

横浜港における自立型水素燃料電池システムの導入事例について

中村 仁

横浜市港湾局政策調整課 担当課長

1. はじめに

横浜市港湾局は2015年度に自立型水素燃料電池システム※（(株)東芝（現：東芝エネルギーシステムズ（株））製、H2One™）を全国の官公庁として初めて導入した。翌2016年度には太陽光発電設備を追加設置することで、グリーン水素による自立型水素燃料電池の運用を開始し、2021年度現在も継続して運用している。

2020年10月の内閣総理大臣所信表明演説における「2050年カーボンニュートラル」宣言を受け、国土交通省港湾局により「カーボンニュートラルポート」の形成が掲げられたこのタイミングで、一般財団法人沿岸技術研究センター様から本取組を紹介する貴重な機会をいただいたので、港湾管理者としては現在でも唯一の取組事例である本事業を改めて設備の導入経緯から振り返ってみたい。

※製品名は「自立型水素エネルギー供給システム」であるが、特定調達契約による入札を実施した際に名称を一般化して「自立型水素燃料電池システム」と称したため、本市港湾局ではこの名称を使用している。



2011年3月 計画停電時の風景(出典：日本経済新聞社)

2. システム導入までの経緯

今年、東日本大震災から10年を迎えた。10年前の2011年3月の未曾有の大震災により東京電力管内で計画停電が実施され、同年7月～9月には電力使用制限令が発令された。大口電力需要家は前年度の使用最大電力から15%削減することが求められたが、これらの経験が本事業の背景にある。

2.1 東日本大震災の経験を踏まえた港湾計画の改訂

本市は2014年12月に改訂した横浜港港湾計画において「港のスマート化」という考え方を位置づけた。一部を抜粋して次のとおり紹介する。

■基本的な考え方

- 世界の主要港はCO₂排出削減等の社会的責任を果たして、荷主企業等に選ばれる港となることを目指し、環境対策に力を入れているため、温暖化対策やエネルギー利用の効率化を着実に進めることが必要
 - 東日本大震災の経験を踏まえ、大規模地震等の災害発生時においても、物流機能が継続できるよう、公共インフラの耐震化を進めるとともに、コンテナターミナルや倉庫等の稼働のためのエネルギー確保が必要
- ⇒①エネルギー利用効率化、②低炭素化及び③災害時における事業継続性の確保を目指すため「港のスマート化」を進めていく。

2.2 埠頭における電力使用最適化の検討と水素エネルギーへの着目

2014年度は港湾計画の改訂と平行して大黒ふ頭内の普通倉庫・冷蔵倉庫・バス等を対象に調査を実施し、大黒ふ頭全体の電力使用状況の把握を試みていた。

同時に次の一步を踏み出す方法を模索していたが、2014年12月にトヨタ自動車が燃料電池自動車MIRAIを発売したことによる“水素エネルギー”への関心の高まりを受け、計画改訂

の翌年度の6月、電力ピークカット等によるエネルギー利用の効率化や、非常用電源の活用等の実証事業を行うこととして、本システムを導入することを決定した。

3. 自立型水素燃料電池システムの選定や設備概要等

前例のないシステムを実証事業として導入するため、システムや設置場所の選定理由を次のとおり整理したうえで、システム概要を定めた。

3.1 システム選定の考え方

- 次の理由から(株)東芝製のH2One™を採用した。
- ・クリーンエネルギーである水素を使用すること
- ・ふ頭が孤立した場合でも水素の調達可能な地産地消方式であること
- ・設置場所が都市ガス未整備地域であること
- ・高圧ガス貯蔵に伴う隔離距離を確保する必要がなく、省スペースで設置可能であること
- ・技術者が常駐する必要がないこと
- ・非常用電源としての利用が可能であること
- ・高いデザイン性によりPR効果があること

3.2 設置場所選定の考え方

BCP対応の実証としての要素があることから、大黒ふ頭(島式ふ頭を仮定の離島としても想定)の津波避難施設に指定されている「横浜港流通センター(以下「Y-CC」という)」を選定した。



Y-CC全景及びシステム設置場所(Y-CCパンフレットを加工)

3.3 システム概要・外観

(下図参照)

