

열 마네킹을 이용한 부직포 농약 방호복의 열적 성능 평가

The Evaluation of Thermal Properties of Pesticide Protective Clothing using the Surface Temperature Controlled Thermal Manikin

최 종 명
서원대학교 가정교육과

Choi, Jong Myoung
Dept. of Home Economics Education, Seowon Univ.

Abstract

The purpose of this study was to evaluate thermal properties of pesticide protective clothing made of three different nonwoven fabrics which have barrier properties of pesticide. In order to assay the thermal properties of experimental clothing, thermal resistance measurements for clo value and thermographic assessment were conducted using a surface temperature controlled thermal manikin. The thermal manikin was dressed with underwear and experimental clothing. Air temperature in a climate chamber was kept at 28°C and its humidity was 70% RH. Air velocity was controlled at less than 0.15m/s. Inner radiant temperature was almost equal to the air temperature. The basic thermal insulation value(Icl) of underwear was 0.28 clo. The thermal properties of the experimental clothing were varied according to the type of material used in construction. The basic clothing insulation value for C1(spunbonded nonwoven fabric), C2(spunlaced nonwoven fabric), C3(SMS nonwoven fabric) were 0.705 clo, 0.725 clo, 0.738 clo respectively. The C3 experimental clothing made of SMS resulted in higher surface temperatures than the others with more yellowing spots being evident on the thermogram.

I. 서 론

오늘날 섬유가 목표로 하는 것은 인체를 쾌적하게 유지시키는데 적합한 것으로, 의복을 착용할 인체와 의복 그리고 착용될 환경 간의 상호작용을 규명하는 것으로부터 출발하여야 한다.

농약 방호복은 살충제가 피부를 통해 인체에 흡수되는 것을 차단하기 위하여 착용하는 의복으로 농약에 대한 차단성을 지닐과 동시에 인체에서 발생하는 열과 땀을 의복 밖으로

배출할 수 있어야 한다. 농약의 피부를 통한 인체침투는 전체 농약 침투량의 87%(Dejonge, Ayers, Branson, 1985)를 차지하며, 농약 살포 시 88.3%가 농약에 중독되었던 경험을 가지고 있고 22.8%는 급성중독의 증상을 보인 실태 조사연구(신동천, 1991)가 보고되어 있어, 농약 취급시나 이미 농약이 살포된 비닐하우스나 밭에서 작업시 피부노출을 줄이기 위한 농약 방호복의 착용은 필수적이다.

Orlando 등(1981)은 데님, 먼 샴브레이 등의 직물에 비해 부직포와 Gore-Tex의 살충제 차단성이 우수하다고 하였으며, 최정화 등

(1987)은 투습발수직물로 된 방호복 착용시 기존 방호복보다 열적 부담이 적었다고 하였다. 또한 Branson 등(1986)은 소재와 디자인을 변화시켜 방호복을 제작한 후 인체착의 실험을 실시하여 열적 쾌적감을 평가한 결과, 디자인보다 소재가 방호복의 열적 쾌적감에 더 많은 영향을 미치므로, 농약 방호복은 차단성을 향상시키면서 쾌적감이 좋은 직물과 디자인을 조합하여 개발하는 것이 필요하다고 하였다. 이에 본 연구자는 직물에 비해 가볍고 부드러운 세 종류의 부직포에 불소화합물을 이용한 발수발유가공에 따른 차단성능(조길수 등, 1993)을 평가한 바 있다.

한편, 열 마네킹을 이용한 의복 착용성능에 관한 연구는 고 감성의 쾌적한 의복소재 개발에 필요한 기초자료를 제공하므로 차세대 신합섬 개발에 반드시 필요하다. 열 마네킹은 인체와 같은 외형과 온열특성을 갖는 가열 인간 모형으로 Winslow 등(1949)이 의복의 착용성능을 평가하기 위해서 서 있는 열 마네킹을 개발하여 이용하기 시작하였다. 그 후 Kerslake 등(1965)은 인체와 보다 유사한 좌립형 열 마네킹을 개발하였으며, Madsen(1976)은 앉고, 서고, 움직이기까지 할 수 있는 남자 열 마네킹을 개발하였다. 또한 Mihira 등(1977)은 의복의 열 차단성 측정 뿐만 아니라 열적 환경의 평가를 위해서 열 마네킹을 개발하였으며, Olesen 등(1979)과 Fanger 등(1980,1986)은 실내환경 평가를 위해 열 마네킹을 이용하기도 하였다. 또한 Tanabe 등(1989)은 알루미늄 열 마네킹을 이용한 열적 환경의 평가를 제안하기도 하였다. 이러한 열 마네킹은 의복의 열 차단성에 관한 포괄적인 데이터베이스를 제공하는데 사용되어 왔다. McCullough 등(1985)은 수년에 걸쳐 일련의 열 마네킹 측정에 의해 얻어진 의복의 열 절연성에 관한 연구결과들을 발표하였다. 또한 Wyon 등(1990)은 열 마네킹을 이용하여 환기 위치 변화에 따른 불쾌감의 예측에 관해 연구하였다.

