

大学生の被服科学分野の実験教育に対する 問題点と適する実験教材について

高橋哲也

Tetsuya TAKAHASHI

The problems for experiment education and the optimised experimental materials
on clothing science of university students

1. はじめに

現在、高校生や大学生の自然科学離れが問題となっている¹⁾²⁾。とりわけ、実験離れに対する懸念は大きい³⁾。文部科学省は、2004年1月23日に国立教育政策研究所が高校3年生を対象に実施した学力テスト（2003年・教育課程実施状況調査）において、数学と理科は想定された正答率を下回る問題が大半となり課題を大きく残していることを発表した。1998年12月に小中学校、1999年3月に高校の新しい学習指導要領が告示され、理科の時間が減少したことを懸念する報告もある⁴⁾。勉強意欲や目的意識の低下現象⁵⁾、理解力不足、それに実験に対する面倒くささといったものも根底にあるものと考えられる。大学生に対する自然科学実験教育においても難しい問題を含んでいる⁶⁾⁷⁾。

そこで、本学の被服科学実験（被服学実験、被服管理学実験、環境マテリアル実験）を通して、大学生への自然科学分野の実験教育の問題点や理解度合いなどを検討した。調査期間は、最近6年間である。レポートの内容や提出状況、実験の履修態度、出席状況などについても調査するとともに、履修生に無記名での事前アンケート、事後アンケートを実施した。また、実験項目ごとに学生の陥りやすい間違いなどについても調査した。そして、被服科学実験の教材としての適切さを調査するとともに、講義時間内に終了させるという制約のもとにより適切に実施するにはどうすればよいかなど、詳細に考察した。その結果、適切に実施する際の幾つかの知見が得られた。また、誤差に関する考え方や、結果と結論の区別が着かないなど、学生に共通する幾つかの問題点も明らかとなった。

なお、本被服科学実験の履修に際しては、幾つかの参考書⁸⁻¹⁰⁾を紹介して良く読んでおくことを推奨している。また、授業に対する質問や意見などは、電子メールアドレスでも受け付けるように配慮している。

2. 実験内容の概要

2.1 履修者数の推移と成績評価

本被服科学実験は、3年生時の週1回2時限（90分間）の履修であり、平成12年度以前は後期、13年度以降は前期の開講になっている。表1に、履修生数の推移を示す。調査対象は、平成11年度から平成16年度の6年間である。履修生は教育学部学校教育教員養成課程の家政教育専修、ゼロ免課程の生活環境コースが主であり、他専修の学生も僅かではあるが履修している。過去に履修した他専修生としては、理科3名、数学1名、課目等履修生1名がいる。

平成10年度以前の入学生については、被服管理実験は旧免許法によって中・高等学校家庭科の第1種教員免許の必須の授業科目であった。しかし、免許法の改正によって、被服学実験は選修Bではあるものの、免許法上の必須の授業科目ではなくなった。また、家政教育専修の学生定員は、平成12年度以前は15名、13年度以降は7名である。平成12年度以前と13年度以降で家政教育専修の学生の履修割合が大きく低下しているのは、学生定員が削減されたことに加えて免許法が改正されたためと推察できる。平成12年度より著者が本実験を担当している。平均出席率は年度によって差は有るものの、概ね90%を前後している。また、理解度のチェックのため、レポートを毎回提出させている。成績の評価としては、出席状況（40点）、レポート（60点）の合計により総合的に判

表1 履修者数の推移

		平成11年度	平成12年度	平成13年度	平成14年度	平成15年度	平成16年度
履修者数	家政教育専修	17人 (被服管理学実験)	12人 (被服管理学実験)	4人 (被服学実験)	3人 (被服学実験)	5人 (被服学実験)	8人 (被服学実験)
	生活環境コース			2人 (環境マテリアル実験)	5人 (環境マテリアル実験)	4人 (環境マテリアル実験)	5人 (環境マテリアル実験)
	その他	1人 (被服管理学実験)	3人 (被服管理学実験)	0人 (被服学実験)	1人 (被服学実験)	0人 (被服学実験)	0人 (被服学実験)
	合計	18人	15人	6人	9人	9人	13人
平均出席率*		92%	89%	91%	86%	92%	94%
成績評価	優良	15人	13人	5人	6人	8人	11人
	良	1人	2人	1人	3人	1人	2人
	可	2人	0人	0人	0人	0人	0人
免許法		旧免許法 (必須)	旧免許法 (必須)	新免許法 (選修B)	新免許法 (選修B)	新免許法 (選修B)	新免許法 (選修B)

() 内は、授業題目名を示す。*)平均出席率は、教育実習などの公欠分は出席扱いとして算出した。

表2 履修の動機

理由	割合
繊維・被服に興味を持っているため	6%
自然科学系実験が好きだから	4%
卒業研究を行う上で、役に立つと考えたから	15%
知識・教養の幅を広げたいから	5%
今までに受けた先生の講義が楽しかったため	7%
シラバスを見て興味を持ったから	4%
講義よりも楽しそうだから	6%
教員採用に有利と考えたため	6%
教員免許の取得のため	17%
単位が取得しやすそうだから	5%
先生に勧められたため	4%
卒業単位を満了するため	3%
友人が履修しているから	7%
時間が空いていたから	3%
なんとなく	5%
その他	3%

履修の理由を自由に3つ挙げさせた。

定している。年度によって差があるものの、70～90%の学生に「優」を評価している。

2.2 履修の動機

被服科学実験の履修の動機について、平成12、13、14、16年の計4回調査した。調査方法はアンケート方式であり、無記名で実施した。回答は、自由に3つを述べるように指示した。表2に、得られた履修の動機を意味合いより分類してまとめた。各項目は、上から積極的な動機と考えられる順に記載した。全ての回答数を100とし、各々の理由の割合を示した。その結果、「被服に興味を持っているため」や「自然科学系実験が好きだから」といった積極的な理由を挙げたものは合わせて全体の10%、「卒業研究を行う上で役に立つと考えたから」は15%であった。「教員免許の取得や教員採用」に関する理由を挙げた者は、全体の約2割と非常に多かった。また、「友人が履修しているから」や「単位が取得しやすそうだから」といった消極的な理由を挙げたものも全体の約3割近くもいた。

さらに、履修者に対して、高校時代の履修状況についても調査をした(表3)。その結果、履修者の約4割が理系クラス出身者であった。理系出身者には、自然科学実験や被服科学実験に興味を示す者が7～9割と高いのが特徴であった。また、文科系出身者であっても、被服科学実験に対しては74%の者は興味を示していること

表3 被服科学実験履修者に対する質問

質問項目	回答			それらの主な理由
高校時代は理科系のクラスであった。・・・全体の42%				
<u>理科系出身者に聞く</u>				
自然科学実験に興味があるか？ あるいは好きか？	興味がある。 あるいは好き。 ・・・73%	興味がない。 あるいは嫌い。 ・・・21%	どちらでもない。 ・・・6%	・実際に目で確かめられる（体験）ので好きだ。 ・理論的なことが嫌い。
被服科学実験に興味があるか？ あるいは好きか？	興味がある。 あるいは好き。 ・・・91%	興味がない。 あるいは嫌い。 ・・・5%	どちらでもない。 ・・・4%	・理科実験よりも、身近な分野なので興味がある。
被服科学実験以外の自然科学 実験を履修しているか？	履修している。 ・・・47%	履修していない。 ・・・53%		[他に履修している実験] 食物学実験（フードサイエンス実験） 中等理科教育法実験 など
高校時代は文科系のクラスであった。・・・全体の58%				
<u>文科系出身者に聞く</u>				
自然科学実験に興味があるか？ あるいは好きか？	興味がある。 あるいは好き。 ・・・32%	興味がない。 あるいは嫌い。 ・・・37%	どちらでもない。 ・・・31%	・座学よりも現象を調べられるので好きだ。 ・めんどくさいので嫌い（苦手）。 ・理論的なことが嫌い。 ・難しいので嫌い。
被服科学実験に興味があるか？ あるいは好きか？	興味がある。 あるいは好き。 ・・・74%	興味がない。 あるいは嫌い。 ・・・16%	どちらでもない。 ・・・10%	・洗濯など、生活に密着しているので興味がある。
被服科学実験以外の自然科学 実験を履修しているか？	履修している。 ・・・23%	履修していない。 ・・・72%		[他に履修している実験] 食物学実験（フードサイエンス実験） 中等理科教育法実験

がわかった。このことは予想よりも高い結果であった。但し、文科系出身者は他の自然科学実験に対しては32%と低かった。理系出身者の場合に比べると（73%）かなり低いことがわかる。

前述の表2に示す被服科学実験の履修の動機に関するアンケート結果では、消極的な回答が比較的多かったのに対して、興味は大いに持っていることになる。すなわち、実験に関する興味は持っていて、必ずしも履修の直接的な動機には繋がっていないことになる。なお、理科系、文科系の両出身者とも被服科学実験に興味と比較的高い理由としては、被服科学実験の履修者を対象としたアンケートであるのに加えて、生活に密着した実験であるためと考えられる。

