

平成 25 年度（2013）博士論文

# うどんのコシのレオロジー

指導教員 四宮陽子

実践女子大学大学院 生活科学研究科

食物栄養学専攻

佐 藤 幸 子

# 目 次

緒言	1
第 I 部 実験方法	
第 1 章 麺表面から中心部への粘弾性分布測定モデル化	3
第 2 章 試料麺の調製	5
1. 試料	5
2. 試料ゆで麺の調製方法	5
第 3 章 クリープ測定方法	8
第 4 章 官能評価方法	11
第 II 部 実験結果	
第 1 章 圧縮によるクリープ試験のモデル化の検討	14
1. 試料 A のクリープ測定条件	14
2. 試料 A の麺内部の位置によるクリープ曲線	17
第 2 章 試料 A の麺内部の位置による粘弾性分布	24
1. 試料 A の粘弾性要素モデル	24

2. 試料 A の麺内部の位置による粘弾性分布 .....	26
第 3 章 試料 B の麺内部の位置による粘弾性分布 .....	29
1. 試料 B のクリープ測定条件 .....	29
2. 試料 B の麺内部の位置によるクリープ曲線 .....	32
3. 試料 B の麺内部の位置による粘弾性分布 .....	38
第 4 章 ゆで麺の官能評価 .....	42
第Ⅲ部 考察	
第 1 章 粘弾性要素の 2 要素への単純化 .....	45
第 2 章 緩和時間 .....	48
第 3 章 うどんのコシのレオロジー解析結果 .....	49
第Ⅳ部 要約 .....	50
第Ⅴ部 参考文献 .....	52
第Ⅵ部 謝辞 .....	55
第Ⅶ部 測定データ .....	56

# 緒 言

麺類の食味は、小麦に由来する風味も大切であるが、口に入れた時のつるつる感、噛み始めから噛み終わるまでの硬さの不均一性による噛みごたえの変化、また飲み込む時ののどの通りなどの物理的要因が大切である。これらの口中における物理的な性質はうどんに限らず冷麺<sup>1)~3)</sup>、スパゲッティ<sup>4)5)</sup>などの麺類でも重要である。うどんの美味しさについては三木がまとめている<sup>6)</sup>。特にうどんでは、咀嚼過程の噛み始めから噛み終わるまでの食感を「コシ」と表現している。柴田<sup>7)~9)</sup>はうどんの「コシ」には、かたさの量である硬軟、硬さの質を表わす粘弾性、麺線の中心が硬く表面が軟らかいという硬さの不均一性などを含む、と述べている。

このようにうどんの「コシ」では、麺の粘弾性が重要であり、三木ら<sup>10)11)</sup>はクリープで、渡辺ら<sup>12)</sup>、三木ら<sup>13)</sup>は応力緩和で測定した。しかし、彼らの測定法は麺線の両端をはさむ引張りによる方法だったので、得られた粘弾性は麺線全体の平均値であった。また、噛む過程の食感を測定するために引張り試験<sup>14)15)</sup>、破断試験<sup>14)~18)</sup>、テクスチュロメータ<sup>19)</sup>、曲げ強度<sup>16)</sup>、などが測定された。新しい方法として咀嚼筋活動量の測定<sup>20)</sup>、多点シートセンサシステム<sup>21)22)</sup>、麺の表面状態の測定<sup>23)24)</sup>などもある。しかし、これらの多くの測定では、麺の噛み始めから噛み終わるまでの硬さの不均一性の解明は不十分である。試みとしては四宮<sup>17)</sup>と三木<sup>18)25)</sup>が破断曲線を使用して、硬さの不均一性について一部述べているが詳細では無い。

一方、小麦デンプンとグルテンの特性とゆで麺のテクスチャーへの影響<sup>26)</sup>、また麺表面から中心へかけてのでんぷんやグルテンの微細構造の不均一性は、麺の調製条件と関係づけて、かなり調べられている<sup>15)18)23)27)28)29)</sup>。また、麺類や飯粒などのゆでる過程からゆで後にかけて、水分が表面から中心部へ移動する状態は、実体顕微鏡<sup>30)</sup>やMRIで調べられている<sup>31)~37)</sup>。

以上のように組織学的には、麺表面から中心へかけての微細構造や水分の不均一性は解明されているが、粘弾性の測定が不十分である。理由は、ゆでた麺線1本の表面から中心へかけての粘弾性分布は、時間とともに急速に変化するために、この条件を克服して測定することが困難なためと考えられる。米飯のテクスチャー測定も同様に測定の迅速化や多面化が求められている。米飯物性を迅速に多面的かつ詳細に捉えるために、辻はテンシプレッサーを用いた2点測定法で<sup>38)</sup>、岡留らは圧縮率可変設定可能なテンシプレッサーを用いて、米飯1粒に対して圧縮試験を行った<sup>39)40)</sup>。そこで我々は、ゆで麺の圧縮によるクリープ測定をモデル化して、麺表面から中心へかけての粘弾性分布を測定することを試みた。

本論文の構成は以下のとおりである。

第Ⅰ部は実験方法を記述した。特に麺表面から中心部への粘弾性分布測定の方法として圧縮によるクリープ試験のモデル化を検討した。

第Ⅱ部は実験結果を記述した。第Ⅰ部で検討した圧縮によるクリープ試験の実験による検討を行った。その結果、クリープ測定条件を決定し、クリープ測定を実施して、粘弾性要素の解析を行った。解析結果を検討するために官能検査も実施した。

第Ⅲ部は考察を記述した。麺表面から中心部へかけての粘弾性解析結果を再度検討し、粘弾性要素の単純化を行った。緩和時間の算出、官能検査の結果を踏まえてうどんのコシのレオロジーを考察した。

第Ⅳ部は要約、第Ⅴ部は参考文献、第Ⅵ部は謝辞、第Ⅶ部は第Ⅱ部の測定データを示した。

# 第 I 部 実験方法

## 第1章 麺表面から中心部への粘弾性分布測定モデル化

うどんの「コシ」では麺の粘弾性が重要である。緒言で述べたように、麺の粘弾性は従来クリープや応力緩和で測定されていた<sup>10)~13)</sup>。しかし、これらの測定は麺線の両端をはさむ引張りによる方法だったので、得られた粘弾性は麺線全体の平均値であった。柴田は<sup>7)~9)</sup>、「うどんのコシは、麺線の中心が硬く表面が軟らかいという硬さの不均一性などを含む」と述べている。このことからうどんの「コシ」では麺線の平均の粘弾性ではなく、中心から表面への粘弾性の分布が重要と考えられる。

この研究では、麺線の粘弾性の分布を測定するために、圧縮によるクリープ測定をモデル化することを考えた。

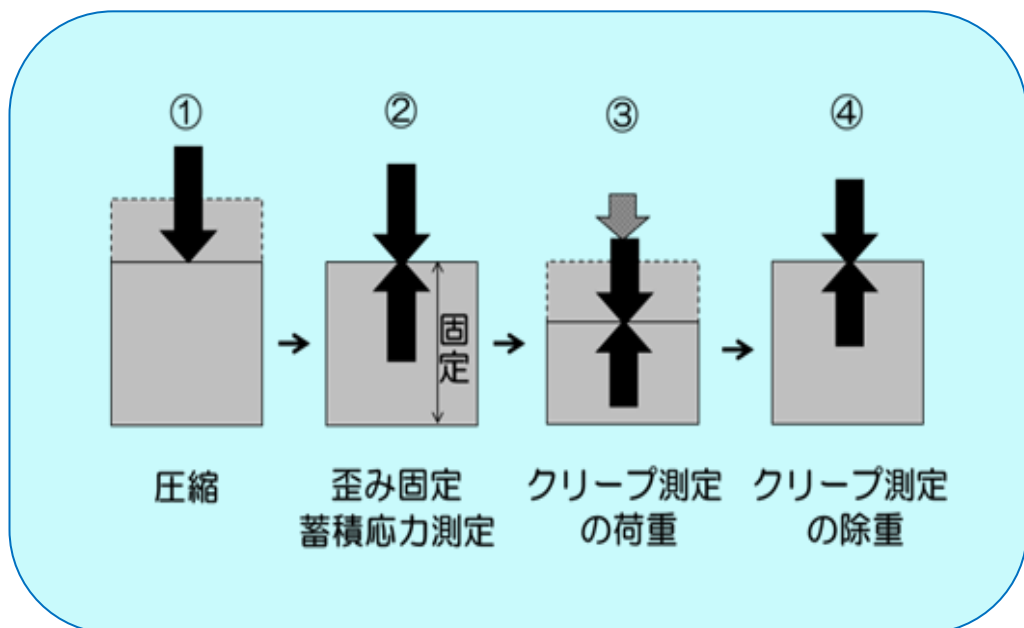


図 I - 1 圧縮によるクリープ測定モデル化



クリープ測定は、粘弾性の構造が変化しない程度の微小変形を与えて行う。麺は水分分布があるため<sup>30)~37)</sup>、微小変形では麺表面付近の水分の多い部分の測定を行うことになる。しかし、麺の噛みごたえには、麺表面よりその内側の粘弾性の影響が大きいと考えられることから、麺内側のクリープ測定のモデル化を次のように考えた。まず、麺表面付近の水分の多い部分は取り除けないため圧縮してつぶす。圧縮によって発生する内部蓄積応力にバランスする荷重を与えつつ、さらに荷重を与えてクリープを測定する。

実際の測定手順としては、図 I-1 に示すように、

- ①荷重を与えて麺を圧縮する。
- ②歪みが安定したところで歪みを固定し、内部蓄積応力の変化を測定する。
- ③内部蓄積応力とバランスする荷重を与えつつ、さらに荷重をかけてクリープを測定する。
- ④内部蓄積応力とバランスする荷重は残し、加えた荷重のみを除重する。この測定結果を圧縮ポイントの粘弾性とする。

圧縮により麺は変形して接触面積が拡大するが、圧縮前の麺の厚さ、横、縦を測定して体積を算出し、圧縮後の試料の厚さで除して、底面積を算出して校正を行った。このモデル化により、短時間で麺表面から中心部への粘弾性分布測定が可能と考えた。

## 第 2 章 試料麺の調製

### 1. 試料

名 称 : 冷凍ゆでうどん  
商品名 : さぬきうどん  
原材料名 : 小麦粉, でんぷん, 食塩  
製造者 : テーブルマーク株式会社  
栄養成分 100g 当たり分析値

エネルギー	134 kcal
たんぱく質	3.2 g
脂質	0.6 g
炭水化物	29.0 g
ナトリウム	167 mg
食塩相当量	0.4 g

### 2. 試料ゆで麺の調製方法

#### 1) 器具

鍋(直径 22 cm) 1 個	ステンレスボール(直径 32cm) 4 個
計量カップ 1000ml	菜箸
温度計	まな板
タイマー	包丁

FILTER PAPER No. 2 (150mm)

#### 2) 操作

##### (1) 試料 A (ゆで直後麺)

試料ゆで麺の調製方法を図 I - 2 試料ゆで麺の調製方法に示す.

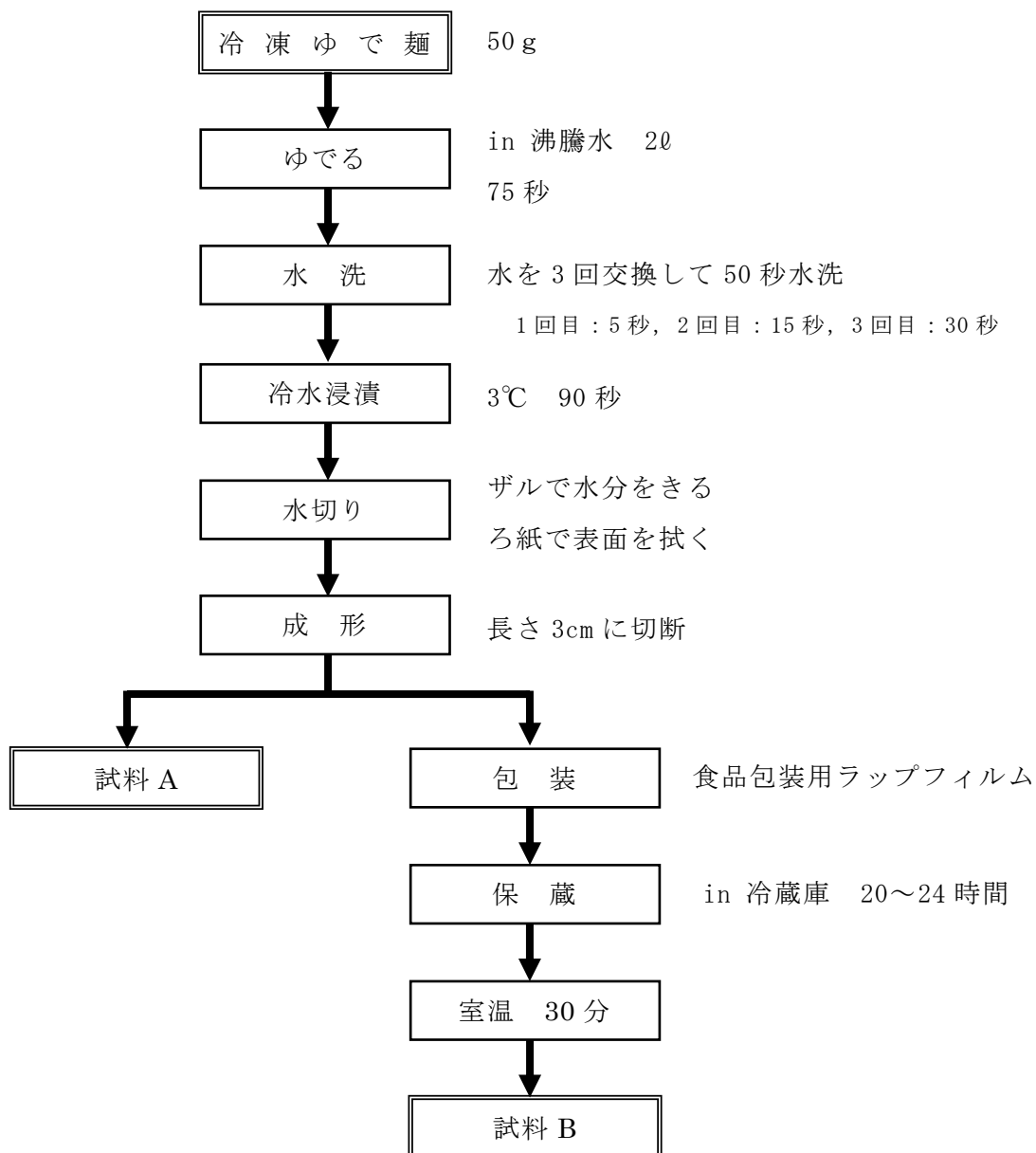


図 I - 2 試料ゆで麺の調製方法

冷凍ゆで麺 50g を 2ℓ の熱湯で 75 秒間ゆで、水を 3 回換えて約 50 秒水洗後、予備実験で嗜好性が増した水温 3℃ の冷水に 90 秒間浸漬した。ザルで水切りをし、麺表面の水分をろ紙で取り除き、3 cm の長さに成形した。加熱による麺の形状変化は表 I - 1 の通りである。この試料をゆで直後麺の試料 A とする。

表 I - 1 加熱による麺の形状変化

加熱前	横 $5.2 \pm 0.2$ mm, 縦 $3.3 \pm 0.2$ mm の角柱状
加熱後	横 $5.3 \pm 0.2$ mm, 縦 $3.9 \pm 0.3$ mm の角柱状

## (2) 試料 B (ゆで後 24 時間麺)

試料 B の調製方法も図 I - 2 試料ゆで麺の調製方法に示す。試料 A と同様にゆでて成型した麺を、乾燥を防ぐために 1 本ずつ食品包装用ラップフィルムで包み、プラスチック製容器に入れ、冷蔵庫で 20~24 時間保蔵した。その後、室温で 30 分置いたものを試料 B とする。

### 第 3 章 クリープ測定方法

図 I-3 にクリープ測定装置，表 I-2 にクリープ測定条件を示す．

表 I-2 クリープ測定条件

測定装置	クリープメーター (RE2-33005B 株山電) 電子恒温システム (ETC-3305-1 株山電)
解析ソフト	クリープ粘弾性解析 Windows Ver. 1.3 (CAS- 3305) 株山電
プランジャー	直径 30mm 円筒形
測定時間	120 秒
測定速度	1 mm/s
測定温度	麺中心温度 26℃
測定荷重	0.70N~1.00N
麺の測定環境	シリコンオイルに浸漬した状態で測定

クリープメーター (RE2-33005B株山電) と解析ソフト (クリープ粘弾性解析 Windows Ver. 1.3 (CAS- 3305)株山電) を用い，測定温度は電子恒温システム (ETC-3305株山電) で，設定温度 26℃ (麺中心温度 26℃) とした．プランジャー直径 30mm 円筒形，測定時間 120 秒，測定速度 1mm/s，測定荷重は 0.70~1.00N で，クリープの歪みは平均すると 10~23%であった．

試料 A は，乾燥を防ぐと同時に温度コントロールを容易にするために，直径 40 mmステンレスシャーレにシリコンオイル 3ml を入れた中に 1 本ずつ浸漬し，クリープはシリコンオイルに浸漬した状態で測定した (図 I-3-2 参照)．試料 B は冷蔵庫から出して 30 分経過したものを同様にした．シリコンオイルの量は麺が浮いて動くことを防ぐために，ひたひたに浸漬する量 (今回は 3ml) とした．したがって，プランジャーはシリコンオイル内に浸ることはなく，麺表面のオイルに接触する程度である．測定温度が安定する 10 分後に測定した．

図 I - 3 - 1 クリープ測定装置

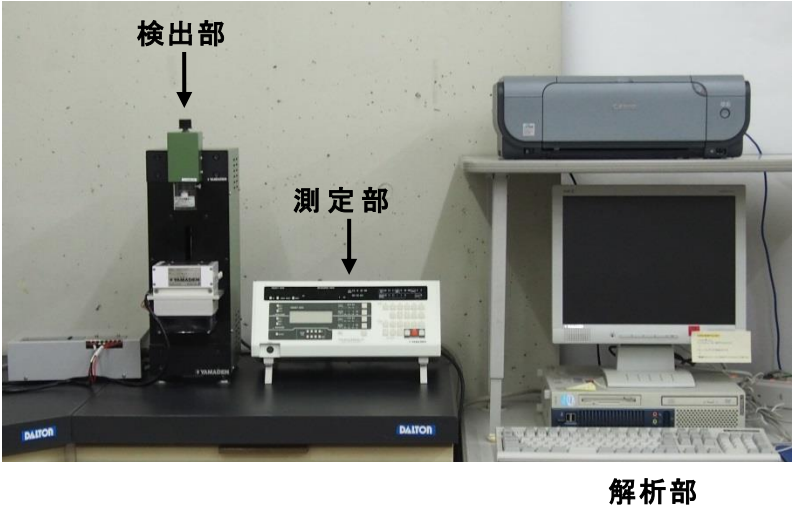


図 I - 3 - 2 クリープメーター試料台拡大図

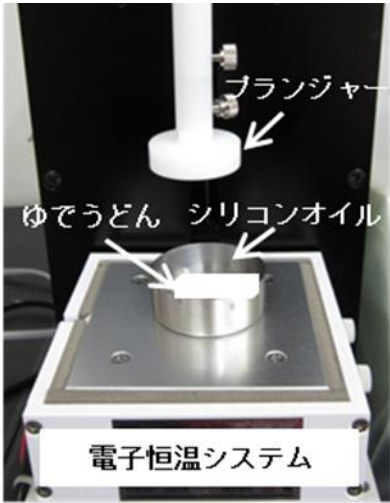


図 I - 3 クリープ測定装置

実際の測定手順を図 I - 1 に沿って説明すると、

- ① 麺を圧縮する荷重は、試料 A は 0.80N, 2.00N, 3.92N, 試料 B は 0.80N, 3.00N, 4.70N で、表面から中心にかけて 3 段階の圧縮を行い、クリープモードで歪みを読み取る。
- ② 歪みが安定した所で歪みを固定する。モードを応力測定モードに切り換えて、内部蓄積応力の変化を測定する。
- ③ 内部応力とバランスする荷重を与えつつ、さらに表 I - 2 に示す荷重をかけてクリープを測定する。
- ④ 内部応力とバランスする荷重は残し、加えた荷重のみを除重する。この測定結果を圧縮ポイントの粘弾性とする。
- ⑤ 圧縮により麺は変形して接触面積が拡大するが、圧縮前の麺の厚さ、横、縦を測定して体積を算出し、圧縮後の試料の厚さで除して、底面積を算出して校正を行う。

## 第 4 章 官能評価方法

### 1. 官能評価方法

試料 A と試料 B のテクスチャーの違いを言葉で表現することを目的に，官能評価を実施した．官能評価方法を表 I - 3 に示す．

表 I - 3 官能評価方法

目 的	試料 A と B のテクスチャーの違いを言葉で表現する．
パネル	実践女子大学食生活科学科 3・4 年生および教職員(延べ 41 名)
提供方法	試料 A と B をそれぞれ別の日に汁をつけずに麺のみを提供
評 価	テクスチャー用語リストから選択した 20 語から特徴を表す言葉を 5 つ選択させる．

### 2. 官能検査用紙

図 I - 4 - 1 に示す．試料 A と試料 B のテクスチャーの違いを言葉で表現するために，テクスチャー用語リスト<sup>41)</sup>から選択した 20 語を示し，パネルに特徴をあらわす言葉を 5 つ選択してもらった．

### 3. 提供方法

試料の提供方法は図 I - 4 - 2 に示すように，試料の麺が数本入った皿，割り箸，口ゆすぎコップ，官能検査用紙，筆記用具をセットした．試料 A と B をそれぞれ別の日に汁をつけずに麺のみを提供した．試料 A は茹で後 10 分～20 分に提供した．試料 B は冷蔵庫から出して常温に 30 分以上放置したものを提供した．



## ゆでうどんの官能検査

実施日：2012年 月 日

検査員番号：

この検査は試料のゆでうどんを良く味わって食べていただき、そのテクスチャーを表す用語を選んでいただくものです。

1. あなたの属性についての質問です。該当する個所に○印をつけてください。

① 男性・女性

② 10代・20代・30代・40代・50代・60代

2. ゆでうどんを食べて、下記の選択肢から該当するテクスチャーを5つ選び○で囲んで下さい。

- |        |           |             |
|--------|-----------|-------------|
| ・こしが強い | ・粘つきがある   | ・つるつるする     |
| ・こしが弱い | ・粘つきがない   | ・ポソポソしている   |
| ・弾力がある | ・適度な粘りがある | ・もそもそする     |
| ・弾力がない | ・噛み切りやすい  | ・もろい        |
| ・かたい   | ・噛み切りにくい  | ・かむとぐにゅっとする |
| ・やわらかい | ・もちもちしている | ・均一なかみごたえ   |
|        | ・ざらざらしている | ・不均一なかみごたえ  |

ご協力ありがとうございました。

調理学第三研究室  
佐藤 幸子

図 I - 4 - 1 官能検査用紙

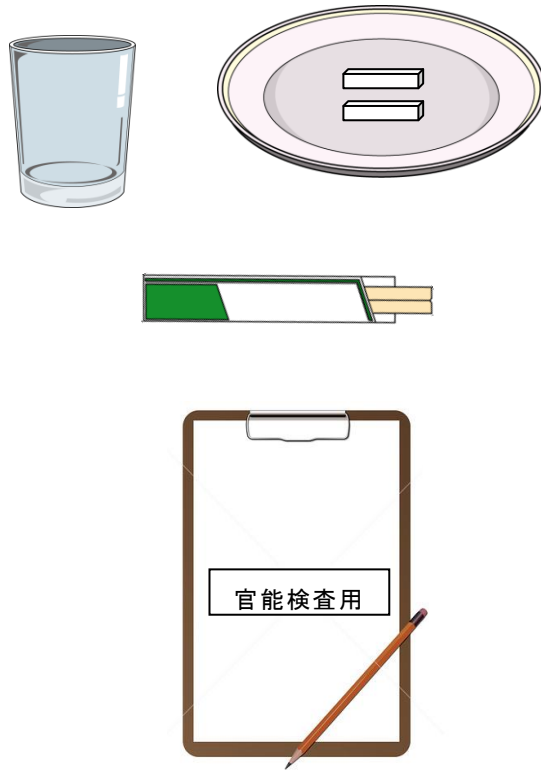


図 I - 4 - 2 提供方法

## 第Ⅱ部 実験結果

# 第 1 章 圧縮によるクリープ試験のモデル化の検討

## 1. 試料 A のクリープ測定条件

はじめに、圧縮によるクリープ試験のモデル化について、試料 A を用いて検討した。試料 A に一定荷重 0.80N, 2.00N, 3.92N を与えた時の歪率の経時変化を表 II-1 と図 II-1 に示す。それぞれのデータは、0.80N を表 VII-1-1, 表 VII-1-2, 2.00N を表 VII-2-1, 表 VII-2-2, 3.92N を表 VII-3-1, 表 VII-3-2 に示す。

麺を圧縮する荷重 0.80N, 2.00N, 3.92N の歪みは、いずれも 3 秒以内に大きく歪み、その後は緩慢に変化した。したがって、圧縮は一定荷重を与えた初めの数秒でほぼ完了すると考えられる。歪率がほぼ安定した 10 秒後には、荷重 0.80 N の歪率平均は 22%, 荷重 2.00 N の歪率平均は 33%, 荷重 3.92 N の歪率平均は 44%であった。

次に、歪率が安定した 10 秒後で歪みを固定して、圧縮により発生した内部応力の変化を測定した。結果を表 II-2 と図 II-2 に示す。それぞれのデータは、歪率 22% を表 VII-4, 歪率 33% を表 VII-5, 歪率 44% を表 VII-6 に示す。

内部応力は当初の 0.80N, 2.00N, 3.92N から徐々に緩和し続けるが、歪率が大きい 44% (3.92N) でも、10 秒後には緩和が落ち着いてくることがわかった。そこで、歪み固定 10 秒後の内部応力を基準にクリープ測定を行うことにした。それぞれ基準にした内部応力は歪率 22%(0.74N), 歪率 33%(1.87N), 歪率 44%(3.43N)である。

表 II-1 一定荷重による試料ゆで麺 A の歪率変化(麺中心温度 26℃)

荷重[N]	時間[s]	0	3	6	10	15	20	25
	歪率[%]							
3.92N	n	12	12	12	12	12	12	12
	平均値	0	41.7	43.2	44.3	45.0	45.7	46.1
	標準偏差	—	3.9	4.0	3.9	3.9	3.8	3.9
2.00N	n	10	10	10	10	10	10	10
	平均値	0	29.7	32.3	33.0	33.4	33.7	34.0
	標準偏差	—	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
0.8N	n	15	15	15	15	15	15	15
	平均値	0	20.5	21.3	21.7	22.0	22.2	22.4
	標準偏差	—	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0

