

3次元熱流体解析によるFCV用高压水素タンク内温度予測

研究・開発機関 : [株式会社コベルコ科研](#) 計算科学センター
 利用施設 : FOCUSスパコン
 計算規模 : 100~500万セル
 利用ソフトウェア : Ansys Fluent

Before

●タンクへの水素充填においては、充填ノズル先端で衝撃波をともなった超音速流が生じるため、充填完了までの非定常解析をスパコンでも実施するには1ケースの解析に数週間かかり、実用的な活用が困難でした。

After

- 計算負荷が膨大となる要因である超音速流解析を簡易モデル化することで、水素タンクの充填解析を、精度を保ちながら高速化しました。
- これにより、様々な充填条件におけるタンク内の温度分布の検討を効率よく実施できるようになりました。

背景と目的

燃料電池自動車 (FCV) の重要部品である車載用高压水素タンクの実用化において、ガソリン車と同等の3分程度で急速充填することが求められています。しかし急速充填する際の問題として、タンク内温度がタンク素材である炭素繊維強化プラスチック (CFRP) 使用許容温度の85℃を上回る可能性があることが指摘されています。

そのため、様々なタンク形状・使用環境において、安全で効率的な充填を行うには、タンク内の温度や流れの状態を正確に把握する必要があり、タンク内温度を計測した事例が数多く発表されています。

一方、水素タンクは高压容器であることからタンク内の流れを直接見ることは難しく、CFD (Computational Fluid Dynamics: 数値流体力学) によりタンク内の流れを可視化することが必要とされていますが、それを実現するために必要な水素充填時のタンク内温度予測を行った事例は少ない状況でした。

そこで、CFDによるタンク内温度の予測技術を開発することにしました。

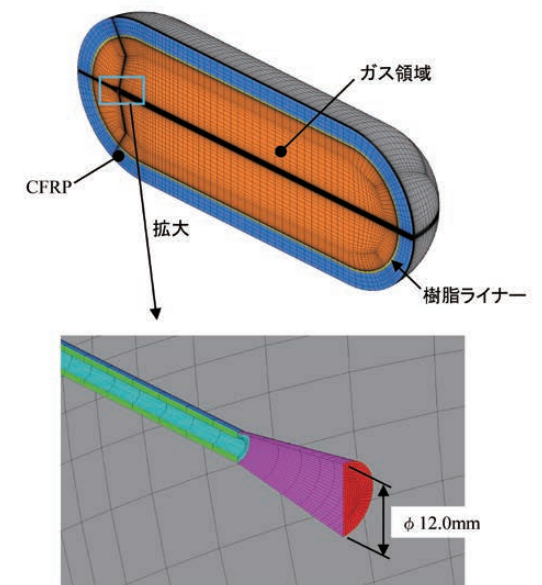


図1 簡易モデルの解析メッシュ

利用成果

コンピュータによる解析時間がかかる主な要因である充填ノズル近傍の超音速領域と、それ以外のノズルから離れた亜音速領域を分けてモデル化する簡易モデルを構築し、タンク全体を一体としてモデル化した詳細モデルとの比較を行いました。

簡易モデルではノズル近傍ではメッシュを作成せず、それ以外の領域では通常のメッシュ作成になります。詳細モデルではすべての領域で通常のメッシュで計算することになり、簡易モデルよりも細かいメッシュとする必要があります。図1の上図はタンク全体の形状を表しており、下図に示すように、簡易モデルでは充填ノズル近傍のメッシュは作成しておらず、メッシュも粗くできるため簡易モデルでのメッシュ数は約100万、詳細モデルのメッシュ数は約500万となりました。

解析条件

タンクの内容積は40L、60secでタンク内圧力が80MPaまで上昇するという条件で、簡易モデルと詳細モデルによるタンク内温度の時間変化、計算時間の比較を行いました。

解析結果

図2にタンク内温度の時間変化を示します。○は簡易モデルで計算した結果で、実線は詳細モデルで計算した結果です。タンク内温度の時間変化を比較すると、簡易モデルと詳細モデルのどちらも時間が進むにつれて温度が上昇しており、約78℃まで上昇していることが分かります。

簡易モデルと詳細モデルの温度差は約0.4℃であり、簡易モデルでも詳細モデルと精度的に同等の結果を得ることができました。簡易モデルの計算時間は詳細モデルの約1/50で、詳細モデルと同等の結果を高速に得ることができるようになり、充填条件の検討を効率的に実施できるようになりました。

図3に簡易モデルによるタンク内温度分布の計算結果を示します。上図は二次元軸対称モデルによる結果、下図は三次元モデルの結果です。タンク内温度分布では、二次元軸対称モデルではタンクの上下で同じ温度ですが、三次元モデルではタンク下側に低温領域、上側に高温領域ができており、低温領域と高温領域の温度差は約6℃であることが分かります。このように両モデルの間では細かい部分の違いが出るのが分かります。

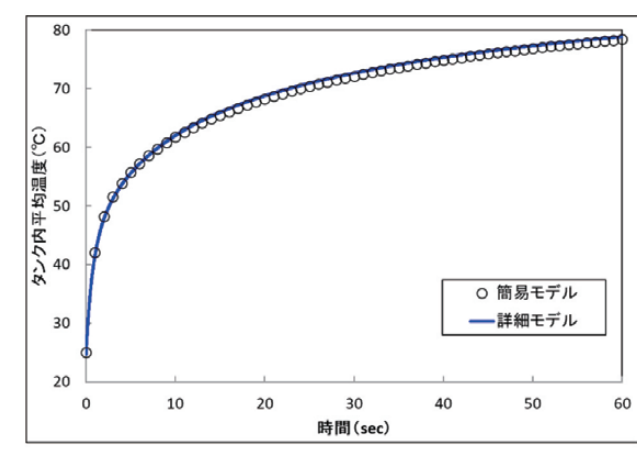


図2 タンク内平均温度の時間履歴

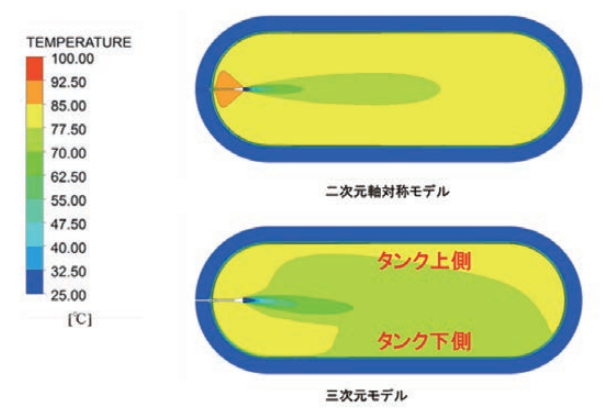


図3 水素タンク内の温度分布 Time=50.0sec

様々な現象を解明するためには詳細なモデルを構築して解く必要がありますが、計算時間の関係から実用的な利用が困難な場合があります。当社では両者のバランスを取りながら、研究開発を進めていきます。