

二軸スクリュ押出機の一般化Hele-Shaw流れ定式化に基づくFEM解析(II)

FEM simulation based on
generalized Hele-Shaw flow formulation
for twin screw extruder (II)

2015/6/4

株式会社HASL

谷藤 眞一郎

株式会社カネカ

村田 隼一 辻村 勇夫

金沢大学理工研究域自然システム学系

瀧 健太郎

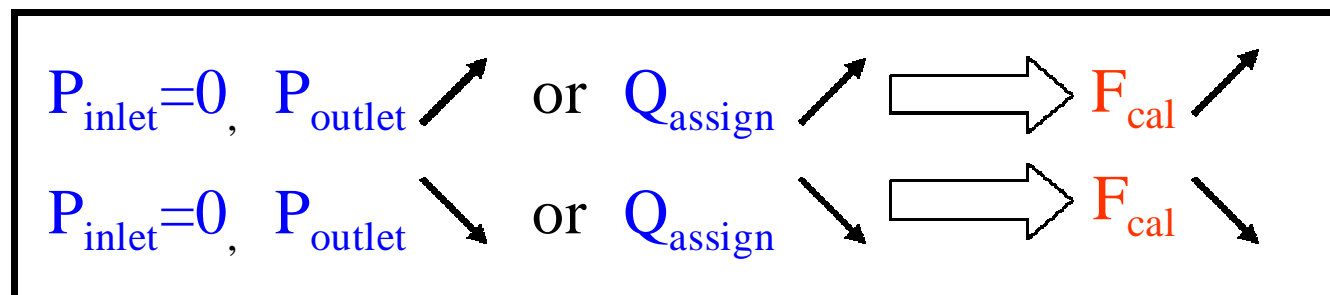
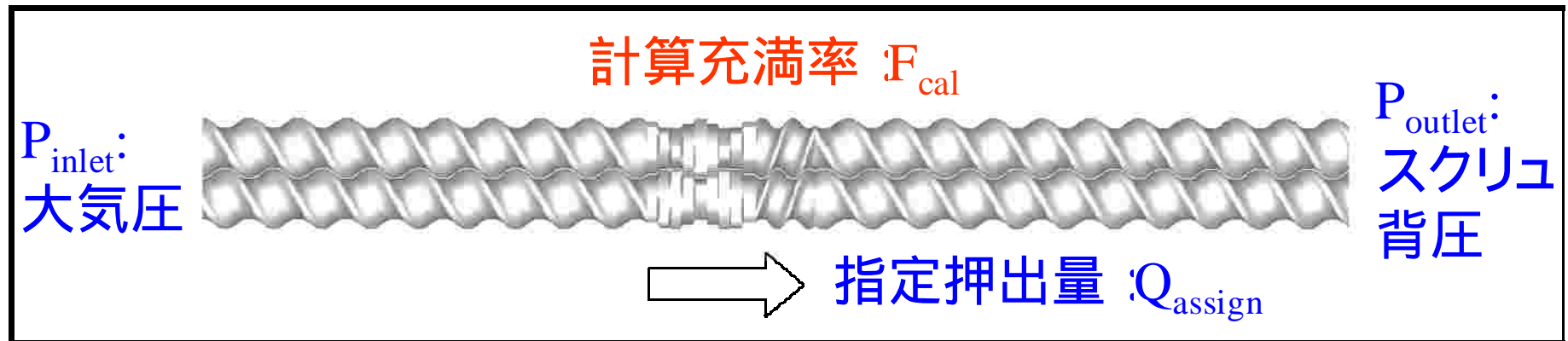
研究の背景

二軸スクリュに関わる解析法の特徴

解析法	長所	短所
1D/2D FAN	運用が容易。 計算時間が短い。 全体的な評価に適する (未充填状態の評価可能)。	詳細分析に適さない。 ・スクリュ形状が限定される。 計算精度が相対的に低い。
3D FEM/FVM	詳細分析に適する。 ・様々なスクリュ形状に 対応可能。 ・実現象との対比が容易。	運用が難しい。 計算時間が長い。 ・ 充填状態を前提 とした粘性流 体解析に限定される。

未充填状態 (実用条件) を想定した流体解析

二軸スクリュの運用では、計量フィードを利用して押出量を制御することが多く、
 充填状態を前提とした流体解析法は適用範囲が限定される (全域解析には適用不可)。

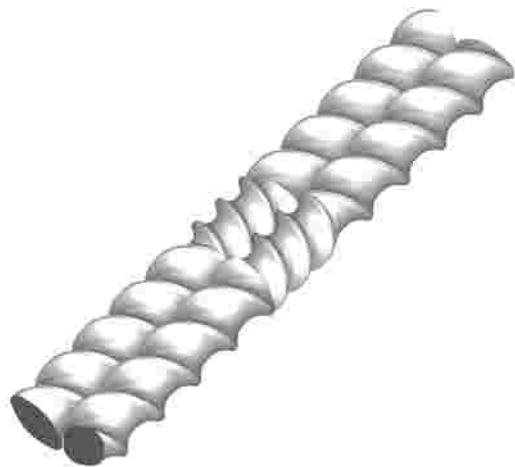


研究の目的

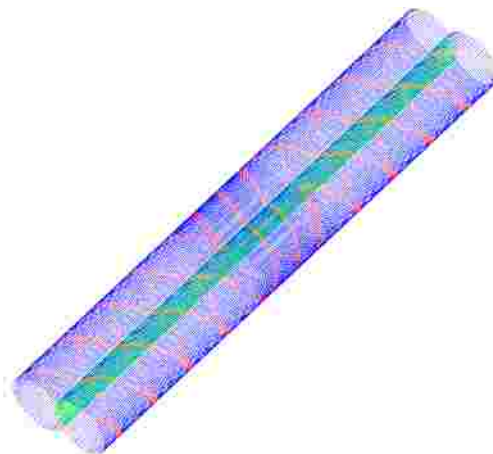
『二軸スクリュ押出機内の充満状態を定量化可能な2.5D FEM解析技術の構築』

充填率の定量化法

一般化Hele-Shaw流れに基づく2.5D解析法



Co rotating intermeshing
self wipe type twin screw



2.5D Hele-Shaw FEM meshes

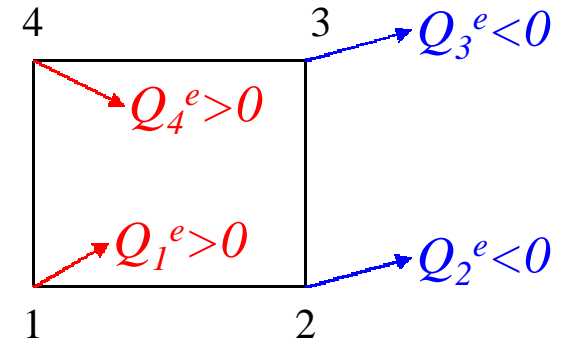


Thickness information
mapped on 2.5D Hele-
Shaw FEM meshes

2.5D Hele-Shaw 要素

非圧縮性流体の
質量保存則：

$$\sum_{a=1}^4 Q_a^e = 0$$
 (○ $\sum_{a=1}^4 f_a = 1, f_a : \text{Interporation function}$)



