuki

(株)日立製作所 執行役常務 CTO 兼 研究開発グループ長

1986年 東京大学大学院工学系研究科修士課程修了後、(株)日立製作所入社。デジタル画像信号処理、組込みシステムなどの研究開発に従事後、2012年 日立アメリカ社シニアヴァイスプレジデント兼CTO、2014年 中央研究所所長、2015年 研究開発グループ社会イノベーション協創統括本部長、2016年 執行役常務 CTO 兼研究開発グループ長。工学博士。



### 相原 博昭 | Hiroaki Aihara

東京大学 理事・副学長

1978年 東京大学理学部卒業、1980年 同大学院理学系研究科修士課程修了。1984年 理学博士(東京大学)。専門は高エネルギー素粒子物理学。1984年 東京大学理学部助手、1991年 カリフォルニア大学ローレンスバークレー研究所物理部助教授、2003年 東京大学大学院理学系研究科教授、2012年同研究科長を経て、2021年4月より現職。著書に『素粒子の物理』(東京大学出版会、2006年)がある。



### 馬場 淳史 | Atsushi Baba

(株)日立製作所 研究開発グループ 脱炭素エネルギーイノベーションセンタ長

2000年 九州大学大学院工学研究科応用原子核工学専攻博士課程修了後、(株)日立製作所入社。電力・電機開発研究所、エネルギー・環境システム研究所、日立研究所において、発電プラントや社会インフラの検査技術の研究開発に従事後、技術戦略室、機械イノベーションセンタにてマネジメント業務を歴任。2021年より、研究開発グループ テクノロジーイノベーション統括本部 脱炭素エネルギーイノベーションセンタ長として、環境・エネルギー分野の研究開発を推進。2021年より現職。博士(工学)。日本原子力学会・IEEE・非破壊検査協会会員。

# EXECUTIVE SUMMARY

## 開催趣旨

日立東大ラボではこれまで「Society 5.0を支えるエネルギーシステムの実現に向けて」提言を第4版まで発刊し、2050年からのバックキャストによる各ドメインのトランジションシナリオを起点に据えて、カーボンニュートラル(CN)を実現する過程において、再エネを最大限活用するための調整力と安定電源の必要性および、電化困難な分野の炭素吸収イノベーションと、これらを実現するための産業界のトランジションに向けた制度・政策について提言した。また、エネルギーシステムが地域と協調した際の調整力および経済性の評価、さらに持続可能な社会の実現に向けて必要となる資源や物質の循環に対する重要性も新たに加えた。

一方、2022年2月に勃発したロシアのウクライナ侵攻をなどの激変する国際情勢は、原油、LNG、鉱物など資源価格や電力価格の高騰、電力需給ひっ迫や物価高騰といった社会の混乱を引き起こしており、エネルギーや経済安全保障も視野に入れた「S+3E」の堅持とCNとの両立が必要である。

第5回の産学協創フォーラムでは、これまでの日立東大ラボの活動を振り返りながら、データに基づいて社会を豊かにSociety 5.0の実現がエネルギー分野に対してどのような影響を及ぼすか考える。エネルギートランジションシナリオを策定し、カーボンニュートラル社会の実現に向けたインサイトをまとめる。また、エネルギーシステムについてデータに基づいて定量的に分析するとともに、めざす都市像とエネルギー需給との連携シミュレーションを試みた。複雑に交錯する課題を包括的に分析・評価して解決を進めるためのSociety 5.0を支えるエネルギーシステムの実現について議論を深める。

# 2050 年カーボンニュートラル実現のための「トランジションシナリオ」

日立東大ラボでは、2050 年の CN の実現のため、エネルギー、産業、市民に起こるべき将来変化の道筋を示した「トランジションシナリオ」を作成している。多様なアクターの分析や公開ディスカッションにもとづき、多角的な「ドメインシナリオ」を記述し、国際連携、合意形成、産業構造転換などの幅広い観点から考察している。さらに、現在の国際的な地政学の変化や日本の諸地域における取組みをも視野に入れ、持続的な繁栄を実現する方途を示している。

