

障害物を卓越する重質量有毒ガスの移流拡散挙動に関する研究

A study of advection and diffusion behavior of heavy gas around an obstacle.

*中西 優雅¹, 大橋 弘史², 佐藤 博之²

¹筑波大学, ²日本原子力研究開発機構

高温ガス炉に接続する水素製造プラントから重質量有毒ガスが漏洩した場合、原子炉運転員などへの影響が懸念される。本研究では、その防護策として設置する障害物周りの有毒ガス移流拡散挙動の解明を目的とした流体シミュレーションを行い、障害物の形状に応じて有毒ガスの拡散に差異が生じることを確認した。

キーワード：高温ガス炉、水素製造、有毒ガス、移流、拡散、流体シミュレーション

1. はじめに

高温ガス炉に接続する水素製造プラントから有毒ガスが漏洩した場合、原子炉運転員などに影響を及ぼす懸念がある。原子炉建屋と水素製造プラント間へ障害物を設置することで有毒ガスを拡散させる効果が期待できるが、実際に実験を行うことは困難である[1]。本研究では流体シミュレーションを用いて有毒ガスの移流拡散挙動を解明することを目的とする。

2. 解析

2-1. 解析方法

有毒ガスの移流拡散を解明するためにシーメンス社の「STAR-CCM+ ver13.04」を採用し、二酸化硫黄の漏洩を想定した。本検討では RANS を解くことで計算を行い、乱流モデルには k-ε モデルを採用した。

2-2. 解析モデル

メッシュの基準サイズは 0.08mm でポリヘドラルメッシュを採用し、障害物周りとその背後の領域を基準サイズの 10 分の 1 に細分化した。障害物の形状を Fig.1 に示す。密度は一定で圧力は大気圧に設定した。漏洩源を流入面に設置し、漏洩高さを 0.1m、0.2m に設定した。

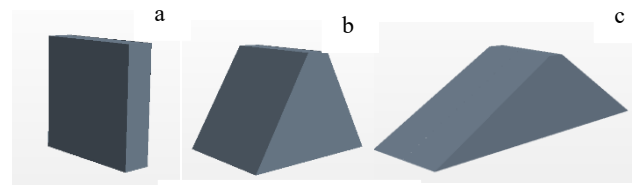


Fig.1 Obstacle model.

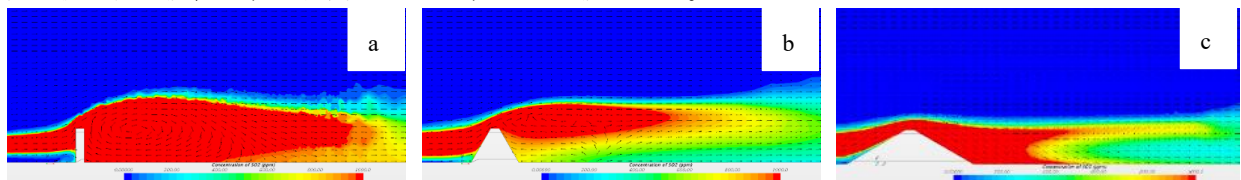


Fig.2 Vertical cross-sections of concentration fields around obstacles.

3. まとめ

Fig.2 は漏洩高さ 0.1m の場合のそれぞれのモデルにおける有毒ガスの拡散挙動のコンター図である。漏洩高さ 0.1m の場合では障害物に接触し卓越したガスは主に剥離線の下部を移流する様子が確認された。90°と60°モデルでは剥離線上部から渦に引き込まれることで障害物の背後にガスが滞留した。一方、30°モデルでは卓越したガスが障害物の斜面に沿って移流した。30°モデルは他モデルと異なり、ガスを引き込むような渦が形成されないため、ガスはそのまま下流へ移流した。90°モデルでは 1000ppm を超える高濃度領域が他モデルよりも大きくなる。これは障害物背後での風速が小さいためガスの多くが滞留しているためだと考えられる。

一方、漏洩高さ 0.2m の場合では全てのモデルで障害物前面とガスの接触が確認されなかった。ガスの下側から障害物を卓越する流れによりガスが持ち上げられ接触が妨げられたと考えられる。そこからガスは上昇流により巻き上がり、剥離線の上部を移流することで再循環領域に引き込まれにくくなり、高濃度の帯状の領域を保ったまま下流へ移流する様子が確認された。

参考文献

[1] Sully, M. Heitsch, D. Baraldi and H. Wilkening, et al., “Numerical simulations of hydrogen and hydrogen chloride releases in a nuclear hydrogen production facility” INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY 36 pp. 1083-1093 (2011)

*Yuga Nakanishi¹, Hirofumi Ohashi² and Hiroyuki Sato²

¹Tsukuba Univ., ²Japan Atomic Energy Agency.