2.3 実施した実験テーマ

本被服科学実験は、我々の最も身近に存在する被服に関して被服材料学、被服管理学の講義で学んだことを実験を通してより生きたものになるように心がけている。そのため、本実験で観察・体験・確認させるとともに、実験ごとに理論を確実に自分のものにして自然科学的な意味⁶⁾を考へるように指導している。表4に、実施している具体的な実験テーマとその概要を示す。実験テーマとしては、繊維、糸、布地の構造と物性測定などの被服材料学の分野から洗濯や、仕上げなどの被服管理学の分野までを広く網羅するように選定した。各測定項目に

対して、表4に示す試料と装置を準備した。実験の実施に際しては、手作りの実験書を配布し、レジメ、文献抜粋等の資料も適宜配布している。

3. 実験状況と考察

3.1 繊維及び糸の構造に関する実験

縫糸、編織物などを構成する糸は、繊維の集束に撚りをかけたものである。繊維の種類や長さ、また同じ繊維から成る場合でも糸の撚り方や太さなどによって、糸の外観や性能は大きく異なる。力学性能を測定する前段階としては撚りや太さなどの繊維や糸の構造を調べることが重要と考え、本実験テーマを実施することとした。

3.1.1 撚り方向と撚り数について

繊維の側面を観察し、解撚し、撚り数、合系数、上撚り、下撚りの関係を調べさせた。実験手順として、まず撚り方向について側面の撚り線からS撚り、Z撚りのいずれであるかを観察させた。また、拡大鏡を用いたり、糸端を解撚すると判別しやすいことを指導し、自ら工夫をさせた。また、撚り数については、検撚機による方法を用いた。図1にその実験の様子を示す。解撚（撚りを戻すこと）に要した回転数の3回の平均値を出し、単位長当たり（10cm当たり）の撚りに換算させた（上撚り）。また上撚りだけでなく、下撚りも同様にして調べさせた。表5に本実験の実施状況と、表6に工夫点とその改善状



図1 撚糸装置を用いて、撚り数、撚り縮み率、撚り方向を求めている実験の様子

況を示す。

その結果、検撚機による測定には大多数の学生が意欲的に取り組んでおり、出席率も96%と高かった。また、査撚り方向であるS撚り、Z撚りについては、間違える学生は全くいなかった。しかし、撚り数については、3

回の測定値が大きく異なる学生が3割程度いた(表5)。その理由の一つとしては、糸に初荷重を加える際、伸長せず真直くなる程度の荷重に全く合わせずに測定していたためと考えられた。また、単繊維、単糸が平行になるまでハンドルを回転して解撚する際、解撚を速い速度で行ったために、繊維同士がもつれ合ったために生じたエラーも見られた(表5)。しかし、測定値がばらつくことの原因を考察したレポートはほとんどなかった。レポートを返却する際に指摘したところ、多くの学生がよく納得した。また、数名の学生であるが、翌週の実験終了後にやり直す者がいた。やり直した測定値は、ほとんどばらつくことがなかった。このことは、実験の意味を理解されることによって、十分に工夫して実施できたためと考えられる(表6)。

次に、検撚機の撚り数測定の際に一定長の糸の解撚による長さの増加から、撚り縮み率を求めさせた。その結果、6割の学生のレポートでは、ほぼ正しく測定が行われていた。レポートの提出率は86%であった。しかし、一部の学生は撚り縮み率の値がマイナスを示すなど珍レポートもあった。そのことは、糸の長さを測定する際に、

表4 テーマ別の実験内容

実験テーマ名	測定項目	使用した試料	使用した装置
1. 実験の心得	ガイダンス		
2. 繊維及び糸の構造	撚り方向と撚り数、撚り縮み率、糸の太さ	各種の紡績糸、フィラメント糸	検撚機、拡大鏡、天秤
3. 織物・編物の構造(1)	厚さ、糸密度、目付け	平織、斜織、朱子織、たて・よこメリヤス	厚さ測定器、拡大鏡、天秤
4. 織物・編物の構造(2)	織組織、織り縮み率	同上	実体顕微鏡、ゲージ、方眼紙
5. 糸の引張り、引掛け、結節強さと伸び率	糸の力学物性	各種の紡績糸、フィラメント糸、混紡糸、太さ・撚りの異なる糸	引張試験機
6. 布地の外観的性能	滑り摩擦係数、防しわ性	フィラメント織物、紡績織物、不織物	小形板(2.5×7.5cm)、大形板(5×20cm)、分度器
7. 布地の外観的性能	剛軟度、ドレープ性	同上	モンサント型防しわ試験機、カンチレバー型剛軟度試験機
8. 布地の引張り強さ、伸び率、伸長弾性率、引裂き	布地の力学物性	同上	引張試験機
9. 撥水性	撥水度	各種の天然繊維、化学繊維の平織物	撥水度試験機、シリンダー
10. 布地への吸水性	吸水速度	同上	バイレック法吸水度試験機、ピンセット、ストップウォッチ
11. 布地への吸湿性	調湿デシケータの作製、水分率の測定	同上	デシケータ、天秤、メスシリンダー
12. 布地への透湿性	透湿率	同上	アルミ製容器、天秤、乾燥機
13. 布地の保温性	保温率	同上	カタ寒暖計、スタンド、ストップウォッチ、縫い針と糸
14. 洗浄試験	汚染布の作製、汚染率、洗浄効率	綿布、汚染液(水溶性・油性)	汚染溶バット、ピンセット、ストップウォッチ、メスシリンダー、ラウンドリーテストター、分光光度計
15. アイロン仕上げ	折目付け効果、防しわ性	各種の天然繊維、化学繊維の平織物	標準型アイロン、霧吹き、モンサント型防しわ試験機、ストップウォッチ

一定の張力をかけていなかったためと考えられた。これらの一連の実験によって、糸や繊維は多少の伸縮性を有するために一定の初荷重を加えた条件で測定を行わないと測定時に大きな誤差を含むことを身を持って体験させた。また、糸や繊維が加える張力によってどの程度伸縮するかも教える必要がある(表6)。しかし、実験時間にも制約があり、このことは今後の課題である。

3.1.2 糸の太さについて

長さ重量の関係から、見かけ番手数・デニール数を求めさせた。その手順としては、糸をたるまぬように真直ぐに張り、一定長(1mを3本)をとって秤量して平均を求める。糸の種類により、下記に示すような一般に用いられる番手常数を用いて算出させる方法を用いた。表5に本実験の実施状況と、表6に工夫点とその改善状況を示す。

テックス	$T = K \times (w/L)$...(糸の種類に関係なく用いられる)
デニール	$D = K' \times (w/L)$...(全てのフィラメント糸に用いられる)
番手	$S = K'' \times (L/w)$...(紡績糸に用いられる)

(K, K', K'' : 番手常数, L:糸の長さ(m) w:糸の重量(g))

K	= 1000
K'	= 9000
K''	= 0.591 (綿糸、絹・化繊の紡績糸)
K''	= 1.654 (麻糸)
K''	= 1.000 (毛糸)

その結果、学生の測定自体は、おおむね正しくできていた。しかし、テックス、デニール、番手への単位変換は、全て正しくできている学生は全体のわずか4割程度であった(表5)。実験を始める前に、その意味を説明していたものの、その理解が不十分であったためと考えられる。実験終了後、被服材料学の講義で用いたプリントを配布し、恒長式番手法の説明を再度行った。おおむね理解したものと思われるが、数式を使った実験データの算出には多くの学生が苦手意識を持っていた。さらに訓練が必要と考えられるものの、単位を正しく換算することに対してある程度の目的は達したものと考えられた(表6)。

3.2 織物・編物の構造に関する実験

織物・編物は、厚さ、糸密度、目付、組織などによって外観、性能などが大きく異なる。また、夏用・冬用の衣服などに多方面に糸の組み合わせり方の異なる織物・

編み物が適用されている。そこで、厚さ、糸密度、組織がそれぞれの用途でどのように異なるかを学生に構造を観察させ、その特徴を把握させるべく本実験テーマを行った。

3.2.1 厚さ

布地には弾力性があるため、布地の厚さを正しく測ることは意外に難しい。そこで実験方法としては、厚さ測定機を用いて一定圧力のもとで布地1枚につき異なる数個所を測定し、平均値で表させた(測定機の目盛は0.01mm)。表5に本実験の実施状況と、表6に工夫点とその改善状況を示す。

その結果、測定自体はほとんどの学生が正しく実施できた(表5)。しかし、「mm表示」である測定機の目盛を「 μm 」に換算することはほとんどの学生ができておらず、レポート返却時に指摘してようやく理解できる状況であった。M(メガ)、k(キロ)、c(センチ)、m(ミリ)、 μ (マイクロ)といった単位のケタ数に使用する記号を新しく教える必要を感じ、プリントを配布することとした。このように、大学生であっても基本的な知識に欠如している場合も多く、知らないことを前提に指導する必要がある(表6)。

3.2.2 糸密度

織物・編み物における糸密度は、通気性、保温性などに大きな影響を与える。また、布地の剛軟性にも影響を与えるため、重要な項目であるといえる。そこで、糸密度の測定についても実験テーマに加えた。

実験の手順としては、まず織物・編物のたて・よこ異なる数個所の一定長さについて、後述する2つの方法で求めさせてそれぞれに平均させる。その際、織物の場合は一定長さ(10mm)に印を付けさせ、その間隔に含まれるたて糸・よこ糸数を各々数えて糸密度とした(本/10mm)。一方、編物の場合も、同様にして編目数を求めさせた。1つ目の実験方法としては、分解鏡を用いる方法であり、試験片を平らな台の上に置いて測定機を糸に平行にのせ、レンズをとおして測定するものである。2つ目の実験方法としては、1方向の織糸をほぐしながら数える簡便法である。編物の場合、一定長に標をし、引き伸ばしてウェール数、コース数を数えさせた。

