

眼球組織の力学的特性の測定

須長 純子(日本大学大学院 応用生命科学・理化学研究所)

横田 秀夫(理化学研究所)

中村 佐紀子(理化学研究所)

Cristian TEODOSIU(理化学研究所)

佐藤 嘉兵(日本大学大学院 応用生命科学・理化学研究所)

牧野内 昭武(理化学研究所)

姫野 龍太郎(理化学研究所)

背景と目的

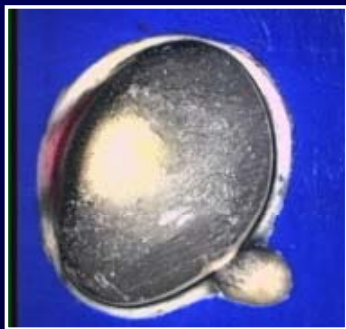


網膜剥離手術シミュレータの構築

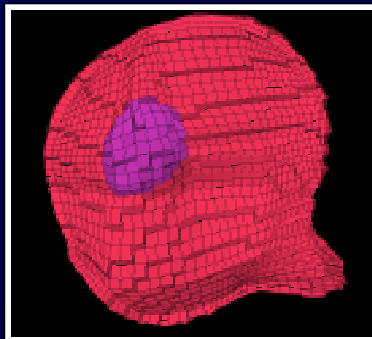
力学的特性の取得

構造情報の収集

3D画像



メッシュモデル

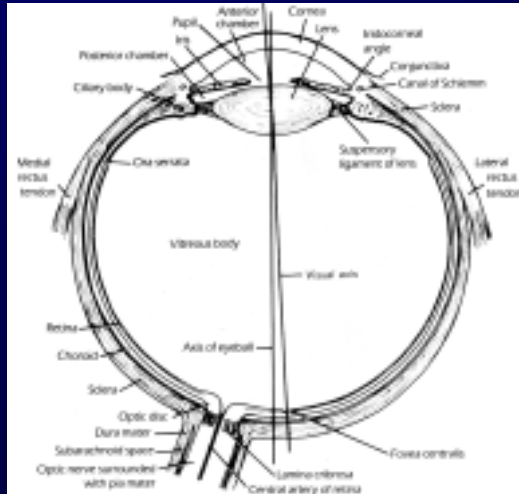


引張り試験

精密な眼球モデルの構築

眼球の特徴

引張り試験による眼球の力学的データの取得



水晶体 : 厚さ 4mm
直径 10mm

角膜 : 厚さ 0.5~1.2mm
直径 約11mm

強膜 : 厚さ 0.3~1mm

脈絡膜 : 厚さ 0.1~0.22mm

網膜 : 厚さ 0.1~0.56mm

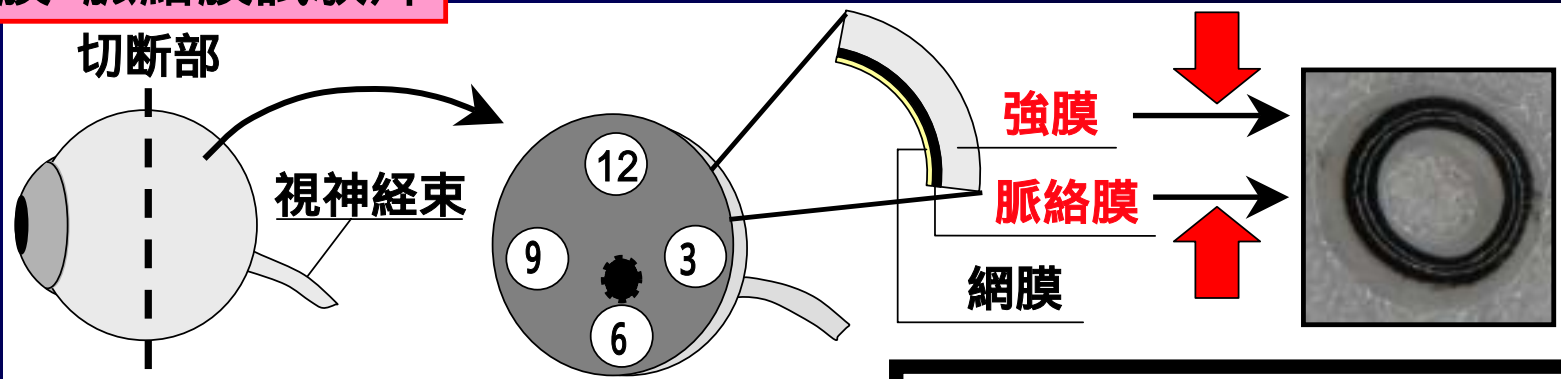
問題

曲率、試験片保持部の応力集中

微小なリング状試験片を用いて引張り試験を行う

試験片の作成

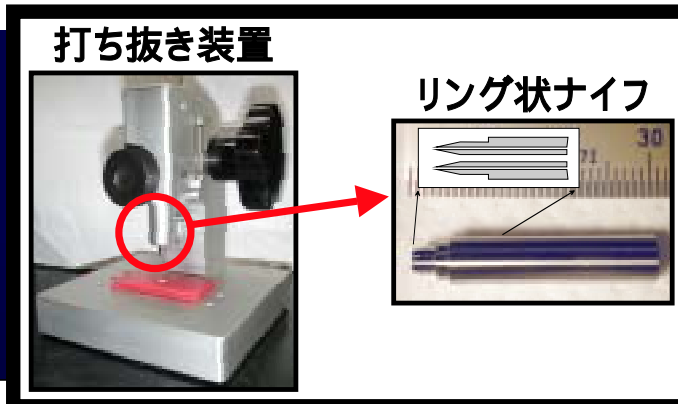
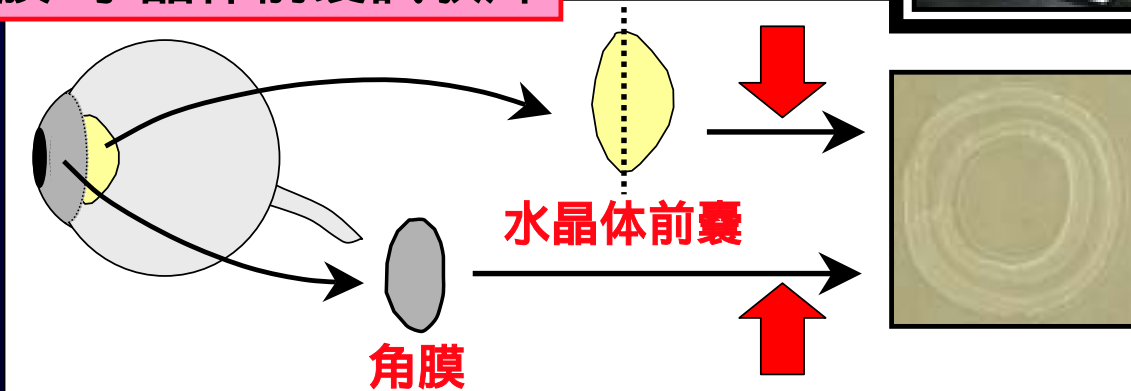
強膜・脈絡膜試験片



