

論文の内容の要旨

論文題目 風力発電技術ロードマッピングに関する研究

氏名 井上 智弘

エネルギー戦略は、経済発展・エネルギー安定需給・環境保全の 3 つの要素が互いに対立し、交錯する状況にある。長期的視野における基本目標への道のりを多様な関係主体によって描くロードマップの手法がエネルギー戦略として活用されているが、利害関係の異なる関係主体が各々の考えを提示するに留まっている。長期的目標と各エネルギー技術における将来目標との相互関係が不明瞭な状態にある。ロードマッピング手法の明示が必要とされている。

本論文は、風力発電技術ロードマッピングを事例に、日本のエネルギー戦略において産業内外の関係主体が参画するためのロードマップ策定（ロードマッピング）のための技法を検討している。エネルギー技術ロードマッピングの支援ツールを検討するため、特徴となる、定性的・定量的データの利用特質を明らかにすることが研究目的である。研究手法として、シナリオ・プランニング、エネルギーシステムモデル、および多主体系モデルの 3 つの技法を合わせ、インタラクティブ性とフィードバックを担保する支援ツールを検討する。論文の構成は以下である。

第一に、分析の対象として、エネルギー戦略における関係主体のうち、政府・産業・大学・環境 NGO を策定者とした技術ロードマップ、および日欧米の風力発電技術ロードマップを分析し、風力発電産業ロードマップをとりまく現状を明らかにした。その結果、風力発電産業が技術ロードマップを技術開発支援や産業界コミュニケーションのツールとして用いる一方で、政府指針や環境問題などの外部要因による影響が強いことが明らかとなった。また、従来の予測的データを提示する手法から、戦略的思考やバックキャストイング手法が用いられるようになってきているが、技術ロードマッピングの論拠の解釈などに混乱が見られた。以上から、産業外も含む多様な関係主体の参画が課題として明らかになった。

第二に、エネルギー技術ロードマッピングの手法においては、策定者の視点と、技術要素からなる手順を明示し、支援する手法が必要とされる。そこで、ロードマップの技法に、シナリオ・プランニングの技法を支援ツールとして用いた。

ロードマップにおいて利用するデータおよびシナリオ提示までの手順は、対象の設定・項目の抽出・デルファイ予測・発展シナリオの 4 ステップで行った。ここでは、技術ロー

ドマッピングの方法論として、英国政府支援のもとで実施されている Phaal らによって開発された T-Plan, および市場ニーズと技術トレンドの相関をみて戦略にまで応用させるための手法であるデルファイ・シナリオ法の手順を分析し、日本の風力発電技術ロードマッピングに活用できる手法を検討した。また、文献に基づき、風力発電技術ロードマップに用いられるデータの科学的根拠と不確実性、シナリオ分岐点を明記し、日本における導入プロセスに対する関係主体の関わりを、IDEFO 手法により可視化した。項目の抽出においては、基本的な風力発電システムにおける技術に加え、環境・安全・景観等に配慮した設置方法、系統連系、発電量予測、浮体式洋上風車、日本独自の設計スタイルなどの社会に適合する技術を取り上げている。要素抽出における因果関係、および定量的データの分析を行った。その結果、現在の制約条件として、経済性・立地条件・系統連系に関して特に不確実性が大きいことが明らかとなり、戦略的アプローチの必要性が示唆された。また、これの知見から、専門家へのデルファイ調査への発展性を提示した。

第三に、地球環境問題などの解決すべき問題を踏まえて、2100 年を考慮した、長期ビジョンを検討する。風力エネルギーに関する技術ロードマップに対し、その他の技術ロードマップと、社会シナリオの検討を行い、トップダウン方式の長期モデルによる試算を行い、その検討を行った。風力エネルギー技術として、洋上風力の考慮を行った(図1)。試算には、エネルギーシステムフローを設定し、コスト最適化型計算による簡易モデルを作成した。基準シナリオと、統合(風力技術促進・水素エネルギー技術等普及)シナリオの結果を図2に示す。その結果、2030 年までは省エネルギーと新エネルギーのコスト削減が、2050 年以降は系統連系問題解決がカギとなることが示された。また、2030 年における技術詳細を検討するため、(独)日本原子力研究開発機構がデータベース化を施した日本版 MARKAL を用いた分析を行った(図3)。風力発電技術シナリオ設定を基に、NEDO ロードマップで提示されている 2030 年 20GW における導入時の最低助成額を検討した。この結果を図3に示す。比較のため、現在の環境付加価値として 3.5 円の線を図に付している。ここから、風力産業の継続的発展のためには、2015 年までの助成金などの支援策の必要性和、2020 年以降のさらなる普及拡大にむけた洋上への戦略的投資の必要性が示唆された。

