

【講義レポート】GX 特論Ⅰ 第4回 | 北 裕幸教授「電力システムという見えないインフラの難題に迫る」

電力システムの基礎とエネルギー転換

登壇：北 裕幸 教授（北海道大学 大学院情報科学研究院）

「スイッチを押せば当たり前に電気がつく」。

その裏側で、再エネ大量導入時代を支える電力システムは今、大きな変革を求められています。電源開発だけでなく、作った電気を必要な場所へ、必要な時に届ける「仕組み」もまた、GXを支える重要な柱です。第3回で描いた壮大な脱炭素シナリオを、日常の安定した暮らしにどう繋いでいくのか。GX 特論Ⅰ 第4回では、その要となる電力システムの専門家・北 裕幸教授をお迎えし、エネルギー転換の核心に迫りました。

再生可能エネルギーが期待される背景

日本はエネルギーの多くを海外からの輸入に頼り、現在も 85%を輸入に依存、且つ、原油輸入の 94.7%を中東に依存しています。今年（2026 年）にホルムズ海峡で起きた危機では、地政学的な対立が瞬く間に物流を停滞させ、私たちの暮らしに直結する燃料価格や資源調達を大きく揺るがしました。化石燃料への依存は、国際情勢の影響を受けやすく、エネルギーを自国で安定的に確保・供給することが喫緊の課題です。

こうした状況下で、国産エネルギーである「再生可能エネルギー」の重要性はかつてないほど高まっています。しかし、再エネを主力電源として社会に定着させるためには、その変動性を補い、供給を安定させるための「電力システム」の高度化が不可欠です。

政策転換、再エネは「主力電源」へ

2025 年に閣議決定された「第7次エネルギー基本計画」(*1)において、再エネは正式に「主力電源 (*2)」と位置づけられました。

2040 年度の温室効果ガス 73%削減という高い目標に向け、国は再エネ導入を加速させようとしています。この方針転換によって、S+3E（安全性・安定供給・経済効率・環境適合）(*3)を前提に、これまで以上に「不安定な再エネを、いかに安定して届けるか」という電力システムの運用能力が問われています。

顕在化する電力システムの課題

日本でも 2012 年に「固定価格買取制度 (FIT)」(*4) 追い風に再エネの導入が急拡大しました。現在は市場連動型の「FIP 制度」(*5) への移行など、「市場の中で運用する段階」へと進んでいます。一方で、導入量の増加に伴い、出力変動・余剰電力・送電線の混雑・調整力不足といった電力システム側の課題が顕在化しています。

再エネの気まぐれとどう向き合うか？

「太陽光発電は時間と天気で発電量が変わる、風力発電は風の強さで発電量が変わる」

「需給バランスが崩れると周波数が乱れ、大規模停電に至る恐れがある」

北教授は、2018年9月に発生した北海道胆振東部地震で発生した「大規模停電（ブラックアウト）」を例に挙げ、電気は「供給量」と「消費量」が常に（瞬時に）一致していなければならないと語ります。

これまでの火力発電は、蛇口をひねれば水が出るように、燃料を燃やす量を調整して発電量をコントロールできました。しかし、供給側をコントロールできないという点が、これまでの常識を根本から覆しています。再エネの普及は“良いこと”という単純な話ではありません。系統側の負荷や、地域のインフラ制約と常にセットで語られないといけません。

蓄電池と広域運用による安定供給へのアプローチ



北教授は、「需要」「ネットワーク」「異分野連携」「地域」の4つの方向から解決策を紹介しました。

①需要側を動かす（デマンドレスポンス）→いつ使う？

電気が余る時間帯に、工場や家庭での使用を促す仕組みです。「使う側」の行動を調整することで、供給の波を飲み込む知恵です。

②ネットワークの広域化と貯蔵→どこで使う？

北海道で余った電気を本州へ送るなど、地域をまたいで電力を融通し、太陽光や風力の“気まぐれ”を平均化（ならし効果）させます。

同時に、系統側に「蓄電池」を置いて再エネの波を吸収し、安定した電力の「鼓動」を保つ取り組みも進んでいます。その代表例が、北海道電力ネットワーク南早来変電所の大型蓄電池システムです。

