

# 북한의 1월·8월 인체보온지수 분포의 특성

강철성\*

## The Characteristics of January and August Clo-Unit Distribution in North Korea

Chul-Sung Kang\*

**요약** : 1월의 clo 값은 대체로 삼지연 지역이 가장 높게 나타나고, 장전 일대의 동해안 지역이 가장 낮게 나타난다. 또한 해안 지역보다 내륙 지역이, 동해안보다 서해안이 clo 값이 높게 나타난다. 이는 지형적 영향과 기온과 풍속의 지역적 차이에 기인한다. 8월에도 삼지연, 해산 일대, 개마고원 등이 높게 나타나는데, 이는 지형적 영향으로 기온 저하와 풍속의 증가로 나타나는 현상이다. 특히 8월에는 삼지연을 중심으로 북동-남서 내륙지역으로 등치선이 만곡하고, 이 축을 중심으로 한 이외의 지역이 비교적 낮은 분포를 보인다. 이러한 원인으로서는 위도, 지형 및 장마 이후의 고온 다습한 북태평양 기단의 영향과 강한 일사에 의한 지면 복사열의 방출에 있다고 사료된다.

**주요어** : 의복기후, 인체보온지수, 피부온도, 열 대사량, 열 평형식

**Abstract** : In January the clo-values show two characteristic patterns on the insulation, Samjiyon has the highest clo-values while Changjon has the lowest in North Korea, and the coastal areas are lower than in the interior areas. This regional difference is a result of predominant temperature, wind speed and orographic effects. Particularly, in August the coastal areas are generally lower than the interior areas because of orographic effects(wind direction ,wind speed). All regions except Samjiyon regions and northern interior regions have low values during the period from the early August to the middle of August. These are largely derived from the stable weather with the highest temperature, humidity and strong radiation by the North Pacific Anticyclone appears in Eastern Asia.

**Key words** : Clothing climate, Clo, Skin temperature, Metabolic equivalents, Heat flow equations

### 1. 서론

#### 1) 연구목적

인간이 의복을 착용하는 이유에는 몸을 보호하거나, 몸의 청결을 유지, 또는 신체활동의 적응 등의 실용적인 목적이나 예의나 몸을 치장하는 등의 사회적 목적도 있으나 가장 중요한 이유 중의 하나는 체온을 조절하여 몸을 보호하는 것이었다. 의복은 가을과 함께 자연환경을 완화하고 본래 구비하고 있는 조정, 적응의 범위를 확대하기 위해 이용되어 왔다.

의복은 신체주위에 온화한 온도조건을 만들어낸다. 의복이 형성하는 환경조건 즉 신체주위에 형성되는 온열환경을 의복기후라 한다.

의복기후는 인체로부터 방열의 경로 즉 전도, 대

류, 복사, 증발 등 모두에 관계된다. 추위에 대해서는 전도, 대류, 복사를 억제하고 더위에 대해서는 증발, 대류를 촉진하며 외부로부터 복사를 방지한다. 이와 같은 보온력이나 방서력(防暑力)은 섬유재료의 특성, 천의 특성, 의복의 형태, 착용방법 등의 종합적인 기능으로 나타난다. 따라서 의복내의 피부표면은 항상 쾌적한 상태를 유지할 필요가 있다.

열적인 견해로 볼 때 의복의 필요 적합도는 각 지역의 기후환경에 따라 크게 영향을 받으므로 그 지역에 거주하는 사람들은 기후와 풍토에 알맞는 의복을 착용하여야 하며, 어떤 지역을 여행하는 사람들도 쾌적 상태를 유지하기 위한 예측 착의량이 필요하게 된다.

본고에서는 의복기후에 영향을 미치는 주요인자인 피부온도와 주위의 대기온도, 풍속, 발열량 4요소를 이용하여 clo 분포의 특성을 파악하는 것이

\* 서울대학교 지리교육과 시간강사(Part-time Lecturer, Department of geography Education, Seoul National University)(KANGCHUL52@hanmail.net)

북한의 1월·8월 인체보온지수 분포의 특성

다. 구체적으로 이 연구는 정상인의 생리 기능에 미치는 날씨나 기후의 영향을 연구 대상으로 하고, 각 지역의 온도와 풍속의 두 요소를 기초로 인체 보온지수를 산출하여, 북한 각 지역의 지리적 분포도를 작성, 그 특성을 밝히는 데 있다.

