



H-UTokyo Lab.

日立東大ラボ 産学協創フォーラム

Society 5.0 を支えるエネルギーシステムの実現に向けて（第三回）

2050年カーボンニュートラルに向けた 社会技術シナリオ

城山 英明

東京大学大学院

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

2021年1月18日

1. エネルギー・トランジションの社会的次元

- a. 移行（トランジション）とその多元性
- b. エネルギーにかかわる移行の社会的次元

2. 統合的な「社会技術シナリオ」の重要性

- a. エネルギーにかかわる既存のシナリオ
- b. トランジション・シナリオ
- c. 日立東大ラボの新たなアプローチ

3. 策定プロセス

- a. エキスパート・インタビュー
- b. 今後の活動タイムライン
- c. シナリオ策定にかかわる挑戦

4. パネルディスカッションについて

1. エネルギー・トランジションの社会的次元

- a. 移行（トランジション）とその多元性
- b. エネルギーにかかわる移行の社会的次元

Phase I からの学びと、Phase II に向けた新たな課題

Phase I 活動

2050年CO2排出量80%削減を目標に、下記検討を進めていた

- 再生可能エネルギーの主電源化を実現する**技術転換シナリオ**
- 東京大学 技術選択モデルを活用した**電力・グリッドに着目した定量分析**

カーボン・ニュートラルへの挑戦

Phase II 活動

これまで「野心的」とされた以上に、**大規模かつ急速な脱炭素化の推進を必要とする**

- 2050年のあるべき姿に向けた、全ドメインに関わる**トランジション・シナリオ**
 - 電力だけではなく、幅広いエネルギー利用、金融や市民等、多様な主体に関わる多元的な検討・取組みが必要
 - 複数のパスウェイを想定し、戦略的に推し進める必要
- エネルギー・システムにおける**新たな価値創出**
 - 既存・新規アクターに対し、経済性だけでなく、長期的・包括的な視点に立った評価指標が必要

Multi-level Perspectiveにもとづくトランジションの概要

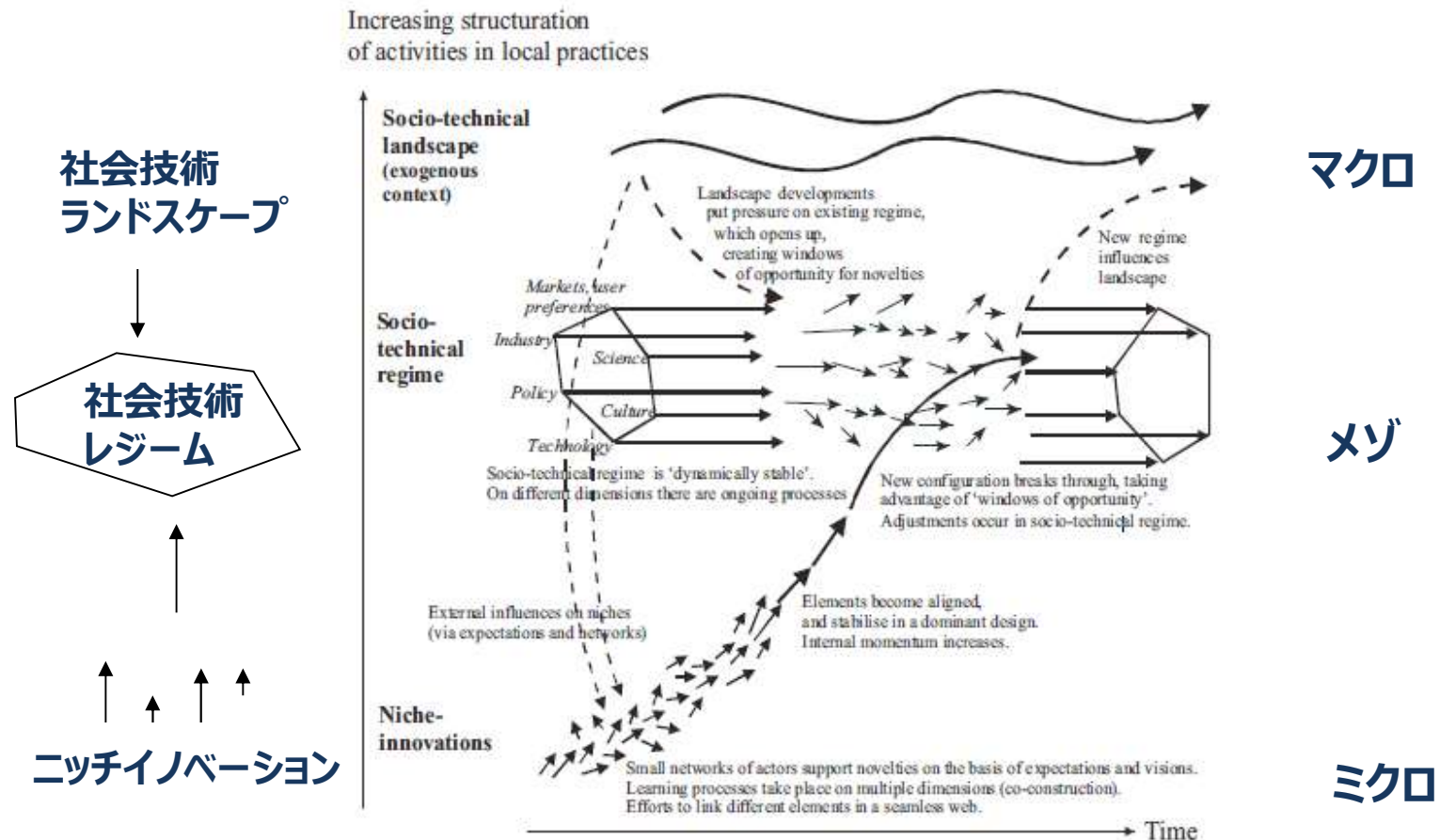


Fig. 2. Multi-level perspective on transitions.

