

## 등온 환경하에서 개구부를 통한 의복의 환기 효율

秋 美 先

경상대학교 의류학과 교수

### Ventilation Efficiency of Clothing through Openings under an Isothermal Condition

Mi-Seon Chu

Professor, Dept. of Clothing and Textiles, Gyeongsang National University

#### 目 次

Abstract

I. 서 론

II. 실 험

1. 실험 대상과 실험 의복
2. 실험 장치
3. 실험 방법

III. 결과 및 고찰

1. 신체 부위별 환기 효율
2. 개구 면적과 환기 효율
3. 개구부의 위치와 환기 효율

IV. 결 론

참고문헌

#### Abstract

The ventilation efficiency of clothing was investigated by a trace gas method using a manikin wearing an impermeable overall under an isothermal condition, where the ventilation occurred only through the openings by diffusion. The ventilation patterns were different for each part of the body. The ventilation efficiency in the clothing microenvironment of the arm and the leg greatly depended on the distance from each opening when the wrist- or the ankle- opening was opened. When both side of wrist- or ankle- openings were opened to provide the opening area double respectively, the ventilation efficiency did not correspondingly increase twice, as compared to one side opened. Even though it was certainly affected by the opening area, the ventilation efficiency was more significantly influenced by the position of openings.

#### I. 서 론

의복을 착용하고 있는 동안 열적 쾌적성을 달성하기 위해서는 대류와 증발에 의한 신체로부터의 열 손실이 착용자의 체온 조절계에 의해 용이

하게 조절되지 않으면 안된다. 이것은 현열과 잠열의 이동이 의복에 의해 방해받지 않고, 열의 이동에 필요로 하는 충분한 공기가 의복내 미환경을 통하여 교환되는 것에 의해 이루어질 수 있다. 따라서 의복을 통한 의복내 미환경의 공기와 외기와의 교환은 착용 쾌적감을 좌우하는 중요한

요인이다.

의복내 미환경의 공기와 외기와의 교환 즉, 의복의 환기는 의복 디자인<sup>2,16)</sup>, 의복의 개구부<sup>6,8)</sup>, 통기성<sup>3,13)</sup>, 신체 동작<sup>14,17,18)</sup>, 풍속<sup>10,11)</sup>, 환경 기온<sup>5)</sup> 등에 영향을 받는다.

본 연구에서는 피부온과 환경온이 동일한 등온 환경에서 의복의 개구부를 통하여 확산에 의해서만 공기 교환이 이루어질 경우에 있어서의 의복의 환기 효율에 대해 통기성이 없는 의복을 manikin에 입혀 Trace gas법을 이용하여 조사하였다.

각 개구부 개방에 따른 신체 부위별 환기를 정량적으로 비교 검토하고 개구 면적과 개구부의 위치가 의복의 환기 효율에 미치는 영향에 대해 규명하여 등온 환경 조건에서 폐적한 의복 디자인과 착의 방법의 기초 자료를 제공하고자 한다.

## II. 실험

등온 환경에서 개구부를 통한 대기와 의복내 미환경간의 환기는 Crockford 등<sup>9)</sup>이 개발한 Trace gas법을 이용하여 평가하였다. Trace gas법은 매우 간단하고 생리적인 방법에 의해 얻어진 결과와는 달리 피험자의 생리적 상태에 따라 영향을 받지 않으며, 공기교환 속도를 정량화할 수 있고 의복의 부위별 검토가 가능하다. 특히 측정에 요하는 시간이 짧아 피험자에게 주는 부담이 적으며 고가의 설비를 필요로 하지 않는 장점이 있다. 본 실험에서는 공기 중의 성분으로서 산소 가스와 질소 가스가 동일한 거동을 나타낸다는 가정하에서 Tracer로서 산소를 이용하였다.

### 1. 실험 대상과 실험 의복

의복의 개구부를 통한 환기 효율을 규명하는데 있어서 착의 상태의 재현성을 높이기 위해 인체 모형을 이용하여 실험을 행하였다. 인체 모형은 일본인 성인 여성의 표준 사이즈로 만든 마네킹을 이용하였다. 마네킹을 실험 대상으로 하므로서 인간을 대상으로 한 실험의 경우에 야기되는 연령차, 성차, 개인차, 움직임, 생리적 반응 등으로 인한 오차를 없앨 수 있다<sup>7)</sup>.

