

수소충전소의 위험도 산출 및 적용에 대한 고찰

서두현* · †김태훈** · 이광원***

*피에스피, **호서대학교 수소에너지안전기술공학과 교수, ***호서대학교 안전소방학부 교수
(2020년 6월 25일 접수, 2020년 8월 28일 수정, 2020년 8월 29일 채택)

A Study on the Calculation and Application of the Risk in the Hydrogen Stations

Doo-Hyoun Seo* · †Tae-Hun Kim** · Kwang-Won Rhie***

*PSP : Process Safety Partner, Asan-si, Korea

**Dept. of Hydrogen Energy Safety Technology Engineering, Hoseo University, Asan-si, Korea

***Division of Safety and fire Protection, Hoseo University, Asan-si, Korea

(Received June 25, 2020; Revised August 28, 2020; Accepted August 29, 2020)

요 약

국내에서는 수소충전소 보급 및 상용화를 추진 중에 있으나 수소충전소에 대한 위험도 판정이 명확하지 않다. 특히 수소충전소에 대한 위험도 산출 방법 및 허용가능 기준이 명확하지 않은 실정이다.

이에 본 연구에서는 설치 중인 수소충전소 3개소를 선정하여 일반적인 위험도 산출 방법을 활용하여 각각의 수소충전소의 사회적 위험도를 계산해보았다. 일반적인 위험도 산출의 방법으로 개인적/사회적 위험도를 통한 사고 빈도를 고려한 개인의 사망률 및 인근주민의 수에 따른 사망 가능성을 통해 수소충전소의 위험도 수준을 산출할 수 있다. 그러나 이러한 위험도의 경우에도 허용가능 여부를 판단할 기준이 불분명한 실정이다.

이에 국외의 위험도 허용가능 기준을 조사하고 국내의 선정된 수소충전소의 위험도를 적용하여 허용가능 수준임을 고찰해 보았다.

Abstract - In Korea, hydrogen stations are being promoted and commercialized. However, the risk assessment for the hydrogen station is not clear. In particular, it is not clear how to calculate the risk and acceptable criteria for a hydrogen station.

Therefore, in this study, three hydrogen stations being installed were selected and general risks were calculated and the social risk of each hydrogen station was calculated. In general, the method of risk assessment is individual/social risk. This is an individual's death rate considering the frequency of accidents, And the likelihood of death according to the number of nearby residents. These can be used to calculate the level of risk for a hydrogen station. However, this method of calculate risks is the criteria for judging whether it is acceptable are unclear. For this reason, this study investigated the allowable standards for foreign risks and considered that they were acceptable by applying the risks of selected domestic hydrogen stations.

Key words : hydrogen station, individual risk, social risk, risk assessment, ALARP

†Corresponding author:emtxx@hoseo.edu

Copyright © 2020 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

국내는 2018년 기준으로 전국 14기의 수소충전소가 있으며 현재 2019년 기준으로 86기가 구축 운영되고 있다고 조사되며 2022년 뒤엔 각 지역마다 확대 및 연결을 통해 전국 충전소 310기 구축할 예정이다.

하지만 수소충전소가 늘어나는 만큼 누출 및 폭발에 따른 위험이 존재할 수 있으며, 인근 주민들과 근로자들에게 피해가 일어나지 않아야 하기에 사업장과 주거지의 안전거리를 확보할 필요가 있다.

실제로 수소충전소 건설 과정에서 부지선정, 넘비현상 등으로 인해 착공 및 준공이 연기되는 사례가 많으며, 이를 해결하기 위해서는 안전에 대한 인식 등등 안전하다는 논리적인 방법을 내세워 넘비현상을 해결해야 한다.

이러한 이유로 본 연구에서는 수소충전소에 대해 위험도를 산정해보고 허용 가능한 수준에 대한 국내 적용 기준 마련의 방향을 제시하고자 한다. 이를 위해 먼저 국외의 개인적/사회적 위험도의 허용기준에 대해 조사하여 비교 분석하였으며, 현재 설계 및 시공 중인 국내 수소충전소를 대상으로 위험도를 산정하여 보았다.

대상이 되는 수소충전소의 각각의 발생 가능 시나리오에 대해 ALOHA 및 KORA를 통해 피해영향 및 위험도를 산출하였으며, 분석 결과를 토대로 허용가능 여부에 대해 고찰해 보았다.

