

## Trace gas법에 의한 의복의 환기 양상의 평가

추미선 · 中島利誠\*

경상대학교 자연과학대학 의류학과

\*お茶の水女子大學 生活科學部 生活環境學科

### Assessment of clothing ventilation by a trace gas method

Mi-Seon Chu · Toshinari Nakajima\*

Dept. of Clothing and Textiles, College of Natural Science, Gyeongsang National University,

\*Division of Human Science and Technology, School of Human Life and  
Environmental Science, Ochanomizu University

(1997. 8. 28 접수)

#### Abstract

Effects of the ambient air temperature and the opening position on the pattern of the clothing ventilation of a thermal manikin wearing an impermeable blouse were investigated by the trace gas method. Under an isothermal condition, the ventilation was governed by diffusion, and the ventilation rate through the wrist-openings was greatly affected by the distance from the openings. Under non-isothermal conditions, however, the ventilation was accelerated by the convection driven by the temperature gradient between the clothing microclimate and the surrounding air; the greater the temperature gradient, the greater the ventilation. Even though it was certainly affected by the ambient air temperature, the ventilation rate was more significantly influenced by the position of openings. The ventilation patterns at the arm and the body were distinctive.

*Key Words:* clothing ventilation, trace gas method, thermal manikin, ambient air temperature, opening position, 의복의 환기, trace gas법, 셔말 마네킹, 환경온, 개구부 위치

#### I. 서 론

의복을 착용하는 목적 중의 하나는 인체가 생리적 체온 조절 노력에 의해 항체온을 유지할 수 있는 온도 범위 즉, 혈관 조절역에 속하도록 의복내 미세기후를 조

정하고자 하는 데 있다. 이것은 의복을 통한 인체와 환경간의 적절한 열과 수분 이동에 의해 이루어진다. 인체와 환경간의 열과 수분 이동 특성의 평가는 주로 인체 착용 실험을 통해 이루어지고 있으나, 재현성의 부족과 실험에 소요되는 시간이 길어 피험자에게 주는 부담이 크므로 정도를 떨어뜨리게 할 위험이 있다.

Crockford 등<sup>10)</sup>은 의복의 열과 수분 이동 특성을 환기의 관점에서 평가하고자 Trace gas법을 도입하여, 이 방법이 재현성이 뛰어나며 단시간에 정도 높은 결과를 얻을 수 있는 방법임을 입증하였다. 그 후, Trace gas법은 특수한 목적에 사용되는 통기성이 없는 의복을 중심으로 한 개구부를 통한 환기<sup>8,12,16)</sup>와 직물을 통한 환기<sup>11,13)</sup>를 평가하는 데 이용되어 왔다. 국내에서도 박우미와 최철호<sup>2)</sup>에 의해 의복내의 공기량이 환기 양상에 미치는 영향을 Trace gas법을 이용하여 검토한 바 있다.

종래 의복의 환기에 관한 연구에서는 의복내의 공기층의 형성<sup>14,15)</sup>, 개구부의 위치와 크기<sup>14)</sup>, 바람<sup>11)</sup>, 동작<sup>3,17)</sup> 등의 요인을 중심으로 이들 요인이 의복의 환기에 미치는 영향에 대해 규명하여 왔다. 최근에는 의복내의 공기의 유동 현상이 의복의 환기 양상에 미치는 영향<sup>5,7,9)</sup>에 대한 연구도 이루어지고 있다. 그러나 이러한 연구에서는, 환기의 원동력이 되는 온도차 즉, 피부온과 환경온의 차가 의복의 환기 양상에 미치는 영향에 대해서는 거의 주목되지 않았다. 또한, 개구부의 위치 효과는 착의 상태의 복잡한 인체 형상에 영향을 받음에도 불구하고, 단순한 물리적 모델을 이용한 실험에 의해 연구되어져 있을 뿐, 인체 또는 마네킹 착의 실험에 의한 연구 결과는 보고되지 않았다.

본 연구에서는 각종 온열 환경에서 쾌적한 의복 디자인과 착의 방법의 기초 자료를 제공하기 위하여, 환경온과 개구부의 위치가 의복의 환기 양상에 미치는 영향에 대해 써멀 마네킹(Thermal manikin)을 이용하여 Trace gas법에 의해 검토하였다. 통기성이 없는 의복을 써멀 마네킹에 입혀 의복의 환기가 개구부를 통해서만 일어날 경우의 환기 양상에 대해, 먼저, 피부온과 환경온이 동일한 등온 상태와 동일하지 않은 비등온 상태에서 의복의 개구부를 통한 물질 확산 및 대류가 의복의 환기 양상에 미치는 영향에 대해 환경온을 변화시키면서 조사하였다. 다음으로 개구부의 위치 설정에 따른 의복의 환기 양상과 신체 부위별 환기 양상의 차이를 검토하였다.

## II. 실험

개구부를 통한 의복의 환기 양상을 평가하기 위하여 Crockford 등<sup>10)</sup>이 개발한 Trace gas법을 이용하였다.

Trace gas법이란, 어떤 시스템에 인체에 부해·무독하며, 모니터 가능한 가스를 주입하여, 시스템의 공기와 완전 혼합한 후 시간 경과와 더불어 가스의 농도 변화를 관찰하는 방법이다. 본 실험에서는 공기 중의 성분으로서 산소 가스와 질소 가스가 동일한 거동을 나타낸다는 가정하에서 Tracer로서 산소를 이용하였다.

