

単軸スクリュ押出機の一般化Hele-Shaw流れ定式化に基づく一貫FEM解析

Integrated FEM simulation
based on generalized Hele-Shaw flow formulation
for single screw extruder

2012/6/12

株式会社HASL

○谷藤 真一郎
福澤 大輔
吉川 秀雄

AGENDA

- 研究の背景
- 成形現象の定量化モデル
- 解析モデルの効率的作成法
- テスト機を利用した検証解析
- 複雑形状のミキシングエレメントを有する
単軸スクリュ押出機の一貫解析
- まとめ

□研究の背景

Table 1. Comparison of analysis method for single screw extruder

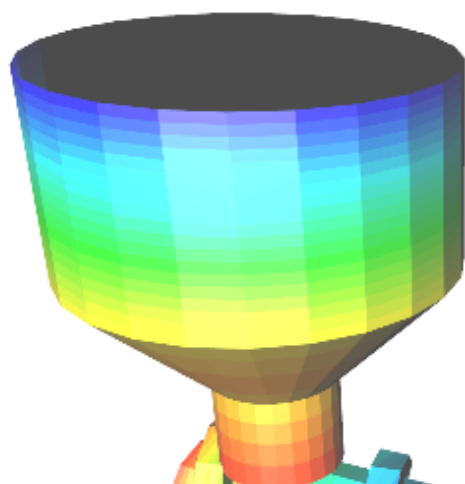
Method	Accuracy	Computational cost	Availability	Operability
3D	○	×	△	×
1D	×	○	△	○
2.5D	△	△	○	△

○ : Good, △ : Moderate, × : Bad

□成形現象の定量化モデル

ホッパー～固体輸送領域

① 嵩密度自重による静圧分布定量化モデル(Walker model)



$$P(h) = p_{atom} \exp\left[\frac{4BD^*(h-H)}{D}\right] + \frac{\rho_b g D}{4BD^*} \left\{ 1 - \exp\left[\frac{4BD^*(h-H)}{D}\right] \right\}$$

② ペレットとバレル/スクリュ間の動摩擦係数を利用した動圧分布定量化モデル(Darnell & Mol model)



$$p(z) = p(0) \exp(-\lambda z)$$

$$\lambda = \frac{A_1 K_s - B_1}{A_2 K_s + B_2},$$

$$A_1 = W_b f_b \sin \phi + 2H f_s \sin \theta_b + W_s f_s \sin \theta_b,$$

$$B_1 = W_b f_b \cos \phi - 2H f_s \sin \theta_b \frac{\bar{D}}{D_b} \cot \bar{\theta} - W_s f_s \sin \theta_b \frac{D_s}{D_b} \cot \theta_s,$$

Fig.1 Analysis model for hopper and solid feed zone.

熔融可塑化領域

③ 静的評価モデル

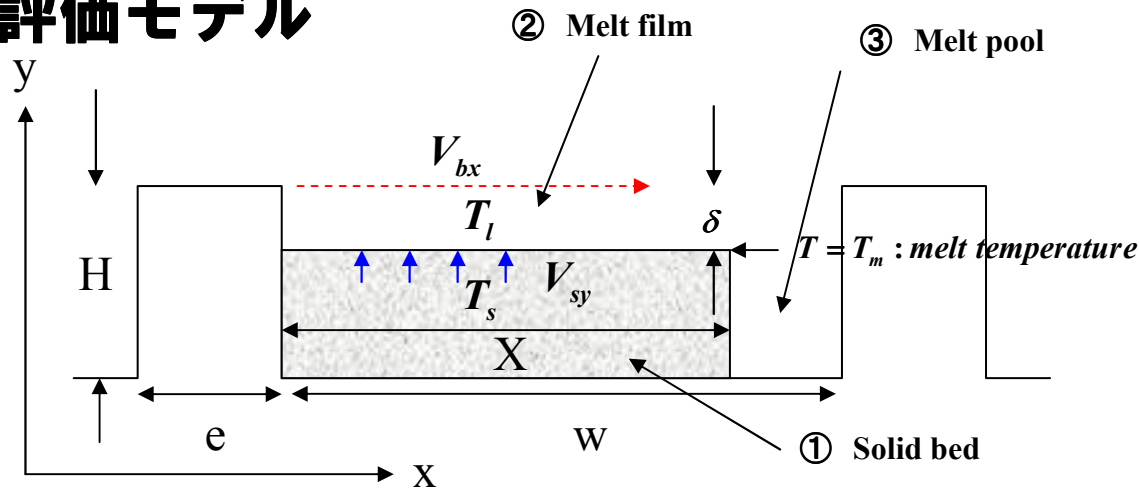


Fig.2 Tadmor model ; melt film/solid bed interface

$$\delta = \Phi \sqrt{X}, \Phi = \sqrt{\frac{2\kappa_l(T_b - T_m) + \eta V_j^2}{V_{bx} \rho_l [C_s(T_m - T_s) + \lambda]}}$$

$$\frac{d}{dz} (\rho_s V_{sz} (H - \delta) X) = -\frac{V_{bx}}{2} \rho_l \Phi \sqrt{X}$$

