

## 유해물질 차단을 위한 방호복의 착용실험에 관한 연구

정명희<sup>†</sup> · 박순자\* · 신정숙\*\* · 小柴朋子\*\*\* · 田村照子\*\*\*

경희대학교 의류디자인전공, \*서울대학교 생활과학연구소  
\*\*상명대학교 의류학과, \*\*\*日本 文化女子大學 服裝學部

## A Study on Wearing Test of Protective Clothing against a Toxic Substance

Myung-Hee Chung<sup>†</sup> · Soon-Ja Park\* · Jung-Sook Shin\*\*

Tomoko Koshiba\*\*\* · Teruko Tamura\*\*\*

Dept. of Textile and Clothing Design, Kyunghee University

\*Home Economics, Bunka Women's University

\*\*Research Inst. of Human Ecology, Seoul National University

\*\*\*Dept. of Clothing & Textiles, Sangmyung University

(2006. 7. 10. 접수)

### Abstract

The purpose of this study was to search for comfortable protective clothing for waste incinerator workers. The experimental protective clothing came in two types: one whose outer side made use of polypropylene film, and the inner side, a non-woven rayon fabric processed with charcoal with a 10% density (CF); and one whose outer side made use of polyolefine and polyamide films, and the inner side, a non-woven polypropylene fabric (NNCF). Experiments were conducted on five healthy adult women whose average age was 21. These experiments were conducted at a climate chamber, in which the temperature and relative humidity were set below  $28 \pm 1^\circ\text{C}$  and  $50 \pm 10\%$ , respectively. Measured were the rectal temperature, the skin temperature, the sweating rate, the weight loss, the heart rate, the blood pressure, the temperature, and the relative humidity of a microclimate and subjective sensation. These were measured within a period of 60 min, consisting of a 20-min stable period, a 20-min exercise period (walking exercise for 2 miles/hr on a treadmill), and a 20-min recovery period. Through this experiment, the differences between the human body's physiological reactions to CF and NNCF clothing, and the human body's comfort levels when wearing these, were determined.

**Key words:** Protective clothing, Rectal temperature, Sweating rate, Relative humidity of microclimate, Comfort sensation; 방호복, 직장온, 발한량, 의복내 습도, 쾌적감

### I. 서 론

환경에 적합한 작업복의 개선과 선택은 작업능률을 향상시킬 뿐만 아니라 작업자의 건강을 위한 필수

<sup>†</sup>Corresponding author

E-mail: mhchung719@hanmail.net

본 논문은 학술진흥재단 연구비지원에 의해 수행되었음 (KRF-2003-042-C20123).

적인 조건으로써, 생활의 선진화를 추구하고 있는 현실점에서 특수한 환경에 적합한 작업복의 개선과 개발은 매우 중요한 사안이다. 그러나 본 연구자들이 조사한 소각장 작업복의 현황분석 결과(박순자 외, 2004a), 현실적으로는 작업복에 대한 정보부족, 경제적 여건, 무관심 등으로 작업환경에 적절하지 못한 작업복을 착용하고 있는 경우가 많았다. 작업자들의

약 40%가 근무환경이 유해하지만, 현재의 작업복은 유해물질로부터의 인체보호 효과는 없다고 응답하였다. 또한, 현재 우리나라 소각장에서 착용되고 있는 부직포로 만든 일회용 작업복은 값이 저렴한 반면, 소재가 유해물질 차단 효과가 거의 없는 것으로 조사되었으며, 단지 착용함으로써 오염을 방지하거나 심리적인 안정감을 주고 있을 뿐임을 알 수 있었다(박순자 외, 2004a).

이에 본 연구자들은 특수한 환경에서 착용하는 작업복에 중점을 두고 방호복의 성능개선, 특히 다이옥신과 중금속 등의 유해물질 차단을 위한 소재를 개발하여 화학물질 위험환경으로부터 인체를 보호하는 방호복 개선을 목적으로 연구를 진행하여 왔다. 방호복의 새로운 소재 개발에는 숯을 사용하였다. 숯은 고탄소, 수분, 미네랄, 휘발분으로 구성되어 있으며, 미세한 수많은 구멍을 통해 나쁜 냄새와 그 원인이 되는 유해물질을 흡착한다. 또한 습기가 많은 곳에서는 수분을 흡착하고 건조한 곳에서는 수분을 방출해 습도를 적절하게 조절해 줄 뿐만 아니라, 부패를 막는 탄소의 강력한 환원작용과 에너지 상승작용을 지니고 있어 정화, 여과작용, 해독, 탈취작용 및 음이온과 원적외선을 발산하여 뇌파의 안정 및 혈액순환을 돕는다(이경순, 1998). 숯이 지닌 이러한 특성을 살려 본 연구에서도 일회용 작업복 소재에 숯 날염가공을 하여 물리, 화학적 특성을 평가 검토하였다(신정숙 외, 2004a; 신정숙 외, 2004b). 그 결과, 숯 날염가공을 하지 않은 미가공 소재와 비교하여 공기투과도는 낮고, 음이온 발생효과는 없었으나, 흡습성, 함수율, 탈취성, 항균성과 원적외선 효과는 크게 나타났다. 또한 패치테스트에 의한 중금속 분석에서도 미가공 소재보다 숯 날염가공 소재가 중금속 차단성이 높다는 결과를 확인하였으며(박순자 외, 2004c), 특히 소각장에서 가장 심각한 문제로 대두되고 있는 다이옥신 흡착에 있어서도 효과가 있음을 확인하였다(박순자 외, 2004b).

이러한 일련의 연구 진행을 거친 후 숯 날염가공 소재의 특성을 살려 방호복으로 제작하여 인체착용 실험을 통한 인체생리반응 및 쾌적성을 평가하여 숯 날염가공 소재의 활용성을 제시하였다(정명희 외, 2004; 小柴 외, 2004). 즉, 숯 날염가공으로 인해 소재의 물리적 특성 중에서 미가공 소재보다 보온성이나 공기투과도는 낮게 나타났으나, 그것은 인체생리반응과 쾌적성에 영향을 미칠 정도는 아니었으므로 숯이 지닌 장점을 살려 방호복 소재로 개발한다면 유해

물질과 악취 등으로부터 보호받을 수 있으며, 쾌적한 조건의 방호복으로서의 역할이 가능하다는 것을 시사하였다.

