

多層押出成形用 マルチマニフォールドダイの 最適化解析

Optimization Analysis of
Multi Manifold Die for Co-extrusion

2014/6/4

株式会社HASL

○谷藤 真一郎 吉川 秀雄

株式会社プラスチック工学研究所

鬼防 崇 辰巳 昌典

AGENDA

□研究の背景

- ・研究目的

□最適化熱流動解析技術

- ・ Trial Search Method
- ・ 2.5D/3D hybrid FEM

□マルチマニフォールドダイの最適化解析

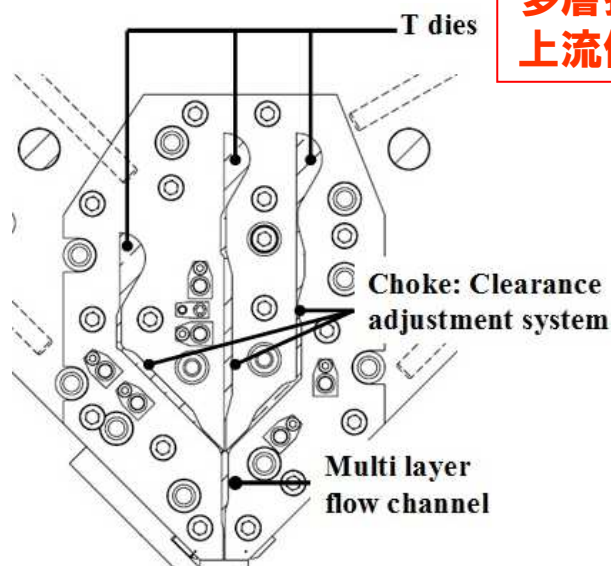
- ・ 現行条件解析
- ・ 最適化条件解析

□まとめ

- ・ 成果要約

□研究の背景

マルチマニフォールドダイ： 多層押出物各層厚の均一化に利点を有する押出装置



多層押出物各層の整流化を目的として
上流側にTダイを複数個並列配置

- ・多層フィードブロックを配置したシングルマニフォールドダイと比較して、複雑且つ大型で高価
- ・粘度特性の差が大きい材料の多層押出に適用可能
- ・Tダイの合理的な制御により、層厚の調整が可能

Fig.1 Layer configuration of multi manifold die

Tダイ最適形状 (流出速の均一化を保障する条件) *) :

Material :

$$\eta = \eta_0 \dot{\gamma}^{n-1}$$

Optimized radius distribution of manifold :

$$R(x) = R(0) \left(1 - \frac{x}{W}\right)^{\frac{n}{3n+1}}$$

Optimized slope angle of manifold :

$$\sin \phi = \left(\frac{3n+1}{2\pi(2n+1)} \right)^n \frac{W^n H_p^{2n+1}}{R(0)^{3n+1}}$$

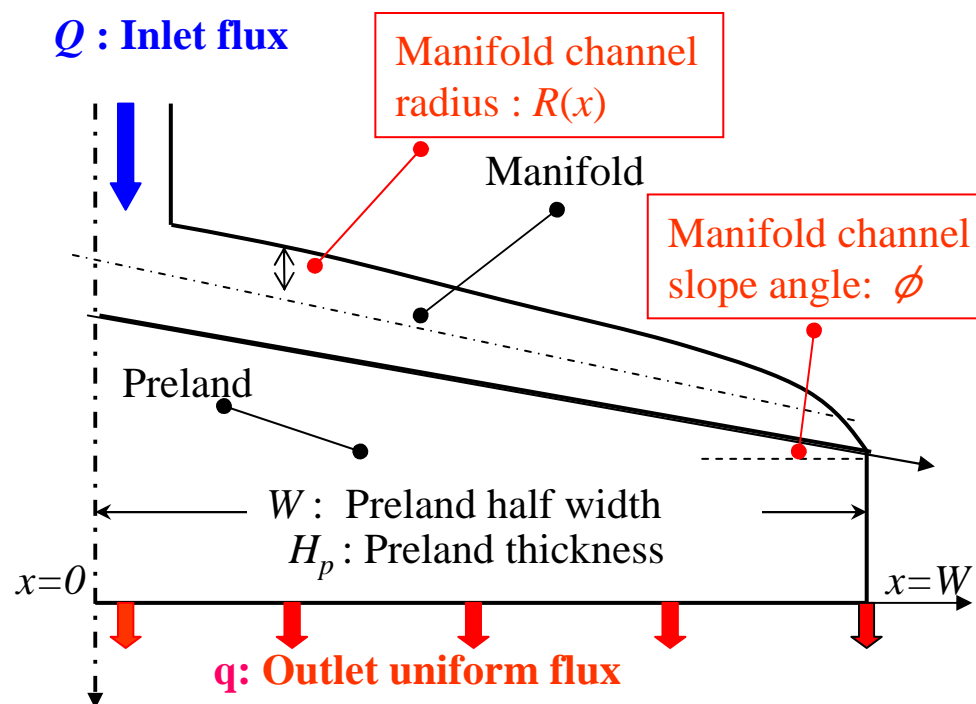


Fig.2 Optimization shape of coat hanger die

Tダイ最適形状は、Power law index (粘度特性) 毎に異なる。

装置運用担当者がダイ可変機構を試行錯誤的に調整して最適成形条件を模索。

*)井口勝啓『Tダイ流路設計の基本と最適化』技術情報協会(2011)

