

[報文]

솜의 保温特性分析

張 信 愛, 姜 薰 遠, 金 聲 連*

延世大學校 家政大學 衣生活科

Analysis of the Warmth Retentivity of Waddings

Shin Yae Chang, He Won Kahng and Sung Reon Kim*

Dept. of Clothing and Textiles, College of Home Economics, Yonsei University

Abstract

The warmth retentivity of natural and synthetic waddings as bedding stuff, and further, the mechanism of heat transmission through conduction, radiation and convection were analysed.

The materials used were cotton, silk, and wool as natural waddings, and polyamide, polyester, regular acrylic, conjugate acrylic, regular polypropylene and conjugate polypropylene as synthetic waddings.

The results of this study are as follow:

1. The warmth retentivity is highest in silk. Following silk in descending order is cotton, conjugate acrylic, polyester, regular acrylic, wool, polyamide, conjugate polypropylene and regular polypropylene. There is not any significant relationship between warmth retentivity and the conductivity of the fibers.

2. Transmission by radiation through the fiber waddings is highest in conjugate polypropylene. Following conjugate polypropylene in descending order is regular polypropylene, polyester, polyamide, conjugate acrylic, regular acrylic, wool, cotton, and silk. This is seen to be in nearly reversed order to the abovementioned order of warmth retentivity. In this respect, warmth retentivity with loose fibrous material as in the case of bedding stuff is primarily affected by the interceptive function of the fibers in heat radiation.

3. Warmth retentivity becomes lower with increasing air content of the waddings. This is because heat transmission by radiation increases as air content increases. The air content increase is due to the fact that the air is unable to intercept heat radiation. In addition, heat transmission accelerates in proportion to the increase in convection as the air gap enlarges.

I. 緒 論

近間 化學纖維가 發達됨에 따라 寢具材料에도 在來의 綿솜을 代身하여 여러가지 化學솜이 使用되고 날로 그 需要가 增加되고 있다.

이러한 化學솜의 寢具材料로서의 適性中 가장 重要な 性質의 하나로서 保温성을 들 수 있다.

睡眠時에는 代謝量이 晝間 安定時보다 44%(男)~39%(女)¹⁾程度가 떨어지며, 이것은 基礎代謝量의 70%에

해당한다. 따라서 睡眠時의 體溫維持와 寢具內의 最適溫度인 29°C~34°C²⁾를 維持하기 위해서는 寢具의 保温성이 절실히 要求된다.

솜의 保温성에 관한 研究는 비교적 많이 進行되어 왔으며 그 代表的 研究는 다음과 같다.

名倉³⁾는 乾燥綿 sliver의 porosity가 70~95%範圍에 서는 porosity의 增加에 따라 熱傳導度는 漸次 增大하며 同一한 纖維量인 경우에는 比體積이 큰 것이 保温의 效果가 크다고 하였다. 高橋⁴⁾는 Niven法, 平行平

* 서울大學校 家政大學 衣類學科

College of Home Economics, Seoul National University.

板法, Angström法을 利用하여 綿솜의 充填度가 41~52×10⁻³g/cm³에서 最小의 熱傳導度인 10×10⁻⁵cal/cm·sec·deg가 얻어진다고 하였다.

竹中⁵⁾는 纖維의 porosity의 減少에 따라 熱傳導도가 增加하나, porosity가 대단히 많은 경우 즉 90%以上에서는 空氣의 影響으로 오히려 porosity의 減少와 더불어 熱傳導도는 減少한다고 하였다.

崔相媛은 Mackey 熱傳導度試驗機를 使用하여 纖維의 種類와 porosity에 따른 保溫性を 測定한 結果, 天然솜인 絹 및 綿의 保溫性이 化學솜보다 優秀하며 또한 保溫性은 材料纖維의 porosity의 減少에 따라 좋아진다고 하였다.

岡村과 市鳥⁷⁾는 被服材料의 保溫性を 검토한 結果, 保溫도는 織物을 透過하는 熱量 즉 熱透過의 逆數라고 했으며 南澤과 竹中⁸⁾은 Schieren法을 사용하여 空氣의 擴散現象으로 熱氣流가 纖維集合體內에 들어가는 狀況을 조사한 結果, 電子가 個體의 中央으로 들어가는 狀況과 類似하다고 보고하였다.