### 1. Thermal manikin과 실험 의복

의복의 개구부를 통한 환기의 기본 메커니즘을 규명하는 데 있어서 착의 상태의 재현성을 높이기 위해 인체 모형을 이용하여 실험을 행하였다. 인체 모형은 일본인 성인 여성의 표준 사이즈로 만든 써멀 마네킹을 이용하였다. 이 마네킹은 온도 제어가 가능한 실물 크기의 인체 모형이다. 머리, 가슴, 등, 배, 허리와 좌우의 상완, 전완, 손, 대퇴, 하퇴, 발의 17 부분으로 분할되어 있으며, 각 부위별로 온도 제어가 가능하다. 피부 표면은 인체의 반사율과 동일한 반사율을 가지며 광택이 없는 검은색 페인트로 칠해져 있다. 온도 제어 방법으로는, 피부에 대한 전력을 일정하게 공급하는 방법과, 피부의 온도를 일정하게 유지하기 위하여 필요로 하는 전력을 공급하는 방법, 즉 항온 제어법의 두 방법이 있다. 본 실험에서는 피부온을 일정 온도로 유지하기 위해 항온 제어법을 이용하였다.

실험에 이용한 의복은 마네킹의 표면과 의복과의 간격을 2 cm로 균일하게 유지할 수 있도록 디자인한 라운드 넥크라인의 긴소매 블라우스이며 여밈은 앞여밈으로 하였다. 실험 의복 재료로서 0.089 mm의 염화 폴리비닐 시트(polyvinyl chloride sheet)를 이용하였으며, 시점을 가열 용착하여 제작하였다.

### 2. 실험 장치

Fig. 1에 실험 장치를 나타내었다. 실험 장치는 의복과 피부 사이 공기층의 공기 치환계와 sampling계의 두 부분으로 이루어져 있다. 의복내를 배기하는 데는 진공 펌프를, 배기한 후 의복내를 재평창시키기 위해 질소 공급은 질소 실린더와 건식 gas meter(品川精密株式會社, DC-5)를 이용하였다.

의복내 공기층의 산소 농도는 산소계((株) 飯島電子工業會社, MZ-20A)를 이용하여 측정하였으며, data logger(江藤電氣株式會社, Thermodac E)를 이용하여 산소 농도의 경시 변화를 기록하였다.

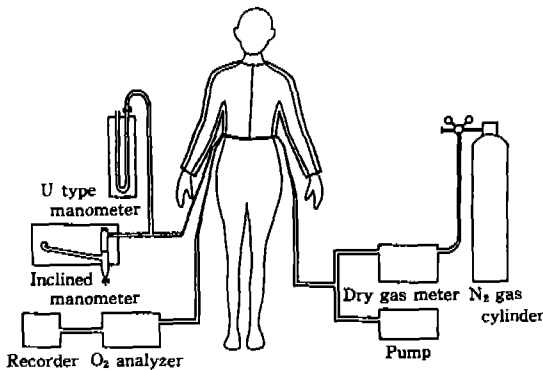


Fig. 1. Schematic illustration of the apparatus for measuring the clothing microclimate.

3. 실험 방법

대기 중의 공기와 거의 같은 비중을 가진 질소를 의복내 미환경(clothing microenvironment)의 공기와 치환한 후, 소정의 개구부를 개방함과 동시에 의복내 미환경의 산소 농도의 경시 변화를 조사하였다.

먼저, 실험 의복과 마네킹 사이의 간격을 일정하게 유지하기 위하여 셔털 마네킹 표면에 2cm 높이의 spacer를 붙인 다음 의복의 허리 위치에 배기 및 질소 공급관(내경 6mm)을 삽입하여 마네킹에 입혔다. 이 관에는 질소를 의복내 미환경에 균일하게 분포시키기 위해 내경 1.2mm의 구멍을 체포 면적에 비례한 수효만큼 뚫고<sup>9)</sup>, 가슴, 등, 좌우 팔에 고정하였다. Sampling관은 소정의 측정 부위에 고정하였다. 의복내의 공기가 누출하는 것을 막기 위해 앞여밌은 접착 테이프를 이용하여 봉하고, 허리부위의 개구부는 불통기성의 spacer를 붙여 공기층을 유지토록 한 다음 접착제를 이용하여 완전히 접착시켰다. 목과 손목부위는 실험과 동시에 개구부의 개방이 용이하도록 불통기성의 spacer로 개구부를 밀폐한 후 고무 테이프를 이용하여 공기 누출을 방지하였다.

다음으로, 의복내를 배기한 후 의복내 미환경에 실험 환경 온도와 동일한 온도의 질소를 9 l/min의 속도로 주입하였다. 질소를 주입할 때, 의복을 흔들어 의복내의 잔존 산소 농도가 균일하게 되도록 하였다. 이 조작을 잔존 산소 농도가 1% 이하가 될 때까지 반복하였다. 그 후 목부위 또는 손목부위의 spacer를 제거하여 개구부를 개방한 후, 산소계를 이용하여 시간 경과와

더불어 의복내의 산소농도 변화를 관찰하였다. 이때, 산소 농도의 증가 속도를 의복내의 환기 정도의 지표로 삼았다.