その結果を表5に示す。織物の場合では、分解鏡を用いる方法、ほぐしながら数える方法ともほぼ正しく測定できていた。一方、編物の場合では、ウェール数、コース数を数えまちがえる学生が数名いた。その学生については、個別に数え方を指導すると、正しく測定できるようになった(表6)。数え方を誤った原因としては、編み物では糸同士のからみ合いが複雑であるために混乱し

表5 実験テーマ別の実施状況

実験テーマ名	実験中の意欲度	出席率	実験の状況	陥り易い間違い
繊維及び糸の構造	・検撚機による測定は、大多数の学生が意欲的に取り組む。解撚実験は、学生に糸構造に興味を抱かせるのに非常に有効。	96%	・撚り方向については、間違える学生は全くいない。 ・撚り数については、測定値がばらつく学生が3割程度。 ・約6割の学生のレポートでは、ほぼ正しく実験を考察。	・糸に初荷重を加える際、伸長せず真直くなる程度の荷重に全く合わせずに測定を行いやすい。 ・繊維同士がもつれ合ったために、エラーを生じる。
織物・編物の構造(1)	・単純な作業が中心となるため、意欲的に取り組む学生が少ない。雑談も多くなる傾向。	89%	・70%程度の学生は、正しく求める。但し、間違いと思っていない者がほとんど。	・測定自体はほとんどの学生が正しく実施できた。 ・編物の場合では、ウェール数、コース数を数えまちがえる学生も存在。
織物・編物の構造(2)	・同上	87%	・織り縮み率にはマイナスの値を出したのも数名。その間違いにも気付かず。	・測定時の張力を一定にしていなかったために、異常値を出しやすい。
糸の引張り、引掛け、結節強さと伸び率	・興味を持って積極的に実験を行う学生と、見ていられるだけの学生に分かれてしまう傾向。	93%	・引張試験中の糸状態に対する観察力が不足。 ・ほぼ全員の学生が正しく測定。測定値の正解率は88%。 ・データのばらつきや異常値に対するの考察を行った学生はほとんど無し。	・チャック部での切断や糸のねじれなどがエラーの原因。
布地の外観的性能	・斜面板法による測定は、全ての学生が積極的に参加。但し、それ以外の実験では、分業して行ってしまう傾向が強い。	89%	・実験結果の正解率は64%。興味深く行っている割には、正しく測定されず。 ・比較的容易な実験手順であるため、おおむね良好な実験データを出す。正解率は84%。	・滑り出す瞬間に注目するあまり、大型板に貼り付けられた布地を手で引張るなど、本実験の意味をあまり考えずに行いやすい。
布地の引張り強さ、伸び率、伸長弾性率、引裂き	・興味を持って積極的に実験を行う学生と、見ていられるだけの学生に分かれてしまう傾向。	92%	・糸の測定の場合よりもチェック切れが生じにくく、良好な結果を得る。 ・実験結果の正解率は73%。 ・測定自体は良好であったものの、データ整理についてはできないものが多い(3割近い者ができず)。	・チャック締めが弱く、明らかにチャック部分で試料がスリップしたと見られるデータも有り。 ・布地のチャックに平行にしなかったために(多少斜め)、糸の切断方向が斜めにずれるもの有り。
撥水性	・日常生活に密着しているため、多くの学生が意欲的に実験を行う傾向。	92%	・実験結果は86%の正解率。学習効果は非常に高い。	・間違いを起こすことが、あまり見られず。
布地への吸水性	・布地間の相違の大きさに驚き、大いに興味を持つ。	82%	・実験レポートに繊維素材との関係を正しく考察できたものは35%。	・同上
布地への透湿性	・乾燥時間などの待ち時間があるため、だらけやすい傾向有り。雑談も多くなる傾向。	84%	・水分率の測定結果としては、正しい結果を求められていた学生は意外に少数(35%)。 ・73%の学生は、おおむね良好な実験結果。 ・調湿デシケータの作製は、85%の学生が正しく行う。	・乾燥機に試料を同時に入れなかったため、温度ムラが発生。 ・試料の量が少なすぎたために、測定値に誤差を多く含んだものも発生。
布地の保温性	・原理が簡単で教育実習などにも容易に使えそうな実験であるため、興味を持つ学生が多い。	87%	・正しく保温率を求めることができた学生は、3割程度。	・寒暖計球部に試料である布地を、密着させるようにしていない。
洗浄試験	・こちらから指示したもの以外の実験も行うなど、意欲的な学生も存在。但し、洗浄中に雑談をしやすい傾向有り。	96%	・洗濯後の被洗布の目視による評価では、9割を超える学生がおおむね正しい実験結果。	・人工汚染布が同程度に汚染された布を、選ばないために実験データがばらつく。
アイロン仕上げ	・日常生活に密着しているテーマであるため、興味を持つ学生が多い。但し、実験が単純なこともあり、後半になってだらける学生も出現。	93%	・水分の影響には、予想以上に実験データのばらつきが多い。	・水分が布地に均一に含まれていなかったため、折り目付け効果の値がばらつく。

