

軽量・高保温性繊維素材の開発（第5報）

中島孝康*、立川英治*、林浩司*

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

NAKASHIMA Takayasu*, TACHIKAWA Eiji* and HAYASHI Koji*

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。これまでの試作でかさ高性、保温性、分離性についてある程度良好なわたができたことを報告してきたが、さらに改良を試みた。その結果、かさ高性や「圧縮に対する抵抗性」が向上し、分離性は悪化の方向にあるが水準によってはある程度保持でき、製品形態にした時の保温性については水準によっては向上した。総合的に見て、試行した改良方法は性能向上に有効な方法であることが分かった。

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、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ほうが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てきた。

これまでに第1報¹⁾で、原料の短繊維タイプの違いで球状やひも状の独立構造体を作製できることや、それらについてかさ高性や保温性がある程度あること、第2報²⁾で、特定の方法でさらに保温性向上が可能であることを報告してきた。

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。わた同士の分離性が悪いと、ジャケットや布団などの製品を製造する際に、生地上にわたを広げたり、または袋状にした部分にわたを吹き込むといった作業がうまくいかない場合がある。これが生産効率の低下につながり、実用化にあたってはネックとなる。この点について第3報³⁾で分離性が改善できたことを報告した。ただ、かさ高性が低くなってしまったためさらに改善を検討し、第4報⁴⁾ではかさ高性と分離性がある程度両立するわたを作製できたことを報告した。これについてさらにかさ高性等の性能を向上させるべく検討を行った。また、これまで実施してこなかったわたの圧縮性や、製品として利用する場合を

想定して側生地に包んだ形態にした場合の評価を行ったので報告する。

2. 実験

2.1 わたの試作

第4報までと同様に短繊維群を相互に絡ませる方法でわたを作製した。第4報にて報告したひも状の試作わたについて、企業の評価では第4報中「D-2」と記載したものの評価が最も高く、これについて改良を検討することとした。同様の方法で水準を変えて3水準について検討し、本報告中では条件「D-2_改良品 1~3」と示した。

2.2 評価

2.2.1 評価試料

D-2とその改良品3種のほか、比較のため下記の試料について評価を行った。

- ・ 試作球状わた
これまで試作してきたわたの中で、分離性に難があるもののかさ高性が良好な球状のわた。
- ・ 羽毛
市販羽毛布団（ダウン混率 50%）から採取した。ただし、「分離性」については、ダック羽毛・ダウン混率 90%のものを利用した。
- ・ 市販合繊維布団わた
合成繊維わたが入った市販布団から採取した。羽毛代替を意識していると思われる市販品であるが、中わたは羽毛のような独立構造ではなく大きな塊状であった。各種評価には塊状のものをほぐしたものをを用いた。また独立構造でないため分離性については対象外とした。

2.2.2 わた自体の評価

2.2.2.1 かさ高性

第4報までと同じく「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。スチーム処理は実施せずに試験に供した。

* 繊維・紙業部

2.2.2.2 分離性

第3、4報と同様、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。第4報までは、容器にわたを入れてそのまま実施していたが、入れ方が結果に影響することが懸念されたので、試作わたについては容器に入れた後、容器中で5回反転させた後に試験を実施した。

2.2.2.3 圧縮性

わたを圧縮した時の回復性等の挙動を評価するため、万能試験機（株）島津製作所製、オートグラフ AGS-J) を用いて、わたの圧縮と回復を繰り返した。わた 1g を内径 80 mm の樹脂製円柱容器中に入れ、直径 75 mm の円形加圧盤で圧縮した。圧縮・回復速度 1 mm/秒、最大圧力 10.5 g/cm² に設定して 11 サイクル実施した。

2.2.3 座布団形状での評価

2.2.3.1 評価用試料

わたをダウンジャケットなどに使用することを想定して、それに近い形態として2枚の側生地間にわたが挟まれた約 40 cm 四方の座布団形状の試料を作製した。10 cm 四方ごとにキルティングし、経緯 4 マス、計 16 マスできるようにした。各マスにわたを 1g ずつ入れ、試料全体で合計 16g のわたを使用した。

2.2.3.2 厚さ

万能試験機（株）島津製作所製、オートグラフ AGS-J) を用いた。直径 200 mm の円形加圧盤を用い、速度 1 mm/秒で圧縮し、圧力 0.5 g/cm² の時の厚さを測定した。

2.2.3.3 保温性

「JIS L 1096:2010 織物及び編物の生地試験方法」の保温性 A 法（恒温法）を準用した。保温性試験機（恒温法）（株）大栄科学精器製作所製、ASTM-100B) を用いた。

