

第3回ホロニックエネルギーシンポジウム「分散型エネルギー資源の系統貢献とその実現方法」速報(2008.1.18)

2008年1月9日(水)、東京大学浅野キャンパスの武田ホールにおきまして、主催・東京大学ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄付講座、共催・東京大学21世紀COE機械システム・イノベーションおよび独立行政法人産業技術総合研究所、協賛・エネルギー・資源学会の下、第3回ホロニックエネルギーシンポジウムが開催されました。第1回、第2回に引き続き、機器メーカー、エネルギー事業者、大学、自治体、研究調査機関など産官学から広く228名のご参加をいただきました。



今回のシンポジウムでは副題に「分散型エネルギー資源の系統貢献とその実現方法」と掲げ、鹿園直毅工学系研究科准教授の司会進行の下、笠木伸英教授(東京大学21世紀COE機械システム・イノベーション 拠点リーダー)の開会挨拶に始まり、工学系研究科ホロニック・エネルギーシステム学(東京ガス)寄付講座浅野浩志教授、電気工学専攻山地憲治教授、機械工学専攻金子成彦教授、電気工学専攻横山明彦教授の講演のほか、パネル討論が行われました。

浅野教授の講演では、まず、再生可能エネルギー導入促進のためのマイクログリッドの制御手法の設計についての発表がありました。浅野研究室では、風力や太陽光などの再生可能エネルギーを導入し、ガスエンジン、蓄電池で構成された出力制御可能な発電設備と組み合わせ再生可能エネルギーの出力変動をカバーする制御手法設計を行いました。その結果、シミュレーション上では、風力と太陽光発電をkW容量として合計50%の導入割合の場合でも、系統連系の要件を満たすことができるという結果を示しました。また、このシミュレーションを受け、東京ガス横浜研究所内に今年度建設されたマイクログリッド実証設備での実験結果を合わせて示し、シミュレーション結果が実現できたことを示しました。このトピックは、昨年第2回シンポジウムで茅名誉教授から「マイクログリッドが再生可能エネルギーをどの程度導入することに寄与できるか?」という宿題に対しての、第1段階目の答えとして示したという言及があり、今後さらに大規模電源での制御方法の確立が必要であることが述べられました。

2つ目のテーマとして、将来的に分散型エネルギー資源に期待されているアンシラリーサービスの可能性について述べられました。マイクログリッドが予備力を持つことについてのコスト負担を明らかにするために、イギリスのSpinning Reserveの事例や、日本の電力会社の需給調整契約などを参考にして契約時に電力会社側に発生するコストを仮定しました。また、昨年夏から秋にかけて、JEPXの売電単価は需給逼迫に応じて大きく値を上げたことから、ある閾値を設定し、高値の時間帯のみ売電をすることを設定すると、予備力を持ちながらも赤字にならない可能性が出てくることを示しました。

会場からは、仮定したアンシラリーサービスのkW単価がイギリスの事例と比較して一桁大きな値になっていることについて質問が出ました。浅野教授は「今回の仮定したアンシラリーサービス単価は、日本の需給調整契約を基に考えましたが、需給調整には予備力以外の価値も含むためと考えられます。」という返答がありました。

また、マイクログリッドが普及すると予備力を持つことに対するアンシラリーコストが下がるのではないかと指摘があり、予備力*よりも余力**を活用することに重点を置くべきという指摘がなされました。

欧州で提唱されているSmart Gridと日本のマイクログリッドの違いについての質問があり、日本の電力市場では需要家の参加までは定義されておらず、デマンドレスポンスが枠の外に置かれていることが説明されました。

*予備力： 電力需給逼迫時に需給調整用として待機している発電機のこと

**余力： ここでは、稼働中の分散型電源の負荷率の余裕分を表す

次に電気工学専攻の山地憲治教授の講演では、「系統が分散電源を嫌う理由」という副題のもと、冒頭では電力系統システムの成立基盤とその効果と短所、分散型電源の特徴と系統運営側から見た分散電源事業について述べられました。

