

工業標準化法 JNLA における測定の不確かさ推定
及び技能試験試料の開発調査成果報告書

(JIS L 2001 綿ふとんわたの比容積及び圧縮弾性の試験方法)

平成18年2月

財団法人 日本繊維製品品質技術センター

総目次

(1) 委託業務実施計画書

- (1)-1 事業目的
- (1)-2 事業概要
- (1)-3 事業内容
 - (1)-3-1 調査内容
 - (1)-3-2 実施試験の内容
 - (1)-3-3 試験用試料の調達
 - (1)-3-4 試験の実施部署・場所
 - (1)-3-5 試験結果の解析部署・場所
 - (1)-3-6 予備調査のための外部委員会開催
 - (1)-3-7 本調査のための第1回委員会開催及び工場調査
 - (1)-3-8 本調査のための第2回委員会開催
- (1)-4 実施計画
- (1)-5 事業の委託期間
- (1)-6 事業体制
 - (1)-6-1 事業体制
 - (1)-6-2 調査に係わる管理体制
 - (1)-6-3 委員会等における外部からの指導および協力者
- (1)-7 その他
- (1)-8 体制図

(2) 不確かさのための実験計画

- (2)-1 試験方法の JIS
- (2)-2 実験項目
 - (2)-2-1 比容積及び圧縮弾性
 - (2)-2-1-1 試験機
 - (2)-2-1-2 実験の計画の概要
 - (2)-2-1-3 試料の手配
 - (2)-2-1-4 実験のイメージ
 - (2)-2-1-5 実験のイメージ(輸送による性能の変化)
 - (2)-2-1-6 実験のイメージ(試料の厚さの違い)
- (2)-3 特性要因図

(3) 試験操作手順(綿ふとんわた)

- (3)-1 比容積及び圧縮弾性 JIS L 2001
 - (3)-1-1 試料の種類
 - (3)-1-2 試料の採取の準備及び比容積の測定

(3)-1-3 圧縮弾性の測定

(4) 委託調査研究実績報告書

(4)-1 比容積の不確かさ

(4)-1-1 比容積の計算式

(4)-1-2 比容積の標準不確かさ $u_c(y)$ の算出式

(4)-1-3 不確かさ要因

(4)-1-4 実験による分散分析

(4)-1-5 測定用機器に起因する不確かさ

(4)-1-6 不確かさ成分の推定

(4)-1-7 不確かさの算出式

(4)-2 圧縮弾性の不確かさ

(4)-2-1 圧縮率の不確かさ

(4)-2-1-1 圧縮率の計算式

(4)-2-1-2 圧縮率の標準不確かさ $u_c(y)$ の算出式

(4)-2-1-3 不確かさ要因

(4)-2-1-4 実験による分散分析の結果

(4)-2-1-5 測定用機器に起因する不確かさ

(4)-2-1-6 圧縮率測定の不確かさ

(4)-2-1-7 不確かさの算出式

(4)-2-1-8 圧縮率の標準不確かさ $u_c(y)$ の算出

(4)-2-2 回復率の不確かさ

(4)-2-2-1 回復率の計算式

(4)-2-2-2 回復率の標準不確かさ $u_c(y)$ の算出式

(4)-2-2-3 回復率測定の不確かさ要因

(4)-2-2-4 実験による分散分析の結果

(4)-2-2-5 h_2 の不確かさの算出

(4)-2-2-6 回復率の標準不確かさ $u_c(y)$ の算出

(4)-3 パッケージの作成

(4)-3-1 特級わたの比容積の不確かさ

(4)-3-2 ホリエステル混わたの比容積の不確かさ

(4)-3-3 特級わたの圧縮率の不確かさ

(4)-3-4 ホリエステル混わたの圧縮率の不確かさ

(4)-3-5 特級わたの回復率の不確かさ

(4)-3-6 ホリエステル混わたの回復率の不確かさ

(4)-4 輸送・梱包の違いによる差異

(4)-4-1 比容積への影響

(4)-4-2 圧縮率への影響

(4)-4-3 回復率への影響

(4)-5 試料採取厚さ (T) の違いによる差異

(4)-6 所見等

(4)-6-1 試験操作への影響

(4)-6-2 技能試験試料の配布方法への提案

(1) 委託業務実施計画書

(1)-1 事業目的 工業標準化法 JNLA 制度における測定の不確かさ推定及び技能試験品開発に係わる調査

(1)-2 事業概要 綿ふとんわたの圧縮弾性率を測定する際の試験結果に影響すると思われる要因を調査する。あわせて、技能試験用試料の開発を行う。

(1)-3 事業内容

(1)-3-1 調査内容

綿ふとんわたの圧縮弾性率の測定の不確かさについての調査と、技能試験に用いることが可能で均質な試験試料の開発調査を行う。

(1)-3-2 実施試験の内容

JIS L 2001 5.7 綿ふとんわたの比容積及び圧縮弾性の試験方法についての調査。
圧縮弾性はふとんわた圧縮弾性測定用専用機を用い、特級綿ふとんわた及びポリエステル混ふとんわたの2種類について実験する。

実験は、単一試験所において実施し、因子としてわたの種類(2水準)、玉わたの違い(2水準)、測定者の違い(2水準)、採取箇所(3水準)及びわたの種類(2水準)、玉わたの違い(2水準)、梱包の違い(2水準)、測定の繰り返し(3水準)の実験を計画し、実施する。
測定結果は、多元配置分析により、それぞれの不確かさ成分を見積もる。

(1)-3-3 試験用試料の調達

特級の綿ふとんわたとポリエステル混ふとんわたの2種類を購入
(購入先 全日本わた寝装品製造協同組合)

(1)-3-4 試験の実施部署・場所

実施部署 財団法人 日本繊維製品品質技術センター 中部事業所
住所 〒462-0861 名古屋市北区辻本通り 1-59
担当 遠藤 忍

(1)-3-5 試験結果の解析部署・場所

実施部署 財団法人 日本繊維製品品質技術センター 業務管理部
住所 〒103-0006 東京都中央区日本橋富沢町 7-19
担当 アドバイザー 下谷 忠義
業務管理部 杉山 二三男

(1)-3-6 予備調査のための外部委員会開催

日時 7月1日
場所 全日本わた寝装品製造協同組合
出席者 協同組合専務理事 大出 広
(財) 日本繊維製品品質技術センター 業務管理部 杉山

(1)-3-7 本調査のための第1回委員会開催及び工場調査

日時 9月1日(予定)
場所 第1回委員会 本部 業務管理部
工場調査 川崎(予定)
出席者 中部事業所 遠藤
業務管理部 杉山
アドバイザー 下谷

(1)-3-8 本調査のための第2回委員会開催

日 時 11月1日(予定)
 場 所 中部事業所
 出席者 中部事業所 遠藤
 業務管理部 杉山
 アドバイザー 下谷

(1)-4 実施計画

事業項目	7月	8月	9月	10月	11月	12月
予備調査委員会開催	○					
第一回本委員会開催			○			
工場調査			○			
試験用試料の調達			○			
試験の実施				○	○	
試験結果の解析					○	○
第2回本委員会開催					○	
報告書作成						○

(1)-5 事業の委託期間

契約締結日～平成18年2月15日

(1)-6-1 事業体制

委託先等名	財団法人 日本繊維製品品質技術センター		
業務管理者	業務管理部 部長 杉山 二三男		
経理責任者	総務部 部長代理 天野 輝雄		
主な事業実施場所 及び登録研究員	住所 〒103-0006 東京都中央区日本橋富沢町 7-19		
	名称 財団法人 日本繊維製品品質技術センター		
	氏名	所属・役職	担当業務内容
	杉山二三男 遠藤 忍 下谷 忠義	業務管理部 部長 中部事業所 課長 アドバイザー	調査の管理 試験 試験結果の解析

(1)-6-2 調査に係わる管理体制

	担当部署名	備考
参加機関との会議	業務管理部	試験試料の選定、試験内容についての打ち合わせ 実験計画を作成
試料の手配	業務管理部	
試験の実施	中部事業所	
試験結果の収集	業務管理部	試験実施部署より試験結果を収集
試験結果の解析	システム管理部	
報告書作成	業務管理部	