이들의 結果를 綜合하여 보면 纖維集合體의 保溫性은 porosity의 增加와 함께 增加하나, porosity가 90%以上이 되면 保溫性은 도리혀 減少하며 같은 纖維量인 경우에는 比體積이 큰 것이 保溫의 效果가 크다. 이와 같이 porosity가 어느 限界值를 넘으면 保溫性이 減少되는 原因에 關하여서는 porosity가 增加하면 空氣의 對流가 增進되는 때문이라고 解析하고 있다.

한편 纖維의 種類에 따른 솜의 保溫性에 關한 연구 보고는 일정하지 않으며, 特別히 化學솜의 種類에 따른 保溫性에 關하여서는 研究者와 實驗方法에 따라 相當한 차이가 있다.

이에 著者等은 現在 使用되고 있는 이불用 솜 및 使用可能性이 있는 솜의 保溫性を 測定하고, 材料纖維의 熱傳達 機構를 傳導, 輻射, 空氣層의 對流로 解析하여 porosity와 材料纖維의 種類에 따른 保溫性의 要因을 剝明하고자 하였다.

II. 實 驗

II-1. 試料

試料는 全體 9種中 綿, 絹, 羊毛의 天然솜 3種과 polyamide, polyester, regular(普通 type) 및 conjugate(二成分 纖維) acrylic, regular 및 conjugate polypropylene의 化學솜 6種을 使用하였다. 그 中 綿, 絹솜은 市販品을 購入하였고 그밖의 솜은 工場에서 提供받았으며, 各 試料의 特性은 다음과 같다.

II-2. 實驗方法

II-2-A. 保溫性

保溫性은 ASTM D 1518-64法⁹⁾에 의하여 東洋精機

Table 1. Characteristics of materials

Materials	Characteristics		
	Filament denier	Density	
Natural waddings	Cotton	2.5	1.54
	Silk	3	1.34
	Wool	3.7	1.32
Synthetic waddings	Polyester	6	1.38
	Polyamide	7	1.14
	Acrylic:		
	regular	5	1.17
	conjugate	5	1.17
	Polypropylene		
regular	6	0.91	
conjugate	6	0.91	

保溫性 試驗機를 使用하여 16mesh aluminum wire로 두께를 조정한 솜으로 恒溫熱原體를 덮고 3時間後 熱原體로부터의 放熱量을 測定하였다. 測定條件은 外氣溫度 25±1°C, 恒溫熱原體의 標準온도를 人體의 溫度 36°C로 고정시켰다.

保溫率은 JIS L 1018¹⁰⁾에 의하여 다음 式에 따라 算出하였다.

$$\text{低溫率}(\%) = (1 - B/A) \times 100$$

例 A : 熱原體를 솜으로 덮지 않았을 때의 時間當 放熱量

B : 熱原體를 솜으로 덮었을 때의 時間當 放熱量

II-2-B 熱透過

熱傳達에서 傳導와 空氣層의 對流의 影響을 排除하

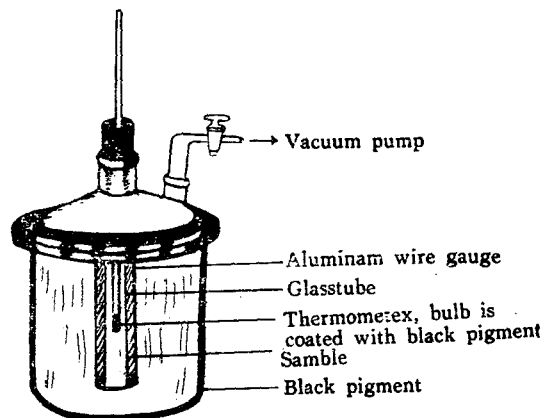


Fig. 1. Appartus for heat transmission measurement

기 위하여 Fig. 1과 같이 黑色塗料로 內面을 칠한 眞空 試驗槽를 使用하였다.

試驗管은 直徑 4cm, 높이 11cm의 aluminum網 圓筒으로 되어 있으며 試料과 溫度計 사이의 熱傳導를 막기 위하여 中央에 玻璃管을 插入시켜 纖維와 溫度計를 분리하고, 試料은 20°C, 65% RH에서 conditioning하여 使用하였다. 또한 空氣의 對流를 排除하기 위하여 排氣(0.5mm Hg) 한 後 60°C의 恒溫槽內에서 20分後의 溫度上昇을 測定하여 다음 式에 따라 熱透過率을 求하였다.

$$\text{熱透過率}(\%) = B/A \times 100$$

A : 試料를 넣기 前의 20分後 溫度上昇

B : 試料를 넣었을 時의 20分後 溫度上昇

또한 熱傳達에 미치는 空氣層의 影響을 조사하기 위하여 試料管內의 玻璃管을 빼고 試料管을 眞空中으로 완전히 充填하여 大氣壓下에서와 眞空下에서 溫度上昇速度로 熱傳達速度를 實驗하였다.