長期的な需要の伸びが不確実性を持つ場合、需要成長シナリオごとに分散電源を含む電源構成が変わります。この研究では、分散電源はモノジェネレーションとして考えられています。分散電源を導入することにより、需要地近接により送電線の増設を抑制する効果と、導入のリードタイムが短いことによる大型電源の増設容量を抑制できる効果が生み出されて、系統システムの中に分散電源の導入が行われるという結果が紹介されました。ここでは、系統側が分散型電源を含めて全体最適化を行っており、分散型電源所有者を区別していないことに注意する必要があります。

また、平成18年度より2年間にわたり研究された、需要の不確実性を考慮した将来の分散電源の導入シミュレーションの結果についての報告がありました。今回は分散電源がコージェネレーションとして考えられており、その結果、需要に不確実性がある場合は「分散電源を持つ」という選択肢を持つことで、関東圏全体において、余分な電源が導入されずにコストと共にCO₂排出削減効果を生み出すことが示されました。

会場からの質問では「系統が分散電源を嫌う理由は何か?」という質問がありました。山地教授からは「一般論としては、最適化による利益は系統が分散電源を含む場合の方が大きいのですが、問題は誰が系統を所有し運用するかです。現時点では系統の所有権、安定運営の全責任は電力会社が持っているため、(現時点では責任を持たない)分散型が系統貢献に参加することには難色を示している」との回答がありました。(この話題については後のパネルディスカッションでも多く触れられました。)

機械工学専攻の金子成彦教授の講演では、最初に、ガスエンジンの応答性についての研究の発表が行われました。この研究ではガスエンジンのモデリングを行うことにより、ガスエンジンの挙動を実験とシミュレーションの両面から検証することを可能にしました。その結果、負荷に対するガスエンジンの応答が非常に速く、約1~2秒程度であることや、燃料を都市ガスからバイオマスガスに変更した場合でも、応答性に変化がないことが示されました。これは、ガスエンジンの燃料としてバイオ燃料が選定された場合でも都市ガスを燃料とする場合と同程度の系統貢献ができる可能性を持つことを示しています。なお、この成果は10kW級の小型エンジンを対象としたものであるが、350kW級エンジンについてもモデル化を進めていることが報告されました。また、設計段階の技術情報を共有することにより、さらに研究が進展することが期待されるため、産業界と連携してゆきたいとの発言がありました。

また2つ目のテーマとして汎用ガスエンジンを用いてバイオマスガスを燃料とした場合の運転制御方法についての研究の発表が行われました。バイオマスガスでは燃料の特性が都市ガスの場合と大きく異なることから、燃焼の様子が大きく変化するため、点火のタイミングや燃料投入量の制御を行うことが可能な自動運転制御システムの構築が行われました。その結果、単位体積あたりの熱量が都市ガスの1/6となるバイオマスガスを用いた場合でも、回転数と出力を維持した運転が可能であることが示されました。

電気工学専攻の横山明彦教授の講演では、最初に、マイクログリッドによる系統周波数に貢献する可能性についての研究の発表が行われました。将来風力発電とマイクログリッドが大量に系統導入されて、マイクログリッド群としてある程度の出力の余力を持っていることを想定し、風力からの出力が大幅に変動した際に、マイクログリッドが周波数制御に貢献した場合についての検討が行われました。マイクログリッドが周波数制御に参加する方法としては、系統からLFC信号をもらって周波数制御に参加した場合や、周波数を計測し、自律的に出力を制御して周波数制御に参加した場合を考え、系統の火力発電機のLFC用調整容量の削減量が検討されました。

また、2つ目のテーマとして、マイクログリッドが配電系統の電圧制御に貢献する可能性についての研究の発表が行われました。その結果、マイクログリッドの逆潮流が配電線電圧に与える影響は大きいことが示され、特に電圧分布の厳しい郊外地域配電系統では連系線潮流を細かく制御することにより系統の電圧制御に貢献できる可能性が示されました。