이상과 같이 외국에서는 열 마네킹을 이용하여 의복 및 열적 환경 평가에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있으며, 열 마네킹의 기술 수준 또한 매우 발전하여 인체와 거의 유사한 실제 모형이 개발되어 사용되고 있다. 열 마네킹의 가열방식은 마네킹의 외부표면 가열방식,

마네킹의 내부표면 가열방식 그리고 내부공간 가열방식의 3가지 방법이 있다. 본 연구에 사용된 열 마네킹은 외부 즉 피부 표면 가열방식에 의한 표면 온도 조절 열 마네킹으로 그 조절 원리가 열적 환경과 인체사이의 열 교환에 근거하고 있어 인체와 환경의 상호작용에 따른 의복의 착용성능 평가 연구 뿐만 아니라 인체 움직임에 따른 의복의 동적 착용성능 평가에도 많이 이용되고 있다.

그러나 국내에서의 열 마네킹을 이용한 의복 착용성능 평가에 관한 연구는 그리 활발하게 진행되고 있지 않다. 다만 외국에서 그곳의 열 마네킹을 이용한 연구 결과(홍성애 등, 1993; 송명견, 1996)가 보고되고 있다. 국내의 열 마네킹 기술은 초기 단계로 직립형 열 마네킹이 사용되고 있으며, 실제 인체 모형의 열 마네킹은 아직 개발되어 있지 않다. 또한 다양한 범위의 환경온도와 습도를 조절할 수 있는 인공기후실이 제대로 갖추어져 있지 않은 실정으로 열 마네킹을 이용한 연구도 거의 이루어지고 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 농약에 대한 차단성과 착용성능이 우수한 농약 방호복을 개발하고자 소재상태에서의 기능성을 평가한 결과로부터 차단성이 우수하고 착용감이 쾌적할 것으로 기대되는 제조공법이 다른 세가지 부직포 소재를 선택하여 방호복을 제작하여 신합섬 개발과 감성 가공 기술 개발에서 열적 특성 평가에 필수적인 기초 과정이라 할 수 있는 열 마네킹을 이용하여 소재에 따른 열 차단력을 비교·평가하고자 한다.

II. 실험

1. 실험의복

1) 시 료

본 연구에서는 방호복 소재로 선행연구 결과(조길수 등, 1993) 농약 차단성과 쾌적성에 관련된 기능성이 우수하다고 평가된 제조방법이 다른 시판 부직포 3종을 선택하였다. 시료의 구체적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. Physical properties of experimental clothing.

| Clothing | Fiber component | Fabric construction | Weight (g/m ²) | Thickness (mm) | Finish method |
|----------|------------------------------|---------------------|----------------------------|----------------|-------------------------|
| C1 | polyethylene (100%) | spunbonded | 42.1 | 0.17 | none |
| C2 | woodpulp(55%)/polyester(45%) | spunlaced | 68.1 | 0.34 | water and oil repellent |
| C3 | polypropylene (100%) | SMS* | 76.8 | 0.42 | water and oil repellent |

* : spunbonded/meltblown/spunbonded.

2) 실험의복의 형태

실험의복의 형태는 Fig. 1에 보이는 것처럼 후드가 달린 투피스 스타일이다. 열 마네킹에 속옷으로 상의는 소매가 달린 여름용 내의(면 100%)와 하의는 면 100%의 드로우즈를 착용시켰고, 면 양말을 착용시켰다.

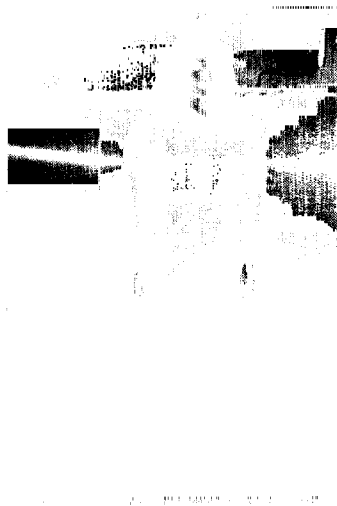


Fig. 1. Thermal manikin and experimental clothing.

2. 실험조건

실험은 온도와 습도가 조절되는 일본 오차노미즈여자대학의 인공 기후 실험실(4.05m x 4.85m x 2.4m(h))에서 실시하였다. 이 실험실에서 공기는 전체적으로 구멍 뚫린 바닥표면으로부터 위로 공급되고 다시 구멍뚫린 벽으로 흡수되며, 평균 복사 온도와 기온을 같게 유지하기 위하여 주변벽 안 쪽에 5 cm두께의

공기층이 있다. 이 때 기후조건은 우리나라 여름철 기후 조건을 고려해서 온도 $28 \pm 0.1^\circ\text{C}$, 상대 습도 $70 \pm 1\%$ 로 설정하였다.

