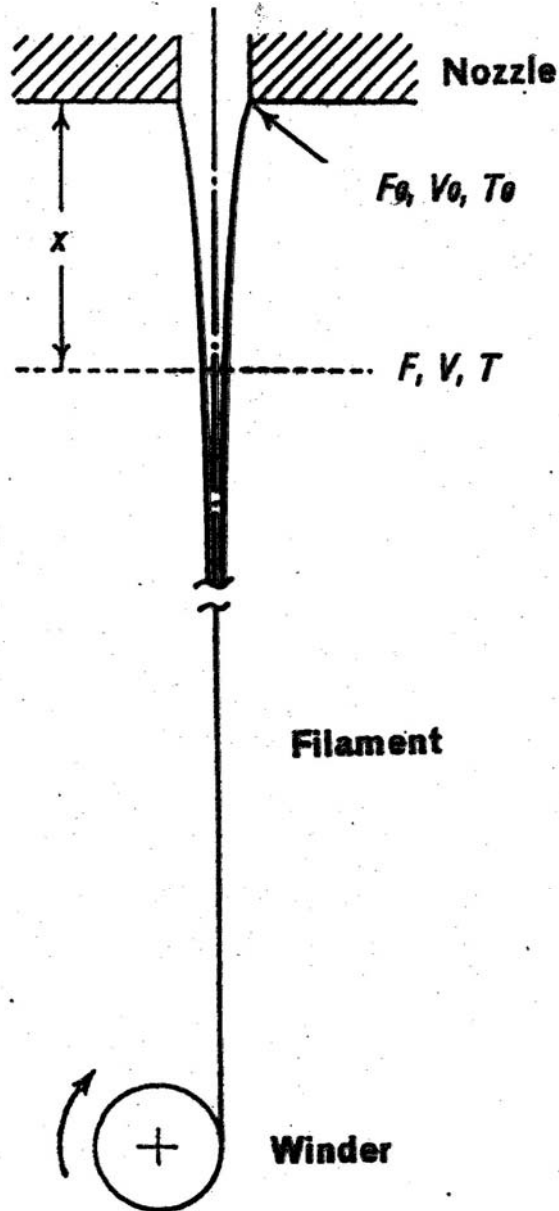


熔融紡糸の基礎

定常状態の基礎方程式

解析結果

定常状態の熔融紡糸過程の支配方程式



物質収支式

$$W = \frac{\pi D^2}{4} \rho V$$

エネルギー収支式

$$\frac{dT}{dx} = -\frac{\pi D h}{W C_p} (T - T_a)$$

運動量収支式

$$\frac{dF}{dx} = W \left(\frac{dV}{dx} - \frac{g}{V} \right) + \pi D \tau_f$$

レオロジー方程式(構成方程式)

