

集束撚糸を用いた蓄光布の表面状態が りん光輝度に及ぼす影響

Difference of Phosphorescent Luminance
on Phosphorescent Cloth Using Twisted Yarn

谷 明日香・小野寺 美 和・竹 本 由美子
Asuka TANI, Miwa ONODERA and Yumiko TAKEMOTO

要旨 本研究は、蓄光糸（光を蓄え自ら長時間発光することが可能な糸）を用いた衣服設計を実現するために、経糸と緯糸の組織点を種々変更し作製した織物3種（平織・綾織・朱子織）および編物1種（平編）の蓄光布の耐久性と、表面状態がりん光輝度へ及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

蓄光糸を織編して作製した試験布の耐久性試験は、洗濯試験と摩耗試験をおこない、各試験前後の①りん光輝度測定と②デジタルマイクロスコープおよび走査型電子顕微鏡による表面観察をおこなった。その結果、りん光輝度は高い順に集束撚糸>平織>綾織>朱子織>平編となった。しかし、洗濯試験後の各種蓄光布を比較すると、順序が逆転しりん光輝度は平編>朱子織>綾織>平織の順で数値が高くなった。摩耗試験では、織物3種（平織・綾織・朱子織）よりも平編の方がより高い値を示すことがわかり、りん光性能の持続性が確認された。また、各試料の表面を観察したところ、洗濯試験後の糸の太さの違いが確認された。糸の浮きが多い綾織と朱子織および平編の試験布は、洗濯によって糸の膨潤・乾燥時に糸間の空隙が狭くなった結果、布の表面積が大きくなり、りん光輝度の数値が高くなったのではないかと推察した。一方、摩耗試験後では、糸の浮きが多い組織ほど（朱子織>綾織>平織）繊維の損傷が確認され、りん光輝度が低下し、集束撚糸の耐久性に改善が求められることがわかった。

キーワード：蓄光素材、りん光輝度、表面観察、洗濯試験、摩耗試験

1. 緒言

東日本大震災以降、蓄光商品は防災や安全用品として、再帰反射素材とともに取り上げられている。蓄光素材は、太陽光や蛍光灯の光を蓄え暗所で光るという性質をもつことから、突然の震災や災害時による電気の供給停止に対応した蓄光式誘導標識や、避難誘導のような安全対策の利用に期待される。近年の蓄光素材に関する国内の取組みとしては、地下ホームや通路における蓄光式標識の不具合事故を契機とした床面設置の蓄光式安全・避難誘導標識ⁱ⁾や、東日本大震災を教訓とした津波避難誘導標識ⁱⁱ⁾、さらに東京オリンピックに向けた災害種別避難誘導

i) JIS Z 9096：床面に設置する蓄光式の安全標識及び誘導ライン（平成24年12月20日制定）

ii) JIS Z 9097：津波避難誘導標識システム（平成26年9月22日制定）。平成23年3月に発生した東日本大震災では津波による大きな被害が発生したため、国内で採用され始めた高輝度蓄光式避難看板のうち津波避難誘導看板についての屋外規程を制定。蓄光材試験企画：ランプで紫外線強度 $400\mu\text{W}/\text{cm}^2$ を

標識ⁱⁱⁱ⁾などが挙げられる。また、蓄光素材を用いた商品には、塗料やプリント、テープなどが存在し、主に病院、公共施設、商業施設のような広大な室内において、就寝時や暗闇の中でも必需品の保管場所を確認できるような環境整備に使用されている。

また、日常生活においても、夜間の交通事故を未然に防ぐ対処法として役立てることができる。自動車や自転車などを操作する運転手にとって、歩行者の存在が認知しにくい状況は、事故を起こす大きな要因となる。故に、暗闇で互いの存在を認知しやすくすることは、救助者や被災者、歩行者や運転手など双方の不安感を和らげることに繋がる。今後、夜光時計、コンパス、照明器具、リモコン、玩具、アクセサリ、マニキュアなど¹⁾、幅広く蓄光機能を施したものの普及に期待されるところが大きい。

