

軽量・高保温性繊維素材の開発(第3報)

中島孝康、立川英治、林浩司、奥村和之

Development of fiber material having lightweight and excellent heat-retaining property (III)

Takayasu NAKASHIMA, Eiji TACHIKAWA, Koji HAYASHI and Kazuyuki OKUMURA

中わた用途として羽毛の代替となるような軽量・高保温性素材の開発を目指して、短繊維の絡まった構造体(わた)を試作した。第1、2報にて、試作したわたにはある程度のかさ高性と保温性があることを報告してきたが、衣服や布団などの製品形状にするにあたっては、わた同士が離れにくく生産効率が悪いという欠点があった。このため、原綿の条件を検討してこの点の改善を目指した。その結果、かさ高性の維持など総合的にはまだ改良が必要なものの、少なくともわた同士の分離性については改善することができた。

1. はじめに

軽量・かさ高な高保温性素材として、代表的なものに羽毛がある。羽毛は天然の防寒素材として非常に優れており、衣類・寝具の「中わた」としてよく利用されている。しかし、近年、供給不足で価格が高騰することがあり、代替品ニーズが強い。そこで、当所でも羽毛の代替となるような軽量で保温性の高い素材の開発を目指すこととし、平成27年度より開発を始めた。

布団や衣類の中わたの構造は、連続か、独立かという点で大きく2種類に分かれる。羽毛のような独立構造体の場合、連続体に比べて一般的に人体の形状に馴染みがよく、保温の点でメリットがある。

こうしたことから当所では、羽毛代替として始めに短繊維群を絡ませて独立構造体とする方法で開発を進めた。開発初年度はまず、様々なタイプの短繊維を原料に試作を行い、どのようなタイプのものを使用すれば独立構造体となるのか、また、独立構造となった場合にどのような形状のものが得られるのかという点について傾向をつかむことができた。形状としては、短繊維の種類によりひも状または球状の独立構造体が見られることが分かった。また、独立構造になったものについてはかさ高性が比較的高く、保温性もある程度あり、羽毛代替品としての可能性があると考えられた¹⁾。開発2年度目(平成28年度)においては、独立構造体になったものについて特定の方法で保温性を向上させることができた²⁾。

ただ、試作したわたは独立構造とはいうものの、わた同士がお互いに離れにくいものであった。ジャケットなどの中わた入り製品は、一般的にわたの偏りを防ぐために一定の間隔で縫い目がある。この状態にするのに、布上にわたを広げて別の布で挟んでそれらを一緒に縫製する方法と、あらかじめ布だけで縫製した後、縫い目間の袋状になった部分に筒などを用いてわたを送り込む方法があるが、いずれの方法にても、わた同士が離れにくいと生産効率が落ちて、実用化にあたってはネックとなる。このため、本年度においては、原料となる短繊維(原綿)の条件を検討して

わた同士の分離性の改善を目指したので、本報において結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 試作

2.1.1 試料

ポリエステルの短繊維を原綿とした。2年度目までの試作でひも状または球状の構造が見られたが、ひも状のほうが原綿の汎用性が高いので、ひも状になる原綿について改善を検討した。分離性を改善することを目的として原綿の条件のうち2点に着目した。これらを本報告中では条件A、Bと示した。

これまで得られたひも状構造体は長さが長かった。このためお互いに絡み合いやすく分離性の悪さの原因のひとつになっていると考えられたので、条件Aについては短いひも状構造となることを狙って変化させた。5水準について検討し、本報告中ではA-1~5と示した。開発2年度目までに試作したものがA-5に該当するもので、A-Oの数字が小さくなるほどひも状構造が短くなることを狙って設定した水準である。

条件Bについては、わた同士の摩擦を低減する目的で変化させた。主な条件がA-4に該当するものについて、条件Aとは別の部分を変化させた。変化させたものを本報告中ではB-4と示した。

2.1.2 加工方法

第2報までと同様に、短繊維群を相互に絡ませる方法で行った。

2.2 評価

2.2.1 かさ高性

「JIS L 1903:2011 羽毛試験方法」の荷重用円盤 B(直径 285 mm、総重量 94.3 g)を用いる方法を準用した。ただし、JIS に規定のある前処理(スチーム等)については羽毛のための処理と考えられ、本報告の試作品の場合、合成繊維であるので実施しなかった。

