

グリーン水素活用の防災機能を有するマイクログリッド

石塚朋弘・加藤敦史・貝塚朋二^{*1}

Micro-Grid with a Function of Disaster Prevention by "Green Hydrogen"

Tomohiro Ishizuka・Atsushi kato・Tomoji Kaizuka^{*1}

高砂熱学工業株式会社は株式会社北弘電社と共同で、太陽光発電を電源とする「防災機能を有する持続可能な低炭素型マイクログリッド」を石狩市厚田地区に設置した。本マイクログリッドは、太陽光発電設備、受変電設備、蓄電池、および水素エネルギーシステム（水電解装置、燃料電池、水素タンク）で構成されている。エネルギーマネジメントシステムで制御される蓄電池と水素エネルギーシステムを組み合わせることで、太陽光発電電力の高効率な活用、および災害時にも最低限必要な電力供給が可能なシステムである。また本マイクログリッドの運営事業を、高砂熱学工業株式会社が100%出資した「石狩厚田グリーンエネルギー株式会社」が石狩市より受注し、今後10年間のマイクログリッドの運営を行っていく。

1. はじめに

東日本大震災や北海道胆振東部地震に伴うブラックアウトなどの自然災害への対策、また、脱炭素社会構築へ向けた再生可能エネルギー（以下、再エネ）の大量導入に伴う電源の分散化などの観点からマイクログリッドへの関心が高まっており、様々な取り組みがなされている。一方、再エネの主要電源である太陽光発電設備は、再エネ特措法により国内で最も普及をした再エネ設備であるが、買い取り単価の下落および系統制約の観点から現在ではその普及スピードが鈍化傾向にある。

この課題を解決する方策の一つとして、高砂熱学工業株式会社（以下、当社）は、石狩市厚田地区において、太陽光発電、蓄電池、水素システムを組み合わせ、これらを制御するエネルギーマネジメントシステム（以下、EMS）を組み込んだマイクログリッド（以下、本システム）を設置した。本報では、本システムの導入経緯、構成の詳細、および運用の方法と予測について説明する。

2. 本システム設置の経緯

石狩市は、北海道中央部日本海に面する南北70kmにわたる自治体であり、平成の大合併において石狩市、厚田村、および浜益村を統合して現在に至っている。厚田地区は石狩市の中央部に位置し、人口約2,000人の地域であり、人口減少が続くなか、地域産業や商店街等の活力低下や、交通・買い物などの日常生活における利便性低下などが課題となっている。また、厚田地区は災害に対するレジリエンス強化が必要な地域であり、停電等に対する住民の不安解消も重要である。石狩市は、低炭素対応、地域活性化、およびレジリエンス強化の観点から、厚田地区へのマイクログリッドの導入を計画し、当社が、2018年5月に北海道が公募した「エネルギー地産地消事業化モデル支援事業」へ応募し、採択された。

同市は、同支援事業内で実施した調査事業を経て、2020年6月にマイクログリッド設置に係る委託事業「石狩市エネルギー地産地消事業化モデル設備導入委託業務」の公募を開始し、当社は北海道で電気工事業を営む株式会社北弘電社と共同企業体を組成してこれに応募し優先交渉権を獲得した。本システムは、

^{*1} 札幌支店営業部 兼石狩厚田グリーンエネルギー株式会社

共同企業体による設備設置、および3カ月程度の試運転を経て、2022年3月末に石狩市への引き渡しを完了した。

3. マイクログリッドの概要

上記の委託事業への応募にあたっては、要求水準書に記載されていた下記の「基本的な考え方」に即したシステムの提案を行った。

- ・再エネ活用による低炭素な地域づくりの推進
- ・複数の設備を組合せた安定的な発電
- ・防災拠点の形成

写真1にマイクログリッドを形成した地区の航空写真を示す。本マイクログリッドでは、写真1中に記載する5カ所の公共施設に対して一括受電を形成したうえで電力を供給する。グリッドシステムを形成する主な機器の仕様を表1に示す。各装置規模は、過去1年間の1時間毎の各施設の電力需要を石狩市から入手し、最大需要が140-160kW程度であることを確認したうえで設定した。