④ 動的評価モデル

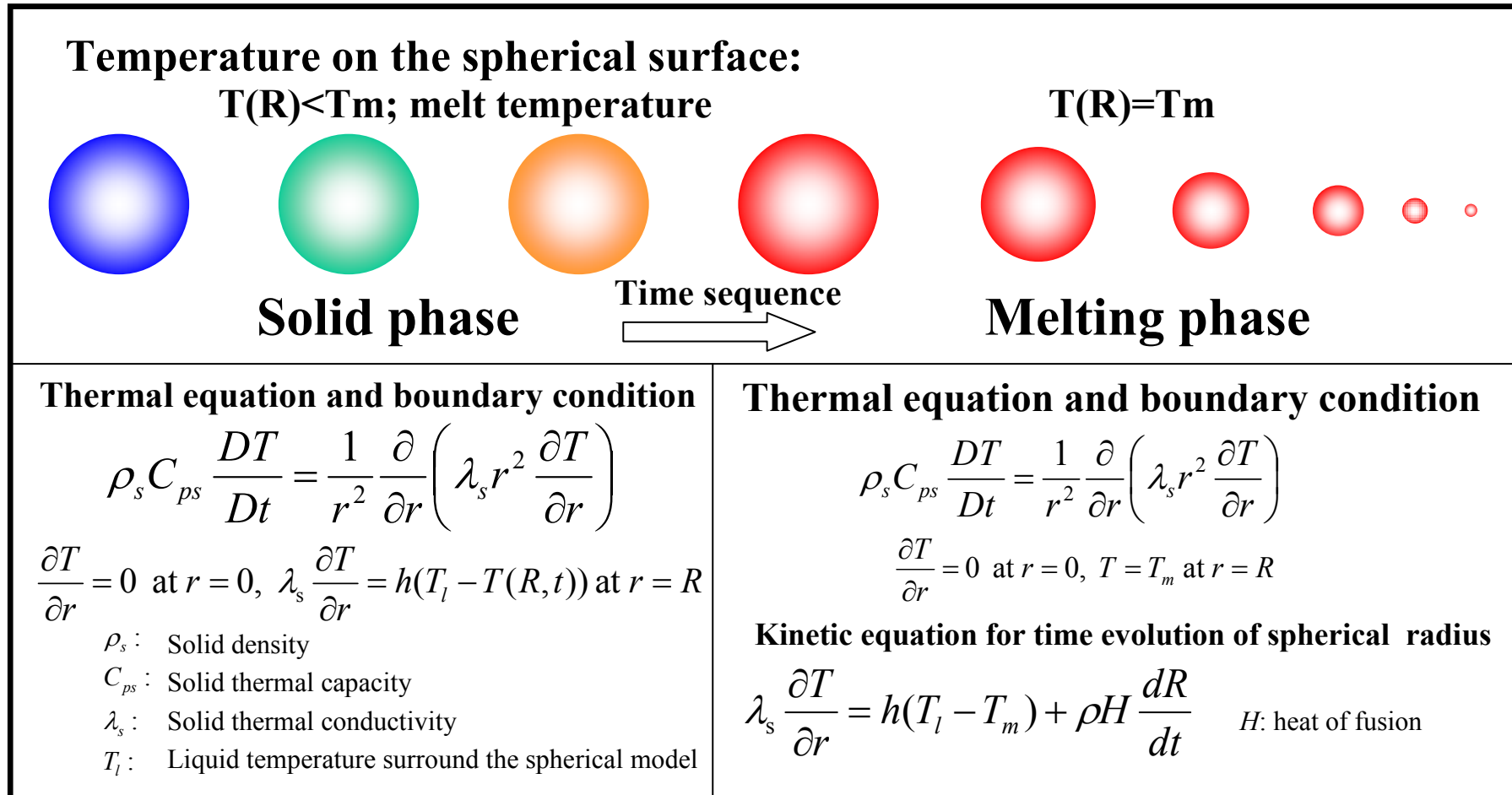


Fig.3 Lagrangian spherical melting model.

