

【講義レポート】GX 特論 I 第 3 回 | 大城 賢 准教授「正解のない未来をどう考えるか」

世界・日本の脱炭素化に向けたエネルギーシナリオ分析

登壇：大城 賢 准教授（北海道大学 大学院地球環境科学研究所）

環境工学とシンクタンクでの実務経験を併せ持つ大城准教授は、技術・政策・社会を統合的に捉えるエネルギーシステム分析の専門家です。

本講義は「正解のない未来をどう考えるか」という問いから始まりました。脱炭素化には単一の道筋はなく、社会がどの価値を優先するかによって、選ぶ未来は大きく変わります。その複雑さを読み解くために必要なのが、個別技術ではなく“社会システム全体”を俯瞰する視点です。

大城准教授は、AIM（統合評価モデル）^{*1}を用いたシナリオ分析を通じて、技術ポテンシャルと社会的制約を数理的に照合し、複数の未来像を比較する手法を紹介しました。シナリオは未来を予言するものではなく、私たち自身が「どの未来を選ぶのか」を考えるための意思決定ツールなのです。

本レポートでは、講義で示された三つのシナリオ（ネガティブエミッション・行動変容・技術革新）を軸に、脱炭素社会の多様な選択肢と、それぞれが抱える価値・リスク・実現可能性を整理します。

正解のない未来をどう考えるか

大城准教授は「脱炭素社会に向けた道筋は複数あり、それぞれに利点と欠点がある。決して一つの正解があるわけではない」と語ります。

脱炭素化を語るとき、私たちは個別技術に注目しがちですが、必要なのは技術単体ではなく、社会システム全体を俯瞰する視点です。

なぜシナリオ分析が必要なのか

2015 年のパリ協定以降、世界は平均気温上昇を 1.5°C に抑える長期目標を掲げました。日本も 2030 年度 46% 削減、2050 年カーボンニュートラル宣言をし、GX 戦略を推進しています。再生可能エネルギーの急速な普及は、脱炭素化への期待を高めています。

しかし、大城准教授は、学生に問いかけます。

「このトレンドが続けば、ゼロ排出は達成できるだろうか」

再エネの普及は進んでいるものの、電力全体から見れば、まだ一部にすぎません。現行政策を続けたとしても、2°C 目標にもまだ届かないレベルという厳しい現実があります。

GX^{*2}とは、単に再生可能エネルギーを増やすことではなく、エネルギーの生産・輸送・消費を含む社会システム全体を変革することです。そのためには、複数のシナリオを比較し、実現可能性のある将来像を描く必要があります。

統合評価モデル AIM が描く複数の未来

エネルギーシステムは、発電・送電・消費・燃料供給や輸送システムに至るまで複雑に結びついています。この構造を定量的に用いられているのが「AIM(Asia-Pacific Integrated Model)」などの統合評価モデルです。

これらを用いて将来のエネルギー需給や CO₂排出量を計算し、異なる政策や条件のもとで社会がどの方向へ進み得るのかを比較することを「シナリオ」と呼びます。

3つのシナリオが示す価値選択

大城准教授は、3つのシナリオを提示し、それぞれの特徴と技術的選択肢を整理しました。

	中心となる技術 アプローチ	期待される効果	向き合うべき不確実性 リスク
シナリオ A ネガティブエミ ッション型	BECCS (バイオガス+CCS) DAC(大気中直接回収)	大気中の CO ₂ を直 接除去・究極の排出 相殺	技術の成熟度 大規模展開コスト、 永久貯蓄地の確保
シナリオ B ライフスタイル転 換型	省エネ・シェアリングエコ ノミー	地産地消の食・エネル ギー社会的・経済的 負担の軽減	地域社会の強靱化 人々の価値観変容と社会合 意形成のハードル
シナリオ C 技術革新型	次世代蓄電池 ハイブリッド、EV 車 水素エネルギー CCS(炭素回収・貯留)	経済成長と環境負荷 低減の両立	技術革新のスピードと社会 実装のタイミングの乖離

