

## 防護服の不織布化

長尾 梨紗\*<sup>1)</sup> 榎本 一郎\*<sup>1)</sup> 窪寺 健吾\*<sup>1)</sup>

## Manufacture of nonwoven fabrics from protection suits

Risa Nagao\*<sup>1)</sup>, Ichiro Enomoto\*<sup>1)</sup>, Kengo Kubotera\*<sup>1)</sup>

In order to recycle the protection suits, nonwoven parts of protection suits were recarded using the opener and then the needle punched nonwoven fabrics were produced with the obtained recarded fiber. It was suggested that recarded fiber size could be changed by controlling the material feeding speed and the material tearing speed of the opener. Also recycle rate has been increased by adjusting the recarded fiber size. However, the tensile strength of polyester/recarded fiber nonwovens has decreased compared with the neat polyester nonwoven fabric. Therefore it is desirable that the recycled nonwoven fabrics will be used under the low-load condition.

キーワード: 不織布, 反毛

Keywords: Nonwoven, Recarded fiber

## 1. はじめに

自治体や医療機関では, 新型インフルエンザ等の感染症が流行した場合に備えて, 感染拡大の予防対策として防護服を大量に備蓄している<sup>(1)</sup>. 感染症予防対策として使用される化学防護服には, 安全のために使用期限が定められている場合がある。各自治体などで長期間備蓄された防護服は, 使用期限が経過した後は, 現状では, 未使用の場合でもそのまま廃棄処分されている。そのため, 資源の有効活用の観点から防護服をリサイクルすることが求められている。しかし, 長期間保管した防護服に関するデータが無い場合, 使用期限が切れるまで長期間保管していた防護服の性能が, どのように変化しているか, 劣化状況が不明である。そこで, 実際に長期間保管した防護服について劣化状況の確認を行った。また防護服を保管する場合, 保管環境の温度は指定されているが, 湿度の調節は行われていないことが多い。そのため, 保管環境の温度・湿度が防護服の劣化に影響しているか, 温湿度変化を用いた促進試験を行うことで調査した。

防護服をリサイクルするためには, 素材ごとに分離し, 分離した素材を再利用できる状態にする必要がある。一般的な衣料品などの布状製品をリサイクルする際には, 製品を反毛と呼ばれるワタ状繊維に戻すことで, フェルトや特紡糸などに使用される。そこで本研究では, 反毛技術を用いて, 防護服の不織布部分を再不織布化することによるリサイクルを試みた。衣料品などに使用される織物や編物は, 反毛を行う装置(リサイクラ)に投入すると, ワタ状の反

毛が得られる。しかし, 防護服に使用されているサーマルボンド不織布は, 熱溶着によって繊維間を接着しているため, 衣料品と同様に反毛を行っても, 反毛の大部分は布の形状が残り, ワタ状になった部分も極端に繊維長が短くなる。そのため, 織物や編物から得られた反毛のように再不織布化することが難しい。そこで, サーマルボンド不織布の反毛条件を検討することで, 通常の繊維と同様の不織布製造工程でウェブの作製, 不織布化ができる反毛を得られるか検討を行った。

サーマルボンド不織布の反毛としてのリサイクルを可能にすることで, 防護服のリサイクルを促進することを目的とした。

## 2. 実験方法

**2.1 性能評価試験** 実際に長期間保管し使用期限を過ぎた防護服が, 新品の防護服と比較してどの程度性能を保っているか, 物性試験により調べた。

JIS T 8115 化学防護服<sup>(2)</sup>より, 化学防護服材料の性能要求事項に含まれる試験項目のうち, 引張試験と引裂試験を行った。引張試験, 引裂試験の方法は JIS L 1913<sup>(3)</sup>に準拠し, 防護服の身長方向を長手方向として切り出した試験片をたて方向とした。試験は自動強伸度試験機(株式会社オリエンテック製, RTC-1210)を用いて行った。

**2.2 促進試験** 促進試験は恒温恒湿槽を用いて, 温度を 70 °C とし, 相対湿度を 50%RH, 70%RH, 95%RH の 3 条件で行い, 一定期間後恒温恒湿槽から取り出し, 引張試験を行った。引張試験方法は 2.1 に示したのと同様だが, たて方向のみ試験を行った。

