エナジートランジションを支援するデジタルプラットフォーム DEEPSyM の開発と展望

Development and Outlook of DEEPSyM, a Digital Platform for Energy Transition Support

松田 直彦[*1] Naohiko Matsuda
四方 健太郎[*2] Kentaro Shikata
Ali Abbas[*3]
Gregor Verbic[*3]

豪シドニー大学と共同でカーボンニュートラル社会の実現に向けたエネルギー転換を支援するデジタルプラットフォーム“DEEPSyM™”を開発した。本ツールは，シナリオ生成・エネルギー需要予測・供給設備計画最適化機能を有し，ステークホルダーのエナジートランジションに関する意思決定を支援するものである。2026 年 7 月に，西シドニー空港都市の First Building に Energy Transition Decision Center を開設，DEEPSyM を展示するセレモニーを実施した。本報では，各ツールの技術概要，適用事例，及び今後の AI との連携について説明する。

1. はじめに

世界各国でカーボンニュートラルへの取組みが加速する中，電力システムは大規模な構造転換を迫られている。オーストラリアは 2050 年ネットゼロ排出を国家目標として掲げており，再生可能エネルギーの急速な普及，石炭火力の段階的廃止，蓄電池・水素等の新技術導入が同時並行で進展・計画されている。2024 年には再生可能エネルギーが豪東海岸電力市場 National Electricity Market（NEM）における電源構成の 46%を占め，石炭火力が初めて 50%を下回るなど，転換は着実に進展している。

この複雑な転換過程の予測において，将来の電力や熱といったエネルギー需要を精度よく予測し，最小コストで需給バランスを確保する供給設備計画を策定するためには，多様な要素を統合的に扱える最適化ツールが不可欠である。しかし，土地利用・人口動態・気候変動・重要鉱物の供給制約といった要素を包括的に扱え，更に未開発地域における地域分散型エネルギーシステムの設計に対応できる単一の計算ツールは現状ほぼ皆無である。

三菱重工業株式会社（以下，当社）は，シドニー大学と産学共同研究として，2020 年からこれらの課題に対応するエネルギーシステム設計ツール“DEEPSyM”を開発してきた。本ツールは，混合整数線形計画法（Mixed Integer Linear Programming, MILP）に基づく電力市場・系統シミュレーション技術を基盤としつつ，シナリオ生成・需要予測・供給設備計画最適化の 3 機能を統合したデジタルプラットフォーム（図 1）である。その成果が，ニューサウスウェールズ州の BDA（Bradfield Development Authority）に認められ，西シドニー空港都市（Bradfield City）に建設されている First Building に DEEPSyM と当社製品ビデオを展示する Energy Transition Decision Center を 2026 年 7 月に開設し（図 2），同日に BDA・当社・シドニー大学の三者によるパートナーシップ協定の調印式を実施した。本展示室はエナジートランジションのシナリオや技術ロードマップを必要とするステークホルダーとの連携検討や脱炭素化ロードマップを具体化させる場として活用していく計画である。

*1 三菱重工業株式会社 総合研究所 伝熱研究部 主席研究員　*2 三菱重工業株式会社 総合研究所 伝熱研究部
*3 The University of Sydney Professor 博士