2.2.2 保温性

次の2つの方法で保温性を評価した。

① 「JIS L 2001:1980 綿ふとんわた」の保温率測定

② 熱伝導率測定装置(英弘精機(株)HC-074/200)による熱抵抗測定

②では同じ厚さ(4 cm)の断熱材の枠内にわたを充填して熱抵抗を測定したが、わたをかさ高な状態のまま測定するために、わたの充填量をかさ高性測定時の密度となるように設定した。よって、わたの充填量が試料間で違っており、結果として厚さ4 cmの時の熱抵抗値が出るものの、この数値をもって試料の保温性として単純に比較するのは適切でない面がある。そこで、熱抵抗が単純に厚さに比例すると仮定して、単位熱抵抗(1 m²K/W)を実現するために必要な厚さとその時の目付(単位面積あたりの重量)を測定結果から算出して比較した。

2.2.3 分離性

図1の様な形式で、樹脂製の容器中でわたを落下させ、落下先のメッシュ(フィラメントで構成)を通過する割合で評価した。分離性の良いわたは、メッシュがあってもわた同士が分離して落下していくであろうと考えた。試作したわたのほか比較のため、ダウン混率90%の羽毛をスチーム処理したものについても調べた。

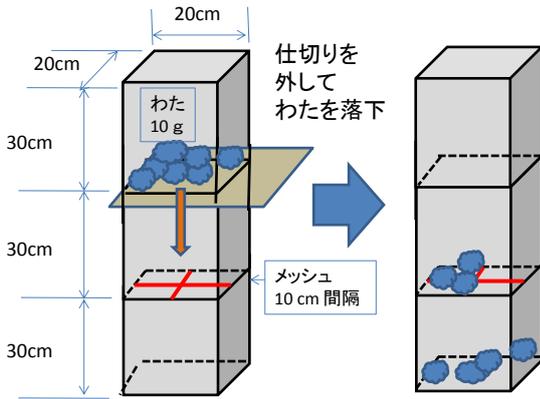


図1 わたの分離性評価方法

3. 結果と考察

3.1 条件Aに関する検討

3.1.1 形状(条件A)

条件Aを変化させて試作したわたの形状を図2に示した。2年度目までに試作したものに該当するのがA-5であるが、A-4、A-3と、当初の狙いどおりにA-5よりもひも状構造が短くなっていった。さらにA-2ではひも状というよりは球状に近くなり、A-1ではほぼ球状になった。

3.1.2 かさ高性(条件A)

かさ高性の測定結果を図3に示した。第1報でも示したが、市販羽毛布団から採取した羽毛についての結果も比較のため示した。A-5よりもA-4、A-3のほうがかさ高性が上昇した。条件Aの変更の目的はひも状構造を短くして分離性を改善するということがあったが、このこととは別にかさ高性の向上に有効であることが分かった。ただし、さらに

ひもが短くなる方向であるA-2ではかさ高性が減少しはじめ、A-1に至ってはかなりかさ高性が低くなった。A-5からA-2までは、スチーム処理した羽毛には及ばないもののスチーム処理していない羽毛よりはかさ高性が高く、比較的にかさ高性が良好と言えるが、A-1までかさ高性が低くなると羽毛代替として使用するには厳しいと考えられた。高いかさ高性を実現するためには、条件Aについて適切な範囲があることが分かった。