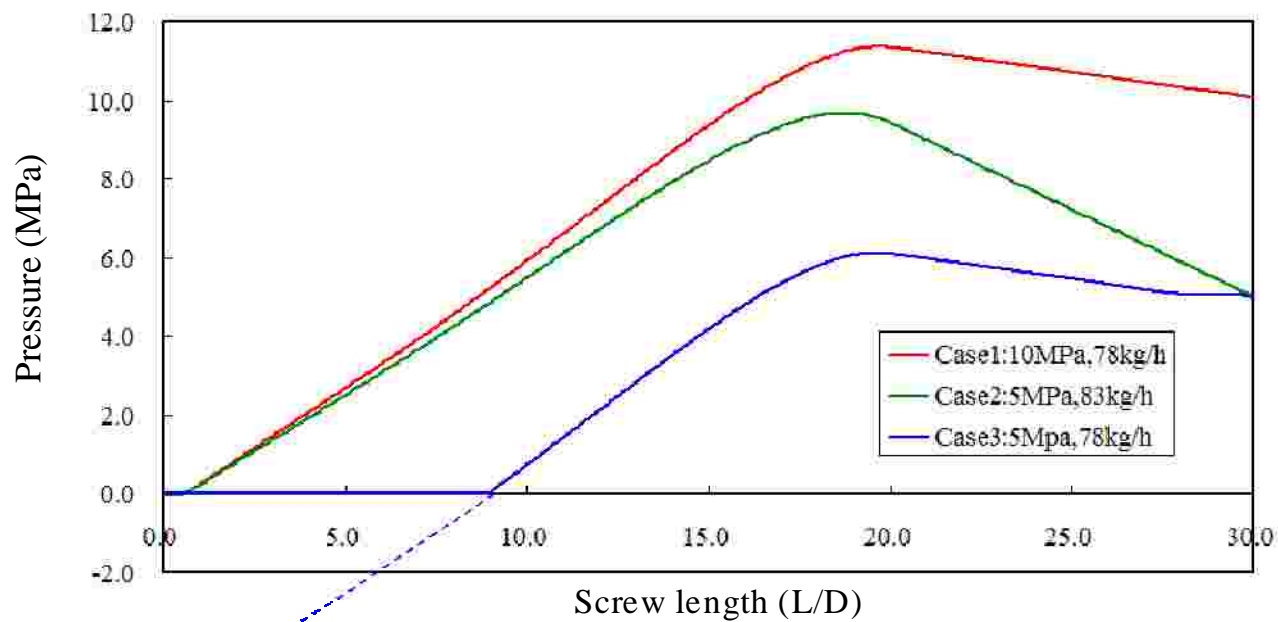
要素 e を通過する全体流量の評価式：

$$Q^e = \sum_{a \text{ for } Q_a^e > 0} Q_a^e$$

上記全体流量に対する牽引流れ寄与量の評価式：

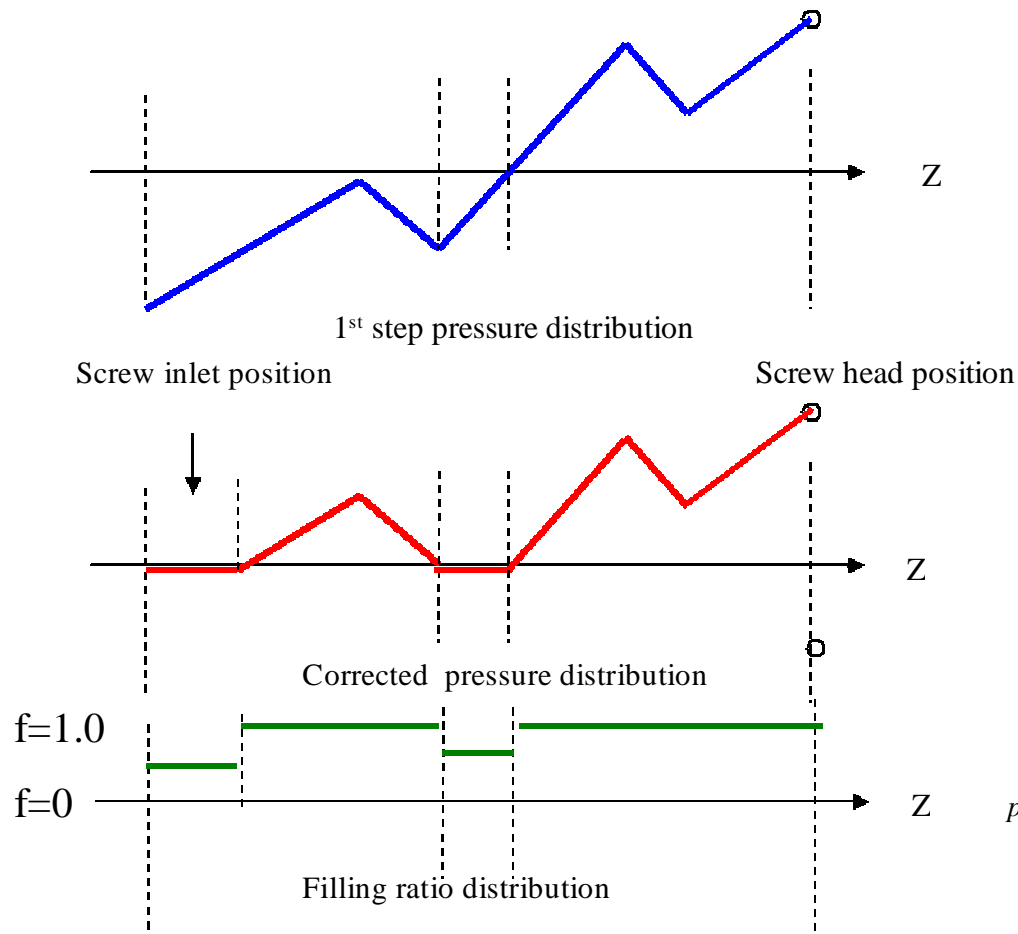
$$Q_d^e = \sum_{a \text{ for } Q_a^e > 0} D_a^e$$

