

# 수소추진선박의 연료준비실내의 환기특성에 관한 연구

류보림\* · Duong Phan Anh\*\* · Nguyen Quoc Huy\*\*\* · † 강호근

\*,\*\*한국해양대학교 대학원 박사과정생, \*\*\*한국해양대학교 대학원 석사과정생, † 한국해양대학 해양경찰학부 교수

## A Study on Ventilation Characteristics in Fuel Preparation Room of Hydrogen Fueled Vessel

Bo Rim Ryu\* · Phan Anh Duong\*\* · Quoc Huy Nguyen\*\*\* · † Hokeun Kang

\*,\*\*,\*\*Student, Graduate School of National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

† Professor, Division of Coast Guard Studies, National Korea Maritime and Ocean University, Busan 49112, Korea

**요 약** : 기후위기로 인해 온실가스 감축을 비롯한 다양한 환경규제가 발효되고 있다. 이는 어느 특정 산업분야에 그치지 않고, 전세계적이고 산업 전반에 영향을 미치고 있다. 이러한 이유로 IMO와 각국 정부에서는 조선·해운산업관련한 전략과 정책을 발표하고 있는 상황이다. 현행 규정은 기존 화석연료를 사용하면서 스크리버와 같은 부가설비를 통해 일정부분 해결가능하겠지만, 궁극적으로는 에너지 전환을 통해 선박에서 발생하는 배출가스에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>)와 같은 온실가스의 배출을 제한해야 한다. 이를 위해서는 전통연료인 기름과 천연가스를 대체할 수 있는 연료를 개발해야한다. 그중에서 수소는 연료로 사용할 때 오염물질을 배출하지않는 청정에너지로써 주목을 받고 있다. 하지만, 수소를 폭발범위가 넓고 확산속도가 빨라 이에대한 연구가 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 수소추진선박의 연료준비실내에서 수소 누출이 발생하였을 때 그 경향을 분석하고 환기특성을 알아보하고자 하였다.

**핵심용어** : 친환경선박, 수소추진선박, 연료준비실, 누출, 확산, 환기

**Abstract** : Due to the climate crisis, various environmental regulations including greenhouse gas reduction are in effect. This is not limited to any specific industry sector, but is affecting the entire industry worldwide. For this reason, the IMO and governments of each country are announcing strategies and policies related to the shipbuilding and shipping industries. The current regulations can be partially resolved through additional facilities such as scrubbers while using existing fossil fuels, but ultimately, the emission of greenhouse gases such as CO<sub>2</sub> from the exhaust gases generated by ships must be restricted through energy conversion. To this end, it is necessary to develop fuels that can replace traditional fuels such as oil and natural gas. Among them, hydrogen is attracting attention as a clean energy that does not emit pollutants when used as a fuel. However, hydrogen has a wide explosive range and a fast dispersion speed, so research on this is necessary. Therefore, in this paper, when hydrogen leakage occurs in the fuel preparation room of a hydrogen-powered ship, the trend was analyzed and the ventilation characteristics were investigated.

**Key words** : Eco-friendly ship, Hydrogen-powered vessel, Fuel preparation room, Dispersion, Ventilation

## 1. 서 론

IMO는 기후변화에 대응하기 위해 2008년 대비하여 2050년까지 선박에서 발생하는 온실가스의 총량을 50%를 감축하는 IMO 2050 전략을 발표했다(IMO, 2018). 이로 인해 조선·해운업계에서는 다양한 방안을 모색하고있고, 최종목표인 탈탄소화를 달성하기 위해 기존의 중질유를 대체하기 위한 대체연료 사용에 관한 연구개발을 진행하고있다(GMF, 2021).

현재, 다양한 대체연료가 거론되고 있고 수소는 그중에서 오염물질을 배출하지 않은 대표적인 무탄소 연료이다. 수소를 선박연료로써 사용하기 위해서는 수소의 특성을 연구할 필요가 있고, 본 연구에서는 수소 연료준비실 내에서 수소가 누출

되었을 시 확산 경향과 환기 특성을 알아보하고자 하였다.

## 2. 해석 모델

### 2.1 수학적 모델

본 연구에서는 FLACS-CFD를 사용하여 시뮬레이션하였고, 주요 수학적 모델은 아래 수식 (1)~(5)를 따른다.

질량 보존 방정식(Gexcon AS, 2019) :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\beta_v \rho) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\beta_j \rho u_j) = \frac{\dot{m}}{V} \quad (1)$$

† 교신저자 : hkkang@kmou.ac.kr, 051-410-4260

\* ryuborim@g.kmou.ac.kr

여기서,  $\beta$ 는 공극률,  $\mu$ 는 속도 벡터,  $m$ 는 질량유량,  $\rho$ 는 밀도 그리고  $V$ 는 부피이다.