蓄光素材の視認性を対象とする研究には、蓄光塗料¹⁾、蓄光テープ^{2,3)}、蓄光シート⁴⁾、蓄光タイル⁵⁾を用いたものなどがある。それらは避難誘導のための蓄光素材の有効性について述べたものであり、りん光輝度の励起時間とその残光輝度や蓄光素材の大きさと距離の関係が視認性に与える影響について重要な知見を得ることができる。しかし、蓄光素材の衣服への応用としては、刺繍糸やファスナー、そしてファッション用の付属テープ等に加工された商品がみられるものの、それらのりん光輝度の評価についての研究はみられない⁶⁾。国内外のメーカーは蓄光繊維あるいは蓄光糸の開発に専念しているが、蓄光布の開発・研究および評価試験の方法や評価基準の設定までは至っていない。

そこで、本研究では、蓄光衣服の設計もしくは蓄光素材が加工された商品の衣服への応用にに向けた基礎研究として、りん光輝度の保持時間が長くエコテックス認証を有する蓄光糸を織編した蓄光布を作製し、その耐久性と表面形状がりん光輝度へ及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

2. 研究方法

2-1 蓄光糸の特徴

本実験で用いる蓄光糸の構造は、水に強く、約800℃の加熱後も蓄光性能を維持できる蓄光剤（混率10%）を練り込んだポリプロピレン（PP）の芯糸に、ポリブチレンテレフタレート（PBT）を鞘糸として覆う二層構造である（Fig.1）。この蓄光剤は、高温によって焼成したセラミックス系物質を用いているため化学的に安定しており紫外線による劣化の心配は無いとされ、一番厳しい製品分類Ⅰ（乳幼児用製品）のエコテックス認証を受けたものである。

2-2 試料の作製

試験布に用いた蓄光糸は、織度146.7 dtex、強力328.4 cN、強度2.24 cN/dtex、伸度33%の集束撚糸（A-Muse 製）である。この糸の太さは、一般的な市販の毛糸1玉（毛：100%、形状：約40g玉巻（約120m）、太さ：並太（1/1.5～1/2.5番手）、参考使用針：かぎ針5～7号、棒

60分照射して720分後のりん光輝度Ⅰ類：3mcd/m²以上10mcd/m²未満、Ⅱ類：10mcd/m²以上。

iii) JIS Z 9098：災害種別避難誘導標識システム（平成28年3月22日制定）東京オリンピックを控えて、災害による人的被害を低減するためJIS Z 8210案内用図記号を改正し、災害種別ごとの避難場所の方向・距離を含めた標識に記載する情報に関するルール。

針 6～10)) と、ほぼ同等のものである。

この蓄光糸を用いて、織物 3 種（平織、綾織、朱子織）と編物 1 種（平編）の 4 種の試料布を作製した。各試料布のカバーファクターを Table 1 に示す。織物試料は、縦 60cm × 横 30cm になるように卓上織機を用いて作製し、編物試料は縦 30cm × 横 30cm になるように(株)藤久製・あめるもん S サイズと Milkee 毛糸編み機を用いて作製した (Fig.2)。加えて、試験布を構成する集束燃糸のみの測定には厚紙 (縦 15cm × 横 15cm) の上に糸を隙間なく (縦 15cm × 横 10cm 範囲内) 並べた試料を準備した。

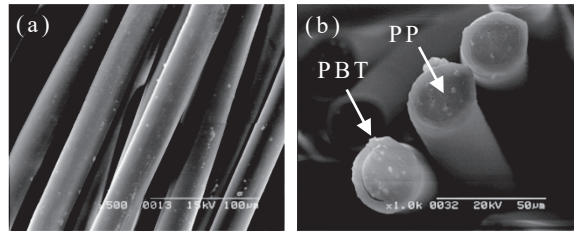


Fig.1 Surface Observed(SEM)
(a) Side (b) Section

Table 1 Cover Factor of Samples

Objects	Test cloth		
	Plain Weave	Twill Weave	Sateen Weave
MWp	8	15	12
DWp	146.7	146.7	146.7
MWf	25	28	31
DWf	146.7	146.7	146.7
CF: Cover Factor	400	521	521

