

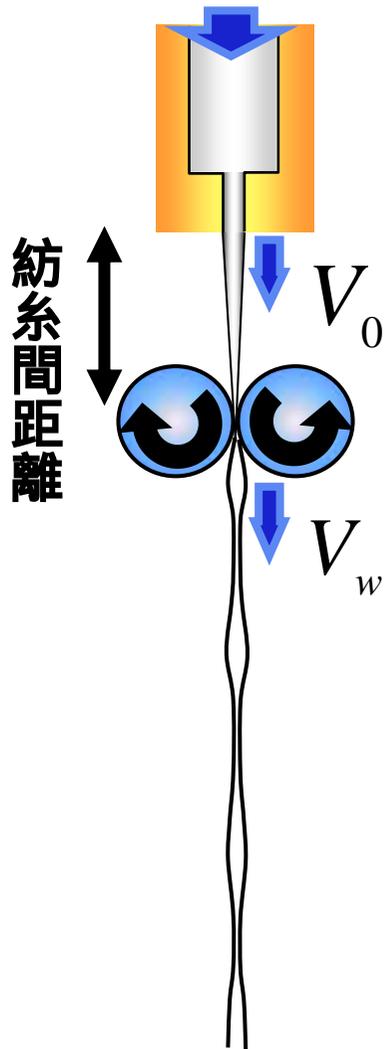
伸長粘度曲線とドロ―レゾナンス

(山形大・工)
(京工織大院)

小野洋介、杉本昌隆、谷口貴志、小山清人
石原英昭

ドロレーゾナンスとは？

あるドラフト比を超えることで
生じる周期的直径変動現象



ドラフト比

$$\phi = \frac{V_w}{V_0}$$

$\phi \rightarrow$ **大** { 直径変動 大長
周期

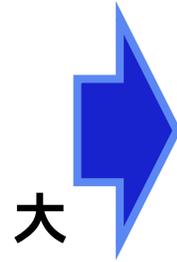
ドロレゾナンスとは？

紡糸間距離 小

冷却風を与える

分子量（緩和時間） 大

ひずみ硬化性 有

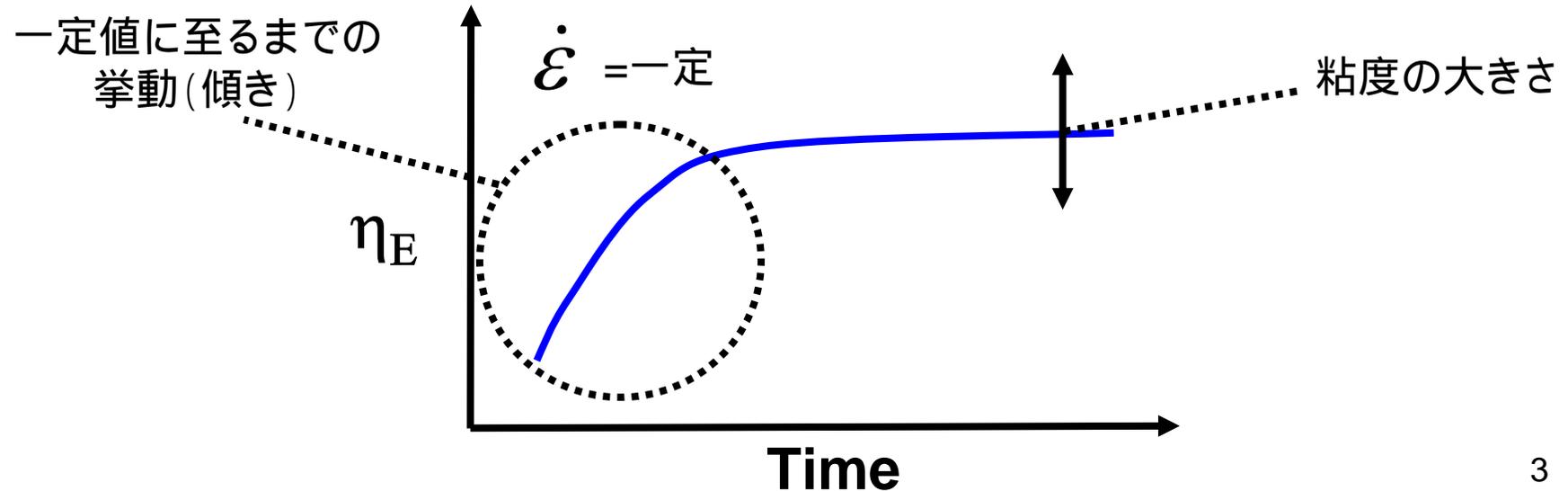


同ドラフトにおいて
振幅・周期 減少



安定化

一軸伸長粘度



目的

伸長粘度曲線における線形部分の挙動と

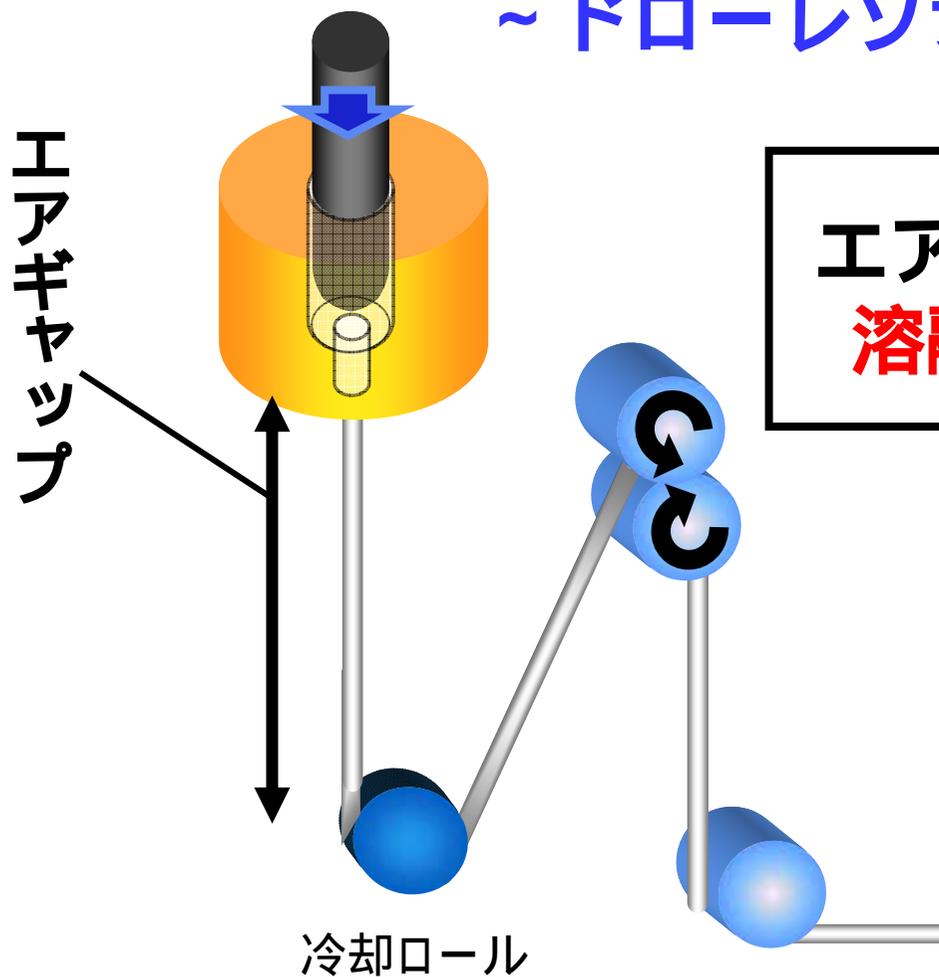
ドロレゾナンスとの相関を得る

試料

サンプル名	M_w [g/mol]	M_w / M_n
PP-A	220,000	2.9
PP-B	225,000	4.5
PP-C	270,000	7.3
PP-D	167,000	4.6
PP-E	361,000	4.6

