

自然エネルギー発電の導入ソリューション

電力品質・経済性・環境性を考慮した電力供給システムの設計評価手法

太陽光発電や風力発電などの自然エネルギー発電は、発電出力が気象条件によって変動します。この出力変動を吸収して電力系統への影響を小さくする、マイクログリッドと呼ばれる小規模な電力系統が検討されています。マイクログリッドの構築にあたっては、まず、電力の送電が可能か(電力品質)、そして、事業として成立するか(経済性)、環境負荷の軽減となるか(環境性)、について定量的に評価する必要があります。

東芝は、自然エネルギー発電を含むマイクログリッドなどの電力供給システムに対し、規定された電力品質を満たし、経済性と環境性の重視度に応じたシステム構成が設計できる手法を開発しました。

自然エネルギー発電の普及と課題

太陽光や風力などの自然エネルギーを利用した発電システム(以下、自然エネルギー発電と略記)は、発電時に化石燃料を消費しないため、エネルギー問題や地球温暖化問題の対策の一つとして導入が進められています。

自然エネルギー発電の導入を進めるためには、発電出力が風量や天候などの気象条件で変動する欠点を克服する必要があります。その方法の一つとして、マイクログリッド(図1)と呼ばれる小規模な電力系統が検討されています。自然エネルギー発電をマイクログリッド内に設置し、その中で電力の需給バランスや電力品質(ここでは電

圧や周波数変動など)を維持することで、自然エネルギー発電の出力変動を吸収し、外部の電力系統への影響を小さくします。

東芝は、自然エネルギー発電を含むマイクログリッドなどの電力供給システムに対し、規定された電力品質を満たし、経済性(事業として成立するか)と環境性(環境負荷の軽減となるか)の重視度に応じたシステム構成が設計できる手法を開発しました。

電力供給システムの設計評価手法

自然エネルギー発電を含む電力供給システムの設計評価手法のフローを図2に示します。

図2の設計評価フローに従い、マイ

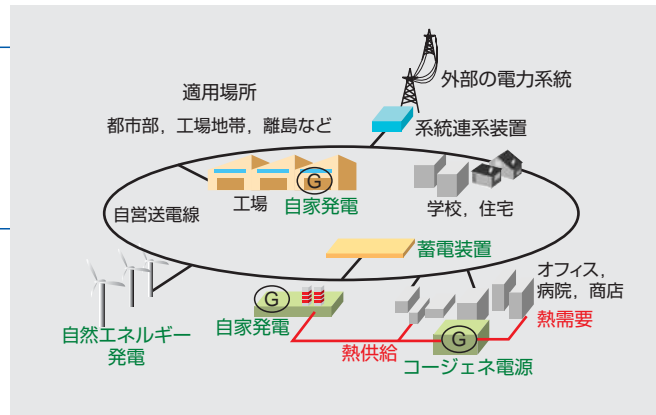


図1. マイクログリッド概念図—マイクログリッドでは、自然エネルギー発電、内燃機関の発電機、及び蓄電装置が自営送電線を介して需要家に接続され電力が供給されるほか、熱の供給も行われます。

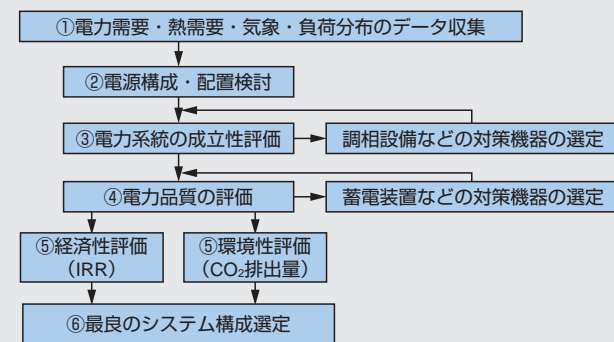


図2. 電力供給システム設計評価手法のフロー—電力品質が規定範囲となる電力供給システムの構成を複数立案し、各システム構成の経済性と環境性を評価し、それらの重視度に応じたシステム構成を選定することができます。

クログリッドの設計について説明します。

- (1) マイクログリッド適用地域の電力・熱需要(時系列)、負荷分布、及び気象の各データを収集します(①)。
- (2) 電力需要及び熱需要に見合う複数の電源構成案(種別、容量、配置)について、電源の運用コストが目標とするコスト以下になるように、導入可能な電源の組合せ探索問題として解きます(②)。
- (3) 各電源構成案について、電圧分布や電力潮流から電力系統としての成立性を評価します(③)。電圧低下が大きいなど、電力系統として成立しない場合は、対策として調相設備の設置や送電線路の見直しを検討します。
- (4) 自然エネルギー発電の出力変動

- ・最大電力総需要 30 MW
- ・最大熱総需要 50万kcal
- ・自営送電線電圧 6.6 kV
- ・風力発電設備利用率 19%/年
- ・燃料供給や騒音による発電機種ごとの設置可能な箇所について制約条件あり。

