

数値流体力学 (CFD) を活用した 水素の拡散解析 —水素社会の実現に向けた技術開発—

研究・開発機関 : 川重テクノロジー株式会社 設計ソリューション部 熱流動解析課
 利用施設 : 自社設備、FOCUSスパコン
 計算規模 : 数百~数千万セル
 利用ソフトウェア : STAR-CCM+, Ansys FLUENT

Before

- 水素社会の実現に向け様々な技術開発が進められています。その動きの中で設計検討と安全性の評価を行うためには事前に水素ガスの漏洩挙動を把握する必要があります。
- そこで、安全性評価を目的にCFDを活用した事例として水素運搬船の貨物機器室を対象とした水素の拡散解析を行うことにしました。

After

- Step1: 換気性能向上を目的に設置機器などを簡略化し空気の流れのみを取り扱う簡略モデルを用い複数ケースの解析を実施しました。換気性能評価は滞留時間などを用いました。
- Step2: Step1で得られた最適な換気仕様を基に詳細モデルを用いた水素漏洩時の拡散解析を実施しました。これにより水素ガスの漏洩挙動が把握可能になりました。

背景と目的

川崎重工業株式会社では水素社会の実現に向け様々な技術開発を進めています。水素を安全に取り扱うために、リスクアセスメント対策に基づく定性的/定量的解析を実施することとしています。

水素ガスは着火しやすいだけでなく燃焼速度も速く、万一、船体外板と積載タンクとの間に設ける閉囲区画において漏洩した場合は、速やかな換気が必要となります。ここでは、図1に示す液化水素運搬船の貨物機器室内を対象とした水素漏洩時の拡散解析をCFD活用事例として挙げます。

水素配管が配置された貨物機器室は、漏洩時に対して換気流れを形成する必要があるため、Step1では換気性能の検討解析を、Step2では様々な漏洩シナリオに基づいた換気・拡散解析を実施し、水素の拡散状況を確認することとしました。



(引用: 川崎重工技報・182号)

図1 液化水素運搬船の貨物機器室

利用成果

Step1では貨物機器室の換気性能の向上を目的に、給排気口の換気仕様(開口面積、方向、部位等)を変更した解析を実施しました。換気性能の評価には、室内各所から排気されるまでの時間である滞留時間(空気余命)を、流動状況の把握には流線や等値面を用いました。図2にStep1の解析モデルおよび排気口の向きを変えた場合の換気状況の比較(条件A、B)を示します。最適な換気仕様を決定するには複数の解析結果を対比する必要があります。そこで一回あたりの解析規模削減のため機器形状を簡略化し、空気の流れのみを取り扱うモデルを用いました。

換気仕様の変更に対応できるように、格子作成にはオートメッシュ機能(ポリヘドラルメッシュ)を用い、貨物機器室全体の流況を捉えるよう空間全体の解像度を均一にした(粗密を抑えた)格子配置としました。条件Aに対して排気口の向きを変更したBは滞留時間300秒の等値面が大幅に減少することが分かります。

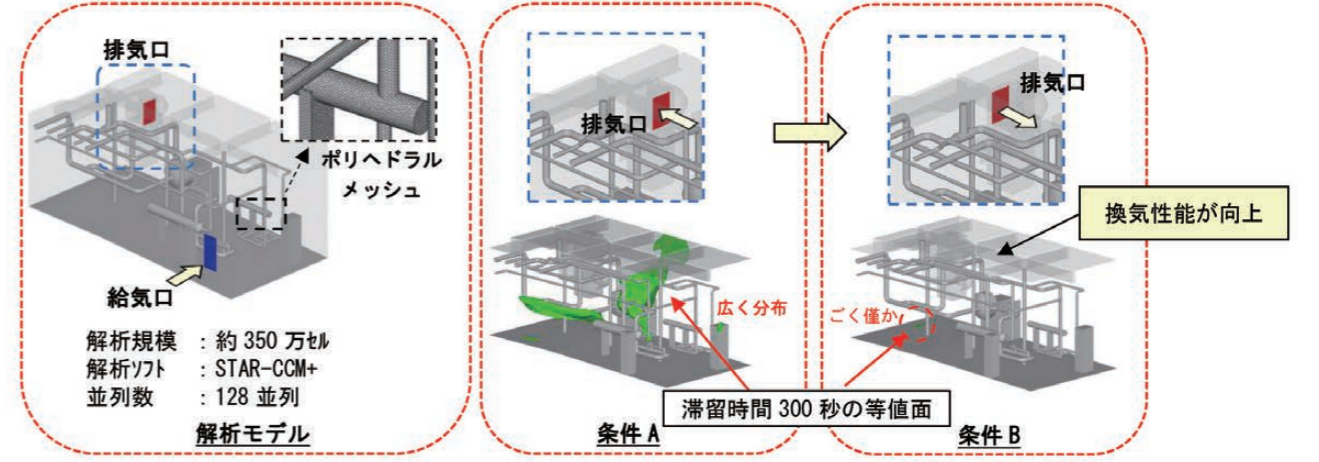


図2 Step1: 解析モデルと排気口を変えた場合の換気状況の比較

次にStep2として、Step1で得られた最適な換気仕様を基に貨物機器室機器を詳細にモデル化し、様々な漏洩シナリオを想定して換気・漏洩解析を実施しました。図3に詳細解析の解析モデルと解析結果の例を示します。配管および設置機器だけでなく、流れに影響する対象物として配管フランジやドリフトレイおよびリブ等を詳細にモデル化しています(図3左)。また、水素漏洩時の拡散状況を精度良く捉えるため、ヘキサメッシュをベースとし空間解像度を上げた格子配置としました。漏洩穴付近は、高速流になることを踏まえ格子を細密化しています(図3中央)。評価の指標は、水素濃度の分布や滞留時間および流線などです。解析結果から、漏洩した水素が吸気口からの換気空気とともに、速やかに排出されている状況が確認できました(図3右)。

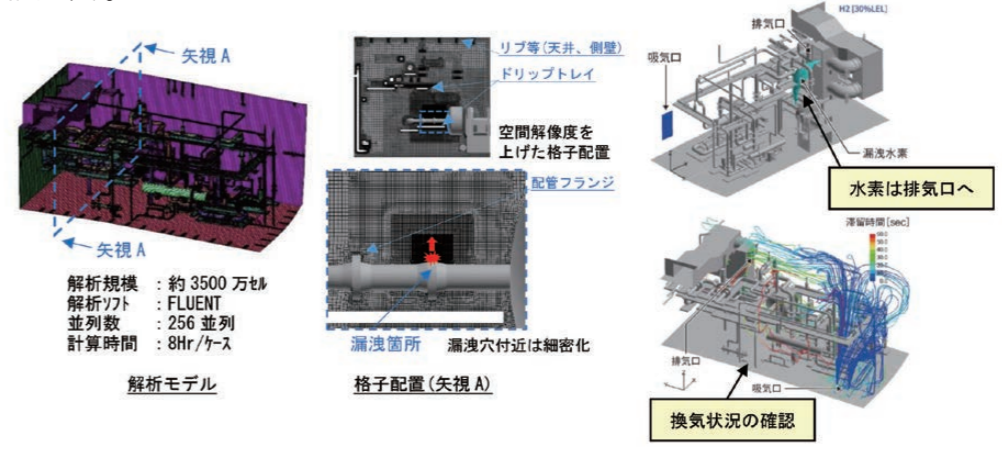


図3 Step2: 詳細解析の解析モデルと解析結果の一例

出典: 川崎重工技報・182号