実験方法

～ ドローレゾナンスの発現～

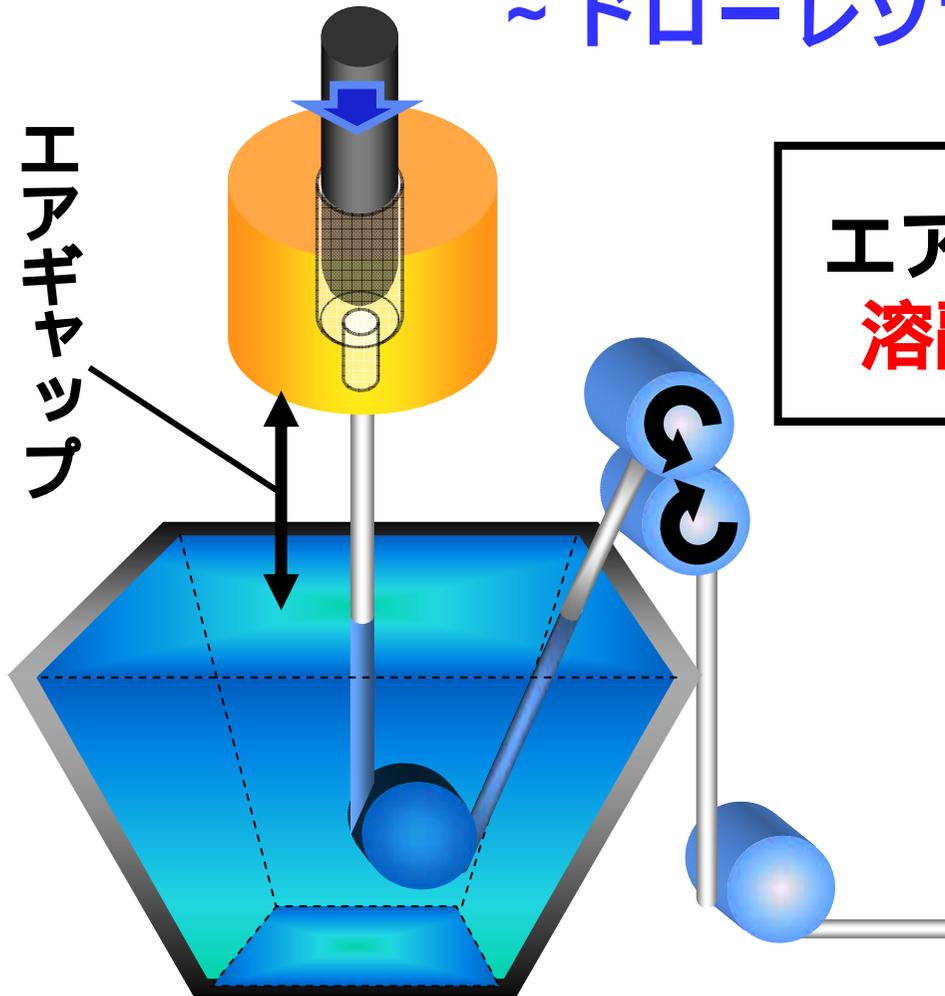


エアギャップにおいて試料が
溶融状態にあれば発現する

水冷却式紡糸法

実験方法

～ ドローレゾナンスの発現～



エアギャップにおいて試料が
溶融状態にあれば発現する

水冷却式紡糸法

エアギャップを小さくすることで
等温状態にすることができる

実験方法

～ 紡糸実験 ～

キャピログラフ1D (東洋精機)

～ 直径分布測定 ～

デジタルライナーゲージ DG-811 (小野測器)  10mm間隔で測定

～ 伸長粘度測定 ～

動的粘弾性測定

ARES
(TA Instruments Co. Ltd.)

温度: 180[°C]
周波数: 0.01 ~ 100[rad/s]
ひずみ: 線形ひずみ

伸長粘度測定

メルテンレオメータ
(Toyo Seiki Seisaku-Sho, Ltd.)

温度: 180[°C]
伸長速度: 0.1 ~ 1[s⁻¹]

