



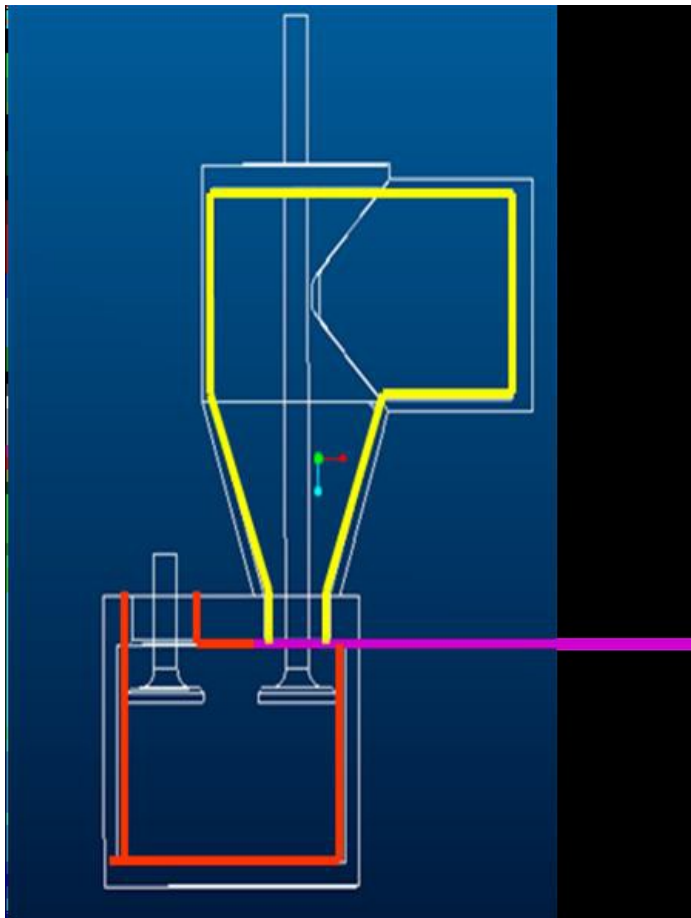
CHAM Limited
Pioneering CFD Software for Education & Industry

CHAM Case Study – エアーインジェクタモデル

Transient – PHOENICS 2009 demonstration case

EA テクニカルソリューション株式会社は、エアーインジェクタの計算を他のメジャーな CFD コードで試したがうまくできなかったため、様々なエアインジェクタモデル内のプロセスガス混合計算に適した CFD コードを探して CHAM にコンタクトしてきました。下に示されている問題では、加圧室からの低温ガスで高温ガス室内の掃気を行います。ここでは、予め設定された流入及び流出バルブ位置に不透過性膜が存在するとしています。流れ場は、最初は静止していますが、計算開始と同時にその 2 つの不透過性膜（紫色）を瞬間的に除去することで流れ始めます。

エアーインジェクタの形状は、PTC の ProEngineer によって生成され、STL フォーマットで 3D ソリッドモデルとしてエクスポートしたものを PHOENICS にインポートしました。



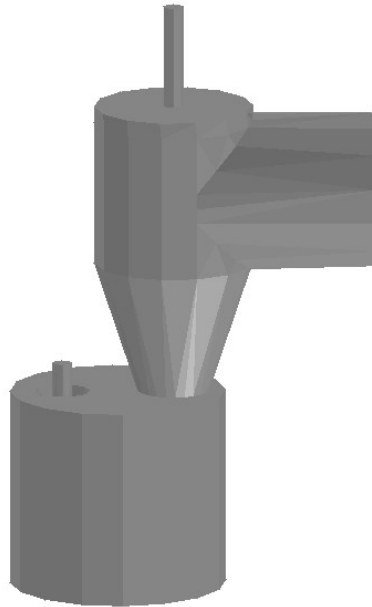
黄色の枠内は加圧室
(数気圧の低温静止空気)

赤色の枠内は大気圧の高温排気ガス

紫色の線（膜）は高温ガス中に低温空気を排出するために計算開始とともに瞬間的に消滅する



計算への要求は、単に低温空気が排気弁から排出されだす時間を見つけることでした。計算は低温空気の流れ方向を変えるために、異なる流入弁形状のモデルをネック内において行われました。



CFD モデル仕様

初期条件：

低温ガスチャンバー - 圧力 4 気圧、温度 500K.

