

연구논문

# 옥외에서 원적외선 방사직물 착용시 온열생리반응

송명건 · 안필자\* · 최정화\*\*

동덕여자대학교 의류학과 · \*남해여자고등학교 · \*\*서울대학교 농가정학과

## Thermo physiological responses of Far Infrared Ray Radiation Fabrics at outdoor in summer

Song, Myung-Kyun · \*Ahn, Pil-Ja · \*\*Choi, Joeng-wha

Faculty of Clothing Science, Dong Duck Women's Univ. · \*Nam hae girls' High school,

\*\*Dept. of Agricultural Home Economics, Seoul National Univ.

**Abstract** : This study was performed to define the effects of Far Infrared Ray Radiation Fabrics as summer garments during outdoor work by human trial.

One healthy male subject was volunteered for this study. Experimental garments consisted of three kinds of trousers (Cotton, Cotton/linen blended, Far Infrared Ray Radiation Fabric/wool blended) and basic garments (panty, socks, shirts, and dress shirts). The measurements were rectal temp., skin temp., microclimate inside clothing, heart rate, subjective sensation etc.

The results were as follows :

1. Rectal temperature showed the lowest in Far Infrared Ray Radiation Fabrics among 3 garments.
2. Skin temperature (forehead, chest, abdomen temp.) and mean skin temperature were lower in Far Infrared Ray Radiation Fabrics than in others, especially during early stage of work.
3. Heart rate showed lower value in Far Infrared Ray Radiation Fabrics than in others but there was no significance among the garments.
4. Humidity inside clothing and total weight loss showed the highest value in Far Infrared Ray Radiation Fabrics.

**Key word** : Far Infrared Ray Radiation Fabrics, Rectal temp., skin temp., Mean skin temp.

## I. 서 론

최근 섬유산업은 생활관련산업 뿐만 아니라 뉴 프론티어 분야와 시스템산업 분야, 건강의료 분야 등에 이르기까지 그 발전의 방향이 광범위하게 전개됨에 따라 이른 바 하이테크 섬유시대가 열리고 있다. 또 세계 각국에서는 국제 경쟁력 강화를 위한 신소재 개발에 관심을 집중시켜 왔다.

쾌적성과 건강을 추구한 소재로서 원적외선의 성질을 이용한 원적외선 방사직물이 주목을 받고 있다. 이것은 자외선을 흡수 또는 방산하는 특수 세라믹 화합물을 섬유에 고착시킨 가공직물로서 사용목적과 용도에 맞게 가공되어 다양하게 활용되고 있으며, 그 특성이나 효과에 대하여 여러 학자들에 의해 연구 검토(高田, 1993; 杉島, 1993; 高澤, 1996; 山崎, 1996; 石倉, 1989) 되고 있다. 일본의 선행연구에서(板本, 1993) 이미 원적외선 방

사직물의 우수한 자외선 차단성이 인정되었고, 高田(1993)은 보온축열성과 제습효과가 있다고 지적하여 착의량이 많아 의복내 습도가 높은 겨울철 및 고온다습 환경인 여름철에 쾌적한 의복재료라고 보고한 바 있다.

여름철 사무실 환경에서 원적외선 방사직물의 착용효과를 검토한 선행연구(최정화 외, 투고중)에서 순모 직물, 원적외선 직물, 모혼방 직물 3가지 직물로 만든 바지를 착용하여 실험한 결과, 원적외선 방사직물 바지 착용시에 대퇴온, 의복내온도가 낮게 나타났고 체중 감소량이 적어 의복내 습도가 낮았다. 또한 주관적 감각도 적당하거나 쾌적한 쪽으로 반응을 나타내어 원적외선 한서 효과를 인정할 수 있었고 이를 통하여 실내 환경에서의 적용 가능성을 확인할 수 있었다. 그러나 원적외선의 성질상 직사광선이나 복사열의 영향이 있을

때에는 그 효과가 달라질 수 있을 것이라는 이론적 배경(石倉, 1989; 山崎, 1996)을 바탕으로 상기 실내환경에서 얻어진 실험결과를 옥외환경에서 확인해 봄으로써 신사복이외에도 활동복이나 스포츠 웨어, 농작업복 등에서의 활용방안을 타진해 보는 것에 목적을 두고 본 연구를 실시하였다.