실험에 이용한 의복은 문화식 원형을 이용하여

제작한 스탠드 칼라의 긴 소매 블라우스와 긴 바지가 일체로 되어 있는 overall이었다. 실험 의복 재료로서 0.089 mm의 염화 폴리비닐 시트(polyvinyl chloride sheet)를 이용하였으며, 시점을 가열 용착하여 제작하였다.

### 2. 실험 장치

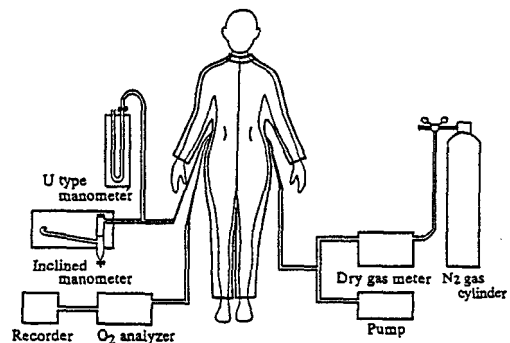
<Fig. 1>에 의복내 미환경의 환기 속도를 측정하기 위하여 이용한 실험 장치를 나타내었다. 실험 장치는 의복과 마네킹 표면 사이 공기층의 공기 치환계와 sampling계의 두 부분으로 이루어져 있다. 의복내를 배기하는 데는 진공 펌프를, 배기한 후 의복내를 재팽창시키기 위해 질소 공급은 질소 실린더와 건식 gas meter(品川精密株式会社, DC-5)를 이용하였다.

의복내 공기층의 산소 농도는 산소계(舟 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.

### 3. 실험 방법

대기 중의 공기와 거의 같은 비중을 가진 질소를 의복내 미환경의 공기와 치환한 후, 소정의 개구부를 개방함과 동시에 의복내 미환경의 산소 농도의 경시 변화를 조사하였다.

먼저, 실험 의복의 허리 위치에 배기 및 질소

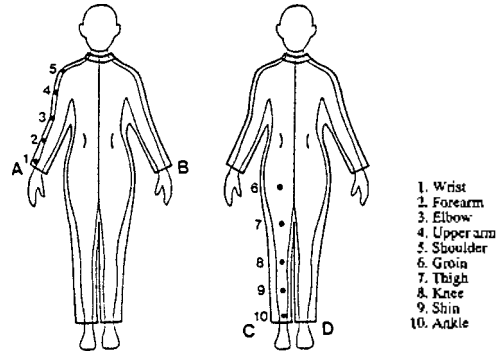


<Fig. 1> Schematic illustration of the apparatus for measuring the clothing ventilation.

공급관 및 sampling관을 삽입하여 의복을 마네킹에 입혔다. 내경 6mm의 배기 및 질소 공급관에는 질소를 의복내 미환경에 균일하게 분포시키기 위해 내경 1.2mm의 구멍을 체표 면적에 비례한 수효만큼 뚫고<sup>15)</sup>, 가슴, 등, 좌우 팔, 좌우 다리에 고정하였다. 압력계에 연결한 내경 6mm의 관은 T자 관을 이용하여 U자형 압력계와 경사 압력계에 연결하였다. 의복내의 압력 측정 부위는 전정중선상의 동위선 위치이다. 내경 3mm의 sampling관은 소정의 측정 부위에 고정하였다. 의복내의 공기가 누출하는 것을 막기 위해 앞어밌은 접착 테이프를 이용하여 봉하고, 손목, 발목과 목부위는 실험과 동시에 개구부의 개방이 용이하도록 두께 0.5mm, 폭 6mm의 고무를 이용하여 밀폐하여 공기 누출을 방지하였다. 진공 펌프를 이용하여 50 ℓ /min의 속도로 의복내의 공기를 배기하였다. U자형 압력계를 이용하여 의복내의 압력이 -65cm H<sub>2</sub>O로 될 때까지 배기하여 이 상태를 의복내가 완전히 배기한 상태라고 간주하였다. 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. 질소는 경사 압력계로 의복내의 gauge 압력이 0 즉, 의복 내부와 외부의 압력차가 없어질 때까지 주입하였다. 관의 사용적(dead space)으로 인한 지체를 고려하여 이 과정은 종료점의 안정이 확인될 때까지 반복하였다. 미환경을 재팽창시키기 위해 주입하는 질소의 양은 건식 gas meter를 이용하여 구하고 그 양을 의복내 미환경의 체적으로 하였다.

