

本資料のうち、枠組みの内容は商業機密に属しますので公開
できません。

リサイクル燃料貯蔵株式会社

提出日 2022年3月16日

管理表No. 1206-11 改訂00

項目	コメント内容
除熱 (第16条)	FLUENT 検証として、建屋内温度分布の検証データが示されているが、FLUENT による解析は空間温度ではなく壁面温度の評価を目的に用いているのではないかと。壁面温度評価における検証データが適切に検証されたものか、解析の誤差範囲も併せて説明すること。

(回答)

FLUENT 検証解析において検証対象とした電中研スケール除熱試験(以下「電中研試験」という。)は、FLUENT による三次元流動解析により試験建屋内の全体的な伝熱流動場が概ね妥当な範囲で再現できることの確認を目的としている。電中研試験では試験建屋内の空気流速、温度が測定されているが、一方で壁面温度は測定されていない。この為、FLUENT 検証解析は、壁面温度の検証までカバーするものではない。

そこで、貯蔵建屋三次元熱流動解析における壁面温度の FLUENT 予測精度向上、及び保守的な評価設定を目的として、躯体壁面に接する流体空間の格子幅を最適化する検討を、FLUENT 検証解析とは別に実施している。

具体的には、貯蔵建屋内の流動状態と同等のオーダーとなる無次元数(レイノルズ数、レイリー数等)、流体と接する加熱面の平均温度と対流熱伝達率を実測している実験体系を公知の論文から選定し、鉛直面(貯蔵建屋側壁等、文献[1])の対流熱伝達実験の体系で確立された実験式、及び貯蔵建屋と同等スケールの解析モデルを使用して、FLUENT 上で解析格子幅(加熱面に接する流体側第一格子の大きさ)を変化させた場合に、加熱面平均温度評価値がどう変化するか検証している。その結果より、貯蔵建屋の躯体表面温度を保守的に評価できる格子幅を選定し、貯蔵建屋の三次元熱流動解析モデルに用いている。

鉛直面(貯蔵建屋の側壁、支柱壁面)に対する検証解析事例を示す。図1は、貯蔵建屋のスケールに合わせた解析モデルの形状と主要解析条件である。解析条件は貯蔵建屋内の空気温度や流速レベルを想定した設定としている。図2は解析格子の参考図であり、加熱面に接する解析格子幅は可変パラメータである。なお、FLUENT 上での乱流モデルや壁面関数等の設定は貯蔵建屋の三次元熱流動解析と同一に設定している。

図1に示す解析条件において、対流熱伝達率の実験式(文献[1])から求めた加熱面平均温度は[]となる。この温度を目標値として、FLUENT 上で解析格子幅のサイズを変えて加熱面平均温度を評価した結果と目標値との差異を表1に示す。この結果より、貯蔵建屋の鉛直壁については、第一格子幅が[]前後で目標温度が得られることが分かる。一方、FLUENT による解析では空気物性の影響を考慮せず、一定として取扱う。物性変化の影響を考慮しない場合、考慮する場合と比較して熱伝達率は大きめに評価される為、評価温度が低くなる傾向がある。この乖離は壁面温度と雰囲気温度の差が大きいほど、又、壁面温度が高いほど大きくなる傾向があり、最大[]程度の乖離と予測される。よって、壁面温度が低めに評価される可能性を考慮し、鉛直面の目標壁面温度を、前述した加熱面平均温度である[]に[]の補正分を加えた[]とし、対応する格子幅[]を貯蔵建屋躯体の鉛直壁面温度評価用の第一格子幅として定めている。

以上の様に、壁面温度評価の検証の為、壁面に接する流体空間の格子幅を検証し、公知の論文から貯蔵建屋と同等となる実験体系を選定し、実験式と、貯蔵建屋と同等スケールのモデルを使用していること、解析条件は貯蔵建屋内の空気温度や流速レベルを想定して設定し、貯蔵建屋三次元熱流動解析と同一な乱流モデル等を設定していること、及び FLUENT 解析の特性から、過小評価とならないよう補正した格子幅としていることから、本検証は適切に検証できたものであると考えている。

表1 第一格子幅と加熱面表面温度との対応

第一格子幅[mm]	加熱面平均温度[°C] 評価値	目標温度(53.9°C)との差異 (評価誤差)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