出典 : Frank W. Geels. 2011. "The multi-level perspective on sustainability transition: Responses to seven criticisms. Environmental Innovation and Societal Transition 1, p. 28 (Adapted from Geels (2002:1263). [Geels, F.W., 2002. Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case study. Research Policy 31, 1257-1274.]) を基に加筆。

新たなエネルギー・システムへのラディカルな移行を実現には、
経済・政治・社会などさまざまな側面から統合的にとらえることが必要

従来の取り組み【～2019】

脱炭素化への取り組みを、電力にかかわる発電やグリッドの観点から
詳細に技術・経済モデルに基づいた検討・提言



新たな主体とアプローチ：経済・政治・社会にまたがる統合的なシステム転換へ

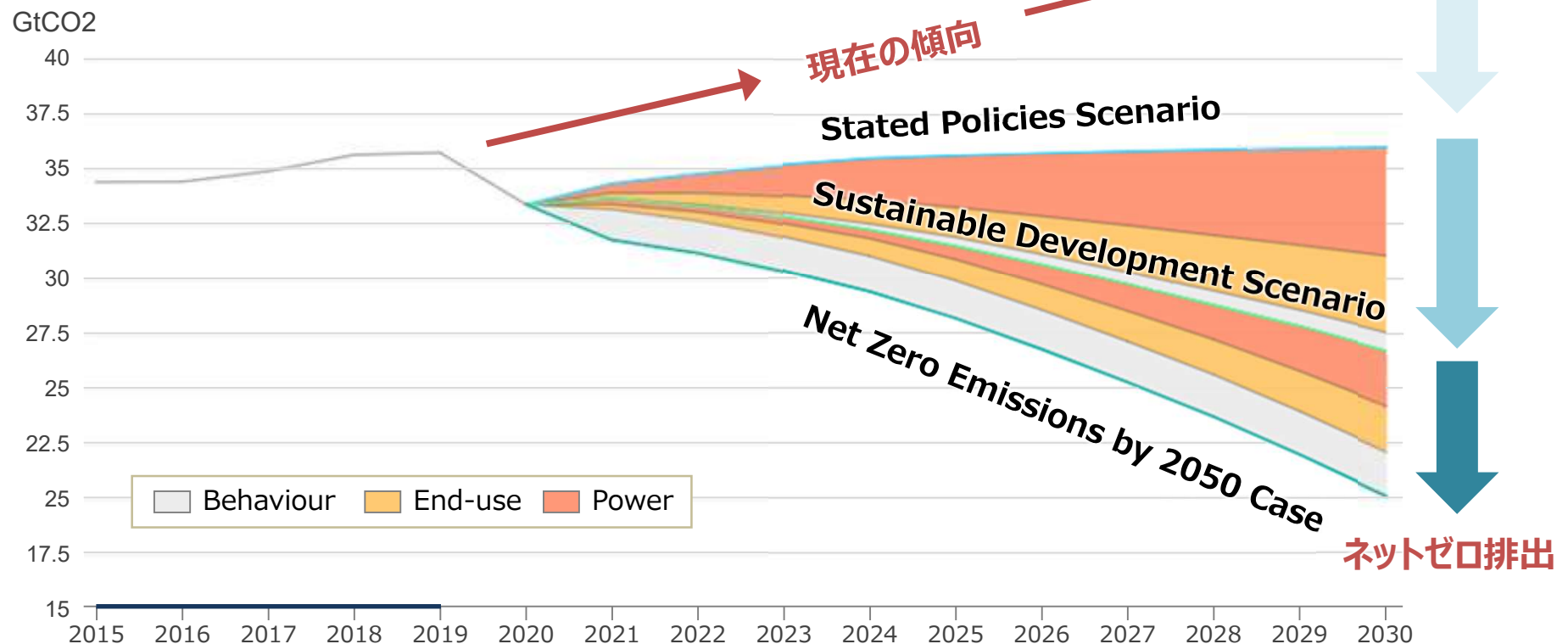
経済的な次元	例：電力・エネルギー・化学会社など既存のアクターと、再生可能エネ・電気自動車・ITや通信の新規参入者が、どのような関係を生じさせながら構造転換を成し遂げていくか
政治的な次元	例：政府、地方自治体、環境や金融にかかわる国際的な非政府組織、市民との関係のもとで、どのように新たな合意形成を行うことができるか
社会的な次元	例：エネルギーにかかわる新たなオプションが、気候変動への意識の高まりや生活スタイルの変化などとともに、どのように支持・選択されていくか

2. 統合的な「社会技術シナリオ」の重要性

- a. エネルギーにかかわる既存のシナリオ（グローバル・日本）
- b. トランジション・シナリオ
- c. 日立東大ラボの新たなアプローチ

IEA による世界のCO2排出シナリオ（2015－30年）

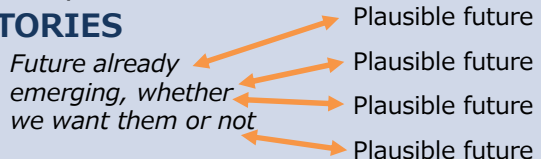
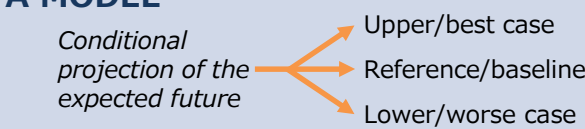
現在の傾向の延長と、あるべき道筋の間の懸隔は大きい



出典：IEA. 2020. <https://www.iea.org/commentaries/as-we-mark-the-paris-agreement-s-5th-anniversary-we-continue-to-expand-our-work-on-energy-and-climate>

「見通し」と「規範シナリオ」のギャップをいかになくすかがカギ

世界エネルギー会議（WEC）によるシナリオの分類

可能シナリオ Plausible scenarios	見通し Outlooks	規範シナリオ Normative scenarios
Plausible pathways of alternative future contexts that might happen whether or not we want them	Data rich projections – the future we expect/assume on a business-as-usual projection of current trends	Technically possible and preferable future towards a target
Qualitative based, narrative-led, supported with illustrative numbers	Quantitative led	Focus on achieving a specific goal aligned to a global vision agenda
Explicit about societal and political elements in addition to techno-economic elements	Focus on techno-economical elements	Values and identity-based approach
Provide a clear and enabling pre-decision framework for leaders to engage with uncertainty	Provide a sensitivity analysis & enable cost-benefit analysis for decision makers to compliment the baseline projection with new policies	Generated by starting from a clear objective/target and back-casting to identify the pathway for making progress (i.e. road mapping)
<i>assumptions</i> STORIES <i>Future already emerging, whether we want them or not</i> 	<i>facts</i> A MODEL <i>Conditional projection of the expected future</i> 	<i>Capabilities and values</i> ORGANISATION/SYSTEM TODAY <i>What has to be done to close the gap and achieve specific goals?</i> 

出典：World Energy Council. Innovation Insights Brief: Global Energy Scenarios Comparison Review.

