

# G.C를 이용한 Ventilation 측정방법과 Ventilation에서의 블라우스형태변화의 영향

박 우 미 · 최 철 호

광주대학교 문리과대학 의상학과, 전남대학교 사범대학 가정교육과

## Method of Ventilation by Gas Chromatography and the Effects of the Type of Blouse

Woo Mee Park and Chul Ho Choi

Dept. of Clothing, Kwangju Univ.

Dept of Home Economics, Junnam Univ.

(1991. 11. 7 접수)

### Abstract

The purpose of this study is to investigate the method of trace gas technique by G.C and the effects of the type of blouse on ventilation.

The experimental system employed a trace gas technique in which ventilation was monitored to determine oxygen exchange rate.

The experimental variables were tested with three types of blouse depending on the sizes of neckline, armhole and waist line. Exercise conditions include standing and walking position.

The results and discussion focused on the construct validity of the apparatus/testing protocol. the effect of experimental variables on ventilation was also discussed.

### 서 론

열전달율을 결정해주는 의복의 성질은 대류, 복사에 의한 열방출(Dry heat loss)과 땀에 의한 증발(Evaporative heat loss)에 대한 저항에 좌우되며 의복을 통한 인체로부터의 열방출의 경로는 1. 의복을 통해 전이될 수 있는 전도, 대류에 의한 열방출(Sensible heat loss) 2. 의복내공간을 통해 전이될 수 있는 열방출 3. 의복내 공간에서의 땀의 증발에 의해 전이될 수 있는 불감증설(Insensible heat loss)로 이는 의복내 공기층에서의 연돌효과(Chimney effect)나 Bellows effect 등의 공기

의 흐름에 의해 달라진다<sup>1)</sup>.

이에 의한 의복의 열전달 특성의 연구와 열전달의 수학적 모델의 사용은 특수한 작업에 견디는 시간과 의복에 의해 생기는 생리적인 반응을 예견하는데 사용되어 왔다<sup>2)</sup>. Ventilation은 의복의 열 수분전달의 일면으로서 의복내의 고온다습한 공기가 외부의 신선하고 건조한 공기로 대체되어지는 현상이며 열적 평형을 유지하여 쾌적감을 부여하는데 중요한 역할을 담당하고 있다<sup>3)</sup>.

Ventilation의 선행연구를 보면 초기에는 의복재료에 촛점을 두고, 의복재료를 통한 열 수분의 확산에 의해 연구되다가 근간에 의복재료가 갖는 정기공기층과 물리적 성질이 대류현상을 포함한 확산의 열 수분전달에 미치는

영향에 대해 연구되어 왔다. 그 후로 Heated Cylinder 나 마네킨을 이용하여 의복을 착용함으로써 형성되는 의복내 정지된 공간에서의 열 수분이동과 또 정지공기층 뿐 아니라 기류가 형성되는 공기층에서의 열전달이 활발하게 연구되어 왔다.

측정 방법에 있어서도 Crockford에 의해 Trace Gas Method가 개발되었는데 사용하는 Tracer가 처음에는 탄소, 수소였다가 나중에는 인체에 해가 없는 산소, 수증기로의 발전이 이루어 졌다. 그러나 지금까지의 연구결과로 볼 때 의복재료의 요인이 초점이 되어 왔고 Heated Cylinder나 마네킨을 이용한 정지공기층에서의 제한된 대류의 Ventilation의 연구가 행해졌다. 이처럼 의복내 공기층에 대한 보온성에 관계하는 Ventilation의 중요성은 여러학자들에 의해 피력된 바 있지만<sup>4)</sup> 의복구성학적 측면에서의 여러가지 형태변화에 의해 형성된 공기량이 Ventilation에 미치는 영향은 거의 연구되어 있지 않다.

그러므로 본 연구에서는 Ventilation의 측정방법으로서, Crockford의 Trace Gas 법에 준하면서 가스 크로마토그래피를 이용하여 공기교환율을 분석하고, 블라우스의 형태변화의 요인이 Ventilation에 미치는 영향과 의복착용시 인간의 동적 자세가 주는 영향을 성인여자를 피험자로 하여 공기교환율을 측정하여 비교분석하였다.

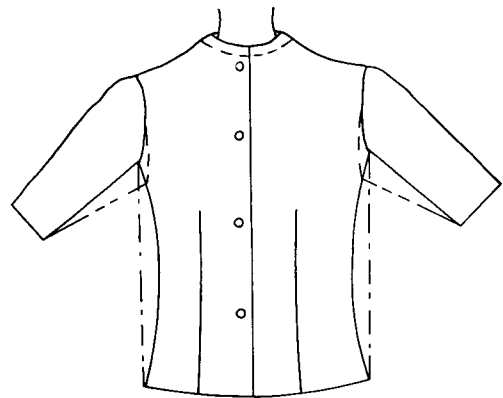
## II. 실험 방법

### 1. 실험 설계

블라우스의 형태변화가 Ventilation에 주는 영향을 실험분석하기 위해 공기층 형태 변화의 요인 3단계와 서있는 자세와 걷는 자세의 동작요인으로 실험의복을 제작하여 각 실험의복에 대해 3번 반복하여 실험이 행해졌다.

공기층 형태변화의 요인은 목, 허리, 진동둘레를 달리 한 의복구성방법으로서

- 1) 블라우스의 원형 (Type B<sub>1</sub>)
- 2) 블라우스의 원형에서 목둘레선을 2 cm파고 박스형으로 하는 방법 (Type B<sub>2</sub>)
- 3) 블라우스의 원형에서 목둘레선을 2 cm파고 진동둘레를 겨드랑이 밑점에서 5 cm 내리는 방법 (Type B<sub>3</sub>)의 3단계로서 목, 허리, 진동둘레에 의해 형성되는 공기층 형태 변화에 따른 Ventilation현상을 분석하기 위한 의도로 설정하였다. 또 구간부의 위치에 따라 Ventilation의 정도가 달라지므로 가슴, 등, 진동의 3부위를 선정하였다. Fig. 1은 실험 블라우스의 형태를 나타낸 것으로 여유분은 (B/2)+6으로 하였다. 소매길이는 팔꿈치선까지이고 소매부리 둘레는 26 cm로 동일하게 하였으며 블라우스의 총길이는 50 cm로 하여 제작하였다.