(1)-6-3 委員会等における外部からの指導および協力者

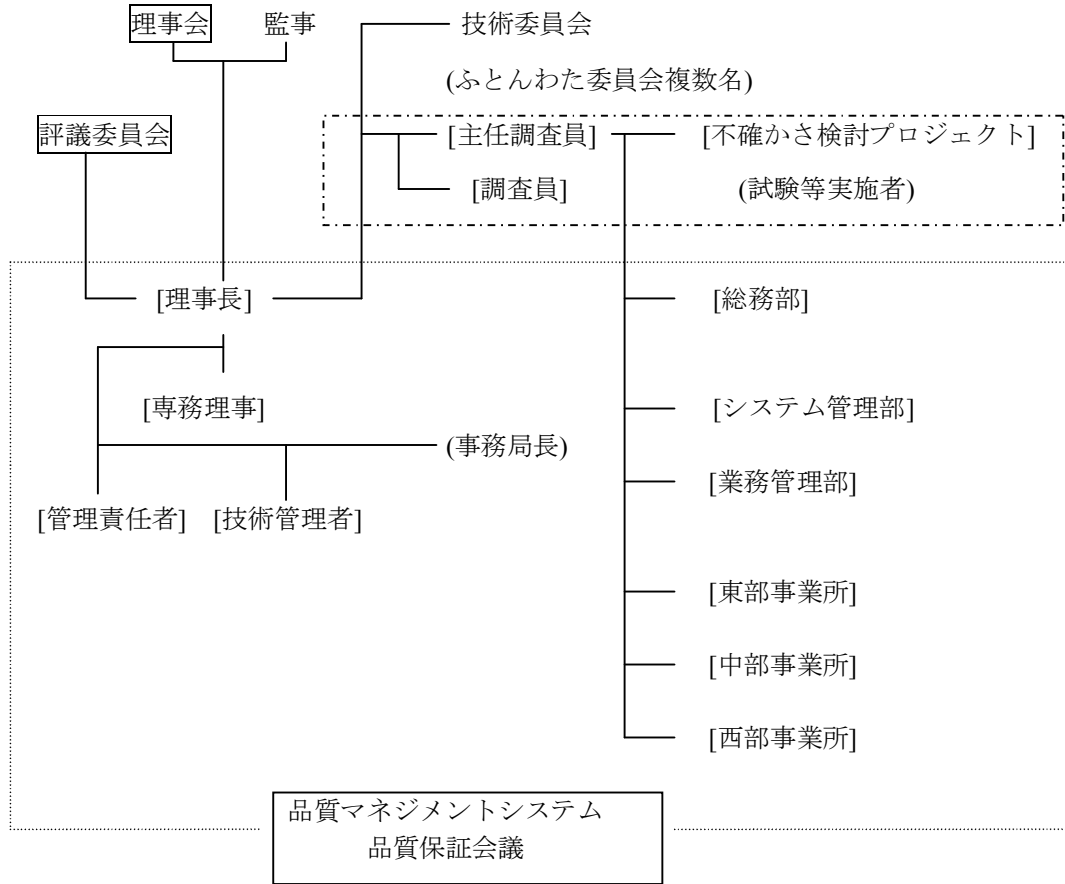
氏名	所属・役職

大出 広	全日本わた寝装品製造協同組合 協同組合専務理事
------	----------------------------

(1)-7 その他

当初今回の調査項目に綿ふとんわたのレーヨンステープルの含有率、ポリエステルステープルの含有率が含まれていたが、レーヨンステープルの含有された綿は現在生産されていないこと、ポリエステルステープルの含有率試験は JISL1030 を引用しており、この試験については既に JNLA の技能試験でも取り上げられているので、今回あたりに調査する意義は薄いと思われたので、この2つの調査項目を除外した。

(1)-8 体制図



不確かさ検討プロジェクト
(JIS Q 17025)

品質マネジメントシステム
登録試験システム(JNL4)
(JIS Q 9001)(JIS Q 17025)

(2) 不確かさのための実験計画

(2)-1 試験方法のJIS

比容積、圧縮弾性

JIS L 2001

(2)-2 実験項目

(2)-2-1 比容積及び圧縮弾性

(2)-2-1-1 試験機

ふとんわた圧縮弾性測定用の専用機を使用する。

(2)-2-1-2 実験の計画の概要

特級の綿ふとんわたとポリエステル混ふとんわたの2種類について実験する。

(2)-2-1-3 試料の手配

試料は通常販売されている綿玉(約3 kg)を使用する。ただし、購入は製造工場からの直接の購入とし、同じロットのものを10玉購入する。残余の試料は追加実験等が必要な場合に対処するため予備試料としてQTEC業務管理部が保管する。

(2)-2-1-4 実験のイメージ

試験所は、単一試験所とし、ふとんわたの種類ごとに次の実験を計画する。

要因	記号	水準	要因の設定条件						
わたの種類	M	2	綿 100%-C	MC	綿/ホリ混-CP	MCP			わたの素材の違い
玉わた	T	2	袋-1	T1	袋-2	T2			同一ロットでわた玉の違い
測定者	R	2	測定者-A	RA	測定者-B	RB			測定者の違い
採取箇所	n	3	袋内-A	nA	袋内-b	nb	袋内-c	nc	1つのわた玉の中での採取箇所が違う

		RA			RB	
M-C 綿 100%	T-1	n-A	TN-1	MCT1nARA	TN-13	MCT1nARB
		n-b	TN-2	MCT1nbRA	TN-14	MCT1nbRB
		n-c	TN-3	MCT1ncRA	TN-15	MCT1ncRB
	T-2	n-A	TN-4	MCT2nARA	TN-16	MCT2nARB
		n-b	TN-5	MCT2nbRA	TN-17	MCT2nbRB
		n-c	TN-6	MCT2ncRA	TN-18	MCT2ncRB
M-CP 綿 70/ホリエステル 30%	T-1	n-A	TN-7	MCPT1nARA	TN-19	MCPT1nARB
		n-b	TN-8	MCPT1nbRA	TN-20	MCPT1nbRB
		n-c	TN-9	MCPT1ncRA	TN-21	MCPT1ncRB
	T-2	n-A	TN-10	MCPT2nARA	TN-22	MCPT2nARB
		n-b	TN-11	MCPT2nbRA	TN-23	MCPT2nbRB
		n-c	TN-12	MCPT2ncRA	TN-24	MCpT2ncRB

(2)-2-1-5 実験のイメージ(輸送による性能の変化)

試料を運搬するときの梱包方法の違いによる性能の変化を調査する。

試料は購入した工場より、複数個の約3 kgのわた玉としてダンボール梱包されて宅配される。

このわた玉が、技能試験参加試験所に改めてダンボール梱包されて配布される。この操作において、配布試料が梱包・運送によって不確かさにどの程度影響するのかを調査するために、購

入したわた玉を開梱後もう一度梱包し再送付する。工場より送付されたわた玉と再送付されたわた玉を梱包・運送の違いとして調査する。

要因	記号	水準	要因の設定条件						
わたの種類	M	2	綿 100%-C	MC	綿/ホ ^リ 混-CP	MCP			わたの素材の違い
玉わた	T	2	袋-1	T1	袋-2	T2			同一ロットでわた玉の違い
梱包	K	2	梱包-A	KA	梱包-B	KB			梱包・運送の違い
採取箇所	n	3	袋内-A	nA	袋内-b	nb	袋内-c	nc	1つのわた玉の中での採取箇所が違う

梱包-Aの試験(TN-25~36)は(2)-2-1-4の測定値を用いる。

		KA			KB	
M-C 綿 100%	T-1	n-A	TN-25	MCT1nAKA	TN-37	MCT1nAKB
		n-b	TN-26	MCT1nbKA	TN-38	MCT1nbKB
		n-c	TN-27	MCT1ncKA	TN-39	MCT1ncKB
	T-2	n-A	TN-28	MCT2nAKA	TN-40	MCT2nAKB
		n-b	TN-29	MCT2nbKA	TN-41	MCT2nbKB
		n-c	TN-30	MCT2ncKA	TN-42	MCT2ncKB
M-CP 綿 70/ホ ^リ エステル 30%	T-1	n-A	TN-31	MCPT1nAKA	TN-43	MCPT1nAKB
		n-b	TN-32	MCPT1nbKA	TN-44	MCPT1nbKB
		n-c	TN-33	MCPT1ncKA	TN-45	MCPT1ncKB
	T-2	n-A	TN-34	MCPT2nAKA	TN-46	MCPT2nAKB
		n-b	TN-35	MCPT2nbKA	TN-47	MCPT2nbKB
		n-c	TN-36	MCPT2ncKA	TN-48	MCpT2ncKB

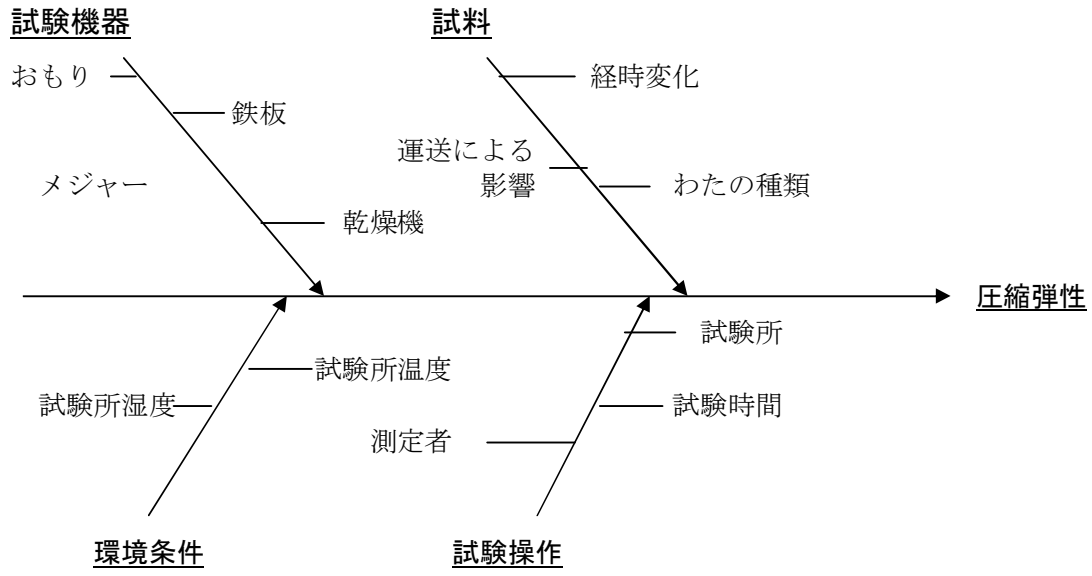
(2)-2-1-6 実験のイメージ(試料の厚さの違い)

試料の厚さは約12 cmとなっているが、厚さの違いがどの程度不確かさに影響するのかわかを調査する。

要因	記号	水準	要因の設定条件						
わたの種類	M	1	綿 100%-C	MC					
試料の厚さ	P	2	厚 12.5mm-V	PV	薄 11.5mm-W	PW			厚めと薄め
採取箇所	n	3	袋内-A	nA	袋内-b	nb	袋内-c	nc	1つのわた玉の中での採取箇所が違う

M-C 綿 100%	P-V	n-A	TN-49	MCPVnA
		n-b	TN-50	MCPVnb
		n-c	TN-51	MCPVnc
	P-W	n-A	TN-52	MCPWnA
		n-b	TN-53	MCPWnb
		n-c	TN-54	MCPWnc

(2)-3 特性要因図



(3) 試験操作手順(綿ふとんわた)

(3)-1 比容積及び圧縮弾性 JIS L 2001

(3)-1-1 試料の種類

綿特級わた ポリエステル混合わた

(3)-1-2 試料の採取の準備及び比容積の測定

試料を20×20 cmの大きさに厚板(厚さ3 mmのプラスチック板)を載せた場合、約12 cmの厚さになるように積み重ね、この試料を約70℃の乾燥機に30分間入れ、乾燥機から取り出した試料の重量と厚板を載せたままの状態ですべての高さを測り、次の式によって比容積を算出する。

$$\text{比容積(ml/g)} = \frac{20 \times 20 \times h}{M}$$

ここに M : 試料の重量(g)

h : 試料の高さの平均値(cm)