<https://www.worldenergy.org/publications/entry/innovation-insights-brief-global-energy-scenarios-comparison-review>.

a. エネルギーにかかわる既存のシナリオ

IGES（地球環境戦略研究機関）による「ロックインシナリオ」と「トランジションシナリオ」の比較

分析の視点		ロックインシナリオ	トランジションシナリオ
人々の考え方と行動	価値観	所有価値	機能価値
	経済	経済合理性	経済合理性、環境合理性、生活の質への欲求の高まり
	レジリエンス	安全・防災意識の高まり	安全・防災意識の高まり、炭素の社会的コスト(SCC)の可視化・内部化
都市と地域	都市と地域・土地利用	スプロール化、都市・土地利用の変化なし	都市機能の集約化、インフラの選択と集中(脱炭素化とレジリエンス向上の同時進行)、遊休地の有効活用(再エネ、植林)
	交通・移動形態(モビリティ)	自動化、一部電動化	電動化、自動化、公共交通の利用促進
	自治体	ネット・ゼロ都市の拡大停止	ネット・ゼロ都市の拡大、都市と地方の連携
	エネルギー利用	一部の住宅、オフィスビルにおけるZEHやZEBの普及	半数以上の国民がZEHに居住、オフィスビルにおける建て替えなどの機会を利用したZEBの促進、冷暖房に必要なエネルギーの電化、寒冷地における廃熱などを利用した地球暖房化
暮らし(ライフスタイル・ワークスタイル)	休日・自由時間	休日・自由時間が現状維持	休日・自由時間が増加、自己実現に投資
	消費	製品の所有	機能・サービスの消費、シェアリング(車、耐久材)
	購買	デジタル化(AI, IoT等)による効率的な購買	デジタル化(AI, IoT等)による効率的な購買、健康意識、SCCの可視化・内部化
	労働	若干のオンライン会議	在宅勤務・オンライン会議の進展
	生産と廃棄(廃棄物・資源問題)	大量生産・大量廃棄、現状の資源循環	循環型社会の形成、カスタマイズ・デマンドフロー生産(3Dプリンタの導入等)
	エネルギー利用	エネルギー利用に係る問題が供給側で対応され、エネルギーのコンシューマーとしての暮らし	デマンドレスポンス関連技術を応用し、再生可能エネルギーの変動と調和があるエネルギーのプロシューマーとしての暮らし

a. エネルギーにかかわる既存のシナリオ

IGESによる「ロックインシナリオ」と「トランジションシナリオ」の比較

分析の視点		ロックインシナリオ	トランジションシナリオ
産業	製造業等	生産方法・生産工程の効率化、低炭素技術の導入、電化	生産方法・生産工程の効率化、脱炭素技術の導入(既存技術の代替)、電化の促進
	エネルギー利用	化石燃料依存、技術の発展による省エネルギーが進展	再エネ中心、技術の発展及び電化による省エネルギーが進展
	農林水産業	デジタル化(AI, IoT等)による効率的な管理	デジタル化(AI, IoT等)による効率的な管理、農林業機械や漁船の電化・燃料電池化等、体験型農林業としてのサービス提供、新素材や発電・暖房設備への原料提供
適応 (レジリエンスの向上)	適応策	防御中心	被害最小化、転換的な適応
	緩和と適応の統合	TCFDの対応の頭打ち	緩和とシナジー、インフラの脱炭素化とレジリエンス向上の同時進行
	国際動向、商慣行・規範	防御中心	TCFDの法制化(欧州)などによる企業行動の大きな変化、SCCを内部化した行動
電力	電源構成	CCSを用いた化石燃料の利用の継続	多様な再生可能エネルギー中心
	電力システム・送電網	集中型電源・既存の電力システム	分散型電源・送電網の拡充、デマンドレスポンス、P2P取引、VPPの実用化

なお、IGESのレポートにおける「トランジションシナリオ」と、本発表の後半で示す「トランジション・シナリオ」はほぼ同じ名称だが、別個のものである。前者は、日本が「ネットゼロ社会」へのトランジションを成し遂げた状況を仮構的に記述したものを指す固有名称であり、後者は持続可能性へのトランジションのプロセスそのものを描出する手法、またその手法による成果物を指す一般名称である。

将来の日本社会のあり方を左右する変化ドライバー群

脱炭素化は、少子高齢化、都市集約化、レジリエンス強化と同時進行

主要な国際機関の報告書における長期的な社会変化の構成要素

IIASA	SDSN	WBA	GSDR2019	IGES（日本）
● 人間のキャパシティ（capacity）と人口動態 ● 消費と生産 ● 脱炭素化とエネルギー ● 食糧・バイオスフィア（biosphere）・水 ● スマートシティ ● デジタル革命	● 教育・ジェンダー・不平等 ● 健康・福利・人口動態 ● エネルギーの脱炭素化・持続可能な産業 ● 持続可能な都市とコミュニティ ● 持続可能な開発のためのデジタル革命	● 農業と食料 ● 脱炭素化とエネルギー ● 循環型（トランスフォーメーション） ● デジタル（トランスフォーメーション） ● 都市（トランスフォーメーション） ● 社会（トランスフォーメーション）	● 人間の厚生とケイパビリティ（capability） ● 持続性と公正な経済 ● 食糧システムと栄養パターン ● エネルギーの脱炭素化・ユニバーサルアクセス ● 都市と郊外の発展 ● グローバルコモンズ（地球環境）	● 過疎化・少子高齢化 ● 都市機能の集約化 ● 脱炭素化 ● レジリエンス向上 ● 循環型社会 ● デジタル化（AI, IoT）