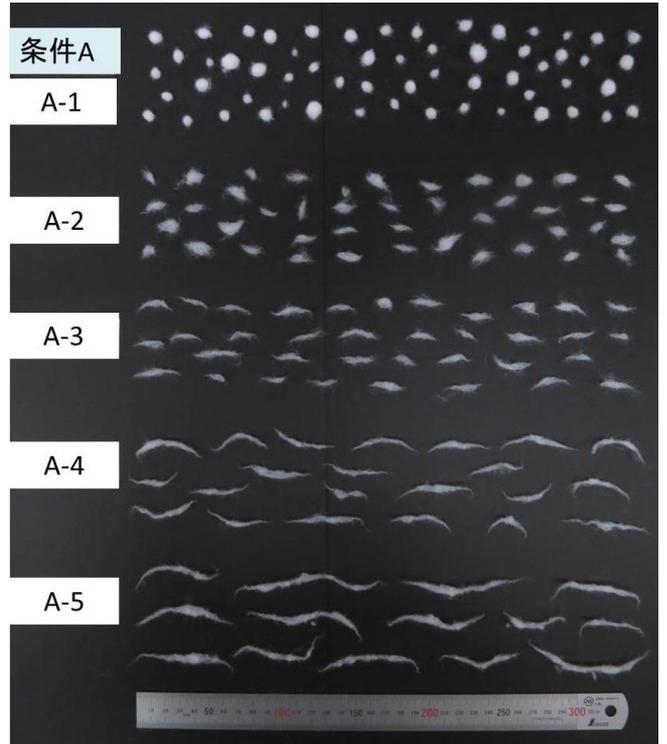


図2 条件Aの変更に伴うわた形状の変化

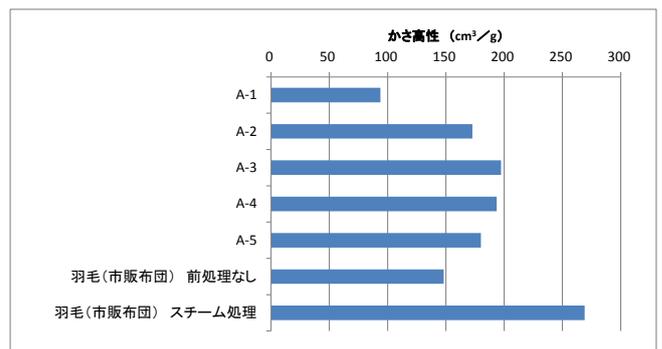


図3 条件Aの変更に伴うかさ高性の変化

3.1.3 保温性(条件A)

JIS L 2001による保温性の試験結果を図4に示した。この方法では条件により大きな差はなかった。この方法は試料をガーゼで包んでリング状の枠で測定装置に押しつける方式のため、かさ高性の効果が薄れる可能性があり、わた形状の変化でかさ高性が向上しても大きな差が出なかったものと思われた。

熱伝導率測定装置によって熱抵抗を測定し、単位熱抵抗あたりの厚さと目付を計算した結果を図5に示した。熱抵抗は保温性と同様の意味であり、図5の数値の意味としては「一定の保温性を実現するために必要な厚さ、目付」ということで、これらの値が小さければ小さいほど薄くて軽い状態で暖かくできるということであり、保温素材として優れていると言える。A-1は他に比べて目付を非常に大きくする必要があり、これはかさ高性が低いためであると考えられ、保温性の面で良くないという結果であった。それ以外は、羽毛には及ばないものの比較的良好な保温性があると考えられた。

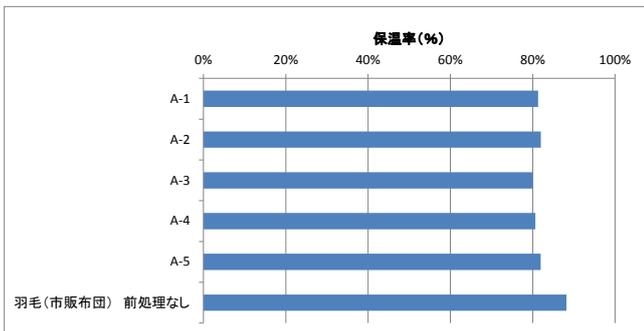


図4 条件Aの変更に伴う保温性の変化 (JIS L 2001:1980 綿ふとんわた)