高温ガスチャンバー - 圧力 1 気圧、温度 800K.

両チャンバーとも流れは静止状態

保存と移流の方程式：

連続、3 個の運動方程式、静温度、高温チャンバー（排気）ガスのためのマーカー変数

乱流エネルギーと乱流エネルギー散逸率

境界条件：

経験的平衡対数則壁関数と断熱条件の壁

流体の物性：

作動流体は空気

密度： 理想気体の状態方程式

比熱： $C_p = 1064$ (J/kgK)

熱伝導率： $k = 0.0495$ (W/mK)

動分子粘性係数： $\nu = -4.9468 \times 10^{-6} + 4.58399 \times 10^{-8} T + 8.0924 \times 10^{-11} T^2$ (m^2/s)



数値パラメータ :

PARSOL (5% のカットセル容積をもつ直交座標系カットセルソルバー)

格子分割数 : 179 * 66 * 123 = 1.453×10⁶ セル

現象の継続時間 : 2ms

時間ステップ幅 : 5μs (400 等分割時間ステップ)

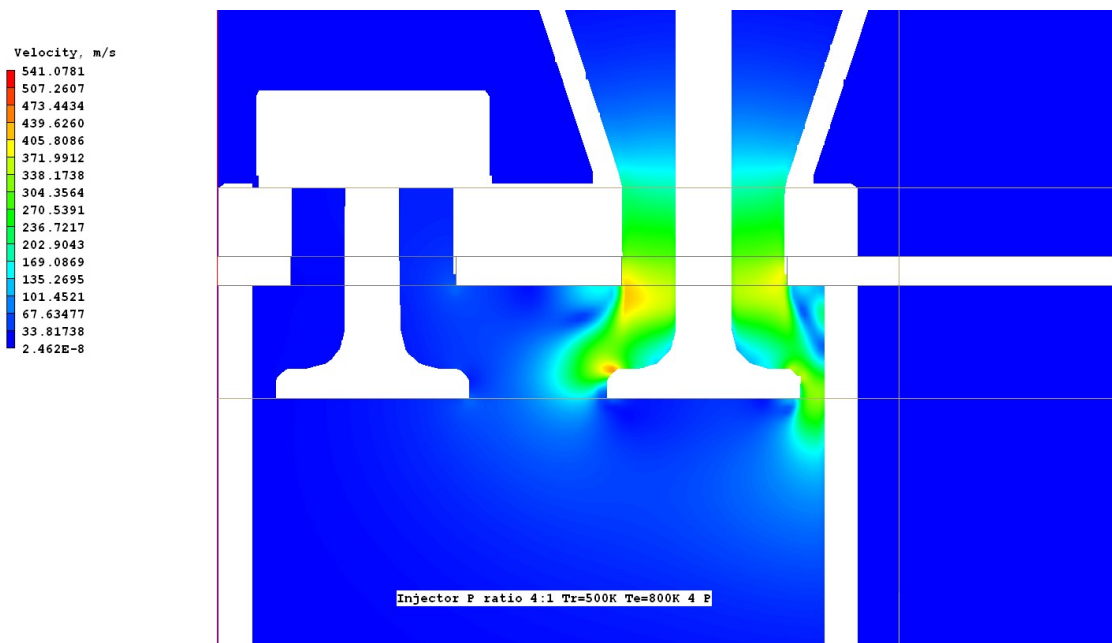
1 時間ステップ当り約 40 回の反復計算

注意) これはデモ用ケースのため、メッシュ、時間ステップ、緩和係数操作、反復計算回数などの最適化は行っていない。

使用したバージョン : PHOENICS 2009 (64-bit Intel)

