

仮想試験としての CAE 活用

—急速充電器の熱設計—

■ 片柳 厚志

Atsushi Katayanagi

■ 古家 成正

Shigemasa Furuie

1 はじめに

開発設計の工程に、フロントローディングの概念が登場して久しい。東光高岳もフロントローディングを推進し、設計業務に 3DCAD や CAE^{注1)} ツールを積極的に導入している。

以前は、開発設計において複数の設計案がある場合、最適な設計案を選択するために、開発試験を実施しそれぞれの案の性能を比較することが多かった。開発試験を行うためにはある程度詳細設計や製作を進める必要があり、開発試験において結果が要求性能を満足しなかった場合、多くの手戻り工数が発生する。それに加え、詳細設計の段階では設計変更がやりにくくなる傾向にあるため、対症療法的な対策を取らざるを得ない場合もある。

設計変更がしやすく、設計変更にかかるコストが少ない設計工程初期において、設計品質を高めることで工程の手戻りを減らすのがフロントローディングの考え方である。その結果、短期間で品質の良い製品ができあがる。

設計工程のフロントローディング化に役立つのが CAE である。設計案を相対比較する程度であれば、詳細設計の前工程でも CAE を適用することは可能である。設計案を選ぶために実施していた試験を CAE に置き換えることにより、設計工程のフロントローディング化を促進することができる。

実際の試験では、供試器や試験環境を準備し、ある条件のもとで測定装置により物理量を測定する。CAE では、モデルを作成、境界条件を設定し、数学的手法により物理量を計算する。つまり、CAE は、“仮想的な”試験であると考えることができる。

本稿では、設計工程のフロントローディング化を実現するため、仮想試験として CAE を適用した熱設計の検討事例を紹介する。

2 CAE 仮想試験の実施例

対象機器は急速充電器^{注2)}である。本稿で検討した急速充電器の概形図と内部配置図を図 1 に示す。急速充電器にはパワーユニット^{注3)}を最大で 4 台実装する。パワーユニットは運転中発熱しており、高温で故障しないよう、排気ファンにより冷却している。筐体内に外気を取り入れる際に雨水や塵埃などが侵入しないよう、給・排気口にフィルタを取り付けている。

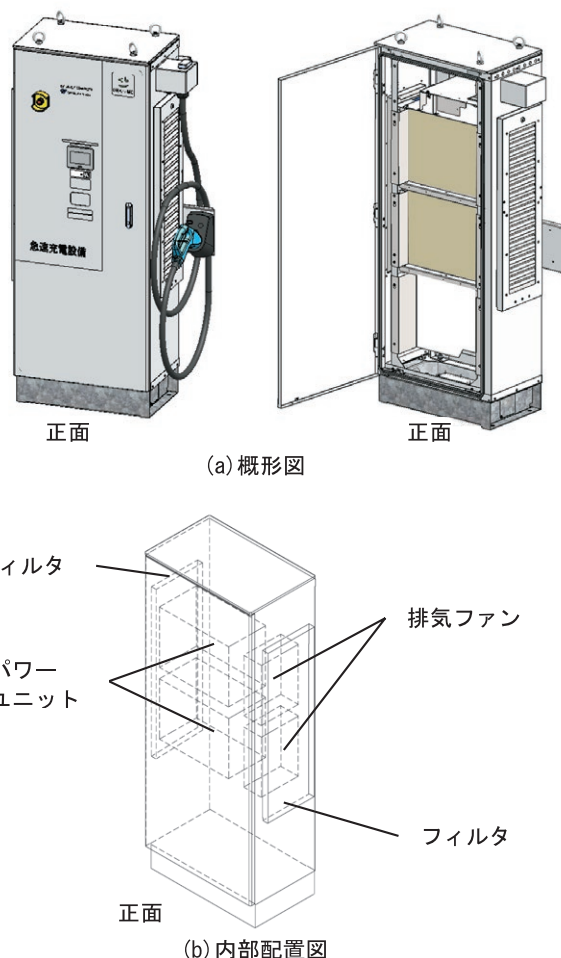


図 1 急速充電器の概形図と内部配置図

紹介例として、CAE の特長を活かした、以下の 2 例を選んだ。

- 試験パターン数が多い事例。
- 試験条件の準備が難しい事例。

次節以降、順に紹介する。

2.1 試験パターン数が多い事例

まず、試験パターン数が多い場合として、パワーユニットの構成を検討した事例を紹介する。急速充電器のパワーユニットは図 1 に示すように上下 2 段に配置しており、各段 2 台の最大 4 台構成である。急速充電器が 50 kW 仕様時には、パワーユニットを 4 台実装し、30 kW 仕様時には、パワーユニットを 2 台実装し出荷する。そこで、2 台構成とした場合、上下段どちらにパワーユニットを実装したほうがより効果的に機器を冷却

できるか検討する。

それに合わせて、パワーユニットを取り外したためにできた空間の扱いも検討する。この空間には、機器の冷却にあまり寄与しない空気の流れができる。このような流れは冷却効率の観点から、存在しないほうが良い。そのため、取り外したパワーユニットがあった位置に、空気の流れを変える阻止板を取り付けることを検討する。

