

# 전산유체역학(CFD)을 이용한 수소사용 GC(Gas Chromatography)분석기의 폭발위험장소에 관한 연구

강선병<sup>1</sup>, 김기성<sup>2</sup>, 이영석<sup>2</sup>, 송인회<sup>2</sup>, 박성영<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 산업대학원 기계공학과, <sup>2</sup>한국안전보건공단, <sup>3</sup>공주대학교 미래자동차공학과

## A Study on the Explosive Hazardous Areas of Hydrogen-Based GC Analyzer using Computational Fluid Dynamics (CFD)

Sun-Byoung Kang<sup>1</sup>, Ki-Sung Kim<sup>2</sup>, Young-Seok Lee<sup>2</sup>, In-Hoe Song<sup>2</sup>, Sung-Young Park<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mechanical Engineering, Kongju National University

<sup>2</sup>Korea Occupational Safety and Health Agency

<sup>3</sup>Department of Future Automotive Engineering, Kongju National University

**요약** 본 연구에서는 한국산업표준에 따른 폭발위험장소의 범위와 전산유체역학(CFD)을 활용한 결과를 비교하여 폭발 위험장소 범위 선정의 적정성을 평가하고자 하였다. GC분석기에 사용하는 수소가 누출되는 조건(6bar의 압력, 누출공 면적 0.25 mm<sup>2</sup>)을 적용하여 한국산업표준에 따른 폭발위험장소의 범위를 계산한 결과, 누출 특성이 0.0239m<sup>3</sup>/s, 중회석으로 폭발위험장소의 범위는 반경 1.0m로 평가되었다. 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics)을 이용하여 GC가 설치된 실험실의 환기조건과 한국산업표준에 적용한 동일 누출조건으로 해석한 결과, 누출원에서 수소 농도가 폭발하한값(LFL)의 25% 수준인 1%로 나타나는 최대범위는 약 0.504m로 나타났다. 이러한 결과에 의하여 한국산업 표준에서 제시한 수식을 이용하여 도출한 폭발위험범위가 전산유체역학 해석 결과보다 훨씬 보수적임을 알 수 있었다.

**Abstract** This study evaluated the appropriateness of selecting the range of hazardous areas according to Korean industrial standards and the results of computational fluid dynamics (CFD) analysis. The hazardous distance was evaluated according to the Korean industrial standard based on the conditions for hydrogen leakage from a gas chromatography analyzer (6 bar pressure, leakage area of 0.25 mm<sup>2</sup>). The result was a radius of 1.0 m for a release rate of 0.0239 m<sup>3</sup>/s with dilution. CFD analysis was done using the same release conditions as the Korean industrial standard, which revealed that the maximum range where hydrogen concentration reached 1% (25% of LFL) was approximately 0.504 m. The results showed that the hazardous area calculated using the formula provided by the Korean industrial standard was much more conservative than that obtained from the CFD analysis.

**Keywords** : Computational Fluid Dynamics, Explosive Hazardous Areas, Gas Chromatography Analyzer, Hydrogen, Korean Industrial Standards

### 1. 서론

수소와 같은 인화성 가스 취급으로 인한 화재·폭발 위험성이 있는 장소에서의 위험을 방지하기 위하여 산업안

전보건법(산업안전보건기준에 관한 규칙 제230조 「폭발 위험장소의 구분」)에서는 인화성가스를 제조·취급·사용하는 장소에서 한국산업표준(KS C IEC 60079-10-1:2015)에 따라 폭발위험장소를 설정하여 관리하도록 규정하고

\*Corresponding Author : Sung-Young Park(Kongju National Univ.)