3つのシナリオを比較すると、「どれか一つが正解」という世界ではなく、社会がどの価値を優先するかによって最適解が変わることという現実です。

ネガティブエミッション（除去技術）^{*3}に依存するシナリオ A は排出削減の即効性がある一方、技術成熟度やコストの不確実性が大きい。行動変容（例：移動手段の変化、消費パターンの見直しなど）を軸とするシナリオ B は社会的負担を抑えられる可能性があるものの、生活様式の大きな変化を伴う。技術革新に期待するシナリオ C は経済成長との両立が魅力だが、技術開発のスピードに左右されるリスクがある。こうした選択が、GX の本質的な難しさであり、同時に社会として向き合うべき問いなのです。

北海道で未来を設計する：地域ポテンシャルの活かし方 (苫小牧 CCS・BECCS)

特に、苫小牧での CCS（炭素回収・貯留）実証事業のように、地域社会が技術革新と交差する場所では、その土地のポテンシャルを活かした選択が重要になります。

農林業が盛んな北海道においては、BECCS（バイオマス発電で発生した CO₂ を回収・貯留する技術）の活用など、具体的な地域の強みを「脱炭素」にどう組み込むかという視点が不可欠です。

苫小牧 CCS：日本で最も進んだ実証の蓄積

苫小牧では、国内で先行する CCS 実証が進められ、

- ① 地下構造のデータ
- ② 圧入挙動の知見
- ③ 地域との対話の経験

といった“実装に必要な基盤”がすでに蓄積されています（[関連リンク参照](#)）

これは、シナリオ A（ネガティブエミッション）における「即効性のある排出削減手段」としての価値を高める一方、コスト・環境影響・長期的なモニタリングといった不確実性も抱えています。北海道で CCS を選ぶということは、「即効性を優先する未来」を選ぶことに近いことを意味します。

BECCS：農林業が強い北海道だからこそ成立する選択肢

北海道は農林業が盛んで、バイオマス資源の潜在量が大きいです。そのため、BECCS（バイオマス発電+CO₂回収）は“地域の強みを活かしたネガティブエミッション”として現実味があります。ただし、BECCS は

- ① 大規模なバイオマス供給体制
- ② 発電所の立地
- ③ CO₂輸送インフラ
- ④ 地域の受容性

といった複数の条件が揃って初めて成立します。

これはシナリオ A だけでなく、シナリオ C（技術革新軸）とも接続する“ハイブリッド型の未来”を示唆します。しかし、大規模実施には、農業用地のひっ迫による食料価格高騰や飢餓リスクといった副作用の可能性も示唆されています。GX の実装には、単なる脱炭素のみならず、地域の食料安全保障と両立できる土地利用や食料システム全体を統合的にとらえたモデル分析が必要です。

地域事例が示すもの

苫小牧 CCS も、北海道 BECCS も、技術としての優劣ではなく「社会がどの価値を優先するか」によって意味が変わります。

即効性を重視するなら → CCS

地域資源を活かすなら → BECCS

成長と技術革新を重視するなら → BECCS + 電化・水素

社会的負担を抑えたいなら → 行動変容との組み合わせ

これら地域事例は単なる“技術の紹介”にとどまりません。私たちがどの未来を選択するのか、その価値判断を具体的に検討するための手法であり、北海道のみならず他地域が GX 戦略を構築する際にも参考となるモデルケースと言えるでしょう。

主体的な視点を持つことの重要性

講義の冒頭で示された「正解は一つではない」という言葉は、科学的知見を前提としながらも、社会がどの価値を優先するかによって未来が変わることを示しています。シナリオ分析とは、未来を予測するものではなく、私たちがどの未来を選ぶかを考える手法なのです。大城准教授の研究は、その選択を支える科学的根拠を提供することで、GX の意志決定に貢献しています。

北海道大学 GX 先導研究センターもまた、こうした最先端の学びに触れる機会を通じて、複雑な課題を多角的にとらえ、自ら未来を構想できる人材育成を目指していきます。

次回の「GX 特論 I」予告

日時：7 月 1 日（水）18 時 15 分～

テーマ：電力システムの基礎とエネルギー転換

講師：北 裕幸 氏（北海道大学情報科学研究院 教授）

今回は、大城准教授の講義で得た“エネルギーシステム全体を見る視点”を踏まえ、電力がどのように安定して届けられているのか。そして再エネ時代に電力システムがどう変わるのかを北教授とともに読み解きます。