【事例紹介】北海道電力 南早来変電所の大型蓄電池システム

年代	取組	ポイント
2015 年～	実証開始	レドックスフロー電池（15MW・60MWh）による世界最大級の実証試験。周波数調整や余剰電力吸収を検証。
2022 年～	商用化	北海道電力ネットワークが系統側へ大型蓄電池を設置。発電事業者が個別に持つより社会全体で効率化。
2029 年～	増設	3.3 万 kWh を増設予定。2049 年までの長期運用契約と安平町との連携で地域実装が進む。

蓄電池が「実証 → 商用化 → 増設」と段階的に育ってきた、北海道ならではの好例です。「誰が蓄電池を持つべきか」という費用負担の設計や、長期的な運用を見据えた地元自治体との協働まで含めて、社会実装のあり方を示しています。

③電気の枠を超える「セクターカップリング（*6）」→何に変換する？

電気だけで再エネの変動を吸収するのには限界があります。そこで、電気を熱、ガス、水素、さらには EV や水道、通信といった他の社会インフラと繋ぎ合わせる（ワット・ビットの連携）試みが進んでいます。

- － ヒートポンプで熱を蓄える
- － バイオガス発電と熱供給を組み合わせる
- － EV を「移動する蓄電池」として使う
- － 水道インフラと電力インフラを統合する
- － データセンターのワークロードを地域間でシフトする

④地域で支える「地域マイクログリッド（MG）」（*7）→もしもの時は？

災害などの非常時に大規模停電が発生しても、系統から切り離して独立したエネルギー供給ができるため、地域のレジリエンス（災害復旧力）向上に直結する基盤として期待されています。

「電力システムの未来」は社会の未来そのもの

北教授の講義は、再エネの大量導入を「技術の話」ととどめません。電力システムは、発電所だけではなく、交通、通信、産業、都市そのものを結び直す基盤であり、その変革は、私たちの暮らしのあり方そのものを変えていきます。

自然の恵みを最大限活かすために、社会の仕組みをどう編み直すのか。電力システムの進化は、GX の中心であり、未来の社会を形づくる“静かな革命”なのです。

次回の「GX 特論 I」予告

日時：7 月 8 日（水）18 時 15 分～

テーマ：GX 政策とエネルギー基本計画

講師：中山 隆治 氏（北海道大学大学院工学研究院 特任教授）

今回は、法制度、エネルギー基本計画、GX 移行債について背景から解説します。

どうぞお楽しみに！

【コラム】第 3 回 GX 懇談会（2026 年 3 月 5 日）より

GX 先導研究センターでは、2026 年 3 月 5 日に開催された懇談会において、北豊富変電所の大型蓄電池システムや東松島市のスマート防災エコタウンなど、道内外における系統・地域実装の取り組み事例をご紹介いただきました。その一部をご紹介させていただきます。

※このコーナーは、北教授の講義内容とは別に、当センター主催の懇談会でご紹介いただいた事例を、事務局にて抜粋してお届けするものです。

【事例紹介】北豊富変電所の大型蓄電池システム

項目	内容
送電線	全長 78km、鉄塔 269 基
接続ウインドファーム	9 件、合計 540MW
蓄電池	240MW×3 時間（720MWh）
出力制御	風力発電の出力変化を 1%/分以内に抑制

系統側に蓄電池を配置し、電力の変動を「ならす」という発想が、送電網の設計そのものと一体になって取り入れられている、興味深い事例だと感じます。

【事例紹介】東松島市「スマート防災エコタウン」

項目	内容
背景	東日本大震災で市域の 36%が浸水
用地	被災跡地約 16.8ha を活用
設備構成	太陽光約 460kW、蓄電池 480kWh、バイオディーゼル発電機 400～500kWh
災害時能力	系統から切り離し、3 日～一週間の電力供給が可能
認定	2022 年「脱炭素選考地域」に選定

平常時は系統と連系しながら、災害時には切り離して自立運転できるよう設計されており、エネルギーの自立と地域防災の両立を目指す取り組みとして、心強く感じられる事例です。

【編集後記】技術と社会の「隙間」を埋めるために

※このセクションは、講義内容を踏まえた個人の考察であり、北教授の見解そのものではありません。

「スイッチを押せば当たり前に電気がつく」

電気の安定供給は、長年、電気事業の現場が誇りを持って守り抜いてきた「社会の財産」です。私たちはその恩恵を享受するあまり、裏側でどれほど高度な調整が必要か、意識することさえありませんでした。