일상복과는 달리 방호복 착용의 최고 목적은 의복이 하나의 도구적인 역할을 하여 유해한 작업환경으로부터 인체를 보호함과 동시에 인체생리반응을 원활하게 유지시켜 작업능률의 저하를 막아야 하는 것이다. 그러나 대부분의 방호복은 유해물질 차단이라는 점에 집중하여 흡습성과 통기성이 거의 없는 소재를 사용하고 있다. 이에 본 실험에서는 선행연구에 이어 숯 날염가공 소재 방호복의 특성을 살려 보다 기능적이고 건강한 방호복 개발에 필요한 실용적인 데이터를 구축하기 위하여, 현재 선진국에서 착용하고 있는 완전 불통기성 방호복 소재와 본 연구자들이 개발한 숯 날염가공 소재로 제작한 방호복과의 인체생리반응 및 쾌적성을 비교 검토하였다.

## II. 연구방법

### 1. 환경조건

환경조건은 예비실험을 온도  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , 상대습도  $60 \pm 10\%$ , 실험실을 온도  $28 \pm 1^\circ\text{C}$ , 상대습도  $50 \pm 10\%$ , 기류  $0.3\text{m/sec}$  이하로 설정하였다. 실험은 일본 문화여자대학의 인공기후실에서 실시하였다.

### 2. 피험자

피험자는 평균연령 23세, 체중, 신장 및 체표면적의 평균치가  $49.78\text{kg}$ ,  $1.58\text{m}$ ,  $1.55\text{m}^2$ , body mass index가 20.02인 보통체형의 건강한 성인 여자 5명을 대상으로 하였다. 완전 불통기성 방호복의 경우는 실험결과 분석과정에서의 오류로 인하여 A.K., A.M.과 M.D. 3명의 실험 결과만을 분석하였다. 월경주기는 월경기 1명, 황체기 2명, 난포기 2명으로, 각 피험자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다. 실험 중 피험자의 일주리듬(circadian rhythm)의 영향을 최소화하기 위하여 동일 피험자에 한하여 동일한 시간대에 맞추어 실험을 실시하였다.

### 3. 실험복

실험복은 동일 사이즈와 동일 형태의 방호복 2종

**Table 1. Physical characteristics of subjects**

Subjects	Age(yr)	Weight(kg)	Height(m)	B.S.A.*(m <sup>2</sup> )	B.M.I.**(kg/m <sup>2</sup> )	Menstrual cycle
A.K.	24	45.45	1.57	1.59	18.44	L.p
A.M.	24	50.35	1.50	1.50	22.38	F.p
I.H.	22	51.77	1.64	1.53	19.25	M
K.M.	22	53.09	1.62	1.46	20.23	L.p
M.D.	22	48.23	1.56	1.66	19.82	F.p
Mean	23	49.778	1.578	1.548	20.024	
S.D.	1.095	3.016	0.05	0.079	1.478	

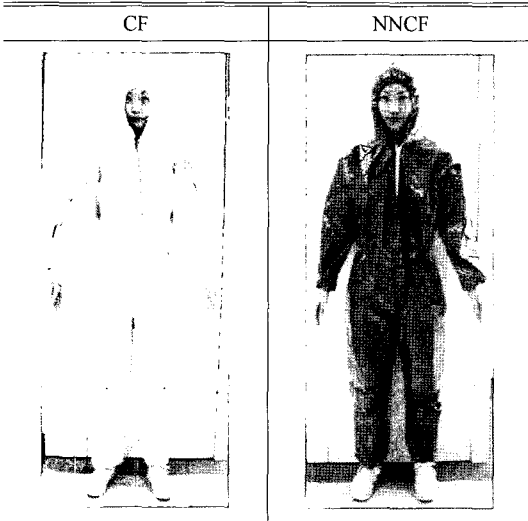
\*Body surface area=weight<sup>0.425</sup>×height<sup>0.725</sup>×72.46

\*\*Body mass index=weight/height<sup>2</sup>

Menstrual cycle=M: Menstruation, L.P: Luteal phase, F.p: Follicular phase

**Table 2. Characteristics of fabric**

Characteristics	CF	NNCF
Thickness(mm)	0.372	0.553
Weight(g/m <sup>2</sup> )	133.11	152.20
Moisture absorption(%)	9.726	0.033
Air permeability(cm <sup>3</sup> /cm <sup>2</sup> /sec)	3.173	0
Thermal property (%)	36.2	33.9



**Fig. 1. Experimental Clothing**

류로, 하나는 겉쪽은 폴리프로필렌 미다공 필름, 안쪽은 레이온 부직포에 습도 10%로 날염가공한 부직포로 제작한 방호복(이후 CF로 표기)이다. 다른 하나는 겉쪽은 폴리올레핀과 폴리아미드 필름, 안쪽은 폴리프로필렌 부직포로 구성된 소재로 제작한 방호복으로 완전 불통기성 소재의 방호복(이후 NNCF로 표

기)이다. CF소재는 일본 (주)메디텍 자판(MEDITEC JAPAN社)에서 일회용 작업복 소재로 개발한 신소재이며, NNCF소재는 현재 일본에서 자위대와 특수 작업장에서 착용하고 있는 방호복의 소재로써 동일 회사의 제품이다. 소재의 간단한 물리적 특성을 <Table 2>에 정리하였다.

실험복의 사이즈는 일본 JIS규격의 작업복 사이즈 기준치와 실제 시판되고 있는 방호복의 사이즈를 참고로 하여 수정 보완하였다. 본 실험의 방호복은 어깨너비(18inch)와 등길이(20inch), 엉덩이둘레(40inch)를 기준으로 제작하여 허리부위에 고무를 넣어 조이는 콤비네이션형태로 구성되었다(Fig. 1).

**4. 측정항목**

측정항목은 심박수, 직장은, 피부온, 발한량, 체중감소량, 의복내 온도와 습도 및 주관적 감각 평가이다.