의복내 미환경의 산소 농도 측정 부위는 팔의 손목, 전완, 팔꿈치, 상완, 어깨의 다섯 부위와 등의 상부, 중부, 하부의 세 부위이다(Fig. 2). 산소 농도는 각 실험 조건에서 부위별로 5회 반복 측정되었다.

실험은 상대 습도 60±5%, 기류를 무풍으로 조정된 오차노미즈여자대학(お茶の水女子大學) 인공기후실에서, 실험 조건에 따라 온도를 20℃, 25℃와 30℃로 변화시키면서 실시하였다.

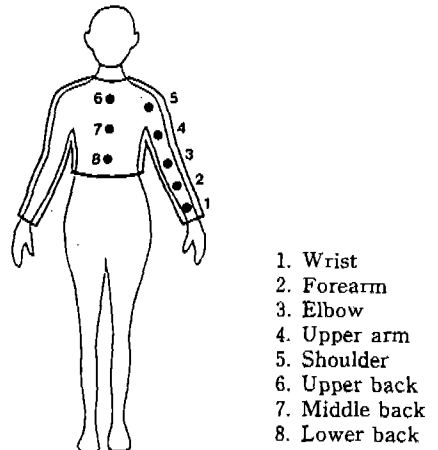


Fig. 2. Measuring points of the trace gas concentration.

III. 결과 및 고찰

1. 환경온과 의복의 환기 양상

통기성이 없는 의복을 착용한 경우, 환경온이 개구부를 통한 의복의 환기 양상에 미치는 영향을 검토하기 위해, 먼저 피부온과 환경온이 동일하다는 가정하에서 피부온과 환경온을 각각 20℃로 설정하여 환기 양상을 조사하였다. Fig. 3에 소매부리만을 개방한 경우, 팔의 의복내 미환경의 다섯 부위에 있어서 산소 농도의 경시 변화를 각 부위별로 나타내었다. 산소 농도는 시간 경과와 더불어 모든 부위에서 증가하였다. 손목에서는 초기의 산소 농도 증가 기울기가 매우 급격하게 나타났지만 1분 40초 후에 다소 정체하는 경향을 보이다가 다시 빠르게 증가하는 안정된 변화 양상을 나타내었다. 이것

은 개구부를 개방할 때 다소 주위 공기의 유동이 일어나 초기의 농도 변화에 영향을 미쳤기 때문으로 분석된다. 10분 후의 산소 농도는 손목이 가장 높게 나타나 16.10%에 달하였다. 그러나 전완, 팔꿈치, 상완, 어깨에서는 10분 후에 각각 10.30%, 3.72%, 1.93%, 1.60%의 산소 농도를 나타내어 부위별로 환기 속도에 있어서 매우 큰 차이를 보였다. 이와 같이 등은 상태에

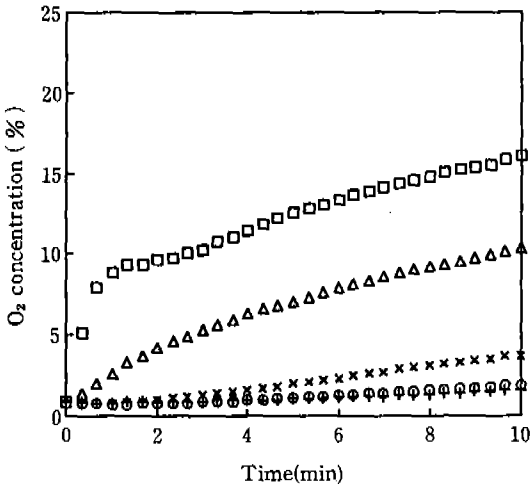


Fig. 3. Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the arm under an isothermal condition when the wrist-openings were released: □, Wrist; △, Forearm; ×, Elbow; ○, Upper arm; +, Shoulder.

서 의복의 환기가 소매부리를 통한 확산에 의해서만 이루어질 경우, 그 속도는 개구부로부터의 거리에 크게 의존하는 것을 알 수 있다.

인체가 노출되어 있는 환경은 등은 상태보다 대부분의 경우 환경온이 피부온보다 낮은 비등온 상태이다. 비등온 상태에서 피부온과 환경온의 차가 의복의 개구부를 통한 환기 양상에 미치는 영향에 대해 기온을 변화시키면서 조사하였다. 셔말 마네킹의 표면 온도는 35°C로 일정하게 유지시키고 환경온을 30°C, 25°C, 20°C로 설정하여 실험을 행하였다.