実際に検討した際には、これらの条件のほかにも、排気ファンの運転台数、パワーユニットの実装台数などもパラメータに含めた約 20 通りの組み合わせについて CAE を適用して温度分布を計算したが、本稿では前出の条件の組み合わせである 4 通りの組み合わせの検討結果を紹介する。

計算結果である温度分布図を図 2 に示す。図 2 より、パワーユニットの配置を変えても、温度分布の傾向はほとんど変わらないことがわかる。

阻止板の有無に関して比較すると、阻止板があったほうが筐体下部の温度上昇が抑えられることがわかる。しかし、筐体下部の温度上昇は阻止板がなくてもあまり大きくはないため、あえて阻止板を取り付ける必要はないと判断できる。

よって、ここでの熱設計案の検討結果は、以下のよう

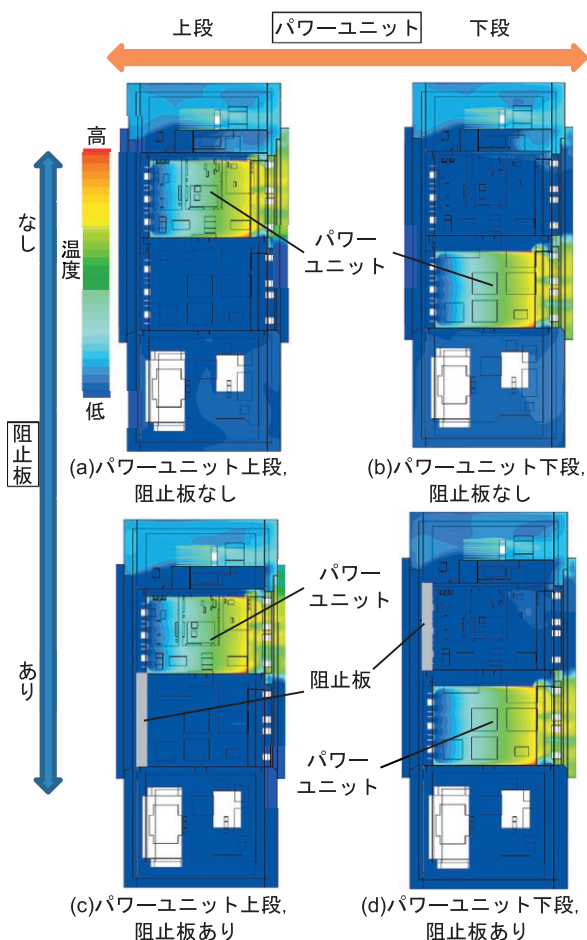


図 2 急速充電器内の温度分布図（パワーユニット構成）

になる。

- パワーユニットは、上・下段どちらにしても影響は変わらない。
- 阻止板は不要である。

このように、詳細設計に入る前に設計案を絞ることができ、後工程に残される不確実さを減らすことができる。開発設計工程がフロントローディング化され、設計品質が向上することが期待できる。

この設計判断をするために試験で確認する場合、より多くの工数を要することが予想される。供試器の調達、試験場・試験人員の確保、試験実施、試験後の片付け、試験データの整理などにかかる工数が必要となる。

いっぽう、CAE の場合は、条件変更に分分、計算に数時間かかる程度である。計算パターン数が多い場合、夜間や休日など、人がいないときにまとめて計算することで、時間を節約することもできる。

このように、設計案のパターン数が多い場合、CAE を活用することにより試験工数の削減が期待できる。

2.2 試験条件の準備が難しい事例

次に、試験条件や環境を準備することが難しい場合として、フィルタの目詰まりによる影響を検討した事例を紹介する。急速充電器には、雨水や塵埃などが機器内部に入り込むのを防ぐため、給・排気口にフィルタを取り付けている。通常、フィルタは空気の流れに対して抵抗として働くため、空気はフィルタを通過しづらくなる。

長時間、機器を運転しているとフィルタに塵埃などが蓄積して目詰まりを起こし、より空気がフィルタを通過しづらくなる。それにより、機器の換気能力が低下し、機器内部に熱がこもりやすくなり高温になる。部品が高温になると部品の寿命が低下し、最悪の場合機器が故障する。

機器の故障を防ぐため、フィルタの目詰まりによる影響を把握する。試験を実施する場合、フィルタの目詰まりを何らかの方法により模擬する必要がある。しかしながら、長時間運転により目詰まりを起こしたフィルタを試験用に再現することは難しい。

空気などの流体がフィルタを通過する際、フィルタが抵抗となって圧力が低下する。そのときのフィルタの入口と出口の圧力差を圧力損失と呼んでおり、圧力損失が大きくなるほど、流体が通過するときの抵抗は大きくなる。フィルタメーカーより提供されているフィルタのカタログや技術資料には、圧力損失の初期値と、最終値が記載されている。初期値はフィルタが新品のときの値であり、最終値は塵埃の蓄積による目詰まりが進行し、圧力損失の増加が限界に達したときの値である。