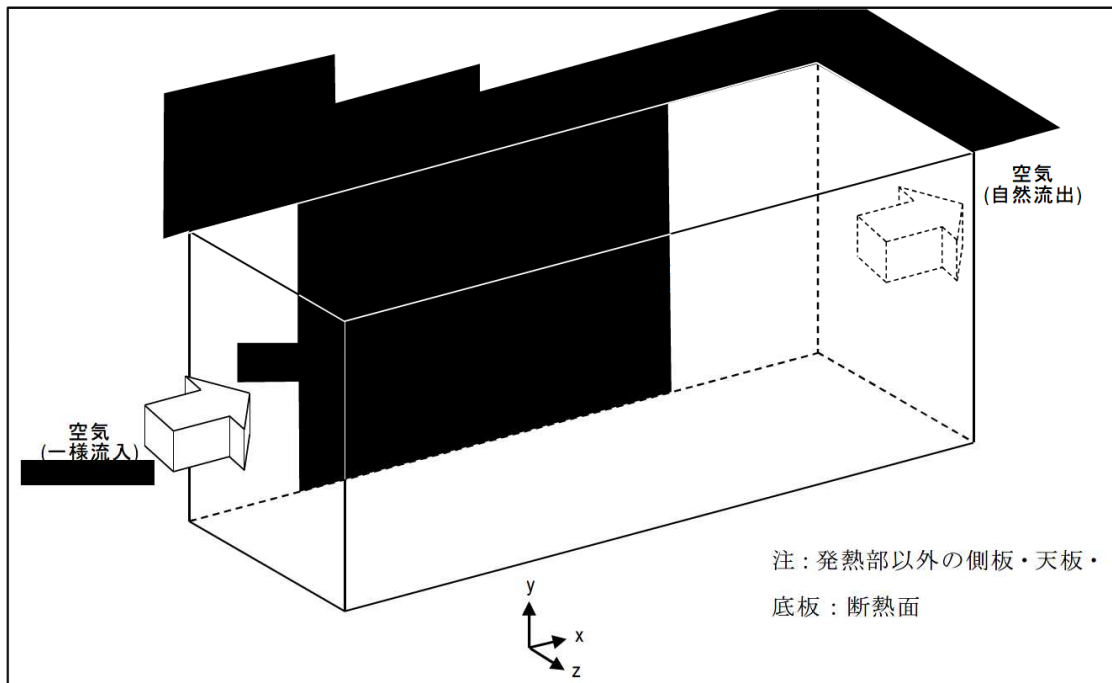


図1 解析モデル形状および解析条件

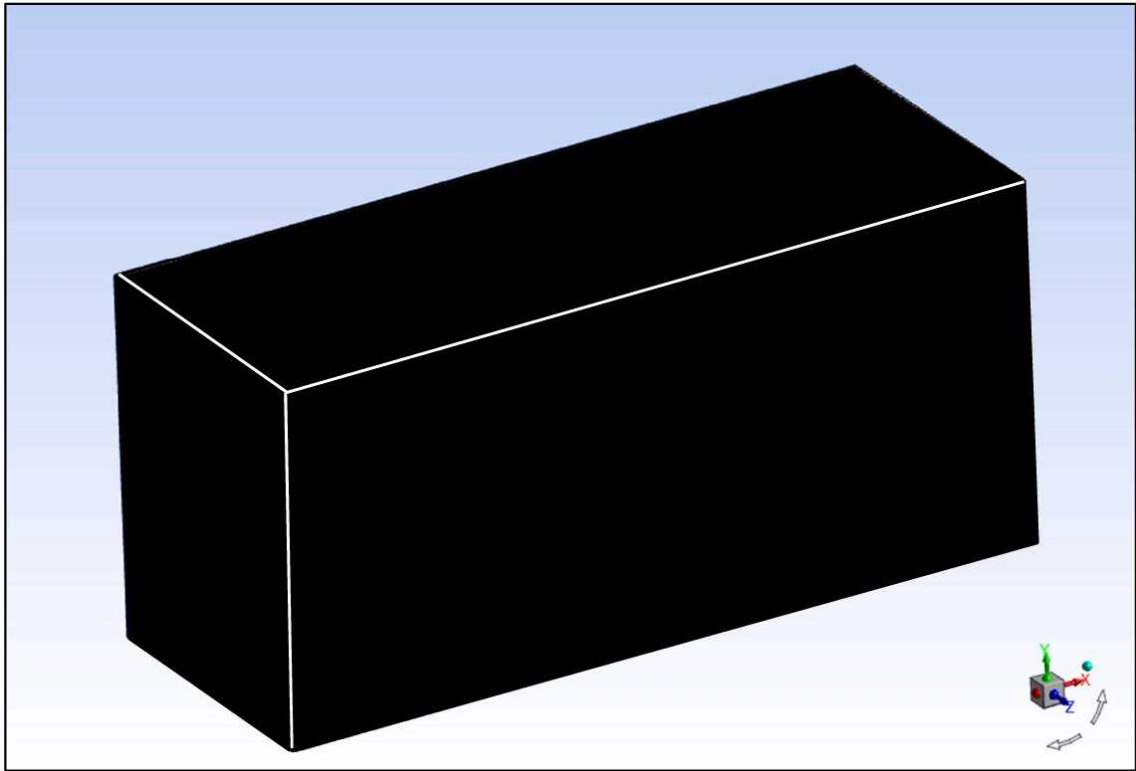


図2 解析格子の例

参考文献

- [1] Clausing, A. M. and Berton, J. J., “An Experimental Investigation of Natural and Combined Convection from An Isothermal Horizontal Plate”, ASME Journal of Heat Transfer, Volume 111, (1989)

以上