II. 국외 허용기준 고찰

2.1 위험도 산출 방법

위험성(Risk)은 해로움이나 손실이 생길 우려가 있거나 그런 상태이고, 위험성으로 인해 발생한 사고 빈도와 그 사고로 인한 발생하는 피해 영향을 결합하여 표현 할 수 있다. 즉, 위험은 특정 사고가 발생할 가능성(발생확률)과 사고가 발생할 피해결과 (피해영향)를 곱한 값으로 정의할 수 있다.

$$Risk = consequence \times frequency \quad (1)$$

이에 따라 피해영향 거리에 따른 피해정도를 파악하고 피해에 대한 발생가능성을 산출하여 개인적 위험도와 사회적 위험도를 산출하는 방법을 사용할 수 있다. F-N curve를 활용하는 방법을 사용할 수 있다.

전통적인 정량적 위험평가 방법은 각각의 사고발생 시나리오에 따른 위험을 계산하여 그 위험의 허용범위를 만족하는 것으로 산정한다.

$$IR = \sum_{S=1}^N (C_s X F_s) \quad (2)$$

여기서, IR = 총 개인의 사망 위험도

S = 사건 시나리오의 수

C_s = 사건 시나리오 S 의 결과

F_s = 사건 시나리오 S 의 발생확률

개인적 위험도는 위치기반 위험도로서 특정 개인이 특정 장소에서 위험에 노출될 때 사고로 인해 개인이 사망할 확률을 정량적으로 나타낸 것이다. 위험구역을 평가하는데 사용하고 가능한 사고의 영향을 받을 수 있는 과도한 위험에 노출되지 않게 하기 위함으로 Fig.1과 같이 표현된다.

사회적 위험도는 그룹에 대한 위험도로서 용어의 정의는 국가나 산업별로 차이가 있으나, 기본개념은 피해의 영향을 받는 사람 수(Number)와 사고 발생 가능성(Frequency)의 관계로 설명된다.

즉 주변 지역사회의 관점에서 측정되는 위험으로 사고가 나면 그 사고로 인해 발생하는 예상 사망자수를 정량적으로 나타낼 수 있다. 어떠한 사고에 의한 예상 사망자 수는 위험지역 내의(인구밀도 × 사망확률)을 모두 합산하여 계산한다.

$$\int_0^{\infty} X F_N(x) dx \quad (3)$$

여기서, X = 피해영향 인구 수

F_N = 인구 수당 사망확률

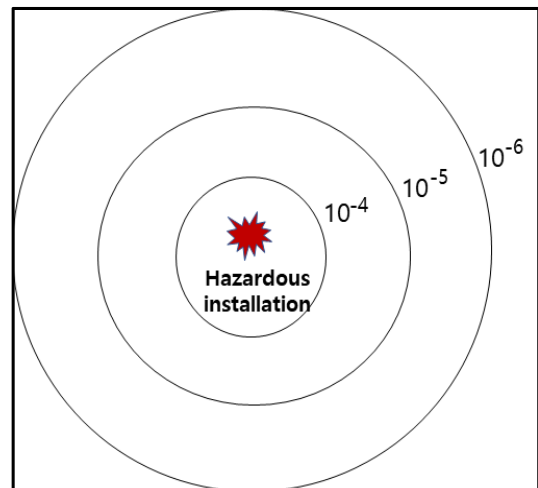


Fig. 1. The risk contour of individual risk

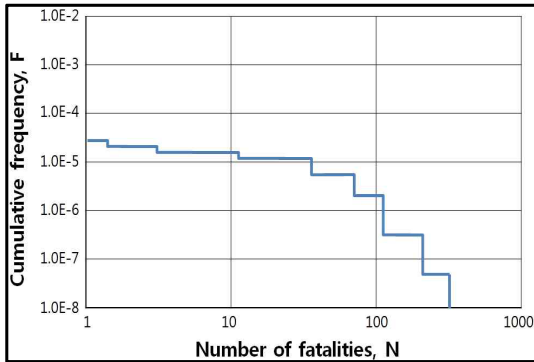


Fig. 2. The F-N curve of societal risk

이는 개인적 위험도와는 달리 사고주변의 인구수, 인구밀도, 사고 지점과의 거리 등에 의해 달라지게 된다. 즉 연간 사망자 수의 기댓값으로 표현하며 확률밀도함수에서 F-N선도 유추 가능하다. 위험도는 Fig. 2와 같이 표현된다.