(3)-1-3 圧縮弾性の測定

比容積を測定した試料を20×20 cmの大きさに厚板を載せた時に約12 cmの厚さになるようにし、次の順序により試験を行う。

- ① 試料の上に厚板、おもりAおよびBを重ねて5分間放置する。
- ② おもりAおよびBを除き5分間放置する。
- ③ この操作を5回繰り返した後、おもりAを載せて、おもりAまでの試料の高さを測る。
- ④ おもりAに、おもりBを載せて5分間放置後、おもりAまでの試料の高さを測る。
- ⑤ おもりAおよびBを除き5分間放置後、おもりAを載せて、おもりAまでの試料の高さを測る。

次の式により圧縮率および回復率を算出する。

$$\text{圧縮率(\%)} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} \times 100$$

$$\text{回復率(\%)} = \frac{h_2 - h_1}{h_0 - h_1} \times 100$$

ここに h_0 : おもりAを載せたときの試料の高さ

h_1 : おもりAとBを載せたときの試料の高さ

h_2 : おもりAを載せたときの試料の高さ(⑤にしめす回復後の高さ)

おもりA: 3.5 kg

おもりB: 25 kg

(4) 委託調査研究実績報告書

(綿ふとんわたの圧縮弾性における不確かさの推定及び技能試験用試料の開発に関わる調査業務報告書)

JIS L 2001 : 1980 (綿ふとんわた) に規定する次の試験について測定の不確かさを検討する。
5. 6 比容積 及び 5. 7 圧縮弾性 (圧縮率及び回復率)

不確かさ算出実験に用いた試料は、次のとおり
わたの種類 : 特級 及び ホ°ポリエステル混

品質の基準

		特級	ホ°ポリエステル混
比容積 (かさ高性)	ml/g	51 以上	51 以上
圧縮弾性 圧縮率	%	43 以上	43 以上
回復率	%	70 以上	65 以上

(4)-1 比容積の不確かさ

(4)-1-1 比容積の計算式

$$\text{比容積 } y = (W \times W \times h) / A$$

A : 試料の質量(g)

h : 試料の高さの平均値 (4 隅) (cm)

W : 20 cm

(4)-1-2 比容積の標準不確かさ $u_C(y)$ の算出式

$$u_C(y) = [2w^*(h/A)^2 u^2(w)]^{1/2} + [(400*1/A)^2 u^2(h) + (400*(-1)*h/A^2)^2 u^2(A)]^{1/2}$$

(4)-1-3 不確かさ要因

1) 採取試料の面積 (20cm×20cm) の測定の不確かさ要因

測定尺の校正の不確かさ (Bタイプ) : $u_1(w)$

JIS B 7534 金属製角度直尺の許容差を使用 (±0.2 mm)

測定尺の分解能の不確かさ (Bタイプ) : $u_2(w)$

最小目量から推定 (1 mm)

ただし、採取試料の面積のばらつきは、試料質量のばらつき成分に含まれると考えられる。

2) 高さ測定の不確かさ要因

高さ測定の繰返しの不確かさ (Aタイプ) : $u_1(h)$

分散分析の誤差項の値から推定

試料採取における玉わたの違いによる不確かさ (Aタイプ) : $u_2(h)$

選択した玉わたに関する分散分析の結果から推定

測定者の違いによる不確かさ :

分散分析の結果から推定する。ただし、測定者のばらつきに有意差がない場合、無視できる程度に小さいと考える。

同一玉わた内における試料採取場所の違いによる不確かさ :

分散分析の結果から推定する。ただし、試料採取場所のばらつきは、有意差がない場合無視できる程度に小さいと考える。

測定尺の校正の不確かさ (Bタイプ) : $u_3(h)$

JIS B 7534 金属製角度直尺の許容差を使用 ($\pm 0.2 \text{ mm}$)

測定尺の分解能の不確かさ (Bタイプ) : $u_4(h)$

最小目量から推定 (1 mm)

測定尺の熱膨張による不確かさ :

金属製角度直尺を使用のため無視できる程度と考える。

測定尺の経時変化の不確かさ :

金属製角度直尺を使用のため無視できる程度と考える。

3) 質量測定の不確かさ要因

試料採取における大きさ $20 \times 20 \text{ (cm)}$ の不確かさ成分は、質量測定の不確かさに含まれると考える。

質量測定の繰返しの不確かさ (Aタイプ) : $u_1(A)$

分散分析の誤差項の値から推定

試料採取における玉わたの違いによる不確かさ (Aタイプ) : $u_2(A)$

分散分析の結果から推定

測定者の違いによる不確かさ :

分散分析の結果から推定する。ただし、測定者のばらつきが分散分析の結果有意でない場合無視できる程度に小さいと考える。

同一玉わた内における試料採取場所の違いによる不確かさ :

分散分析の結果から推定する。ただし、試料採取場所のばらつきが有意でない場合無視できる程度に小さいと考える。

電子天秤の校正の不確かさ (Bタイプ) : $u_3(A)$

QTEC 内部校正値から推定 (標準分銅に対する校正証明書の不確かさを使用)

電子天秤の分解能の不確かさ (Bタイプ) : $u_4(A)$

使用する電子天秤の最小目量から推定 (0.01g)

電子天秤の浮力及び環境条件による不確かさ :

天秤の精度から無視できる程度と考える。

(4)-1-4 実験による分散分析

要因 R：測定者 2 水準
要因 T：玉わたの違い（同一ロット内） 2 水準
要因 N：試料採取場所 3 水準
要因 RT：交互作用を示す。

特級わたの長さ測定の平均値 = 15.585 (cm)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	R	4.65	1	4.65	2.259		
	T	2.736	1	2.736	9.11	*	0.41
	RT	2.058	1	2.058	6.854	*	0.59
	N	0.595	2	0.298	0.991		
誤差	RTN	1.802	6	0.300			0.30
	計	11.842	11				

分散分析の結果、要因 T 玉わたの違いと交互作用 RT が 5% 有意であった。
交互作用 RT は誤差の一種と考え、誤差項と分散の伝播則により合成する。
従って、測定の繰返し誤差分散 = 0.89、測定の繰返しの標準不確かさ = 0.943

ホ^oリエステル混わたの長さ測定の前平均値 = 16.200 (cm)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	R	0.083	1	0.083	1.299		
	T	1.116	1	1.116	17.399	**	0.18
	N	0.218	2	0.109	1.697		
誤差	RTN	0.449	7	0.064			0.06
	計	1.867	11				

分散分析の結果、要因 T 玉わたの違いが 1% 有意であった。
測定の繰返し誤差分散 = 0.06、測定の繰返しの標準不確かさ = 0.245

特級わたの質量測定の前平均値 = 82.048 (g)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	R	29.297	1	29.297	1.67		
	T	358.941	1	358.941	20.455	**	56.899
	N	32.593	2	16.297	0.929		
誤差	RTN	122.837	7	17.548			17.548
	計	543.668	11				

分散分析の結果、要因 T 玉わたの違いが 1% 有意であった。
測定の繰返し誤差分散 = 17.548、測定の繰返しの標準不確かさ = 4.19

ホ^oリエステル混わたの質量測定の前平均値 = 60.266 (g)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F0	検定	E (V)
	R	10.138	1	10.138	1.321		
	T	0.816	1	0.816	0.106		0.00
	N	1.344	2	0.672	0.088		
誤差	RTN	53.74	7	7.677			7.677
	計	66.038	11				

分散分析の結果、有意となる要因はない。

測定の繰返し誤差分散=7.677、測定の繰返しの標準不確かさ=2.77

分散分析の結果、要因 T 玉わたの違いが有意となった。試料採取において玉わたの選択はランダムに行われ、特定できないがその不確かさ成分として推定する。

なお、測定者の違い及び試料採取場所の違いは、いずれも有意差はなく、無視する。

(4)-1-5 測定用機器に起因する不確かさ

測定に用いた鋼製直尺は、JIS B 7534 金属製角度直尺であり、JIS にはその許容差が±0.2 mm と規定されている。また、目量は、1 mm である。

測定に用いた電子天秤は、QTEC 機器校正実施細則で管理されており、その目量は、0.01 g である。また、内部校正に使用する標準分銅は、JCSS 校正証明書から標準分銅 50g の不確かさ (k=2) は 0.1 mg、20g の不確かさ (k=2) は 0.08 mg である。

(4)-1-6 不確かさ成分の推定

1) 20×20 cm の試料採取における一辺の測定の不確かさ成分 (cm 単位)

$$u_1^2(w) = (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4}$$

$$u_2^2(w) = (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4}$$

測定尺の不確かさは

$$u(w) = \{u_1^2(w) + u_2^2(w)\}^{1/2} = \{(1.33 + 8.33) \times 10^{-4}\}^{1/2} = \{9.66 \times 10^{-4}\}^{1/2} \\ = 0.031$$

ただし、試料採取の不確かさは、質量測定の不確かさ成分に含まれると考える。

2) 特級の高さの不確かさ成分 (cm 単位)

$$h = 15.585 \text{ (cm)}$$

$$u_1^2(h) = 0.89 \quad \text{四隅の測定値の平均を求めるため} \quad u_2^2(h)/4 = 0.222$$

$$u_2^2(h) = 0.41 \quad \text{四隅の測定値の平均を求めるため} \quad u_3^2(h)/4 = 0.103$$

$$u_3^2(h) = (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4}$$

$$u_4^2(h) = (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4}$$

$$u(h) = (0.222 + 0.103 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4})^{1/2} = 0.326^{1/2} \\ = 0.571$$