豚眼球

- ・同養豚場
- ・同年令
- ・摘出後15時間以内

角膜・水晶体前囊試験片

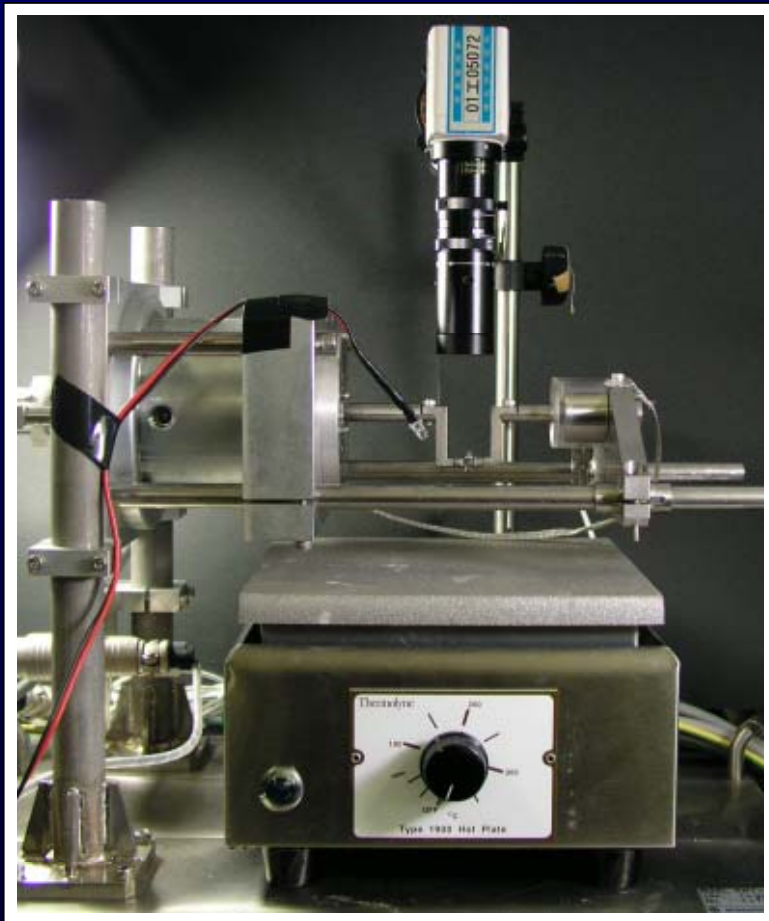


画像測定結果 (mm)

内径	1.97 ± 0.12
外径	2.75 ± 0.12

引張り試験装置

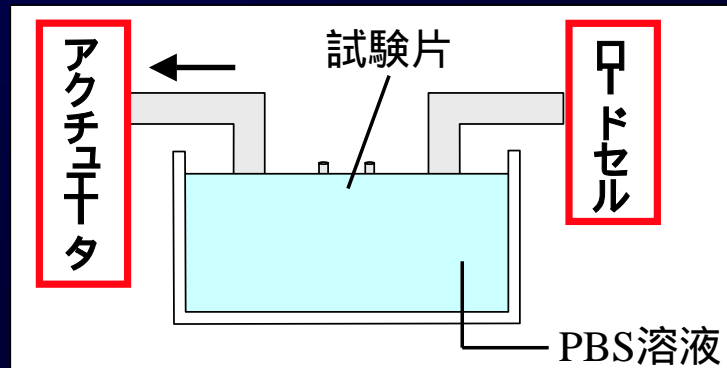
引張り試験装置



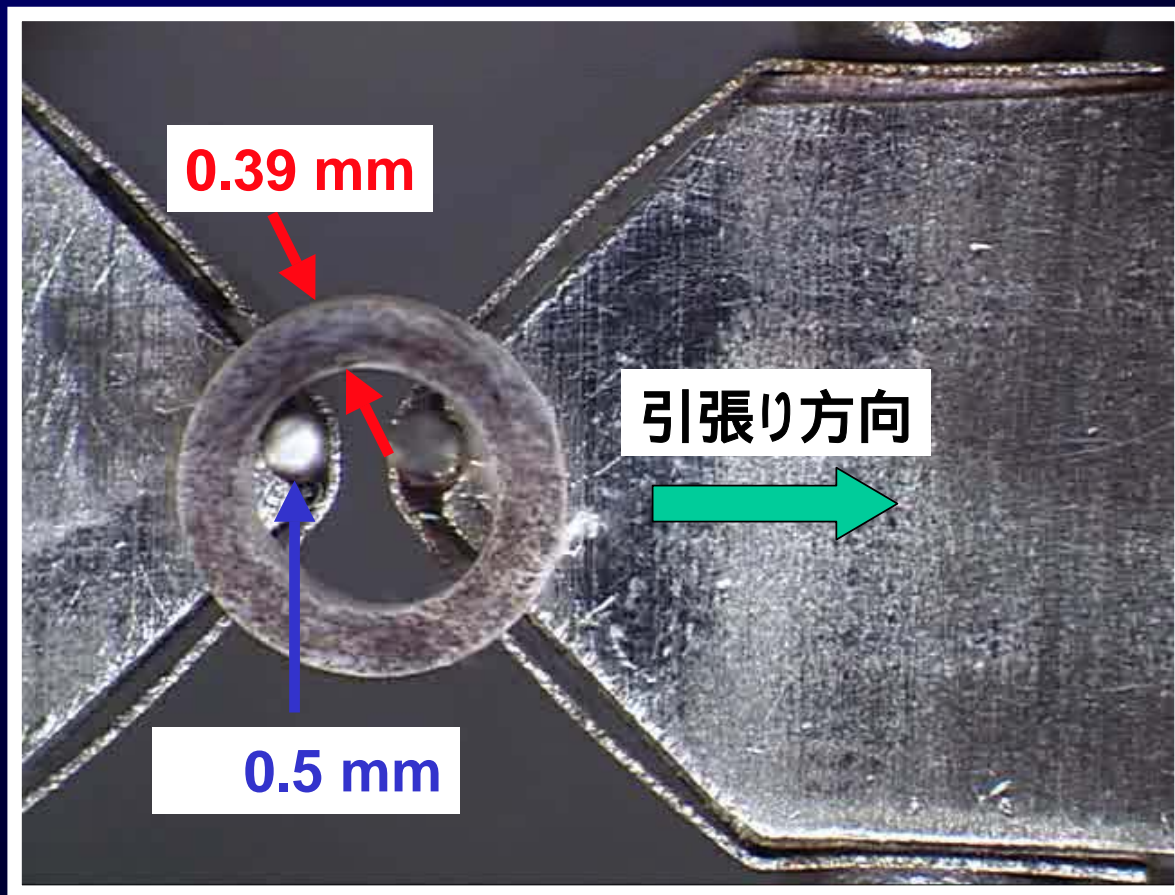
	範囲	分解能
引張りストローク	4mm	1mm
ロードセル	$\pm 1\text{N}$	1mN
	$\pm 10\text{N}$	50mN

オシロスコープ : NR-2000 (KEYENCE)

CCDカメラ : JK-TU52H (Toshiba)