F(Frequency of Occurrence for $n \geq N$ Fatalities per year)는 사고발생빈도를 1/년으로 산출한 값이고 N(Number of Fatalities in Public)은 그 결과로 죽거나, 부상당한 사람의 수를 나타내고 이들의 관계를 표현한 것이다. 이를 통해 사고가 발생할 가능성과 그 사고에 대한 예상 피해 인구를 인구의 밀도, 작업장소, 방호정도(실내, 실외)를 포함하여 평가한다.

여기서 허용가능범위는 개인적/사회적 위험도 모두 보편적으로 허용불가영역, 조건부허용영역(ALARP : As Low As Reasonably Practicable), 허용영역 세 부분으로 구분한다.

2.2 국외 허용 기준 고찰

국내에는 아직 개인적/사회적 위험도의 허용기준에 대한 규정이 없으며, 위험도를 산출하더라도 적합성을 판단하기 어려운 실정이다.

이에 국외의 허용기준을 비교하여, 국내 적용 가능한 허용기준에 대해 살펴보았다.

개인적 위험도의 경우 개인이 위험이 존재하는 곳에서 거주하거나 일하는 시간평가에 사용되는데 이 위험척도는 인구에 미치는 영향에 대한 정보는 제공하지 않는다. 해외의 개인적 위험도 기준은 아래 Table 1과 같이 나타낼 수 있다.

여기서 확인할 수 있는 사항으로 보면 각 나라별 허용기준은 약간의 차이를 보이지만, 개인적 위험도의 허용불가 영역은 10^{-4} 이상으로 볼 수 있으며, 10^{-5} ~

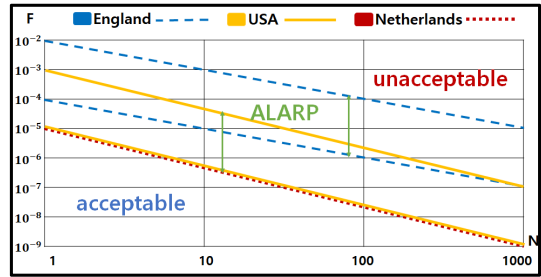


Fig. 3. The F-N curve of societal risk

Table 2. The risk acceptance criteria of individual risks in foreign

IRPA	Eng-land	Nether-lands	Hun-gary	Czech	USA
10^{-3}	worker	Not applicable			
10^{-4}	Public	Not applicable			
10^{-5}	ALARP	New facility (before ALARP)	Upper limit	Existing facility	Development area
3×10^{-6}	Land use	Not applicable	Lower limit	New facility	Not applicable
10^{-6}	worker & Public	New facility (after ALARP)			
10^{-7}	Negligible risk				residence over (Department stores, theaters)

10^{-6} 에서 조건부허용(ALARP)에 해당되는 것을 알 수 있다.

사회적 위험도의 경우 피해영향이 미치는 거리 내의 주민수에 따른 사망 확률로 나타내어지며, 대표적 인 해외 기준은 다음 Fig. 3과 같이 볼 수 있다.

사회적 위험도의 허용기준에서 영국의 기준은 타 국가 보다 낮은 수준의 완화된 기준을 보이고 있으며, 네덜란드 기준은 조건부허용 영역이 없이 가장 보수적으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 네덜란드의 경우 10^{-5} 을 기준으로 허용 가능 영역만을 기준으로 갖고 있다.

미국의 경우 10^3 이상에서 허용불가이며, $10^3 \sim 10^5$ 의 조건부허용(ALARP)에 해당되는 일반적인 기준을 갖는 것으로 판단된다.

이처럼 각 나라별 기준이 약간의 차이를 보이고 있지만, 이는 주민의 밀집성 및 토지의 크기에 따른 것으로 사료되며, 보편적으로 $10^3 \sim 10^5$ 사이를 조건부허용(ALARP)으로 설정하는 것이 타당할 것으로 보인다.