第四に、多主体系モデルとして、ゲーミング・シミュレーションの技法を用いて、多様な関係主体におけるビジョンへの道りに対する考え方を共有するためのツールへの応用を考え、バックキャストゲーム“Next RPS”の開発を行った。これは、新エネルギーのロードマップ理解促進のためのツールである。現実の課題をモデルに仮想空間を設定し、ゲームによる疑似体験を通して考え方を共有することを目的としている。対象者としては、今後、様々な役割を担っていく学生とした。

“Next RPS”は、①地域間交渉、②電力供給シミュレーション、③振り返りの3つのセッションからなる2~3時間のワークショップ形式で行う(図4)。エネルギー戦略の実権を持つ地方自治体を仮定し、自治体間の利害関係の下で、共有ビジョンとして、国策を考える場を設定している。日本での国策は、現在 RPS (Renewable Portfolio Standard) 法

により、排出源を持つ企業に対して 2014 年までの新エネルギー導入割合の目標が定められている。ゲームでは、2050 年までの長期的な目標を設定し、その導入割合に対して、風力・太陽光・バイオマス・コジェネレーション、それぞれの新エネルギーをどのように導入するか異なる地域特性を設定している。

①の地域間交渉において、利害関係を調整しながらビジョンを打ち立てていく過程、および②の電力供給シミュレーションにおいて、共有ビジョンへ向けた地域間による利害関係の調整を体験する。③の振り返りでは、体験を通して考えたことを導入に議論する。

その結果、振り返りセッションでの発言やアンケートから、多様な関係主体間において、全体概念および不確実性に対する考え方の相違を共有するための技法としての役割が示唆されると共に、エネルギー技術ロードマッピングへの展開可能性が示された。

本論文では、シナリオ・プランニング、エネルギーシステムモデル、および多主体系モデルの3つの技法を組み合わせたことによる効用に関して考察を行った。技術開発に対して、学習モデルのプロセスから派生する、多様化・統合・経験という手順をロードマッピングに組み込むことで、多様な関係主体とのインタラクティブ性とフィードバックを担保している。シナリオ・プランニングにおいては、知見の発散と多様性を促し、エネルギーシステムモデルの検討においては、比較と集約の支援ツールとなる。また、集約させるプロセスにおける考え方を、多主体系モデルを用いて疑似体験し、専門家以外からのフィードバックを可能とした。

以上により、風力発電技術ロードマッピングのための技法を検討し、その結果として、ロードマッピングの新しい展開可能性が示唆された。本稿で検討された技法においては、エネルギー技術ロードマップの特徴となる、定性的・定量的データの利用特質を明らかにし、多様な関係主体を取り込む技法を取り入れた点が、新しい観点である。

