

# 방한을 목적으로 하는 군용 섬유제품 충전재의 보온성 시험방법에 대한 표준화 연구

여용헌<sup>1</sup>, 홍성돈<sup>1</sup>, 이민희<sup>1</sup>, 김경필<sup>2</sup>, 정일한\*  
<sup>1</sup>국방기술품질원 전력지원체계연구센터, <sup>2</sup>국방기술품질원 품질경영본부,  
<sup>3</sup>울산과학기술대학교 안전및산업경영공학과

## A Study on the Standard Test Method for Thermal Resistance of Military Textile Thermal Insulator for Winter Season

Yong-heon Yeo<sup>1</sup>, Seong-don Hong<sup>1</sup>, Min-hee Lee<sup>1</sup>, Kyung-pil Kim<sup>2</sup>, Il-han Chung<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Force Support System Research Center, Defense Agency for Technology and Quality

<sup>2</sup>Quality Management Operation Department, Defense Agency for Technology and Quality

<sup>3</sup>Department of Safety & Industrial Engineering, Ulsan College

**요약** 동절기 방한복의 성능 평가는 주로 열 저항으로 이루어지고 있다. 그러나, 이를 측정하기 위한 KS가 개정되면서, 동일한 표본의 시험결과가 개정 결과에 비하여 감소하는 결과를 초래하였다. 또한, 공인 시험기관마다 변경된 시험 절차 대한 해석의 차이가 발생하여 시험 기관 간에 결과 편차도 크게 발생하고 있으며, 이로 인해 군수품의 품질보증에 상당한 애로가 되고 있다. 따라서 본 연구에서는 개정된 시험방법에 따른 보온율 감소 현상의 원인을 분석함으로써, 개정 전과 후의 결과 편차를 최소화하고자 한다. 이를 위해 규격의 개정 전과 개정 후의 시험 조건의 차이와 이로 인해 발생 가능한 결과를 검토한다. 또한, 규격의 임의해석에 따른 시험 기관간 결과 편차 발생의 원인을 분석함으로써 시험 기관간의 결과 편차를 최소화하고자 한다. 이를 바탕으로 개정 전 시험 방법과 편차가 가장 적은 조건을 확인하여 보온율 감소 현상을 예방하기 위한 표준을 제시하고자 한다.

**Abstract** The performance evaluation of cold weather clothing is mainly carried out with thermal resistance. However, the results of the revised test method regarding the same specimen were decreased compare to previous one. In addition, there were deviations of the results among the authorized testing institutes according to the different interpretation of the KS test method. This makes it a considerable difficulty to the quality assurance of combat supplies. The purpose of this study is to minimize the variation of the results before and after the revision by analyzing the cause of the decrease in the heat insulation rate according to the revised test method. For this purpose, the difference between the test conditions before and after the revision of KS is analyzed and the possible results are reviewed. In addition, we want to minimize the result deviation between testing laboratories by analyzing the cause of the result deviation between test laboratories according to arbitrary interpretation of the standard. Based on this, we propose a standardized test method to prevent the decrease of the heat insulation rate by checking the pre-revision test method and the condition with the least deviation.

**Keywords** : Thermal resistance, Standardization, Textile, Thermal insulate, Winter season

\*Corresponding Author : Il-Han Chung(Ulsan College)

Tel: +82-52-279-3091 email: ihchung@uc.ac.kr

Received May 30, 2018

Accepted September 7, 2018

Revised June 5, 2018

Published September 30, 2018

## 1. 서론

군에서는 혹한 상황에서도 정상적인 임무 수행이 가능하도록 방한복이 보급되고 있는데, 방한복의 성능은 보온성(thermal resistance)이나, 열전도율(thermal conductivity), 또는 클로(clo) 등으로 평가되고 있다[1-4].

대표적으로 UDT 방한복이나 특전사 기능성 방한복은 KS K ISO 11092의 열 저항(Rct)으로 평가되고 있으며, 다른 방한복은 KS K 0560의 보온율(%)이 적용되고 있다[5-6]. 이때 보온율 측정 시험방법인 KS K 0560은 KS K 0466의 시험 장비를 사용하도록 제시되어 있는데, 2015년 표준이 개정되면서 장비와 관련된 사항 일부가 변경되었다[7]. 기존에는 없었던 커버의 재질이 천 또는 동등 성능을 가지도록 규제한 것이 대표적인 사례이다.

이에 따라 동일한 제품에서도 시험 기관의 해석에 따라 개정 전·후 시험 결과 값의 차이가 발생하였다. 특히 군에 보급중인 방한복의 보온율은 품질기준이 70% 이상이었으나, 개정된 방법을 임의로 해석하여 적용할 경우 기존에 70%이상 이었던 제품이 약 60%까지 감소되었다. 이로 인해 동일한 제품에서도 개정 전 시험방법으로는 충족 가능했던 품질 기준이 개정 후에는 보온율 감소로 품질 기준을 충족하기 어려워짐에 따라서 현재 계약되어 납품 예정인 제품의 정상적인 조달에 애로가 예상되었다.