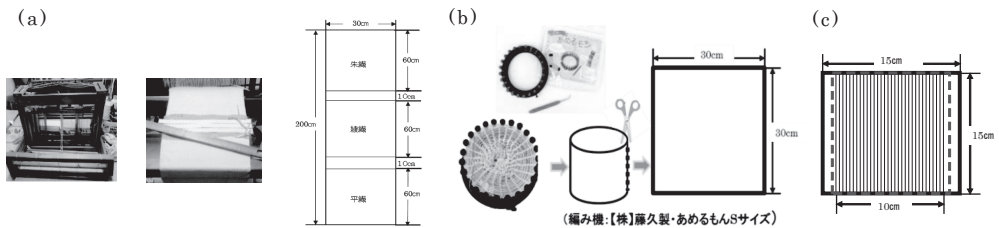


Fig.2 Samples

(a) Plain Weave, Twill Weave, Sateen Weave (b) Round knitting (c) Phosphorescent yarn

2-3 りん光輝度の測定方法

(1) りん光性能について

一般に、電磁波が物体にあたると反射・吸収・透過のいずれかの経路をたどる。蓄光原料は、光を吸収することで電子エネルギーを高める（電子が励起された状態）。このとき、電子は通常、原子核に近い軌道上を移動するが励起することで外側の軌道に移動する。一方、電子は光の吸収がなくなると励起された状態からより低い軌道（元の軌道：原子核に近い軌道）に戻ろうとする。このとき、光電効果（光子が飛び出す現象：余分な光のエネルギーとして放出する）が生じ、発光現象として、ヒトや動物の目に光を帯びて見えると認知されるため視覚情報として把握する。本研究ではこの現象を「りん光性能」と定義する。

(2) りん光輝度測定

現在、蓄光に関する繊維関連の JIS 規格は無い。そのため、本研究では JIS Z 9107 「安全標

識—性能分類における性能基準及び試験方法」⁶⁾に従い測定を行った。この規格は安全標識を製作する際の性能および試験方法を定めている基準規格であり、蓄光材料の最低りん光輝度数値 (mcd /m²) および試験方法は、この規格が母体となっている。しかし、この規格には蓄光式安全標識の蓄光面積についての考慮がなされていない。現時点では 12cm 角の標識と 20cm 角の標

Table 2 Level of The lowest Phosphorescent Luminance

	JA	JB	JC	JD
2 min.	210	440	880	1760
10 min.	50	105	210	420
20 min.	24	50	100	200
30 min.	15	31	62	124
60 min.	7	15	30	60

Unit : mcd/m²

識のりん光輝度数値が同じであれば、Table 2 に示すランク区分は同じものになる。従って、この 4 つの副分類のいずれか一つに、りん光材料の最低りん光輝度数値が該当すると、JIS Z 9107 「安全標識—性能分類における性能基準及び試験方法」の条件を満たしたことになる。

2-4 実験方法

(1) 実験プロトコル

実験プロトコルを Fig.3 に示す。りん光輝度測定には、受光機 (LS-100、(株)コニカミノルタ製) と光源 (D₆₅ 標準光源、東芝ライテック(株)製) を用いた。試験時間は合計 80 分である。実験は、照度 200lx の標準光源 (D₆₅) で 20 分間光を試験布に照射 (励起時間とする：以下 Lamp ON とする) した後、照射を取り除いてりん光輝度測定 (測定時間とする：以下 Lamp OFF とする) を 2 分後、10 分後、20 分後、60 分後で行い、その都度りん光輝度数値を記録した。

(2) 耐久試験項目

連続した衣服の着用を想定した場合、4 種の試験布が、外力によってどの程度耐久性をもち、りん光するのかを検討する必要がある。本実験では、耐久試験項目として、洗濯実験と摩耗実験を行った。洗濯実験は、FOM71CLS (Electrolux 社製) を用い、JIS L 1930 (A 法) に準じてウエスケータ法 40℃ / 1 回を蛍光増白剤無配合で実施した。また、摩耗試験は、1309 Maxi Martindale (James H. Heal 社製) を用い、JIS L 1096 (E 法) に準じてマーチンデール法 5000 回を実施した。