研究目的：

多層マルチマニフォールドダイで製造される多層押出物層厚を均一化するための上流側Tダイの最適制御条件を**実用的に**推定する最適化熱流動解析技術の構築

実用的とは,

- 技術の運用が容易
- 計算速度が速い
- 解析コストが低い
- 推定される最適条件が有益

□最適化熱流動解析技術

Trial Search Method

設計変数 (Design variable) : Tダイチョーク領域の
TD方向流路クリアランス分布

目的関数 (Objective function) : Tダイ流出速変動量

$$= 100 \times \frac{\text{最大流出速} - \text{最小流出速}}{\text{平均流速}} \quad (\%)$$

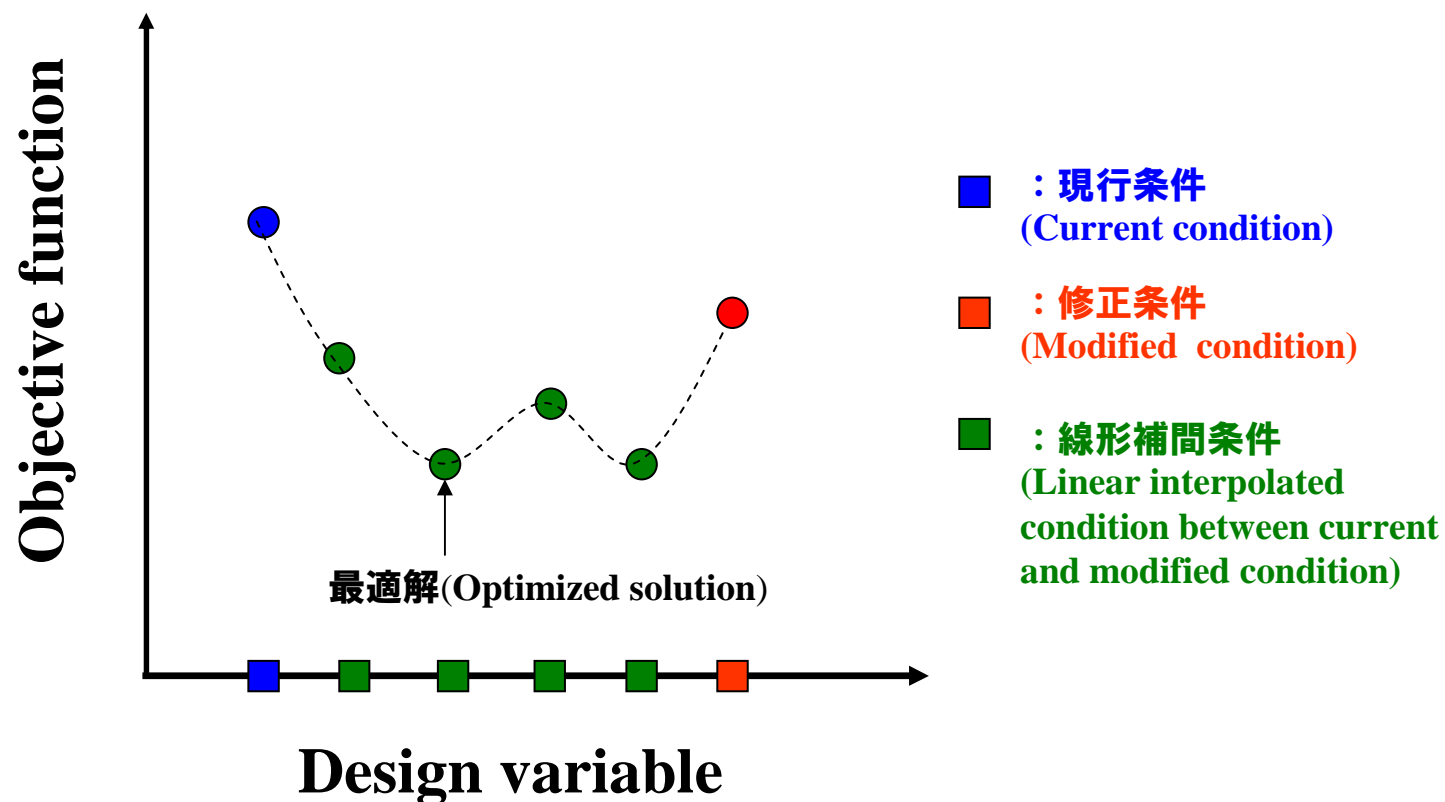


Fig.3 Variation of objective function in TSM

2.5D/3D hybrid FEM

Mono layer flow region :
2.5D Hele-Shaw mesh

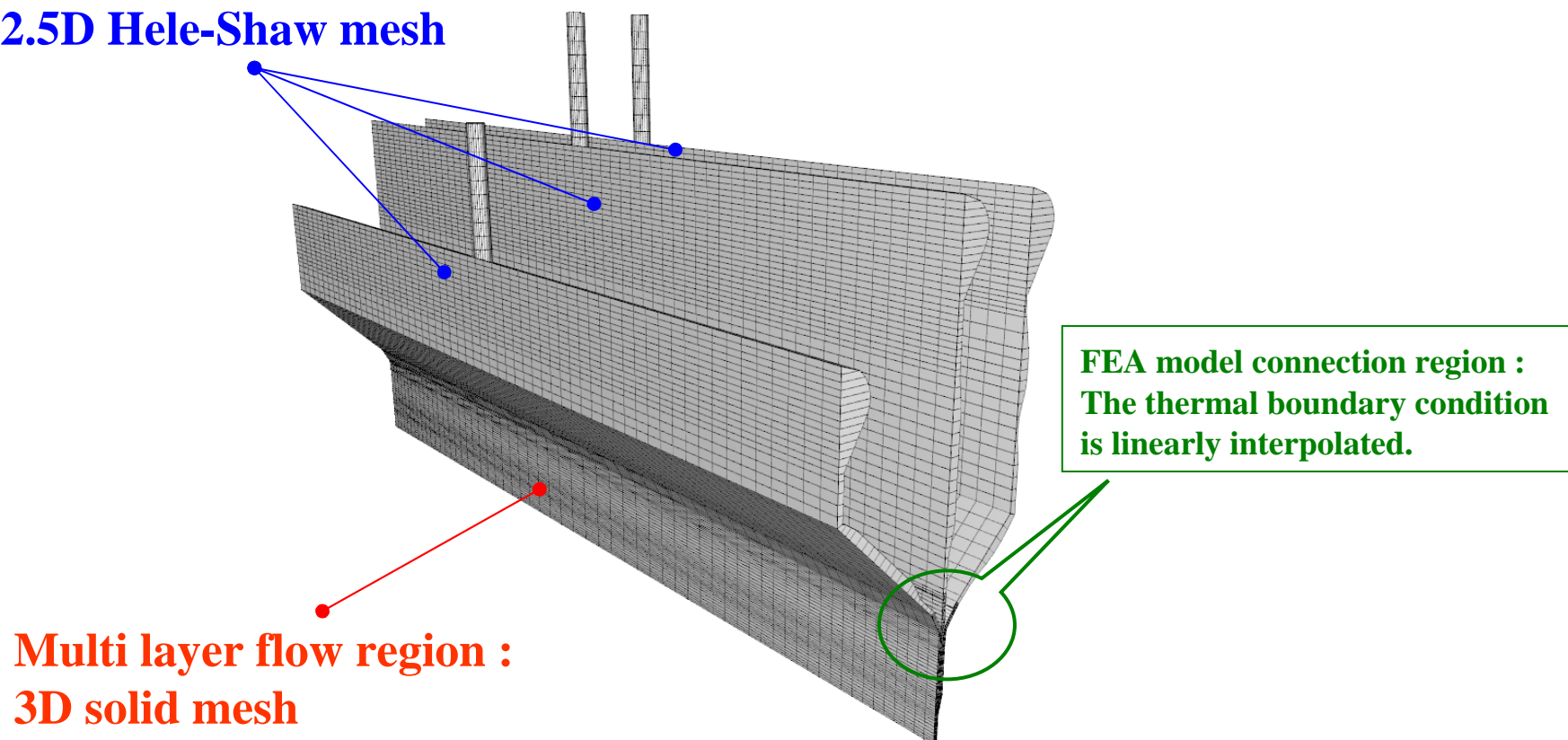
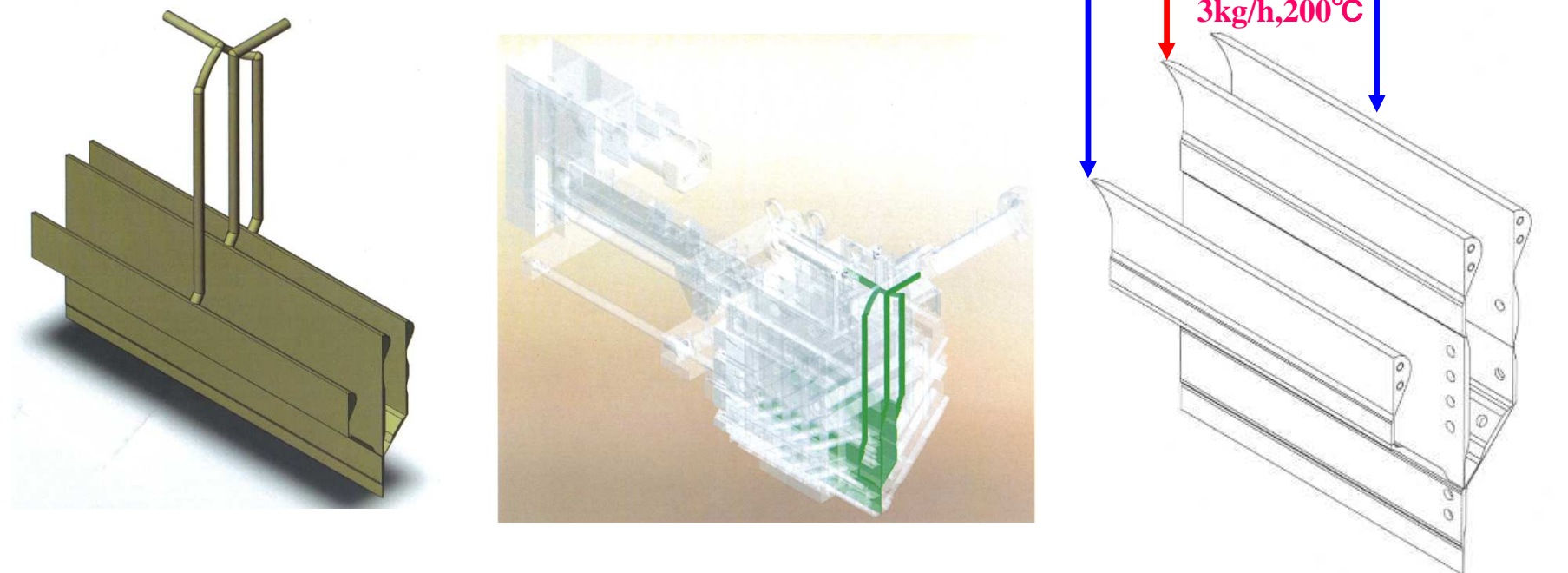


