

수소 충전소 연료계량방법의 차이에서 발생하는 연료단가의 상이점에 대한 고찰

이택홍^{1,†} · 강병우¹ · 이은웅² · 정진배²

호서대학교 ¹화학공학과, 그린에너지공학과, ²(재)충남테크노파크

A Study on the Variation of Unit Price of Hydrogen Fuel by Difference of Fuel Measuring Method

TAECK HONG LEE^{1,†}, BYOUNG WOO KANG¹, EUN WOUNG LEE², CHUNG JIN BAE²

¹Department of Chemical Engineering, Department of Green Energy, Engineering the Graduate School, Hoseo University, 20 Hoseo-ro 79beon-gil, Asan 31499, Korea

²Chungnam Techno Park, #202, 10 Sucheol-gil, Yesan-Eup, Yesan-Gun 32422, Korea

†Corresponding author :
taecklee@hoseo.edu

Received 16 June, 2017
Revised 27 June, 2017
Accepted 30 June, 2017

Abstract >> Korea government decides to build one hundred hydrogen refueling stations (HRS) until 2020 and tries to disseminate HRS and boosts HRS market in Korea. Naepo HRS in Chungnam province has been operated for last one full year of 2016 and recorded 2,520 times full charge for the hydrogen fuel cell powered vehicles and total 6,016 kg hydrogen fueling for the 25 units of hydrogen fuel cell powered vehicles. Raw fuel of hydrogen from tube trailer measured by pressure, converting into weight of hydrogen and shows 19.6% surplus with final charged weight by dispenser. This result is caused measuring errors. Measured charged errors between dispenser and Mass flow meter was determined 13.13%.

Key words : Hydrogen refueling station(수소충전소), State of charge (SOC), Mass flow meter(질량식 유량계), Fuel Measuring Method(연료 계량 방법), Hydrogen Tube Trailers(수소 튜브트레일러)

1. 서론

2015년 파리협정의 발효로 인해, 기존의 화석연료 중심의 에너지 체제에서 저탄소 경제로의 이행이 강제되고 있다¹⁾. 이를 해결하기 위해서는 기존의 화석연료 기반의 경제성장에서 지속가능한 에너지를 이용한 경제 성장으로 패러다임의 전환이

필수적이다²⁾.

수소는 여러 형태의 에너지 변환이 용이한 특징이 있으며 고효율, 무공해의 특징을 가지고 있기 때문에 지속가능한 에너지 패러다임에 최적의 조건을 가지고 있다³⁾. 이에 따라 주요 선진국들은 수소를 기반으로 한 장기적인 에너지 정책을 구상 및 추진 중이다^{4,5)}. 이에 대응하기 위해 정부는 2015년

Table 1. Status of hydrogen refueling station in Korea

Open	site	Operator	Supply method	Pressure (bar)	Capacity (kg/d)
2005	Gyeonggi-do	HYUNDAI	By-product hydrogen	700	110
2007	Incheon	KOGAS	NG Reforming	350	65
2009	Gyeonggi-do	HYUNDAI	By-product hydrogen	700	430
2009	Gyeonggi-do	KATRI	By-product hydrogen	700	20
2010	Seoul	HYUNDAI	By-product hydrogen	350	110
2010	Seoul	City Government	reforming	350	65
2012	Ulsan	HYUNDAI	By-product hydrogen	700	520
2013	Daegu	EMKorea	Electrolysis	700	110
2014	Gwangju	City Government	By-product hydrogen	700	220
2015	Chungcheongnam-do	Provincial Government	By-product hydrogen	700	270

12월 수소전기차 보급 및 시장 활성화 계획을 발표하였으며 2020년까지 수소전기차를 1만대 보급하고 수소충전소 100개소 보급 계획을 발표하였다. 충남, 울산, 광주 등 수소전기차 산업 확산에 의지가 있는 지자체를 중심으로 수소충전소 건설이 진행 중에 있다. Table 1은 국내 수소충전소의 건설 현황이다.