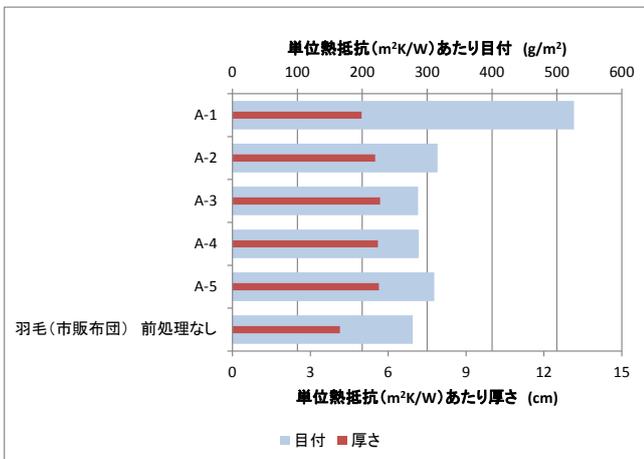


図5 条件Aの変更に伴う保温性の変化 (熱伝導率測定装置による方法)

3.1.4 分離性(条件A)

分離性の評価結果を図6に示した。従来試作してきたものに該当するA-5は感覚的に分離性が悪いことが分かっていたが、今回の評価方法によってもほぼメッシュを通過せず、分離性が非常に悪いという結果が示された。これに対しひも状構造が短くなったA-4、A-3は、わずかであるがメッシュを通過する部分があり、若干分離性が向上したのではないかと考えられた。ただ大部分はメッシュ上に留まり、明確には改善効果が確認できなかった。さらにひも状構造が短くなり球状に近づいているA-2は、多くがメッシュを

通過し、分離性が改善した。球状のA-1にいたってはほぼメッシュを通過し、非常に分離性が良かった。なお、比較のために実施した羽毛については、この評価方法ではそれほど良い結果ではなかった。この評価方法では落下時に横方法への広がり制限されるので、羽毛の広がりやすさが十分再現できていないのかもしれない。この点で評価方法に改善の必要があるのかもしれないが、今回の方法でも一定の分離性評価はできたと考えられた。結果としては、当初の狙いどおり条件Aの変更で作製されるわたのひも状構造が短くなり、それに伴って分離性が良くなるものと推察された。

ただ、分離性が非常に良いもの(A-1)はかさ高性・保温性がかなり低く、分離性とかさ高性・保温性がトレードオフの関係になった。条件Aの変更は一定の範囲ではかさ高性の向上に有効であることが分かったので、今後はかさ高性が維持される条件内(A-2など)で分離性との妥協点を探るか、もしくは分離性の向上のために別方法を検討することが必要と考えられた。

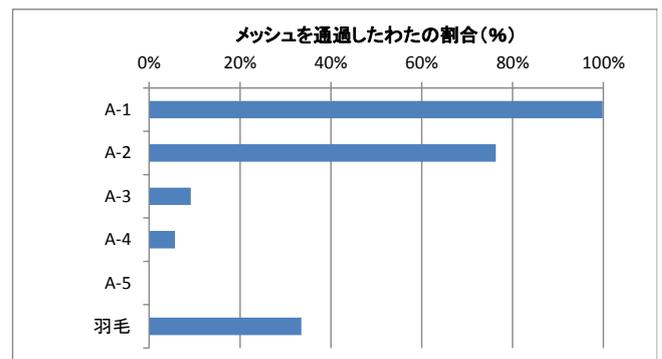


図6 条件Aの変更に伴う分離性の変化

3.2 条件Bに関する検討

3.2.1 形状(条件B)

条件Bを変更して試作したわた(B-4)の形状を、条件B以外がほぼ同等のA-4と比較して図7に示した。B-4のほうがA-4よりひも状構造が短くふくらとした形状になった。



図7 条件Bの変更に伴うわた形状の変化

3.2.2 かさ高性(条件B)

かさ高性の評価結果を図8に示した。B-4はA-4に比べてかさ高であり、条件Bの変更はかさ高性の向上に効果があることが分かった。

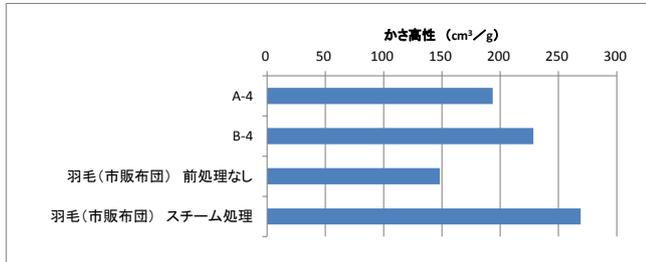


図8 条件Bの変更に伴うかさ高性の変化

3.2.3 保温性(条件B)

