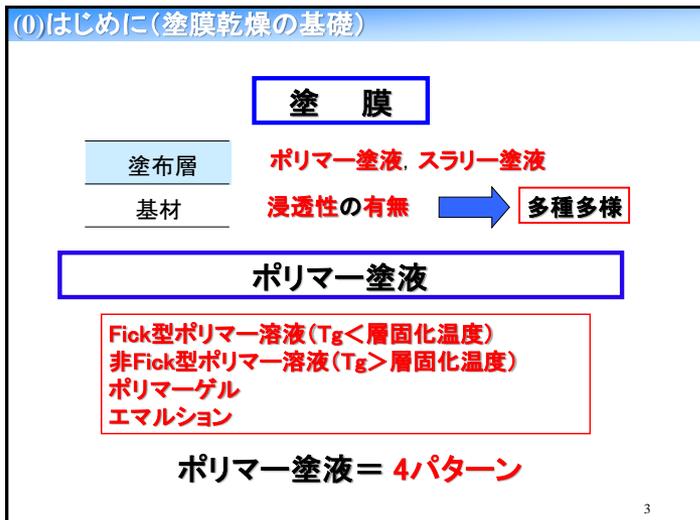


目次	
塗膜乾燥の理論とモデルとその応用	
by 今駒博信	
目次 (1/2)	
(0) はじめに	
◎ 塗膜乾燥の基礎	
◎ モデルと技法	
略 (1) 理論	
◎ Maxwell-Stefan (MS)式	分布定数系"がち"理論→(2)予測技法
◎ 乾燥応力による物質移動促進	分布定数系"ゆる"理論→(2)
◎ エネルギー・物質収支	集中定数系"ゆる"理論→(2)(3)関連技法

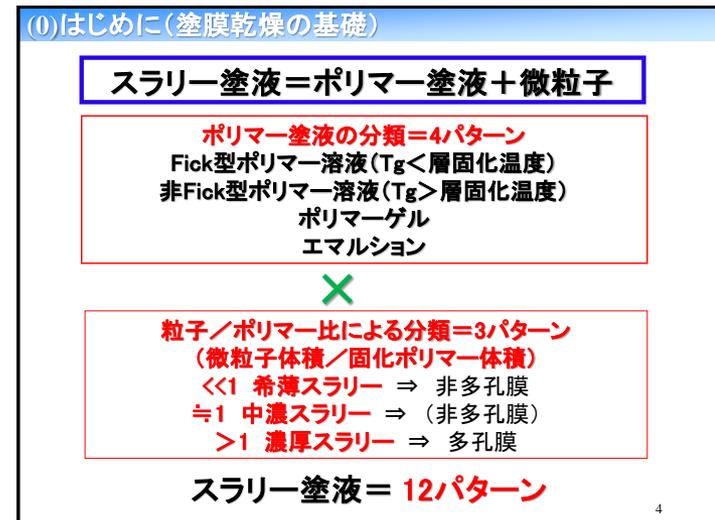
1

目次	
目次 (2/2)	
(2) 予測技法	
◎ Fick型溶液塗膜乾燥	分布定数系"がち"モデル
◎ ゲル塗膜乾燥	分布定数系"ゆる"モデル
略 ◎ 非Fick型溶液塗膜乾燥	分布定数系"ゆる"モデル
◎ 多孔膜中ポリマーの乾燥偏析	集中定数系"ゆる"モデル
◎ スラリー塗膜乾燥	分布定数系"ゆる?"モデル
(3) 関連技法	
◎ 材料温度変化法(熱風乾燥)	集中定数系"ゆる"モデル
略 ◎ 材料温度変化法(赤外線乾燥)	集中定数系"ゆる?"モデル
◎ 異種基材間の乾燥速度関連法	集中定数系"ゆる?"モデル
注意点...過半の内容が未公表のため誤報かも...	

