

分散型電源マイクログリッドの 最適設計に関する基礎的研究

富永 禎秀*, 村上 肇**, 青木 泰伸***, 飯野 秋成*

(平成 23 年 10 月 31 日受理)

Fundamental Study on Optimum Design of Microgrid for Distributed Generation

Yoshihide TOMINAGA*, Hajime MURAKAMI**,
Yasunobu AOKI*** and Akinaru IINO*

A microgrid is a localized grouping of electricity generation, energy storage, and loads that normally connected to a traditional centralized grid. The microgrid is expected to be a useful energy system in terms of efficient use of renewable energy and back-up power supply at disaster. In this study, a simulation study on optimum design of microgrid for distributed generation is conducted as a case study at the microgrid system installed in Niigata Institute of Technology.

Key words: Microgrid, Renewable energy, Distributed generation

1. はじめに

今日、地球温暖化対策としての二酸化炭素排出量の削減は喫緊の課題である。このことから、社会におけるエネルギー利用のあり方が大きく問われている中で、建築分野における省エネルギー対策が大きな課題となっている。こうした背景のもと、再生可能エネルギーを始めとする複数の小型発電機を建物や地域内に設置し、発電するという「分散型電源」が新しいシステム系として導入されつつある。このように需要地内で、主に再生可能エネルギーを始めとする複数の分散型電源や電力貯蔵システムを組み合わせ、発電、買電量を需要状況に合わせて制御し、電力の地産地消を可能とする小規模の電力供給網はマイクログリッドと呼ばれ、インフラ設備コスト面やエネルギー効率面などの観点から、その利用が大いに期待されている。特に今回の大震災を受けて、大規模災害などで系統電源が失われた場合の災害リスク管理の面から、小規模な分散型電源マイクログリッドが再び注目を集めつつある。

国内におけるマイクログリッドの研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の主導のもと「新エネルギー等地域集中実証研究」(5 ヶ年計画)として、2003 年より開始され、分散型エネルギーを利用した実証プロジェクトが、青森県や京都府、愛知万博等で行われている^[1]。またシミュレーションに基づく研究もいくつか行われている

* 建築学科教授

Department of Architecture and Building Engineering, Professor

** 機械制御システム工学科教授

Department of Mechanical and Control Engineering, Professor

*** 開発技建株式会社

Kaihatsu Giken, Co. Ltd.

[2], [3] . しかしながら, 実際の建築設備において分散型電源マイクログリッドが導入された事例は非常に少なく [4], [5], 実証面からの検証は十分ではない. マイクログリッドは, 特に風力や太陽光のような自然エネルギー発電を多く含んだ場合, 季節や時間による発電出力の変動が大きく, 電力の需給バランスが崩れやすいという課題がある. よって, これらの変動を適切に予測した上で最適なシステムを設計し, それを制御・運用していく事が重要である.

本研究では, 新潟工科大学に導入されたマイクログリッドシステムを対象に, 基礎的な運用データを収集するとともに, 分散電源の発電量, 蓄電池容量を変化させるシミュレーションを行うことによって, マイクログリッドの最適な設計を行うための基礎資料を得ることを目的とする.

2. 研究方法

2.1 対象とする分散型電源マイクログリッドの概要

筆者らは, 平成 20 年度・経済産業省「低炭素社会に向けた技術シーズ発掘・社会システム実証モデル事業」注 1)の一環として, 風力発電, 太陽光発電, BDF 注 2)を用いた発電機を組み合わせた小規模なマイクログリッド設備を新潟工科大学構内に構築した. 本研究で導入した分散型電源マイクログリッドの構成を Fig.1 に示す. 各発電機の諸元を Table 1 に, 発電機の配置を Fig.2 に示す. 分散型電源は, 全て市販品を利用している. これらの分散型電源は, 新潟工科大学大学院棟の一般動力負荷(空調, GHP 動力, エレベータ, 湧水ポンプ)に連系される. 詳細は文献 6 を参照されたい.