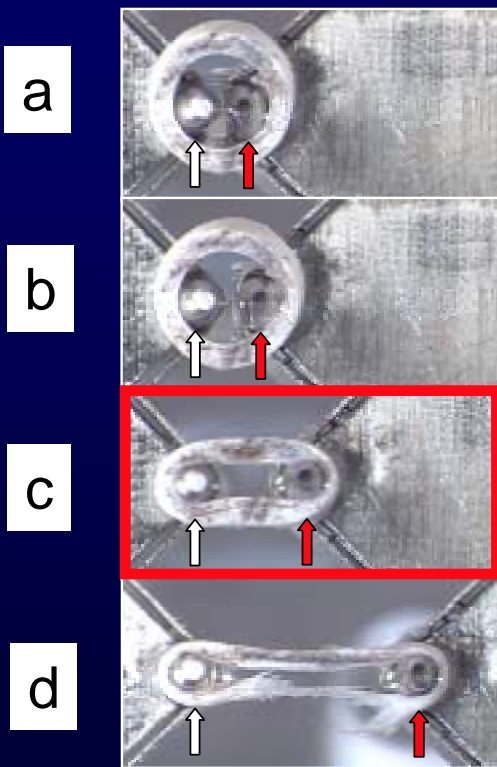


引張り試験撮影画像

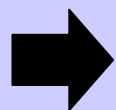
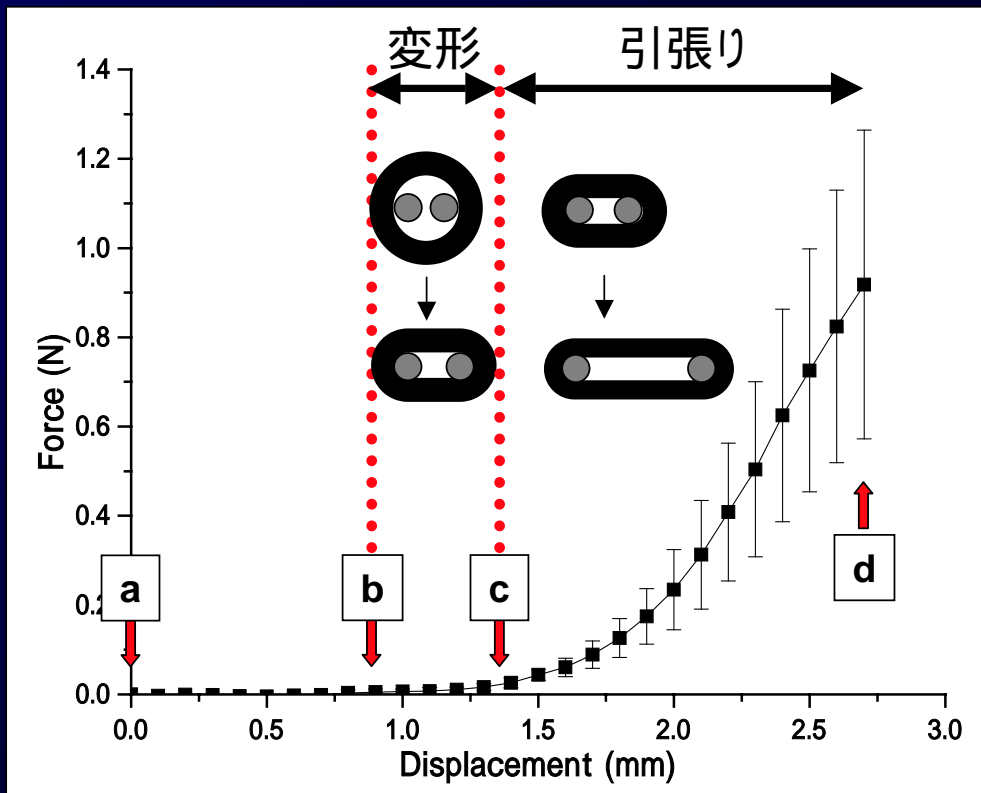


引張り試験による測定

引張り試験



ピンの位置と力の関係



公称応力-公称ひずみの関係に変換する

強膜引張り試験

- * 環境温度依存性

室温 (25 ± 1), 37 ± 1 の2温度

- * 対象位置による差異

12時、3時、6時、9時の4方向

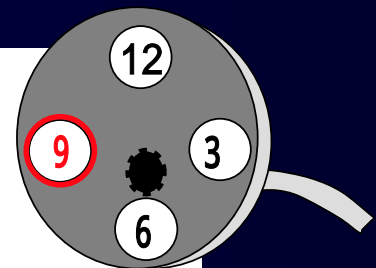
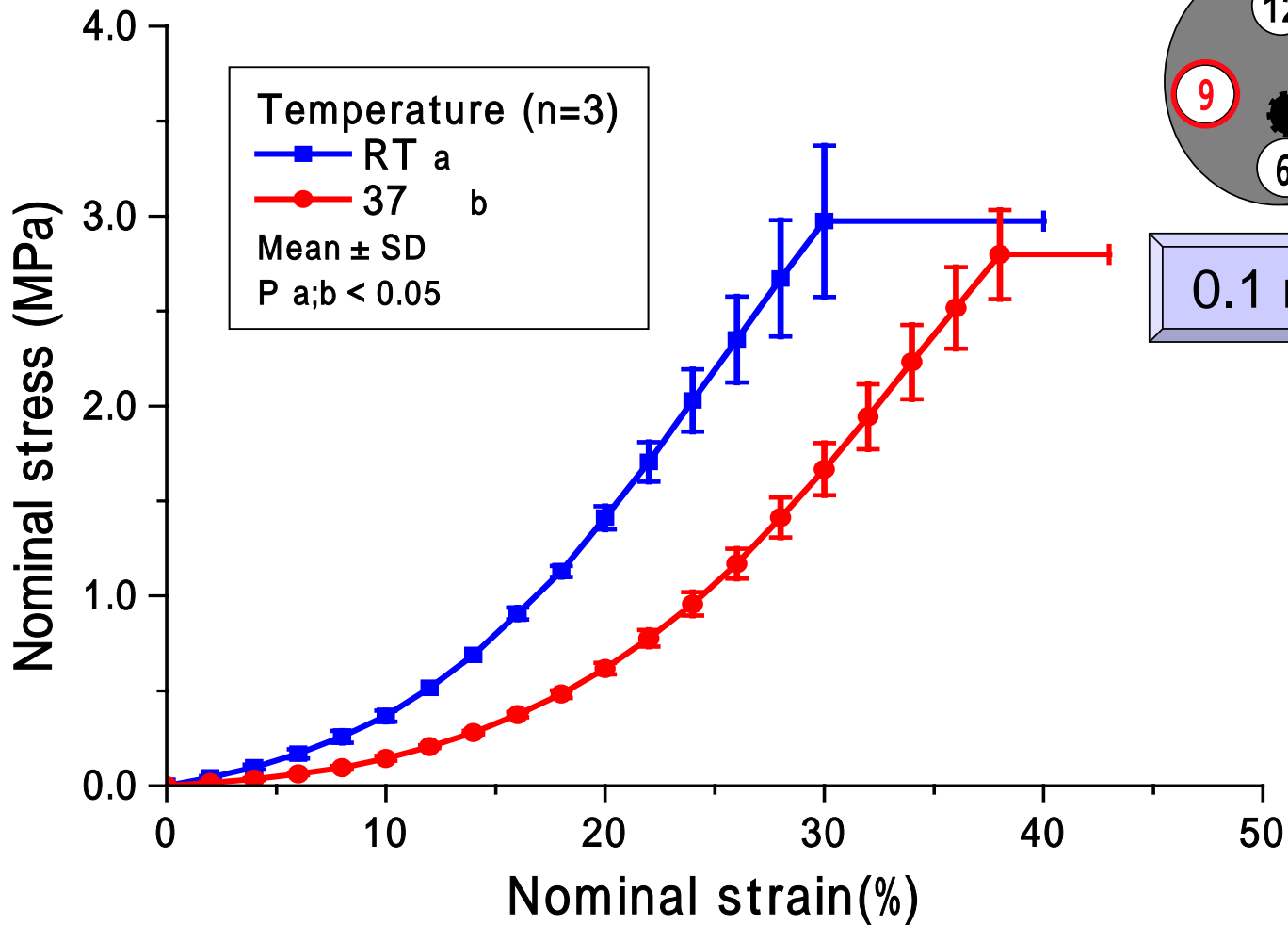
- * 引張り速度依存性