$$\frac{dV}{dx} = \frac{F}{A \eta}$$

$$\rho = 1.356 - 5.0 \times 10^{-4} T$$

$$C_p = 1.26 + 2.5 \times 10^{-3} T$$

$$h = (k_a/D) (0.28 \text{ Re}^{0.334})$$

$$\tau_f = 0.5 \rho_a V^2 (0.66 \text{ Re}^{-0.61})$$

数値解析の条件

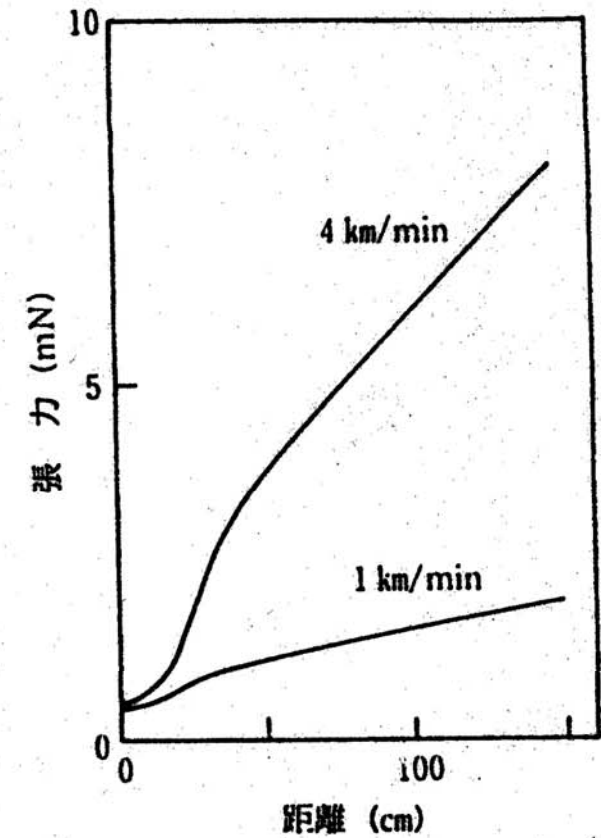
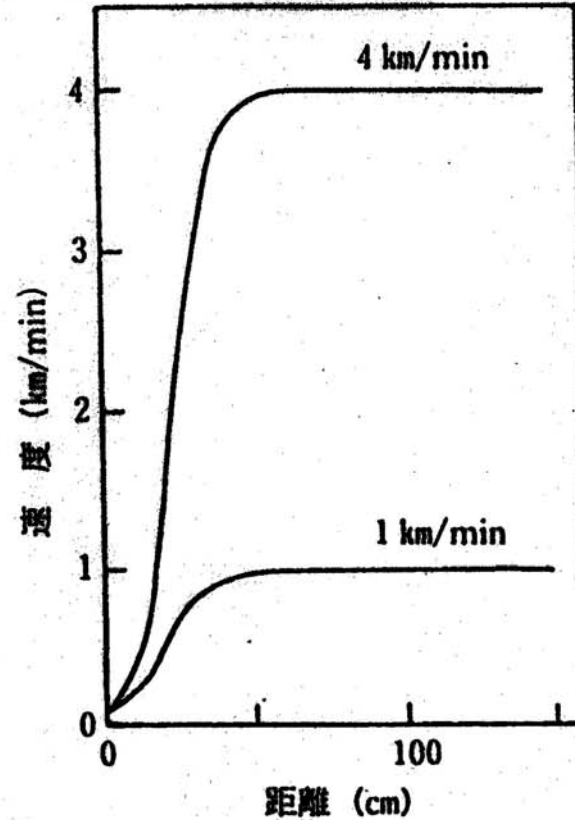
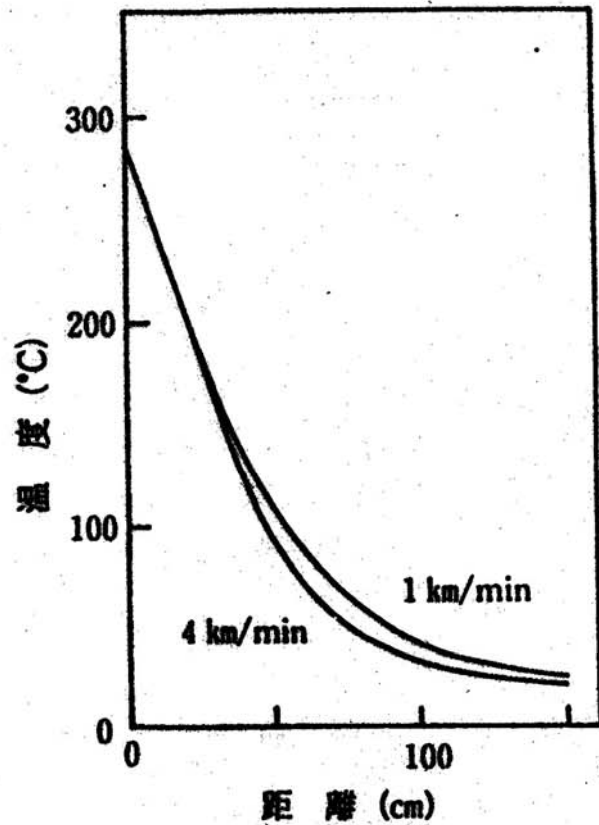
		I	II	III	IV	V	VI
Take-up velocity	(km/min)	1	4	1	1	1	1
Extrusion Temp.	(°C)	290	290	290	290	310	290
Through-put rate	(g/min)	2	2	4	2	2	2
Quenching air	(°C)	on	on	on	on	on	off
[η]	(dL/g)	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6

nozzle diameter : 0.3 mm

quenching condition : cross flow, -2 °C, 40 cm/s

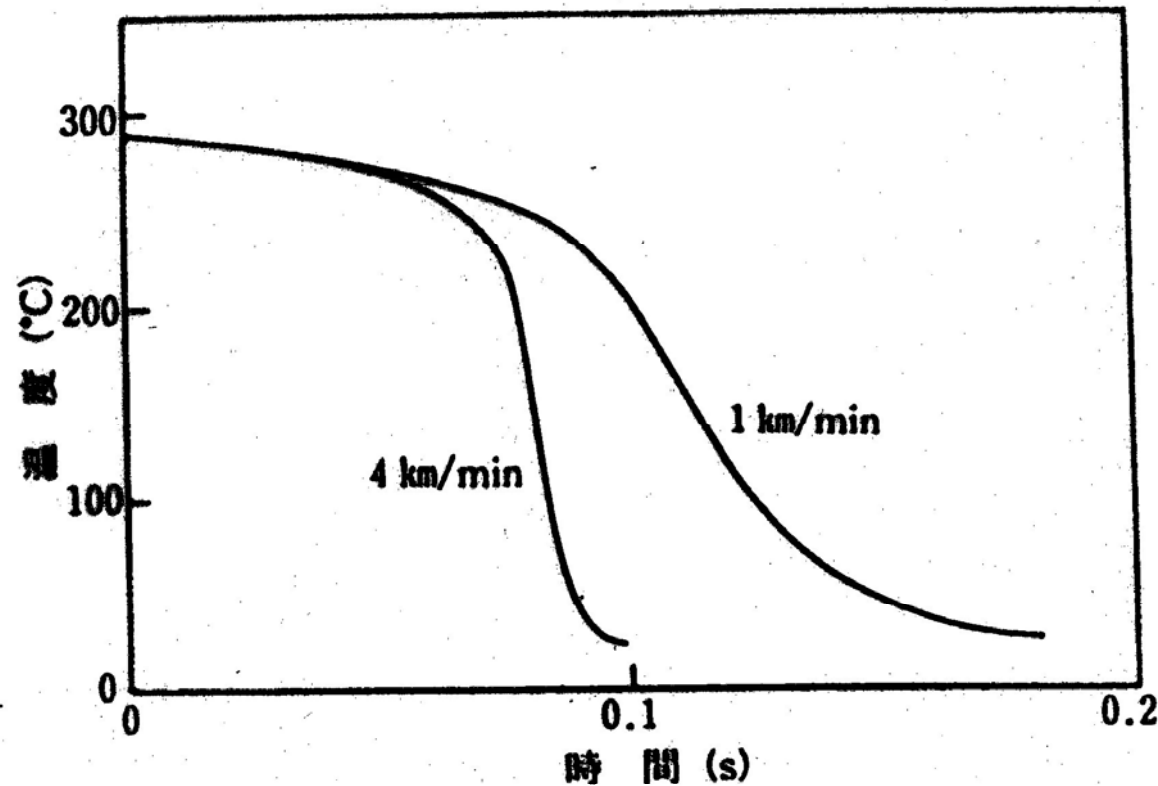
elongational viscosity $\eta = 0.3 [\eta]^{5.1} \exp[2.303\{3280/(T+273)-1.54\}]$ (Pa·s)