Fig.4 2.5D/3D hybrid FEM for flow simulation of multi manifold die

□マルチマニフォールドダイの最適化解析

・ 現行条件解析



**Fig.5 Analysis model : 600 mm width 2 materials 3 layers manifold die
(Research Laboratory of Plastics Technology Co., Ltd.)**

Material Property (Viscosity)

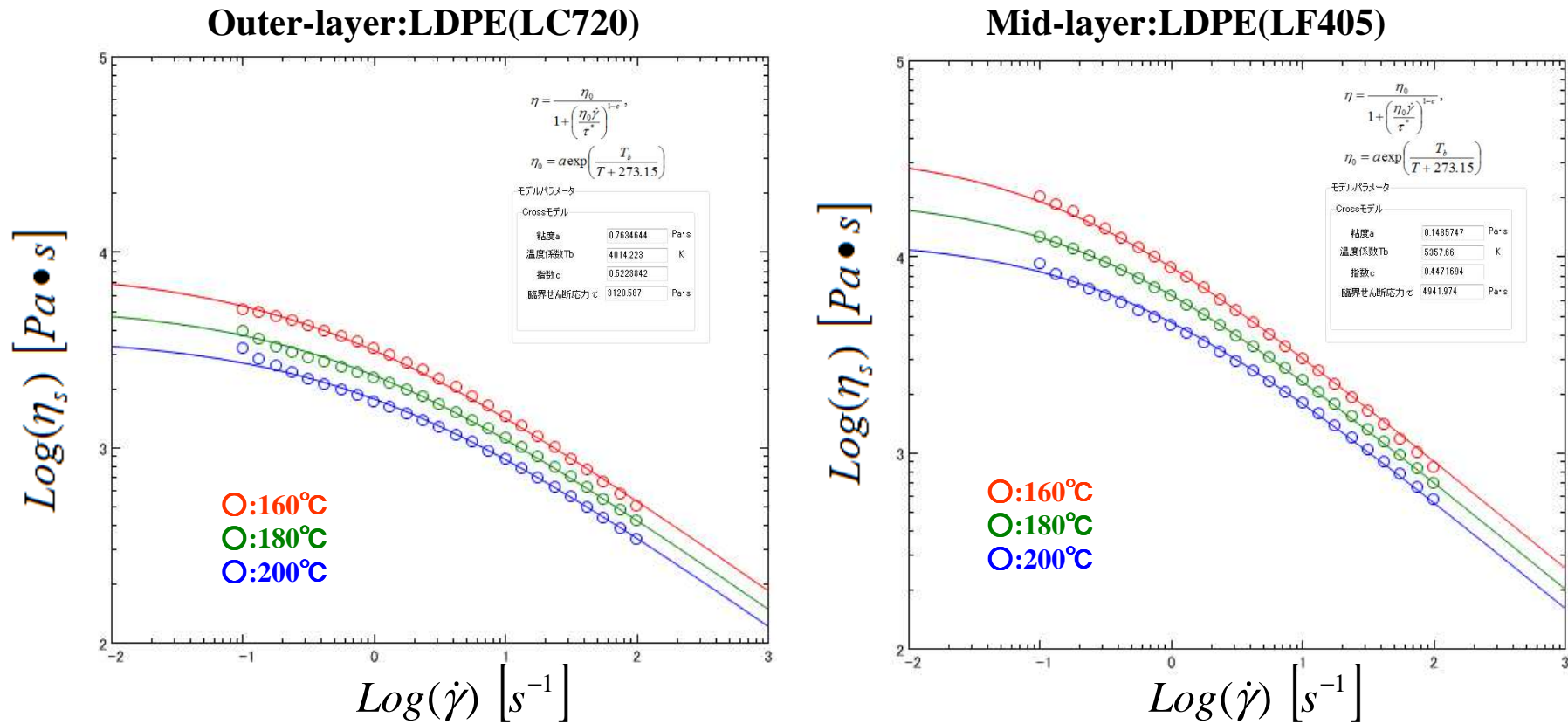


Fig.6 Strain rate $\dot{\gamma}$ vs. Shear viscosity η_s