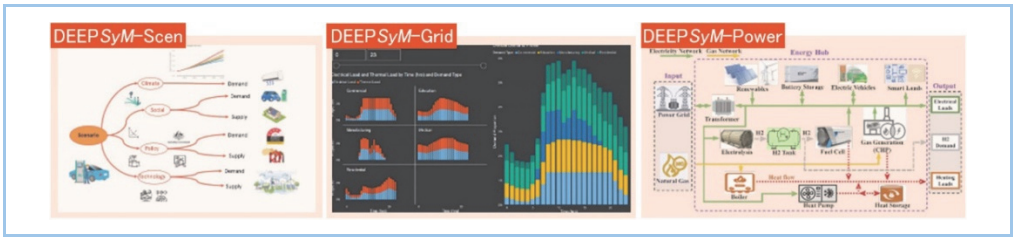

図1 DEEPSyM が内包するモジュール

図2 Energy Transition Decision Center in Bradfield City

2. DEEPSyM の概要と技術構成

2.1 システム全体構成

DEEPSyM は，以下の 3 つのモジュールで構成される統合プラットフォームである。

DEEPSyM-Scen：将来のエネルギーシナリオを生成するモジュール

DEEPSyM-GriD：電力・熱・水素・アンモニアなどのエネルギー需要を予測するモジュール

DEEPSyM-Power：各エネルギー供給設備導入計画・運用を最適化するモジュール

各モジュールは相互に連携しており，DEEPSyM-Scen が生成したシナリオが，DEEPSyM-GriD の需要予測計算の入力条件となり，その需要予測の計算結果が DEEPSyM-Power の供給設備計画最適化の制約条件として使用される。そして，その最適化結果は再びシナリオ分析にフィードバックされ，反復的な改善プロセスを実現する。DEEPSyM の設計思想は“判断を代替するのではなく，前提条件・トレードオフ・技術経路を可視化することで，ステークホルダーのより良い意思決定を支援する”点にある。以下，各モジュールの機能を説明する。

2.2 DEEPSyM-Scen（シナリオ開発モジュール）

DEEPSyM-Scen は，IPCC 共有社会経済経路（SSPs）等の国際的なシナリオフレームワークを参照しつつ，社会動向・技術進歩・政府政策・気候変動の 4 つの主要カテゴリを分析軸として将来シナリオを構築する。

エネルギー転換に不可欠な重要鉱物の供給制約シナリオの生成例では，リチウム（蓄電池），白金・イリジウム（PEM 電解槽向け水素製造），銅（電力設備全般）について，採掘・精製・リサイクルを含む供給ダイナミクスを定量化した。

リチウムについては，EV の普及シナリオと Australian Energy Market Operator（AEMO）が公表している Integrated System Planning（ISP）における電力グリッド用蓄電池需要を比較した。その結果，EV 用蓄電池のリサイクル率が低い場合，将来のグリッド用蓄電池の導入量に制限が生じる可能性がある。一方，そのリサイクル率が 90％に到達すれば，グリッド用蓄電池の短期需要量の10％，長期需要量の最大 50％を補える可能性があるとのことが分かり，電池リサイクルの重要性を確認した。

2.3 DEEPSyM-GriD（需要予測モジュール）

DEEPSyM-GriD は，オーストラリア全域の任意地点を選択し，2050 年までのエネルギー需要を予測するボトムアップ型のデジタルプラットフォームである。ユーザは地図上で対象地点を選択すると，システムが人口・気温・土地利用種別・計画を取得し，エネルギー需要予測を生成する。将来の土地利用計画シナリオの切替えや手動入力によるシナリオの精緻化も可能であり，ユーザの想定が最終的なエネルギー需要に与える影響を定量的に把握することを可能としている。

2023-24 年に実施した研究では Beta 版を開発し，対象エリアをオーストラリア国内で特に特定用途として開発が進められている西シドニー空港都市やその他 Special Activation Precincts（SAPs）8 拠点に拡張した。未開発地域・既開発地域，都市・地方，産業・住宅・複合用途など多様な地点を網羅しており，2024 年 2 月の ERICA Energy Conference にて発表し好評を得た。

2.4 DEEPSyM-Power（エネルギー供給設備計画最適化モジュール）

DEEPSyM-Power は，ネットゼロ排出を目標としたエネルギー供給設備計画最適化ツールである。設備投資コスト（CAPEX）と運用コスト（OPEX）の総コスト最小化を目的関数とし，MILP により，2025 年から 2050 年の計画期間にわたる発電・蓄電・熱供給設備等の最適な容量拡張計画と運用パターンを導出する。図 3 は，2035 年までの段階的な開発及びそれ以降の拡張を計画している西シドニー空港都市における電力・熱需要予測結果に基づき，エネルギー供給設備計画と毎時需給バランスを最適化した例である。豪電力市場 NEM からの電力融通に加えて，再生可能エネルギー・BESS・熱電供給設備や燃料電池等多様なエネルギー供給設備を組合わせ，コスト最小で需給バランスの維持と CO_2 削減目標を達成している。