要素充満率 f^e の定義式：
$$f^e \equiv \frac{Q^e}{Q_d^e} \leq 1$$

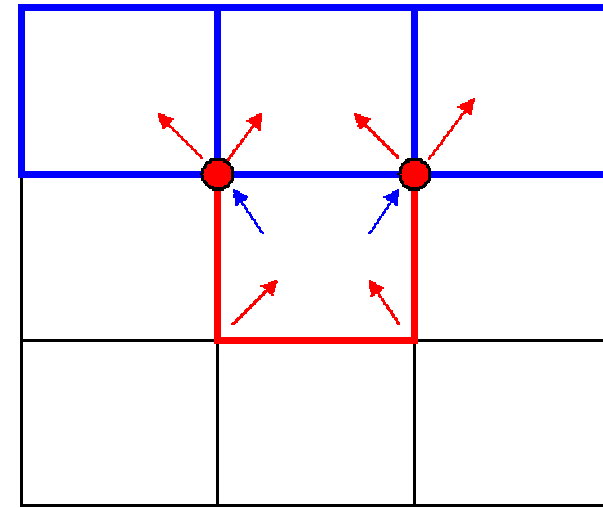


MD方向に圧力が上昇し、且つ負圧の領域を未充填と判定(圧力を大気圧に再設定 & 充填率の計算)

スクリュ内圧力分布解析例



1D FAN



- : 圧力更新の着目要素
- : 風下要素

$$p_e(x, y, z) = p_{e'}(x + \Delta x, y + \Delta y, z + \Delta z) - \frac{\partial p}{\partial x} \Big|_{e'} \Delta x - \frac{\partial p}{\partial y} \Big|_{e'} \Delta y - \frac{\partial p}{\partial z} \Big|_{e'} \Delta z$$

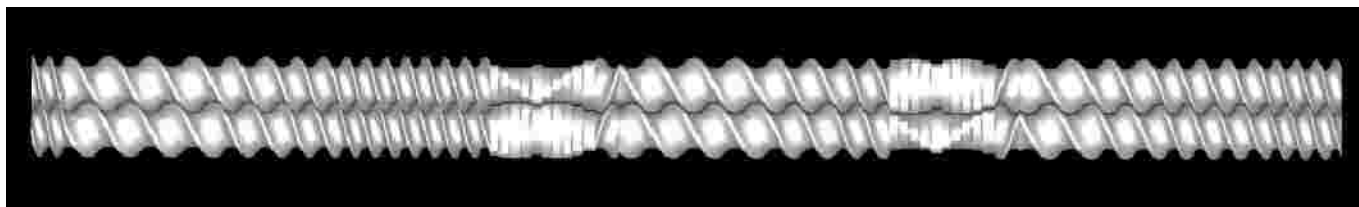
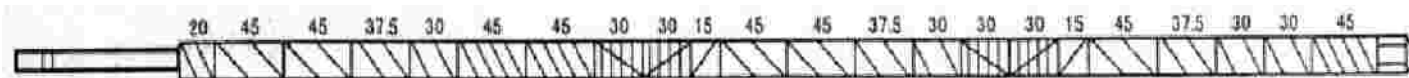
Downwind difference scheme

2.5D FEM

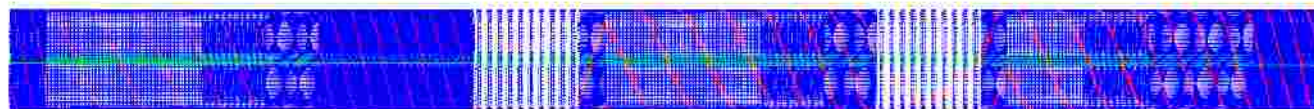
未充満領域を想定した圧力計算法

実験検証解析

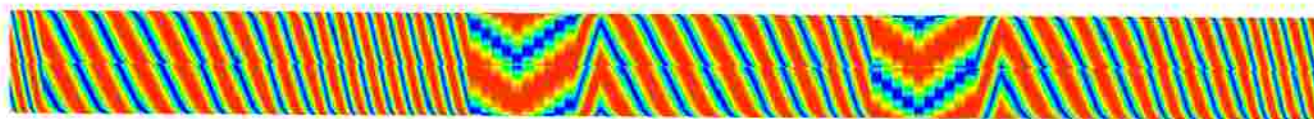
解析モデル (カネカ保有の 32mm二軸スクリュ)