3. 열 마네킹

일본 오차노미즈여자대학에 있는 'Anne'이라는 이름을 가진 국제규격의 표면 온도 조절 열 마네킹(surface temperature controlled thermal manikin)을 사용하였다(Fig.1). 이 마네킹은 4mm 두께의 유리섬유(fiberglass)로 보강된 폴리에스테르 셀로 구성되었다. 이 마네킹은 직경 0.3mm 니켈 전선이 2mm의 간격으로 마네킹 전체에 감겨져 있다. 이 전선을 보호하기 위해 0.1~0.5mm의 도료가 피막을 형성하고 있으며, 열원은 마네킹의 표면 가까이 위치해 있다. 이 마네킹은 Table 2와 같이 16부위로 분할 구성되어 있으며, 마네킹을 가열하고 피부온을 측정하는데 모두 같은 니켈 전선을 사용함으로써 온도 계측과 발열을 동시에 전선을 이용해서 제어하는 점에서 이전의 마네킹과 다르게 분할된 각 부위의 평균온도가 컴퓨터에 의해서 계측되는 것이 이점이라고 할 수 있다.

4. 열 차단력 평가

실험의복의 열 차단력은 열 마네킹의 표면 온도를 일정하게 유지하는데 필요한 소비전력량을 측정하여 다음에 의해서 계산하였다. 이때 실험전 2시간 동안 실험실에 넣어 둔 실험의복을 열 마네킹에 착용시켜 평형상태에 이르게 한 후 1분 간격으로 5분 동안 환경온도, 마네킹의 피부온, 소비 전력량을 측정하였다.

Table 2. Name and surface area of each body part of thermal manikin

| | Name of part | Area(m ²) |
|-------|----------------|-----------------------|
| 1 | Left foot | 0.0446 |
| 2 | Right foot | 0.0437 |
| 3 | Left leg | 0.0892 |
| 4 | Right leg | 0.0879 |
| 5 | Left thigh | 0.1630 |
| 6 | Right thigh | 0.1670 |
| 7 | Crotch | 0.1740 |
| 8 | Head | 0.1100 |
| 9 | Left hand | 0.0397 |
| 10 | Right hand | 0.0394 |
| 11 | Left arm | 0.0490 |
| 12 | Right arm | 0.0500 |
| 13 | Left shoulder | 0.0736 |
| 14 | Right shoulder | 0.0778 |
| 15 | Chest | 0.1380 |
| 16 | Back | 0.1270 |
| Total | | 1.4739 |

정상상태조건에서 열은 마네킹 표면의 열 손실량과 동일하게 열 공급원으로부터 공급되고, 피부와 의복사이의 열 균형으로부터 기초 의복열 차단력(Icl)과 나체상태의 공기층의 열 저항치(Ia)는 다음식 (1),(2),(3),(4)로 부터 구하였다(McCullough, 1985).

$$I_t = (t_{s,cl} - t_o)/0.155 Q_t \quad (1)$$

$$I_a = (t_{s,n} - t_o)/0.155 Q_a \quad (2)$$

$$I_{cl} = I_t - I_a / f_{cl} \quad (3)$$

$$f_{cl} = 1 + 0.3 I_{cl} \quad (4)$$

여기서 I_a : 피부표면의 공기층의 열 저항치;

I_{cl} : 기초 착의 열 차단력(clo);

I_t : 총 착의 열 차단력(clo);

Q_a : 나체상태에서 감지할 수 있는 피부표면으로부터 열 손실(W/m²);

Q_t : 감지할 수 있는 피부표면으로부터의 열 손실(W/m²);

f_{cl} : 착의 면적비(-);

t_o : 작용온도(°C);

t_s : 평균피부온도(°C).

(첨자 cl은 착의 상태, n은 나체 상태를 의미함)

5. 실험 의복내 온도 측정

열 마네킹에 입힌 실험 의복과 속옷사이의 미세기후는 Thermohyrometer를 사용하여 가

습과 등 부위에서 의복내 온도를 측정하여 Multi Channel Digital Recorder (ADVENTEST제 TR 2724)로 데이터를 읽어 컴퓨터로 처리하였다.

6. 실험 의복의 표면 온도 분석

열 마네킹에 착용시킨 실험 의복의 표면 온도 분포를 알아보기 위하여 Thermogram을 촬영하여 분석하였다.

