

直流配電システムの機能強化

Functional Enhancement of Direct Current Distribution Network System

*受配電システム製作所

要 旨

三菱電機は、2023年9月に清水建設㈱の“温故創新の森 NOVARE(ノヴァーレ)”向けに、平時の省CO₂と災害時のBCP(Business Continuity Plan)への寄与を目的とする直流配電ネットワークシステム“D-SMiree Standard(単機100kW)”を納入し、水素製造装置と燃料電池から成る水素エネルギーシステムを連系した直流配電システムを構築するプロジェクトに取り組んだ。

1. ま え が き

近年、温室効果ガス排出を実質ゼロにするカーボンニュートラル(CN: Carbon Neutral)の実現に向けた取組みが世界的に加速している。政府の2050年CN実現に向けたグリーン成長戦略に直流配電システムが取り上げられており、次世代の電力供給システムとして注目されている。また、地震や台風などの自然災害への備えとして防災拠点や避難所などでのエネルギーの自給自足の要求が高まってきている。

当社は、2020年に直流系統内の太陽光発電(PV: Photovoltaic)電力などの再生可能エネルギー(以下“再エネ”という。)の余剰電力を逆変換して交流系統に融通可能とする双方向型中低圧直流配電ネットワークシステム“D-SMiree Standard(100kW)”を開発し⁽¹⁾、2023年9月に清水建設㈱の温故創新の森 NOVARE向けに納入した⁽²⁾。このシステムは再エネとリチウムイオン蓄電池(LIB: Lithium Ion Battery)を直流連系することによる平時の省CO₂と災害時のBCPへの寄与を目的として導入された。このプロジェクトでは水素製造装置と燃料電池から成る水素エネルギーシステムを連系した直流配電システムを構築した(図1)。

本稿では、CNに貢献する水素エネルギーシステムを連系した直流配電システムと、プロジェクトへの当社の取組み内容について述べる。

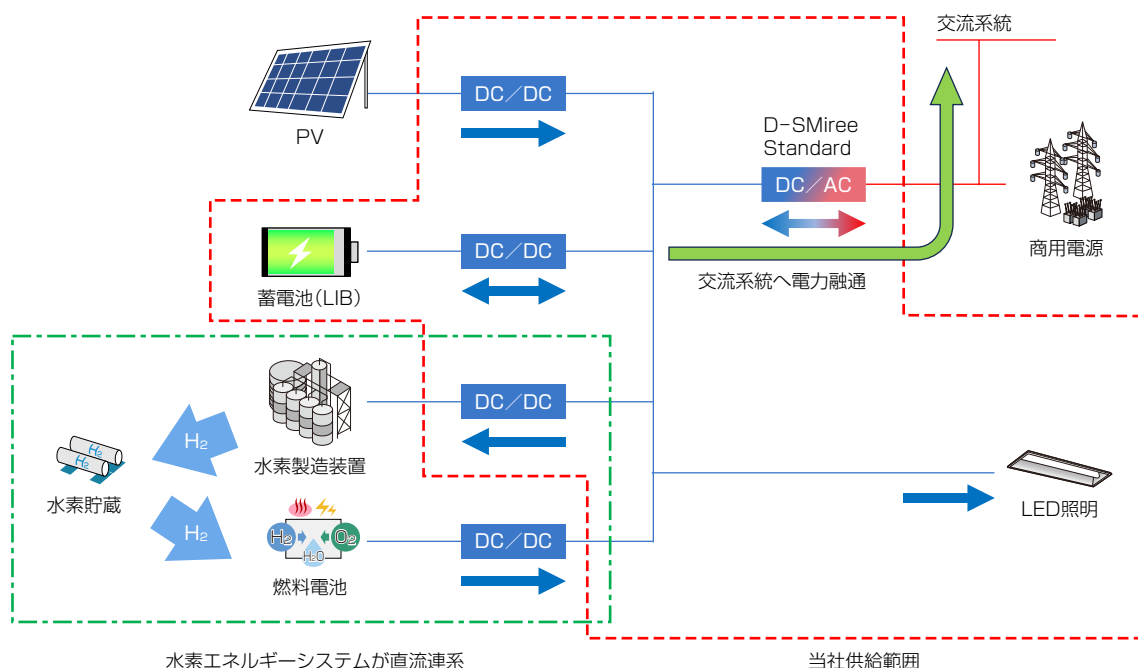


図1-直流配電システム

2. 水素製造装置と燃料電池から成る水素エネルギーシステムを連系した直流配電システム

当社は2023年9月、清水建設(株)の温故創新の森 NOVAREにD-SMiree Standardを中心とする直流配電システムを納入した。このプロジェクトの概要及び当社の取組み内容を述べる。