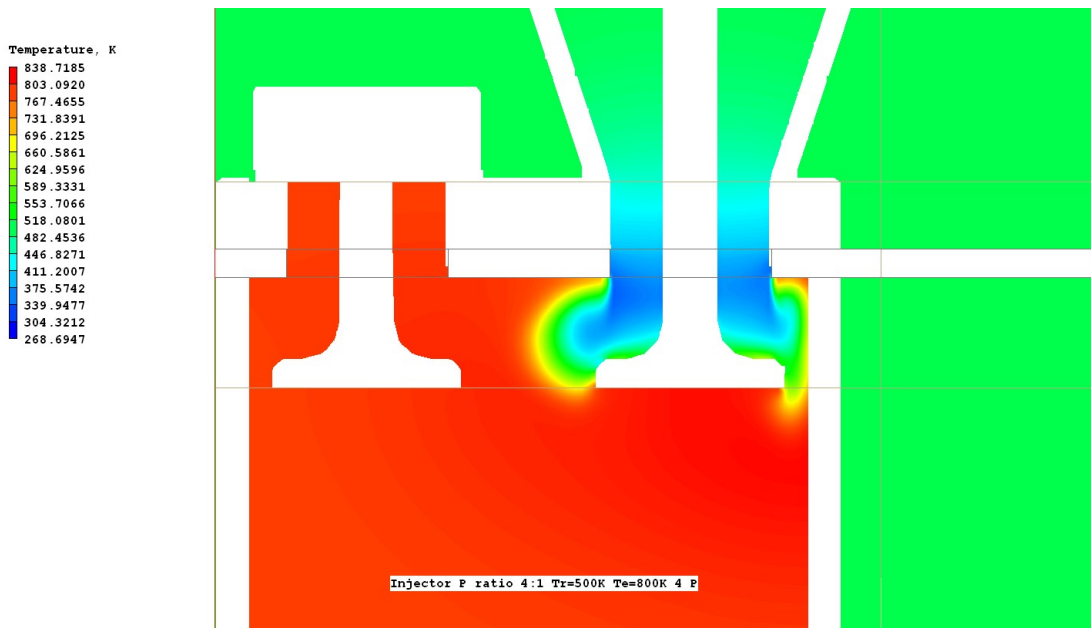
計算実行時間 : 78 時間 (4 core-Parallel)

結果図 :