Twin screw model

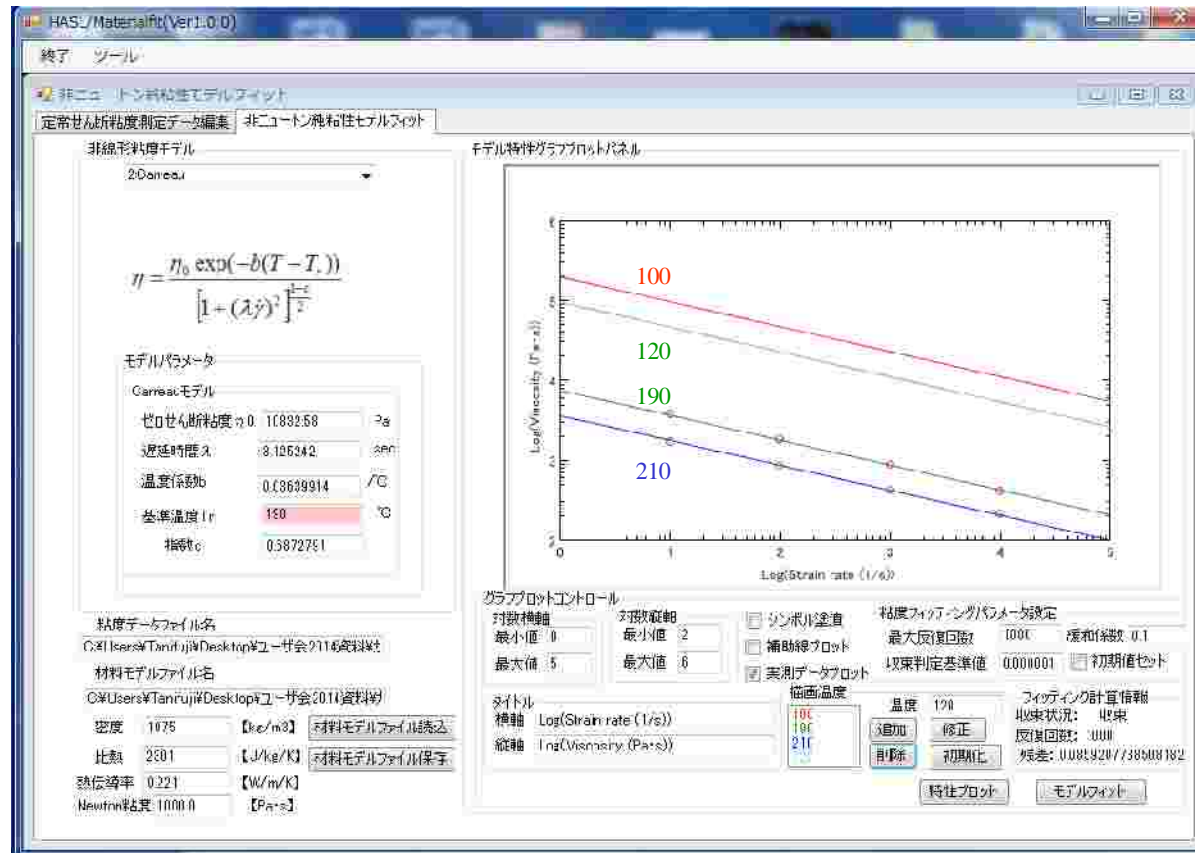


2.5D FEA model



Channel thickness distribution

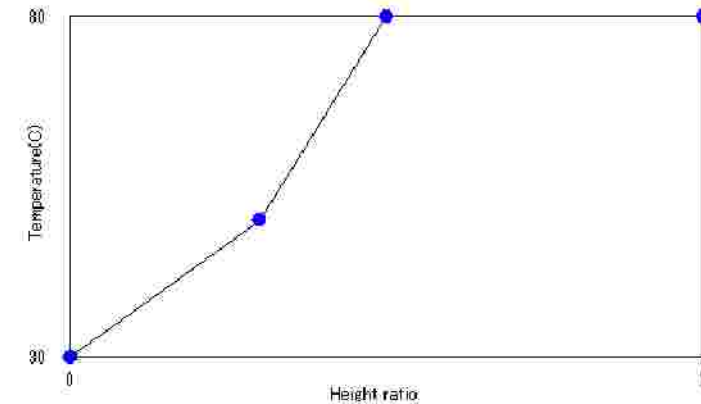
材料特性 (アクリル系樹脂の粘度特性をCarreau model フィット)



成形条件

ケーススタディー一覧

押出量(kg/h)	スクリュ回転数(rpm)	原料樹脂温度()	スクリュ先端圧力(MPa)
2	100	30	3
5	50		
	100		
	200		
10	100		