email: sungyoung@kongju.ac.kr

Received June 1, 2023

Accepted August 10, 2023

Revised June 23, 2023

Published August 31, 2023

있다[1]. 또한 이와 같이 설정된 폭발위험장소에서는 상기의 규칙 제311조 「폭발위험장소에서 사용하는 전기 기계·기구의 선정」에 따라 법적으로 방폭구조 인증을 받은 전기 기계·기구를 사용하도록 규제하고 있다[2]. 폭발위험장소는 인화성 가스의 누출로 화재·폭발을 일으킬 수 있는 농도로 대기 중에 존재하거나 존재할 우려가 있는 장소를 말하며, 한국산업표준에서 정하는 기준에 따라 인화성 가스의 누출에 의한 화재·폭발 위험성을 예측하고 평가하여 그 결과에 따라 폭발위험범위를 계산하고 폭발위험장소를 설정·관리한다[3]. 이에 따라 인화성 가스를 다량 취급하는 화학공장 뿐만 아니라 소량 취급하는 일반 사업장의 경우에도 폭발위험장소 설정 시 한국산업표준의 기준을 준수하여야 하는 법적 의무가 있다. 그러나 해당 법령 적용에 대한 최소 인화성 가스 취급 기준량에 대한 명시 없이 사업장에서는 미량의 인화성 가스 취급 시에도 해당 장소의 폭발위험 요인을 평가하고 폭발위험장소를 지정 관리해야 하는 기술적·재정적 부담이 있다. 또한, 한국산업표준에서 제시한 폭발위험장소 구분 절차를 적용하는 것은 화학 플랜트와 같이 큰 규모의 공간을 평가하는 것에는 적절하나 실험실 내의 가스 크로마토그래피(Gas Chromatography, 이하 'GC'라 한다) 분석기와 같은 소형설비의 폭발 위험성 평가에 부적절할 수 있다. 그 이유는 해당 표준에 의한 폭발위험장소의 최소 범위가 Fig. 1에서 보는 바와 같이 최소 1m로 설정되어 있어서 그보다 작은 크기의 소형설비 내·외부의 폭발 위험성 평가에는 부적절하며, 특히 GC 분석기와 같이 방폭 인증이 없는 전기 기계·기구를 사용해야만 할 때는 뚜렷한 대안이 없어 법적 책임에 대한 위험을 향시 가지고 운영하는 실정이다.

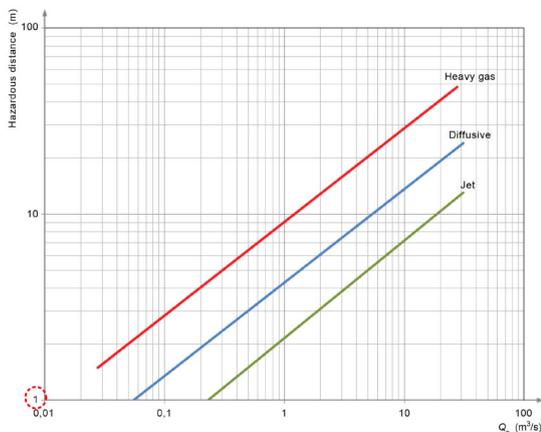


Fig. 1. Chart for estimating hazardous area distances

한국산업표준에서는 폭발위험범위 선정 Chart를 Fig. 1과 같이 제시하고 있으며, X축의 누출 특성값이 클수록 위험장소 범위가 Y축을 따라 커진다.

$$Q_c = \frac{W_g}{\rho_g k LFL} \quad \rho_g = \frac{p_a M}{RT_a}$$

$Q_c$  : Volumetric release characteristic of the source ( $m^3/s$ )

$\rho_g$  : Density of the gas/vapor ( $kg/m^3$ )

$k$  : Safety factor attributed to LFL

$LFL$  : Lower flammable limit (vol/vol)

선행연구에서 Yim 등은 톨루엔, 도시가스, LPG에 대한 사례연구를 통한 폭발위험범위 설정 방법을 연구하였고[3]. Pyo 등은 수소차 충전 설비의 폭발위험장소에 설정에 관하여 연구하였으나[4], 실험실과 같은 실내의 비교적 좁은 장소에서 사용되는 GC 분석기와 같은 설비에 관한 연구가 필요한 상황이다.