3) ホリエステル混の高さの不確かさ成分 (cm 単位)

$$h' = 16.200 \text{ (cm)}$$

$$u_1^2(h') = 0.06 \quad \text{四隅の測定値の平均を求めるため} \quad u_1^2(h')/4 = 0.015$$

$$u_2^2(h') = 0.18 \quad \text{四隅の測定値の平均を求めるため} \quad u_2^2(h')/4 = 0.045$$

$$u_3^2(h') = (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4}$$

$$u_4^2(h') = (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4}$$

$$u(h') = (0.015 + 0.045 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4})^{1/2} = 0.061^{1/2}$$

$$= 0.247$$

4) 特級の質量不確かさ成分 (g 単位)

$$A = 82.048 \text{ (g)}$$

$$u_1^2(A) = 17.548$$

$$u_2^2(A) = 56.899$$

$$u_3^2(A) = (0.00009)^2 \quad \text{無視できる程度に小さい}$$

$$u_4^2(A) = (0.005)^2/3 = 8.33 \times 10^{-6} \quad \text{無視できる程度に小さい}$$

$$u(A) = (17.548 + 56.899)^{1/2} = 74.447^{1/2}$$

$$= 8.628$$

5) ホリエステル混の質量の不確かさ成分 (g 単位)

$$A' = 60.266 \text{ (g)}$$

$$u_1^2(A') = 7.677$$

$$u_2^2(A') = 0.00$$

$$u_3^2(A') = (0.00009)^2 \quad \text{無視できる程度に小さい}$$

$$u_4^2(A') = (0.005)^2/3 = 8.33 \times 10^{-6} \quad \text{無視できる程度に小さい}$$

$$u(A') = (7.677 + 0.000)^{1/2} = 7.677^{1/2}$$

$$= 2.771$$

(4)-1-7 不確かさの算出式

試料採取 (20×20) における一辺の測定の不確かさ算出式

$$u(w) = \{u_1^2(w) + u_2^2(w)\}^{1/2}$$

試料 4 隅の平均高さ測定の不確かさ算出式

$$u(h) = [\{u_1^2(h)/4 + u_2^2(h)/4 + u_3^2(h) + u_4^2(h)\}]^{1/2}$$

質量測定の不確かさ算出式

$$u(A) = \{u_1^2(A) + u_2^2(A) + u_3^2(A) + u_4^2(A)\}^{1/2}$$

1) 試料採取一辺の測定の不確かさ

$$u(w) = \{u_1^2(w) + u_2^2(w)\}^{1/2} = \{(1.33 + 8.33) \times 10^{-4}\}^{1/2} = \{9.66 \times 10^{-4}\}^{1/2} \\ = 0.031$$

2) 特級わたにおける平均高さ測定の不確かさ算出

$$u(h) = [\{u_1^2(h)/4 + u_2^2(h)/4 + u_3^2(h) + u_4^2(h)\}]^{1/2} \\ u(h) = \{0.222 + 0.103 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.326^{1/2} \\ = 0.571$$

3) ホリエステルわたの平均高さ測定の不確かさ算出

$$u(h') = [\{u_1^2(h')/4 + u_2^2(h')/4 + u_3^2(h') + u_4^2(h')\}]^{1/2} \\ u(h') = \{0.015 + 0.045 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.061^{1/2} \\ = 0.247$$

4) 特級わたの質量測定の不確かさ算出 ($u_3^2(A)$ 、 $u_4^2(A)$ は無視)

$$u(A) = \{u_1^2(A) + u_2^2(A) + u_3^2(A) + u_4^2(A)\}^{1/2} \\ u(A) = (17.548 + 56.899)^{1/2} = 74.447^{1/2} \\ = 8.628$$

5) ホリエステルわたの質量測定の不確かさ算出 ($u_3^2(A')$ 、 $u_4^2(A')$ は無視)

$$u(A') = \{u_1^2(A') + u_2^2(A') + u_3^2(A') + u_4^2(A')\}^{1/2} \\ u(A') = (7.677 + 0.000)^{1/2} = 7.677^{1/2} \\ = 2.771$$

(6) 比容積の標準不確かさ $u_C(y)$ の算出

1) 特級わたの比容積の不確かさ

$$u_C(y) = \{2w^*(h/A)^2 u^2(w)\}^{1/2} + 400 * [\{(1/A)^2 u^2(h) + ((-1)*h/A^2)^2 u^2(A) \}]^{1/2}$$

ただし、基準面の測定の不確かさ $2w^*(h/A)^2 u^2(w) = 0.00131$ は、試料質量の測定のばらつきに含まれるため不確かさ成分から除外する。

$$\begin{aligned} u_C(y) &= 400 * [\{(1/82.048)^2 * 0.326\} + \{(-15.585/82.048^2)^2 * 74.447\}]^{1/2} \\ &= 400 * (0.484 * 10^{-4} + 3.990 * 10^{-4})^{1/2} \\ &= 8.461 \text{ (ml/g)} \end{aligned}$$

$$U = 16.9 \text{ (ml/g)} \quad (k=2)$$

2) ホリエステルわたの比容積の不確かさ

$$\begin{aligned} u_C(y) &= 400 * \{ (1/A')^2 u^2(h') + (-h'/A'^2)^2 u^2(A') \}^{1/2} \\ u_C(y) &= 400 * [\{(1/60.266)^2 * 0.061\} + \{(-16.200/60.266^2)^2 * 7.677\}]^{1/2} \\ &= 400 * (0.168 * 10^{-4} + 1.527 * 10^{-4})^{1/2} \\ &= 5.208 \text{ (ml/g)} \end{aligned}$$

$$U = 10.4 \text{ (ml/g)} \quad (k=2)$$

(4)-2 圧縮弾性の不確かさ

(4)-2-1 圧縮率の不確かさ

(4)-2-1-1 圧縮率の計算式

$$\text{圧縮率 } Y = (h_0 - h_1) / h_0 \times 100 \quad h_0 : \text{ 錘 A を載せたときの高さ (cm)}$$
$$h_1 : \text{ 錘 A 及び B を載せたときの高さ (cm)}$$

$$\text{変換式 } y = 1 - h_1 / h_0$$

(4)-2-1-2 圧縮率の標準不確かさ $u_C(y)$ の算出式

$$u_C(y) = \{ (1/h_0)^2 u^2(h_1) + (-h_1/h_0^2)^2 u^2(h_0) \}^{1/2}$$

(4)-2-1-3 不確かさ要因

圧縮率測定の不確かさ要因

高さ測定の繰返しの不確かさ (Aタイプ) : $u_1(h)$

分散分析の誤差項の値から推定

試料の選択した玉わた又は試料採取場所の違いによる不確かさ (Aタイプ) : $u_2(h)$

分散分析の結果有意差がなくとも他に比べ分散成分が大きいとき不確かさ成分の推定に用いる。

測定者の違いによる不確かさ :

分散分析の結果から推定する。ただし、測定者のばらつきに有意差がない場合無視できる程度に小さいと考える。

測定尺の校正の不確かさ (Bタイプ) : $u_3(h)$

JIS B 7534 金属製角度直尺の規定の許容差を使用 (±0.2 mm)

測定尺の分解能の不確かさ (Bタイプ) : $u_4(h)$

測定尺の最小目量から推定 (1 mm)

測定尺の熱膨張による不確かさ :

金属製角度直尺使用により無視できる程度と推定

測定尺の経時変化の不確かさ :

金属製角度直尺使用により無視できる程度と推定

(4)-2-1-4 実験による分散分析の結果

要因 R：測定者 2 水準
要因 T：玉わたの違い（同一ロット内） 2 水準
要因 N：試料採取場所 3 水準

1) 種類：特級わた

特級わたの高さ h_0 測定の平均値 = 2.367 (cm)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)	
	R	0.03	1	0.03	2.785			0.0003
	T	0.021	1	0.021	1.934		0	0.0017
	N	0.025	2	0.013	1.18			0.0005
誤差	RTN	0.075	7	0.011			0.01	0.0107
	計	0.152	11					

特級わたの高さ h_1 測定の平均値 = 1.150 (cm)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)	
	R	0.001	1	0.001	0.169			0.0000
	T	0.013	1	0.013	2.699		0	0.0013
	N	0.001	2	0.001	0.127			0.0000
誤差	RTN	0.035	7	0.005			0	0.0050
	計	0.05	11					

2) 種類：ポリエステル混

ポリエステル混わたの高さ h'_0 の測定の平均値 = 1.646 (cm)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)	
	R	0	1	0	0.084			0.0000
	T	0.002	1	0.002	0.759		0	0.0000
	N	0.018	2	0.009	3.627			0.0018
誤差	RTN	0.017	7	0.002			0	0.0024
	計	0.037	11					

ポリエステル混わたの高さ h'_1 の測定の平均値 = 0.783 (cm)

	要因	平方和	自由度	不偏分散	F 0	検定	E (V)	
	R	0.001	1	0.001	0.824			0.0000
	T	0.003	1	0.003	3.294		0	0.0003
	N	0.005	2	0.003	2.676			0.0005
誤差	RTN	0.007	7	0.001			0	0.0010
	計	0.017	11					

(4)-2-1-5 測定用機器に起因する不確かさ

測定に用いた鋼製直尺は、JIS B 7534 金属製角度直尺であり、JIS にはその許容差が $\pm 0.2 \text{ mm}$ と規定されている。また、目量は、1 mm である。

測定尺の不確かさは

$$u(w) = \{u_1^2(w) + u_2^2(w)\}^{1/2} = \{(1.33 + 8.33) \times 10^{-4}\}^{1/2} = \{9.66 \times 10^{-4}\}^{1/2} \\ = 0.031$$

高さ測定における $u_3^2(h)$ 、 $u_4^2(h)$ でこの値を使用する。

(4)-2-1-6 圧縮率測定の不確かさ

1) 特級わた

特級わたの圧縮率のための高さ測定における分散分析の結果は、 h_0 及び h_1 とも有意となる要因はない。ただし、 $u_2^2(h)$ は玉わたの違いの不確かさを表す。

特級の高さ h_0 の不確かさ成分

$$h_0 = 2.367 \text{ (cm)} \\ u_1^2(h_0) = 0.0107 \\ u_2^2(h_0) = 0.0033 \\ u_3^2(h_0) = (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4} \\ u_4^2(h_0) = (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4}$$

特級の高さ h_1 の不確かさ成分

$$h_1 = 1.150 \text{ (cm)} \\ u_1^2(h_1) = 0.0050 \\ u_2^2(h_1) = 0.0013 \\ u_3^2(h_1) = (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4} \\ u_4^2(h_1) = (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4}$$

2) ホリエステル混わた

ホリエステル混わたの圧縮率のための高さ測定における分散分析の結果は、 h_0 及び h_1 とも有意となる要因はない。ただし、 $u_2^2(h)$ は試料採取場所の違いの不確かさを表す。