4. システム構成の詳細

本システムは、「防災機能を有する持続可能な低炭素型マイクログリッド」であり、これを達成するために多くの工夫を組み込んでいる。図1に本システムの構成を示す。本システムは、太陽光発電設備、受変電設備、蓄電池、および水素システム（水電解装置、燃料電池、水素タンク）で構成されている。EMSで



写真1 マイクログリッドの全景

表1 グリッドシステムの主な機器仕様

設備	仕様
太陽光発電	163.4 kW (PCS 出力 165 kW)
水素システム	水電解装置：1 Nm ³ /h 燃料電池：2 kW 水素タンク：120 Nm ³ (貯蔵圧力 1 MPa 未満)
蓄電池	50 kW / 168 kWh
可搬式蓄電池	12 kW / 40kWh (実運用容量：28.8 kWh)
自営線	高圧・低圧 (自立用含む)、総延長：約 1,200m

制御される蓄電池と水素エネルギーシステムを組み合わせることで、太陽光発電電力の効率的な活用、および非常時の最低限必要な電力供給が可能なシステムとした。

4.1 太陽光発電設備

太陽光発電設備の外観を**写真 2**に示す。太陽光発電設備は、高緯度寒冷地で積雪があることも考慮し、下記のとおり設計した。

- ・ 太陽電池モジュールは単結晶 72 セル 430 W の単結晶高効率モジュールを採用
- ・ 冬期の積雪・風圧などを考慮した強度を有し、パネル下高さが 1,400 mm となる架台
- ・ 発電効率、積雪、コストを考慮し太陽電池モジュールの設置角度は 30°



写真 2 太陽光発電設備

4.2 蓄電池、水素システム

電力の供給は、**図 1**に示すように水素の製造と貯蔵、水素による発電を行う機器群から成る水素システムと蓄電池で構成され、太陽光発電と協調して EMS 等からの指令で機能する。

本システムの果たす役割は、通常時は「再エネ電力の供給による低炭素化への貢献」であり、自然災害等による系統停電時は「防災機能を有する自立電源」である。前者に対しては太陽光発電システム、後者に対しては、蓄電池と水素システムがその役割を担う。実運用時に際しては、昼間は太陽光発電を最大限活用し、余剰分は蓄電池に蓄電し夜間に利用する。蓄電池および水素システムは可能な限り電力および水素を貯蔵し、非常時にこれを活用して指定避難所である「厚田学園体育館」へ給電する。水素システムは定期的な短期運転以外は運転を行わず、水素システム構成機器の「運転時間に伴う性能低下」を低減し、現時点ではまだ高価な水素システム部品の交換頻度を下げ、運用後の費用圧縮に貢献する運用とした。水素システムには、**写真 3**に示す当社が製造・販売している水電解装置「Hydro Creator[®]」を採用している。

また、緊急指定避難場所である「あいろーど厚田」には可搬式蓄電池を設置し、停電時に約 6.5 kW の電力を 3 時間程度供給が可能なシステムとした。なお、可搬式蓄電池はイベント時等に屋外電源として使用することが可能である。

4.3 エネルギーマネジメント

本システムは、低炭素対応のために発電した太陽光発電電力を可能な限り使用することを前提としている。このため、過剰な設備を設置せずに電力不足分は系統から買電する。一方、余剰電力が発生した際は、系統上の制約から逆潮することができないため、システム側、需要側それぞれの発電量や負荷の計測

このニーズを含め、以下の点を重要ポイントとした EMS の設計を行った。

- ①発電量と需要を監視し蓄電池容量も鑑みて、可能な限り発電した電気を消費・貯蔵する。
- ②太陽光発電電力の効果的な調整、電力貯蔵、および災害発生時の電力供給確保のため、蓄電池容量は原則 50%以上を確保するように運用する。
- ③水素システムは非常時に問題なく稼働できるように月 1 回以上、自動で稼働する。
- ④災害などで停電を感知した際は、通常運転から自立運転へ移行する。
- ⑤日射がない等の太陽光発電電力が供給されない状況においても、自立運転時は 72 時間以上、最大で 3.7 kW の電力供給が可能なシステムとする。
- ⑥日射がない状況が続き蓄電池残量が枯渇した際は燃料電池のみから給電し、日射が回復した際は蓄電池へ充電することで、電力供給を確実に行うシステム制御とする。