## II. 실험방법

### 1. 실험의복 및 피험자

실험의복은 Table 1에서 제시된 3가지 종류의 피복재료로 각각 제작된 바지이며, 기본의복은 Table 2에 제시된 바와 같다.

피험자는 건강한 성인 남자 1명으로 그 신체적 조건은 Table 3과 같다.

Table 1. Physical properties of experimental trousers

Trousers	Fiber contents (%)				Weight (g)
	Cotton	Linen	Wool	Far Infrared Ray radiation fabric	
Cotton	100				386
Cotton/linen blended	55	45			297
*Fir best/wool blended			80	20	382

\*Fir best : 세라믹 화합물을 섬유에 고차시켜 만든 직물로 본 실험에서 사용된 Far Infrared Ray radiation fabrics의 품명임

Table 2. Physical properties of basic clothes

Garment	Fiber contents (%)	Weight (g)
Panty	Cotton 100	55
Socks	Cotton, Polyester, Polyuretan	50
Shirt	Cotton 100	84
Y-shirt	Cotton 100	131

Table 3. Physical characteristic of subject

Sex	Age	Height (cm)	Weight (kg)	Body surface area (m <sup>2</sup> )
M	24	175	67	1.83

2. 실험조건

실험은 체온의 1일 변동을 고려하여 오전 9시 30분에서 12시까지 오전에만 1회 실시하였다. 기류가 적은 맑은 날을 선택하여 피험자의 허리높이에서 30cm 높이에서 환경온·습도, 기류, 흑구온도를 측정한다. 옥외의 온열환경조건은 Fig. 1과 같고 평균적으로 온도  $31 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $52 \pm 2\% \text{RH}$ , 기류  $0.14 \pm 0.02 \text{m/sec}$ , 흑구온도  $35.8^\circ\text{C}$ 였다.

실험 순서는 Fig. 2과 같다. 식후 2시간이 경과한 뒤 실험의복을 착용하고 인체전평으로 체중을

측정한 뒤 준비실로 들어가 직장은 측정용 센서를 직장내 12cm 깊이에 삽입하고 피부온 및 의복내 온·습도 측정용 센서를 측정 부위에 각각 부착한 후 30분간 안정하였다. 옥외로 나와 10분간 안정한 후 실험을 시작하였고 5분 간격으로 각 항목을 측정하였으며, 동작조건은 가볍게 걷기와 의자에 앉아 휴식하기를 각각 10분씩 반복하였다. 피험자 수가 적은 단점을 보완하기 위해 3가지 실험의복에 대해서 각각 3회씩 반복하여 총 9회로 설계하고 측정결과를 분석하였다.

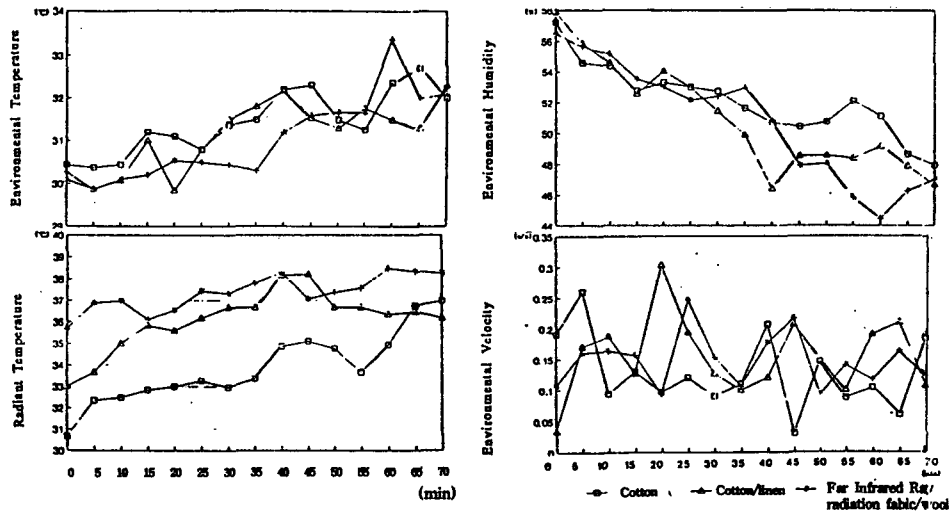


Figure 1. Environment condition



Figure 2. Experimental procedure

4. 측정항목 및 방법

1) 피부온

Digital thermistor (Takara 社製, 일본, 감도 0.