溶融体輸送領域

⑤ Generalized Hele-Shaw formulation

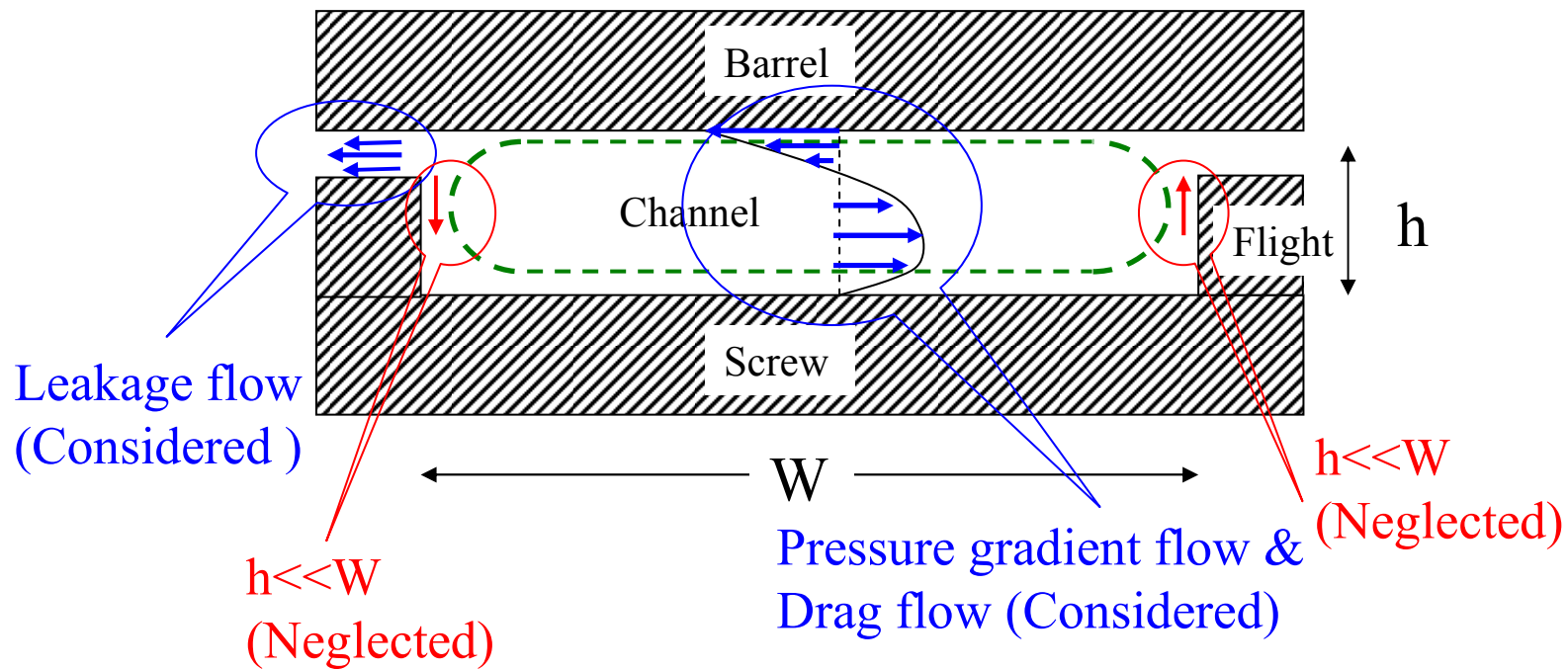


Fig.4 Circulation flow in a cross section of the screw channel.

□解析モデルの効率的作成法

スクリー形状 タイプ形状 ホッパー形状 押出機形状 解析プログラム実行 解析結果総括表

ブロック数 確定

削除対象番号 削除

パレル直径 mm

スクリー形状基本パラメータ

ゾーン数

フライト幅方向分割数

逆ねじ

ゾーン	フライト数	スクリー温度条件	パレル温度条件
1	1	Tfix	Tfix
2	1	Tfix	Tfix

パラメータ入力 コピー

スクリー形状パラメータ

ゾーン	F#	ベース幅	S長さ (L/D)	Sピッチ (Begin)	Sピッチ (End)	C深さ (Begin)	C深さ (End)	F幅 (Begin)	F幅 (End)	Fクリアランス	Tadmor model
1	1	1	10	38.1	38.1	5	5	6.35	6.35	0.1	off
2	1	1	10	38.1	38.1	5	3	6.35	6.35		

熱流動境界条件

ゾーン	S熱伝達 (Begin)	S熱伝達 (End)	S温度 (Begin)	S温度 (End)	B熱伝達 (Begin)	B熱伝達 (End)	B温度 (Begin)	B温度 (End)
1	0	0	150	150	0	0	180	180

断面表示

XY XZ YZ

逆転

メッシュ生成

再描画

メッシュ生成用ベースデータファイル名

C:\成形加工発表資料素材\test.scrbas

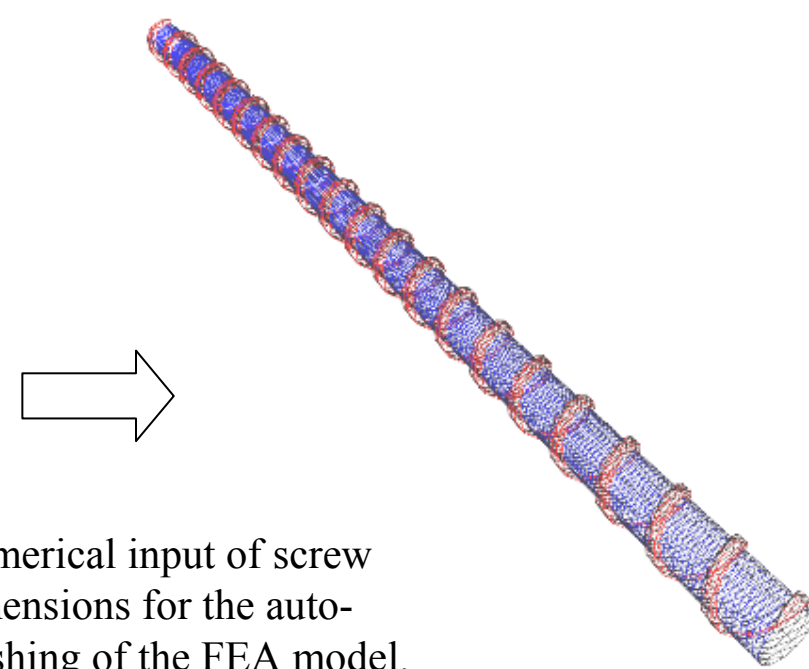
データファイル 読み込み

● エレメント図
○ モデル図

反射光効果

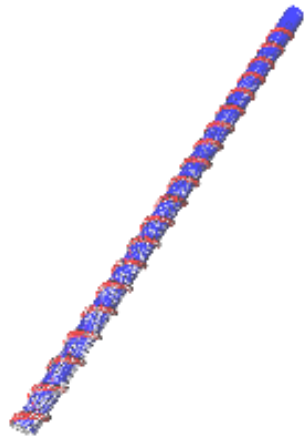
ON
 OFF

S:スクリー
B:パレル
F:フライト
C:チャネル

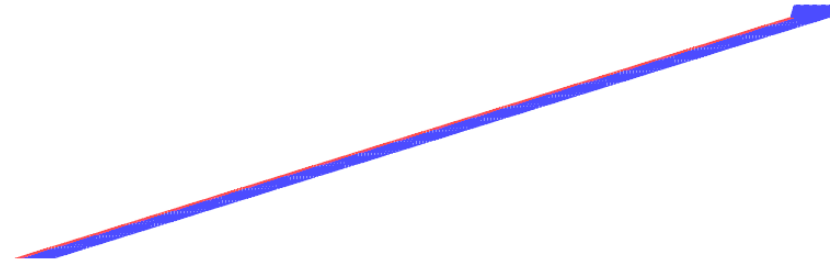


Numerical input of screw dimensions for the auto-meshing of the FEA model.