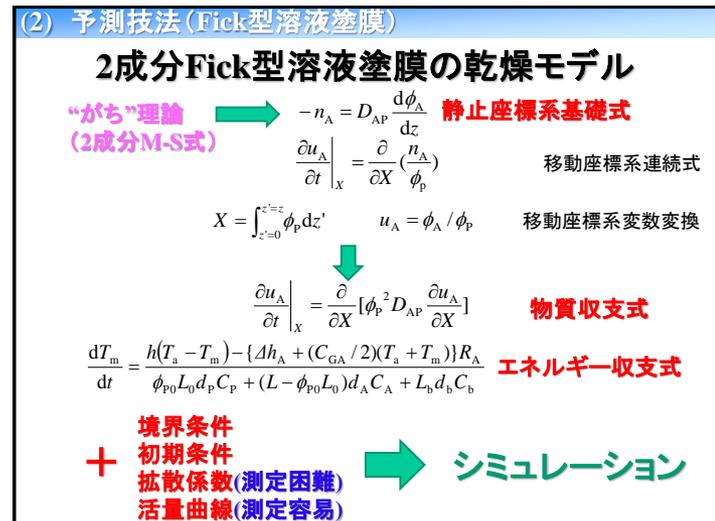
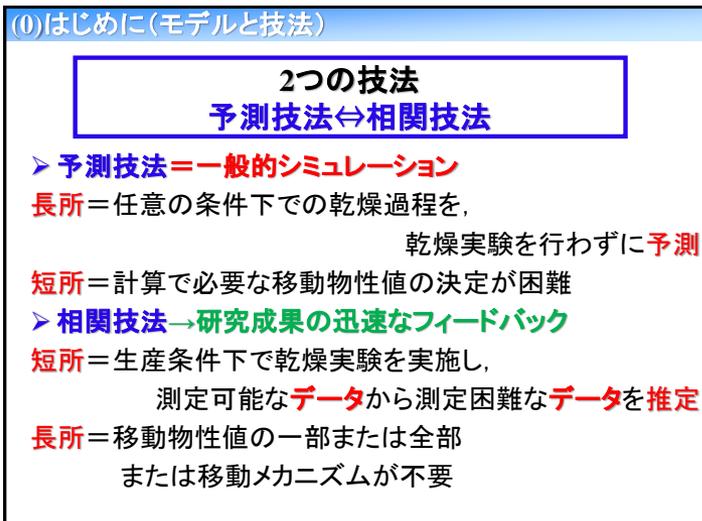
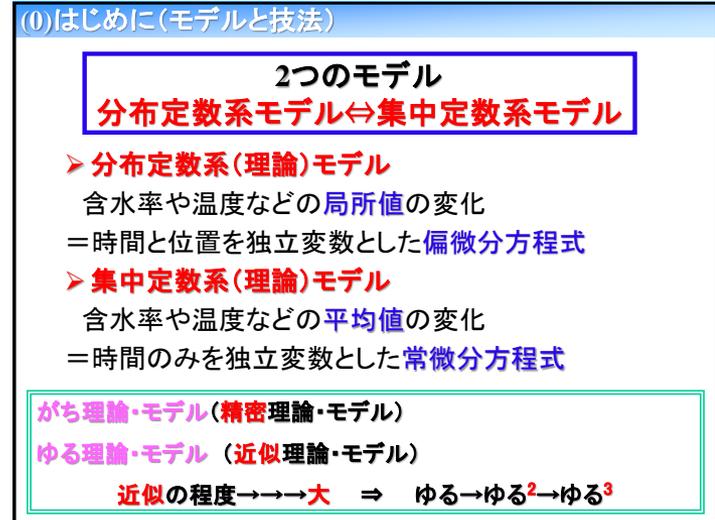
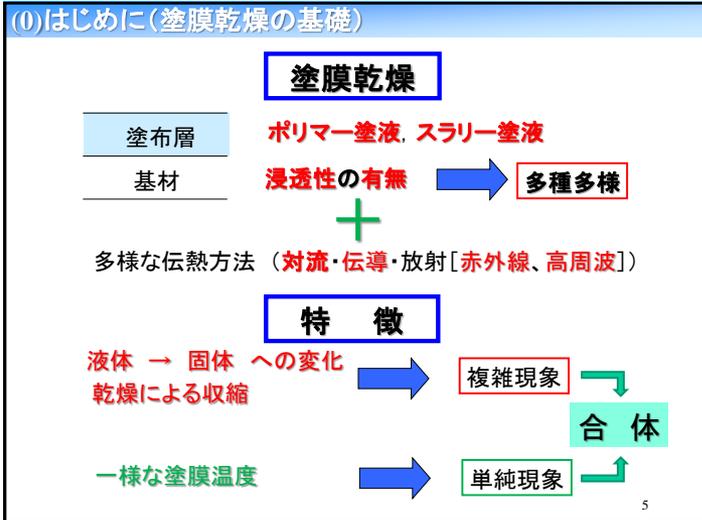
2

