

神戸市ポートアイランドにおける 水素 CGS スマートコミュニティ事業

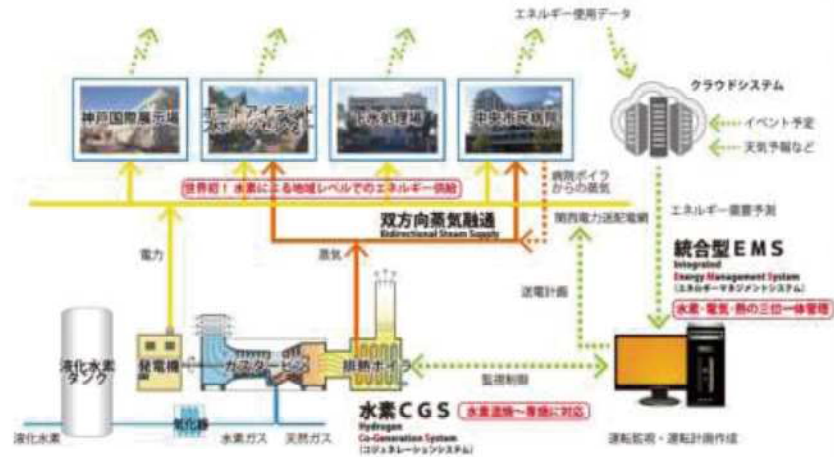


特集 2

株式会社 大林組 技術本部
統括部長 小野島 一 氏

はじめに

パリ協定におけるCO₂削減目標に向け画期的なエネルギーリソースとして水素が注目されている。経済産業省では水素・燃料電池戦略ロードマップを作成し、二次エネルギーとしての水素利活用に向けて開発を推進し、その一貫として水素を発電燃料として活用し、コミュニティのエネルギー源として利用することが検討されている。ここではその最新の開発事例として、市街地において水素を利用した熱電供給システム（コージェネレーションシステム）を利用してスマートコミュニティを実現する実証事業について報告する。この事業は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の助成事業、水素社会構築技術開発事業／大規模水素エネルギー利用技術開発／水素CGS活用スマートコミュニティ技術開発事業として、株式会社大林組（幹事）及び川崎重工業株式会社により実施されている。



2018年4月時点

図-1 実証事業の全体イメージ

- ・1MW級の水素ガスタービンを用いた水素CGS（川崎重工業主幹）
 - ・電気／熱／水素の最適マネジメントを目指す統合型EMS（大林組主幹）
- の技術開発・実証を行う。

図-1に事業概要のイメージを示す。ガスタービンによる純水素の大量利用を市街地で実施する点、近隣の複数の公共施設へCO₂ゼロエミッションの

1. 事業概要と開発目標

この事業の開発目標は、神戸市ポートアイランドに水素と天然ガスを燃料とする1MW級水素コージェネレーションシステム（水素CGS）を設置し、近隣の複数施設に水素由来の電気・熱を供給することであり、水素CGSの実証、及び、コミュニティレベルでの「電気」「熱」「水素」の効率的な利用を目指す統合型エネルギーマネジメントシステム（統合型EMS）の実証を行うことにある。2015年11月に事業が開始、2019年2月を終了目標として実施されている。本事業では、国内に点在する様々な水素源の有効活用、更に将来の水素サプライチェーンの実現も見据え、自家発電やコミュニティレベルでの水素活用ニーズに向けて



講師 小野島 一 氏

熱電供給を行う点で、世界初の取り組みとなり、技術および社会実証の両面で大きな意義を持つ。図-2に本事業の実証体制を示す。事業助成先の大林組、川崎重工業に加え、共同研究として大阪大学、協力企業・団体として神戸市、関西電力、岩谷産業、関電エネルギーソリューションが参画している。