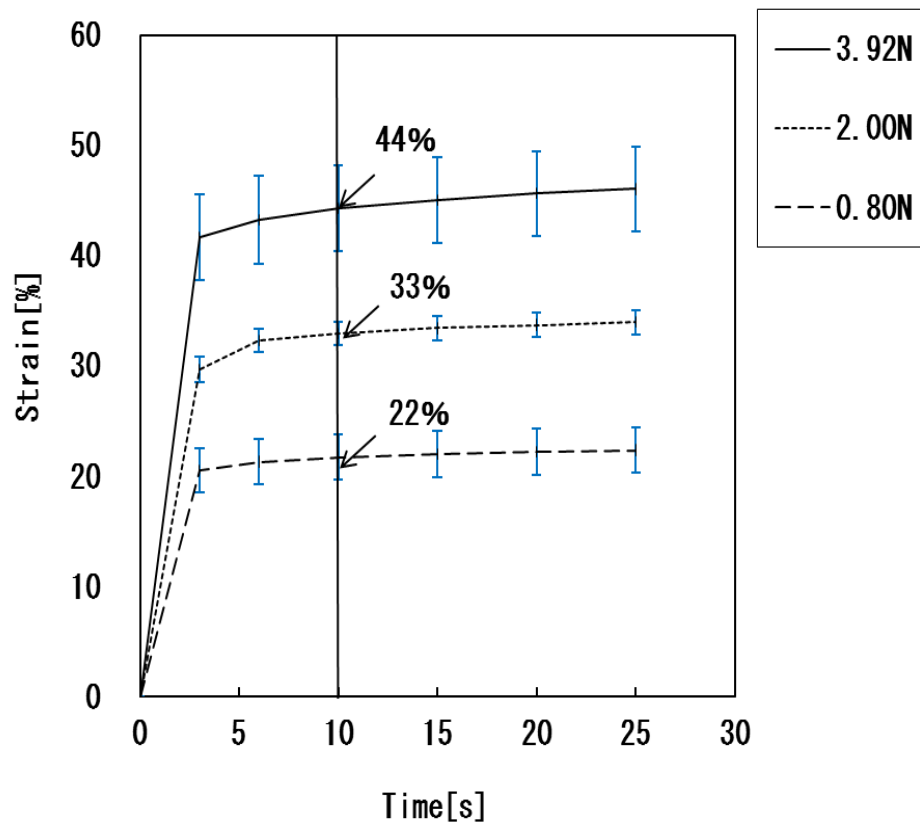


図 II-1 一定荷重による試料ゆで麺 A の歪率変化  
(麺中心温度 26℃)

表 II - 2 試料 A の歪み固定後の内部応力変化 (麺中心温度 26℃)

歪率[%]	時間[s]	0	3	6	10	15	20	25
	内部応力[N]							
44%	n	8	8	8	8	8	8	8
	平均値	3.92	3.66	3.54	3.43	3.34	3.28	3.23
	標準偏差	—	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
33%	n	5	5	5	5	5	15	15
	平均値	2.00	1.92	1.89	1.87	1.85	1.81	1.78
	標準偏差	—	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
22%	n	5	5	5	5	5	5	5
	平均値	0.80	0.77	0.75	0.74	0.72	0.71	0.70
	標準偏差	—	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

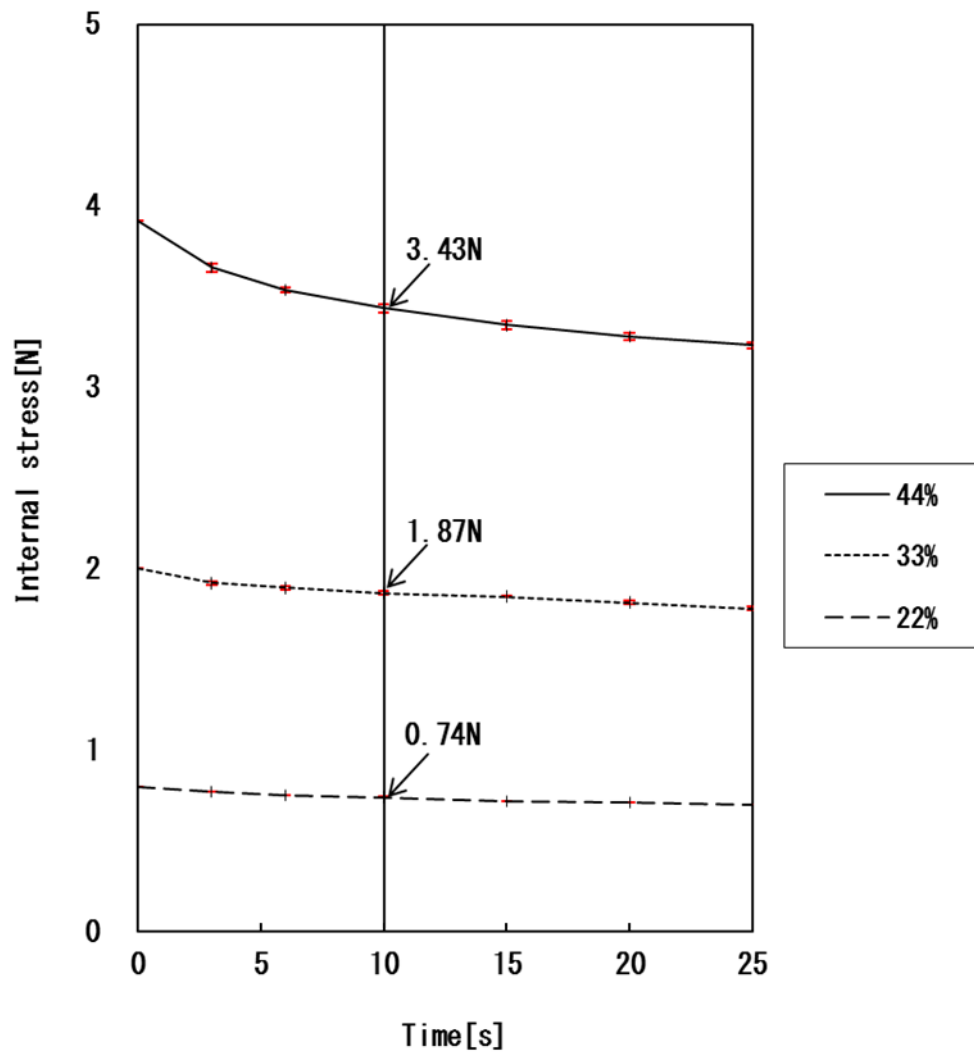


図 II - 2 試料ゆで麺 A の歪み固定後の内部応力変化 (麺中心温度 26℃)

以上の測定結果から，試料 A のクリープ測定条件をまとめて表 II-3 に示した。

表 II-3 試料 A のクリープ測定条件 (麺中心温度 26°C)

荷重 (N)	圧縮10秒後の 歪率 (%)	歪み固定10秒後 の内部応力 (N)	クリープ測定条件	
			荷重 (N)	除重後 (N)
0.00	0	0.00	1.00	0.00
0.80	22	0.74	1.74	0.74
2.00	33	1.87	2.87	1.87
3.92	44	3.43	4.43	3.43

クリープ測定ポイントは，表面の歪率 0%と 3 段階の圧縮による 22%，33%，44%の 4 点である。それぞれ歪み固定 10 秒後の内部応力を基準に，荷重をかけてクリープ測定を行った。今回のクリープの測定荷重は 4 点ともに 1.00N としたので，表 II-3 のクリープ測定条件の荷重は，歪み固定 10 秒後の内部応力に 1.00N の荷重を加えた値となっている。

## 2. 試料 A の麺内部の位置によるクリープ曲線

次に，表 II-3 のクリープ測定条件を用いて実際の測定を行った。それぞれの圧縮によるクリープ曲線を，歪率 0%(n=32)は図 II-3-1，歪率 22%(n=48)は図 II-3-2，歪率 33%(n=34)は図 II-3-3，歪率 44%(n=39)は図 II-3-4 に重ね書きで示す。

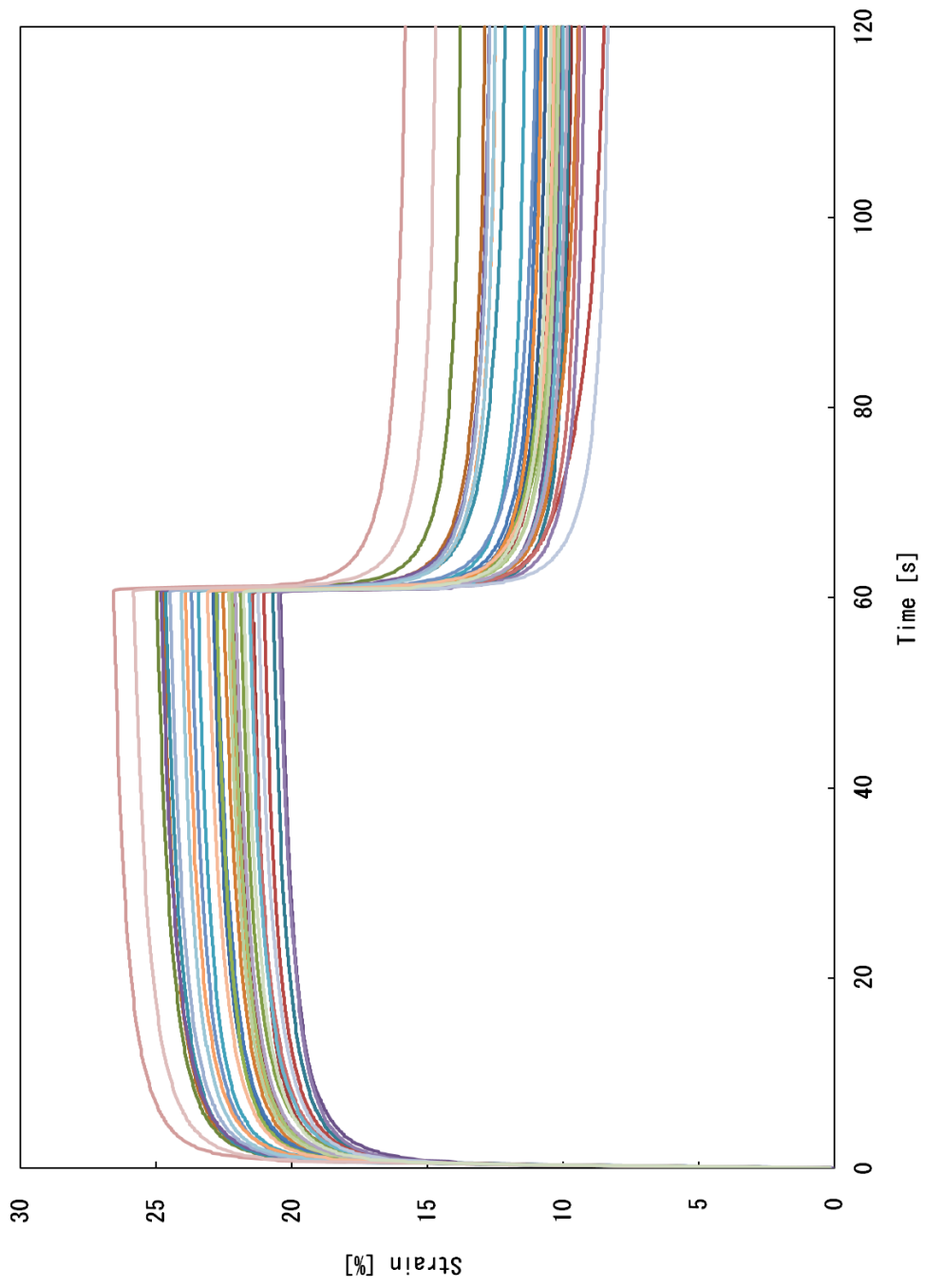
図 II-3-1 の歪率 0% (圧縮なし) の曲線を見ると，荷重における瞬間変形部，遅延変形部，定常粘性部が観察され，除重における回復もあり典型的なクリープ曲線と考えられる。荷重終了時のクリープの変形は約 20%~26%であった。次に圧縮をかけてクリープ測定した 3 ポイントについて説明する。クリープ曲線は，図 II-3-2 の歪率 22%，図 II-3-3 の歪率 33%，図 II-3-4 の歪率 44%ともに，荷重における瞬間変形部，遅延変形部，定常粘性部が観察され，除重における回復もありいずれも典型的なクリープ曲線を描いた。荷重終了時のクリープの変形は，歪率 22%で約 9%~16%，歪率 33%で約 11%~16%，歪率 44%で 9%~15%であり，食品のような柔らかい試料に用いられる微小変形領域の範囲であった。以上のように，第 I 部第 I 章における圧縮によるクリープ測定のモデル化にそって試料 A を用いて検討した結果，

クリープが適切に測定されていることが示された。

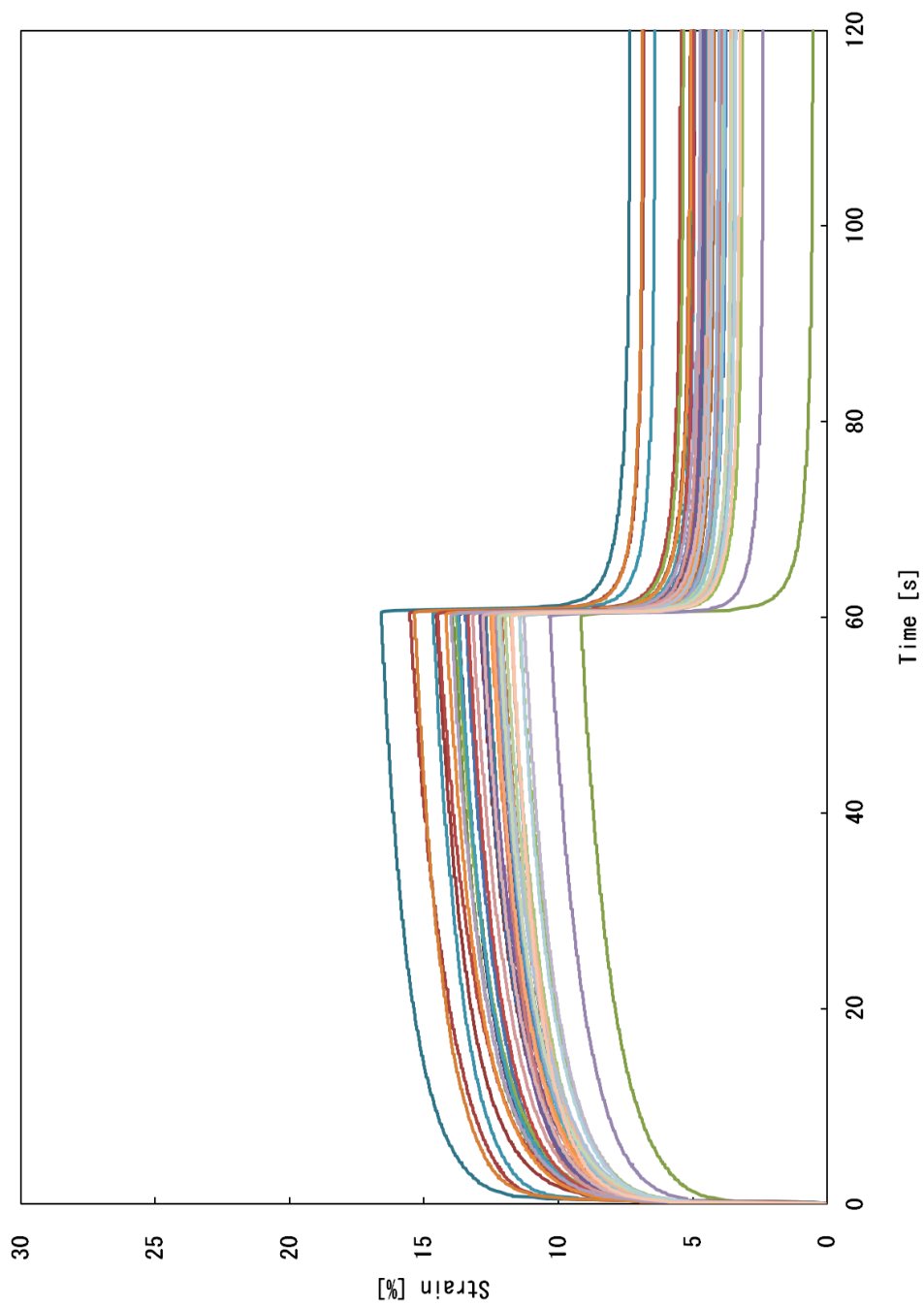
次に、それぞれの歪率におけるクリープ曲線の平均値を算出して、図Ⅱ-4に示す。いずれも典型的なクリープ曲線を描いた。歪率 0%すなわち表面におけるクリープの歪みが他と比較して大きくなったのは、麺表面の水分が多く柔らかいためと考えられる。歪率 33%と歪率 44%では、クリープ曲線の定常粘性部の傾きが、歪率 0%と歪率 22%に比べ大きかったので、麺中心部の方が粘性が低いことが推測される。

しかし、いずれも典型的なクリープ曲線を描き、解析可能であったので、以後この方法によって麺内部の粘弾性分布測定を行った。

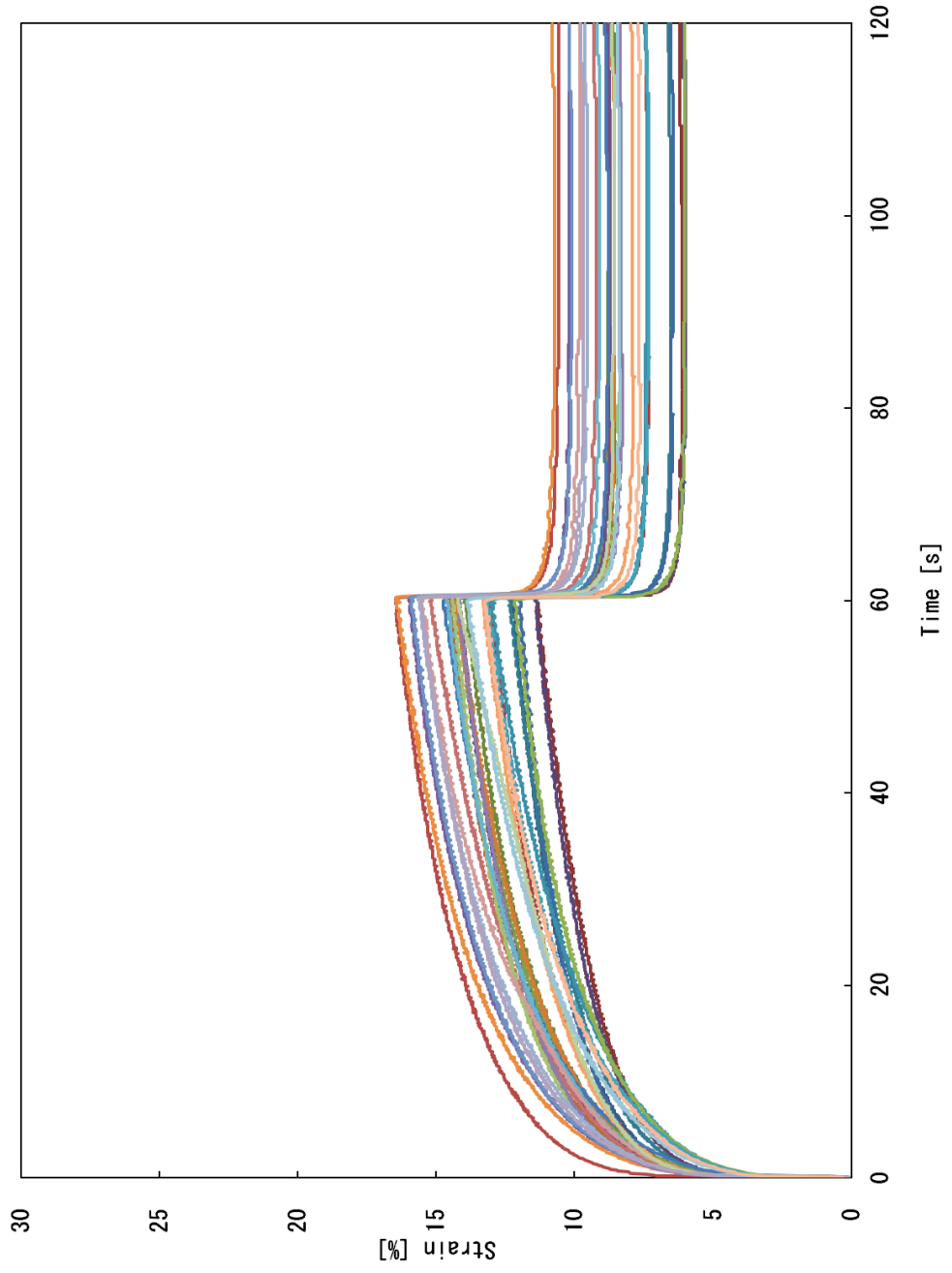




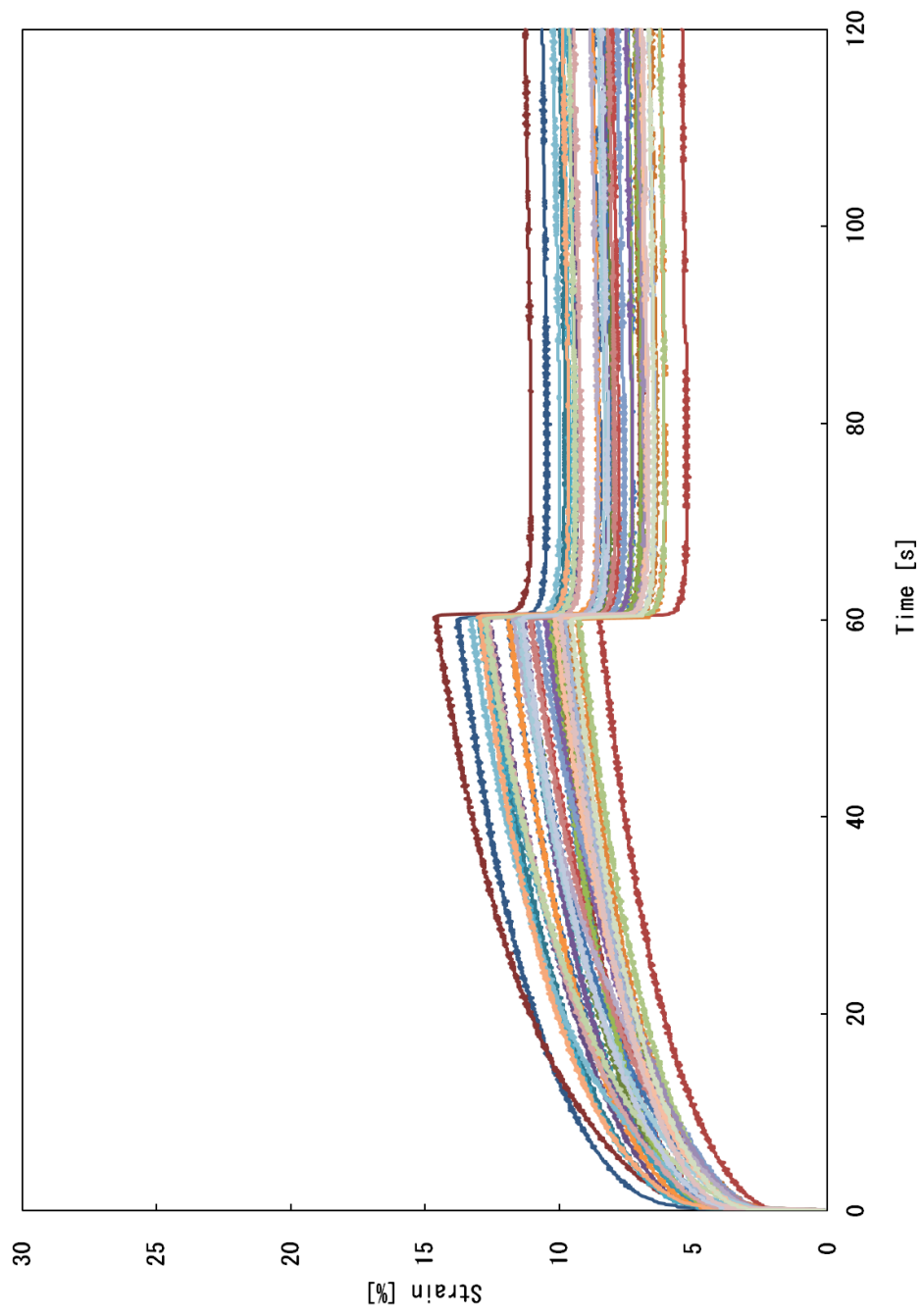
図Ⅱ-3-1 試料 A 歪率 0%におけるクリープ曲線 (n=32, 麵中心温度 26°C)



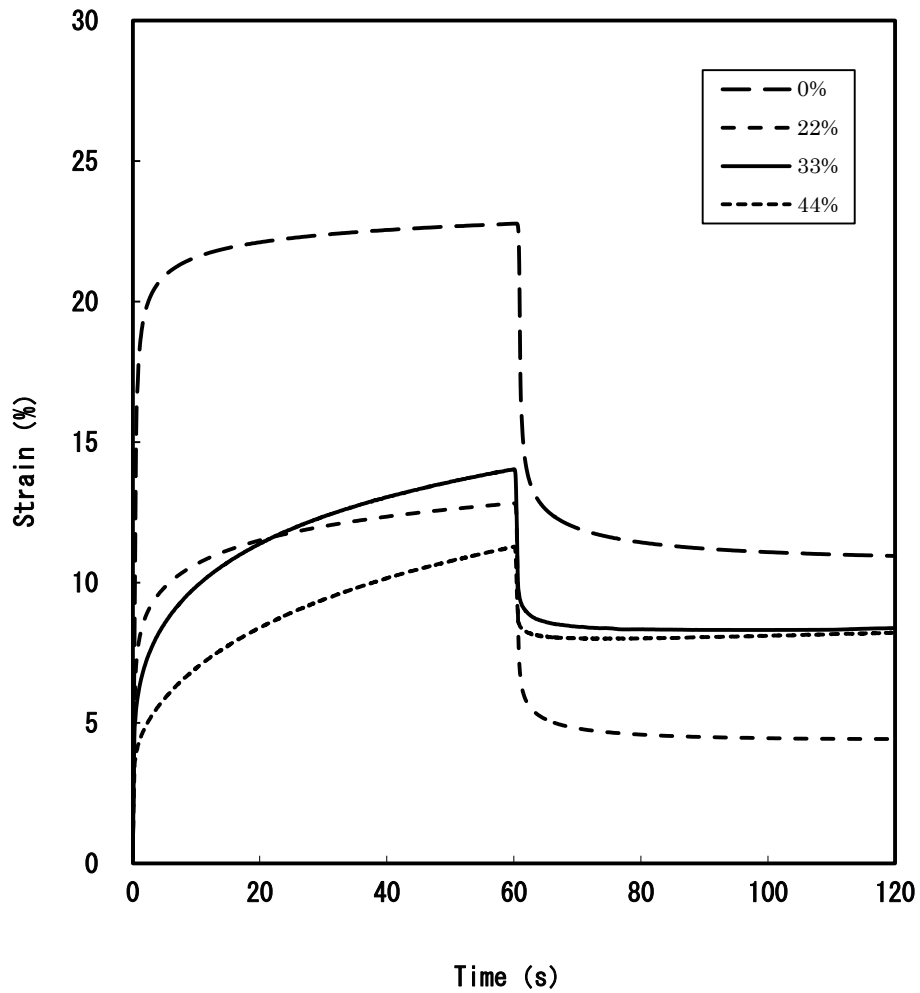
図Ⅱ-3-2 試料 A 歪率 22%におけるクリーブ曲線 (n=48, 麵中心温度 26°C)



図II-3-3 試料 A 歪率 33%におけるクリープ曲線 (n=34, 麵中心温度 26°C)



図Ⅱ-3-4 試料 A 歪率 44%におけるクリープ曲線 (n=39, 麵中心温度 26°C)



図Ⅱ-4 試料Aの麺内部の位置によるクリープ曲線  
(麺中心温度 26°C)

測定繰り返し数は歪率0% : n=32, 歪率22% : n=48,  
歪率33% : n=34, 歪率44% : n=39である。

## 第 2 章 試料 A の麺内部の位置による粘弾性分布

### 1. 試料 A の粘弾性要素モデル

図 II - 4 のクリープ曲線を解析した結果, 試料 A は図 II - 5 の粘弾性要素モデルに示すように 6 要素または 8 要素に解析された. 麺内部の位置すなわち歪率によってそれぞれの要素の出現頻度に傾向が見られたので, 表 II - 4 と図 II - 6 に示す. 麺表面の歪率 0% から, 22%, 33% と麺内部になるほど 8 要素の出現頻度は低くなり, 6 要素の出現頻度が高くなった. 歪率 44% ではすべてが 6 要素であった.