III. 수소충전소에 대한 위험도 산출

3.1 시범대상 수소충전소

본 연구에서는 수소충전소에 대한 위험도 산출을 위해 현재 국내에서 실제로 사용 중인 수소 충전소 중 3곳의 수소충전소를 대상선정하여 수행하였다. 이에 피해영향 및 위험도 산출을 위해 상용프로그램인 ALOHA를 활용하였으며, 위험도 산출을 위한 환경부의 KORA를 활용하였다.

대상 수소충전소는 다음과 같다.

- (1) A 수소충전소는 저장식(off site) 수소자동차 충전시설로서 산업단지 내 기존 LPG 충전소에 수소를 추가하여 운영하는 복합 충전소이다.
- (2) B 수소충전소는 연구용으로 사용되고 있는 충전소로서 도심지에 설치하는 경우에 적용 가능한 패키지형 수소충전소이다. 패키지형의 경우 안전거리가 충분히 확보되지 않을 때 컨테이너 내부에 방폭구조를 사용하여 안전거리를 확보하고 이동이 가능한 특징이 있다.
- (3) C 수소충전소는 수소 저장식(off site) 충전소로서 도심지에 설치되는 충전소이다.

3.2 사고시나리오의 분석

위험도 산출을 위한 피해영향분석은 각각 충전소마다 사고시나리오를 결정하고 상용 소프트웨어인 ALOHA를 활용하여 계산하였다. 수소충전소에서 발생가능한 사고의 형태는 VCE, Jet fire이며, 기체상태의 저장 및 취급이므로 BLEVE에 대해서는 고려하지 않았다.

사고의 시나리오는 KOSHA GUIDE P-107-2016 최악 및 대안의 누출 시나리오 선정에 관한 기술지침에 의해 시나리오별 조건을 적용하였으며, 대안의 시나리오에서는 해당 지역의 날씨 조건을 조사하여 분석하였다.

- (1) A 산업단지 수소충전소 ALOHA 프로그램으로 피해영향범위 산정결과 A

수소충전소의 VCE의 각각 최악의 시나리오와 대안의 시나리오에 대한 피해영향 범위의 위성사진은 아래 Fig. 4와 같다.

A 수소충전소의 VCE 과압(폭발력)에 대한 피해영향 거리는 Table 2와 같다.

A 수소충전소의 Jet fire의 각각 최악의 시나리오와 대안의 시나리오에 대한 피해영향 범위의 위성사진은 아래 Fig. 5와 같다.

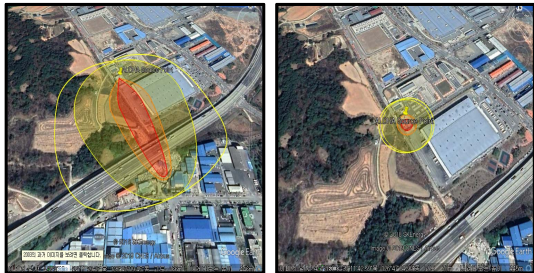


Fig. 4. The distance of overpressure by VCE in A hydrogen station (left : worst case, light : alternative release)

Table 2. The distance of overpressure by VCE in A hydrogen station

ZONE	over pressure	distance (m)	
		worst case	alternative release
Red	8.0psi	289.86m	28.35m
Orange	3.5psi	296.27m	38.40m
Yellow	1.0psi	330.1m	74.07m



Fig. 5. The distance of radiant heat by Jet fire in A hydrogen station (left : worst case, light : alternative release)

Table 3. The distance of radiant heat by Jet fire in A hydrogen station

ZONE	Radiant heat	distance (m)	
		worst case	alternative release
Red	10.0kw	10.97m	7.25m
Orange	5.0kw	15.54m	11.89m
Yellow	2.0kw	25.60m	24.69m

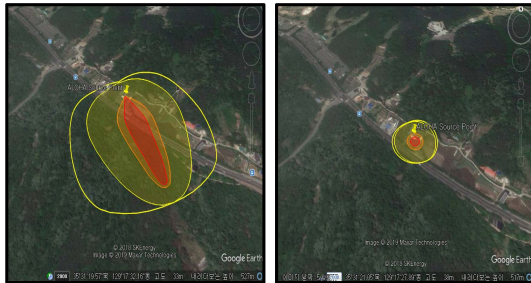


Fig. 6. The distance of overpressure by VCE in B hydrogen station
(left : worst case, light : alternative release)

A 수소충전소의 Jet Fire 복사열에 대한 피해영향 거리는 Table 3과 같다.