GC 분석기는 산업현장에서 매우 중요한 분석 기기 중 하나로, GC 분석기는 복잡한 혼합물의 성분들을 분리하고 확인하는데 훌륭한 도구로 사용되고 있다[5]. GC 분석기에 사용되는 운반 가스(Carrier Gas)는 GC 분석기 칼럼 내부를 흐르면서 샘플의 성분들을 분리하는 데 사용된다. 주로 사용되는 운반 가스는 질소( $N_2$ ), 수소( $H_2$ ), 헬륨( $He$ ) 등이며, 본 연구에서는 상대적으로 화재·폭발의 위험성이 큰 수소를 운반가스로 사용하는 GC 분석기에 대하여 한국산업표준에 따른 폭발위험장소의 범위와 동 표준에서 권장하고 있는 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics)을 활용한 결과를 비교하여 폭발위험장소 범위 선정의 적정성을 평가하고자 한다.

## 2. 본론

### 2.1 한국산업표준에 따른 폭발위험범위 설정

#### 2.1.1 누출원 및 누출 특성

누출원은 GC 분석기로 연결되는 수소 배관 레귤레이터의 전단에서 6bar의 압력으로 누출되는 상황을 선정하였다. 일반적으로 가스누출은 팽창으로 냉각되어 공기보다 무겁게 되어 가라앉는 경향이 있으나, 줄-톰슨(Joule-Thomson) 효과로 인한 냉각은 공기에 의하여 공급된 열을 상쇄시켜 중립 부력 현상이 일어난다. 수소의 경우에는 역 줄-톰슨 효과를 나타내므로 팽창으로 가

열되어 절대로 공기보다 무거워지지 않는다[6].

### 2.1.2 가스의 누출률

한국산업표준에서 제시한 폭발위험장소의 범위를 추정하기 위하여 누출 특성 계산이 필요하며, 다음의식 (1) 과 같이 계산할 수 있다[6].

$$W_g = C_d S p \sqrt{\gamma \frac{M}{ZRT} \left( \frac{2}{\gamma+1} \right) L SUP(\gamma+)(\gamma-1)} \quad (1)$$

- W<sub>g</sub> mass release rate of gas (kg/s)
- C<sub>d</sub> discharge coefficient (sharp orifices 0.75)
- S cross section of the opening(hole) (m<sup>2</sup>)
- p pressure inside the container (Pa)
- γ ratio of specific heats (dimensionless)
- M molar mass of gas or vapour (kg/kmol)
- Z compressibility factor (dimensionless)
- R universal gas constant (8314 J/kmol K)
- T temperature of the gas or liquid (K)

### 2.1.3 누출계수(C<sub>d</sub>)

누출계수는 난류 및 점도 등의 영향에 관련되는 누출 개구부 특성과 판단에 의한 누출계수로, 모난 오리피스 의 경우 0.5-0.75를 적용하는데, 안전한 근사값으로 0.75를 적용하였다[6].

### 2.1.4 누출 구멍 단면적(S)

누출공의 크기는 고정부의 기밀 부위에서 누출되는 것으로 가정하고 표준에서 권고한 0.25mm(KS C IEC 60079-10-1:2015 표 B.1)로 정하였다.

### 2.1.5 안전계수

폭발하한(LFL: Lower Flammable Limit)에 따른 안전계수로서 0.5에서 1 사이의 값으로, 수소는 실험 결과 또는 문헌자료에 의하여 폭발하한이 잘 알려진 경우에 해당하여 1.0을 적용하였다.

### 2.1.6 희석등급 평가

희석등급은 Fig. 2의 수평축의 누출 특성값과 수직축의 환기속도 값의 교차점을 찾아서 고희석, 중희석, 저희석으로 평가하며, 환기속도 0.2m/s, 식 (1)에 의해 계산한 누출 특성 0.0239 m<sup>3</sup>/s에 해당하는 교차점이 속하는 영역인 중희석으로 평가할 수 있다.