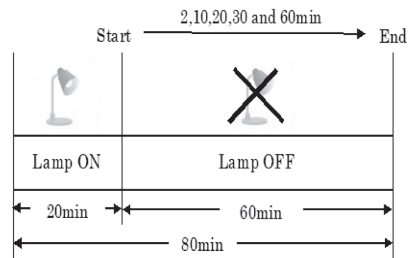


Fig.3 Protocol

(3) 試験布とりん光輝度測定

本実験では、各試験布の耐久試験を行う前の状態を初期測定 (Test 1) とし、耐久試験である洗濯実験後 (Test 2) と摩耗試験後 (Test 3) にそれぞれ試験布 (一辺の長さが平均 10 ± 5cm) を抽出し、各試験布計 3 種のりん光輝度を比較した。なお、りん光輝度測定、洗濯試験、摩耗試験は、一般財団法人ニッセンケン品質評価センター (防災・安全評価グループ) へ依頼した。

(4) 表面観察

耐久試験後の蓄光布の表面において、どのような現象が起きているのかを確認するため、デジタルマイクロスコープ KH-1300 (HiROX、レンズ：MXG-2016Z、倍率：× 20) を用いて表

面観察をおこない、さらに日立走査型電子顕微鏡（SEM）S-2100B 形（HITACHI、加速電圧：15kv 倍率：× 500）を用いて、蓄光糸の繊維断面や側面の形状を確認することによって、蓄光糸への影響を視覚的に検証した。

3. 結果と考察

3-1 試験布のりん光輝度

集束撚糸と各試験布（平織、綾織、朱子織、平編）のりん光輝度数値の詳細を Table 3 に示す。集束撚糸やこの糸から構成する各試験布のりん光輝度数値は、Table 2 に示す 4 つの副分類（りん光材料の最低りん光輝度数値）のいずれにも該当しないことが分かった。故に、JIS Z 9107「安全標識—性能分類における性能基準及び試験方法」⁶⁾ の条件を満たすことはできなかった。

Table 3 Phosphorescent luminance value for fabric, knitting, and thread

Measurement Time	Phosphorescent yarn	Basic Weaves			Knitting
		Plain Weave	Twill Weave	Sateen Weave	Round Knitting
2	91	75	69	66	38
10	21	19	16	15	8
20	12	9	7	9	4
30	8	6	5	4	3
60	4	3	3	3	1

Unit : Phosphorescent luminance (mcd/m²)

3-2 耐久試験項目と各試験布のりん光性能

集束撚糸のみと初期設定（Test 1）の各試験布のりん光輝度数値を比較したものを Fig.4 に示す。Lamp OFF 2 分後のりん光輝度数値は、集束撚糸が最も高く、次いで、平織＞綾織＞朱子織＞平編の順で低くなった。これは、各試験布よりも集束撚糸の方が糸への照射が均一になり蓄光量が多くなったためと推察する。また、各試験布のりん光輝度数値については、経糸と緯糸の組織点が多い平織は高く、平織と比較し組織点の少ない組織ほど（平織＞綾織＞朱子織）りん光輝度が減少することが分かった。更に、組織点のルーズな平編のりん光輝度数値は最も低い値を示した。

また、いずれの試料も Lamp OFF 10 分後のりん光輝度数値は約 60% 減少した。その後、Lamp OFF 50 分後にかけて緩やかに減少を続け、Lamp OFF 60 分後には、平織、綾織、朱子織で 3～4 mcd/m²、平編で 1mcd/m² まで減少した。人間がものを知覚できる明るさは 3mcd/m² と考えられている⁴⁾ ことから、織物（平織・綾織・朱子織）の試料布は実験開始 1 時間経過後も知覚可能なりん光輝度を有することが明らかとなった。