그러나 시험방법의 변경에 따라서 새로운 품질 기준을 제시하거나 적용하기 위해서는 결과의 신뢰도 점검은 물론, 규격 개정 심의 등을 포함하여 여러 단계를 거쳐야 하는데, 무엇보다도 이 과정에서 상당한 시간이 소요되기 때문에, 이를 개선하기 위한 대안이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 개정된 시험방법에 따른 보온율 감소 현상과 임의 해석에 의한 시험기관간 결과 편차 발생의 원인을 분석함으로써, 개정 전 및 시험기관과의 결과 편차를 최소화하고자 하였다. 이를 바탕으로 개정 전 시험방법과 편차가 가장 적은 조건을 확인하여 보온율 감소 현상을 예방하기 위한 표준을 제시하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 보온재의 이해

보온성은 체온유지를 위한 피복의 중요한 기능 중 하

나로, KS K 0004(섬유 용어-시험 부문)에 따르면 보온성을 열의 흡여짐을 막는 성질로 정의하고 있다[8].

이를 위해 사용되는 것이 보온재인데, 일반적으로 혹한상황에서 사용되므로 열전도도가 낮거나, 자체적으로 열을 발생시킬 수 있는 재료가 사용된다. 여기서 전자를 이용한 방식은 열의 대류 및 전도에 의한 손실을 방지하기 위해 공기함량을 증가시켜 보온성이 증가되도록 하는 것으로, 이를 위해 단위 부피당 공기함량이 우수한 오리털이나 거위 털과 같은 우모가 주로 사용되고 있다.

그러나 군에서는 비용절감이나, 취급 용이성 등을 고려하여 중공사를 사용하거나, 극세사를 이용하여 표/이면을 기포 처리함으로써 공기 함량의 증가가 가능한 제품을 대체하여 사용하고 있다. 최근에는 방사열의 반사 효과를 증가시키거나, 단열 및 원적외선 효과를 이용하는 연구도 추가적으로 진행되고 있다[9-10].

### 2.2 보온재의 평가방법

#### 2.2.1 항온법

가장 많이 사용되는 시험방법으로 본 연구에서 사용되는 KS K 0560의 기본원리이다. 이 시험방법은 KS K 0446에서 정의한 시험 장비를 사용하여 동일한 온도차 및 시간 하에서, 발산되는 열손실을 구하여 보온율을 계산하는 방법으로 현재 군용을 포함해 일반적으로 사용되는 시험방법 중의 하나이며, 아래의 식 (1)에 의해 계산되고 그 결과는 %로 표시된다.

$$\text{보온율}(\%) = \left(1 - \frac{a_2}{a_1}\right) \times 100 \quad (1)$$

$a_1$  : 발열체에 시험편이 없을 때의 방열량 (cal/cm<sup>2</sup>/s 또는 W/cm<sup>2</sup>)

$a_2$  : 발열체에 시험편을 부착하였을 때의 방열량 (cal/cm<sup>2</sup>/s 또는 W/cm<sup>2</sup>)

이때, 동일한 시험방법에 의해 열 저항(클로, clo)을 산출하는 방법도 같은 원리에 의해서 구해지는데, 클로는 바람의 속도가 0.1m/s이고, 주위의 온도가 21℃인 경우에 58 W/m<sup>2</sup>의 열을 발산하는, 사람이 안락감을 느낄 수 있는 상태를 뜻한다. 즉 1 클로는 0.155 K·m<sup>2</sup>/W에 해당한다. 여기서 클로는 아래의 식 (2) 열전달 계수(heat transfer coefficient)의 역수(열 저항, thermal resistance)에 6.45를 곱하여 구할 수 있다.

$$R_{cl} = (T_s - T_a) \cdot A / H_c \quad (2)$$

$R_{cl}$  : 시험편과 공기층에 의한 총 열 저항(보온성)  
( $m^2 \cdot K/W$ )

$A$  : 시험편의 면적( $m^2$ )

$T_s$  : 시험편의 표면온도( $^{\circ}C$ )

$T_a$  : 공기의 온도( $^{\circ}C$ )

$H_c$  : 입력 전력(W)

이때, 보온재의 순수한  $R_{cl}$ 를 구하기 위해서는 시험편과 공기층(시료가 없는 상태)으로부터 측정된 총 열 저항의 평균값에서 공기층에 대해 측정된 빈 시험편 자체만의 열 저항 값을 제거하여 계산하게 된다.

### 2.2.2 냉각법

일정시간 내에 냉각되는 열원체의 온도차 또는 일정 온도까지 냉각시키는데 소요되는 시간을 측정하여, 이것을 시험편이 없는 경우와 비교해 보온율을 계산한다.

### 2.2.3 스웨팅 가디드-핫플레이트 평가법(KS K ISO 11092)

사람의 피부에서 땀이 증발하는 현상을 모사하여 투습이 일어나는 상황을 재현한 시험법으로 skin-model이라고 한다. 보온성은 이 장비를 이용하되, 땀의 증발을 배제한 상태에서 열 저항( $R_{cl}$ )를 측정하게 된다.

### 2.2.4 발한 써멀마네킨 평가법(KS K ISO 15831, KS A 5556, ASTM F 1720-06)

2.2.3의 시험방법을 인체 스킨 모델로 형상화시킨 마네킨을 이용하는 방법으로, 마네킨 표면온도를  $34^{\circ}C$ 로 유지한 상태에서 외부 환경 온도 및 습도 등에 따라 소비되는 에너지양을 측정하는 방법이다.