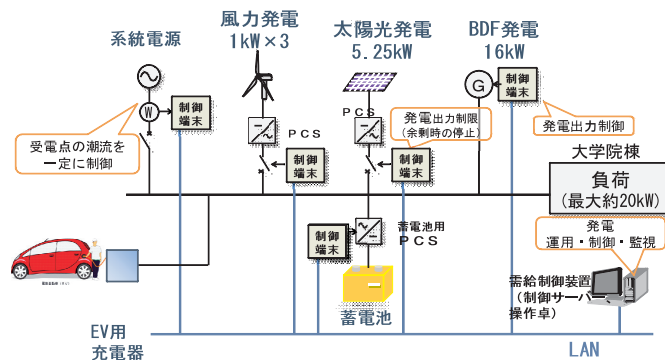


Fig.1 新潟工科大学・分散型電源マイクログリッドの構成

Table 1 設置機器一覧

機器名	仕様
風力発電機	最大出力 3.0kW(1.0kW×3 基)
太陽光発電 パネル	最大出力 5.25kW(0.21kW×25 枚)
BDF 発電機	定格出力 16kW
鉛蓄電池	定格容量 50Ah, 公称電圧 336V

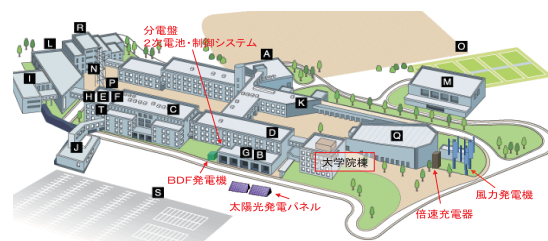


Fig.2 分散型電源の設置場所

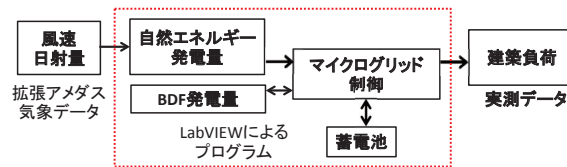


Fig.3 解析の流れ

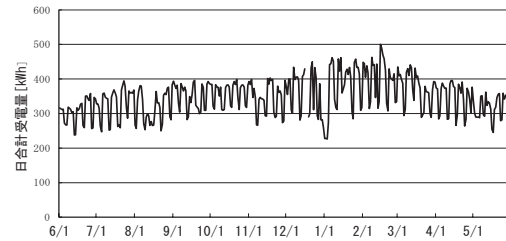


Fig.4 1日の総受電量の年変化

2.2 解析条件及び解析期間

前述の通り、実際のマイクログリッドシステムは一般動力に連系されているが、一般動力だけでは電力需要が少ないため、本研究では大学院棟全体の需要量を対象にシミュレーションを行う。なお本建物では冷暖房はガスヒートポンプで行われており、動力としてのみ電力が使用される。期間は2009年6月1日から2010年5月31日までの1年間とした。解析の流れを Fig.3 に示す。需要量データは、実測データを使用する。1秒間隔で実測された電力データを1分毎に積算した。停電などによる欠測期間については、前週もしくは次週の同じ曜日の値を用いた。年間の日受電量の変化を Fig.4 に示す。年間を通じての変動はそれほど大きくなく、2月中旬にピークを持つ。気象データは、対象建物の立地する柏崎の The BEST Program^[7]搭載の標準年データを1分間データとして使用した。そのため、短い時間スケールでの気象の変化と冷暖房の使用などに伴う需要量の時間変化は同期していない。しかしながら、冷暖房に使用される電力はそれほど大きくないことから、気象要素の充実している標準気象データを用いた。学内で気象データの計測も実施しており、厳密に需要と同期した気象データの使用については、今後の課題としたい。太陽光と風力による発電量は、各発電機の発電特性を実際に導入された発電機器のカatalog性能を仮定して、気象条件に基づき時刻ごとに算出した。