심박수는 심박변동 측정 시스템(POLYGRAPH SYSTEM RM-6000, 일본 NIHON KOHDEN사)을 사용하여 송신기를 통해 전달되어 화면에 나타나는 심박수를 2분 간격으로 기록하였다. 직장은과 피부온은 직장과 피부온 센서를 데이터 콜렉터(Data Collector AM-7052, 일본 ANRITSU사)에 접속하여 10초 간격으로 측정하였다. 피부온은 Hardy & Dubois의 7점식 측정법에 의해 이마, 가슴, 전완, 손등, 대퇴, 하퇴, 발등을 측정하였으며, 평균 피부온의 계산은 각 부위 면적의 안분비율에 의해 아래의 계산식을 사용하여 산출하였다.

$$T_{msk}=0.07T_{forehead}+0.35T_{chest}+0.14T_{forearm}+0.05T_{hand}+0.19T_{thigh}+0.13T_{leg}+0.07T_{foot}$$

발한량은 환기 캡슐법을 응용하여 개발된 발한 측

Table 3. Scale of subjective rating

Thermal sensation	Humidity sensation	Comfort sensation
3 Hot	3 Very damp	
2 Warm	2 Damp	
1 Slightly warm	1 Slightly damp	
0 Neutral	0 Neutral	0 Comfortable
-1 Slightly cool	-1 Slightly dry	-1 Slightly uncomfortable
-2 Cool	-2 Dry	-2 Uncomfortable
-3 Cold	-3 Very dry	-3 Very uncomfortable

정기(SKINOS, 일본 SKINOS사)의 캡슐(0.785cm<sup>2</sup>)을 가슴과 등 부위에 부착하여 1초 간격으로 측정하였다. 체중감소량은 정도가 0.001g인 전자식 체중계(F150S-XD, 일본 SARTORIUS사)를 사용하여 운동전후 측정 한 체중의 증량차에 의해 산출하였다. 의복내 온도와 습도는 의복내 온·습도 센서를 데이터 스토커(Data Stocker, TR H-DM3, 일본 SHINYEI사)에 접속하고, 센서 부분을 가슴과 등 부위에 접촉시켜 10초 간격으로 측정하였다. 주관적 감각평가는 일본공조학회 온냉감 소위원회의 척도를 참조로 수정 보완하여, 온열감과 습윤감은 -3에서 +3까지 7단계, 쾌적감은 0에서 -3까지 4단계로 평가하였다(Table 3). 각각의 주관적 감각은 5분 간격으로 측정하였다.

5. 실험순서

피험자는 우선 예비실에 입실하여 30분 이상의 안정을 취한 후, 실험실에 입실하여 실험복을 착용한 후 앉은 자세로 안정기 40분, 운동기 20분, 운동 후 다시 앉은 자세로 회복기 20분을 거쳐 실험을 종료하였다. 속옷으로는 동일형태의 먼100% 반소매 메리야스와 팬티를 착용하였다. 실험은 총 80분간 실시하였으나, 그중에서 데이터 측정은 안정기 20분, 운동기 20분, 회복기 20분간 총 60분간 측정하였다. 운동은 트레이드밀(TREAD MILL, DC-130, 일본 SEISHUDO사)을 사용하여 2mile/h(약 106보/분)의 걷기운동을 실시하였다.

6. 통계분석

실험은 random으로 하였으며, NNCF와 CF 각각의 착용 조건하에서 1인 2~3회 반복 실시하였으며, 실시

한 데이터의 평균치를 결과로써 사용하였다. 모든 데이터는 엑셀 프로그램으로 정리하여 엑셀 통계해석 시스템에 의한 이원 배치분산분석법으로 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 심박수

<Fig. 2>는 심박수의 결과를 나타낸 그래프이다. CF(숯 날염가공 소재 방호복)보다 NNCF(완전 불통 기성 소재 방호복)에서 높은 수치를 나타내었으나, 유의차는 없었다. CF와 NNCF 각각의 평균치는 안정기 73회/분, 76회/분, 운동기 97회/분, 103회/분, 회복기 76회/분, 79회/분으로 운동기에서 보다 높은 수치를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 82회/분과 85회/분이었다. 시간별 변동은 안정기에서는 일정한 수치를 유지하다가 운동직후 급격히 증가한 후 서서히 증가하여 운동 약18분에 CF와 NNCF 각각 100회/분, 107회/분의 최고치를 나타내었다. 운동 종료와 함께 다시 급격히 감소하였다.

심박수는 운동부가에 따라서 증가하며, 이러한 심박수의 조절에는 자율신경계가 관여하고 있으며, 저강도 운동과 고강도 운동시에는 각각 미주신경활동의 억제와 교감신경활동의 부활에 의존한다(中村, 山本, 1991; Mazzeo et al., 1989). 會根 외(1993)와 林 외(1995)는 대부분의 경우, 운동 후의 심박수는 운동전의 수치로 회복되지만, 그렇지 않은 경우도 있는데, 운동강도가 적을수록 운동 후의 교감신경활동은 운동 전과 동일한 활동 레벨로 회복하지만, 강도가 높은 운동 후일수록 교감신경활동은 흥분한 상태를 유지하여 안정시보다 높은 심박수를 나타낸다고 지적

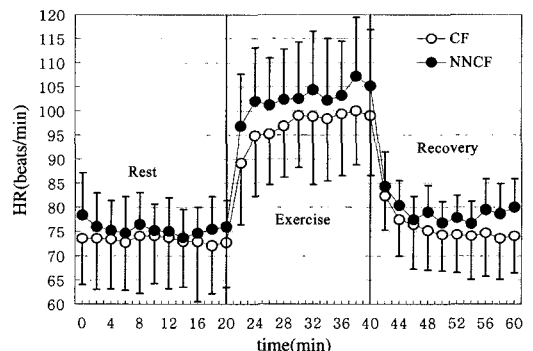


Fig. 2. Heart rate(Mean±S.D.)

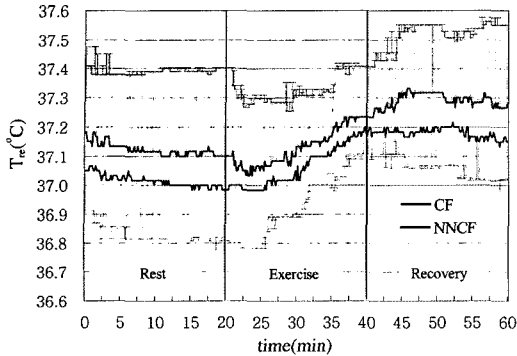


Fig. 3. Rectal temperature(Mean±S.D.)