0.5、0.1、0.01 mm/sec の3速度

- * 組織繊維の異方性

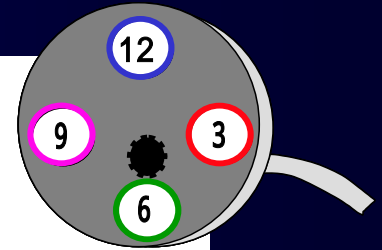
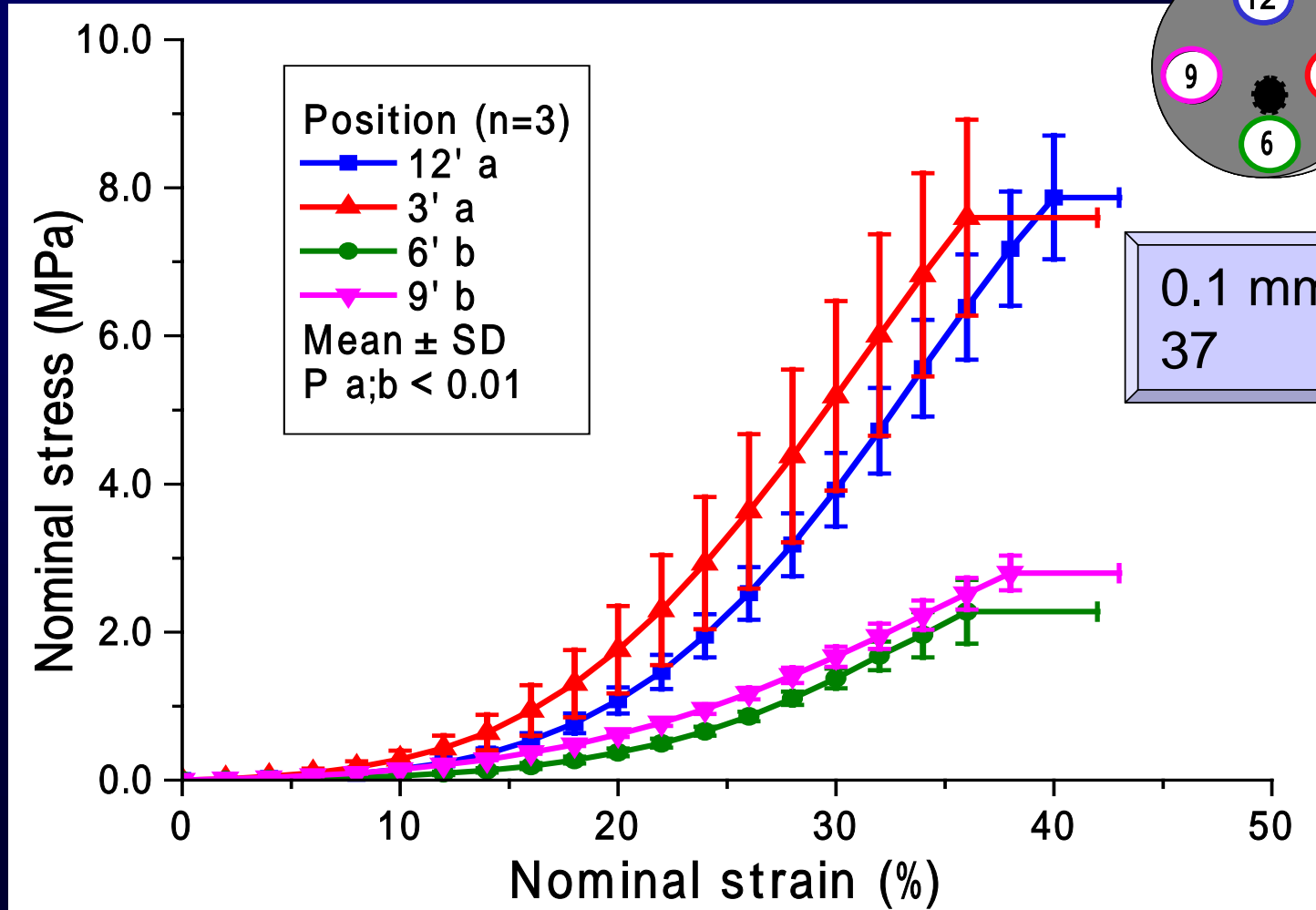
3方向

環境温度依存性



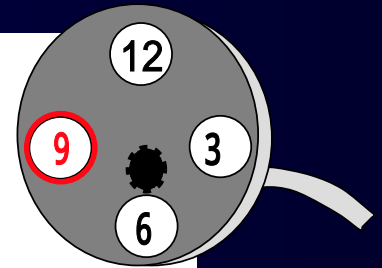
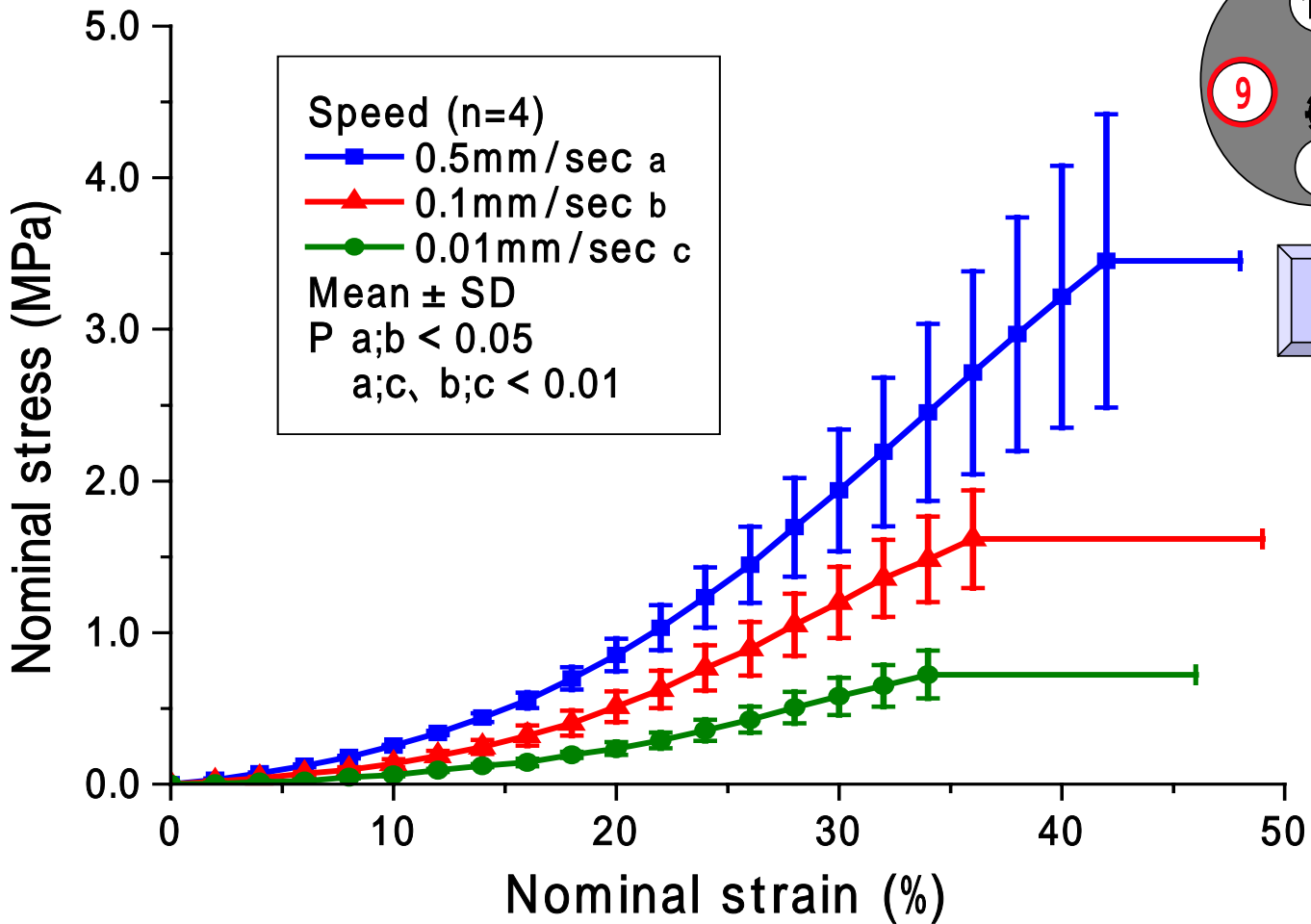
0.1 mm/sec