出典：IGES. 2020. 『ネット・ゼロという世界：2050年日本（試案）』, p. 25

トランジション・シナリオとは

トランジション・シナリオ：持続可能な社会への移行のための社会変革の必要性にもとづき、望むべき将来に対する探索的かつ規範的なシナリオ

従来のシナリオ

- 不確実な将来を予見し、それに適応する戦略を立てることを重視
- そこで生まれる行動は必ずしも持続可能な将来につながるわけではない

トランジション・シナリオ

「第三世代」のシナリオ方法論

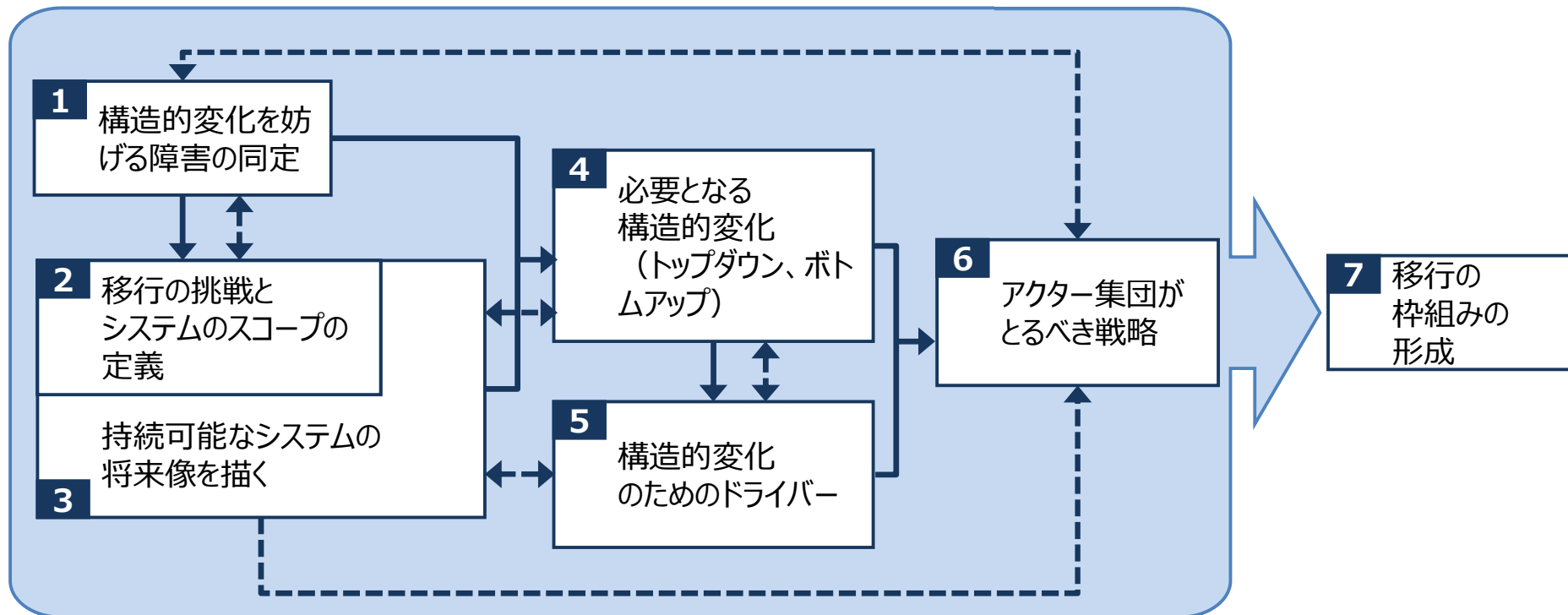
- 持続可能性へ向けた構造的な社会変革を指向
- 統合性、不確実性の認識、規範性、参加性を強調
- 多様なアクターの動きを明示的に描出

- 従来型のシナリオ・ビルディングの方法論を引き継ぎつつ、持続可能性への移行のための構造的変革のあり方について詳細な分析
- あるべき姿を詳細に描き出し、取るべき戦略を明らかにする

トランジション・シナリオ策定のステップ

- ・ 望むべき将来のシステムがいかなる姿をしているか
- ・ それを達成するためにいかなる**構造的変化**が必要なのか
- ・ その変化においていかなる**障害**や**ドライバー**があるのか
- ・ **社会アクター**がとるべき**戦略**はどのようなものか

構造転換にかかわる問いを
繰り返しながら、
徐々にシステム全体の
移行の姿を描いていく



日立東大ラボが描くトランジション・シナリオの独自のアプローチ

独自のトランジション・シナリオ（＝「社会技術シナリオ」）

- **2050年からのバックキャスティング：**

2020年現在の状況を捉えたのち、**2050年の将来像(ビジョン)**を定め、そこに至るための中間段階(2030/40年)、そして現在へとつながる時間的变化の中で社会の変容を捉える。

- **社会・公共・民間セクターにおける変化：**

長期的で複雑な社会変容を理解するために、「**社会**」・「**公共**」・「**民間**」の**3つのセクター**に幅広く関心を払いながら、これらの領域において生じる変化に着目する。