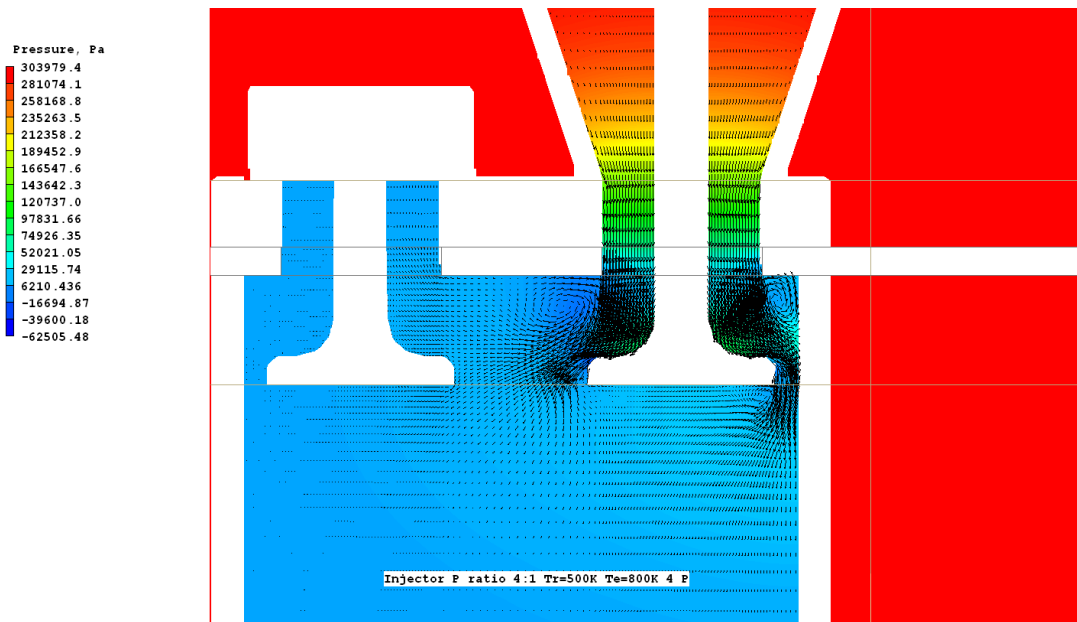


速度コンター図 - 10 ステップ

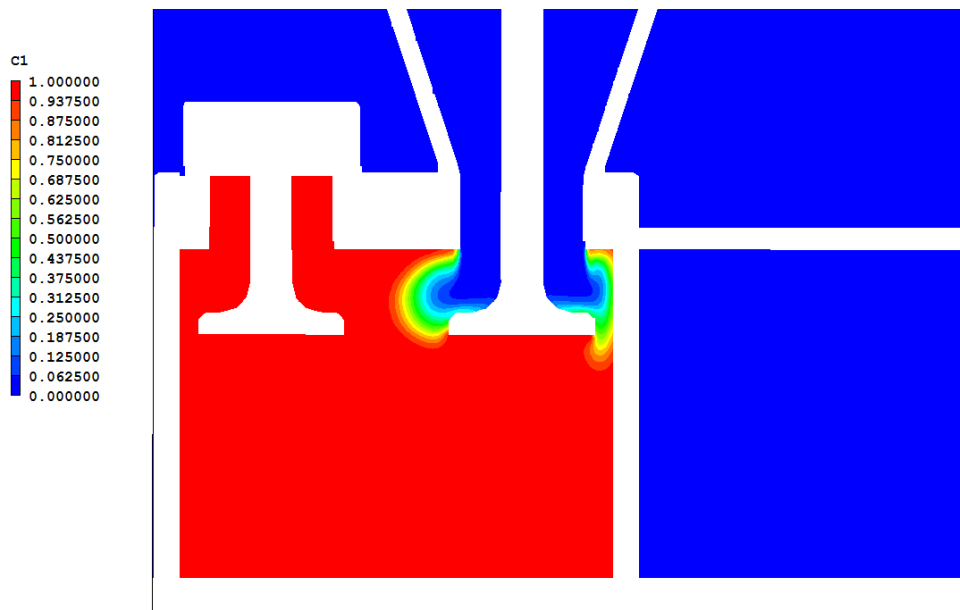
[行程の初期]



温度コンター図 - 10 ステップ

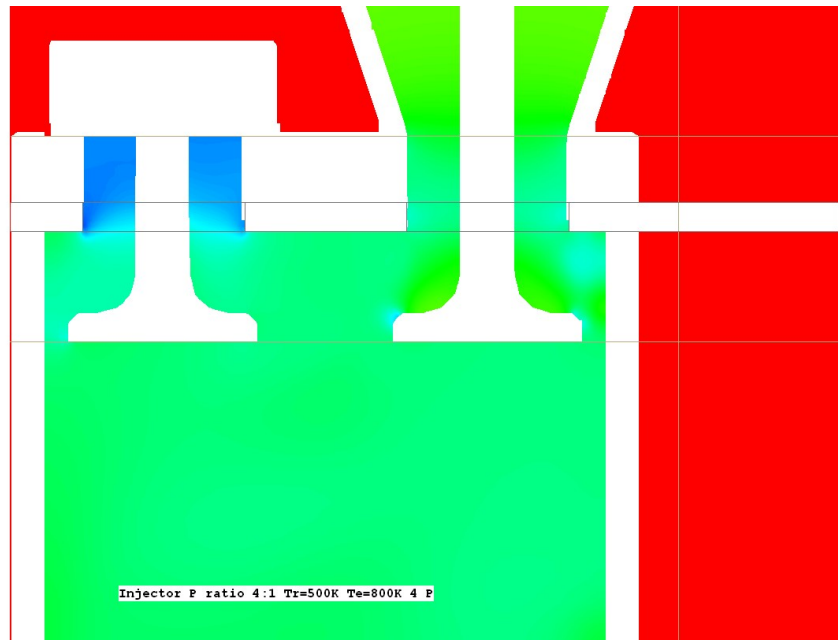
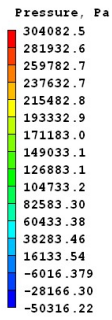