その後、笠木教授の司会進行で、金子教授、横山教授、浅野教授のほか、新たに徳本勉氏(東京ガス株式会社ホロニックエネルギーグループグループマネージャー)を迎え、パネルディスカッションが行われました。徳本氏からは日本ガス協会が発表した“Gas Vision 2030”の紹介や、東京ガス株式会社におけるホロニック・エネルギーシステム実現に向けての取り組みに関連して、昨年度運転を開始した横浜研究所のマイクログリッド実証設備の紹介や、自立運転試験やデマンドサイド制御などの実証試験の結果の紹介がなされ、その後ディスカッションに移りました。

本パネルの論点としては

1. バイオガスエンジンの出力制御性の向上
2. 分散型電源からの系統貢献の将来像
3. マイクログリッド設備の余裕をどのように評価するか
4. マイクログリッドの社会的位置づけ
5. 都市におけるホロニック・エネルギーシステムの実現方法

が挙げられました。

ディスカッションの内容は以下の通りです。(以下敬称略)

1. バイオガスエンジンの出力制御性の向上について

笠木 バイオガスエンジンの出力制御性の向上に関連して、短時間の過負荷運転は可能か？

金子 ガスエンジンの耐久性に関する測定を大学で行うことは難しいが、メーカーが必ず持っているデータである。今後マイクログリッドなどの耐久性が問われることは多々あり、企業からの耐久性のデータベースの開示がないと真の普及は難しいのではないかと。

(会場から)

耐久性データが重要なものという認識は非常に重要だと感じる。農家等で使う場合は、故障しないことが唯一の要求事項となるくらいだ。燃料ガスとしては畜産系のものも試してみたい。



2. 分散型電源からの系統貢献の将来像

笠木 分散型電源からの系統貢献の将来像について、課題はどんなところにあるか？

横山 系統周波数制御への貢献のためにマイクログリッドの電源の出力を一定量絞る必要があるが、それはすなわち発電機会の損失である。これをどう評価するかを検討が必要である。また、山地先生も講演で述べられていたが、系統運用者から見た分散電源側のこの貢献のための調整力の信用性

は重要な課題である。緊急時でも系統運用者は分散電源の調整力を必ず確保できるのか？分散電源事業者にも系統の運用責任のシェアリングが必要である。

浅野 コストの問題があるので、常にマイクログリッドに余力があるとは考えにくい。分散電源を常時モニタリングするシステムを確立できると信頼性を上がると考えられる。また、マイクログリッドが予備力を持つことのインセンティブを確立することも重要だ。

笠木 責任のシェアリングについて、エネルギー事業者としてはどう考えるか？

徳本 予備力供給への適切なインセンティブが確立されれば、責任のシェアリングは必要なことであると認識している。これを実現するためには分散電源と IT の融合が重要だが、例えば現在コージェネレーションの保守管理のために運用している遠隔監視システムの発展形が考えられる。

笠木 今日話を聞いていると、技術は高度化してインテリジェントなものが必要になるのか、それともどんな燃料でも壊れないガスエンジンなど、頑強性が必要になるのか良く分からなくなる。

金子 分散エネルギーシステムが利用される現場での適正技術の見極めが重要。高度化したシステムでは、色々な側面から技術を俯瞰できる目利きの人材の育成も必要だ。

横山 どちらの技術も必要である。系統の運用者は故障しないロバストな電源もベース電源として welcome な電源である。

(会場から) 需給の制御が必要ということだったが、むしろ需要側の制御のほうが必要なのではないか？

浅野 両方を制御することでより **Reliable** なエネルギーシステムとなる。課金制度の確立が課題である。

横山 課金制度を考えた **Demand Response** は間接的な制御であり、完全に直接的な制御として負荷のスイッチのオン・オフを行うものがある。需要家が特に気にならないもの、例えば電気自動車の蓄電池や、貯湯槽をもつ給湯用ヒートポンプなどがあるが、これらの負荷制御と分散電源を組み合わせるシステムも検討課題である。