하였다. 본 실험의 심박수의 변동은 운동과 함께 증가하여, 회복기에는 안정기의 수치보다 약간 높은 수치를 나타내었다. 이러한 결과는 운동강도와 더불어 운동에 따른 피험자의 정신적 부담에 의한 교감신경 활동의 흥분에 의한 것으로 사료된다.

2. 직장온

<Fig. 3>은 직장온의 결과를 나타낸 그래프이다. CF보다 NNCF가 안정기 시점부터 회복기까지 약 0.1°C 높은 수치를 나타내었으나 유의차는 보이지 않았다. CF와 NNCF 각각의 평균치는 안정기 37.01°C/37.12°C, 운동기 37.06°C/37.13°C, 회복기 37.18°C/37.29°C이었으며, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 37.09°C와 37.18°C를 나타내었다. 시간별 변동은 안정기 시점부터 서서히 감소하다가 운동 약 5분후부터는 증가하였으며, 회복기 약 9분후부터 다시 서서히 감소하는 경향을 나타내었다.

Johnson et al.(1974)은 운동시의 체온상승은 비온열성 자극에 의한 피부혈관수축과 온열성 자극에 의한 피부혈관확장에서 산열량이 방열량보다 크기 때문에 나타나는 경향이라고 지적하였다. 본 실험에서 환경과 운동강도는 CF와 NNCF 모두 동일한 조건이다. 따라서 CF와 NNCF와의 직장온 차이는 방호복의 착용조건의 차이에 따른 결과로써, 특히 NNCF는 통기성이 전혀 없는 물리적 특성으로 인하여 인체로부터의 체열 방산이 어려워 안정기 시점부터 CF보다 높은 수치를 나타내었다고 사료된다. 이러한 결과로부터 의복의 착용조건에 따른 물리적 특성에 의한 비온열성 자극의 영향도 운동중의 직장온 변동의 중요한 요인이라는 것을 재확인할 수 있었다.

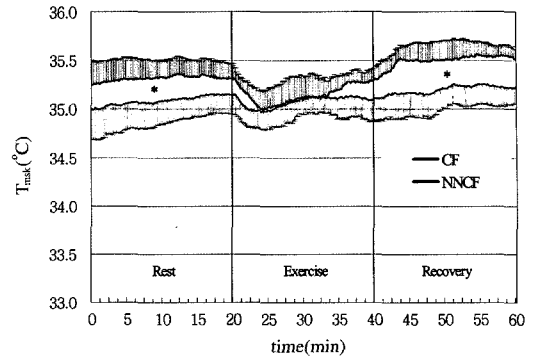


Fig. 4. Mean skin temperature(Mean±S.D., \*\*p<.01, \*p<.05)

3. 평균피부온

<Fig. 4>는 평균피부온의 결과이다. 안정기와 회복기에서 CF와 NNCF간에 유의차(p<.05)를 보이며 CF보다 NNCF가 약 0.3정도 높은 수치를 나타내었다. 운동기에는 NNCF의 감소로 인하여 CF와 거의 유사한 수치를 나타내었다. CF와 NNCF 각각의 평균치는 안정기 35.09°C/35.31°C, 운동기 35.08°C/35.15°C, 회복기 35.20°C/35.50°C를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 35.12°C와 35.32°C이었다. 시간별 변동은 안정기 시점부터 서서히 증가, 운동직후에는 감소, CF와 NNCF 각각 운동 약 3분과 5분후부터 다시 증가하였다.

森谷(1989)는 운동부가시 피부온은 운동초기에는 감소하다가 어느 정도 후에 증가하는 경향으로부터 피부온에 관여하는 말초혈관수축은 작업근의 부위에서 강하게 나타난다고 추측하였다. 본 실험 결과에서 나타난 운동초기의 피부온 감소의 원인도 작업근의 확대에 따른 말초혈관수축에 의한 것으로, 운동중의 피부온 상승은 운동에 순화되면서 발생한 근혈류량의 증가 및 근육온도의 상승으로 인한 피부혈관확장에 의한 것으로 사료된다. CF보다 NNCF의 평균피부온이 높은 것은 방호복 소재의 차이로 인한 결과로써, NNCF가 통기성이 전혀 없는 소재로 체내로부터의 산열이 외부로 원활하게 방산되지 못해 방열을 위한 피부말초혈류량의 증가로 인한 피부온 상승에 따른 영향으로 사료된다.

4. 발한량

<Fig. 5>는 가슴과 등부위 발한량의 결과이다. 가슴

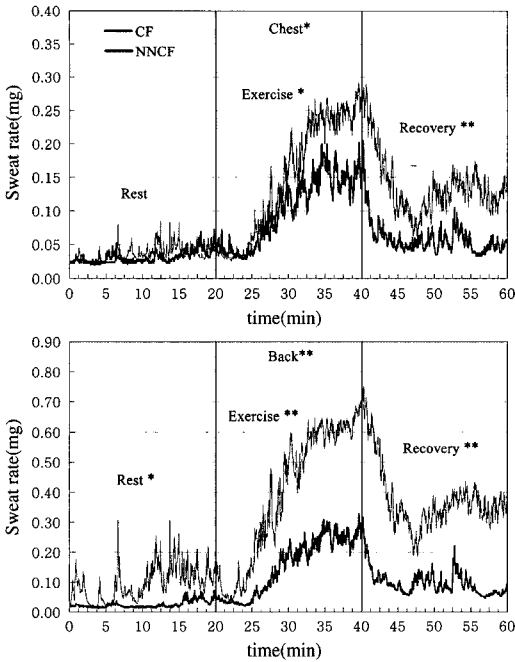


Fig. 5. Sweat rate(Mean, \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$ )

과 등부위 모두 CF와 NNCF간에 유의한 차이( $p < .01$ )를 나타내었다. 특히, 운동기와 회복기에서 상당한 차이를 보였다. CF와 NNCF 각각의 평균치는 가슴부위가 안정기 0.031mg/0.036mg, 운동기 0.101mg/0.148mg, 회복기 0.059mg/0.137mg로 운동기에서 높은 수치를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 0.064mg와 0.107mg이었다. 등부위에서는 안정기 0.025mg/0.096mg, 운동기 0.153mg/0.396mg, 회복기 0.098mg/0.378mg로 가슴부위와 같이 운동기에서 높은 수치를 보였고, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 0.092mg와 0.290mg을 나타내었다. 시간별 변동은 안정기에는 일정한 수치를 유지하였으며, 운동직후 약간 감소 후 급격히 증가, 운동종료직후에 최고치를 나타낸 후 다시 급격히 감소하였다.