이때 보온성은 전기소비량(p)으로 산출하게 되며, 마네킨의 면 온도를  $34^{\circ}C$ 로 유지하는데 소비되는 전력량  $W/m^2$ 을 활용하여 보온력을 계산하게 된다[11-13].

### 2.2.4 흡습발열특성 평가(SPS-FITI TM 0001-1235)

상대습도의 변화에 의해 흡습발열 특성을 갖는 섬유 제품의 온도변화를 측정하는 방법으로 상대습도를 40%에서 90%로 상승시켜 섬유의 온도 차이나 상승 온도를 측정하는 방법이다[14].

### 2.2.5 접촉온감특성 평가(KES-FB)

섬유 자체의 온감 특성을 측정하는 방법으로 열판과 섬유와의 온도차를 일정하게 유지한 후 표면온도가 설정값에 도달하면 이동시켜  $q-\max (W/cm^2)$  값을 측정하는 것으로,  $q-\max$  값이 작을수록 따뜻하게 느껴지는 정도가 큰 것으로 판단한다.

### 2.2.6 축열보온 평가

열원이나 발열체로 부터 태양광이나 인체와 유사한 파장의 방출을 측정하는 것으로 분광방사율이나 적외선을 이용하는 방법이다.

이때 전자는 분광방사율의 값이 온도의 흑체의 방사 강도에 비례하는 것을 이용하며, 그 외에 특정 파장에서 적외선 방사 에너지 양을 측정하는 방법이나, 유사태양광을 광원으로 일정하게 조사하여 열로 변환시킨 후 섬유 표면온도를 측정하는 방법 등이 사용되고 있다.

## 3. 연구 설계

### 3.1 시료

시험개정에 따른 결과의 차이를 확인하기 위해 군에 납품중인 동계용 방한 피복/장구류(기능성 방한복 내피, 방한복 상의 외피 및 침낭)의 3종에 대하여 시험하였다.(Table 1. 참고)[15-17]

시료는 시험과정에서 수분평형에 따른 오차를 최소화 하기 위해 KS K ISO 139의 조건에서 적어도 4시간 이상 유지한 뒤 사용하였다[18].

Table 1. Material composition and weight according to the items

No.	Item	Material composition (%)	Weight(g/m <sup>2</sup> )
1	Functional Winter Clothes	Polyester 100	240 ↑
2	Winter Clothes	Polyester 100	150 ↑
3	Sleeping Bag	Polyester 100	100 ↑

### 3.2 시험방법

3.1에서 선정한 시료에 대해서 KS K 0466과 KS K 0560의 방법으로 보온성을 측정하였다. KS K 0560으로 보온성을 측정시에는 KS K 0466에서 규정한 시험 장비를 활용하였다.

이때 두 표준은 2.2.1에서 설명한 항온법을 이용한 것으로 표준 상태에서 시험편을 발열체 위에 덮어 놓고, 표면온도가 일정한 값을 나타내는 시점으로부터 2시간 후에 방산된 열손실을 구하는 방법이다. 한편, KS K 0466은 시험편과 공기층의 총 열 저항을 최소 30min의 시험 시간에 대하여 측정하기 위해, 1min마다 입력된 전력량, 판의 온도, 공기의 온도를 측정한 뒤 측정된 총 열 저항( $R_{ct}$ )으로부터 빈 시험편의 열 저항값( $R_{dtp}$ )을 보정하여 계산하게 된다.

각각의 결과는 2.2.1에 따라서 KS K 0560은 백분율(%)로, KS K 0466은 클로로 결과가 산출된다. 이때 통계적 검증을 위해 각 시료에 대해 총 3회씩 반복 측정하였다.

## 4. 실험결과 및 고찰

### 4.1 개정 전·후 시험결과 분석

직물은 공기와 섬유로 구성되는데, 공기는 부피를 부여하고 섬유는 무게와 가시성을 부여하게 된다. 이때 직물 내부에 존재하는 공기 함량이 보온성을 결정하는 주된 요인이 되는데, 공기의 절연성으로 열전달이 어려워지기 때문이다. 이러한 이유로 담요는 약 90%의 공기와 10%의 섬유로 되어 있고, 얇은 방풍점퍼도 50% 정도의 공기를 함유하고 있다.

따라서 보온성이 필요한 동절기용 제품은 보온성 향상을 위해 섬유에 텍스처 가공을 통해 벌키성을 부여하거나, 내부에 공기를 함유하도록 중공섬유를 사용함으로써 단위면적당 공기 함유량을 증가시키고 있다. 한편, 이와 연계하여 보온성에 영향을 주는 요인으로는 섬유, 실, 직물, 의복(디자인), 인간 및 환경인자 등의 6가지로 분류하고 있다[19-20].