ホリエステル混わたの高さ h_0 の不確かさ成分

$$h'_0 = 1.646 \text{ (cm)} \\ u_1^2(h'_0) = 0.0024 \\ u_2^2(h'_0) = 0.0018 \\ u_3^2(h'_0) = (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4} \\ u_4^2(h'_0) = (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4}$$

ホリエステル混わたの高さ h_1 の不確かさ成分

$$h'_1 = 0.783 \text{ (cm)} \\ u_1^2(h'_1) = 0.0010 \\ u_2^2(h'_1) = 0.0005 \\ u_3^2(h'_1) = (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4} \\ u_4^2(h'_1) = (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4}$$

(4)-2-1-7 不確かさの算出式

高さ h_0 測定の不確かさ算出式

$$u(h_0) = [\{u_1^2(h_0) + u_2^2(h_0) + u_3^2(h_0) + u_4^2(h_0)\}]^{1/2}$$

高さ h_1 測定の不確かさ算出式

$$u(h_1) = \{u_1^2(h_1) + u_2^2(h_1) + u_3^2(h_1) + u_4^2(h_1)\}^{1/2}$$

1) 特級わたの高さ h_0 測定の不確かさ算出

$$u(h_0) = [\{u_1^2(h_0) + u_2^2(h_0) + u_3^2(h_0) + u_4^2(h_0)\}]^{1/2}$$

$$u(h_0) = \{0.0107 + 0.0017 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.0134^{1/2}$$

$$= 0.116$$

2) 特級わたの高さ h_1 測定の不確かさ算出

$$u(h_1) = \{u_1^2(h_1) + u_2^2(h_1) + u_3^2(h_1) + u_4^2(h_1)\}^{1/2}$$

$$u(h_1) = \{0.0050 + 0.0013 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.0073^{1/2}$$

$$= 0.085$$

3) ホリエステル混わたの高さ h'_0 測定の不確かさ算出

$$u(h'_0) = [\{u_1^2(h'_0) + u_2^2(h'_0) + u_3^2(h'_0) + u_4^2(h'_0)\}]^{1/2}$$

$$u(h'_0) = \{0.0024 + 0.0018 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.0052^{1/2}$$

$$= 0.072$$

4) ホリエステル混わたの高さ h'_1 測定の不確かさ算出

$$u(h'_1) = \{u_1^2(h'_1) + u_2^2(h'_1) + u_3^2(h'_1) + u_4^2(h'_1)\}^{1/2}$$

$$u(h'_1) = \{0.0010 + 0.0005 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.0025^{1/2}$$

$$= 0.050$$

(4)-2-1-8 圧縮率の標準不確かさ $u_c(y)$ の算出

1) 特級わたの圧縮率の不確かさ

$$u_c^2(y) = \{(1/h_0)^2 * u^2(h_1) + (-h_1/h_0^2)^2 * u^2(h_0)\}$$

$$u_c^2(y) = \{(1/2.367)^2 * 0.0073 + (-1.150/2.367^2)^2 * 0.0134\}$$

$$= (13.03 * 10^{-4} + 5.65 * 10^{-4})$$

$$= 18.68 * 10^{-4}$$

$$u_c(y) = 4.32 * 10^{-2}$$

$$u_c(y) = 4.32 \quad (\%)$$

$$U = 8.64 \quad (\%) \quad (k=2)$$

2) ホリエステル混わたの圧縮率の不確かさ

$$u_c^2(y') = \{(1/h'_0)^2 * u^2(h'_1) + (-h'_1/h'_0^2)^2 * u^2(h'_0)\}$$

$$u_c^2(y') = \{(1/1.646)^2 * 0.0025 + (-0.783/1.646^2)^2 * 0.0050\}$$

$$= (9.23 * 10^{-4} + 4.18 * 10^{-4})$$

$$= 13.40 * 10^{-4}$$

$$u_c(y') = 3.66 * 10^{-2}$$

$$u_c(y') = 3.66 \quad (\%)$$

$$U = 7.32 \quad (\%) \quad (k=2)$$

(4)-2-2 回復率の不確かさ

(4)-2-1 回復率の計算式

$$\text{回復率 } y = \{(h_2 - h_1) / (h_0 - h_1)\} \times 100$$

h_0 : 錘 A を載せたときの高さ (cm)

h_1 : 錘 A 及び B を載せたときの高さ (cm)

h_2 : 錘 A 及び B を取り除き 5 分間放置後錘 A を載せたときの高さ (cm)

(4)-2-2 回復率の標準不確かさ $u_c(y)$ の算出式

$$u_c^2(y) = \{1 / (h_0 - h_1)\}^2 * u^2(h_2)$$

$$+ \left[\frac{(-1) \cdot (h_0 - h_1) + (h_2 - h_1)}{(h_0 - h_1)^2} \right]^2 \cdot u^2(h_1) \left. \right\} \\ + \left[\frac{-(h_2 - h_1)}{(h_0 - h_1)^2} \right]^2 \cdot u^2(h_0) \left. \right\}$$

(4)-2-3 回復率測定の不確かさ要因

高さ h_2 測定の繰返しの不確かさ (Aタイプ) : $u_1(h_2)$

分散分析の誤差項の値から推定

玉わたの選択又は試料採取場所の違いによる不確かさ (Aタイプ) : $u_2(h_2)$

分散分析の結果有意でないが他に比べ分散成分が大きいとき不確かさの推定に用いる。

測定者の違いによる不確かさ :

分散分析の結果から推定する。ただし、測定者のばらつきが有意差がない場合無視できる程度に小さいと考える。

測定尺の校正の不確かさ (Bタイプ) : $u_3(h_2)$

JIS B 7534 金属製角度直尺の規定の許容差を使用 (±0.2 mm)

測定尺の分解能の不確かさ (Bタイプ) : $u_4(h_2)$

測定尺の最小目量から推定 (1 mm)

測定尺の熱膨張による不確かさ :

金属製角度直尺使用により無視できる程度と推定

測定尺の経時変化の不確かさ :

金属製角度直尺使用により無視できる程度と推定

(4)-2-4 実験による分散分析の結果

1) 特級わたの h_2 の測定

特級わたの高さ h_2 の測定の平均値 = 2.263 (cm)

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)	
	R	0.025	1	0.025	1.862			0.0018
	T	0.017	1	0.017	1.246		0.000	0.0005
	N	0.049	2	0.024	1.8			0.0025
誤差	RTN	0.095	7	0.014			0.010	0.0136
	計	0.186	11					

2) ポリエステル混わたの h_2 の測定

ポリエステル混わたの高さ h'_2 の測定の平均値 = 1.575 (cm)

	要因	平方和	自由度	不偏分散	F 0	検定	E (V)	
	R	0.003	1	0.003	0.903			0.0000
	T	0.003	1	0.003	0.903		0.000	0.0000
	N	0.015	2	0.008	2.032			0.0010
誤差	RTN	0.026	7	0.004			0.004	0.0037
	計	0.048	11					

特級わた及びホリエステル混わたの回復率のための高さ h_2 測定における分散分析の結果は、いずれも有意となる要因はない。ただし、比較的大きい成分である試料採取場所の違いの不確かさとして $u_2^2(h_2)$ を不確かさ成分とする。

特級の高さ h_2 の不確かさ成分

$$\begin{aligned} h_2 &= 2.263 \text{ (cm)} \\ u_1^2(h_2) &= 0.0136 \\ u_2^2(h_2) &= 0.0025 \\ u_3^2(h_2) &= (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4} \\ u_4^2(h_2) &= (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

ホリエステル混わたの高さ h'_2 の不確かさ成分

$$\begin{aligned} h'_2 &= 1.575 \text{ (cm)} \\ u_1^2(h'_2) &= 0.0037 \\ u_2^2(h'_2) &= 0.0010 \\ u_3^2(h'_2) &= (0.02)^2/3 = 1.33 \times 10^{-4} \\ u_4^2(h'_2) &= (0.05)^2/3 = 8.33 \times 10^{-4} \end{aligned}$$

(4)-2-5 h_2 の不確かさの算出

高さ h_2 測定の不確かさ算出式

$$u(h_2) = [\{u_1^2(h_2) + u_2^2(h_2) + u_3^2(h_2) + u_4^2(h_2)\}]^{1/2}$$

1) 特級わたの高さ h_2 測定の不確かさ算出

$$\begin{aligned} u(h_2) &= [\{u_1^2(h_2) + u_2^2(h_2) + u_3^2(h_2) + u_4^2(h_2)\}]^{1/2} \\ u(h_2) &= \{0.0136 + 0.0025 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.0171^{1/2} \\ &= 0.131 \end{aligned}$$

2) ホリエステル混わたの高さ h_2 測定の不確かさ算出

$$\begin{aligned} u(h'_2) &= [\{u_1^2(h'_2) + u_2^2(h'_2) + u_3^2(h'_2) + u_4^2(h'_2)\}]^{1/2} \\ u(h'_2) &= \{0.0037 + 0.0010 + 1.33 \times 10^{-4} + 8.33 \times 10^{-4}\}^{1/2} = 0.0057^{1/2} \\ &= 0.075 \end{aligned}$$

3) 回復率における特級わた及びホリエステル混わたの h_0 、 h_1 の不確かさ成分は、圧縮率における $u(h_0)$ 、 $u(h_1)$ の値を用いる。

(4)-2-6 回復率の標準不確かさ $u_C(y)$ の算出

1) 特級わたの回復率の不確かさ

$$\begin{aligned} u_C^2(y) &= \{1/(h_0 - h_1)\}^2 * u^2(h_2) \\ &\quad + \{[-(h_0 - h_1) + (h_2 - h_1)] / (h_0 - h_1)^2\}^2 * u^2(h_1) \\ &\quad + \{-(h_2 - h_1) / (h_0 - h_1)^2\}^2 * u^2(h_0) \\ &= \{1/(2.367 - 1.150)\}^2 * 0.0171^2 \\ &\quad + \{-(2.367 - 1.150) + (2.263 - 1.150)\} / (2.367 - 1.150)^2\}^2 * 0.0073^2 \\ &\quad + \{-(2.263 - 1.150) / (2.367 - 1.150)^2\}^2 * 0.0134^2 \\ &= 0.0191 \\ u_C(y) &= 0.1384 \\ u_C(y) &= 13.8 \text{ (\%)} \\ U &= 27.6 \text{ (\%)} \quad (k=2) \end{aligned}$$

2) ホリエステル混わたの回復率の不確かさ

$$\begin{aligned}
u_C^2(y) &= \{1/(h_0-h_1)\}^2 * u^2(h_2) \\
&\quad + \{[-(h_0-h_1) + (h_2-h_1)] / (h_0-h_1)^2\}^2 * u^2(h_1) \\
&\quad + \{-(h_2-h_1) / (h_0-h_1)^2\}^2 * u^2(h_0) \\
&= \{1/(1.646-0.783)\}^2 * 0.0057 \\
&\quad + \{-(1.646-0.783) + (1.575-0.783) / (1.646-0.783)^2\}^2 * 0.0025 \\
&\quad + \{-(1.575-0.783) / (1.646-0.783)^2\}^2 * 0.0052 \\
&= 0.0136 \\
u_C(y) &= 0.1164 \\
u_C(y) &= 11.6 \quad (\%) \\
U &= 23.2 \quad (\%) \quad (k=2)
\end{aligned}$$

(4)-3 ハジエットサイトの作成.