紡糸速度依存性



なぜ、冷却挙動に大きな差がないのか？
なぜ、張力が距離に対して変化するのか？

時間に対する温度変化



オイラー座標
(空間固定座標)



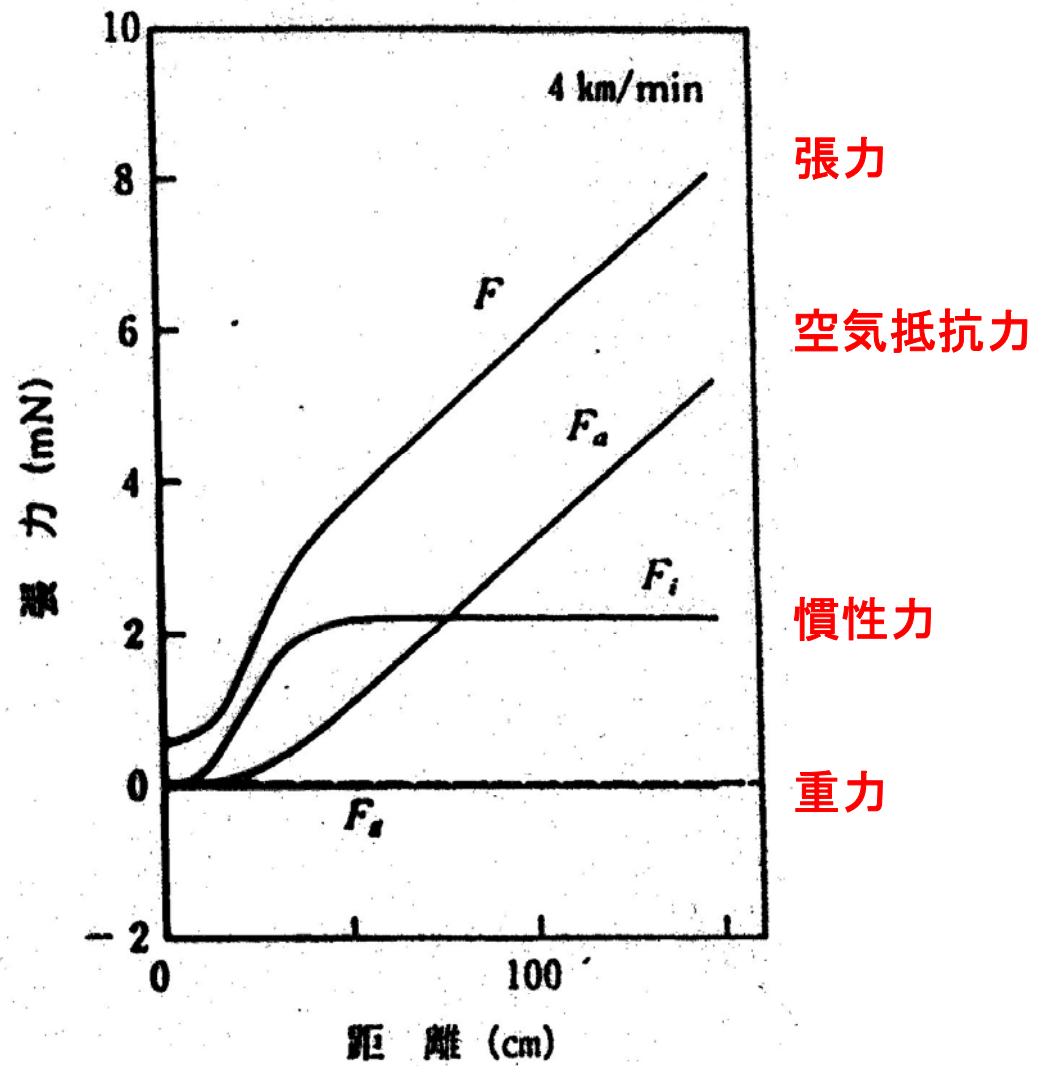
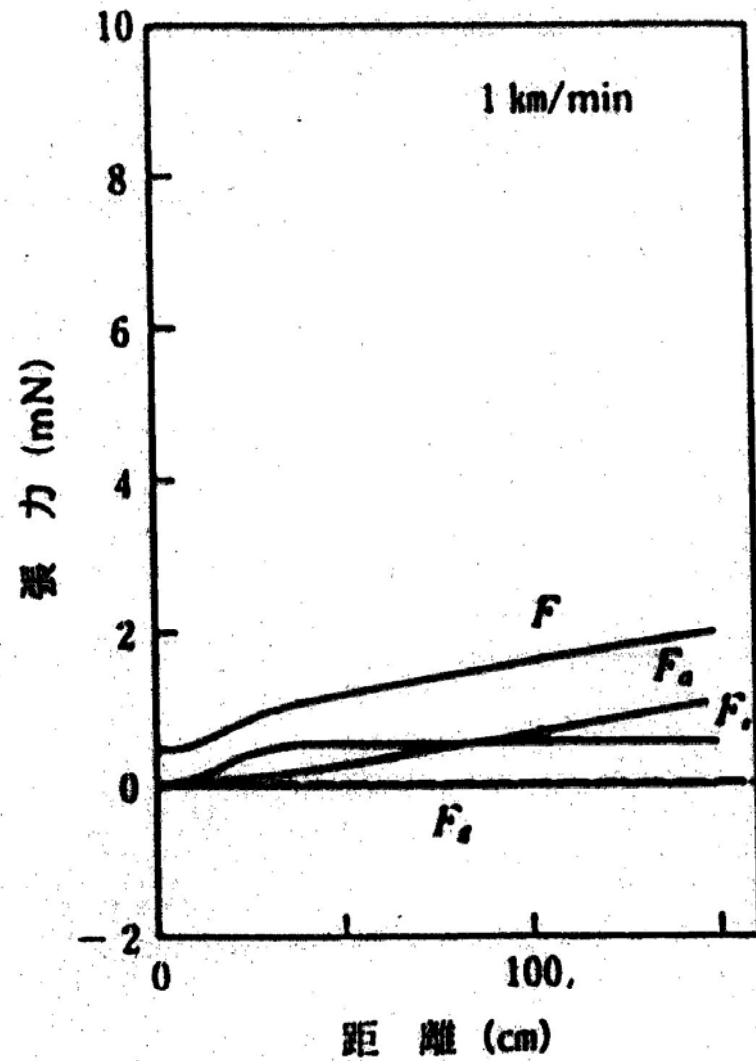
ラグランジュ座標
(物質固定座標)