7. 자료분석

실험의복 종류에 따른 열 차단력과 의복내 온도 차이의 유의성은 SPSS/PC+를 이용하여 ANOVA F-test를 실시하였고, 사후검정은 Duncan's multiple range test를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 실험의복의 열 차단력

세가지 종류의 부직포로 만든 실험 의복을 표면 온도 조절 열 마네킹에 입혀서 평형상태에 도달하게 한 후 1분 간격으로 5분 동안의 마네킹의 피부온, 소비전력량, 환경온도 등을 측정하여 열 차단력(Icl)을 계산(ASHRAE, 1994)한 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3. The basic clothing insulation(Icl) of experimental clothing

| clothing | Icl(clo) | F value |
|----------|----------|---------------------|
| C1 | 0.703a* | 52.166 (p<0.001) |
| C2 | 0.725b | |
| C3 | 0.738c | |

* same letters mean no difference.

여기서 열 마네킹이 갖는 열 저항치 즉 나체상태에서 공기층의 열 저항치(Ia)는 0.61 이었고 면 속옷을 착용한 상태에서의 열 차단력(Icl)은 0.28 clo 이었다. 여기에 실험 의복을 착용하여 열 차단력(Icl)을 측정한 결과 C3 실험의복(SMS 부직포)이 0.738 clo로 세가지 실험의복 중에서 열 차단력이 가장 크게 나타났고, 그 다음은 C2 실험의복(스펀레이스 부직

포)으로 0.725 clo이었고 C1 실험의복(스펀본드 부직포)은 0.703 clo로 열 차단력이 가장 적게 나타났다.

일반적으로 의복의 열 차단력은 디자인과 여유분 등의 의복특성과 소재의 종류, 두께, 중량과 기공도 등의 옷감 특성에 의해서 영향을 받는다. 본 연구에서는 실험의복의 디자인과 여유분이 동일한 상태이므로 소재의 특성이 열 차단력에 크게 영향을 미쳤다고 할 수 있다. 따라서 선행연구(조길수 등, 1993)에서 나타난 소재상태의 보온성 측정결과가 그대로 반영되어 두께가 가장 얇은 C1 실험의복의 열 차단력이 가장 적게 나타난 것으로 풀이된다.

2. 열 마네킹 각 부위의 열 차단력

열 마네킹 16 부위별 열 차단력을 실험의복별로 나타낸 것은 Fig. 2와 같으며, 실험의복별 열 마네킹 각 부위별 열 차단력의 차이를 알아보기 위하여 ANOVA F-test를 실시한 결과는 Table 4와 같다.

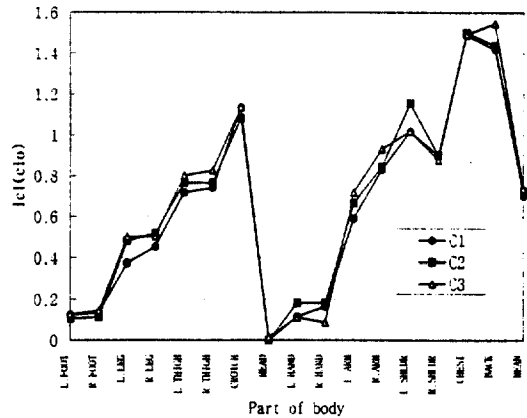


Fig.2. Basic clothing insulation value for each part of the body.

슴과 등부위의 열 차단력이 다른 부위에 비해서 높게 나타났고 그 다음으로는 바지가랑이와 어깨부위, 대퇴, 팔등의 순으로 높게 나타났으며, 노출부위인 팔과 머리는 열 차단력이

Table 4. ANOVA results for clothing insulation value and heat loss for each part of the clothed body