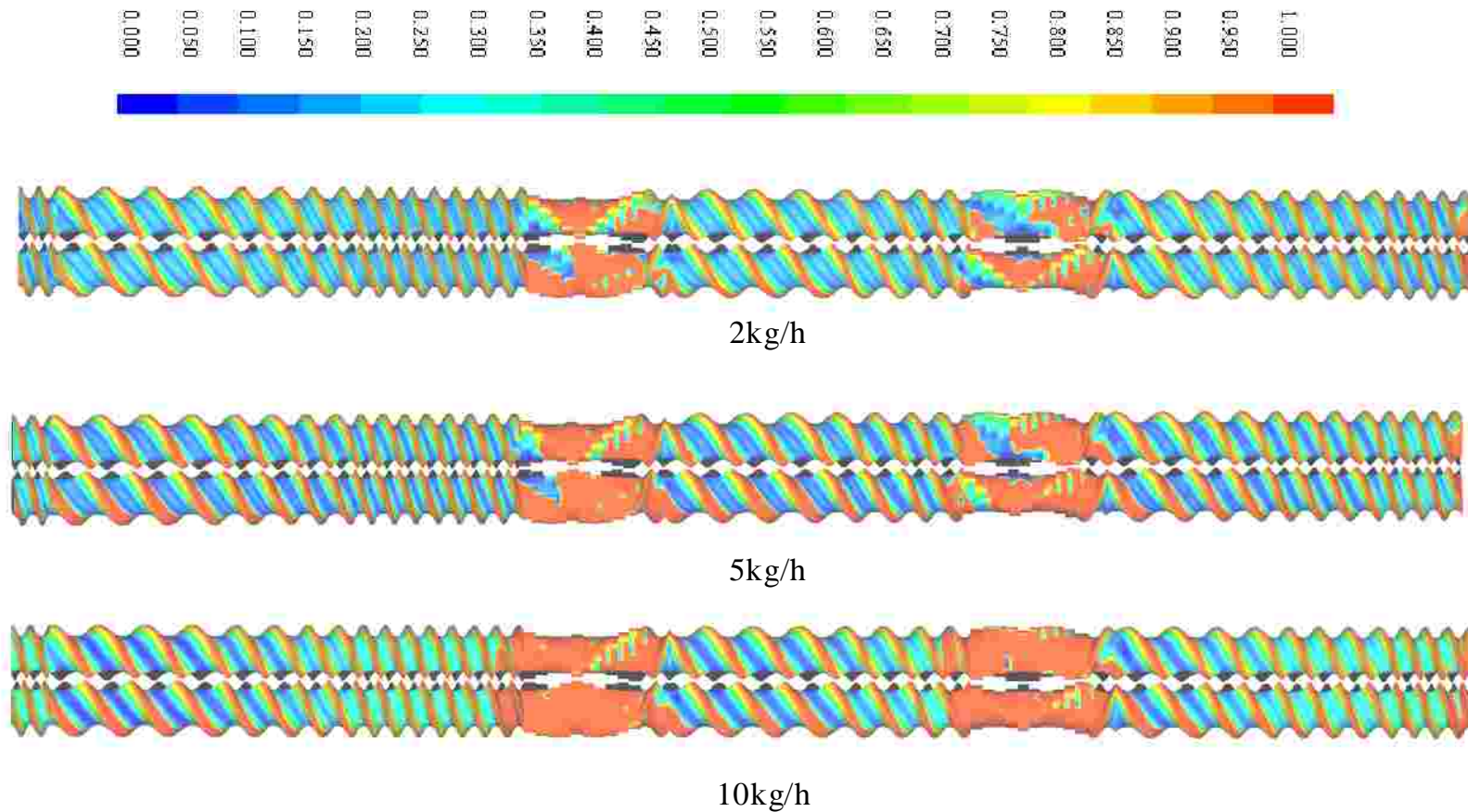


バレル环境温度設定条件

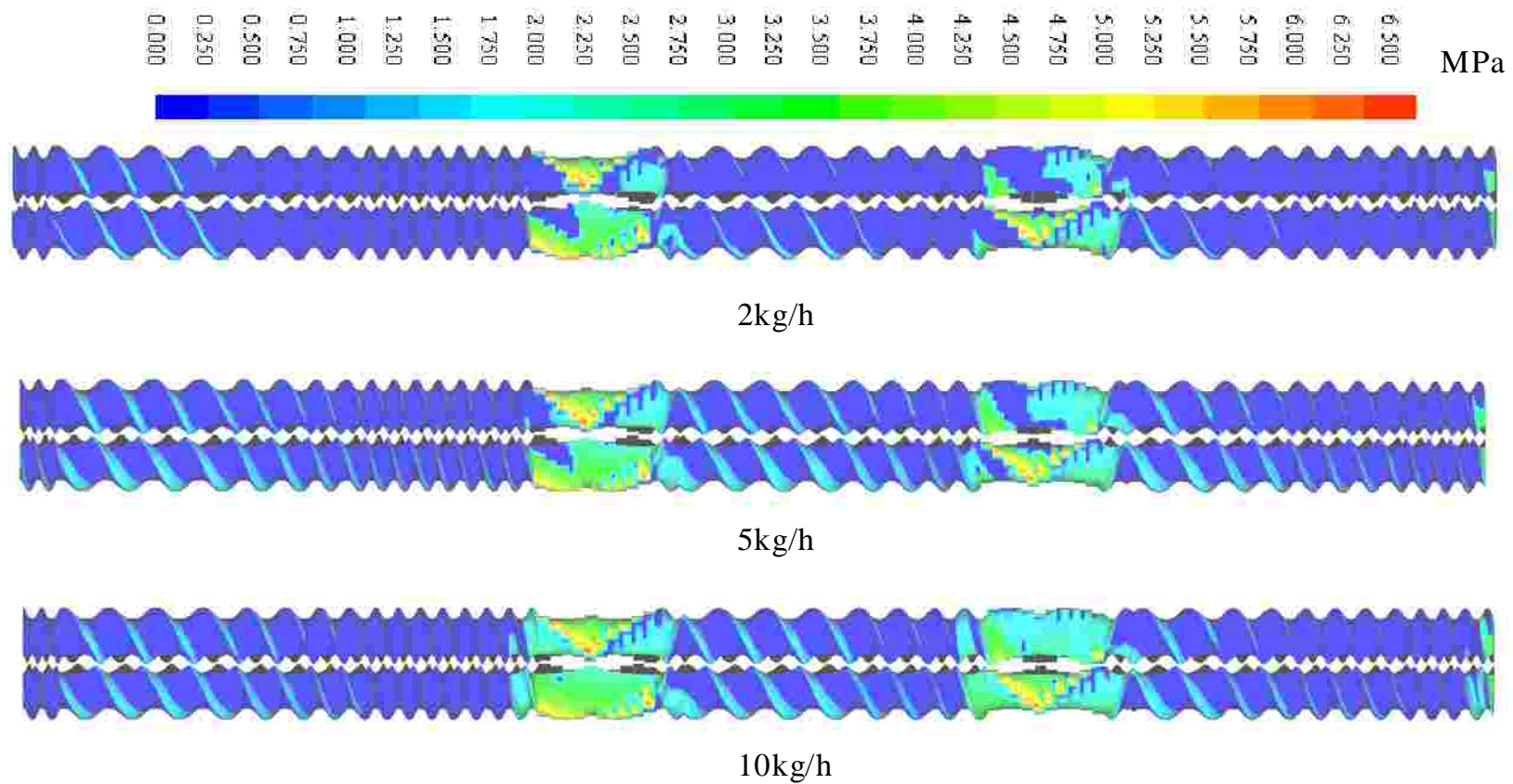
バレル/樹脂間熱伝達係数
(3000W/m²/K)