$$t = \int_0^x \frac{dx}{v}$$

紡糸速度が高い方が中流域の冷却速度大

高冷却速度と高移動速度が相殺しあうため、紡糸口からの距離に対する温度変化の速度依存性は小さくなる。

紡糸線張力の成分



数値解析の条件

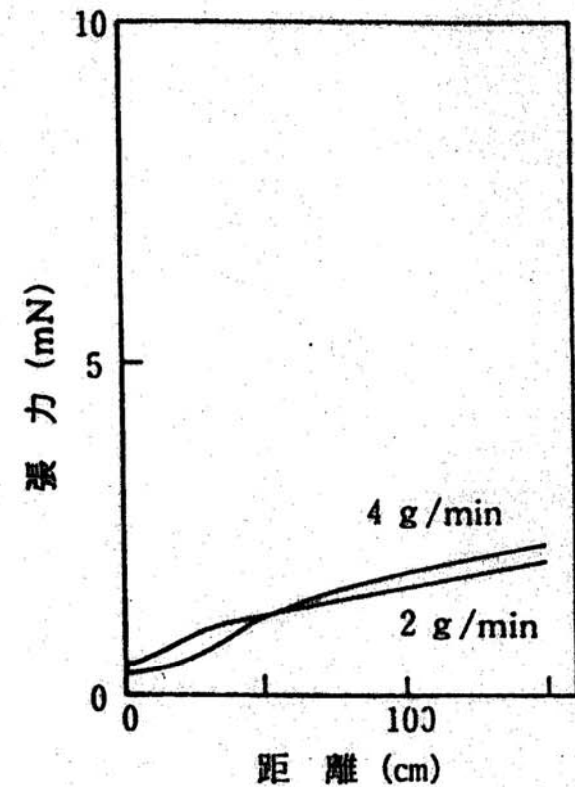
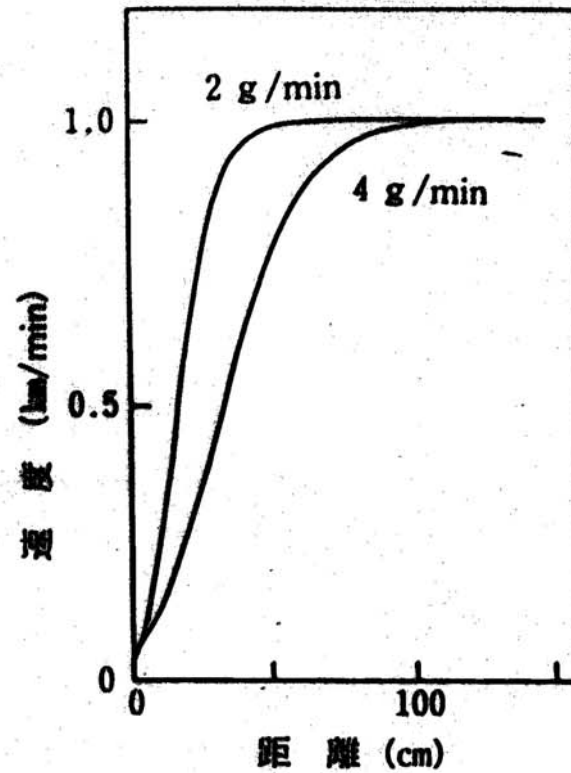
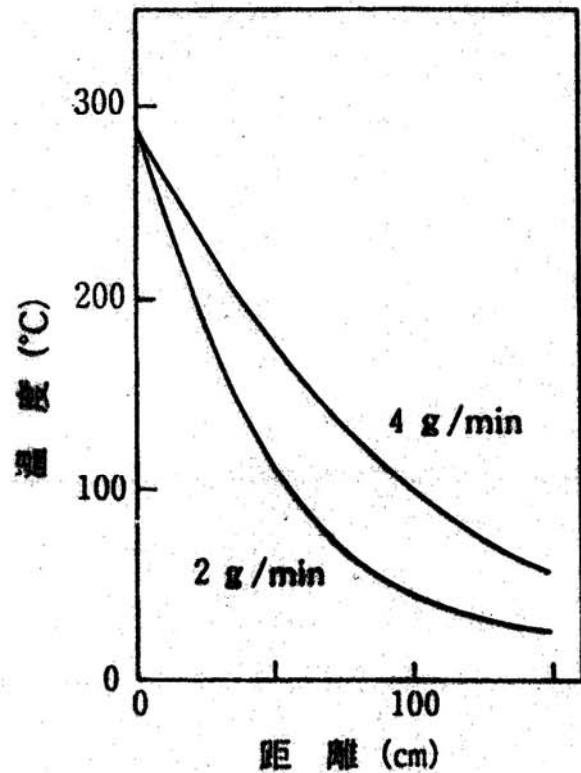
		I	II	III	IV	V	VI
Take-up velocity	(km/min)	1	4	1	1	1	1
Extrusion Temp.	(°C)	290	290	290	290	310	290
Through-put rate	(g/min)	2	2	4	2	2	2
Quenching air	(°C)	on	on	on	on	on	off
[η]	(dL/g)	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6