— Type B<sub>1</sub> - - - Type B<sub>2</sub> ····· Type B<sub>3</sub>

Fig. 1. Design for experimental garment.

Table 1. Description of subject

Sex	Height (m)	Weight (kg)	B.L. (cm)	C.B.W.L. (cm)	S.W. (cm)
Female	165	50	81	40	34.4
Age	B.W. (cm)	N.L. (cm)	A.L. (cm)	W.L. (cm)	Rohrer index
22	35	38	32	65	1.11

B.L. = Bust line  
S.W. = Shoulder width  
N.L. = Neck line  
W.L. = Waist line

C.B.W.L. = Center back waist length  
B.W. = Bust width  
A.L. = Sleeve length

2. 피험자 및 실험의복재료

요인에 따른 부위별 산소변화율을 측정하기 위해 건강한 성인여자 1명으로서 피험자의 신체적 사항은 Table 1에 나타내었다. 실험의복재료는 가능한 한 재료의 영향을 통제하였는데 고밀도일수록 두께가 두꺼울수록 재료를 통한 확산이 적어져 의복형태변화의 요인이 뚜렷하

게 나타나기 때문에 시중에 나오는 광목으로서 가장 두껍고 고밀도직물을 선택하였다. 그리고 실험의복재료의 물리·화학적 특성치와 측정방법은 Table 2에 나타내었다.

피험자의 착용의복은 상반신은 브래지어 위에 실험의복을, 하반신은 팬티와 운동복 긴바지, 면양말을 착용하고 운동화를 신었다.

Table 2. Fabric characteristics

Physical properties		Testing method
Component (%)	cotton 100	JIS L 1030
Fabric density (yarns/inch)	65	KSK O 511, JIS L 1079
Packing factor	0.36	Bulk density/fiber density
Air permeability (ft <sup>3</sup> /ft <sup>2</sup> min)	24	ASTM D 737
Weight (g/m)	195.68	KSK O 514
Thickness (mm)	0.343	KSK O 506
Moisture (%)	5.50	KSK O 220
Thermal conductivity (Kcal/cm <sup>2</sup> h°C)	2.9275	ASTM D 1518

3. 실험장치 및 순서

1) 실험장치

Ventilation 측정 방법으로서 Crockford의 Trace Gas방법<sup>5)</sup>이 가장 대표적이는데 본 연구에서는 Crockford의 Trace Gas 방법에 준하면서 G.C를 이용하여 산소변화율을 측정하였다. Fig. 2는 공기교환율의 측정을 위한 실험장치를 나타낸 것이다.

공급튜브(Supplying Tube (C))는 지름이 1.8 cm의 Polyvinyl Chloride(Tygon)로 만들었고 길이는 앞은 좌우 78 cm씩 2개이고, 뒤는 156 cm의 1개로 앞과 뒤의 체표면적이 같기 때문에 앞과 뒤의 튜브의 길이를 동일하게 하였으며, 앞은 앞트임이 있기 때문에 좌우의 2개

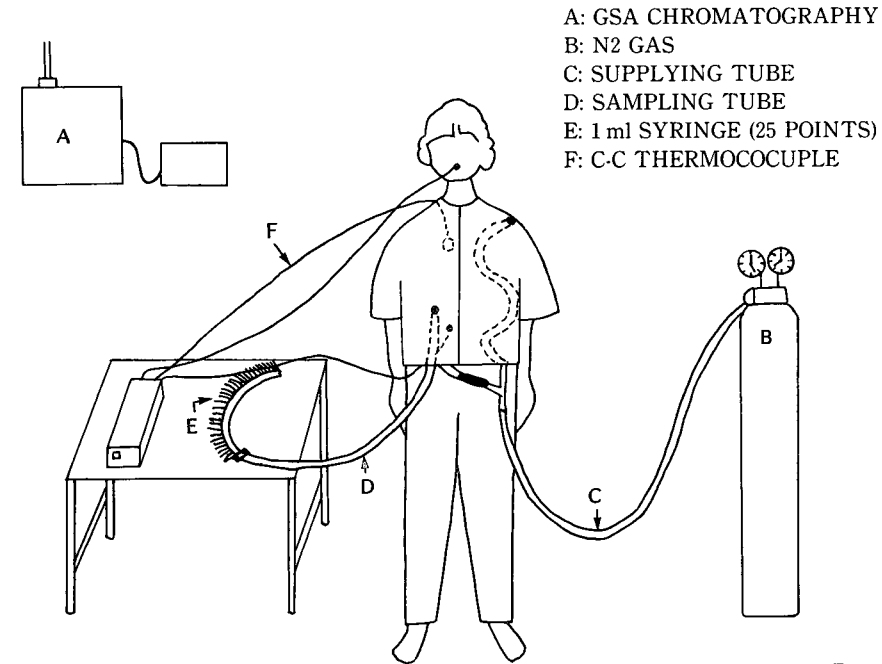


Fig. 2. Schematic diagram for microclimate air exchange measurement.

로하여 Fig. 3과 같이 배치하였다. 이 공급튜브로 의복 내에 질소가스를 주입시키는데 구간부에 끌고루 질소가스가 주입되도록 하기 위해 튜브에 구멍을 1cm 간격으로 직경 0.1cm씩 가능한 한 작게 뚫었다. 그리고 각 튜브의 구멍의 끝은 막았다. 3개가 된 튜브의 Y관으로서 연결시키고 의복의 앞과 뒤에 실로 고정시켰다. 튜브의 한쪽은 질소가스통에 연결되도록 하였다.