Fig. 4의 (a), (b), (c)는 소매부리만을 개방한 경우 팔의 의복내 미환경에서의 산소 농도의 경시 변화를 나타낸 것으로 각각 환경온이 30°C, 25°C, 20°C에서의 결과이다. 비등온 상태에 있어서도 소매부리를 통해서만 환기가 일어날 경우에는, 등은 상태에서와 같이 의복의 환기는 개구부로부터의 거리에 영향을 받는 것이 관찰

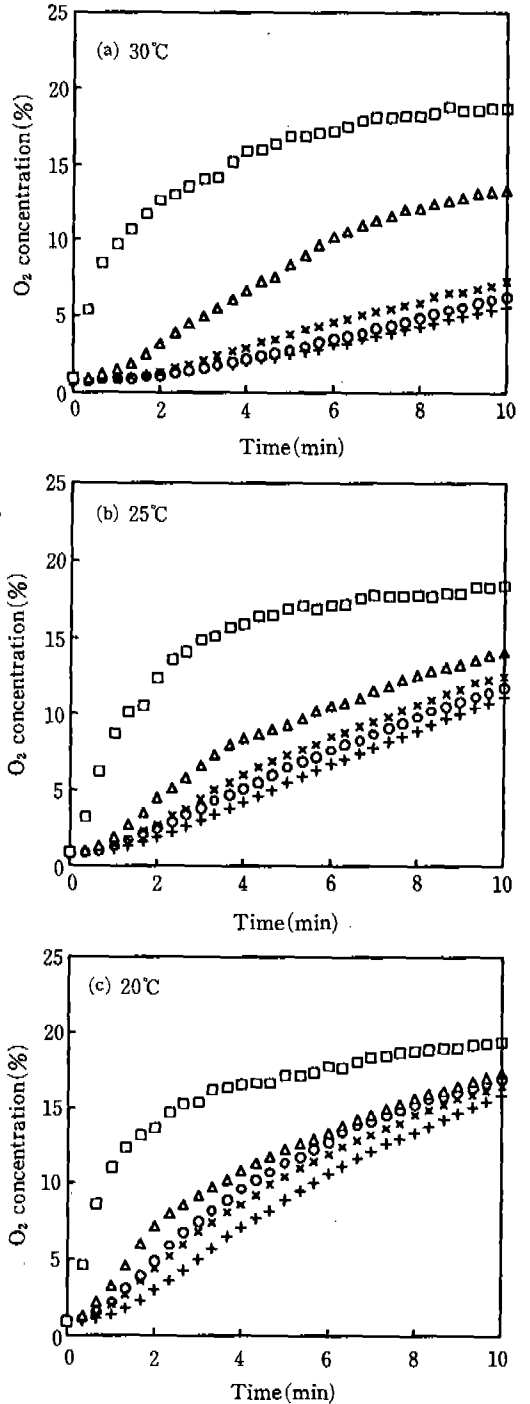


Fig. 4. Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the arm under non-isothermal conditions when the wrist-openings were released: □, Wrist; △, Forearm; ×, Elbow; ○, Upper arm; +, Shoulder.

되었다. 즉, 피부온과 환경온과의 차가 작을수록 개구부로부터의 거리에 크게 의존하며, 온도차가 큰 경우에는 부위별 환기 속도의 차가 작아져, 20°C의 경우 손목을 제외하고 거의 유사한 산소 농도 증가 속도를 나타내었다. 환경온이 각 부위별 환기 속도에 미치는 영향은 개구부로부터 거리가 먼 경우에 더욱 뚜렷하여 손목의 경우에는 환경온이 하강하여도 환기 속도는 크게 변화하지 않지만, 소매부리로부터 거리가 먼 어깨와 상완에서는 환경온이 하강함에 따라 환기 속도의 증가가 현저하게 나타났다. 10분 후의 산소 농도를 살펴보면, 환경은 30°C, 25°C, 20°C에서 어깨의 경우 각각 5.66%, 11.12%, 15.84%, 상완의 경우 각각 6.32%, 11.73%, 16.97%에 달하였다. 이와 같은 결과로부터 저온 환경에서는 개구부로부터 먼 부위의 단열 효과를 증대시킬 수 있는 착의 방법이 고려되어야 한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 5에 소매부리를 개방한 경우 팔의 의복내 미환경에서의 평균 산소 농도의 경시 변화를 환경온별로 나타내었다. 평균 산소 농도 증가 속도는 피부온과 환경온에 크게 의존하였다. 10분 후의 산소 농도는 환경온 30°C, 25°C, 20°C에서 각각 10.28%, 13.55%, 17.10%로 20°C의 경우가 가장 빠르며 30°C에 비해 약 1.7배, 25°C에 비해 약 1.3배의 빠른 환기 속도를 나타

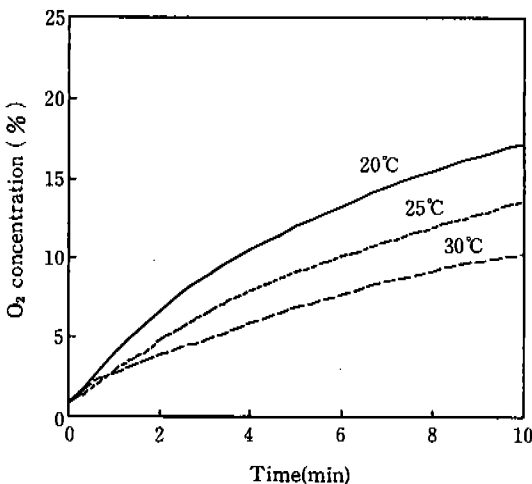


Fig. 5. Effect of ambient air temperature on change in mean oxygen concentration within the micro-environment of the arm when the wrist-openings were released.