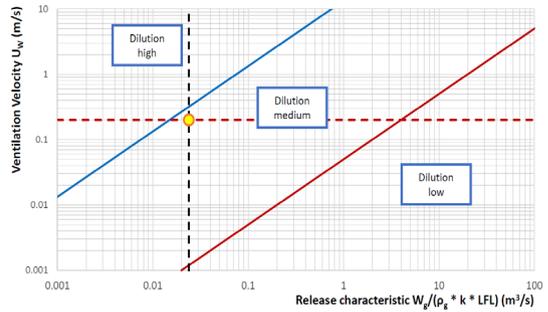


Fig. 2. Degree of dilution

### 2.1.7 폭발위험장소 범위 추정

Fig. 3에서 수소 누출은 제트 누출이므로 고속의 제트 선을 선택하고, 누출 특성이 0.0239 m<sup>3</sup>/s이므로 폭발위험장소의 범위는 Fig. 1 폭발위험범위 산정 Chart에서와 같이 Y축의 시작점인 1.0m가 된다.

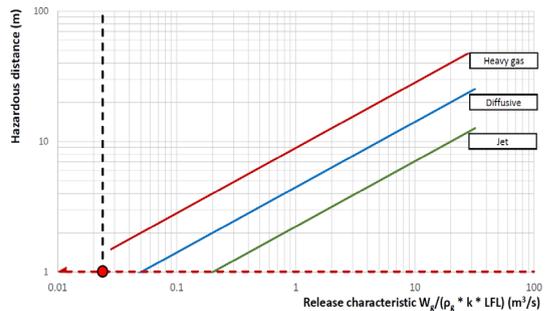


Fig. 3. Hazardous distance

## 2.2 CFD를 이용한 해석 방법

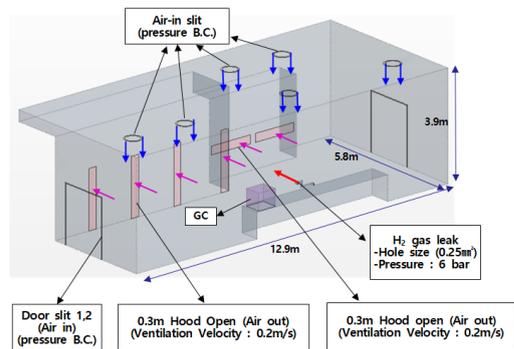


Fig. 4. Internal Calculation Area and In/Out Conditions of the Analytical Model

### 2.2.1 GC 분석기를 사용하는 실험실 해석모델

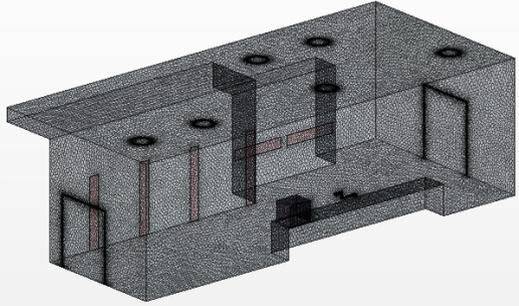


Fig. 5. Grid generation : about 668,500 elements

Fig. 4와 Fig. 5는 GC 분석기 공급용 수소 배관이 설치된 전형적인 실험실의 수치해석 영역에 대한 해석모델 계산 조건 및 격자 생성을 나타낸 것이다. Fig. 4에 나타난 바와 같이 GC 분석기에 수소(H<sub>2</sub>)를 공급하는 배관의 레귤레이터 전단에서 6bar의 압력과, 누출공의 면적은 0.25 mm<sup>2</sup>으로 누출되는 것으로 앞서 한국산업표준에 따른 폭발위험범위 계산에서 적용한 수치와 같게 하였다. 실험실의 환기 조건은 상부에 공기조화 시스템에 의해서 건물에 공급되는 급기구가 위치하고 실험실에 설치된 워크인후드(walk-in hood) 4개와 흡후드(hume hood) 2개의 개구면 폭을 0.3m로 가정하여 개구면을 통해서 실내공기가 흡입되어 배기 되는 것으로 가정하였다.

본 연구에서는 유동해석은 많은 실험을 통하여 해석 결과의 정확성이 국제저널을 통하여 증명된[7] 상용유동 해석 소프트웨어 (Star-CCM+)를 사용하였으며, 상대적으로 수렴성이 좋은 약 668,500개의 poly-hederal 격자를 구성하였다.