2) 자료 및 연구 방법

본 연구 자료에 이용된 기상청 발간(북한기상 20년보)의 관측 지점은 27개 지점이다(그림 1). 이들 각 관측 지점의 평균값인 평균 기온과 평균 풍속의 자료가 이용되었다.<sup>1)</sup> 연구에 이용된 자료는

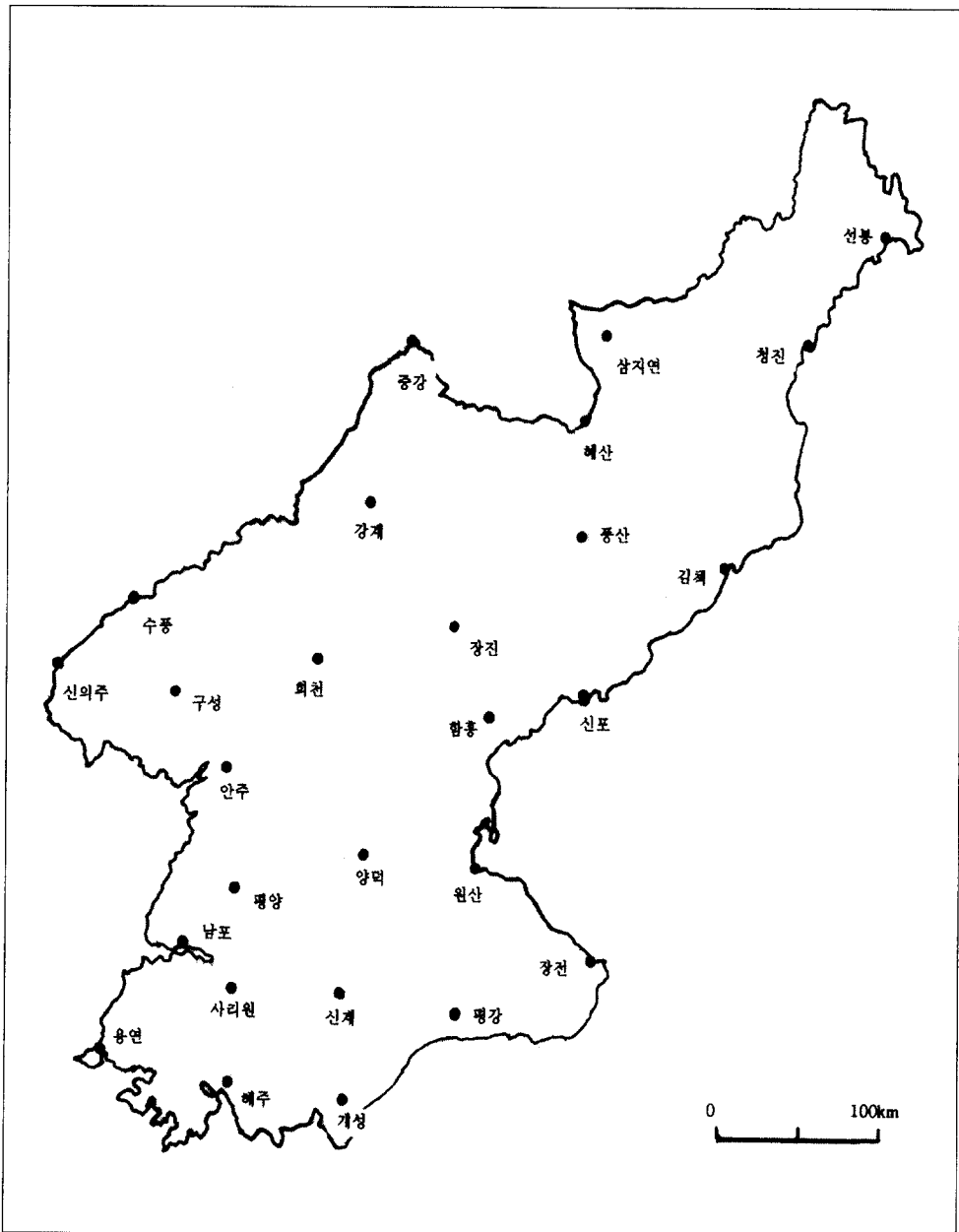


그림 1. 본 연구에 이용된 북한의 27개 지점

기상청 발행 1973-1994 년간의 통계자료를 사용하였다. 통계 연수는 13개 지점(선봉, 청진, 중강, 혜산, 강계, 김책, 신의주, 함흥, 원산, 평양, 사리원, 해주, 개성)은 22년 평균값, 14개 지점(삼지연, 풍산, 수봉, 장진, 구성, 회천, 신포, 안주, 양덕, 남포, 장전, 신계, 용연, 평강)은 14년 평균값이다. 이러한 통계 연수의 차이 문제는 평균치이기 때문에 그다지 문제가 되지 않는다. 북한 27개 지점에 대한 1월, 8월의 평균값인 기온과 풍속을 이용하여 인체보온지수를 산출하였다.

본 연구에서는 의복의 종합적인 보온력을 나타내는 방법으로 인체보온지수(단위: clo)를 이용하였는데, Cena and Clark(1981)에 따르면 1 clo란 기온 21.2°C, 습도 50%, 기류 0.1 m/sec의 방에 안정하고 있는 피험자가 쾌적한 상태이고, 평균 피부온도 33°C를 유지할 수 있는 의복의 보온력으로 정의하였다. 長田泰公(1990)은 이 경우에 피험자의 대사량은 50 kcal/m<sup>2</sup>·h로 하고 의복을 통한 방열량을 이의 76% 즉 38 Kcal/m<sup>2</sup>·h 로 하였다. 의복과 공기를 합한 열저항은 (33-21.2)/38 = 0.32°C/kcal/m<sup>2</sup>·h가 되지만 상기 조건에서 공기의 열저항은 0.14°C/kcal/m<sup>2</sup>·h 로 계산되기 때문에 의복의 1 clo는 열저항 0.32-0.14 = 0.18°C/kcal/m<sup>2</sup>·h에 해당된다.