1°C)를 사용하여 이마, 가슴, 배, 아래팔, 넓적다리, 종아리의 인체 6부위의 피부온을 측정한 후 평균 피부온은 6점법으로 다음식(大川, 1976)에 의

해 체표면적의 按分比率로 환산하여 계산하였다.  
 평균피부온(℃) = (이마온×10.3+가슴온×16.2+  
 배온도×15.6+아래팔온×19.0+넙적다  
 리온×19.7+종아리온×19.2)/100

2) 직장은

직장은 측정용 Thermistor sensor를 직장 12cm깊  
 이에 삽입하여 측정하였다.

3) 혈압 및 맥박

전자 혈압계(일본 National 社製)를 이용하여 최고  
 · 최저 혈압 및 1분간의 맥박수를 측정하였다.

4) 의복내 온·습도

의복기후 측정용 온·습도계(일본 Shinyei 社  
 製)를 이용하여 왼쪽 서혜부(허리에서 15cm 아  
 래)의 최내 공기층의 온·습도를 측정하였다.

5) 체중감소량

인체천평(독일 Sartorius 社製, 감도 10g)을 이용  
 하여 실험 전과 후 2회 측정하여 2시간 동안의  
 감소량으로 불감증설 및 발한에 의한 체중 감소  
 량을 측정하였다.

6) 주관적 감각

온열감과 습윤감은 ASHRAE의 정신심리적 7등  
 급을 이용하였고, 쾌적감은 日本空氣調和學會  
 의 5단계 척도를 이용하여 점수화하였다.

7) 통계분석

실험에 의해 얻어진 측정치를 SAS 통계 프로그  
 램을 이용하여 분산분석을 행한후 유의차가 있  
 는 항목에 대해서 최소유의차 검증을 행하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 각 부위별 피부온

원적외선 방사섬유/모혼방 직물로 제작된 실험  
 바지를 착용하였을 경우에 다른 실험바지를 착용  
 했을 경우보다 직장온(Fig. 3, p<0.001), 이마온  
 (Fig. 4, p<0.01), 가슴온(Fig. 5, p<0.05), 배온  
 (Fig. 6, p<0.001)이 유의하게 낮았다. 이러한 결  
 과는 세라믹 코팅 의복 착용시 배온, 등온이 낮게  
 나타났다는 선행연구(勝浦, 1987)의 연구결과와  
 일치하였다. 그러나 실험후반 이마온도, 가슴온

도에서 원적외선 방사섬유/모혼방직물 바지를 착  
 용한 경우가 면/마혼방직물 바지 착용시보다 높게  
 나타나 다른 경향을 보였다. 아래팔은 노출 부위  
 이므로 실험바지에 따른 유의차는 볼 수 없었다.