2.1 温故創新の森 NOVAREの概要

温故創新の森 NOVAREでは、イノベーションの創出と人材育成を目的として、様々な研究、実証が行われている。実証の中のエネルギーに関して、直流電力の建物間融通及び水素製造装置と燃料電池から成る水素エネルギーシステムを連系した直流配電システムの構築に取り組んだ。

図2に示すとおり、直流配電部はNOVARE Hub(A棟)、NOVARE Lab(B棟)にまたがって構成される。B棟には交流系統につながるAC(交流)/DC(直流)変換器、PV、LIB等の電源設備及び負荷としてLED照明が設置される。A棟には水素製造装置、LED照明、USB電源等の負荷設備に加えて、純水素を燃料として発電する燃料電池が設置され、A棟、B棟間で相互に直流で電力融通が実施される。

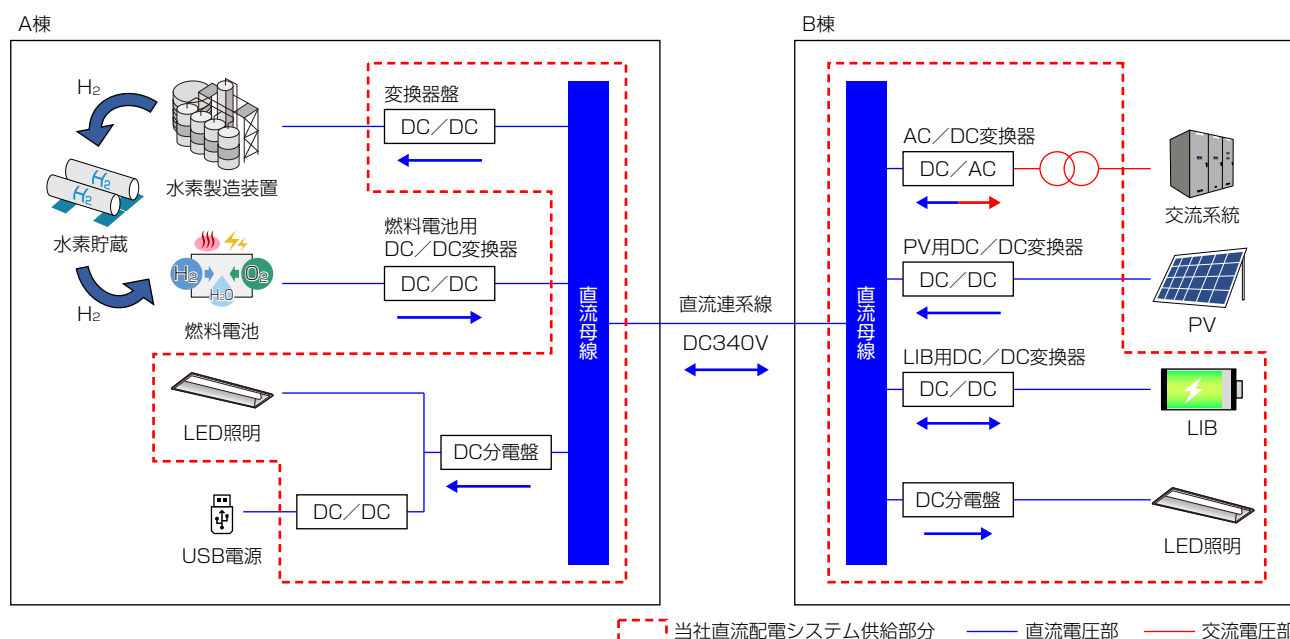


図2-温故創新の森 NOVARE 直流配電部構成

この構成によって、B棟のPV余剰電力分をA棟に直流連系線で電力融通するなど、各棟に設置された各種電源を再エネ自給率向上のための最適制御を行うことで省CO₂に貢献する。また、災害時には直流電力を高効率で棟間電力融通することができるため、BCP対策の強化につながっている。この構成、機能は環境省の“平時の省CO₂と災害時避難施設を両立する直流による建物間融通支援事業”の要件を満たしており、2021年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金対象事業として実施している。

