

Global Report

철도역사 수소 에너지 공급시스템 설치 효과에 대한 평가 (일본 무사시미조노쿠치 역)

1. 서론
2. H2One™ 자동 수소 에너지 공급 시스템 개요
3. H2One™ 운영 결과 및 활용방안

1. 개요

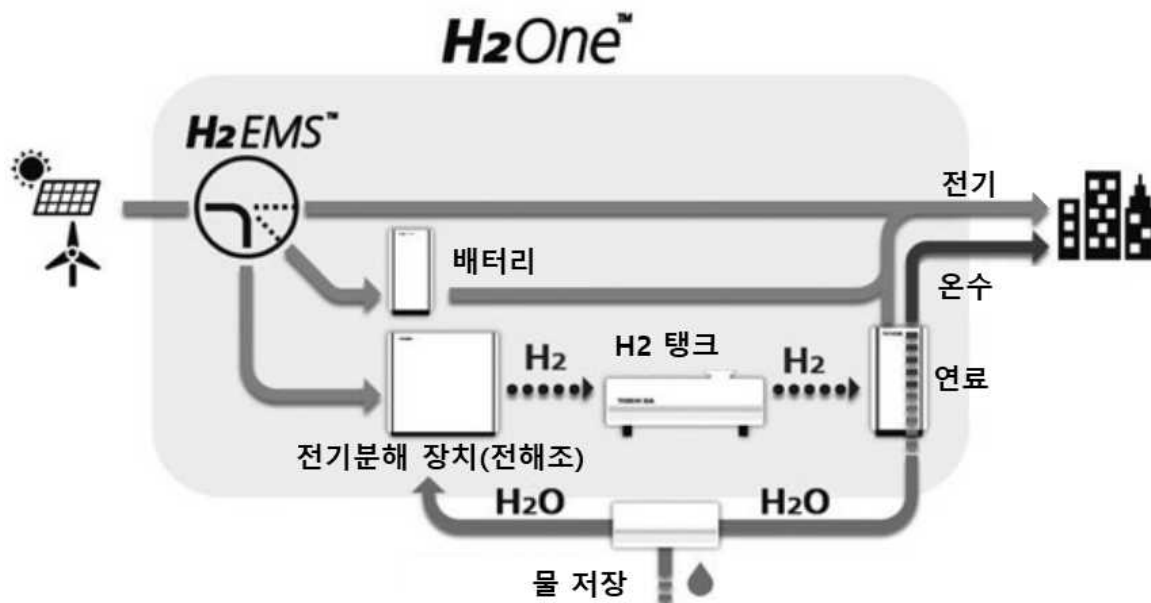
동일본 여객철도(JR 동일본)는 에너지 절약 및 재생 가능 에너지 등 다양한 "에코 메뉴" 환경 보존 기술을 철도역에 장착하기 위하여 "에코스테"(Eco-station, 친환경 철도역사) 이니셔티브를 시작하였다. '에너지 절약', '에너지 창조', '에코 인식', '환경과의 조화'의 4가지 목표를 정하여 "에코스테"를 실현하고 있다.

"에코스테"를 달성하기 위해 리모델링한 9개 역 중 무사시미조노쿠치 역(일본 가나가와현 난부선)은 일본 철도 운영사 중 수소를 재생 에너지로 사용하고 있는 최초의 역이다. JR 동일본에서는 도시바 에너지 시스템즈&솔루션에서 개발한 자동화된 수소 에너지 공급시스템(이하 "H2One™")을 도입·구축하여, 2017년 4월 17일부터 무사시미조노쿠치 역에서 운영을 시작하였다. 본 문서에서는 H2One™ 기반의 철도역사 수소 에너지 공급시스템 개요와 이를 무사시미조노쿠치 역에 설치한 효과에 대한 평가 결과를 소개하고자 한다.