채취튜브(Supplying Tube (D))는 지름이 0.2cm의

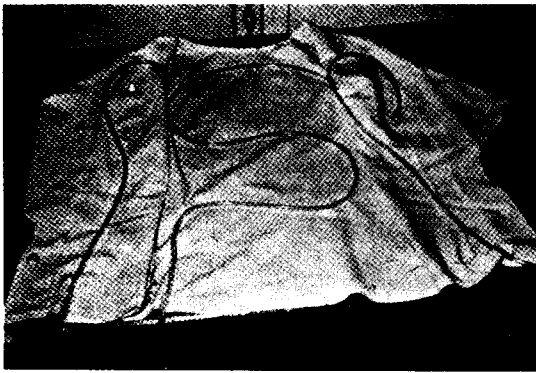


Fig. 3. Arrangement of supplying tube.

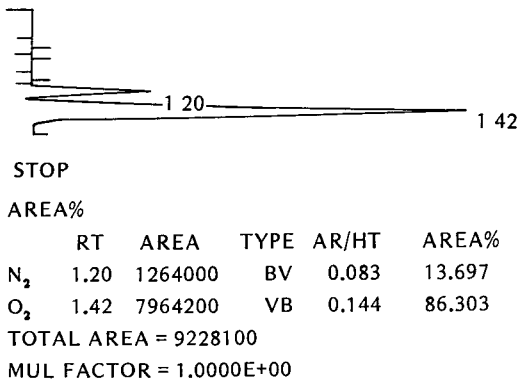


Fig. 4. The recorder response of gas chromatography.

Polyvinyl chloride (Tygon)로 만들었고 길이는 피험자가 걷는 자세를 하는데 불편하지 않을 정도의 최소한의 길이로서 70cm로 하였다. 이 채취튜브의 한쪽 끝은 피부의 지정된 부위에 부착시키고 다른 한쪽 끝은 7cm의 1회용 튜브를 연결한 다음 25개의 1회용 주사기를 꽂아 공기를 채취하였다. 채취튜브안에 존재해 있는 공기는  $\pi r^2 \times l$ 의 부피이므로 이 공기를 제거한 후부터의 산소량을 분석하였다.

가스크로마토그래피(Gas chromatography (A))는 채취튜브에 의해 채취된 공기에서의 산소와 질소에서의 양을 분석하기위해 사용되었다. 여기에 사용된 가스크로마토그래피는 HEWLETT PACKARD 5890 G.C와 3390 INTEGRATOR이고 G.C의 분석조건은 Table 3에 나타내었으며 이에 의한 분석결과를 Fig. 4에 제시하였다.

온도계(F)는 Copper Constantan Sensor Thermocouple을 이용하여 지정된 부위의 피부온을 측정하였고 의복내온도는 좌우 견갑골의 중간부위에서 측정하였으며 체온은 설하온으로 하였다.

Ventilation에 환경온의 영향은 필수적이거나 블라우스 형태변화의 요인을 분석하기 위해 환경온의 요인은 배제하였다. 실험실의 온도는  $23 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , 습도는  $60 \pm 5\%$ , 기류는 20 cm/sec 이하로 무풍상태였다.

2) 실험순서

a. 피험자는 실험실에 들어와서 공급튜브가 부착된 실험의복을 착용하고 가슴, 등, 진동 부위의 지정된 부위에 온도계센서를 부착하고 30분간 안정을 취한다.

b. 공급튜브를 질소가스통에 연결하고 채취튜브를 지정된 부위에 부착시킨다.

c. 10 psi 압력으로 공급튜브를 통해 의복내에 30초동안 주입한다.

d. 30초동안 주입하고 질소가스통을 막은 즉시 1회용 채취튜브에 부착된 25개의 1회용 주사기에 매초마다 0.5 ml씩 25초동안 채취한다.

Table 3. Analysis condition for gas chromatography

Instrument	Hewlett packard 5890	Colume temt.	150°C
Detector	TCD	Injector temt.	150°C
Colume	6feet molecularsieve 13x 60/80 MESH, 1900/A-mx2	Detector temt.	150°C
Flow rate	40 ml/min	Carrier gas	Hellium

e. 주사기에 채취한 가스가 누설되지 않도록 1회용 채취튜브의 두께 사이로 주사바늘의 구멍을 막는다.

f. 채취한 가스를 가스크로마토그래피에 넣어 분석한다. 이때 3부위를 동시에 채취하지 않고 먼저 가슴부위를 채취하여 G.C에서 분석한 다음 진동부위를 차례로 채취하여 분석한다. 분석시 25개의 샘플을 채취하였지만 처음 4개는 튜브안에 존재해 있는 공기이므로 제외하였고 20초이후는 평형에 가까워지는 점으로써 큰 변화를 나타내지 않기 때문에 2~3초 간격으로 하여 5초~20초 22초 25초로서 총 18개의 샘플을 분석하였다. 1부위에서 18개의 샘플을 채취하여 G.C에 분석하기까지는 약 1시간정도 소요되어 1개의 실험의복에 대한 공기교환율의 분석은 약 3시간이 소요되었다.

g. 질소주입으로 인한 피부온의 변동을 고려하여 5분 후에 그때의 피부온, 의복내온도 체온을 기록한다.

**3) 자료분석**

공기교환율의 실험결과에서 진동부위에서는 시작점에서의 산소농도가 19% 이상이 되어 산소변화의 경향이 뚜렷하게 나타나지 않은 경우가 발생하였는데 이렇게 경향이 뚜렷하게 나타나지 않은 경우는 이를 제외시켰고 시작점에서의 산소농도가 대체적으로 17% 이하인 자료만을 사용하였다. 자료분석은 P.C로 Lotus와 Slide Software에 의해 행해졌다. 그리고 SPSS PC+로 ANOVA가 분석되었다.

**III. 결과 및 고찰**

**1. 1차 반응속도 모델에 의한 자료피팅**

Trace Gas 방법에 의한 Ventilation의 선행연구에 의하면 시간경과에 따른 산소농도 변화는 1차 반응속도 모델이 적용된다. 그리고 1차 반응 속도 모델은 가장 간단한 매카니즘에 의해 분석되어지기 때문에 1차 반응 속도 모델에 의한 자료 피팅이 합리적이다. 즉 1차 반응 속도 모델에서 물질감소 변화율은 그 시점에서의 그 물질의 농도에 비례하고 초기 농도와는 무관하다.