내었다. 이와 같은 결과는 피부온과 환경온과의 차가 클수록 의복내 미환경에 있어서 온도차에 의해 구동되는 대류가 양호하게 작용하여 환기가 촉진되기 때문으로, 이것은 곧 대류 열손실이 증대하고 있음을 의미한다<sup>8,9)</sup>. 그러므로 서열 환경에서는 대류에 의한 열전달이 활발하게 이루어질 수 있는 의복 소재와 디자인이 바람직하지만, 혈관 조절만으로는 항체온을 유지할 수 없는 한냉 환경에서는 환기로 인한 대류열 손실을 막을 수 있는 착의 방법이 바람직하다.

2. 개구부의 위치와 의복의 환기 양상

김태훈<sup>1)</sup>과 추미선<sup>2)</sup>은 모델 실험과 수치 시뮬레이션을 통하여 개구부의 크기가 의복의 방열 효과에 미치는 영향이 크지만, 개구부의 위치는 크기보다 더 큰 영향을 미친다고 하여 의복을 통한 열과 수분 이동에 있어서 개구부의 위치 설정이 중요함을 강조하고 있다.

개구부의 위치가 의복의 환기 양상에 미치는 영향을 검토하기 위해, 목부위의 개구부를 개방한 경우, 소매부리를 개방한 경우, 소매부리와 목부위의 개구부를 개방한 경우에 대해 조사하였다.

Fig. 6은 셔벌 마네킹의 표면 온도가 35°C, 환경온이 20°C인 경우, 소매부리 및 목부위의 개구부를 개방하

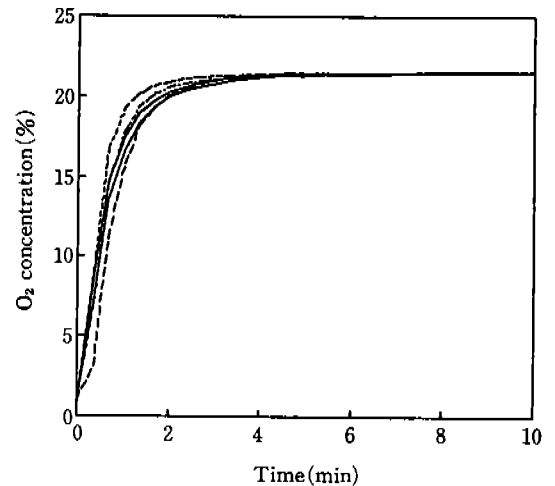


Fig. 6. Change in oxygen concentration within the microenvironment of the arm under a non-isothermal condition when both wrist- and neck-openings were released: —, Wrist; ·····, Forearm; ---, Elbow; -·-·-, Upper arm; ----, Shoulder.

여, 팔의 의복내 미환경의 다섯 부위에 있어서 산소 농도의 경시 변화를 조사한 결과이다. 산소 농도는 시간 경과와 더불어 모든 부위에서 증가하였다. 소매부리와 함께 목부위의 개구부를 동시에 개방하므로써 환기가 현저히 왕성하게 되어, 모든 부위에서 2분 20초 이내에 20% 이상에 달하여 대기수준에 근접하였으며, 소매부리만을 개방한 경우(Fig. 4의 (c)와 달리 부위별 차를 거의 볼 수 없게 되었다. 이것은 상향 개구부와 하향 개구부를 동시에 개방하므로써 의복내 미환경에서 굴뚝 효과(chimney effect)가 나타나, 빠른 공기 유동을 보이면서 환기를 촉진시켰기 때문이다<sup>5)</sup>. 의복내에서 유동을 일으키지 않고 정지된 상태를 유지하는 공기는 직물보다 열전도성이 작아 차의 보온성이 증가하지만, 이와 같은 굴뚝 효과의 발생은 의복내의 공기 유동을 증대시켜 열방산을 촉진시킨다.

Fig. 7은 환경온이 30°C, 25°C, 20°C일 경우, 소매부리와 목부위의 개구부를 개방하여 팔의 의복내 미환경의 다섯 부위에서의 평균 산소 농도의 경시 변화를 나타내었다. 소매부리만을 개방할 경우에는 환기 속도가 피부온과 환경온과의 차에 의해 크게 영향을 받지만 (Fig. 5), 소매부리와 목부위의 개구부를 동시에 개방함에 따라 온도차의 영향이 매우 약해지는 것을 알 수 있다. 소매부리만을 개방한 경우와 비교해 보면, 환기

속도는 양 개구부를 개방한 경우에 현저히 빠르게 나타나 모든 환경 온도 조건에서 2분 40초 이내에 20% 이상의 산소 농도에 달하였다. 이와 같은 결과는 의복내에 대류가 작용할 경우 의복의 환기는 피부온과 환경온과의 온도차에도 영향을 받지만 개구부의 위치에 의해 더 큰 영향을 받는다는 것을 시사한다. 따라서 특수한 목적에 의해 착용되는 통기성이 없는 직물로 제작된 의복의 경우에는 미환경의 공기와 대기와의 교환이 의복의 구성 방법에 의해 이루어지지 않으면 안되며, 개구부의 설정에 의해 열전달이 제한되고 조절되어야 한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 8은 의복의 개구 위치와 환기 속도와의 관계를 조사하기 위하여, 팔의 의복내 미환경의 다섯 부위에서의 평균 산소 농도의 경시 변화를 개구 위치에 따라 나타내었다. 이 때 환경온은 20°C로 설정하였다. 미환경의 평균 산소 농도 증가 속도는 개구 위치에 따라 크게 차이를 보였다. 소매부리와 목부위의 개구부를 동시에 개방한 경우에 가장 빠른 증가 속도를 나타내었으며, 2분 경과후에 20.37%에 이르러 거의 대기 수준에 달하였다. 다음으로 소매부리를 개방한 경우, 목부위의 개구부를 개방한 경우의 순으로 환기 속도를 나타내어, 10분 후에 각각 17.20%와 11.24%의 산소 농도에 달하였다. 개구부 방향에 따른 방열 효과는 하향 개구부를