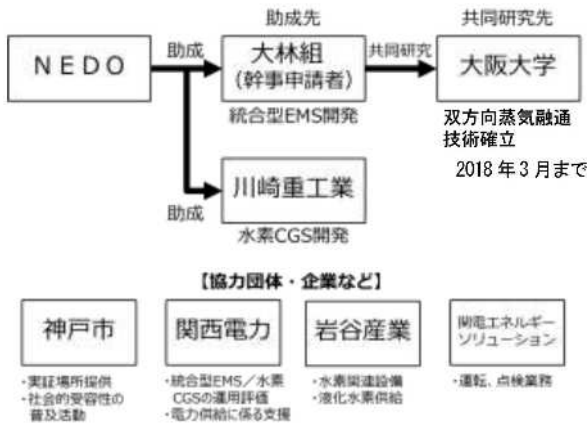


図-2 実証事業の体制

実証試験設備は2017年12月に完成し2018年2月より実証試験が開始された。同年4月、世界初となる市街地におけるガスタービンCGSでの水素専焼(水素100%)による熱電供給を達成し、現在は、四季を通じた性能検証と一定時間運転後の健全性評価に向け、実負荷運転による熱電供給について季節ごとに実証運転を実施中である。全体の事業期間は2015年11月から2019年2月までで実証運転・評価期間は2018年2月下旬から開始している。

図-3に2018年4月時点のエネルギー供給先を示す。エネルギーセンターから電力についてはポートアイランドスポーツセンター、神戸国際展示場、



図-3 エネルギー供給先

下水処理場および中央市民病院に関西電力送配電網を使い自己託送により供給し、熱については中央市民病院に蒸気、スポーツセンターには高温水で供給している。

2. 水素CGSの開発(川崎重工業所掌)

水素ガスタービンのキー技術は燃焼器の開発にある。本事業では天然ガス焼きガスタービンの燃焼器を改良し、この燃焼器を実装することでガスタービンを水素燃料に対応させた。開発した水素対応燃焼器の改良点は以下の3点である。

- 水素燃焼の特性に適合(逆火の抑制)させるため燃料ノズルを改良
- NOx低減と安定燃焼を同時に成立させるための低NOx燃焼技術
- 水素と天然ガスを任意の割合で混合した燃料(任意混焼率)への対応

水素は天然ガスに対して燃焼速度が速いため、逆火により燃料ノズルを焼損する懸念がある。そのため水素燃料に対応した新たなノズルを開発した。また、水素は天然ガスより燃焼温度が高いという特徴があるため、高温燃焼により発生するNOxを規制値まで低減させなければならない。今回は水噴射によるウェット方式を利用し規制を十分にクリアできるように開発を進めた。加えて、水素の普及によりコストが下がるまでは水素専焼による運転は難しく、水素と天然ガスを混焼することが求められる。この燃焼器は任意の割合で水素と天然ガスを混合して安定して運転できるように開発されている。

この燃焼器を1MW級ガスタービン発電機に実装して本事業の主要機器とした。

図-4に水素供給システムのシステムフローを示す。水素については液化水素ローリーにより現地に供給され、液水タンクに貯蔵される。このタンクは二重断熱タンクで液化水素を安全に長期間維持できる。ガスタービンに供給する水素はこのタンクの液化水素を蒸発器により気化し、水素ガス圧縮機により必要な圧に圧縮された後、天然ガスと適宜混合されて供給されている。図-5にエネルギーセンターの外観を示す。2018年4月19日、4月20日に世界初となる市街地におけるガスタービンCGSでの水素専焼(水素100%)による熱電供給を達成、NEDO・大林組・川崎重工業との共同で4月20日にプレス

リリースし、実負荷運転における水素専焼／混焼運転時、および水素混焼割合切替え時の燃焼安定性の確認を完了した。

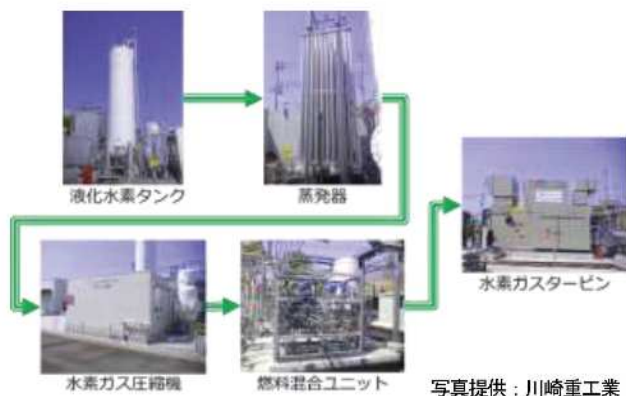


図-4 水素供給システムフロー



写真提供：川崎重工業

図-5 エネルギーセンター

3. 統合型 EMS の開発 (大林組所掌)