1차 반응 속도 모델에 의한 질소 변화율은 다음과 같이 계산되어진다. 즉, 시간경과에 따른 질소 변화율은 내부와 외부의 질소차에 비례한다.

$$-d(N-N_{out})/dt=K(K-N_{out}) \dots\dots\dots (1)$$

N=시간 t에서의 질소 농도

N<sub>out</sub>=외기에서의 질소농도

K=상수

t=시간

이므로 식 (1)은 초기조건 t=0, N=N<sub>0</sub>일 때

$$(N-N_{out})/(N_0-N_{out})=e^{-kt} \dots\dots\dots (2)$$

시간 경과에 따른 의복내에서의 열손실은 의복최내층에서 의복최내층으로 방출되는 추진력에 비례하며 대류복사에 의한 열손실은 이와 같은 견지에서 설명된다. 그런데 1차 반응 속도 모델은 물질의 농도, 온도에 비례하기 때문에 물질의 감소변화율과 전반적인 열전달 과정을 이해하는데 1차 반응 속도 모델 적용은 합리적이며, 핵온에서 의복내공간으로의 열전달 또한 1차 반응 속도 모델에 의한다고 할 수 있겠다.

그러므로 본 연구에서는 가스 크로마토그래피로 분석한 산소 농도 변화율을 1차 반응 속도 모델에 적용시켜 자료를 회귀하여 피팅하였고 그 계산은 다음과 같다.

O=Oxygen

N=Nitrogen

N=100-O

N<sub>0</sub>=100-O<sub>0</sub>

N<sub>out</sub>

O<sub>0</sub>=초기 산소농도

O<sub>out</sub>=외기의 산소농도

O=t시간에서의 산소농도

이것을 식(2)에 대입하면

$$\ln\{(O_{out}-O_0)/(O_{out}-O)\}=kt \dots\dots\dots (3)$$

이 되어 이 식을 이용하여 k값을 구할 수 있다.

즉 (3)식에서

$$(O-O_0)/(O_{out}-O_0)=1-e^{-kt} \dots\dots\dots (4)$$

이므로 양변을 미분하면

$$d(1-e^{-kt})/dt=te^{-kt} \dots\dots\dots (5)$$

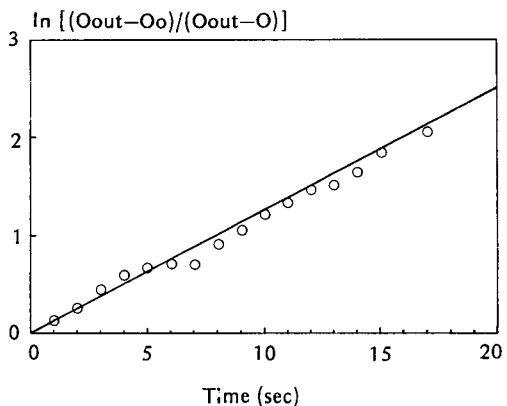


Fig. 5. Linear relationship between ln (O<sub>2</sub> exchange ratio) and time by

t=0를 대입하면

$$=K \dots\dots\dots (6)$$

로서 초기기울기는 K값으로 나타내진다. 그런데 의복 내의 산소변화과정이 1차 반응 속도 모델이라면 K값은 직선화되어야 하는데 본 연구결과에 의하면 Fig. 5에서 본 바와 같이 K값이 직선으로 나타남으로서 1차반응속도 모델의 적용타당성을 입증해주고 가스크로마토그래피에 의한 실험의 신뢰도를 증명해주고 있다.

Fig. 6은 1차반응 속도 모델에 의해 자료 피팅하기 전의 자료에 의한 시간경과에 따른 산소변화율의 대표적인 곡선을 나타낸 것이다. A부분은 채취하기전 채취튜브에 존재해 있는 공기량은  $\pi r^2 \times l$  즉, 2.198 l 정도로서 이 공기량이 채취되는 과정이다. B부분은 기울기가 가장 큰 부분으로서 의복내의 공기가 의복외의 공기와 잘 교환되어지는 부분이다. C부분은 외기와와의 빠른 교환이 끝나고 느린속도로 외기와와의 순환이 이루어지면서 평형

점을 향해가는 부분이다. 본 연구에서의 블라우스형태 변화, 동작요인에 대한 영향은 거의 B부분의 차이에서 나타내 진다. 즉 1곡선과 2곡선은 블라우스 형태 변화, 동작요인에 따른 산소변화율의 차이를 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 7은 기초자료에 대한 회귀의 피팅결과를 나타낸 것이다.

2. 시간경과에 따른 산소변화율

본 연구에서는 가스 크로마토그래피의 분석결과에 준한 산소농도변화를 가지고 결과, 고찰을 하고자 한다.

2-1. 부위별 시간경과에 따른 산소변화율

Fig. 8에서 Fig. 10까지는 각 Type의 서있는 자세와 걷는 자세에서의 산소 변화율을 부위별로 나타낸 것이다.

서있는 자세의 경우, 대체적으로 진동부위의 산소변화율곡선이 가장 경사가 급하고 가슴 등 순으로 나타났

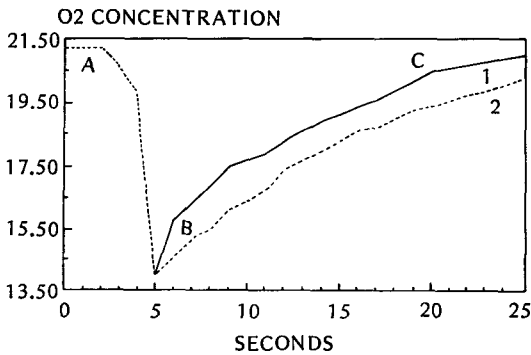


Fig. 6. Representative curve versus time.