## 2050年カーボンニュートラル実現のための「トランジションシナリオ」

日本における2050年のカーボンニュートラル(CN)の実現は、広範囲な分野における長期的、かつ多角的な変革を必要とする。炭素排出を実質的にゼロにする目標の達成は、政府、企業、市民の集合的な取り組みを通じて、社会や経済にかかわる構造的な転換によって成し遂げられるものであるからである。

日立東大ラボでは、2050年のCNの実現のための「トランジションシナリオ」を作成している。これは、日本におけるCNの達成のために必要となるエネルギー、産業、市民における将来変化の道筋を、質的に記述したものである。

## 専門家インタビュー、多様なアクターの分析、そしてドメインシナリオの記述

日立東大ラボでは、多角的なシナリオの作成のために、多様な観点から分析を行っている。特に、2020年度以降、社会、民間、公共の各セクターから約40件の専門家とのインタビューを行いながら、社会の移行にかかわる多様なアクターの分析を行ってきた。さらに、既存の統計や報告書の検討にもとづく分析や公開のディスカッション等を重ね、各ドメインの課題や長期的展望などの知見を収集している。

日立東大ラボでは、これらの知見にもとづき、2050年の日本の電源構成にかかわる2つのケース(「再エネ100%」、および「多様なエネギー」)を軸に、CNの実現のために想定されるエネルギー、産業、市民の行動にかかわる14の分野の変化の道筋を「ドメインシナリオ」として記述した。

これによって、CN実現へ向けた国境を越えた連携、CCS等の対策にかかわる合意形成、市民・企業・政府の参画による公正な意思決定、さらに

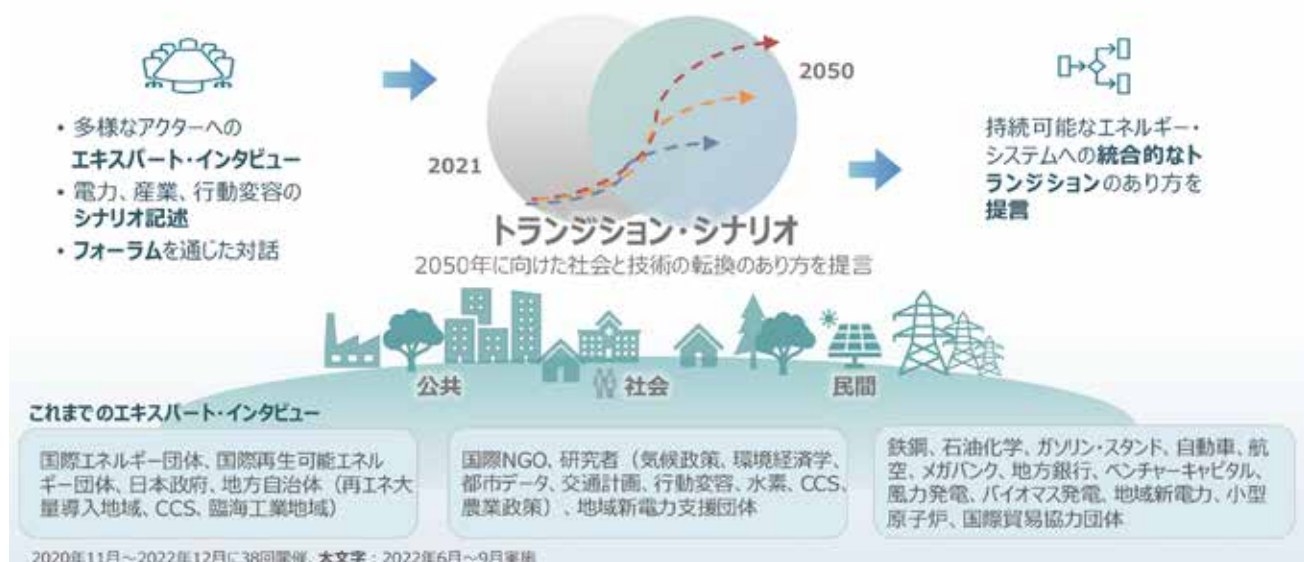
は脱炭素イノベーションへの長期的な投資、産業構造の転換、グリーン雇用創出などを通じて、地域における人々が持続的な繁栄を実現するための方途を提示している。

