



ERNEST ORLANDO LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY

Status of Overseas Microgrid Programs: Microgrid Research Activities in the U.S. (Japanese version)

Chris Marnay and Nan Zhou

Environmental Energy
Technologies Division

February 2008

<http://eetd.lbl.gov/EA/EMP/emp-pubs.html>

The work described in this report was funded by the Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, Distributed Energy Program of the U.S. Department of Energy under Contract No. DE-AC02-05CH11231.

Disclaimer

This document was prepared as an account of work sponsored by the United States Government. While this document is believed to contain correct information, neither the United States Government nor any agency thereof, nor The Regents of the University of California, nor any of their employees, makes any warranty, express or implied, or assumes any legal responsibility for the accuracy, completeness, or usefulness of any information, apparatus, product, or process disclosed, or represents that its use would not infringe privately owned rights. Reference herein to any specific commercial product, process, or service by its trade name, trademark, manufacturer, or otherwise, does not necessarily constitute or imply its endorsement, recommendation, or favoring by the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California. The views and opinions of authors expressed herein do not necessarily state or reflect those of the United States Government or any agency thereof, or The Regents of the University of California.

Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory is an equal opportunity employer.

米国におけるマイクログリッド研究活動

クリスマルネ*・周南**

Chris Marnay

Nan Zhou

1. まえがき

米国におけるマイクログリッドの研究は、日本や欧州での取り組みと若干異なり、その特質はしばしば国際研究フォーラムにおいて言及されている。一般的に北米の電力供給信頼性や品質は他の先進諸国と比較して劣っており、例えば米国の年間平均予測停電時間は数時間にもなるが日本ではわずか数分しかない。米国における電力品質の問題は2003年8月に起きた大停電の様な規模の大きなものもあれば、電圧低下の様な地域限定的なものもある。近代のデジタル経済に起因する需要増加に対応することは特に米国にとって困難な挑戦であり、既存の電力供給システムでは将来の需要増加に十分に対応できないとの懸念が米国での研究活動の動機となっている。

これを背景として、系統電力の中断或いは電力品質が不十分な場合に連続的に自立運転へ移行し、系統電力が復帰すれば再連系できるマイクログリッドが必要とされている。ある意味マイクログリッドは無停電電源装置(UPS)として機能するわけで、既存UPSオプションの競合相手とも言える。この差別化は往々にして過大に言及されるが、米国では他の目的のためにもマイクログリッドの研究が行われている。例えば再生可能エネルギー発電の普及拡大や、コージェネレーションの排熱を地域内で有効利用することで化石燃料発電の効率を高めることであり、気候変動問題への関心が全世界で一層高まっている中で、同じ方向性を目指すようになってきた。本稿では、米国で最も知名度の高いCERTSマイクログリッド(CM)について述べると共に、他のいくつかのマイクログリッド研究についても簡潔に触れる。

2. CERTSマイクログリッド

マイクログリッドの概念を遡って振り返れば、前世紀では長年軽視されてきた領域であったが、今世紀の初め頃DOE(Department of Energy, 米国エネルギー省)が系統電力の信頼性に焦点を当てたプログラムを再開した際に持ち出さ

れた。ブルーリボン委員会は分散型電源が電力システム全体を変える鍵となる要素の一つであると認め、その結果系統電力の信頼性に関する研究を行うため、CERTS(Consortium of Electric Reliability Solutions, 電力供給信頼性対策連合)が設立された。2002年にはCMの特徴的なコンセプトを完成させ、同年5月にCEC(California Energy Commission, カリフォルニア州エネルギー委員会)のワークショップで発表されたホワイトペーパーによって初めて公開された後に実際の設備が企画された。この活動もDOEが助成しているが、最近では主としてCECがPIER(Public Interest Energy Research Program, 公益エネルギー研究プログラム)を通して資金を提供している。

ほとんどのマイクログリッドパラダイムと同様に、CMは通常の電力供給が中断された場合に瞬時に解列して、それが受容可能なレベルに復旧するまでの間、重要負荷への供給を継続する。CMは高価で高速な電氣的制御や固有のエンジニアリングを必要せず、比較的小規模(＜ピーク需要2MW)のサイトにこの様な機能を提供する。単一装置のみが運転を司るということではないため、強靱なシステムを構築できる。

図1にCMのイメージを示しており、高速な電氣的制御を必要としない。発電機の運転はローカルな周波数と電圧に反応するパワエレ機器によって制御され、直流電源などのインターフェースを必要とする。また、系統の状態や経済性の事情によって重要負荷を分離できる非常に高速なスイッチが必要となる。日本におけるマイクログリッド実証と同様に、一箇所のPCC(Point of Common Coupling, 系統連系点)を有しており逆潮流は行わない。即ち、電力会社にとっては制御された一つの負荷に見え、類似の需要家と同等である。