인체로부터는 한서에 관계없이 끊임없이 수분증산이 일어나고 있고, 특히 서열환경에서는 발한에 의한 체열방산을 통하여 일정한 체온이 유지된다. 인체로부터의 발한은 부위에 따라 차이를 나타낸다(小川, 1994). 본 실험 결과에서도 등부위의 발한량이 가슴부위보다 많은 양을 나타내어 부위별 발한량의 차이를 확인하였다. Nielsen(1938)은 환경온도가 5~29°C 사이에서는 체온은 환경온도에 관계하지 않고 운동

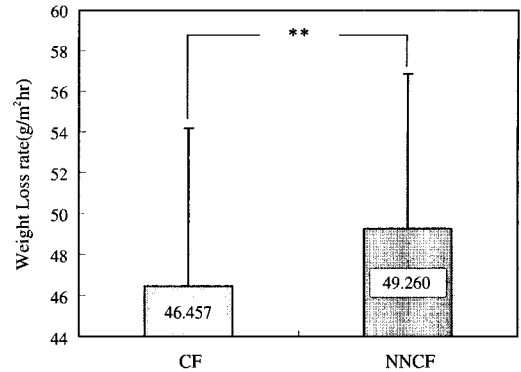


Fig. 6. Weight loss rate(Mean±S.D., \*\* $p < .01$ , \* $p < .05$ )

강도에 따라 규정되지만, 일정한 환경조건에서의 발한량은 체온의 상승에 비례하여 증가한다고 보고하였다. 본 실험에서 운동 중의 발한량 증가는 체온유지를 위한 근혈류량의 증가에 의한 산열의 방산에 의한 것이라고 사료된다. 또한 발한량은 운동초기에는 감소하다 증가하였는데, 이것은 긴장감에 의한 피부혈관수축현상과 안정시의 정적자세에서 동적자세로 바뀌면서 발생한 강제기류에 의한 결과라고 추측된다. CF보다 NNCF에서 보다 많은 양의 발한량을 나타낸 것은 소재에 의한 물리적 특성의 차이에 의한 결과로써, NNCF는 통기성이 전혀 없는 불통기성 소재로 인하여 체내로부터의 산열의 증가에 따른 발한에 의한 습성방산의 증가에 의한 결과라고 사료된다.

### 5. 체중감소량

<Fig. 6>은 체중감소량의 그래프이다. CF보다 NNCF가 약2.803g/m<sup>2</sup>hr 더 감소하면서 CF와 NNCF간에 유의한 차이( $p < .01$ )를 나타내었다.

체중감소량은 피부로부터의 발한과 호흡기를 통한 수분증발에 의한 증산방열의 영향에 의한 차이(정명희, 2003)에 의한 결과라고 본다. 즉, 운동에 의한 체온상승은 발한과 호흡기에 의한 수분증발을 촉진시켰고, 그에 따라 0.58kcal/g의 에너지가 방열됨과 동시에 무효발한으로 피부면이나 의복에 흡수된 수분량의 차이는 체중감소량에 영향을 끼친 것으로 사료된다.

### 6. 의복내 온도 및 습도

<Fig. 7>은 가슴과 등부위 의복내 온도의 결과이다.

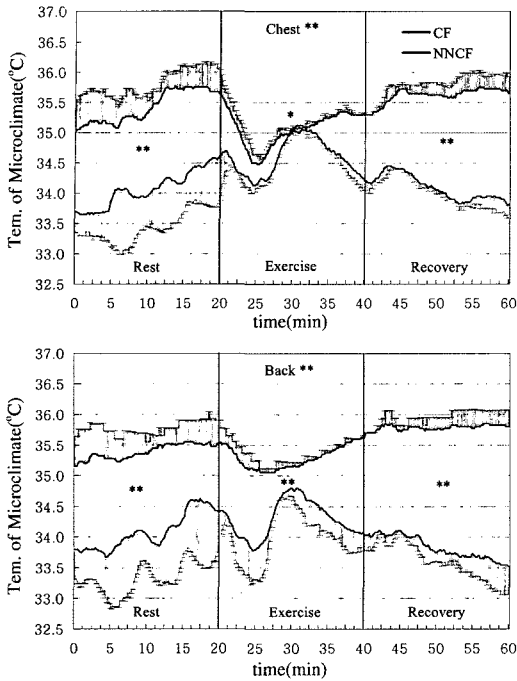


Fig. 7. Temperature of microclimate(Mean±S.D., \*\* $p<.01$ , \* $p<.05$ )

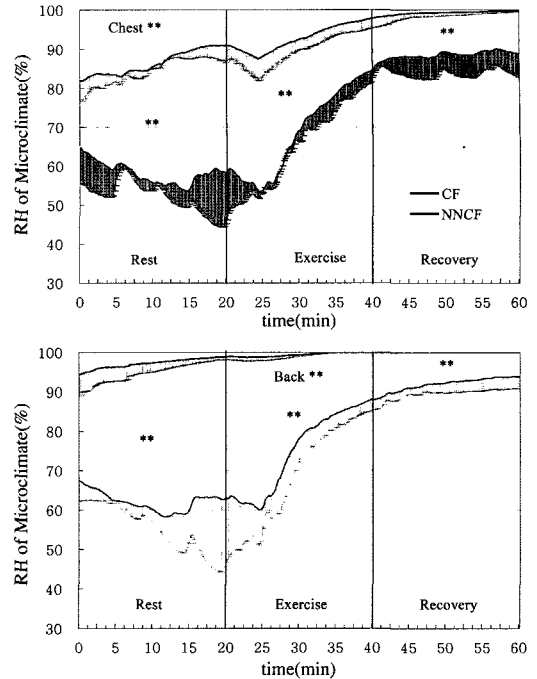


Fig. 8. Relative humidity of microclimate(Mean±S.D., \*\* $p<.01$ , \* $p<.05$ )