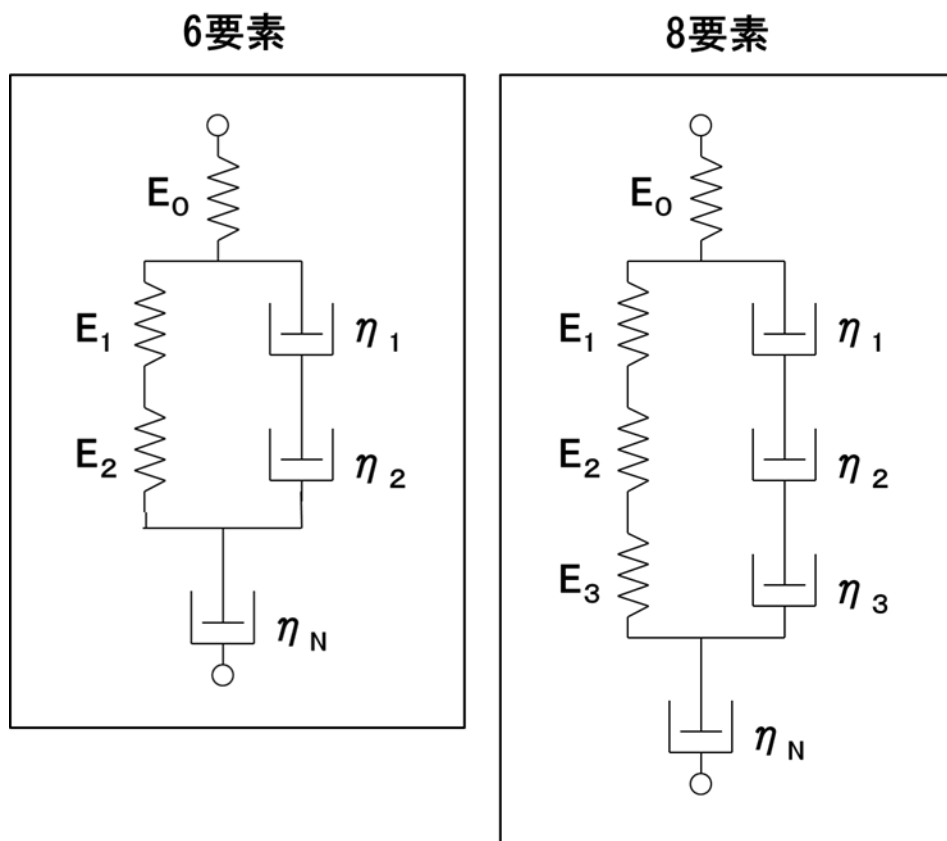


図 II - 5 粘弾性要素モデル

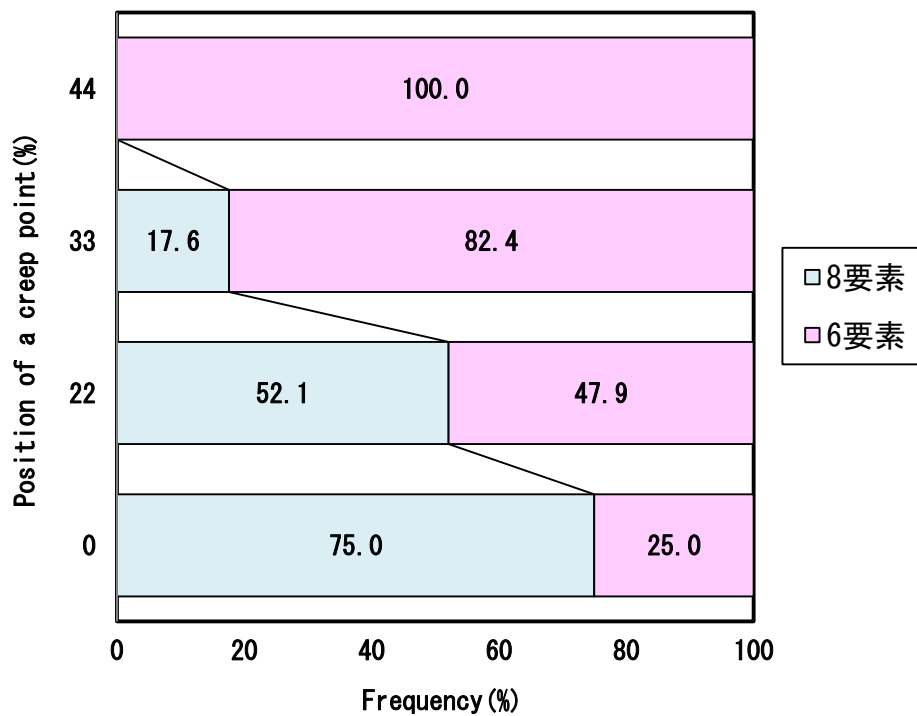
表Ⅱ－4 麵内部の位置による粘弾性6要素と8要素の出現頻度(試料A)

試料Aの要素数(実数)

歪率(%)	8要素	6要素	合計
0	24	8	32
22	25	23	48
33	6	28	34
44	0	39	39

試料Aの要素数(%)

歪率	8要素	6要素	合計
0	75.0	25.0	100
22	52.1	47.9	100
33	17.6	82.4	100
44	0.0	100.0	100



図Ⅱ－6 麵内部の位置における粘弾性6要素と8要素の出現頻度(試料A)

## 2. 試料 A の麺内部の位置による粘弾性分布

表 II-5 に試料 A の麺表面から内部への歪率 0%, 22%, 33%, 44% の 6 要素と 8 要素別の粘弾性を示す。これらのデータは表 VII-7-1 ~ 表 VII-10-3 に示す。

図 II-7 に試料 A の麺表面から内部への歪率 0%, 22%, 33%, 44% の粘弾性分布を示す。図 II-7-1 は弾性率を要素ごとに示したもので、瞬間変形部に関する  $E_0$  は  $10^4 \sim 10^5 \text{ Pa}$  で値は小さいが、中心部にいくほど順次高くなった。遅延変形部に関する  $E_1, E_2, E_3$  は  $10^5 \sim 10^6 \text{ Pa}$  で、 $E_1$  は中心部まであまり大きく変化しなかった。 $E_2$  は歪率 44% で急に高くなるが、 $E_3$  が歪率 44% では出現しなかったことから  $E_3$  を吸収したためと考えられる。図 II-7-2 は粘性率を要素ごとに示したものである。定常粘性部に関する  $\eta_N$  は  $10^7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  と値は大きいですが、中心部にいくほど低くなった。この結果は図 II-4 で行った推測と一致した。遅延変形部に関する  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  は  $10^4 \sim 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  で、 $\eta_N$  の  $1/10 \sim 1/1000$  と小さく、麺内部の位置による変化もあまりなかった。歪率 44% の  $\eta_3$  は  $\eta_2$  に吸収されたと考えられる。



表 II-5 試料Aの麺内部の位置による粘弾性分布 (麺中心温度26°C)

歪率	弾性率E0		弾性率E1		弾性率E2		弾性率E3		粘性率 $\eta$ 1		粘性率 $\eta$ 2		粘性率 $\eta$ 3		サンプル		接触面積 [mm <sup>2</sup> ]
	[Pa]	n	[Pa]	n	[Pa]	n	[Pa]	n	[Pa·s]	n	[Pa·s]	n	[Pa·s]	n	厚さ[mm]	面積	
6要素	AV.	42139	331759	265508	0	2891871	373612	0	55625095	3.49	156.9						
	SD.	3233	13885	22657	0	153691	32984	0	3859314	0.08	1.9						
0%	n	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24						
	AV.	39402	348332	279505	242609	3027082	409605	66419	54384168	3.47	156.8						
6+8要素	SD.	4192	25553	19985	31919	263949	41619	12781	3409979	0.12	2.1						
	n	32	32	32	24	32	32	24	32	32	32						
6+8要素	AV.	40086	344189	276006	181957	2993280	400607	49814	54694400	3.48	156.8						
	SD.	4214	24666	21900	110367	252134	43273	31310	3625469	0.11	2.1						
6要素	n	23	23	23	0	23	23	0	23	23	23						
	AV.	165940	353447	570340	0	3532742	815085	0	36467956	2.90	195.6						
22%	SD.	46735	42819	105557	0	480654	160301	0	4083716	0.13	4.8						
	n	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25						
8要素	AV.	154624	341319	552800	594257	3416589	859364	168042	35513866	2.89	200.6						
	SD.	17105	35163	73451	122906	410993	150855	48080	2715231	0.10	11.7						
6+8要素	n	48	48	48	25	48	48	25	48	48	48						
	AV.	160046	347131	561205	594257	3472245	838147	168042	35971034	2.89	198.2						
6要素	SD.	35456	39905	91655	125441	454251	158680	49072	3509202	0.12	9.5						
	n	28	28	28	0	28	28	0	28	28	28						
33%	AV.	272972	281270	701102	0	2913718	966512	0	22375951	2.23	254.5						
	SD.	70407	66136	93130	0	536263	157828	0	3309763	0.07	13.1						
6+8要素	n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6						
	AV.	285912	288794	687661	1166525	3073822	1064829	337457	22914472	2.29	268.8						
44%	SD.	101300	50676	130868	721418	492248	229012	298110	6192956	0.04	19.0						
	n	34	34	34	6	34	34	6	34	34	34						
6+8要素	AV.	275256	282597	698730	1166525	2941972	983862	337457	22470984	2.24	257.0						
	SD.	75071	63057	98581	721418	525207	172553	298110	3849317	0.07	15.0						
6要素	n	39	39	39	0	39	39	0	39	39	39						
	AV.	480982	476707	2006098	0	5595353	2351524	0	27666003	1.99	284.3						
6要素	SD.	109543	103737	516891	0	1291417	1029091	0	4485333	0.10	12.3						

図 II-7-1 弾性率分布

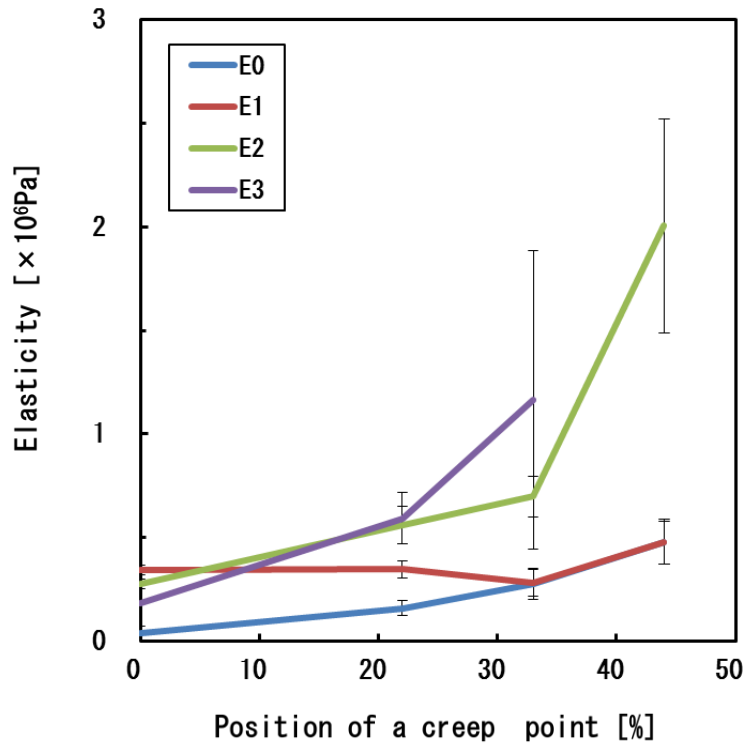


図 II-7-2 粘性率分布

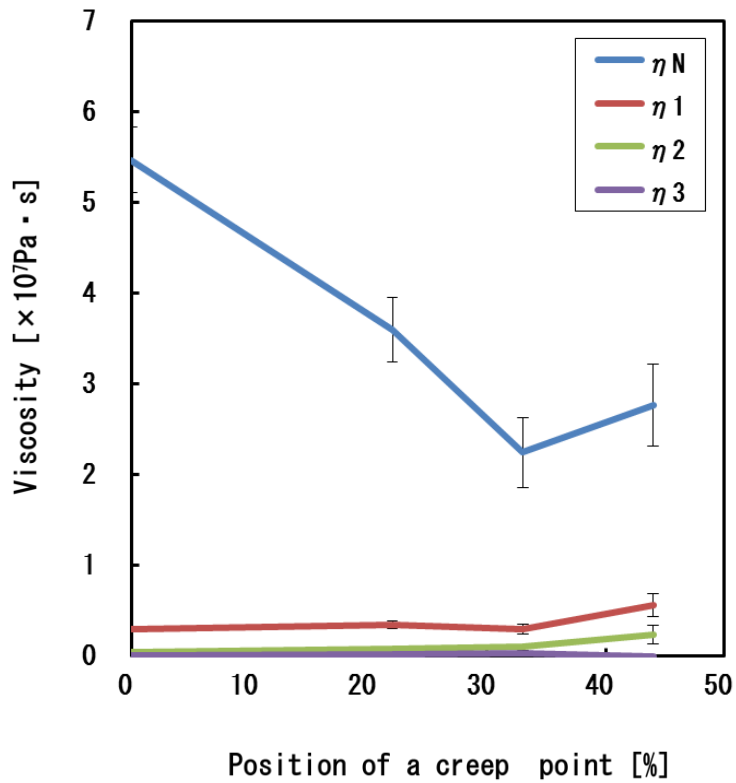


図 II-7 試料 A の麺内部の位置による粘弾性分布 (麺中心温度 26°C)

## 第3章 試料Bの麺内部の位置による粘弾性分布

### 1. 試料Bのクリープ測定条件

試料Bは、試料Aと同様に調製した後に冷蔵庫で24時間保蔵したものを使用した。麺中心温度26°Cで0.8N、3.0N、4.7Nを与えた時の経時変化を、表II-6と図II-8に示す。それぞれのデータは、0.8Nを表VII-11-1と表VII-11-2、3.0Nを表VII-12-1、表VII-12-2、4.7Nを表VII-13-1と表VII-13-2に示す。

麺を圧縮する荷重0.8N、3.0N、4.7Nの歪みは、試料Aと同様に3秒以内に大きく歪み、その後は緩慢に変化した。したがって、圧縮は一定荷重を与えた初めの数秒でほぼ完了すると考えられる。歪率がほぼ安定した10秒後には、荷重0.80Nの歪率平均は16%、荷重3.0Nの歪率平均は28%、荷重4.7Nの歪率平均は39%であった。

次に、歪率が安定した10秒後で歪みを固定して、圧縮により発生した内部応力の変化を測定した。結果を表II-7と図II-9に示す。それぞれのデータは、歪率16%を表VII-14、歪率28%を表VII-15、歪率39%を表VII-16に示す。

内部応力は当初の0.8N、3.0N、4.7Nから徐々に緩和し続けるが、歪率が大きい39%(4.7N)でも、10秒後には緩和が落ち着いてくることがわかった。そこで、歪み固定10秒後の内部応力を基準にクリープ測定を行うことにした。それぞれ基準にした内部応力は歪率16%(0.75N)、歪率28%(2.81N)、歪率39%(4.15N)である。

表 II - 6 一定荷重による試料ゆで麺 B の歪率変化 (麺中心温度 26°C)

荷重[N]	時間[s]	0	3	5	10	15	20	25
	歪率[%]							
4.7N	n	7	7	7	7	7	7	7
	平均	0	36.4	37.7	38.7	39.5	40.1	40.1
	標準偏差	—	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2
3.0N	n	10	10	10	10	10	10	10
	平均	0	27.1	27.5	28.0	28.2	28.5	28.6
	標準偏差	—	1.2	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3
0.8N	n	10	10	10	10	10	10	10
	平均	0	15.5	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2
	標準偏差	—	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3

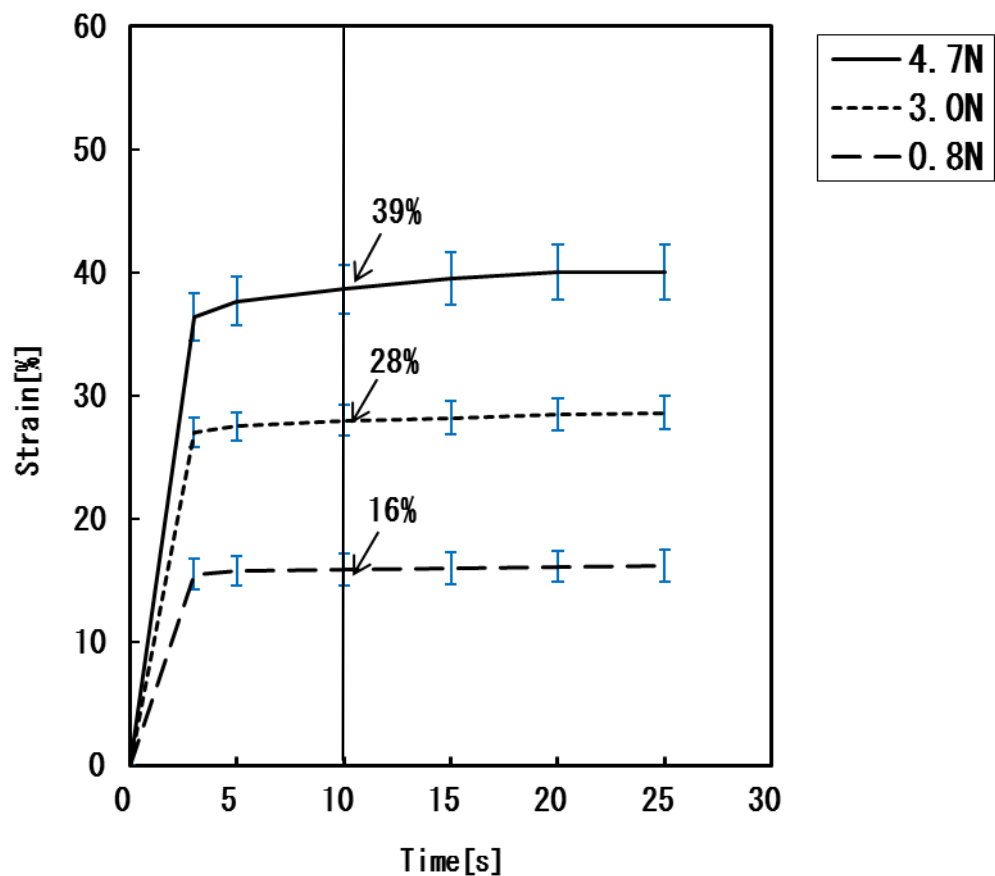


図 II - 8 一定荷重による試料ゆで麺 B の歪率変化 (麺中心温度 26°C)

表 II-7 試料ゆで麺 B の歪み固定後の内部応力変化 (麺中心温度 26°C)

歪率[%]	時間[s]	0	3	6	10	15	20	25
	内部応力[N]							
39%	n	9	9	9	9	9	9	9
	平均	4.70	4.41	4.25	4.15	4.05	3.98	3.93
	標準偏差	—	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04
28%	n	8	8	8	8	8	8	8
	平均	3.00	2.92	2.86	2.81	2.77	2.73	2.70
	標準偏差	—	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
16%	n	5	5	5	5	5	5	5
	平均	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72
	標準偏差	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

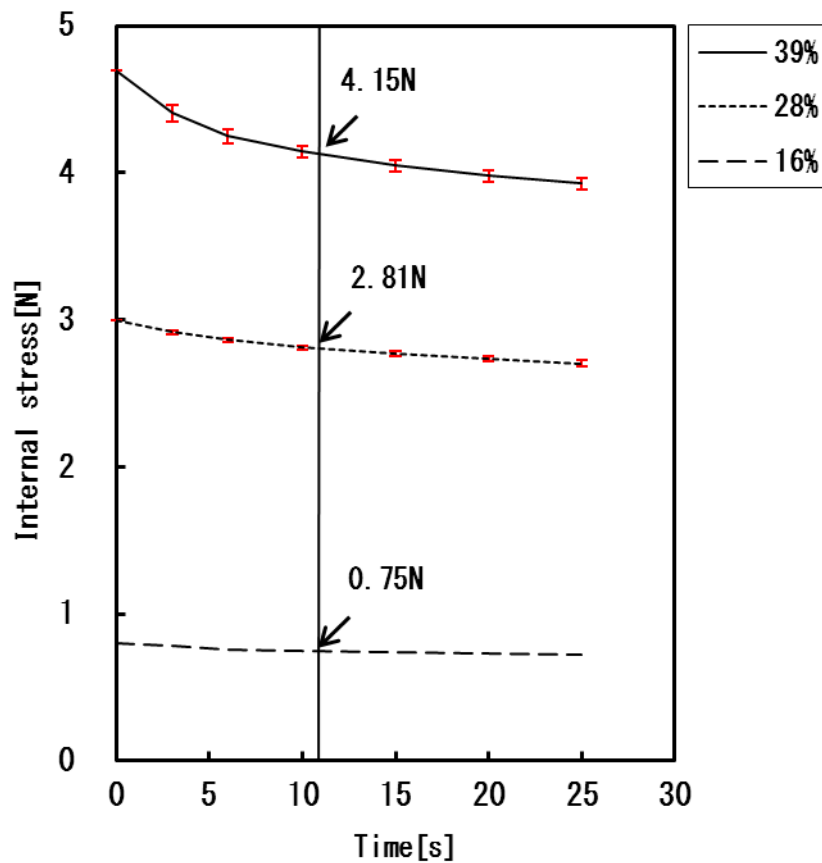


図 II-9 試料ゆで麺 B の歪み固定後の内部応力変化 (麺中心温度 26°C)

試料 A と同様の方法で麺内部のクリープ測定を行った。試料 B のクリープ測定条件を表 II-8 に示す。

表 II-8 試料 B のクリープ測定条件(麺中心温度 26°C)

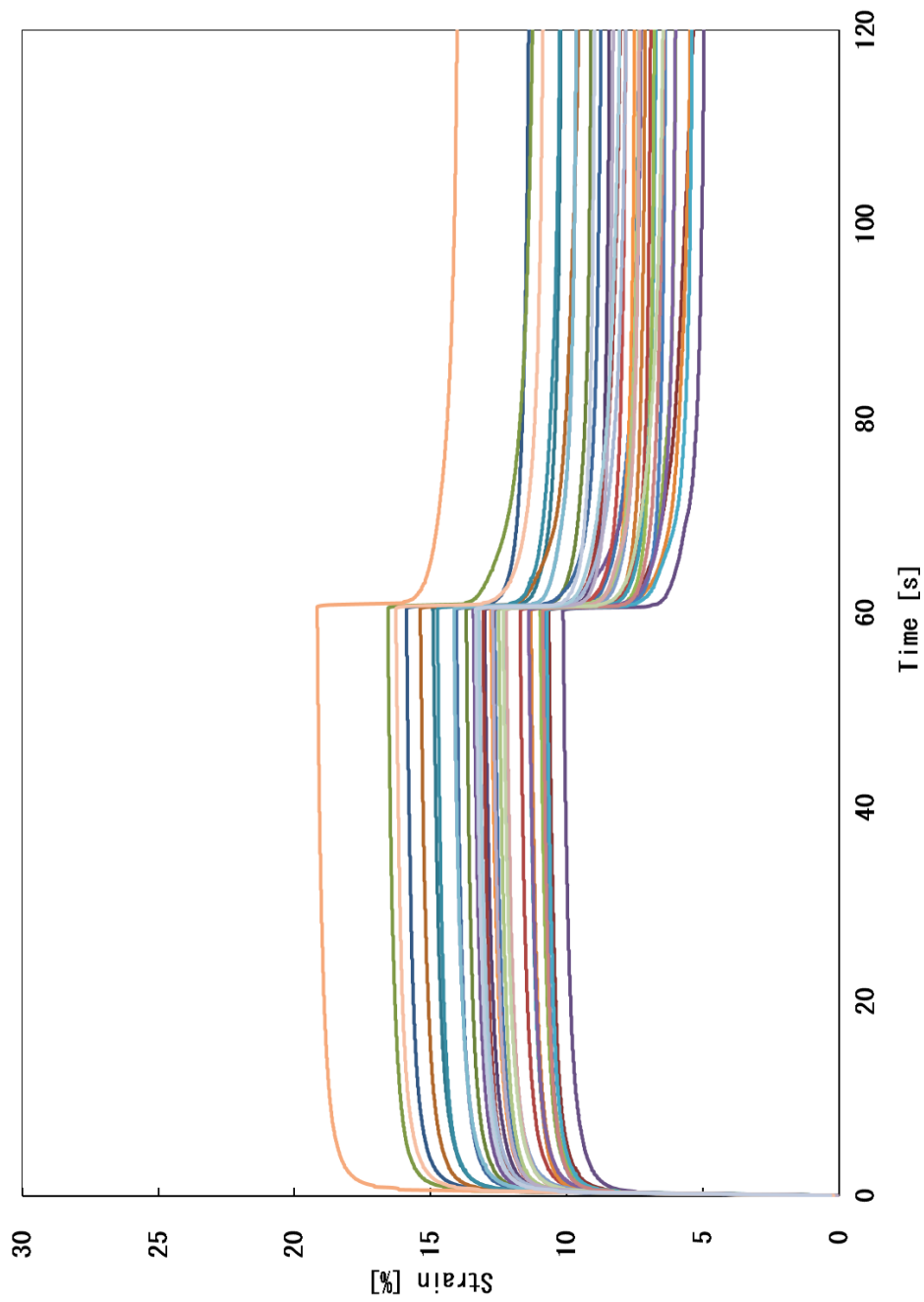
荷重 (N)	圧縮10秒後の歪率 (%)	歪み固定10秒後の内部応力 (N)	クリープ測定条件	
			荷重 (N)	除重後 (N)
0.00	0	0.00	0.70	0.00
0.80	16	0.75	1.75	0.75
3.00	28	2.81	3.81	2.81
4.70	39	4.15	5.15	4.15

クリープ測定ポイントは、表面の歪率 0%と 3 段階の圧縮による 16%, 28%, 39%の 4 点である。それぞれクリープ測定荷重は、歪み固定 10 秒後の内部応力を基準に、荷重を加えた値となっている。歪率 0%の測定荷重は、試料 A で歪率 0%のクリープの歪みが大きくなったことから 0.7N とした。歪率 16%, 28%, 39%の測定荷重は 1.00N とした。