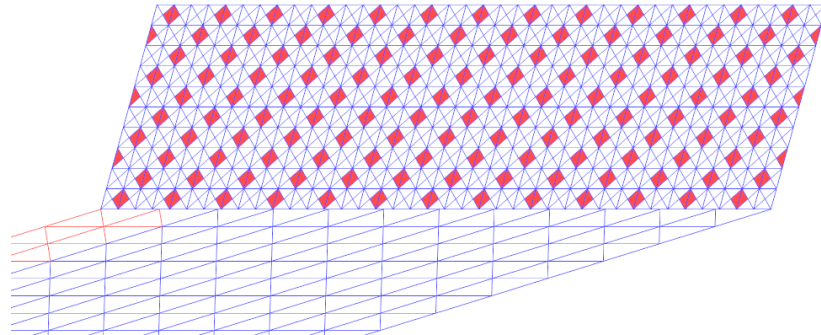
Fig.5 An efficient method for generating of the FEA model



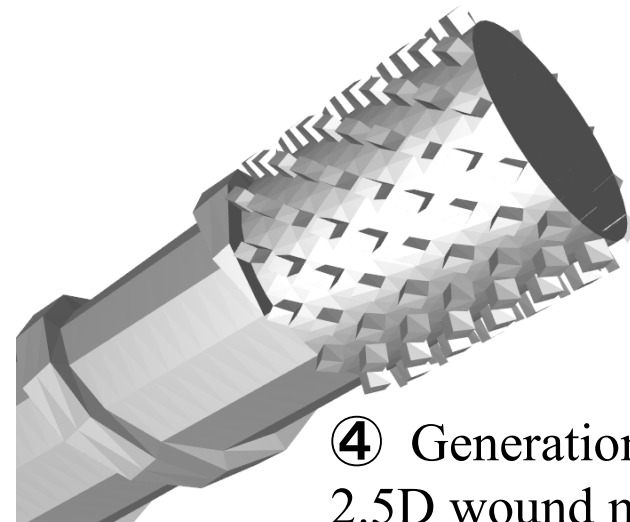
① Generation of the base model



② UV mapping



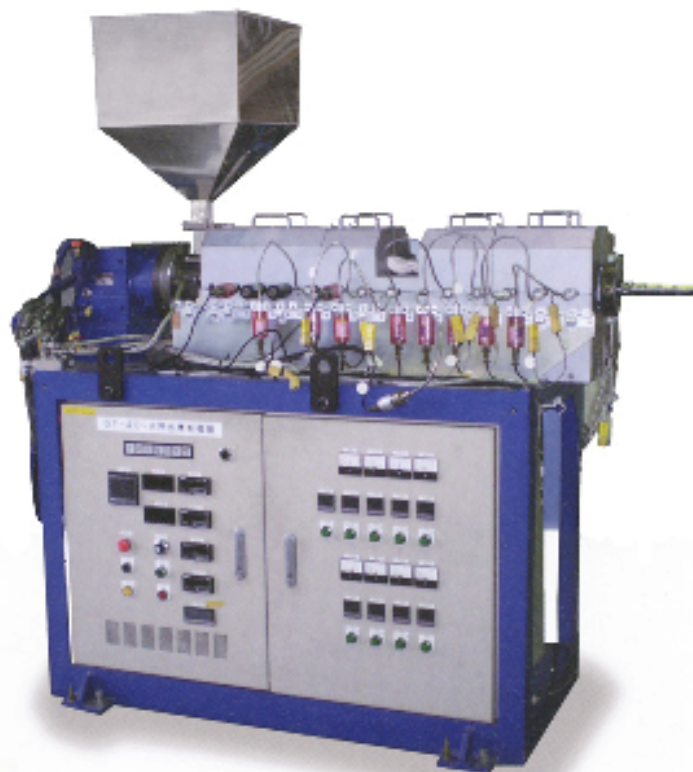
③ Modification of the UV mapping information



④ Generation of the 2.5D wound model

Fig.6 FEA model generated from UV unwound mapping information.

□テスト機を利用した検証解析



解析押出機

PLABOR

株式会社プラスチック工学研究所

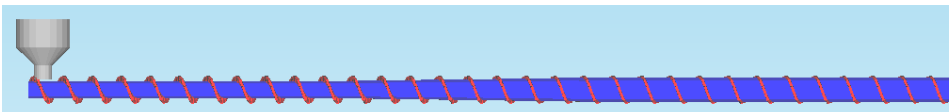


Fig.7 FEA model for experimental verification.

Table 2. Computational conditions

Material	LDPE
Friction parameter	Pellet/Barrel:0.35 Pellet/Screw:0.25
Screw rotational speed	20,60,100,140rpm
Temperature condition	Barrel:180°C Inlet:30°C
Pressure condition	Inlet:0MPa,Outlet:0Mpa