3. マイクログリッド設備の余裕をどのように評価するか

笠木 マイクログリッドの余力についての評価システムはどのようなものになるか？

浅野 インセンティブをリアルタイムに変化させることが必要である。

笠木 市場立ち上げはどのような形成過程が重要か？

浅野 **JEPX** では広域の卸取引しか扱えないであろう。その下に、マイクログリッドなどが参加できるような地域ごとの小売市場ができることが必要だ。

4. マイクログリッドの社会的位置づけ

笠木 電力供給の責任や市場での電力売買について、どの程度の規模を考えているか？

徳本 ガス協会で行った試算では、都市街区を対象とするエネルギー面的利用を行った場合に **CO2** 原単位が数十%以上改善されるとの結果を得ており、**2030** 年までのビジョンである **4800** 万トンの **CO2** 削減効果の中に反映している。

(会場から) マイクログリッドと系統が果たすべき役割は何か？ガスを使っているのは、**CO2** が出てしまうが、やはり風力と太陽光にもっと焦点を当てるべきではないか？

笠木 ここで議論しているホロニックエネルギーは特にガスを主力にすることを条件で考えているものでは

なく、そのままでは導入されにくい風力・太陽光などの再生エネルギーを計画的に入れるために、制御可能な電源と組み合わせ導入することが有利ではないかということを考えるものである。

横山 太陽光発電や風力を大量に入れるためには、やはり系統周波数、電圧を制御しなくてはならないが、そのためだけに火力発電を増設するのはコスト的にも環境制約からもナンセンスである。何らかの理由で小型の分散電源が大量に導入されるのであれば、この余力を使うことは一つの考え方である。

(会場から) 日本の CO2 排出量を削減するためには一次エネルギーを削減するしかないわけだが、マイクログリッドを用いた、もう一步踏み込んだ日本の将来像のモデルを作成して欲しい。

笠木 東京大学では「持続型社会へ向かうエネルギービジョン」を策定しており、この先一次エネルギー削減割合がどのくらいになるのかというイメージを持ちながらマイクログリッドに関する研究も進めている。

本パネル討論から、以下を提言する。ホロニック・エネルギーシステムを実現していくには、都市計画との連携が重要であり、また、分散型資源と系統運用者・所有者との間の社会的利益の配分方法を工夫する必要がある。ホロニック・エネルギーシステム学は、系統貢献により **Good citizen** から **Model citizen** を目指すことに寄与し、エネルギーシステムの運用やリスクに強い系に転換させるために、分散型エネルギー資源へのインセンティブを設計することが求められる。

最後に、本シンポジウム共催の独立行政法人産業技術総合研究所のエネルギー技術部門長大和田野芳郎氏より閉会挨拶が行われました。挨拶の中で、本シンポジウムが扱った分散電源により系統貢献について議論が行われることに対する評価と分散エネルギーの社会的な位置づけのコメントをいただいて、シンポジウムを総括しました。

プログラムは下記のとおりです。

司会進行: **鹿園 直毅** (東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻准教授)

-  13:00～13:10 **開会あいさつ** **笠木 伸英** (東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻教授)
-  13:10～13:50 **講演(1)** **浅野 浩志** (東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻教授)
「分散型エネルギー資源の統合制御と系統貢献」
-  13:50～14:30 **講演(2)** **山地 憲治** (東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻教授)
「電力系統が分散型資源を嫌う理由－エネルギーシステムの視点から－」
-  14:30～15:10 **講演(3)** **金子 成彦** (東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻教授)
「マイクログリッド向けバイオガスエンジン発電機の制御」
-  15:10～15:20 休憩
-  15:20～16:00 **講演(4)** **横山 明彦** (東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻教授)
「マイクログリッド連系時の系統周波数制御および配電電圧制御への貢献」
-  16:00～17:00 **パネル討論** 「分散型エネルギー資源の系統貢献とその実現方法」
- コーディネーター** **笠木 伸英**
- パネリスト** **金子 成彦、横山 明彦、浅野 浩志**
徳本 勉 (東京ガス株式会社ホロニックエネルギーグループマネージャー)
-  17:00～17:10 **閉会あいさつ** **大和田野 芳郎** (産業技術総合研究所エネルギー技術研究部門長)
- 17:20～19:00 **技術交流会**

以上