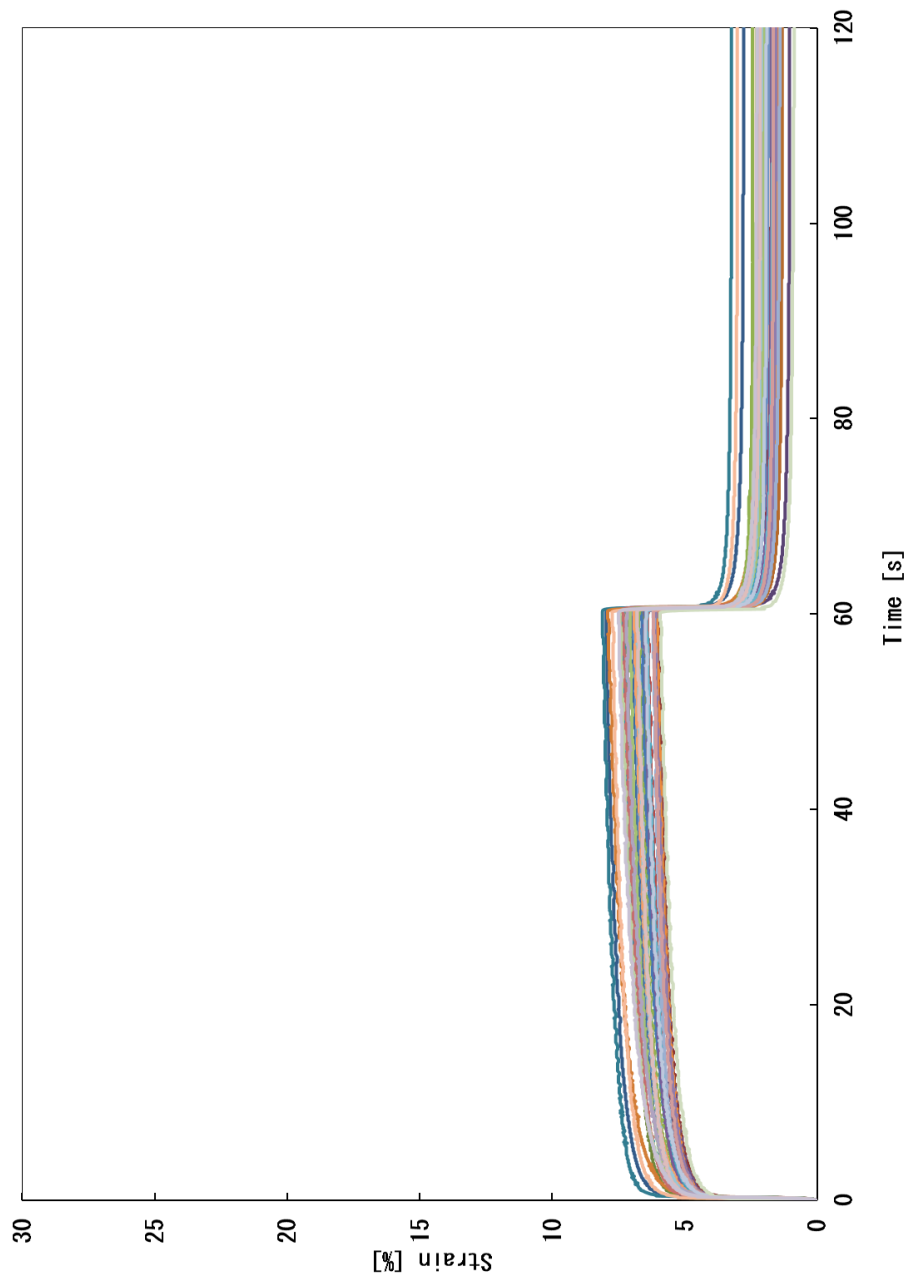
## 2. 試料 B の麺内部の位置によるクリープ曲線

次に、表 II-8 のクリープ測定条件を用いて実際の測定を行った。それぞれの圧縮によるクリープ曲線を、歪率 0%(n=37)は図 II-10-1, 歪率 16%(n=34)は図 II-10-2, 歪率 28%(n=34)は図 II-10-3, 歪率 39%(n=32)は図 II-10-4 に重ね書きで示す。

クリープは図 II-10-1 の歪率 0% (圧縮なし), 図 II-10-2 の歪率 16%, 図 II-10-3 の歪率 28%, 図 II-10-4 の歪率 39%ともに、試料 A と同様に荷重における瞬間変形部, 遅延変形部, 定常粘性部が観察され, 除重における回復もあり典型的なクリープ曲線を描いた。荷重終了時のクリープの変形は歪率 0%で約 11%~19%, 歪率 16%で約 6%~9%, 歪率 28%で約 7%~12%, 歪率 39%で 9%~17%であり, 食品のような柔らかい試料に用いられる微小変形領域の範囲であった。このことから, 試料 B を用いたクリープも適切に測定されていることが示された。

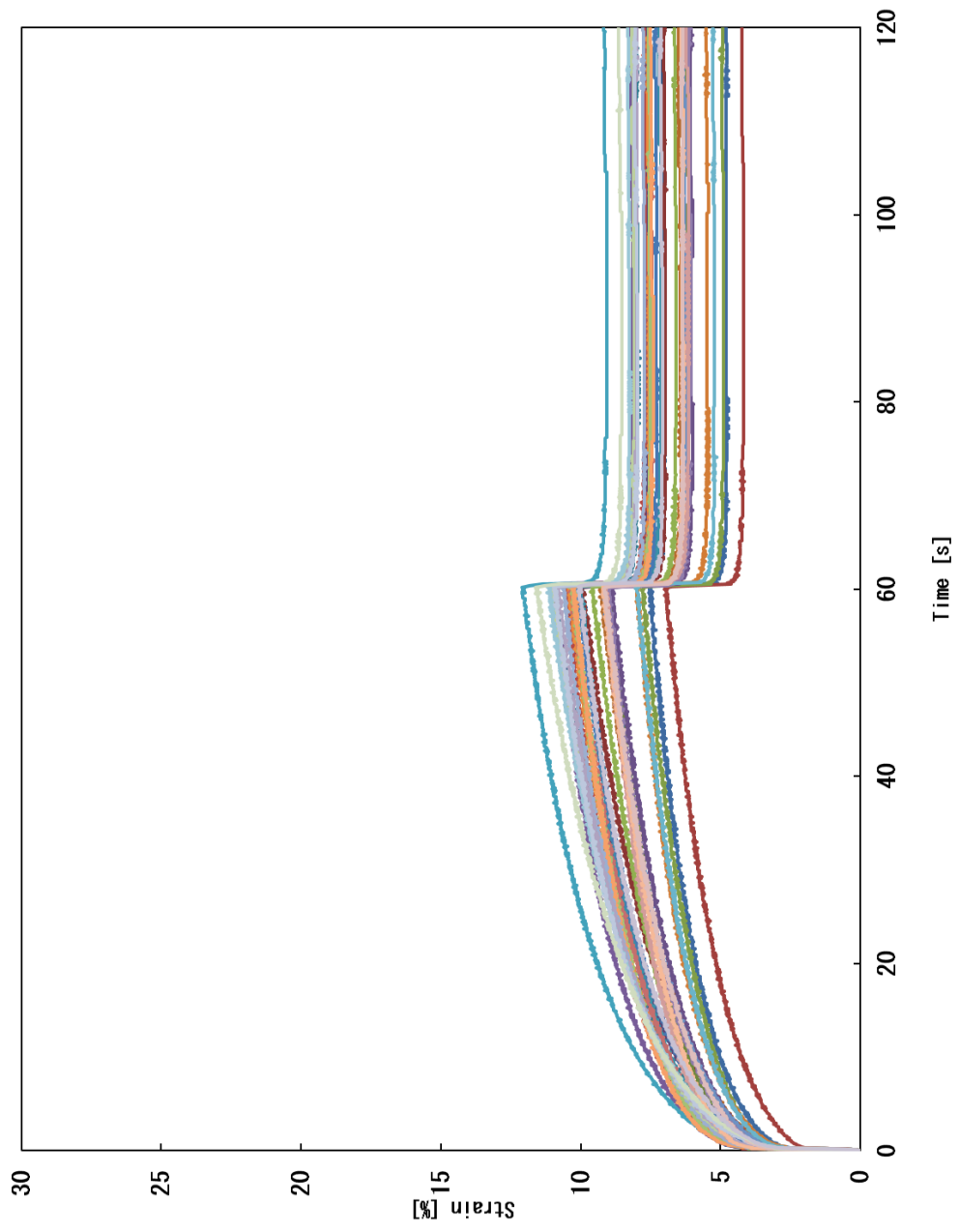


図II-10-1-1 試料B歪率0%におけるクリーブ曲線 (n=37, 麵中心温度 26°C)

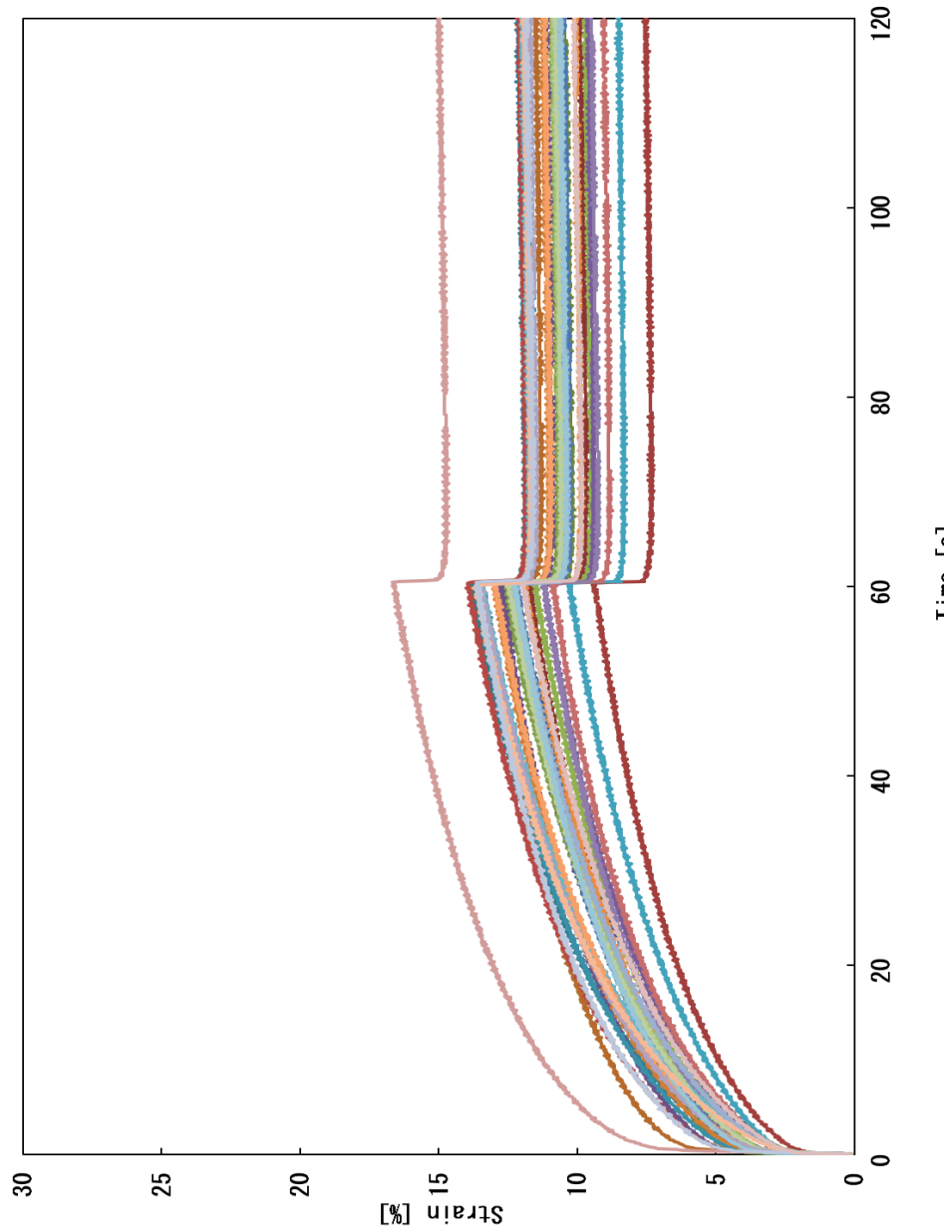


図II-10-2 試料B歪率16%におけるクリープ曲線 (n=34, 麵中心温度26°C)



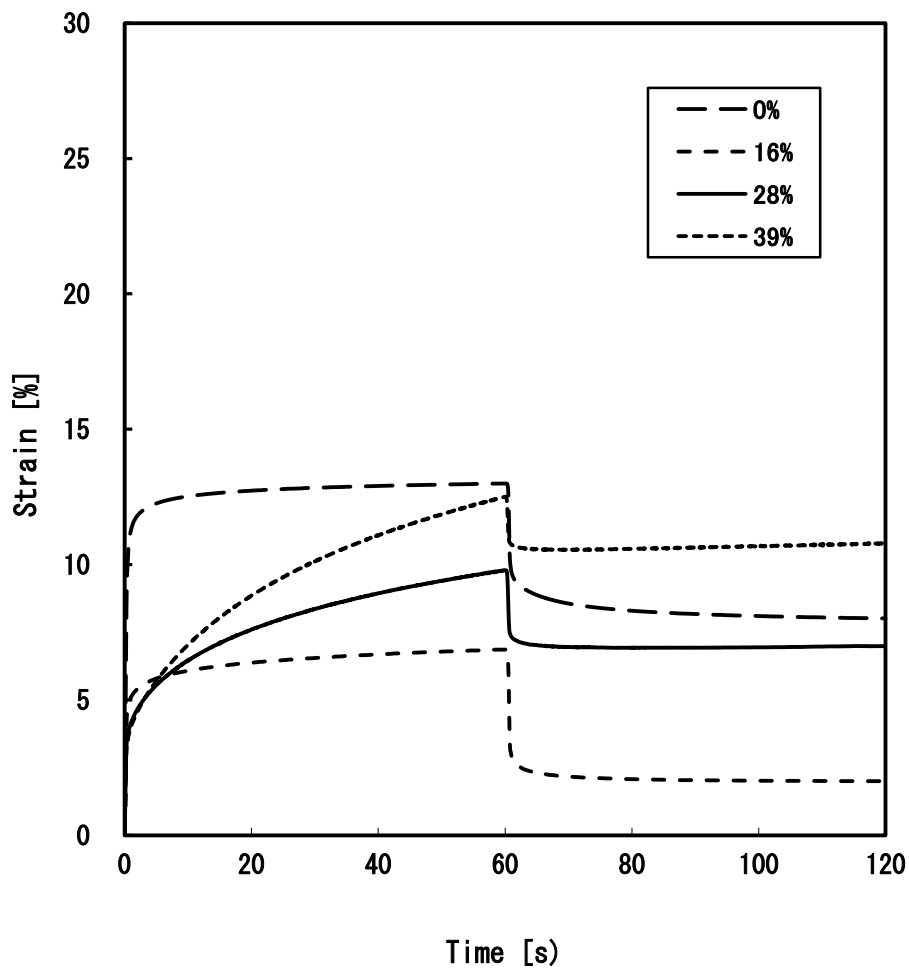


図Ⅱ-10-3 試料 B 歪率 28%におけるクリープ曲線 (n=34, 麵中心温度 26°C)



図Ⅱ-10-4 試料 B 歪率 39%におけるクリープ曲線 (n=32, 麵中心温度 26°C)

次に、それぞれの歪率におけるクリープ曲線の平均値を算出して、図Ⅱ-11に示す。いずれも典型的なクリープ曲線を描いた。歪率0%すなわち表面におけるクリープの歪みが他と比較して大きくなるように、測定荷重0.7Nとしたが、荷重終了時のクリープの変形は13%であった。このことから、麺表面の水分が多く柔らかい部分を測定する場合は、測定荷重を減らすことが適当であると考えられた。歪率28%と歪率39%では、クリープ曲線の定常粘性部の傾きが、歪率0%と歪率16%に比べ大きかった。このことから、麺中心部の方が、粘性率 $\eta_N$ が低いことが推測される。



図Ⅱ-11 試料Bの麺内部の位置によるクリープ曲線  
(麺中心温度26°C)

測定繰り返し数は歪率0% : n=37, 歪率16% : n=34,  
歪率28% : n=34, 歪率39% : n=32である。

### 3. 試料 B の麺内部の位置による粘弾性分布

#### 1) 試料 B の粘弾性要素モデル

図 II - 11 のクリープ曲線を解析した結果，試料 B も試料 A と同様に図 II - 5 の粘弾性要素モデルに示す 6 要素または 8 要素に解析された．麺内部の位置すなわち歪率によってそれぞれの要素の出現頻度に傾向が見られたので，表 II - 9 と図 II - 12 にまとめた．試料 A と比較すると 8 要素の出現頻度は低く，麺表面の歪率 0% では 37.8% の出現が見られるが，歪率 16% では出現頻度 2.9% に低下し，歪率 28% と 39% ではすべてが 6 要素であった．

表 II - 9 麺内部の位置による粘弾性 6 要素と 8 要素の出現頻度(試料 B)

試料Bの要素数(実数)

歪率	8要素	6要素	合計
0	14	23	37
16	1	33	34
28	0	34	34
39	0	32	32

試料Bの要素数(%)

歪率	8要素	6要素	合計
0	37.8	62.2	100
16	2.9	97.1	100
28	0.0	100.0	100
39	0.0	100.0	100

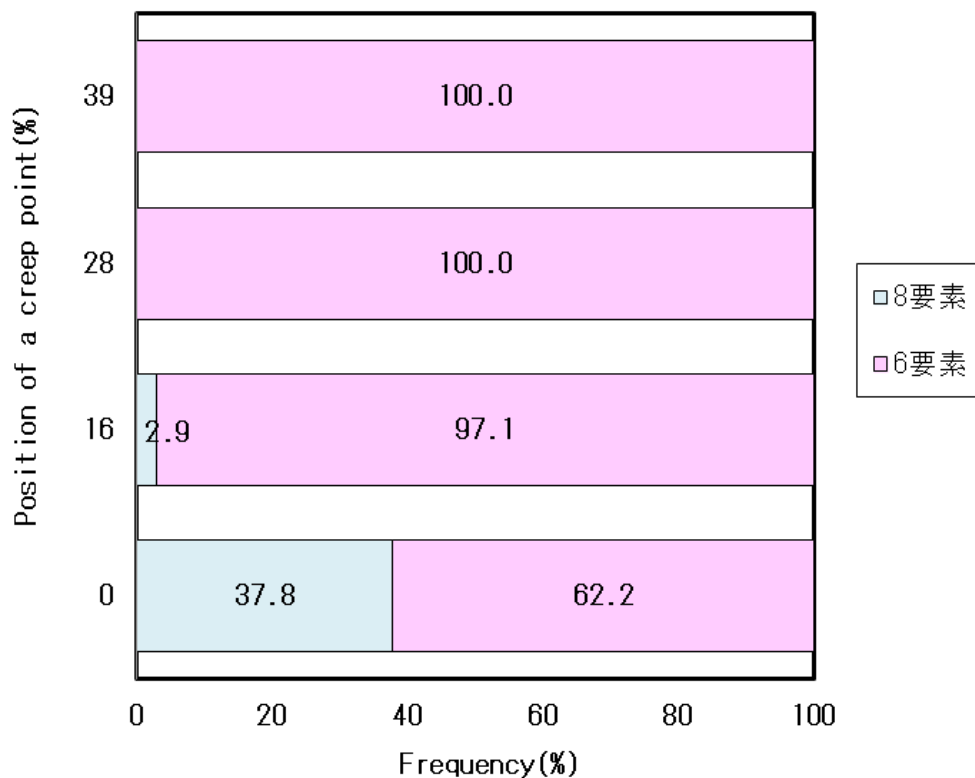


図 II-12 麺内部の位置における粘弾性 6 要素と 8 要素の出現頻度(試料 B)

## 2) 試料 B の麺内部の位置による粘弾性分布

表 II-10 に試料 B の麺表面から内部への歪率 0%, 16%, 28%, 39% の 6 要素と 8 要素別の粘弾性を示す。これらのデータは表 VII-17-1~表 VII-20-3 に示す。図 II-13 に試料 B の麺表面から内部への歪率 0%, 16%, 28%, 39% の粘弾性分布を示す。

図 II-13-1 は弾性率を要素ごとに示したもので、瞬間変形部に関する  $E_0$  は試料 A と同様に  $10^4 \sim 10^5 \text{ Pa}$  で値は小さいが、中心部にいくほど順次高くなり値は試料 A の約 2 倍になった。遅延変形部に関する  $E_1, E_2, E_3$  は  $10^5 \sim 10^6 \text{ Pa}$  で歪率 16% までは 3 要素ともに増加した。内部にいくに従って  $E_1$  は減少し、 $E_2$  は増加し、 $E_3$  は出現せず  $E_2$  に吸収されたと考えられる。図 II-13-2 粘性率分布の定常粘性部に関する  $\eta_N$  は  $10^7 \sim 10^8 \text{ Pa} \cdot \text{s}$  で、試料 A の約 2 倍を示したが、内部の歪率 28%, 39% で減少して、試料 A と同程度になった。遅延変形部に関する  $\eta_1$  は  $10^6 \sim 10^7 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 、 $\eta_2$  は  $10^5 \sim 10^6 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 、 $\eta_3$  は  $\eta_2$  に吸収されたと考えられる。いずれも  $\eta_N$  と比較すると非常に小さく、麺内部の位置による変化もあまりなかった。

表II-10 試料Bの麺内部の位置による粘弾性分布 (麺中心温度26℃)

歪率	弾性率E0 弾性率E1 弾性率E2 弾性率E3 粘性率η1 粘性率η2 粘性率η3 粘性率ηN サンプル 接触面積													
	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa·s]	[Pa·s]	[Pa·s]	[Pa·s]	[Pa·s]	[Pa·s]	[Pa·s]	[Pa·s]	厚さ[mm]	[mm <sup>2</sup> ]
0%	n	23	23	23	0	23	23	0	23	0	23	23	23	23
	AV.	48234	591032	437072	0	4998408	579061	0	4998408	579061	0	95239888	3.50	157.5
	SD.	7322	62701	59406	0	686547	114405	0	686547	114405	0	9535216	0.13	3.2
	n	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
6+8要素	AV.	49412	576677	456571	257482	5033706	664669	66446	5033706	664669	66446	94617044	3.54	157.9
	SD.	10951	40687	26995	56214	434191	55906	19388	434191	55906	19388	10486515	0.14	2.1
	n	37	37	37	14	37	37	14	37	37	14	37	37	37
	AV.	48680	585601	444450	257482	5011764	611453	66446	5011764	611453	66446	95004218	3.52	157.7
SD.	8741	55228	50117	56214	597012	104398	19388	597012	104398	19388	9765578	0.13	2.8	
16%	n	33	33	33	0	33	33	0	33	33	0	33	33	33
	AV.	228840	1081639	1528250	0	10561986	2181732	0	10561986	2181732	0	100012185	3.05	185.3
	SD.	32549	193468	228390	0	2129230	596664	0	2129230	596664	0	0	0.08	5.4
	n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28%	AV.	232307	1295342	1621000	1348364	11280410	2540246	312601	11280410	2540246	312601	145962300	3.07	182.1
	SD.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.0
	n	34	34	34	1	34	34	1	34	34	1	34	34	34
	AV.	228942	1087924	1530978	1348364	10583116	2192277	312601	10583116	2192277	312601	101363659	3.05	185.2
SD.	32555	196909	228944	0	2132792	599823	0	2132792	599823	0	16685620	0.08	5.5	
39%	n	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
	AV.	567485	648479	2263813	0	7150912	2865996	0	7150912	2865996	0	41026253	2.60	215.2
	SD.	138938	125326	491489	0	1453157	848367	0	1453157	848367	0	6513807	0.09	7.1
	n	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
6要素	AV.	738145	477134	2854446	0	5644680	2225436	0	5644680	2225436	0	27353041	2.13	259.3
	SD.	274951	72062	1033750	0	938735	1073470	0	938735	1073470	0	3058108	0.12	10.2

図 II-13-1 弾性率分布

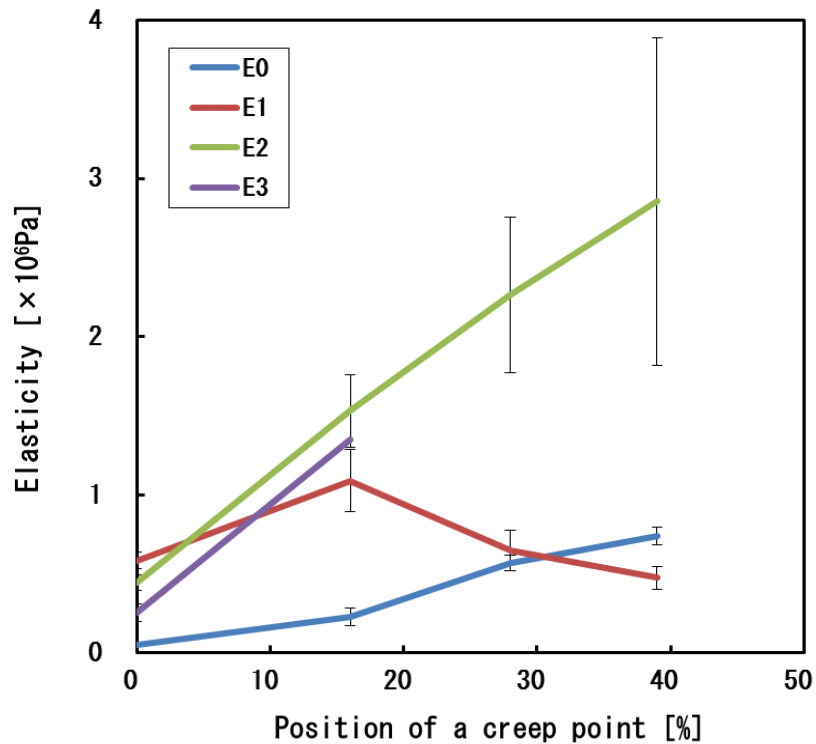


図 II-13-2 粘性率分布

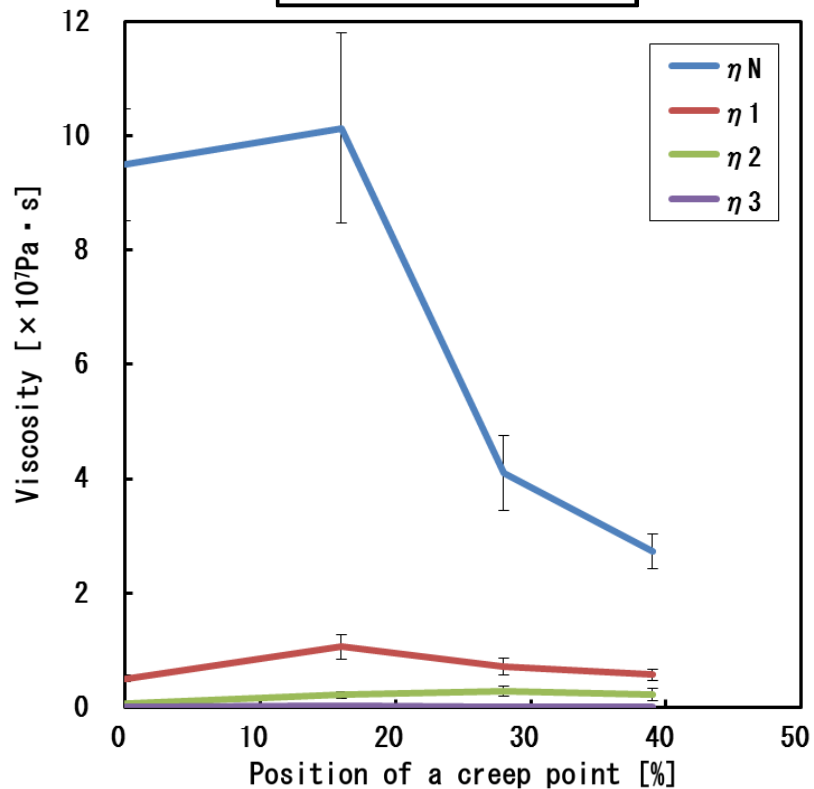


図 II-13 試料 B の麺内部の位置による粘弾性分布 (麺中心温度  $26^\circ\text{C}$ )

## 第4章 ゆで麺の官能評価

試料 A と B の官能評価を行い、パネルにそれぞれの試料につき 5 つのテクスチャー用語を選択させた。試料 A と B の回収した [5×人数] のテクスチャー用語の集計結果を表 II-11 に、それぞれのテクスチャー用語が占める出現割合を図 II-14 に示す。