nozzle diameter : 0.3 mm

quenching condition : cross flow, -2 °C, 40 cm/s

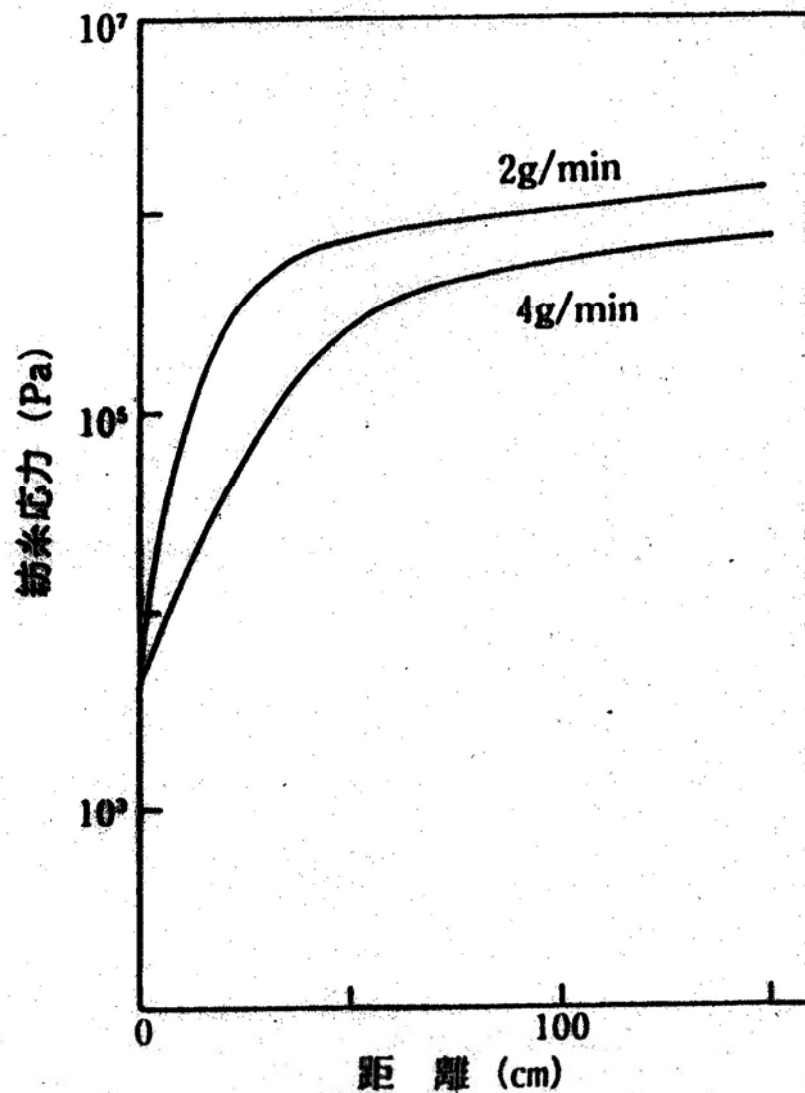
elongational viscosity $\eta = 0.3 [\eta]^{5.1} \exp[2.303\{3280/(T+273)-1.54\}]$ (Pa·s)