가슴과 등부위 모두 CF보다 NNCF가 현저히 높은 수치를 보이며 유의차( $p<.01$ )를 나타내었다. CF와 NNCF 각각의 평균치는 가슴부위가 안정기 34.07°C/34.43°C, 운동기 34.60°C/35.06°C, 회복기 34.09°C/35.62°C를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 34.25°C와 35.37°C이었다. 등부위에서는 안정기 34.08°C/35.39°C, 운동기 34.30°C/35.29°C, 회복기 33.83°C/35.79°C를 보였고, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 34.07°C와 35.49°C를 나타내었다. 시간별 변동은 CF는 안정기에는 증가, 운동직후에 급격히 감소한 후 다시 급상승 후 다시 감소, 회복기에도 계속하여 감소하는 경향을 나타내었다. 반면, NNCF는 안정기에는 CF와 같이 증가하였으며, 운동직후 급격히 감소 후 다시 상승, 회복기에도 서서히 상승하는 경향을 나타내었다.

<Fig. 8>은 가슴과 등부위 의복내 습도의 결과이다. 가슴과 등부위 모두 CF보다 NNCF가 현저히 높은 수치를 보이며 유의차( $p<.01$ )를 나타내었다. CF와 NNCF 각각의 평균치는 가슴부위가 안정기 58%/87%, 운동기 69%/93%, 회복기 89%/99%를 나타내었으며, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 72%와 93%이었

다. 등부위에서도 안정기 62%/97%, 운동기 75%/99%, 회복기 92%/100%를 보였고, 전체적인 평균치는 CF와 NNCF 각각 76%와 99%를 나타내었다. 시간별 변동은 CF는 안정기에는 서서히 감소하였으며, 운동 약 5분후부터 급격히 증가하여 회복기까지 계속하여 증가하였다. NNCF는 안정기 시점에서부터 증가하여 가슴부위는 회복기 약 5분후부터, 등부위는 운동 약 5분후부터 약 100% RH를 나타내었다.

의복내 기후는 덥다, 서늘하다, 축축하다 등의 온열감과 습윤감에 깊이 관계하며, 착의시의 쾌적성을 판단하는 중요한 기준 중의 하나로서, 의복내의 온도가 급격하게 높아지면 습윤감을 느끼게 되고, 온도가 저하하면 차가움을 느끼며, 온도와 습도 모두 높으면 온열감이 크게 작용한다(原田, 1986). 쾌적한 의복내 기후는 온도  $32 \pm 1^\circ\text{C}$ , 상대습도  $50 \pm 10\%$ , 기류  $25 \pm 15\text{cm/sec}$ 의 표준치를 나타내는 영역으로 표준의복기후라고도 한다(田村, 1991a). 본 실험 결과에서도 의복내 기후는 주관적 감각평가의 결과와 상호 관계함을 알 수 있었다. 특히, NNCF는 의복내 온도 및 습도 모두 안정기시점에서부터 표준치를 넘어섰으며, 감각평가의 결과에서도 이에 상응하는 결과를 나타내

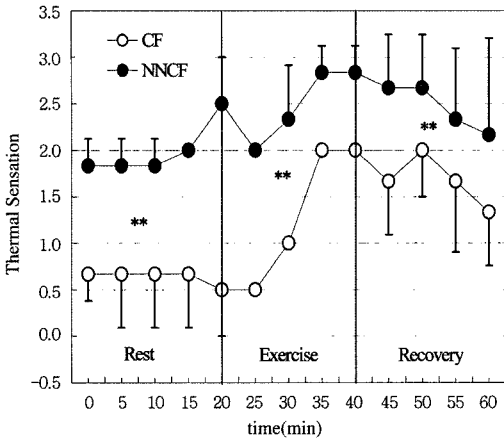


Fig. 9. Evaluation of thermal sensation(Mean±S.D., \*\* $p<.01$ , \* $p<.05$ )

었다. NNCF의 이러한 결과는 불통기성 소재의 특징을 반영하는 결과로써, 유해물질 차단이라는 일면만을 고려한 방호복의 소재 선택은 작업자의 열적 스트레스를 초래할 수 있음을 시사한 것이라고 본다.

### 7. 주관적 감각평가

<Fig. 9>, <Fig. 10> 및 <Fig. 11>은 온열감, 습윤감 및 쾌적감의 결과를 나타낸 그래프이다. 모든 감각평가에서 CF와 NNCF간에 유의차( $p<.01$ ,  $p<.05$ )를 나타내었다. NNCF는 안정기시점부터 온열감 2(따뜻하다), 습윤감 2(촉촉하다), 쾌적감에서도 -2(불쾌하다)를 나타내며 CF와의 격차를 나타내었다.

인체로부터의 산열과 방열의 열적 균형상태에 의해 인간은 항체온을 유지하며, 쾌적감을 느끼게 된다. 그러나 대부분 운동시에는 열적 균형이 깨지면서 체내에서는 인체생리작용이 일어나는데, 우선 피부혈관이 확장되면서 혈류량을 증가시켜 체내의 열을 체표면으로 이동시키고, 발한작용으로 수분을 통해 인체로부터의 열을 외부로 증발시킴으로써 체온증가를 막는다. 운동시의 체온유지에 효과적인 증발에 의한 방열의 정도는 환경조건이나 착의조건에 의해 크게 좌우되며, 결과적으로 온열감과 습윤감 및 쾌적감에 영향을 끼친다(登倉, 1984; 平田, 1996). 의복은 인체로부터의 산열과 방열의 열적 균형을 보조하는 역할을 하며, 또한 쾌적감에 크게 관여한다. 인체와 의복간의 열적상태는 의복내 기후에 의해 크게 좌우되며, 이러한 의복내 기후는 의복의 소재에 따른 물리적 특

