

建物付帯型水素エネルギー利用システムの開発と展開 「Hydro Q-BiC[®]」の開発と展開

本 間 康 雄・下 田 英 介・北 川 遼

脱炭素社会の実現に向け、エネルギーとして利用時に CO₂ を排出しない水素の利活用を目的として、水素利活用システム Hydro Q-BiC[®] を清水建設と産業技術総合研究所にて開発している。このシステムの特徴は消防法上の危険物の適用を受けない非危険物に登録された水素吸蔵合金を開発し、高圧ガス保安法適用外の圧力領域（1 MPaG 未満）で運用し、かつ屋内での利用が可能な建物付帯型水素利活用システムである。本報では、このシステムの開発内容と展開について紹介する。

キーワード：水素、エネルギーマネジメント、吸蔵合金、水素貯蔵

1. はじめに

脱炭素社会の実現に向け、「エネルギーとして利用時に CO₂ を排出しない」、「供給が不安定な再生可能エネルギーを水素へ変換することで最大限に活用可能である」などから、世界的にも『水素』利用が注目されている。

日本は環境分野において、エネルギー基本計画、長期低炭素化ビジョンや科学技術基本計画（Society 5.0）など低炭素化社会実現のため「水素社会の実現」を国の構想・施策のアイテムの1つとしている。2050年カーボンニュートラルを目指すことを宣言し活発になっているといえる。

カーボンニュートラル達成に向けた再生可能エネルギーの導入拡大に伴い、その出力変動や余剰エネルギーの有効活用が課題となっており、エネルギーの安定化を実現する「蓄エネ」の仕組みが重要となっている。水素は、酸素と結びつけて発電することで CO₂ を排出せず、蓄電池等のようにエネルギーを蓄える技術としては、自然放電がないことから、「発電」「蓄エネ」として、カーボンニュートラル実現に適した技術といえる。

例えば、太陽光発電の発電量が大きく施設のエネルギー需要の少ない春や秋に発生する余剰電力を水素で蓄えて、エネルギー需要ピークが生じがちな夏や冬に使うといった、季節を跨いだ長期間にわたるエネルギーマネジメントにその効果が発揮できると考えられる。

2. 水素利活用システムの概要・開発

当社は、SHIMZ VISION 2030 での中長期ビジョンの具現化に向け、「再生エネルギーの普及拡大」、「蓄エネによる災害に強いレジリエントな建物、まちづくり」の手法として、『水素』活用に取り組んでいる。2019年に、当社技術研究所と（国研）産業技術総合研究所は共同で、余剰電力を水素に変えて長期間・安全に貯蔵する建物付帯型水素エネルギー利用システム「Hydro Q-BiC[®]」（以下、本システム）を開発した。

本システムの概要を図-1に示す。

- ①水素製造：再生可能エネルギー（太陽光発電設備など）で発電した電力を水素に変換する。
- ②水素貯蔵：変換した水素を水素吸蔵合金に貯蔵する。
- ③水素利用：貯蔵した水素を燃料電池で電力および熱エネルギーに変換して建物で利用する。
- ④エネルギーマネジメント：各構成設備の発停、容量

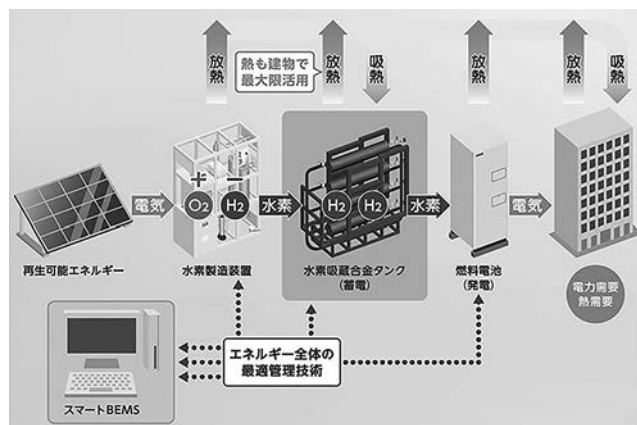


図-1 本システムの構成

制御を当社で開発したスマート BEMS（ビル・エネルギー・マネジメント・システム）で最適制御を行う。

水素利用プロセスとして、水道水を濾過して生成した純水を電気分解することで製造した水素は、湿気を含んでいるため、除湿プロセスを経て水素吸蔵合金に吸蔵させる。エネルギーとして利用するときは、水素を空気中の酸素と化学反応させ、電気と熱として利用するシステムとなる。