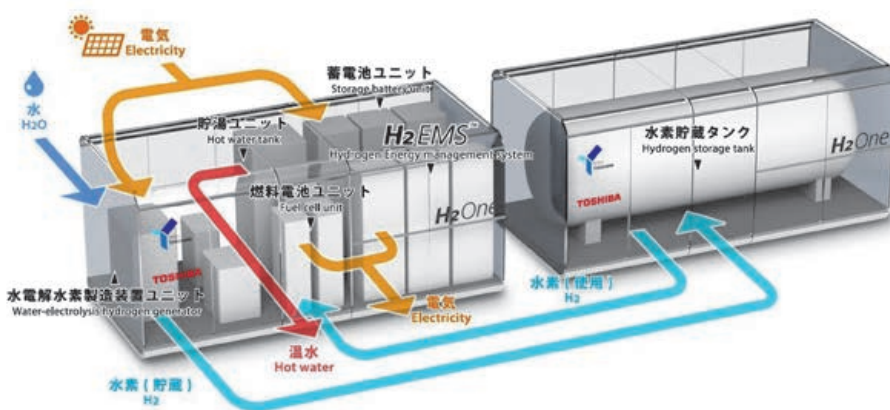
4. 自立型水素燃料電池システムの予算執行・発注手続き等

通常の港湾整備事業は伝統的なスキームの下で国と港湾管理者による様々な調整が行われ、段階を踏まえて実施されるが、本件はこれらのスキームとは全く異なり、イレギュラーの連続であった。

4.1 事業費

冒頭で官公庁初の導入と紹介したが、(株)東芝としてもハウステンボス(株)に次ぐ2件目の成約で実績に乏しく、補助制度などは整っていなかったため「全額市費」で導入した。

2015年度のシステム本体の製造及び設置工事、2016年度の太陽光発電設備の設置工事を合わせた総事業費は約1億5千万円であった。なお、本市の導入後に環境省が本システムを対象とする補助制度を設けたと聞いている。



自立型水素燃料電池システム概要



自立型水素燃料電池システム外観



太陽光発電システム外観@Y-CC屋上

水電解水素製造装置	水素貯蔵タンク	純水素型燃料電池システム
固体高分子型 水素発生：1Nm ³ /h 発生水素純度：99.999%	容量：12.8m ³ (104Nm ³ , 0.82MPa 貯蔵時) 規格：第二種压力容器 総重量：約10 t	定格出力：700W×3機 発電効率：55% 総合効率：95%
PCS及び蓄電池システム	収納コンテナ	太陽光パネル
PCS容量：25kW 蓄電池容量：44kWh	外寸：W4.95m×H2.3m×D2.4m (×2台) デザイン：みなと色彩計画対応 総重量：約9.5 t	設置場所：物流棟屋上 パネル容量：24.5kW 耐風圧：6,000 N/m ²

自立型水素燃料電池システム仕様概要

(出典：横浜市港湾局)

4.2 発注・入札

本件は先進的と言えば聞こえは良いが、換言すれば“ひらめき”により推進したこともあり、特に時間の制約が厳しかった。また、設置場所が市有施設ではなく、外郭団体（当時）であるY-CCが所有する施設への設置であったことも煩雑さを増した要素であった。

詳細は割愛するが、解決策として本体製造を物品調達（WTO入札）で先行させて、時間を稼ぎながら、基礎・電気・配管・本体据付工事などをY-CCへ工事委託することで乗り切った。

なお、翌年度予算で執行した太陽光発電設備もY-CC屋上への設置であるため工事委託で実施した。

4.3 その他の調整事項

（臨港地区の用途制限）

燃料電池を有する本システムは、「新エネルギー利用等のための施設」に該当するため、単独で商港区へ設置することはできなかったが、建築部局から建築物ではないとの見解を得たうえで、Y-CCの附属施設として整理した。

（みなと色彩計画）

横浜港では独自に配色等を指定する計画を運用している。例えばこの計画に従えば赤色は使用できないため、企業ロゴ以外の赤色はすべて変更した。

（消防協議）

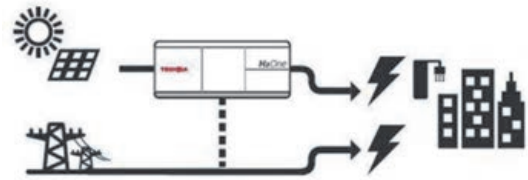
本システムの燃料電池は水電解により発生した水素を使用する仕組みで火気を使用しないため、本来消防局への届出は不要であったが、当時は消防局にとっても初めての設備であったため、届出・査察等の対応が必要となった。