この開発には二つの項目が含まれており、双方向蒸気融通技術ならびに水素 CGS を最適に運転するための統合型エネルギーマネジメントシステム (統合型 EMS) の開発を行った。

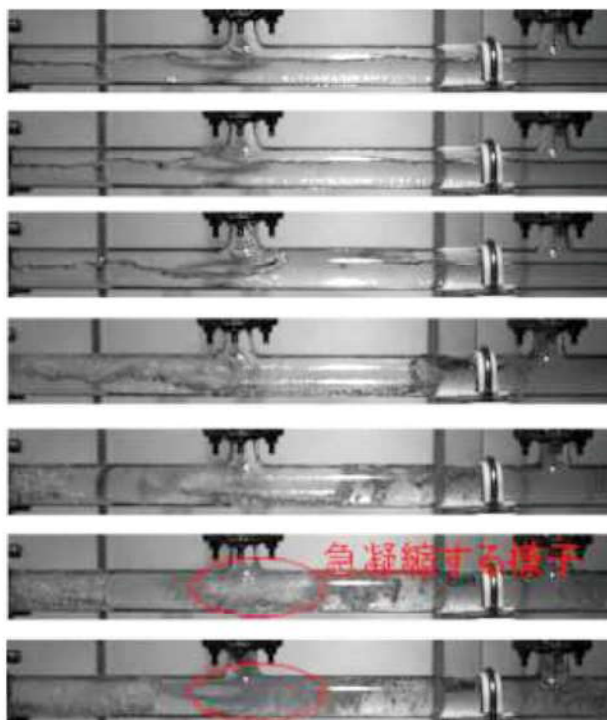
スマートコミュニティ実現に向けては図-6に示すように発電所や清掃工場などの排熱を有効利用することで、エネルギー利用効率を向上することが必要である。しかし、複数施設間による熱融通を推進するには、従来は2本の蒸気管が必要となり初期コストの削減が課題であった。そこで蒸気管を1本(単管)にする双方向蒸気融通システムを導入できれば初期コストの削減に繋がる。しかし、課題としては単管の蒸気供給システムにおけるハンマー現象の防止が必要である。そのため、実験と数値解析により蒸気配管におけるハンマー現象を再現することで、ハンマー現象と配管内圧力や凝縮水の水位等との関

連を明らかにすることとし、大阪大学赤松教授との共同研究を行った。ここでは、実験や数値解析の結果からハンマー現象を定量化し、実証試験時のハンマー現象発生有無の判断基準値とすることを目標とした。



図-6 熱融通によるスマートコミュニティ

図-7に実験装置で観察された凝縮起因ハンマー現象の撮影画像を示す。実験により蒸気流速が小さい場合に (7m/s 程度以下)、波立ちで蒸気が凝縮水に囲まれ、急凝縮する様子を再現できた。この実験と数値解析の結果を基に示唆された知見としては、



(蒸気流速4.1m/s、初期水位75%)
凝縮起因ハンマー観察実験時の撮影画像

図-7 実験による凝縮起因ハンマー現象

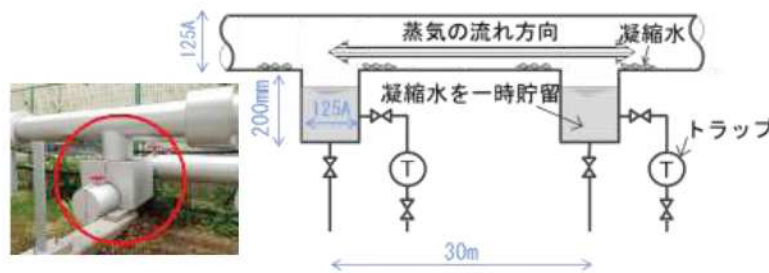


図-8 現地に設置した蒸気配管

凝縮水によって流路が閉塞されても、蒸気流速が速い場合は、凝縮水が吹き飛ばされ、ハンマー現象は発生しない。しかし①水位が高く、②流速が遅い場合、波立ちにより蒸気塊が形成され、凝縮起因ハンマーが発生しやすいことがわかった。つまり実際のシステムで温度の低い蒸気配管に蒸気を送気し始める場合、蒸気の送気開始時にハンマー現象が発生しやすいと考えられ、主として水位上昇対策を行うことで、ハンマー現象を抑制することとした。図-8に現地に設置した配管の状況を示す。水位上昇を抑制するための対策として水平配管に凝縮水溜り（ポッド）を設け、その容量は送気開始後トラップが排水を始めるまでの間、発生する凝縮水を貯めることができる容量とした。