| Name of part | Clothing insulation value | | | | Heat loss(W/m ²) | | | |
|----------------|---------------------------|---------|--------|-----------|------------------------------|---------|--------|-----------|
| | C1 | C2 | C3 | F value | C1 | C2 | C3 | F value |
| Left foot | 0.125b | 0.108a | 0.130b | 4.269* | 56.90a | 56.19a | 58.02b | 12.474*** |
| Right foot | 0.134b | 0.110a | 0.145c | 29.927*** | 53.52a | 53.90a | 53.88a | 1.670 |
| Left leg | 0.374a | 0.484b | 0.501b | 10.915*** | 46.14c | 43.22a | 44.83b | 76.184*** |
| Right leg | 0.451a | 0.518b | 0.502c | 49.541*** | 40.48c | 38.68a | 39.45b | 36.478*** |
| Left thigh | 0.718a | 0.765ab | 0.803b | 6.179** | 36.41b | 35.42ab | 35.16a | 2.854 |
| Right thigh | 0.737a | 0.767a | 0.827b | 18.511*** | 36.50c | 36.19b | 35.44a | 35.596*** |
| Crotch | 1.134a | 1.081a | 1.137a | 1.479 | 29.67c | 28.31b | 27.94a | 73.370*** |
| Head | 0.009a | 0.013ab | 0.016b | 4.454* | 39.25ab | 39.82b | 38.35a | 5.134* |
| Left hand | 0.114a | 0.180b | 0.112a | 14.754*** | 54.09b | 50.79a | 55.46b | 10.929*** |
| Right hand | 0.163b | 0.182b | 0.090a | 13.225*** | 57.57a | 58.88a | 61.02b | 7.850** |
| Left arm | 0.590a | 0.666b | 0.719b | 7.062** | 37.58b | 35.71a | 35.52a | 4.910* |
| Right arm | 0.831a | 0.846a | 0.932b | 6.320** | 31.14b | 30.69b | 29.14a | 13.306*** |
| Left shoulder | 1.018a | 1.154b | 1.019a | 5.615** | 29.06b | 27.66a | 29.92c | 18.925*** |
| Right shoulder | 0.901a | 0.902a | 0.878a | 0.840 | 31.65a | 31.63a | 32.19a | 1.024 |
| Chest | 1.489a | 1.501a | 1.492a | 0.234 | 23.84a | 23.69a | 23.83a | 0.252 |
| Back | 1.418a | 1.439a | 1.547b | 13.870*** | 24.36b | 23.96b | 23.25a | 9.342*** |

여기서 보는 바와 같이 열 마네킹의 부위에 따라 열 차단력은 매우 다르게 나타나고 있음을 알 수 있다. 세가지 실험의복 모두 가

가장 낮은 것으로 나타났다. 실험의복에 따른 마네킹 부위별 열차단력을 살펴보면 바지가랑이, 가슴, 어깨부위등 3부위를 제외한 13부위

에서 유의한 차이를 나타내었다. 즉, C1 실험 의복이 거의 모든 부위에서 열 차단력이 가장 낮음을 알 수 있었다.

한편, 열 마네킹 16부위별 피부온을 나체상태와 실험 의복을 착용한 경우와 비교하여 나타낸 것은 Fig. 3과 같다. 여기서 보면 열 마네킹 부위에 따라 나체상태나 실험복 착용시 모두 피부온은 다르게 나타나고 있음을 알 수 있으며, 나체상태에서는 머리부위의 피부온이 가장 높고 실험의복을 착용한 후에는 가슴과 등부위의 피부온이 가장 높게 나타났다. 이는 내의와 실험의복이 가슴과 등부위에서 겹쳐지기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 노출부위인 손의 피부온은 나체상태나 실험의복 착용시 모두 가장 낮게 나타났다. 한편, 실험 의복 종류에 따라 열 마네킹 각 부위의 피부온은 부위 별로 약간의 차이는 보이지만 평균 피부온은 모두 동일하게 34.6°C 이었다.

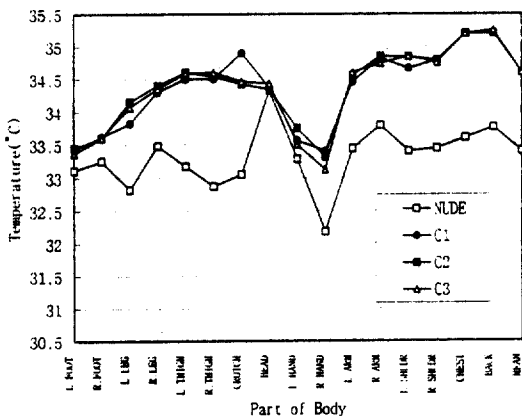


Fig. 3. Skin temperature from each part of the nude and clothed body.

3. 열 마네킹 각 부위의 열 손실량

열 마네킹 16부위별 열 손실량을 나체상태와 실험 의복별로 나타낸 것은 Fig. 4와 같으며, Table 4에 실험의복별 열 손실량의 차이를 알아보기 위하여 ANOVA F-test 결과를 나타내었다.

여기서 보면 열 마네킹의 부위에 따라 나체상태나 실험의복을 착용한 경우 모두 열 손실량은 다르게 나타나고 있음을 알 수 있으며,

특히 나체상태에서는 머리부위의 열 손실량이 가장 낮았고 실험의복을 착용한 후에는 가슴과 등부위의 열 손실량이 가장 낮게 나타났다. 이는 머리카락의 영향으로 나체상태시 마네킹의 다른 부위보다 열 손실량이 적게 나타난 것이며, 실험의복을 착용시에는 마네킹의 피부온과 마찬가지로 내의와 실험의복이 가슴과 등부위에서 겹쳐지기 때문인 것으로 생각된다.

한편, 실험 의복 종류에 따라 열 마네킹 부위별 열 손실량은 거의 모든 부위에서 유의한 차이를 보였다. 즉, C1 실험의복이 다른 실험의복에 비해 많은 부위에서 열 손실량이 많음을 알 수 있었다.