운동량 방정식(Gexcon, 2019) :

$$\frac{\partial}{\partial t}(\beta_v \rho) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\beta_j \rho u_j) = -\beta_v \frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\beta_j \sigma_{ij}) + F_{o,i} + F_{w,i} + \beta_v(\rho - \rho_0)g_i \quad (2)$$

여기서,  $p$ 는 압력,  $\sigma$ 는 스트레스 텐서,  $F$ 는 저항력 그리고  $g$ 는 중력가속도 이다.

에너지 보존 방정식 (Kim and Choi, 2017) :

$$\frac{\partial \rho h_s}{\partial t} + \nabla(\rho u h_s) = \frac{Dp}{Dt} - \nabla q'' + \tau \nabla u \quad (3)$$

여기서,  $h_s$ 는 엔탈피,  $q''$ 는 열유속이다.

난류 모델은 k- $\epsilon$ 모델을 사용하고, 아래 수식과 같다.

$$-\rho u_i \overline{u_j} = \mu_{eff} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \rho \frac{2}{3} \kappa \delta_{ij} \quad (4)$$

여기서,  $\delta_{ij}$ 는 Kronecker 델타 함수이다.

누출량(Zhu et al, 2020; Zhu, 2014) :

$$Q = CA\rho_L \sqrt{\frac{2(P_T - P_{atm})}{\rho_L} + 2gH} \quad (5)$$

여기서, C는 누출계수, A는 누출 위치에서의 단면적,  $\rho_L$ 는 누출되는 유체의 밀도,  $P_T$ 는 배관내 압력, H는 누출지점과 설비내의 액체 높이 차이이다.

## 2.2 CFD 모델

본 연구에서 사용된 해석 모델은 Fig. 1과 같다.

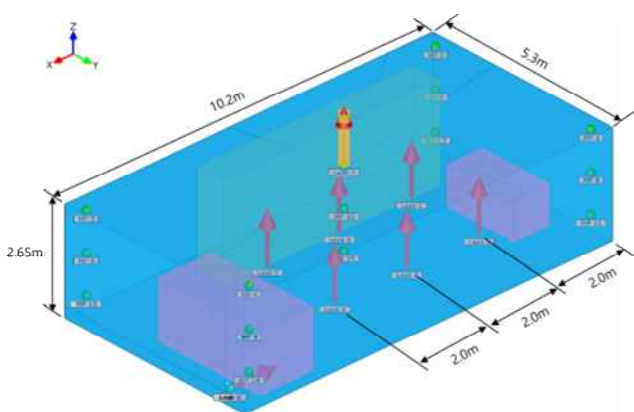


Fig. 1 CFD model for dispersion and ventilation

## 3. 결 론

본 연구에서는 수소가스의 누출 위치, 배기 형태, 공기 흡입구 위치 등에 따른 영향을 비교분석하였다. 이를 통해 향후

수소추진선박의 개발을 위한 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 사 사

이 논문은 2020년도 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(20200520, 수소선박 안전기준개발사업). 이 논문은 2022년 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임.(RS-2022-00144116, 2022년 친환경선박전주기 핵심기술개발사업). 본 논문은 부산광역시 및 (재)부산인재평생교육진흥원의 BB21플러스 사업으로 지원된 연구임.

## 참 고 문 헌

- [1] IMO - International Maritime Organization (2018) UN body adopts climate change strategy for shipping.
- [2] Global Maritime Forum(GMF)(2021), Five percent zero emission fuels by 2030 needed for Paris-aligned shipping decarbonization. Getting to Zero Coalition Insight Series.
- [3] Gexcon AS(2019), FLACS v10.9 User's Manual.
- [4] Kim, C. M. and Choi, B. C.(2017), Dispersion analysis of the unignited flare gas in an LNG-FPSO vessel, Journal of Advanced Marine Engineering and Technology, Vol.41, No.8, pp.753-759.
- [5] Zhu, G., Guo, X., Yi, Y., Tan, W. and Ji, C.(2020), Experiment and simulation research of evolution process for LNG leakage and diffusion, Journal of Loss Prevention in The Process Industries, Vol. 64, pp.220-229.
- [6] Zhu, D. Z.(2014), Example of simulating analysis on LNG leakage and dispersion, Procedia Engineering, Vol. 71, pp. 220-229
- [7] Dadashzadeh, M., Ahmad, A. and Khan, F(2016), Dispersion modelling and analysis of hydrogen fuel gas released in an enclosed area: A CFD-based approach. Fuel, Vol. 184, pp. 192 - 201.
- [8] Hajji, Y., Bouteraa, M., ELcafsi, A., Belghith, A., Bournot, P. and Kallel, F(2015), Natural ventilation of hydrogen during a leak in a residential garage, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 50, pp. 810-818.