(2) B 패키지형 수소충전소

ALOHA 프로그램으로 피해영향범위 산정결과 B 수소충전소의 VCE의 각각 최악 및 대안의 시나리오에 대한 피해영향범위는 Fig. 6과 같다.

B 수소충전소의 VCE 과압(폭발력)에 대한 피해영향 거리는 Table 4와 같다.

B 수소충전소에 대한 Jet fire의 각각 최악의 시나리오와 대안의 시나리오에 대한 피해영향 범위는 Fig. 7, Table 5와 같다.

(3) C 도심형 수소 충전소

C 수소충전소는 주변 인구수가 많은 도심에 설치되어 있으며 이에 따라 피해영향범위에 주변 건축물 및 도로가 포함된다. 계산되어진 C 수소충전소의 VCE에 의한 폭발과압 피해영향범위는 Fig. 8, Table 6과 같다.

Table 4. The distance of overpressure by VCE in B hydrogen station

ZONE	over pressure	distance (m)	
		worst case	alternative release
Red	8.0psi	277.98m	29.26m
Orange	3.5psi	284.38m	39.32m
Yellow	1.0psi	318.21m	75.90m



Fig. 7. The distance of radiant heat by Jet fire in B hydrogen station
(left : worst case, light : alternative release)

Table 5. The distance of radiant heat by Jet fire in B hydrogen station

ZONE	Radiant heat	distance (m)	
		worst case	alternative release
Red	10.0kw	10.97m	6.33m
Orange	5.0kw	14.63m	10.97m
Yellow	2.0kw	23.77m	22.86m

ALOHA 프로그램으로 피해영향범위 산정결과 C 수소충전소의 Jet fire의 피해영향 범위는 Fig. 9, Table 7과 같다.

종합적으로 각 지역의 수소충전소 별 발생형태에 따른 최악/대안의 시나리오에서 위험범위 기준에 해당하는 과압 3.5psi와 복사열 5kW에 대한 피해거리를 정리해보면 Table 8과 같다.



Fig. 8. The distance of overpressure by VCE in C hydrogen station
(left : worst case, light : alternative release)

Table 6. The distance of overpressure by VCE in C hydrogen station

ZONE	over pressure	distance (m)	
		worst case	alternative release
Red	8.0psi	289.86m	23.77m
Orange	3.5psi	296.27m	32.00m
Yellow	1.0psi	330.10m	61.26m

3.3 각 시나리오별 위험도 산출

위험도의 산정은 국내 환경부에서 제공하는 상용 소프트웨어인 KORA를 이용하여 산출하였다. KORA는 국내에서 사회적 위험도 산출을 위한 소프트웨어로 활용되고 있으며 피해반경 내 장외에 대한 주민수 및 사업장의 안전장치를 고려한 일반적인 발생확률 데이터를 활용하고 있다.

그러나, KORA는 수소충전소에서의 900bar 이상의 저장압력에 대한 분석에 어려움이 있어 몇몇 시나리오의 경우 산출에 제약이 있다. 이러한 이유로 ALOHA의 피해영향결과를 KORA에 대입하여 빈도를 반영한 위험도를 산출하였다.

위험도 산출은 KORA 수행 매뉴얼에 따라 수행되었으며, 일반적으로 수소충전소의 저장탱크 및 설비에 따른 사고발생빈도와 수동/능동 완화장치로 인한 위험도 감소가 연산되어 피해영향 범위내 주민수에 따른 사고 발생 빈도가 계산되어진다. 이에 따라 선택된 완화장치 및 주민수는 다음과 같다.

(1) A 수소충전소의 위험도

A 수소충전소의 VCE와 Jet Fire 에 대한 영향범위내 거주민 수 및 근로자 수는 아래 Table 9와 같다.