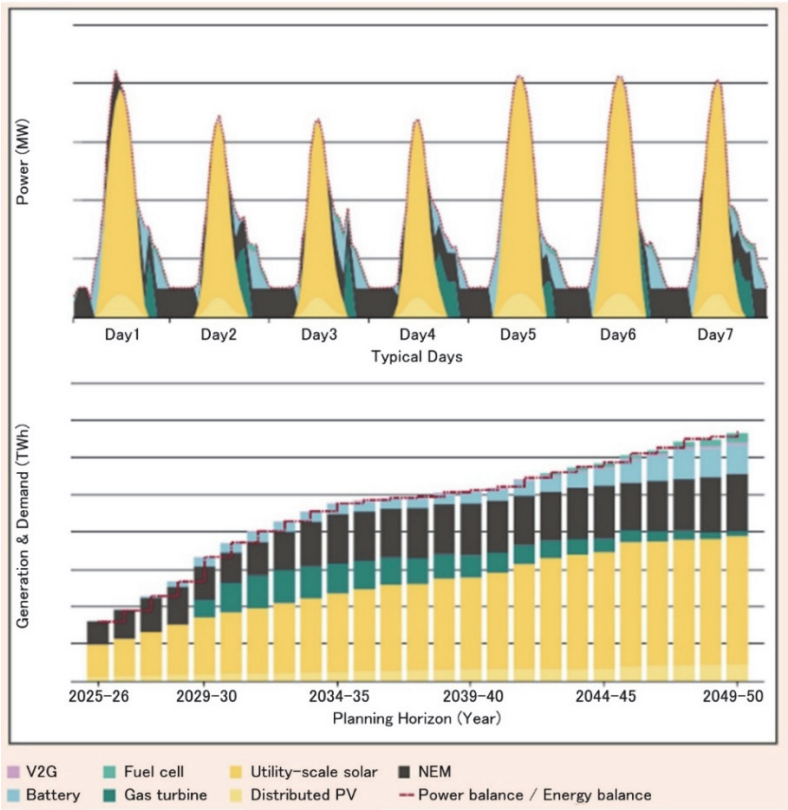

図3 西シドニー空港都市における 2050 年までの電源計画と運用最適化例

3. AI を活用した機能拡張

オーストラリアは国内のエナジートランジションを推進するため，再生可能エネルギーを主電源とした電力グリッド転換に併せて，グリーン水素・アンモニアといった新エネルギーの国内外バリュチェーンの構築も計画している。そのため，電力・熱・化石燃料といった既存エネルギーバリューチェーン以外の多様なステークホルダーが新規参入し，その意思決定がより複雑になる。

これに合わせ，DEEPSyM も，水素など取り扱えるエネルギー種を拡大すると共に，近年急速に発達している AI を活用して，より広い情報の取込み，3 つのモジュールの連携強化，さらに一般のステークホルダーでも容易に計算できる対話式モジュールへの改良を計画している。この対話機能は，西シドニー空港地区でステークホルダー参入拡大を狙う BDA からも特に要望されている。

本研究開発は，シドニー大学が Australian Research Council（ARC）の研究助成金を受け，2026 年より 3 年間の研究期間を予定している。

4. まとめ

2050 年ネットゼロ目標達成を掲げるオーストラリアは，急速に国内のエネルギーシステム全体の転換を進めている。当社とシドニー大学は 2020 年より産学共同で，このエネルギー転換を支援するデジタルプラットフォーム“DEEPSyM”を開発してきた。DEEPSyM はシナリオ生成・需要予測・供給設備計画最適化の 3 モジュールが相互連携する予測ツールで，このエネルギー転換に関わる多くのステークホルダーの計画・意思決定の支援可能であり，その中で当社との協業拡大を狙うものである。

2026 年 7 月には西シドニー空港都市（Bradfield City）を中核とした Energy Transition Decision Center が開設され，DEEPSyM によるエナジートランジションのシナリオや技術ロードマップを提示して，さまざまなステークホルダーとの交流拠点にしてゆく。

今後は，ARC の研究助成金も活用し，グリーン水素・アンモニア等の新エネルギーバリューチェーンを取り扱うための機能拡張と，AI を活用した対話型意思決定支援機能の開発を進め，エナジートランジションにおける複雑な意思決定支援ツールとしてのさらなる高度化を目指す。