次に、衣服としての繰り返しの着用を想定し、外力による蓄光布の耐久性を比較した。各試験布の洗濯試験（Test 2）後のりん光輝度の変化について Fig.5 に示す。結果は、初期設定（Test 1）を基準に洗濯後のデータとの差をパーセントで示したものである。全体的に、りん光輝度数値は平織で初期設定より減少し、綾織、朱子織、平編で初期設定より増加する結果が得られた。Lamp OFF 2 分後では、りん光輝度数値が、綾織は 1.4 倍、朱子織は 1.7 倍であるのに対し、

平編は2.4倍の増加を確認することができた。ところが、Lamp OFF 60分後の平織と綾織のりん光輝度数値は、初期設定を下回り減少した。一方、平編ではLamp OFF 2分以降、常に初期設定よりもりん光輝度が増加し、特にLamp OFF 60分後では4倍にまで増加した。従って、平編は織物（平織、綾織、朱子織）と比較するとりん光性能の持続性が高いことが明らかとなった。

次に、洗濯試験（Test 2）同様に衣服としての繰り返しの着用を想定して、各試験布の摩耗試験（Test 3）後のりん光輝度の変化を Fig.6 に示す。結果は、初期設定（Test 1）を基準に摩耗後のデータとの差をパーセントで示したものである。織物（平織、綾織、朱子織）のりん光輝度数値は初期設定より時間の経過とともに減少するが、編物（平編）では、りん光輝度数値がわずかではあるが増加する傾向がみられた。従って、平編は、織物（平織、綾織、朱子織）と比較するとりん光輝度の持続性に対して優れていると推察する。

3-3 繊維表面の形状がりん光輝度へ及ぼす影響

洗濯試験および摩耗試験を実施した各蓄光布の表面をデジタルマイクロスコープ（×20）で観察した結果を Fig.7 に示す。洗濯前後において、糸の太さに違いがあることが確認できた。このことから、洗濯試験後の蓄光布のりん光輝度数値が高い値を示したのは、洗濯によって糸が膨潤し、乾燥しても元には戻らず糸間の空隙が狭くなり、結果的に蓄光する糸の表面積が増加

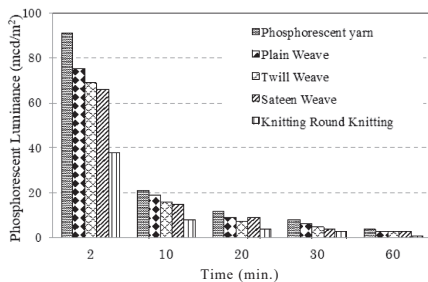


Fig.4 Phosphorescent luminance of each Test Clothes

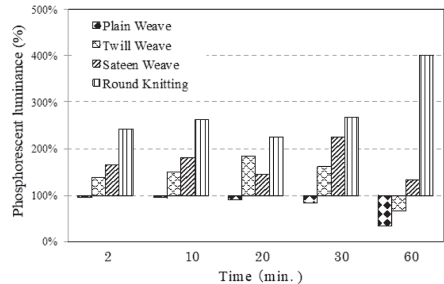


Fig.5 Difference of phosphorescent luminance between Original and Washing test (%)

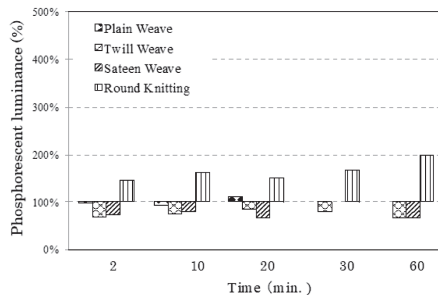


Fig.6 Difference of phosphorescent luminance between Original and abrasion test (%)