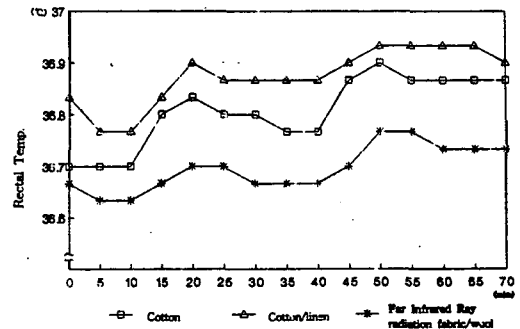


Figure 3. Changes of Rectal temperature

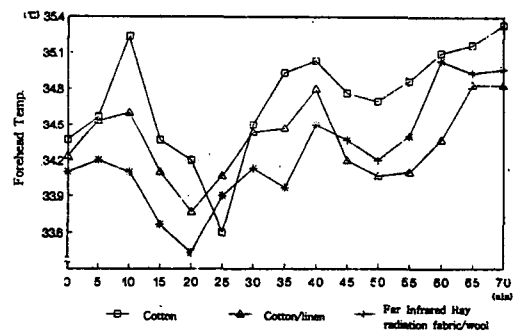


Figure 4. Changes of Forehead temperature

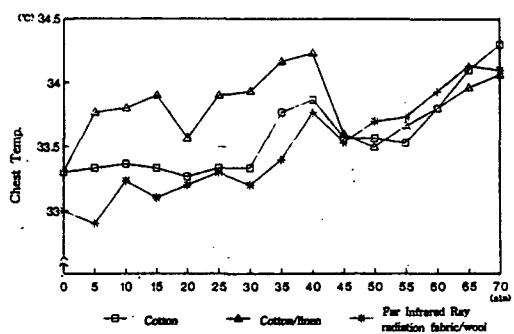


Figure 5. Changes of Chest temperature

육외에서 원적외선 방사직물 착용시 온열생리반응

넙적다리온(Fig. 7)의 경우 3가지 실험의복들 사이에 유의차가 없으며, 3가지 실험의복 착용에 따른 넙적다리온 평균을 보면 원적외선 방사섬유/모 혼방 직물 바지 >면/마혼방 직물바지 >면 바지의 순으로 낮았다. 이러한 결과는 육외 실험환경중

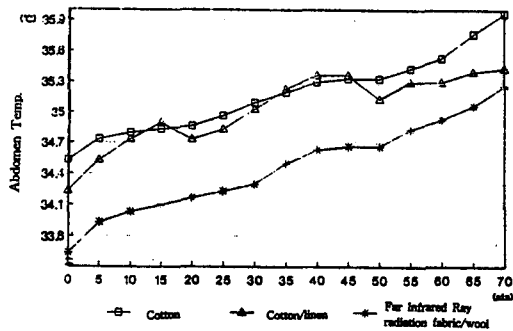


Figure 6. Changes of Abdomen temperature

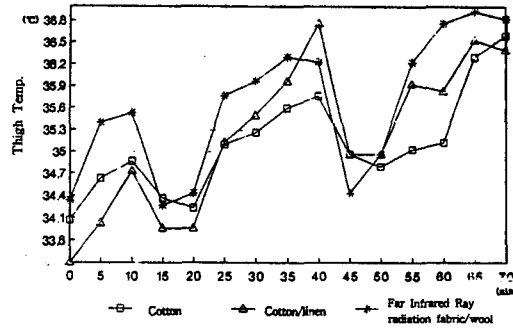


Figure 7. Changes of Thigh temperature

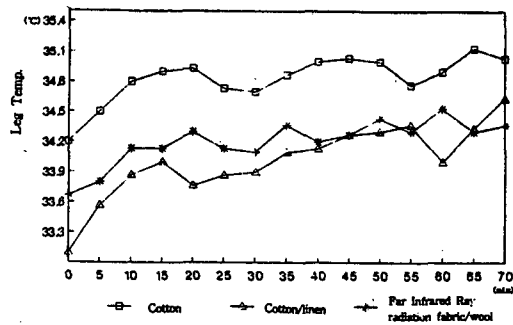


Figure 8. Changes of Leg temperature

안정시에는 복사온의 영향이 대퇴부위에 가장 직접적인 영향을 미치게 되는데 육외에서의 실험에서 원적외선 방사섬유/모혼방 직물 실험의복 착용시 우연히 복사온이 높았기 때문에 사료된다 (Fig. 1).

또 종아리온 (Fig. 8)의 경우 면/마혼방직물 바지가 가장 낮게 나타났고 원적외선 방사섬유/모혼방 직물 바지 리부위는 다른 부위에 비해 환기 등의 영향이 커서 의복재료의 영향이 적어 직장온, 이마온, 가슴온, 배온 등과는 다른 현상을 나타내었다고 생각된다.