3. 結果及び考察

3.1 わた自体の評価

3.1.1 かさ高性

かさ高性の結果を図1に示した。改良品は3種類とも非常に高いかさ高性を示した。開発開始以降これまでに試作してきた中でも最も高いレベルで、今回試した改良方法はかさ高性の向上に有効であることが分かった。

3.1.2 分離性

分離性の結果を図2に示した。全体的に改良品は悪化傾向で、改良品のうち「2」、「3」はかなり分離性が悪かった。「1」は従来の D-2 と同程度の結果で、分離性の面からは「1」が有望と思われた。

3.1.3 圧縮性

圧縮運動時の圧力 0.5 g/cm² での試料厚さを図3に、最大圧力（約 10.5 g/cm²）での厚さを図4に示した。低圧力（0.5 g/cm²）時、厚さについて1サイクル目と2サイクル目の違いは大きいですがそれから徐々に安定した。2

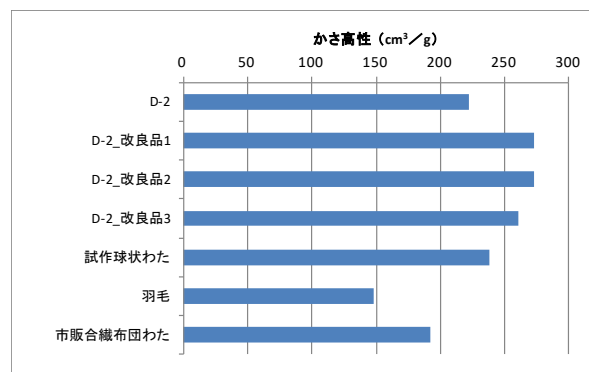


図1 かさ高性

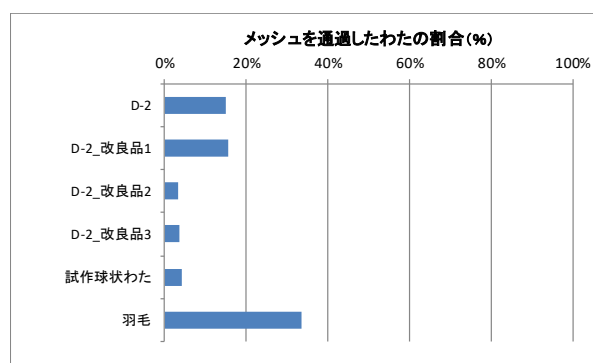


図2 分離性

サイクル目以降、従来品の D-2 や羽毛、市販合繊布団わたはかさ高性が小さいが、改良品においてはこれらよりかさ高く良好な結果となった。ただ、最も良い結果なのは球状わたであった。最大圧力時の厚さでは1サイクル目から変化は少なかった。最大圧力時にもかさ高の序列は「(D-2、羽毛、市販合繊布団わた) < 改良品 < 球状わた」と、低圧力時と同様の傾向が見られた。

圧縮作用に対する回復性として、圧力 0.5 g/cm² の時の厚さの変化割合で回復率を算出し評価することとした。圧縮運動時の厚さを基準に、同サイクル内で回復運動時厚さの割合で計算した結果を図5に、一旦圧力が0になった後の次サイクルの圧縮運動時の厚さの割合で計算、つまりサイクル間で計算した結果を図6に示した。同サイクル内での回復率では試料間で差があるが、サイクル間での計算では2サイクル目以降 90 % 以上と高くほとんど差がなかった。わたの回復が加圧盤の回復運動に追従するスピードに差があるものの、時間の経過により各試料同様に回復し、次サイクル時の厚さで計算する場合には差が小さくなったものと解釈できる。同サイクルでの結果の序列は厚さと同様「(D-2、羽毛、市販合繊布団わた) < 改良品 < 球状わた」であり、この順に反発性が高くなっているものと考えられた。

圧縮率を「 $[1 - (\text{最大圧力時の厚さ}) / (\text{圧力 } 0.5 \text{ g/cm}^2 \text{ の時の厚さ})] \times 100$ 」として算出し、図7に示した。この値が大きいくほど圧縮されやすいということ