図 II-14 の横軸は、試料 A を基準に出現割合が高いテクスチャー用語を降順に並べた。試料 A の特徴を表す代表的な用語は、上位 4 つの「弾力がある」、「もちもちしている」、「こしが強い」、「つるつるする」であった。グラフの右へ進むにつれて、試料 A の出現割合は減少し、試料 B の出現割合が増加した。試料 B の特徴を表す代表的な用語は、「弾力がない」、「こしが弱い」、「噛み切りやすい」、「やわらかい」の 4 語となり、両者の特徴はまったく異なっていた。

試料 A は一般的なゆで麺の調製を行ったので、茹で立ての麺の特徴が表れていると考えられる。試料 B は市販冷凍ゆで麺をゆでた後、冷蔵庫で 24 時間保蔵した。試食した感じは麺表面から中心にかけての硬さが均一で、弾力がなく、もろくてやわらかく噛み切りやすい、少し柔らかめの板ガムのようなであった。したがって、選択されたテクスチャー用語は、試料 B の特徴をよく表わしていると考えられる。



表Ⅱ－11 官能評価集計表

テクスチャー用語	実数(人数)		(%)	
	試料A	試料B	試料A	試料B
弾力がある	19	3	18.1	3.0
もちもちしている	17	1	16.2	1.0
こしが強い	16	0	15.2	0.0
つるつるする	16	4	15.2	4.0
かたい	7	2	6.7	2.0
噛むとぐにゅっとする	6	5	5.7	5.0
噛み切りにくい	5	1	4.8	1.0
粘つきがない	5	7	4.8	7.0
噛み切りやすい	5	12	4.8	12.0
均一な噛みごたえ	4	7	3.8	7.0
適度な粘りがある	2	2	1.9	2.0
不均一な噛みごたえ	1	0	1.0	0.0
粘つきがある	1	3	1.0	3.0
やわらかい	1	9	1.0	9.0
ざらざらしている	0	0	0.0	0.0
ポソポソしている	0	3	0.0	3.0
もそもそする	0	5	0.0	5.0
もろい	0	6	0.0	6.0
こしが弱い	0	15	0.0	15.0
弾力がない	0	15	0.0	15.0
合計	105	100	100.0	100.0

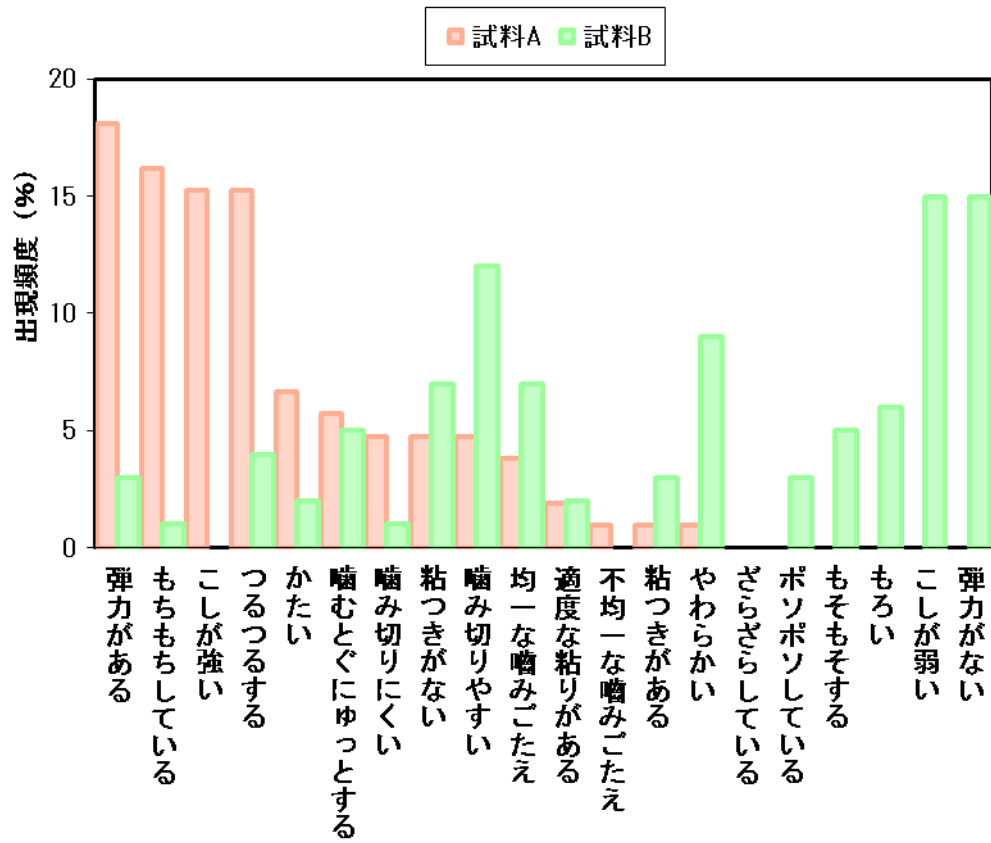


図 II - 14 ゆで麺の官能評価

## 第Ⅲ部 考察

## 第 1 章 粘弾性要素の 2 要素への単純化

ここでは、測定された試料 A と試料 B の粘弾性分布 (表 II - 5, 図 II - 7 および表 II - 10, 図 II - 13) について考察する. 図 II - 7 および図 II - 13 の粘性率分布を見ると, 両者とも  $\eta_N$  は  $10^7 \sim 10^8$  Pa·s だが,  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  は  $10^4 \sim 10^6$  Pa·s と小さく, 麵内部にかけての変化も見られないことから,  $\eta_N$  に対して無視できると考えられる.  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  を無視すると, 麵内部の粘弾性要素は図 III - 1 に示すように 2 要素に単純化される.

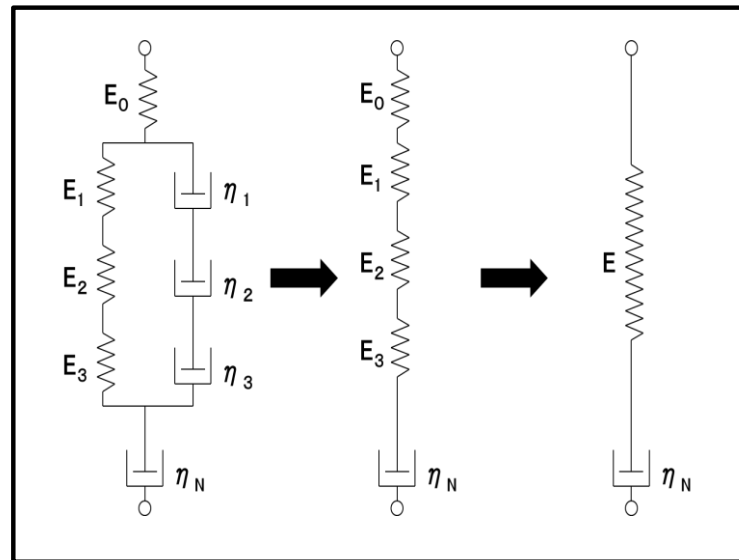


図 III - 1 粘弾性 8 要素から 2 要素への単純化

※  $\eta_N$  に対して,  $\eta_1, \eta_2, \eta_3$  が無視できる.

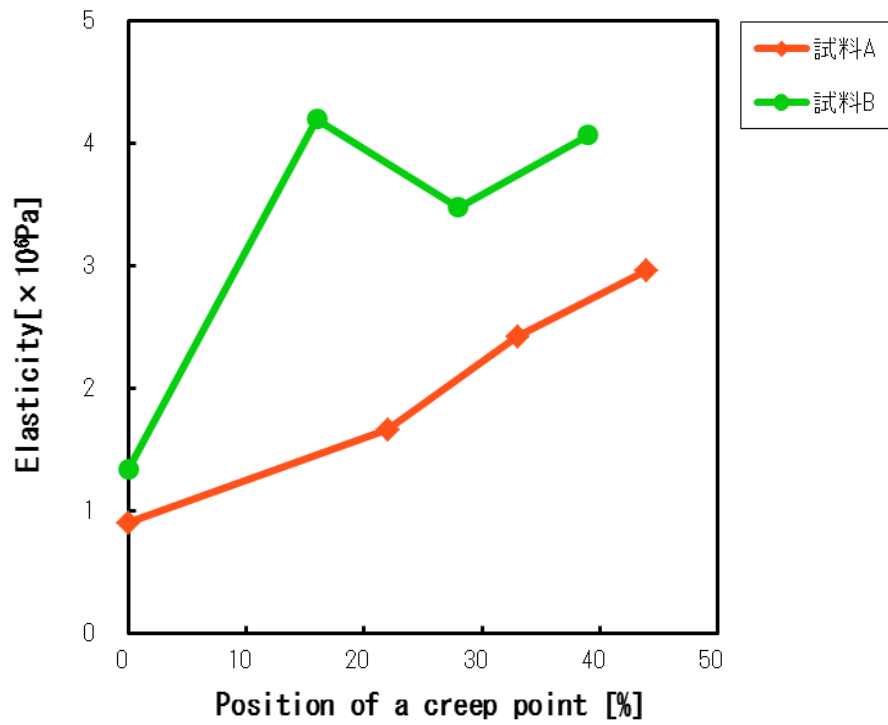
表Ⅲ-1に粘性率は $\eta_N$ ，弾性率は $E_0, E_1, E_2, E_3$ を合計した $E$ を示す．また，図Ⅲ-2には2要素を単純化した試料Aと試料Bの麺内部における粘弾性分布を示す．図Ⅲ-2-1の弾性率 $E$ の分布を見ると，試料Aは麺表面から内部にかけて徐々に増加したが，試料Bは歪率16%で大きく増加し，その後は大きな変化が無かった．一方，図Ⅲ-2-2の粘性率分布は，両者とも表面の方が高く内部ほど低下したが，その度合いは試料Bの方が大きかった．

表Ⅲ-1 試料Aと試料Bの粘弾性8要素から2要素への単純化

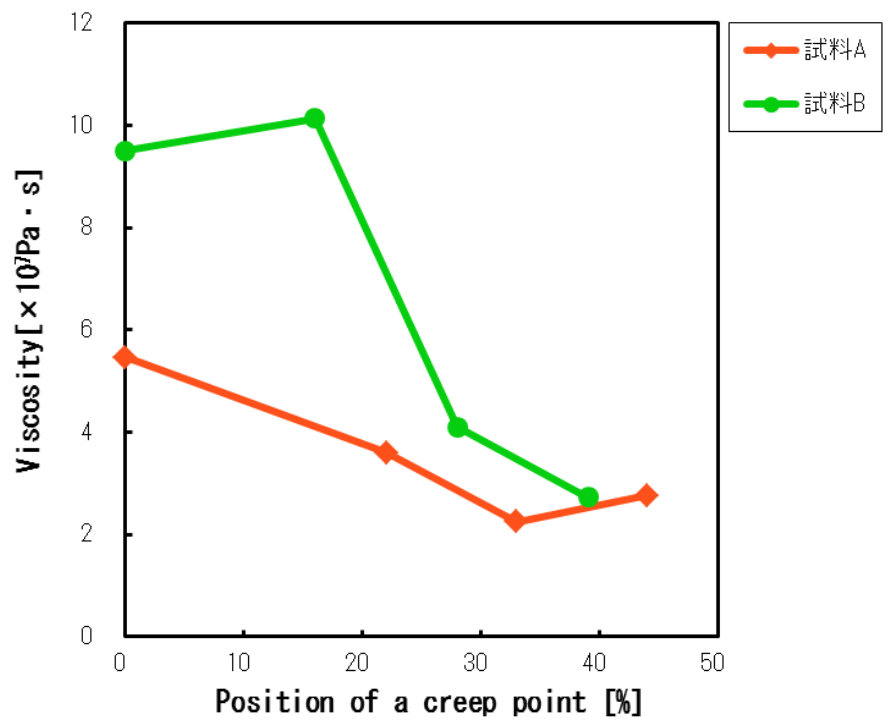
	粘性率[ $\times 10^7 \text{Pa}\cdot\text{s}$ ]	$\eta_N$
試料A	0%	5.47
	22%	3.60
	33%	2.25
	44%	2.77
試料B	0%	9.50
	16%	10.14
	28%	4.10
	39%	2.74

	弾性率[ $\times 10^6 \text{Pa}$ ]	$E_0$	$E_1$	$E_2$	$E_3$	E合計
試料A	0%	0.04	0.34	0.28	0.24	0.90
	22%	0.16	0.35	0.56	0.59	1.66
	33%	0.28	0.28	0.70	1.17	2.42
	44%	0.48	0.48	2.01	0.00	2.96
試料B	0%	0.05	0.59	0.44	0.26	1.34
	16%	0.23	1.09	1.53	1.35	4.20
	28%	0.57	0.65	2.26	0.00	3.48
	39%	0.74	0.48	2.85	0.00	4.07

図III-2-1 弾性率(E)分布



図III-2-2 粘性率( $\eta_N$ )分布



図III-2 試料Aと試料Bの2要素に単純化した粘弾性分布

## 第 2 章 緩和時間

図Ⅲ-2 に示された粘弾性分布と食感との関係を見るために、次式にしたがって緩和時間を計算した。結果を表Ⅲ-2 に示す。

$$\tau = \eta_N/E \quad (1)$$

ただし、 $\tau$ ：緩和時間[s]， $\eta_N$ ：粘性率[Pa·s]，E：弾性率[Pa]である。

表Ⅲ-2 試料 A と試料 B の緩和時間

試料	麺内部の位置(%)	弾性率E ( $\times 10^6$ Pa)	粘性率 $\eta_N$ ( $\times 10^7$ Pa·s)	緩和時間 (sec)
A	0	0.90	5.47	60.6
	22	1.66	3.60	21.6
	33	2.42	2.25	9.3
	44	2.96	2.77	9.3
B	0	1.34	9.50	71.1
	16	4.20	10.14	24.2
	28	3.48	4.10	11.8
	39	4.07	2.74	6.7

緩和時間は試料 A, B とともに、表面付近は約 1 分で内部へかけて減少し、中心付近は 10 秒以下であった。しかし、これらの緩和時間は、ゆで麺の咀嚼時間の 1 秒以下のタイムスケールと比較するとかなり長い。したがってゆで麺の咀嚼においては、特に噛み始めの部分は弾性要素の影響が強く出現すると考えられる。

そこで、図Ⅲ-2-1 の弾性率分布を見ると、試料 A は表面から内部へかけて弾性率が徐々に増加し、内部へ噛む程に弾性率が強くなる「コシが強い」食感を表していると考えられる。試料 B は噛み始めに弾性が増加するが、その後はやや下がる傾向で、噛んだ後はほとんど力を入れないで噛み終わる、弾力の無いのびた麺の食感を表していると考えられる。これらの結果は、図Ⅱ-14 の官能評価の結果ともよく一致していると考えられる。ただし、ゆで麺のテクスチャーには粘性率の影響もあり、噛み終わる前のグニューと組織がゆっくり流れる感覚には、粘性率が影響していると考えられる。

### 第3章 うどんのコシのレオロジー解析結果

以上のゆで麺の表面から内部の粘弾性分布測定の解析結果から、今回行った圧縮によるクリープ試験のモデル化により、麺内部の粘弾性分布のアウトラインは解明できたと考えられる。麺の硬さの不均一性については前述のように四宮<sup>17)</sup>と三木<sup>18)25)</sup>が破断曲線を使用して一部述べているが、粘性部分についてはふれることができなかった。今回の測定により、ゆで麺の物性は粘性が大きく、そのために緩和時間が長くなり、結果として「コシ」という独特のテクスチャーを生じたと考えられる。緩和時間の解析によりうどんを噛む速度とうどんの粘弾性の応答との関係が明確になり、官能検査結果も説明された。特に表面に近い部分の粘性が大きいことは水分の分布状態<sup>30)~37)</sup>やグルテンやでんぷんの微細構造の報告<sup>15)18)23)27)28)29)</sup>などからも裏付けられると考えられる。

うどんと同様、あるいはそれ以上に米飯のテクスチャーも測定の迅速化や多面化が求められており、辻はテンシプレッサーを用いた2点測定法で<sup>38)</sup>、岡留らは圧縮率可変設定可能なテンシプレッサーを用いて<sup>39)40)</sup>、米飯1粒に対して圧縮試験を行った。我々も測定の迅速化とレオロジーの多面的測定を目指して、圧縮によるクリープ試験のモデル化を行い、ある程度の精度でこのような厚さのある試料の粘弾性分布の解明ができた。

この方法は、ゆで麺、パスタ類、飯粒のように水分分布があり、グルテンやでんぷんの状態等組織的に不均質な物質の噛み初めから噛み終わりまでの、複雑な食感に対する粘弾性の影響を調べる場合に有効と考えられる。



## 第IV部 要約

うどんのコシの特徴である硬さの不均一性を物理的に解明するために、圧縮によるクリープ試験をモデル化し、ゆで麺表面から中心部へのレオロジーを測定することを試みた。論文は次のように構成されている。

## 第 I 部 実験方法

第 1 章では麺表面から中心部への粘弾性分布測定の方法として圧縮によるクリープ試験のモデル化を検討した。モデル化の中心は、麺表面付近の水分の多い部分は取り除けないため圧縮してつぶす。圧縮によって発生する内部蓄積応力にバランスする荷重を与えつつ、さらに荷重を与えてクリープを測定することである。この理論に則った圧縮によるクリープ試験方法を検討した。

第 2 章では試料 A(ゆで直後麺)と試料 B(ゆで後 24 時間麺)の調製方法を記述した。

第 3 章では第 1 章で検討したクリープ測定条件として、測定装置クリープメータ(RE2-33005B(株)山電)、電子恒温システム(ETC-3305-1(株)山電)、解析ソフトクリープ粘弾性解析 Windows Ver. 1.3(CAS-3305)(株)山電、プランジャー直径 30mm 円筒形、測定時間 120 秒、測定速度 1mm/s、麺中心温度 26°C、測定荷重 0.70N~1.00N、シリコンオイルに浸漬した状態で測定した。

第 4 章の官能評価方法では、試料 A と試料 B のテクスチャーの違いを言葉で表現することを目的に、テクスチャー用語リストから選択した 20 語から特徴を表す言葉を 5 つ選択する方法を考案した。

## 第 II 部 実験結果

第 1 章では試料 A を用いて、第 I 部で検討した圧縮によるクリープ試験の検討を行った。圧縮による歪率 0%, 22%, 33%, 44% に対して、内部蓄積応力は 0N, 0.74N, 1.87N, 3.43N であった。この内部応力に 1.00N を加えてクリープ試験を行った結果、典型的なクリープ曲線が得られた。

第 2 章では第 1 章のクリープ曲線を解析した結果、麺表面から中心にかけての 4 点の粘弾性は 6 要素と 8 要素に解析された。

第 3 章では試料 B を用いて、試料 A と同様にクリープ測定条件を検討した。その結果、歪率 0%, 16%, 28%, 39% に対して、内部蓄積応力は 0N, 0.75N, 2.81N, 4.15N であった。この内部応力に 0.70N~1.00N を加えてクリープ試験を行った結果、試料 A と同様に典型的なクリープ曲線が得られ、粘弾性は 6 要素と 8 要素に解析された。

第4章では官能評価を行った。選択された麺の特徴を表す代表的な用語は、試料A(ゆで直後麺)は「弾力がある」、「もちもちしている」、「こしが強い」、「つるつるする」であった。試料B(ゆで後24時間麺)は「弾力がない」、「こしが弱い」、「噛み切りやすい」、「やわらかい」であった。

### 第Ⅲ部 考察

第1章では麺表面から中心部へかけての粘弾性解析結果を再度検討した。試料Aと試料Bの粘性率 $\eta_N$ は $10^7\sim 10^8\text{Pa}\cdot\text{s}$ だが、 $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3$ は $10^4\sim 10^6\text{Pa}\cdot\text{s}$ と小さく、麺内部へかけての変化も見られないことから、 $\eta_N$ に対して無視できると考え、粘弾性を2要素に単純化した。

第2章では2要素に単純化した試料Aと試料Bの緩和時間を計算した。試料Aと試料Bともに表面付近は約1分で内部へかけて減少し、中心付近は10秒以下であったが、ゆで麺の咀嚼時間1秒以下と比較するとかなり長かった。したがって、ゆで麺の咀嚼では弾性要素の影響が強いと考えられる。

弾性要素について考察すると、試料Aの弾性率は表面から内部にかけて徐々に増加し、「コシが強い」状態を表していた。試料Bは歪率16%で増加して、その後やや減少傾向で、弾力の無い伸びた麺の状態を表していた。この結果は第Ⅱ部第4章ゆで麺の官能評価結果をよく説明していた。

第3章では今回行ったうどんのコシのレオロジー解析結果について考察した。圧縮によるクリープ試験のモデル化により、麺内部の粘弾性分布のアウトラインは解明できたと考えられる。粘性の測定が可能になったことにより、ゆで麺は粘性が大きく、緩和時間が長くなり、結果として「コシ」という独特のテクスチャーを生じたと考えられる。

この方法は、ゆで麺、パスタ類、飯粒のように水分分布があり、グルテンやでんぷんの状態等組織的に不均質な物質の噛み初めから噛み終わりまでの、複雑な食感に対する粘弾性の影響を調べる場合に有効と考えられる。

### 第Ⅳ部 要約

### 第Ⅴ部 参考文献

### 第Ⅵ部 謝辞

### 第Ⅶ部 測定データ

以上

## 第V部 参考文献

- 1) 李敬姫, 郭恩廷, 畑江敬子, 島田淳子, 冷麺のテクスチャーに対する日本人と韓国人の嗜好の比較, 日本家政学会誌, **48(7)**, 633~636(1997).
- 2) 遠山良, 三浦靖, 種谷真一, 冷麺の食味特性におよぼすでんぷん原料の影響, 日本調理科学会誌, **30**, 213-225(1997).
- 3) 遠山良, 種田真一, 冷麺の官能検査値とテンシプレスサーによる分析値の違い, 日本食品科学工学会誌, **46**, 155-164(1999).
- 4) 「味公爵 パン・麺・パスタ」, (講談社, 東京), pp. 164-169(1979).
- 5) 塚本守, パスタの話(Ⅲ), 日本調理科学会誌, **17**, 221-228(1984).
- 6) 三木英三, 讃岐うどん—その美味しさ, 化学と工業, **60(12)**, 1167-1170(2007).
- 7) 柴田茂久, 麺の品質と製造技術の進歩, 食の科学, 113, 24-29(1987).
- 8) 柴田茂久, めん類の物性と品質について, 「食品の物性(第5集)」, 松本幸雄編, (食品資材研究会, 東京), pp. 169-182(1979).
- 9) 柴田茂久, めんの品質と食味, 食品工業, 1988年9月15日号, 44-48(1988).
- 10) 三木英三, 福井義明, 山野善正, めんのレオロジー的性質に及ぼす小麦粉生地のねかしの影響, 日本食品工業学会誌, **29**, 168-174(1982).
- 11) 三木英三, 平田紀子, 難藤晴美, 山野善正, 茹めんのテクスチャー評価, 香川大学農学部学術報告, **47**, 133-142(1995).
- 12) 渡辺幸夫, 永沢信, 応力緩和測定によるメンの粘弾性の検討, 日本食品工業学会誌, **15**, 466-468(1968).
- 13) 三木英三, 山野善正, めんの応力緩和, 日本食品工業学会誌, **38**, 323-328(1991).
- 14) 三木英三, 仲田陽子, 山野善正, 乾燥によるめんの性状変化, 日本食品工業学会誌, **39**, 1123-1127(1992).
- 15) 岡田久美子, 市川朝子, 下村道子, 手打ちうどんの物性と食味に及ぼす澱粉・活性グルテン添加の影響, 日本調理科学会誌, **41**, 327-336(2008).
- 16) 三木英三, 栗坂貴之, 山野善正, 乾燥中のめんの物理的性質に及ぼす加工条件の影響, 日本食品科学工学会誌, **43**, 562-568(1996).
- 17) 四宮陽子, 破断試験によるゆで麺のテクスチャーの特徴と官能評価との関係, 日本調理科学会誌, **33**, 198-203(2000).
- 18) 三木英三, うどんのテクスチャー, 日本バイオレオロジー学会誌(B&R), **20**, 82-89(2006).
- 19) 三木英三, 福井義明, めん類に関する研究Ⅱテクスチュロメーターによるめんの物性測定, 香川大学農学部学術報告, **26**, 142-150(1975).
- 20) 柳沢幸江, 田村厚子, 寺元芳子, 咀嚼筋活動量とテクスチュロメーター特性値の

- 相関性, 日本家政学会誌, 40, 1011-1016(1989).
- 21) 檀はるか, 神山かおる, 多点シートセンサを用いた咀嚼解析, *Foods & food Ingred. J. Jpn.*, **212**, 583-594(2007).
- 22) 神山かおる, 多点シートセンサシステムで解析した食品の咀嚼性と力学特性, 食糧その科学と技術, **49**, 85-108(2011).
- 23) 三木英三, 若林滋, 山野善正, 茹めんの表面状態の評価, 日本食品科学工学会誌, **43**, 480-487(1996).
- 24) 渡邊洋一, 第2章第5節クリープメータによる測定, 「進化する食品テクスチャー研究」, 山野善正監修, ((社)おいしさの科学研究所, 東京), pp. 74-76(2011).
- 25) 三木英三, 第6章第2節麺類, 「進化する食品テクスチャー研究」, 山野善正監修, ((社) おいしさの科学研究所, 東京), pp. 277-279(2011).
- 26) 谷藤健, 金子成延, 松倉潮, 小麦のデンプンおよびグルテンの特性がゆでめんのテクスチャーに及ぼす影響, 日本食品科学工学会誌, **50(8)**, 333~338(2003).
- 27) 関根正裕, 原田勝利, ゆで工程におけるめんの諸特性及び微細構造の観察, 日本食品工業学会誌, **37**, 454-457(1990).
- 28) 木村利昭, 藤原正弘, 小川敬子, 藤野良子, 相良康重, 神武正信, 井筒雅, 中島一郎, 走査電子顕微鏡による茹でうどんの構造観察, 日本農芸化学会誌, **70**, 1343-1350(1996).
- 29) 佐藤暁子, 松田智明, 伊藤誠治, 星野次汪, ゆで過程におけるゆでめん微細構造の観察, 日本食品科学工学会誌, **46**, 89-93(1999).
- 30) 中町敦子, 中村恵子, 四宮陽子, ゆで過程におけるスパゲッティの芯の状態変化とアルデンテの評価, 日本調理科学会誌, **37(2)**, 151-158(2004).
- 31) 小島登貴子, 関根正裕, 鈴木敏正, 堀金明美, 永田忠博, ゆで麺のテクスチャーに対する水分分布の影響, 日本食品科学工学会誌, **47**, 142-147(2000).
- 32) 小島登貴子, 食品の製造工程管理へのNMRの応用—MRIによるゆで麺の水分と麺のテクスチャー—, 埼玉県工業技術センター研究報告, **3**, 242-246(2001).
- 33) 小島登貴子, ゆで麺の水分分布とテクスチャー, 農業技術, **60(2)**, 30-33(2005).
- 34) Irie, K., Horigane, A. K., Naito, S., Motoi, H. and Yoshida, M., Moisture distribution and texture of various types of cooked spaghetti. *Cereal Chem.*, **81**, 350-355(2004).
- 35) Horigane, A. K., Kawabuchi, M., Uchijima, S. and Yoshida, M., Effects of seasonings on physical properties and MRI T<sub>2</sub> map of cooked spaghetti. *Food Res. Int*, **42**, 41-50(2009).