따라서 의복의 자체적인 특성 이외에도 외부 환경인자에 의해서 최종적으로 보온성이 결정되는 것이다. 이때 KS K 0466이 개정됨에 따라서 Table 2와 같이 보온

Table 2. Comparison of the test methods between before and after revision

Test Equipment and Conditions	Before	After	
Temperature and Humidity Room	No Suggestion	<ul style="list-style-type: none"> <li>The Heating Plate Must Be in An Environmental Chamber at 1~20℃ or Lower</li> <li>The Test Chamber Wall Temperature is in the ±0.5℃ Range of the Laboratory Air Temperature</li> <li>Relative Humidity : 20~80%</li> </ul>	
Hood	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keep the Air Temperature 4.5~21.1℃ Above the Hot Plate (Precision : ±0.5℃)</li> <li>Hood Should Not Reflect Heat, Air and Wall Temperature Should Be the Same</li> <li>Keep the Wind Speed Above the Hot Plate at About 0.1m/s and Relative Humidity at 50±30%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Box-shaped Hood Made of Fabric or Other Kinds of Material with Equivalent Performance</li> <li>Fabric Cover Should Be Breathable to Minimize Heat Rise and Made of Thin Elastic Knitted Fabric to Reduce Wind Speed</li> </ul>	
Test, Guarded and Bottom Plate Temperature	<ul style="list-style-type: none"> <li>Temperature : Keep 33℃~36℃</li> <li>Keep the Maximum Temperature Difference Between Test Plate and Guarded Flat Plate, Test Plate and Bottom Plate</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Standard Hot Plate Temperature : 35℃</li> <li>Keep the Temperature of Each Zone at 35±0.5℃ with ±0.1℃</li> <li>Keep the Temperature Difference Between Test Plate and Guarded Flat Plate at ±0.2℃</li> </ul>	
Inside Hood Condition	Air Temperature	<ul style="list-style-type: none"> <li>Keep Average Temperature at 4.5~21.1℃ with ±0.5℃</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Set 1~20℃ Inside Hood ±0.1℃ with No Change Exceeding 0.1℃</li> <li>Air Temperature of the Plate Should be at 20℃ without Specimen</li> </ul>
	Relative Humidity	<ul style="list-style-type: none"> <li>20~80% with No Change Exceeding ±5%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>20~80% with No Change Exceeding ±4%</li> </ul>
	Wind Speed	<ul style="list-style-type: none"> <li>the Air Movement Speed in the Hood Can Be Measured</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No Measurement</li> </ul>

재를 측정하기 위한 주변 조건(환경)이 변경되었는데, 가장 큰 차이는 커버의 재질이 변경된 것이며 추가적으로 시료가 없는 상태에서의 시험장비의 내부 온도를 20℃로 규정한 것이다. 이에 따라서 측정되는 보온성의 결과에도 영향이 있을 것으로 예측되었다.

더 큰 문제는 위의 Table 2와 같이 시험이 개정됨에 따라서 공인시험기관에서는 각자의 여건에 맞게 커버를 변경하여 사용하는 것이었다. 이를 자세히 확인해 보면, 개정 전에는 Fig. 1의 (a)와 같이 커버 재질을 아크릴로 하여, 상단이 오픈된 형태를 사용하였으나, 개정 후에는 실의 크기가 다른 면사가 사용된 편물을 이용하여 Fig. 1의 (b)와 (c) 같이 형태를 다르게 제작하여 사용하고 있었다.

이에 따라서 동일 시료에 대해서도 시험조건(개정연도)의 차이에 따른 2개 시험기관(A, B)의 적용 방법 차이로 외부 환경이 서로 상이하어 결과의 차이가 발생 할 수 있는 것이다. 이를 확인하기 위해 KS K 0466 및 KS K 0560의 시험방법을 이용하여 서로 다른 3종류의 시료에 대해 보온성을 측정하였다. Table 3은 그 결과를 정리한 것인데, 여기서 시료의 종류는 군에서 사용되는 방한복중 범용적으로 활용되는 방한복 상의 내피와, 기능성 방한복, 침낭으로 편의상 Classification #1, #2, #3으로 각각 표기하였으며, 1st~3rd는 동일 샘플 내에서 서로 다른 위치를 측정한 것을 표기하였다.

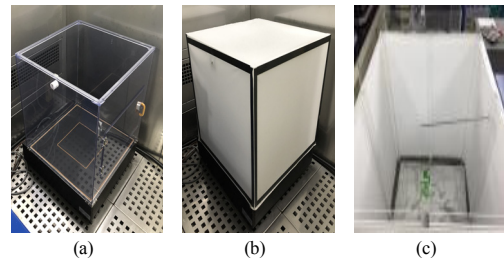


Fig. 1. Types of Hood Applied to Test Method of KS K 0466 for Thermal Resistance  
(a) Before Revision(All Institutes) (b) After Revision(A,C Institutes) (c) After Revision(B Institutes)

Table 3에서 보면 KS K 0560과 KS K 0466이 서로 다른 경향을 나타내었는데, KS K 0560에 있어서는 A와 B 기관이 5.2~8.9% 정도 결과의 차이가 발생하였다. 그 원인은 커버 상단이 닫혀있어 내부온도 상승에 따라 시험편이 없을 때 발열판의 에너지 소모량은 감소되지만, 샘플이 있을 때는 그 차이가 크지 않아 식 (1)에서와 같이 전체 보온성이 감소된 것이다.