事業名 平成 25 年度 基盤研究

\*<sup>1)</sup> 繊維・化学グループ

**2.3 反毛条件の検討** 防護服の生地は、サーマルボンドされたспанボンド不織布の上にフィルムを貼り付けた構造になっている。本研究では、布状製品のリサイクル技術である反毛技術を用いるため、防護服の不織布部分のリサイクルについて検討を行う。

防護服の金属製チャックや袖口、裾などのゴム、縫い目のシール部分、フィルム等は手作業によって分離した。防護服から得られた不織布は、リサイクラ（池上機械株式会社製、DT-5）を用いて反毛を行った。図1に示すように、リサイクラには材料の投入速度を制御するフィードローラと、材料を切裂くための刃がついたシリンダがある。フィードローラによる材料投入速度と、シリンダ回転速度を変えることで、反毛の状態がどのように変化するか調査を行った。材料の投入速度を0.5 m/minで固定し、シリンダ回転速度を400, 600, 1000 rpmと変えた場合、また、シリンダ回転速度を600 rpmで固定し、材料投入速度を0.1, 0.5, 0.9, 1.5 m/minと変えた時の、反毛率と反毛サイズの変化を調べた。

反毛率は下式から算出した。

$$\text{反毛率}[\%] = \frac{(\text{回収重量} - \text{布状部分の重量})}{\text{投入重量}} \times 100 \quad (1)$$

ここで、布状部分の重量は、10 cm<sup>2</sup>以上の大きさを保ち、反毛されずに出口で回収された不織布を指す。

また、得られた反毛を1 g量り取り、繊維長がきわめて短いワタ状の部分と、布の形状を保っている部分に分けた。布形状の部分は、撮影した画像を用いて、塗り潰した時のピクセル数から一枚ごとの面積を算出し、平均化したものを反毛サイズとした。

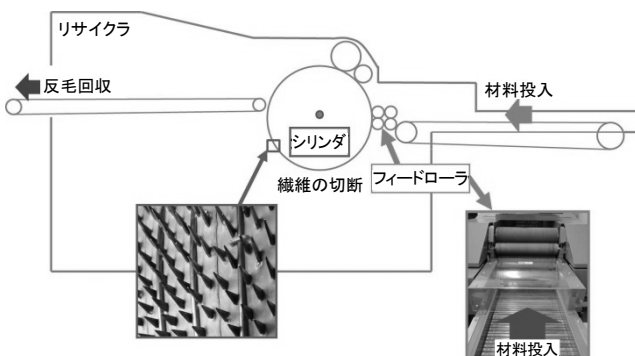


図1. リサイクラの構造

**2.4 再不織布化** リサイクラにより得られた反毛を用いて、ニードルパンチ不織布の製造を試みた。

まず、ドラムカード機（Louet社製、Elite）を使用し、ウェブの試作を行った。ドラムカード機へ投入する材料は10 gとし、反毛とポリエステルバージン材を10:0, 7:3, 5:5, 0:10で混合した4種類のウェブを作製した。反毛は全てリサイクラの材料投入速度0.5 m/min、シリンダ回転速度600 rpm

の条件で得られたものを使用した。作製したウェブは、その後ニードルパンチ機（池上機械株式会社製、NL-600）で不織布化を行った。ニードルパンチ加工は全て同じ条件で行い、ニードルパンチ機を200 ストローク/min、針の深さを10 mmとした。

次に、ローラーカード機（池上機械株式会社製、M32S-500R）によるウェブの作製を行った。カード機へ投入する材料は50gとし、反毛とポリエステルを7:3, 6:4, 5:5, 0:10で混合した4種類のウェブを作製した。ウェブの厚みを均一化するため、ウェブは全てローラーカード機に2回通した。得られたウェブは、ニードルパンチ機を用いて不織布化した。また、反毛とポリエステルの割合を5:5とし、サイズの異なる反毛（2.8 cm<sup>2</sup>, 2.0 cm<sup>2</sup>, 1.6 cm<sup>2</sup>）を用いてウェブの作製、ニードルパンチ機による不織布化を行った。

**3. 結果及び考察**

**3.1 性能評価試験** 新品の防護服と長期間保管し使用期限を過ぎた防護服の、引張試験及び引裂試験の結果を図2, 3にそれぞれ示す。図中の実線は、JIS T 8115に定められた化学防護服材料として最低限必要な強度を表している。長期間保管した防護服は、新品の防護服と比較して、引張強さと引裂強さの両方で若干強度が低下する傾向がみられたが、化学防護服材料として必要な強度は保っていた。