紡糸条件

Air Gap=10mm

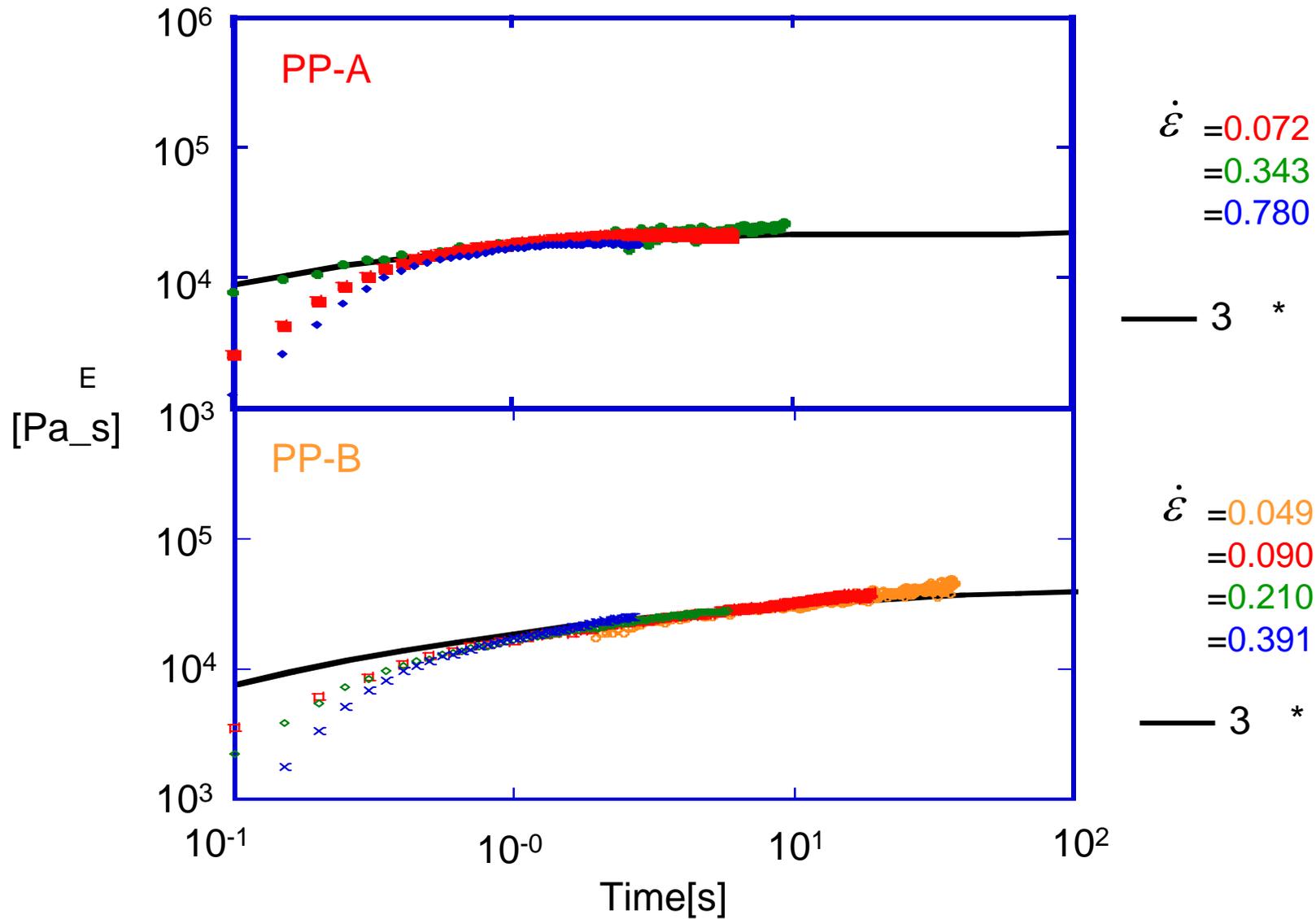
T=190°C

L/D=10/2

	V_w [m/min]	V_0 [m/min]	Φ [-]		V_w [m/min]	V_0 [m/min]	Φ [-]		V_w [m/min]	V_0 [m/min]	Φ [-]
PP-A	1.2	0.062	20	PP-C	0.8	0.039	20	PP-E	0.9	0.045	20
	1.6	0.062	25		1.0	0.039	25		1.1	0.045	25
	2.2	0.062	35		1.4	0.039	35		1.6	0.045	35
	2.8	0.062	45		1.8	0.039	45		2.0	0.045	45
	3.4	0.062	55		2.1	0.039	55		2.5	0.045	55
	4.0	0.062	65		2.5	0.039	65		2.9	0.045	65
PP-B	1.0	0.053	20		3.3	0.039	85				
	1.3	0.053	25	PP-D	1.0	0.049	20				
	1.9	0.053	35		1.2	0.049	25				
	2.4	0.053	45		1.7	0.049	35				
	2.9	0.053	55		2.2	0.049	45				
	3.4	0.053	65		2.7	0.049	55				
					3.2	0.049	65				
					3.7	0.049	75				