한편, KS K 0466은 KS K 0560과 달리 클로값이 0.1~0.4 정도로 차이가 미미하였다. 결국 KS K 0560은 KS K 0466과 동일한 장비를 사용함에도 불구하고, 개정 전 후 시험 결과에서는 차이가 발생한 것이다. 따라서

Table 3. Test results of the thermal resistance (before and after revision of KS K 0466)

Classification Institution	Revised year	KS K 0560 (%)				KS K 0466 (clo)			
		A	B	A	B				
#1	2011	72.4	64.5	74.3	66.1	1.71	1.62	2.26	2.07
	2015	73.1	65.6	74.0	65.9	1.74	1.65	2.21	2.14
	2017	73.2	65.8	73.9	65.7	1.74	1.67	2.20	2.06
	average	72.9	65.3	74.1	65.9	1.73	1.65	2.23	2.09
	difference	7.6	8.2	0.1	0.1				
#2	2011	69.2	60.9	70.1	62.1	1.44	1.36	1.85	1.74
	2015	70.3	61.2	71.3	62.2	1.50	1.43	1.96	1.80
	2017	70.0	60.7	70.9	61.7	1.49	1.36	1.92	1.79
	average	69.8	60.9	70.8	62.0	1.48	1.38	1.91	1.78
	difference	8.9	8.8	0.1	0.1				
#3	2011	84.0	78.6	85.4	79.6	3.38	3.21	4.62	4.13
	2015	83.8	79.0	84.7	79.6	3.29	3.29	4.37	4.20
	2017	83.9	78.5	84.9	78.7	3.30	3.20	4.44	3.95
	average	83.9	78.7	85.0	79.3	3.32	3.23	4.48	4.10
	difference	5.2	5.7	0.1	0.4				

이는 측정 방법의 차이나 장비의 문제라기보다는 두 시험방법간의 보온성을 계산하는 방식의 차이에서 발생하는 것으로 볼 수가 있다. 즉, 2.2.1의 식 (1)과 (2)를 보면, KS K 0560은 보온율의 계산할 때 시료 거치 전/후의 에너지 손실만을 고려하는데, 이때 개정 후의 방법에서는 커버 내부가 막혀 있는 상태로 되어 있어 시료가 없을 때의 에너지 손실이 상대적으로 감소하게 된다.

따라서 분도 값이 자동적으로 감소하게 되므로, 시료가 있을 때의 에너지 손실 차이가 크지 않다면 결과적으로 보온율은 감소하는 결과를 초래하게 되는 것이다. 반면 KS K 0466은 공기의 온도를 동시에 고려하고 있기 때문에, 내부 온도 상승에 따른 에너지(Hc) 손실이 감소하더라도, 시험편과 공기의 온도차( $T_s - T_a$ )도 함께 감소하여 최종  $R_{cl}$  에 미치는 영향이 크지 않은 것이다. 이를 확인하기 위하여 Table 4.와 같이 개정 전·후 시험기기의 내부 온도를 측정해 보았다.

Table 4. Inside temperature of hood before and after revision

2007		2015	
A	B	A	B
21.0℃	20.9℃	24.9℃	25.4℃

Table 4에서 보면 커버의 상단이 닫혀 있어 개정 전에 비해 개정 후 시험기기의 내부온도가 약 4℃ 정도 온도가 상승하였다. 이는 시험 과정에서 발열판이 가열됨에 따라 공기층에 의한 convection 등이 발생되는데, 상단이 막혀 있어 내부 온도 상승으로 이어지는 것이다. 반면, 시료를 거치한 상태에서는 발열판의 에너지 손실이 크지 않았다. 실제로 A기관에서 개정 전 방법으로는 시료가 없을 때에는 21W의 에너지가 약 590초에 소모되었으나, 개정 후 방법에서는 423초로 감소하였다.

반면 시료가 있을 때는 239초와 225초를 각각 소모하여 상대적으로 거의 차이가 없었다. 결국 시료가 없는 상태에서 온도 상승에 따라 에너지 소모량이 감소함으로써 식 (1)에 의해 방열량에서 분도가 작아져 최종 보온율이 감소하게 된 것이다. 이러한 이유로 개정된 시험법에서는 측정기기를 온도 조절이 가능한 인공 기후실내에 거치하여, 시험편이 없을 경우에는 공기온도가 20℃로 유지되도록 규정하고 있다.

그러나 시험기관에서는 개정 후 외부 조건에 대해서는 인지가 되지 않아 기존의 위치에서 커버 재질을 변경한 상태로 시험을 진행함으로써 편차가 더 크게 발생된 것이다. 한편 KS K 0466은 개선 전·후에 있어서 큰 차이가 없었는데, 이는 식 (2)에서와 같이 공기의 온도를 고려하기 때문이다.