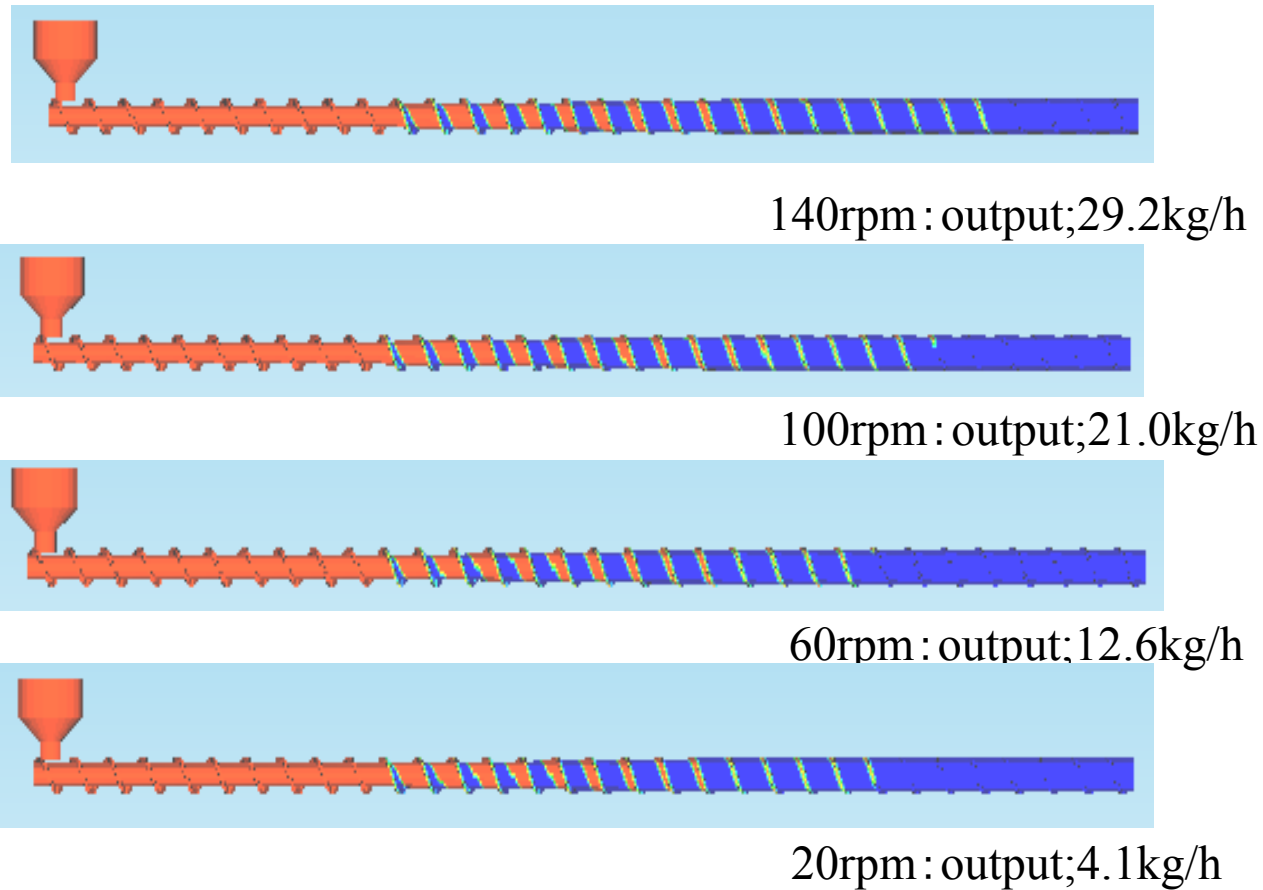


Fig.8 Predicted solid bed distributions

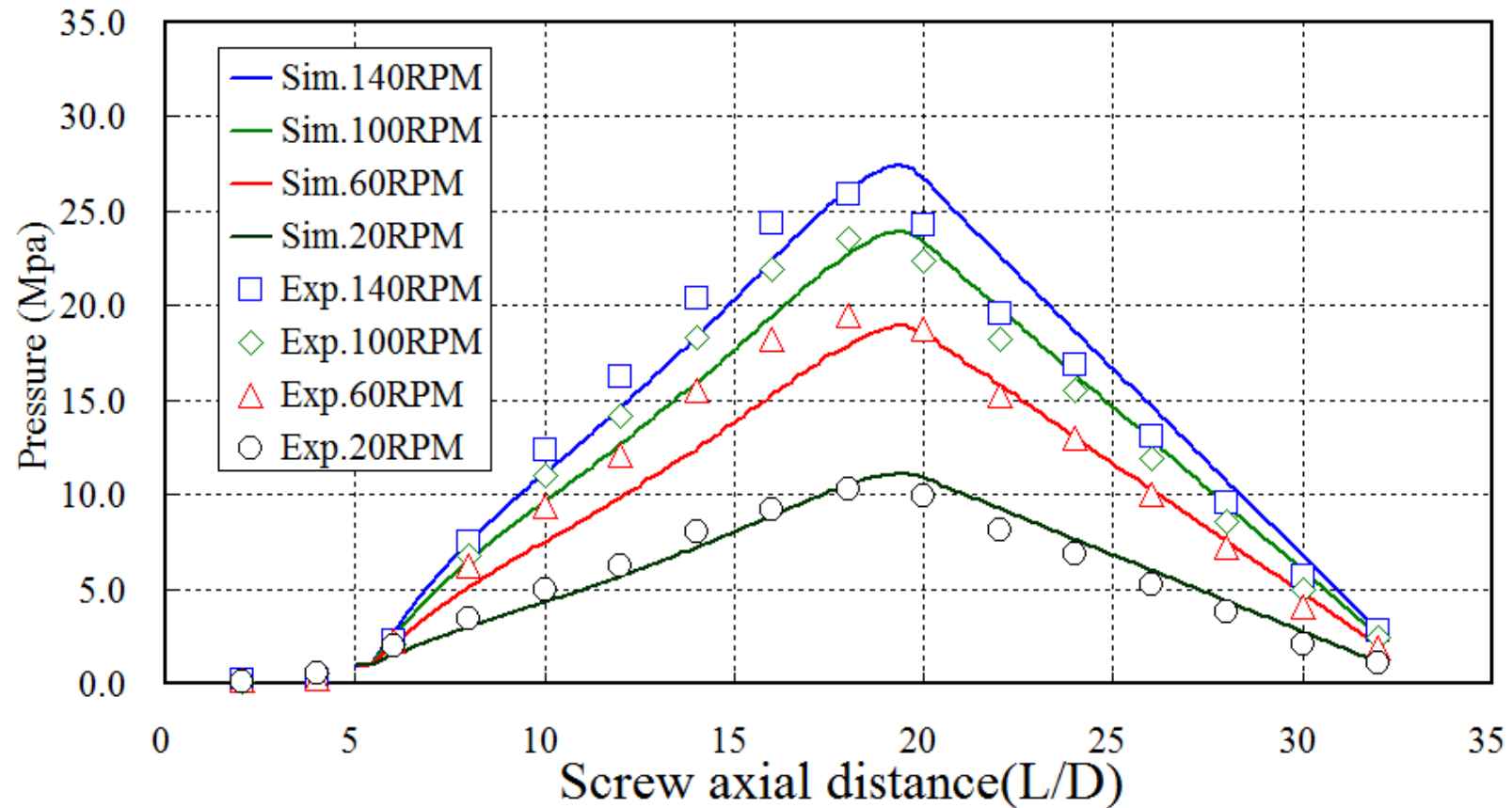
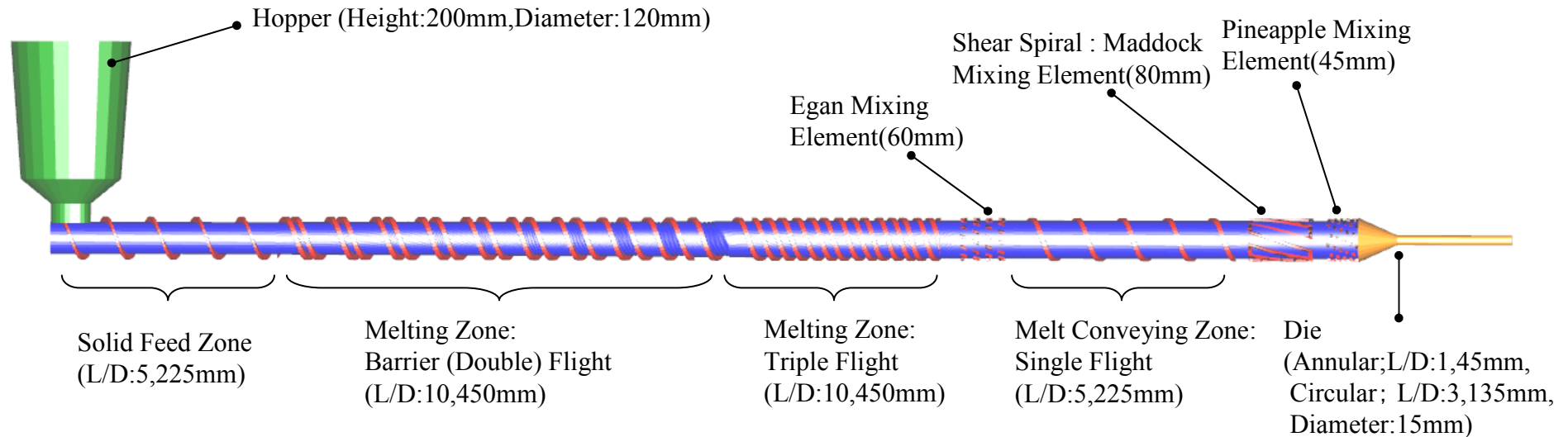


Fig.9 Experimental verification of predicted pressure distributions

□複雑形状のミキシングエレメントを有する 単軸スクリュ押出機の一貫解析



**Fig.10 FEA model for a practical screw extruder with
complicate mixing elements.**