Fig. 9. The distance of radiant heat by Jet fire in C hydrogen station
(left : worst case, light : alternative release)

Table 7. The distance of radiant heat by Jet fire in C hydrogen station

ZONE	Radiant heat	distance (m)	
		worst case	alternative release
Red	10.0kw	10.97m	7.03m
Orange	5.0kw	14.87m	11.89m
Yellow	2.0kw	25.60m	24.69m

Table 8. The result of the distance of consequence

station	scenario	worst case	alternative release
A	VCE	296.27m	38.40m
	Jet fire	15.54m	11.89m
B	VCE	284.38m	39.32m
	Jet fire	14.63m	10.97m
C	VCE	296.27m	32.00m
	Jet fire	14.87m	11.89m

Table 9. The number of inhabitants in distance of A Hydrogen station

scenario	number of inhabitants	
	worst case	alternative release
VCE	36	25
Jet Fire	6	2

Table 10. The reduction rate by safety device in A Hydrogen station

safety device	Reduction rate
Gas detector and emergency shut-off valve	1.0E-01
Gas detector and emergency shut-off valve(interlock)	1.0E-02
Relief valve/rupture plate	1.0E-02

Table 11. The social risk by scenario in A Hydrogen station

scenario	number of inhabitants	
	worst case	alternative release
VCE	3.64E-6	2.53E-6
Jet Fire	2.53E-6	2.00E-5

Table 12. The number of inhabitants in distance of B Hydrogen station

scenario	number of inhabitants	
	worst case	alternative release
VCE	28	10
Jet Fire	4	1

또한, 발생형태별 안전장치와 그에 따른 감소율은 Table 10과 같다.

이에 대한 위험도는 Table 11과 같이 산출된다.

(2) B 패키지형 수소충전소

B 수소충전소의 VCE와 Jet Fire 에 대한 영향범위 내 거주민 수 및 근로자 수는 아래 Table 12와 같다.

B 수소충전소의 경우 연구시설로 설치된 위치가 인적이 드문 산간 지역으로 연구시설 단지 내 근로자의 최대 인원수를 대입하였다.

또한, 발생형태별 안전장치와 그에 따른 감소율은 Table 13과 같다.

B 수소충전소의 경우 연구용 시설로 안전장치에 대해 일부 확인되지 않고 있다.

Table 13. The reduction rate by safety device in B Hydrogen station

safety device	Reduction rate
Gas detector and emergency shut-off valve	1.0E-01
Relief valve/rupture plate	1.0E-02

Table 14. The social risk by scenario in B Hydrogen station

scenario	number of inhabitants	
	worst case	alternative release
VCE	2.83E-6	1.00E-4
Jet Fire	4.00E-7	1.00E-5

Table 15. The number of inhabitants in distance of C Hydrogen station

scenario	number of inhabitants	
	worst case	alternative release
VCE	167	22
Jet Fire	8	3

Table 16. The reduction rate by safety device in C Hydrogen station

safety device	Reduction rate
Gas detector and emergency shut-off valve	1.0E-01
Gas detector and emergency shut-off valve(interlock)	1.0E-02
Relief valve/rupture plate	1.0E-02

이에 따라 위험도는 Table 14와 같이 산출된다.

(3) C 도심형 수소충전소

C 수소충전소의 경우 피해영향범위 내 거주민 수 및 근로자 수는 아래 Table 15와 같다.

C 수소충전소의 경우 최악의 피해영향범위 내 건축물과 도로가 포함되어 유동인구를 포함하여 산정

Table 17. The social risk by scenario in C Hydrogen station

scenario	number of inhabitants	
	worst case	alternative release
VCE	1.69E-5	2.20E-4
Jet Fire	8.00E-7	3.00E-5

하였으며, 대안의 시나리오의 경우 상대적으로 거리가 짧아 인근 사업장 및 충전소 내부 인원으로 산정되었다.

또한, 발생형태별 안전장치와 그에 따른 감소율은 Table 16과 같다.

이에 따른 위험도는 Table 17과 같다.

3.4 수소충전소의 허용가능여부 고찰 및 제한

국내에는 각 위험도에 대한 뚜렷한 허용가능 기준이 없으므로 국외의 일반적인 허용기준에 대입하여 판단해 볼 수 있다.

이에 일반적인 조건부 허용(ALARP)에 해당하는 $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 사이를 기준으로 판단해 볼 때, A,B,C 대상 수소충전소의 경우 모두 허용불가영역에 해당되지는 않는 것으로 나타난다.