また、PVの余剰電力を使用して水素製造装置でグリーン水素(再エネなどを活用しCO₂を排出することなく製造された水素)を製造する。グリーン水素を使用し燃料電池で発電することによってCNに寄与する。それらを直流で連系、動作させることによって変換ロスを削減でき、エネルギーの効率的な利用が可能になる。

2.2 当社の取組み内容

このプロジェクトにおいて、当社は、直流配電の中核設備になるAC/DC変換器、LIB用DC/DC変換器、PV用DC/DC変換器、直流負荷用の直流分電盤、直流LED照明に加えて、水素製造装置に電力を供給する変換器盤を納入した(図2赤点線部)。次に、当社が取り組んだ部分について述べる。

(1) 水素製造装置への直流電力供給

当社で変換器盤を開発し、水素製造装置への直流電力の供給を可能にした(図3)。変換器盤内にはDC/DC変換器、変換器盤PLC(Programmable Logic Controller)、タッチパネル式表示器を内蔵している。水素製造には6kW以上の出力が必要であることから、DC/DC変換器は単機2.5kW出力仕様の製品を3台並列使用することにした。DC/DC変換器はCVCC(Constant Voltage, Constant Current: 定電圧・定電流)特性の出力を持つ。CV設定電圧以下ではCC設定電流での定電流動作を行い、CC設定電流以下の電流でCV設定電圧に達すると、CV設定電圧での定電圧動作を行う。CV目標電圧を、水素製造装置の最大電圧(水素製造最大電圧)以上として、CC設定電流を上位からの指示電流とすることで、常に上位からの指示電流でのCC動作になり、水素を製造できる。



図3-水素製造装置用変換器盤

今回の水素製造装置は、所定の入力電圧(水素製造開始電圧)を超えると水素製造動作を開始し、入力電流に応じて水素製造量及び電圧値が決まる負荷特性であった(図4)。そのため起動時にDC/DC変換器の出力を0Vから上昇させていくとCV目標電圧に達することなくCC設定電流での定電流動作に移行することから、DC/DC変換器が異常を検知し停止する問題が発生した。この対策として、起動時のCV目標電圧を水素製造開始電圧未満に設定し一旦CV目標電圧に到達させ、その後通常の運転時CV目標電圧に再設定してCC動作に移行させるという2段階の起動にすることで問題を解決した。

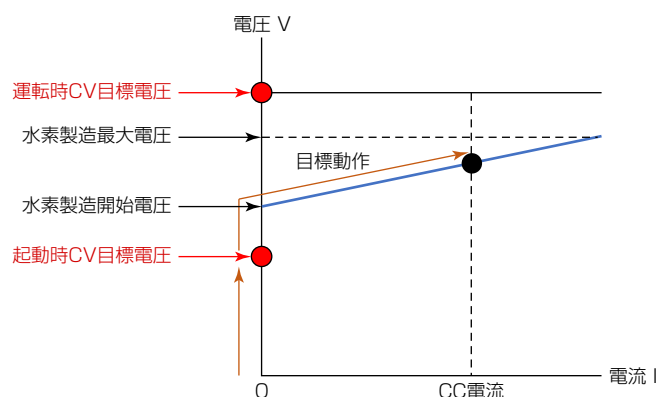


図4-水素製造装置の電流電圧特性とDC/DC変換器動作

(2) 燃料電池の直流連系

D-SMireeの負荷端子に、直流負荷に加えて発電装置である燃料電池を接続した。燃料電池出力が直流負荷電力よりも大きい場合、余剰分は直流のままLIBに充電されるが、LIBが満充電に近く余剰を吸収できない場合は交流系統へと逆変

換を行う。もし燃料電池出力を交流系統へ逆変換中に停電が発生した場合、行き場をなくした電力によって直流母線電圧が過電圧しきい値以上になりD-SMireeが停止しシステムがダウンすることが懸念された。この問題解決には燃料電池用DC/DC変換器をD-SMireeよりも先に確実に停止させる必要があるため、燃料電池用DC/DC変換器の直流母線側過電圧しきい値をD-SMireeより低く設定することで保護協調を確保した。