여기서 인체보온지수를 계산하는 방법으로 어떤 의복을 착용했을 때의 clo값은 의복 자체의 보온력(Icl)과 주위의 공기 자체(Ia)와의 합이다. 또 그것은 의복 내외의 온도차와 복사 방열량(R)과 대류·전도 방열량(C)의 비로써 구할 수 있다.

$$\text{즉 } Icl + Ia = (Ts - Ta)A / (R + C) \times 0.18$$

여기서 Ts; 평균 피부온도(°C), Ta; 대기온도(°C), A; 신체 표면적(m<sup>2</sup>)이다.

따라서 단위 면적당 A=1을, C+R=H(H; 발열량)로 놓으면,

$$Icl + Ia = \frac{Ts - Ta}{0.18H} \quad \text{그러므로 } Icl = \frac{Ts - Ta}{0.18H} - Ia$$

여기서 공기 자체의 보온력(Ia)은 Burton(1990)의 식에 따른다.

$$Ia = \frac{1}{0.61(T/298)^3 + 0.24\sqrt{V(298/T)}} \\ \{T = Ta + 273, V = \text{풍속(m/sec)}\}$$

다음으로 이상의 clo값을 기초로 1월, 8월의 인

체보온지수 분포도를 작성하여 북한의 지역별 인체보온지수의 특성을 파악하였다.

### 3) 연구동향

최근에 이르러 생리 기후학자들은 기상이나 기후와 인체의 건강이나 의복과의 관계를 과학적 방법을 사용하여 규명하기 시작하였다. 특히 인간 생활의 응용적인 측면에 입각하여 분석되어 연구되고 있다.