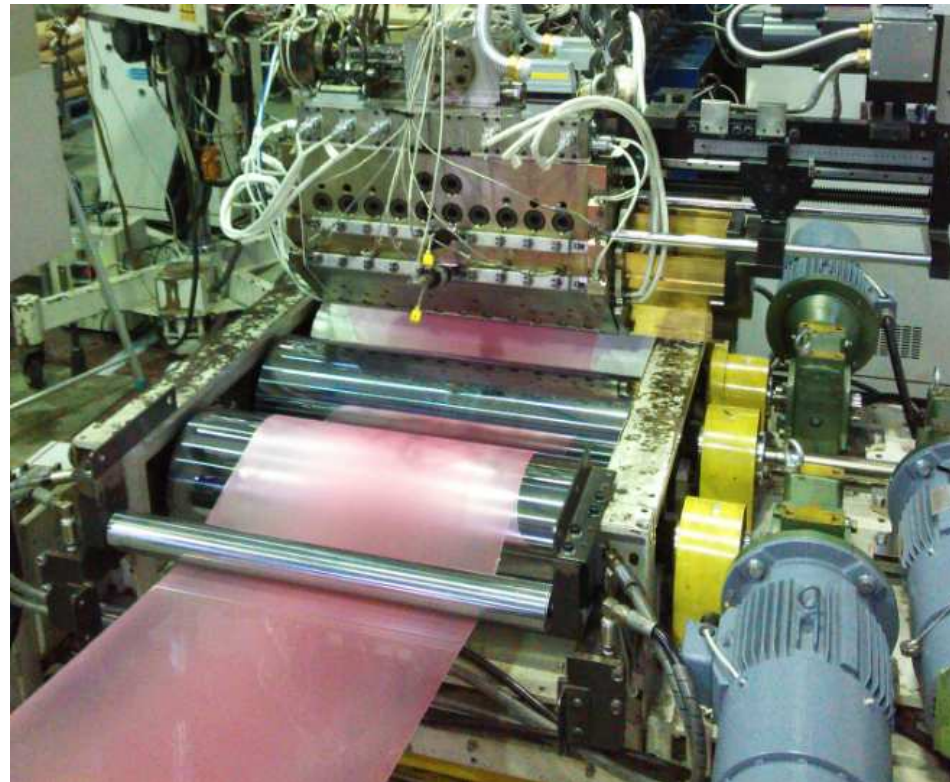


Fig.7 Experimental equipment

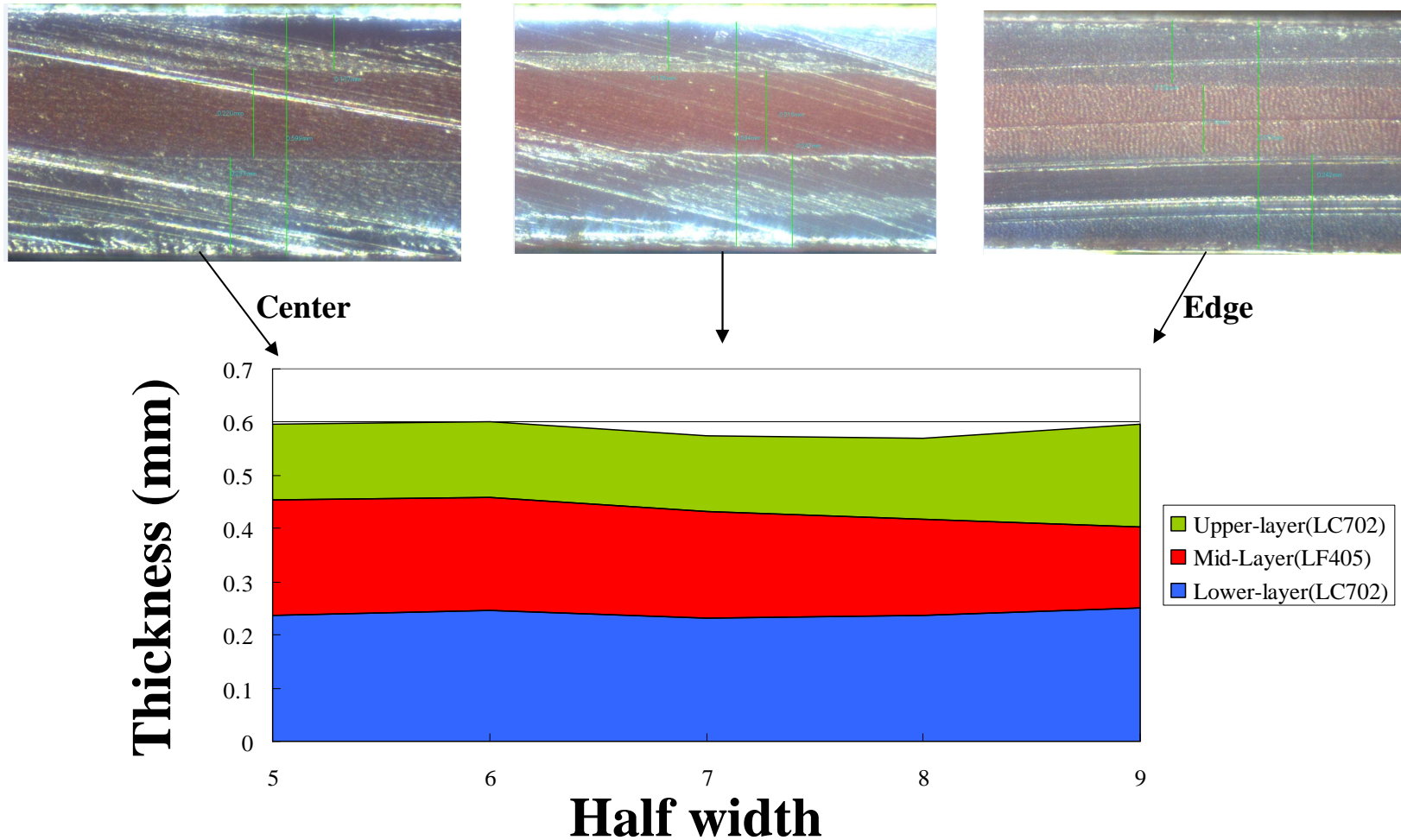


Fig.8 Experimentally observed layer thickness distribution under current condition

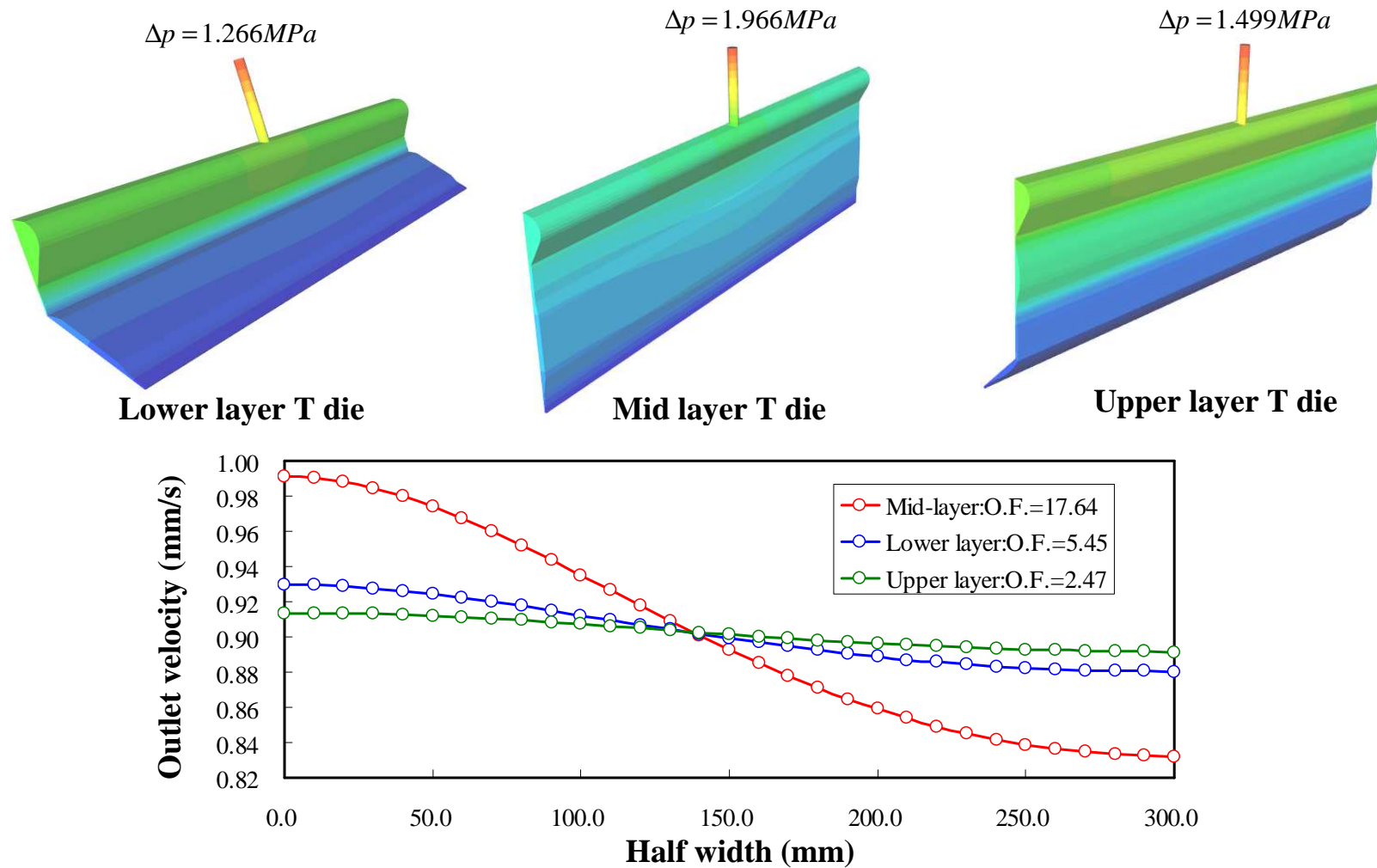


Fig.9 Predicted pressure and outlet flow velocity for multi later T dies under current condition