- 36) Maeda, I., Horigane, A. k., Yoshida, M. and Aikawa, Y., Water diffusion in buckwheat noodle and wheat noodles during boiling and holding as determined from MRI and rectangular cylinder diffusion model, *Food Sci. Technol. Res.*, **15**, 107-116 (2009).
- 37) 吉田充, 食品の物性に影響を与える水分分布を MRI で観る, 日本食品科学工学会誌, **59**, 478-483 (2012).
- 38) 辻昭二郎, 米飯のテクスチャーの米粒レベルでの 2 点測定法と食味と関連するパラメーター, 日本食品工業学会誌, **27**, 265-269 (1980).
- 39) 岡留博司, 豊島英親, 大坪研一, 単一装置による米飯物性の多目的評価, 日本食品科学工学会誌, **43(9)**, 1004-1011 (1996).
- 40) 岡留博司, 豊島英親, 須藤充, 安東郁男, 沼口憲治, 堀末登, 大坪研一, 米飯 1 粒の多面的物性測定に基づく米の食味評価, 日本食品科学工学会誌, **45(7)**, 398-407 (1998).
- 41) 早川文代, 官能評価と用語, 「食の官能評価入門」, 大越ひろ, 神宮英夫編著, (光生館, 東京), pp. 25-27 (2009).

#### 関連する業績

##### < 発表論文 >

- ・ 佐藤幸子, 多名賀友子, 四宮陽子, クリープ試験によるゆで麺の表面から中心部への粘弾性分布測定, 日本食品科学工学会誌, **61(3)**, 108-116 (2014).

## 第VI部 謝辭



最後になりましたが，博士論文の作成に際し4年間にわたり大変温かいご指導とご助言を賜りました 実践女子大学調理学第3研究室 四宮陽子教授 森村咲子助手，  
寿名賀友子助手に心より感謝申し上げます。

本研究を実施するに当たり，測定についてご協力いただきました株式会社山電  
渡邊洋一氏に深く感謝申し上げます。

## 第Ⅶ部 測定データ

表Ⅶ-1-1 試料A—一定荷重(0.8N)—試料厚さ[mm]時間的變化—26℃

時間[s] 試料NO.	0	3	6	10	15	20	25
1	3.93	3.11	3.09	3.07	3.06	3.05	3.05
2	3.91	3.09	3.06	3.05	3.04	3.03	3.03
3	3.76	2.94	2.90	2.89	2.88	2.87	2.87
4	3.86	3.10	3.07	3.05	3.04	3.04	3.03
5	3.54	2.84	2.82	2.80	2.80	2.79	2.79
6	3.70	2.91	2.88	2.86	2.85	2.84	2.83
7	3.60	2.96	2.93	2.91	2.90	2.89	2.88
8	3.62	2.92	2.89	2.88	2.86	2.86	2.85
9	3.86	3.09	3.06	3.05	3.04	3.03	3.03
10	3.98	3.05	3.02	3.01	3.00	2.99	2.98
11	4.11	3.08	3.05	3.03	3.02	3.01	3.01
12	3.91	3.22	3.19	3.18	3.17	3.16	3.15
13	3.79	3.01	2.98	2.96	2.95	2.94	2.94
14	3.81	3.12	3.09	3.08	3.07	3.06	3.05
15	3.69	2.88	2.85	2.83	2.81	2.81	2.80
平均	3.80	3.02	2.99	2.98	2.97	2.96	2.95
標準偏差	0.16	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11

表Ⅶ-1-2 試料A—一定荷重(0.8N)—歪率[%]時間的變化—26℃

	0	3	6	10	15	20	25
1	0.0	20.9	21.4	21.9	22.1	22.4	22.4
2	0.0	21.0	21.7	22.0	22.3	22.5	22.5
3	0.0	21.8	22.9	23.1	23.4	23.7	23.7
4	0.0	19.7	20.5	21.0	21.2	21.2	21.5
5	0.0	19.8	20.3	20.9	20.9	21.2	21.2
6	0.0	21.4	22.2	22.7	23.0	23.2	23.5
7	0.0	17.8	18.6	19.2	19.4	19.7	20.0
8	0.0	19.3	20.2	20.4	21.0	21.0	21.3
9	0.0	19.9	20.7	21.0	21.2	21.5	21.5
10	0.0	23.4	24.1	24.4	24.6	24.9	25.1
11	0.0	25.1	25.8	26.3	26.5	26.8	26.8
12	0.0	17.6	18.4	18.7	18.9	19.2	19.4
13	0.0	20.6	21.4	21.9	22.2	22.4	22.4
14	0.0	18.1	18.9	19.2	19.4	19.7	19.9
15	0.0	22.0	22.8	23.3	23.8	23.8	24.1
平均	0.0	20.5	21.3	21.7	22.0	22.2	22.4
標準偏差	—	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.0

表Ⅶ-2-1 試料A—一定荷重(2.0N)—試料厚さ[mm]時間的変化-26℃

	0	3	6	10	15	20	25
1	3.50	2.38	2.34	2.32	2.30	2.29	2.28
2	3.61	2.44	2.40	2.38	2.36	2.35	2.34
3	3.50	2.42	2.39	2.37	2.35	2.34	2.34
4	3.56	2.47	2.43	2.41	2.39	2.38	2.37
5	3.50	2.41	2.37	2.35	2.34	2.33	2.32
6	3.53	2.45	2.41	2.39	2.37	2.36	2.35
7	3.76	2.53	2.49	2.47	2.45	2.44	2.43
8	3.64	2.47	2.43	2.40	2.39	2.37	2.36
9	3.59	2.55	2.50	2.48	2.46	2.45	2.44
10	3.58	2.49	2.45	2.41	2.40	2.39	2.38
平均	3.58	2.46	2.42	2.40	2.38	2.37	2.36
標準偏差	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

表Ⅶ-2-2 試料A—一定荷重(2.0N)—歪率[%]時間的変化-26℃

	0	3	6	10	15	20	25
1	0.0	32.0	33.1	33.7	34.3	34.6	34.9
2	0.0	32.4	33.5	34.1	34.6	34.9	35.2
3	0.0	30.9	31.7	32.3	32.9	33.1	33.1
4	0.0	30.6	31.7	32.3	32.9	33.1	33.4
5	0.0	31.1	32.3	32.9	33.1	33.4	33.7
6	0.0	30.6	31.7	32.3	32.9	33.1	33.4
7	0.0	32.7	33.8	34.3	34.8	35.1	35.4
8	0.0	32.1	33.2	34.1	34.3	34.9	35.2
9	0.0	29.0	30.4	30.9	31.5	31.8	32.0
10	0.0	30.4	31.6	32.7	33.0	33.2	33.5
平均	0.0	29.7	32.3	33.0	33.4	33.7	34.0
標準偏差	0.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1

表Ⅶ-3-1 試料A—一定荷重(3.92N)—試料厚さ[mm]時間的變化-26°C

	0	3	6	10	15	20	25
1	3.79	2.28	2.23	2.20	2.17	2.15	2.14
2	4.00	2.42	2.35	2.31	2.28	2.25	2.24
3	4.09	2.36	2.29	2.26	2.23	2.21	2.19
4	4.03	2.33	2.26	2.22	2.19	2.16	2.15
5	4.10	2.48	2.42	2.37	2.34	2.31	2.29
6	3.90	2.27	2.20	2.17	2.13	2.11	2.09
7	3.84	2.19	2.11	2.07	2.04	2.02	2.00
8	4.06	2.15	2.10	2.02	2.00	1.98	1.96
9	3.92	2.31	2.24	2.20	2.17	2.15	2.14
10	3.74	2.49	2.43	2.38	2.34	2.30	2.28
11	3.76	2.13	2.07	2.04	2.01	1.99	1.97
12	3.80	2.41	2.37	2.33	2.31	2.29	2.28
平均	3.92	2.32	2.26	2.21	2.18	2.16	2.14
標準偏差	0.13	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

表Ⅶ-3-2 試料A—一定荷重(3.92N)—歪率[%]時間的變化-26°C

	0	3	6	10	15	20	25
1	0.0	39.8	41.2	42.0	42.7	43.3	43.5
2	0.0	39.5	41.3	42.3	43.0	43.8	44.0
3	0.0	42.3	44.0	44.7	45.5	46.0	46.5
4	0.0	42.2	43.9	44.9	45.7	46.4	46.7
5	0.0	39.5	41.0	42.2	42.9	43.7	44.1
6	0.0	50.4	52.0	52.6	53.5	53.9	54.4
7	0.0	43.8	45.9	46.9	47.7	48.2	48.7
8	0.0	44.0	45.3	47.4	47.9	48.4	49.0
9	0.0	43.1	44.8	45.8	46.6	47.0	47.3
10	0.0	36.5	38.0	39.3	40.3	41.3	41.8
11	0.0	43.0	44.7	45.5	46.3	46.8	47.3
12	0.0	35.9	37.0	38.0	38.6	39.1	39.4
平均	0.0	41.7	43.2	44.3	45.0	45.7	46.1
標準偏差	0.0	3.9	4.0	3.9	3.9	3.8	3.9

表Ⅶ-4 試料A-歪率22%固定-内部応力変化-26℃

時間[s] 試料NO.	0	3	6	10	15	20	25
1	0.80	0.77	0.75	0.74	0.72	0.71	0.70
2	0.80	0.77	0.75	0.74	0.72	0.71	0.70
3	0.80	0.77	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70
4	0.80	0.77	0.75	0.73	0.72	0.71	0.70
5	0.80	0.77	0.75	0.74	0.72	0.71	0.70
平均	0.80	0.77	0.75	0.74	0.72	0.71	0.70
標準偏差	—	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00

表Ⅶ-5 試料A-歪率33%固定-内部応力変化-26℃

時間[s] 試料NO.	0	3	6	10	15	20	25
1	2.00	1.93	1.90	1.87	1.84		
2	2.00	1.93	1.90	1.87	1.84		
3	2.00	1.90	1.88	1.85	1.85		
4	2.00	1.92	1.89	1.87	1.85		
5	2.00	1.92	1.90	1.87	1.85		
6						1.84	1.80
7						1.80	1.78
8						1.83	1.79
9						1.82	1.78
10						1.80	1.77
11						1.82	1.78
12						1.80	1.77
13						1.81	1.78
14						1.81	1.78
15						1.80	1.76
16						1.80	1.77
17						1.82	1.78
18						1.84	1.80
19						1.80	1.76
20						1.82	1.78
平均	2.00	1.92	1.89	1.87	1.85	1.81	1.78
標準偏差	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

表Ⅶ-6 試料A-歪率44%固定-内部応力変化-26℃

時間[s] 試料NO.	0	3	6	10	15	20	25
1	3.92	3.68	3.55	3.45	3.36	3.3	3.25
2	3.92	3.63	3.52	3.41	3.34	3.28	3.23
3	3.92	3.65	3.54	3.42	3.33	3.27	3.22
4	3.92	3.68	3.54	3.47	3.38	3.31	3.26
5	3.92	3.68	3.55	3.46	3.36	3.29	3.24
6	3.92	3.65	3.52	3.42	3.32	3.27	3.22
7	3.92	3.68	3.54	3.42	3.33	3.26	3.21
8	3.92	3.63	3.52	3.42	3.32	3.26	3.21
平均	3.92	3.66	3.54	3.43	3.34	3.28	3.23
標準偏差	0.00	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

表Ⅶ-7-1 試料A-歪率0%クリープ測定-元データ

ファイル名	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa・s]	粘性率η2[Pa・s]	粘性率η3[Pa・s]	粘性率η N[Pa・s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積 [mm <sup>2</sup> ]
1	6289	45171	314479	235057	0	2627451	352403	0	61032060	3.4	159.0
2	6386	44560	344682	284170	0	3031754	414224	0	59913340	3.5	156.6
3	6485	45159	347802	243442	0	3093326	335921	0	56098600	3.4	154.2
4	6361	39582	322805	259438	0	2831192	344808	0	58971710	3.6	157.2
5	6231	43193	329351	270120	0	2946498	376598	0	50313890	3.4	160.5
6	6423	37429	349465	310634	0	3023501	437679	0	51653440	3.5	155.7
7	6386	37329	334086	270644	0	2875485	368174	0	55401770	3.6	156.6
8	6447	44685	311403	250556	0	2705763	359089	0	51615950	3.5	155.1
9	6423	36225	363632	283920	191018	3082249	373417	38359	54477740	3.5	155.7
10	6510	36255	368395	280592	192477	3177848	384408	40831	58809940	3.3	153.6
11	6435	37458	344989	258527	200342	2896047	362997	54983	57084620	3.5	155.4
12	6184	43110	327839	264520	204519	2967168	398061	55112	49900990	3.4	161.7
13	6373	36227	385053	300822	213181	3416034	461744	51457	57319080	3.5	156.9
14	6349	43330	357818	262336	221299	3215794	379795	61927	53690450	3.5	157.5
15	6386	38574	379763	326875	222268	3345294	514202	55112	47483820	3.6	156.6
16	6510	44060	350527	267921	225505	3070572	387203	65897	56992560	3.4	153.6
17	6325	37846	332826	265641	226532	2827907	388377	55875	54132550	3.6	158.1
18	6435	43542	338029	269778	226793	2943427	400629	62386	53562440	3.4	155.4
19	6349	38519	354822	283123	230188	3278360	439893	61620	54033780	3.6	157.5
20	6510	58427	337418	305937	230231	2766455	462364	65223	59051780	3.5	153.6
21	6410	42994	337242	266005	235415	2829397	385087	65302	51257110	3.3	156.0
22	6386	44199	350241	252727	236537	3093349	367282	70182	56663850	3.4	156.6
23	6373	37004	366605	294258	248628	3210159	407282	69373	54271710	3.5	156.9
24	6510	43403	348367	262668	249492	4573253	441903	77856	52281400	3.3	153.6
25	6536	45008	318630	264636	251126	2794089	390287	73269	54554210	3.5	153.0
26	6423	33855	413651	371188	253561	3513116	515354	63554	59248160	3.8	155.7
27	6373	42865	291111	281231	259087	2418752	443291	77442	54540120	3.4	156.9
28	6349	32684	323020	265892	259365	2705175	347734	71113	56299670	3.7	157.5
29	6373	37188	391497	322679	264841	3246171	482122	76137	53260980	3.5	156.9
30	6398	21650	428291	346286	268934	4073262	533542	75027	65384670	4.5	156.3
31	6460	42670	379960	249433	269339	3329412	365838	75994	64047120	3.2	154.8
32	6423	44236	386192	289374	271699	3507054	454333	79205	57384950	3.4	155.7
33	6349	43129	325716	273318	280387	2655348	390306	81065	50751100	3.4	157.5
34	6337	33177	347998	301562	288234	3058187	450018	82469	52958680	3.7	157.8
35	6196	31335	318773	303088	301184	2777265	452861	82307	49220920	3.52	161.4
36	6277	34003	319299	279871	302650	2804720	403356	86635	52521640	3.64	159.3
37	6423	22820	361728	359205	311359	2955210	499150	86548	66481200	3.9	155.7
38	6435	38566	358978	296811	344141	3116316	428094	114250	56687450	3.5	155.4
39	6361	35895	403969	385723	368541	3512177	586635	114207	51689370	3.38	157.2
40	6313	38423	351604	327325	381977	2919593	483860	117904	61636600	3.53	158.4



表Ⅷ-7-2 試料A-歪率0%クリープ測定-外れ値検定結果

6要素

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η 1[Pa·s]	粘性率η 2[Pa·s]	粘性率η 3[Pa·s]	粘性率η N[Pa·s]	サンプリング厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
平均	6376	42139	331759	265608	0	2891871	373612	329884	55625095	3.5	156.9
標準偏差	78	3233	13885	22657	0	153691	32984	32984	3859314	0.1	1.9
最大値	6485	45171	349465	310634	0	3093326	437679	437679	61032060	3.6	160.5
上内境界点	6485	45171	349465	310634	0	3093326	437679	437679	61032060	3.6	160.5
上ヒンジ	6441	45041	347022	280789	0	3029691	404817	404817	59677933	3.5	158.6
中央値	6386	43877	331719	264779	0	2910992	363631	363631	55750185	3.5	156.6
下ヒンジ	6307	37967	316561	245221	0	2737120	346706	346706	51625323	3.4	155.3
下内境界点	6231	37329	311403	235057	0	2627451	335921	335921	50313890	3.4	154.2
最小値	6231	37329	311403	235057	0	2627451	335921	335921	50313890	3.4	154.2

8要素

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η 1[Pa·s]	粘性率η 2[Pa·s]	粘性率η 3[Pa·s]	粘性率η N[Pa·s]	サンプリング厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
平均	6391	38709	355124	292602	256901	3127480	430670	72144	55552521	3.5	156.5
標準偏差	81	6660	29776	34535	45698	410748	56722	18298	4393782	0.2	2.0
最大値	6536	58427	428291	385723	381977	4573253	586635	117904	66481700	4.5	161.7
上内境界点	6536	58427	428291	385723	381977	4573253	586635	117904	66481700	4.5	161.7
上ヒンジ	6435	43280	376921	305225	278215	3316649	577098	108954	64474856	3.9	160.7
中央値	6386	38471	351065	282177	250309	3076411	417688	70648	54508930	3.5	156.6
下ヒンジ	6349	35978	333930	265704	225761	2828330	385616	61697	52630900	3.4	155.4
下内境界点	6221	25025	291111	249433	191018	2418752	347734	38359	47483820	3.2	153.0
最小値	6184	21650	291111	249433	191018	2418752	347734	38359	47483820	3.2	153.0

外れ値検定

	粘性率η 1[Pa·s]	粘性率η 2[Pa·s]	粘性率η 3[Pa·s]	粘性率η N[Pa·s]	サンプリング厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
下ヒンジ	2828330	385616	61697	52630900	3.4	155.4
上内境界点	4049128	577098	108954	64474856	3.9	160.7
下内境界点	2418752	347734	38359	47483820.00	3.2	153.0
上ヒンジ	3316649	462209	80600	57368482.50	3.6	157.5
中央値	3076411	417688	70648	54508930	3.5	156.6
外れ値1	<b>4573253</b>	<b>586635</b>	<b>114250</b>	<b>65384670</b>	4.5	161.7
外れ値2	<b>4073262</b>	<b>381977</b>	<b>385723</b>	<b>66481200.00</b>	3.5	161.4
外れ値3	<b>117904</b>	<b>70648</b>	<b>117904</b>	<b>66481200.00</b>	3.5	161.4

表Ⅶ-7-3 試験A-歪率0%クリープ測定-外れ値検定後データ

ファイル名	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率ηN[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接面積[mm <sup>2</sup> ]
1	6289	45171	314479	235057	0	2627451	352403	0	61032060	3.39	159.0
2	6386	44560	344682	284170	0	3031754	414224	0	59913340	3.51	156.6
3	6485	45159	347802	243442	0	3093326	335921	0	56098600	3.44	154.2
4	6361	39582	322805	259438	0	2831192	344808	0	58971710	3.64	157.2
5	6231	43193	329351	270120	0	2946498	376598	0	50313890	3.39	160.5
6	6423	37429	349465	310634	0	3023501	437679	0	51653440	3.45	155.7
7	6386	37329	334086	270644	0	2875485	368174	0	55401770	3.56	156.6
8	6447	44685	311403	250556	0	2705763	359089	0	51615950	3.50	155.1
9	6423	36225	363632	283920	191018	3082249	373417	38359	54477740	3.48	155.7
10	6510	36255	368395	280592	192477	3177848	384408	40831	58509940	3.28	153.6
11	6435	37458	344989	258527	200342	2896047	362997	54983	57084620	3.51	155.4
12	6184	43110	327839	264520	204519	2967168	398061	55112	49000900	3.36	161.7
13	6373	36227	385053	300822	213181	3416034	461744	51457	57319080	3.49	156.9
14	6349	43330	357818	262336	221299	3215794	379795	61927	53690450	3.46	157.5
15	6386	38574	379763	326875	222268	3345294	514202	55112	47483820	3.57	156.6
16	6510	44060	350527	267921	225505	3070572	387203	65897	56992560	3.35	153.6
17	6325	37846	332826	265641	226532	2827907	388377	55875	54132550	3.62	158.1
18	6435	43542	338029	269778	226793	2943427	400629	62386	53566240	3.39	155.4
19	6349	38519	354822	283123	230188	3278360	439893	61620	54033780	3.64	157.5
20	6410	42994	337242	266005	235415	2829597	385087	65302	51257110	3.32	156.0
21	6386	44199	350241	252727	236537	3093349	367282	70182	56663850	3.44	156.6
22	6373	37004	366605	294258	248628	3210159	407282	69373	54271710	3.53	156.9
23	6536	45008	318630	264636	251126	2794089	390287	73269	54554210	3.45	153.0
24	6373	42865	291111	281231	259087	2418752	443291	77442	54540120	3.43	156.9
25	6349	32684	323020	265892	259365	2705175	347734	71113	56299670	3.66	157.5
26	6373	37188	391497	322679	264841	3246171	482122	76137	53260980	3.46	156.9
27	6460	42670	379960	249433	269339	3329412	365838	75994	64047120	3.23	154.8
28	6423	44236	386192	289374	271699	3507054	454333	79205	57384950	3.43	155.7
29	6349	43129	325716	273318	280387	2655348	390306	81065	50751100	3.41	157.5
30	6387	33177	347998	301562	288234	3058187	450018	82469	52958680	3.67	157.8
31	6196	31335	318773	303088	301184	2777265	452861	82307	49220920	3.52	161.4
32	6277	34003	319299	279871	302650	2804720	403356	86635	52521640	3.64	159.3

6要素	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率ηN[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接面積[mm <sup>2</sup> ]
n	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
平均	6376	42139	331759	265508	0	2891871	373612	0	55625095	3.49	156.9
標準偏差	n	78	3233	22657	0	153691	32984	0	3859314	0.08	1.9

8要素	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率ηN[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接面積[mm <sup>2</sup> ]
n	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
平均	6380	39402	348332	279505	242609	3027082	409605	66419	54384168	3.47	156.8
標準偏差	n	83	4192	19985	31919	263949	41619	12781	3409979	0.12	2.1

6+8要素	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率ηN[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接面積[mm <sup>2</sup> ]
n	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
平均	6379	40086	344189	276006	181957	2993280	400607	49814	54604400	3.3	157
標準偏差	n	83	4214	21900	110367	252134	43273	31310	3625469	0	2



表Ⅷ-8-2 試料A-歪率22%クリープ測定-外れ値検定結果

6 要素

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	サンプリング厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
平均	8803	217167	374434	592677	0	3764451	879587	0	36710788	2.9	197.9
標準偏差σ	327	165247	79450	197304	0	855943	350759	0	5959394	0.1	7.7
最大値	9340	897673	672315	1043121	0	6858581	1913311	0	59123810	3.2	218.8
上内境界点	9340	401976	525594	1043121	0	5241809	1584592	0	49359060	3.2	212.8
上ヒンジ	9037	239406	401979	726263	0	3973554	1050382	0	39070080	3.0	200.7
中央値	8864	158027	367721	554436	0	3750692	796836	0	36103680	2.9	196.3
下ヒンジ	8672	131025	319569	493455	0	3128050	694241	0	32210760	2.8	192.6
下内境界点	8125	86653	274135	144243	0	2753554	160030	0	29139080	2.6	186.3
最小値	7952	86653	274135	0	0	2753554	0	0	29139080	2.6	186.3

7 要素

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	サンプリング厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
平均	8621	168250	353353	561152	585852	3534100	857389	164594	35983293	2.9	202.8
標準偏差σ	549	68097	44003	78878	157468	512694	149115	58249	3540427	0.1	14.4
最大値	9163	504348	478075	724938	918321	5180022	1197423	289668	43607680	3.2	249.6
上内境界点	9163	221450	453351	724938	918321	4903119	1197423	289668	43171645	3.1	211.7
上ヒンジ	8953	170821	372285	614493	679946	3825766	998019	206306	37600255	3.0	201.3
中央値	8801	156307	351389	572968	605722	3525547	829159	173955	35570060	2.9	197.7
下ヒンジ	8644	136734	318240	491418	477968	3107531	738906	114233	33885995	2.8	194.4
下内境界点	8180	90924	273760	396626	175001	2697802	569366	14716	28314605	2.7	189.9
最小値	6971	90924	273760	396626	131343	2697802	569366	14716	28081000	2.7	189.9

8 要素

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	サンプリング厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
平均	8644	136734	318240	491418	477968	3107531	738906	114233	33885995	2.8	194.4
標準偏差σ	8163	221450	453351	724938	918321	4903119	1197423	289668	43171645	3.1	211.7
最大値	9163	504348	478075	724938	918321	5180022	1197423	289668	43607680	3.2	249.6
上内境界点	9163	221450	453351	724938	918321	4903119	1197423	289668	43171645	3.1	211.7
上ヒンジ	8953	170821	372285	614493	679946	3825766	998019	206306	37600255	3.0	201.3
中央値	8801	156307	351389	572968	605722	3525547	829159	173955	35570060	2.9	197.7
下ヒンジ	8644	136734	318240	491418	477968	3107531	738906	114233	33885995	2.8	194.4
下内境界点	8180	90924	273760	396626	175001	2697802	569366	14716	28314605	2.7	189.9
最小値	6971	90924	273760	396626	131343	2697802	569366	14716	28081000	2.7	189.9







表Ⅶ-9-3 試料 A-至率33%クリーブ測定-外れ値検定後データ

サンプル名	応力 P <sub>0</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>0</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>1</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>2</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>3</sub> [Pa]	粘性率 η <sub>1</sub> [Pa·s]	粘性率 η <sub>2</sub> [Pa·s]	粘性率 η <sub>3</sub> [Pa·s]	粘性率 η[N·Pa·s]	サンプル厚さ [mm]	接軸面積 [mm <sup>2</sup> ]
1	11573	388127	258775	718892	0	2863080	938927	0	1921030	2.18	248.0
2	11686	225093	304177	741408	0	3246645	860231	0	20273900	2.35	245.6
3	11380	312946	182848	625960	0	2161609	942134	0	19708240	2.20	252.2
4	11624	165107	282308	611279	0	3016929	815255	0	10412870	2.23	246.9
5	10395	407946	234746	562965	0	2418728	779017	0	23162680	2.08	276.1
6	11662	210484	228669	676010	0	2408297	1014274	0	22198850	2.22	246.1
7	11434	389804	227277	650946	0	2387228	722074	0	21263870	2.25	251.0
8	11724	209695	226899	654198	0	2325404	981600	0	21143190	2.20	244.8
9	11073	202074	220347	644958	0	2274075	1030103	0	20727840	2.19	259.2
10	10794	195183	269528	634762	0	2797015	902098	0	24311680	2.17	265.9
11	10035	178040	280638	607331	0	2993520	907816	0	21848290	2.20	286.0
12	11531	228627	246137	728313	0	2686893	762131	0	21873570	2.30	248.9
13	12577	334356	259755	838750	0	2868316	1460629	0	22375060	2.18	228.2
14	11250	232439	227261	717128	0	3055420	1110140	0	18518910	2.19	255.1
15	11909	322236	478650	957082	0	3159654	851326	0	13888260	2.30	241.0
16	11030	228924	228078	624475	0	2349053	969204	0	20533320	2.20	260.2
17	11471	340982	245615	694018	0	2679248	1087510	0	18528410	2.17	250.2
18	10834	345149	233843	629868	0	2524978	871688	0	19392200	2.23	264.9
19	10606	280591	329866	660406	0	3298811	848901	0	27322660	2.09	270.6
20	11299	233308	250757	690476	0	2512718	840628	0	24885940	2.23	254.0
21	10532	211583	298622	798382	0	3173188	1236956	0	22955320	2.25	272.5
22	11277	238070	296959	823609	0	3360914	1103129	0	24407580	2.28	254.5
23	10474	248768	302937	678750	0	3301830	1009484	0	23492750	2.28	274.0
24	12105	263246	299148	686376	0	3175011	946270	0	23846400	2.24	237.1
25	11512	345367	335180	695701	0	3434571	870260	0	25131150	2.28	249.3
26	11816	276855	394068	813452	0	4084406	1155849	0	31059690	2.39	242.9
27	11107	376045	250326	591834	0	2589455	952693	0	23078410	2.37	258.4
28	11835	252186	446537	873529	0	4437107	1091121	0	27374570	2.28	242.5
29	10099	183682	245327	791365	0	2769318	1252363	0	15982730	2.31	284.2
30	9976	294154	287952	719274	0	3125616	1223708	0	20277600	2.3	287.7
31	10021	204853	305541	646407	0	3095780	887859	0	19321390	2.31	286.4
32	11526	427033	250174	601515	0	2688561	951305	0	23668500	2.26	249
33	11286	220027	380995	863597	0	4005323	1316200	0	33930140	2.32	254.3
34	11416	385725	262775	503807	0	2758333	757537	0	24306470	2.23	251.4