II-2-C 熱傳達

輻射, 傳導, 對流의 複合의 由로 일어나는 熱傳達에서 熱透過의 影響을 確認하기 위하여 直徑 3.5cm, 높이 23cm의 玻璃 試料管을 使用하였다. 中央에 溫度計를 插入하고 20°C에서 conditioning한 試料를 試料管內에 넣고, 60°C의 恒溫槽 內에서 20分後의 溫度上昇을 測定하였다. 이 實驗에서는 輻射를 增進시키기 위하여 試料管의 內面과 溫度計를 黑色塗料를 칠하여 實驗하였고, 이와는 反對로 輻射를 可能한 限 막기 위하여 試料管의 內面과 溫度計를 aluminum foil로 覆혀 比較實驗하였다.

以上の 모든 實驗은 3回 測定하여 그 平均値를 算出하였다.

III. 結果 및 考察

III-1. 保溫性

ASTM法에 따른 試料의 保溫率은 Table 2와 같다.

이에 따르면 保溫性은 纖維의 種類에 따라서는 대체로 絹>綿>conjugate acrylic>polyester>regular acrylic>毛羊>polyamide>conjugate polypropylene>regular polypropylene의 順으로 絹의 保溫性이 가장 좋고 polypropylene regular의 保溫性이 가장 나쁘고 全般的으로 天然섬이 化學섬보다 保溫性이 優秀하였다. 그러나 纖維의 熱傳導率이 가장 적은 羊毛가 오히려 綿, acrylic 및 polyester보다 保溫率이 떨어지고 있다. 이와 같이 同一한 porosity에서 羊毛의 保溫性이 적은 原因은 羊毛의 熱透過性이 큰 데 起因되는 것으로 推定할 수 밖에 없다.

Table 2. Warmth retentivity of waddings (%)

Fibers	Porosity*(%)			
	98.5	97.0	95.5	94.0
Cotton	74.2	75.5	77.4	78.6
Silk	75.3	76.9	78.8	79.5
Wool	70.5	72.7	74.3	76.0
Acrylic :				
conjugate	73.9	75.0	77.7	78.6
regular	70.8	72.7	74.3	76.4
Polyamide	70.3	72.1	73.9	75.6
Polyester	72.5	76.0	77.4	77.9
Polypropylene :				
conjugate	67.8	73.5	75.0	76.4
regular	65.5	70.1	72.5	73.1

* porosity계산법 : $P = (1 - \frac{W}{VXD}) \times 100$

但 $\begin{cases} P : \text{porosity}(\%) \\ W : \text{試料量}(g) \\ V : \text{試料管의 부피}(cm^3) \\ D : \text{試料의 density} \end{cases}$

또한 化學섬의 경우에는 polypropylene의 保溫性이 가장 나쁘고 此外의 acrylic, polyester, polyamide 등은 全般的으로 큰 差가 없었다. 이들 化學纖維의 熱傳導率이 $5 \times 10^{-4} cal/cm/sec^{\circ}C$ 內外로서 큰 差가 없음에 비추어 polypropylene의 保溫性이 나쁜 原因도 熱透過가 큰 데 起因된다고 推定된다.

한편 材料纖維中 porosity에 따른 保溫性은 Table 2에서 보는바와 같이 porosity가 클수록 保溫性이 떨어지고 있다. 이와 같은 事實은 여러 先行研究者의 實驗結果와 一致하고 있으나 porosity의 增加가 熱傳達을 增進시키는 原因에 관하여서는 對流의 影響뿐만 아니라 III-2에서 나타난 바와 같이 熱透過가 크게 作用하고 있음을 알 수 있다.

III-2. 熱透過

앞에서 保溫性에 관한 實驗(III-1)에서 著者等은 熱透過性이 保溫性의 重要한 因子가 될 수 있다고 推定하였다. 이와 같은 事實을 確認하기 위하여 實驗方法(II-2-B)에서와 같이 熱透過 以外의 모든 熱傳達을 遮斷하여 各 試料의 熱透過를 實驗한 結果는 Table 3과 같다.