다음으로 의복의 모든 개구부를 밀폐하여 의복내를 배기한 후 측정에 의해 얻어진 미환경 체적과 동일한 체적의 질소를 주입하여 소정의 개구부를 개방하고 산소계를 이용하여 시간 경과와 더불어 의복내의 산소 농도 변화를 관찰하였다. 산소 농도는 대기 조성의 반감기에 달할 때까지 측정하였으며 산소 농도의 증가를 의복내의 환기 정도의 지표로 삼았다.

의복내 미환경의 산소 농도 측정 부위는 팔의 손목, 전완, 팔꿈치, 상완, 어깨의 다섯 부위와 다리의 발목, 하퇴, 무릎, 대퇴, 서혜의 다섯 부위가



<Fig. 2> Garment openings and measuring points of oxygen concentration.

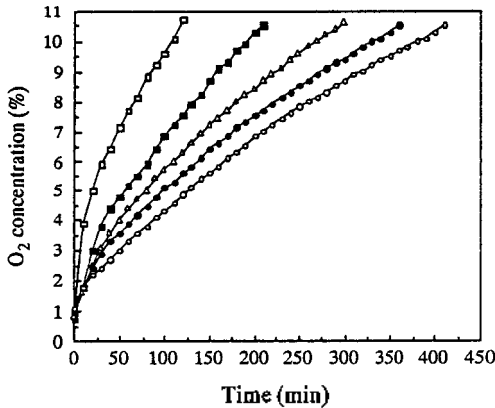
다(Fig. 2).

실험은 온도  $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , 상대 습도  $60 \pm 5\%$ , 기류는 무풍인 항온항습실에서 일정 온열 환경 조건으로 실시하였다.

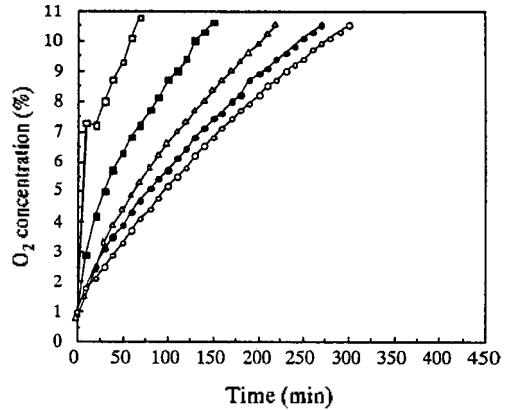
### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 신체 부위별 환기 효율

팔의 의복내 미환경에서의 환기 효율을 조사하기 위해 좌우 소매부리 중 오른쪽 소매 부리(이하 A라 함)만을 개방하고 오른쪽 팔의 손목, 전완, 팔꿈치, 상완, 어깨의 다섯 곳에서 산소 농도 변화를 초기 농도로부터 대기중의 농도의 반감기에 달할 때까지 측정하여 그 결과를 <Fig. 3>에 나타내었다. 횡축은 시간이며 종축은 산소 농도이다. 시간 경과와 함께 산소 농도가 증가하여 손목의 경우 초기 10분 동안에 급격한 기울기로 산소 농도가 증가하였으며 다른 부위에 비해 매우 빠른 농도 변화를 나타내었다. 반감기에 달한 시간은 손목이 117분으로 가장 빨랐으며, 전완 206분, 팔꿈치 294분, 상완 363분, 어깨 411분의 순으로 어깨가 가장 늦게 반감기에 달하였다. 이와 같이 등은 상태에서 소매부리를 통해 확산에 의해서만 환기가 일어날 경우 팔의 의복내 미환경에서는 소매부리로부터의 거리가 가까울수록 산소 농도 증가 속도가 빠르고 거리가 멀수록 산소 농도 증가 속도가 느리게 나타나 환기 효율에 있어



<Fig. 3> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the arm when right wrist-opening was released: □, Wrist; ■, Forearm; △, Elbow; ●, Upper Arm; ○, Shoulder.