1.1 수소 충전소 종류⁶⁾

수소 충전소는 연료전지 자동차의 연료가 되는 수소를 공급하는 인프라이다. 수소 충전소는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 수소 제조방식과 연료가 되는 수소의 운반방식에 따라 복합적으로 나뉜다. 수소 충전소는 수소 제조방식에 따라 화석연료(천연가스, LPG, 나프타 등) 개질 방식, 물 전기분해 방식, 원자력을 이용한 수소 생산 방식, 태양광 및 바이오매스 등의 신재생에너지원에서 수소를 제조하는 방식 등으로 구분된다. 이렇게 생산된 수소를 압축수소, 액체수소 등의 저장방식에 따라 구별될 수 있

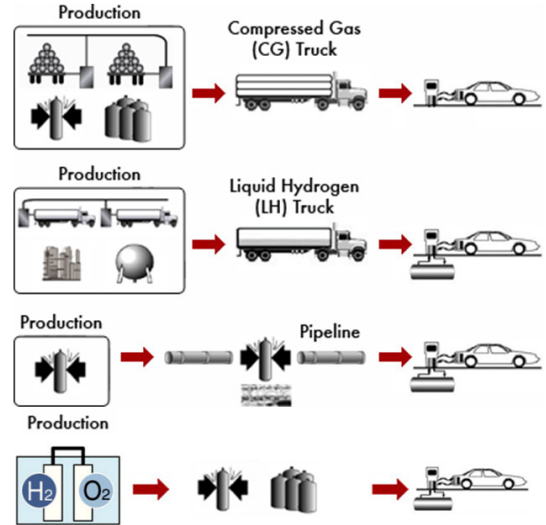


Fig. 1. Types of hydrogen productions for hydrogen refueling stations

다. 액체 수소를 이용하는 방식은 LH2로 표시하고 압축수소를 이용하는 방식은 GH2로 표현한다. 또한 수소 충전소 내에 수소제조설비가 포함되는지 여부에 따라 On-site형(일체형) 및 Off-site형으로 구분된다. On-site형(일체형) 수소 충전소의 설비는 수소 제조, 압축, 저장 및 충전기 등으로 구성된다. Off-site형 수소 충전소는 액체수소 및 기체수소를 외부공장에서 생산하여 전용 트럭 등으로 운반하여 공급 한다. 현재 국내에서 설치되고 실증되고 있는 수소 충전소는 대부분 수소 압축 가스를 전용 트레일러로 운송하는 방식으로 운영되고 있다⁷⁾.

1.2 충남 내포 수소 충전소 개요

내포 수소 충전소는 내포신도시에 수소 충전 설비 설계, 전문가 자문 등 준비를 거쳐 2015년 5월 착공해 4개월간의 공사를 통해 2015년 10월 1일 준공되었다. 국비 15억원, 지방비 31억원 등 총 46억원의 사업비를 투자해 1천 650 m² 부지에 사무동, 충전설비, 설비동의 3개 동을 갖췄다. 내포 수소 충전소는 수소 공급은 서산(대산)에 소재한 업체를 통해 튜브트레일러로 운반·공급받는 충전소 형태를 가지고 있다. 내포 수소 충전소는 버스용 350



Fig. 2. Schematic picture Naepo HRS

Table 2. System Information of Naepo HRS

Equipment	Specificaiton
Compressor	<ul style="list-style-type: none"> Capacity: 200Nm³/hr Comp. type: Diaphragm
Storage Tank	<ul style="list-style-type: none"> Capacity : 1,000 L * 9EA (3,600Nm³) Charging pressure : 400bar
Dispenser	<ul style="list-style-type: none"> Charging time: Charging time below 5 minute per car, 6 car per 1H (from SOC 10% to SOC 97% at 700bar) Charging temperature: Below 80℃
Capacity	<ul style="list-style-type: none"> 270 kg/day 54 car/day (working time in 9H)

