

# 토지피복 변화가 도시열수지에 미치는 영향에 관한 수치시뮬레이션

김상옥\*, 여인애\*\*, 한경민\*\*\*, 이정재\*\*\*\*, 윤성환\*\*\*\*\*

\*부산대학교 대학원 건축학과(mogy0486@nate.com)

\*\*부산대학교 대학원 건축공학과(iayeo@pusan.ac.kr)

\*\*\*부산대학교 생산기술연구소(fem33@hanmail.net)

\*\*\*동아대학교 건축학부(jjyee@dau.ac.kr)

\*\*\*\*부산대학교 건축학부(yoon@pusan.ac.kr)

## Numerical Simulation on the Effect of the Land Coverage Change on the Urban Heat Budget

Kim, Sang-Ok\*, Yeo, In-Ae\*\*, Han, Kyung-Min\*\*\*, Yee, Jurng-Jae\*\*\*\*, Yoon, Seong-Hwan\*\*\*\*\*

\*School of Architecture, Pusan National University(mogy0486@nate.com),

\*\*Dept. of Architectural Eng., Pusan National University(iayeo@pusan.ac.kr),

\*\*\*Research Institute of Industrial Technology, Pusan National University(fem33@hanmail.net)

\*\*\*\*Faculty of Architectural Design and Engineering, Dong-A University(jjyee@dau.ac.kr)

\*\*\*\*\*School of Architecture, Pusan National University(yoon@pusan.ac.kr)

### Abstract

---

In this study, Urban Climate Simulation was performed using 3-Dimensional Urban Canopy Model. The characteristics of urban thermal environment was analyzed by classifying land coverage and increasing natural land coverage ratio. The results are as follows. The characteristics of the land coverage on urban thermal environment formation can be summarized by the effects like higher temperature on the artificial coverage, and the contrary effects on the natural coverage. When the water coverage 100% was made up, maximum temperature was declined by 5.5°C, humidity by the 6.5g/kg, wind velocity by 0.6m/s, convective sensible heat by 400 W/m<sup>2</sup> and the evaporative latent heat was increased by 370 W/m<sup>2</sup> compared to when artificial coverage 100% was formed. These simulation results need to be constructed as DB which shows urban quantitative thermal characters by the urban physical structure. These can be quantitative base for suggesting combinations of the building and urban planning features at the point of the desirable urban thermal environment as well as analysing urban climate phenomenon.

Keywords : 토지피복(Land Coverage), 도시기후(Urban Climate), 열환경(Thermal Environment), 도시캐노피모델(Urban Canopy Model), UCSS(Urban Climate Simulation System),

---

## 1. 서 론

지구 온난화와 지속적인 도시개발은 도시 열섬현상을 가속화시켰다. 도시 열섬현상은 도시민의 삶의 쾌적성을 저하시킬 뿐 아니라 사회·경제적 손실을 초래하는 등 생활환경을 위협하는 요소가 되고 있다. 구미선진국, 일본을 비롯하여 최근 아시아지역에서도 도시열섬현상 대책수립이 활발히 진행되어오고 있으며 국내에서도 열섬완화 대책을 수립의 중요성이 인식되는 가운데 도시 고온화 저감방안으로 옥상정원 조성 및 건축물 녹화, 생태면적률 확보와 같은 자연토지피복 조성이 제도적으로 권장되고 있다.

그러나 자연토지피복은 나지, 수면, 수목과 같은 다양한 종류의 피복으로 구성되며 각 피복특성에 따라 도시기후 개선효과가 다르게 나타나므로 생태면적 조성 시 적용될 수 있는 자연피복의 종류와 피복비율의 적정조합을 도출할 필요가 있을 것이다.

따라서 본 연구에서는 도시기후의 특성을 결정짓는 유의한 변수중 하나인 토지피복특성을 반영한 도시기후 시뮬레이션을 실시하여 토지피복 종류와 면적률의 변화에 따른 도시열환경 특성을 정량적으로 파악하고 열환경 관점에서 유리한 토지피복 조성을 도출하고자 한다.

## 2. 시뮬레이션 개요

### 2.1 시뮬레이션 모델의 소개

본 연구에서 사용한 UCSS는 도시기후 시뮬레이션 프로그램을 도시 GIS와 함께 시스템화한 것으로, 일본 환경성 및 국토교통성의 관련위원회에서 열섬 억제 대책을 위해 활용되고 있다<sup>1)</sup>. UCSS의 가장 큰 특징은 도시기후모델이면서 건물의 단열상태, 구조, 공

조시스템 등의 건축적 요소들을 입력조건으로 반영하고 있는 점이다.

UCSS의 계산원리는 도시를 격자로 나누고 각 격자에 도시 정보의 평균치를 집약하여 2, 3차원적으로 평균화된 기하학적 도시블록과 시각별 태양의 위치로부터 일영율과 단파·장파의 상호복사계산을 통해 열수지식을 푸는 것이다<sup>2)</sup>.