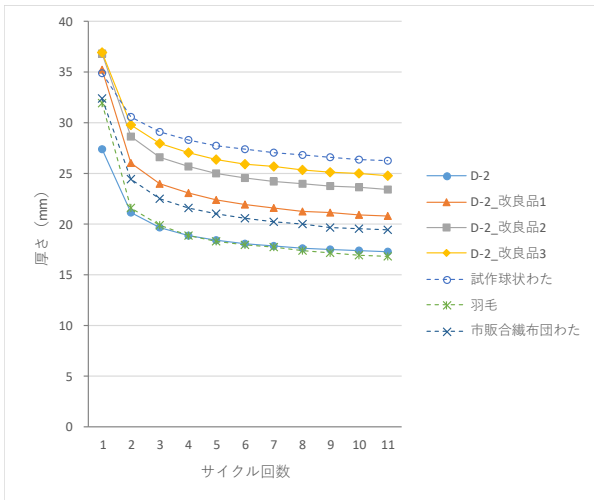


図3 圧力 0.5 g/cm² の時の厚さ

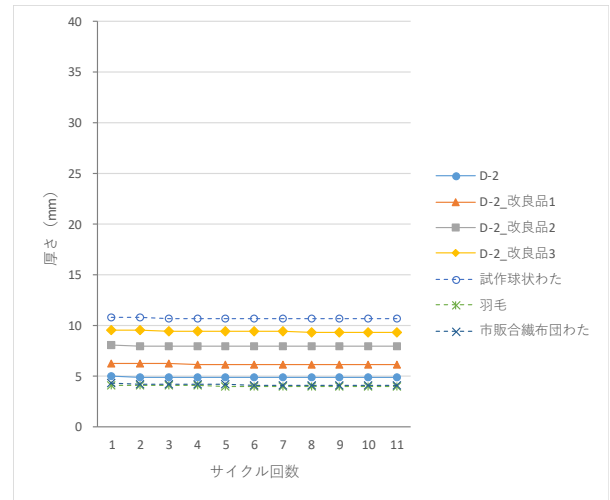


図4 最大圧力 (約 10.5 g/cm²) 時の厚さ

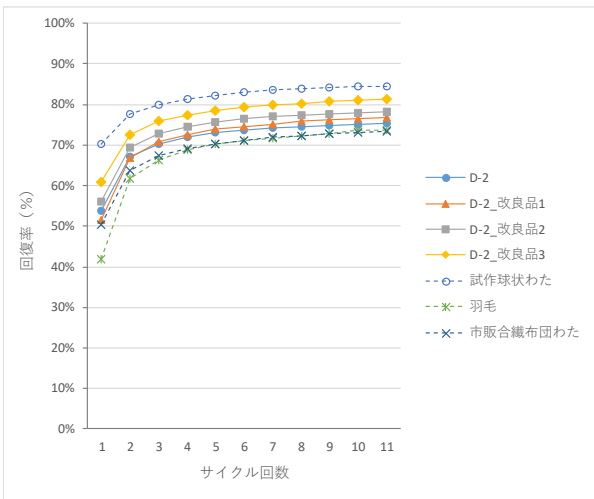


図5 回復率
(圧力 0.5 g/cm² 時の厚さで算出：サイクル内)

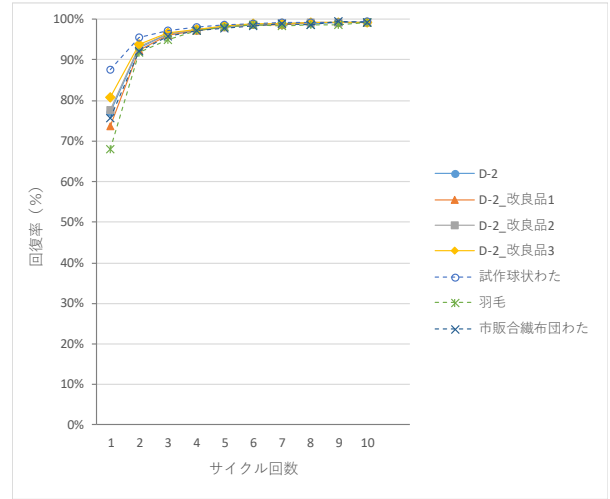


図6 回復率
(圧力 0.5 g/cm² 時の厚さで算出：サイクル間)

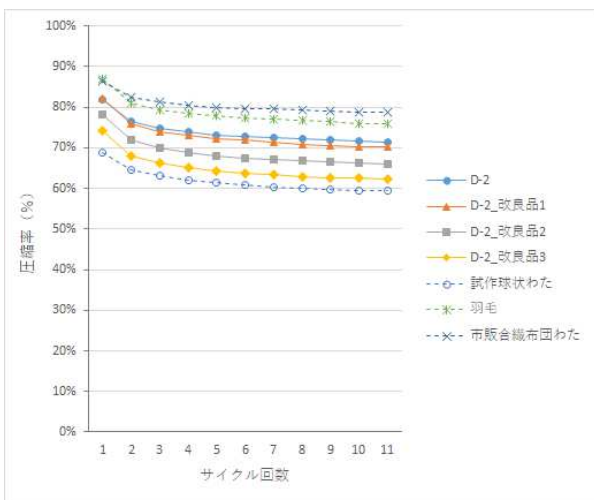


図7 圧縮率

ある。D-2、羽毛、市販合織布団わたは圧縮されやすく、改良品や球状わたは圧縮されにくいという結果であった。

羽毛はジャケットなどの製品中で圧縮されて一旦へたった状態になっても、側生地の上からたたいて広げることによってかさが回復するといわれている。今回の試験は単純に圧縮・回復を繰り返したので、羽毛のこういった性質は反映されていない。その点を考慮する必要はあるものの、少なくとも今回のような単純な圧縮・回復系の場合、改良品は従来品 D-2 や羽毛、市販合織布団わたより圧縮に対する抵抗性が高く、へたりにくいと考えられた。