bar, 승용차용 700 bar 겸용 충전이 가능하며, 시간 당 6대, 하루 40대를 충전할 수 있는 충전소이다. 내포 수소 충전소는 충청남도 공용 수소연료전지 차량 17대와 충남테크노파크와 국토부 소속의 연료전지 차량 8대 등 총 25대에 수소를 공급하고 있다. 2015년 10월부터 시작하여 현재(2017년 6월)까지 운영하고 있으며, 2016년 1년 동안 총 2,520회 충전을 하였으며 6,016 kg을 충전하였다. Fig. 2와 Table 2는 각각 내포 수소 충전소의 조감도와 시스템 현황이다.

1.3 수소 충전 프로세스

수소 충전소는 튜브트레일러, 압축기, priority panel, 수소저장탱크, 디스펜서, pre-cooler, chiller로 구성이 되어있으며 Fig. 3과 같은 흐름을 거쳐 수소 전기차를 충전시킨다. 180 bar로 충전된 튜브트레일러에서 시작하여 priority panel과 압축기를 거쳐 수소저장탱크에 압축하여 저장된다. 수소저장탱크

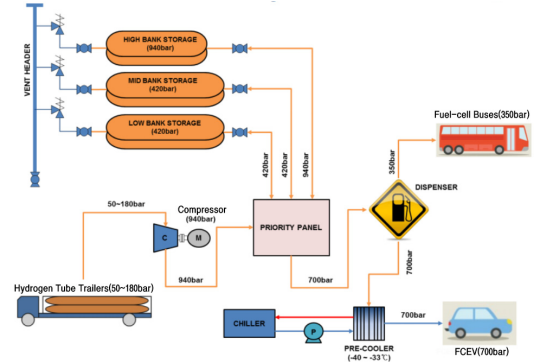


Fig. 3. Fueling process for off-site type hydrogen refueling station

는 low (4 EA)와 high (5 EA)로 나뉘지며 400 bar로 저장된다. 이는 이용 차량의 대수, 이용 차량이 집중되는 시간 등 각 수소 충전소의 여건을 고려하여 수소 충전 사업자가 결정한다. 수소 충전이 시작되는 경우 수소저장탱크에서 다시 priority panel과 압축기, pre-cooler, 디스펜서를 거쳐 최종 수소전기차량에 충전된다. 수소 충전차량이 들어오는 경우, 저장탱크에 있는 수소가 우선적으로 사용되어 차압으로 충전하게 되며, 수소전기차의 압력과 저장탱크의 압력이 비슷하게 되어 더 이상 차압으로 수소 충전이 되지 않는 경우에는 압축기가 작동되어 나머지 압력을 충전하게 된다.

2. 연구 방법

2.1 연구 조건

2.1.1 연구표본

충남 내포 충전소에서 2016년 튜브트레일러로 64회 입고받은 입고량 데이터와 수소전기차에 2,520회 충전한 충전량 데이터를 연구 표본으로 사용하였다.

Table 3. Overall for fueled amount for cars

	Weighing value	Count	Measuring Method
Input amount	83,796 m ³	64	-
Output amount	6,016.2 kg	2,520	Measured by Dispenser (kg)

2.1.2 용어 정의

1) 튜브트레일러 입고량(m³)

튜브트레일러에서 충전소로 들어온 수소의 양, 0°C, 1기압인 표준상태일 때의 부피값(m³)

2) 디스펜서 계량값(kg)

SAE J2601에서 정의한 것으로 차량과의 통신을 통해 차량의 온도, 부피, 압력의 데이터를 받아 이를 kg으로 환산하여 디스펜서에 표시한다. 현재 차량의 충전량은 이 디스펜서의 계량값을 기준으로 통용되고 있다.

3) Mass Flow Meter (MFM) 계량값(kg)

질량 유량계로서 디스펜서 내부에 설치되어 있다. 디스펜서 계량값(kg)은 차량에서 받아오는 정보를 통해서 차량의 충전량(kg)을 계산하지만, MFM은 충전소에서 내보내는 양(kg)을 직접 계량할 수 있다는 차이가 있다.