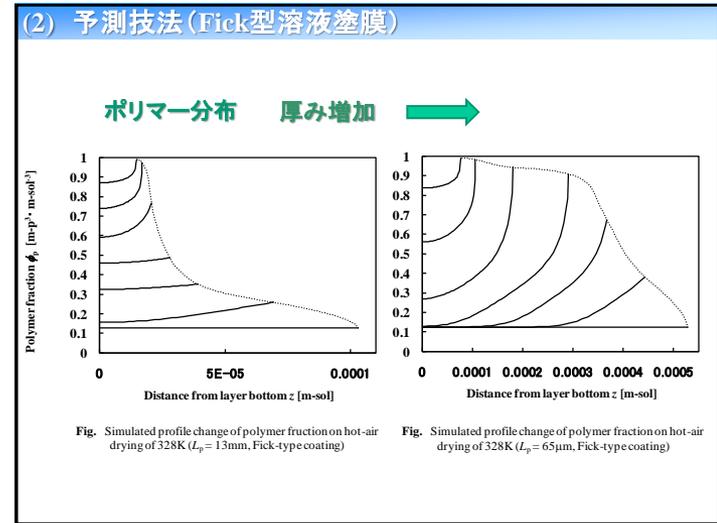
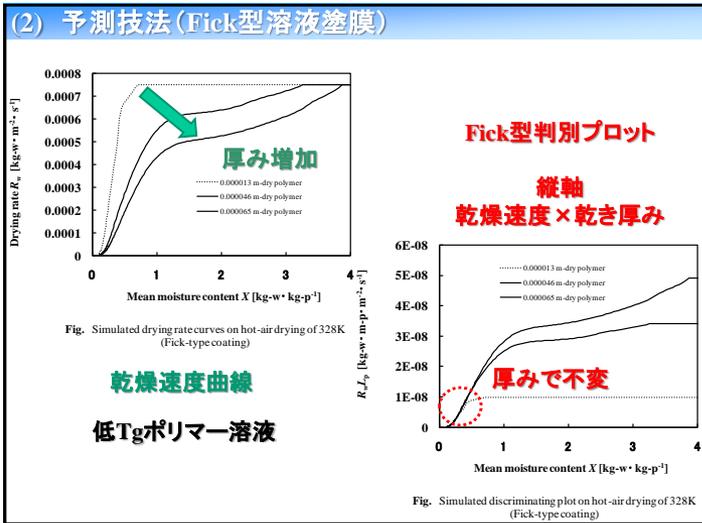


3



4





(2) 予測技法 (ゲル塗膜)

ゲル塗膜の乾燥モデル

“ゆる”理論 → $-n_A = D_{AP} \frac{d\phi_A}{dz} - K_T(\phi_A)(\phi_A - \phi_{AL})$ 静止座標系基礎式