表 6 実験テーマ別の工夫点と改善状況

実験テーマ名	教材の工夫したき点	指導上の工夫したき点	改善後の理解度	さらなる改善点
繊維及び糸の構造	<ul style="list-style-type: none"> 糸に初荷重を加える際、各々の糸に対して一定の伸長を与える程度の荷重を予め準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 糸や繊維は多少の伸縮性を有するために、初荷重の重要性を指導。 	<ul style="list-style-type: none"> 自主的に数値がやり直す。やり直した測定値には、パラツキは見られず。 	<ul style="list-style-type: none"> 実験の意味を理解しやすくするために、実験テキストに課題として書き加える。
織物・編物の構造(1)	<ul style="list-style-type: none"> 編み物では糸同士のからみ合いが複雑。ポイントを実験テキストに記載。 太い糸の布地も準備し、それも教材とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 注意深く観察しながら実験を行うように指導。 単位を統一せず計算した学生には、個別に指導。 	<ul style="list-style-type: none"> 必ずしも、学生たちがよく観察しながら実験を行ったわけではないものの、編み構造の観察に改善が見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> 糸や繊維に加える張力によって伸縮する程度を別途教える。但し、実験時間には制約があるので、工夫が必要。
織物・編物の構造(2)	<ul style="list-style-type: none"> M、k、c、m、μといった単位の使用記号を、プリントにまとめて準備。 毛織物などの含気率が大きい布地も教材として準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 有効数字などの考え方は、高校時代に全く習っていないことを前提として指導。 夏用と冬用被服地での糸密度の相異など、生活に密着させて考えさせる。 	<ul style="list-style-type: none"> 個別に測定方を指導すると、正しく教えることができた。本実験の場合、測定のやり直しによって、ほとんどの学生は正しい値に改善。 	<ul style="list-style-type: none"> 保温性などの性能との関連を学ばせることによって、理解を深めさせる必要。後に実施する保温性実験などとの関連について学ばせる。
糸の引張り、引掛け、結節強さと伸び率	<ul style="list-style-type: none"> 力学的性質の大きく異なる繊維素材を準備。特に、伸縮性のある繊維素材(ポリウレタンなど)は不可欠。必ず数点を準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 引張り変形時の糸変化に対して、注意深い観察を指導。 実験データのバラツキの原因になりやすいチャック部分での滑りなどにも指導。 	<ul style="list-style-type: none"> 3割程度の学生がチャック部での異常を指摘できるようになる。 繊維素材によって低下する割合が異なることも、正しく考察できるようになる。 	<ul style="list-style-type: none"> 改善されない学生も多く存在。ねばり強く指導するとともに、たえず問題意識を持たせ、観察しながら実験を行うように繰り返し指導。
布地の外観的性能	<ul style="list-style-type: none"> 測定が1点づつしか行えないため、測定点数に制約があることが学生実験としての欠点。 布地に静電気が発生しにくいように、カチオン静電気防止スプレーを準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 試料に手を触れぬことなど、基本的からの指導。 布地を金属に接触させ、除電してからの実験実施。 静摩擦係数と動摩擦係数の相異などについても説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 変更後は測定値は正常となり、実験レポートにそのことを考察する良い内容のものも7割程度にまで向上。 	<ul style="list-style-type: none"> 試験点数を多くすることがデータのばらつきを削減。人工皮膚(シリコンカバー)を用いた場合の静摩擦係数を求めさせ、興味をいだかせる工夫。
布地の引張り強さ、伸び率、伸長弾性率、引裂き	<ul style="list-style-type: none"> 女子学生はチャック締めが弱い傾向。エアーチャック方式などを採用する必要あり。 弾性回復性に劣る試料も使用した方が学習効果大。 	<ul style="list-style-type: none"> 試料の取り付け時には、必ず見回ってチェック。ティーチングアシスタントと良く連携し、耐えず傍で指導できる体制をとる。 	<ul style="list-style-type: none"> 多少のバラツキは見られたものの、根本的な間違いは無くなる。 本実験の意味は、かなり理解された。 	<ul style="list-style-type: none"> 加える歪み量についても変える必要あり。しかしながら、学生実験としては時間の制約があるために不可能。今後の課題。
撥水性	<ul style="list-style-type: none"> 実際にレインコートなどに使用されている布地を実験に用いることによって、学習効果がより向上。日常生活の関連素材を多く準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 本実験に先立って、撥水状態などの見るべきポイントを説明しながら実験を実施。 見本帖との相違点についても、常に考えさせるように指導。 	<ul style="list-style-type: none"> 繊維素材での撥水性の相違について、正しく考察できるようになる。 撥水スプレーの効果についても、ほぼ充分な理解が得られるにまで向上。 	<ul style="list-style-type: none"> 後の洗浄実験と組み合わせで行うなど、工夫が必要。
布地への吸水性	<ul style="list-style-type: none"> 天然繊維(植物系、動物系)、化学繊維(再生繊維、合成繊維)など、幅広い種類の試料を準備。 繊維密度、繊維等の異なる試料も準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 同じ繊維素材であっても、繊維密度、繊維等によって吸水性が異なることも、講義によって理論的に教える。講義と実験を一体化。 	<ul style="list-style-type: none"> 講義と実験の進行速度が異なるものの、実験内容を理論的に教えることができる。講義と関連させることによって、学生の理解度も概ね向上。 	<ul style="list-style-type: none"> 試料間の相違点について、突っ込んで教える必要あり。但し、全体の実験スケジュールのために切り上げざるを得ないジレンマ。
布地への透湿性	<ul style="list-style-type: none"> 教材として、軽量の容器(アルミ製の浅底)が最適。 繊維密度、繊維のできるだけ一致した繊維素材試料を準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 恒温器の温度を、できるだけ一定に保つように指導。 実験方法として、同時に投入するなど、実験上の工夫を指導。 	<ul style="list-style-type: none"> 指導後は、明らかに実験データのバラツキは減少。 実験レポートにも工夫点を記載する者も多く、充分な改善。 	<ul style="list-style-type: none"> 本実験の主旨をより理解させるため、短時間で安定制御する恒温器(PID)の導入が必要。
布地の保温性	<ul style="list-style-type: none"> 冷却時にカタ寒暖計を発泡スチロール箱の中に設置する装置を手作り試作。 複数個用意し、同時に複数の測定を実施できるように教材を工夫。 	<ul style="list-style-type: none"> 寒暖計球部と布地とを密着させるように上から糸で巻きつけるなど、実験上の工夫を指導。 	<ul style="list-style-type: none"> 正しく保温率を求められた学生は7割程度にまで高まる。しかし、なおも3割程度は誤った保温率を求める。 	<ul style="list-style-type: none"> 本来は恒温恒湿室で行う必要。誤った結果について、室温状態との関係をも含めて理解させるように指導。
洗浄試験	<ul style="list-style-type: none"> 人工汚染物の汚れ度合いをできるだけ、均一になるように汚染した布を準備。 	<ul style="list-style-type: none"> 洗浄温度の一定化、洗浄液中のゼオライト成分の均一化などに配慮。 洗浄瓶壁面に界面活性剤などが付着しないように指導。 	<ul style="list-style-type: none"> 分光光度計で求めた洗浄効率の値と、目視での評価結果がほぼ一致するようになる(大幅な向上)。 	<ul style="list-style-type: none"> 蛍光増白剤の効果だけを学ぶ実験を追加することも必要。但し、実験時間がオーバーするケースもあり、実験点数を減らす必要あり。
アイロン仕上げ	<ul style="list-style-type: none"> 水分を含ませた布地をポリ袋に入れ、10分間程度放置して水分を均一に含ませるように教材を工夫。 	<ul style="list-style-type: none"> アイロン下面での温度ムラと温度制御にバラツキがあることを指導。アイロンの中心部での実験実施を指導。 	<ul style="list-style-type: none"> アイロンの温度制御について、あらためて認識した学生が多く見られる。 	<ul style="list-style-type: none"> 業務用の高圧アイロンでの効果と比較する必要あり。その点は、講義で追加説明する。

たためと考えられる(表5)。しかし、学生たちも注意深く実施することによって容易に正しく測定できるようになることがわかった(表6)。また、夏用被服地と冬用被服地で糸密度の違いをあらためて知る良い機会となった。但し、単純な作業が中心となるために、雑談が多くなる傾向があった。レポート提出率は72%と、比較的低かった(表5)。

3.2.3 目付

布地の目付けは、糸密度と同様に布地の性能に大きな影響を与える。そこで試料の質量を測定し、単位面積あたりの質量(g/m^2)で表させた。また、単位面積あたりの重量と厚さから、下記に示す見かけの比重も算出させた。

$$\text{見かけの比重}(\text{g}/\text{cm}^3) = w / t$$

w : 単位面積当りの重量 (g/cm^2)

t : 厚さ (cm)

その結果を表5に示す。70%程度の学生が正しく求められたものの、残りの学生は単位を統一せずに計算したために桁の異なる値を出していた。しかし、常識的に見ても見かけの比重として明らかにおかしな値であるにもかかわらず、全く間違いと思っていない者がほとんどであった。桁の異なる実験データを出すということは、実験に対して目的意識を持っていないことの表れであり、たえず実験の意味を説明する必要を感じた。つまり、機械的に実験を実施している表れであると思われる。そのため、後述する保温性などの性能との関連を学ばせる必要があると感じた(表6)。さらに、突っ込んで教える必要もあるものの、全体の実験スケジュールの問題もあるために、切り上げざるを得ないジレンマがあった(表6)。

3.2.4 含気率

前述の目付け、厚みの測定結果を基に、布地の含気率について求めさせた。見かけの比重(d')と繊維の比重(d)から、下記に示す含気率を算出させた(表5)。その際、繊維の比重(d)には文献値を用いた。その結果、ほとんどの学生が計算値としては、おおむね正しい結果を出していた(表5)。しかしながら、学生に直接ヒアリングしてみると、含気率の意味をあまり理解しているようには思えなかった。このことについては、毛織物などの明らかに含気率が大きく異なる布地を測定させることによって理解が深まるものとも考えられる。そのため、後の学生には試料選定に工夫して実験させることとした。その結果、学生の理解は多少深まったものと感じられた。目付と同様、さらに保温性などの性能との関

連を学ばせることによって理解を深めさせる工夫が必要である(表6)。

$$\text{含気率}(\%) = \{(d - d') / d\} \times 100$$

3.2.5 織り縮み率

布地のたて・よこ数個所に長さL(100mm)の印をつけ、印の両端をつけたまま糸を10本ずつはずして印間の長さを測って平均させた。そして、各種の織り組織の布地を用いて織り縮み率を算出させた。また、布地の厚さの異なるものも用いて行わせた。

$$\text{織り縮み率}(\%) = \{(L' - L) / L\} \times 100$$

L : 印間の長さ (mm)

L' : ほぐした糸の標間の長さ (mm)

その結果、学生の求めた織り縮み率にはマイナスの値を出したものも数名おり、その間違いにも気付いていなかった(表5)。測定ミスは、測定時の張力を一定にしていなかったために生じたものと思われた。そのことを学生に指摘したところ、測定のやり直しによってほとんどの学生は正しい値となった(表6)。但し、本質的に誤差の生じやすい実験であるため、測定する布地の長さを大きくする必要があった。さらには、糸に加える張力にも工夫が必要であり、多少の予備実験も必要であった。長さを300mmとし、0.2g/dtexの張力を加えて測定することによって、おおむね良好となった。但し、誤りから学ぶことも多いため、あえて2通りのやり方を実施することとした(表6)。

3.2.6 組織

学生に織物や編物の性質を正しく理解させることを目的に、布地の組織について調べさせた。まず、実験方法としては表裏やたて横の関係を明らかにさせた上で、たてを光線の方向に平行に置かせる。そして、糸の交錯、ループの連結の仕方を、肉眼や分解鏡などを用いて観察させた。その際、材料によっては、糸をほぐしながらや、または伸長させながらの観察もさせた。方眼紙に組織を図示させ、組織の特徴、名称などを調べさせた。また、織物の組織の場合では、1方向の糸を基準にし、直交する糸1本ずつの交錯の仕方を観察させることにした。8×8ますの組織図を仕上げさせ、繰り返しの基本単位を赤線で囲ませた。一方、編物の場合では、糸のからまり方、ループの連結の様子を観察させ、方眼紙に記入させた。

その結果を表5に示す。織物の組織図については、7

割の学生が正しく描けていた。しかし、編物の場合では糸と糸の連結の様子については半数の学生が正しく描いていなかった。そのことは観察力の不足が根底にあり、注意するポイントを指導することによって解決できるものと考えられる。また、光沢や手触り感と組織との関係について正しく考察することはできていなかった。このことは、実験と講義との関係を密にすることが重要であると考えられる(表6)。そのため、講義中にも試料を配布して体感させ、実験的要素を取り入れる工夫が必要であった。全般を通して、単純な作業が中心となる実験であるため、意欲的に取り組む学生が少なく、雑談も多くなる傾向がある(表5)。また、個別に測定方法を指導することによって、正しく測定できるようになった(表6)。レポートの提出率が72%と低い理由としては、計算が多く、複雑なためと推察される(表5)。