5. 自立型水素燃料電池システムの運用等

実証事業として導入したため、複数パターンでの運転方法を切り替えながら運用していた。また、(株) 東芝等によるバーチャルパワープラント（VPP）実証事業に本システムが日本で初めての水素システムとして参画し、VPP事業でも有用であることの確認に貢献した。

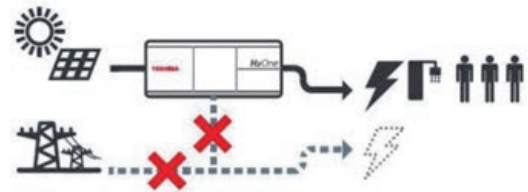
5.1 運転方法

「ピークカット運転モード」と「BCP運転モード」に大きく分けられる。(株) 東芝の水素エネルギーマネジメントシステム「H2EMSTM」は非常に細かい制御が可能であるため無数のパターンでの運転が可能である。前者については曜日や季節によって運転方法を切り替えていた。後者は、なかなか確認する機会に遭遇しないため、定期点検時の仮想停電状況下でBCP運転を実施し、仕様決定時に定めた3日間の情報通信に必要な電力供給が可能であることを確認した。



【ピークカット運転モード】

太陽光パネルの発電量が多い時間帯に水素を製造、貯蔵し、太陽光パネルの発電量が少ない時間帯または需要の多い時間帯に貯めた水素で燃料電池や蓄電池から電力を供給することで、施設の電力ピークカット（ピークシフト）を試みる。



【BCP運転モード】

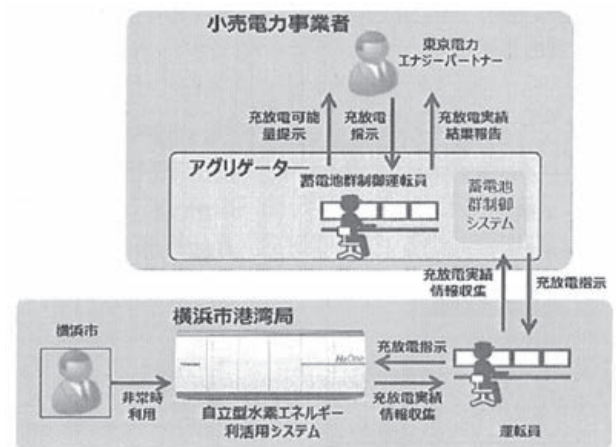
災害時の系統電力遮断時に自立運転し、災害用負荷（非常用コンセント等）に電力を供給する。
※災害時にY-CC防災センターの情報通信機能を3日間維持できる電力を水素として貯蔵する仕様。

（出典：東芝エネルギーシステムズ(株)）

5.2 バーチャルパワープラント（VPP）としての活用

2016年度に東京電力エナジーパートナー（株）、(株) 東芝及び本市温暖化対策統括本部が連携して実施した「スマートレジリエンス・バーチャルパワープラント構築事業」に関連させた運転（以下「VPP運転」と言う）を試みた。

水素エネルギーを活用したVPP運転は我が国でも初めての取組だったが、蓄電池群の制御と水素燃料電池システムとの連携により、VPP事業のさらなる規模拡大が可能であることが確認された。



蓄電池群制御システムと水素エネルギー利活用システムの連系全体図
（出典：VPP構築実証事業報告書／東電EP(株)・横浜市・IBJL東芝リース(株)）

5.3 視察対応等

本システム導入時はテレビ、新聞等でも多数の取材を受け、国・地方自治体・海外機関から年間100名以上の視察を受け入れてきた。また、東芝自身のセミナーや展示会などで導入事例として取り上げられるなど、我々が新たなシステムを率先して導入することで、民間企業の技術開発に一定の貢献をしたと考えている。

なお、視察参加者の中で港湾関係者がほとんどいなかったのは非常に残念なことであった。

6. 2050年カーボンニュートラル宣言を受けて

世界的な脱炭素の動きの中で、水素をはじめとする次世代エネルギーの利活用についていよいよ港湾管理者が考える時代が来たかもしれない。

6.1 2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略における位置づけ

本システム導入後3年も経過すると、H2One™ 自体の導入事例が増えたほか、他の燃料電池システムの導入が進んできたこともあり、直近2〜3年は粛々と運転を続けていた。