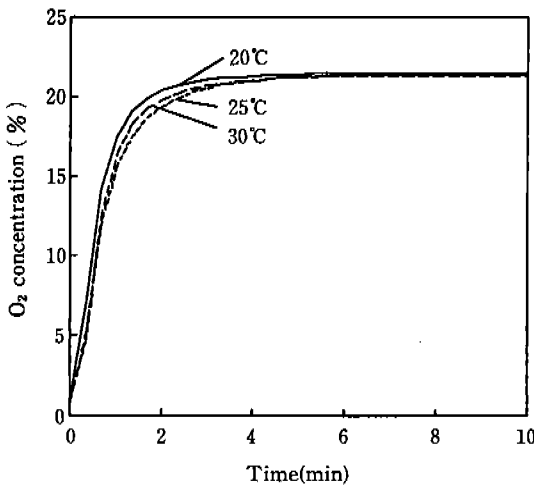


Fig. 7. Effect of ambient air temperature on change in mean oxygen concentration within the micro-environment of the arm when both wrist- and neck-openings were released.

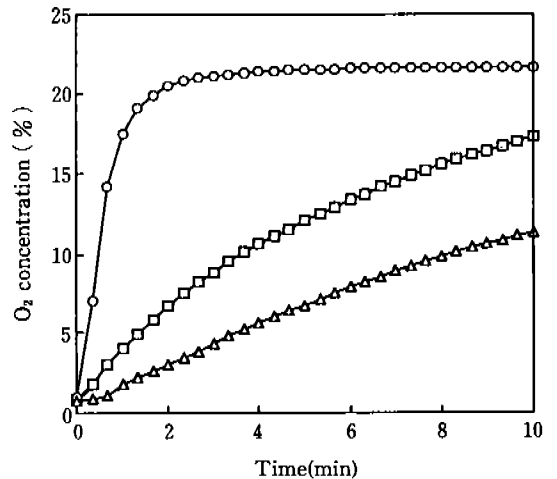


Fig. 8. Positional effect of openings on change in mean oxygen concentration within the micro-environment of the arm: —□—, wrist-openings released; —△—, neck-opening released; —○—, wrist- and neck-openings released.

개방한 경우보다 상항 개구부를 개방한 경우에 더 크다고 한다<sup>1)</sup>. 그러나 본 연구에서는 선행 연구와 일치하지 않는 경향을 나타내었는데, 이것은 인체의 복잡한 형태적 요인에 의한 것으로, 인체의 형태상 목부위의 개구부의 영향이 팔에 직접적으로 영향을 미치지 않고 어깨를 경유하기 때문에 상항 개구인 목부위의 개구부를 개방하더라도 팔의 미환경의 환기 속도는 느리게 나타나게 된다.

Fig. 9에 소매부리 및 목부위의 개구부를 개방한 경우, 몸통의 세 부위에서의 산소 농도 변화를 나타내었다. 이 때 셔벌 마네킹의 표면 온도는 35°C, 환경온은 20°C로 설정하였다. 몸통의 미환경에 있어서 산소 농도의 경시 변화에서는, 팔의 미환경에서의 산소 농도 변화에서 관찰된 것과 마찬가지로 부위별 차는 거의 볼 수 없고 일률적인 변화를 나타내었다. 그러나 급격한 초기의 농도 증가를 보이던 팔의 미환경에서의 환기 양상과는 달리 어느 부위에서나 40초까지 상당히 느린 증가 양상이 관찰되었다. 이와 같은 현상은 소매부리에 접한 공기층은 개구부와 함께 연직 원통형을 이루지만, 목의 개구부에 접한 공기층은 사방으로 확산되는 넓은 면으로 존재하여, 목의 개구부를 통해 유입한 공기가 몸통의 미환경에서 여러 방향으로 분산되어 진행하기 때문이라 생각한다. 이와 같은 결과로부터 의복내부는 크

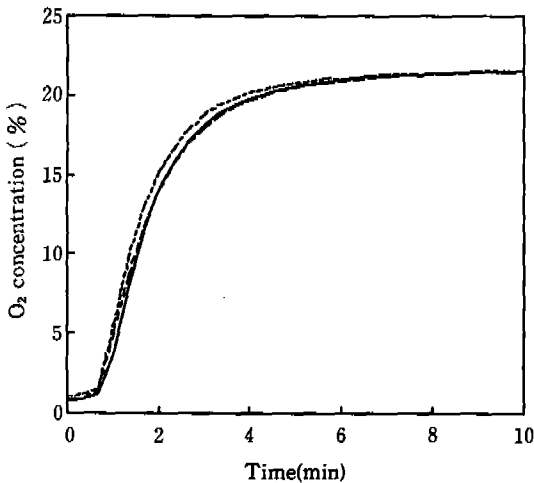


Fig. 9. Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the body when both wrist- and neck-openings were released: —, Upper back; ----, Middle back; ·····, Lower back.