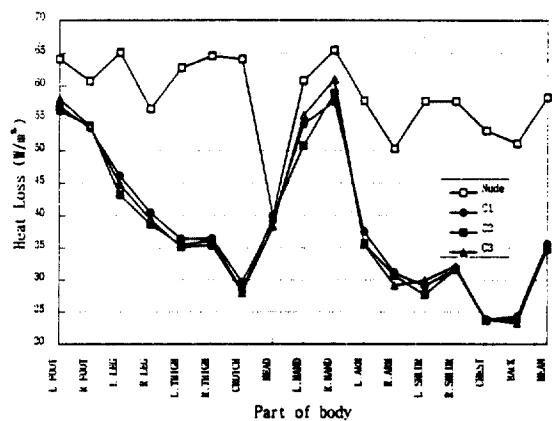


Fig. 4. Heat loss from each part of the nude and clothed body.

4. 실험의복내 온도 변화

열 마네킹에 실험의복을 착용시켜 실험의복과 속옷 사이에서 센서를 이용해서 의복내 온도를 가슴과 등부위에서 5분 동안 측정된 결과는 Fig. 5와 같으며, 실험의복별 의복내 온도의 차이를 알아보기 위하여 ANOVA F-test를 실시한 결과는 Table 5와 같다.

여기서 보면 가슴과 등부위에서 C2 실험의복의 의복내 온도가 미미하지만 다른 실험의복에 비해 높게 나타났다. 이러한 결과는 실험의복의 소재가 다르기 때문으로 부직포 소재에 따라 착의시 공기층을 형성하는 형태가 다르기 때문으로, 마네킹에 실험의복을 착용시 의복의 압축, 의복과 마네킹간의 공기층변화에 기인한 열 이동 현상등도 부가적으로 영향을

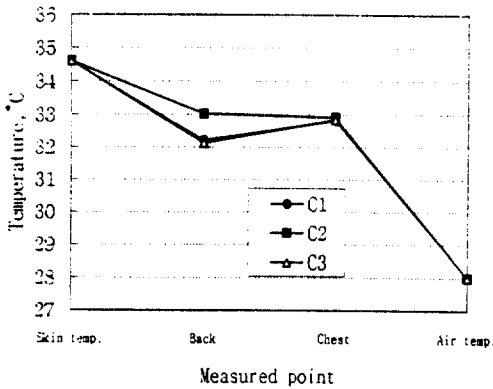


Fig. 5. Microclimate temperature of experimental clothing.

Table 5. The clothing microclimate temperature using thermal manikin.

| clothing | Chest (°C) | Back (°C) |
|----------|---------------|---------------|
| C1 | 32.81ab* | 32.20a* |
| C2 | 32.91b | 33.02b |
| C3 | 32.83a | 32.11a |
| F value | 4.774(p<0.01) | 4.264(p<0.01) |

* same letters mean no difference.

주었을 것으로 생각된다. 따라서 C2 실험의복의 소재인 스펀레이스 부직포는 섬유상으로 된 웹이 고압의 수류제트를 이용한 기계적 결합에 의하여 서로 얽혀 형성되므로 다른 제조공법보다 촉감이 부드러우며 드레이프 성이 우수하기 때문에 열 마네킹과 보다 밀착되어 피부온의 영향을 다른 실험의복에 비해 크게 받은 것이 아닌가 생각한다. 그러나 본 연구에서 측정된 열 차단력은 건열전달에 의한 결과이기 때문에 인체에 착용시에는 건열전달과 함께 발한에 의한 습열전달도 일어나므로 열 마네킹 실험 결과와는 다소 차이가 있을 것으로 예상된다.

5. 실험의복의 표면온도 분석

실험의복의 표면 온도 분포의 차이를 알아보기 위하여 Thermogram을 촬영하여 분석하였다. Fig. 6, 7, 8에서 보면 실험의복 종류에 따라 실험의복의 표면온도는 차이가 있음을

알 수 있다. 여기서 노란색 계열은 온도가 높음을 의미하고 푸른색 계열은 온도가 낮음을 나타낸다.

여기서 보면 C3 실험의복의 표면온도가 다른 두 실험의복에 비해 노란색 계열이 많이 나타나서 실험의복의 표면 온도가 높음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 실험의복의 열 차단력의 차이에 기인하는 것으로 열 차단력이 크게 나타난 C3실험의복의 표면 온도가 높게 나타난 것으로 생각된다.

한편, 동일한 실험의복내에서는 노란색 계열을 나타내는 부분이 다른 부분에 비해서 표면온도가 높다는 것을 보여주고 있다.