- **統合的なシナリオと移行戦略：**

社会変化を統合的に捉えながら、長期的な移行にかかわる**社会技術シナリオ**や、より近い将来に向けた**移行戦略**を検討する。

構造、アクター、意思決定にもとづく分析

1. 構造

根本的な転換を要する現在の構造と、転換後の持続可能な構造がいかなる姿をしているのかについて分析

2. アクター

社会の様々なアクターがどのように協業・競争し、共に変化しつつ脱炭素を達成していくかを分析

3. 意思決定

政府と地方自治体、市民と自治体、企業とNGOなどの間に生じる緊張や、のぞましい合意形成・連携のあり方や長期を見据えた意思決定手法について分析

3. 策定プロセス

- a. エキスパート・インタビュー
- b. 今後の活動タイムライン
- c. シナリオ策定にかかわる挑戦

エネルギー・システムの将来像や長期的社会変容のあり方を見出す

新たな社会への移行に関する経験や知識を持つインフォーマントを選定し、
エキスパート・インタビューを開始

課題: アクター間の観点の差異に配慮しつつ、現在の状況や長期的な将来像を捉える

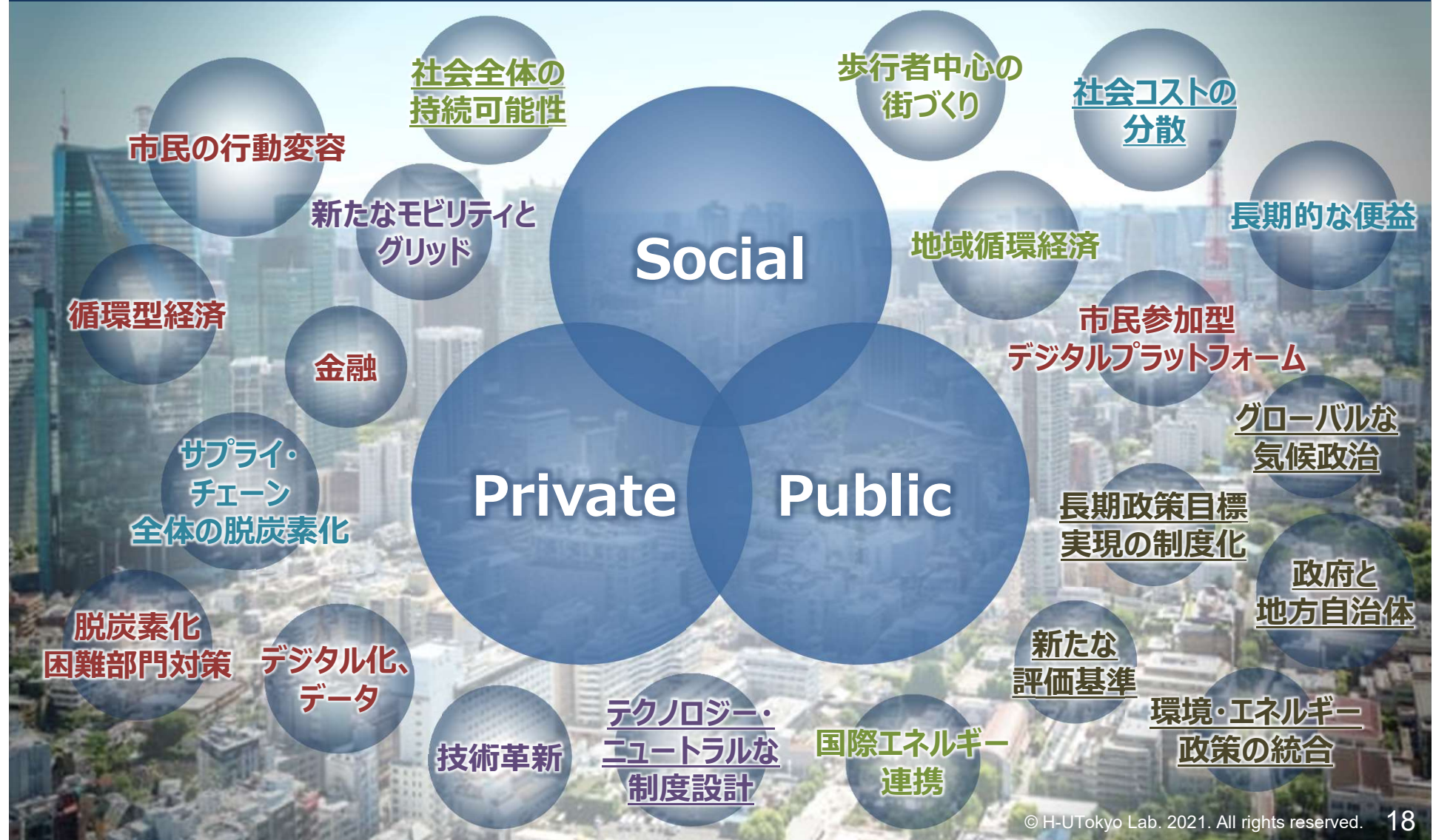
目的: エネルギー・システムをめぐる長期的な社会変容のあり方を理解し、ありうべきトランジションのあり方を検討するための基礎的知見を得る

期間		2020年11月～
対象	社会	国際NGO、学術研究者（環境政策、経済学、都市）
	民間	自動車、石油化学、投資家
	公共	日本政府、国際機関

テーマ：

1. 2050/2030年のエネルギー・システムに影響を与える**要因**
2. ネット・ゼロの推進を妨げる**障害**
3. 長期のエネルギーの変化のために必要な**政策**
4. 注目すべき**ステークホルダー**
5. エネルギー・システムの**評価基準**とその変化
6. そのほかの観点

社会・民間・公共にまたがる変化と課題群



社会：都市とモビリティ、市民参加、そして新たな価値観の確立

歩行者中心の都市とモビリティの役割

- 国内においては、都市のコンパクト化と歩行者中心の都市づくりが中心化。
- 一方、EVをはじめとする新たなモビリティは、電力グリッド(VtoG)、人工知能、スマートフォンと一体化し、役割を変化。

市民の参加と地域インフラ

- 市民の主体的な参加は、地域インフラにかかわる意思決定を大きく左右する。デジタル・プラットフォームはこれを加速。

新たな幸福観

- 地球環境の持続可能性と合致した、経済成長・大量消費とは異なる新たな幸福観の確立が重要。



ヨーロッパの主要都市では、都心部から自動車を排除し、人々が憩う公共空間（パブリック・スペース）の建設や歩行者・自転車中心の都市づくりへの転換が進んでいる。写真は、Superblockモデルにもとづく公共空間再生が進むバルセロナ市。

出典：Ajuntament de Barcelona. “Superilles.”

民間：グローバルなESG金融が日本における産業構造の転換を加速

金融とサプライ・チェーンの脱炭素化

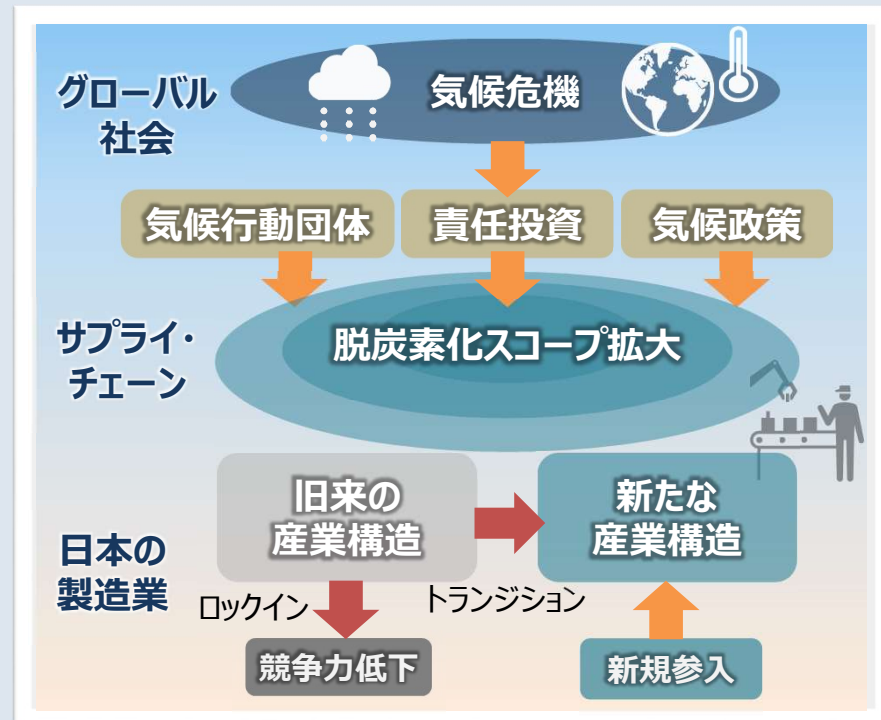
- 国際的な責任投資のネットワークと金融は企業評価にますます大きなヴォイスを持ち、巨大企業のサプライ・チェーンのカーボンニュートラル化を強力に進める。