したためであると推察される。ただし、平織は組織点が密であり膨潤による糸幅の増加は抑制され、りん光輝度数値が減少したものとする。

一方、摩耗試験後は布表面に繊維の毛羽立ちが発生し、平織、綾織、朱子織の順に毛羽立ちは多くなり、一部はピリング状に繊維が絡み合っていた。また、平編においても、繊維の毛羽立ちが確認された。一般に、布の耐摩耗性は、布の構造因子である糸の太さ、糸密度、織組織などに大きく影響され、織組織では平織よりも綾織、綾織よりも朱子織の方が耐摩耗性は低下する。これは、織物表面の糸の浮きが長くなることによって繊維の自由度が増すため、摩耗によって繊維が布表面に引き出されてしまうためである。しかし、単に繊維が表面に引き出されているのみであれば、それほどりん光輝度に影響を及ぼすことはないと考えられる。Fig.6に示したとおり、摩耗後のりん光輝度の数値はほとんどの蓄光布で低下していた。そこで、表面に引き出された繊維の状態をより詳しく確認するため、走査型電子顕微鏡（×500）を用いて観察をおこなった。その観察結果を Fig.8 に示す。洗濯試験後（Test 2）の各蓄光布表面の繊維には、洗濯前の状態と比べても全く変化はなかった。一方、摩耗試験後（Test 3）の各蓄光布表面の繊維を観察したところ、繊維の外層が剥離しているものや、繊維が細く枝分かれているものが確認できた。特に、表面から引き出されていた繊維に激しい損傷が観察された。蓄光糸の繊維は Fig.1 で示したように二層構造となっているため、摩耗によって糸と糸、繊維と繊維

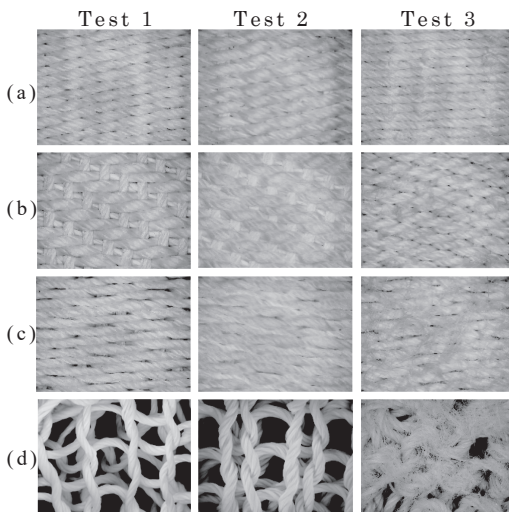


Fig.7 Digital microscope images of (a)plain, (b) twill, (c)sateen weave and (d) plain knitting after washing (Test 2) and abrasion (Test 3).

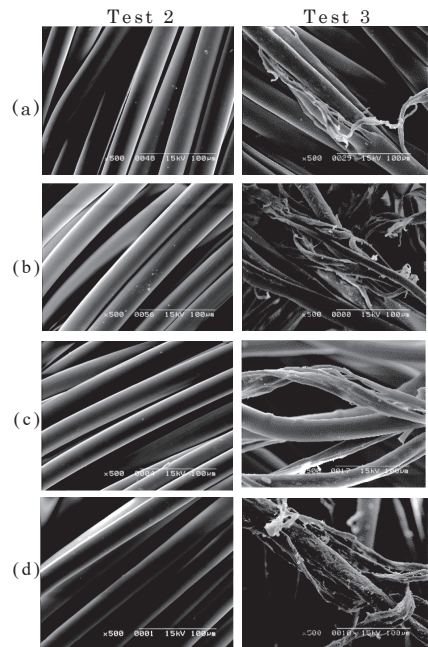


Fig.8 SEM images of (a)plain, (b) twill, (c) sateen weave and (d) plain knitting after washing (Test 2) and abrasion (Test 3).

が擦れ合うことで、芯の部分から鞘の部分で剥離しやすくなるものと推察される。このような繊維の剥離は、平織ではそれほど多くは確認できなかったが、綾織、朱子織の順に激しく損傷・剥離した繊維が多く観察された。そのため、摩耗による繊維表面の変化が、りん光輝度の低下に繋がったものと考えられる。また、平編においても繊維への影響は同じように生じていることがわかった。ただし、平編では織物3種（平織、綾織、朱子織）と異なり、繊維が切断されて剥離している部分も多く観察された。この原因として、織物3種（平織、綾織、朱子織）よりも平編の方が糸の自由度が大きくなる一方、摩耗による力が局所的にかかることで繊維の切断及び剥離が生じたのではないかと推察される。また、蓄光糸に激しい損傷が生じていても、平編はりん光輝度が保持されていた。これは、糸の自由度が大きい平編では、摩耗によって組織を形成している糸や繊維に乱れが生じたためではないかと考えられる。ループによって形成された糸間の空隙が、糸や繊維の乱れによって小さくなったことで、より多くの繊維表面で光が蓄えられ、りん光輝度が高くなったと推察される。