3.3 糸の引張り・引掛け・結節強さと伸び率に関する実験

糸の力学性能は、織糸や編糸の場合は編織物へ影響し、縫糸の場合は縫合部の丈夫さや伸縮性などへ大きく影響する。また、糸の強さには引張り・引掛け・結節・摩擦強さが影響し、糸の伸縮性には伸び率、伸張弾性度などが影響するものと考えられている。そこで、糸の力学性能に対して理解を深めさせるべく、学生に糸の力学物性を測定させた。

3.3.1 引張り強さ・伸び率

各種繊維の紡績糸、フィラメント糸、混紡糸を準備した。また、太さ、撚りの異なる糸も準備して、チャック(つかみ)に糸を取りつけて引張試験を行い、切断時の荷重と伸びを測定させた。そして、切断時の荷重と伸びを読み、引張り強さ、伸び率を平均値から算出させた。図2に、その実験の様子を示す。その際、チャック部での切断は除き、各糸の曲線も比較させた。その結果を表5に示す。ほぼ全員の学生が正しく測定できていた。測定値の正解率は88%であった。しかし、提出させた実験レポートでは、データのばらつきや異常値に対するの考察を行った学生はほとんどいなかった。これらのエラーの原因としては、チャック部での切断や糸のねじれなどが考えられる。しかし、引張試験中の糸の状態などに対して観察力が不足し、測定するのに精一杯というようだった。対策としては良く観察するように指導した。その結果、3割程度の学生がチャック部での異常を指摘できるようになった(表6)。但し、なおも改善されない学生も多かった。ねばり強く指導するとともに、たえず問題意識を持たせるように、繰り返して説明することとした(表6)。



図2 引張り試験機を用いて、糸の引張り、引掛け、結節強さと伸び率を求めている実験の様子

3.3.2 引掛け強さ、結節強さと伸び率：

繊維製品の用途としてはネット状物なども多くあり、その場合には引掛け強さ、結節強さ、伸び率がきわめて重要となる。そこで、それらの測定を学生に行わせることとした。その測定手順としては、引掛け強さでは、チャック間の中央で2本の糸を引掛けて引張試験を行う。また、結節強さでは1本で結び目をつくって引張試験を行う。3.3.1項と同条件下で引張試験を行わせ、切断時の荷重と伸び率を測定し、引張り強さ・伸び率と比較させた。

その結果、ほとんどの学生が正しく測定できていた(表5)。測定値の正解率は92%であった。また、多くの学生は引掛け強さが通常の引張強さに比べて倍近い値を示すのに対して正しく考察していた。また、逆に結節強さが通常の引張り強さに比べて大幅に低下する理由については、ほとんどの学生が考察できていなかった(表5)。その理由について学生に指導すると、多くの学生が理解を示した。また、繊維素材によって低下する割合が異なることに対しても、少数ながら正しく考察した実験レポートも見られるようになった(表6)。実用性を重視したこれらの測定を実施することによって、繊維素材の力学的性質を理解する上で重要な実験になったものと考えられた。この実験では、興味を持って積極的に実験を行う学生と見ていただけの学生に分かれてしまう傾向があり、いかに全員に興味を持たせるかが重要である(表5)。現実には改善されない学生も多く存在する。ねばり強く指導するとともに、たえず問題意識を持たせ、観察しながら実験を行うように繰り返し指導する必要がある。

3.4 布地の外観的性能に関する実験

3.4.1 布地の滑り摩擦

布地と布地の摩擦が大きいと衣服の着脱や運動操作に不便であり、シルエットを損なうこともある。そのため、衣服の裏地やランジェリーには滑らかな布地が用いられる。本実験では、各種の布地の組み合わせを変えて滑り摩擦を調べさせ、用途に応じた繊維素材を考えさせることを目的に実施した。

実験手順としては、まず小形板を試験布で包み、表にたるみやしわが出ないように裏側を糸で縫合する。大形板の表面には、試験片を平らに貼る。そして、傾斜板法によって静摩擦係数を測定させることとした。大形板のほぼ中央に試験片で包んだ小形板におもりを乗せ、表側を下にして大形板に乗せて大形板の一端のみを少しずつ上げて傾けてゆき、小形板が滑り始めるときの傾斜角()、または高さ(h)、距離(L)を測定させた。そして、次式から算出し、数回の平均を求めさせた。

$$\text{静摩擦係数} = \tan \theta = h / L$$

さらに、時間に余裕がある学生には、目方向と滑りやすさの関係を調べさせるため、小形板、大形板の布目方向を、たてとたて、たてとよこ、たてと斜めなどにし、方向による静摩擦係数の変化を調べてさせた。湿潤時はどうかという問題に対しても、小形板の表面に霧を吹いて測定させてみた。

その結果を表5に示す。本実験テーマに関しては、大多数の学生が興味深く行っていた。その理由の一つは試料が滑り出す瞬間がスリリングであるためと考えられる。その反面、滑り出す瞬間に注目するあまり、大型板に貼り付けられた布地を手で引張るなど本実験の意味をあまり考えずに行っている学生も少なからずいた(表5)。その対策としては、その度ごとに指導するしかないように思われた。また、斜面板法による測定は、全ての学生が積極的に参加していた。但し、それ以外の実験では、分業して行ってしまう傾向が強い。実験結果の正解率は64%であり、興味深く行っている割には正しく測定されていないのが特徴であった(表5)。また、高校時代にほとんど「物理」の授業を受けていない学生も多くいるため、摩擦係数の意味を教える必要があった。静摩擦係数と動摩擦係数の相異などについても説明する必要がある。実験については、さらにシリコンラバーなどの人工皮膚を用いた場合の静摩擦係数を求めさせるなど、より興味をいだかせる工夫も必要であることがわかった(表6)。

3.4.2 防しわ性(モンサント法)

重い布地は、自重で垂れ下るために防しわ率が小さく

なる傾向がある。そこで、試験片の一端を垂直にして測定するように改良された方法であるモンサント法を用いて、防しわ性の実験を行うこととした。実験手順としては、まず試料からたてよこ方向に所定の寸法の試験片を各々3枚採取させる。試験片を金属板ホルダーに挟み、金属板ホルダーの上側から出ている試験片を折り返し、プラスチックプレスホルダーに挟む。プラスチックプレスホルダーの上に、500gの分銅を5分間のせる。除重して、試験片を金属ホルダーにはさんだまま試験機に取り付け、5分間放置する。その後、垂れ下がっている試験片の端が試験機の垂線に一致するように調節させる。そして、開角度を目盛版から読みとり、防しわ率(%)の式で算出させるといものである。

$$\text{防しわ率}(\%) C = (a / 180) \times 100$$

a : 試験後に試験片の両端が開いた角度(°)

その結果を表5に示す。比較的容易な実験手順であるためにほとんどの学生がおおむね良好な実験データを出しており、実験結果の正解率は84%であった。また、日常生活において綿はしわがつきやすく、ポリエステルはしわがつきにくいことを実感できる学生実験として適切な実験内容であった。但し、測定が1点づつしか行えないため、あまり多くの試料の測定ができないことが学生実験としては欠点であった(表5)。また、試料に手を触れないように指導することや、ある程度はデータにばらつきが生じることに留意する必要もあった(表6)。本実験では試験点数を多くすることがデータのばらつきを少なくする方法と考えられるが、実験時間の制約もあって難しい問題である(表6)。今後とも、対策を考えながら実施していくこととした。

3.4.3 剛軟性(カンチレバー法)

布地の剛軟性とは、布を屈曲させた時のかたさ、やわらかさを表す性質である。カーテンやスカートのフレアーのようにシルエットとの関係も深く、手触りや着心地などにも重要な性質である。一般に、カンチレバー法、スライド法、ハートループ法がある。本学の学生実験では、カンチレバー法を採用した。実験手順としては、まず45度の斜辺をもつ滑らかな水平台の上に試験片の一端を(a)点にあわせておき、金属板で試験片を抑え、この時の(b)点を読みとらせる。金属板をのせたまま静かに試験片をすべらせ、試験片の先端中央が斜面に接したときの(c)点を読みとらせる。剛軟度(mm)とは、押し出された長さ(b)~(c)で表される。たて、よこ各5枚のそれぞれ表裏を測定して、その平均値を算出

させた。

その結果を表5に示す。測定自体は非常に容易ではあるものの、布地に静電気が発生しやすいためにうまく測定できない学生が多く見られた。布地をしばらく金属に接触させ、除電してから実験を実施させた。さらに、市販のカチオン界面活性剤を主成分とする静電気防止スプレーにより静電気発生を防止して実験させてみた。変更後は測定値は正常となり、実験レポートにそのことを考察する良い内容のものも7割程度と多く見られた(表6)。本来の実験目的とは異なるものの、繊維素材によって静電気の発生度合いが異なることを知る機会ともなった。また、織り組織の違いや、布地の厚さによって剛軟性は大きく異なっているため、差の生じやすく理解しやすい実験となった(表5)。この実験方法は、中高生の学生実験としても最適と考えているため、模擬授業などに活用していきたいと考える。

3.5 布地の引張り強さ・伸び率・伸長弾性率・引裂きに関する実験

布地の引張り強さ・伸び率、伸長弾性率は、衣服の耐久性、着心地、形状の安定性、しわなどに大きく影響する。実験テーマでは、布地の力学的性質を学生に理解させて素材の選択、使用に役立てさせることを目的とした。また、引裂きなどの外部の影響についても実施し、抵抗性を調べることにより理解を深めさせることを試みた。