図3. マイクログリッド適用対象地域の想定条件—国内地方都市へのマイクログリッドの適用を想定し、電力・熱需要と風力発電の設備利用率を設定しました。

案	内燃機関の発電機	風力発電機	二次電池
A	GT1.4 MVA×1 GT11.8 MVA×1	GT7.6 MVA×3 DE7.6 MVA×1	
B	GT1.4 MVA×1 GT11.8 MVA×1	WT1.75 MVA (6%)	
C	GT1.4 MVA×1 GT11.8 MVA×1	GT7.6 MVA×4 WT2.9 MVA (10%)	二次電池0.6 MVA (2%)

GT: ガスタービン発電 DE: ディーゼルエンジン発電 WT: 風力発電
%表示は最大電力総需要に対する比率

(a) システム構成案(代表3案)

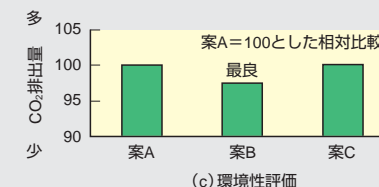


図5. マイクログリッドの電源構成案と環境性・経済性の評価結果—三つの代表的な電源構成案について、運用開始から10年後の環境性と経済性を評価しました。環境性では案Bが、経済性では案Aが最良と判断できます。

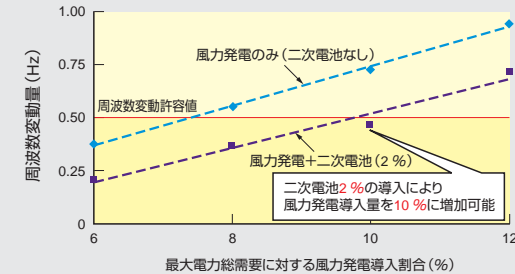
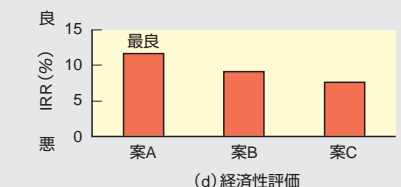


図4. 風力発電の導入量と電力品質(周波数変動)の関係—外部系統と非連系のマイクログリッドについて、マイクログリッド内の風力発電機の起動と停止による周波数変動を評価しました。■と◆が解析した結果です。

- ・運用時CO₂排出量
GT > DE > WT ≈ 0
- ・熱効率
GT > DE > WT = 0
- ・初期費用
WT > DE ≈ GT

(b) 環境性、経済性評価時の条件(同一容量換算時)



や負荷変動のデータを利用し、電力系統解析を行い、電力品質を評価します(④)。電力品質の規定を満たさない場合は、蓄電装置や無効電力補償装置の設置(機種、容量、配置)を検討します。以上から、マイクログリッドのシステム構成案が複数立案されます。

(5) 次に、各システム構成案について経済性と環境性とを評価します。経済性は運用期間中の内部収益率(IRR: Internal Rate of Return)で評価し、環境性はLCA(Life Cycle Assessment)により機器製造から運用を含めた期間の二酸化炭素(CO₂)総排出量で評価します(⑤)。

(6) 経済性と環境性の評価結果から、

それらの重視度に応じた最良のマイクログリッドのシステム構成を選定します(⑥)。

マイクログリッドの評価例

国内地方都市へのマイクログリッドの適用を想定し、マイクログリッド内の風力発電の導入量に対する経済性と環境性を評価しました。

図3は対象地域の条件です。図4は、電力系統解析により風力発電導入量と周波数変動の関係を評価した結果です。0.5 Hz(絶対値)以下の周波数変動を許すと、二次電池なしでは最大電力需要の6%の風力発電が導入できます。2%の二次電池を設置すると、風力発電を10%程度まで増やせます。図5は、電力品質が同等で風力発電の

導入量が異なるマイクログリッドのシステム構成3案に対して、環境性と経済性を評価した結果です。経済性の評価は、各機器の初期費用及び、燃料とメンテナンスの費用を支出とし、売電と売熱料金を収入として考慮しました。

案Bは案Aに比べ、風力発電の導入により環境性が良くなりますが、経済性が悪化します。風力発電を更に増加すると、他の発電機の発電量が減って熱供給不足となり、また、電力品質が悪化しました。そこで案Cでは、熱需要を満たすために、ディーゼル発電機を熱効率特性の良いガスタービン発電機に変更し、電力品質を改善するために二次電池を設置しましたが、案Bに比べ環境性と経済性の評価結果が低下しました。

このように条件によっては、自然エネルギー発電の導入量を増やすことが、そのまま環境性の向上につながらない場合もあります。自然エネルギー発電の導入に関し、電力品質の規定を満たし、経済性と環境性の重視度に応じた最良の電力供給システムを設計する設計評価手法は有用と考えます。

今後の展望

電気エネルギーは社会にとって不可欠であり、将来にわたって、環境に優しく、経済的に、そして安定的に確保する必要があります。

当社は、省エネ化やCO₂排出量の軽減など、自然エネルギー発電を含む環境に優しい電力供給システムの導入に貢献していきたいと考えています。

宮崎 保幸

電力システム社
電力・社会システム技術開発センター
エネルギーソリューション開発部主務