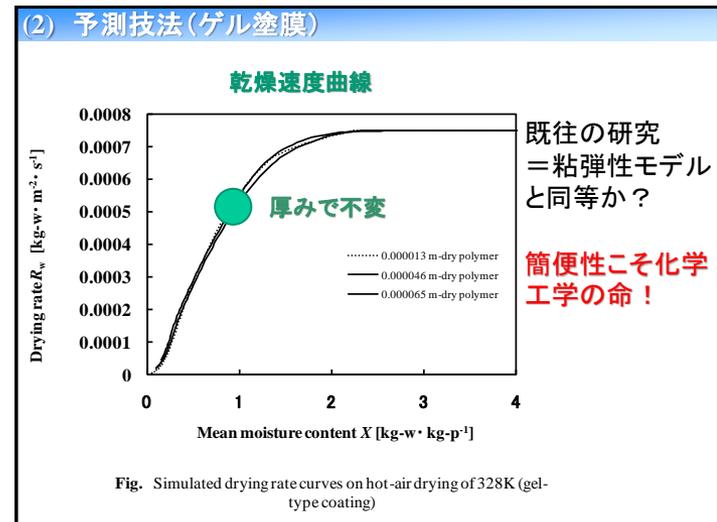
$\left. \frac{\partial u_A}{\partial t} \right|_X = \frac{\partial}{\partial X} \left(\frac{n_A}{\phi_p} \right)$ 移動座標系連続式

$X = \int_{z=0}^{z=z} \phi_p dz'$ $u_A = \phi_A / \phi_p$ 移動座標系変数変換

$\left. \frac{\partial u_A}{\partial t} \right|_X = \frac{\partial}{\partial X} [\phi_p^2 D_{AP} \frac{\partial u_A}{\partial X}] - \frac{\partial}{\partial X} \left[\frac{K_T(u_A - u_{AL})}{1 + u_{AL}} \right]$ 物質収支式

$\frac{dT_m}{dt} = \frac{h(T_a - T_m) - \{ \Delta h_A + (C_{GA}/2)(T_a + T_m) \} R_A}{\phi_{p0} L_0 d_p C_p + (L - \phi_{p0} L_0) d_A C_A + L_b d_b C_b}$ エネルギー収支式

境界条件
+ 初期条件
拡散係数 (測定困難)
活量曲線 (測定容易) → シミュレーション



(2) 予測技法 (ゲル塗膜)

ポリマー分布 厚み増加 →

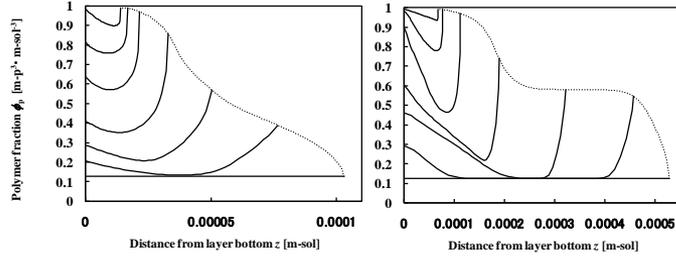
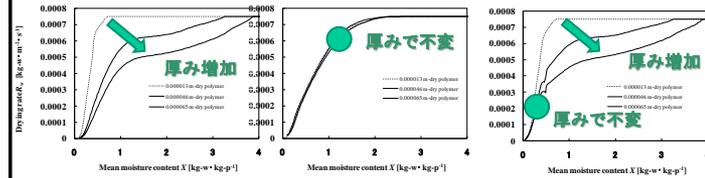


Fig. Simulated profile change of polymer fraction on hot-air drying of 328K ($L_p = 13\text{mm}$, gel-type coating)

Fig. Simulated profile change of polymer fraction on hot-air drying of 328K ($L_p = 65\text{mm}$, gel-type coating)