る手法を検討し、エネルギー戦略と風力発電技術ロードマッピングにおける相互関係を明らかにした

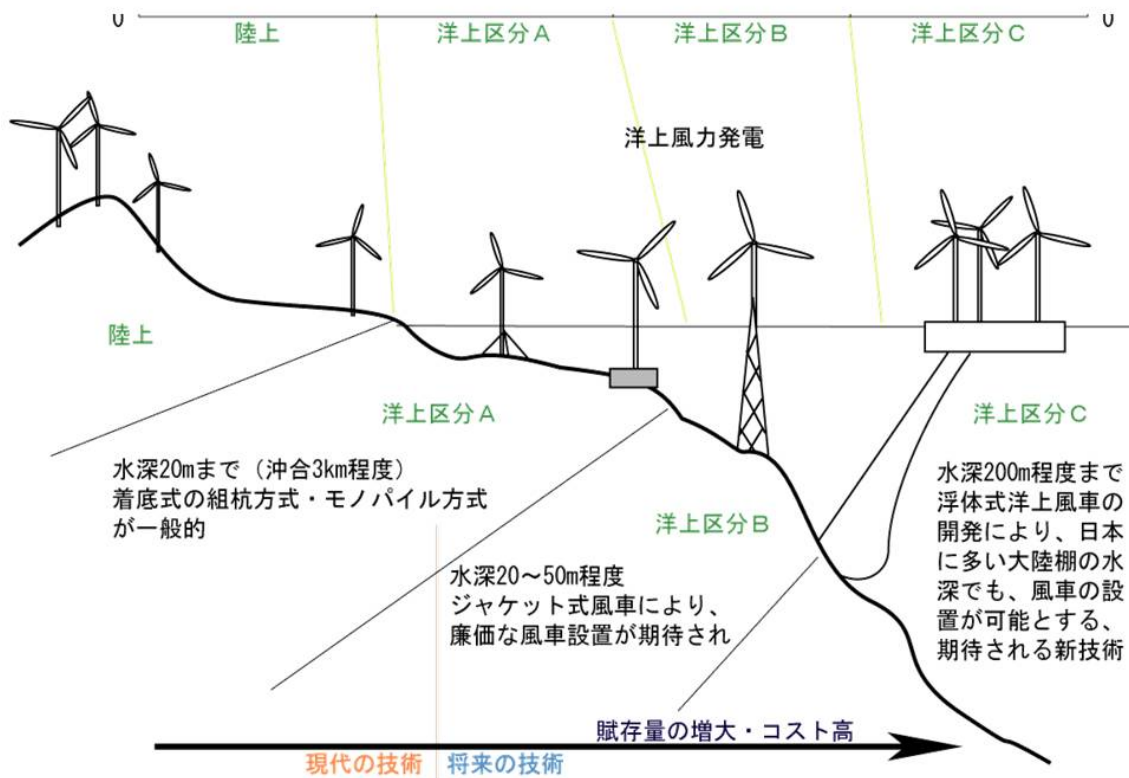


図 1. 風力発電と立地条件による関係

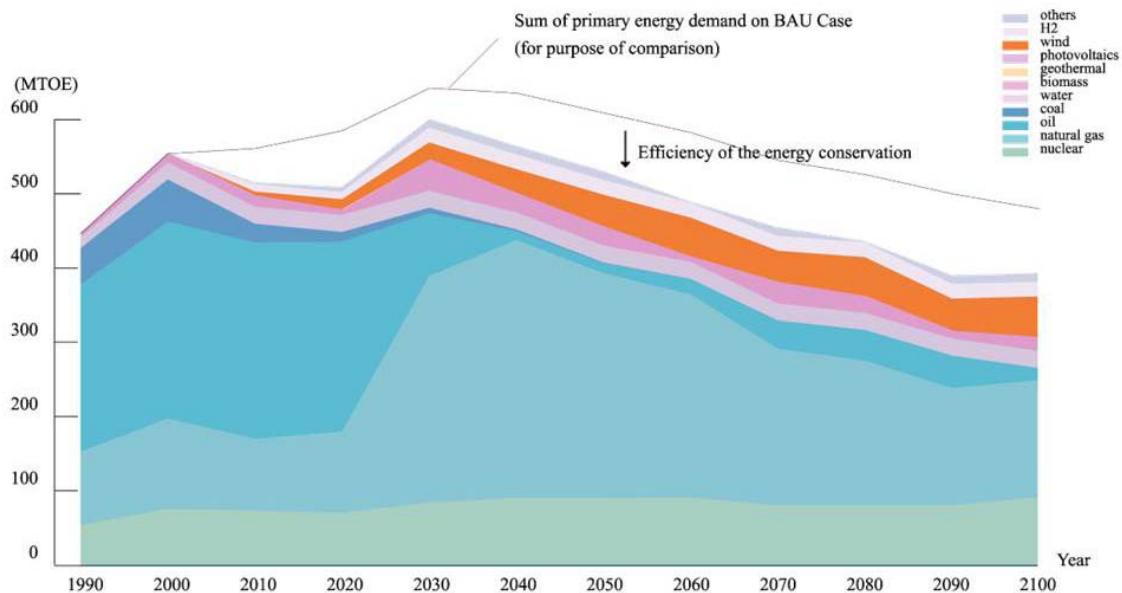


図 2. 統合シナリオにおける風力エネルギー技術導入による一次エネルギー供給量の推移の変化