(4)-3-1 特級わたの比容積の不確かさ

記号	不確かさ要因	値	分布	不確かさ成分 (分散)	感度係数	標準不確か
$u(w)$	基準面の採取 (参考)					0.031
$u_1(w)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_2(w)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-4}$		
$u(h)$	高さ測定			(0.326)		0.571
$u_1(h)$	高さの繰返し	0.89	正規	0.89/4		
$u_2(h)$	玉わたの違い	0.41	正規	0.41/4		
$u_3(h)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-4}$		
$u(A)$	質量測定			(74.447)		8.628
$u_1(A)$	質量の繰返し			17.548		
$u_2(A)$	玉わたの違い			56.899		
$u_3(A)$	電子天秤校正	0.00009	正規	無視		
$u_4(A)$	電子天秤目量	0.005	矩形	$8.33 \cdot 10^{-6}$	(無視)	
$u'(h)$	高さの測定			0.326	1/82.048	$(0.484 \cdot 10^{-4})^{1/2}$
$u'(A)$	質量の測定			74.447	$15.585/82.048^2$	$(3.990 \cdot 10^{-4})^{1/2}$
$u_C(y)$	合成標準不確かさ $400 * \{u^2(h') + u^2(A')\}^{1/2}$					8.46 (ml/g)
U	拡張不確かさ (k=2)					16.92 (ml/g)

参考：
 $u'(h) = \{(\partial y / \partial h)^2 * u^2(h)\}^{1/2}$
 $u'(A) = \{(\partial y / \partial A)^2 * u^2(A)\}^{1/2}$

特級わたの比容積は、 $y = 75.98 \pm 16.92$ (ml/g)
 JISに規定する比容積の基準値 51 ml/g 以上

(4)-3-2 ホ°リエステル混わたの比容積の不確かさ

記号	不確かさ要因	値	分布	不確かさ成分 (分散)	感度係数	標準不確か
$u(h)$	高さ測定			(0.061)		0.247
$u_1(h)$	高さの繰返し	0.06	正規	0.06/4		
$u_2(h)$	玉わたの違い	0.18	正規	0.18/4		
$u_3(h)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	1.33×10^{-4}		
$u_4(h)$	測定尺目量	0.1	矩形	8.33×10^{-4}		
$u(A)$	質量測定			(7.677)		2.771
$u_1(A)$	質量の繰返し			7.677		
$u_2(A)$	玉わたの違い			0.000		
$u_3(A)$	電子天秤校正	0.00009	正規	無視		
$u_4(A)$	電子天秤目量	0.005	矩形	8.33×10^{-6}	(無視)	
$u'(h)$	高さの測定			0.061	0.0166	$(0.168 \times 10^{-4})^{1/2}$
$u'(A)$	質量の測定			7.677	0.0045	$(1.527 \times 10^{-4})^{1/2}$
$u_c(y)$	合成標準不確かさ	$400 \cdot \{u^2(h') + u^2(A')\}^{1/2}$				5.21 (ml/g)
U	拡張不確かさ (k=2)					10.42 (ml/g)

ホ°リエステル混わたの比容積は、 $y = 107.52 \pm 10.42$ (ml/g)

JIS に規定する比容積の基準値 51 ml/g 以上

(4)-3-3 特級わたの圧縮率の不確かさ

記号	不確かさ要因	値	分布	不確かさ成分 (分散)	感度係数	標準不確か
$u(h_0)$	h_0 の測定			(0.0134)		0.116
$u_1(h_0)$	高さの繰返し		正規	0.0107		
$u_2(h_0)$	玉わたの違い		正規	0.0033		
$u_3(h_0)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h_0)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-4}$		
$u(h_1)$	h_1 の測定			(0.0072)		0.085
$u_1(h_1)$	h_1 の繰返し		正規	0.0050		
$u_2(h_1)$	玉わたの違い		正規	0.0013		
$u_3(h_1)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h_1)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-6}$		
$u'(h_1)$	h_1 の測定			0.0072	1/2.367	$(13.03 \cdot 10^{-4})^{1/2}$
$u'(h_0)$	h_0 の測定			0.0134	1.150/2.367 ²	$(5.65 \cdot 10^{-4})^{1/2}$
$u_c(y)$	合成標準不確かさ $\{u'^2(h_1) + u'^2(h_0)\}^{1/2} \cdot 100$					4.3 (%)
U	拡張不確かさ ($k=2$)					8.6 (%)

特級わたの圧縮率は、 $y=51.4 \pm 8.6$ (%)

JISに規定する圧縮率の基準値 43 % 以上

(4)-3-4 ポリエステル混わたの圧縮率の不確かさ

記号	不確かさ要因	値	分布	不確かさ成分 (分散)	感度係数	標準不確か
$u(h_0)$	h_0 の測定			(0.0052)		0.072
$u_1(h_0)$	高さの繰返し		正規	0.0024		
$u_2(h_0)$	玉わたの違い		正規	0.0018		
$u_3(h_0)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h_0)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-4}$		
$u(h_1)$	h_1 の測定			(0.0025)		0.050
$u_1(h_1)$	h_1 の繰返し		正規	0.0010		
$u_2(h_1)$	玉わたの違い		正規	0.0005		
$u_3(h_1)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h_1)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-6}$		
$u'(h_1)$	h_1 の測定			0.0025	1/1.646	$(9.23 \cdot 10^{-4})^{1/2}$
$u'(h_0)$	h_0 の測定			0.0052	$0.783/1.646^2$	$(4.18 \cdot 10^{-4})^{1/2}$
$u_c(y)$	合成標準不確かさ $\{u'^2(h_1) + u'^2(h_0)\}^{1/2} \cdot 100$					3.7(%)
U	拡張不確かさ ($k=2$)					7.4(%)

ポリエステル混わたの圧縮率は、 $y=52.4 \pm 7.4$ (%)

JISに規定する圧縮率の基準値 43 % 以上

(4)-3-5 特級わたの回復率の不確かさ

記号	不確かさ要因	値	分布	不確かさ成分 (分散)	感度係数	標準不確か
$u(h_0)$	h_0 の測定			(0.0013)		0.116
$u_1(h_0)$	高さの繰返し		正規	0.0107		
$u_2(h_0)$	玉わたの違い		正規	0.0033		
$u_3(h_0)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	1.33×10^{-4}		
$u_4(h_0)$	測定尺目量	0.1	矩形	8.33×10^{-4}		
$u(h_1)$	h_1 の測定			(0.0072)		0.085
$u_1(h_1)$	h_1 の繰返し		正規	0.0050		
$u_2(h_1)$	玉わたの違い		正規	0.0013		
$u_3(h_1)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	1.33×10^{-4}		
$u_4(h_1)$	測定尺目量	0.1	矩形	8.33×10^{-6}		
$u(h_2)$	h_2 の測定			(0.0171)		0.131
$u_1(h_2)$	h_2 の繰返し		正規	0.0136		
$u_2(h_2)$	玉わたの違い		正規	0.0025		
$u_3(h_2)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	1.33×10^{-4}		
$u_4(h_2)$	測定尺目量	0.1	矩形	8.33×10^{-6}		
$u'(h_2)$	h_2 の測定			0.0171	0.8217	$0.0115^{1/2}$
$u'(h_1)$	h_1 の測定			0.0072	-0.0702	$(0.36 \times 10^{-4})^{1/2}$
$u'(h_0)$	h_0 の測定			0.0134	-0.7515	$0.0076^{1/2}$ [$0.0191^{1/2}$]
$u_C(y)$	合成標準不確かさ	$\{u^2(h_2) + u^2(h_1) + u^2(h_0)\}^{1/2} * 100$				13.8(%)
U	拡張不確かさ (k=2)					27.6(%)

特級わたの回復率は、 $y=91.5 \pm 27.6$ (%)

JISに規定する回復率の基準値 70 % 以上

(4)-3-6 ホ° リエステル混わたの回復率の不確かさ

記号	不確かさ要因	値	分布	不確かさ成分 (分散)	感度係数	標準不確か
$u(h_0)$	h_0 の測定			(0.0052)		0.072
$u_1(h_0)$	高さの繰返し		正規	0.0024		
$u_2(h_0)$	玉わたの違い		正規	0.0018		
$u_3(h_0)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h_0)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-4}$		
$u(h_1)$	h_1 の測定			(0.0025)		0.050
$u_1(h_1)$	h_1 の繰返し		正規	0.0010		
$u_2(h_1)$	玉わたの違い		正規	0.0005		
$u_3(h_1)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h_1)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-6}$		
$u(h_2)$	h_2 の測定			(0.0057)		0.075
$u_1(h_2)$	h_2 の繰返し		正規	0.0037		
$u_2(h_2)$	玉わたの違い		正規	0.0010		
$u_3(h_2)$	測定尺許容差	± 0.02	矩形	$1.33 \cdot 10^{-4}$		
$u_4(h_2)$	測定尺目量	0.1	矩形	$8.33 \cdot 10^{-6}$		
$u'(h_2)$	h_2 の測定			0.0057	1.1587	$0.00765^{1/2}$
$u'(h_1)$	h_1 の測定			0.0025	-0.0953	$(0.23 \cdot 10^{-4})^{1/2}$
$u'(h_0)$	h_0 の測定			0.0052	-1.0634	$0.00588^{1/2}$ [$0.0136^{1/2}$]
$u_C(y)$	合成標準不確かさ $\{u^2(h_2)+u^2(h_1)+u^2(h_0)\}^{1/2} \cdot 100$					11.6(%)
U	拡張不確かさ ($k=2$)					23.2(%)