<Fig. 4> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the arm when both wrist-openings were released: □, Wrist; ■, Forearm; △, Elbow; ●, Upper Arm; ○, Shoulder.

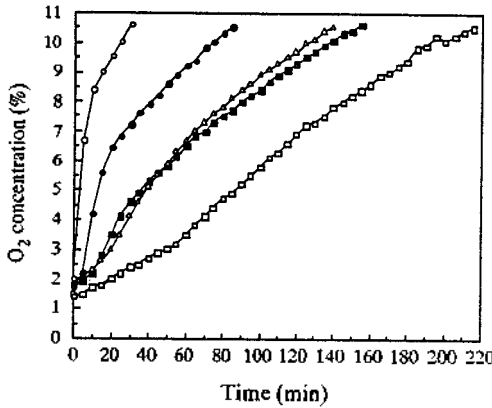
개구부로부터의 거리 의존성을 보였다.

인체는 좌우 대칭이므로 의복내 미환경의 환기 효율이 양쪽 개구부를 개방한 경우에 한쪽만 개방한 경우의 2배가 되는지 어떤지를 조사하기 위해 좌우 양쪽 소매부리(이하 AB라 함)를 개방하고 A를 개방하였을 때와 동일한 부위에서 산소 농도의 경사 변화를 조사하여 <Fig. 4>에 나타내었다. 산소 농도가 증가하는 양상은 한쪽만을 개방한 경우와 유사하게 나타났다. 손목에서는 측정 개시 10분간에 급격히 산소 농도가 증가하여 7.3%에 이르렀으며, 다른 부위보다 현저히 빠른 농도 증가 양상을 보였다. 반감기에 달한 시간은 A를 개방한 경우와 같이 오른쪽 소매부리로부터의 거리에 의존하여, 손목, 전완, 팔꿈치, 상완, 어깨의 순으로 각각 64분, 146분, 219분, 265분, 292분에 반감기에 달하였다. 오른쪽 소매부리만 개방했을 경우의 반감기와 비교하면 손목에서는 53분, 전완 60분, 팔꿈치 75분, 상완 98분, 어깨 119분 빨리 반감기에 달하여 각각 약 1.8배, 1.4배, 1.3배, 1.4배, 1.4배의 환기 효율을 나타내었지만 어느 부위에서도 2배로는 되지 않았다.

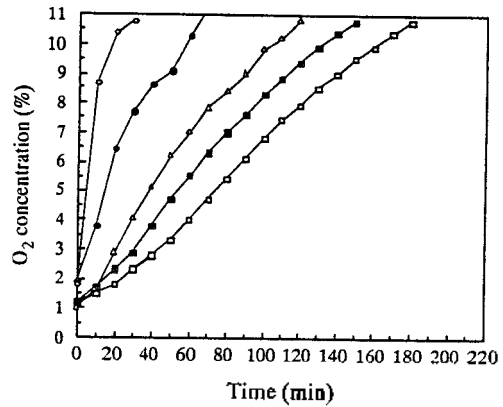
## 2. 개구 면적과 환기 효율

의복내 미환경의 환기 효율에 있어서 개구면적의 효과를 검토하기 위해 먼저 각 개구부에서 체표면과 의복표면 사이의 거리 및 개구면적을 의복의 치수와 마네킹의 둘레로부터 원 환산하여<sup>7)</sup> 구하였다. 소매부리는 20.6cm<sup>2</sup>, 바지부리는 96.99cm<sup>2</sup>로 소매부리보다 바지부리가 4.7배 큰 것으로 나타났다.