吐出量依存性



高吐出量で冷却が遅くなる
張力のグラフが途中で交わっている

紡糸線に加わる応力



応力で比較すると、低吐出量の方が応力が高い

繊維の構造を支配するのは、張力ではなく、応力

数値解析の条件

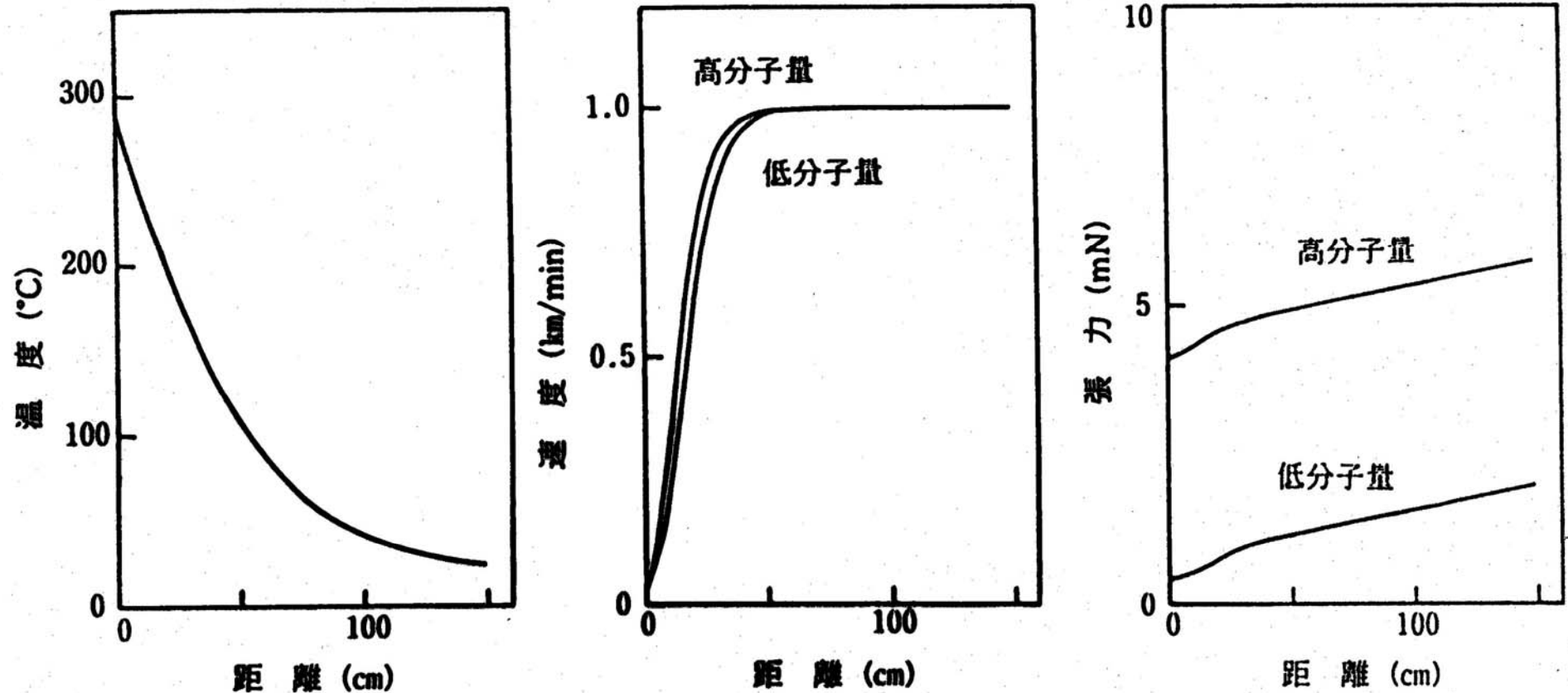
	I	II	III	IV	V	VI
Take-up velocity (km/min)	1	4	1	1	1	1
Extrusion Temp. (°C)	290	290	290	290	310	290
Through-put rate (g/min)	2	2	4	2	2	2
Quenching air (°C)	on	on	on	on	on	off
[η] (dL/g)	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6

nozzle diameter : 0.3 mm

quenching condition : cross flow, -2 °C, 40 cm/s

elongational viscosity $\eta = 0.3 [\eta]^{5.1} \exp[2.303\{3280/(T+273)-1.54\}]$ (Pa·s)