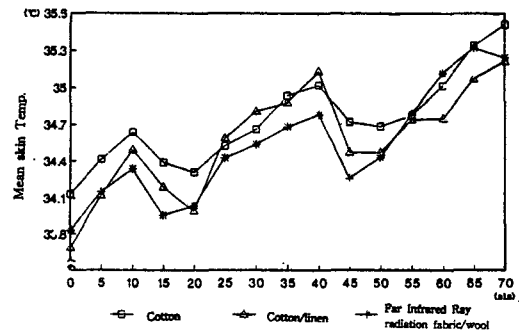


Figure 9. Changes of Mean skin temperature

평균피부온 (Fig. 9)의 경우도 구간부 피부온의 경우와 마찬가지로 원적외선 방사섬유/모혼방 직물 바지의 경우가 유의하게 낮아 원적외선 방사섬유/모혼방 직물 바지 착용시가 다른 실험 바지 착용시보다 구간부의 피부온이 낮게 나타나고 있음을 알 수 있다. 또한 운동 초기에는 원적외선 방사섬유/모혼방 직물 바지 착용시가 다른 실험 바지 착용시보다 피부온이 낮게 나타나고 있으며, 이러한 경향은 넙적다리온과 종아리온을 제외한 직장온, 이마온, 가슴온, 배온에서 더 뚜렷하게 나타났다. 단열 세라믹이나 태양열 차단가공을 한 원적외선 방사직물의 체온방산에 관한 선행연구(坂本外, 1993) 결과와 일치하였다.

2. 혈압·맥박

Table 4에 혈압과 맥박의 변화는 나타내었다. 이에 따르면 실험의복에 따른 통계적 유의차는 나

타나지 않았다. 그러나 맥박은 원적외선 방사섬유/모혼방직물 바지 착용시가 순면과 면/마 혼방으로 만든 실험 바지 착용시보다 비교적 낮게 나타났다.

일반적으로 고온환경하에서 체열방산을 위해 피부혈류량과 맥박이 증가하지만 환경기온이 33~34℃이상으로 상승하면 체열방산작용은 발한

에 의존하게 된다(윤덕노 외, 1993). 원적외선 방사섬유/모혼방의 실험의복 착용시 의복재료의 영향이 적게 미치는 종아리온을 제외한 각 부위별 피부온이 낮았던 결과로 미루어 볼 때 원적외선 방사섬유/모혼방 직물 바지에서 맥박이 비교적 낮게 나타난 것은 발한량이 많다는 것을 시사한다고 생각된다.

Table 4. Blood pressure and Pulse(Heart rate)

Time (min)	Cotton			Cotton/linen blended			Far Infrared Ray radiation fabric/wool		
	S. B. P. <sup>a)</sup>	D. B. P. <sup>b)</sup>	Pulse	S. B. P.	D. B. P.	Pulse	S. B. P.	D. B. P.	Pulse
0	135±3.0	84.7±3.2	87.7±5.9	135±8.5	84±2.1	90±6.4	139±11	85±5.3	83±31
5	132±1.3	86±3.5	86±4.9	138±11	87±5.0	89±6.1	134±3.2	86±2.1	82±60
10	135±2.1	83±2.5	85±3.2	141±9.1	86±6.5	81±3.2	132±3.2	83±5.0	79±45
15									
20	130±1.4	89±12	83±0.6	133±10	88±8.9	84±7.9	140±8.7	89±8.5	81±57
25	124±4.2	81±3.2	83±4.4	143±1.5	88±6.6	82±5.3	138±9.8	87±6.0	81±60
30	128±5.7	83±3.8	86±4.0	134±8.1	82±3.8	80±4.0	138±4.7	86±11	79±61
35	129±4.0	82±3.8	85±3.5	130±4.2	87±4.7	84±6.1	133±6.4	83±5.5	81±50
40	129±6.2	81±1.0	83±2.5	136±5.9	85±2.1	80±4.2	135±7.6	84±5.2	80±36
45									
50	131±1.1	83±1.5	80±2.1	133±11	86±1.5	83±7.8	144±4.5	88±5.5	82±31
55	127±7.0	78±5.5	84±5.7	133±1.2	87±5.3	83±4.5	127±8.7	83±3.2	84±30
60	128±2.6	81±4.9	82±4.7	132±11	83±2.5	82±6.6	129±8.1	85±7.2	82±29
65	131±6.7	87±0.6	85±2.1	126±2.0	87±6.8	81±5.9	130±4.7	84±1.5	79±70
70	128±7.6	84±1.5	85±2.3	125±7.5	85±2.1	82±6.0	134±2.5	85±5.9	80±75

<sup>a)</sup>S. B. P : Systolic blood pressure

<sup>b)</sup>D. B. P : Diastolic blood pressure

### 3. 의복내 온·습도

왼쪽 서혜부 부위의 의복내 온도의 변화를 살펴보면(Fig. 10), 실험의복간의 유의차는 볼 수 없었지만, 평균값에서 원적외선 방사섬유/모혼방직물 바지 착용시에 비교적 높은 온도 분포를 보이고 면직물 바지 착용시에는 낮은 온도 분포를 보이고 있다.