### 2.2.2 일반 지배방정식

대표적인 물리량 보존법칙인 질량보존과 운동량 보존 법칙, 에너지 보존방정식의 편미분 방정식을 다음과 같이 적용하였다. 그 식은 다음의 식 (2), (3), (4)과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ u_i \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] - \frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i(\rho_0 - \rho) \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j h) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \frac{\mu}{pr} + \frac{\mu_t}{pr_t} \right) \frac{\partial h}{\partial x_j} \right] + S_h \quad (4)$$

또한, 난류생성에너지( $\kappa$ )와 난류소산에너지율( $\epsilon$ )의 관계는 다음과 같은 식 (5)와 식 (6)로 표현될 수 있다. 순간운동량 방정식의 시간 평균은 잘 알려지지 않은 속도와 상호 영향을 미치는 레이놀즈 응력으로 결정되는데, 일반적인 비압축성 유체를 가정할 때 레이놀즈 응력은 알려지지 않은 유일한 항이다. 대부분의 문제에서는 Bousinessq의 가설을 채택하여 레이놀즈 응력은 물질의 평균 속도구배와 난류 점성항으로 표현할 수 있다고 하였다. 그러므로 난류점성계수는 알고 있는 값이나 이미 계산된 값으로 표현한다. 일반적으로 사용되는 것이 바로  $\kappa$ - $\epsilon$  모델이다. Prandtl-Kolmogorov는 난류점성계수  $\mu_t$ 와 관계된 난류에너지 및 소산율을 사용하였다[8].

$$\frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j \kappa) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\kappa} \right) \frac{\partial \kappa}{\partial x_i} + G - \rho \epsilon \quad (5)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i \epsilon) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} + \frac{\epsilon}{k} (C_1 G - C_2 \rho \epsilon) \quad (6)$$

여기서,

$$\tau_{ij} = (\mu + \mu_t) \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \quad (7)$$

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\epsilon} \quad (8)$$

$$G = \mu_t \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \left( \frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j} \right) \quad (9)$$

$$C_1=1.44, C_2=1.92, C_\mu=0.09, \sigma_\kappa=1.0, \sigma_\epsilon=1.22$$

### 2.2.3 경계조건 및 초기조건

#### (1) 경계 조건

■ 공기유입구 : pressure B.C

- 천장급기구, 출입구 2개의 문틈

■ 출구 : forced velocity B.C (0.2 % 고정)

- 강제 배기 조건 적용 (워크인후드, 흡후드의 개구면을 통해 배기 적용)

- 워크인후드 총 4개 출입문 0.3m (0.3m×2.1m) 개방

- 흡후드 총 2개 개구면 0.3m (1.6m×0.3m) 개방

#### (2) 초기 조건

■ 개구면의 면속도 조건

- 보통 워크인후드나 흡후드의 강제 배기 조건은 산업

안전보건기준에 관한 규칙에서 면속도 0.4m/s 이상으로 규정[9]하는데 실험실마다 워크인후드나 흡 후드의 개방 여부도 각각 다르고, 단독 배기가 아니라 전체 배기에 연결되어 있으므로 강제 배기 속도도 편차가 존재할 수 있으므로 본 수치해석에서는 워크인후드와 흡후드의 개구부를 0.3m로 적용하고 강제 배기속도에 안전율(0.5)을 고려하여 실제보다 보수적으로 0.2m/s를 가정하여 계산하였다.

- 수소(H<sub>2</sub>) 누출조건 : 한국산업표준규격에 따른 계산과 동일 :
  - 누출공(0.25mm<sup>2</sup>)에서 6bar H<sub>2</sub> gas 누출 가정

### 3. 해석 결과 및 고찰

수치해석 결과를 살펴보면 Fig. 6 ~ Fig. 7은 유동 분포 결과를 각 단면별로 나타낸 것이다. 단면별 평균 속도 분포를 살펴보면 수소 누출구 부근 x-z 단면에서 약 0.348m/s 정도의 속도분포를 나타냈고 x-y 단면에서는 약 0.376m/s, y-z 단면에서는 약 0.278m/s로 나타났다. 결과에 나타나 있듯이 실험실 내부에 전반적으로 원활한 유동이 형성되면서 천장과 문틈에서 유입된 공기와 수소 누출구에서 누출된 수소가 워크인후드와 흡후드를 통해서 원활하게 빠져나가는 것으로 나타났다.