3-4 蓄光糸を用いた衣服設計に向けて

織物（平織、綾織、朱子織）と編物（平編）の4種の試験布のりん光輝度数値について、初期設定（Test 1）、洗濯実験後（Test 2）、摩耗実験後（Test 3）で比較検討した。その結果、集束撚糸を織編すると集束撚糸のみの状態よりもりん光輝度は低くなるものの、平織>綾織>朱子織>平編の順にりん光輝度が低くなることが明らかとなった。しかし、連続した衣服の着用を想定し、試料に洗濯実験（Test 2）、摩耗実験（Test 3）を行った結果、初期設定と比較し常に高いりん光輝度数値を有したのは平編であった。このことから、りん光輝度の高い衣服の設計としては平織が好ましいが、衣服の消耗を考慮した時、持続的にりん光輝度が高いのは平編であることが示唆された。ただし、平編の場合、知覚可能なりん光輝度数値を維持できるのは60分以内であることや、摩耗による繊維の切断および剥離が生じており、布としての風合い変化や布の強度低下などを含めた検討の余地がある。また、平織が洗濯後にりん光輝度が減少する理由についても今後別の角度からの更なる検証が必要である。

さらに、蓄光糸を用いた衣服設計を考える際には使用する部位や面積について考えることも重要である。高視認性被服についての先行研究において、畝⁷⁾は襷やウィンドブレーカーに用いられる反射材の面積と視認性の関係について述べており、反射材の面積が小さい程視認性が低くなることや手足の動きにより太陽光や蛍光灯の照射の妨げになることによる視認性への影響について言及している。今回は基礎研究としてJIS Z 9107「安全標識—性能分類における性能基準及び試験方法」⁶⁾に従い測定を行ったため、実験に用いた試料布4種、織物（平織、綾織、朱子織）と編物（平編）は30cm×30cm、集束撚糸は10cm×15cmであったが、衣服設計への応用を考えた時、どの部位にどれくらいの面積で蓄光布を配置すべきか、もしくは、100%蓄光布の衣服製作を考えた場合は腕と身体、右足と左足といった身体の重なる部分にも満遍なく蓄光させるための配慮が必要だと考えられる。一方で、石橋ら⁸⁾は反射剤用品のデザイン性・機能性への配慮について述べており、使用者にとって見た目の悪いものや身につける際に煩わしいものは新素材の普及の阻害要因になり得るとしている。

以上のことから、蓄光糸を用いた衣服設計には、消費性能を考慮して平編で組織した布を使

用することが有効であると結論付けられる。ただし、現段階で摩耗などによる蓄光糸の損傷も確認されているため、力学性能を含めた多角的な検証が必要である。また、今後の研究においては、蓄光面積と視認性の関係に配慮し、安全性・デザイン性・機能性のバランスのとれた衣服設計を検討する必要がある。

4. 結 語

蓄光素材は、東日本大震災以降注目されている素材である。しかし、蓄光機能を施したエコテックス認証の衣服は存在しておらず、蓄光糸で織られた蓄光布や蓄光服の設計やこれに関連した商品開発や研究などの詳細な検討についても未だになされていない。そこで、本研究では、経糸と緯糸の組織点を種々変更し作製した4種の試験布、織物（平織、綾織、朱子織）と編物（平編）が、どの程度の耐久性をもちりん光するのか、表面観察とりん光輝度数値の結果を基に検討した。以下に、本研究の範囲内で得られた諸結果を示す。