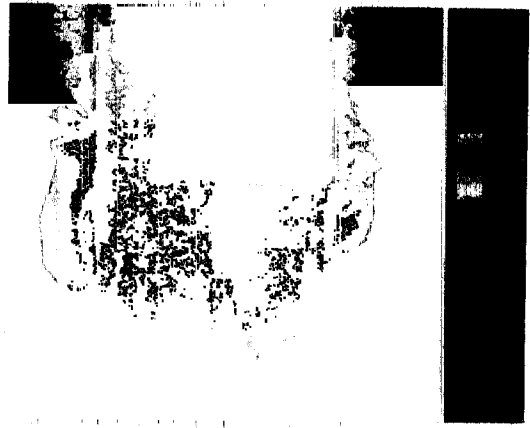


Fig. 6. Thermogram of experimental clothing(C1).

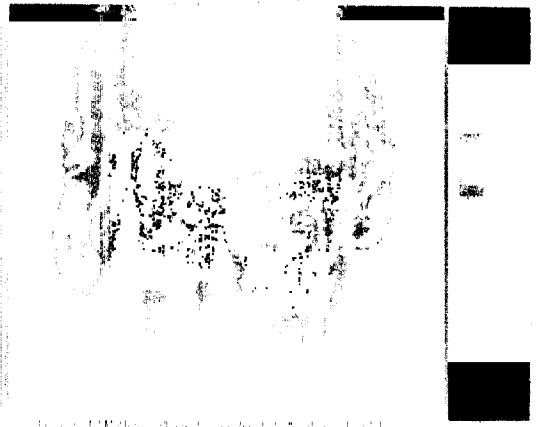


Fig. 7. Thermogram of experimental clothing(C2).

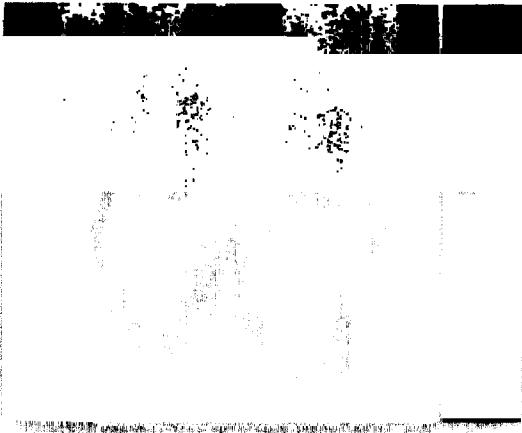


Fig. 8. Thermogram of experimental clothing(C3).

IV. 결 론

본 연구는 열적 특성 평가에 필수적인 기초 과정이라 할 수 있는 표면 온도 조절 열 마네킹을 이용하여 부직포 방호복의 열 차단력을 평가하고 실험의복의 표면온도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구에 사용한 열 마네킹의 열 저항치(Ia)는 0.61 이었고 면 속옷을 착용한 상태에서의 열 차단력(Icl)은 0.28 clo이었다. 실험의복을 착용하여 열 차단력(Icl)을 측정하고 결과 소재에 따른 차이를 나타내어 가장 두꺼운 소재로 된 C3 실험 의복의 열 차단력이 0.738 clo로 크게 나타났고 가장 두께가 얇은 C1 실험 의복의 열 차단력이 0.703 clo로 적게 나타났다.

2. 열 마네킹의 부위에 따라 열 차단력은 다르게 나타나서 가슴, 등, 바지가랑이, 어깨, 대퇴, 팔 등의 순으로 높게 나타났으며, 노출 부위인 팔과 머리의 열 차단력은 가장 낮았다.

3. 실험의복의 의복내 온도는 실험의복의 종류에 따라 차이를 나타내어 가슴과 등부위에서 C2 실험의복의 의복내 온도가 다른 실험의복에 비해 다소 높게 나타났다.

4. 실험의복 종류에 따라 실험의복의 표면 온도는 차이가 있어 열 차단력이 높은 C3 실험의복의 표면온도가 다른 두 실험의복에 비

해 노란색 계열이 많이 나타나서 표면 온도가 높음을 알 수 있었다.

이상의 결과로 미루어 볼 때 표면 온도 조절 열 마네킹을 이용한 의복의 열적 성능 평가는 건열전달에 의한 의복의 열 차단력을 인체와 유사한 인체모형을 통해서 컴퓨터로 측정되므로 열적 성능에 대한 객관적 데이터를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 그러나 의복 시스템을 통한 인체와 환경과의 열 교환은 전도, 대류, 복사에 의한 건열전달과 함께 증발에 의한 습열전달에 의해서 이루어지므로 이러한 점을 고려할 때 새로운 의복소재 개발시 일차적으로는 열 마네킹 실험을 실시하여 소재의 특성에 따른 열적 성능 평가를 실시한 다음에 인체 착용 실험을 연계하여 평가하는 것이 필요하다고 생각한다.