이에 따르면 纖維의 種類에 따른 熱透過率은 絹<綿<羊毛<regular acrylic<conjugate acrylic<polyamide<polyester<regular polypropylene<conjugate polypropylene의 順으로 polypropylene의 熱透過率이 가장 높고 絹이 가장 낮았다. 全般的으로 保溫性이 優秀한 絹, 綿, 羊毛等 天然섬이 化學섬보다 熱透過率이 낮아 熱

Table 3. Rate of heat transmission by radiati on of wadding under vacuum (%)

Fibers	Porosity(%)		
	98.5	97.0	95.5
Silk	78.85	73.93	68.38
Cotton	80.34	75.43	68.80
Wool	82.05	76.07	73.72
Acrylic :			
regular	84.19	77.14	74.15
conjugate	85.47	78.85	74.36
Polyimide	85.26	80.34	76.50
Polyester	85.26	81.20	75.65
Ploypropylene :			
regular	91.24	83.76	78.85
conjugate	89.10	85.77	78.21

透過率과 保溫性과는 相關關係가 있음을 보여주고 있다. 그러므로 天然섬의 保溫性이 좋은 要因의 하나는 熱透過性이 적은 것이라고 할 수 있다. 따라서 實驗(II-1)에서 羊毛의 熱傳導도가 적어에도 불구하고 羊毛의 保溫性이 綿보다 나쁜 原因도 羊毛의 熱透過性이 綿보다 큰데 起因된다는 것을 確認할 수 있다.

또한 化學섬에 있어서의 熱透過率は acrylic, polyamide, polyester사이에서는 큰 差異는 없었으나 polypropylene섬은 높은 熱透過率을 나타냈다. 이 事實도 熱透過性이 保溫性에 영향을 미치고 있음을 確認할 수 있다.

Acrylic과 polypropylene의 regular type과 conjugate type間的 熱透過性의 差異는 뚜렷한 相關關係를 나타내지 않았으므로 이 두 type의 保溫性에 미치는 影響은 별로 크지 않은 것 같다.

材料纖維의 porosity에 따른 熱透過率은 porosity가 增加할수록 熱透過率은 增加하였다. 本 實驗에서는 眞空狀態로서 空氣의 對流에 의한 影響이 전혀 없으므로 이것은 오로지 纖維의 porosity가 增加함에 따라 熱遮斷效果가 적다는 것을 뜻한다. 그러므로 섬과 같이 porosity가 큰 纖維製品에 있어서는 熱透過가 保溫性에 對대한 影響을 미치고 있다는 것을 의미한다.

實驗(II-1)에서 纖維의 porosity가 減少할수록 保溫性이 向上하는 原因은 熱透過性과 함께 空氣層에 의한 傳導 및 對流의 影響으로 인한 熱傳達임을 가정한 바 있다. 이를 確認하기 위하여 綿섬을 試料로 實驗方法(II-2-B)에서와 같이 大氣壓下에서와 眞空下에서의 熱傳達速度를 實驗하였다. 그 結果는 Fig. 2와 같다.

그림에서 보는바와 같이 試料를 眞空狀態에서 實驗한 경우보다 大氣壓下에서 實驗한 경우의 熱傳達速度

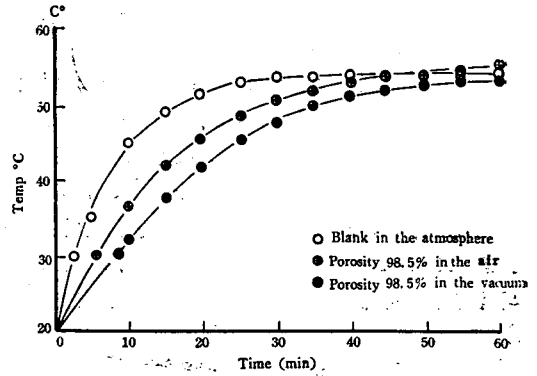
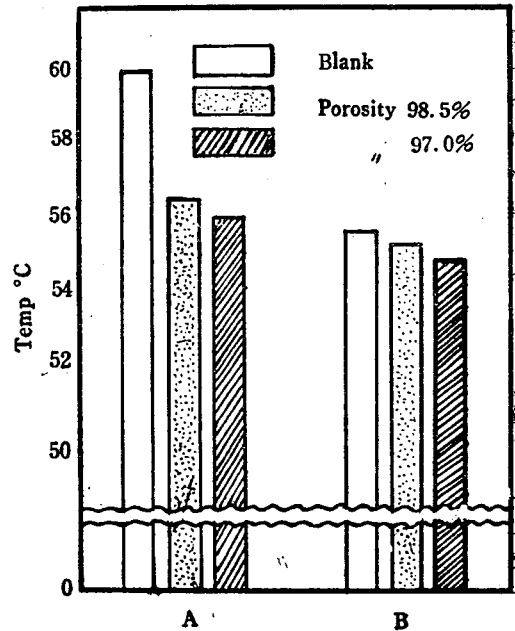


Fig. 2. Rate of heat transmission. (material : cotton)

가 더 빨랐다. 이와 같이 大氣壓下에서의 熱傳達速度가 빠른 사실은 空氣層의 熱傳導와 微細空間中の 空氣의 對流에 의한 熱傳達의 두가지 要因으로 생각할 수 있다.