2. H2One™ 자동 수소 에너지 공급 시스템 개요 (무사시미조노쿠치 역)

2.1 H2One™ 개념

H2One™은 <그림 1>과 같이 수소를 생산하고 저장·사용할 수 있는 재생 에너지를 사용하는 시스템이다. 에너지를 수소 형태로 저장하면 축전지에 비해 저장공간이 작으면서도 저장용량이 큰 동시에, 물리적으로 저장되기 때문에 장기간 저장 가능하다는 장점이 있다. 이러한 장점으로 인해 수소 에너지 저장은 재난 상황 대비 및 중장기 에너지 전환을 위한 비축 에너지로써 효과적으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. H2One™은 재생 에너지 발전설비, 수전해 수소 발생기, 수소저장탱크, 연료전지 및 축전지와 같이 5개의 주요 부분으로 구성되어 있다.

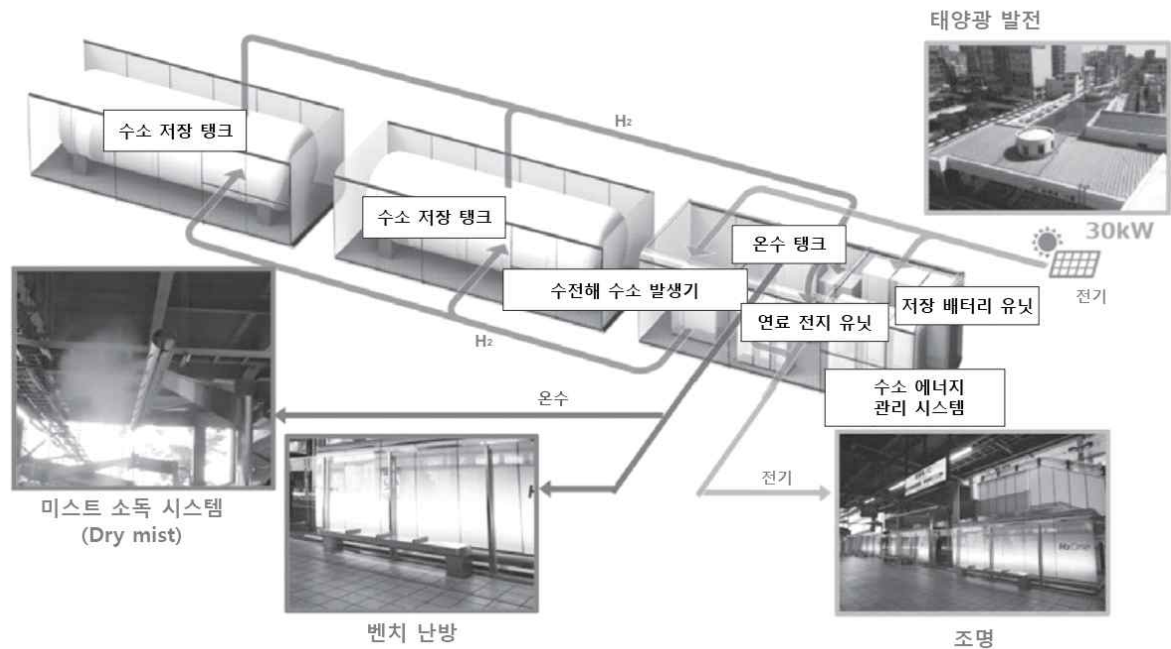


<그림 1> H2One™ 개념도

무사시미조노쿠치 역에 설치된 재생 에너지 발전설비는 태양광 발전을 사용하고 있다. 태양광 발전으로 인해 발생하는 전기는 H2One™에서 직접 사용하고, 초과되는 전력은 배터리에 저장하거나 수전해를 통해 수소를 생성하는 데 사용된다. 또한 생성된 수소는 탱크에 저장되어 수요에 따라 연료전지로 보내져 전력과 온수를 공급할 수 있도록 구성되어 있다. 수소 에너지 관리 시스템(이하 "H2EMS™")은 이러한 H2One™의 기능을 사용하여 에너지 사용을 최적화하도록 관리하고 있다.