6要素	応力 P <sub>0</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>0</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>1</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>2</sub> [Pa]	弾性率 E <sub>3</sub> [Pa]	粘性率 η <sub>1</sub> [Pa·s]	粘性率 η <sub>2</sub> [Pa·s]	粘性率 η <sub>3</sub> [Pa·s]	粘性率 η[N·Pa·s]	サンプル厚さ [mm]	接軸面積 [mm <sup>2</sup> ]
n	28	28	28	28	0	28	28	0	28	28	28
平均	11305	272972	281270	701102	0	2913718	966512	0	22375951	2.2	254.5
標準偏差	571	70407	66136	93130	0	536263	157828	0	3309763	0.1	13.1
8要素	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
n	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
平均	10721	285912	288794	687661	1166525	3073822	1064829	337457	22914472	2.3	268.8
標準偏差	759	101300	50676	130868	721448	492248	228012	298110	6129556	0.0	19.0
6+8要素	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
n	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
平均	11202	275256	282597	698730	1166525	2941972	983862	337457	22470884	2	257
標準偏差	637	75071	63057	98581	721448	525207	172553	298110	3849317	0	15



表Ⅳ-10-1 試料A-歪率44%クリープ測定一元データ

	応力PO[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	粘性率η1[Pa・s]	粘性率η2[Pa・s]	粘性率η3[Pa・s]	粘性率η4[Pa・s]	サンプリング厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
1	15398	321958	433326	990452	4789005	1041037	26497380	1.84	287.7	
2	16723	565805	575998	2449866	6731120	3135021	35185120	2.03	264.9	
3	16561	435486	642285	3328763	7394603	5013160	32856690	2.13	267.5	
4	16573	956143	325693	3444919	3791835	9886272	19424120	2.25	267.3	
5	15999	398951	484619	2613906	5849199	2701443	27321820	1.97	276.9	
6	15681	526258	494671	2326760	5780978	3162787	29341880	1.98	282.5	
7	14906	556858	341640	1694929	3846560	1682323	24512820	1.98	297.2	
8	14936	556235	417813	1967894	6568920	4088071	19713660	2.16	296.6	
9	15176	505881	316339	1772337	3656198	1883771	21481100	1.80	291.9	
10	15549	404282	384515	1906515	4487164	1216698	23042060	1.95	284.9	
11	16579	442790	721186	2580203	8548378	3577957	33470450	2.19	267.2	
12	16299	351179	421983	1684086	4797632	2285781	29130480	2.09	271.8	
13	15577	547964	273963	1362274	2831427	571865	23421720	1.97	284.4	
14	14402	536795	454161	2255116	5147917	3109211	25441610	2.05	307.6	
15	15114	547893	601259	1900034	6906951	1684025	29438250	2.03	293.1	
16	15632	644804	363800	2197619	4258665	3099817	26058090	1.98	283.4	
17	14772	567693	484148	1648679	6479311	1878934	19807940	1.96	299.9	
18	15760	330777	495064	2241429	6089214	3008904	29322400	1.91	281.1	
19	14881	304085	420845	1873476	5058000	2957115	25769690	1.88	297.7	
20	14277	522665	402237	2496800	4675959	3098946	23807990	2.10	310.3	
21	16022	373840	652324	1937482	7506006	1930115	33762120	2.16	276.5	
22	14046	534286	361632	2056245	4198024	2360138	21967690	1.94	315.4	
23	16086	389545	558054	2107656	6469501	1508753	33302760	2.01	275.4	
24	15626	684076	478997	1917632	5069754	3144741	34331640	1.97	283.5	
25	15068	419461	471766	1100206	6135228	1229770	19224730	2.08	294.0	
26	16281	403143	470859	1504880	5237374	1449636	33653040	2.06	272.1	
27	14286	156294	0	0	0	0	19949370	2.21	310.1	
28	15452	494978	494065	2196887	5698327	1999626	28624920	1.89	286.7	
29	16444	986637	451492	4735379	4846390	8971002	29190390	2.22	269.4	
30	15234	863251	483417	1962064	5786123	1660152	27533510	2.04	290.8	
31	15371	756428	537786	2991764	5915976	4502662	31462160	1.87	288.2	
32	16857	592711	397585	2968211	4469854	2145414	25718620	2.18	262.8	
33	16257	552734	529477	2659460	6241007	4059457	31886650	1.87	272.5	
34	15659	358931	498709	2029065	5828486	1646392	29283200	2.04	282.9	
35	16511	335387	550457	2009718	6833921	2256398	25328080	1.95	268.3	
36	16045	514544	681997	1384853	7859509	1202818	35848930	1.86	276.1	
37	15844	443634	570437	1368709	6469354	1294212	31912860	1.96	279.6	
38	16395	1292703	712659	2741584	8487635	4242109	23279470	2.05	270.2	
39	15334	367303	418060	1997824	4883882	2046733	27877060	2.06	288.9	
40	15192	665074	398703	2455952	4536610	2629684	26744660	1.97	291.6	
41	15387	557426	391978	1415970	4481939	1285417	27418800	1.92	287.9	
42	16074	500666	481251	1927445	5604643	3064429	25941130	1.90	275.6	
43	16144	417061	607903	1469754	7534504	1794204	26767900	1.86	274.4	
44	15517	225588	0	0	0	0	28336840	1.89	285.5	
45	15387	328728	309697	1446962	3367706	961974	22296030	1.88	287.9	

表Ⅷ-10 -2 試料A-歪率44%クリープ測定-外れ値検定結果

6要素

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η N[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	45	45	45	45	45	45	45	45	45
平均	15629	516421	456997	2024928	5358462	2588199	27259730	2.00	284.0
標準偏差 n	688	203776	144212	796030	1747052	1852824	4537965	0.11	12.7
最大値	16857	1292703	721186	4735379	8548378	9886272	35848930	2.25	315.4
上内境界点	16857	831500	721186	3767103	8548378	5586498	35848930	2.25	315.4
上ヒンジ	16201	561616	544121	2452909	6474406	3122116	30450205	2.07	291.8
中央値	15626	505881	471766	1967894	5604643	2145414	27321820	1.98	283.5
下ヒンジ	15184	381692	394782	1576780	4484552	1479195	23614855	1.91	273.5
下内境界点	14046	156294	170772	262585	1499770	0	19224730	1.80	262.8
最小値	14046	156294	0	0	0	0	19224730	1.80	262.8

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η N[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
下ヒンジ	15184	381692	394782	1576780	4484552	1479195	23614855	1.91	273.5
上内境界点	16857	831500	721186	3767103	8548378	5586498	35848930	2.25	315.4
下内境界点	14046	156294	170772	262585	1499770	0	19224730	1.80	262.8
上ヒンジ	16201	561616	544121	2452909	6474406	3122116	30450205	2.07	291.8
中央値	15626	505881	471766	1967894	5604643	2145414	27321820	1.98	283.5
外れ値1	956143	0	0	0	0	9886272			
外れ値2	986637	0	4735379	0	0	8971002			
外れ値3	863251	0	0	0	0	0			
外れ値4	1292703	0	0	0	0	0			

表VII-10 一3 試料A-歪率44%クリーブ測定-外れ値検定後データ

	応力 P0 [Pa]	弾性率 E0 [Pa]	弾性率 E1 [Pa]	弾性率 E2 [Pa]	粘性率 η1 [Pa·s]	粘性率 η2 [Pa·s]	粘性率 η N [Pa·s]	粘性率 η N [Pa·s]	サンプル厚さ [mm]	接触面積 [mm <sup>2</sup> ]
1	15398	321958	433326	990452	4789005	1041037	26497380	1.84	287.7	
2	16723	565805	575998	2449866	6731120	3195021	35185120	2.03	264.9	
3	16561	435486	642285	3328763	7394603	5013160	32856690	2.13	267.5	
4	15999	398951	484619	2613906	5849199	2701443	27321820	1.97	276.9	
5	15681	526258	494671	2326760	5780978	3162787	29341880	1.98	282.5	
6	14906	556858	341640	1694929	3846560	1682323	24512820	1.98	297.2	
7	14936	556235	417813	1967894	6568920	4088071	19713660	2.16	296.6	
8	15176	505881	316339	1772337	3656198	1883771	21481100	1.80	291.9	
9	15549	404282	384515	1906515	4487164	1216698	23042060	1.95	284.9	
10	16579	442790	721186	2580203	8548378	3577957	33470450	2.19	267.2	
11	16299	351179	421983	1684086	4797632	2285781	29130480	2.09	271.8	
12	15577	547964	273963	1362274	2831427	571865	23421720	1.97	284.4	
13	14402	536795	454161	2255116	5147917	3109211	25441610	2.05	307.6	
14	15114	547893	601259	1900034	6906951	1684025	29438250	2.03	293.1	
15	15632	644804	363800	2197619	4258665	3099817	26058090	1.98	283.4	
16	14772	567693	484148	1648679	6479311	1878934	19807940	1.96	299.9	
17	15760	330777	495064	2241429	6089214	3008904	29322400	1.91	281.1	
18	14881	304085	420845	1873476	5058000	2957115	25769690	1.88	297.7	
19	14277	522665	402237	2496800	4675959	3098946	23807990	2.16	310.3	
20	16022	373840	652324	1937482	7506006	1930115	33762120	2.10	276.5	
21	14046	534286	361632	2056245	4198024	2360138	21967690	1.94	315.4	
22	16086	389545	588054	2107656	6469501	1508753	33302760	2.01	275.4	
23	15626	684076	478997	1917632	5069754	3144741	34331640	1.97	283.5	
24	15068	419461	471766	1100206	6135228	1229770	19224730	2.06	294.0	
25	16281	403143	470859	1504880	5237374	1449636	33653040	2.08	272.1	
26	15452	494978	494065	2196887	5698327	1999626	28624920	1.89	286.7	
27	15371	756428	537786	2991764	5915976	4502662	31462160	1.87	288.2	
28	16857	592711	397585	2988211	4469854	2145414	25718620	2.18	262.8	
29	16257	552734	529477	2659460	6241007	4059457	31886650	1.87	272.5	
30	15659	358931	498709	2029065	5828486	1646392	29283200	2.04	282.9	
31	16511	335387	550457	2009718	6833921	2256398	25328080	1.95	268.3	
32	16045	514544	681997	1384853	7859509	1202818	35848930	1.86	276.1	
33	15844	443634	570437	1368709	6469354	1294212	31912860	1.96	279.6	
34	15334	367303	418060	1997824	4883862	2046733	27877060	2.06	288.9	
35	15192	665074	398703	2455952	4536610	2629684	26744660	1.97	291.6	
36	15387	557426	391978	1415970	4481939	1285417	27418800	1.92	287.9	
37	16074	500666	481251	1927445	5604643	3064429	25941130	1.90	275.6	
38	16144	417061	607903	1469754	7534504	1794204	26767900	1.86	274.4	
39	15387	328728	309697	1446962	3367706	961974	22296030	1.88	287.9	

6要素	応力 P0 [Pa]	弾性率 E0 [Pa]	弾性率 E1 [Pa]	弾性率 E2 [Pa]	粘性率 η1 [Pa·s]	粘性率 η2 [Pa·s]	粘性率 η N [Pa·s]	サンプル厚さ [mm]	接触面積 [mm <sup>2</sup> ]
n	39	39	39	39	39	39	39	39	39
平均	15612	480982	476707	2006098	5595353	2351524	27666003	1.99	284.3
標準偏差	664	109543	103737	516891	1291417	1029091	4485333	0.10	12.3

表Ⅶ-11-1 試料B—一定荷重(0.8N)—試料厚さ[mm]時間的變化-26℃

時間[s]	0	3	6	10	15	20	25	30
1	3.19	2.67	2.66	2.66	2.66	2.65	2.65	2.65
2	3.34	2.78	2.78	2.77	2.77	2.76	2.76	2.76
3	3.28	2.85	2.84	2.84	2.84	2.83	2.83	2.83
4	3.42	2.94	2.93	2.93	2.93	2.92	2.92	2.92
5	3.28	2.80	2.79	2.78	2.78	2.77	2.77	2.77
6	3.41	2.86	2.85	2.85	2.84	2.84	2.84	2.84
7	3.49	2.94	2.93	2.93	2.92	2.92	2.92	2.92
8	3.58	3.00	2.99	2.98	2.98	2.98	2.97	2.97
9	3.48	2.95	2.94	2.93	2.93	2.93	2.93	2.92
10	3.45	2.86	2.85	2.84	2.84	2.84	2.83	2.83
平均	3.39	2.87	2.86	2.85	2.85	2.84	2.84	2.84
標準偏差	0.12	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

表Ⅶ-11-2 試料B—一定荷重(0.8N)—歪率[%]時間的變化-26℃

時間[s]	0	3	6	10	15	20	25	30
1	0	16.3	16.6	16.6	16.6	16.9	16.9	16.9
2	1	16.8	16.8	17.1	17.1	17.4	17.4	17.4
3	2	13.1	13.4	13.4	13.4	13.7	13.7	13.7
4	3	14.0	14.3	14.3	14.3	14.6	14.6	14.6
5	4	14.6	14.9	15.2	15.2	15.5	15.5	15.5
6	5	16.1	16.4	16.4	16.7	16.7	16.7	16.7
7	6	15.8	16.0	16.0	16.3	16.3	16.3	16.3
8	7	16.2	16.5	16.8	16.8	16.8	17.0	17.0
9	8	15.2	15.5	15.8	15.8	15.8	15.8	16.1
10	9	17.1	17.4	17.7	17.7	17.7	18.0	18.0
平均值	4.5	15.5	15.8	15.9	16.0	16.1	16.2	16.2
標準偏差	3.02765	1.3	1.2	1.3	1.3	1.2	1.3	1.3

表Ⅶ-12-1 試料B—一定荷重(3.0N)—試料厚さ[mm]時間的變化-26℃

時間[s]	0	3	5	10	15	20	25	30
1	3.41	2.46	2.45	2.43	2.43	2.42	2.41	2.41
2	3.30	2.43	2.41	2.40	2.40	2.39	2.39	2.39
3	3.41	2.51	2.49	2.48	2.47	2.46	2.46	2.45
4	3.55	2.65	2.63	2.61	2.61	2.60	2.59	2.59
5	3.51	2.55	2.54	2.52	2.51	2.51	2.50	2.50
6	3.35	2.38	2.36	2.34	2.33	2.32	2.31	2.31
7	3.25	2.35	2.34	2.32	2.30	2.30	2.29	2.29
8	3.55	2.63	2.61	2.59	2.59	2.58	2.57	2.57
9	3.18	2.27	2.26	2.24	2.23	2.22	2.22	2.22
10	3.53	2.61	2.59	2.58	2.57	2.56	2.56	2.55
平均	3.40	2.48	2.47	2.45	2.44	2.44	2.43	2.43
標準偏差	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13

表Ⅶ-12-2 試料B—一定荷重(3.0N)—歪率[%]時間的變化-26℃

時間[s]	0	3	6	10	15	20	25	30
1	0	27.9	28.2	28.7	28.7	29.0	29.3	29.3
2	0	26.4	27.0	27.3	27.3	27.6	27.6	27.6
3	0	26.4	27.0	27.3	27.6	27.9	27.9	28.2
4	0	25.4	25.9	26.5	26.5	26.8	27.0	27.0
5	0	27.4	27.6	28.2	28.5	28.5	28.8	28.8
6	0	29.0	29.6	30.1	30.4	30.7	31.0	31.0
7	0	27.7	28.0	28.6	29.2	29.2	29.5	29.5
8	0	25.9	26.5	27.0	27.0	27.3	27.6	27.6
9	0	28.6	28.9	29.6	29.9	30.2	30.2	30.2
10	0	26.1	26.6	26.9	27.2	27.5	27.5	27.8
平均值	0	27.1	27.5	28.0	28.2	28.5	28.6	28.7
標準偏差	0	1.2	1.1	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3

表Ⅶ-13-1 試料B—一定荷重(4.7N)—試料厚さ[mm]時間的變化-26℃

時間[s]	0	3	5	10	15	20	25	30
1	3.41	2.17	2.14	2.11	2.08	2.06	2.06	2.04
2	3.58	2.33	2.27	2.22	2.18	2.16	2.16	2.12
3	3.53	2.27	2.21	2.17	2.14	2.12	2.12	2.08
4	3.65	2.31	2.24	2.20	2.16	2.13	2.13	2.09
5	3.77	2.27	2.21	2.17	2.13	2.11	2.11	2.07
6	3.5	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18	2.18
7	3.23	2.14	2.10	2.06	2.03	2.01	2.01	1.99
平均	3.52	2.24	2.19	2.16	2.13	2.11	2.11	2.08
標準偏差	0.17	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

表Ⅶ-13-2 試料B—一定荷重(4.7N)—歪率[%]時間的變化-26℃

時間[s]	0	3	6	10	15	20	25	30
1	0	36.4	37.2	38.1	39.0	39.6	39.6	40.2
2	0	34.9	36.6	38.0	39.1	39.7	39.7	40.8
3	0	35.7	37.4	38.5	39.4	39.9	39.9	41.1
4	0	36.7	38.6	39.7	40.8	41.6	41.6	42.7
5	0	39.8	41.4	42.4	43.5	44.0	44.0	45.1
6	0	37.7	37.7	37.7	37.7	37.7	37.7	37.7
7	0	33.7	35.0	36.2	37.2	37.8	37.8	38.4
平均值	0	36.4	37.7	38.7	39.5	40.1	40.1	40.9
標準偏差	0	2.0	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2	2.5

表Ⅶ-14 試料B-歪率16%固定-内部応力変化-26℃

時間[s] 試料NO.	0	3	6	10	15	20	25	30
1	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
2	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
3	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
4	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72
5	0.80	0.78	0.76	0.74	0.73	0.72	0.72	0.71
平均	0.80	0.78	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.71
標準偏差	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

表Ⅶ-15 試料B-歪率28%固定-内部応力変化-26℃

時間[s] 試料NO.	0	3	6	10	15	20	25	30
1	3.00	2.91	2.87	2.82	2.78	2.75	2.72	2.70
2	3.00	2.91	2.86	2.81	2.76	2.73	2.70	2.68
3	3.00	2.91	2.86	2.80	2.76	2.72	2.69	2.67
4	3.00	2.91	2.86	2.81	2.77	2.73	2.70	2.68
5	3.00	2.91	2.87	2.82	2.77	2.74	2.71	2.69
6	3.00	2.94	2.88	2.84	2.80	2.77	2.74	2.72
7	3.00	2.92	2.85	2.80	2.75	2.71	2.68	2.66
8	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.72	2.69	2.67
平均	3.00	2.92	2.86	2.81	2.77	2.73	2.70	2.68
標準偏差	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02

表Ⅶ-16 試料B-歪率39%固定-内部応力変化-26℃

時間[s] 試料NO.	0	3	6	10	15	20	25	30
1	4.70	4.50	4.21	4.12	4.05	3.98	3.93	3.88
2	4.70	4.41	4.23	4.16	4.06	3.99	3.93	3.89
3	4.70	4.37	4.21	4.10	4.00	3.94	3.88	3.82
4	4.70	4.40	4.28	4.18	4.08	4.01	3.96	3.91
5	4.70	4.39	4.25	4.14	4.04	3.97	3.92	3.87
6	4.70	4.40	4.27	4.16	4.06	3.99	3.94	3.89
7	4.70	4.34	4.20	4.10	4.00	3.92	3.87	3.82
8	4.70	4.48	4.35	4.22	4.13	4.06	4.01	3.96
9	4.70	4.36	4.24	4.13	4.03	3.96	3.90	3.86
平均	4.70	4.41	4.25	4.15	4.05	3.98	3.93	3.88
標準偏差	0.00	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

表Ⅷ-17-1 試験B-歪率0%クリープ測定-元データ

ファイル名	応力 P [Pa]	弾性率 E0 [Pa]	弾性率 E1 [Pa]	弾性率 E2 [Pa]	弾性率 E3 [Pa]	粘性率 η1 [Pa·s]	粘性率 η2 [Pa·s]	粘性率 η3 [Pa·s]	粘性率 η4 [Pa·s]	サンプル厚さ [mm]	接触面積 [mm <sup>2</sup> ]
1	4479	51474	593403	426028	163999	5512610	657705	35523	93940600	3.54	156.3
2	4453	50419	609175	453538	195873	4043816	635451	47086	89679390	3.51	157.2
3	4461	54393	559840	453503	196999	4888985	594499	43630	96977670	3.56	156.9
4	4540	53946	616219	441077	211929	5654064	610277	50074	103676200	3.47	154.2
5	4411	56265	609480	468753	236946	5486710	639552	55812	115876100	3.61	158.7
6	4337	37341	564502	481764	237731	5116147	766859	64070	85049190	3.53	161.4
7	4411	40958	512918	418393	256804	4705490	645427	71014	80804990	3.77	158.7
8	4411	55218	629764	468733	260204	5676771	694004	61865	100018100	3.33	158.7
9	4353	40862	570952	479765	279049	4782298	714038	72029	105178000	3.52	160.8
10	4386	74495	518541	503212	281963	4389610	767978	74230	925775000	3.38	159.6
11	4411	53470	614718	448601	282150	4975363	677654	79256	79174350	3.37	158.7
12	4487	51136	568132	493906	290675	4606031	681440	75381	90155210	3.51	156.0
13	4487	59203	480894	370753	332434	3829347	475370	86280	76896880	3.47	156.0
14	4411	43757	507265	425950	352328	4423105	604883	99722	86359820	3.74	158.7
15	4531	28037	598574	428679	358503	5230886	615593	100553	105171500	3.75	154.5
16	4496	33257	571482	418143		4722102	480986		98288820	3.78	155.7
17	4540	54732	620005	475370		4902354	568209		87089380	3.40	154.2
18	4428	53709	659446	534517		5686719	672389		106860900	3.53	158.1
19	4479	7680742	488690	331799		4222468	434445		1197297000	3.43	156.3
20	4378	49800	488690	331799		4222468	434445		83055140	3.39	159.9
21	4313	49333	532967	398190		4748203	563248		87465910	3.42	162.3
22	4345	54157	643314	503958		5649411	766982		99061930	3.44	161.1
23	4540	56861	533896	489489		4598864	705637		93847500	3.67	154.2
24	4313	52918	715693	461504		5740880	528249		97739760	3.46	162.3
25	4531	51930	709323	548622		6326012	717309		111183600	3.45	154.5
26	4370	49687	605151	408808		5065183	515930		89251180	3.40	160.2
27	4479	76547	628851	527228		5409071	796771		103267800	3.35	156.3
28	4419	50463	565963	415933		4999570	583079		94298180	3.46	158.4
29	4436	80088	527161	422536		4652087	567261		83913530	3.34	157.8
30	50504	591812	474361	474361		4969691	631793		85786390	3.32	153.9
31	4428	52242	627304	428619		5583924	557636		104658800	3.41	158.1
32	4513	86663	552092	365240		4496343	431820		101242800	3.61	155.1
33	4522	42030	657259	415864		5776313	608222		113690300	3.69	154.8
34	4329	32083	612919	436483		5739954	640024		100794100	3.75	161.7
35	4428	51849	585499	385793		4762460	432888		105714000	3.56	158.1
36	4557	49742	590281	408934		5107942	540818		104222100	3.46	153.6
37	4461	38225	514637	386926		3903886	457241		83474260	3.53	156.9
38	4548	49226	581468	533681		5170536	840607		78897640	3.42	153.9
39	4487	58475	623424	462699		5080931	648600		97658110	3.31	156.0
40	4353	39351	552266	374859		4269837	495429		87731100	3.67	160.8
41	4329	38197	482539	335602		3339921	365532		90828800	3.60	161.7
42	4557	25923	584159	416911		4705376	539363		104974000	4.05	153.6
43	4575	50606	528408	422509		4586234	566149		88927930	3.44	153.0



表B-17-2 試料B-歪率0%クリープ測定-外れ値検定結果

	B要素			C要素			D要素				
	応力P[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率η4[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
平均	4438	50065	570292	450850	262479	4953416	652049	67768	9343700	3.54	157.8
標準偏差	58	10484	44784	33012	55572	503625	70274	18715	10716472	0.13	2.0
最大値	4540	74495	629764	503212	358503	5676771	767978	100553	115876100	3.77	161.4
上内境界点	4540	74495	629764	503212	358503	5676771	767978	100553	115876100	3.77	161.4
上ヒンジ	4487	55218	609480	479765	290675	5486710	694004	79256	103676200	3.61	158.7
中央値	4411	51474	570952	453503	260204	4975363	645427	71014	92577500	3.52	158.7
下ヒンジ	4411	40958	518541	426028	211929	4606031	610277	50074	85049190	3.47	156.0
下内境界点	4337	28037	480894	370753	163989	3829347	484688	35523	78896880	3.33	154.2
最小値	4337	28037	480894	370753	163989	3829347	475370	35523	78896880	3.33	154.2
外れ値1											
下ヒンジ	4411	40958	518541	426028	211929	4606031	610277	50074	85049190	3.47	156.0
上内境界点	4540	74495	629764	503212	358503	5676771	767978	100553	115876100	3.77	161.4
下内境界点	4337	28037	480894	370753	163989	3829347	484688	35523	78896880	3.33	154.2
上ヒンジ	4487	55218	609480	479765	290675	5486710	694004	79256	103676200	3.61	158.7
中央値	4411	51474	570952	453503	260204	4975363	645427	71014	92577500	3.52	158.7
外れ値1							475370				

	B要素			C要素			D要素				
	応力P[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率η4[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
平均	4454	323548	584811	432728	60385	4844588	574574	0	135043306	3.51	157.2
標準偏差	84	1415953	60638	60385	0	641348	116357	0	204633201	0.16	3.0
最大値	4575	7680742	715693	548622	0	6326012	840607	0	1197297000	4.05	182.3
上内境界点	4575	7680742	715693	548622	0	6326012	840607	0	130075751	3.92	182.3
上ヒンジ	4537	54588	626334	475118	0	5540211	646456	0	104549625	3.61	160.1
中央値	4470	50555	584829	420326	0	4936023	564689	0	97688935	3.46	156.6
下ヒンジ	4372	43829	533199	389742	0	4596682	484597	0	87532208	3.40	154.3
下内境界点	4313	27691	482539	331799	0	3339921	365532	0	78897640	3.31	153.0
最小値	4313	25923	482539	331799	0	3339921	365532	0	78897640	3.31	153.0
外れ値1											
下ヒンジ	4372	43829	533199	389742	0	4596682	484597	0	87532208	3.40	154.3
上内境界点	4575	70727	715693	548622	0	6326012	840607	0	130075751	3.92	182.3
下内境界点	4313	27691	482539	331799	0	3339921	365532	0	78897640	3.31	153.0
上ヒンジ	4537	54588	626334	475118	0	5540211	646456	0	104549625	3.61	160.1
中央値	4470	50555	584829	420326	0	4936023	564689	0	97688935	3.46	156.6
外れ値1		7680742							1197297000	4.05	
外れ値2		76547									
外れ値3		80088									
外れ値4		86663									
外れ値5		25923									