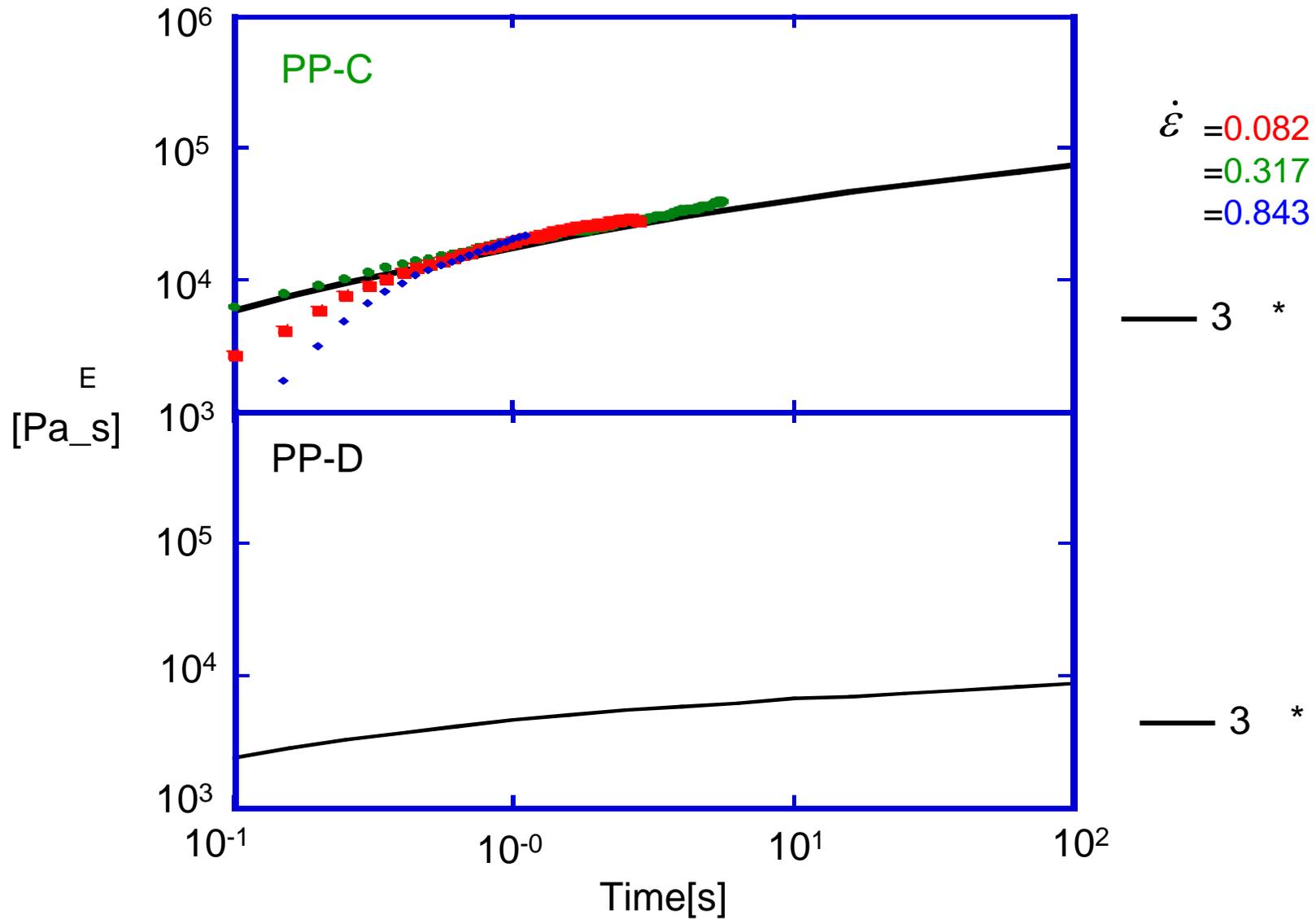
実験結果

～ 各試料の伸長粘度 ～



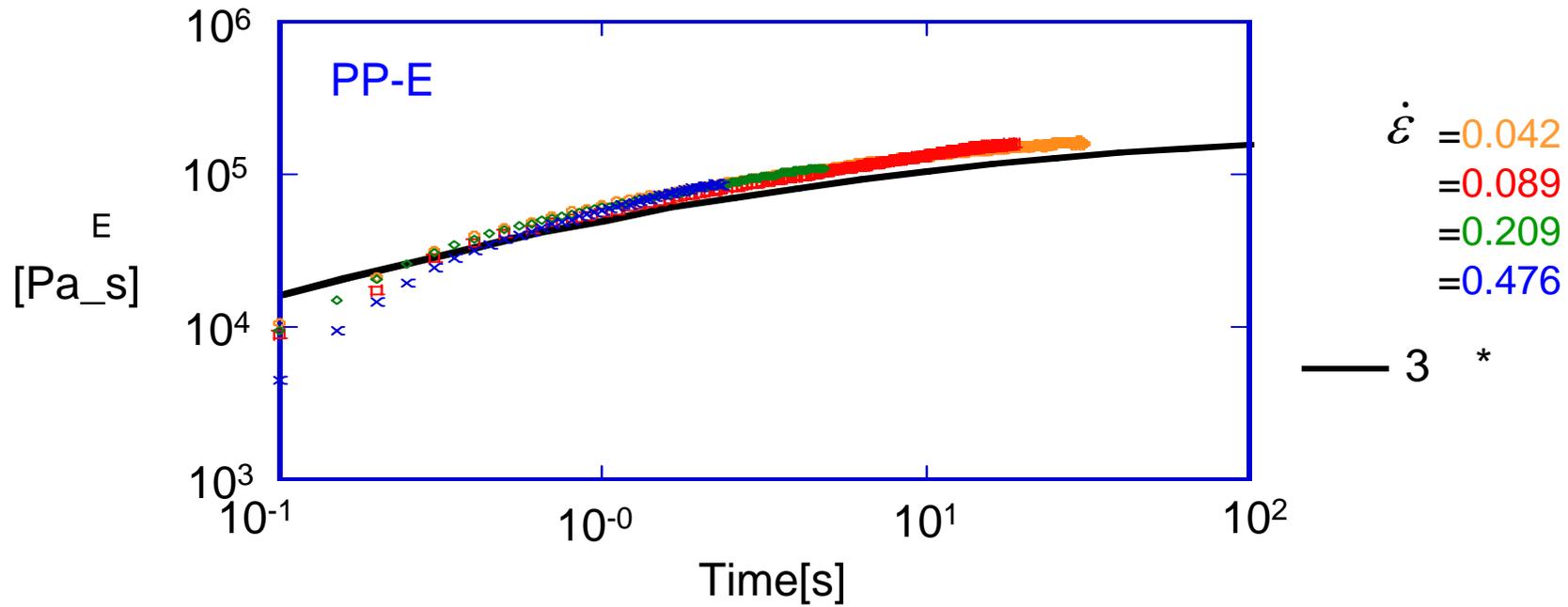
実験結果

～ 各試料の伸長粘度 ～