CMは品質別電力供給が可能に設計されており、図に示す様に3つの配電線回路毎に信頼性が異なる。C回路は一般の系統電力と同レベルの信頼性であるが、電圧低下の様に系統電力の品質が低下した場合、半導体(静止型)遮断機がすばやく開き、回路AおよびBは許容される電力品質に復帰するまで意図的に自立運転を行う。CMは柔軟性の高いシステム構成となっており、全ての機器に対して系統連系のためのカスタムエンジニアリングを必要としない。発電機は必ずしも回路全体へは分散設置されず、需要サイト周り

* ローレンスバークレー国立研究所環境エネルギー技術部スタッフ
サインテテスト

Lawrence Berkeley National Laboratory, MS 90R4000, 1 Cyclotron Rd,
Berkeley, CA 94720, USA

e-mail C_Marnay@lbl.gov>

** ローレンスバークレー国立研究所環境エネルギー技術部研究員

への配置や、経済性の高いコージェネレーションが可能となる熱シンクとの併設が考えられる。加えて、経済性追従など他の制御機能についても、図1にエネルギーマネージャと示す汎用・低速な制御ネットワークによって実現可能であり、古い建物のエネルギーマネジメントに付加するなど多彩な形態が考えられる。

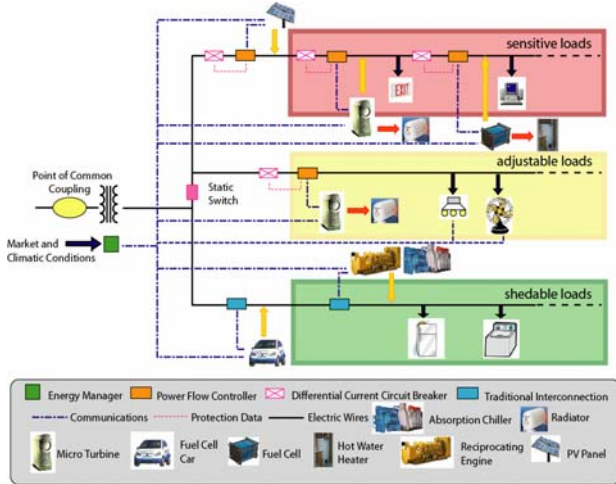


図1 CMのイメージ図 (出典: LBNL)



図2 ドーラン技術センターのCM試験設備

CMの実現可能性はウィスコンシン大学マディソン校における²⁾シミュレーションと試験設備を用いてのベンチテストによって実証された。CERTSの当面の目標はCMを実サイトに導入する前にその概念を本格的テストすることである。そのため、米国で二番目に大きい電力会社であるAmerican Electric Power社が運営するオハイオ州コロンバスのDolan Technology Center(ドーラン技術センター)において、一年前から図1に近い構成で本格なテストが行われている。試験設備のレイアウトを図2に示す。白色の建物には、原動機であるGM(ゼネラルモーターズ)社製7.5Lエンジンを基幹とするTecogen社製60kW往復エンジン発電機3台を収納している。その他のキャビネットには、試験期間中マイクログリッドを十分に活用し、性能を記録するための様々な電装・監視機器を納めている。

ドーランでの実証に使用したTecogen60kWと類似の発

電ユニット2台による早期試験結果を図3に示す。これらのユニットはGM社製の標準仕様の自動車エンジンを従来式の分散型電源に転用して米国内で普及している。本データは2台が系統電力から解列された状態のものである。ユニット2の有効電力が上限を超えそうな時に発電出力を引き下げ、ユニット1の出力を増やして負荷を満たす様に制御する。電圧は非常に安定している一方、2台共に条件の変化に応じて周波数が低下している。定常状態に達するまでの整定時間は1秒未満である。

マイクログリッドの電力品質を高めるための蓄電池の役割については日米双方で活発に研究されている。特に蓄電池の最適容量設計と技術選択は依然として懸案となっており、マイクログリッド用途へのコストやメンテナンスも重要な課題である。図3のデータを得た試験設備の直流バスには蓄電池が装備され、図4には50kWの負荷変動に対する性能を示している。発電機のランプ特性に対して蓄電池が瞬時に電流を供給し、系統が停電した状態で電圧確立の役割を果たしている。

CMプロジェクトで注目すべきは、実際の電気機器だけでなく、マイクログリッドを普及するために必要なツールも同時に研究していることである。ジョージア工科大学が開発しているマイクログリッド分析ツール並びにパークレー研究所と他の海外研究開発機関で使用されているDER-CAM(Distributed Energy Resources Customer Adoption Model, 分散型エネルギー資源顧客採用モデル)の2つが主要な製品である。後者のモデルは、完全に技術中立の立場で、ある施設のエンドユーザー向けエネルギーサービスのためのオンサイト電源の最適な組み合わせを導出できる。またコージェネレーション、蓄電・蓄熱の解析も可能で、更に目下、電力品質と信頼性問題の解析へと機能を拡張しつつある。