圧力コンター図 (+速度ベクトル) - 10 ステップ

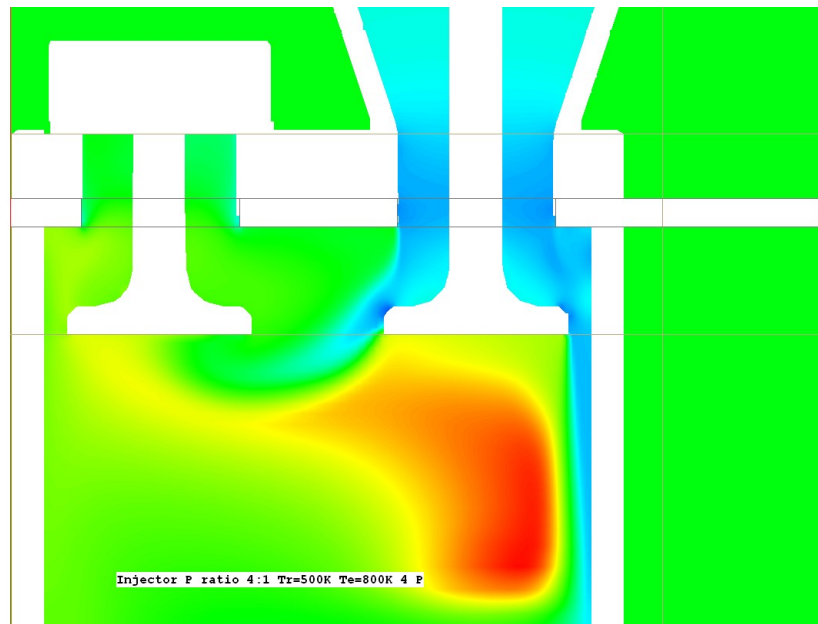
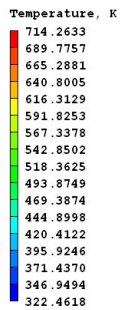


Injector P ratio 4:1 Tr=500K Te=800K 4 P

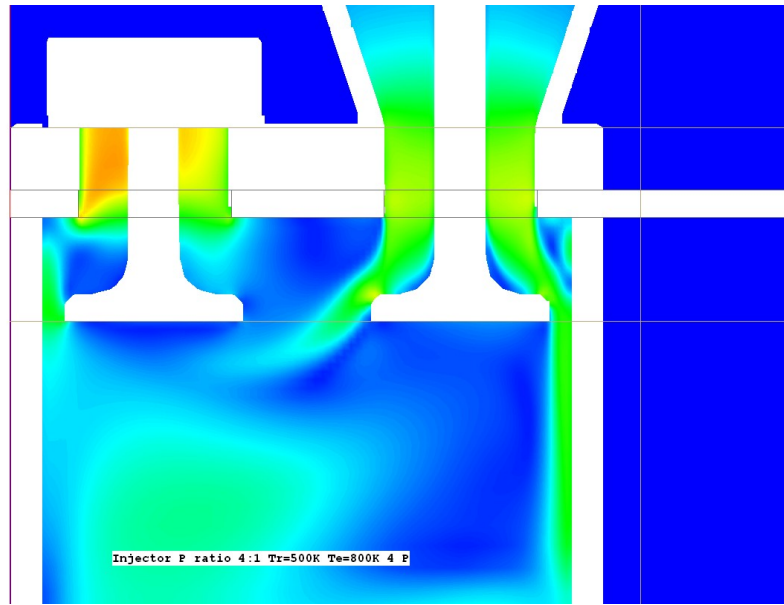
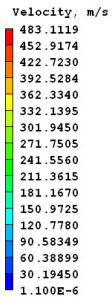
C1 (高温ガスマーカー) コンター図- 10 ステップ
冷たいガスの流入により高温ガスがかき混ぜられます