しかし、2020年10月の「2050年カーボンニュートラル」宣言によって状況が変わり、再び問い合わせを受けることが多くなった。2020年12月に公表・2021年6月に更新された「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」にて、港湾はカーボンニュートラルレポートの形成を目指すとして、その工程表の中に「非常時にも活用可能な自立型水素等電源の導入促進」という項目が設けられたためかもしれない。

建築物へ設置する燃料電池は「定置式」という呼称が一般的かと思うが、自立型という文言が付されてグリーン成長戦略に記載されたことは、これまでの我々の率先した取組が国土交通省港湾局に評価されたものだと思われ担当としては受け止めている。

6.2 直近の自立型燃料電池システム

本システム導入時に担当者の間では5年後、10年度にどれだけ陳腐化しているだろうかと話していたことを思い出す。本市が(株)東芝と購入契約を締結した2015年時点では出力700Wであった純水素型燃料電池は、2021年現在出力100kWまで大型化が進んでいる。一方で、純水素の供給方法



については当時から大きな進展はなく、水素サプライチェーンの構築は引き続きの課題である。

また、H2One™ は本市が導入した複数コンテナ型の販売は終了し、ワンコンテナモデルとして規格が統一された。当時は導入側のニーズやコストに応じて仕様を決定していたが、導入事例の検証により燃料電池出力・水素貯蔵量・運送効率などを勘案して決定されたのであろう。

7. おわりに

カーボンニュートラルレポート形成の一環として、本製品のような燃料電池システムをはじめとして、港湾での水素の利活用を普及させるためには2つのポイントがあると考えられる。

ひとつ目は水素(純水素)の調達方法である。東芝製品を採用したため本稿では(株)東芝(現：東芝エネルギーシステムズ(株))に関する説明が多くなってしまったが、採用理由は§3.1に記載しているとおり、水素を地産地消(太陽光発電による水電解)で調達し、統合されたシステムで運用できる製品は他になかったためである。

現在でも、純水素を水電解以外の方法で調達する場合、オンサイトで都市ガス改質により調達する事例もあるが、カードルやローリー車による輸送が一般的である。純水素をいかにしてふ頭内で調達できるのが本システムのような定置式燃料電池システム、ひいては水素エネルギー普及のポイントとなると改めて実感している。

ふたつ目は港湾管理者の関心である。港湾管理者は国土交通省との緊密な連携のもとに様々な整備事業を行うため、予算面の制約から国土交通省の補助対象とならない事業を進めることは難しく、必然的に水素の利活用に関心が高まらないという状況であったと考えている。

しかし、後者についてはカーボンニュートラルレポートの形成という大方針の下で、現在、国土交通省によって実証事業や税制の特例措置の検討も進めていただいている。これに加えて、他省庁の事業の活用も視野に入れながら、様々な関係機関や民間事業者の方々と共に港湾の脱炭素化に引き続き取り組んでいきたい。

	2021年	2022年	2023年	2024年	2025年	~2030年	~2040年	~2050年
①カーボンニュートラルレポート	○カーボンニュートラルレポート(CNP)の形成 CNP形成マニュアル確定 CNP形成計画に基づく取組を進める港湾等において重点的な実証						★目標(2050年時) 港湾におけるカーボンニュートラルの実現	
	陸電・自立型水素等電源導入実行可能性調査 実証、陸上電力供給電源のCN化					CN化実装・コスト低減	CNP形成の全国への展開	
	港湾荷役機械・大型車両等のFC化実行可能性調査 実証						陸上電力供給のCN化導入拡大	
	LNG/FCガソリン等の拡大 LNG/FCガソリン等の利用促進等						自立型水素等電源、荷役機械・大型車両等のFC化導入拡大	
	水素・アンモニア燃料船への燃料供給等技術開発					実証	水素・アンモニア燃料船商用的拡大に対応した燃料供給体制の整備	
	港湾・臨海部に立地する事業者の脱炭素化の取組み、実証支援						全国での港湾立地企業の脱炭素化展開	
	○水素・燃料アンモニア等の資源確保に資する海外における港湾投資の検討 事前調査					水素・燃料アンモニア等の資源輸出のための海外における港湾投資の支援	海外からの水素・燃料アンモニア等の輸入体制の確立	

カーボンニュートラルレポート施策における自立型水素燃料電池システムの位置付け
(出典：『2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略(2021年6月更新)』)