対象位置による差異



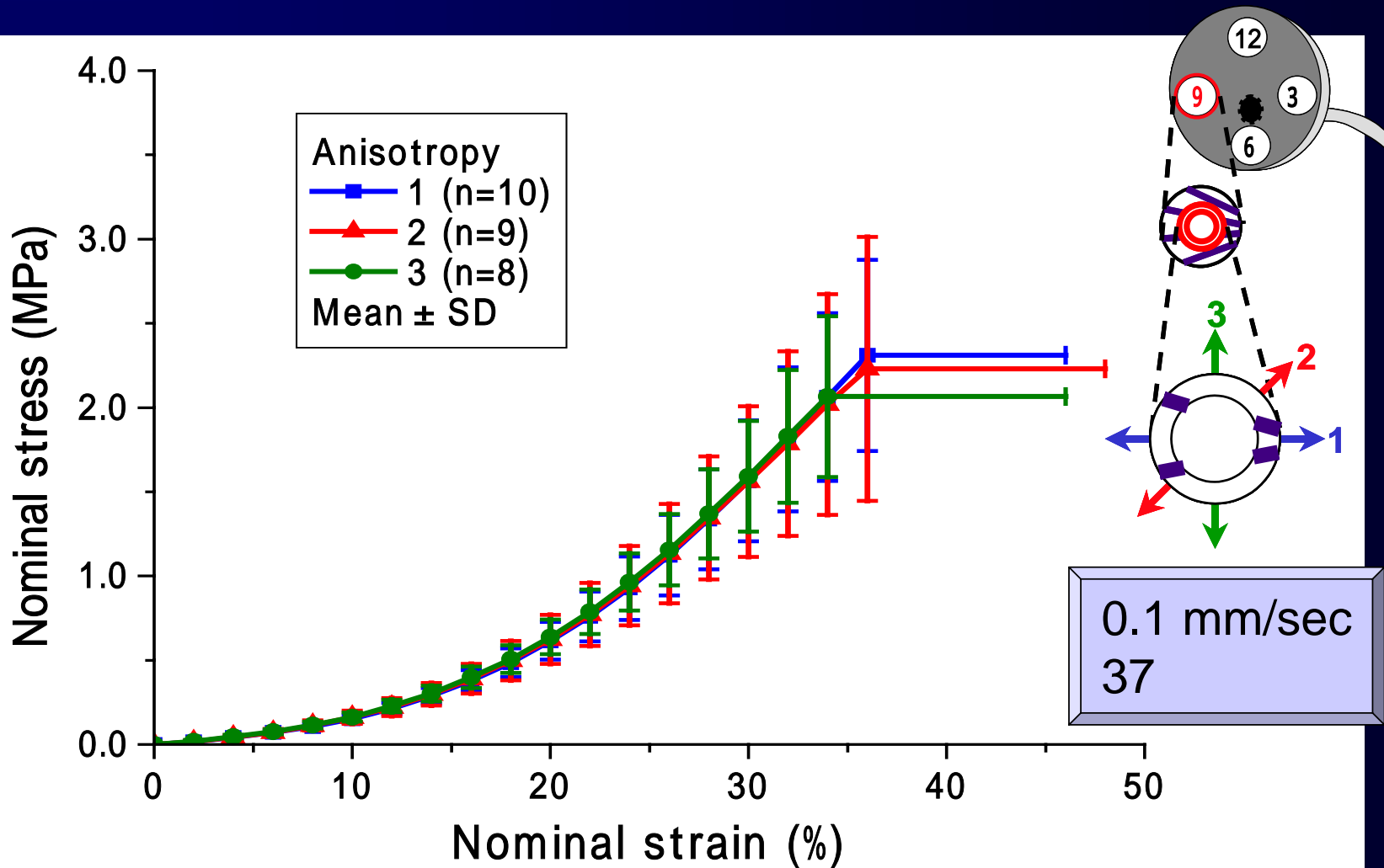
0.1 mm/sec
37

引張り速度依存性

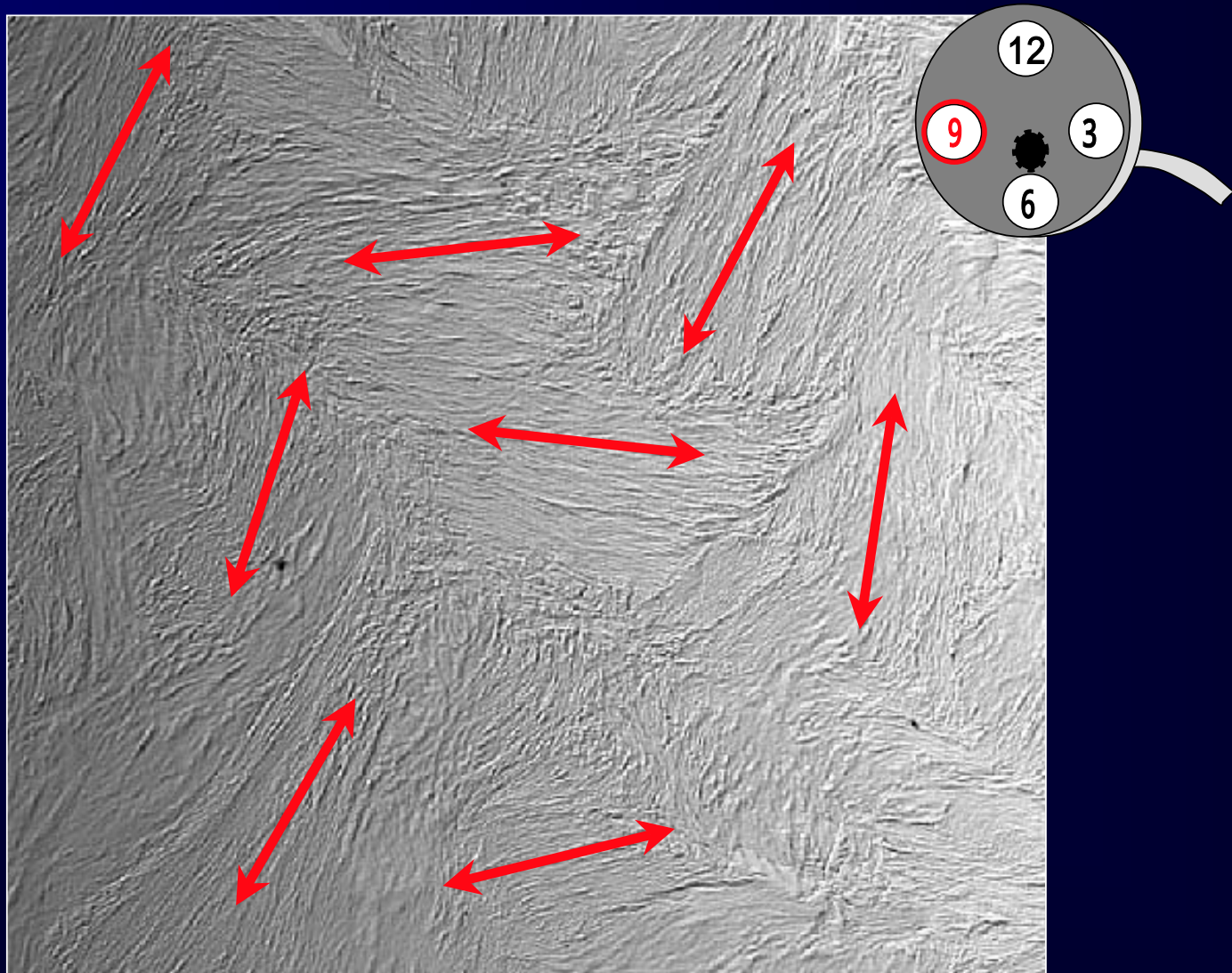


37

組織繊維の異方性



強膜組織切片觀察



脈絡膜引張り試験

* 環境温度依存性

室温 (25 ± 1)、 37 ± 1 の2温度

* 対象位置による差異

12時、3時、6時、9時の4方向

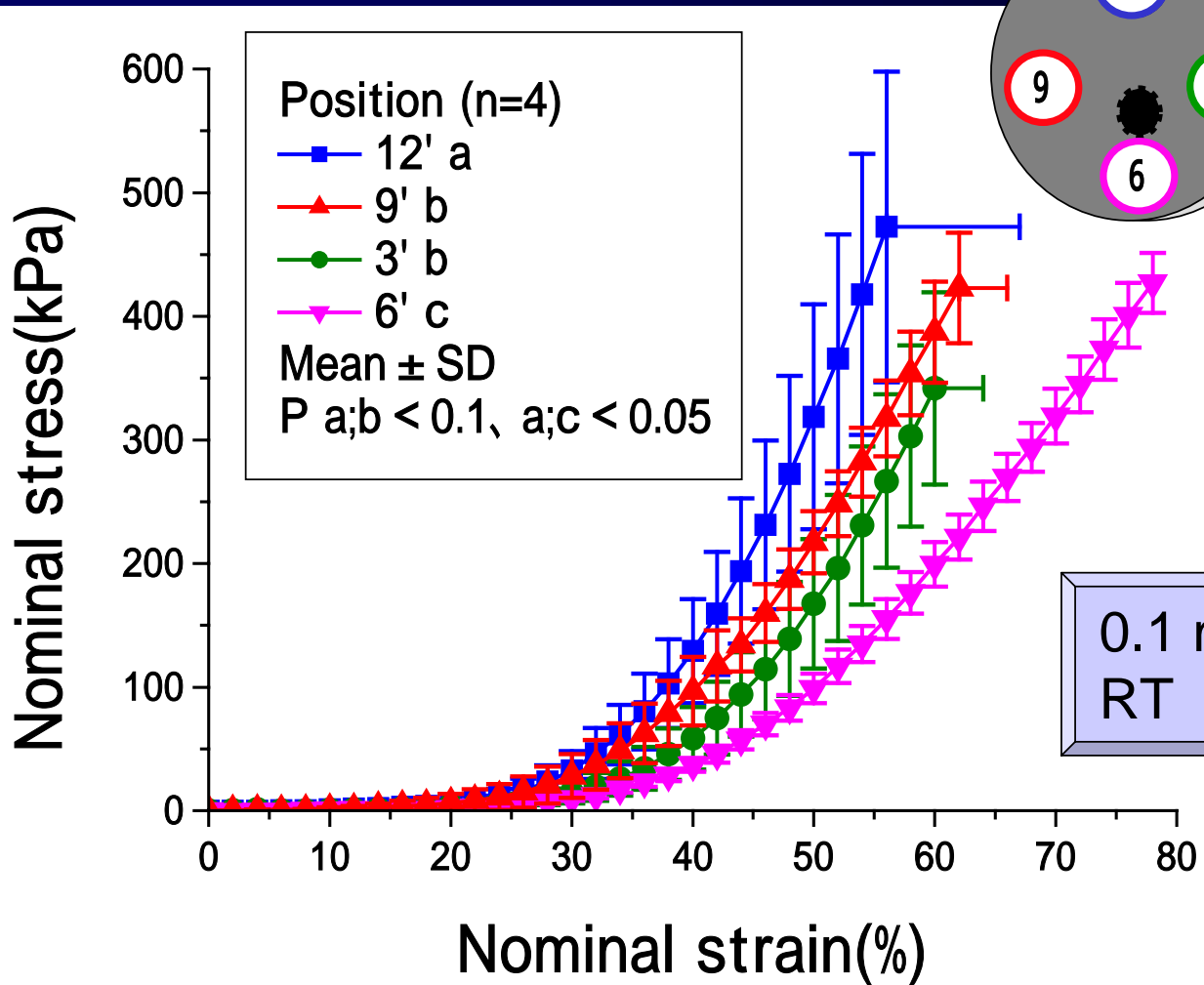
* 引張り速度依存性

0.5、0.1、0.01 mm/sec の3速度