ホ° リエステル混わたの回復率は、 $y=91.8 \pm 23.2$ (%)

JISに規定する回復率の基準値 65 % 以上

(4)-4 輸送・梱包の違いによる差異

同一ロットから採取したわた玉を選択し梱包のうえ、水準 Y1 は片道搬送、また水準 Y2 は往復運送の 2 水準で搬送実験の結果、比容積、圧縮率、回復率に与える影響度を確かめるため実験を行った。

(4)-4-1 比容積への影響

特級わた

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	Y	188.813	1	188.813	7.046	*	
誤差	Yr	267.973	10	26.797			26.8
	計	456.787	11				

ホ^oリエステル混わた

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	Y	356.43	1	356.43	10.67	**	
誤差	Yr	334.047	10	33.405			33.4
	計	690.477	11				

特級わた及びホ^oリエステル混わたとも、輸送・梱包の違いによる差異は、いずれも有意差があり、繰返し誤差の標準不確かさは、特級わたで 5.2 ml/g 及びホ^oリエステル混わたで 5.8 ml/g であった。

(4)-4-2 圧縮率への影響

特級わた

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	Y	2.708	1	2.708	0.766		
誤差	Yr	35.362	10	3.536			3.54
	計	38.069	11				

ホ^oリエステル混わた

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	Y	2.707	1	2.707	2.791		
誤差	Yr	9.702	10	0.970			0.97
	計	12.409	11				

特級わた及びホ^oリエステル混わたとも、輸送・梱包の違いによる圧縮率に有意差はない。繰返し誤差の標準不確かさは、特級わたで 1.9%、ホ^oリエステル混わたで 0.98%であった。

(4)-4-3 回復率への影響

特級わた

	要因	平方和	自由度	平均平方	F0	検定	E (V)
	Y	1.688	1	1.688	0.093		
誤差	Yr	180.942	10	18.094			18.09
	計	182.629	11				

ホリエステル混わた

	要因	平方和	自由度	平均平方	F0	検定	E (V)
	Y	22.141	1	22.141	3.377		
誤差	Yr	65.568	10	6.557			6.56
	計	87.709	11				

特級わた及びホリエステル混わたとも、輸送・梱包の違いによる回復率に有意差はない。

繰返し誤差の標準不確かさは、特級わたで4.3%、ホリエステル混わたで2.6%であった。

なお、分散分析の結果から比容積が特級わたで5%有意、ホリエステル混わたで1%有意との結果となったが比較したわた玉は同一ロットからの採取とはいえ、果たして同一ロット内で特性が同じであったかどうか再度検討する必要がある。

(4)-5 試料採取厚さ (T)の違いによる差異

特級わたについて試料採取厚さ2水準 (12.5 cm、11.5 cm) について比容積、圧縮率、回復率の違いがあるか分散分析により検討する。(測定データは省略)

(1) 試料採取厚さによる比容積の違い

	要因	平方和	自由度	平均平方	F0	検定	E (V)
	T	56.427	1	56.427	5.816		
	r	10.63	2	5.315	0.548		
誤差	Tr	19.403	2	9.702			9.70
	計	86.46	5				

試料厚さが10 mm 程度の違いでは、比容積に有意な差はない。

(2) 試料採取厚さによる圧縮率の違い

	要因	平方和	自由度	平均平方	F0	検定	E (V)
	T	0.167	1	0.167	0.047		
誤差	Tr	14.187	4	3.547			3.55
	計	14.353	5				

試料厚さが10 mm 程度の違いでは、圧縮率に有意な差はない。

(3) 試料採取厚さによる回復率の違い

	要因	平方和	自由度	平均平方	F 0	検定	E (V)
	T	0.027	1	0.027	0.012		
誤差	Tr	8.707	4	2.177			2.18
	計	8.733	5				

試料厚さが 10 mm 程度の違いでは、回復率に有意な差はない。

実験結果は、採取する試料厚さについて JIS に規定する約 12 cm を採取すればよいことを示す。従って、試験における採取試料厚さの不確かさ成分は、特に考慮する必要がない。

(4)-6 所見等

(4)-6-1 試験操作への影響

試験試料のわた玉はその他の素材に比べて硬さ等の物性がデリケートである、技能試験をする際に採取した試料の厚さ調整が非常にむづかしいと考えられた。しかし、今回の調査において厚さ 12 cm で採取するべきものを 12.5 cm と 11.5 cm の 2 種類にて試験した結果、比容積、圧縮率、回復率のいずれにおいても厚さが 10 mm 程度の違いでは有意な差がなく、不確かさ成分としては特に考慮する必要がないことが分かった。

(4)-6-2 技能試験試料の配布方法への提案

綿ふとんわたは他の素材に比べて、硬さ等の物性がデリケートであるために、技能試験をする際に試料の梱包・輸送による影響を十分に考慮する必要があると判断された。

今回の調査では試料の配布はダンボール梱包・宅配運送が可能であることが分かった。比容積では有意な差があったがその差は小さい。梱包により比容積に差が出ることは当然予想されることであり、試料を配布する際には梱包方法をなるべくゆくゆく均一な方法を採用することで特に問題はないと判断された。

その他圧縮率、回復率に有意な差はなかった。

(5) 試験結果

試験番号	試料番号	1. 比容積							2. 圧縮弾性				
		試料質量 (g)	試料高さ (cm)					比容積 (ml/g)	試料高さ (cm)			圧縮率 (%)	回復率 (%)
			h 1	h 2	h 3	h 4	平均: h		h 0	h 1	h 2		
1	MCT1nARA	87.6	16.9	16.7	16.7	16.7	16.75	76.5	2.3	1.1	2.2	52.2	91.7
2	MCT1nbRA	92.58	17.5	17.5	17.7	16.8	17.38	75.1	2.45	1.15	2.3	53.1	88.5
3	MCT1ncRA	91.41	17.1	17	17.4	17.2	17.18	75.2	2.45	1.15	2.35	53.1	92.3
4	MCT2nARA	77.6	15.9	14.8	15.4	15.8	15.48	79.8	2.35	1.15	2.2	51.1	87.5
5	MCT2nbRA	75.86	14.8	15.4	15.4	14.5	15.03	79.2	2.45	1.15	2.4	53.1	96.2
6	MCT2ncRA	76.61	15.7	15.5	15.2	15.4	15.45	80.7	2.5	1.15	2.4	54.0	92.6
7	MCPT1nARA	57.7	16.9	16.3	15.9	16.4	16.38	113.5	1.65	0.8	1.6	51.5	94.1
8	MCPT1nbRA	61.67	16.8	15.5	15.7	16.8	16.20	105.1	1.7	0.8	1.65	52.9	94.4
9	MCPT1ncRA	64.63	16.4	15.9	16.3	16.4	16.25	100.6	1.6	0.75	1.55	53.1	94.1
10	MCPT2nARA	62.01	16.3	16.3	16.2	16.2	16.25	104.8	1.75	0.85	1.7	51.4	94.4
11	MCPT2nbRA	62.65	16.2	15.9	15.8	15.6	15.88	101.4	1.6	0.75	1.5	53.1	88.2
12	MCPT2ncRA	58.45	16.3	15.4	16.1	15.2	15.75	107.8	1.6	0.8	1.55	50.0	93.8
13	MCT1nARB	76.35	14.6	13.8	14.3	13.8	14.13	74.0	2.4	1.2	2.25	50.0	87.5
14	MCT1nbRB	87.96	16.1	15.7	16.3	16.4	16.13	73.3	2.3	1.2	2.2	47.8	90.9
15	MCT1ncRB	89.2	15.5	14.8	14.3	14.7	14.83	66.5	2.55	1.3	2.5	49.0	96.0
16	MCT2nARB	77.9	15.6	14.8	14	15.1	14.88	76.4	2.2	1.15	2.15	47.7	95.2
17	MCT2nbRB	73.35	15.2	14.9	14.4	15	14.88	81.1	2.25	1.05	2.05	53.3	83.3
18	MCT2ncRB	78.15	15.2	15.1	14.8	14.7	14.95	76.5	2.2	1.05	2.15	52.3	95.7
19	MCPT1nARB	59.9	17	17	17.2	17.3	17.13	114.4	1.65	0.75	1.55	54.5	88.9
20	MCPT1nbRB	57.73	16.8	17.2	16.2	15.8	16.50	114.3	1.6	0.75	1.5	53.1	88.2
21	MCPT1ncRB	58.4	16.8	17	16.4	16.1	16.58	113.5	1.6	0.75	1.5	53.1	88.2
22	MCPT2nARB	63.3	15.8	15	15.8	16.6	15.80	99.8	1.75	0.85	1.65	51.4	88.9
23	MCPT2nbRB	58.45	15.9	15.8	15.5	15.8	15.75	107.8	1.6	0.75	1.55	53.1	94.1