解析結果

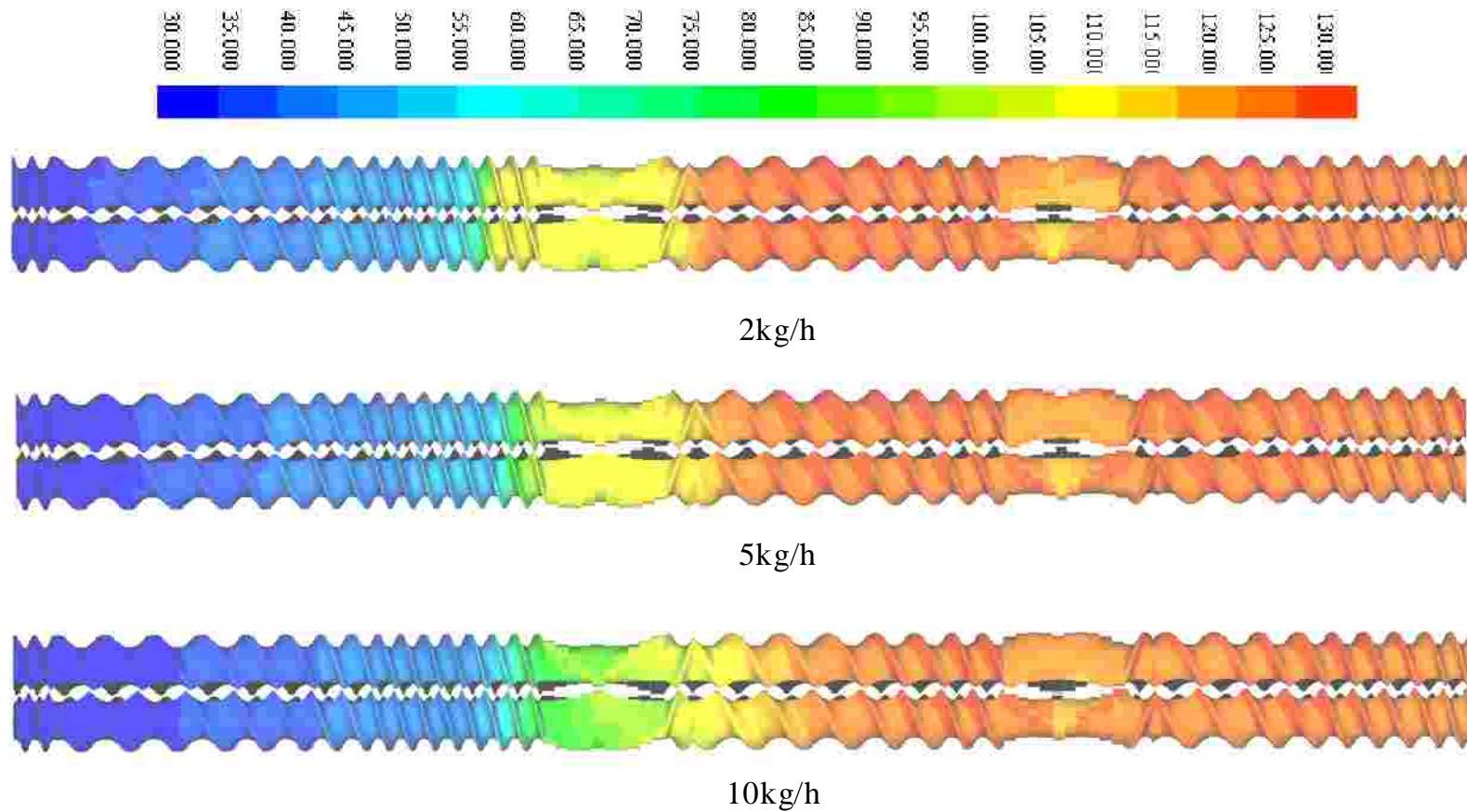
充滿率分布(100rpm共通)

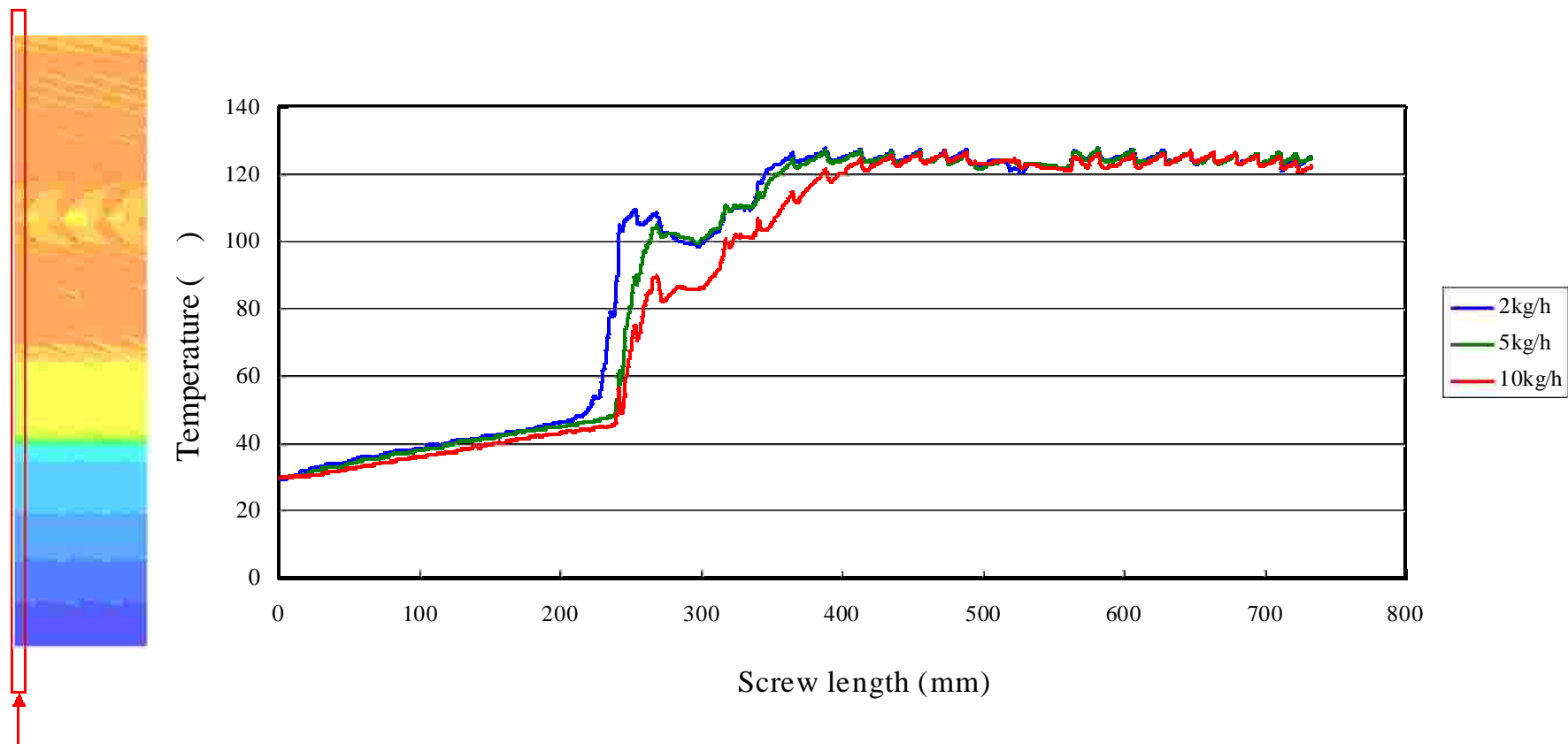


压力分布(100rpm共通)