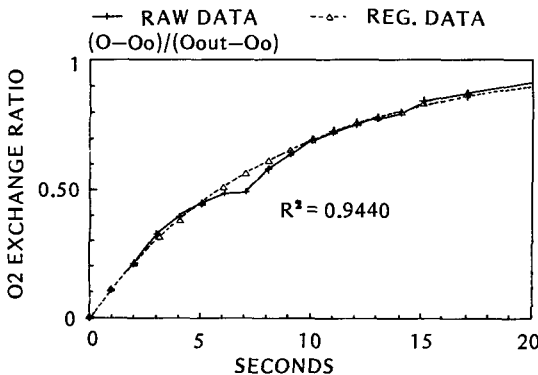


Fig. 7. Comparison of row data and regression fitting data.

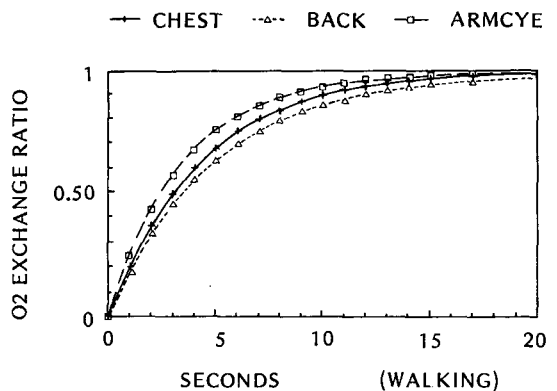
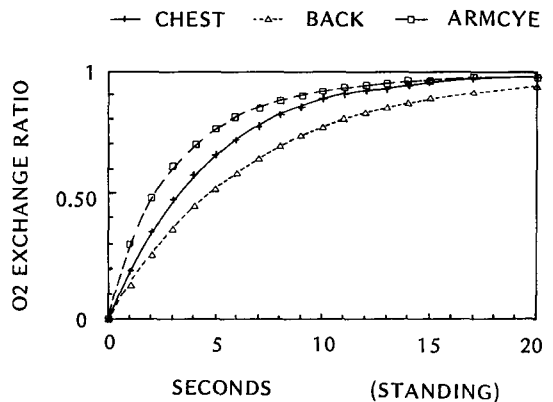


Fig. 8. O<sub>2</sub> exchange ratio versus time, type B<sub>1</sub>.

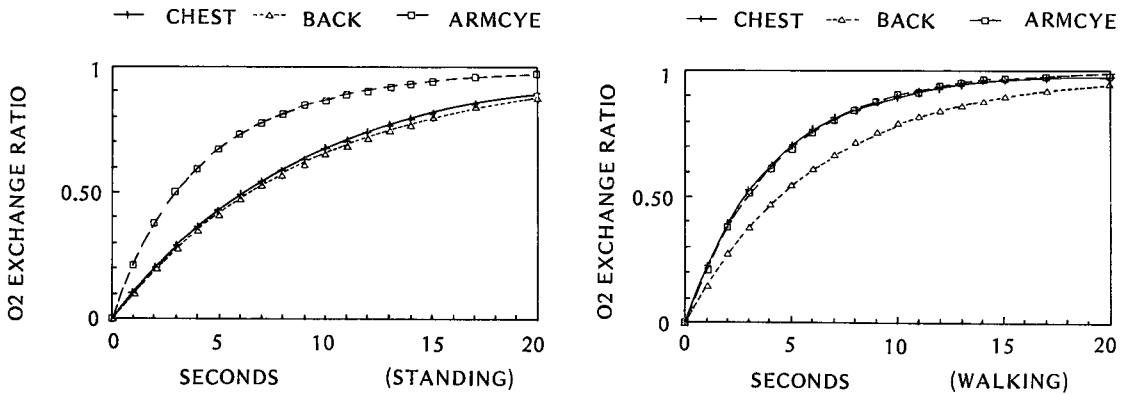


Fig. 9. O<sub>2</sub> exchange ratio versus time, type B<sub>2</sub>.

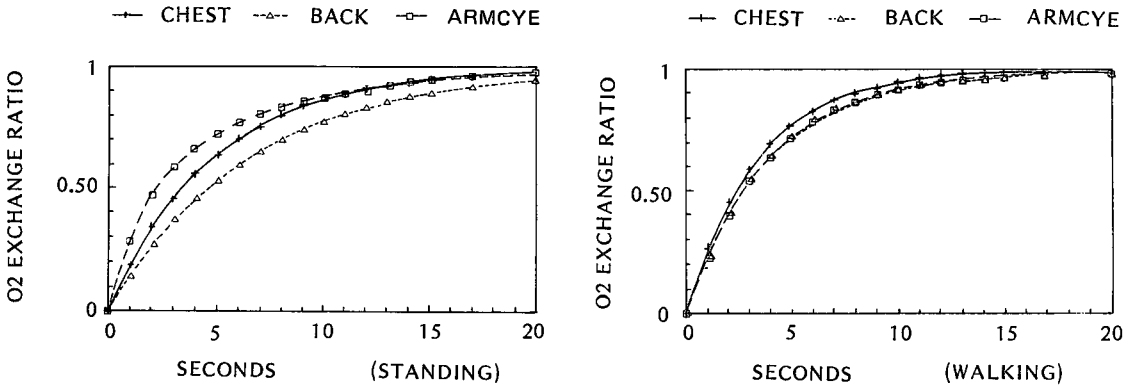


Fig. 10. O<sub>2</sub> exchange ratio versus time, type B<sub>3</sub>.

다. 이는 진동, 가슴 등의 순으로 공기의 순환이 빠르다는 것을 의미한다. 즉 Ventilation이 잘 됨을 알 수 있다. Hollies<sup>6)</sup>는 의복디자인에 따른 부위별 공기변화율을 실험 분석한 결과, 등부위보다 가슴부위의 공기교환율이 빠르게 나타났는데 이는 등부위의 공기량이 많기 때문이라고 하였다. Shiver와 Spivak<sup>9)</sup>에 의하면 의복 내에서의 채취하는 위치와 여침정도가 공기교환율에 유의적인 차이를 보여 등, 가슴, 팔의 순으로 공기교환율이 느리고, 의복에 벨트를 하였을 때는 벨트를 하지 않았을 때 보다 등부위의 공기의 교환이 빠르다고 하였다. 이로 볼때, 본 연구결과와 모두 일치함을 보여주고 있고 진동, 가슴, 등부위의 순으로 공기의 교환이 빠른것은 그 부위에 형성되는 공기량의 영향 때문으로서 등부위의 공기량이 많기 때문에 공기의 순환이 느려진다고 생각된다. 그리고 진동부위의 곡선의 경사가 급한 것은 정지

공기층의 방해를 받지 않고 재료를 통해서 빨리 확산되어지기 때문이다. 위의 결과로 볼 때 정지공기층이 바람으로 부터의 보호막 역할을 함을 알 수 있다.