分子量依存性



張力は著しく異なるが、温度、速度のプロフィールの差は小さい
速度プロフィールのわずかな差は、張力分布の差による

数値解析の条件

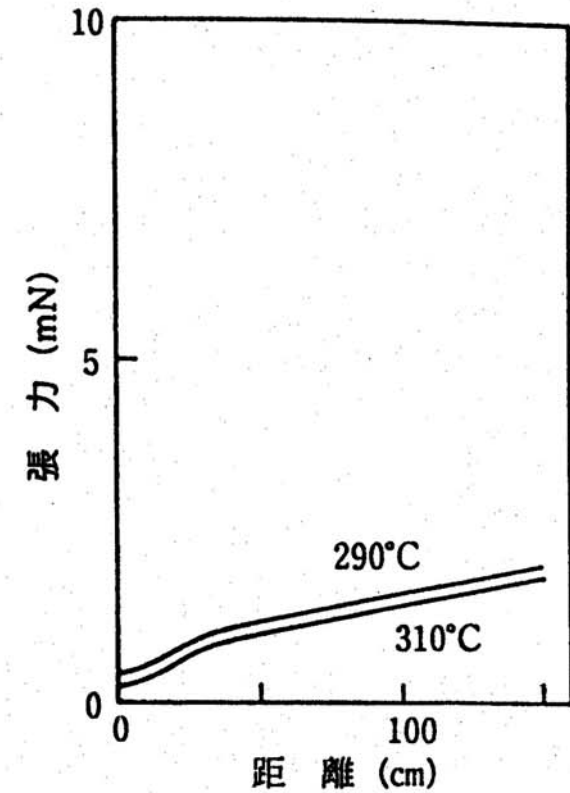
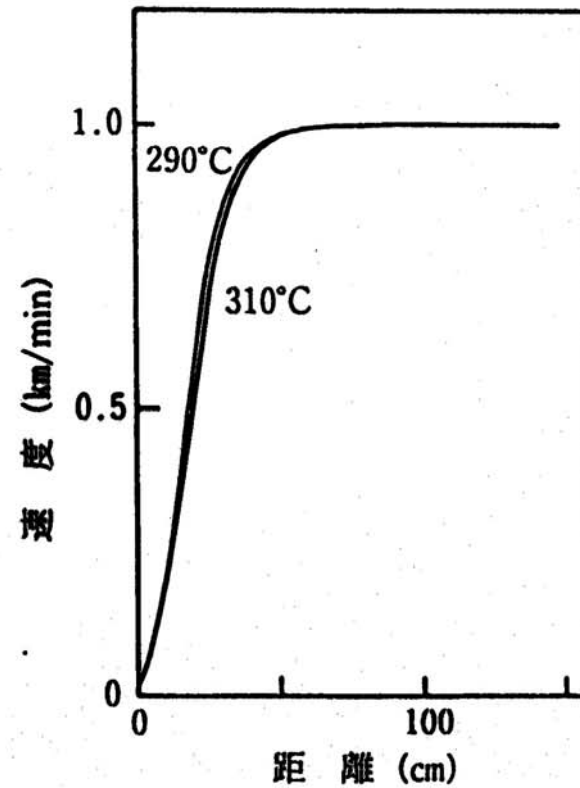
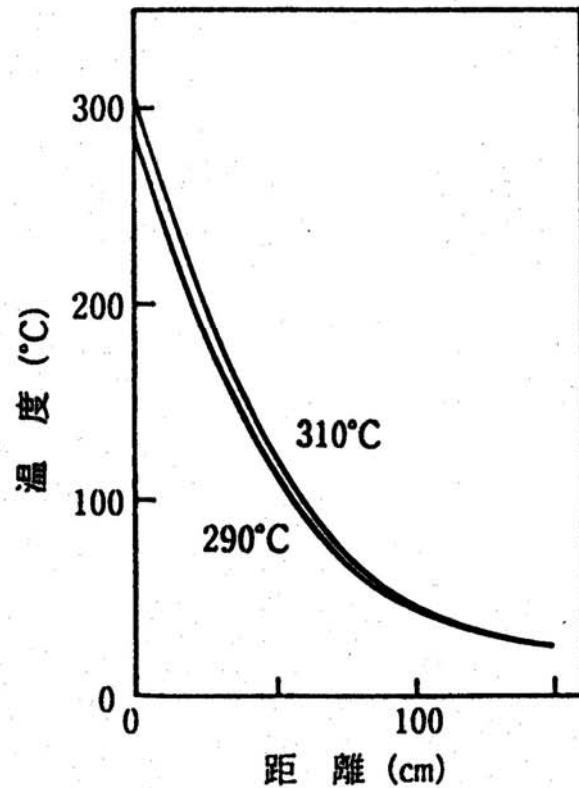
		I	II	III	IV	V	VI
Take-up velocity	(km/min)	1	4	1	1	1	1
Extrusion Temp.	(°C)	290	290	290	290	310	290
Through-put rate	(g/min)	2	2	4	2	2	2
Quenching air	(°C)	on	on	on	on	on	off
[η]	(dL/g)	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6

nozzle diameter : 0.3 mm

quenching condition : cross flow, -2 °C, 40 cm/s

elongational viscosity $\eta = 0.3 [\eta]^{5.1} \exp[2.303\{3280/(T+273)-1.54\}]$ (Pa·s)