## エネルギーをめぐる国際的な地政学のランドスケープと日本の地域における脱炭素転換

2021-22年は、気候変動やパンデミックの影響が続く中で、ロシアによるウクライナ侵攻とそれに続くエネルギー危機をめぐる国際的な地政学上の大きな変化があった。特に、脱ロシア転換をはかるEUでは、REPower EUを通じて省エネ・再エネ目標の引き上げ、再生可能エネルギープロジェクトの前倒しなどの措置が発表されている。

日本においては、さまざまな地域主導の脱炭素プロジェクトが進行している。たとえば、秋田県では、自治体、地域電力会社、地方銀行、漁業者が関与して大規模な洋上風力発電事業が進められている。また、神奈川県川崎市臨海部では、高度成長期に形成した化学コンビナートの大規模な転換をめざす挑戦が続けられている。いずれの事例においても、政府に分野横断的な制度設計などを求める声が聞かれた。

さらに、現在のエネルギー危機を背景に、新たな状況が生じている。特に、気候変動や電力ひっ迫を背景として、政府はこれまでの原子力政策を転換しつつある。現在停止している発電所の再稼働、老朽化した発電所の運転期間延長、そして革新炉の開発・建設などの推進が発表されている。トランジションシナリオでは低価格化・安定化する再エネとの比較におけるコスト競争力や放射性廃棄物の処理などを含む国民的な議論の必要性が重要な論点として挙げられる。



\*CCS: Carbon dioxide Capture and Storage



# カーボンニュートラル社会に向けたエネルギー基幹システムの S+3E

国際情勢を踏まえたエネルギーシナリオの見直しおよび国内の再エネ増・地域偏在にともなう基幹システムの新たな課題抽出と対策案について

(1) エネルギー価格・構成の不確実性を考慮した CN の移行プロセスの姿：

・ 燃油価格リスクで再エネ増・水素利用状況の変化・安定供給への影響、フォアキャストとバックキャストのギャップ考察

(2) カーボンニュートラル移行に向けた課題と対策：

・ 原子力・インバータ電源制御等による安定供給・系統安定化対策、HVDC 等の広域系統増強や混雑管理対策  
・ 地域社会の特性をふまえた需給リソース活用・協調の必要性

## 背景

日立東大ラボでは、これまでに再エネ拡大と増大する電力需要への対策を目的に複数のシナリオと対策効果を検証を進めてきた。前回フォーラムでは以下の項目について検討結果を示した。

(1) 安定電源の重要性、(2) 安定供給のための蓄エネ配置、(3) 消費者が脱炭素を選択する社会

その後国際情勢の変化により、燃油価格や電力価格の高騰、電力需給ひっ迫の課題が顕在化したことを受けて、今回はカーボンニュートラル(CN)に向けてエネルギーシナリオの見直しおよび新たな課題抽出と対策について示す。

## エネルギー価格・構成の不確実性を考慮した CN の移行プロセスの課題と対策

最近の燃油価格高騰を踏まえ、2050 年の CN へのトランジションに向けたエネルギーシステムの需給構造の変化について定量的に評価し、必要な対策について考察した。試算評価には、東京大学 藤井・小宮山研究室で研究開発した「技術選択モデル」に基づくエネルギー・経済シミュレーションモデルを用いた。CN への移行シナリオを CCS、水素等の設定を変えることで、異なる電源・需要構成を最適化結果として算出し考察した。