【用語解説】

*1 大規模シミュレーションモデル AIM (Asia-Pacific Integrated Model)

本講義で扱う大規模シミュレーションは、AIM (Asia-Pacific Integrated Model) と呼ばれる、アジア太平洋地域を中心に開発された国際的な統合評価モデルのこと。

単に未来を予測するツールではなく、技術や政策の前提条件を変えることで、「どの道を選べば、どんな結果になるか」という無数のシナリオを比較することが可能。国が掲げるGX戦略を、現実の技術や経済の「数値」で検証し、評価する。なお、AIMはIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の評価報告書において、世界的な将来シナリオを構築するための重要な分析モデルとして採用されており、国際的に高い信頼を得ている。

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)

IPCC（気候変動に関する政府間パネル）は、世界中の最新の科学的知見を収集・整理し、政策決定者に提供する国際的な専門家組織である。彼らがまとめる評価報告書は、各国の気候変動対策の基盤となる科学的根拠として広く参照されている。前述のAIMのようなモデルを用いた分析結果も、この報告書の中に反映されており、地球規模の脱炭素経路を解明するための基盤となっている。

*2 GX (グリーントランスフォーメーション)

経済産業省が提唱する、日本の産業戦略のこと。化石燃料を多用するこれまでの産業・社会構造を、クリーンエネルギーを中心とした構造へと転換することを目指す。単なる環境対策ではなく、脱炭素への取り組みを「経済成長」や「エネルギーの安定供給」と同時に実現させることで、産業全体の競争力を高めようとする包括的な変革のこと。

*3 ネガティブエミッション (Negative Emissions)

ネガティブエミッションとは、大気中にすでに存在するCO₂を“直接取り除く”ことで、排出量を実質的にマイナスにする取り組みの総称。排出削減だけでは1.5℃目標の達成が難しいとされる中、国際的に不可欠な選択肢として位置づけられている。

代表的な技術には以下があります

CCS (Carbon Capture and Storage)

発電所や工場などの排ガスからCO₂を分離・回収し、地中深くに貯留する技術。

排出源に近い“ポイントソース”型、苫小牧実証など、実装に向けた知見が蓄積。

ただし、貯留容量・漏洩リスク・長期モニタリングなどの課題が残る。

DAC (Direct Air Capture)

大気中のCO₂を直接吸着材で回収する技術。排出源に依存しないため理論上どこでも設置可能。ただし、大気中CO₂濃度は0.04%と極めて薄く、エネルギーコストが高いのが課題。大規模化には再エネ供給・コスト低減が必須要件。

BECCS (Bioenergy with CCS)

バイオマス発電で生じた CO₂を回収・貯留する技術。バイオマスは成長過程で CO₂を吸収するため、回収した CO₂を地中に戻すと“純除去”になる。農林業が盛んな北海道では潜在力が大きい。ただし、バイオマス供給体制・土地利用・輸送インフラなど複数条件が必要。

【編集後記】

本講義を通じて、モデルが示す数値以上に、私たちがどの未来を選ぶのかという価値判断の重みを強く感じました。こうした複雑な議論を、より多くの人に“自分ごと”として受け取ってもらえるよう伝えていくことが、今後の課題だと感じています。

【関連情報】

[学内研究者向け【第7回 GX サロン活動報告】 | 北海道大学グリーントランスフォーメーション先導研究センター](#)

大城准教授が提唱する、高度な意思決定を支える数理モデルの世界について、先日の『第7回 GX サロン活動報告』でも紹介しています。あわせてご覧ください。

【関連リンク】

[大城 賢（北海道大学大学院地球環境科学研究院・准教授）](#)

研究室紹介：[大学院環境科学院 大城研究室](#)

[GX（グリーントランスフォーメーション）（METI/経済産業省）](#)

[苫小牧における CCS 大規模実証試験／苫小牧市 企業立地ガイド](#)

【免責事項】

本記事は 2026 年 6 月 24 日時点の講義に基づき、個人の見解を記しているものであり、将来の予測を保証するものではありません。エネルギー政策や技術動向に関する最新の判断については、公的な資料をご参照ください。

（文責：GX 先導研究センター 清水 綾子）

本レポートは北海道大学 GX 先導研究センターHP に掲載された記事のドキュメント版です