2.1.3 연구 순서

연구는 수소 충전소의 입고량과 출고량의 차이를 비교 분석하였다. 이 때, 입고량을 고정으로 두고, 출고량을 디스펜서의 계량값으로 정산할 때와 MFC 계량값으로 정산할 때의 오차량을 비교 분석하였다. 그리고 동일 차량의 충전량에 대하여 디스펜서에서 계량하는 충전량과 MFM에서 계량하는 충전량의 차이를 비교하였다. 계량방법에 따라 입고량과 출고량의 오차가 발생할 때의 각각의 연료 단가를 분석하였다.

2.2 계량 방법

2.2.1 튜브트레일러 입고량 계량 방식

내포 수소 충전소에서는 가스공급업체와 다음과 같이 합의하여 입고량 부피를 정산하고 있다.

수소 튜브트레일러의
(입고압력-출고압력)×체적=사용량(m³)

평균 13.2 m³의 체적을 가진 튜브트레일러가 입고 압력 180 bar로 들어와서 수소 공급을 시작한다. 그리고 튜브트레일러의 압력이 70 bar까지 떨어지면 충전소에서 분리되어 나가고 다른 튜브트레일러로 교체되어 들어온다. 일반적으로 가스량에 대한 표시는 부피로 나타낸다. 가스량 즉 가스부피는 온도와 압력에 따라 달라진다. 가스부피를 표기할 때는 온도와 압력 조건이 반드시 함께 표기되어야 한다. 고체 또는 액체에 비해 가스는 온도와 압력 변화에 따른 부피 변화가 크기 때문이다. 가스량(부피)을 나타내는 문서에 온도와 압력 조건 표기가 없을 경우 그 문서를 읽는 사람에 따라 가스량이 달라 질 수 있다. 그래서 천연가스의 경우, 국내 수입의 전량을 담당하는 한국가스공사와 각 도시가스회사에서 측정기준 조건을 0°C, 101.325 kPa를 기준으로 하여 부피값을 산정하여 거래하고 있다⁸⁾. 정밀한 계량을 위해서 온도와 압력에 대한 조건이 같이 필요하지만, 현행 수소공급업체에서는 위에 상술한 차량의 체적과 입고-출고시 압력 차이만을 사용해 사용량을 정산하고 있으며, 내포 수소 충전소도 같은 방식으로 사용량을 정산하고 있다. 이에 본 연구에서도 현행 업계에서 사용되고 있는 입고량 산출 방식을 사용하되 부피 단위를 질량 단위로 환산하기 위해, 환산 시의 온도와 부피는 한국가스공사가 천연가스를 거래할 때 사용하고 있는 0°C, 101.325 kPa를 사용하여 환산하였다. Fig. 4는 내포 수소 충전소에 설치된 튜브트레일러의 모습이다.



Fig. 4. Tube trailer in Naepo HRS in chungnam province

2.2.2 수소 충전량 계량 방식 - 디스펜서 계량값

수소전기차에 충전되는 양은 디스펜서의 패널에 표기되는 계량값을 통해 알 수 있다. 디스펜서에 지시되는 계량값 산출방식은 국제표준인 SAE J2601/J2799를 따른다. 이 표준에 따라 수소 충전소의 노즐과 수소전기차의 리셉터클이 적외선 통신을 하여 수소전기차의 저장탱크에서 온도, 압력, 부피에 대한 데이터를 받아온다. 디스펜서는 이를 state of charge (SOC) 값으로 계산하여 디스펜서의 패널에 표시한다. SOC는 수소차량의 탱크 충전 상태를 지시하는 값으로 0-100%로 표기된다. SOC 값은 J2601에서 다음과 같이 정의된다⁹⁾.

$$SOC (\%) = \frac{\rho(P, T)}{\rho(NWP, 15^{\circ}C)}$$

NWP : Nominal Working Pressure

ρ : density

The density of Hydrogen at 35 Mpa at 15°C = 24 g/L

The density of Hydrogen at 70 Mpa at 15°C = 40.2 g/L

내포 수소 충전소를 이용하는 수소전기차인 투산 ix (수소저장용기 부피 0.144 m³)은 SOC가 100% 일 때, 5.64 kg의 수소가 충전됨을 기준으로 충전량이 계산되어 Fig. 5와 같이 디스펜서에 표기된다.