このシステムはエネルギーマネジメントシステムにより水素製造装置、水素吸蔵合金タンク、燃料電池などの各装置を統合コントロールしている。施設の電力・熱需要および太陽光発電の発電量予測に基づいたマイクログリッド制御、デマンドレスポンス機能を備え、エネルギー運用計画やリアルタイム需給調整を行い、単純なピークカットだけでなく、時間帯別の使用可能電力の設定や、電力料金を最小化する運転を行うなど、目的に応じた柔軟な運用が可能である。

水素吸蔵合金は分子間に常温常圧水素の体積の約 1,000 分の 1 にまで縮減して大量に貯蔵することが可能であり、貯蔵時のエネルギーロスがほとんどないため長期貯蔵に向いているといえる。水素吸蔵合金は、水素の吸蔵時には発熱、放出時には吸熱する特性を持っているため、タンク内の圧力や温度の状況に応じて、水素吸蔵合金の冷却や加熱の熱エネルギーの制御をエネルギーマネジメントシステムでコントロールしている。

使用する水素吸蔵合金は、清水建設と産業技術総合研究所で共同開発したオリジナル合金であり、特性上、1 MPaG 未満の圧力下で吸放出可能であり、高压ガス保安法の適用外となる。また、火を近づけても着火しない特性を有するため（図－2）、消防庁の危険物データベースに「非危険物」として登録され、消防

法上の危険物扱いにはならない。

3. 本システムの実装・展開

(1) 地産地消 オンサイト利用

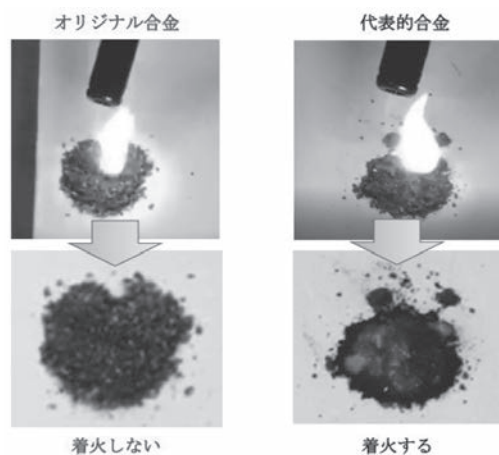
当社北陸支店（石川県金沢市）に本システムを実装している（太陽光発電 140 kW、水素製造装置 10 Nm³/h、水素吸蔵合金 1,350 Nm³、燃料電池 100 kW）。北陸支店は地域の気候・風土を積極的に利用した省エネルギーと太陽光発電による創エネルギーにより、『ZEB（ゼロ・エネルギー・ビル）』を実現している（写真－1、図－3）。

一方、実際の運用において、休日や長期休暇等電力需要の少ない時期に生じる余剰電力で水素を製造・貯蔵し、太陽光発電の発電量の少ない梅雨や冬季に燃料電池で発電し運用している。また、平日の電力需要の多い時間帯にピークカットなどにも利用している。長期にわたり放電せずに蓄える利点を備えている特徴を利用して、基本システムより蓄エネルギー容量や燃料電池の発電出力等のシステム規模を大きくし、水素貯蔵装置は電力換算で 2,000 kWh の蓄エネルギー量に相当している。水素貯蔵装置の半分の容量を建物 BCP 機能として、停電時の事業継続のための自立電源としても可能としている。

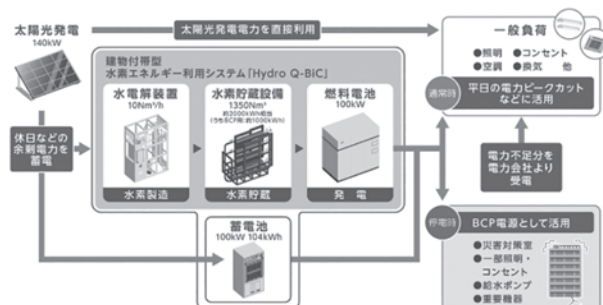
このようなシステムは複数拠点で実装されており、BCP 等を目的とし、災害時に地域の避難場所として



写真－1 北陸支店外観



図－2 合金への着火試験



図－3 北陸支店の本システムの概要

活用する事務所ビル（長野県）に、既存建物を改修して設置している。

また、サプライチェーン全体でカーボンニュートラルに取り組む工場にも実装されている（福井県）。この工場では、水素活用の取組として本システムで製造した水素を生産プロセスにも利用することも将来対応として可能となっている。また、熱利用として水素貯蔵装置の冷却水を純水製造に再利用する等のカスケード利用も実施されている。