検討の結果、燃油高騰により、これまでの検討結果に対し、再エネの導

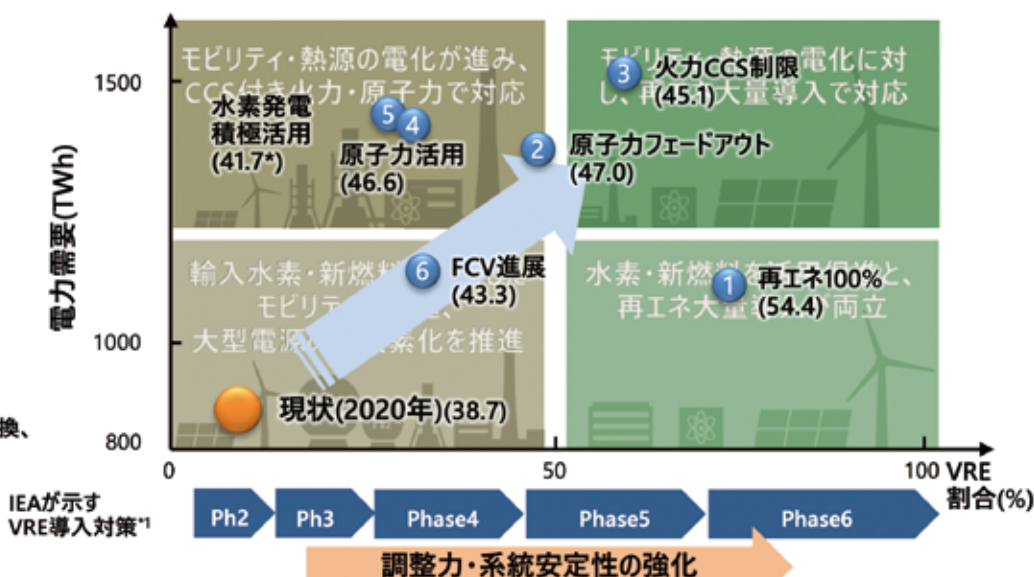
入時期の早期化や安定電源の確保が課題となる。これに対し、太陽光・風力などリードタイムの短い再エネの導入前倒しや、原子力活用、水素やアンモニアの利用、新燃料の製造と利用が有効となるシナリオが示された。また現状からのフォアキャストと2050年からのバックキャストの整合のとれた移行プロセスの姿を示した。

## CN 移行に向けた基幹システムの課題と対策

エネルギーシステムの CN 移行にむけた需給構造の変化を踏まえると、基幹システムの課題は、脱炭素電源や再エネ急拡大に備えた系統対策が必要となる。本報告では系統シミュレーションを踏まえてこれらの課題と対策を考察した。必要な対策としては、再エネの地域偏在に対し広域融通に対する系統安定性の維持、再エネ増に対する慣性・同期化力の確保、電源脱落時の周波数維持などが挙げられる。これに対し、HVDC 等による基幹システム強化に加え、インバータ電源・蓄電システムの疑似慣性制御が有効である。また調整力の確保も必要であり、地域系統の蓄電、EV、DR の活用が期待される。それにとともに、広域系統のみならず地域系統の混雑管理も重要となる。また気象を要因とした再エネの長期間の発電不足のような不確実性に対し、それを補うための原子力等の安定な電源や水素貯蔵など長期の蓄エネルギーの活用も必要となる。

◆検討条件  
・シミュレーションツール：  
東京大学・藤井・小宮山研  
エネルギー需給、コスト  
最小化計画(技術選択  
モデル)で計算  
・CO<sub>2</sub>削減量：  
46%削減@2030年、  
CN@2050年  
・条件：燃油価格高騰前

※(x.x)：総コスト(兆円/年)  
=1次エネルギー、エネルギー転換、  
各部門の設備コストの合計



\*1) IEA "World Energy Outlook 2018"

CCS: Carbon dioxide Capture and Storage, FCV: Fuel Cell Vehicle, VRE: Variable Renewable Energy, IEA: International Energy Agency