2.2.3 수소 충전량 계량 방식 - MFM 계량값

MFM는 질량 유량계이다. 단위 시간에 흐르는 질량을 계량한다. MFM는 디스펜서 내부에 설치되어



Fig. 5. One example of display pannel on Hydrogen Dispenser

있으며 차량에 충전되는 수소의 질량을 계량한다. 수소 충전소의 모니터링 시스템이 MFM으로부터 수소의 질량 유량값을 관찰하면서, 과충전이나 수소 누출 등의 사고를 감시한다. 디스펜서 계량값이 차량으로 부터 부피, 온도, 압력 등을 통해 수소전기차에서 충전량 데이터를 받아서 오는 것이라면, MFM은 수소충전소의 디스펜서에서 자체적으로 충전량을 계량하는 점에서 다르다.

질량 유량계에는 터빈식, Gyro 식, Coriolis 식, 와류식 등 많은 종류가 있으나 수소 충전소에서 사용하는 온도, 압력 조건에서는 Coriolis type MFM가 사용되고 있다. Coriolis type MFM는 속도 V로 회전진동 시스템의 회전중심으로 향하는(또는 중심으로부터 이탈하는) 질량 m에 질점으로 움직이는 코리올리스 힘 Fc는 질량 과 속도의 곱에 비례한다는 것으로부터 코리올리스힘을 측정하여 질량 유량을 구한다. Fig. 6은 Coriolis 식 질량 유량계의 모식도이다.

본 연구에서 사용하는 질량 유량계는 오차범위가 ±0.11% 이내로 보증하고 있는 RHEONIK의 Mass Flowmeter RMH 04를 사용하였다. 유량계의 검정은 2015년 3월 16일 수행하였다. 본 연구에서 사용한 질량 유량계의 규격은 Table 4와 같다.

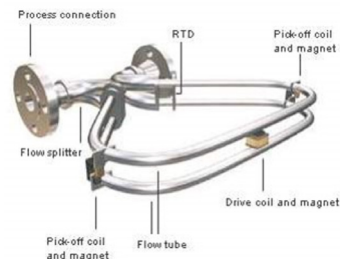


Fig. 6. Schematic diagram of coriolis type MFM

Table 4. Specifications of MFM

Measuring range	600 kg/hr
Temp. Coverage	-200~350°C
Pressure Coverage	250 bar
Response speed	60 ms and better
Size	1/4" ~ 1/2"
Precision	0.1%
Reproducibility	0.05%

3. 실험결과

3.1 입고량과 디스펜서 계량값을 이용한 출고량 비교

2016년 1년 동안 내포 수소 충전소가 받은 수소 입고량과 수소전기차에 공급한 출고량을 비교 분석하였다. Table 5와 같이 내포 수소 충전소는 2016년 1년 동안 튜브트레이러로부터 64회에 걸쳐 83,796 m³의 수소를 공급받았다. 이를 무게로 환산하면 7,481 kg이다. 수소전기차에 공급한 출고량은 디스펜서의 계량값을 누적하여 산출하였다. 디스펜서의 계량값은 국제표준에서 제시하는 규격을 따르는 수치로서 현재 이것으로 수소전기차의 충전량(kg)을 산출하고 있다. 2,520회의 수소전기차 충전량을 디스펜서의 계량값을 이용하여 산출하면 총 6,016 kg으로 나타났다.