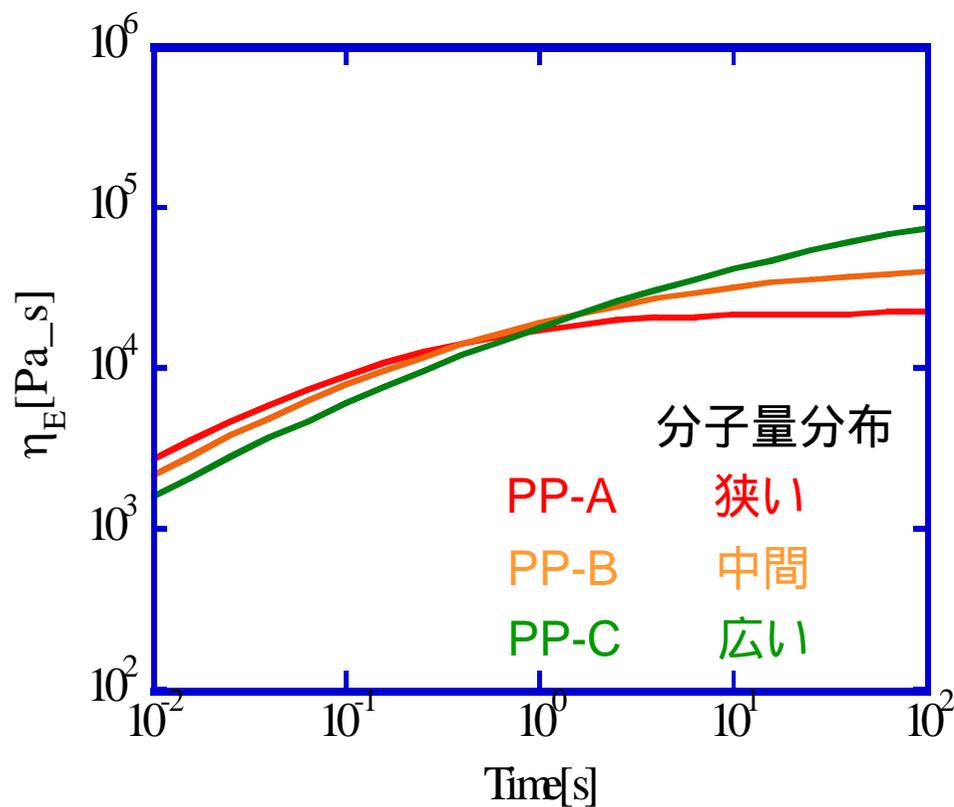
実験結果

～ 各試料の伸長粘度 ～

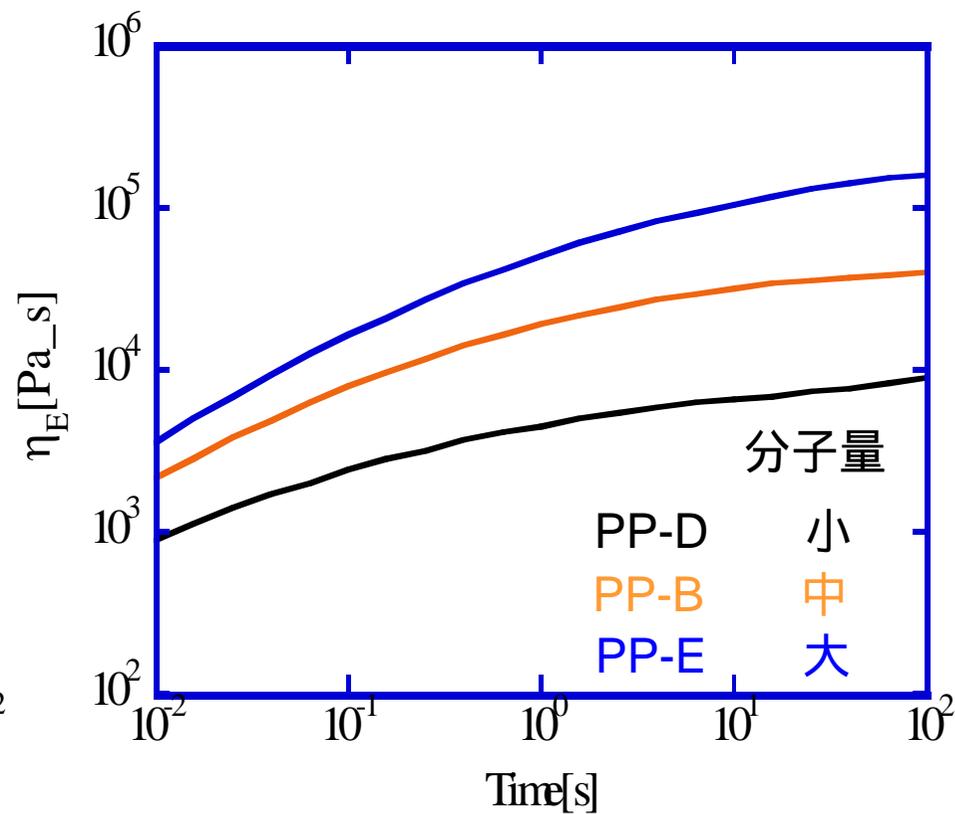


実験結果

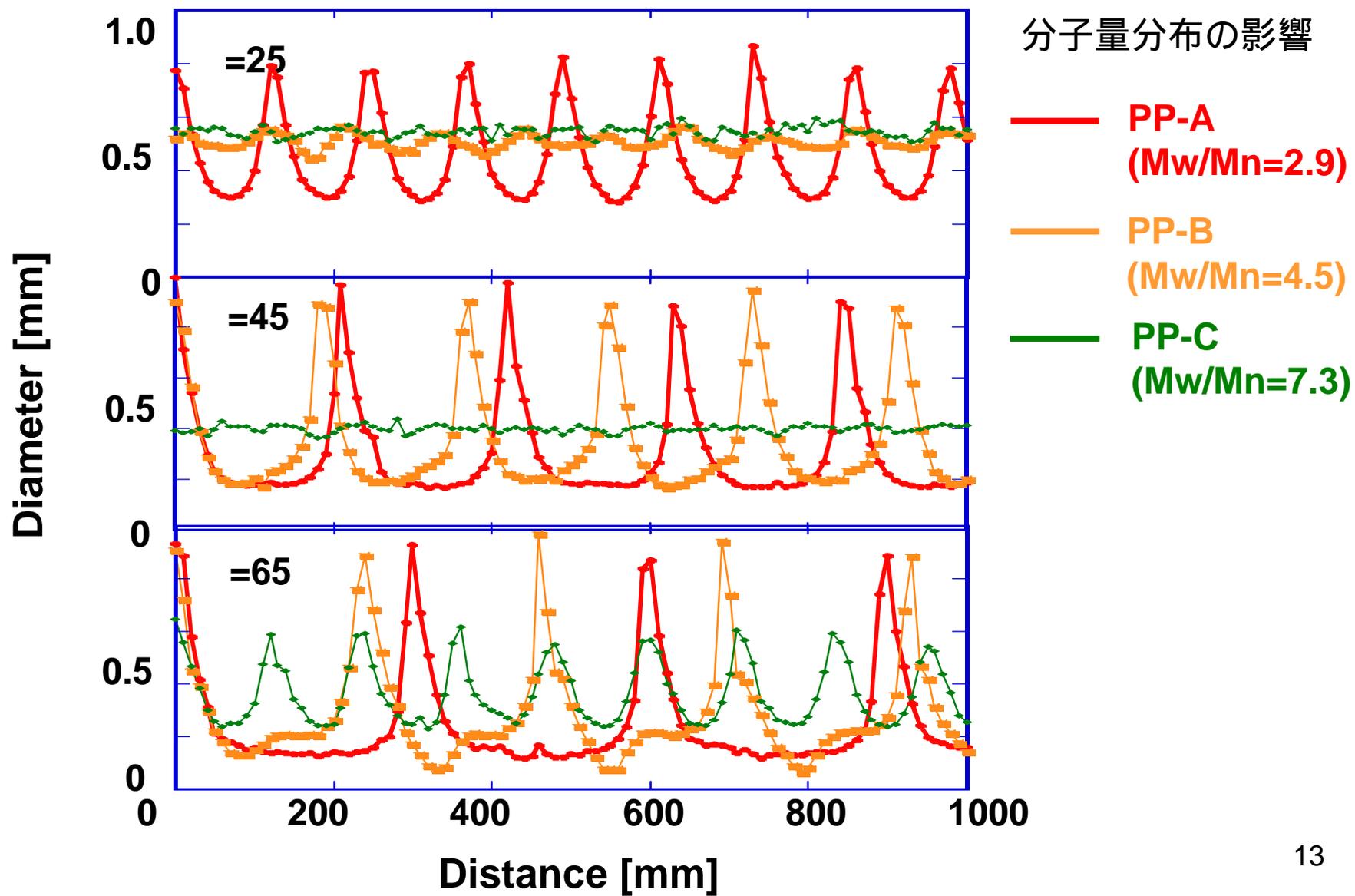
分子量分布による伸長粘度への影響