UCSS는 도시 열환경 형성 특성의 평가뿐만 아니라 친환경 건축계획 및 설비계획에 따른 도시 열환경 개선 및 도시 에너지 소비구조 개선 등의 효과까지 검증할 수 있으므로 친환경 도시-건축계획의 가이드라인 수립에 있어 유효한 것으로 알려져 있다<sup>3)</sup>.

### 2.2 케이스의 설정

본 시뮬레이션 케이스의 설정은 일정 건물규모, 표고가 조성된 도시에서 토지피복에 의한 도시열환경 변화를 정량적으로 도출할 것을 목적으로 하였다. 토지피복의 종류는 그림 1과 같이 콘크리트 포장면과 같은 인공피복과 수면, 나지, 수목의 자연피복으로 구분하여 시뮬레이션 케이스에 반영하였다. 토지피복면적률은 하나의 메쉬당 자연피복률이 0%인 경우로부터 30%, 70%로 증가시킨다. 건폐율은 도시의 밀집지역의 특성을 반영하기 위해 30%로 설정하였다. 이상의 설정은 각 자연피복 특성과 면적률의 증가에 따라 도시 열환경 관점에서 기대할 수 있는 이점을 정량적으로 파악하기 위함이다.

### 2.3 설정된 케이스의 시뮬레이션 입력조건

UCSS의 입력변수는 토지피복 면적률(토양, 수면, 수목, 인공피복), 건물규모(건폐율, 건물폭, 건물높이), 건물구조, 건물재료, 건물

1) 尹聖皖, 足永靖信, 「地方沿岸都市における緑化による夏季熱環境緩和効果に関する数値シミュレーション-逗子市におけるケーススタディ-」, 日本建築學會環境系論文集, 2004, 577, p.41-46.

2) 足永靖信, ヴタンカ, 「空間平均処理を施した3次元都市キャノピーモデルの開発-都市建築計画における都市気候予測システム開発 その2」, 日本建築學會計劃系論文集, 2004, 586, p.45-51.

3) 尹聖皖, 足永靖信, 「地方沿岸都市における緑化による夏季熱環境緩和効果に関する数値シミュレーション-逗子市におけるケーススタディ-」, 日本建築學會環境系論文集, 2004, 577, p.41-46.

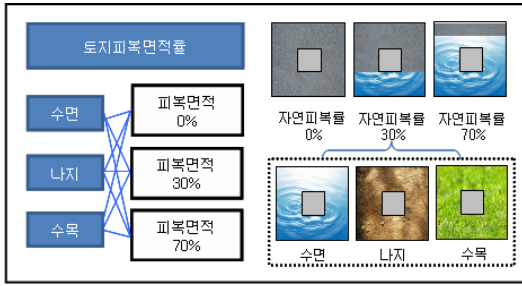


그림 1. 시뮬레이션 케이스의 조합

용도 및 건물에 적용되는 공조기의 종류, 옥상 및 벽면 녹화율, 표고정보를 포함한다. 3.2 절에서 설정한 조건에 따른 도시열환경 특성을 검토하기 위해 케이스 조합 변수 이외의 기타 조건은 고정값으로 설정하였다.

표 3. 입력조건

입력변수	설정조건
건물폭 (m)	15
건물재료	콘크리트 내단열
건물용도	오피스
공조기 종류	공랭식 HP
실내설정온도(℃)	27.0
수목높이(m)	6

#### 4. 시뮬레이션 결과

본 장은 UCSS 시뮬레이션 결과를 통해 도시기후를 평가하는 단계로 29가지 시뮬레이션 결과치 중, 기온, 습도, 풍속의 수치 예측

결과를 분석하고, 도시에서 발생하는 열부하량을 통해 도시기후를 형성하는 열발생 요소에 대한 분석을 실시하였다.

##### 4.1 토지피복별 기온형성특성

표 4는 시뮬레이션 케이스 중 자연피복면적 0%, 30%에서 건폐율을 30%로 조성한 결과로 고도 0m 기준, 토지피복종류별 지상 2.5m의 기온을 나타낸 것이다. 자연피복 0%인 경우 가장 극심한 인공환경의 영향이 기온에 반영된다. 5층 건물을 기준으로 수면, 나지, 수목피복이 각각 30%씩 조성되는 경우 기온의 범위는 수면 25.3℃~29.6℃, 나지 24.7℃~31.4℃, 수목 24.7℃~31.5℃로 나타나 최고기온이 0.5℃~6℃가량 저감되며 수면>수목>나지 피복 순으로 최고기온 저감효과가 뚜렷하게 나타난다.

토지피복 종류별로는 나지>수목>수면 순으로 기온 저감 효과가 두드러지는데 이는 각 피복별로 발생하는 증발산 특성에 따른 잠열의 효과로 분석된다.