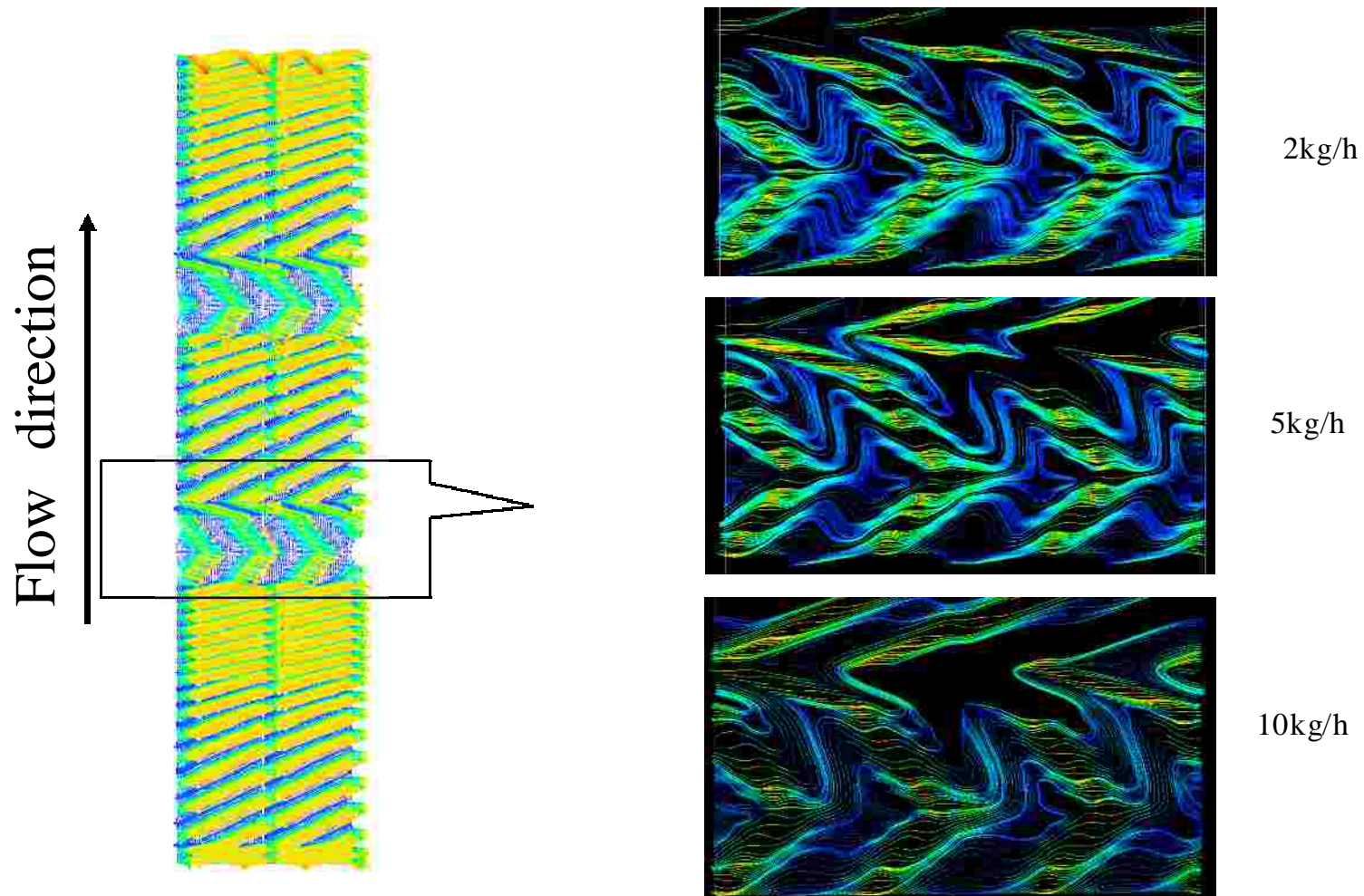
温度分布(100rpm共通)