2.3 分散型電源マイクログリッド制御方法

シミュレーションは、LabVIEW によってマイクログリッド制御のプログラムを作成し行った。制御方法は以下の通りである。

太陽光発電量を P_1 、風力発電量を P_2 、BDF 発電量を P_3 、蓄電池放充電量 P_b 、受電量を P_e 、需要量を P_d とする。

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_b + P_e = P_d \quad (1)$$

(1)式の時、不足分を受電によりまかなう。蓄電池放電は残量がある限り、受電が求めた値を放電する。

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_b = P_d \quad (2)$$

(2)式の時、受電量はゼロとなり、需要は太陽光発電量、風力発電量、BDF 発電量、蓄電池放電によりまかなわれる。余剰分の発電量は、蓄電池に充電される。実際に導入されたシステムと同様に売電は想定していないため、蓄電池容量が一杯の場合、発電は停止されるものとした。計算間隔は1分とした。

Table 2 検討ケース

Case	発電機定格出力[kW]		蓄電池容量 [kWh]
	太陽光	風力	
1-0	5.25	3	無
2-0	10.5	6	無
3-0	26.5	15	無
1-1	5.25	3	34
2-1	10.5	6	34
3-1	26.5	15	34
3-2	26.5	15	17
3-3	26.5	15	51
3-4	26.5	15	68

Table 3 BDF 発電機導入による
受電量の違い

Case	総受電量[kWh]	導入前に対する削減量
B-1	80,872	0.9%
B-10	73,445	9%

2.4 シミュレーションケース

2.4.1 BDF 発電機による消費電力削減効果の検討

新潟工科大学の学生食堂において実施した BDF 精製のための廃油回収の実績より、年間で 194L の回収が期待出来る。この廃油量によって、BDF 発電機を運転させた場合 (Case B-1)、またそれ以外の原料の確保が可能で 10 倍の量の BDF 供給があったと仮定した場合 (Case B-10) の年間総消費電力の削減効果を検証する。発電機は定格出力の 20% で 365 日運転するものとする。供給量から B-1 では 1 日 38 分間、B-10 では 380 分の運転が可能となる。

2.4.2 発電機定格出力及び蓄電池容量の検討

シミュレーションケースを Table 2 に示す。各発電機の定格出力、蓄電池の有無や容量を変化させて、1 年間の電力需要供給のシミュレーションを行い、その効果を検討する。Case 1-x は新潟工科大学に導入された各発電機に合わせた仕様であり、その発電機定格出力を 2 倍したケース (Case 2-x) と 5 倍したケース (Case 3-x) を比較した。

3. 結果及び考察

3.1 BDF 発電機による消費電力削減効果の検討

BDF 発電機導入による年間の総受電量比較を Table 3 に示す。年間の総需要量は 81,606kWh である。本学から年間で回収出来る廃油量によって BDF 発電機を運転させた場合、導入前に比べ 0.9%、10 倍の BDF の供給量では導入前に比べ、年間の総消費電力を 9%削減することができる。BDF 発電機は、自然エネルギーを利用する発電と異なり、任意に発電できるため、安定した電力供給ができ、CO₂削減に大きな効果を示すが、原料の安定的な供給が課題である。なお以降の検討では任意の制御が困難な自然エネルギーの変動に着目し、BDF 発電は運転しない条件とする。

3.2 発電機出力及び蓄電池容量の影響の検討

3.2.1 電力需要に対する発電機出力の割合

蓄電を行わないケースの比較により、電力需要に対する受電量及び各発電量の割合を求めた結果を Fig.5 に示す。発電機定格出力を本学に導入されたものとした Case1-0 は総電力需要の約 6%，2 倍にした Case2-0 では約 12%，5 倍にした Case3-0 では約 30%をまかなうことができる。

3.2.2 蓄電池の効果

蓄電池の導入による年間総受電量の変化を Fig.6 に示す。発電機定格出力を本学に導入されたものとした Case1-1，2 倍にした Case2-1 では、蓄電池の有無の違いによる差は非常に小さい。これは、需要に対して発電量が小さいため、蓄電される条件の発生自体が少ないためである。発電能力を 5 倍としたケース（Case 3）において、蓄電池容量を変化させた Case3-1～3-5 を比較した結果を Fig.7 に示す。蓄電池容量を大きくしていくにつれ年間総受電量が減少する傾向が確認できる。すなわち蓄電池の導入は、総受電量の削減に効果がある。しかしながら、蓄電池容量の増加に従って削減幅は小さくなっており、発電量に対して効率的な蓄電池容量の最適値の存在を示唆している。Fig.8 に各ケースの年間蓄電池放充電量を示す。当然のことながら、蓄電池容量が大きいほど、放充電量が多くなっている。