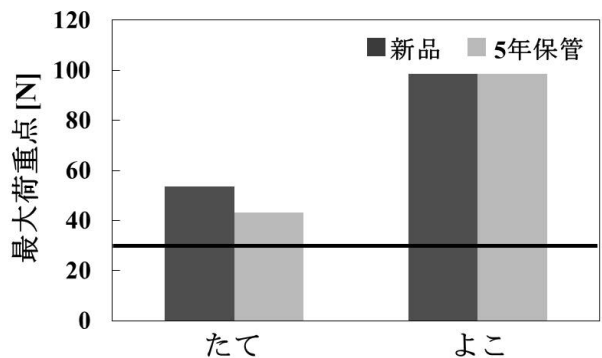


図2. 引張強さ

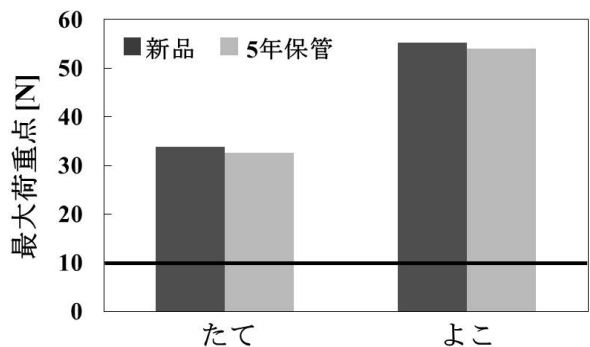


図3. 引裂強さ

**3.2 促進試験** 温度70°C，相対湿度50%RH，70%RH，95%RHでの時間と引張強さの関係を図4に示す。湿度が高くなるにつれて，強度の低下が早くなる傾向がみられた。

防護服の保管環境は，温度は比較的厳密に管理することが求められている。そのため，今回試験を行った高温環境下ほど，防護服の強度低下に湿度は影響しないものと考えられる。しかし，安全性が求められる感染症対策用防護服を長期間に渡り保管する場合には，温度だけではなく，湿度を低く保つことで，防護服をより安全に保管することができるものと考えられる。