바지부리의 개방이 다리의 의복내 미환경의 환기 효율에 미치는 영향에 대해 조사하기 위해 오른쪽 바지부리(이하 C라 함)를 개방하고 오른쪽 다리의 발목, 하퇴, 무릎, 대퇴, 서혜의 다섯 곳에 서의 산소 농도 변화를 조사하여 <Fig. 5>에 나타내었다. 발목, 하퇴에서의 산소 농도 변화는 초기에는 급격한 기울기로 증가하였으나 일정시간 이후부터는 다소 완만한 기울기로 바뀌는 것을 알 수 있다. 서혜의 경우에는 초기부터 거의 직선적으로 산소 농도 증가를 나타내어 다른 부위와는 증가 양상이 다르게 나타났다. 반감기에 달한 시간은 발목 29분, 하퇴 84분, 무릎 138분, 대퇴 151분, 서혜 214분이었다. 다리의 의복내 미환경에서도 팔의 의복내 미환경에서의 마찬가지로 바지



<Fig. 5> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the leg when right ankle-opening was released: □, Groin; ■, Thigh; △, Knee; ●, Shin; ○, Ankle.



<Fig. 6> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the leg when both ankle-openings were released: □, Groin; ■, Thigh; △, Knee; ●, Shin; ○, Ankle.

부리로부터 멀수록 산소 농도 증가 속도가 느리게 나타나 확산에 의해서만 환기가 일어날 경우 의복내의 환기는 개구부로부터의 거리에 크게 의존하는 것을 확인하였다.

A개방과 C개방에 있어서 각각 개구부로부터 거의 같은 거리에 있는 부위 즉, 손목(5cm)과 발목(7cm), 팔꿈치(22cm)와 하퇴(18cm), 상완(36cm)과 무릎(33.5cm), 어깨(51cm)와 대퇴(51cm)에서의 산소 농도 증가 속도를 비교하면 다리의 의복내 미환경에서 산소 농도 증가 속도가 현저히 빠른 것을 알 수 있다. 개구부 방향에서 보면 A와 C 모두 하향 개구이지만 환기 효율에 있어 크게 차이를 보이는 것은 A에 비해 C의 개구 면적이 4배 이상되기 때문으로 분석되며, 이와 같은 결과는 개구부의 면적이 의복의 환기 양상에 크게 영향을 미친다는 것을 입증하는 결과이다.

<Fig. 6>은 바지의 좌우 양쪽 부리(이하 CD라 함)를 개방하고 C개방에서의 동일하게 오른쪽 다리의 다섯 곳에서 산소 농도 변화를 조사한 결과이다. 한쪽 바지부리를 개방한 경우와 같이 산

소 농도 변화는 발목에서 22분에 반감기에 달하여 가장 빠른 농도 증가를 나타내었으며, 다음이 하퇴, 무릎, 대퇴, 서혜의 순으로 각각 64분, 114분, 143분, 173분에 반감기에 달하였다. 한쪽만을 개방했을 때의 반감기와 비교하면 발목, 하퇴, 무릎, 대퇴, 서혜에서 각각 약 1.3배, 1.3배, 1.2배, 1.1배, 1.2배의 환기 효율을 나타내었으나 팔의 경우와 마찬가지로 개구 면적은 2배로 증가하였지만 어느 부위에서도 환기 효율은 2배로 되지는 않았다.

이와 같은 결과로부터 수평 위치에 있는 좌우 양쪽의 개구부를 동시에 개방하여도 신체 구조상 다리는 아치형을 하고 있으며, 팔의 경우에는 몸통을 사이에 두고 있어 의복내의 공기층이 좌우로 직통형을 이루지 않기 때문에 각각의 개구부를 통해 유입된 공기가 혼합되면서 측정 부위까지 이르는 데는 상당한 시간이 걸린다는 것을 알 수 있다.

### 3. 개구부의 위치와 환기 효율

의복에 있어 개구부의 위치는 환기 속도에 크

제 영향을 미치며, 따라서 의복을 통한 열과 수분 이동을 좌우하므로 개구부의 위치 설정은 매우 중요하다<sup>14)</sup>.