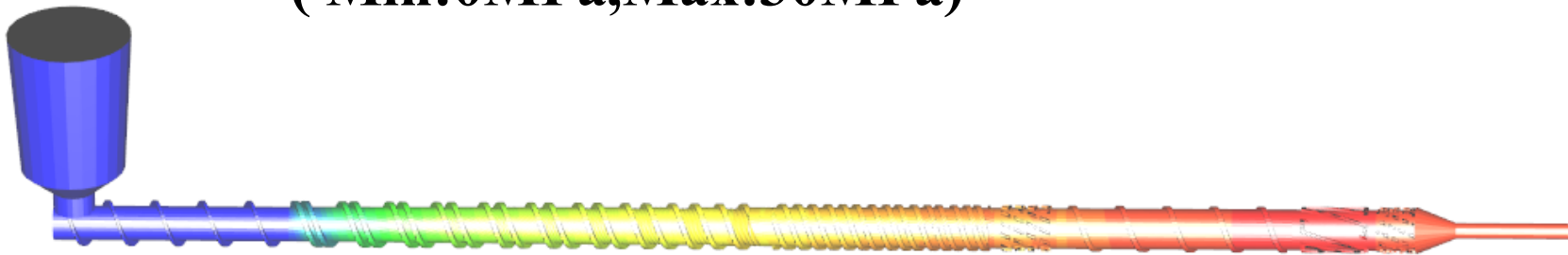
Table 2. Computational conditions

Material	HDPE (Power law fit) Heat of Fusion: 201189 J/kg Melt temperature:130°C
Friction parameter	Pellet/Barrel:0.35 Pellet/Screw:0.25
Screw rotational speed	100rpm
Temperature condition	Barrel:170~200°C Inlet:30°C
Pressure condition	Inlet:0MPa,Outlet:0Mpa