본 연구의 중심 주제와 관련된 clo 지도의 작성 방법에는 크게 두 가지가 있다. 첫째로 기온 조건을 이용하여 의복대(clothing zone)에 따른 기후 구분이 행해졌는데, 이는 각 기후 구분에 필요한 의복량을 나타낸 것이다. 즉 Lee & Lemons(1949)는 연평균 기온, 최난월과 최한월의 평균기온과의 차를 기초로 하여 군사 작전에 필요한 병사들의 군복의 지급대를 지도화하였다. 둘째로, 각 지역에 필요한 의복의 열저항 값을 구하여, 그 값을 기초로 지역 구분이 이루어졌다. 다시 말하면 인체와 환경과의 열평형식(열수지식)을 이용하여 인간의 쾌적감에 따른 생리적, 물리적 조건을 부여할 때 필요한 착의의 열저항값(clo값)을 구하는 방법이다. 이러한 방법을 이용하여 Auliciems & Fraitas(1976), 神山(1987), 堀越·芹生(1987) 등이 clo 지도를 작성하였다.

우리나라에 대한 생리 기후연구로는 몇 편 정도의 논문(강철성, 1997b; 최광용, 2002)이 있으나, clo 지도 작성에 관한 연구는 전무한 편이다. 따라서 본 연구에서는 열 평형식과 공기에 따른 열저항식을 이용하여 인체보온지수를 산출하여 북한의 clo 분포 유형 및 그 특성 파악을 구명하였다.

## 2. 인체와 피복간의 열 평형식

### 1) 의복착용에 따른 보온성

의복은 주거와 마찬가지로 기온이 높을 때는 외부로부터 들어오는 열복사를 차단하여 통풍을 유지하고, 기온이 낮은 때는 피부로부터의 열복사 방출을 차단 시켜주는 것이 주된 기능이다. 그러나

북한의 1월·8월 인체보온지수 분포의 특성

의복의 경우에는 특히 고려해야 할 불감증상이나 발한에 의한 의복내의 습도 상승이 문제가 된다. 높은 습도 환경 하에서는 의복 소재가 습기를 흡수하여 의복의 열차단능과 보온능이 감소되는 경우가 많다.

인간이 나체로 지낼 수 있는 환경 (0 clo)<sup>2)</sup>은 무풍의 경우에 27-32℃ 일 때에 국한된다. 이 때에는 열 생산을 증가시키지 않아도 체열 평형을 유지할 수가 있다. 그러나 의복을 착용하는데 따라서는 10℃ 혹은 그 이하의 온도까지도 열 생산을 증가시키지 않고도 체열 평형을 유지할 수가 있다고 한다.

피부에서 발생한 열은 의복을 통해서 방출되는데, 이때 방출되는 양은 의복의 재료나 천의 성질, 착용 방법에 따라 달라진다. 홍성길(1991)은 특히 의복자체를 온도차에 의해서 생기는 열 흐름에 대한 저항이라고 생각하여, 의복의 역할을 종합적인 열 차단능(열 보온력)으로 설명하고 있다.

1 clo라는 단위는 온도 21.2℃, 습도 50% 이내, 기류 0.1m/sec 인 환경에서 가만히 앉아있는 사람이 덥거나 춥지 않은 쾌적한 상태인 평균 피부온도 33℃를 유지하는데 필요한 열보온력, 즉 인체보온지수이다. 이때의 열생산량을 1 mets(metabolic equivalents)라 한다.<sup>3)</sup>

1 mets는 50 kcal/m<sup>2</sup>·h 에 해당하고, 이 때 의복을 착용하였을 때 의복을 통하여 방출되는(복사, 전도·대류에 의해) 방열량 Qr 은

$$Qr = Kr \times (Ts - Ta) \times f \quad (Kr = \text{정수}, f = \text{방열 면적})$$

Qr을 단위 면적당 방열량을 고려하면

$$Qr = Kr(Ts - Ta) \dots\dots\dots (1)$$

즉 보온성이 큰 의복을 착용했을 때는 Qr은 작아지고, 보온성이 낮은 의복인 경우에는 Qr의 값은 커진다. 따라서 의복을 통한 방열량 Qr과 보온성과는 반비례 관계가 성립된다.

이 때 새로운 의복의 보온성을 I 라 정의하면

(1)식과 관련된 의복의 보온성을 I=1/Kr 로 정의하는 것이 가능하다. 이것을 (1)식에 대입하면

$$I = \frac{1}{Kr} = \frac{Ts - Ta}{Qr} \dots\dots\dots (2)$$

이 식에서 Qr 은 의복을 통한 방열량(열흐름)이고, (Ts-Ta)는 의복 양면의 온도차이다.