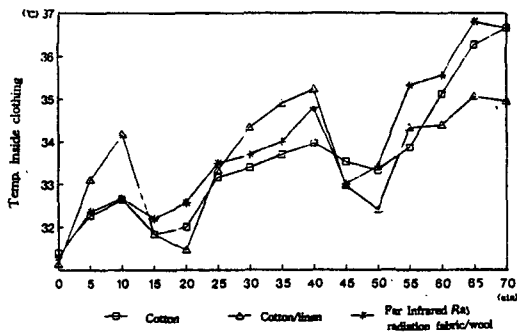


Figure 10. Changes of Temperature inside clothing

의복내 습도의 변화를 보면(Fig. 11) 면/마혼방직물 바지 착용시에 낮게 유지되고( $p < 0.01$ ) 원적외선 방사직물 바지 착용시에 다른 실험 바지 착용시보다 각 부위별 피부온이나 맥박 등이 낮게 나타난 것에 비해 의복내 습도가 높은 것은 발한량이 많기 때문이라고 사료된다. 이것은 일반적인 경향과는 상이한 발한작용 즉 원적외선 방사직물의 열 수분 전달의 특성에 의한 것으로 단순히 의복의 보온력이 높아서 발한량이 증가한 것과는 별개의 것으로

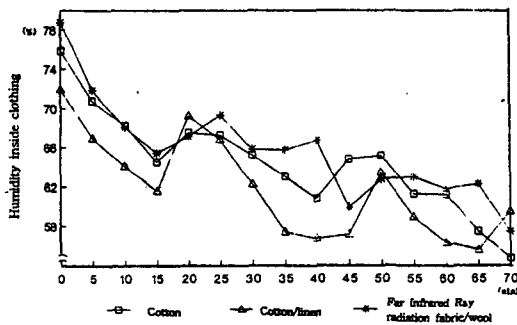


Figure 11. Changes of Humidity inside clothing

보인다. 그러므로 원적외선 방사직물이 발한반응을 조절하는 건강의복으로서의 활용 가능성을 시사하는 것으로 이에 대한 활용방안의 모색이 필요하다고 하겠다.

### 4. 체중감소량

Table 5는 체중감소량을 나타낸 것이다. 3가지 실험의복 사이에 통계적으로 유의하지는 않으나 원적외선 방사섬유/모혼방직물 바지 착용시에 체중감소량이 가장 많았고, 면 바지 착용시 가장 적어지는 경향을 보였다. 이것은 의복내 습도와 일관성 있는 경향이며, 이 현상은 본 실험 결과에서 미루어 보면 체온 및 평균 피부온, 맥박 등이 높지 않은 상태에서의 발한이므로 온열생리학의 관점으로 볼 때 특이한 현상으로 보여진다. 즉 생리적으로는 다른 실험의복 즉 면 바지나 면/마혼방 바지 착용시보다 발한의 필요성이 적은 데도 많은 땀을 흘린 것을 의미한다. 일상생활, 또는 운동이나 작업시 필요이상의 발한은 의복내 습도를 높여 습윤감을 크게 할 뿐만 아니라 피로감 증대, 운동능력 및 작업능력을 저하시키고 더 나아가서 건강장애를 일으키기도 한다. 따라서 발한이 요구되는 관점에서의 활용방안에 대한 보다 깊은 검토가 필요하다고 하겠다.