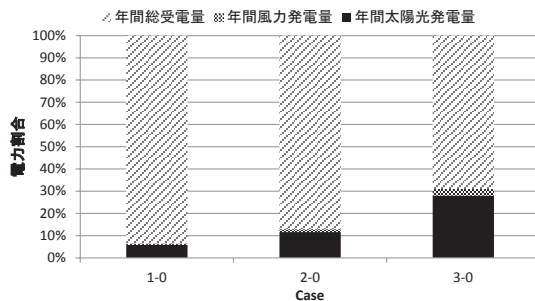


Fig.5 電力需要に対する
再生可能エネルギーの割合

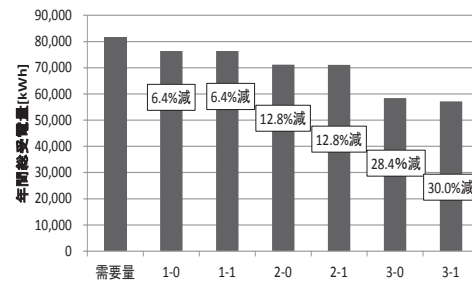


Fig.6 年間総受電量における
蓄電池設置の影響

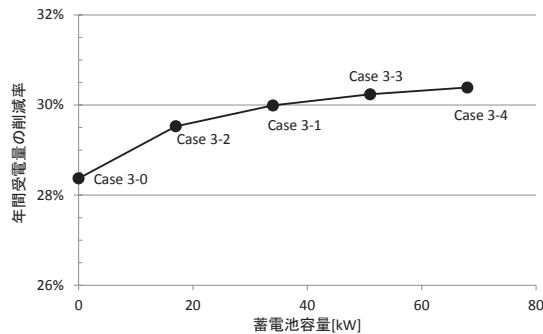


Fig.7 蓄電池容量を比較したケース

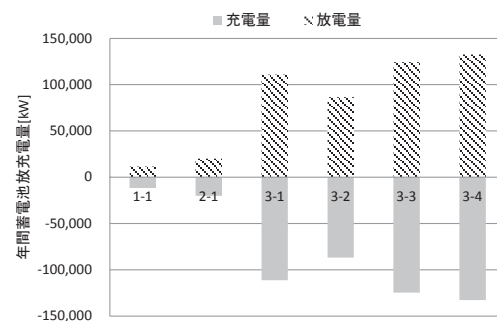


Fig.8 年間蓄電池放充電

3.2.3 受電最大値及び受電変動の標準偏差への影響

Fig.9 に年間受電最大値、年間受電変動の標準偏差の比較を示す。発電機の定格出力が大きくなるに従い、受電最大値が低下しておりピークカットが行われていることが分かる。また蓄電池の導入により年間受電標準偏差は低下しており、特に発電量が大きい場合にその効果大きい。すなわち受電量の平滑化への効果も確認できた。Fig.10 に発電機定格出力を 5 倍にし、蓄電池容量を変化させた Case3-0～3-4 の標準偏差の比較を示す。標準偏差についても、受電量と同様に、蓄電池容量の増大に伴い効果が小さくなっており、平滑化に関しても、蓄電池の効果を効率的に発揮する容量の最適値が存在するものと考えられる。