JIS L 2001による保温性の試験結果を図9に示した。この方法ではB-4とA-4とに大きな差は見られなかった。条件Aの時と同様、試験方法上、かさ高性の効果が反映されにくかったものと思われた。

熱伝導率測定装置により評価した結果を図10に示した。この方法でも大きな差はなかったが、B-4のほうがA-4よりも必要な目付が若干小さくなった。これはB-4のほうがA-4よりもかさ高なためと考えられた。B-4は羽毛と比較しても目付が少なく済むという結果であった。ただ、この時の必要な厚さが羽毛の1.4倍程度になり、実際に使用することを考えた場合には厚すぎると思われ、この点を割り引いて考える必要はあるものの、良好な保温性を示していると言って良いのではないかと考えられた。

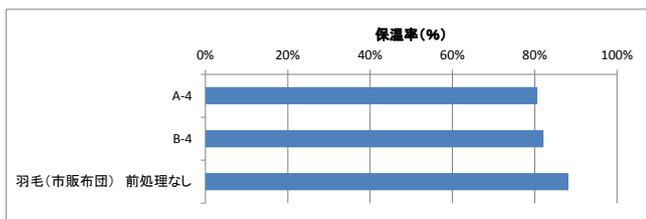


図9 条件Bの変更に伴う保温性の変化 (JIS L 2001:1980 綿ふとんわた)

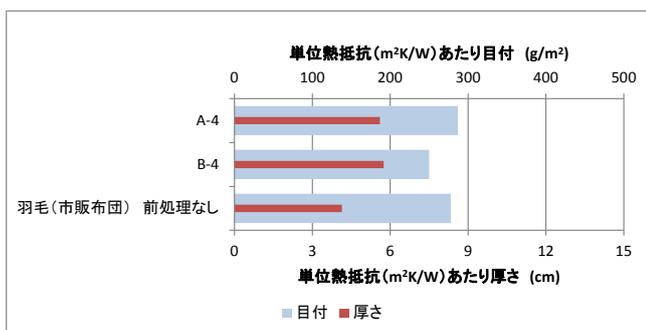


図10 条件Bの変更に伴う保温性の変化 (熱伝導率測定装置による方法)

3.2.4 分離性(条件B)

分離性の評価結果を図11に示した。B-4はメッシュを通過せず、今回の評価方法においては分離性が悪いという結果になった。条件Bの変更はかさ高性・保温性の改良には有効であることが分かったが、分離性の改善については当初の狙いに反して、少なくとも今回の実験では有効性を確認できなかった。

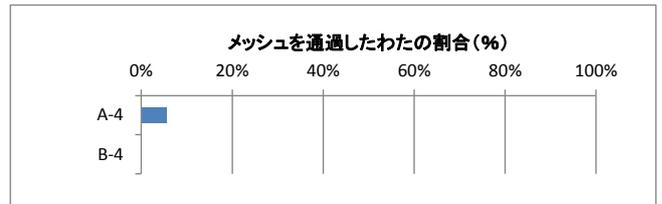


図11 条件Bの変更に伴う分離性の変化

4. まとめ

わたの分離性の改善を目指して、原綿の条件のうち2点(条件A、B)について検討した。条件Aを変えることで分離性の改善効果が見られるとともに、一定の範囲でかさ高性も向上することが分かった。ただ、分離性の改善効果が高いところではかさ高性が大きく失われ、かさ高性と分離性の両立に課題を残した。条件Bについては、かさ高性の向上効果があるものの、分離性の改善効果は認められなかった。A、Bともにかさ高性の改善効果が認められることから、今後はA、Bを複合させつつ、分離性の改善については別の方法も検討するなどして、改良を試みていく予定である。

【参考文献】

- 1) 中島孝康ら, 岐阜県産業技術センター研究報告, No.10, pp. 28-30, 2016
- 2) 中島孝康ら, 岐阜県産業技術センター研究報告, No.11, pp. 19-20, 2017