Fig. 8 ~ Fig. 9는 실험실 내부의 단면별 수소(H<sub>2</sub>) 농도 분포를 나타낸 결과이다. 수소의 폭발범위는 4~75%로 폭발하한값(LFL)은 4%이다[10]. 폭발 하한값(LFL)에 안전율을 0.25(LFL 25%)를 적용하면 기준 한계 농도는 4%의 0.25에 해당하는 1% 이하이다. 수치해석 결과에 나타난 H<sub>2</sub> 가스 농도 분포는 기준 한계 농도인 1%를 기준으로 나타낸 결과이다. 결과에 나타나 있듯이 GC 분석기가 설치된 실험실 내부의 단면별 평균 수소 농도는 모두 기준한계 농도인 1%보다 매우 낮게 나타났다. Fig. 8 ~ Fig. 9에 나타난 단면별 수소 평균 농도 분포를 살펴보면 수소 누출구가 포함된 x-z 단면에서 약 0.184% 정도의 나타났고, x-y 단면에서는 약 0.066%, y-z 단면에서는 약 0.094%로 수소의 기준 한계 농도인 1%보다 매우 낮게 나타났다. 단면별 부분적으로 수소(H<sub>2</sub>) 농도 1%가 넘는 영역은 수소가 누출되는 수소 배관의 누출구 부근에만 일부 존재하는 것으로 나타났으며, 그 최대범위는 약 0.504m 이내로 나타났다.

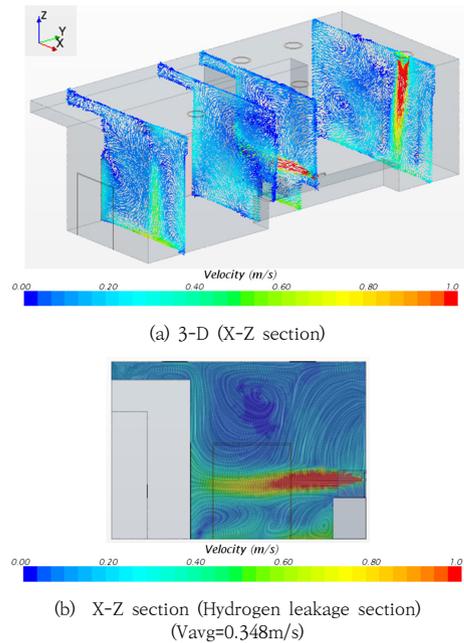


Fig. 6. Velocity vector (X-Z section)

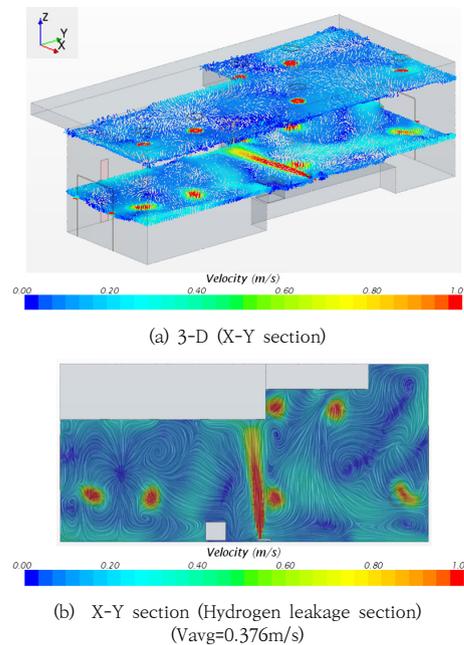


Fig. 7. Velocity vector (X-Y section)

#### 4. 결론

GC 분석기의 운반가스로 공급되는 수소 사용에 따른 폭발위험범위를 한국산업표준에 의해 계산한 결과와 CFD를 이용하여 도출한 결과와 비교하였다.