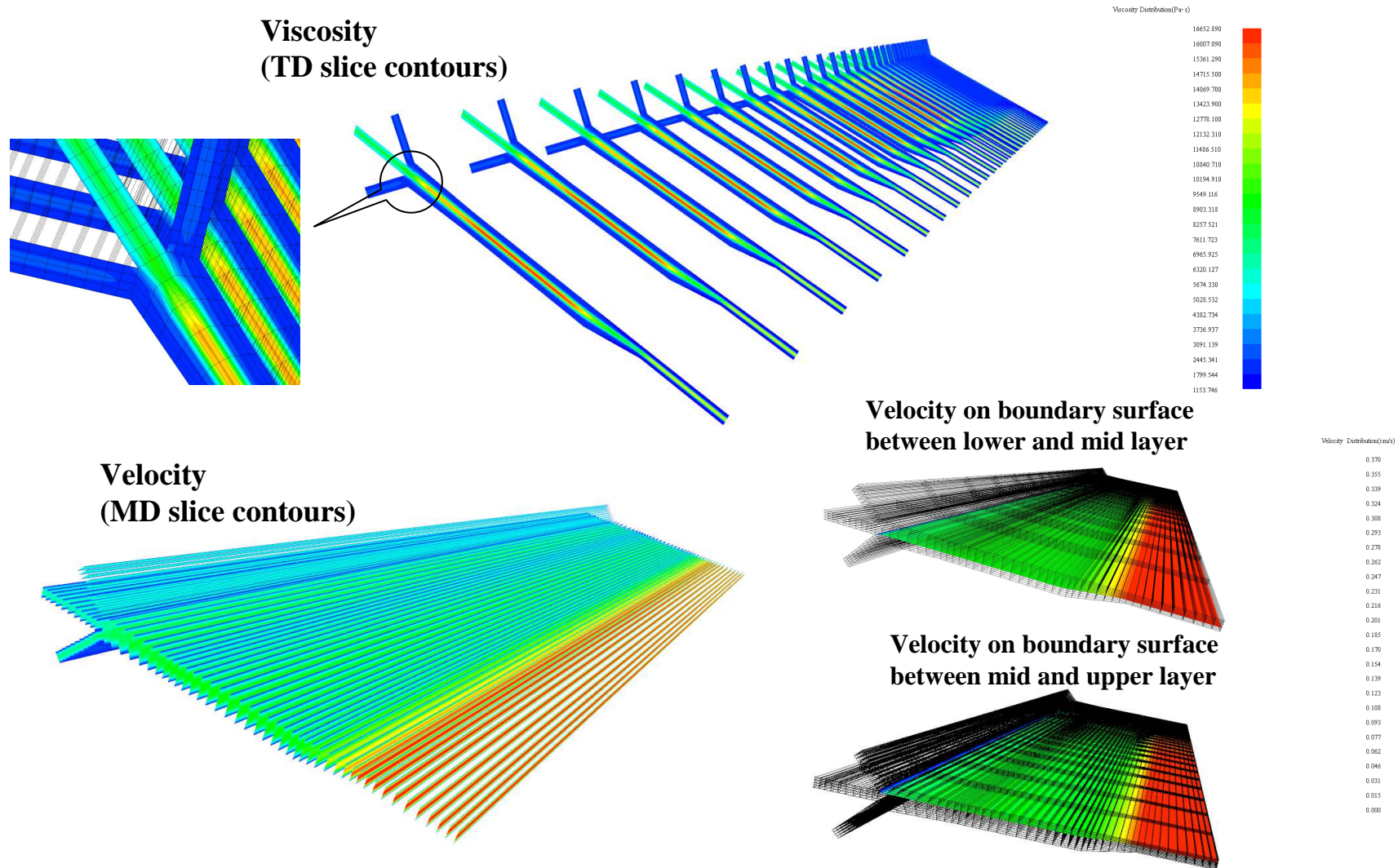


Fig.10 Numerical result of 3D multi layer flow simulation under current condition