III-3. 熱傳達

輻射, 傳導, 對流의 複合的으로 일어나는 熱傳達에서 熱透過의 影響을 確認하기 위하여 綿섬을 試料로 使用하여 (II-2-C)의 方法에 따른 實驗結果는 Fig. 3과 같다.



A : Inside of sampletube and bulb of thermometer are coated with black pigment
B : Inside of sampletube and bulb of thermometer are covered with aluminum foil

Fig. 3. Effect of porsity on the rate of heat transmission. (material: cotton)

그림에서 보는바와 같이 輻射를 增進시키기 위한 實驗 A와 輻射를 可能한 限 막기 위한 實驗 B의 熱傳達速度를 比較하여 보면 A에서는 纖維의 充填에 따라 熱傳達速度가 顯著히 低下되고 있으나 B에서는 纖維의 充填에 따라 熱傳達速度가 큰 變化가 없다. 이는 A에서는 纖維의 充填에 따라 熱透過와 空氣의 對流를 저지하고 있는데 反하여 B에서는 空氣의 對流만을 저지하고 있기 때문이다. 이 事實은 熱透過가 熱傳達到 決定的으로 響響을 미치고 있음을 確認할 수 있다.

IV. 結 論

이불솜의 寢具材料로서의 適性中 保溫性에 關하여 檢討한 바 各 材料纖維의 保溫性을 比較 測定하고 全體 熱의 傳達 機構를 傳導, 輻射, 空氣層의 對流로 分析하여 保溫性의 要因을 斜明하였다.

本 實驗에서 얻어진 結果는 다음과 같다.

1. 纖維의 保溫性은 天然솜中에서는 絹>絹>羊毛로 化學솜中에서는 conjugate acrylic>polyester>regular acrylic>polyamide>conjugate polypropylene>regular polypropylene의 順으로 저하되었으며 纖維의 熱傳導도와는 關係가 없었다.

2. 纖維層을 통한 熱透過性 即 熱輻射는 conjugate polypropylene>regular polypropylene>polyester>polyamide>conjugate acrylic>regular acrylic>羊毛>綿>絹의 順으로 保溫性의 順位와는 대체로 反對가 되어 있다.

이는 이불솜과 같이 porosity가 큰 纖維集合體의 保溫性은 一次的으로 熱透過性에 크게 影響을 받는다고 말할 수 있다.

3. 保溫性은 porosity의 增加에 따라 減少하였다. 이는 空氣가 熱輻射를 遮斷하는 能力이 없어 porosity가 增加함에 따라 熱透過가 增加되는 것이 가장 큰 原因이며 또한 空氣層이 커짐에 따라 空氣의 對流에 의해 熱傳達이 促進되는 것도 無視할 수 없다.

引 用 文 獻

1. 渡邊ミチ; 衣服衛生と着裝, 東京, 同文書院, 1969.
2. 壓司光; 衣服의 衛生學(新版), 東京, 光生館, 1969.
3. 名倉光雄; “ふとん綿의 保溫性에 對する檢討”, 日本家政學雜誌, 13, 25 (1962)
4. 高橋はる子; “綿의 熱傳導について”. 日本家政學雜誌, 4, 35 (1953)
5. 竹中はる子; “纖維集合體의 物性に 關する 研究”, 日本家政學雜誌, 26, 14 (1975)
6. 崔相媛; 纖維塊의 寢具材料로서의 適性, 서울大學校 大學院 석사학위 論文 (1975)
7. 岡村幸子, 市島キミ; “保溫度測定裝置의 試作について” 日本家政學雜誌 24, 384 (1973)
8. 南澤明子, 竹中はる子, “纖維集合體를 流れる 熱氣流”, 日本家政學雜誌, 22, 54 (1971)
9. ASTM, D 1518-64.
10. JIS, L 1018 : 5.25 保溫率 A : 恒溫法