3.5.1 引張り強さ・伸び率

実験手順としては、引張り試験機を用いて、まず糸目がチャック(つかみ)に並行、垂直になるように取りつけさせる。JISに準じた条件で測定させた。そして、各方向の引張り強さ・伸び率を算出させた。その際、つかみ部付近の切断や異常な切断結果は除かせた。各試料・方向の荷重-伸長曲線から、引張りに対するそれぞれの性能を把握させるように指導した。

その結果を表5に示す。糸の測定の場合よりもチェック切れが生じにくく、ほとんどの学生が良好な結果を得るに至った。但し、チャック締めが弱く、明らかにチャック部分で試料がスリップしたと見られるデータも多少見られた。そのエラー発生率は21%である。女子学生の場合、チャック締めが弱い傾向があり、改善が必要であった。エアーチャック方式などを採用する必要がある(表6)。また、本実験は、興味を持って積極的に実験を行う学生と見ているだけの学生に分かれてしまう傾向がある(表5)。データの解析に関しては、前述の「糸の引張り強さ」の実験を行っていたためにほぼ充分に実施できていた。実験結果の正解率は73%である(表6)。但し、チャック締めが弱いことによる荷重-伸長曲線の

異常に学生が気付かないのが気がかりな点である。説明することによって、一応の理解は得られた(表6)。

3.5.2 引裂き性

引き裂き性の実験方法としては、シングルタング法を採用することとした。その方法とは、織物引張り試験機を用い、20×100mmの試験片短辺の中央に50mmの切れ目を入れさせて、その左右の両端を上下のつかみに取りつけて引張り、引裂き終わるまでの最大荷重を読みとらせるものである。

その結果を表5に示す。ほとんどの学生は測定自体は良好であったものの、データ整理についてはできないものが多く、3割近い者ができていなかった。そして、多くの学生が質問に来た。その理由の多くは、引張り強さの場合とは異なって最大荷重が読みとれないためであった。読みとり方を指導するとともに、引張り強さと引裂き性では切断される糸の方向が異なることを説明した。その結果、学生たちはよく理解したようであった(表5)。但し、実験上おちいりやすいエラーとしては布地のチャックに平行にしなかったため(多少斜め)、糸の切断方向が斜めにくずれてくることであった。このことは、事前によく指導しておく必要がある(表6)。また、試料の取り付け時には必ず見回ってチェックする必要がある、重要なポイントであった。

3.5.3 弾性回復性

ポリウレタン繊維などで作られたストレッチ織物では、布地の弾性回復性は特に重要な性質である。また、編み物などでも弾性回復するため、同様に重要となる。実験手順としては、標線に合わせて引張試験材の掴みに取りつけさせる。下部つかみを一定伸長率まで下降させて引張り、一定時間放置した後、もとの長さまで戻す。さらに一定時間放置する。これを数回繰り返す。試験長との差(残留伸び)を求め、繰り返し回数毎に伸長弾性率を算出させた。そして、方向別に平均させた。その際、縦、横の方向で各々実施させた。

$$\text{伸長弾性率}(\%) = (L - L' / L) \times 100$$

L: 伸長した長さ (mm)

L': 残留伸び (mm)

その結果を表5に示す。ポリウレタン繊維織物を用いたために何度も伸張/回復を繰り返してもほぼ完全に回復したため、永久歪みを知るためにはあまり理解を深められなかった。このことは、弾性回復特性を知るには良い勉強になるものの、永久歪みを知ることはできない。そのため、ある程度弾性回復性に劣る試料を用いた方が、

学習効果を高めることができるものと考えられた(表5)。全般的には、ストレッチ素材の有用性を改めて知る良い実験方法であった。さらに、加える歪み量についても変える必要がある(表6)。しかしながら、学生実験としては時間の制約があるために不可能であった(表6)。興味をいなく学生には、補講の形で実施することが適当と考えられた。

3.6 撥水性に関する実験

布の表面に降りかかった水滴を玉状にしてはじく性質を撥水性という。身近な例としては、レインコート、カサ、テントなどの布地防水加工効果を知るのに用いられる。本実験テーマでは、比較的簡易な方法であるスプレー法を用いて撥水性を調べさせた。撥水度試験器は、漏斗と試験片取り付け枠とを組み合わせたものであり、漏斗の下にはノズルが取り付けられている。漏斗に250mlの水を注ぐと、それが25~30秒間に下方に散布されるように調整している。実験手順としては、まず試料である布地を取りつけ、枠にしわが出来ないようにはさんで取り付けさせる。その際、綾織物のような表面に畝のある試料では、綾方向が水の流れに対して45°の角度になるように取り付けさせた。次に、試験中の中心部が漏斗の中心と一致するようにあわせて、250mlの水を漏斗に一度入れて試験片に散布させた。そして、ぬれている状態を標準写真と比較対照して採点し、平均値で表させた。さらに、撥水処理剤の効果も調べるため、撥水スプレーを用いて布地に塗布させてその影響も調べさせた。

その結果を表5に示す。学生の実験結果は86%の正解率であり、おおむね良好であった。但し、供試布のぬれている状態は、撥水性のほとんどない綿布やレーヨン布と、撥水性に優れる毛やポリエステル布に大きく分かれる結果であった(表5)。中程度の撥水性の布地の試料があまりないことが、この実験の弱みであった。しかし、測定自体はほとんどの学生が興味深く行える内容であったため、布地の撥水性を勉強する上で非常に有効であった。日常生活に密着しているため、多くの学生が意欲的に実験を行う傾向があった(表5)。また、フッ素系撥水処理剤の効果が非純に高いことを知る上でも非常に有効であった。但し、撥水処理剤の欠点である洗濯によって容易に除去されることは、本研究では知ることはできない。後述の洗浄実験と組み合わせて行うなど、工夫が必要であることを実感した(表6)。また、実際にレインコートなどに使用されている布地を実験に用いることによって学習効果がより上がるものと考えられる(表6)。後の洗浄実験と組み合わせて行うなど、さらに実験上の工夫が必要であると考えられる。

3.7 布地への吸水性(吸水速度)に関する実験

布地の吸水性とは、布地自体が水を吸収する性質をいう。つまり、ぬれやすさの目安を知るために行うものである。吸水性評価としては、滴下法、パイレック法、沈降法などがある。本学生実験では、パイレック法について行わせた。この評価方法は、試料の一端を浸水させて一定時間後のぬれた高さを測るという比較的単純なものである。図3に、その実験の様子を示す。



図3 パイレック式吸水度測定装置を用いて、布地への吸水性を求めている実験の様子

本実験の手順としては、まず試験片を下端が0目盛りより1cm下までくるように試料つかみに挟む。この時、試料の下端に画鋸をつけてピンと垂下させる。そして、水平棒を水槽に立て静かに0目盛りまで水を注ぐ。そして、10分後に毛細管現象による水の上昇した高さ(mm)を測定させるものである。その際、ぬれの状態が見分けにくいと申し出る学生には、あらかじめ試験片に水性ペンで軽く線をひいておかせた。

その結果を表5に示す。本実験は変化が目に見えるため、学生は興味深く行っていた。麻織物の吸水性の高さに初めて驚く学生もあり、容易に繊維素材による差が現れる実験であった。しかしながら、実験レポートには繊維素材との関係を正しく考察できたものは受講学生中の35%であり、意外に少なかった(表5)。また、同じ繊維素材であっても、織密度、織度等によって吸水性が異なることも講義によって理論的に教える必要があることを痛感した。なかなか試料をそろえることは難しいものの、モデル的に系統だった布地をそろえることが本実験のポイントであると感じられた(表6)。その上で、もう少し試料の種類を増やす必要があると考えられる。さらに、試料間の相違点について突っ込んで教える必要が

有る。但し、全体の実験スケジュールのために切り上げざるを得ず、ジレンマが存在する(表6)。

3.8 布地への透湿性に関する実験

布地の透湿性とは、湿気が布地の一方から内部に浸透拡散し、他方から放散する性質と意味する。その性質は、布地の素材や組織、厚さ、通気性などと関係が深い。この実験は長時間にわたるので、本質的には気温水温の変化がない恒温恒湿下で行うのが望ましい。しかし、本学では恒温恒湿室が無いので、通常の雰囲気下で実施した。