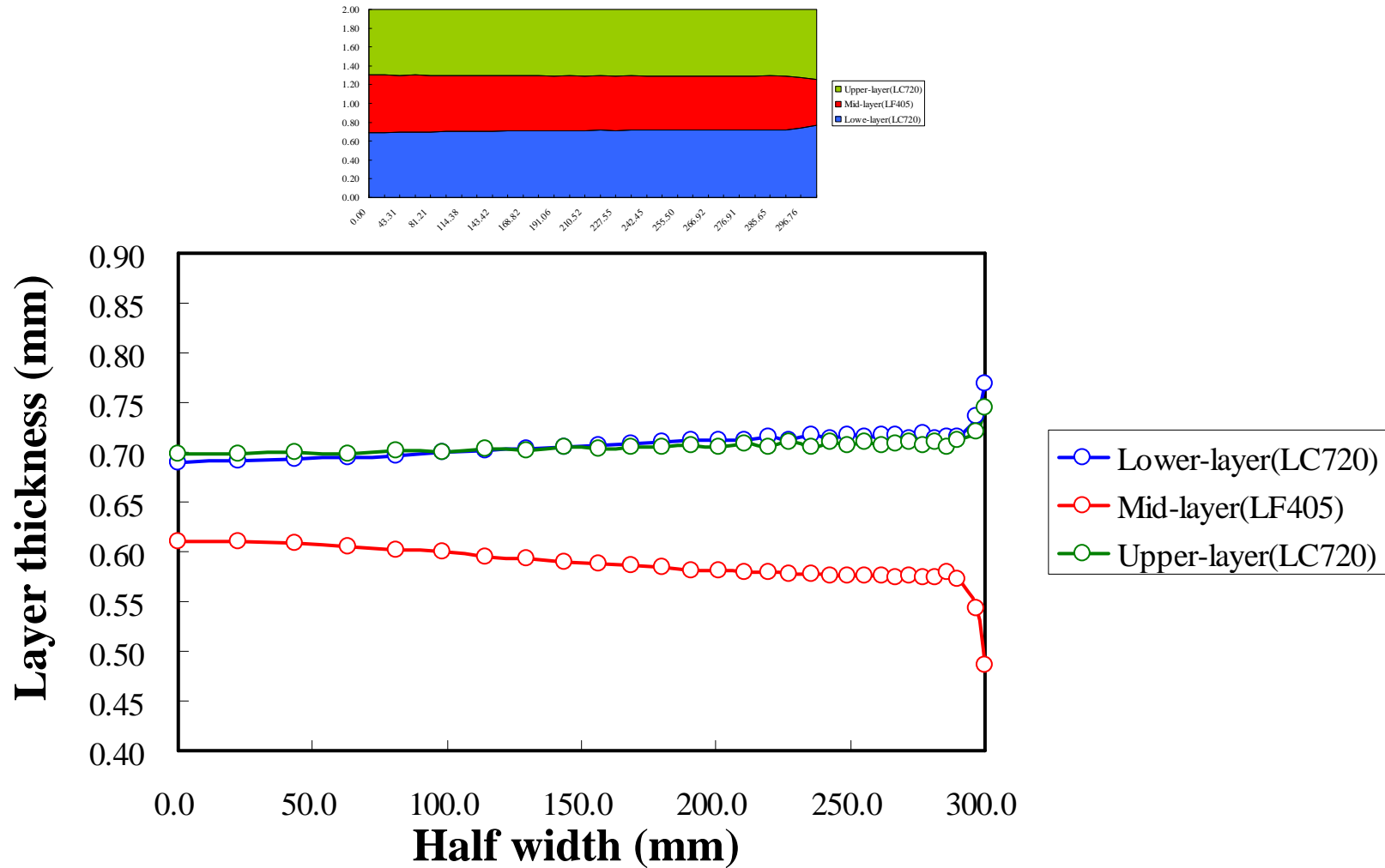


Fig.11 Predicted layer thickness distribution under current condition

・最適化条件解析

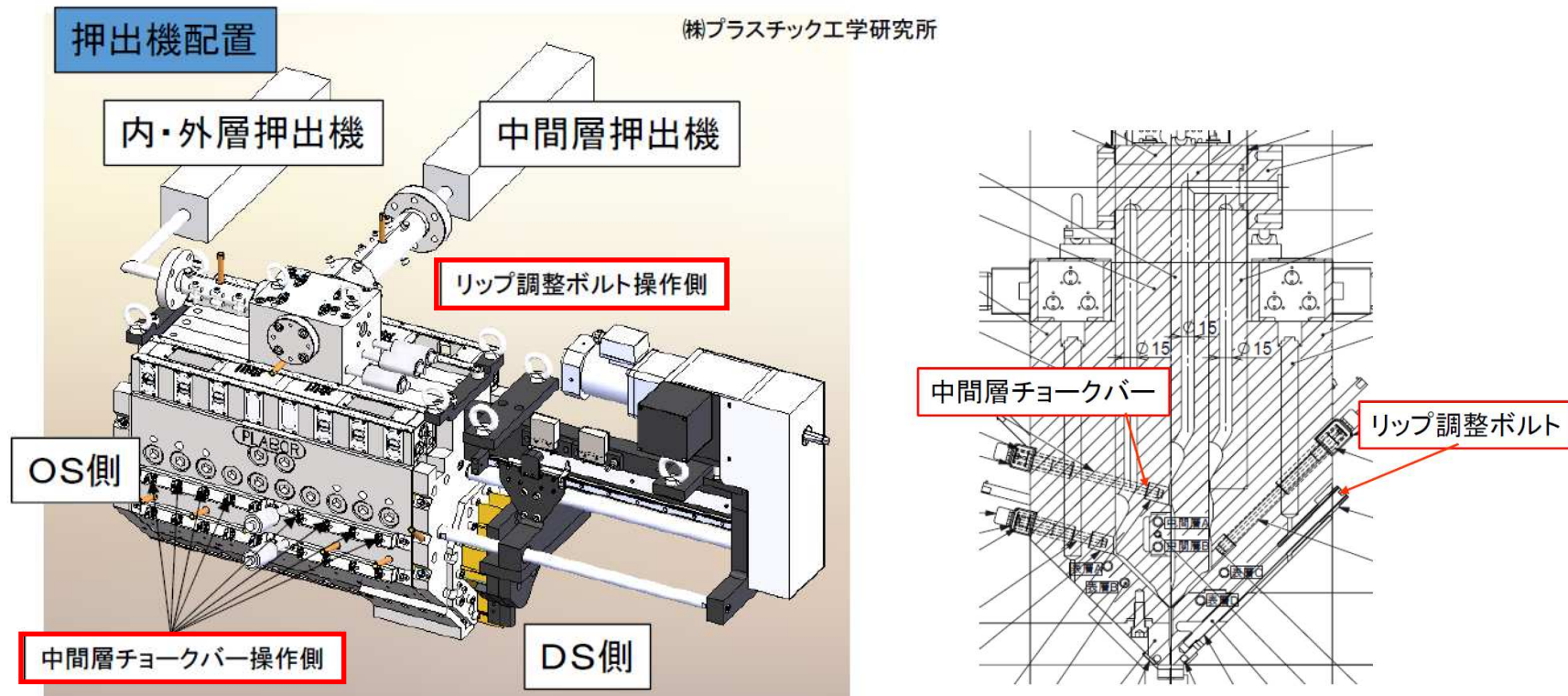


Fig.12 Channel clearance adjustment system

1st trial optimization