##### 4.2 토지피복별 열발생 특성

표 5는 건물의 영향이 반영된 도시의 대류현열 및 증발잠열량을 나타낸 것이다. 자연피복 0%, 2층 건물군에서 대류현열이 368W/m<sup>2</sup>으로 가장 큰 값을 나타낸다. 5층 건물 기준, 대류현열은 수면>나지>수목의 순으로 대류현열량이 줄어든다.

표 4. 토지피복 변화에 따른 기온형성 범위

기온 [℃]	자연피복 (수면/나지/수목)		수면		나지		수목	
	0%	(수면/나지/수목)	30%	70%	30%	70%	30%	70%
2층	최고	31.1	28.6	26.2	30.2	29.5	30.7	29.7
	평균	28.0	26.7	25.8	27.2	26.5	27.2	25.8
	최저	25.2	24.9	25.4	24.1	22.9	23.9	21.9
5층	최고	32.5	29.6	26.2	31.4	30.8	31.5	31.0
	평균	28.6	27.2	25.7	27.9	27.2	27.9	26.8
	최저	25.7	25.3	25.4	24.7	23.1	24.7	23.1
20층	최고	31.3	29.2	26.6	30.8	30.4	31.6	29.1
	평균	28.5	27.4	25.9	28.0	27.5	28.2	26.8
	최저	26.3	25.9	25.3	25.7	25.0	25.8	24.7

표 5. 토지피복 변화에 따른 열발생량 변동 범위

		대류현열							증발잠열							
		자연피복 (수면/나지 /수목)		수면		나지		수목	자연피복 (수면/나지 /수목)		수면		나지		수목	
		0%	30%	70%	30%	70%	30%	70%	0%	30%	70%	30%	70%	30%	70%	
표고 0m	2층	최대	368	186	0	305	259	257	225	62	292	38	178	263	216	291
		평균	121	54	-1	93	72	83	77	21	120	26	63	93	70	90
		최소	-4	-32	-3	-18	-32	-3	2	0	15	14	4	3	0	0
	5층	최대	298	179	0	258	230	231	224	60	225	35	151	223	193	258
		평균	105	59	-1	85	72	79	77	20	95	16	53	76	61	76
		최소	-6	-9	-2	-8	-15	-4	-2	0	12	1	1	0	0	0
	20층	최대	155	190	0	164	169	151	191	66	98	23	87	108	126	174
		평균	64	69	-1	66	70	61	77	21	45	16	31	35	33	36
		최소	-12	-14	-2	-9	0	-12	3	0	17	9	3	2	3	1

자연피복이 0%인 경우 층고에 상관없이 증발잠열이 66W/m<sup>2</sup> 전후로 낮게 나타난다. 2층 건물이 조성된 곳에서 자연피복면적이 확보되는 경우 수면은 증발잠열량이 최고 5배에 달하는 292W/m<sup>2</sup>, 나지, 수목에서 각각 178W/m<sup>2</sup>, 216W/m<sup>2</sup>로 나타났다.

인공현열 및 잠열량은 토지피복의 종류나 면적에 상관없이 건폐율이 높고 건물이 고층화 될수록 높은 값을 나타냈다.

이상의 결과로부터 대류현열 및 증발잠열량은 인공피복과 건축재료의 낮은 함습량에 의한 영향이 큰 것을 알 수 있다.

0.08m/s의 일평균 풍속증가가 나타나며 열발생량은 대류현열이 최고 368W/m<sup>2</sup> 감소하는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과는 물리적 도시구조에 따른 도시의 정량적인 열환경 특성의 DB로 구축될 필요가 있다. 이는 도시기후 현상의 분석 뿐 아니라 건축·도시계획 시 도시열환경 관점에서 유리하게 적용될 수 있는 계획요소의 적정조합을 제시하는 근거로 사용될 수 있을 것이다.

## 후 기

## 5. 결론

본 연구에서는 3차원 도시기후시물레이션 시스템인 UCSS를 활용하여 도시기후 시물레이션을 실시하였다. 이 때 도시기후의 특성에 영향을 미치는 물리적 변수로 토지피복특성 도시열환경에 미치는 특성을 파악하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 토지피복이 도시열환경 형성에 미치는 영향은 자연피복이 증가할수록 최고기온의 감소, 습도 및 풍속의 증가로 특징지어진다. 수면면적이 70%인 경우 인공피복 100%인 경우보다 최고 6.3℃의 기온저감효과, 4.4g/kg의 일평균 습도증가,

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비 지원(07첨단도시A01)에 의해 수행되었음

## 참 고 문 헌

1. ヴタンカ, 足永靖信, 淺枝隆, 都市大氣境界層の亂流モデリング-都市建築計劃における都市氣候豫測システム開發 その1, 日本建築學會計劃系論文集, Vol.536, 2000.
2. 尹聖皖, 足永靖信, 地方沿岸都市における綠化による夏季熱環境緩和効果に關する數値シミュレーション-逗子市におけるケーススタディー-, 日本建築學會環境系論文集, Vol.577, 2004.