実験手順としては、まず容器の縁から約1cmのところまで水を入れる。次に、一方の容器の上面を試料でぴったり覆い、糸で縛り、直ちに重量を測る(W_0)。繊維素材による影響と積層枚数による影響を調べるべく、試料は綿、毛、ポリエステル繊維の各1枚と、ポリエステルについては2枚、3枚重ねのものを用意させた。その際、試料のない容器(試料で覆わないもの)も用意させた。その後、埃のかからないように注意して60の乾燥機内に放置し、所定時間後の重量を測定させた($W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$)。また、試料のない容器(試料で覆わないもの)についても、所定時間の重量を測定させた($W_0, W_1, W_2, \dots, W_n$)。次式により、透湿率(%)を算出し、経過時間と透湿率の関係を図示させてみることにした。

$$\text{透湿率}(\%) = \{(W_0 - W_n) \div (W_0 - W_n)\} \times 100$$

その結果を表5に示す。73%の学生は、おおむね良好な実験結果を出していた。しかし、残りの学生は経過時間とともに透湿量が逆に減るなど、誤った結果を出していた。その理由としては、乾燥機に試料を同時に入れなかったために、頻繁に乾燥機の扉を開閉したためと考えられた。つまり、乾燥機内の温度が一定しなかったことが主な原因と思われ、実験書の指示に対する記載を工夫することとした。その結果、明らかな測定値の異常は見られなくなった(表6)。つまり、ちょっとした実験上の工夫を積み重ねて安定した測定を行えるようにしなければいけないことを実感した。また、使用する容器は口径が大きく、且つ浅いものが好ましい(表6)。また、重量測定により評価するため、容器自体は軽いものが適切である。アルミ製の浅底容器をそろえる必要がある。また、本実験は乾燥時間などの待ち時間があるため、雑談も多くなる傾向がある(表5)。本実験の主旨をより理解させるため、短時間で安定制御(PID)する恒温器の導入が必要である。

3.9 布地への吸湿性に関する実験

布地の吸湿性は、汗を吸うなど被服の衛生的見地、着

心地の点から非常に大切な性質である。また、帯電性、染色性とも密接な関係があり、さらに吸湿によって繊維の諸性質が変化することでも重要であるといえる。この布地の吸湿性は、水分率すなわち繊維の絶乾状態の重量に対する吸湿されている水分重量の比率であらわすのが一般的である。本学生実験では、まず第1週目に調湿デシケーターを製作させるとともに試料をその中に放置させ、第2週目に試料の重量変化を調べさせることとした。

3.9.1 調湿デシケーターの作製

布地の吸湿性を調べるには、布地を異なる湿度状態の雰囲気中に放置する必要がある。そのため、異なる湿度を持つデシケーターを作製させた。その作製手順としては、グリセリンを所定の濃度に蒸留水で希釈し、各々、デシケーターの下部に設置する(35%、60%、80%のグリセリン水溶液)。その際、蒸留水のみのも(水蒸気飽和デシケーター)と、乾燥剤のみのも(乾燥デシケーター)も用意させた。そして、10×10cmにカットした試料を秤量びんにできるだけ広げて入れ、各々の湿度状態のデシケーター(調湿デシケーター)中に直射日光のあたらない所で翌週まで放置させた。この際、秤量びんは蓋をせず、蓋もデシケーター内に入れておくこととした。

3.9.2 布地の吸湿性の測定

作製した調湿デシケーターに布地を放置し、布地に含まれた水分率を調べることによって布地の吸湿性を調べさせた。その測定手順としては、作製した調湿デシケーターを一昼夜放置した後、温湿度計によりデシケーター内の温度、湿度を測定させる。調湿デシケーター内に放置した試料の入った秤量びんの蓋を閉めて、秤量びんごと重量を測らせる(W)。秤量びんの蓋をずらして105±2に調節した定温乾燥機で1時間乾燥させた。乾燥デシケーターに試料を入れて、室温まで放冷した。その後、秤量びんの蓋を閉めて、試料が入った秤量びんの重量を測らせた(W_n)。試料を秤量びんより取り出し、空の秤量びんのみ(蓋も含める)の重量も測らせた(W_0)。次式により、水分率を求めさせた(小数点以下1位まで)。そして、縦軸に水分率(%)、横軸に関係湿度(RH%)をとって比較するようにした。

$$\text{水分率}(\%) = (W - W_n) / (W_n - W_0) \times 100$$

その結果を表5に示す。調湿デシケーターの作製は、85%の学生が正しく行っていた。しかし、得られた水分率の測定結果としては、正しい結果を求められていた学生は意外に少なく、35%にとどまっていた(表5)。その理由としては、調湿デシケーターに入れた試料の量が

少なすぎたために、測定値に誤差を多く含んだものと考えられた。また、秤量びんをよく洗浄させてから実験を行わせたものの、十分に水分が乾燥していなかった可能性があることも原因と考えられた。また、秤量びんは蓋と同じ番号のものを使用しない学生がいるなど、基本的な実験手順ができていないことも目立った。また、この実験では待ち時間が多いの学生実験としては短所であると考えられる(表6)。ただ、この実験は布地の吸湿性を調べる上でポピュラーなものであるため、頻繁に学生を指導するなど、うまく工夫して行うことも必要であると思われた。

3.10 保温性に関する実験

布地の保温性は、繊維自体の熱伝導や、布の組織・糸密度・厚さ・含気率などの構造などと関係が深い。保温性の測定には、一般に冷却法と恒温法がある。本学生実験では、カタ寒暖計を用いて冷却法による測定を行わせることとした。

3.10.1 冷却法(カタ寒暖計を使用する場合)

熱源体が一定温度冷却するのに要する時間を熱源体の裸状の場合と試験片をつけた場合について測定し、その比で表させた。本実験テーマでは、異なる繊維素材の織物の場合や、同じ織物で2枚重ね、3枚重ねの場合も行わせた。

実験手順としては、寒暖計球部を60位の温水に浸し、アルコールを上部アルコール留めに1/3~1/2入れる。次に、温水から出して球部を手早く拭き、ここに縫合した試験片をかぶせて上端を輪ゴムで止めてスタンドに固定させた。そして、アルコールが標線A(38)からB(35)まで降下する時間を測らせた。裸状の場合も同様に測定させた。各々3回繰り返して平均値を求め、布地の保温率を算出させた。

$$\text{保温率(\%)} = (1 - a/b) \times 100$$

a : 裸状時の冷却時間(秒)

b : 試験片使用時の冷却時間(秒)

その結果を表5に示す。正しく保温率を求めることができた学生は、残念ながら3割程度しかおらず、ほとんどの学生が誤った値を求めていた。そのことは、寒暖計球部に試料である布地を密着させるようにしていなかったことが原因と考えられる。つまり、寒暖計球部と布地との間に隙間ができてしまい、そのために保温率に影響してしまったものと考えられた(表5)。このことを防止するためには、寒暖計球部と布地とを密着させるように上から糸で巻きつけるなどの工夫が必要であることを

実感した。再度、密着させるようにして実験をやり直させたところ、正しく保温率を求められた学生は7割程度にまで高まった(表6)。しかしながら、なおも3割程度は誤った保温率を求めていた。この実験方法は、原理は簡単であるものの、意外にテクニックを要するため、全ての学生を対象とした学生実験に採用するには工夫が必要であることを実感した。ただ、原理が簡単で教育実習などにも容易に使いそうな実験であるため、興味を持つ学生が多い(表5)。また、冷却時にカタ寒暖計を発泡スチロールの箱の中に設置するか、カタ寒暖計を複数個用意して同時に測定を開始することが考えられる(表6)。但し、それでも不正確な値しか求められないことも充分予測される。この実験テーマを取りやめることも念頭に入れる必要がある。本来はこの実験は恒温恒湿室で行う必要がある。誤った結果について、室温状態との関係をも含めて理解させるように指導したい。

3.11 洗浄試験(ラウンドリーテスターによる)に関する実験

ラウンドリーテスターを用いて、洗浄力におよぼす洗剤濃度の影響を調べることを目的に実施した。その実験手順としては、500mlの洗浄びんに各濃度(0, 0.05, 0.2, 0.5, 1.0%)の洗剤液100mlとスチールボール10個を入れて所定の温度に保たせた後、5×5cmの人工汚染布を1枚入れて回転数42rpmで30分間洗浄させる。その際、汚れが同じ程度の人工汚染布を選ばせた。その後、同温の水100mlで軽くすすぎ風乾し、アイロン仕上げをさせた。図4にラウンドリーテスターを用いた洗浄実験の様子を示す。パネル数(班のメンバー)で各濃度での洗浄布の汚れ落ち程度を直射日光をさけて自然光線下で目視でも判定させた。0.05%での洗浄布の場合を基準として



図4 ラウンドオメータを用いて、人工汚染布の洗浄試験を行っている実験の様子

比較させ、+2～-2点の5段階評価を行わせた。さらに、時間がある学生については、分光光度計を用いて洗浄効率も求めさせた。図5に測定風景を示す。その方法としては、洗浄布を2枚重ねの状態で530nmにおける表面反射率を求めるものである。なお、1枚につき表裏2点を測定し、平均値を出させた。洗浄効果の算出は、次式により行わせた。

$$\text{洗浄効率(\%)} = (R_w - R_s) / (R_o - R_s) \times 100$$

R_o = 原白布の表面反射率

R_s = 汚染布の表面反射率

R_w = 洗浄布の表面反射率



図5 分光光度計を用いて、洗浄効率を測定している実験の様子

その結果を表5に示す。洗濯後の被洗布の目視による評価では、9割を超える学生がおおむね正しい実験結果を求めていた。但し、一部の学生は、臨界ミセル濃度c.m.cよりも低濃度の領域であるにも関わらず、洗濯濃度が高くなると洗浄効率が逆に低下するなど、常識的に見えて考えにくい実験結果を出していた。そのことは、最初の人工汚染布が同程度に汚染された布を選ばなかったことが原因と考えられる(表5)。つまり、本実験テーマを学生にうまく目的を達成させるためには、人工汚染布の作製と選択が重要であった(表6)。また、こちらから指示したもの以外の実験も行うなど、意欲的な学生も存在する(表5)。