CAE では、フィルタの設定値は、フィルタを通る流体の流速と圧力損失のデータを基にしている。CAE に

においてフィルタが目詰まりを起こした条件は、フィルタの圧力損失の最終値を適用することにより模擬できる。

フィルタが目詰まりを起こした場合の計算結果を図3に示す。フィルタ構成を標準仕様と耐塩仕様との2種類で比較した。耐塩仕様には標準仕様よりも目の細かいフィルタを採用しており、標準仕様よりも目詰まりしやすい傾向にある。

フィルタが新品のときは、両者とも温度分布はほぼ同じであった。標準仕様ではフィルタが目詰まりを起こしても、筐体内の温度が新品と比較して若干上昇する程度であることがわかる。いっぽう、耐塩仕様ではフィルタが目詰まりを起こすと、筐体内の温度が新品のときと比較して大きく上昇することがわかる。

これより、標準仕様では、長時間運転によりフィルタが目詰まりを起こしても、機器が故障する可能性は低いと考えることができる。

耐塩仕様では、フィルタの目詰まりにより筐体の内部温度が上昇することが予測されるため、標準仕様よりもさらに安全側の温度保護により装置が安全に停止する仕様とすることが考えられる。温度保護のためのセンサ類の取り付け位置は、CAEの結果を参考に決定すること

ができる。フィルタはメンテナンス時に汚れぐあいを確認し、状態に応じて交換ができる構造とすることが考えられる。

このように、試験実施が困難な条件について設計検討する場合、CAEを適用することにより、簡便に機器の性能を把握することができる。

3 おわりに

本稿では、急速充電器の熱設計に関して、実際に試験するにはパターン数が多い場合と、適切な試験条件の模擬が困難である場合について、仮想的な試験としてCAEの特長を活かし有効に活用した事例について紹介した。本稿で紹介した以外にも、東光高岳では以下に示すような場面においてCAEを適用している。

- 大型変圧器やガス遮断器、断路器などの耐震設計
- 大型変圧器やガス遮断器などの絶縁設計
- 操作機構箱や盤内の結露対策など

今後とも、設計工程のフロントローディング化を図る強力なツールとしてCAEを活用し、より良い製品を社会に提供できるよう努めていく。

■ 語句説明

注1) CAE: Computer Aided Engineering の略。コンピュータを用いて設計、製造などの業務を手助けすること。狭義には、コンピュータを使って解析することそのものを指すこともある。

注2) 急速充電器: 電気自動車 (EV: Electric Vehicle) やプラグインハイブリッド自動車 (PHEV: Plug-in Hybrid Electric Vehicle) の充電ができる装置。短時間で急速充電できることが特長。

注3) パワーユニット: AC/DC, DC/DC 変換器。急速充電器の制御に従い、EV に電力を供給する装置。

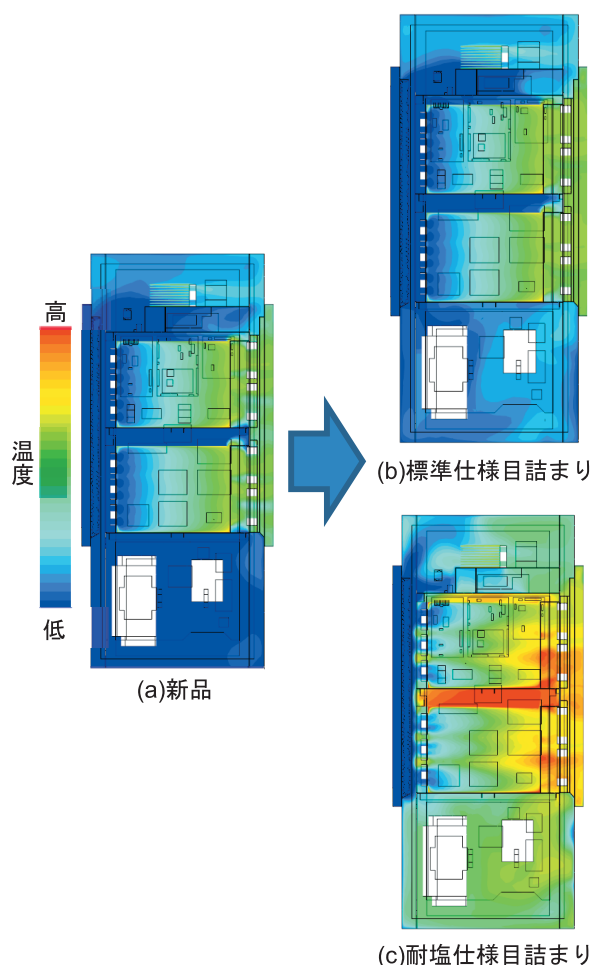


図3 急速充電器内の温度分布図 (フィルタ目詰まり)

片柳 厚志

技術開発本部
技術研究所 解析・試験技術グループ 所属

古家 成正

エネルギーソリューション事業本部
システムソリューション製造部 開発グループ 所属