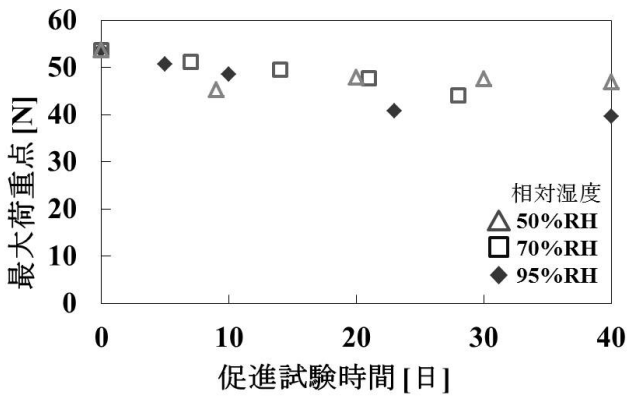


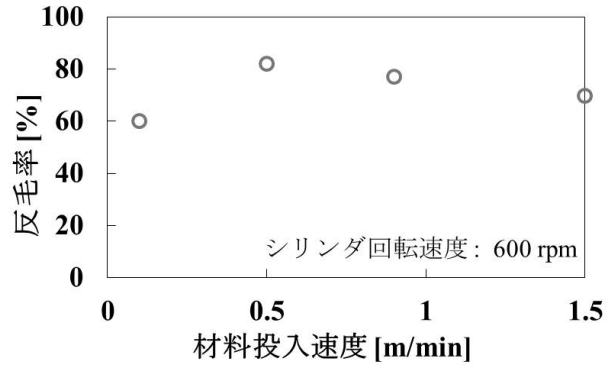
図4. 促進試験後の引張強さと時間の関係

**3.3 反毛条件の検討** 反毛を行うリサイクラのフィードローラの速度を調節し，不織布を投入する速度と，不織布を切り裂く速度（シリンダ回転速度）を変えた時の反毛率と反毛サイズについて調査を行った。

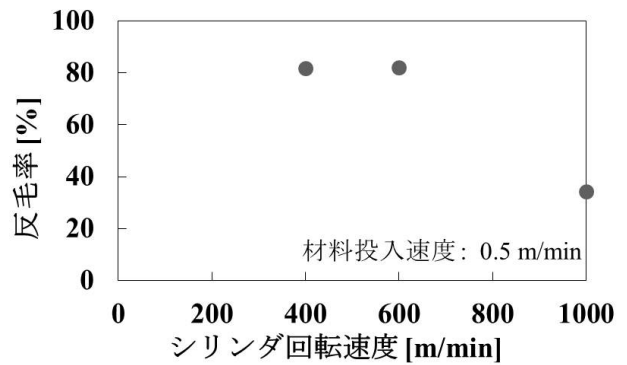
材料投入速度を変えた時の反毛率を図5(a)，シリンダ回転速度を変えた時の反毛率を図5(b)に示す。材料投入速度が遅い場合や，シリンダ回転速度が速い場合に，反毛率が低下する傾向がみられた。これは細かくなった反毛が，シリンダの回転によって発生する風で飛ばされる，あるいは集塵機に吸い込まれるためであると考えられる。また，シリンダ速度600 rpm，投入速度1.5 m/minの時に反毛率が低下した。これは，材料の投入速度が速いために，十分に不織布が切り裂かれることなく，比較的大きな布状のまま回収される部分が増えたためと考えられる。

投入速度0.5 m/min，シリンダ回転速度400~600 rpmの時，最も効率よく反毛が行われることが示唆された。

また，材料投入速度を変えた時の反毛サイズを図6(a)，シリンダ回転速度を変えた時の反毛サイズを図6(b)に示す。材料投入速度が遅い場合や，シリンダ回転速度が速い場合に，反毛サイズが小さくなる傾向がみられた。材料投入速度とシリンダ回転速度を制御することで，反毛サイズを変えられることが示唆された。

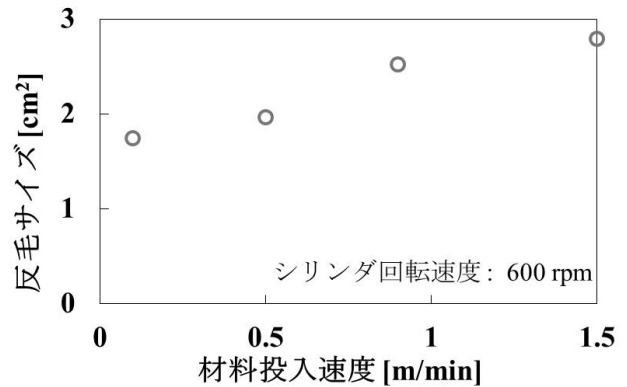


(a)材料投入速度の影響

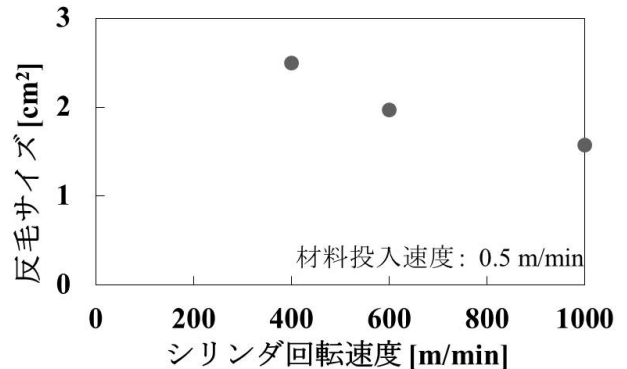


(b)シリンダ回転速度の影響

図5. 反毛率



(a)材料投入速度の影響



(b)シリンダ回転速度の影響

図6. 反毛サイズ

**3.4 再不織布化** 反毛 100%のウェブは、ドラムに巻き取ることはできるが、繊維同士が絡んでいないためドラムからはがす際に千切れてしまう。これは、反毛が部分的にワタ状になっているが、その大部分が布の形状をしているため、絡み合う繊維がほとんどないためである。そこで、ドラムの周囲（針の根本）にネットをかけてから、再度反毛のみでウェブを作製した。しかし、ネットの境目などで図 7 に示すようにウェブが千切れてしまうため、反毛のみでのウェブ化は困難であった。

反毛 70%ポリエステル 30%で混合したものを、同様にドラムにネットをかけてから作製したところ、図 8 (a) に示すようにウェブにすることができた。しかし、ニードルパンチ加工を行ったところ、反毛 100%の場合と同様に、ウェブ中の繊維同士の絡みが少なく、ニードルパンチ機によるウェブの引き込みや送り込みの力で、ウェブが切れてしまうといった傾向がみられた（図 8 (b)）。