紡糸温度依存性



PETの場合、紡糸温度を大きく変化させることは難しい
挙動に大きな差はない

高吐出温度で冷却がわずかに遅れる。張力は下がる

数値解析の条件

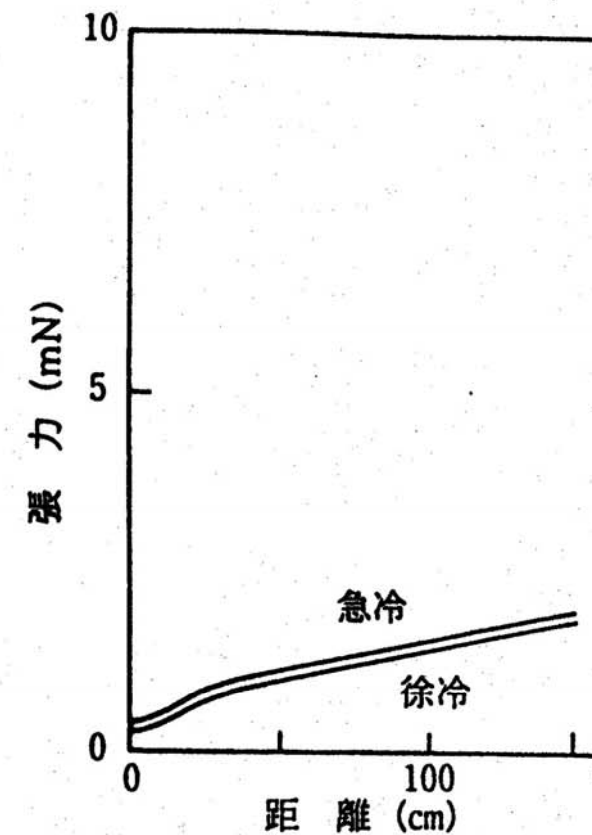
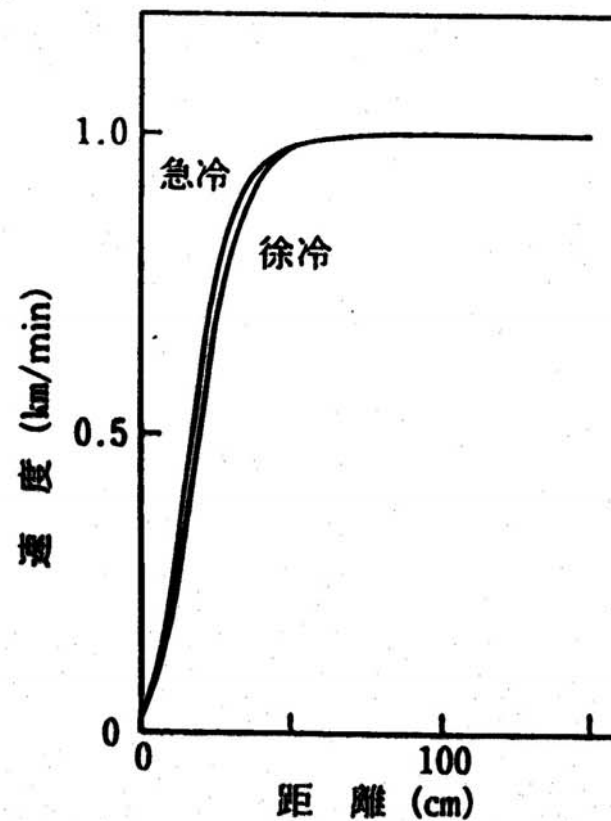
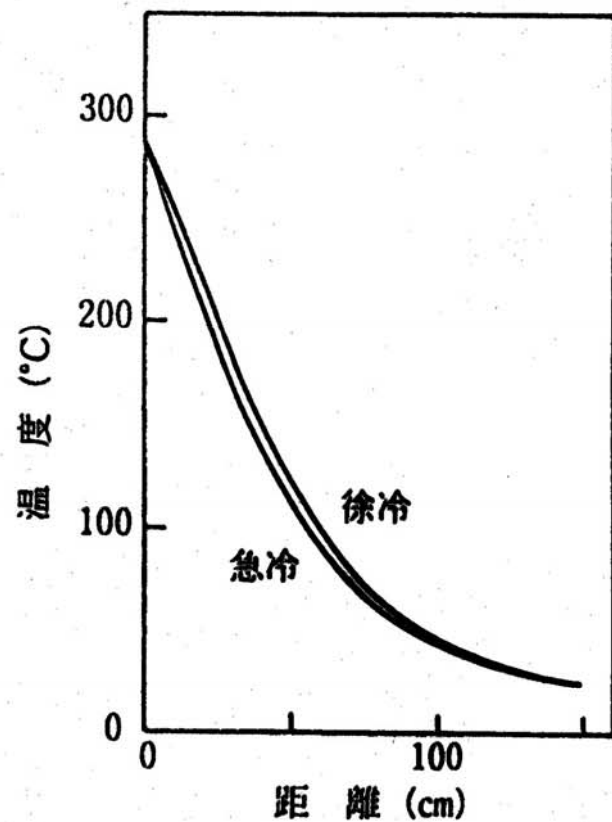
	I	II	III	IV	V	VI
Take-up velocity (km/min)	1	4	1	1	1	1
Extrusion Temp. (°C)	290	290	290	290	310	290
Through-put rate (g/min)	2	2	4	2	2	2
Quenching air (°C)	on	on	on	on	on	off
[η] (dL/g)	0.6	0.6	0.6	0.9	0.6	0.6

nozzle diameter : 0.3 mm

quenching condition : cross flow, -2 °C, 40 cm/s

elongational viscosity $\eta = 0.3 [\eta]^{5.1} \exp[2.303\{3280/(T+273)-1.54\}]$ (Pa·s)

冷却条件依存性



急冷すると張力が高くなる