実証試験では順方向としては水素 CGS（排熱回収ボイラ）側から市民病院へ蒸気を供給し、逆方向としては市民病院（蒸気ボイラ）側から水素 CGS 側（スポーツセンター）へ蒸気を供給した（水素 CGS は停止）。その結果、急激な圧力変動は観察されず、ハンマー現象を防止することが出来た。

統合型 EMS 開発の機能は以下のように検討した。現状、水素価格の高い過渡期においては、水素を使用するほど環境性は高まるが、事業性は低下する。そのため水素 CGS の運転、水素 CGS の普及には、適切な水素混焼率が環境性と事業性のバランスの鍵となる。また、今回開発された水素ガスタービンには水素と天然ガスを任意に混焼できることが特徴である。このシステムの環境性と事業性を確保するには、水素と天然ガス、電気と熱の最適化運転を実現するエネルギー管理システム技術を確立することが求められる。最適化運転計画作成のためには日々の各種変動を反映させていくことが欠かせない。そこで日々変化する需要量、水素と天然ガス、電気の価格、保守メンテ費等を考慮し運転計画（出力と水素混焼率）

を作成する EMS を構築した。

この EMS は各需要家の電力・熱需要量をクラウドにより把握し、過去の電力・熱需要量と将来の外気温度やイベント情報などから将来の電力・熱需要量を推定する。この需要量予測をもとに運用モデルシミュレーションにより最適運転計画をたて、水素 CGS の最適運用を目指す。図-9に4月19日、4月20日、2日間合計の運転実績を示す。設備が運転していた7時～20時30分の時間帯において水素 CGS からは全体の約40%の電力と約19%の熱が供給され、使用した水素9,800 Nm³により約16%のCO₂排出量が削減された。



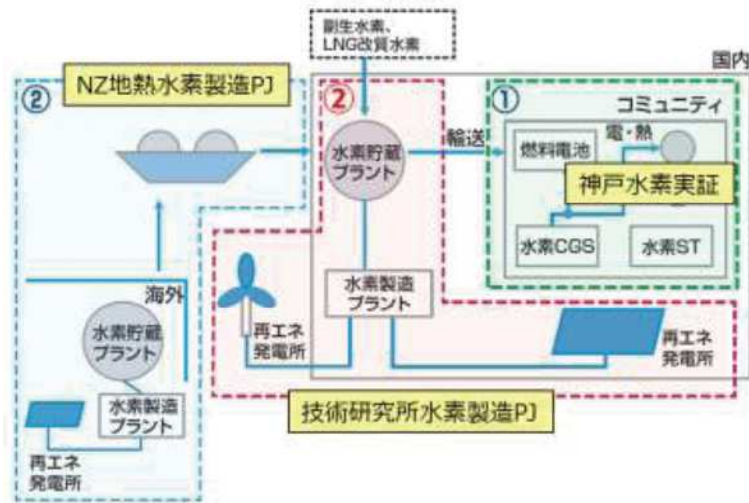
図-9 運転実績

4. おわりに

当社では水素に関わるサプライチェーンのビジネスモデルを図-10に示すように区分して考え、それぞれについて積極的に推進している。国内における水素を大規模に利用する事例としては、本報告で紹介した実証事業において、積極的に水素を利用するための知見を得ようとしている。加えて、国内の再生可能エネルギーで水素を創出する検討も、当社技術研究所においてチャレンジを始めており、このノウハウを元に、海外（ニュージーランド）にお

る未利用な再生可能エネルギー（地熱）を活用した大量のCO₂フリー水素製造にも取り組もうとしている。将来の水素社会へ向け、当社も様々な場面で

の貢献が出来るようこれからも努力を続ける所存である。



図ー10 大林組の水素サプライチェーンへの取組