3. 米国における他のマイクログリッド研究開発

DOEはGE(General Electric)社と共同でGE Global Researchが先導するプロジェクトに2年間で3百万ドルを提供した。GE社は、マイクログリッドを広範に適用できるように、統合制御・保護・エネルギー管理などを提供するMEM Framework(Microgrid Energy Management Framework)の開発と実証を目的としている。MEMは、変動要素に対して強靱な設備として発電と負荷設備の双方に高度な制御を提供することを計画している。またMEMは、マイクログリッドの中で連系される設備群の協調運転を最適化し、運転効率・運転コスト・エミッションなどの顧客ニーズに応えると共に、再生可能エネルギーとマイクログリッド給電制御との統合化を目指している。

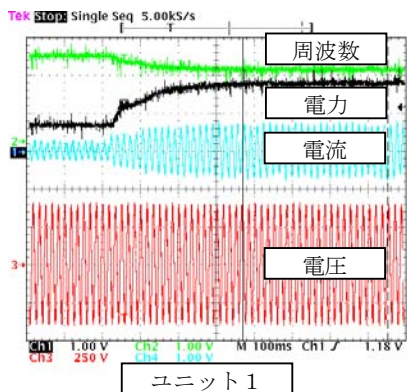


図3 CM テスト結果1 (出典：ウィスコンシン大学マディソン校)

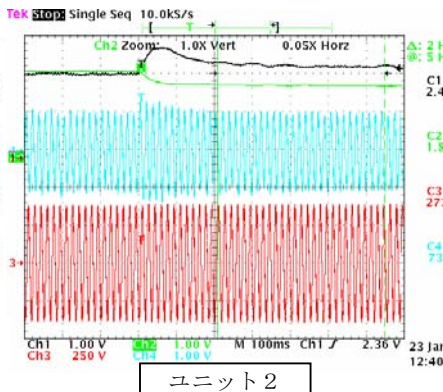


図4 CM テスト結果2

米国におけるマイクログリッドの研究は他にも幾つかの方向性で進行している。その内、他国の開発と比較して特異なものは移動型マイクログリッドである。これは緊急用他の一時的サポートのためであり、構成機器はトレーラーに搭載されて必要に応じて移動する。系統電力のサービスが不十分な地域、例えばテキサス州の新興地域において移動式のアプローチが適用されている。

米国ではマイクログリッドと明言していないものの、その普及に有益な基準・手法・技術など他の多くの研究開発が実施されている。

主として CEC からの資金提供により商用系統との双方向のやりとりが可能な分散電源を用いた米国で最初の統合試験が進められている。この DUIT (Distributed Utility Integration Test) は、系統に高い普及率で多数導入される DERs (Distributed Energy Resources) に対する電気関連の技術課題を検討するものである (<http://www.dual.com/duit>)。配電系統に DER を統合化することの実現性や価値を本試験によって検証する予定である。

更に、IEEE での基準化は米国が国際的に大きな影響力を発揮する領域である。IEEE 規格調整委員会 21 は、設計・運用・電力系統と自立分散電源の統合化のための IEEE P1547.4 ガイドラインの草案作成を支援している。まだ初期草案段階ではあるが、地点や地域の EPS (Electric Power System, 電力システム) に連系されたマイクログリッドまたは自立分散電源群を対象としており、マイクログリッドの設計・運用・統合化のための新たな手法や事例を提供する。これには、自立した地点 EPS へ電力を供給しながら、地域 EPS の一部からの解列・再連系を行う機能を含む。このガイドラインには分散電源・連系システム・EPS などについて記載され、EPS 設計者・運用者・インテグレータ・機器メーカーなどに使用されることを目指している。このガイドラインの実現によって、電力システム信頼性を向上すると共に IEEE 1547-2003 の系統連系基準³⁾に基づいて分散電源の利用価値をさらに拡大することが期待できる。

4. まとめ

米国におけるマイクログリッド研究は欧州や日本と異なった道歩んできたが、気候変動に対する世界的な懸念からその差異が明らかに縮まった。CM は米国における代表的な研究例ではあるが、他の活動も同時に進んで国際協力に貢献してきた。最近 DOE は、今後数年間に複数のマイクログリッド実証研究に約 3800 万ドルの資金提供を行う計画を発表した。CEC も 2008 年にマイクログリッド実証研究に追加資金を提供する予定である⁴⁾。これらのプロジェクトは、米国におけるマイクログリッド研究へ更に拍車をかけていくと共に、世界各国の研究者同胞へも価値ある結果をもたらすであろう。

参考文献

- 1) Lasseter, Robert, Chris Marnay, et al. Integration of Distributed Energy Resource: The CM Concept. CEC, P500-03-089F, October 2003, http://energy.ca.gov/reports/2003-11-21_500-03-089F.pdf.
- 2) Paigi, Paolo and Robert Lasseter, "Autonomous Control of Microgrids," IEEE Power Engineering Society General Meeting, Montréal, Canada, June 2006.
- 3) http://grouper.ieee.org/groups/scc21/1547.4/1547.4_index.html
- 4) DOE Office of Electricity Delivery and Energy Reliability Research and Development Funding Opportunity Number: DE-PS26-07NT43119-00
- 5) Corum, Lyn. "Backing Up the Grid," Distributed Energy, vol 5(5), September/October 2005.