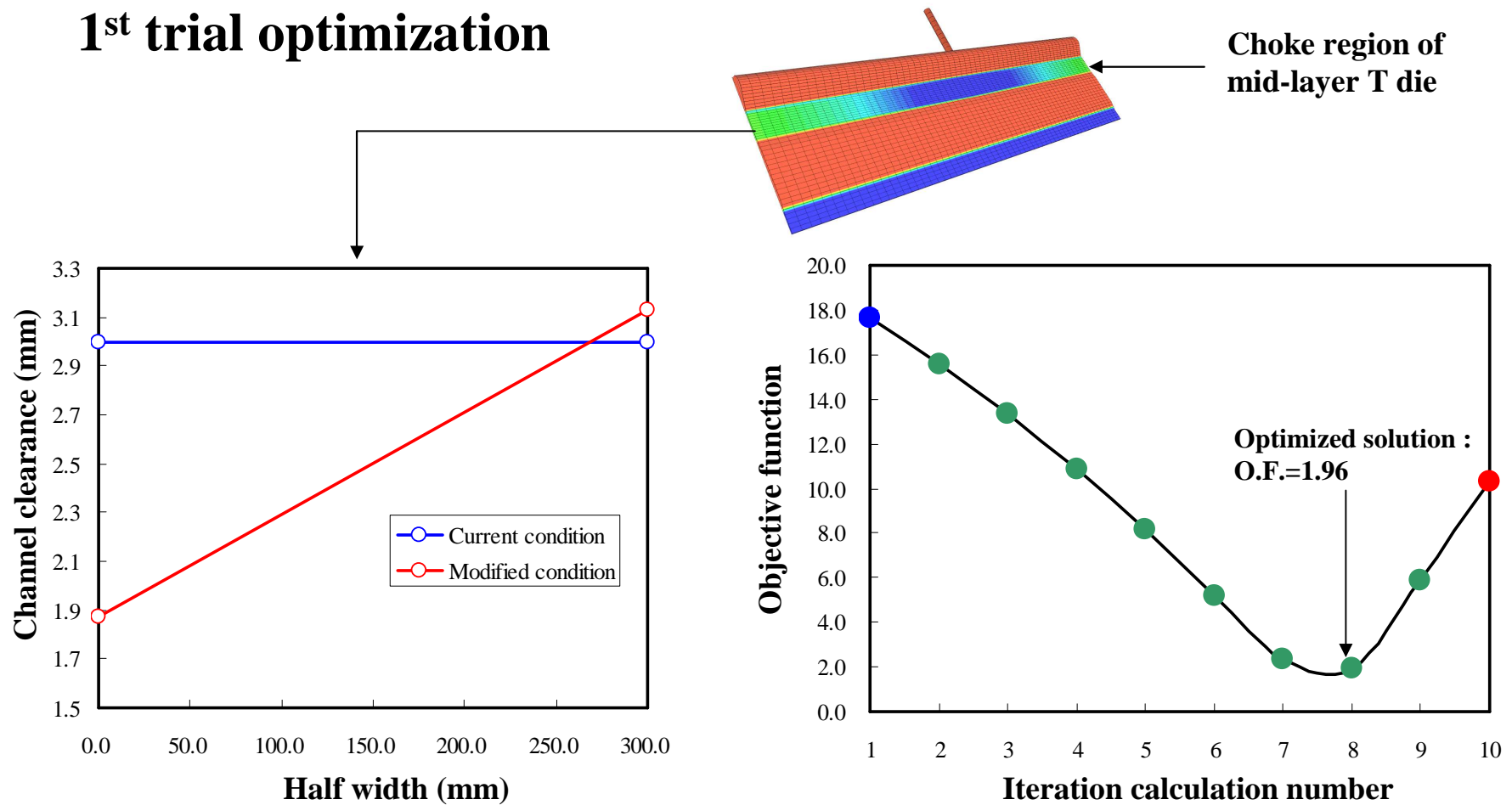


Fig.13 Design variable and objective function of 1st trial optimization

2nd trial optimization

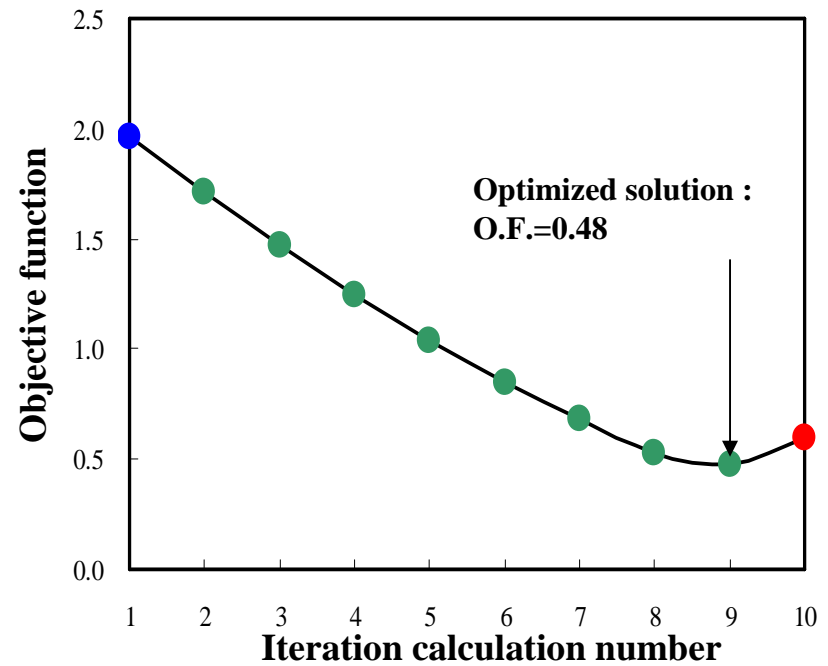
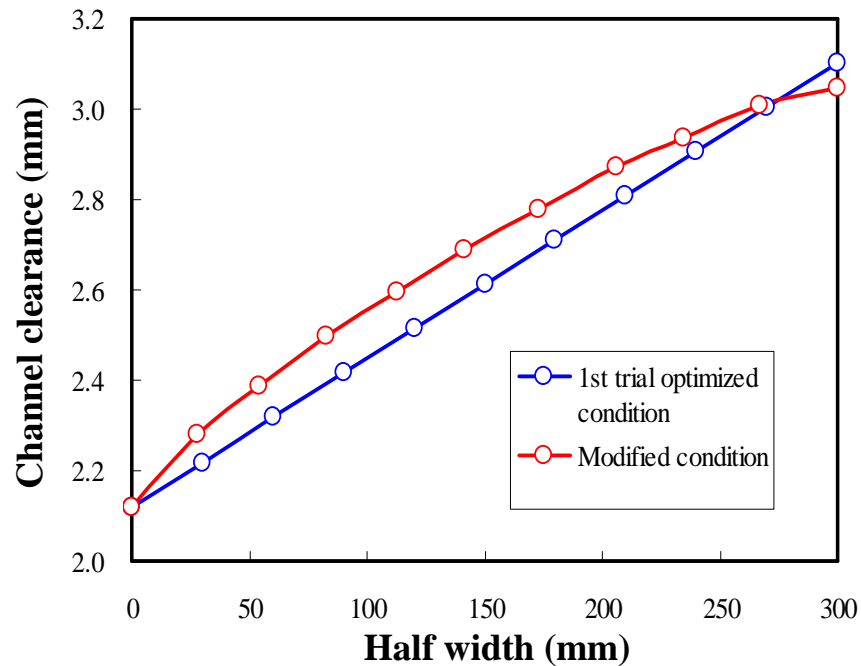


