

PG1) 열 스트레스 정보 제공시스템

A System for Providing Heat Stress Information

김정식·류상범

기상연구소 응용기상연구실

1. 서론

최근 기후변화에 따른 새로운 기상환경이 형성되고, 잦은 기상이변으로 쾌적한 삶을 방해하고 있다. 최근 평년에 비해 기온이 9°C 이상 높은 혹독한 더위를 1995년과 2003년에 각각 겪은 미국과 유럽에서는 국민 생활 건강을 심각한 영향을 미치는 혹서의 위험을 사전에 경고하는 시스템을 이미 개발하여 현재 시험적으로 운영중이다 (Ebi et al. 2004). 열적 스트레스는 단순히 기상조건 즉, 기온, 풍속, 습도 등의 독립적 요소의 결합 등으로 표현하는데 한계가 있다. 따라서 인간이 받는 열적인 스트레스를 보다 실제적으로 모사하기 위해서는 기상환경에 의한 열 교환(열 손실, 열 과잉 발생)의 생리적인 과정을 고려하는 모델이 필수적이다(Fanger 1972). 또한 여기에서 생산된 결과는 도시 개발자들에게 각 도시 및 주요 지역을 포함한 국가적 차원의 바람직한 개발을 유도하도록 적절한 조언과 정보를 제공하는데 그 목적이 있다. 독일기상청은 장기간의 연구를 통하여 위의 과정들을 포함하는 생명기상모델을 개발하여 운영하고 있으며 이를 우리나라에 적용할 수 있을 것으로 사료된다.

이 연구에서는 기상청에서 구축중인 열 스트레스 경고시스템의 기초분석 결과와 생명기상모델의 구축 방안을 소개하고자 한다.

2. 열 스트레스 경고 시스템(Heat Stress Warning System)

보건-기상 정보DB를 활용하여 기상환경에 따른 질병발생 예측 정보를 생산하고, 열과와 한파 같은 극한 기후에서 노약자의 초과사망 가능성을 경고할 수 있는 (가칭) “국가생명기상예측시스템”(Korea Meteorology-Health Warning System, KMHWS)을 기상연구소에서 개발 중이다. KMHWS의 개발목적은 기상환경 변화에 따른 질병 및 초과 사망 발생 가능성을 사전에 예측하여, 주의보 및 경보를 통해 국민에게 신속히 제공하고 관련 기관(소방방재청 및 의료기관 등)이 적절히 대처할 수 있도록 하는 것이다. 즉, KMHWS는 디지털 예보를 기반으로 국민 생활건강 관리에 도움이 되는 체감온도·자외선 지수·열파 지수 등 생활기상 콘텐츠를 생산·제공하는 한편, 기상환경 변화에 영향을 많이 받는 질병(뇌졸중, 천식 등) 발생 가능성을 예측하고 극한 기후에서 노약자의 초과사망 가능성을 경고하는 통합 건강-기상 정보시스템이다(그림 1). 따라서 초과 사망을 예측하기 위하여 자료를 분석하였다.

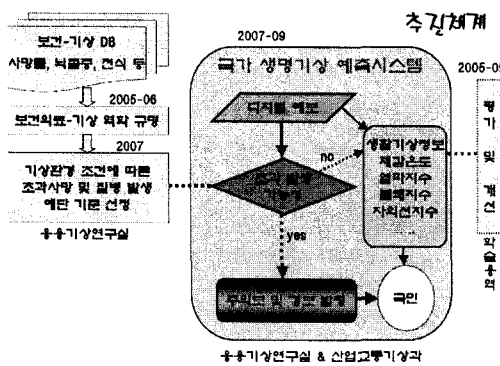


Fig. 1. Process of KMHWS

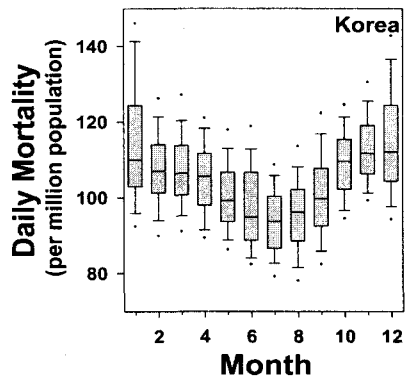


Fig. 2. Daily mortality over 65 years old

2.1 분석 결과

그림 2는 1998년부터 2003년까지 6년간 전국에서 발생한 월별 65세 이상 고령자의 일 사망자수에 대한 box-plot이다. 우리나라 고령자의 일사망수의 변화가 뚜렷한 계절변동 함을 그림은 보여준다. 또한 6대도시의 여름(6, 7, 8월)과 겨울(12, 1, 2월)의 평균 일사망자 수비를 계산한 결과에 의하면 겨울철 일사망자수가 여름철 일사망자수보다 약 20% 많다. 이러한 일사망자수의 계절적 특성은 중위도 지역의 다른 도시에서 나타나는 보편적 특성이다.