24	MCpT2ncRB	58.3	16.3	16.1	15.6	15.8	15.95	109.4	1.65	0.8	1.6	51.5	94.1
25	MCT1nAKA	87.6	16.9	16.7	16.7	16.7	16.75	76.5	2.3	1.1	2.2	52.2	91.7
26	MCT1nbKA	92.58	17.5	17.5	17.7	16.8	17.38	75.1	2.45	1.15	2.3	53.1	88.5
27	MCT1ncKA	91.41	17.1	17	17.4	17.2	17.18	75.2	2.45	1.15	2.35	53.1	92.3
28	MCT2nAKA	77.6	15.9	14.8	15.4	15.8	15.48	79.8	2.35	1.15	2.2	51.1	87.5
29	MCT2nbKA	75.86	14.8	15.4	15.4	14.5	15.03	79.2	2.45	1.15	2.4	53.1	96.2
30	MCT2ncKA	76.61	15.7	15.5	15.2	15.4	15.45	80.7	2.5	1.15	2.4	54.0	92.6
31	MCPT1nAKA	57.7	16.9	16.3	15.9	16.4	16.38	113.5	1.65	0.8	1.6	51.5	94.1
32	MCPT1nbKA	61.67	16.8	15.5	15.7	16.8	16.20	105.1	1.7	0.8	1.65	52.9	94.4
33	MCPT1ncKA	64.63	16.4	15.9	16.3	16.4	16.25	100.6	1.6	0.75	1.55	53.1	94.1
34	MCPT2nAKA	62.01	16.3	16.3	16.2	16.2	16.25	104.8	1.75	0.85	1.7	51.4	94.4
35	MCPT2nbKA	62.65	16.2	15.9	15.8	15.6	15.88	101.4	1.6	0.75	1.5	53.1	88.2
36	MCPT2ncKA	58.45	16.3	15.4	16.1	15.2	15.75	107.8	1.6	0.8	1.55	50.0	93.8
37	MCT1nAKB	109.5	18.2	17.7	16.4	17	17.33	63.3	2.6	1.35	2.5	48.1	92.0
38	MCT1nbKB	109.4	15.9	15.7	16	15.8	15.85	58.0	2.8	1.45	2.7	48.2	92.6
39	MCT1ncKB	98.03	16.7	16.3	16.6	16.5	16.53	67.4	2.65	1.35	2.55	49.1	92.3
40	MCT2nAKB	79.65	14.8	14.5	14.3	14.5	14.53	72.9	2.25	1.1	2.15	51.1	91.3
41	MCT2nbKB	85.32	14	14.4	14.3	14.4	14.28	66.9	2.4	1.25	2.3	47.9	91.3
42	MCT2ncKB	85.1	15.4	15.4	15.2	15	15.25	71.7	2.6	1.3	2.4	50.0	84.6
43	MCPT1nAKB	60.4	14.2	15.1	15.2	14.7	14.80	98.0	2.25	1.1	2.15	51.1	91.3
44	MCPT1nbKB	66	17	17.7	17.2	16.4	17.08	103.5	1.8	0.85	1.7	52.8	89.5
45	MCPT1ncKB	59.48	15.8	15.7	15.4	15.7	15.65	105.2	1.65	0.8	1.6	51.5	94.1
46	MCPT2nAKB	62.93	15	15.3	15.3	15.7	15.33	97.4	1.85	0.9	1.8	51.4	94.7
47	MCPT2nbKB	63.33	16.7	6.2	16.6	16.6	14.03	88.6	1.8	0.85	1.75	52.8	94.7
48	MCpT2ncKB	64.5	16.6	16.2	16.3	16.1	16.30	101.1	1.75	0.85	1.7	51.4	94.4
49	MCPVnA	78.83	15.4	14.9	15.1	15.7	15.28	77.5	1.85	0.9	1.8	51.4	94.7
50	MCPVnb	79.09	15.3	15.2	15.3	14.8	15.15	76.6	1.85	0.9	1.8	51.4	94.7

51	MCPVnc	74.76	15.4	15.6	15.7	15.4	15.53	83.1	1.95	0.95	1.9	51.3	95.0
52	MCPWnA	76.65	14.6	14.3	14.2	14.2	14.33	74.8	2.25	1.15	2.2	48.9	95.5
53	MCPWnb	78.98	14.4	14.3	14.2	14	14.23	72.0	2.5	1.2	2.45	52.0	96.2
54	MCPWnc	78.01	14.3	14.1	13.8	14	14.05	72.0	2.4	1.1	2.3	54.2	92.3

試験 番号	試料番号	1. 比容積						2. 圧縮弾性					
		試料質 量 (g)	試料高さ (cm)					比容積 (ml/g)	試料高さ (cm)			圧縮率 (%)	回復率 (%)
			<i>h</i> 1	<i>h</i> 2	<i>h</i> 3	<i>h</i> 4	平均: <i>h</i>		<i>h</i> 0	<i>h</i> 1	<i>h</i> 2		
1	MCT1nARA	79.9	15.5	14.4	15.1	14.6	14.90	74.6	2.05	1	2	51.2	95.2
2	MCT1nbRA	76.38	14.6	13.8	14.3	13.8	14.13	74.0	2.4	1.2	2.25	50.0	87.5
3	MCT1ncRA	78.15	15.2	15.1	14.8	14.7	14.95	76.5	2.2	1.05	2.15	52.3	95.7
4	MCPT1nARA	64.63	16.4	15.9	16.3	16.4	16.25	100.6	1.6	0.75	1.55	53.1	94.1
5	MCPT1nbRA	62.65	16.2	15.9	15.8	15.6	15.88	101.4	1.6	0.75	1.5	53.1	88.2
6	MCPT1ncRA	62.65	16.2	16.3	16.5	16	16.25	103.8	1.55	0.7	1.45	54.8	88.2

綿ふとんわた圧縮弾性試験 作業手順-1

試験用サンプル



① パック 3 kg (10 玉入り)



② 1 玉約 300g



③ 試料調整 8 時間以上

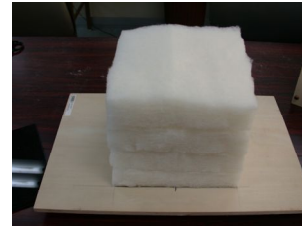
2. 試料の採取



① 試料採取

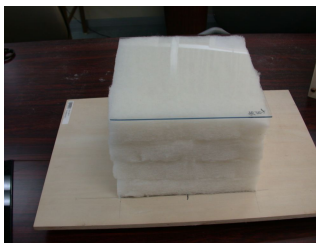


② 大きさ 20 × 20 cm



③ 必要高さに積み重ねる

3. 比容積試験



① 厚板を載せ約 12 cmの厚さにする



② 乾燥機に入れる、③ 70°Cで 30 分間乾燥

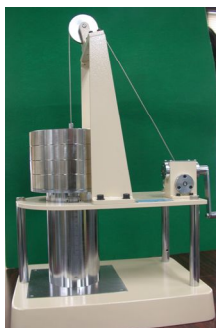


④ 乾燥後の試料質量測定: A(g)



⑤ 試料の高さ測定: h (cm)、⑥ 比容積の算出(ml/g)

4. 圧縮弾性



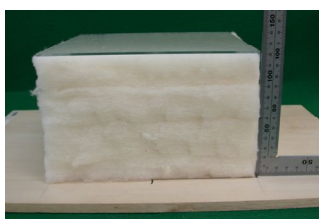
①試験機



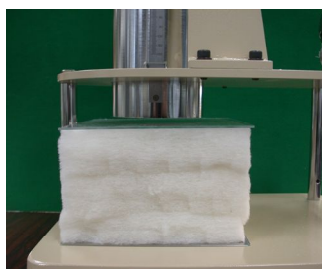
②試料高さ読取り部



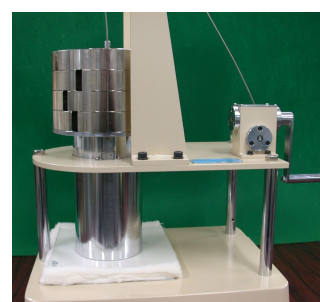
③おもり表面の加熱(温度 $37 \pm 1^\circ\text{C}$)



④試料準備: $20 \times 20 \times$ 高さ 12 cm
(比容積測定後の試料を使用)



⑤試料を試験機にセットする

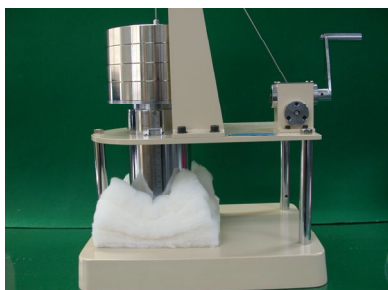


⑥荷重 5 分(厚板+おもり A+B)

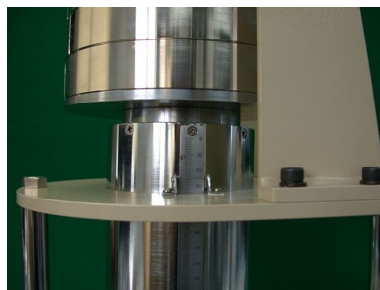


厚板: 96 g
おもり A: 3.5 kg
おもり B: 25 kg

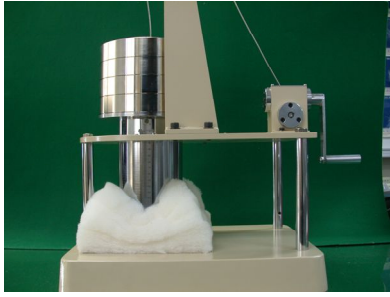
⑦除重 5 分(おもり A+B を除く)、荷重・除重を 5 回



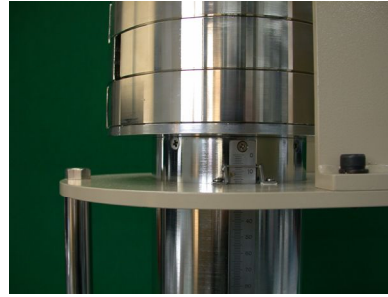
⑧荷重(おもり A)



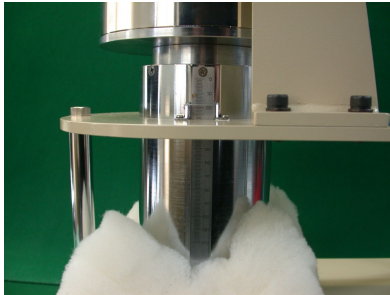
⑨試料高さ測定: $h_0(\text{cm})$



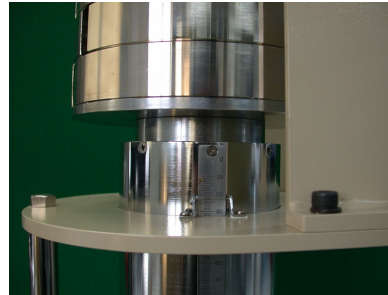
⑩荷重(おもり A+B)、5 分間放置



⑪試料高さ測定： h_1 (cm)、⑫除重(おもり A+B)、5 分間放置



⑬荷重(おもり A)



⑭試料高さ測定： h_2 (cm)

⑮圧縮率(%)、回復率(%の算出