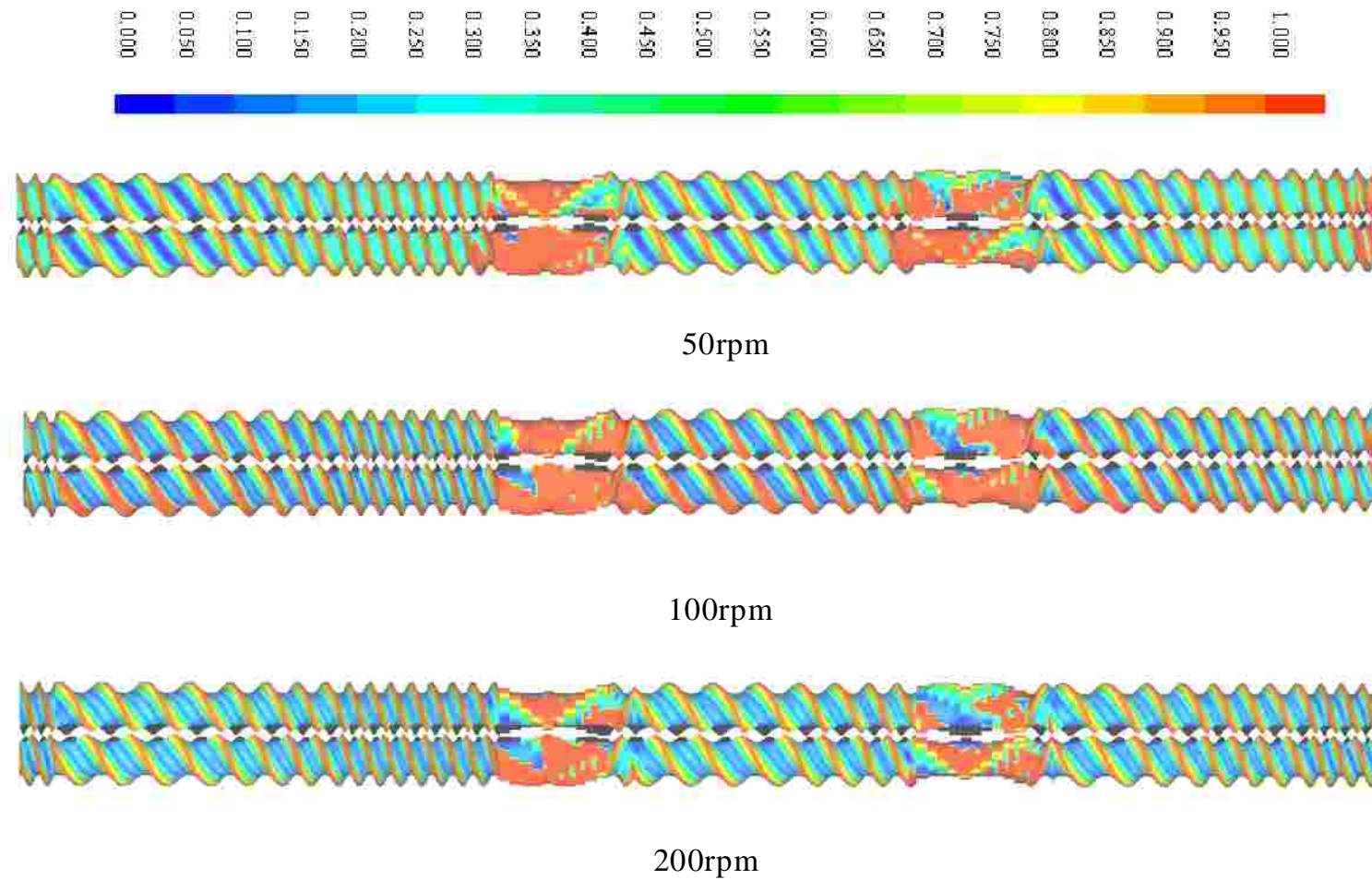


温度分布の比較(100rpm共通)

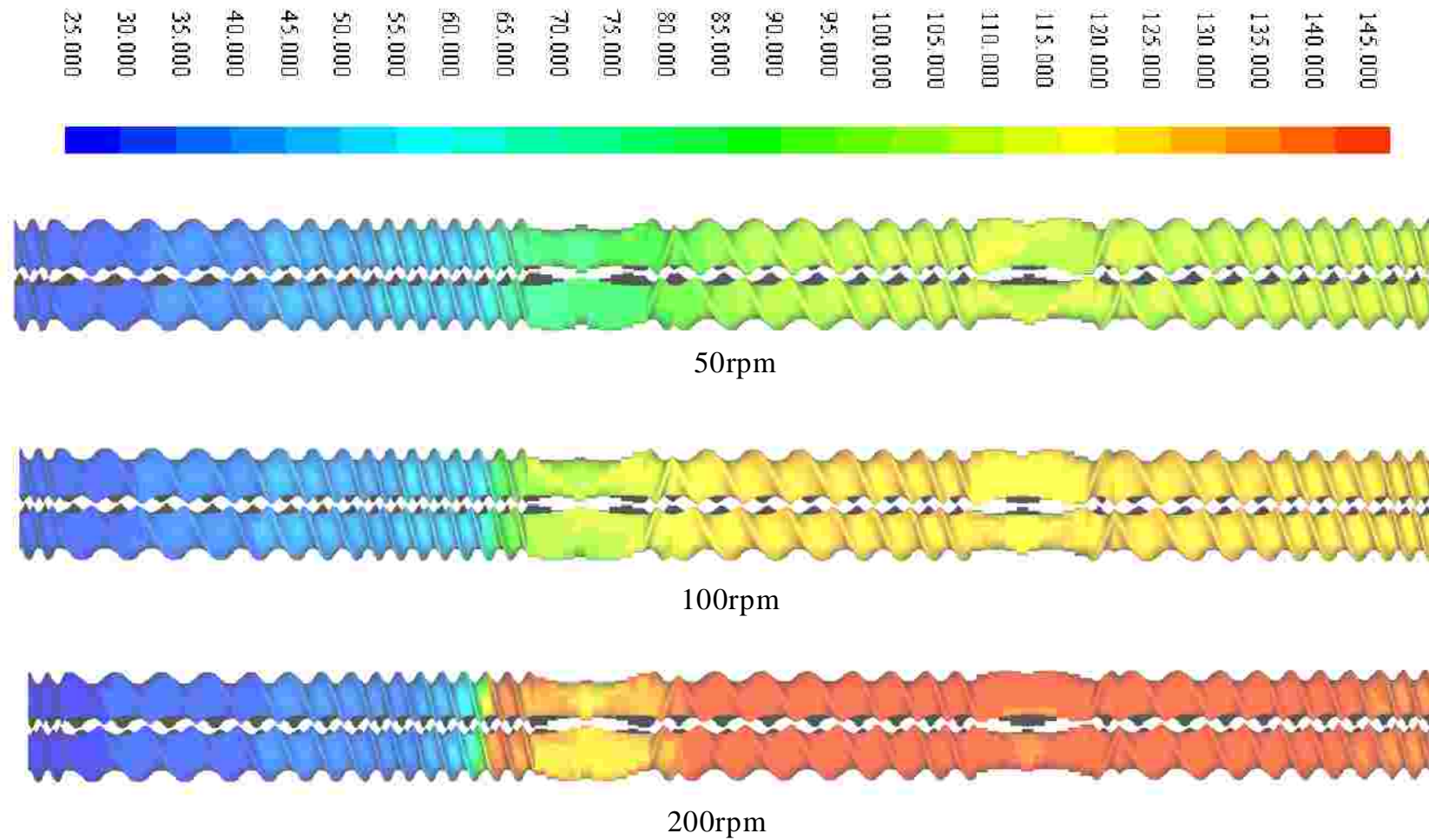
1st stage kneading disk 近傍の流線分布(100rpm共通)



充滿率分布(5kg/h共通)



温度分布(5kg/h共通)



流出口温度の比較

押出量 (kg/h)	スクリュ回転数(rpm)	出口温度(°C)	
		実測	計算
2	100	127	125.3
5	50	109	107.9
	100	126	125.1
	200	146	140.9
10	100	125	122.7

まとめ

成果：

- ・ 1D FAN法で採用されている未充満状態の定量化法を2.5D Hele-Shaw FEMに統合可能な形式に拡張し、当改良解法を利用した実験検証解析を試みた。
- ・ 結果として、二軸スクリュウ押出機内の充満率分布、圧力分布、温度分布などの情報が、従来よりもリアルに、また精度良く表現可能になった。

今後の課題：

- ・ 当改良解析法を、様々なスクリュレイアウトに適用し、その実用性についての検証を継続する。
- ・ 二軸スクリュウ押出機の性能評価上重視される混練特性の2.5D FEMに立脚した定量化技術の構築。