감사의 글 : 본 논문은 한국과학재단 1996년도 해외 Post-Doc. 연수 결과로 한국과학재단에 감사를 표합니다.

참고 문헌

- 송명건(1996), "한복착용시의 부위별 열저항에 관한 연구", 한국의류학회지, 20(4), 565-572.
- 신동천(1991), 농촌주민들의 농약사용행태와 중독실태조사, 농약정보, 12(5), 35-43.
- 조길수·최종명(1993), "발수발유가공처리가 부직포의 차단성에 미치는 영향", 한국의류학회지, 17(4), 577-586.
- 최정화·김현식·정영옥(1987), "농약방제복 개발에 관한 연구", 한국의류학회지, 11(2), 91-100.
- 공석봉(1987), "섬유산업의 현황과 전망", 의류학과 섬유산업, 1987 추계학술세미나, 한국의류학회, 한국섬유산업연합회, 1-28.
- 김의영(1984), 농약살포시 농약방제복의 필요성 및 디자인에 관한 연구, 이화여자대학교 석사학위논문.
- 신동천(1991), 농촌주민들의 농약사용행태와 중독실태조사, 농약정보, 12(5), 35-43.
- 이순원·조길수·이영숙 공역(1991), 일본 섬유기계학회편, 피복과학 총론, 교문사.
- 成秀光·三平和雄·花田嘉代子(1986), 韓服의

- 熱遮斷能의 研究 (2) thermal manikin 實驗, 第 10回 人間-熱環境系記念大會 報告集, 159-161.
- 홍성애 · McCullough, E.A.(1993), "Prediction Dynamic Insulation from Clothing and Textile Characteristics", 1993년도 추계 학술발표회, 한국의류학회, 31.
- Yasui(1988), "최근의 섬유소재 가공방법의 연구. 개발 동향", 의생활의 과학적 접근. 한일 합동 학술 symposium, 한국의류학회, 일본섬유제품소비과학회, pp.38-50.
- ASHRAE Handbook of Fundamentals(1993), Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- Branson, D. H., Dejonge, J. O., and Munson, D.(1986), "Thermal Response Associated with Prototype Pesticide Protective Clothing", *Textile Research Journal*, 56, 27-34, (1986).
- Dejonge, J.O., Ayers, G., and Branson, D.(1985), "Pesticide Deposition Patterns on Garments during Air Blast Field Spraying", *Home Economics Research Journal*, 14, 262-268.
- Fanger, P.O., Bandhidi, L., Olesen, B.W., Langkilde, G.(1980), "Comfort Limits for Asymmetric Thermal Radiation", *ASHRAE Trans.*, Vol. 86, Part 2, 141-156.
- Fanger, P.O., Ipsen. B.M., Langkilde, G., Olesen, B.W., Christensen, N.K., Tanabe, S.(1986), "Comfort Limits for Asymmetric Thermal Radiation", *Energy and Buildings*, 8(3), 225-236.
- Kerslake, D.M and Clifford, J.M.(1965), "A Comparison of the Performance of Five Air-Ventilated Suits as Heated Manikin", N67-10546, Flying Personal Research, Air Force Department, Ministry of Defence, UK.
- Madsen, T.L.(1976), "Thermal Comfort Measurements", *ASHRAE Trans*, Vol. 82, Part 1, 60-75.
- McCullough, E.A., Jones, B.W., and Huck, J.(1985), "A Comprehensive Data Base for Estimating Clothing Insulation", *ASHRAE Trans.*, Vol. 91, 29-47.
- Mihira, K., Toda, H., and Arai, H.(1977), "Study on Thermal Manikin", *Japanese Journal of Human Factor*, 13(2), 47-53.
- Olesen, B.W., Schler, M., Fanger, P.O.(1979), "Discomfort Caused by Vertical Air Temperature Differences", in P.O. Fanger and O. Valbjorn(eds.), *Indoor Climate, Danish Building Research Institute*, Copenhagen, 561-576.
- Orlando, J. Y., Branson, D., Ayers, G., and Leavitt, R.(1981), "The Penetration of Formulated Guthion Spray through Selected Fabrics", *Journal of Environmental Science and Health*, 5, 617-628.
- Tanabe, S., Kimura, K., and Inoue, U.(1989), "Proposal of Evaluation Method with Thermal Manikin", *Annual meeting of Architectural Institute of Japan*, 875-876.
- Winslow, L.E.A. and Herrington L.P.(1949), *Temperature and Human Life*, Princeton Univ. Press, 132- 144.
- Wyon, D.P. and Sandberg, M.(1990), "Thermal Manikin Prediction of Discomfort Due to Displacement Ventilation", *ASHRAE Trans*, Vol. 96, Part 1.