2.2 H2One™ 장치 구성 및 사양

무사시미조노쿠치 역에 도입된 H2One™ 시스템의 장치 구성도는 <그림 2>와 같다. 외형은 20피트 컨테이너 규모이며, 수소 발생기, 연료전지 유닛, 축전지가 장착된 메인 컨테이너와 2개의 수소 저장 탱크를 담은 수소 탱크 컨테이너로 구성되어 있다. 이들의 사양은 <표 1>와 같다. H2One™의 수소 발생기 1기는 생산 능력이 1.0 Nm³/h이고, 연료전지 5개의 정격 출력은 각각 700W이다. 평상시에는 연료전지, 태양광 발전 또는 배터리로 주변 조명에 전력을 공급한다. 또한, 연료전지는 전기 발전에서 얻은 열을 공급하여 에너지를 효율적으로 사용할 수 있도록 한다. 무사시미조노쿠치 역의 연료전지에서 얻은 열은 온수 형태로 전환하여 근처에 설치되는 벤치 난방 시스템에 활용되거나 및 미스트 소독 시스템(드라이 미스트)에 사용된다.



<그림 2> H2One™의 장치 구성도

H2One™은 0.6MPa 이상의 수소를 상시 저장하고 있으며, 대규모 재난 발생 시 계통에서 전력 공급이 차단되면 자동으로 운영 모드로 전환되어 저장된 수소를 연료전지로 공급할 수 있다. 무사시미조노쿠치 역에서는 역 중앙홀과 승객 화장실 조명, 각종 설비에 48시간 이상 전력을 공급하여 재난 발생 시 대피자들에게 임시 거처 및 비상 화장실을 제공할 수 있다. 그리고 연료전지로 전기를 생산할 때 발생하는 열은 재난 시에 온수로 유용하게 사용할 수 있다. <표 2>는 평상시와 재난 시에 공급되는 부하를 나타내고 있다.

<표 1> H2One™의 장치 사양

장치 사양	값
수소 생산량	1.0 Nm³/h
수소 저장 압력	0.82 MPa (270 Nm³)
수소전지 발전	3.5 kW
태양광 발전	30 kW
배터리 용량	44 kWh

<표 2> H2One™의 공급 부하

상태	장소	부하	전력(W)
정상	H2One™	조명	588
		합계	588
비정상	화장실	조명	133
		절수장치	168
		보일러 급수 펌프	1,100
	역의 중앙 홀	조명	29
	사무실	전기 콘센트	100
	합계		1,630

2.3 H2One™ 시스템 작동 조건

H2One™은 수소 에너지 관리 시스템인 H2EMS™을 통하여 태양광 발전, 배터리 및 연료전지 발전으로 발생하는 에너지 공급을 제어한다. 평상시 연료전지 발전 및 수소 생산을 위한 조건 매개변수는 수소 저장 압력, 배터리 잔량 그리고 태양광 발전 전력이다. 조건 매개변수는 <그림 3>과 <그림 4>에 제시되어 있으며, 각각에 대해 두 가지 조건 중 하나라도 충족되면 작동하도록 제어하였다. 연료전지 발전 및 수소 생산을 위한 작동 조건은 수소 저장 압력과 배터리 잔량에 따라 달라진다.

조건 1		
수소 저장 압력	>	0.605 MPa ⇒ 0.615 MPa
배터리 잔량	<	15.4kWh(35%) ⇒ 19.8kWh(45%)

조건 1		
수소 저장 압력	<	0.775 MPa ⇒ 0.62 MPa
배터리 잔량	>	37.4kWh(85%) ⇒ 39.6kWh(90%)

조건 2		
수소 저장 압력	>	0.605 MPa ⇒ 0.615 MPa
배터리 잔량	<	22 kWh(50%) ⇒ 26.4 kWh(60%)
태양광 발전 전력 5분간 움직임 평균	<	1645.6 W

조건 2		
수소 저장 압력	<	0.775 MPa ⇒ 0.62 MPa
배터리 잔량	>	33 kWh(75%) ⇒ 35.2 kWh(80%)
태양광 발전 전력 5분간 움직임 평균	>	1645.6 W

<그림 3> 연료전지 전원 상태
(밀줄은 변경 후 매개변수)

<그림 4> 수소 생산 조건
(밀줄은 변경 후 매개변수)