北教授の講義で、再エネ導入に必要な「技術的な選択肢」は着実に広がっていることを実感しました。しかし、技術を社会に実装していくには、既存のインフラや制度との調和という課題があるように感じます。

再エネの導入を進めながら、安定供給をどう維持するのか。中でも印象的だったのは、北教授が示した「広域でならず」という発想です。

北海道で発電した電気も、本州で発電した電気も、届いてしまえば同じ一つの電気。地域や事業者ごとに個別最適を追い求めるのではなく、広域で束ねてならずという発想は、再エネの主力電源化を支える鍵になると感じました。それは同時に、技術の先にある「社会システム」の挑戦でもあります。長年インフラを支えてきた方々への敬意を胸に、私たちはどのような未来を望み、その実現のためにどのような変化を受け入れていくのか。今回の講義はその問いの重みを改めて考えさせてくれました。

【免責事項】 本記事は 2026 年 7 月 1 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)

【用語解説】

(*1) 第 7 次エネルギー基本計画

日本のエネルギー政策の方向性を定める、政府の最も重要な計画。2025 年に閣議決定された計画では、再生可能エネルギーを「主力電源」と位置づけ、2040 年度の温室効果ガス 73%削減という野心的な目標に向けて、脱炭素電源の導入加速や、電力システムの運用能力強化が打ち出されている。

脱炭素電源

発電の過程で、二酸化炭素 (CO₂) を実質的に排出しない電源の総称。主に「再エネ (太陽光・風力など)」、「原子力発電」、および「水素・アンモニア混焼火力」や CO₂回収技術 (CCS) を組み合わせた火力発電などが含まれる。

(*2) 主力電源化

再生可能エネを日本の電力供給の「メイン」に据えるという政策方針。かつて再エネは「補助的なもの」とされていたが、蓄電池やインバータ制御などのバックアップ技術を組み合わせることで、需要に応じて頼れる「基幹電源」へと進化させることを目指す。

(*3) S+3E

エネルギー政策を考える上で大前提となる 4 つの視点 (Safety, Energy Security, Economic Efficiency, Environment) のこと。国はこれらすべてのバランスを取るために、複数のシナリオを描いている。

- 安全性 (Safety) 事故のリスクを排除できるか
- 安定供給 (Energy Security) 必要な量を確保できるか
- 経済効率 (Economic Efficiency) 低コストで供給できるか
- 環境適合 (Environment) 地球環境への負荷は抑えられるか

(*4) FIT (フィード・イン・タリフ 固定価格買取制度)

再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が一定期間・固定価格で買い取ることを国が約束する制度。再エネの導入初期に、投資の予見性を高め、普及を爆発的に加速させる大きな役割を果たした。

(*5) FIP（フィード・イン・プレミアム）

売電価格が市場価格と連動する制度。FITのように固定価格で買い取るのではなく、市場価格に上乗せ額（プレミアム）を支給。再エネ事業者が「電力需要の高い時間帯に発電する」など、市場のニーズに合わせて発電する動機づけを行い、再エネを市場に馴染ませるための次世代の仕組み。

(*6) セクターカップリング

従来別々に運用されてきた電力、熱、交通、産業などのエネルギー部門を統合し、余剰電力を有効活用する仕組みのこと。再エネ（特に太陽光や風力）は天候や時間帯によって発電量が変動するため、単独の電力部門だけでは需給調整が難しく、余剰電力が発生することがある。セクターカップリングでは、これを熱やガス、水素、液体燃料などに変換して他部門で利用することで、エネルギーの無駄を削減する。

(*7) 地域マイクログリッド（MG）

平常時は系統と連系して発電している地域の再生可能エネルギーや蓄電池等を活用し、災害等による大規模停電時に、特定のエリアを単独系統として切り離し、そのエリアに自立して電力を供給するエネルギーシステムのこと

【参考文献】

[ほくでんネットワーク 大型蓄電システム実証事業](#)

[住友電工 電力安定供給のための系統側蓄電池～北海道電力ネットワーク](#)

[安平町と北海道電力による脱炭素社会に向けた連携協定の締結](#)

[北海道電力ネットワーク（株）南早来変電所に3件目のレドックスフロー電池採用が決定 ～安全性や運用実績が評価され風力発電連系拡大に寄与～ | 住友電工](#)

[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 第3回GX懇談会活動報告（2026年3月5日）](#)

※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