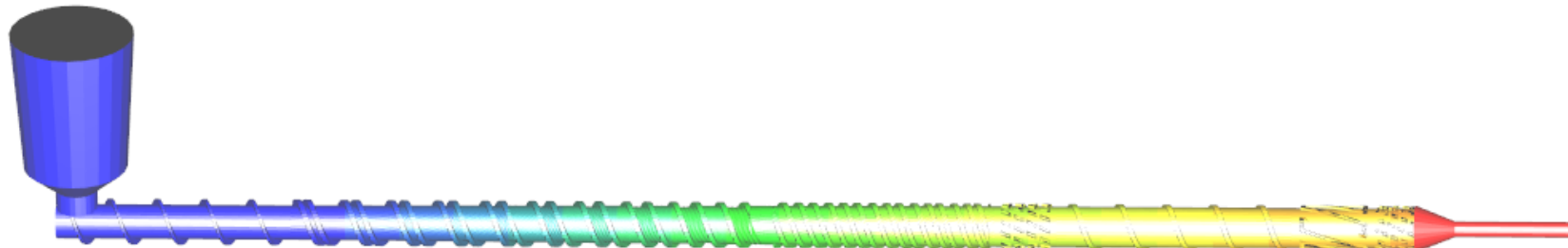
Numerical results:



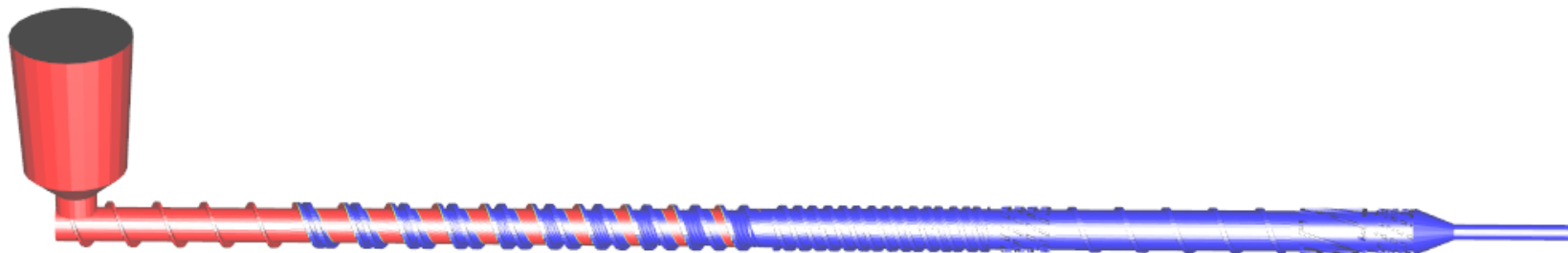
**Fig.11 Predicted pressure distribution
(Min:0MPa,Max:30MPa)**



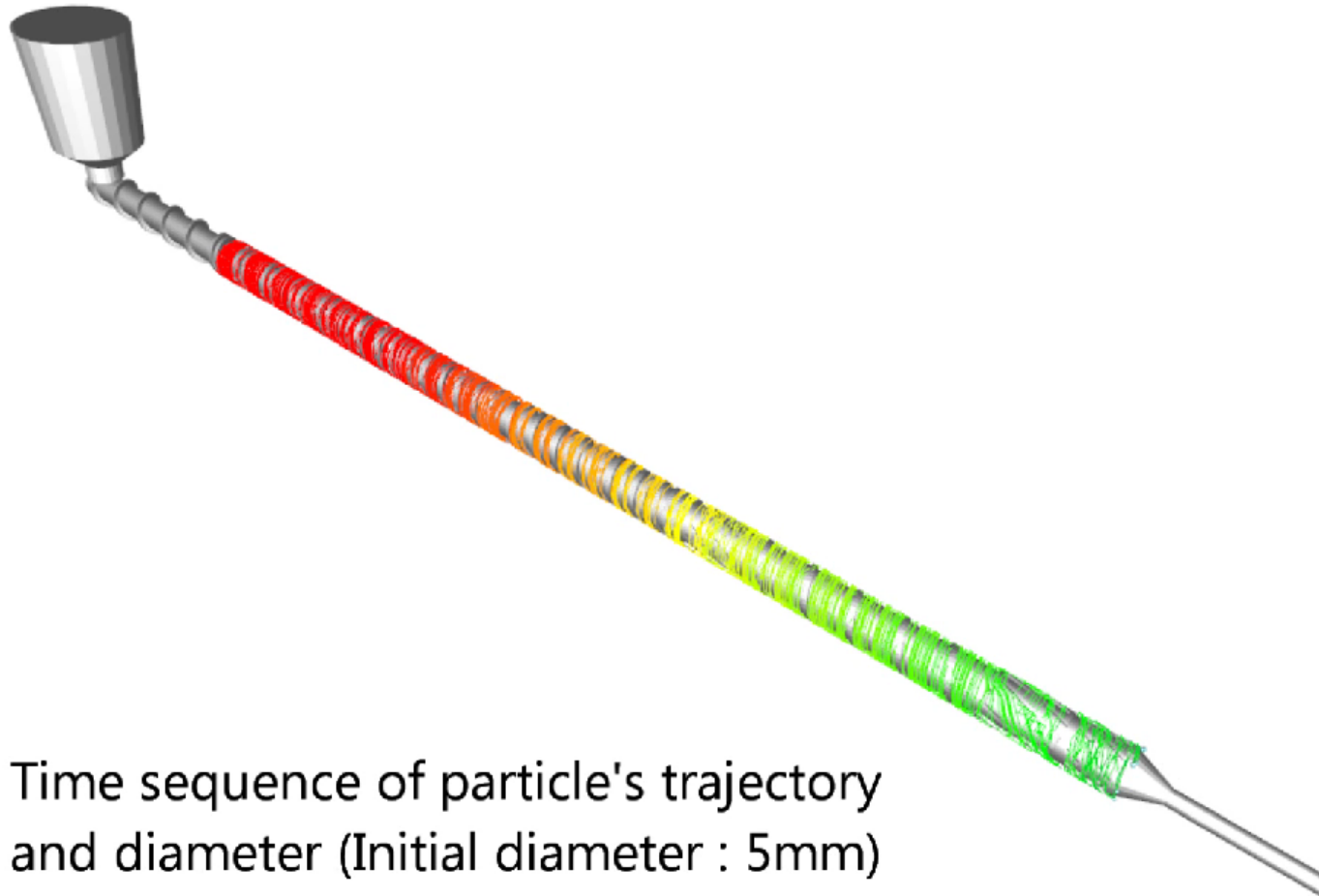
**Fig.12 Predicted Temperature distribution
(Min:30°C,Max:230°C)**