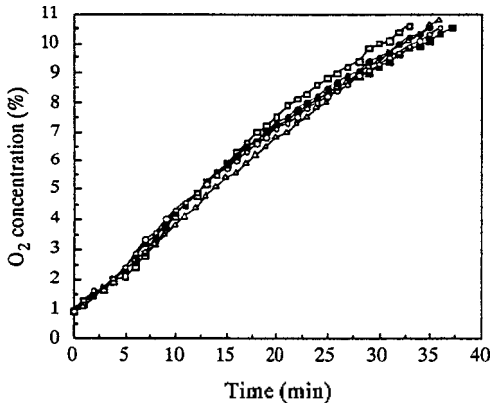
동일한 신체부위에서 좌우 개구부를 개방한 경우와 신체의 각기 다른 부위의 개구부를 개방한 경우 즉, 개구부의 위치에 따른 환기 양상의 차이를 검토하기 위해 소매부리와 바지부리의 개구부를 개방하고 팔과 다리의 의복내 미환경에서의 산소 농도 변화를 조사하였다.

<Fig. 7>은 오른쪽 소매부리와 오른쪽 바지부리 (이하 AC라 함)를 개방하고 오른쪽 팔의 손목, 전완, 팔꿈치, 상완, 어깨의 다섯 곳에서 산소 농도의 경시 변화를 조사한 결과이다. 소매부리와 바지부리를 동시에 개방함에 따라 산소 농도 증가 속도가 현저히 빨라졌으며 모든 부위에서 거의 같은 기울기로 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 반감기에 달한 시간도 유사하여 32분 40초에서 37분 20초 사이에 이르렀다. A만을 개방한 경우에 비해 약 3.6배에서 11.0배, AB를 개방한 경우에 비해 약 2.0배에서 7.8배 환기 효율이 높게 나타났지만 단일 개구 개방에서 보였던 측정 부위와 가까운 개구부 즉, 소매부리로부터의 거리

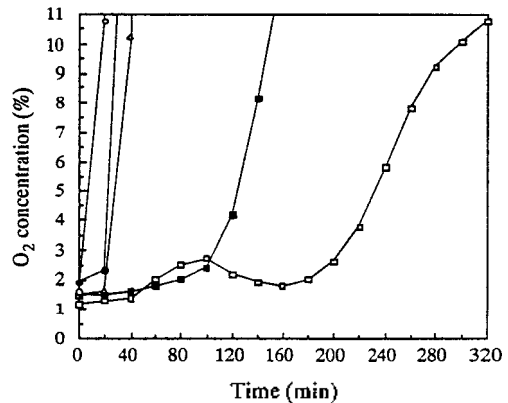
의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다. 이것은 개구 면적이 큰 바지부리로부터 유입한 공기가 더 큰 영향을 미치기 때문으로 해석된다. 한편 AB를 개방한 경우보다 환기 효율이 높게 나타난 것은 개구 면적에 있어 차이가 있을 뿐 아니라 좌우 소매부리나 좌우 바지부리를 개방한 경우에는 수평 위치에 놓여 있던 개구부가 소매부리와 바지부리를 개방하므로써 수직 위치에 놓이기 때문으로 분석되며, 이와 같은 결과는 개구 면적뿐만 아니라 개구부의 위치도 의복의 환기에 중요한 인자로서 작용하는 것을 시사하는 결과이다.

<Fig. 8>은 AC를 개방하고 오른쪽 다리에서 산소 농도를 측정된 결과이다. 팔과는 달리 상당히 빠르게 산소 농도가 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 발목과 하퇴, 무릎의 경우에는 1분 이내에, 대퇴에서는 2분 30초, 서혜의 경우에는 5분 20초에 반감기에 달하여 C만을 개방한 경우에 비해 현저히 빠른 산소 농도 증가 양상을 나타내었으며 CD를 개방한 경우에 비해서도 산소 농도의 증가가 빠른 것을 알 수 있다.