#### 4.2 개선 절차를 적용한 시험결과

4.1에서 설명한 바와 같이 시험기기의 변경으로 인해 보온율이 감소하였는데, 동일한 시험에서 결과의 차이가 발생하는 것으로 품질보증 또는 업체의 양산 관점에서 보면, 상당한 애로사항이 발생할 수 있었다. 따라서 품질 기준을 하향 조정하거나, 개정 전 시험법의 적용이 필요하였다. 두 가지 경우 중 전자는 적정 기준을 설정하기 위한 별도의 연구가 선행되어야 하는데, 감소 정도가 충전재마다 차이가 있으며, 측정값의 불확도 요인을 충전재 개개마다 분석한 뒤, 적절한 수준의 품질 기준을 제시하는 것이 현실적으로는 제한되었다.

따라서 임시적으로 개정 이전의 시험법을 적용하였으나, 군수품 조달은 기본적으로 계약시점의 유효한 최신 표준을 적용하도록 되어 있어, 개정 전 방법의 지속적인 적용은 무리가 있었다. 따라서 표준을 준수하면서 시험 결과를 차이를 최소화 할 수 있도록 절차를 개선하는 것이 시급하였다.

이를 위해 보온율이 감소하는 원인을 분석하고, 다음과 같이 개선을 추진하였다. 우선 KS K 0560의 방법에서 문제가 된 시험편이 없을 때 발열체의 에너지 소모량 감소를 최소화하기 위하여, 표준에 정해진 범위 내에서 개정전과 최대한 유사한 조건으로의 개선을 추진하였다. 이를 위해 장비에 관하여 규정된 KS K 0466의 모규격인 ASTM을 검토한 결과 보온성 시험 장비를 일반적인 시험 조건이 아닌, 20℃ 이하에서 온도 조절이 가능한 항온항습 챔버 등에 위치할 뒤 실험을 하도록 되어 있었다.

이에 따라 개정된 KS K 04660에서도 시험기기의 내부 공기 온도를 낮추기 위해 인공기후실이나, 챔버 등을 이용하여 장비를 설치하도록 권고하고 있다. 따라서 1차적으로 내부 온도를 20℃까지 낮출 수 있도록 장비의 위치나 실험실 온도를 조정한 후 동일한 3개 시료에 대해 보온율을 측정해 보았다. 이때, 기기의 온도를 20℃까지 낮추기 위한 인공기후실의 온도는 약 13℃ 이하였다.

Table 5는 B시험기관에서 시험기기를 인공기후실에 설

**Table 5.** Test results of the thermal resistance under different environmental condition at B testing Institute.

KS K 0560 : 2007			KS K 0560 : 2015 (Standard Condition)			KS K 0560 : 2015 (Artificially Climate Chamber)		
#1	#2	#3	#1	#2	#3	#1	#2	#3
74.1	70.8	85.0	65.9	62.0	79.3	70.0	65.8	82.3

치한 후 Table 3의 동일 시료에 대해 보온율을 측정한 결과이다.

Table 5에서 보편 인공기후실에서 설치한 후 시험을 진행한 것이 표준 조건에서 진행 한 것에 비해 보온율이 3~4% 정도 증가된 것을 볼 수 있었다. 따라서 단순히 장비를 인공기후실로 이동하는 것만으로도 편차를 상당히 해소 할 수 있었다. 다만, 이 경우 시험기관에서의 현실적인 문제가 있었다. 바로 내부 온도를 20℃ 수준으로 유지하기 위해서 외부 챔버의 온도는 13℃이하로 낮추어야 하는 것이다. 이 과정에서 온도를 낮추고 다시 평형을 유지하기 위한 시간이 소요된다. 또한 일부 시험기관은 장비를 추가 구매해야 하는 부담도 발생할 수 있다. 따라서 현실성을 고려하여, 결과의 차이를 최소화하기 위한 방법이 필요하였다. 이를 위해 공기의 흐름은 표준에 따라 제어가 가능하면서, 히터로부터 발생하는 열의 발산이 용이하도록 커버를 먼 Ne 30의 tricot 조직 제품으로 변경하였다. 이는 통기성을 향상시키기 위해 망사와 같은 형태로 제작된 것으로 시중에서 많이 판매되는

상용품을 활용한 것이다. 실제로 향온 향습실 또는 표준 시험실의 내부에서 풍속을 발생시키는 요인이 거의 없으며, 표준에서도 천의 종류나 구조에 대해서는 별도로 정의 없이 『천 커버는 열의 상승이 최소화 되도록 통기성이 있어야 하고, 풍속을 감소시키기 위해 탄성이 있는 얇은 편성물을 주로 이용함』로 되어 있어 요구조건을 충분히 만족시킬 수 있었다. 대신 커버의 형상은 별도의 요구사항 없이 상자 모양으로 하도록 되어 있어, 상단은 A, B 기관의 닫힌 형태를 유지하는 것이 타당한 것으로 결론되었다. 이러한 정리를 통해 실험을 진행하게 되면, 외부 온도를 16~17℃ 정도로만 낮추더라도 기기 내부 온도를 20℃ 유지할 수 있었다. 이 경우에는 인공기후실이 없더라도 마찰 대전압 시험실(16℃)과 같은 장소에서 실험의 진행이 가능하므로, 2개 기관에서 모두 요구조건에 맞는 시험의 진행이 가능하였다.