表Ⅷ-18-1 試料B-歪率16%クリープ測定一元データ

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率 $\eta_1$ [Pa·s]	粘性率 $\eta_2$ [Pa·s]	粘性率 $\eta_3$ [Pa·s]	粘性率 $\eta$ [Pa·s]	粘性率 $\eta$ [Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
1	9333	206169	779981	1281751	0	7134554	1879280	0	82081600	2.96	187.90	
2	9264	302092	1095265	1478619	0	10478190	2170592	0	95388020	3.00	188.90	
3	9119	226438	1135658	1645945	0	10681050	1755198	0	103740200	2.93	191.90	
4	8503	275436	872084	1376747	0	8957022	2369123	0	78705440	2.98	205.80	
5	9404	227252	938637	1510559	0	8100530	1894633	0	103016300	2.90	186.10	
6	9404	179255	1128566	1413950	0	11505030	2136235	0	110453700	3.05	186.10	
7	9272	246987	1092354	1921050	0	10541380	3548708	0	111503000	3.09	188.74	
8	9444	217502	796906	1336300	0	7569544	1971129	0	93715930	3.04	185.30	
9	9373	212898	837151	1256105	0	7659937	2097757	0	83603400	2.93	186.70	
10	9398	230557	1214958	1570524	0	11972830	2462831	0	114100800	3.14	186.20	
11	8901	205926	954864	1408046	0	8643577	2184382	0	83722030	3.10	196.60	
12	9926	244694	1089237	1552364	0	10274360	1913474	0	111102000	3.18	176.30	
13	9826	247614	1285071	1771715	0	13721620	2741813	0	112868800	3.15	178.10	
14	9663	281533	983548	1508671	0	9977103	2301301	0	104037100	3.03	181.10	
15	9542	188345	1102613	1538171	0	11830030	2085459	0	86072890	3.02	183.40	
16	9605	219539	1142603	1601656	0	11638050	2841149	0	94130340	3.04	182.20	
17	9589	248665	1237230	1524477	0	12962870	1802858	0	120121000	3.06	182.50	
18	10052	367366	1227192	1738382	0	11378290	2646505	0	131151300	3.07	174.10	
19	9664	275258	1175336	1709471	0	11938130	2158595	0	105020200	3.19	181.08	
20	9124	214484	1129682	1657113	0	10777020	2225586	0	103481000	3.15	191.80	
21	8843	236066	1036018	1657667	0	9753578	2591442	0	96461860	3.07	197.90	
22	9294	227509	1142360	1464999	0	10895230	1893321	0	94481070	3.06	188.30	
23	9264	225404	949632	1490939	0	9283128	2105757	0	96804620	3.09	188.90	
24	9235	213555	786971	1103690	0	6889274	1499187	0	74612010	2.96	189.50	
25	9615	217075	932240	1200088	0	8209005	1499267	0	88830310	2.98	182.00	
26	9459	253061	1119147	2120853	0	11341390	3657176	0	107993700	3.13	185.00	
27	10116	272840	1665949	2533786	0	17190440	3644532	0	140548700	2.83	173.00	
28	9434	267745	1100036	1105521	0	10180750	1106344	0	104592500	2.98	185.50	
29	9701	253388	1404569	2292637	0	12618290	2300569	0	120995700	3.03	180.40	
30	9067	221189	986503	1451626	0	13335530	3152648	0	73230620	3.22	193.00	
31	9653	282005	1070631	1507128	0	10335090	1644922	0	110095200	2.98	181.30	
32	9516	307151	1223586	2160990	0	12219750	3542802	0	107637300	3.26	183.90	
33	9966	164272	1561467	1875773	0	15523580	2298446	0	111414600	3.00	175.60	
34	9983	262382	1555319	1259898	0	12335990	944591	0	128643800	2.97	175.30	
35	9820	199063	1427167	1501632	0	14719490	1988720	0	108737000	3.00	178.20	
36	9490	250346	1108177	1663114	0	10445450	2691669	0	121489400	3.06	184.40	
37	9537	191943	717355	1931534	0	7158380	2979152	0	60588590	3.18	183.50	
38	9348	164908	1085397	1411303	0	10623900	1763542	0	104168400	3.14	187.20	
39	7609	114540	715333	1283722	953989	7143059	2245955	226912	66699630	2.80	230.00	
40	9610	232307	1295342	1621000	1348364	11280410	2540246	312601	145962300	3.07	182.10	

表Ⅷ-18-2 試験B-歪率16%クリープ測定-外れ値検定結果

6要素

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘り率n1[Pa·s]	粘り率n2[Pa·s]	粘り率n3[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
平均	9467	237571	1107565	1593047	0	10813403	2276334	0	3.05	185.1
標準偏差 <sub>n</sub>	335	40419	214021	308864	0	2301960	642071	0	0.09	6.7
最大値	10116	367366	1665949	2533786	0	17190440	3657176	0	3.26	205.8
上内境界点	10116	339220	1612454	2176639	0	16284005	3657176	0	3.26	200.3
上ヒンジ	9663	263723	1217115	1716949	0	12034560	2657796	0	3.13	188.8
中央値	9452	229033	1101325	1517518	0	10652475	2164594	0	3.05	185.2
下ヒンジ	9270	213391	953556	1410489	0	9201597	1889811	0	2.88	181.1
下内境界点	8680	164272	717355	1103690	0	6889274	944591	0	2.83	173.0
最小値	8503	164272	717355	1103690	0	6889274	944591	0	2.83	173.0
下ヒンジ	9270	213391	953556	1410489	0	9201597	1889811	0	2.98	181.1
上内境界点	10116	339220	1612454	2176639	0	16284005	3657176	0	3.26	200.3
下内境界点	8680	164272	717355	1103690	0	6889274	944591	0	2.83	173.0
上ヒンジ	9663	263723	1217115	1716949	0	12034560	2657796	0	3.13	188.8
中央値	9452	229033	1101325	1517518	0	10652475	2164594	0	3.05	185.2
外れ値1	8503	367366	1665949	2533786	0	17190440	3657176	0	3.26	205.8
外れ値2				2292637						

表Ⅷ-18-3 試料B-歪率16%クリープ測定-外れ値検定後データ

サンプル名	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	粘性率η5[Pa.s]	測定荷重[N]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
1	9333	206169	775981	1281751			179280		82081600		33	2.96	187.5
2	9264	302092	1095265	1478619			10478190		95388020		33	3.00	188.9
3	9119	226438	1135658	1645945			10681050		103740200		33	2.93	191.9
4	9404	227252	938637	1510559			8100630		103016300		33	2.90	186.1
5	9404	179255	1128566	1413950			11505030		110453700		33	3.05	186.1
6	9272	246987	1092354	1921050			10541380		9348708		33	3.09	188.7
7	9444	217502	798906	1336300			7569544		93715930		33	3.04	185.3
8	9373	212898	837151	1256105			7659937		83603400		33	2.93	186.7
9	9398	230557	1214958	1570524			11972830		114100900		33	3.14	186.2
10	8901	205926	954864	1408046			8643577		83722030		33	3.10	196.6
11	9926	244894	1089237	1552364			10274360		111102000		33	3.18	176.3
12	9826	247614	1285071	1771715			13721620		112868800		33	3.15	178.1
13	9663	281533	983548	1508671			9977103		104037100		33	3.03	181.1
14	9542	188345	1102613	1538171			11839030		86072990		33	3.02	183.4
15	9605	219539	1142603	1601656			11638050		94130340		33	3.04	182.2
16	9589	248665	1237230	1524477			12962870		120121000		33	3.06	182.5
17	9664	275258	1175336	1709471			11938130		105020200		33	3.19	181.1
18	9124	214484	1129682	1657113			10777020		103481000		33	3.15	191.8
19	8843	236066	1036018	1657667			9753578		96481860		33	3.07	197.9
20	9294	227509	1142380	1464999			10895230		94481070		33	3.06	188.3
21	9264	225404	949632	1490939			9283128		96804620		33	3.09	188.9
22	9235	213555	786971	1103690			6889274		74612010		33	2.96	189.5
23	9615	217075	932240	1200088			8209005		88930310		33	2.98	182.0
24	9459	253061	1119147	2120953			11341390		107993700		33	3.13	185.0
25	9434	287745	1100036	1105521			10180750		104592500		33	2.98	185.5
26	9067	221189	986503	1451626			13336530		73230620		33	3.22	193.0
27	9653	282005	1070631	1507128			10335090		110095200		33	2.98	181.3
28	9966	164272	1561467	1875773			15523580		111414600		33	3.00	175.6
29	9983	262382	1555319	1298998			12435990		128643800		33	2.97	175.3
30	9820	199063	1427167	1501632			14719490		108737000		33	3.00	178.2
31	9490	250346	1108177	1663114			10445450		121489400		33	3.06	184.4
32	9537	191843	717355	1931534			7158360		60688990		33	3.18	183.5
33	9348	164908	1085397	1411303			10623900		104168400		33	3.14	187.2
34	9610	232307	1295342	1621000	1348364		11280410		145962300		33	3.07	182.1

要素	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	粘性率η5[Pa.s]	測定荷重[N]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
平均	9450	228840	1081639	1528280	0	0	10561986	0	2181732	0	100012185	3.05	185.3
標準偏差 <sub>n</sub>	276	32549	193468	228390	0	0	2129230	0	596664	0	0	0.08	5.4
要素	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	粘性率η5[Pa.s]	測定荷重[N]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
平均	9610	232307	1295342	1621000	1348364	1	11280410	1	2540246	1	145962300	3.07	182.1
標準偏差 <sub>n</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.0
全体	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	粘性率η5[Pa.s]	測定荷重[N]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
平均	9455	228942	1087924	1530978	1348364	1	10583116	1	2192277	1	101363659	3.05	185.2
標準偏差 <sub>n</sub>	277	32555	196909	228944	0	0	2132792	0	598823	0	16685620	0.08	5.5

表Ⅳ-19-1 試料B-歪率28%クリープ測定一元データ

ファイル名	応力E0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率η4[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
1	17255	693046	537029	1705317	0	5915611	2415689	0	37569940	2.45	220.8
2	17955	581167	469874	1728716	0	5365891	2827127	0	29900690	2.46	212.2
3	18667	553727	761422	2833507	0	8596884	3434234	0	43101800	2.64	204.1
4	17326	833612	473791	1525143	0	5170178	2047231	0	35408170	2.55	219.9
5	18291	468472	900568	3609937	0	10173930	5102615	0	44000790	2.51	208.3
6	18057	814143	472303	1650471	0	4851867	1977647	0	33133100	2.57	211.0
7	17989	509041	543284	2081372	0	6085201	2219993	0	35964730	2.66	211.8
8	18273	487938	566420	2268846	0	6382895	2897991	0	34238890	2.51	208.5
9	17326	436617	797610	2802921	0	8583811	4576545	0	48339770	2.52	219.9
10	17997	438476	608330	2132616	0	6944416	2016085	0	38440600	2.68	211.7
11	16836	445660	672878	1874491	0	7330075	2384819	0	51233560	2.70	226.3
12	18006	801543	813566	2008795	0	8919114	2384819	0	41972670	2.76	211.6
13	17980	826738	672764	2116969	0	7271441	2506219	0	45986150	2.44	211.9
14	17469	433301	651296	2363018	0	7248734	3045590	0	41877460	2.53	218.1
15	17550	423551	642961	2952188	0	7068711	3990058	0	36627410	2.51	217.1
16	18406	595348	664203	2484914	0	7037385	2798664	0	42270280	2.62	207.0
17	17469	413181	634013	2510030	0	6913481	3510600	0	38276160	2.72	218.1
18	17477	451075	461553	1589893	0	5011606	2039270	0	33611530	2.71	218.0
19	17779	434213	570617	2485486	0	6232489	3420891	0	42114720	2.54	214.3
20	17445	464003	754460	2376261	0	8432089	2063417	0	38378700	2.58	218.4
21	17255	406287	604757	2008490	0	6758142	1658267	0	39591520	2.59	220.8
22	18117	511301	597559	2678217	0	6708597	2836238	0	38394890	2.54	210.3
23	17804	1174199	687633	2612187	0	7522692	2785773	0	40376860	2.77	214.0
24	18477	674028	758792	2381255	0	7900171	2960885	0	54873080	2.59	206.2
25	18300	451393	656150	2697434	0	7320602	3789944	0	43882450	2.59	208.2
26	17737	612952	707587	2175228	0	7403185	2521935	0	41504740	2.73	214.8
27	17896	632161	899195	2608310	0	10272950	3485439	0	49961710	2.72	212.9
28	18282	454391	1043749	2922954	0	11830330	4018282	0	61920200	2.56	208.4
29	16437	846639	710392	3001519	0	7841939	3848650	0	46025490	2.73	231.8
30	18622	701687	858516	2506166	0	9648422	3741084	0	57271830	2.60	204.6
31	17541	510113	894865	4094928	0	10473920	5128161	0	48057080	2.53	217.2
32	17845	768261	618679	1824959	0	6951077	2392637	0	40912180	2.54	213.5
33	17342	696262	467323	1577337	0	4898313	1685767	0	32769490	2.69	219.7
34	16408	538271	488474	1682182	0	5143717	2416411	0	31784780	2.69	232.2
35	17366	260483	0	0	0	0	0	0	36176780	2.55	219.4
36	17485	459204	744438	2275289	0	8215961	2605892	0	47481550	2.60	217.9
37	18195	669781	552083	1760303	0	5972953	2015936	0	35666700	2.54	209.4
38	16792	421403	715406	2732077	0	8459167	4027978	0	42325090	2.61	226.9
39	17879	2849454	534027	2883563	0	5862596	4427582	0	38511670	2.55	213.1
40	15357	691052	461376	1783627	0	5074021	2127829	0	32391180	2.52	248.1

表Ⅷ-19-2 試料B-歪率28%クリーブ測定-外れ値検定結果

n	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	弾性率n1[Pa.s]	弾性率n2[Pa.s]	弾性率n3[Pa.s]	粘性率n1[Pa.s]	粘性率n2[Pa.s]	粘性率n3[Pa.s]	粘性率n4[Pa.s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
平均	17667	630854	641748	2281673	40	7097374	2898287	40	41308159	2.60	40	40	216.0	
標準偏差	649	392985	173466	663459	0	1998472	1016836	0	7049498	0.09	0	8.4		
最大値	18667	2849454	1043749	4094928	0	11830330	5128161	0	61920200	2.77	0	248.1		
上内境界点	18667	1060848	1043749	4040634	0	11830330	5128161	0	59697911	2.77	0	233.4		
上ヒンシ	18102	692548	751954	2692630	0	8378057	3683463	0	45489810	2.69	0	219.6		
中央値	17791	524786	647129	2319154	0	7053048	2792219	0	40644520	2.59	0	214.2		
下ヒンシ	17348	447014	538590	1793960	0	5929947	2141447	0	36017743	2.53	0	210.5		
下内境界点	16216	260483	218544	445955	0	2257781	0	0	29900690	2.44	0	204.1		
最小値	15357	260483	0	0	0	0	0	0	29900690	2.44	0	204.1		

	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	弾性率n1[Pa.s]	弾性率n2[Pa.s]	弾性率n3[Pa.s]	粘性率n1[Pa.s]	粘性率n2[Pa.s]	粘性率n3[Pa.s]	粘性率n4[Pa.s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
下ヒンシ	17348	447014	538590	1793960	0	5929947	2141447	0	36017743	2.53	0	210.5		
上内境界点	18667	1060848	1043749	4040634	0	11830330	5128161	0	59697911	2.77	0	233.4		
下内境界点	16216	260483	218544	445955	0	2257781	0	0	29900690	2.44	0	204.1		
上ヒンシ	18102	692548	751954	2692630	0	8378057	3683463	0	45489810	2.69	0	219.6		
中央値	17791	524786	647129	2319154	0	7053048	2792219	0	40644520	2.59	0	214.2		
外れ値1	15357	1174199	0	4094928	0	0	0	0	61920200	248.1	0	248.1		
外れ値2		2849454	0	0	0	0	0	0			0			

表Ⅷ-19-3 試料B-歪率28%クリープ測定一外れ値検定後データ

サンプル名	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	粘性率η5[Pa.s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
1	17255	693046	537025	1703317	0	5915611	2415689	0	37569940	0	2.45	220.8
2	17955	581167	469874	1728716	0	5365891	2827127	0	29900690	0	2.46	212.2
3	18667	553727	761422	2833507	0	8596884	3434234	0	43101800	0	2.64	204.1
4	17326	833612	473791	1525143	0	5170178	2047231	0	35408170	0	2.55	219.9
5	18291	468472	900558	3609937	0	10173930	5102615	0	44000790	0	2.51	208.3
6	18057	814143	472303	1650471	0	4951867	1977647	0	33133100	0	2.57	211.0
7	17989	509041	543284	2081372	0	6085201	2219993	0	35964730	0	2.66	211.8
8	18273	487938	566420	2268846	0	6382895	2897991	0	34238890	0	2.51	208.5
9	17326	436617	797610	2802921	0	8583811	4576545	0	48339770	0	2.52	219.9
10	17997	438476	608330	2132616	0	6944416	2016085	0	38440600	0	2.68	211.7
11	16836	445660	672878	1874491	0	7330075	2182302	0	41972670	0	2.70	226.3
12	18006	801543	813566	2008795	0	8919114	2384819	0	51233560	0	2.76	211.6
13	17980	626738	672764	2116969	0	7271441	2506219	0	45986150	0	2.44	211.9
14	17469	433301	651296	2363018	0	7248734	3045590	0	41877460	0	2.53	218.1
15	17550	423551	642961	2952188	0	7068711	3990058	0	36627410	0	2.51	217.1
16	18406	595348	664203	2464914	0	7037385	2798864	0	42270280	0	2.62	207.0
17	17469	413181	634013	2510030	0	6913481	3510600	0	38276160	0	2.72	218.1
18	17477	451075	461553	1589883	0	5011606	2039270	0	33611530	0	2.71	218.0
19	17779	434213	570617	2465486	0	6232489	3420891	0	42114720	0	2.54	214.3
20	17445	464003	754460	2378261	0	8432089	2063417	0	38378700	0	2.58	218.4
21	17255	406287	604757	2008490	0	6758142	1658267	0	39591520	0	2.59	220.8
22	18117	511301	597559	2678217	0	6708597	2836238	0	38394890	0	2.54	210.3
23	18477	674028	758792	2381255	0	7900171	2960385	0	54873060	0	2.59	206.2
24	18300	451393	656150	2697434	0	7320602	3769944	0	43882430	0	2.59	208.2
25	17737	612952	707587	2175228	0	7403185	2521935	0	41504740	0	2.73	214.8
26	17896	632161	899195	2608310	0	10272850	3485439	0	49961710	0	2.72	212.9
27	16437	846639	710392	3001519	0	7841939	3848650	0	46025490	0	2.73	231.8
28	18622	701687	858516	2506166	0	9648422	3741084	0	57271830	0	2.60	204.6
29	17845	768261	618679	1824959	0	6951077	2392637	0	40912180	0	2.54	213.5
30	17342	696262	467323	1577337	0	4888313	1685767	0	32769490	0	2.69	219.7
31	16408	538271	488474	1682182	0	5143717	2416411	0	31784780	0	2.69	232.2
32	17485	459204	744438	2275289	0	8215961	2605692	0	47481550	0	2.60	217.9
33	18195	669781	552083	1760303	0	5972953	2015936	0	35666700	0	2.54	209.4
34	16792	421403	715406	2732077	0	8459167	4027978	0	42325090	0	2.61	226.9

要素	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa.s]	粘性率η2[Pa.s]	粘性率η3[Pa.s]	粘性率η4[Pa.s]	粘性率η5[Pa.s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	34	34	34	34	0	34	34	0	34	0	34	34
平均	17719	567485	648479	2263813	0	7150912	2865996	0	41026253	0	2.60	215.2
標準偏差σ	574	138938	125326	491489	0	1453157	848367	0	6513807	0	0.09	7.1



表Ⅳ-20-1 試験B-歪率39%クリーブ測定一元データ

サンプル名	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘性率η1[Pa·s]	粘性率η2[Pa·s]	粘性率η3[Pa·s]	粘性率η4[Pa·s]	粘性率η5[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
1	19989	1384516	349242	2527606	0	4032474	0	1328832	0	23915580	2.08	257.9
2	18639	546049	405343	2402407	0	4761900	0	1659118	0	25219640	2.08	276.3
3	19102	832863	415941	3878908	0	4826999	0	4385344	0	24268720	2.18	289.6
4	21822	411112	518497	1373555	0	5847842	0	1355757	0	30219000	2.11	286.0
5	18913	200534	0	0	0	0	0	0	0	28653400	2.11	272.3
6	20502	656051	471657	3360992	0	5666974	0	1942155	0	26915230	2.24	251.2
7	20502	227440	0	0	0	0	0	0	0	28157930	2.13	251.2
8	18632	1084068	1120792	3787336	0	13075950	0	4908642	0	42919160	1.92	276.4
9	19102	718944	407042	1667341	0	4867236	0	1438419	0	23408730	2.07	269.6
10	20716	817925	521515	3226855	0	6102345	0	258278	0	29126940	2.29	248.6
11	19656	875996	341922	3157324	0	3893540	0	2493980	0	23513010	2.05	262.0
12	19709	445117	472221	2025192	0	5497240	0	1270313	0	28021190	2.01	261.3
13	20236	1646772	506180	0	0	6137872	0	0	0	27891110	2.36	254.5
14	21133	944983	470658	3763213	0	5367035	0	3028809	0	26530780	2.37	243.7
15	19877	1291972	476736	3235172	0	5433500	0	2772454	0	21472370	1.95	259.1
16	16997	479459	360021	2362747	0	4240864	0	1084675	0	222045960	1.89	303.0
17	18792	556828	517277	4001881	0	6217740	0	4110581	0	29918240	2.11	260.2
18	19961	617978	616229	3747286	0	7775793	0	3325467	0	26883280	2.26	258.0
19	19619	664705	433509	4727968	0	5080762	0	4613477	0	25892530	2.27	262.5
20	19039	597526	384503	2293212	0	4495746	0	1386556	0	23613380	2.04	270.5
21	19296	400755	634927	1554803	0	7894472	0	1487707	0	29899670	2.16	266.9
22	18920	614897	456234	2306941	0	5231698	0	1259332	0	24658930	2.21	272.2
23	21739	1385093	618937	3758952	0	6985300	0	2891303	0	35747130	2.23	236.9
24	20608	1060571	390669	2644562	0	4554271	0	1563772	0	25715570	2.11	249.9
25	21029	476946	557407	3245915	0	6904933	0	3440259	0	32852280	2.20	244.9
26	20372	529199	440581	2198035	0	5274175	0	1022489	0	28724390	2.26	252.8
27	19245	514048	436592	2681108	0	5271431	0	2304466	0	27425960	2.03	267.6
28	21089	248178	0	0	0	0	0	0	0	34860250	2.13	244.2
29	19463	658759	461935	2189442	0	5476271	0	1146791	0	25871550	2.20	264.6
30	20244	453375	462702	3173511	0	5504259	0	2747213	0	27352410	2.15	254.4
31	20332	658502	534290	0	0	6345653	0	0	0	28949980	2.17	253.3
32	20188	818538	487198	3215387	0	5843266	0	2989566	0	29961360	2.23	266.1
33	19354	224152	0	0	0	0	0	0	0	29953200	2.05	266.1
34	19854	829877	567310	5597952	0	6926023	0	3112087	0	29559000	2.09	259.4
35	19627	692093	504877	2136254	0	6155166	0	1821990	0	27840170	2.01	262.4
36	18659	523029	473749	2862690	0	5442510	0	1718860	0	25521700	1.85	276.0
37	19861	1300586	456504	2562734	0	5192075	0	1452793	0	31174170	2.03	259.3
38	18823	748919	433463	2309506	0	5307487	0	1200656	0	24549350	1.87	273.6
39	19672	592877	548614	3515561	0	6453644	0	3362122	0	30775080	2.17	261.8
40	21980	1075127	599043	4158787	0	7106227	0	3519370	0	38221630	2.25	234.3



表Ⅷ-20-3 試料B-歪率39%クリーブ測定一外れ値検定後データ

サンプル名	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘着率η1[Pa·s]	粘着率η2[Pa·s]	粘着率η3[Pa·s]	粘着率η4[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
1	19969	1384516	349242	2527606	0	4032474	1328832	0	23915680	2.08	257.9									
2	18639	546049	405343	2402407	0	4761900	1659118	0	25219640	2.08	276.3									
3	19102	832863	415941	3878908	0	4826999	4385344	0	24268720	2.18	269.6									
4	21822	411112	518497	1373555	0	5847842	1355757	2.11	30219000	2.11	236.0									
5	20502	656051	471657	3360992	0	5666974	1942155	0	26915230	2.24	251.2									
6	19102	718944	407042	1667341	0	4867236	1438419	0	23408730	2.07	269.6									
7	20716	817925	521515	3226855	0	6102345	2383278	0	29126940	2.29	248.6									
8	19656	875996	341922	3157324	0	3893540	2493980	0	23513010	2.05	262.0									
9	19709	445117	472221	2025192	0	5497240	1270313	0	28021190	2.01	261.3									
10	21133	844983	470658	3763213	0	5367035	3026809	0	26530780	2.37	243.7									
11	19877	1291972	476736	3235172	0	5433500	2772454	0	21472370	1.95	259.1									
12	19792	556828	517277	4001881	0	6217740	4110581	0	29918240	2.11	260.2									
13	19961	617978	616229	3747286	0	7775793	3325467	0	26983280	2.26	258.0									
14	19619	664705	433509	4727988	0	5080762	4613477	0	23892550	2.27	262.5									
15	19039	597526	384503	2293212	0	4495746	1386556	0	23613380	2.04	270.5									
16	19296	400755	634927	1554803	0	7894472	1487707	0	29899670	2.16	266.9									
17	18920	614897	456234	2306941	0	5231698	1259332	0	24658930	2.21	272.2									
18	21739	1385093	618937	3758952	0	6985300	2891303	0	35747130	2.23	236.9									
19	20608	1060571	390669	2644562	0	4554271	1563772	0	25715570	2.11	249.9									
20	21029	476946	557407	3245915	0	6904933	3440259	0	32852280	2.20	244.9									
21	20372	529199	440581	2180335	0	5274175	1022489	0	28724390	2.26	252.8									
22	19245	514048	436592	2681108	0	5271431	2304466	0	27425960	2.03	267.6									
23	19463	658759	461835	2189442	0	5476271	1146791	0	25871550	2.20	264.6									
24	20244	453375	462702	3173511	0	5504259	2747213	0	27392410	2.15	254.4									
25	20332	685502	534290	0	0	6345653	0	0	28949880	2.17	253.3									
26	20188	818538	487198	3215387	0	5843266	2989566	0	28961360	2.23	285.1									
27	19854	829877	567310	5597952	0	6926023	3112087	0	29559000	2.09	259.4									
28	19627	692093	504877	2136254	0	6155166	1821990	0	27540170	2.01	262.4									
29	18659	523029	473749	2862690	0	5442510	1718860	0	23521700	1.85	276.0									
30	19861	1300586	456504	2362734	0	5192075	1452193	0	31174170	2.03	289.3									
31	18823	748919	433463	2309506	0	5307487	1200656	0	24549350	1.87	273.6									
32	19672	592877	548614	3515561	0	6453644	3362122	0	30775080	2.17	261.8									

6要素	応力P0[Pa]	弾性率E0[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	弾性率E1[Pa]	弾性率E2[Pa]	弾性率E3[Pa]	粘着率η1[Pa·s]	粘着率η2[Pa·s]	粘着率η3[Pa·s]	粘着率η4[Pa·s]	サンプル厚さ[mm]	接触面積[mm <sup>2</sup> ]
n	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
平均	19893	738145	477134	2854446	0	5644680	2225436	0	27353041	2.13	259.3						
標準偏差	802	274951	72062	1033750	0	938735	1073470	0	3058108	0.12	10.2						