**Fig.13 Predicted residence time distribution
(Min:0sec,Max:50sec)**

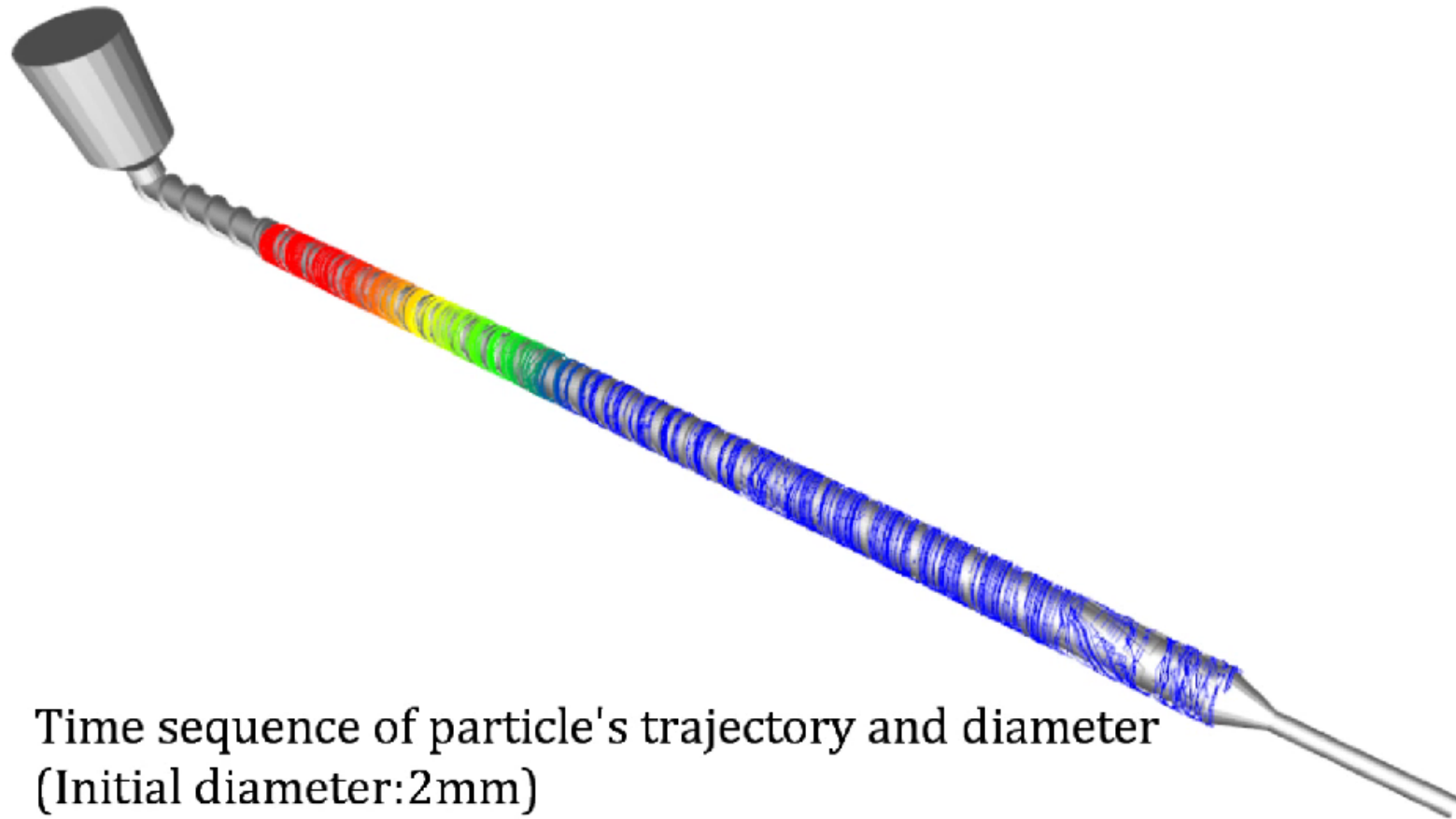


**Fig.14 Predicted solid bed distribution
(Red:solid bed,Blue:melt pool)**



Time sequence of particle's trajectory
and diameter (Initial diameter : 5mm)

Animation 1: Lagrangian spherical melting model simulation
(Initial particle's diameter:5mm)



Time sequence of particle's trajectory and diameter
(Initial diameter:2mm)

Animation 2: Lagrangian spherical melting model simulation
(Initial particle's diameter:2mm)

□まとめ

成果：

- ・スクリュ押出機内成形現象の古典的定量化モデルと一般化Hele-Shaw流れの定式化、動的溶融可塑化モデル、及びメッシュ生成技術を併用することで効率的な解析法を構築した。
- ・実験検証解析を通じて解析結果の妥当性を検討した。

今後の課題：

- ・固体輸送領域、溶融可塑化領域の定量化モデルの精度向上
- ・検証解析の継続
- ・二軸スクリュ押出機に対する用途展開