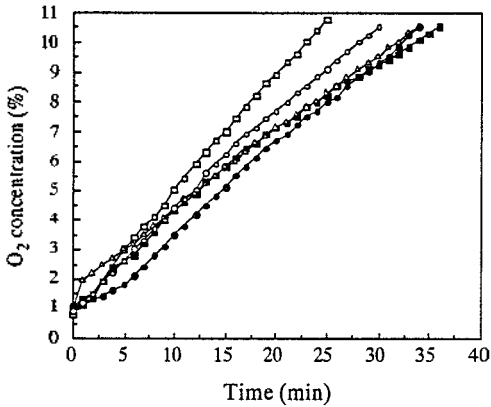
개구면적은 CD를 개방한 경우가 AC를 개방한 경우보다 크지만 환기 효율에 있어 AC를 개방한



<Fig. 7> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the arm when right side of wrist- and ankle- openings were released: □, Wrist; ■, Fore-arm; △, Elbow; ●, Upper Arm; ○, Shoulder.



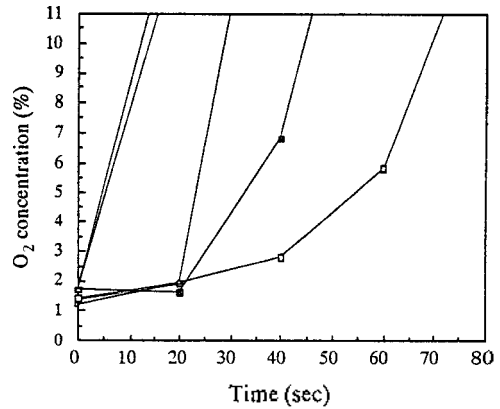
<Fig. 8> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the leg when right side of wrist- and ankle- openings were released: □, Groin; ■, Thigh; △, Knee; ●, Shin; ○, Ankle.



<Fig. 9> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the arm when both side of wrist- and ankle- openings were released: □, Wrist; ■, Forearm; △, Elbow; ●, Upper Arm; ○, Shoulder.

경우가 CD를 개방한 경우보다 더 크게 나타나 개구부의 크기가 의복의 방열 효과에 미치는 영향이 크지만 개구부의 위치는 크기보다 더 큰 영향을 미친다고 보고한 선행 연구 결과<sup>3,4,5)</sup>와 일치하였다. 이와 같은 결과로부터 개구부의 위치가 의복의 환기에 중요한 인자로서 작용한다는 것이 입증되었다.

<Fig. 9>는 좌우 양쪽 소매부리와 양쪽 바지부리 (이하 ABCD라 함)를 개방하고 오른쪽 팔에서 산소 농도를 측정된 결과이다. 산소 농도는 AC를 개방한 경우와 마찬가지로 거의 직선적으로 증가하였다. 반감기에 달한 시간은 손목이 24분 20초, 전완 36분, 팔꿈치 34분, 상완 34분, 어깨 30분으로 소매부리로부터 가까운 부위가 먼부위보다 산소 농도가 빠르게 증가하였지만 A만을 개방한 경우 및 AB를 개방한 경우와 비교하면 각각 4.8~13.7배, 2.6~9.7배 빨리 반감기에 달하여 현저히 증대된 환기 효율을 나타내었지만 AC를 개방한 경우에 비해 모든 부위에서 약 1.3배의 환기 효율을 나타내어 2배로는 되지 않았



<Fig. 10> Change in oxygen concentration within the clothing microenvironment of the leg when both side of wrist- and ankle- openings were released: □, Groin; ■, Thigh; △, Knee; ●, Shin; ○, Ankle.

다. 이와 같이 좌우 소매부리와 바지부리를 동시에 개방해도 팔의 의복내 미환경에서는 오른쪽 소매부리와 바지부리만을 개방한 경우와 크게 차이를 나타내지 않는 것은 체형상의 특징에서 기인한 것으로 몸통을 경계로 좌우 독립된 환기가 일어나 상호 큰 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있다.