産業構造の転換と国際競争力

- 企業の脱炭素基準のスコープの拡大は、グローバル企業の取引先選別に重大な影響を与え、急速な産業構造の転換を生む。対応の遅れは、日本の産業の国際競争力を大きく脅かす。

エネルギーとITの融合による分散化

- エネルギー・セクターのITとの融合は新たなアクターや分散型サービスの参入・発展をもたらし、通信産業に似た経路を歩む。



巨大テック企業は脱炭素化に向けた高度な目標を発表。調達先の取引先までスコープに入れることで、サプライ・チェーン全体の脱炭素化を表明。高い要求水準を満たすことができない企業は、国際的サプライヤーとして選ばれなくなる。

公共：新たな意思決定のしくみと、開かれた長期ロードマップ

政府と自治体の意思決定

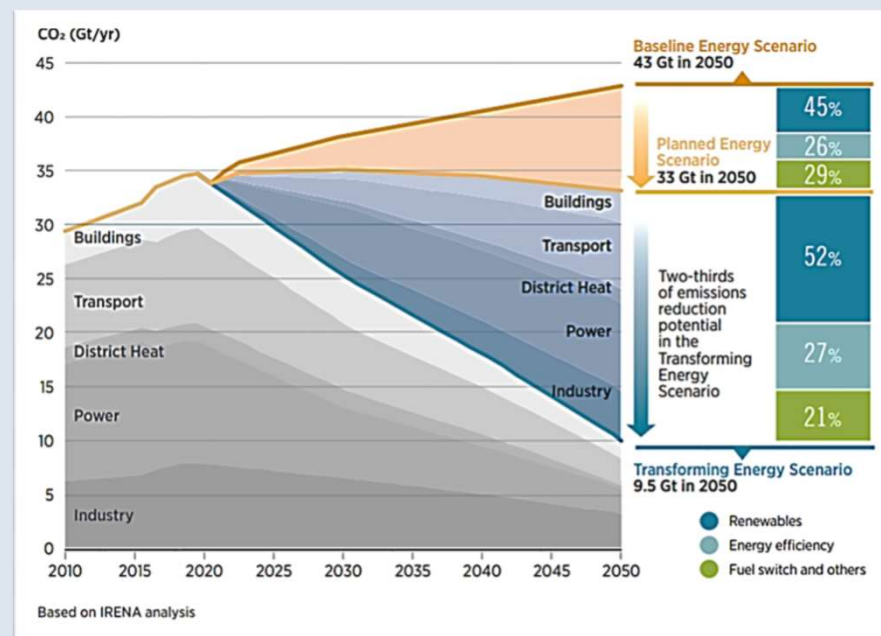
- 分散型の再生エネへの急速な転換は、中央と地域の間緊張を生む。地域独自の環境や経済に立脚し、持続的発展を実現するしくみづくりが必要。

環境・エネルギーの統合的推進

- カーボン・ニュートラルの達成は長期目標。「環境」と「エネルギー」にかかわる政策を統合的に実現する機構が不可欠。
- デジタル庁のように専門的人材を流動的に登用するとともに、政府と地方自治体、業界・市民団体が一体的推進を。

開かれた長期ロードマップ

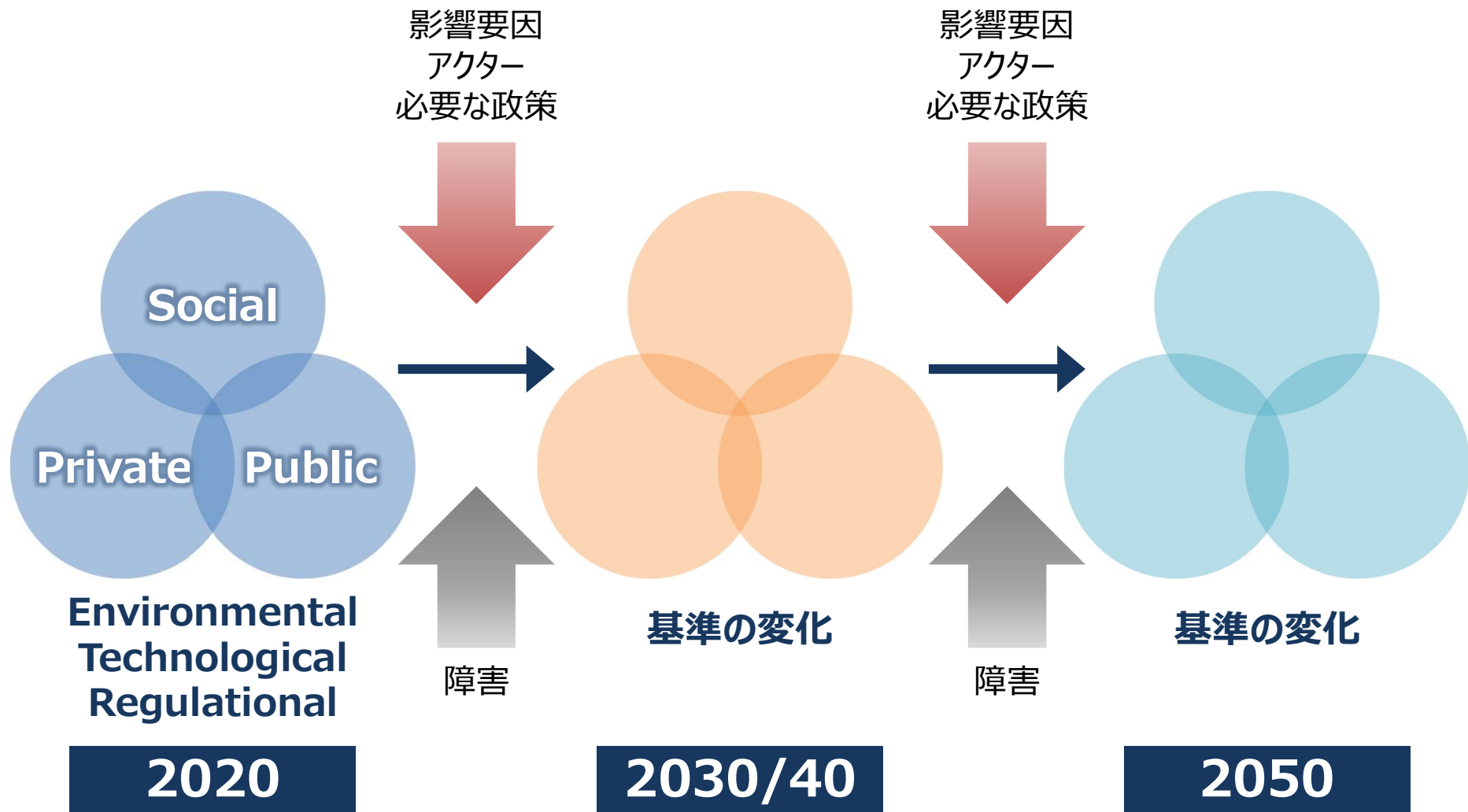
- 達成のための政策とイノベーションの選択肢を明らかにし、官・民・市民に開かれた長期ロードマップを策定、改訂を制度化