수소 충전소에서 수소 가스의 누수가 발생하지 않는다고 가정한다면 이론적으로 입고량과 출고량

은 서로 동일하여야 한다. 그러나 입고량과 출고량을 비교한 결과 2016년 1년 동안 입고량 대비 출고량의 오차가 19.6%가 나타났다. 입고량을 100으로 할 때 출고량은 80.4가 되었다. 이는 수소충전소의 입장에서 19.6 만큼의 수소 연료 손실이 발생하였다.

3.2 계량방법 차이에 따른 입고량과 출고량 오차 비교

계량 방법의 차이에 따른 입고량과 출고량의 오차를 분석하였다. 2016년 5월부터 8월까지 총 948회의 충전 데이터를 표본으로 분석하였다. 출고량을 디스펜서의 계량값으로 정산하는 경우와, 출고량을 MFM 계량값으로 정산하는 경우를 서로 비교하여 Table 6으로 정리하였다. 출고량을 디스펜서의 계량값으로 정산하는 경우, 입고량과의 오차는 28.7%로 출고량이 더 적게 산출되었다. 출고량을 MFM의 계량값으로 정산한 경우, 입고량과의 오차는 18.8%로 MFM의 계량값이 더 적게 산출되었다. 출고량을 디스펜서의 계량값 대신 MFM의 계량값으로 정산을

Table 5. Fuel supply gap between tube trailer and soc value from dispenser

Date	Amount of stock of Trailer (m ³)	Amount of stock of Trailer (kg)	Amount of output measured by Dispenser (kg)	Error Amount	Error ratio
	a	b	c	d= b-c	=d/b(%)
2016	m ³	kg	kg	kg	%
Jan	4,026	359	350	9	2.60
Feb	7,061	630	393	237	37.70
Mar	7,066	631	505	126	20.00
Apr	6,647	593	448	145	24.50
May	9,651	862	568	294	34.10
Jun	7,597	678	567	111	16.40
Jul	7,965	711	514	197	27.70
Aug	8,631	771	578	193	25.00
Sep	6,122	547	528	19	3.40
Oct	6,409	572	496	76	13.30
Nov	7,631	681	616	65	9.60
Dec	4,990	446	453	-7	-1.70
Total	83,796	7481	6016	1465	19.6

Table 6. Fuel supply gap between soc value from dispenser and MFM reading

		Unit	May	Jun	Jul	Agu	Total
a	Amount of stock of Trailer (kg)		862	678	711	771	2,985
	Amount of output measured by Dispenser (kg)		568	567	514	578	2,425
c	Amount of output measured by MFM (kg)		568	562	480	519	2,129
	Trailer & Dispenser	Error Amount (kg)	294	111	197	193	559.8
Error ratio (%)		34.1	16.4	27.7	25.0	18.8	
a-c	Trailer & MFM	Error Amount (kg)	293.7	79.1	231.2	251.6	855.8
		Error ratio (%)	34.1	12.3	32.5	32.7	28.7

하면, 입고량과 출고량의 오차가 28.7%에서 18.8%로 9.9% 감소하였다.