걷는 자세의 경우, 서있는 자세의 산소변화율 곡선보다 경사가 급하고 부위별의 산소변화율 곡선의 폭이 좁혀짐을 나타냈다. 이로서 서있는 자세의 경우보다 공기의 순환이 빠르고 부위별의 차이도 적음을 알 수 있다. 그러나 진동, 가슴, 등부위의 순으로 산소변화율의 곡선이 경사가 급하게 나타났던 서있는 자세의 경우와는 달리 일관성을 보이지 않았으나 대체로 정지시에 비해 가슴부위의 Ventilation이 증가하였다. 기류가 생기면 정지 공기층이 교란되어 기류가 증가될수록 열 수분전달은 증가하게 되는데 Gagge<sup>10)</sup>에 의하면 신체의 운동에 의하여 의복의 보온성은 감소한다고 하였고 Belding<sup>11)</sup>등은 정지시와 운동시의 생리적인 변수를 측정하여 극한지방

유니폼의 이상적인 보온성 연구를 한 결과, 운동시의 보온력이 감소하였다. 그 이유는 의복재로나 개구부를 통해 차가운 공기가 침투하여 순환하기 때문이라고 하였다. 그리고 공기층의 차이를 둔 소매의 다지인에 따른 안정시와 운동시를 실험연구 한 결과, 운동시의 보온성이 감소하였는데 이는 의복내의 정지공기층에서 대류현상이 일어나기 때문이라고 하였다. Vokac<sup>12)</sup>등은 신체 움직임에 의한 Ventilation의 메카니즘을 규명하였는데 그는 팔 다리의 리드미컬한 운동에 의해 의복내 공간에서 규칙적인 공기의 연돌효과가 일어나고 교란과 압력변화 운동으로 피부와 의복 사이의 공기가 수평적 이동이 일어나게 된다고 하였다. 이것은 모두 본 연구결과를 지지해주는 이론으로서 결국 걸을때에는 팔, 다리운동으로 인한 공기의 압력으로 공기층의 두께가 적어짐으로 인해 의복의 보온성이 감소되면서 Ventilation이 빨라진다고 사료된다.

2-2. 블라우스 형태 변화의 영향

Fig. 11은 3부위를 평균한 결과에 대해 시간경과에 따른 산소변화율의 블라우스형태 변화의 영향을 나타낸 것이다.

서있는 자세의 경우 Type B<sub>2</sub>의 산소 변화율 곡선의 경사가 완만하게 나타났으며 B<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>의 순으로 B<sub>1</sub>이 가장 경사가 급하게 나타났다. 이는 Type B<sub>2</sub>가 B<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>보다 공기의 교환이 느리다는 것을 의미하며 또 의복내공기량이 많으면 공기의 순환이 느려 Ventilation이 잘 되지 않으면서 보온성이 커짐을 알 수 있다.

걸는자세의 경우 서 있는 자세의 경우보다 산소 변화율 곡선의 경사가 급하게 나타났고 블라우스 형태의 영

향은 서있는 자세의 경우와 유사한 경향을 보이고 영향력은 증가 하였다. B<sub>1</sub>과 B<sub>3</sub>의 차이가 커져 B<sub>3</sub>의 산소 변화율곡선의 경사가 더 급하게 나타났다. 이는 유사한 공기량을 가지고 있을 때는 목부위의 개구부가 크면 공기의 교환이 빠름을 의미한다.

Heated cylinder나 마네킨에 의한 실험연구에 의하면 개구부가 더해질때 수분축적을 감소시키고 열방출은 증가하는데 이것은 공기층이 더해질때 뚜렷하게 나타난다고 하였다<sup>6,9,13)</sup>. Yaglou와 Rao<sup>14)</sup>에 의하면 개구부와 신체운동에 따른 쾌적감 증가와는 서로 밀접한 관계를 보이고 Goldman<sup>4)</sup>은 공기의 흐름이 적을때는 개구부의 영향이 적으나 공기의 유동이 큰 경우에는 개구부의 영향이 크다고 하여 본 연구결과를 뒷바침 해주고 있다. 그리고 걷는 자세일때 Type B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>의 산소 변화율 곡선의 차이가 커져 B<sub>3</sub>의 공기의 순환이 빠르것은 목둘레가 적으면 목에서 가슴까지의 공기의 순환이 감소하고 목둘레를 크게하면 증가하기 때문이며 이는 기류발생시 뚜렷한 경향을 보인다.

이상의 결과, 의복내에 형성되어지는 공기량이 Ventilation에 중요한 영향을 끼침을 알 수 있다. 여유분이 일정할때 개구부 크기의 요인은 Ventilation을 크게 하는데 중요 요소로 작용하고 블라우스 형태 또한 중요 요인으로서, 유사한 공기량을 갖는 의복형태일 경우 목부위의 개구부를 크게하는 것이 열을 방출하는데 효과적이라 하겠다.