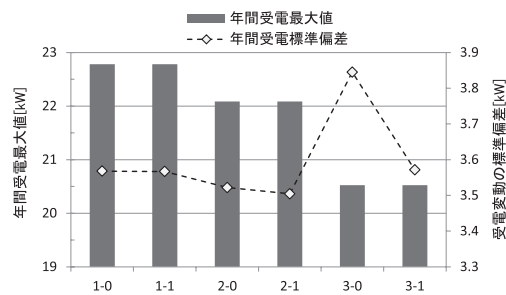


Fig.9 年間受電最大値の比較

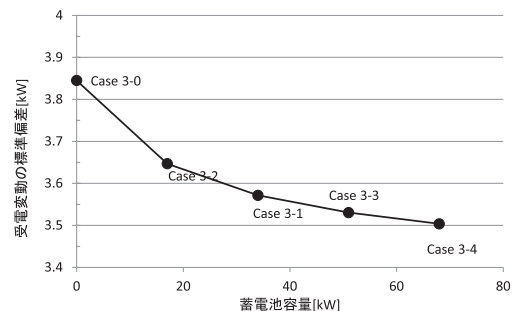


Fig.10 蓄電池容量による
受電変動標準偏差の比較

4. まとめ

- 1) 気象要素と電力需要の変化を入力条件、発電機及び蓄電池の仕様を与条件として、分散型電源マイクログリッドシステムの稼働状況を再現するシミュレーションシステムを構築した。
- 2) 今回対象とした大学の食堂で回収される廃油量で BDF 発電機を運転させた場合、対象建物の総受電量の 0.9%を削減できることが確認できた。燃料の安定的な確保が課題である。
- 3) 今回対象としたマイクログリッドシステムの発電機を想定した場合、導入によって総電力需要の約 6%をまかなうと試算された。シミュレーション精度の実証が今後の課題である。
- 4) 蓄電池の導入は、特に発電量が大きい場合に、最大受電量の低下や受電量の平滑化に効果を示す。しかし発電量に対して、容量が大きすぎても効果が小さくなるため、最適な容量設計が重要である。

謝辞

分散型電源マイクログリッドシステムの設計・構築においては、富士電機システムズ(株)の各位に多大なるご協力を頂きました。なお本研究の一部は、平成 22 年度新潟工

科大学学内共同研究の助成を受けて行われました。共同研究者の機械制御システム工学科吉本康文教授，情報電子工学科佐藤栄一准教授，環境科学科小野寺正幸准教授からも研究上，多大なご協力を頂きました。事業の遂行に際しては，（財）にいがた産業創造機構のご協力・ご支援を頂きました。記して謝意を表します。

注 1) 「新潟の自然と風土を活かした分散電源ネットワークと電気自動車コミュニティの構築」（管理法人：（財）にいがた産業創造機構）

注 2) バイオディーゼル燃料（Bio-Diesel Fuel）．カーボンフリーな燃料として最近，注目されている．今回の実証事業で使用する BDF は，新潟工科大学と新潟産業大学の学生食堂及び柏崎市が回収している市内事業所からの廃食用油を原料とし，市内事業者が精製したものである．

文献

- [1] 新エネルギー等地域集中導入技術ガイドブック；独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構，2008.
- [2] 石田武志，森 俊介：都市街区区内におけるマイクログリッド等の分散エネルギーネットワーク評価モデルの構築；エネルギー・資源，**29**(1)，8-14，2008.
- [3] 小原伸哉：数値気象情報による発電量予測を伴う太陽光発電-PEFC 複合マイクログリッドの運用計画；空気調和・衛生工学会論文集，**154**，31-40，2010.
- [4] 森野仁夫，沼田茂生，傳田 篤：分散型電源によるマイクログリッドシステムの開発（その 1）；清水建設研究報告，**82**，45-56，2005.
- [5] 沼田茂生，森野仁夫，下田英介：清水建設マイクログリッド実証システムと需給制御技術の概要；日本建築学会大会学術講演梗概集，1347-1348，2006.
- [6] 富永禎秀，青木泰伸，飯野秋成，村上肇，他 3 名：建築設備への分散型エネルギーシステムの導入に関する研究 その 1－新潟工科大学分散型電源マイクログリッドの概要とその制御に関する基礎的検討－；日本建築学会北陸支部大会（新潟）研究発表会，355-358，2010. 7. 18.
- [7] 二宮秀典，村上周三，赤坂裕，井川憲男，永村一雄：外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その 21）－1 分値気象データの開発；空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集，1085-1088，2008. 8. 27-29.