

## 缶コーヒーの殺菌工程での熱流解析 —安全品質とおいしさ向上の両立—

研究・開発機関 : サントリー食品インターナショナル株式会社  
 利用施設 : FOCUSスパコン  
 計算規模 : コーヒー缶4万3千本の同時加熱殺菌の解析  
 利用ソフトウェア : ANSYS Fluent、3D Transient、8コアのHPCパック

### Before

- 缶コーヒーの殺菌工程であるレトルト殺菌機の内部において、蒸気の流体现象が正確に把握できないため、安全率を大きく取り加熱時間を長めに設定せざるを得ず、結果、おいしさの低減や蒸気コスト増に繋がっていると考えられていました。
- 製造方法に変更点があるたびに殺菌条件を見直す必要があり、1回の条件出し毎に人件費、テスト品、製造停止ロスなどのコストが発生していました。

### After

- レトルト殺菌機の内部の流体现象を見える化し、安心・安全な品質を保ちながらおいしさを向上させること、および蒸気コスト削減に向けたレトルト設計の提案ができました。その設計案をもとに実機にて試運転を行い、効果が確認できれば実機的设计変更を行う予定です。
- 今回のモデルをもとに殺菌条件の事前予測も可能となり、条件出しのコストも低減できると考えています。

### 背景と目的

缶コーヒーの製造工程では、豆を粉砕してコーヒーを抽出し、缶に充填 / 密封し、殺菌機（レトルト殺菌機）と呼ばれる設備に運ばれます（写真）。この設備では製品に与えられる総熱量が大きいほど殺菌力は高まりますが、加熱するほど製品の風味は損なわれます。おいしさを向上させるには総熱量は極力削減する方がよいのですが、釜内部の現象が把握できず、安全性を優先して必要以上に加熱時間を長くせざるを得ませんでした。

また、製造方法に変更点があるたびに殺菌条件を見直す必要があります。その場合は、テスト缶列の中に温度や圧力を測るトレーサーを仕込み、生産ラインで何度も実験を繰り返して殺菌条件を導き出します。この条件出しごとに人件費や商品および包材の消費、製造停止ロスなどのコストが発生していました。

そこで、CFD (Computational Fluid Dynamics) シミュレーションを活用することによって内部の物理現象を見える化し、安心・安全な品質を保ちながらおいしさを向上させること、および実機による殺菌条件出しのコストを低減させることを狙って研究開発が始まりました。



写真 レトルト殺菌機 外観

### ■ 利用成果

#### モデル化における工夫：

釜の内部には配管や蒸気孔、バスケット、大量の缶が配置されて形状が非常に複雑であること、飽和水蒸気が増えると蒸気が凝結して液体への相変化が生じるなどの水の相変化を考慮する必要があることなどから、モデル化には困難が伴います。

そこで、モデルの精度を保ちつつ計算コストを低減させることを目的として、バスケット（缶コーヒーを積載する鉄製の箱）へのポーラスモデルの導入、六角形のメッシュ形状の導入、Eulerian Wall Film機能を用いた蒸気配管および釜内側への液膜モデルの設定、ポーラスモデルに対流熱伝達と飽和蒸気の潜熱の考慮、さらにミストモデルの追加を行った新規ユーザー定義関数導入など、いくつかの工夫を行いました。これらの検討を踏まえてシミュレーションを行った結果を図1に示します。

計算結果からは、流体温度に固体温度が追従するとともに、数点における計測温度と計算結果との比較によると相関係数は全てが0.90以上となること等が分かりました。釜に設置している温度計の温度についても、相関係数が0.93となり、また蒸気が内部を流れる様子についても、実際のデータから想定される流れであったため、実際の流れを再現できたと判断しました。

この計算には社内計算機で25.6日掛かることもあり、FOCUSスパコンを使用したところ、計算速度は約15倍となり、計算時間は1.7日にまで短縮することができました。利用ソフトウェアはFOCUSスパコン上で使用する環境が整えられており、自社からインターネット経由でLinuxコマンドのジョブを投げて、結果を取得することができます。

#### 解析結果の効果：

境界条件を固定して、設計条件を変更しながらそれぞれの解析結果を比較したところ、殺菌前昇温に達する時間が486秒のケースが284秒短縮され、蒸気使用量は10.3%削減という結果を得ました。これにより、品質を維持しながらおいしさ向上および蒸気使用量削減に向けた設計提案が可能となったと考えています。今後はここで得られた設計をもとに実機試験を行い、効果が確認できれば実機への展開を進めたいと考えています。

#### その他、得られた効果として、殺菌条件出しの工数の削減や他商品・他設備へのCFD技術の適用拡大も期待できると考えています。

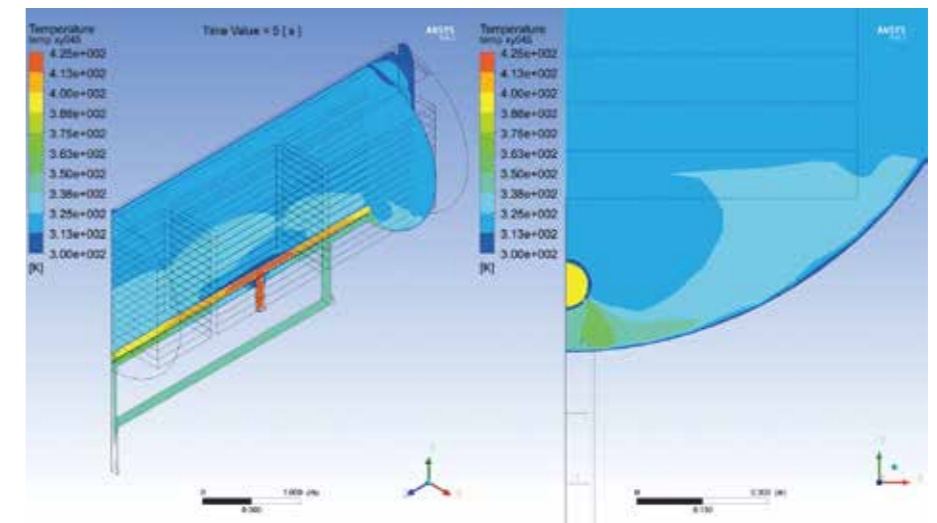


図1 レトルト殺菌機における熱流体解析例（5秒後の殺菌機内部の等温線図）