3. 1차 반응 속도 모델에 의한 반감기(Half Time)

1차 반응 속도 모델은 기율기의 정도를 이해하기 위한

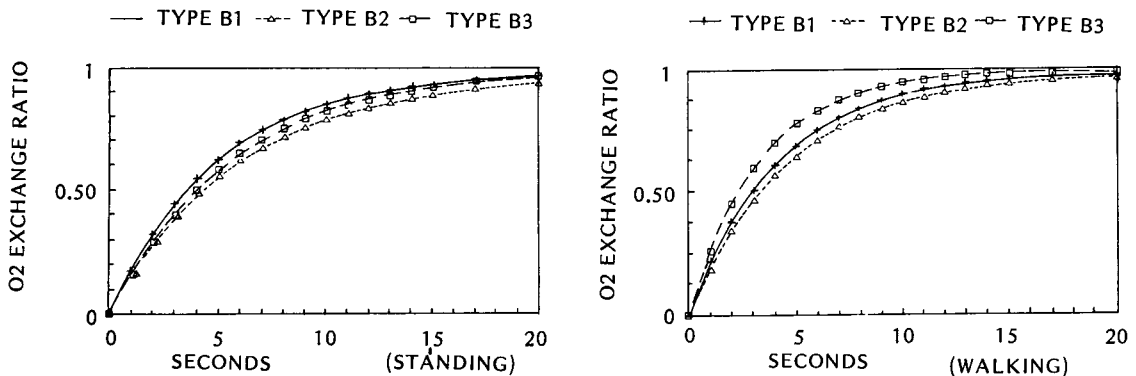


Fig. 11. Effect on microclimate shape for O<sub>2</sub> exchange ratio versus time



것으로 이는 반감기(Half Time)로 설명되어 진다. 1차 반응 속도 모델에 의한 반감기는 질소의 주입을 막은 후 외기와와의 완전한 교환이 이루어지는데 있어서 산소 농도의 반이 될때까지의 경과시간을 의미하며 산소의 초기농도와는 무관하기 때문에 쉽게 구해질 수 있다. 1차 반응 속도 모델에 의한 반감기는 다음과 같이 구해진다.

반감기(Half Time)  $t_{1/2}$

(3)식에서

$$(O_{out} - O_0) / (O_{out} - O) = e^{kt} \dots\dots\dots (7)$$

$$(O_{out} - O) / (O_{out} - O_0) = e^{-kt} \dots\dots\dots (8)$$

at,  $t_{1/2} (O_{out} - O) = 1/2(O_{out} - O_0) \dots\dots\dots (9)$

$$1/2 = e^{-kt} \dots\dots\dots (10)$$

$$\ln(1/2) = -\ln 2 = -1/2kt \dots\dots\dots (11)$$

$$t_{1/2} = \ln 2 / k \dots\dots\dots (12)$$

Table 4는 위의 식에 의해 구해진 반감기를 나타낸 것이고 Fig. 12는 3부위를 평균한 값에 대한 블라우스 형태 변화의 영향을 나타낸 것이다. 여기서 보면 질소 가스의 주입을 막은 후부터 외기와 완전히 교환이 이루어 질때까지의 반감기는 서있는 자세에서는 약 2.54초에서 6.47초, 걷는 자세의 경우는 약 2.50초에서 4.48초 정도 소요됨을 알 수 있다. 또 Fig. 12에서 보면 type

B<sub>2</sub>의 반감기가 길고 B<sub>1</sub>, B<sub>3</sub>는 거의 차이를 보이지 않으나 B<sub>3</sub>가 약간 길게 나타났다. Type B<sub>2</sub>의 반감기가 긴 것은 허리다야트를 없애줌으로 인해 의복내공기량이 많이 형성되기 때문에 정지공기층이 공기의 유동을 방해하여 공기교환 속도가 늦어진다고 생각된다. 또 진동부위 보다 허리의 공기층 형태를 변화시키는 것이 Ventila-

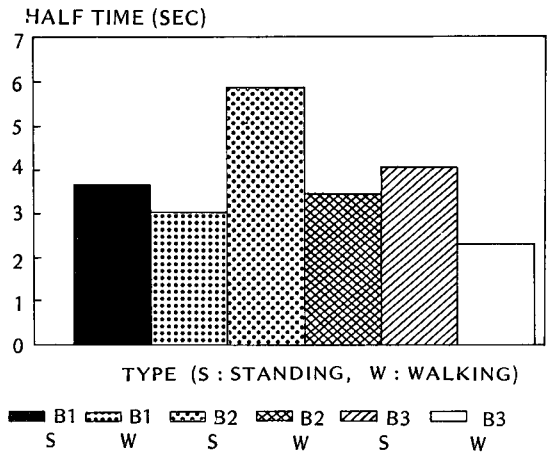


Fig. 12. Half time with microclimate shape

Table 4. Mean half time from microclimate, first order model

Type		Chest	Back	Armcye	Average
B1	Standing	3.29 ± 0.45	4.78 ± 0.82	2.54 ± 1.29	3.69 ± 0.82
	Walking	3.08 ± 0.28	3.54 ± 0.68	2.50 ± 0.49	3.04 ± 0.40
B2	Standing	6.11 ± 0.30	6.47 ± 1.06	3.34 ± 1.37	5.88 ± 0.63
	Walking	2.95 ± 0.89	4.48 ± 0.87	2.92 ± 0.34	3.46 ± 0.77
B3	Standing	3.43 ± 0.64	4.59 ± 0.61	2.97 ± 1.80	4.07 ± 0.51
	Walking	2.30 ± 0.24	2.72 ± 0.45	2.65 ± 0.21	2.31 ± 0.09

(Unit : second)

Table 5. Analysis of variance for half time, first order model

Factor		Chest	Back	Armcye	Average
B type	2	11.632***	27.169***	5.857**	45.797***
Position	1	43.514***	74.641***	2.735	116.549***
B type X position	2	3.803*	1.986	0.630	2.881

\* ; Probable difference (P < 0.05)

\*\* ; Probable difference (P < 0.01)

\*\*\* ; Probable difference (P < 0.001)

tion에 영향이 크다고 말할 수 있다.