2050年のカーボン・ニュートラルは、急激なエネルギー転換を伴うため、多様な分野の長期的な貢献が必要。特に、各分野の役割を明らかにする統合的なロードマップの共有や、政治化の回避などが重要である。

出典：IRENA. 2020. *Global Renewables Outlook: Energy Transformation 2050*, p.33.

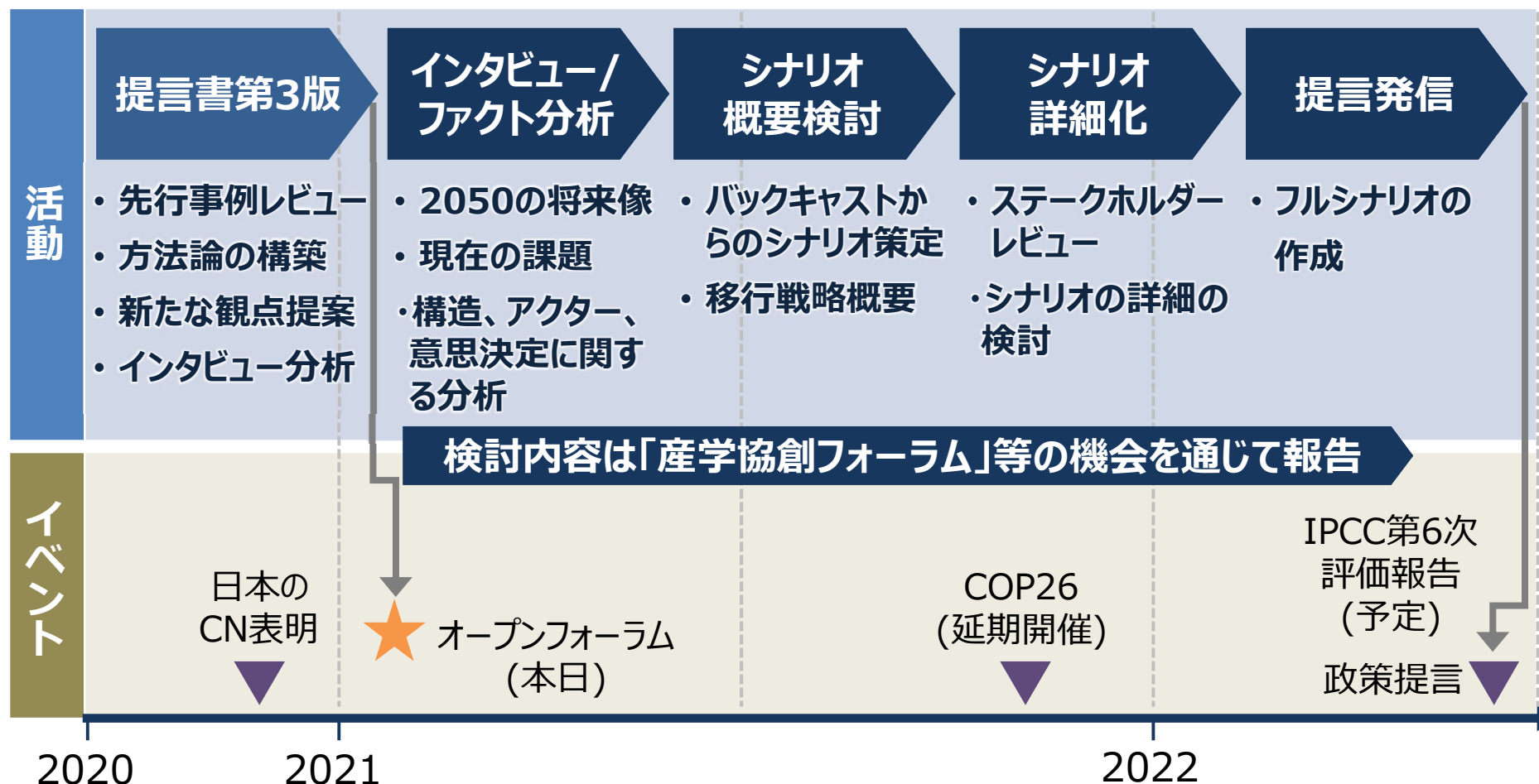
社会技術シナリオに関する検討の関係図



b. 今後の活動計画

今後の活動計画

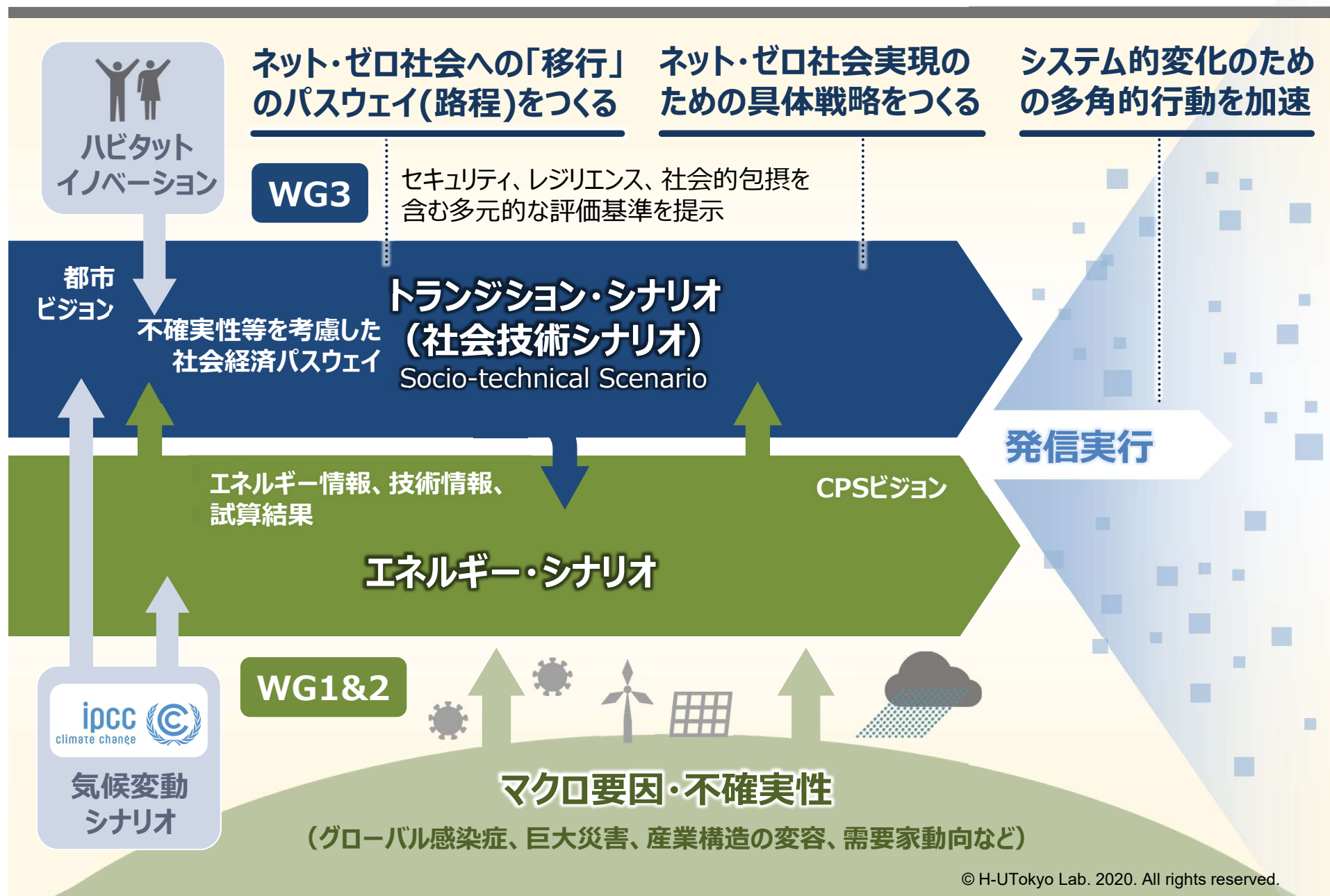
今後の活動プロセスとスケジュール（予定）



b. 今後の活動計画



H-UTokyo Lab.



2050年カーボン・ニュートラル社会の実現：

- 現在からおよそ30年にわたる長期の目標
- 政治・経済・社会の幅広い分野における根本的な構造転換が必要

トランジション・シナリオ策定の意義：

- 未踏の目標の実現のために前進するために、さまざまな視点から望むべき将来像を描き出し、多様な人々とともに、これに至る道程を確認する

シナリオ策定の挑戦

多様な角度からの分析、長期的な将来像を描く洞察、
策定プロセスの透明性など

日立製作所と東京大学の研究者が率直にその知識や意見を
交換しながら、多くの人々にとって参考となるべき資料を作成

日立東大ラボは、21世紀前半の日本における大きな社会的挑戦に、
両者が持ちうる最良の知見をもって資することをめざす

4. パネルディスカッションについて

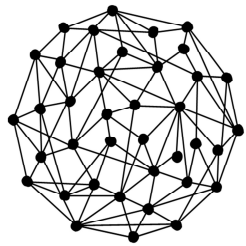