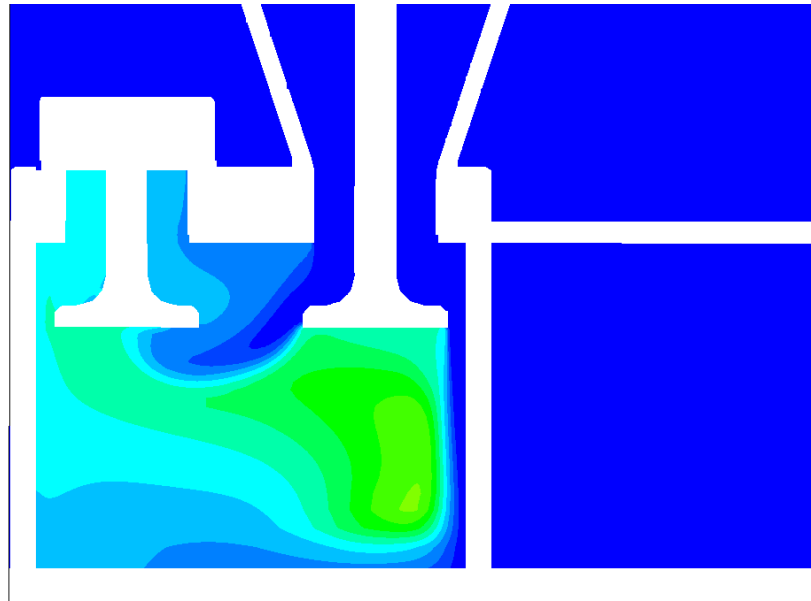
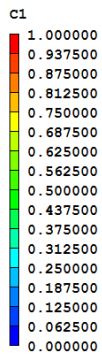
圧力コンター図- 220 ステップ
行程の半分



温度コンター図 - 220 ステップ

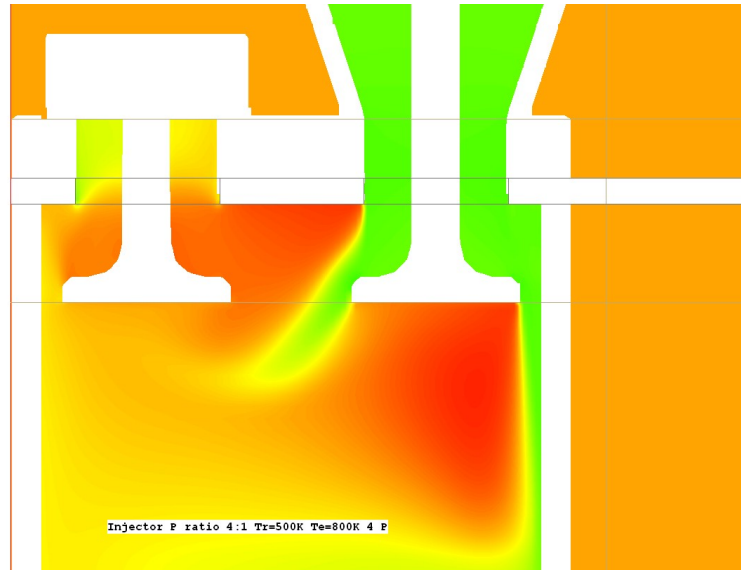
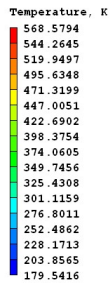


速度コンター図 - 220 ステップ



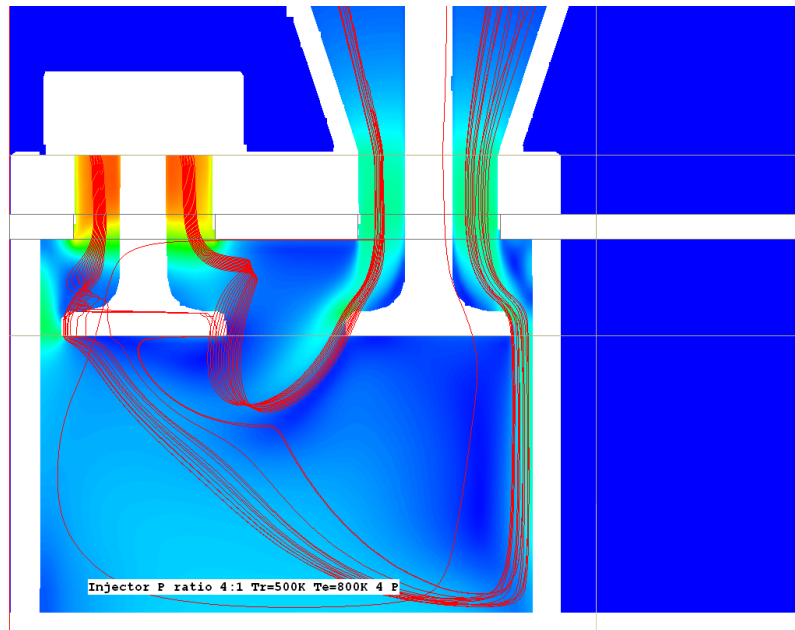
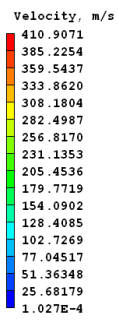
Injector P ratio 4:1 Tr=500K Te=800K 4 P