(2) グリーン水素 オフサイト活用

設置場所等の制約によっては、街区の建物には太陽光発電設備等を大きく設置するのは物理的に困難であり、オンサイトでの水素製造には限界があるともいえる。そのため、郊外のメガソーラー発電所等で製造したグリーン水素を輸送するオフサイト活用が可能なシステム「Hydro Q-BiC TriCE」を開発した（図—4）。

グリーン水素のオフサイトからの輸送は圧縮水素としてカードルなどに充填されて輸送される。カードル車等の輸送車が長時間駐車するとその駐車場所は、高圧ガス保安法上の高圧ガス貯蔵所に指定され、建物との離隔や障壁等が必要となる。その指定を避けるためには、2時間以内にカードル車等の輸送車から1 MPaG 未満で運用する水素吸蔵合金タンクへ水素の充填作業を完了する必要がある。今回開発した水素吸蔵合金タンクは水素を短時間で充填可能なように熱交換性能を高めるタンクとなっている。

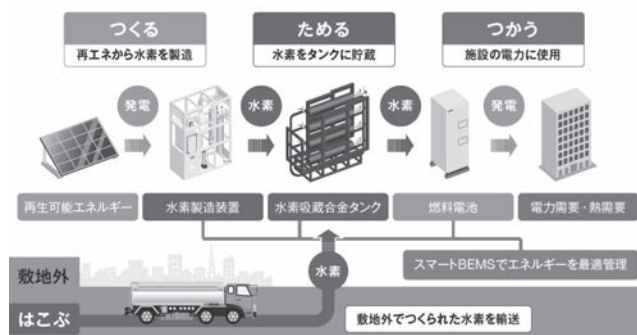
本システムを当社のイノベーション拠点「温故創新の森 NOVARE」（東京都）に導入している（写真—2）。

実装した水素貯蔵設備は、オンサイトとオフサイトの水素をそれぞれ貯蔵する容量 200 Nm³ の標準型タンクと容量 250 Nm³ の急速充填型タンクで構成されている（写真—3）。

オフサイトからのグリーン水素の輸送には水素カードル車を利用し、1回あたり最大 250 Nm³ の水素をカードル車から受け入れられる。水素充填は車上の水素カードルと水素吸蔵合金タンク水素充填口をフレキシブルホースで繋いで実施する（写真—4）。

水素カードル内の高圧水素を車上で1 MPaG 未満に減圧して水素吸蔵合金タンクへ充填する。カードル車の入場から退場まで配管の接続・取外しを含む全ての作業を完了する所要時間は2時間以内としている。

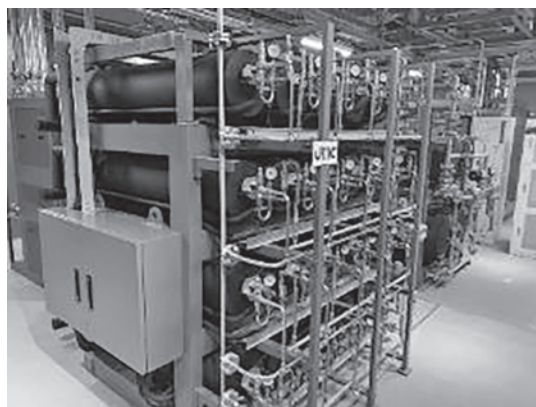
オフサイトのグリーン水素を活用するモデル構築として、東京都港湾局、（国研）産業技術総合研究所、清水建設(株)、東京臨海熱供給(株)、(株)東京レポートセンターおよび(株)ヒラカワの6者にて、脱炭素化に向け