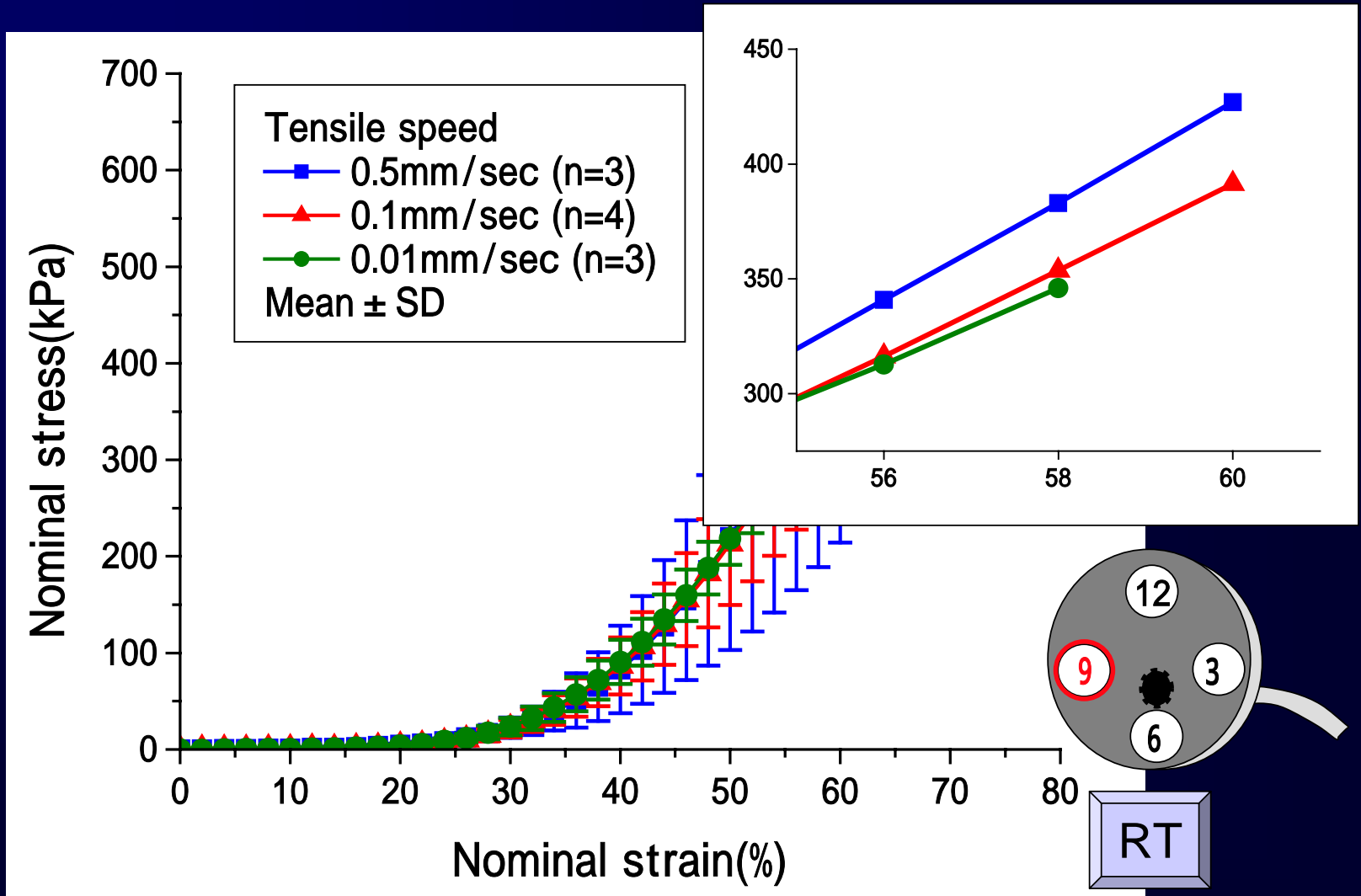
* 組織繊維の異方性

3方向

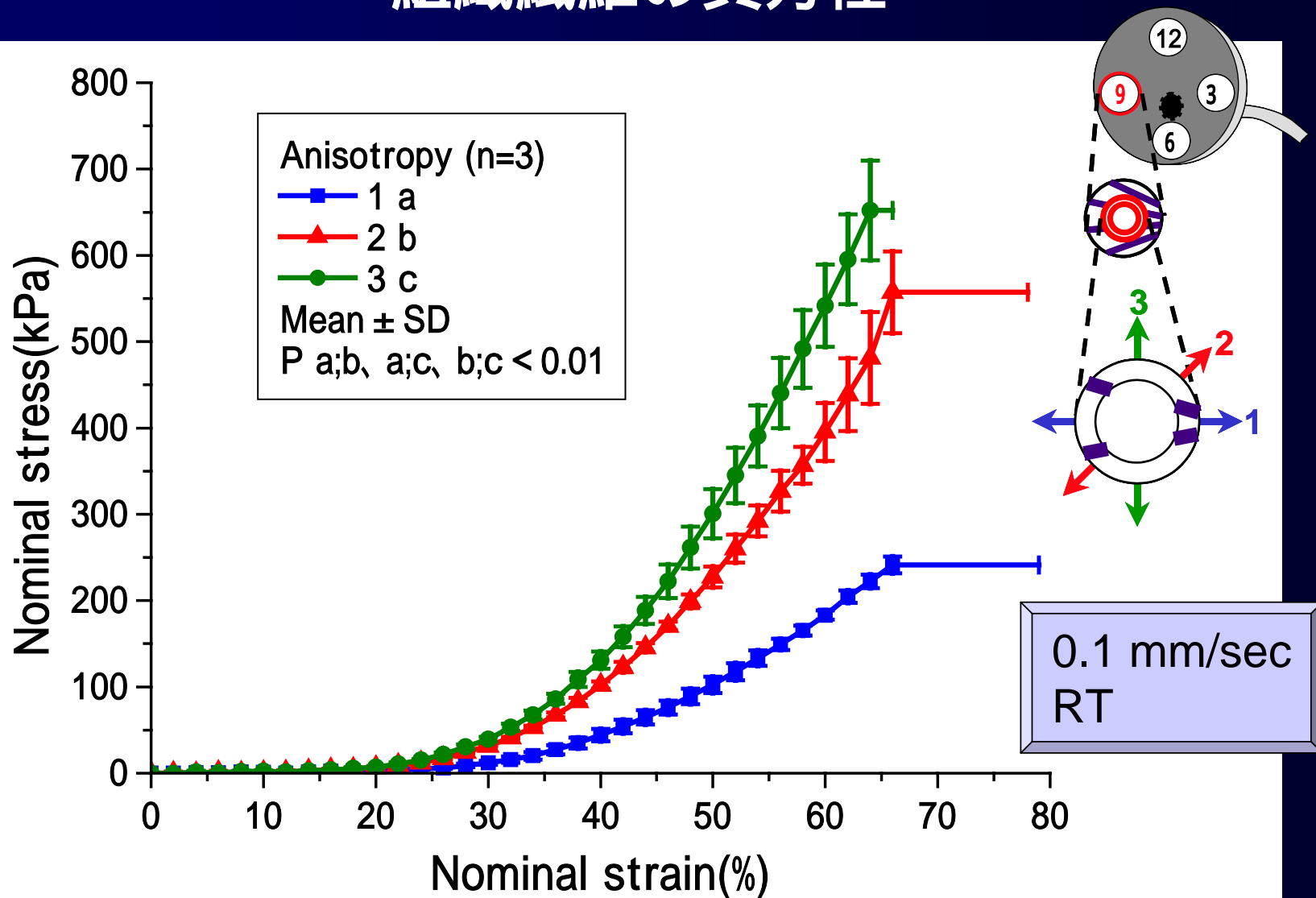
対象位置による差異



引張り速度依存性



組織繊維の異方性



水晶体前囊引張り試験

* 環境温度依存性

室温 (25 ± 1)、 37 ± 1 の2温度

* 対象位置による差異

12時、3時、6時、9時の4方向

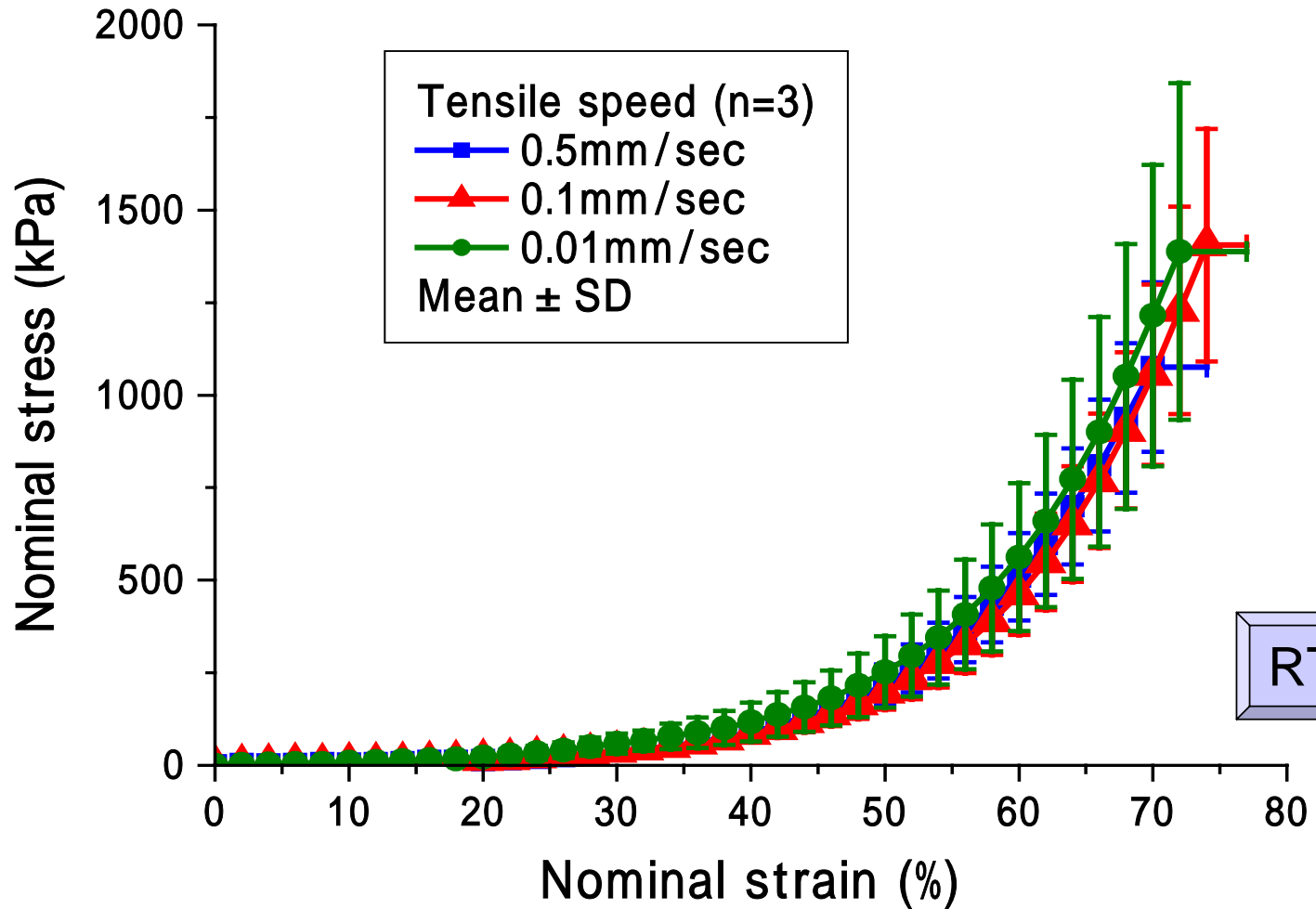
* 引張り速度依存性

0.5、0.1、0.01 mm/sec の3速度