여기서 Qr을 전류, Ts-Ta을 전위차로 본다면 I는 전기저항이 되므로 (2)식은 옴의 법칙으로 표현

된 것이다. 즉 보온성 I 는 열저항이라고 정의할 수 있다.

2) 열 평형식

의복의 총 보온성(I)는 의복의 보온성(Icl)과 공기층(Ia)와의 합이다.

$$I = Icl + Ia,$$

$$Icl = I - Ia \dots\dots\dots (3)$$

1 clo의 의복은 기온 21.2℃에서 열생산이 50 kcal/m<sup>2</sup>·h인 사람의 평균 피부온도 33℃를 유지하기 위한 복장이므로, 열생산의 76%가 의복을 통하여 방출되므로 상기 조건에서 공기의 열저항은 Ia=0.14℃/kcal/m<sup>2</sup>·h 이므로 Icl=0.32-0.14=0.18℃/kcal/m<sup>2</sup>·h가 된다. 따라서 의복의 보온성(인체보온지수) Icl은

$$Icl = \frac{Ts - Ta}{Qr} - Ia \dots\dots\dots (4)$$

(4)식에서 인체의 열생산(Qr)을 Imets로 하고, 평균 피부온도 33℃로 주어질 때의 열평형식은 다음과 같다.

$$Icl = \frac{33 - Ta}{0.18Qr} - Ia \dots\dots\dots (5)$$

그리고 공기에 의한 보온력 Ia는 Burton<sup>4)</sup>의 식에 의해

$$Ia = \frac{1}{0.61(T/298)^3 + 0.24\sqrt{V(298/T)}} \text{이다.}$$

{ T=Ta+273, V=풍속(cm/sec)}

구체적으로 1 clo의 값의 산출 예를 들면 기온이 21.2℃이고, 풍속이 10cm/sec 일 때 이 식에 대입하면 1.004551 값이 나온다. 따라서 소수점 둘째 자리에서 반올림하면 1.0 clo 값이 구해진다(이하 계산된 값은 소수점 둘째 자리에서 반올림한 값임).

이와 같은 방법으로 북한 27개 지점의 1월·8월 clo 값을 각각 구하였다(표 1).

3. 북한 각 지역의 clo 값과 분포유형

북한의 27개 지점(그림 1)의 clo 값과 분포유형은 <표 1>에 의해 1월과 8월의 clo 분포를 작성하였다(그림 2~3).

표 1. 북한 각 지역의 인체보온지수(clo 값)

1월은 삼지연 지역이 가장 높은 clo 값이 나타나고, 동해안의 장전이 가장 낮게 나타난다. 대체로 해안 지방보다 내륙 지방이 clo 값이 높고, 서해안 지방보다 동해안이 낮게 나타난다. 또한 삼지연 지역을 중심으로 혜산, 풍산, 장진, 회천, 양덕 등의 북동-남서 방향으로 등치선이 만곡되어 나타나고 있다. 강철성(1997a)은 이러한 분포 패턴이 대체로 지형적인 영향과 내륙분지 지역에 위치하고 있기 때문에 기온과 풍속의 영향을 다른 지역보다 많이 받아 나타나는 현상이라고 밝혔다.

전반적인 인체보온지수 특성을 살펴보면 동해안의 장전, 원산, 함흥, 신포, 김책 등은 5.0-5.4 clo의 범위이고, 개성, 해주, 용연, 남포, 사리원 등의 서해안 지역은 5.4 clo이며, 내륙 지방은 대체로 5.6-6.8 clo의 분포이다(그림 2). 특히 1월이 clo 값

이 높게 나타나는데, 이는 시베리아 고기압의 강화 현상이 1월경에 집중되는 경향이 높아, 최저 기온과 풍속이 강하기 때문에 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