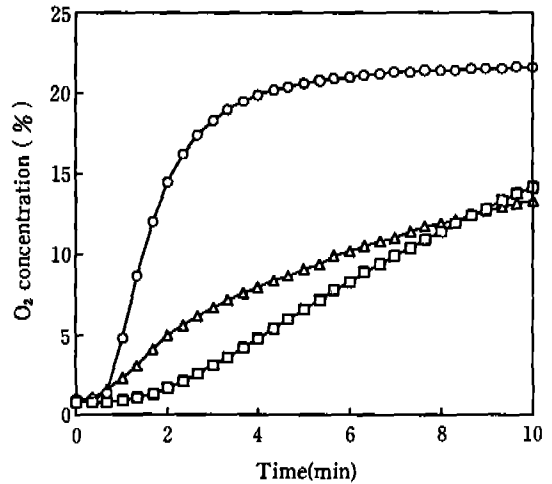


Fig. 10. Positional effect of openings on change in mean oxygen concentration within the microenvironment of the body: —□—, wrist-openings released; —△—, neck-opening released; —○—, wrist- and neck-openings released.

기와 형태가 다른 여러 개의 공기층으로 구성되어 있어 의복 전체로서의 환기 양상뿐만 아니라 부위별 환기양상도 평가되어야 한다<sup>5,12)</sup>는 것이 확인되었다.

Fig. 10은 환경온 20°C에서 몸통의 의복내 미환경의 세 부위에서의 평균 산소 농도의 경시 변화를 개구 위치에 따라 나타내었다. 몸통에 있어서도 의복내 미환경의 평균 산소 농도는 개구 위치에 의해 크게 영향을 받았다. 소매부리와 목부위의 개구부를 동시에 개방한 경우에 가장 빠른 산소 농도 증가 속도를 보였으며, 4분 20초에는 20.18%에 달하여 대기 수준에 근접하면서 완만한 기울기를 나타내었다. 다음으로 목부위의 개구부만을 개방한 경우, 소매부리만을 개방한 경우의 순으로 환기 속도가 느리게 나타났다. 그러나 9분 후부터는 소매부리만을 개방한 경우가 목부위의 개구부를 개방한 경우보다 환기 속도가 더 빠르게 나타났다. 이와 같이 환기 속도에 있어 역전 현상이 나타나는 것은 목부위를 개방함으로써 몸통에서의 공기 유동이 활발해져 소매부리를 개방한 경우에 비해 초기의 산소 농도 증가가 빠르게 나타났지만 어깨부위에서의 매우 약한 유동<sup>5,7)</sup>으로 인하여 시간 경과와 더불어 환기를 필요로 하는 팔의 미환경의 공기가 어깨와 겨드랑이를 경유하여 서서히 몸통으로 진행해 오기 때문이라 생각한다.

몸통과 팔의 의복내 미환경에 있어서의 환기 속도를

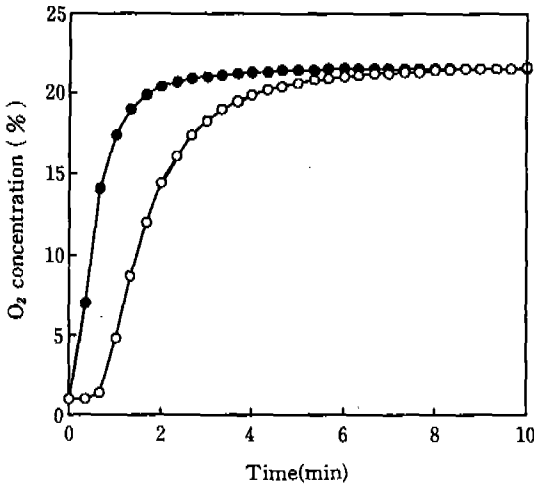


Fig. 11. A comparison of change in mean oxygen concentration within the microenvironment of the arm with that of the body when both wrist- and neck-openings were released: ●—, Arm; ○—, Body.

비교하기 위하여 Fig. 11에 각각의 평균 산소 농도 변화를 나타내었다. 이 때 셔벌 마네킹의 표면 온도는 35℃, 환경온은 20℃로 설정하였으며, 소매부리와 목의 개구부를 동시에 개방한 경우이다. 팔의 미환경에서는 초기의 산소 농도 증가가 급격히 이루어지면서 2분에서 20.37%에 달하였으나 몸통에서는 초기의 농도 변화를 서서히 보이면서 4분 20초에서 20.18%에 달하여 팔에 비해 상당히 느린 환기 속도를 나타내고 있다. 이와 같이 의복의 환기가 몸통과 팔에서 각기 다른 양상을 나타내고 있는 것은, 전술한 바와 같이 체형상의 특징으로 인해 공기층의 형상이 다르며, 의복내의 공기 유동이 몸통과 팔에서 독립적으로 이루어지고 있기 때문이다<sup>7)</sup>. 또한 팔의 미환경에서는 상향 개구부와 하향 개구부를 동시에 개방하므로써 나타나는 굴뚝 효과로 인해 환기가 촉진되지만, 몸통의 경우에는 환기를 필요로 하는 공기량은 많으나 소매부리를 통해 침투한 공기가 몸통의 공기층에 직접 영향을 주지 않기 때문이다. 따라서, 허리부위에서 개구부를 설정하지 않은 의복의 경우에는 목부위의 개구 면적을 크게 하거나<sup>3)</sup>, 진동 들레를 크게 하여 소매부리로부터 침투한 공기가 거드랑이 부분의 공기층을 매개로 하여 몸통에 진행될 수 있는 의복 디자인이 열적 쾌적감을 증진시킬 수 있는 착의 방법이라 사료된다.