Table 5는 반감기에 대한 공기층 형태 변화 요인과 동작 요인에 대한 분산분석결과이다. 공기층 형태 변화 요인, 동작요인 모두가  $\alpha=0.001$  수준에서 유의적인 차이가 인정되었다. 가슴 등부위에서는 공기층 형태변화 요인인  $\alpha=0.01$  수준에서, 동작요인은  $\alpha=0.001$  수준에서 유의차가 인정되었다. 진동부위에서는 공기층 형태 변화 요인은  $\alpha=0.05$  수준에서 유의차가 인정되었으나 동작요인은 유의차가 인정되지 않았다. 이로서 공기층 형태 변화 요인과 동작요인이 Ventilation에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 ventilation의 측정방법으로서, Trace Gas Technique에 준하면서 가스크로마토그래피를 이용하여 공기교환율의 분석타당도를 입증하고 블라우스 형태 변화의 요인이 Ventilation에 미치는 영향과 인간의 동적 자세가 주는 영향을 성인여자를 피험자로 하여 비교분석한 결과는 다음과 같다.

1. 가스크로마토그래피로 공기교환율을 측정분석하여 1차 반응속도 모델에 의해 회귀하고 피팅한 결과, k 값이 직선으로 나타남으로써 가스크로마토그래피를 이용한 실험의 신뢰도를 입증하였고 1차 반응속도모델의 적용타당성을 증명하였다.

2. 부위별 시간경과에 따른 산소변화율 곡선은 등, 가슴, 진동부위의 순으로 기울기가 완만하게 나타났고 서있는 자세보다 걷는 자세의 산소변화율 곡선의 기울기가 크게 나타났다.

3. 블라우스 형태 변화의 영향은 서있는 자세의 경우 Type B<sub>2</sub>의 경사가 가장 완만하게 나타났고 B<sub>3</sub>, B<sub>1</sub>의 순으로 B<sub>1</sub>의 기울기가 크게 나타나 공기의 순환이 가장 잘 됨을 알 수 있다. 걷는 자세의 경우도 공통적인 현상이나 B<sub>1</sub>과 B<sub>3</sub>가 서있는 자세의 경우보다 차이폭이 크게 나타났다.

의복내의 공기교환율은 공급튜브를 통해 질소주입으로 의복내에서의 질소농도가 일정하게 된 다음 산소변화가 평형에 도달할때 의복내의 공기가 외기와 교환이 이루어 졌다고 할 수 있다. 그런데 본 연구의 한계점으로서 첫째로는 G.C의 분석에 시간이 많이 소요되었다는 점과 그로인한 오차가 발생하기 때문에 채취튜브에 채취

할때 산소농도가 평형에 도달할때 까지 분석하지 못하였다. 두번째는 측정개시시의 질소농도가 일정하지 못하였는데 이것을 보완하기위해 1차 반응 속도 모델을 적용하였다.

결론적으로 의복내의 공기교환율 분석에 가스크로마토그래피의 이용이 가능하고 블라우스의 형태변화의 요인도 Ventilation에 중요한 영향을 미친다고 할 수 있다. 이것을 토대로 후속 과제로서 의복내공기량은 블라우스의 여유분의 크기에 의해서도 많은 변화를 가져오기 때문에 여유분의 크기를 달리할때 블라우스 형태와 더불어 Ventilation에 어떠한 영향을 미칠 것인지 구명하고자 한다. 또 앞으로의 연구과제로서 Ventilation의 가스 크로마토그래피를 이용한 자료분석의 자동화가 연구되어 보다 합리적인 방법론이 정립되어야 하겠다.

#### 參 考 文 獻

- 1) R.R. Birnbaum and G.W. Crockford; Measurement of the clothing ventilation index, *Applied ergonomics*, 9, 4, 194-200 (1978).
- 2) I. Holmér and S. Elnäs; Physiological evaluation of the resistance to evaporative heat transfer by clothing, *Ergonomics*, 24, 1, 63-74 (1981)
- 3) D.M. Scheurell; Factors affecting ventilation in wator vapor transfort from an enclosed microclimate, PH.D Thesis, Univ. of Maryland (1986).
- 4) R.F. Goldman; systematic evaluation of thermal aspects of air crew protective systems, N68-24878, Military ergonomics Lab., U.S. Army research institute for environmental medicine, Natick, Mass, August (1965).
- 5) G.W. Crockford, W.M. Crowder and S.P. Prestige; A trace gas technique for measuring clothing microcilimate air exchange rates, *British Journal of Industrial Medicine*, 29, 378-386 (1972).
- 6) N.R.S. Hollies, L. Fourt, G. Arnold and N. Custer; Use type tests for comfort and effectivieness of firemans turnout coats, U.S. Department of Commerce, Contract Number NBS 2-35929, November (1973).
- 7) 少川安朗; 體係被腹學, 光生館 東京, 289 (1971).
- 8) K.L. Harter, S.M. Spivak, K. Yeh and T.L. Vigo; Applications of the trace gas technique in clothing comfort, *Textile Research Journal*, 2nd edition, Little, Brown and Company, Boston, 345-355 (1974).

- 9) J.L. Shiver, K. Yeh and S. Spivak; The effects of design and degree of closure on microclimate air exchange in light-weight cloth coats, in *Clothing comfort*, ed. N.R.S. Hollies and G.Goldman, Ann Arbor Science Publishers, Inc., Ann Arbor (1977).
- 10) A.P. Gagge, A.C. Burton and H.C. Bazett; A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment, the description of the heat exchange of man with his environment, *Science*, **94**, 2445, 7 (1941).
- 11) H.S. Belding, H.D. Russel, R.C. Darling and G.F. Folk; Analysis of factors concerned in maintaining energy balance for dressed men in extreme cold: Effect of activity on the protective value and comfort of anarctic uniform, *American J. of Physiology*, **149**, 223-239 (1947).
- 12) Z. Vokac, V. Kopke, and P. Keřil; Assessment and analysis of bellows ventilation of clothing, *Textile Research Journal*, **43**, 474-482 (1973).
- 13) U. Reischl and A.Stransky; Assessment of ventilation characteristics of standard and prototype firefighter protective clothing, *Textile Research Journal*, **50**, 193-201 (1980).
- 14) C.P. Yaglou and M.N. Rao; Loose versus close fitting clothing for work in tropical heat, *Journal of Industrial Hygiene and Toxicology*, **29**, 140-142 (1947).