Fig.14 Design variable and objective function of 2nd trial optimization

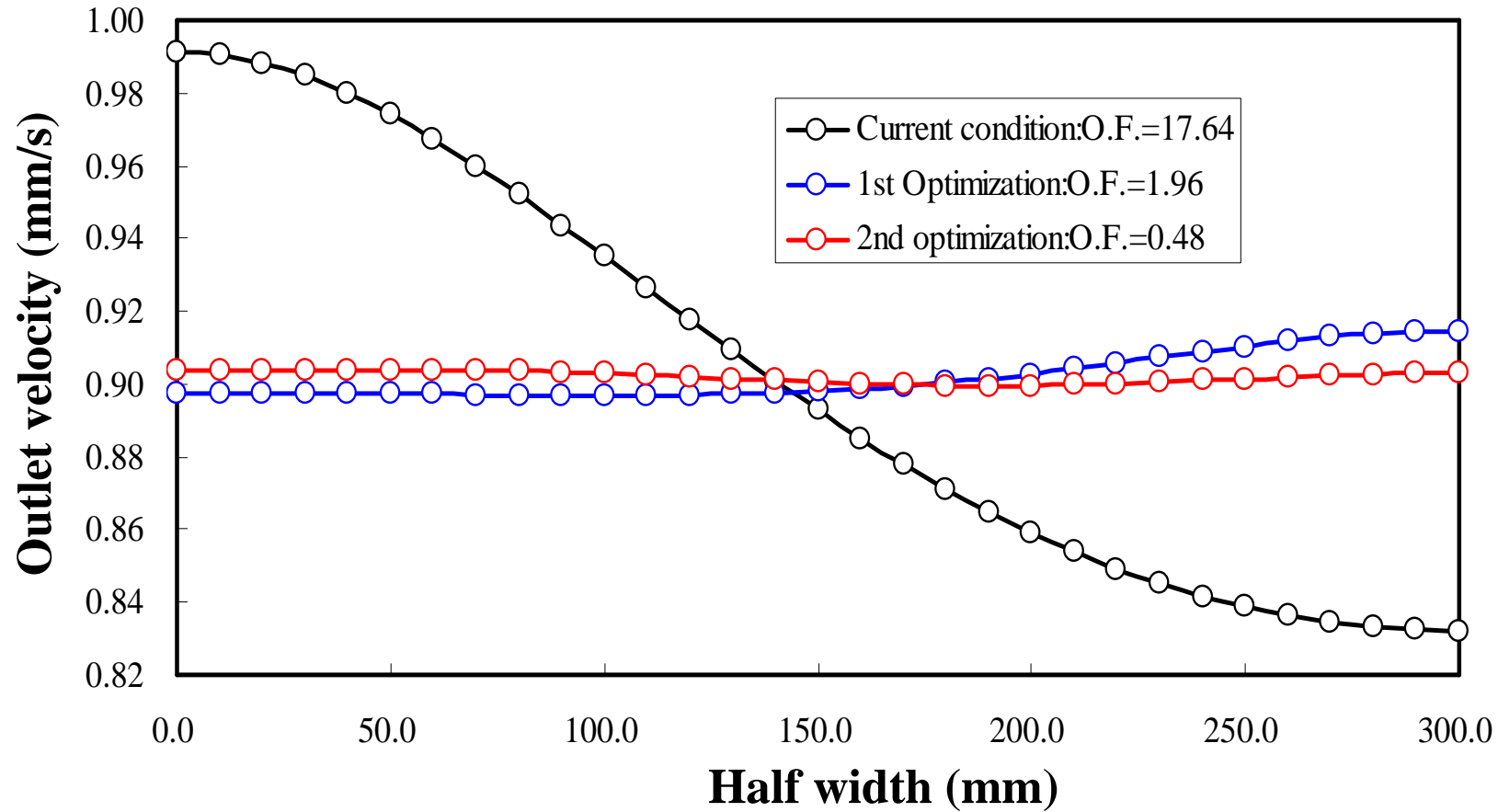


Fig.15 Predicted outlet velocity distribution for mid-layer in optimization

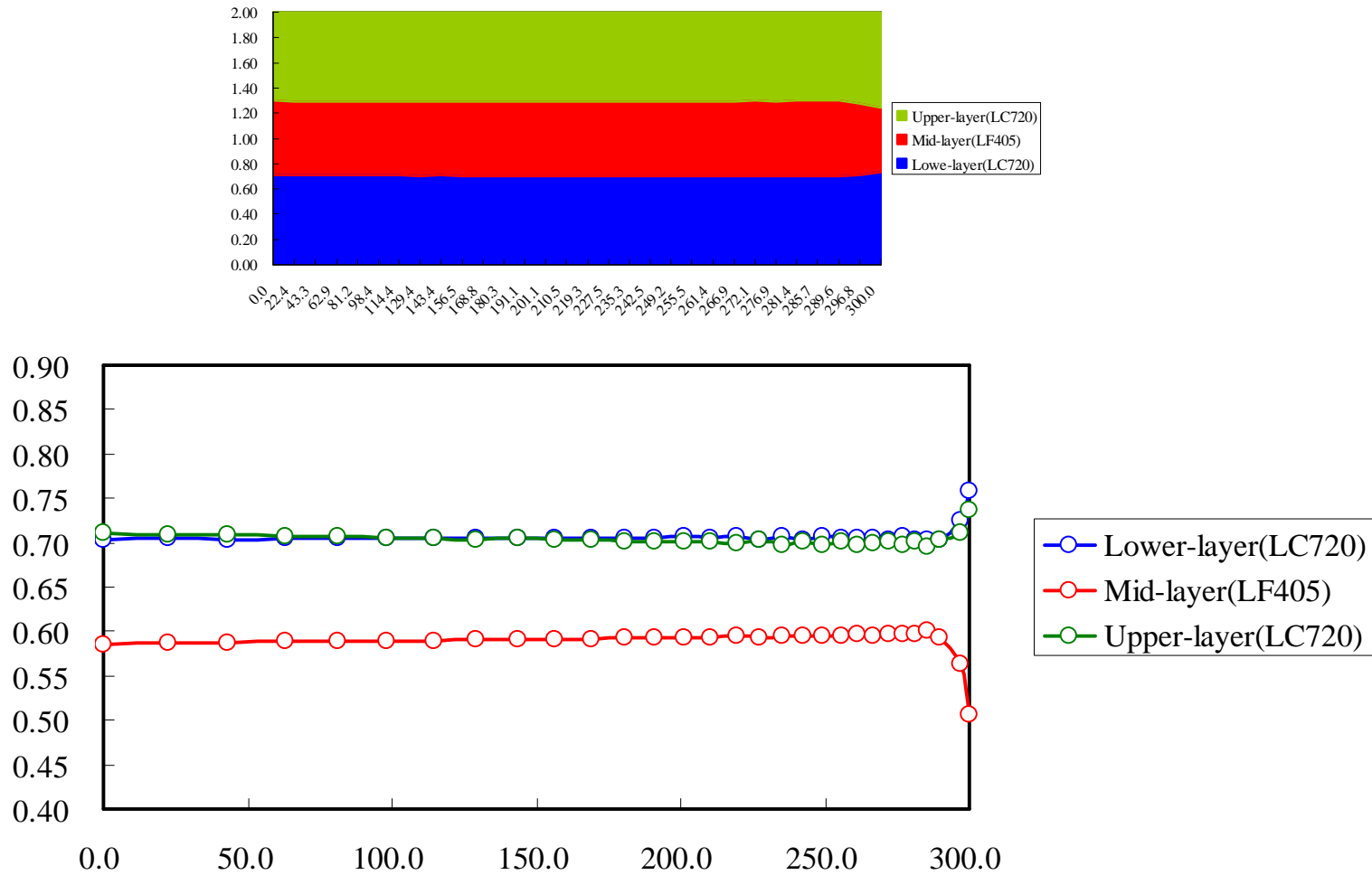


Fig.16 Predicted layer thickness distribution under optimized condition

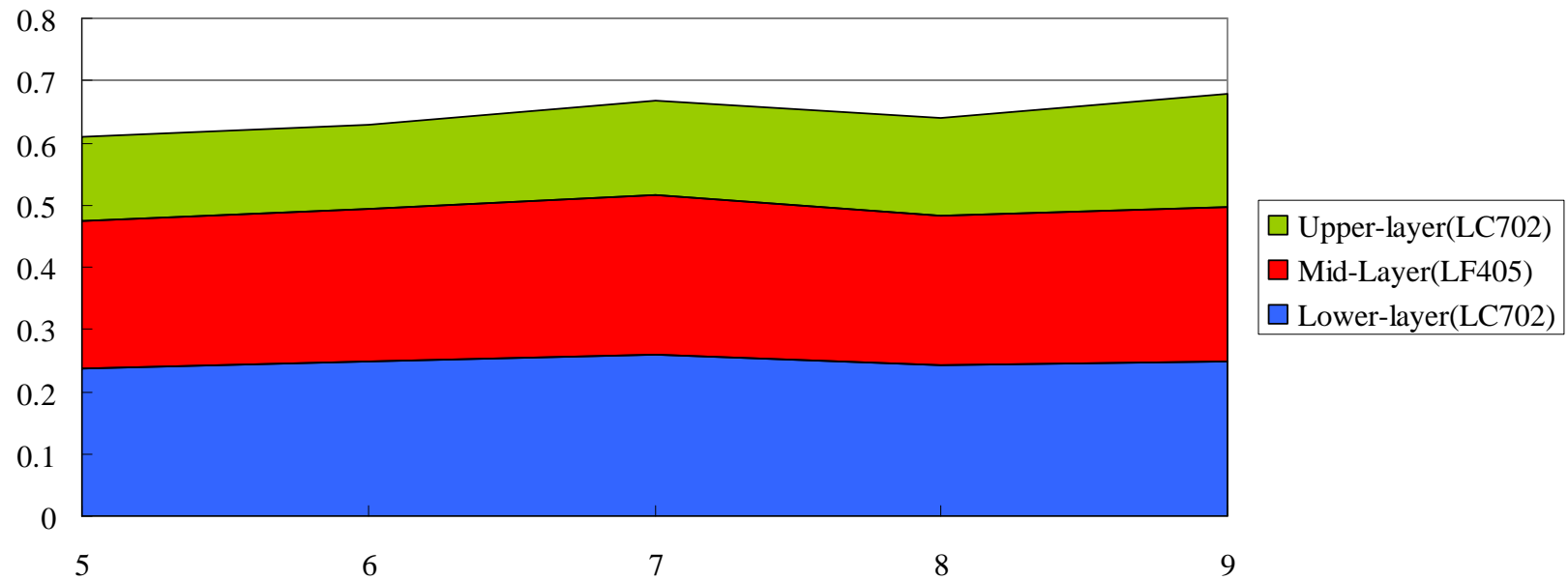


Fig.17 Experimentally observed layer thickness distribution under optimized condition

□まとめ

・成果要約

1) 運用が容易で計算効率に優れたマルチマニフォールドダイ用最適化技術を開発

Analysis	CPU time
2.5D optimization	30 sec for 10 iterations
3D multi layer flow simulation	900 sec

(Dell Studio XPS 8100, Intel® Core™ i7 CPU 860 @2.80GHz)

2) 実測データを利用し、最適化技術の妥当性を検証