Table 6은 동일한 시료에 대하여 새롭게 표준화 된 방법을 적용하여 실험한 결과를 정리한 것이다. Table 6을 보면 새롭게 적용한 절차에 의해서도 개정 전에 비하

**Table 6.** Test results of the thermal resistance before and after improvement(p : previous, r : revised)

Classification	Institution	Thermal Resistance (%)					
		A		B			
Revision		2011	2015-p	2015-r	2011	2015-p	2015-r
#1	1st	72.4	64.5	69.5	74.3	66.1	71.2
	2nd	73.1	65.6	69.8	74.0	65.9	71.3
	3rd	73.2	65.8	69.8	73.9	65.7	71.6
	average	72.9	65.3	69.7	74.1	65.9	71.4
	difference	-	7.6	3.2	-	8.2	2.7
#2	1st	69.2	60.9	65.8	70.1	62.1	66.8
	2nd	70.3	61.2	65.9	71.3	62.2	66.2
	3rd	70.0	60.7	66.3	70.9	61.7	66.5
	average	69.8	60.9	66.0	70.8	62.0	66.5
	difference	-	8.9	3.8	-	8.8	4.3
#3	1st	84.0	78.6	81.0	85.4	79.6	82.8
	2nd	83.8	79.0	81.3	84.7	79.6	83.1
	3rd	83.9	78.5	81.5	84.9	78.7	83.2
	average	83.9	78.7	81.3	85.0	79.3	83.0
	difference	-	5.2	2.6	-	5.7	2.0

여 보온율은 감소를 하였다. 이는 통기성이 우수한 재질로 대체를 하고 인공기후실의 사용을 통한 내부 온도 증가를 최소화하였음에도 불구하고, 기본적으로 상단의 열려 있는 상태에서의 열손실의 보정은 한계가 있기 때문이다. 그렇지만, A, B 기관은 최초 5.2~8.9%까지 차이가 발생하던 것이 2.0~ 4.3%정도로 크게 감소하는 것으로 확인되었다. 결과의 편차를 3% 내외로 감소시켰으며, 외부 온도를 13℃ 수준으로 낮추지 않고도 동일한 효과를 얻을 수 있게 됨으로써 결과 편차 해소 및 운용성 개선 측면에서 상당한 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

## 5. 결론

군에서는 방한용 피복·장구류의 보온성능을 KS K 0560의 보온율로 대부분 관리하고 있는데, KS K 0466의 개정에 따라서 보온율이 저하된 것으로 표현되는 문제가 발생하게 되었다. 이러한 편차를 감소시키기 위하여 보온율 감소 및 시험기간간 편차 발생 원인을 분석한 결과 동일 소재에서 보온율이 낮아지는 문제는 커버의 재질과 형태 변경에 따라 시료가 없을 때 온도 유지에 필요한 에너지양 감소에 따른 것으로 확인되었다. 따라서 이러한 문제를 최소화하기 위해 커버 재질을 표준에 위반되지 않으면서도 통기성이 우수한 tricort로 교체하였다.

이를 통해 기준에 시료가 없는 상태에서 시험기기 온도를 20℃로 유지하기 위해 낮춰야 하는 실험실 온도도 13℃에서 17℃ 정도로만 낮추게 함으로써, 시험 기관의 운영에도 기여할 수 있었다. 또한 보온성능이 요구되는 피복·장구류를 제조하는 업체에 대해서도 조달과 관련된 애로사항 해소에 기여하였다.

한편 시험방법의 보정 이후에도 시험기관간의 편차는 1~2% 정도 발생하고 있는데, 보온재의 경우 현재 국내 유통되는 제품 및 켈팅에 의한 제조 방식과 시료 채취 부위나, 발열체에 접촉하는 위치에 따라서 결과의 차이가 발생 할 수 있음을 고려할 때 상당한 개선으로 볼 수 있다. 그럼 에도 불구하고 결과의 재현성 확보나 품질보증 업무의 신뢰도 개선을 위하여 시험기관간 편차를 최소화하기 위한 개선 연구는 지속 되어야 할 것이다.