* 組織繊維の異方性

3方向

引張り速度依存性



角膜引張り試験

* 環境温度依存性

室温 (25 ± 1)、 37 ± 1 の2温度

* 対象位置による差異

12時、3時、6時、9時の4方向

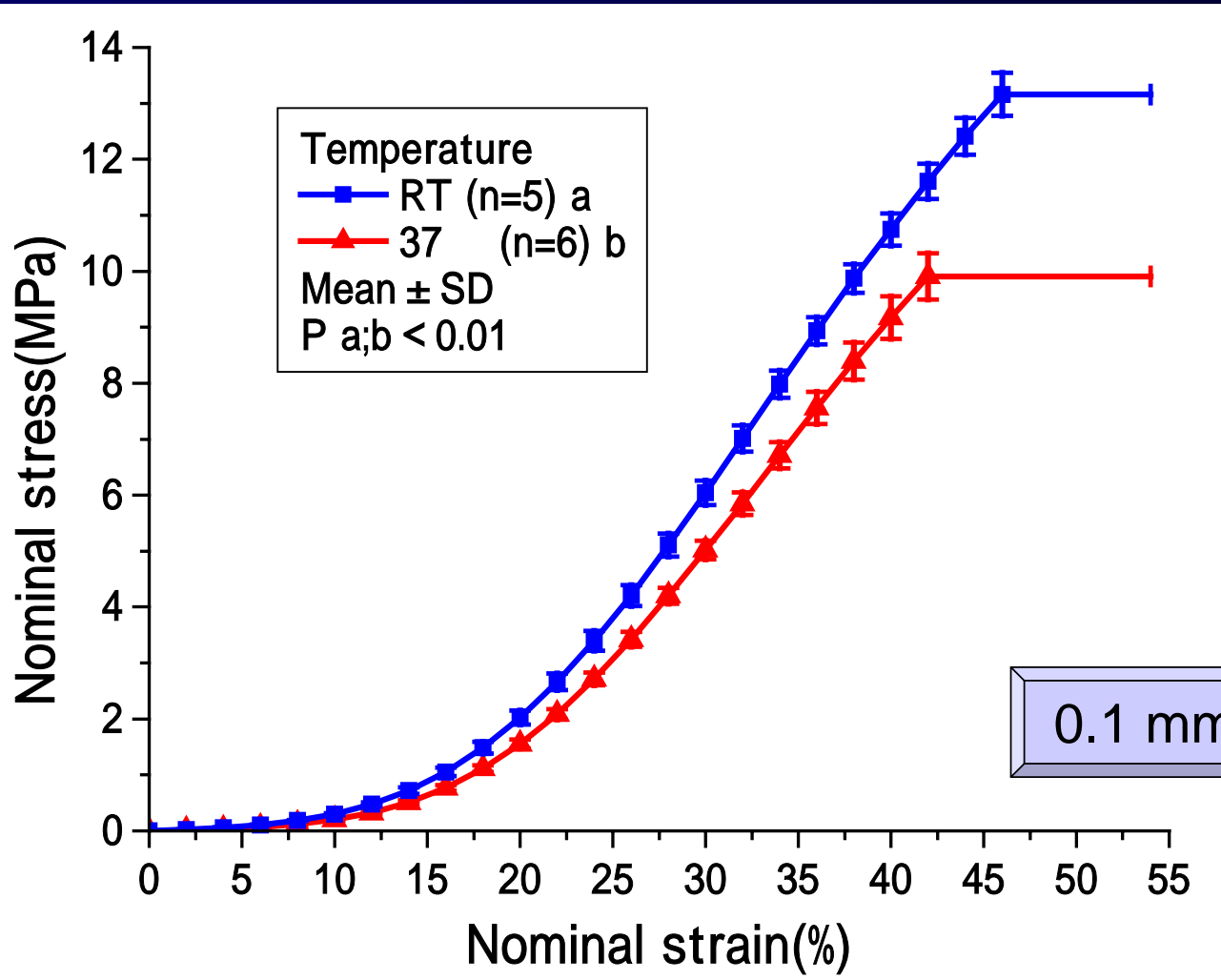
* 引張り速度依存性

0.5、0.1、0.01 mm/sec の3速度

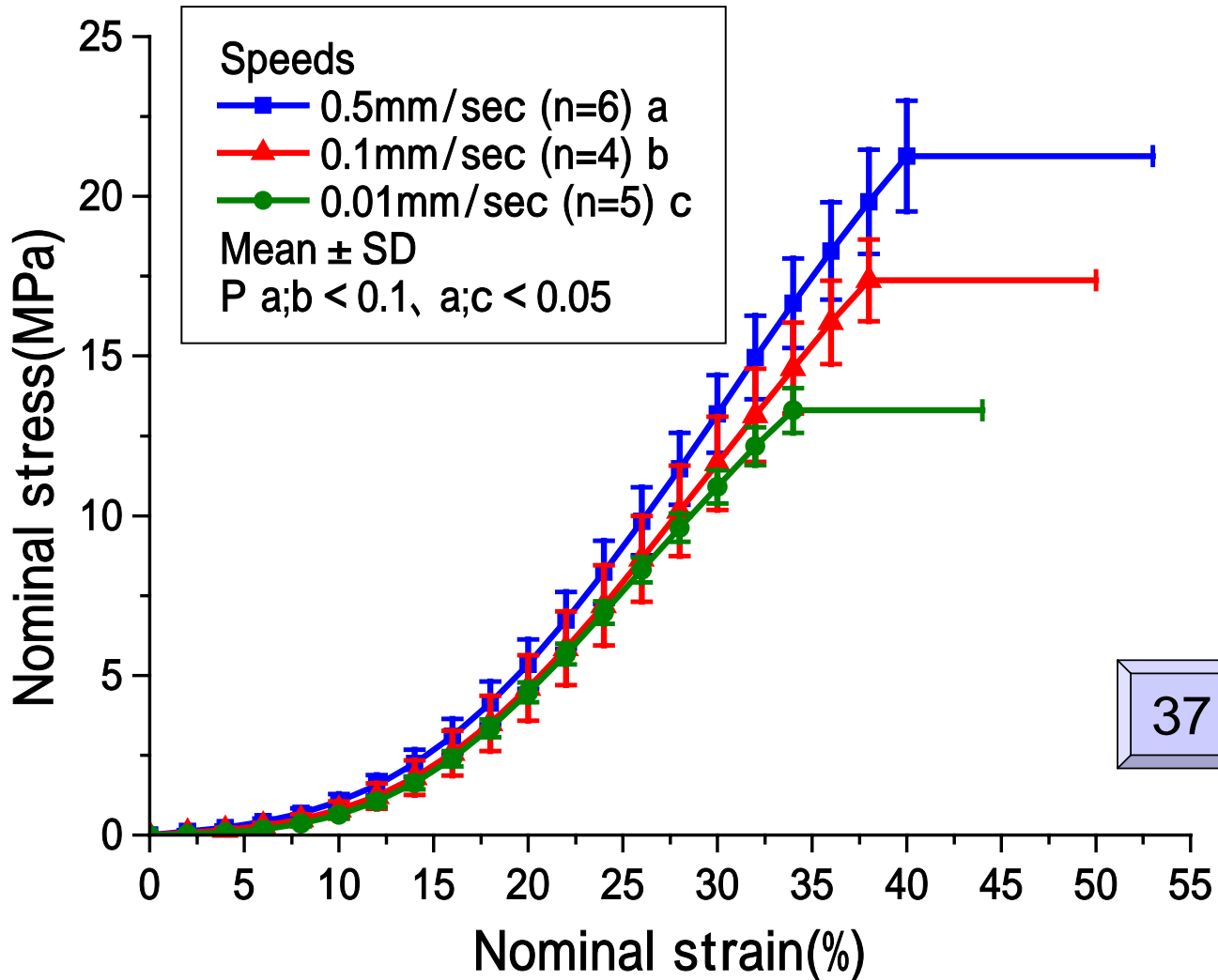
* 組織繊維の異方性

3方向

環境温度依存性



引張り速度依存性



結 果

組織 (初期破断応力)	環境温度 依存性	引張り速度 依存性	対象位置 による差異	異方性 の有無
強膜 (2 ~ 8MPa)				ns
脈絡膜 (200 ~ 600kPa)	-	誤差が大きく不明		
水晶体前囊 (800 ~ 1600kPa)	-	ns	-	-
角膜 (9 ~ 23MPa)			-	-

; 有意差あり
ns; 有意差なし

- ; 未測定

ま と め

- ◆ 眼球組織において直径3mm以下のリング状試験片の作成に成功
- ◆ 引張り試験により微小な軟組織試験片の力学的特性の取得に成功

生体軟組織を対象とした引張り試験による力学特性の取得に有効

➡ 生体力学シミュレーションモデルの構築に有用