# 地域リソースの協調で S+3E と価値づくりを実現する協調制御プラットフォーム

価値創生と脱炭素化を両立するエネルギー協調実現に向け、地域から創出可能な調整力と実現施策を示す。

(1) 地域社会から創出できる調整力とそのポテンシャル：

家庭部門で創出可能な調整力は 27.6TWh、業務部門では 5.3TWh

(2) 家庭部門、産業部門それぞれに対する脱炭素施策：

地域の住宅・産業の特徴に応じた優先度高い施策をシミュレーション結果を踏まえて示す。

## 背景

日立東大ラボでは、これまでに地域の賢いエネルギー利用による価値創造およびエネルギー基幹システムとの協調メカニズムの実現を目的とし、協調制御プラットフォームを提案し、その定量的価値評価を進めてきた。昨年度までに戸建住宅を対象とした創造価値と調整力の評価手法を確立し、定量評価結果を報告した。

本年度は、昨今の燃油価格の高騰の反映に加え、地域社会から創出する調整力を評価すべく、協調制御プラットフォームの対象範囲を家庭部門全体、そして業務部門に拡大することによる創出価値を解析をもとに示すとともに、地域としての脱炭素化を円滑に進める施策について述べる。

## 地域から生み出す調整力と価値創造

協調制御プラットフォームにより実現する調整力を、住宅地の代表として東京都町田市、業務部門を含む都市の代表として福島県いわき市を選び、2030年断面における系統需給シミュレータによるスポット価格解析とアグリゲーションシミュレータによる調整力メリット解析を実施し、調整力と電力調達コスト削減額を評価した。

検討の結果、業務部門の中で給湯需要が大きい病院のヒートポンプ化を進めることにより、町田市では太陽光出力の調整力となる105GWh/年、いわき市では120GWh/年の需要シフトが実現でき、全国換算で32.9TWh/年に相当するとの試算結果を得た。

このような調整力は、基幹系統における需給調整用蓄電池の必要容量削減や、電力市場における価格安定化に寄与する。

しかし、現在の共同住宅の97%がガス給湯器で、ヒートポンプへの移行促進が課題である。また、家庭や業務部門と同様に調整力供給のポテンシ

ヤルを持つ産業分野では熱源の電化そのものが停滞しており、電力料金の高騰や需給ひっ迫がさらなる電化阻害要因となっている。産業の脱炭素化は、電化を進める財政補助に加え、エネルギーの可視化や現業に大きな支障を回避するエンジニアリングサービス、地域特性を踏まえた電化以外の促進策整備が必要となる。