- 1) JIS Z 9107「安全標識—性能分類における性能基準及び試験方法」⁶⁾に準じてりん光輝度を測定した結果、本実験で用いた集束糸やこの糸から構成する各試験布は、4つの副分類のいずれにも該当しなかった。つまり、JIS Z 9107「安全標識—性能分類における性能基準及び試験方法」⁶⁾の条件を満たすことはできなかった。
- 2) 衣服の繰り返しを着用を想定し、初期設定（Test 1）、洗濯試験後（Test 2）、摩耗試験後（Test 3）における各試験布のりん光性能の変化を比較検討した。その結果、平編が洗濯や摩耗による外力の影響に対してりん光性能が向上した。
- 3) 表面観察をデジタルマイクロスコープで行った結果、洗濯試験前後（Test 2）では糸の太さに違いがあり、洗濯によって糸が膨潤し、乾燥しても元には戻らず、糸間の空隙が狭くなっていることが観察できた。このことは、蓄光布の表面積が増加したことを意味し、りん光輝度の結果において洗濯後の輝度が高い値を示したことを裏付けるものであった。摩耗試験後（Test 3）では、平織、綾織、朱子織の順に摩耗による布表面からの繊維の毛羽立ちが多く観察され、一部はピリング状に繊維が絡み合っていた。また、平編においても、かなり繊維の毛羽立ちが確認できた。
- 4) 表面観察を走査型電子顕微鏡で行った結果、洗濯試験後（Test 2）の各蓄光布表面の繊維には、洗濯前の状態と比べても全く変化はなかった。摩耗試験後（Test 3）の各蓄光布表面の繊維を観察したところ、繊維の外層の剥離や、繊維の枝分かれが確認できた。蓄光糸の繊維は二層構造であるため、摩耗によって糸と糸、繊維と繊維が擦れ合い、芯の部分から鞘の部分の部分が剥離しやすくなるものと推察される。そのため、摩耗による繊維表面の変化が、りん光輝度の低下に繋がったものと考えられる。一方、平編は摩耗による繊維の損傷はみられたものの、りん光輝度は保持された。ループにより形成された糸間の空隙が摩耗により小さくなり、より多くの繊維表面で光が蓄えられたものと考えられる。

謝 辞

この研究は、JSPS 科研費若手研究 (B) 17K12880、JSPS 科研費基盤研究 (C) 17K00775、平成 29 年度東北生活文化大学・東北生活文化大学短期大学部研究助成により遂行されたものであり、ここに謝意を表す。また、本研究を遂行するに際して実験試料を提供していただいた(有)ヒロタ工織と測定や様々なご助言をいただいた(財)ニッセンケン品質評価センター (防災・安全評価グループ) に深謝いたします。

あとがき

本稿は、共同研究につき執筆における共著者の担当部分の抽出はできない。

参考文献

- 1) 平田米一；蓄光塗料, 化学と教育, 57 (3), pp.122-123, 2009
- 2) 林田和人, 渡辺仁史；暗闇での避難時における蓄光階段の有効性に関する研究, 日本建築学会技術報告集, 13 (26), pp.721-724, 2007
- 3) 坪井倫也, 小川家資；避難時における階段での光誘導の効果に関する基礎研究, 人間工学, 42, pp.86-87
- 4) 上嶋一生, 藤田晃弘, 竹内信義, 村山秀彦, 金坂香里；蓄光式避難誘導標識の視認性二関する研究, 人間工学, 40, pp.350-351
- 5) 小川英次, 藤田晃弘, 日東英成；蓄光タイルの諸特性に関する研究, 人間工学, 40, pp.534-535
- 6) 中野豊；改正 JIS Z 9107「安全標識——性能分類, 性能基準及び試験方法」の解説, セルフダイジェスト, 54 (6), pp.14-20, 2008
- 7) 畝正二；反射材の視認性に関する実験的研究
- 8) 石橋賢, 飯村伊智郎, 赤星陽香, 中山茂；反射材普及の阻害要因に着目した安全指向型衣服の開発および性能評価, 日本感性工学会論文誌 14 (4), pp.505-509, 2015