4.4 自営線

グリッド内の自営線敷設において、観光客も訪れる地域であることから景観への配慮が課題となった。既設配電線に加え、新たに自営線専用配電柱を設置することは困難であり、地下埋設を検討したが費用的な面から実現性は低いことが分かった。このため、2021 年 4 月より変更になった共架に係る制度（自治体所有電線については既設配電柱への共架可能となった）を活用し、既設系統配電柱へ共架させることを検討した。北海道電力株式会社の協力を得て、グリッド用ケーブルを既設配電柱へ共架することができた。

4.5 サイネージ、監視画面

図 2 にサイネージの設置イメージを示す。本システムの運用状況は、2022 年度以降にシステムの運用を担う運用事業者がモニタリングし、不具合発生時等に迅速に対応できるように設計し、さらに太陽光発電量や CO₂削減量等をサイネージで閲覧できるように設計した。サイネージは「あいろーど厚田」の 2 階に設置し、地域イベントの紹介や、企業 PR 等を差し込むことが可能となるように設計した。

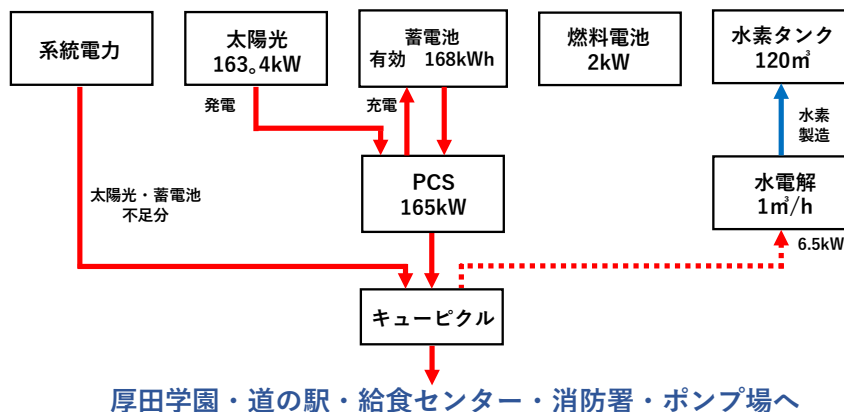


図 2 サイネージの設置イメージ

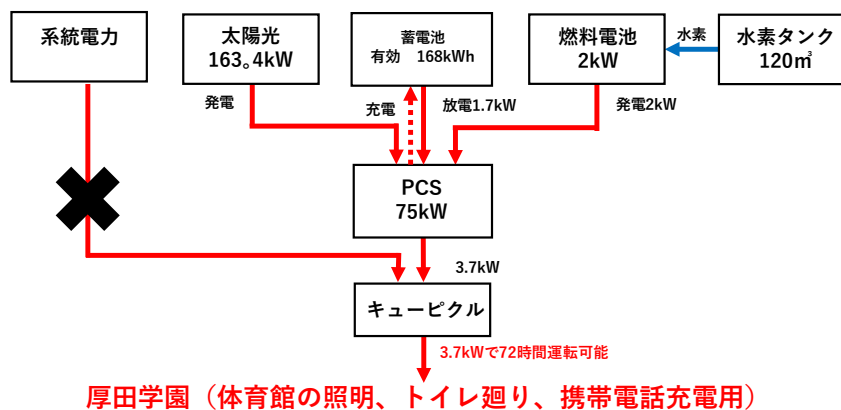
5. 本システムの運用方法

図3に本システムの(a)通常運転、および(b)災害時自立運転での運用イメージを示す。本システムは通常運転時および自立運転時（災害発生時）の運用を変更するシステムとしている。これは、通常運転時と自立運転時の制御を同じとした場合、通常運転の運用を基本とすると、自立運転時に送電する電力が非常に大きくなり数時間で蓄電池および水素が枯渇することになる。本システムでは、蓄電池に最大で168 kWhの電力、水素タンクに約150 kWh分の水素を貯蔵している。グリッド内の昼間の電力需要は100 kW前後であるため、自立運転に移行した後に日射がない場合、数時間で電力供給ができなくなり、防災機能を発揮することができなくなる。一方、自立運転の運用を基本とすると、送電量は最大で3.7 kWであるため、通常運転時に必要な電力を供給することができず、グリッドの必要性が発生しない。これを解決するため、本システムでは通常運転時、自立運転時に最適な運用が可能になるようにそれぞれの制御を別に設計することとした。