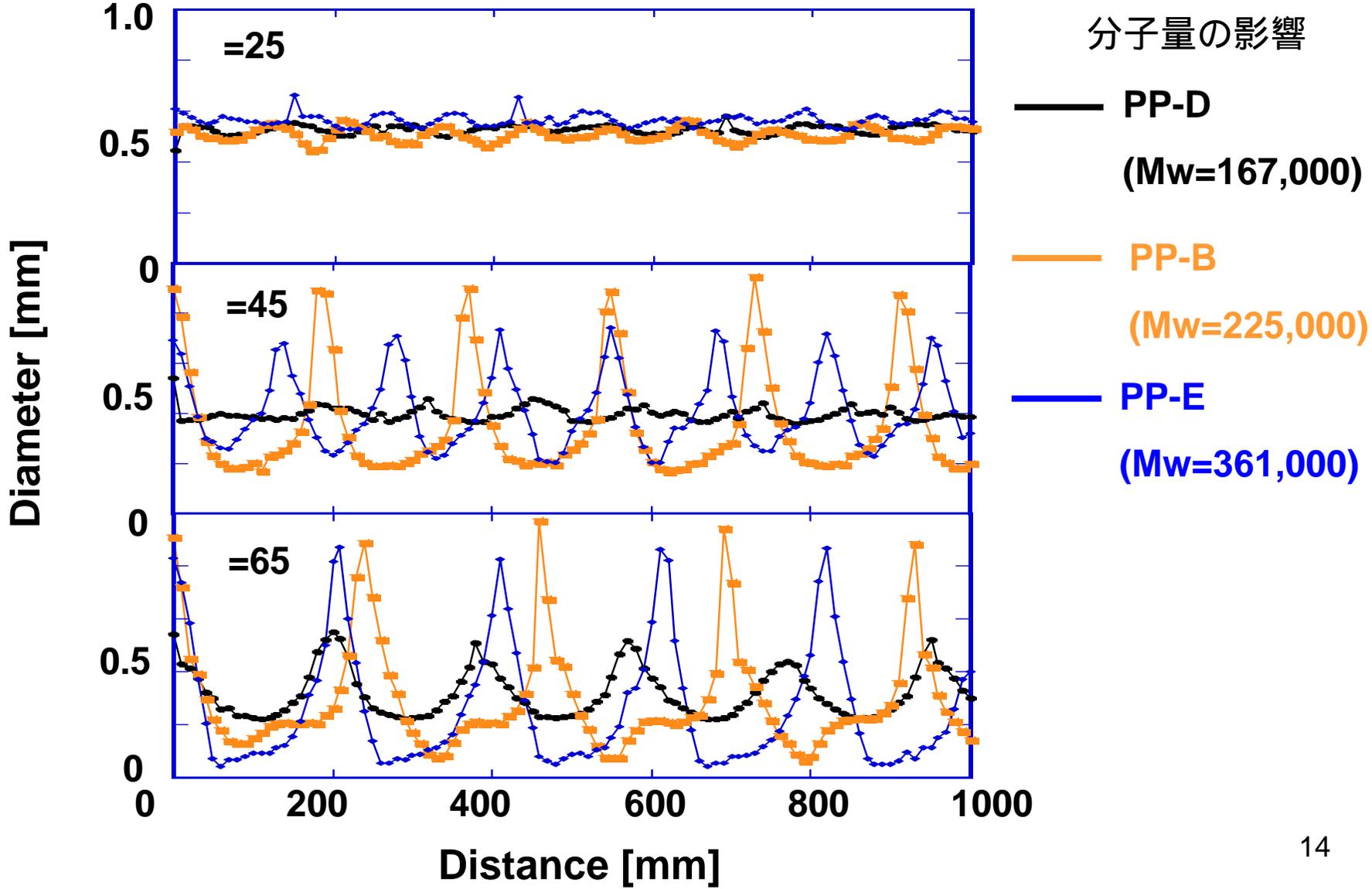
分子量による伸長粘度への影響



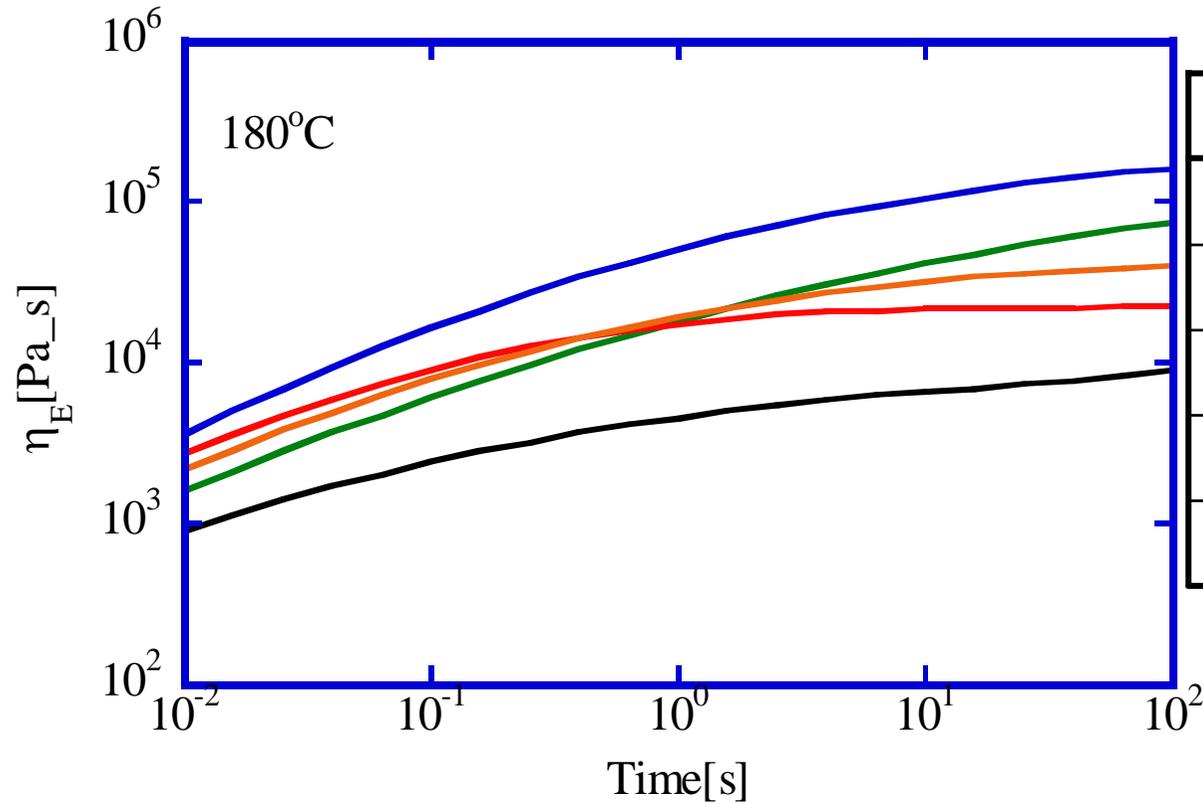
実験結果



実験結果