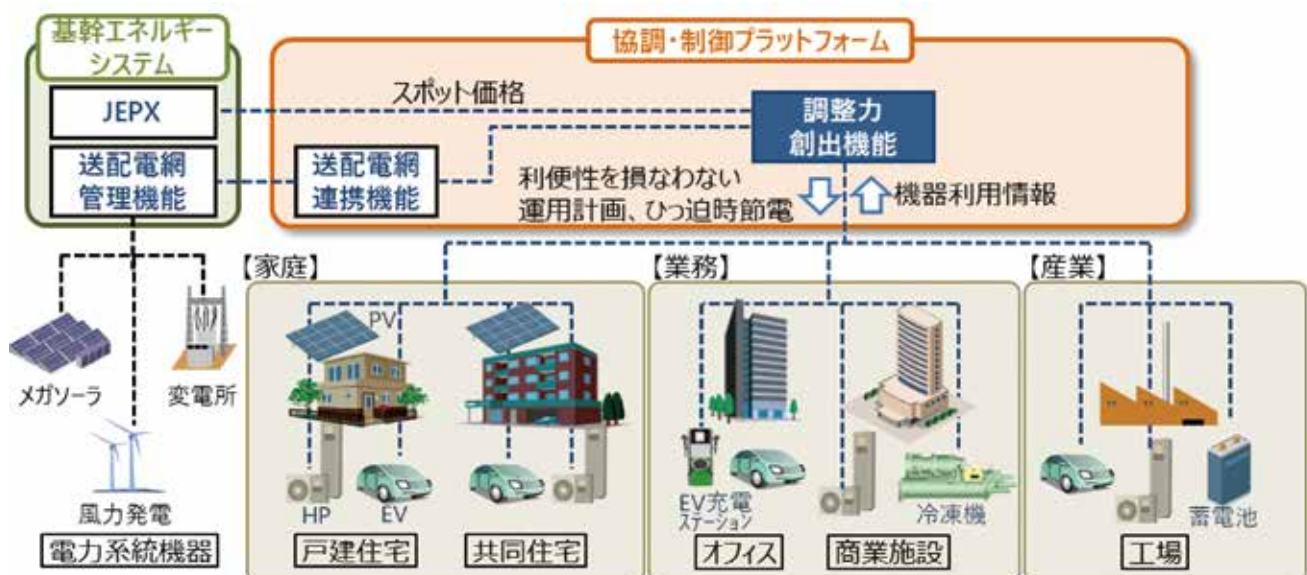
## 賢いエネルギー利用を円滑に実現する段階的移行

共同住宅や病院に対しては、新築および給湯システム更新タイミングに合わせた国・自治体による財政支援で、外部制御機能を有し、エネルギーストレージとしても活用できるヒートポンプやEV充電インフラの設備導入を進めることが重要である。また、自治体はEVの地域内利用の促進とグリッドへの貢献を支えるインフラ整備、勤務地充電を制度的に支援する地元企業との協業を推進すべきで、国はその活動に自由度を与える財政的支援や権限譲渡を進めるべきである。

産業については、下流の熱工程からの部分的電化など、段階的電化移行などをアドバイスするエンジニアリング支援および成功事例の地域内共有を、国や自治体取りまとめのもと企業参画で進めるべきである。

賢いエネルギー利用による地域の脱炭素化を加速する方法として、既設の家庭内ヒートポンプの貯湯タイミングを遠隔操作するレトロフィットや機器リースによる初期投資の回避、太陽熱を利用したエネルギー調整などが考えられる。脱炭素化と調整力創出を実現する複数の選択肢を社会として提供する体制を整えることが重要である。

一方、寒冷地ではレジリエンスを考えると、電化が必ずしも最適な脱炭素施策になるとは限らない。寒冷地に適する、業務用脱炭素手段の確保を含め、していくべきである。



# デジタルで導くエネルギー・社会のイノベーション

将来の都市像を多角的にシミュレーションする政策提言 AI（システム・ダイナミクス手法に基づいた解析）と、カーボンニュートラルのエネルギーシナリオを詳細分析できるエネルギー需給シミュレーションを相互に連成することによって、カーボンニュートラル達成時の都市像を考察した。

- (1)カーボンニュートラル到達時には、人口減少への一定の歯止め策、観光産業の活性化などの改善が見られる。
- (2)産業においては大企業の 2035 年頃までの経営努力が奏功し、中小企業の収益は成長を続けることが示唆された。
- (3)CO2 排出量の削減、電気自動車の急速普及などの脱炭素移行プロセスは 2034-2036 年から急速に進展する。

## 背景

カーボンニュートラルに伴う社会や産業などへの影響、トランジションに対する留意点は社会や産業の構造とエネルギー需給との関係が複雑であるため、その解析は困難である。日立東大ラボ・ハビタットイノベーションPJでは、システムダイナミクスによる要因分析手法である政策提言AIを活用して、未来の都市像を検討した。今回、この未来都市像の解析モデルに新たにカーボンニュートラルに対する要因を追加検討し、カーボンニュートラルを実現する未来都市像をシミュレーションした。得られた都市がもたらすエネルギー需給などの状況をエネルギー需給シミュレーターに引き渡した都市像・エネルギー需給連成シミュレーションを新たに実施し、カーボンニュートラルに伴う影響を多角的に分析した。

## カーボンニュートラルを実現する都市の姿

カーボンニュートラルが実現する都市において、洋上風力発電をはじめとする再生可能エネルギーの導入拡大や運輸部門におけるEV、燃料電池自動車の普及拡大といった脱炭素トランジションプロセスが2035年以降急速に進展することが示唆された。このような傾向をエネルギー需給シミュレーターに反映させた結果、再生可能エネルギーの導入過程が太陽光発電、風力発電とも特定時期に急拡大することなく、平準化されて導入が進む傾向が示された。また、家庭や業務部門の電化が特に促進され、再生可能エネルギーの利用が促進される傾向が得られた。