図3に示すように、通常時は5つの公共施設へ太陽光の電力を供給し、不足分は系統電力を利用する。一方、EMSが一定時間の系統からの停電を感知した際、通常運転から自立運転に移行する。その際、システム内の自家消費を可能な限り削減するために、最低限必要な補器以外への電力供給を遮断し、特定負荷のみに制限することとした。この制御により、自立運転に移行した際①可搬式蓄電池から指定緊急避難場所である「あいろど厚田」の特定負荷（トイレ回り）へ3時間の給電を実施、②蓄電池および燃料電池から指定避難所である「厚田学園体育館」の特定負荷（体育館照明、トイレ回りの照明、および携帯電話充電用コンセント）へ72時間以上の給電を行うことができる。



(a) 通常運転のイメージ図



(b) 災害時自立運転のイメージ図

図3 マイクログリッドの運用方法

6. 本システムの運用予測

本システムの導入にあたり、設置する太陽光パネルの仕様、角度、日射量などから発電量を予測した。表 2 および表 3 に、本システム導入による発電量と使用電力量の予測値と、年間 CO₂削減量の予測値をそれぞれ示す。試算した太陽光発電設備の年間発電量は、設備稼働率を 9.1%と推定し表 2 に示す通り 130,210 kWh/年となった。自家消費電力量および送電ロスなどが 47,790 kWh/年と想定されることから、太陽光発電から需要先へ供給できる電力量は 82,420 kWh/年と予測しており、この場合、CO₂削減量は表 3 に記載のとおり 53 ton/年 程度となる。また、グリッド内全体での使用電力量の 18.4%を太陽光発電から供給できると推定しており、発電した電力の利用率は、蓄電池および水素システムでの余剰電力の貯蔵、利用を行うことにより、90%以上になると試算している。

本システムは 2022 年度 4 月から運用されており、データを積み重ねていくことで、これらの予測値を検証していく。

表 2 発電量、使用電力量の予測

種別	内訳	数値 (kWh/年)
電力量予測 ^{※1}	太陽光発電量	130,210
	システム全体での損失	47,790
	各施設での利用可能電力量	82,420

※1 太陽発電利用率を 9.1 %/年とする

表 3 システム導入効果

	年間 CO ₂ 削減量
商用電力の購入削減による CO ₂ 排出削減効果	53.0 トン/年 ^{※2}
エネルギーの地産地消率	18.4 %

※2 商用電力の排出係数は 0.643 kgCO₂/kWh とする

7. おわりに

本システムの運営は、2022 年 4 月より 10 年間、当社の 100%出資会社である「石狩厚田グリーンエネルギー株式会社」が担っている。本システムを運用していく中で、グリッド運用データ、とくに水素システムの運用に関するデータ蓄積を進め、今後の事業展開に活用していく。再エネを電源とするグリッドシステムの普及を進め、脱炭素社会構築の一助としていきたい。

ABSTRACT

Takasago Thermal Engineering Co., Ltd. and Kitakodensha Co., Ltd. jointly installed a "Sustainable Low-carbon Microgrid with Disaster Prevention Functions" powered by solar power in the Atsuta district of Ishikari City. This microgrid consists of photovoltaic power generation equipment, a power receiving/transforming equipment, a battery and a hydrogen energy system (consisted of a water electrolisor, a fuel cell and hydrogen tanks). By combining a storage battery controlled by an energy management system and a hydrogen energy system, the system enables highly efficient use of solar power and the minimum necessary power supply even in the event of a disaster. In addition, Ishikari-Atsuta Green Energy Co., Ltd., wholly owned by Takasago Thermal Engineering Co., Ltd., has received an order for the operation of this microgrid, and will operate the microgrid for the next 10 years.