- 1) 한국산업표준 절차에 따르면 수소(H<sub>2</sub>)를 공급하는 배관에서 6bar의 압력과, 누출공 면적 0.25 mm<sup>2</sup>, 환기속도 0.2m/s를 적용하여 계산한 누출 특성은 0.0239 m<sup>3</sup>/s로 희석등급은 중희석으로 평가할 수 있었고, 폭발위험장소의 범위는 누출원을 중심으로 반경 1m 범위로 산정되었다.
- 2) 이러한 결과를 비교하기 위하여 전산유체역학(CFD, Computational Fluid Dynamics)을 이용하여 GC 분석기가 설치된 전형적인 실험실의 환기 조건과 한국산업표준에 적용한 동일 누출조건(6bar의 압력, 누출공 면적 0.25 mm<sup>2</sup>)으로 해석한 결과, 수소 누출원에서 수소 농도가 폭발하한값(LFL)의 25% 수준인 1%로 나타나는 최대범위는 약 0.504m로 나타났다.

- 3) 이러한 결과에 따라 한국산업표준에서 제시한 수식을 이용하여 도출한 폭발위험범위가 전산유체역학 해석 결과보다 훨씬 보수적임을 알 수 있다. 또한 본 수치해석은 연속 누출을 가정한 결과로 실제보다 보수적으로 계산을 한 것이므로 해석모델과 같이 실험실 내부의 원활한 공기유동 형성을 위하여 워크인 후드나 흡후드의 개구부를 일부 열어두고, 가스누출 탐지기가 설치되어 연속 누출이 되지 않고 가스 누출시 차단이 된다면 실험실에서 GC 공급용으로 사용하는 수소의 경우는 폭발 위험성이 현저히 줄어들 것으로 판단된다.

- 4) 본 연구 결과를 통해 전산유체해석이 인화성 가스 취급 소형설비의 폭발 위험성 평가 도구로서 활용할 수 있음을 알 수 있었다. 이처럼 인화성 가스 취급 장비의 설계 과정에 전산유체해석을 적용하여 설비 폭발 방지를 위한 최적 설계 방안 도출에 도움이 되리라고 생각한다.

- 5) 향후 한국산업표준(KS C IEC 60079-10-1)이 개정되는 경우, 폭발위험범위 1m 이하의 소형설비에 적용할 수 있는 폭발위험장소 범위 추정 방법 및 폭발위험장소 검토가 필요한 인화성 가스의 최소 취급량 등에 대한 제시가 필요할 것으로 사료된다.

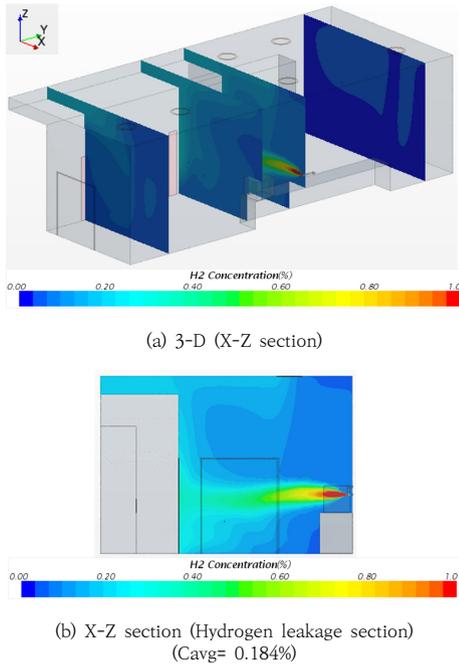


Fig. 8. Hydrogen(H2%) distribution (X-Z section)

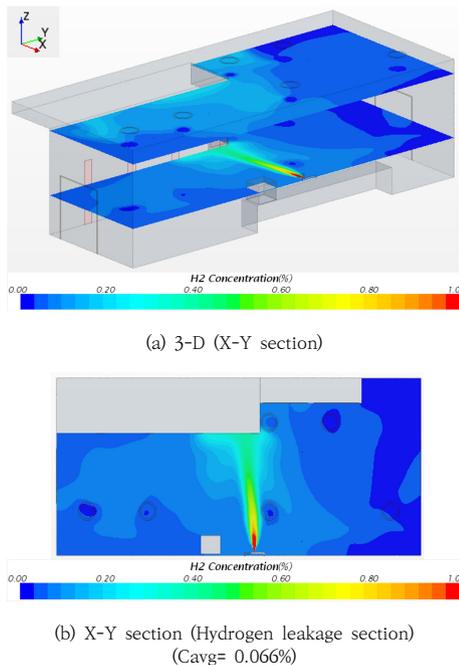


Fig. 9. Hydrogen(H2%) distribution (X-Y section)