## References

- [1] J. M. Lee, "A Model to Convert Thermal Insulation Ratio(%) into clo - Thermal Insulation Ratio Range from 44.9 to 95.5%-", *Text. Sci. Eng.*, Vol.47, No.1, pp.61-70, 2010.
- [2] J. M. Lee, B. S. Kim, S. H. Chun, S. W. Kim, G. S. Cho, "Behavior of Thermal Insulation Ratio and clo due to Changes in Weight and Thickness of High Thermal Insulation Padding", *Textile Science and Engineering*, Vol.53, No.3, pp.205-212, 2016.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.12772/TSE.2016.53.205>
- [3] S. J. Lee, Y. L. Choi, Y. J. Nam, "Development and Evaluation of Air Force Mechanic Parka to Enhance the Functions and Insulation", *Fashion & Textile Research Journal*, Vol.14, No.2, pp.294-303, 2012.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5805/KSCI.2012.14.2.294>
- [4] S. Y. Kwon, E. M. Choi, C. G. Lim, D. W. Shin, K. P. Kim, O. K. Kwon, H. M. Jeong, "A Study on Wearing Satisfaction and Thermal Properties of Jumper for Korean Military Tank Drivers", *Fashion & Textile Research Journal*, Vol.14, No.2, pp.261-268, 2012.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5805/KSCI.2012.14.2.261>
- [5] KS K ISO 11092, "Textiles - Physiological Effects - Measurement of Thermal and Water-Vapour Resistance Under Steady-State Conditions(Sweating Guarded-Hotplated Test)", Korean Agency for Technology and Standards, 2014.
- [6] KS K 0560, "Measuring Method for Warmth Keeping Property of Cloth", Korean Agency for Technology and Standards, 2011.
- [7] KS K 0466, "Test Method for Thermal Resistance of Batting Systems Using a Hot Plate", Korean Agency for Technology and Standards, 2015.
- [8] KS K 0004, "Glossary of Terms Used in Textile Industry - Testing", Korean Agency for Technology and Standards, 2017.
- [9] H. H. Yoo, "Improvement of Warmth Retaining Property of Water Vapor Permeable/Waterproof Coated Nylon Fabric", *Journal of the Korean Fiber Society*, Vol.30, No.3, pp.205-258, 1993.
- [10] H. A. Kim, "Far-infrared Emission Characteristics of ZrC Imbedded Heat Storage Knitted Fabrics for Emotional Garment", *Korean Society for Emotion and Sensibility*, Vol.18, No.1, pp.49-58, 2015.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.14695/KJSOS.2015.18.1.49>
- [11] KS K ISO 15831, "Clothing - Physiological Effects - Measurement of Thermal Insulation by Means of a Thermal Manikin", Korean Agency for Technology and Standards, 2015.
- [12] KS A 5556, "Ergonomics of the Thermal Environment - Estimation of the Thermal Insulation and Evaporative Resistance of a Clothing Ensemble", Korean Agency for Technology and Standards, 2011.
- [13] ASTM F 1720-06, "Standard Test Method for Measuring Thermal Insulation of Sleeping Bags Using a Heated Manikin", American Society for Testing and Materials, 2006. H. S. Kim, "Down and Products of the World. Korea Moonhwa, 2014.



- [14] SPS-FITI TM 0001-1235. "Electro-spum Type Nanofiber Web", FITI Testing & Research Institute, 2005.
- [15] Functional Winter Clothes, Korean Military Specification, Defense Acquisition Program Administration, 2013.
- [16] Winter Clothes, Purchase Requirement, Army Logistics Command, 2017.
- [17] Multi Sleeping Bag, Purchase Requirement, Army Logistics Command, 2016.
- [18] KS K ISO 139. "Textiles - Standard Atmospheres for Conditioning and Testing", Korean Agency for Technology and Standards, 2012.
- [19] W. K. Son, "The Effects of Clothing Materials and Multi-layered Textiles on Thermal Resistance Value", *Family and Environment Research*, Vol.37, No.11, pp.157-165, 1999.
- [20] B. I. Jun, "Factors Affecting the Warmth of textile Materials and Test Methods", *Text. Sci. Eng.*, Vol.32, No.3, pp.212-221, 1995.

**여 용 현(Yongheon Yeo) [정회원]**



- 2013년 2월 : 부산대학교 유기소재 시스템공학과(학사)
- 2013년 12월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>  
 품질경영, 섬유공학, 고분자, 신뢰성, 복합재료

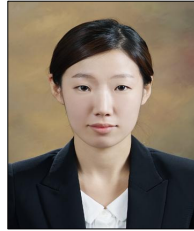
**홍 성 돈(Seongdon Hong) [정회원]**



- 2003년 8월 : 숭실대학교 대학원 (섬유공학석사)
- 2011년 1월 : 섬유기술사
- 2013년 6월 : 섬유기술지도사
- 2013년 8월 : 숭실대학교 대학원 (유기신소재 파이버공학박사)
- 2011년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>  
 품질경영, 고분자, 복합재료, 섬유공학, 의복학

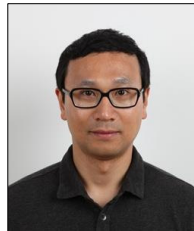
**이 민 희(Minhee Lee) [정회원]**



- 2011년 2월 : 부산대학교 유기소재 시스템공학과(학사)
- 2013년 2월 : 부산대학교 대학원 (유기소재 시스템공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>  
 품질경영, 섬유공학, 의복학, 재료학, 산업표준

**김 경 필(Kyungpil Kim) [정회원]**



- 2004년 : 부산대학교 대학원 (섬유 고분자공학석사)
- 2007년 : 현대레이케이칼(웅진케이칼) 섬유개발실
- 2007년 7월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>  
 품질경영, 고분자, 복합재료, 섬유공학, 의복학

**정 일 한(II-Han Chung) [종신회원]**



- 2009년 9월 : 부산대학교 산업공학과 (공학박사)
- 2004년 6월 ~ 2010년 8월 : 현대로템(주) 기술연구소 주임연구원
- 2010년 9월 ~ 2011년 10월 : 포스코 생산성연구센터 총괄직
- 2011년 10월 ~ 2014년 2월 : 국방기술품질원 품질경영본부 선임연구원
- 2014년 3월 ~ 현재 : 울산과학기술대학교 안전및산업경영공학과 조교수

<관심분야>  
 신뢰성공학, 품질공학, 시뮬레이션, 최적화