3. 생명기상모델(Bioclimate Model)

독일기상청의 생명기상모델은 대기환경에서 인체의 복잡한 열 교환을 표현하는 열수지(heat budget) 모델을 기반으로 한다. 독일에서 개발한 대표적인 모델은 KLIMA-MICHEL-MODEL(KMM)이며 최종 결과는 인체의 열적스트레스를 나타내는 지표인 예측평균값(Predicted Mean Vote, PMV)로부터 산출한 지각온도(Perceived Temperature, PT)이다.

지역 생명기상모델(Regional Bioclimate Model, RBM)과 도시 생명기상모델(Urban Bioclimate Model, UBIKLIM)의 구조는 유사하므로 보다 복잡한 UBIKLIM의 모델수행과정을 소개하면 대체로 1:25,000 또는 1:10,000의 스케일의 도시 구조와 100×100의 격자에 대한 계산이 가능하다. UBIKLIM을 운영하기 위한 입력자료는 10m의 해상도를 가진 digital height 모델이 필요하며, 지표특성(land use)에 대한 정보가 필요하다. 지표특성의 분류는 물(water), 산림(forest), 공원(parks), 목초지(meadows), 포장지역, 포장되지 않은 지역, 건물지역으로 단순하게 나눌 수 있다. 특히 도시건물지역은 이 지역을 보다 잘 표현하기 위하여 세분화하였다. 이런 정보들은 1 차원 모델인 MUKLIMO1에 의해서 1m 높이의 기상자료(기온, 습도, 풍속, 장파복사, 단파복사)를 생산한다. 다음 단계로 지형분포(topography)는 높이, 산악비율 등을 고려한 물리적, 경험적, 통계적인 접근에 의해서 수행된다. 또한 다른 지역들 간의 수평적 상호 작용을 묘사하기 위하여 찬 곳에서 따뜻한 곳으로 이동하는 보상흐름을 고려하는 running mean법을 적용하였다. 위와 같이 고려된 기온, 습도, 풍속, 평균복사온도(Mean Radiation Temperature, T_{mrt})는 KMM모델 수행을 통하여 PT온도 및 생명기상지도 생산하게 된다(그림 3).

3.1 구축 방안

생명기상모델을 구축·활용하여 생산 가능한 결과는 크게 세 가지 분야로 나누어 생각해 볼 수 있다. 첫째, 한반도 차원의 생명기상지도(Bioclimate Map)의 작성이다. 이는 열에 의한 스트레스를 지도의 형태로 표현한 것으로 최근, 관광사업, 실외여가생활, 기후치료, 레저·스포츠 등 기후적으로 더 좋은 곳을 선택하기 위하여 공간과 시간적인 기후정보를 제공하게 될 것이다. 둘째, 한반도 지역규모의 단기간 열에 의한 스트레스의 예측 정보를 생산하는 것이다. 이는 대상으로 하는 격자 내에서 생산되는 기상예측자료(수치예보자료)와 지표특성자료(Land Use)자료를 KMM모델과 어떻게 잘 접합시킬 수 있는가?가 큰 해결과제가 될 것이다. 셋째, 도시 생명기상모델을 통한 도시규모의 스트레스 예측정보를 생산하는 것이다. 도시 내에서 모델 계산에 필요한 상세 기상 측정 자료를 얻기 어려우므로 독일에서 현재 운영하고 있는 MUKLIMO1모델 또는 국내 모델에서 지표특성자료를 활용한 기상예측자료 생산이 가능하다.

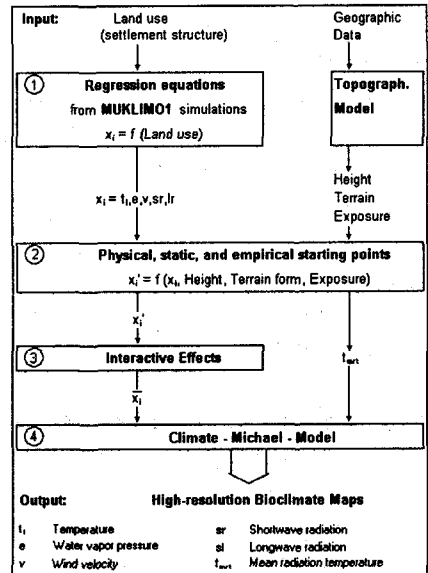


Fig. 3. Structure of UBIKLIM

그러나 도시 내의 건물 형태, 고도, 위치 등에 대한 물리적·통계적 특성자료의 구축 및 경험적 접근을 얼마나 잘 묘사할 수 있는가?가 큰 해결과제가 될 것이다. 또한 충실한 지표특성자료의 구축도 중요하다.

사 사

이 연구는 기상연구소 주요사업 “생명기상기술개발연구”의 일환으로 수행되었습니다. 저자들은 본 연구를 수행하는데 많은 도움을 주고 있는 독일기상청의 Angelica Gratz, Dr. Klaus Bucher에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

- Ebi, K. L., T. J. Teisberg, L. S. Kalkstein, L. Robinson, and R. F. Weiher(2004) Heat Watch/Warning System Save Lives. *BAMS*, **85**, 1067-1073.
- Fanger, P.O., 1972: Thermal Comfort, Analysis and Applications in Environmental Engineering. McGraw-Hill, New York