反毛 50%ポリエステル 50%で混合した場合、図 9 (a) に示すように切れることなくウェブ化、不織布化することができた。しかし、図 9 (b) に示すポリエステル 100%のニードルパンチ不織布と比較して繊維のムラが多くみられた。

ドラムカード機を用いたウェブの試作結果から、反毛 100%ではウェブを作製するのが困難であると判明したため、ローラーカード機ではポリエステルと混合したウェブのみを作製した。反毛 70%ポリエステル 30%の場合、ローラーカード機では図 10 に示すように、カード機の出口でシート状にならず、ウェブは作製できなかった。

反毛 60%ポリエステル 40%、反毛 50%ポリエステル 50%の混合率ではウェブの作製、ニードルパンチ加工を行うことができた。

反毛 50%ポリエステル 50%の混合率で、サイズの異なる反毛を用いた場合、今回得られた範囲の反毛サイズであれば、ウェブの作製、不織布化が可能だった。しかし、反毛サイズが小さい場合、カーディングの際などに毛羽としてウェブから抜け落ちてしまう。反対に、反毛サイズが大きい場合、ニードルパンチ加工を行う際に、ニードルパンチ機の針が反毛に刺さり、反毛がウェブから抜けてしまう現象がみられた。このため、ポリエステル 100%の不織布と比較して反毛を含む不織布は、ムラが多くなったものと考えられる。

#### 4. まとめ

使用期限を過ぎた化学防護服について、劣化状況の確認とリサイクル技術の検討を行った。長期間保管した防護服の物性には大きな変化はみられなかったが、促進試験から保管環境の管理が重要であることが示唆された。

防護服の不織布部分は、リサイクルの材料投入速度、シリンダ回転速度を調整することで、効率よく反毛を行うことができた。また、反毛のみでの再不織布化は困難だが、一定割合以上のポリエステル等のバージン材と混合することにより、通常の不織布製造工程でウェブの作製、ニード

ルパンチ不織布の作製が可能であることが明らかになった。

防護服から得られた反毛は、中綿や断熱材としての利用が考えられる。また、増量材やバインダーとして、バージン材に混合し不織布化することも可能である。

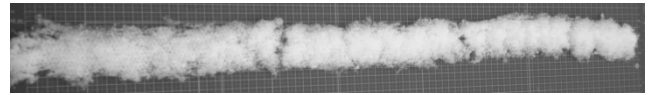
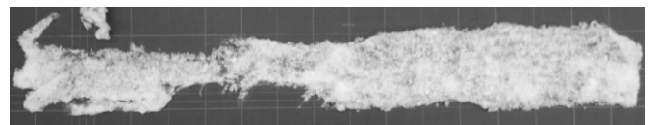


図 7. ドラムカード機で作製したウェブ（反毛 100%）

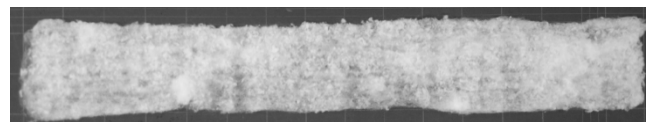


(a) ドラムカード機で作製したウェブ

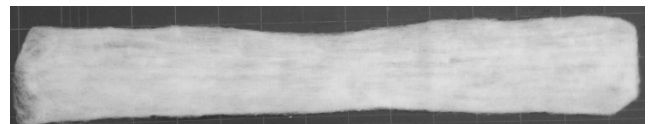


(b) ニードルパンチ加工後

図 8. 反毛 70% ポリエステル 30%の不織布



(a) 反毛 50% ポリエステル 50%



(b) ポリエステル 100%

図 9. ニードルパンチ不織布

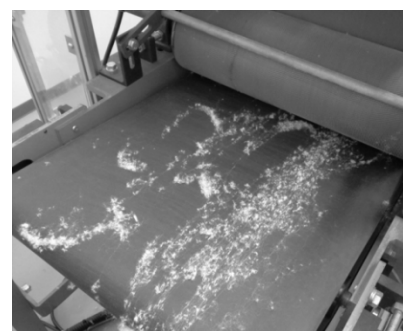


図 10. ローラーカード機によるウェブの作製（反毛 70%）

（平成 26 年 7 月 7 日受付，平成 26 年 8 月 18 日再受付）

#### 文 献

- (1) 東京都福祉保健局：「東京の福祉保健の新展開 2009」（2009）
- (2) JIS T 8115 化学防護服（2010）
- (3) JIS L 1913 一般不織布試験方法（2010）