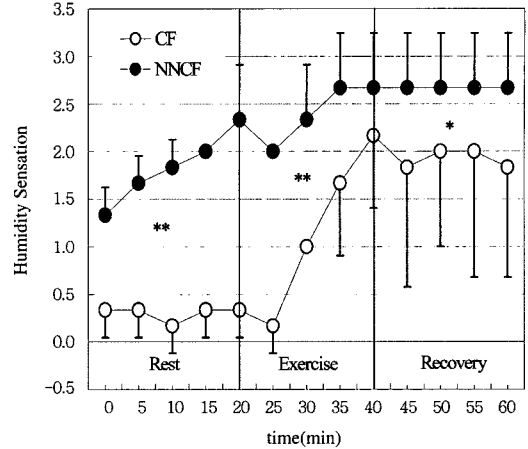


Fig. 10. Evaluation of humidity sensation(Mean±S.D., \*\* $p<.01$ , \* $p<.05$ )

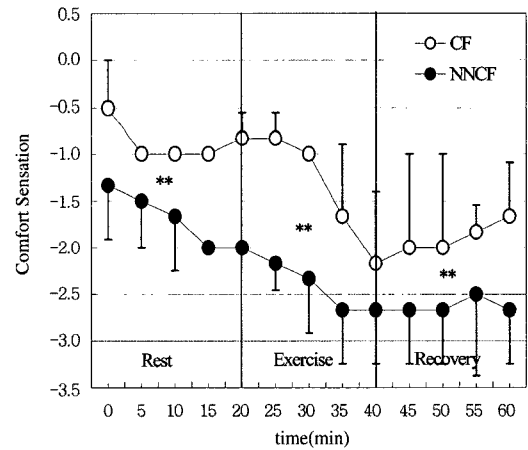


Fig. 11. Evaluation of comfort sensation(Mean±S.D., \*\* $p<.01$ , \* $p<.05$ )

성과 깊이 관계한다(小林, 1991; 中橋, 村山, 1996). 본 실험의 결과에서 피부온, 발한량과 의복내 기후는 CF와 NNCF간에 유의한 차이를 나타내면서 방호복 소재의 물리적 특성의 차이가 인체생리반응에 영향을 미치는 요인임을 확인함과 동시에 주관적 감각치는 의복의 특성에 따라 크게 좌우된다는 것을 확인하였다.

이상의 결과로부터 동일 사이즈와 동일 형태의 방호복이라도 물리적 특성에 따라 인체생리반응 및 쾌적감에 차이가 나타난다는 것이 확인되었다. 특히, 통기성이 전혀 없고 흡습성이 극소한 소재의 방호복에 있어서는 방열의 차단으로 인한 과도한 체열 상승으



로 작업자에게 오히려 열적 스트레스를 주어 작업능률을 저하는 물론 피로감을 유발할 수 있음을 예측할 수 있었다. 이러한 예측은 주관적 감각평가의 차이를 통해서도 확인할 수 있었다. 쓰레기 소각장에서 착용하는 방호복은 여러 가지 유해물질과 악취로부터 인체를 보호하는 것이 우선적인 목적이라고 할 수 있으나, 본 실험을 통하여 이러한 목적만을 위해 인체생리반응과 쾌적감을 무시한 방호복을 착용한다면 오히려 인체에 여러 가지 역효과를 초래할 수도 있다는 사실이 시사되었다.

#### IV. 결론 및 제언

현재 일반적으로 착용하고 있는 유해물질 차단 방호복에 사용되는 소재들은 유해물질의 인체 내의 침입을 막는다는 목적으로 개발되어 대부분 화학물질에 안전하고 내수성과 내약품성에 강한 반면, 흡습성과 통기성이 극히 적은 소재들이다. 이에 본 실험에서는 본 연구자들이 유해중금속과 다이옥신 차단을 위하여 개발한 숯 날염가공 소재 방호복의 유용성을 시사한 인체착용실험에 이어서, 현재 일본에서 사용되고 있는 완전 불통기성 소재의 유해물질 차단 방호복과의 인체생리반응 및 쾌적성 평가 실험을 실시하였다.

본 실험의 주요 결과는 다음과 같다.

1. 심박수는 CF보다 NNCF가 높은 수치를 나타냈으나, 유의한 차이는 보이지 않았다.
2. 직장온은 안정기시점에서 회복기까지 NNCF가 약 $0.10^{\circ}\text{C}$  높게 출발하였으나, CF와 NNCF간의 유의차는 없었으며, 시간별 변동은 CF보다 NNCF 모두 안정기 감소, 운동기 증가, 회복기 다시 감소하는 유사한 경향을 나타내었다.
4. 평균피부온에서는 안정기와 회복기에서 CF와 NNCF간에 유의차( $p<.05$ )를 보이며 CF보다 NNCF가 약 $0.3$ 정도 높은 수치를 나타내었다. 시간별 변동은 안정기시점부터 서서히 증가, 운동직후에는 감소, 회복기에 다시 증가하였다.
4. 발한량에서도 가슴과 등부위 모두 CF와 NNCF간에 유의한 차이( $p<.01$ )를 나타내었다. 특히, 운동기와 회복기에서 상당한 차이를 보였다. 시간별 변동은 CF와 NNCF 모두 안정기에는 일정한 수치를 유지하였으며, 운동직후 감소 후 급격히 증가, 운동종료직후에 최고치를 나타낸 후 다시 급격히 감소하였다.

5. 체중감소량도 CF보다 NNCF가 약 $2.803\text{g}/\text{m}^2\text{hr}$  더 많이 감소하면서, CF와 NNCF간에 유의한 차이( $p<.01$ )를 나타내었다.

6. 의복내 온도와 습도에서도 가슴과 등부위 모두 CF보다 NNCF가 현저히 높은 수치를 보이며 유의차( $p<.01$ )를 나타내었다. 특히 의복내 습도의 차이는 현저하여 CF와 NNCF 각각의 평균치는 가슴부위가 72%RH와 93%RH, 등부위에서도 각각 76%RH와 99%RH를 나타내었다.

7. 주관적 감각평가는 온열감, 습윤감 및 쾌적감에서 CF와 NNCF간에 유의차( $p<.01$ ,  $p<.05$ )를 나타내었다. NNCF는 안정기시점부터 온열감 2(따뜻하다), 습윤감 2(촉촉하다), 쾌적감에서도 -2(불쾌하다)를 나타내며 CF와의 상당한 차이를 나타내었다.