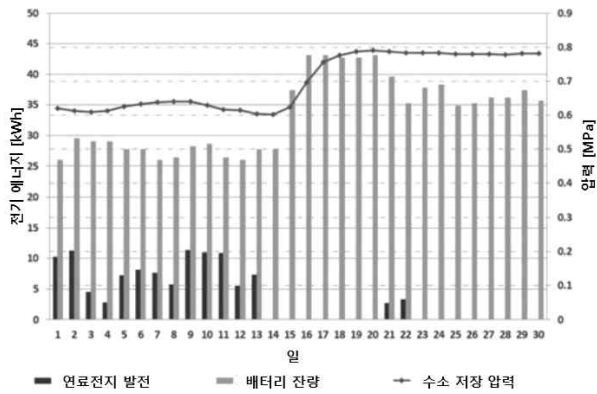
3. H2One™ 운영 결과 및 활용방안

3.1 운영 결과 확인 및 활용

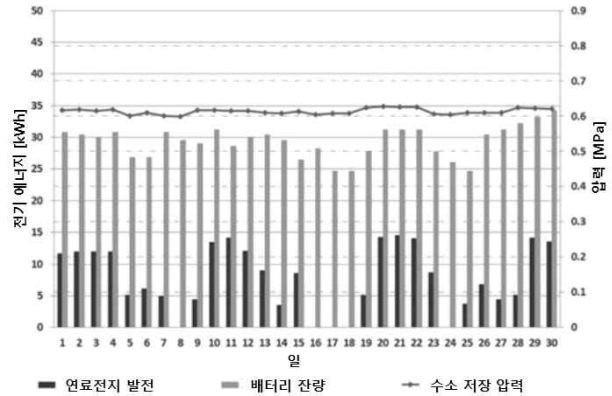
H2One™을 적용한 시스템 운영은 2017년 4월 17일에 시작되었지만, <그림 5>와 같이 2017년 6월 14일부터 연료전지 발전과 수소 생산이 거의 없었으며, 이러한 현상은 2018년 2월까지 계속되었다. 그 이유 중 하나는 태양광 발전이 많고, 소비 전력이 낮아 배터리 잔량이 많으므로 축전지를 많이 사용하지 않았기 때문이다. 배터리 잔량이 많아 <그림 3>에서 제시한 조건을 만족할 수 없었고, 조건을 만족하지 못하였기 때문에 연료전지에서 전력을 생산하지 못했다. 이렇게 저장된 수소의 양이 줄어들지 않았으므로 수소가 생산되지 않았다.

연료전지에서 발전이 없으면 연료전지 내부의 수분이 증발하여 재난 등 이상 상황이 발생 때에 운전 시의 100% 용량을 발휘하지 못할 가능성이 있다. 이러한 이유로, 연료전지를 사용하여 주기적으로 발전하는 것이 바람직하다. 전력 공급 차단 시 48시간 동안 에너지를 공급하기 위해서 H2One™ 시스템에서는 태양광 발전 시 연료전지에 의한 0.6MPa의 수소 저장 압력과 26.4kWh(60%) 발전 낮은 발전량(5분간 움직임 평균 1,645.6W 이하)이 필요하다.

<그림 5>에 나타난 바와 같이 연료전지 발전과 수소 생산이 없었던 2017년 6월 말부터 수소 압력은 약 0.8MPa이었고, 이 때문에 평상시에는 0.2MPa분의 수소를 사용할 수 있었다. 연료전지(수소 에너지)의 평상시 사용률을 높이기 위해 2018년 2월 말 <그림 3>과 <그림 4>에서 밀줄로 표시된 것과 같이 매개변수 값을 변경하였다. 2018년 4월에 운영 결과를 확인한 결과, <그림 6>과 같이 매개변수 값 변경 후 예상대로 수소 저장 압력이 0.6MPa로 유지되었으며, 연료전지 발전도 주기적으로 이루어졌다. 연료전지 발전량과 수소 생산량 역시 모두 증가하였다.



<그림 5> H2One™ 운영 결과 (2017.06)



<그림 6> H2One™ 운영 결과 (2018.04)

3.2 향후 H2One™ 시스템 활용방안

이번 무사시미조노쿠치 역에 H2One™ 적용한 효과 검증을 통해 운전 매개변수를 변경해 수소 에너지를 처음 도입했을 때보다 평상시에도 수소 에너지를 더 잘 사용할 수 있음을 입증하였다. JR 동일본에서는 앞으로도 연료전지 발전량 증대를 목표로 연구를 계속할 것이다.

<원문제목> Evaluation of Effect of Installing Hydrogen Energy Supply System in Musashimizonokuchi Station

<원문출처> JR EAST Technical Review (JR東日本, 2020)