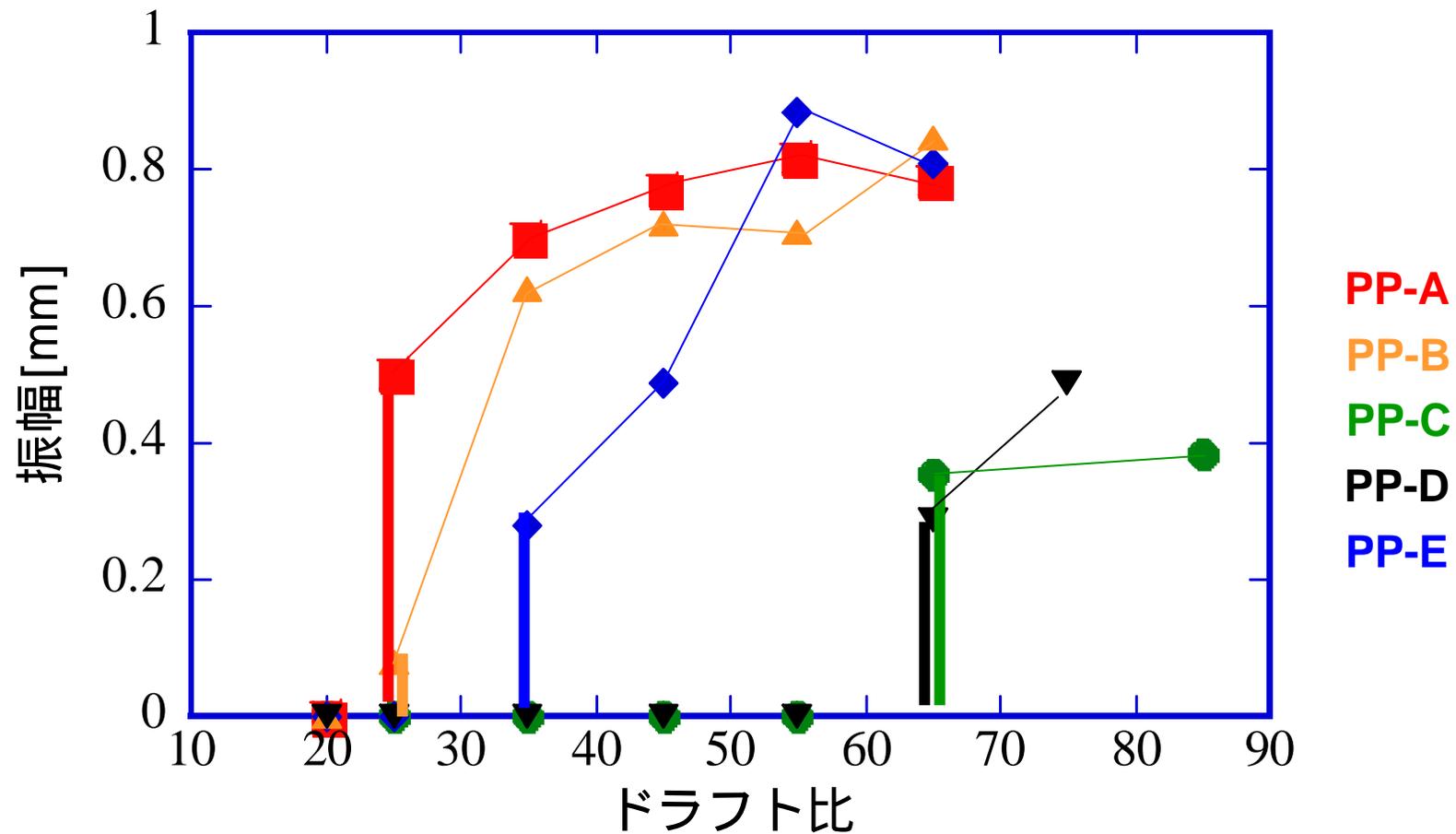


実験結果



サンプル	M_w [g/mol]	M_w / M_n
PP-A	220,000	2.9
PP-B	225,000	4.5
PP-C	270,000	7.3
PP-D	167,000	4.6
PP-E	361,000	4.6