(2) 予測技法 (ポリマー塗膜乾燥のまとめ)

ポリマー塗膜乾燥速度の形状的分類



Fick型ポリマー溶液
($T_g < \text{層固化温度}$)

ポリマーゲル

非Fick型ポリマー溶液
($T_g > \text{層固化温度}$)

分類のポイント...異なる厚み

(2) 予測技法 (ポリマー塗膜乾燥のまとめ)

ポリマー塗膜のポリマー分布 (厚膜)

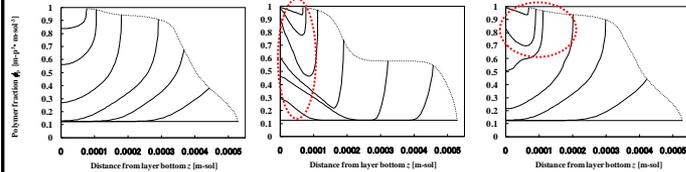


Fig. Simulated profile change of polymer fraction on hot-air drying of 328K ($L_p = 65\mu\text{m}$, Fick-type coating)

Fig. Simulated profile change of polymer fraction on hot-air drying of 328K ($L_p = 65\text{mm}$, gel-type coating)

Fig. Simulated profile change of polymer fraction on hot-air drying of 328K ($L_p = 65\text{mm}$, non-Fick-type coating)

Fick型ポリマー溶液
($T_g < \text{層固化温度}$)

ポリマーゲル

非Fick型ポリマー溶液
($T_g > \text{層固化温度}$)

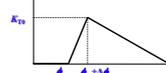
$K_T = 0$

$-n_A = D_{AP} \frac{d\phi_A}{dz} - K_T(\phi_A)(\phi_A - \phi_{AL})$

1つのモデル



(c) Polymer gel



(b) Polymer sol ($T_g > T_c$)

(2) 予測技法 (乾燥偏析)

多孔膜中のポリマー分布予測

湿り圏を集中定数化 + 塗布層内部蒸発面での物質収支

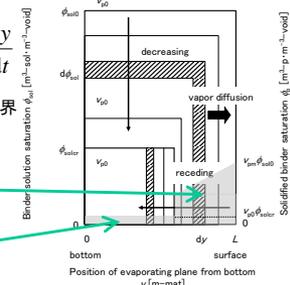
境界面でのポリマー収支

理論 $\rightarrow v_{p0} \varepsilon A \left(y \frac{d\phi_{sol}}{dt} + \phi_{sol} \frac{dy}{dt} \right) = \phi_p \varepsilon A \frac{dy}{dt}$