3. 2 座布団形状での評価

3. 2. 1 厚さ

座布団形状にした時の厚さを図8に示した。単純には厚いほど保温性の点で有利なはずであるが、試料を作製

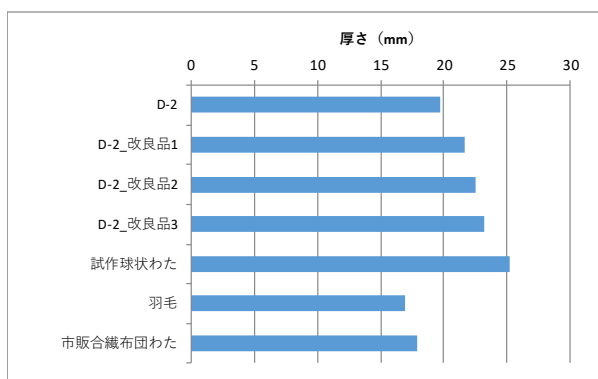


図8 座布団形状での厚さ

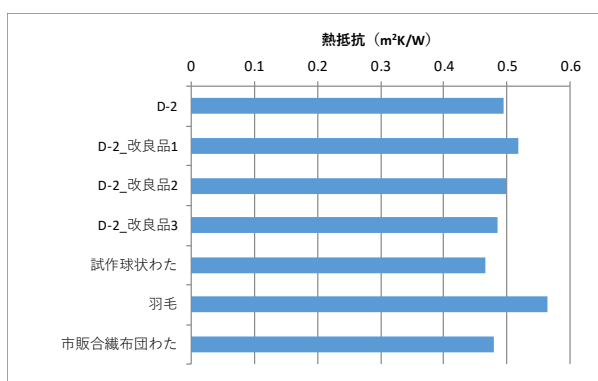


図9 座布団形状での保温性

したところマス内でわたの広がりやすさに差があり、単純に性能の良し悪しの比較はできないと考えられた。球状わたが最も厚くなったが側生地のマスの中に均一に広がりにくく隙間のある状態であり、厚くなったのはその影響もあると思われた。逆に羽毛は最も薄い、マスの中の隙間が少ない状態であった。

3. 2. 2 保温性

座布団形状にした時の保温性測定の結果を図9に示した。熱抵抗が高いほど保温性が高いということであり、羽毛は薄いものの保温性が最も高く、製品形状にした時の優位性があるものと思われた。球状わたについては厚さはあるものの保温性は低く、側生地の中で隙間が多いことがこの一因と考えられた。改良品の中では「1」が従来品D-2よりも保温性が高くなった一方、「2」は同程度、「3」は低下と結果が分かれた。水準によるが、今回実施した改良方法で保温性の向上も見込めることが分かった。「1」は羽毛には及ばなかったものの市販の合織布団わたよりも保温性が高く、少なくとも保温性の観点からは製品化に向けて有望と思われた。

4. まとめ

改良のために試作したわたは3種ともかさ高性や圧縮に対する抵抗性が従来品よりも良くなり、今回実施した

改良方法がこれらの性質の向上に有効であることが分かった。分離性については悪化の方向にあるが、1種類(D-2_改良品1)だけはほどほどの分離性を保った。水準を調整することにより、分離性の悪化もある程度防げるものと考えられた。製品使用を見据えて実施した座布団形状での保温性試験では、改良品の中で向上(D-2_改良品1)と悪化に傾向は分かれ、水準によっては保温性の向上が見込めることが分かった。今回試したのものの中ではD-2_改良品1が総合的に優れていた。結論として、今回実施した改良方法はその水準を調整することにより総合的な性能向上に有効であると考えられた。

【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, pp28-30, 2016
- 2) 中島孝康ら,岐阜県産業技術センター研究報告 No.11, pp19-20, 2017
- 3) 中島孝康ら,岐阜県産業技術センター研究報告 No.12, pp18-21, 2018
- 4) 中島孝康ら,岐阜県産業技術センター研究報告 No.13, pp14-15, 2019