## References

- [1] J. P. Yim and C. B. Chung, "A Study on Classification of Explosion Hazardous using Lighter Than Air Gases", *J. Korean Soc. Saf.*, Vol 29, No. 2, pp. 24-30, 2014.
- [2] Ministry of Employment and Labor "Rules on Occupational Safety and Health Standards", 2022.
- [3] J. P. Yim and C. B. Chung, "Validity Review on Classification of Explosion Hazardous Area using Hypothetic Volume", *J. Korean Soc. Saf.*, Vol. 29, No. 6, pp. 68-75, 2014.
- [4] D.Y. Pyo, O.T. Lim, "A Study on Explosive Hazardous Areas in Hydrogen Handling Facility" *Trans. of Korean Hydrogen and New Energy Society*, Vol. 30, No. 1, pp. 29-34, 2019.  
DOI: <https://doi.org/10.7316/KHNES.2019.30.1.29>
- [5] Holler, Skoog, Crouch "Principles of Instrumental Analysis/6<sup>th</sup> Edition" p.724, CengageLearning, March 2008. pp.724.
- [6] Korean Industrial Standards, "KS C IEC 60079-10-1: 2015, Classification of Areas - Explosive Gas Atmospheres", 2017.
- [7] A.A. Malakhov, A.V. Avdeenkov, M.H. du Toit, D.G. Bessarabov, "CFD simulation and experimental study of a hydrogen leak in a semi-closed space with the purpose of risk mitigation" *International Journal of Hydrogen Energy*, Vol45, Iss.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.01.035>
- [8] Hinze, J. O. : Turbulence, McGraw-Hill, 1956, pp.586.
- [9] Ministry of Employment and Labor "Rules on Occupational Safety and Health Standards, Attached Form 13", 2022.
- [10] Korea Occupational Safety and Health Agency, Hydrogen.

### 강 선 병(Sun-Byoung Kang) [정회원]



- 1999년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학사)
- 2007년 2월 : 충남대학교 산업대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2016년 11월 ~ 현재 : (주)세종안전보건기술원 대표
- 2017년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 박사과정

<관심분야>

화재폭발 예방, 기계안전, 산업안전

### 김 기 성(Ki-Sung Kim) [정회원]



- 1993년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학사)
- 2017년 2월 : 공주대학교 테크노전략대학원 기계자동차공학과 (공학석사)
- 1992년 12월 ~ 현재 : 한국산업안전보건공단

<관심분야>

화재폭발 예방, 산업안전, 위험성평가기반 사고예방

### 이 영 석(Young-Seok Lee) [정회원]



- 1999년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학사)
- 2019년 2월 : 울산대학교 일반대학원 안전보건학과 (공학석사)
- 2005년 2월 ~ 현재 : 한국산업안전보건공단
- 2020년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 박사과정

<관심분야>

위험성평가, 기계안전, 산업안전

### 송 인 회(In-Hoe Song) [정회원]



- 2004년 2월 : 충북대학교 안전공학과 (공학사)
- 2015년 2월 : 충북대학교 산업대학원 안전공학과 (공학석사)
- 2005년 3월 ~ 현재 : 한국산업안전보건공단
- 2016년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 박사과정

<관심분야>

안전보건경영시스템, 기계안전, 산업안전

박 성 영(Sung-Young Park)

[종신회원]



- 1993년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학사)
- 1995년 2월 : 충남대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2002년 5월 : Texas A&M Univ. 기계공학과 (공학박사)
- 2006년 4월 ~ 현재 : 공주대학교 미래자동차공학과, 정교수

<관심분야>

기계 및 산업안전, 열유동 해석, 내연기관 성능개발