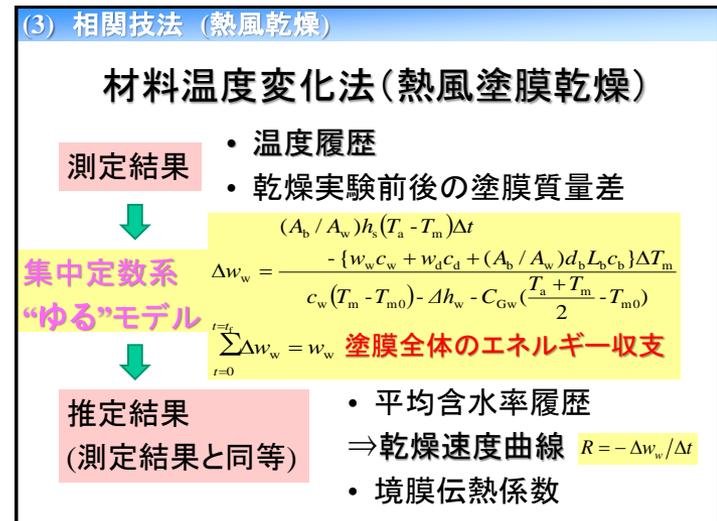
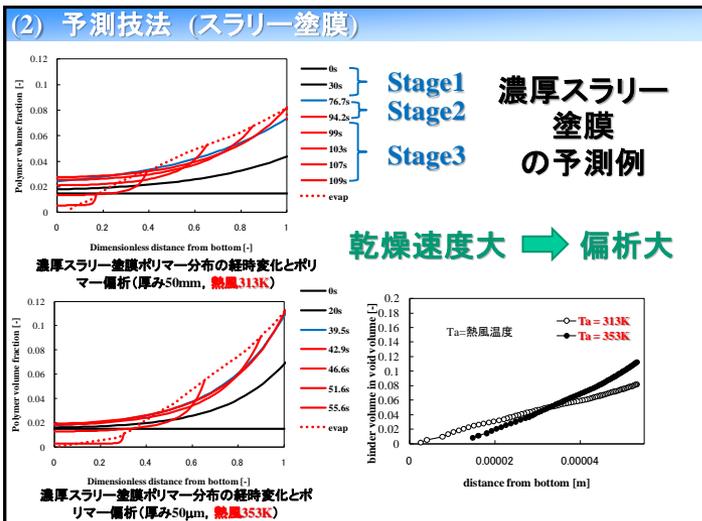
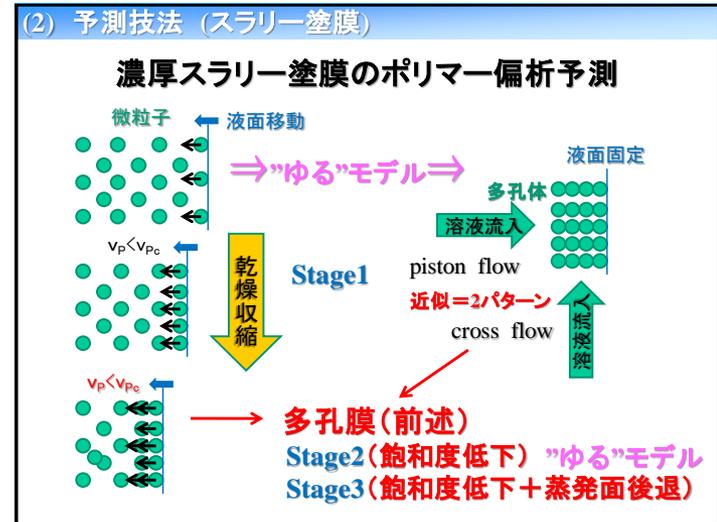
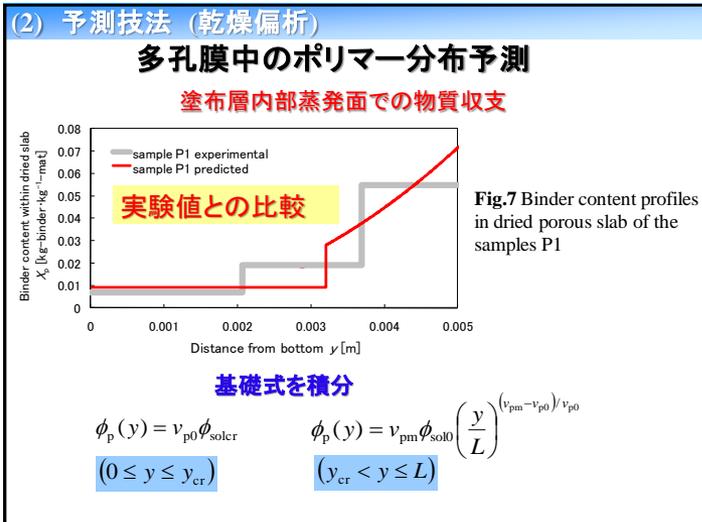
毛管吸引力を推進力とした粘性流れで湿り圏から境界面へ移動したポリマー溶液中のポリマー体積 + 境界面のバインダー溶液中のポリマー体積 = 境界面で偏析した乾きポリマー体積