<그림 10>은 ABCD를 개방하고 오른쪽 다리에서 산소 농도를 측정된 결과이다. 다리에서는 개구부 개방과 함께 급격한 농도 증가를 나타내어 어느 측정 부위에서나 1분 10초 이내에서 산소 농도가 반감기에 달한 것을 알 수 있다. AC를 개방한 경우와 비교하면 모든 부위에서 현저히 증가된 환기 효율을 나타내어 팔의 미환경에서의 환기 양상과는 다른 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 의복의 환기 양상은 신체 부위별로 다르며 환기 양상을 평가하기 위해서는 부위별 검토가 필요하다<sup>12)</sup>는 이론과 일치하였다.

이상의 결과로부터 의복의 환기에 있어 개구부의 면적, 위치 설정의 중요성이 입증되었으며, 개

구부를 통한 인체로부터 환경간의 열 교환을 원활하게 하기 위해서는 인체 부위별 환기를 증진시킬 수 있는 디자인 개발과 착장 방법의 연구가 필요하다는 것을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

등은 환경하에서 의복의 개구부를 통하여 확산에 의해서만 공기 교환이 이루어질 경우의 의복내 환기 효율을 통기성이 없는 의복을 manikin에 입혀 Trace gas법을 이용하여 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 의복의 환기는 신체 부위별로 다른 양상을 나타내었다.
- 2) 소매부리와 바지부리의 개방에 따른 팔과 다리의 의복내 미환경에서의 환기 효율은 개구부로부터의 거리에 크게 의존하였다.
- 3) 양 소매부리 또는 양 바지부리를 개방한 경우에는 각각 한쪽만 개방했을 때 보다 개구면적은 2배가 되지만 환기효율은 2배로 되지 않았다.
- 4) 의복의 환기에 있어서 개구면적이 큰 영향을 미치지만 개구부의 위치는 더 큰 영향을 미쳤다.

#### 참고문헌

1. 김태훈, 織物の 保溫性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 블라수스 형태 변화의 영향 연구, 한국의류학회지, 16, 53-63, 1992.
3. 유화숙, 김은애, 의복재료와 개구부 요인이 의복내 미세기후에 미치는 영향력 비교, 한국의류학회지, 20, 1084-1095, 1996.
4. 추미선, 개구부를 통한 의복의 환기 양상에 관한 이차원 모델의 수치해석, 한국생활환경학회지, 3(1), 27-36, 1996.
5. 추미선, 中島利誠, Trace gas법에 의한 의복의 환기 양상의 평가, 한국의류학회지, 21, 1387-1395, 1997.
6. 藤本弥生, 石川欣造, 竹内正顯, 着衣の保溫性への下端開口部の効果-模擬皮膚による検討, 纖維學會誌, 53, 146-154, 1997.
7. 中島利誠, 小林彰夫, 生活と環境, 垣内出版株式会社, p.102, 1989.
8. 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氣候に及ぼす空氣層厚さの效果, 纖維學會誌, 50, 298-305, 1994.
9. 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.
10. 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.
11. Havenith, G., Heus, R. and Lotens, W.A., Resultant clothing insulation: a function of body movement, posture, wind, clothing fit and ensemble thickness, *Ergonomics*, 33, 67-84, 1990.
12. Lotens, W.A. and Havenith, G., Ventilation of rainwear 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.
13. Mekjavic, I.B. and Sullivan, P.J., Constant wear thermal protection garments for helicopter personnel, in *Environmental Ergonomics* (Ed. by Mekjavic, I.B., Banister, E.W. and Morison, J.B.), Taylor & Francis, pp.240-263, 1988.
14. Neilsen, R., Gavhed D.C.E. and Nilsson, H., Thermal function of a clothing ensemble during work: dependency on inner clothing layer fit, *Ergonomics*, 32, 1581-1594, 1989.
15. Newburgh, L.H., *Physiology of heat regulation and the science of clothing*, Hafner Pub., p.76, 1968.



16. Shiver, J.L., Yeh, K., Fourn, 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.
17. Vogt, J.J., Meyer, J.P., Candas V., Libert, J.P. and Sagot, J.C., Pumping effects on thermal insulation of clothing worn by human subjects, *Ergonomics*, 26, 963-974, 1983.
18. 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.