IV. 결 론

개구부를 통한 의복의 환기 양상에 미치는 환경온과 개구부 위치의 영향에 대해, 통기성이 없는 블라우스를 Thermal manikin에 입혀, 산소 Trace gas법을 이용하여 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 등은 상태에서 의복의 환기는 확산이 지배적이며, 소매부리를 통한 환기 속도는 개구부로부터의 거리에 의존하였다.
- 2) 비등온 상태에서는 온도차에 의해 대류가 발생하여 의복의 환기를 촉진시킨다. 이 현상은 환경온과 피부온의 차가 클수록 뚜렷하다.
- 3) 의복의 환기 속도는 환경온에 크게 영향을 받지만, 개구부의 위치에 더 큰 영향을 받는다.
- 4) 의복의 환기는 신체 부위별로 다른 양상을 나타낸다.

이상의 결과로부터 특수한 목적에 의해 통기성이 없는 재질로 만들어지는 의복의 경우에는 의복을 통한 인체로부터의 열과 수분의 이동이 의복의 디자인에 의해 적절히 조절될 수 있도록 유의해야 한다는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- 1) 김태훈, 織物の 保温性에 關한 研究(II) — 衣服의 開口位置 및 開口面積의 影響 —, 한국의류학회지, 5, 63-68, 1981.
- 2) 박우미, 최철호, G.C를 이용한 Ventilation 측정 방법과 블라우스 형태 변화의 영향 연구, 한국의류학회지, 16, 53-63, 1992.
- 3) 박우미, 최철호, 블라우스內에 형성되는 공기층이 의복내 환기에 미치는 영향, 한국의류학회지, 16, 169-180, 1992.
- 4) 유화숙, 김은애, 의복재료와 개구부 요인이 의복내 미세기후에 미치는 영향력 비교, 한국의류학회지, 20, 1084-1095, 1996.
- 5) 추미선, 개구부를 통한 의복의 환기 양상에 관한 이차원 모델의 수치해석, 한국생활환경학회지, 3(1), 27-36, 1996.
- 6) 薩本 弥生, 石川 欣造, 竹内 正顯, 着衣の 保温性への 下端開口部の 效果 — 模擬皮膚による 検討, 纖維學會誌, 53, 146-154, 1997.



- 7) 秋美先, 加藤豊文, 鎌田佳伸, 中島利誠, 人體と着衣との間の微気後に及ぼす空気層厚さの効果, 繊維學會誌, 50, 298-305, 1994.
- 8) Birnbaum, R.R. and Crockford, G.W., Measurement of the clothing ventilation index, *Appl. Ergonomics*, 9(4), 194-200, 1978.
- 9) Chu, M.S., Kato T., Kamata Y. and Nakajima T., Experimental and numerical analyses of clothing microclimate, *Proceedings of International Symposium on Fiber Science and Technology*, 486, 1994.
- 10) Crockford, G.W., Crowder, M. and Prestidge, S.P., A trace gas technique for measuring clothing microclimate air exchange rates, *Brit. J. Industr. Med.*, 29, 378-386, 1972.
- 11) Hater, K.L., Spivax, S.M. and Yeh, K., Application of the trace gas technique in clothing comfort, *Textile Res. J.*, 51, 345-355, 1981.
- 12) Lotens, W.A. and Wammes, L.J.A., Vapour transfer in two-layer clothing due to diffusion and ventilation, *Ergonomics*, 36, 1223-1240, 1993.
- 13) Lotens, W.A. and Havenith, G., Ventilation of rain-wear determined by a trace gas method, in *Environmental Ergonomics* (Ed. by Mekjavic, I.B., Banister, E.W., and Morison, J.B.), Taylor & Francis, pp. 162-176, 1988.
- 14) Reischl, U., Assessment of ventilation characteristics of standard and prototype firefighter protective clothing, *Textil. Res. J.* 150, 193-201, 1980.
- 15) Shiver, J.L., Yeh, K., Fourt, L., and Spivak, S.M., The effects of design and degree of closure on microclimate air exchange in lightweight cloth coats, in *Clothing Comfort* (Ed. by Hollies, N.R.S., and Goldman, R.F.), Ann Arbor Science Pub., pp. 167-181, 1977.
- 16) Sullivan, P.J., Mekjavic, I.B., and Kakitsuba, N., Ventilation index of helicopter pilot suits, *Ergonomics*, 30, 1053-1061, 1987.
- 17) Vokac, Z., K pke, V., and Ke l, P., Assessment and analysis of the bellows ventilation of clothing, *Textil. Res. J.*, 43, 474-482, 1973.