Table 5. Weight loss

Clothing	Weight loss (g/70min)
Cotton	305
Cotton/linen blended	307
Infrared radiation fabric/wool blended	347

### 6. 주관적 감각

온냉감과 습윤감은 차의 쾌·불쾌를 좌우하는 최대의 요인으로 인체와 환경과의 열평형상태를 주관적 감각으로 평가함으로써 차의 적부, 문제점 등을 검토하는 척도가 되고 있다. 본 실험의 결과 각 실험의복에 따른 유의차는 없었고, 평균적으로 온열감에 있어서는 '따뜻하다', 습윤감에 있어서는 '약간 습하다', 쾌적감에 있어서는 '약간 불쾌하다' 라고 응답하는 경향이였다.

이것은 발한에 의한 의복내 습도의 상승이 그 원인으로서 원적외선 방사직물의 특성으로 볼 수 있겠으나 발한시는 냉온감보다 습윤감과 쾌적감의 관계가 우선하므로 '불쾌하다'쪽의 반응으로 보인다. 본 실험의 결과에서 미루어 볼 때 원적외선 방사섬유/모혼방직물 의복은 장시간 서열환경하에 있거나 운동 또는 작업시에는 발한으로 인해 착의에 의한 의복기후조절이 곤란하여 쾌적이 크게 요구되는 일상 의복재료로는 다소 문제점이 될 수 있다고 사료된다.

#### IV. 결 론

본 연구는 옥외환경 ( $31 \pm 1^\circ\text{C}$ ,  $52 \pm 2\% \text{RH}$ , 기류  $0.14\text{m/sec}$ , 흑구온도  $35.8^\circ\text{C}$ )에서 원적외선 방사직물의 인체 착용 효과를 검토하여 활동복이나 능작업복 등에서의 활용방안을 타진해 보기 위해 행하여졌으며 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 3 종류의 실험의복(원적외선 방사섬유/모혼방직물, 면직물, 면/마혼방직물 바지) 중 원적외선 방사섬유/모혼방직물 바지 착용시 직장온이 현저하게 낮게 나타났다.

2. 원적외선 방사섬유/모혼방직물 바지 착용시 각 부위별 특히 구간부의 피부온과 평균 피부온이 면직물 바지와 면/마혼방직물 바지 착용시보다 낮은 피부온을 나타냈으며 이러한 경향은 운동 초기에 현저하였다.

3. 혈압과 맥박에서는 각 의복에 따른 유의차는 볼 수 없었으나 맥박은 원적외선 방사 직물 바지 착용시에 평균적으로 낮은 경향을 보였다.

4. 의복내 온도는 각 실험의복 사이에 유의차를 볼 수 없었다.

5. 체중 감소량과 의복내 습도의 경우 원적외선

방사섬유/모혼방직물 바지 착용시에 가장 높게 나타났다.

6. 주관적 감각은 각 실험의복 사이에 유의차를 볼 수 없었다.

원적외선 방사섬유/모혼방직물 바지 착용시 체온 및 구간부의 피부온과 평균피부온, 맥박에서 다른 실험 의복 착용시에 비해 낮은 경향을 나타냈으나 체중 감소량 즉 발한량이 많고 의복내 습도가 높은 것은 원적외선 방사직물의 특성으로 볼 수 있으며, 이러한 점에서 앞으로 원적외선 방사직물에 대한 연구가 지속되어야 하겠다.

#### V. 인용문헌

- 윤덕노 외, 1993, 환경의학개론, 신광출판사, pp 47~52
- 高田常勝, 1993, 蓄熱保溫纖維, 日本纖維機械學會誌, 49(11)
- 高澤弘明, 1996, 生體吸收性高分子の衣服材料への應用, 日本纖維機械學會誌, 49(2)
- 杉島潔, 1993, セラミックスと機能性纖維, 日本纖維機械學會誌, 49(11)
- 石倉信作, 1989, 遠赤外線と生體への溫熱効果-サ-モグラフィによる體溫熱解析-, 日本纖維機械學會誌, 42(12)
- 山崎義一, 1996, 快適・健康・衛生面 追求した素材の評価方法, 織消誌, 37(1)
- 板本 光, 比佐志, 1993, 紫外線・熱線遮弊纖維, 日本纖維機械學會誌, 40(11)
- 勝浦哲夫, 1987, 寒冷環境下のセラミックコーティング, 日本纖維製品消費科學會 主催 快適性を考えるシンポジウム(第3回)報告書