8월의 인체보온지수도 1월과 유사한 등치선 분포를 보이고 있다. 삼지연을 중심으로 북부 내륙 지방은 1.2-1.8 clo의 범위이고, 낭림산맥을 경계로 서해안 지방이 1.0-1.1 clo 범위를 나타낸다. 1월과는 달리 관서, 황해도 지역이 비교적 쾌적한 지역으로 1.0-1.1 clo의 분포를 보이고 있는 반면에 북부 내륙지역(개마고원 일대)이 비교적 clo 값이 높다. 특히 삼지연, 혜산, 풍산, 장진, 등이 1.6-1.8 clo의 범위로, 다른 지역보다 매우 높은 값을 나타낸다. 이는 위도 및 지형적 요인으로 인한 기온 저하와 풍속의 증가로 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

북한의 1월·8월 인체보온지수 분포의 특성

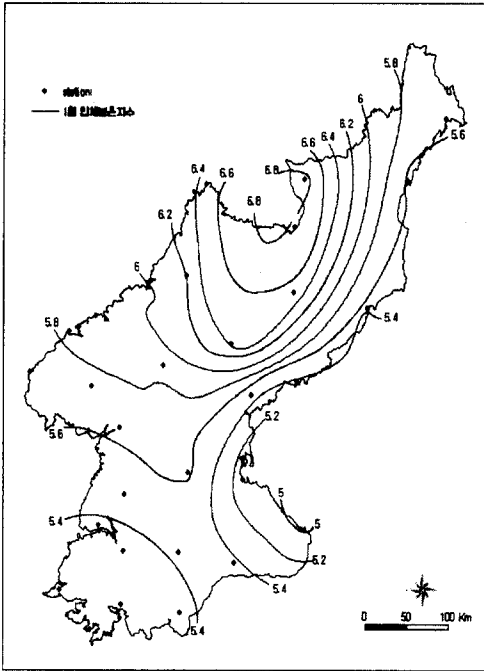


그림 2. 1월의 clo 등치선(대사량: 1Met)

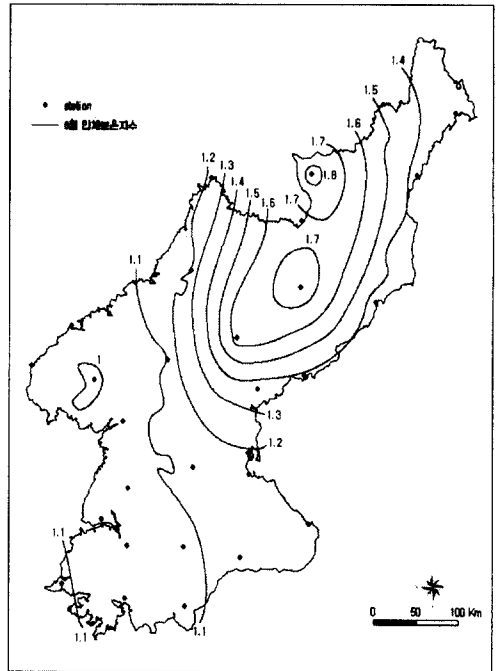


그림 3. 8월의 clo 등치선(대사량: 1Met)

김민정·김동규(1998)는 특히 내륙 지역이 해안 지역보다 높게 나타나는 것은 고도가 높은 산지의 영향이 강하게 작용하기 때문이라고 규명하였다.

특히 성하기인 8월의 분포 패턴은 삼지연 일대(1.7-1.8clo)을 중심으로 남서방향으로 등치선이 만곡하고, 이 축을 중심으로 한 이외의 지역이 대체로 1.0-1.1 clo의 낮은 분포를 보이고 있다. 특히 서부 해안 지역이 내륙 지역보다 낮게 나타나고 있는데, 이는 앞에서 언급한 내륙 지역이 풍향과 풍속의 영향을 많이 받는 반면에, 해안 지역은 장마 이후의 고온 다습한 북태평양 고기압의 영향을 받고, 강한 일사를 받아 지면 복사열을 방출하기 때문에 clo 값이 낮게 나타나는 것으로 사료된다.

#### 4. 요약 및 결론

의복의 종합적인 보온력을 나타내는 방법으로 인체보온지수(clo)를 이용하여 북한의 1월·8월 clo 분포의 특성을 분석하였다.