Table 7. Fueling gap between MFM and Dispenser of SOC

No	Amount of output measured by Dispenser (kg)	Amount of output measured by MFM (kg)	Error Amount (kg)	Error ratio (%)
1	1	1.146	0.146	14.6
2	1.054	1.213	0.159	14.5
3	1.155	1.327	0.172	14.3
4	1.259	1.473	0.177	13.6
5	1.358	1.555	0.196	14
6	1.453	1.665	0.213	14.2
7	1.553	1.762	0.209	13.1
8	1.656	1.909	0.253	14.9
9	1.754	2.009	0.255	14.2
10	1.855	2.112	0.257	13.5
11	1.953	2.233	0.28	14
12	2.055	2.346	0.291	13.9
13	2.152	2.453	0.301	13.6
14	2.257	2.566	0.309	13.4
15	2.359	2.692	0.333	13.9
16	2.45	2.8	0.349	14.1
17	2.56	2.873	0.313	12
18	2.659	3.004	0.345	12.8
19	2.757	3.12	0.362	12.9
20	2.851	3.23	0.378	13
21	2.954	3.321	0.367	12.2
22	3.055	3.435	0.379	12.2
23	3.151	3.567	0.416	13
24	3.256	3.653	0.398	12
25	3.359	3.799	0.44	12.9
26	3.456	3.921	0.465	13.3
27	3.557	4.026	0.469	13
28	3.652	4.131	0.479	12.9
29	3.749	4.224	0.476	12.5
30	3.856	4.374	0.517	13.3
31	3.969	4.444	0.474	11.9
32	4.062	4.568	0.507	12.3
33	4.16	4.702	0.542	12.9
34	4.258	4.858	0.6	14
35	4.343	4.805	0.462	10.5
36	4.438	5.028	0.59	13.1
37	4.515	5.17	0.655	14.2
38	4.667	5.297	0.63	13.4
39	4.603	5.363	0.759	12.6
40	4.875	5.465	0.59	12
41	4.985	5.47	0.485	9.7

3.3 동일 차량 충전에 대한 디스펜서 계량값과 MFM 계량값 오차 비교

충전데이터 1,000개를 표본으로 선정하여, 충전시 디스펜서에서 계량하는 값과 MFM에서 계량하는 값을 비교하였다. 그 결과 MFM 계량값에서 충전량을 100으로 지시할 때, 디스펜서 계량값은 86.87을 지시하였다. MFM으로 계량된 값보다 디스펜서의 계량값이 평균 13.13% 더 적게 계량되었다.

Table 7에서 보는 바와 같이 디스펜서의 계량값과 MFM의 계량값은 지속적으로 평균 13% 편차를 나타내었다. Fig. 7에서 녹색선은 MFM의 계량값이고, 파랑색선이 디스펜서의 계량값이다. 노랑색 선은 편차를 나타내는데 수소충전량이 증가할수록 편차도 조금씩 증가하는 경향을 나타내었다.

3.4 입고량-출고량 오차에 따른 연료단가 분석

입고량-출고량의 오차는 그대로 연료단가 상승에 영향을 미친다. 따라서 입고량-출고량의 오차를 최대한 줄일 필요가 있다. 수소 충전단가는 크게 수소 재료비와 운영경비로 나눌 수 있다. 이 중 수소 재료비는 수소 충전소가 수소가스 공급업체와 맺는 거래 계약금액으로 정해진다. 내포 수소 충전소의 경우, 1년에 1회 나라장터 입찰을 통하여 수소 공급업체를 선정하고 있으며 2017년 기준으로 1 m³ 당 638원으로 계약을 하였다. 수소 재료비는 수소 입고량과 출고량에서 손실이 발생하는 경우를

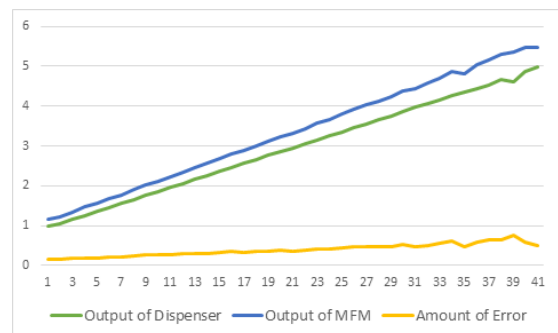


Fig. 7. Fueling gap between MFM and Dispenser of SOC

Table 8. Summary of fueling error ratio by difference of fuel measuring method

Measuring Period	Amount of stock (kg)	Amount of output (kg)	Error ratio
1 year (2016)	Amount of stock (kg)	Amount of output measured by Dispenser	19.6% loss
		Amount of output measured by MFM	18.7% loss
4 months (May-Aug)	Amount of stock (kg)	Amount of output measured by Dispenser	28.7% loss
		Amount of output measured by MFM	18.7% loss