都市像全体としては地域社会の好循環につながる独居世帯の改善、地域循環経済の促進、放棄耕作地の有効利用、観光産業の進展などの指標の改

善が見られた。一方、格差や幸福感など身の回りの暮らしは現状維持の傾向を示す指標が多くみられた。

このような都市像には合計5つのターニングポイントとなる分岐点が見られ、その時期は2034-2036年と2043-2046年に集中している。2034-2036年は脱炭素のトランジションプロセスが急速に進展する時期と重なることから、脱炭素に向かうための重要な時期と考えられる。

## CN移行に向けた産業界の影響

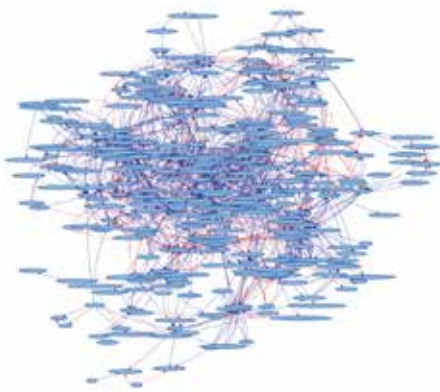
CN移行に伴う産業界の収益性は、大企業が2030年頃まで減収する傾向があるものの、その後2035年以降は収益増に転じる。一方、中小企業は収益横ばいあるいは収益増となり、カーボンニュートラルに伴うトランジションを含む産業界の経済動向は大企業がトランジションに伴う収益減が中小企業を補完する形で進行することが示唆された。鉄鋼やエチレン等の基幹素材の生産量は微減となり、人口減に伴う需要減の範囲内にとどまることが推定された。

## カーボンニュートラルに向けた国土・都市像

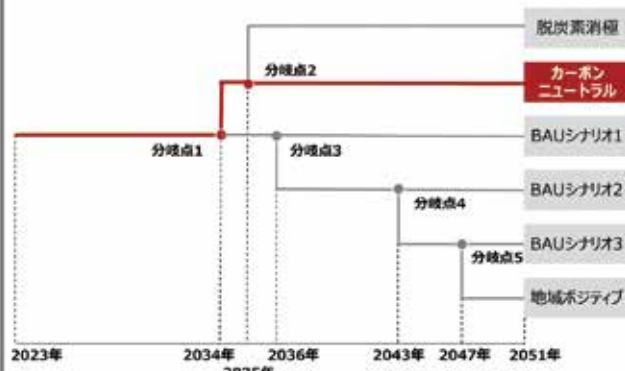
以上の検討から、カーボンニュートラルの実現には、国土・都市像を見据えたトランジションプロセスが重要であり、脱炭素の施策が急展開する2034-2036年がターニングポイントとなる重要な時期と示唆された。脱炭素移行プロセスの詳細検討によって、太陽光発電の過剰設置の抑制や、エネルギーコストの削減と都市の成長が両立されう。

### 14分野230個の指標に対し、684個の相関を生成

- 1.人口
- 2.財政
- 3.自然・環境
- 4.雇用・働き方
- 5.子育て
- 6.医療・福祉
- 7.地域・暮らし
- 8.教育
- 9.社会インフラ
- 10.交通
- 11.産業
- 12.観光
- 13.格差
- 14.幸福



### カーボンニュートラルに向かう分岐点は2034-2036年に集中している







# H-UTokyo Lab.

Hitachi and UTokyo Joint Research

- ・ 本日はご来場頂き、真にありがとうございました。
- ・ 本日の資料は、後日、日立東大ラボのHPに掲載いたします。  
掲載箇所：<http://www.ht-lab.ducr.u-tokyo.ac.jp/2023/01/25/news044/>
- ・ 日立東大ラボの取り組み についてのご意見ございましたら、下記までお寄せください。  
コンタクト：<http://www.ht-lab.ducr.u-tokyo.ac.jp/contact/>