분석 결과는 1월에는 대체로 삼지연 지역이 가장 높은 clo 값이 나타나고 동해안의 장전이 가장 낮게 나타난다. 또한 해안지역 보다 내륙지역이,

서해안보다 동해안 지역이 clo 값이 높게 나타난다. 이러한 분포 패턴은 지형적인 영향과 기온과 풍속의 영향으로 지역적 차이를 보이고 있다. 특히 1월이 clo 값이 가장 높게 나타나는데, 이는 시베리아 고기압의 강화현상(최저 기온, 최대 풍속)에 기인한다.

장마기 이후로 나타나는 성하기인 8월은 삼지연 일대와 북부 내륙 지역이 비교적 clo 값이 높게 나타나는데, 이는 지형적 영향으로 기온저하와 풍속의 증가로 나타나는 현상이다. 특히 내륙 지역이 해안 지역보다 clo 값이 높게 나타나는 것은 위도, 지형, 고도의 영향에 기인한다고 본다. 또한 삼지연 지역을 중심으로 북동-남서 방향으로 등치선이 만곡하고, 이 축을 중심으로 한 이외의 지역이 clo 값이 비교적 낮은 분포를 보인다. 이는 장마 이후의 고온다습한 북태평양 기단의 영향을 받고, 강한 일사를 받아 지면 복사열을 방출하기 때문이다.

끝으로 의복 부위의 분포와 방열 부위의 분포가 일치하지 않을 경우에 동일한 clo 라도 열 차단 효과가 적어지고 감각과의 사이에도 차이가 생길 수 있다. 그러나 이러한 차이에도 불구하고 국지적 기후에 알맞는 의복층을 선택하는 데 있어 clo 지도

가 매우 필요하리라 본다. 또한 열평형식에 의한 clo 값은 신체의 보온력을 나타내는 객관적인 지표가 된다.

註

- 1) 기상청, 1995, 북한기상 20년보(1973-1994).
- 2) 속셔츠 0.15 clo, 얇은 긴소매 블라우스 0.2clo, 반소매 셔츠 0.19 clo, 두꺼운 바지 0.32 clo 등으로 미국 냉난방 환기 공학회에 보고되었다.
- 3) 1 met는 50 kcal/m<sup>2</sup>·h 이고 58 W/m<sup>2</sup> 에 해당한다.
- 4) Burton의 경험식에서는 온도는 °F로, 기류는 f/min로 나타냈는데, 이것을 필자가 °C, cm/sec로 환산, 수정하여 나타냈다.

文 獻

강철성, 1997a, 한국의 기후구분에 관한 연구-생리 기후지수에 의한 구분을 중심으로, 서울대학교 박사학위논문, 66-71.

\_\_\_\_\_, 1997b, 한국의 열감 분포에 관한 생리기후학적 연구, 대한지리학회지, 32(2), 129-140.

김민정·이동규, 1998, 한반도 남서연안의 국지풍 순환과 지형성 강수에 관한 연구, 한국기상학회지, 34(1), 128-146.

최광용·최종남·김종욱·손석우, 2002, 남한의 체감 무더위의 기후학, 대한지리학회지, 37(2), 48-52.

홍성길, 1991, 기상과 건강, 교학연구사, 서울.

屈越哲美·芹生智香, 1987, 日本における體感氣候分布の表現方法に關する研究, 大阪市立大學生活科學部紀要, 35, 133-138.

神山惠三, 1987, clo値の分布と民族服, 日本生氣象學會誌, 24, 30.

長田泰公, 1990, 環境心理, 大光書店, 東京.

Auliciems, A. and de Freitas, C.R., 1976, "Cold stress in Canada: A human climatic classification", *Intern. J. Biometeorology*, 20, 287-294.

Cena, K. and Clark, J. A., 1982, *Bioengineering, Thermal Physiology and Comfort*, Elsevier, 274.

Lee, G.H.K. and Lemons, H., 1949, Clothing for global man, *Geographical Review*, 39, 181-213.

Burton A. C. and Edholm O. G., 1969, *Man in a Cold Environment*, Hafner Pub., N.Y.

(접수 : 2003. 12. 13, 채택 : 2004. 1. 27)