(3) 停電時のLIBPCSの自立運転への連系

商用電源の停電時、図5に示すとおり、D-SMireeはまず交流系統側に設置されている非常用発電機への連系運転を行う。停電が長引いて同発電機の燃料が枯渇した場合、同様に交流系統側に設置されているLIBPCS(Lithium Ion Battery Power Conditioning System)の自立運転出力への連系運転に切り替わる。交流系統側に設置されているこのLIBは、同発電機の停止後のメイン電源として使用される。D-SMireeが自立運転出力に連系することによって、直流側のPV及び燃料電池による発電電力を交流側の負荷にも供給することが可能になる。また、再エネ余剰電力を交流側のLIBへも充電することによって、停電時でも再エネを最大限に活用できる。懸念点として、AC/DC変換器の一次側にある交流トランスへの励磁突入電流によって、LIBPCSが過電流停止又は破壊につながるリスクが想定されたが、LIBPCSの自立運転ソフトスタート時間を最適に調整することによって、励磁突入電流を防止し、LIBPCS、AC/DC変換器の安全な起動を実現した。また、交流側のLIBの満充電時にさらにPVの余剰分が発生すると過充電防止のためLIBPCSが停止してしまう。それを回避するために、交流側のLIBが満充電付近になると、中央監視からの指示によってPV用DC/DC変換器を停止させることにした。また、交流側のLIBの充電率がしきい値以下になると再びPV用DC/DC変換器を起動させることによって、停電時のPV電力を有効活用可能にした。

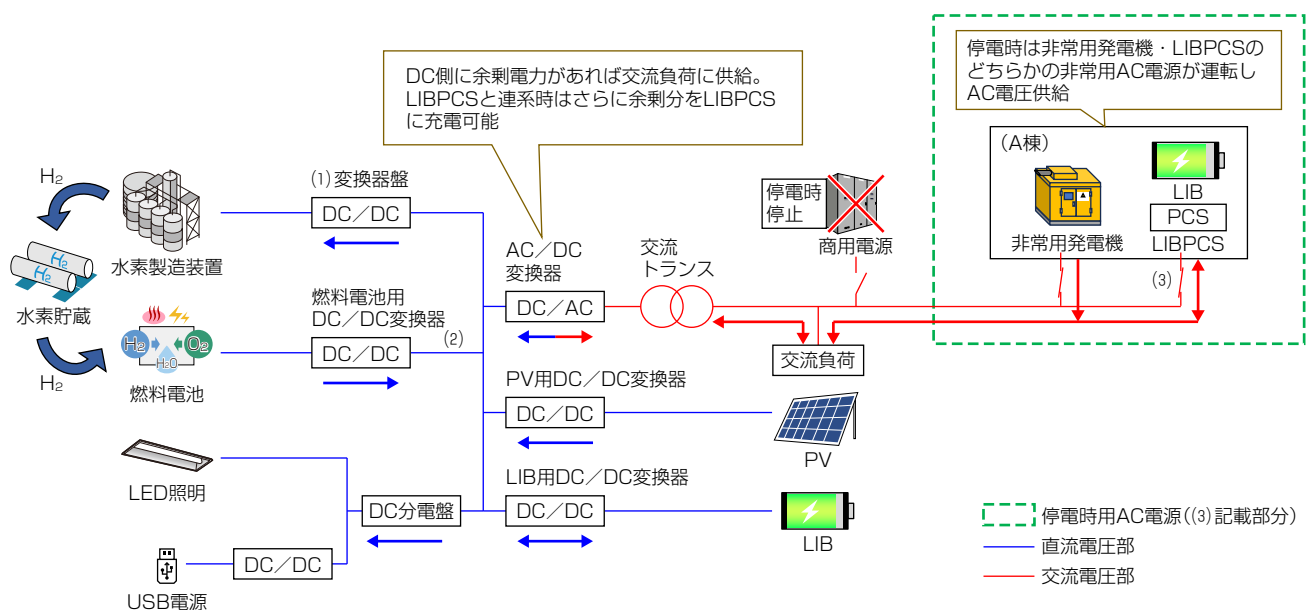


図5-停電時に非常用AC電源に連系する直流配電システム

3. む す び

CNの実現に向けて直流配電システムで燃料電池及び水素製造装置から成る水素システムの直流連系を実現した。

今後、直流配電の普及のため、空調機器やファン、搬送機器などの直流負荷のラインアップ拡大に向けた活動を他メーカーと共に実施し、2050年CNの実現に貢献する製品化・事業化に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 竹内勇人，ほか：直流配電システムの取組みと今後の展望，三菱電機技報，95，No.11，712～715（2021）
- (2) 清水建設㈱：「温故創新の森 NOVARE」で直流配電システムの実証を開始
<https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2024/2024013.html>