감안하여 보정을 하여야 한다. 충전소 운영 중 발생하는 연료 손실이 수소 재료비에 보정이 되지 않으면 이는 수소 충전소의 경제적 손실로 이어지게 된다. 따라서 계약 금액으로 선정된 수소 재료비에 예상되는 수소 손실을 보정하여 연료단가를 산출하여야 한다. 1 m³ 당 계약 금액 638원을 기준으로 연료 손실을 감안한 연료단가를 산출할 경우, 10% 손실의 경우 1 m³ 당 701.8원, 20% 손실의 경우 1 m³ 당 765.6원, 30% 손실의 경우, 1 m³ 당 829.4원으로 도출되었다.

4. 결론 및 고찰

1. 2016년, 1년 동안의 내포 수소 충전소의 입고량과 디스펜서의 계량값(kg)을 이용한 출고량을 정산한 결과, 입고량 대비 출고량이 19.6%의 손실이 발생하였다.

2. 2016년 5월부터 8월까지 총 948회의 충전 데이터를 표본으로 분석한 결과, 출고량을 디스펜서의 계량값으로 정산하는 경우, 입고량과의 오차는 28.7%로 출고량이 더 적게 산출되었다. 출고량을 MFM의 계량값으로 정산한 경우, 입고량과의 오차는 18.8%로 MFM의 계량값이 더 적게 산출되었다. 출고량을 디스펜서의 계량값 대신 MFM의 계량값으로 정산을 하면, 입고량과 출고량의 오차가 28.7%에서 18.8%로 9.9% 감소하였다. Table 8로 요약하였다.

3. 동일한 차량을 대상으로 디스펜서의 계량값

(kg)과 MFM 계량값(kg)을 동시에 계량한 경우, 디스펜서의 계량값이 MFM 계량값에 비해 평균 13% 더 적게 지시하였다.

4. 계량방법에 따른 입고량-출고량의 손실은 연료단가에 직접적인 영향을 미친다. 수소 1 m³ 당 계약 금액 638원을 기준으로 하여 입출고량의 오차로 인한 연료 손실을 감안한 연료단가를 산출할 경우, 10% 손실의 경우 1 m³ 당 701.8원, 20% 손실의 경우 1 m³ 당 765.6원, 30% 손실의 경우, 1 m³ 당 829.4원으로 도출되었다.

References

1. M. H. Lee, "Assessment of Korea's GHG reduction targets through comparative analysis of OECD countries' nationally determined contributions (NDCs)", Master degree thesis, Hanyang cyber University, Korea, 2017.
2. T. H. Lee, "Chungcheongnam-do New and Renewable Energy Industrialization Development Plan & Establishing strategy to implement hydrogen economy society", Hoseo University, Korea, 2016, p. 23.
3. S. I. Yang, "Economic Analysis of Hydrogen Fueling Stations", Journal of Advanced Engineering and Technology, Vol. 2, No. 1, 2009, pp. 101-111.
4. T. H. Lee, "Chungcheongnam-do New and Renewable Energy Industrialization Development Plan & Establishing strategy to implement hydrogen economy society", hoseo University, Korea, 2016, p. 26.
5. D. C. Jeon, "A Study on Safety Policies for a Transition to a Hydrogen Economy", Ph. D. Dissertation, Korea Polytechnic University, Korea, 2014, pp. 16-33.
6. B. W. Kang, "Analysis of Costs for a Hydrogen Refueling Station in Korea", Trans. of the Korean hydrogen and new energy society, Vol 27, No.3, 2016, p. 258.
7. W. S. Kim, "Hydrogen station landing in Korea", Emerging Issue Report, Vol. 2, 2012, pp. 8-9.
8. GASNEWS, "Accurate understanding of gas quantification", <https://www.gasnews.com/news/articleView.html?idxno=76727>, 2017.01.18.
9. ISO/TS 19880-1:2016(en), "Gaseous hydrogen fuelling stations, Part 1: General requirements", 2016, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:19880:-1:ed-1:v1:en>, 2017.06.09.