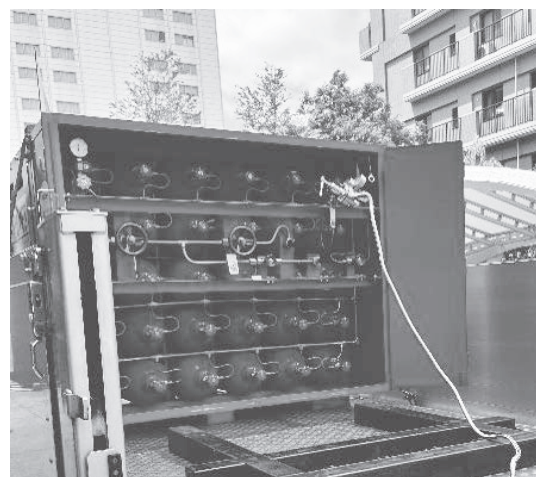
図—4 グリーン水素オフサイト活用



写真—2 温故創新の森 NOVARE 全景



写真—3 急速充填型の水素吸蔵合金タンク



写真—4 水素カードルからの水素充填

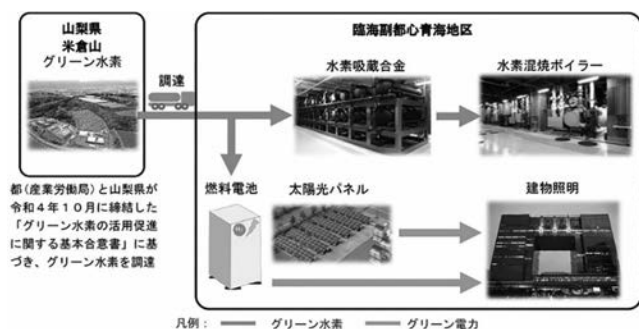


図-5 臨海副都心の共同研究概要

た取組のため、臨海副都心の青海地区において、グリーン水素を活用した共同研究を実施している（図-5）。

本研究は、オフサイト水素を吸蔵合金タンクに急速充填し水素混焼ボイラーによる地域熱供給への供給を実施するものである。

このような取組により地産地消だけでなく、グリーン水素のオフサイト活用による促進が可能となる。

(3) パッケージによる最適利用

水素の利活用促進に向けては、省スペースかつ低コストの水素設備が求められる。そのため、水素サプライチェーンの「つくる」から「つかう」までの設備一式をコンテナ内に収納した省スペース型の水素エネルギー利用システム「Hydro Q-BiC Lite」（以下、省スペース型本システム）を開発し、再生可能エネルギーのさらなる利用拡大とカーボンニュートラルの実現を促進させることを図っている（図-6）。

省スペース型本システムは、水素製造装置、水素貯蔵装置、燃料電池等の設備一式を40ftコンテナ相当の空間内にコンパクトに収納したパッケージ型の水素エネルギー利用システムで各装置の基本仕様を、水素製造装置が製造能力5Nm³/h、水素貯蔵装置が貯蔵量300Nm³、燃料電池が出力8kWで、有資格者不要で、貯蔵ロスなく安全に貯められる吸蔵合金を用いて停電時の使用（現状の本システムと同様の構成）が可能となるシステムである。パッケージ化することで、水素設備をスモールスタート（小容量・省スペース）で、

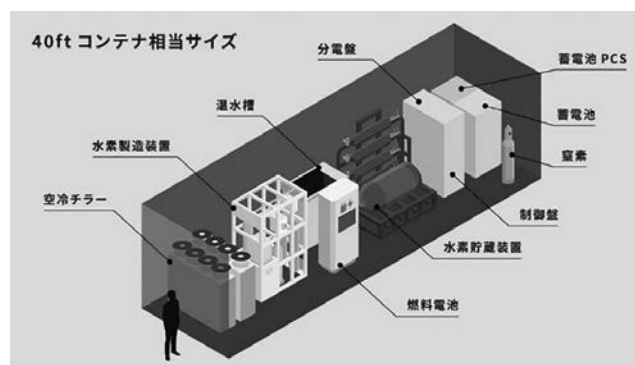


図-6 省スペース型本システムの基本構成

ターンキー型のソリューションを検討しているユーザー向けに開発されている。

自治体によっては補助金にも該当し導入の促進が期待される。

4. おわりに

水素利活用の展開として「Hydro Q-BiC[®]」が2019年に開発され、地産地消型オンサイト利用にはじまり、グリーン水素のオフサイト活用、ターンキー型のパッケージモデルとしての活用展開が期待される。

建物に水素を安全に貯められる定置型のシステムとしての活用展開が今後も期待される。

J C M A

【筆者紹介】

本間 康雄（ほんま やすお）
清水建設㈱
NOVARE イノベーションセンター
H2Acceleration グループ

下田 英介（しもだ えいすけ）
清水建設㈱
NOVARE イノベーションセンター
H2Acceleration グループ

北川 遼（きたがわ はるか）
清水建設㈱
NOVARE イノベーションセンター
H2Acceleration グループ