$y_{cr} < y \leq L$
境界面のバインダー + 湿り圏内部のポリマー → 境界面で固化。

$0 \leq y \leq y_{cr}$
境界面のポリマー → 境界面で固化。



特徴: ポリマー偏析が熱風温度などの外部乾燥条件に影響を受けない、乾燥速度曲線は不要。



(3) 相関技法 (熱風乾燥)

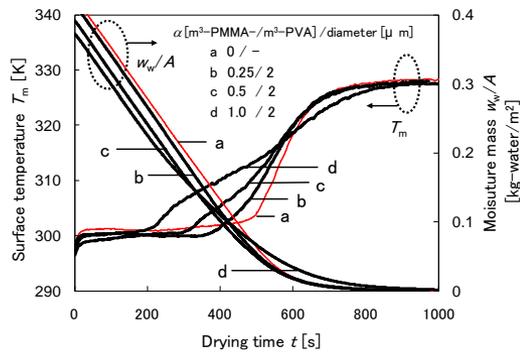


Fig. 1 Surface temperature and moisture mass histories
PMMA particle(2μm)+PVA(glue)+water+poly-ester sheet(100μm)

(3) 相関技法 (熱風乾燥)

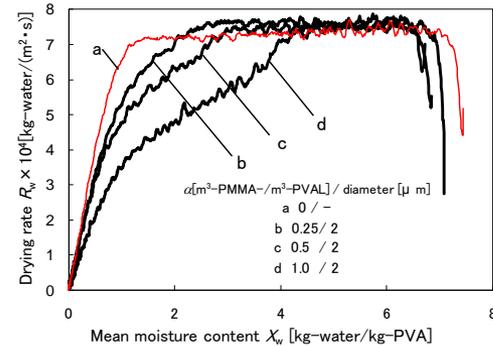


Fig. 2 Measured drying rate curves (binder mass basis)
PMMA particle(2μm)+PVA(glue)+water+poly-ester sheet(100μm)

(3) 相関技法 (異種基材間)

異種基材間乾燥速度の相関法

測定結果 • 基材A塗膜の乾燥速度曲線

理論

$$\frac{dT_{mB}}{dX} = \frac{-\{h(T_a - T_{mB}) + Q\} + \Delta h_{wB} + (c_{Gw}/2)(T_a - T_{mB})}{L_p d_p \{L_p d_p c_p + (L - L_p)d_w c_w + L_{bB} d_b c_b\}}$$

集中定数系
“ゆる2”モデル

• 塗膜全体のエネルギー収支
• マスター速度曲線

$$\frac{(-dX/dt_A)/(L_p d_p)}{p_s(T_{mA})} = func(X) = \frac{(-dX/dt_B)/(L_p d_p)}{p_s(T_{mB})}$$

推定結果 • 基材B塗膜の乾燥速度曲線

(3) 相関技法 (異種基材間)

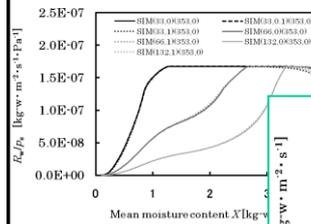


Figure 7 Master rate curves on high-temperature hot-air drying

実線(予測)とドット(推定)が一致

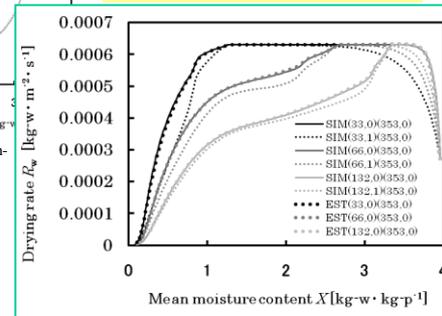


Figure 8 Comparison of drying rate curves between simulated and estimated results on high-temperature hot-air drying