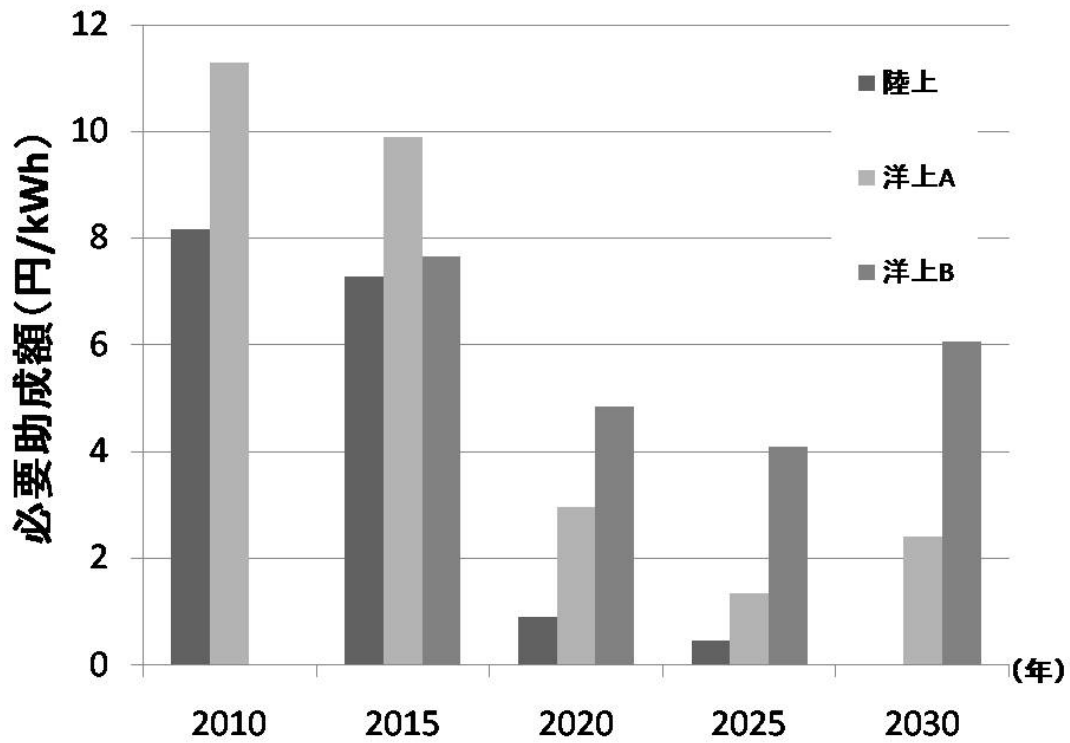


図3 導入目標達成に必要な助成額 (円/kWh) 注) 2010年は洋上Bは技術開発途上のため導入なし

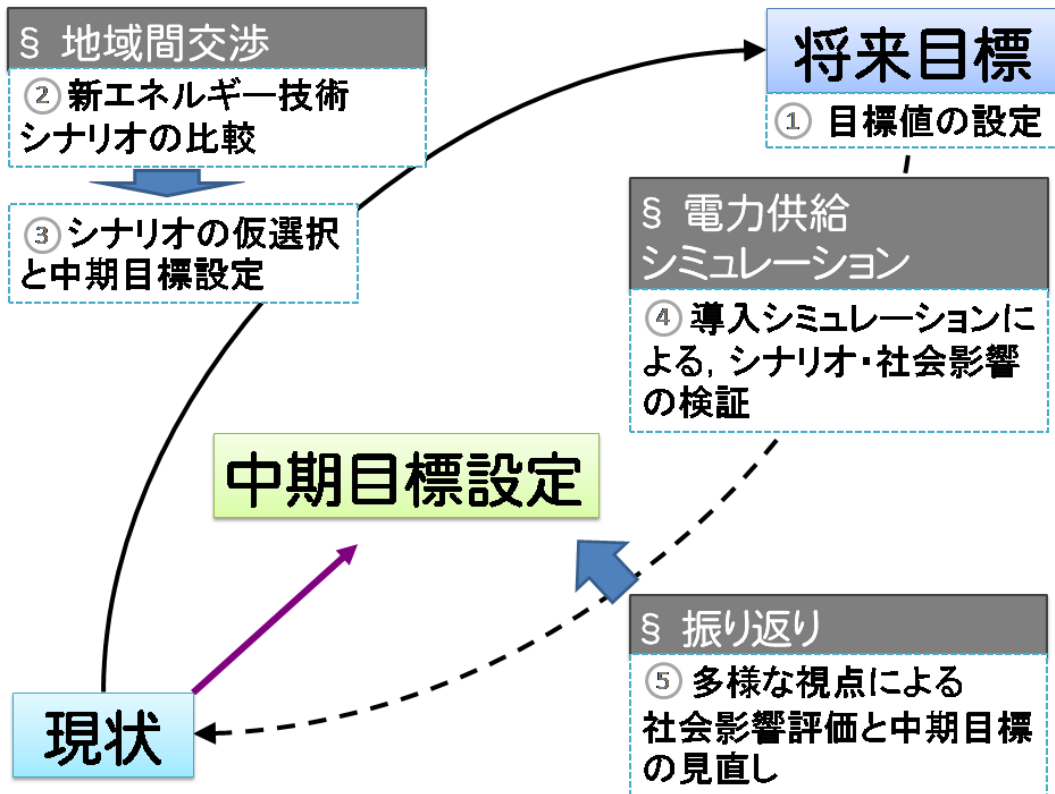


図4 バックキャスティングゲーム“Next RPS”の概念図