C1 (高温ガスマーカー) コンター図- 220 ステップ

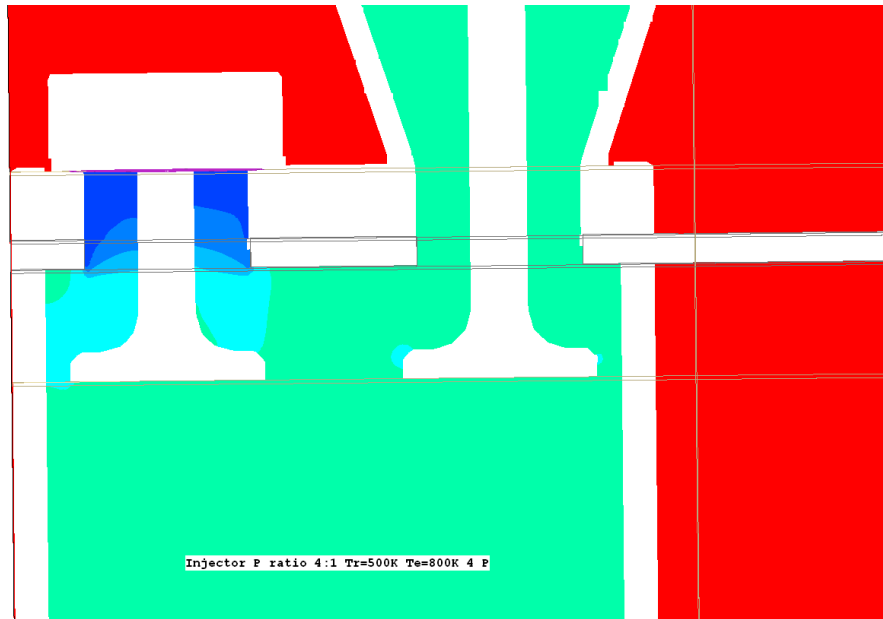
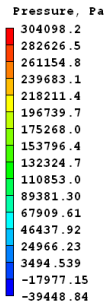


温度コンター図 - 400 ステップ

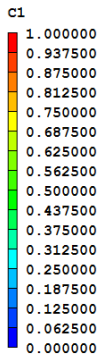
[最終工程]



速度コンター図 (+流線) - 400 ステップ



圧力コンター図 - 400 ステップ



Injector P ratio 4:1 Tr=500K Te=800K 4 P

C1 (高温ガスマーカー) コンター図- 345 ステップ

注意) 次ページに示すアニメーション結果で使用されるスケールは固定されていますが、上に示した画像のいくつかはスケールが変更されています。

結論

高温・高圧、強い速度勾配の状況下における複雑な形状と境界条件がこの計算例を特徴付けています。ここでは PHOENICS が「理想化された」分離膜の瞬間的除去とそれに続くガスの混合と排気のプロセスを適切に捕らえていることが実証されています。

隔膜の破膜は、衝撃波管を特徴付ける平均的機能として、科学の世界では高い関心を集めている現象です。ガス燃焼反応または圧力および温度が試験装置内で用意に再現できない問題を研究するときに、これらが広く採用されています。このクラスの問題をモデル化するための CFD コードへの主な課題は、低圧カゾーンを通る波の高速伝搬です。

この場合の最適化された結果は、高圧力比の領域でのメッシュの局所的な細分化、時間ステップの調整又は緩和係数に対する最大限の注意によって得ることができます。このような最適化は優れた精度を達成しながら計算コストを下げるすることができます。

PHOENICS では更にバルブの動作を加えた解析に進めることも可能です。

アニメーションファイル

温度分布:	tstat.avi (2.98MB)
圧力分布:	pstat.avi (3.04MB)
速度分布:	vect.avi (5.27MB)
高温ガスマーカー変数分布:	c1.avi (4.28MB)