第二部：「Society 5.0 のエネルギーシステムと新たな価値」

本パネルセッションでは、ネットゼロへの移行をより広い社会的コンテキストから捉えながら、その将来像と乗り越えるべき課題について議論を行う。

ここでは、特に、1. 都市における人々の生活の変容やデータに基づく市民参加のあり方、2. 金融、サプライチェーンを契機とする脱炭素化と産業構造の変革、3. エネルギーにかかわる社会的合意や意思決定のあり方などに注目しながら、将来のエネルギーシステムの基盤となる新たな価値について検討する。

モデレータ： 城山 英明（東京大学教授）、鈴木 朋子（日立製作所技師長）

パネリスト	ご討論案
吉村 有司 東京大学 特任准教授	都市の公共空間、歩行者中心の街づくり、及び参加的民主主義のためのデジタルプラットフォームなどについて、スペインにおける取り組みなどを報告しながら、日本の都市の将来像について述べて頂く。
高瀬 香絵 CDP シニアマネージャー	パリ協定以降の金融分野における急速な変化に関して、二酸化炭素の排出情報やSDGs取り組み状況の透明化が、産業変革に果たす役割などについて報告頂く。
木南 陽介 株式会社レノバ 代表取締役社長 CEO	再生可能エネルギー事業者の観点から、その主電源化に対する課題や推進に資する必要施策、地域経済の持続性などにかかる自治体や電力会社の役割などについてお話し頂く。
松本 幹雄 日産自動車株式会社 エキスパートリーダー	EVと地域グリッドの関係性、モビリティに求められる長期的な変化、自動車の社会的役割の再定義、生産におけるサプライチェーン変革などについてお話しいただく。



H-UTokyo Lab.