하지만, A, B 수소충전소는 사업장 주변이 인구가 현저히 낮은 지역에 위치하고 있어 근로자 이외에는 사망의 확률이 나타나지 않는다. 또한, C 수소충전소의 경우 유동인구의 변동으로 인해 위험도 수준이 높아질 가능성도 있다.

게다가 이와 같은 수소충전소를 도심지에 설치하는 것이 활발히 이루어진다면 충분히 낮은 수준이라고 판단하기는 어려울 것이다.

이러한 이유로 수소충전소에 대한 안전관련 법규의 정비 및 위험도산출에 대한 명확한 기준 등에 대한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 사료된다.

물론, 본 연구에서 산출된 위험도의 경우 실제 운영되어지는 수소충전소에 대한 고장 및 사고 빈도 데이터 등의 부족과 대외비로 인한 대상 수소충전소의 충분한 설계 및 기술정보가 부족하다는 점을 감안하여 판단해 보아야할 문제이며, 타 물질과는 특성이 다른 수소에 대한 명확한 분석이 가능한 소프트웨어 등이 필요할 것으로 사료된다.

특히 KORA나 ALOHA의 경우 타 물질에 대한 위험도 분석에 널리 활용되고 있으나, 수소충전소에 대한 분석이 신빙성이 떨어질 수 있으며, 640bar 이상의 압력에서 분석에 에러가 발생하는 등 수소충전소에

대한 충분한 분석에 어려움이 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 수소충전소에 대한 위험도를 산출하고 국내 수소충전소 허용기준 등을 고찰해 봄으로써, 다가올 수소사회에서 안전한 수소충전소 운영에 필요한 사항을 고찰해 보았다.

선정된 3개 지역의 수소충전소는 모두 국외의 허용가능 기준에 벗어나지는 않지만 외곽에 설치됨에 따른 주민수 산정에 다소 어려움이 있었고 그에 따른 위험도 또한 낮은 값으로 나올 수 밖에 없었다. 하지만 향후에 수소차가 대중화가 되고 수소충전소의 설치가 필요하게 되는 지역은 거의 주민수가 많은 도심지역이기 때문에 그에 따른 도심지 및 인구밀집지역에서의 위험도 산정이 필요하며, 위험도 또한 상당히 높아질 것으로 예상된다.

이러한 이유로 국내에 명확한 위험도 산출 방법 및 수소충전소 분석에 대한 연구가 지속적으로 필요할 것으로 사료되며, 사고빈도 및 피해 최소화에 대한 연구가 지속적으로 병행되어야 안전한 수소충전소 보급이 될 것으로 사료된다.

감사의 글

감사의 글: 이 논문은 에너지기술평가원 에너지국제공동연구사업(20178520040490)에 의하여 연구되었음에 감사드립니다.

REFERENCES

- [1] Ministry of Trade, Industry and Energy, "Hydrogen Economy Activation Roadmap", Press release, p2, (2019.01) <http://www.motie.go.kr>
- [2] Future Strategy Team, "Proposals and Trends of Hydrogen Fuel Cell Vehicle (FCEV)", Korea petroleum Association, (2018)
- [3] Lee, J. H., "A Probabilistic Methodology for Estimating the Individual Risk using the Load-Resistance Model", Seoul National University of Science and Technology, 9-76, (2015)
- [4] kim, G. H., "Establishment of the Appropriate Risk Standard through the Risk Assessment of Accident Scenario", Inha University, 9-25, (2017)
- [5] Lim, D. H., "Development of general purpose support program (KORA) about Risk management plan & Over-the-counter impact assessment.", Na-

- tional Institute of Chemical Safety, (2015)
- [6] Seo, M. S. “A Study on the Risk Criteria for Korea and Assessment Method of Societal Risk Using“, Inha University, p.5~32. (2019)
- [7] Lee, S. H. and Yun, K. B., “A consideration of Hydrogen Station Safety Issues”, The Korean Society Of Automotive Engineers, (2007)
- [8] Lee, T. H., “Technical overview and outlook of water electrolysis device”, Journal of Electrical World Monthly Magazine, p14-15, (2015)
- [9] Oh, D. S., “A Study of the Status and Safety Assessment of Domestic and Foreign Hydrogen Station”, Hoseo University, (2008)