이상의 연구 결과, 작업복 소재의 물리적 특성이 다른 CF와 NNCF간에 인체생리반응 및 주관적 감각평가에 차이를 나타내었다. 특히, 피부온, 발한량, 의복내 온도 및 습도, 감각평가에서는 현저한 차이로 유의차를 나타내었다. 본 실험을 통하여 유해물질 차단이라는 일면에만 집중하여 흡습성이 거의 없고 통기성을 전혀 배려하지 않은 소재로 제작된 방호복은 착용자로 하여금 오히려 작업에 의한 산열의 증가와 방산의 차단으로 인해 열적 스트레스와 피로감을 유발할 수 있음이 시사되었다. 특수한 상황에서 착용하는 방호복은 여러 가지 유해물질로부터 인체를 보호하는 것이 우선적인 목적이라고 할 수 있으나, 인체의 온열생리반응과 쾌적감의 고려 또한 중요한 부분이다. 본 실험 결과를 토대로 유해물질 차단과 인체의 온열특성을 살린 디자인을 고안하여 보다 기능적이고 쾌적한 방호복 개발을 위한 폭넓은 연구를 진행해 나아가고자 한다.

#### 참고문헌

- 박순자, 신정숙, 정명희. (2004a). 생활폐기물 소각장 작업자의 작업환경과 작업복 현황 분석. *한국의류학회지*, 27(8), 992-1003.
- 박순자, 신정화, 신정숙, 정명희, 안윤경. (2004b). 생활폐기물 소각장 작업복 샘플의 다이옥신 분석. *한국의류학회지*, 28(2), 354-363.
- 박순자, 신정숙, 정명희, 田村照子, 小柴朋子. (2004c). 생활폐기물 소각장 작업복의 중금속 분석. *한국의류학회지* *국제학술대회 논문집*, 115.
- 신정숙, 박순자, 정명희, 田村照子, 小柴朋子. (2004a). 숯 날

- 염에 의한 부직포의 특 성변화. *한국의류학회지*, 28(2), 303-311.
- 신정숙, 정명희, 박순자, 田村照子, 小柴朋子. (2004b). 천연 염재를 활용한 섬유유기 기능성 특성 평가. *제9회 한일원 직외선 심포지움 보고집*, 153-169.
- 이경순. (1998). *민간요법으로 활용되는 솜 사용에 관한 연구*. 연세대학교 대학원 박사학위 논문.
- 정명희. (2003). 의복과 건강-인체의 온열생리적 관점에서-. *한국생활환경학회지*, 10(4), 222-228.
- 정명희, 신정숙, 박순자, 田村照子, 小柴朋子. (2004). 솜 날 염한 방호복의 인체생리 반응 및 쾌적성 평가. *한국의류학회 춘계학술대회 논문집*, 114.
- 정명희, 田村照子, 小柴朋子, 박순자, 신정숙. (2005). 착용실험에 의한 방호복의 인체생리반응 및 쾌적성 평가. *한국의류산업학회 춘계학술대회 논문집*, 199-201.
- 小川徳雄. (1994). *汗のはなし*. 東京: アドア出版.
- 小柴朋子, 田村照子, 鄭明姬, 申貞淑, 朴順子, 小西武四. (2004). 着用實驗による防護 服の快適性評価. 第28回 人間生活環境系シンポジウム報告集, 29-32.
- 小林茂雄. (1991). 快適な衣服素材と官能. *人間工学*, 27(5), 229-234.
- 曾根涼子, 山崎文夫, 藤井宣晴, 鍋倉賢治, 池上晴夫. (1993). 激運動後における呼吸性 心周期変動の回復過程. *体力科学*, 42, 465-474.
- 田村照子. (1991a). *基礎被服衛生學*. 東京: 文化出版局.
- 田村照子. (1991b). 着衣の快適性に關する溫熱生理學的研究. *日本家政學會誌*, 44(9), 703-712.
- 登倉尋實. (1984). 快適さの溫熱生理學. *織消誌*, 25(7), 340-344.
- 森谷繁. (1987). 最大運動負荷時の体温と血液組成の変動. *日生氣象誌*, 26(3), 135-142.
- 鳥井正史, 山氣昌廣, 佐々木隆. (1987). Thermographyによる submaximal 自転車駆運動の上 肢皮膚溫の觀察. *生理人類誌*, 6(1), 21-24.
- 中村好男, 山本義春. (1991). 健康の維持増進のための適正な運動強度の探索. *体力研究*, 77, 82-91.
- 中橋美智子, 村山雅己. (1996). 各種衣服地の濡れとその皮膚への密着について. *日本衣服學會誌*, 40(1), 27-35.
- 林直享, 中村好男, 村岡功. (1995). 一過性の運動中および運動後の自律神経系活動に及ぼす運動強度の影響. *体力科学*, 44, 279-286.
- 原田隆司. (1986). 衣服内氣候の科学と衣生活. *織消誌*, 27(5), 200-207.
- 平田耕造. (1996). 体温調節系の動きと温冷感・湿润感. *繊維工学*, 49(5), 269-273.
- Bloom S. R., Johnson R. H., Park D. M., Rennie M. J., & Sulaiman W. R. (1976). Differences in the metabolic and hormonal response to exercise between racing cyclists and untrained individuals. *Journal of Physiology*, 258, 1-18.
- Chung M. H., Teruko T., Tomoko K., Soon J. P., & Jung S. S. (2005). Evaluation of hysiological responses and comfort of protective clothing against chemicals. *2005 Seoul International Clothing & Textiles Conference*, 984-986.
- Johnson J. M., Rowell L. B., & Brengelmann G. L. (1974). Modification of the skin blood flow body temperature relationship by upright exercise. *J. Appl. Physiol.*, 37(6), 880-886.
- Mazzeo R. S. & Marshall P. (1989). Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *J. Appl. Physiol.*, 64, 82-91.
- Nielsen M. (1938). Die regulation der k?rpertemperatur bei muskellarbeit. *Skand. Arch. Physiol.*, 79, 193-230.
- Ohnuki Y. & Nakayama T. (1982). Fallin forearm skin temperature during grade working on a treadmill. *Japan J. Physiol.*, 25, 525-536.