また、一部の学生に分光光度計により反射スペクトルを求めさせたところ、蛍光増白剤の反射ピークに興味をいだける学生が多く見られた。蛍光増白剤の勉強にもなり、学生実験としてふさわしいものと考えられる。そのため、全ての学生に対して分光光度計による測定させるよう

に、講義時間を延長してやらざるを得なかった(表6)。このことから、実験の時間帯を次の時限に講義の少ないところにカリキュラムを工夫する必要がある。さらに、蛍光増白剤の効果だけを学ぶ実験を追加することも必要である。但し、実験時間がオーバーするケースもあり、他の実験の点数を減らす必要がある。

3.12 アイロン仕上げに関する実験

着用や取り扱いにより被服に生じたしわや型くずれを回復させるため、アイロン仕上げが行われる。熱と水分によって繊維の可塑性を増してしわを伸ばし、折り目を付け、形を整えるものである。その仕上げり効果は、アイロン条件によって大きく異なる。一般的に、高温では繊維を損傷劣化させ、逆に低温では効果不足となる。本実験テーマでは、学生にアイロン仕上げの適正条件を調べさせることを目的として実施した。

3.12.1 温度、時間、水分の影響

アイロンの温度・接触時間、水分による仕上げり効果を、折り目角の測定数値から判定させた。その際、同じアイロンを用い、押し付け圧力を一定にさせた。本実験で行った実験条件を表7に示す。実験手順としては、まず各試料からたて・よこ方向に留意して1.5×4cmの試験片を各々3枚ずつ採取させた。その際、たて方向を必ず明らかにさせた。また、水分を与えるものには、測定の少し前、ほぼ一定量(試験片重量の1/4程度など)の霧を、試験片上に均一に散布させた。そして、下記に示すアイロン掛け条件の折り目角の変化から、モンサント法を用いて繊維素材、条件による仕上げり効果を比較させた。図6に、その実験の様子を示す。また、試験片長さ方向の両端を合わせ、一定温度に達したアイロン掛け面の中央部で一定時間のアイロン掛けをした。アイロン除去1分後に、防しわ度試験機を用いて折り目角()をはからせた。その平均値から、次の折り目付け効果を算出させた。

$$\text{折り目付け効果(\%)} = \{ (180 - \quad) \div 180 \} \times 100$$

表7 アイロン仕上げにおける実験条件

項目	条件
アイロン温度	100(低)、150(中)、200(高)
接触時間	5、20秒
水分(霧吹き)	無、有
あて布	無、有



図6 モンサント法によって、家庭用アイロンでの折り目付け効果を評価している実験の様子

その結果を表5に示す。学生の実験レポートには、アイロン仕上げ時の水分の影響が仕上げ温度や時間に比べて非常に大きいことや、綿布の折り目付け効果が他の繊維素材と比べて大きいことが明確に示されていた。また、アイロン仕上げ時の圧力を全体重を加えた場合や、アイロンの自重のみを加えた場合を比較するなど、こちらから指示したものの以外の実験も行うなど、意欲的な学生も少なからずいた(表5)。日常生活に密着しているテーマであるため、興味を持つ学生が多い。但し、実験が単純なこともあり、後半になって効率が悪くなる学生も出現した(表5)。

また、水分の影響には予想以上に実験データのばらつきが多く現れていた。このことは水分が布地に均一に含まれていなかったためと考えられる。そのため、水分を含ませた布地をポリ袋に入れ、10分間程度放置して水分

表8 履修後の主な感想

実験のやり方に関するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・実験を実施するまでの準備が大切だと感じた。 ・実験の手順を考えながら行わないと、時間中に終わらなかつたり、待ち時間が長くなつたりする。 ・事前に実験テキストをよく読んで流れを理解した上で実験を行わないと、スムーズに進まない。 ・実験によっては、非常に時間がかかるものがあった。 ・実験室が狭く、人と交錯することがあった。 ・実験に集中できた。 ・実験に意欲的に取り組むことができた。 ・実験内容がほぼ理解できた。
レポートに関するもの	<ul style="list-style-type: none"> ・単純にデータを計算するのではなく、理論を考えながら行わないといけない。 ・予想に反した実験結果が出たときは、考察が難しかった。 ・今までは、データの有効数字のことを全く考えなかった。 ・実験方法を記述するとき、どのくらい詳しく書かないといけないのか、わかりにくかった。 ・実験のときにはあまりテキストを読まず、レポート作成のときに読み返すことが多かった。 ・レポートがたまってしまい、最後に大変になってしまった。 ・毎週のレポート作成が負担に感じた。 ・「実験結果」と「結論」を区別して書くのが難しかった。 ・実験レポートの書き方が良くわかった。
その他	<ul style="list-style-type: none"> ・他の自然科学実験よりも日常生活に関連づいているため、興味が持てた。 ・次の時間に別の講義があったため、いつも慌しいかった。 ・同じ班の人を頼りにし過ぎた。/もっと主体的に実験を行えばよかった。 ・被服造形実習とは全く異なり、化学実験のようであった。 ・教官が丁寧に指導してくれた。 ・布地に対して、深く考える機会が持てた。 ・被服の性能評価に対する新しい知識や考え方を得ることができた。 ・被服科学実験を行って、被服材料学の講義で習った布地の評価方法が良く理解できた。 ・友人や後輩にも履修を勧めたい。 ・卒業研究などで、さらに深めようと思う。/機会があれば深めようと思う。

履修後の感想を自由に3つ挙げさせた。

を均一に含ませる工夫が必要であった。その結果、水分の影響についても、実験データにばらつきが生じにくくなった(表6)。本実験テーマは比較的身近であるために興味を持ちやすく、実験条件を自主的に追加しやすい実験でもあった。その意味では、こちらの意図する学生実験としてふさわしい実験テーマであった。さらに、業務用の高圧アイロンでの効果と比較する必要がある(表6)。その点は、実験ではできないので、講義で追加説明することとした。

4. おわりに

本被服科学実験の履修後の学生にアンケート用紙を配布し、その感想を記述させた。表8に、履修後の感想の主なものを示す。実験のやり方に関するものでは、実験を実施するまでの準備の重要さや、実験の手順の重要さを述べる学生が多くいた。このことは、自然科学実験の本質的なものであり、本実験の履修成果の現れであると思われる。また、レポートに関するものでは、有効数字についてあらためて考え直したもののや、「結論」を論理的に書くことの難しさやを記述したものが多く見られた。その他では、被服科学実験は他の自然科学実験よりも日常生活に密接しているため、興味が持てたとの感想も多く見られた。

現在、高校生や大学生の自然科学離れが問題となり、自然科学実験教育においても難しい問題を含んでいる。しかし、実験題材を日常生活との関連性を密接にするなどの工夫によって、実験離れをある程度は改善でき得る可能性を示唆している。また、多くの実験テーマにおいて、実験教材を工夫することによる履修意欲の向上と測定結果の正解率の向上が見られた。学生の履修意欲の向上には、日常生活に関連づいたテーマであることに加えて、測定原理が比較的シンプルであることも重要であった。但し、実験時間には制約があることと(90分間で完結)幅広い分野を行わなければならないといけないという制約もある。そのため、被服科学全般にとらわれず、思い切って実験テーマを絞る必要もあった。また、同時並行して行っている講義(被服材料学)の進捗状況に合わせて実験を行うことも、実験時間の制約を乗り越える上で重要であった。

参考文献

- 1) 小倉康：理科学習の重要性に関する中学生の意識に関する調査研究(調査2)-重要性の意識の全国的な傾向、これからの研究開発と人材養成等の諸政策の連携・統合に関する調査研究 平成13年度年次報告 最終報告, P129-138 (2002)
- 2) 鈴木久米男：戸北凱惟中学校理科における観察・実験項目に対する学習者の認識, 科学教育研究, 25, 218-229 (2001)
- 3) 黒杭清治：理科離れについて考える, 工学教育, 50, 27-34 (2002)
- 4) 殿村洋文：自然科学教育の否定 将来に禍根を残す学習指導要領の改訂, パリティ, 14, 49-52 (1999)
- 5) 滝沢博：小・中学校の理科教育の実状と取組みの変化, バイオサイエンスとインダストリー, 59, 558-561 (2001)
- 6) 杉憲子：大学における地球科学教育, 共立女子大学家政学部紀要, No. 49, 71-78 (2003)
- 7) 田中清臣：工学実験授業における実験時間, 電気通信大学紀要, 7, 15-22 (1994)
- 8) 酒井豊子, 柳許子, 岡村幸子, 渡辺紀子：「被服科学実験」三共出版(1999)
- 9) 中島利誠編, 金子恵以子, 清水裕子, 牛腸ヒロミ, 牟田緑：「被服材料学実験書」光生館(1991)
- 10) 桜田一郎監修, 森昇, 中嶋哲生：「現代被服科学実験」化学同人(1982)
- 11) 小林昭三：力学形成の論理と力学教育の論理 V 小・中・高等学校にわたる自然科学教育, 新潟大学教育学部紀要 自然科学編, 26, 113-122 (1985)

- 1) 小倉康：理科学習の重要性に関する中学生の意識に関する調査研究(調査2)-重要性の意識の全国的な傾向、これからの研究開発と人材養成等の諸政策の連携・統合に関する調査研究 平成13年度年次報告 最