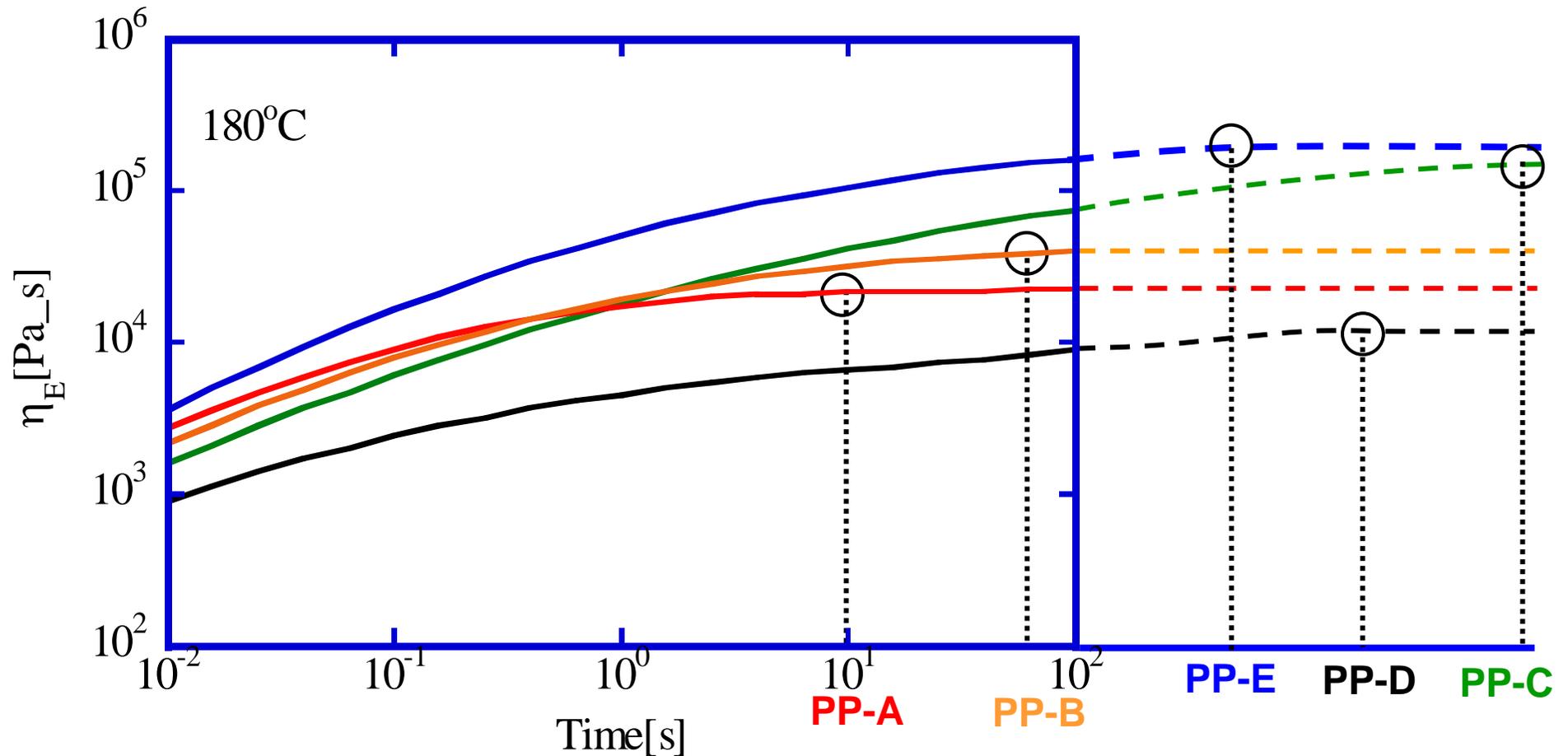
実験結果



ドロレゾナンスの発生限界ドラフト比

PP-A PP-B < PP-E < PP-D = PP-C

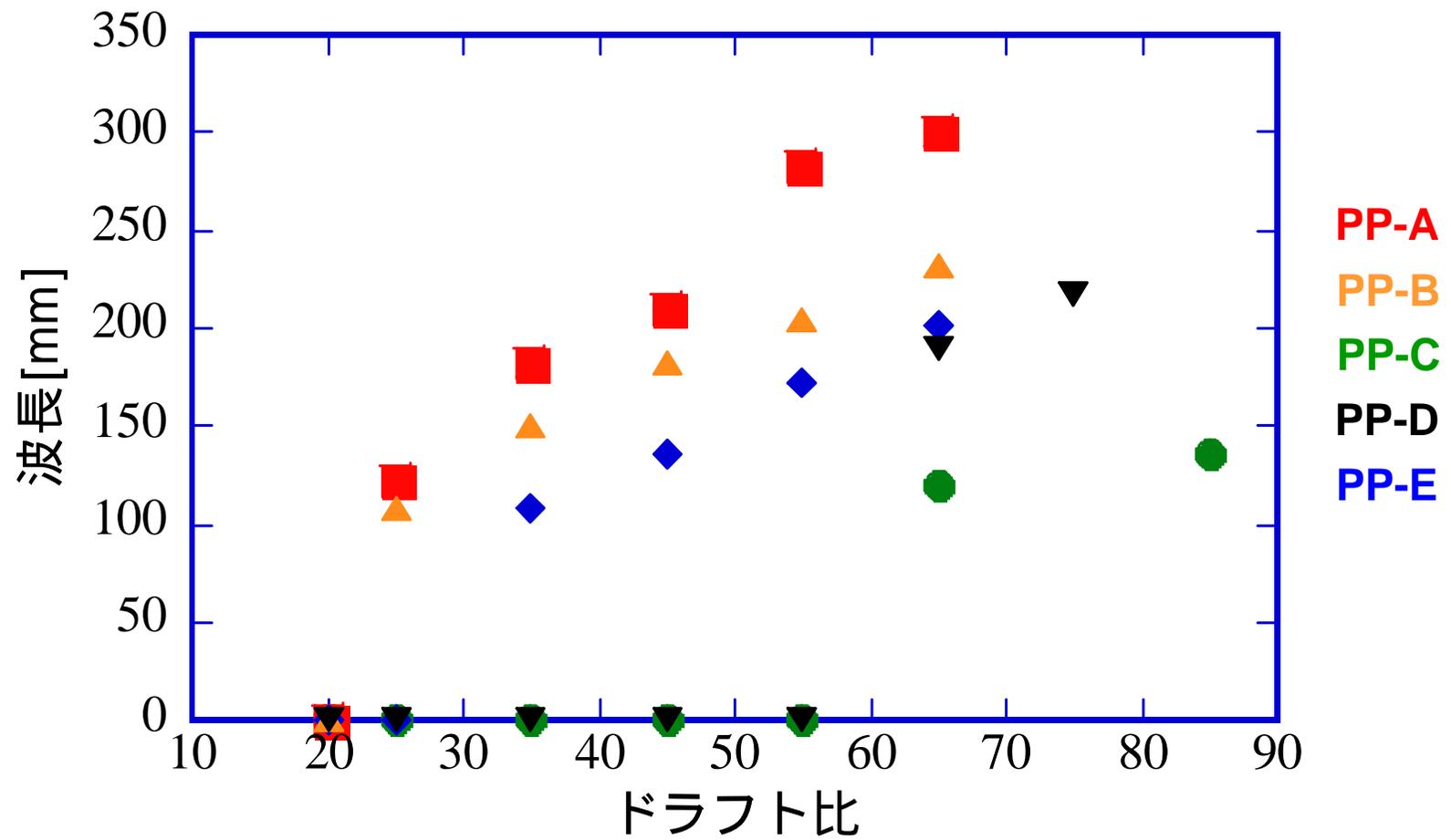
実験結果



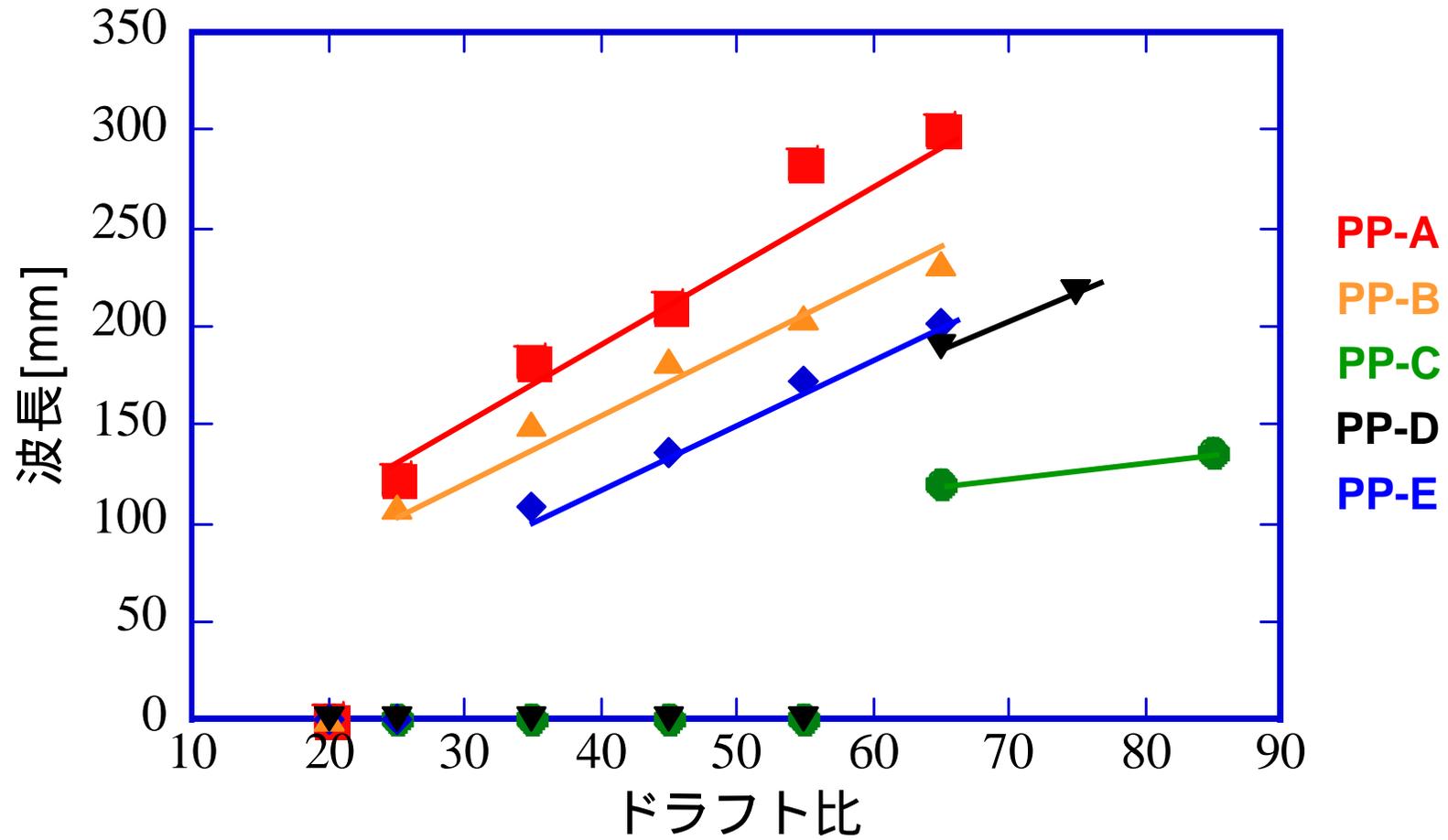
粘度が一定値になるまでの時間

PP-A PP-B < PP-E < PP-D < PP-C

実験結果



実験結果



まとめ

分子量が大きいほどドロレゾナンスを安定化させるという傾向は見られない

分子量分布が広いほど安定化した

粘度曲線とドロレゾナンスの波長には特に関係性は見られない

粘度が一定値になるまでの時間が早いものほどドロレゾナンスの発生限界ドラフト比が小さい(生じにくい)

シミュレーション

熔融紡糸の支配方程式・構成方程式

連続の式
$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(AV)}{\partial x} = 0$$

運動方程式
$$\frac{\partial(A\sigma)}{\partial x} = 0$$

構成方程式
(Maxwell Model)
$$\sigma = \sum_{m=0}^M \sigma_m$$
 m=modeの番号
M=要素数

各要素について次の式が成り立つ

$$\frac{\partial \sigma_m}{\partial t} = \frac{2\eta_m}{\lambda_m} \cdot \frac{\partial V}{\partial x} + 2\sigma_m \frac{\partial V}{\partial x} - V \frac{\partial \sigma_m}{\partial x} - \frac{\sigma_m}{\lambda_m}$$

シミュレーション

検証する点

線形粘度の傾き・一定値になるまでの時間
実験値との比較

