R&D /
17CTAP-C133102-01

기성시가지 건축물 에너지 소비량 10% 원천적 감소를 위한 지구단위계획과 연계가능한 도시·건축 빅데이터 기반 형태-환경-행태 통합모델 개발

최종보고서

2018. 12. 31.

주관연구기관 / 호서대학교 산학협력단
공동연구기관 / ㈜디자인그룹 이상도시건축사사무소

국토교통부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통과학기술원장 귀하

'기성시가지 건축물 에너지 소비량 10% 원천적 감소를 위한 지구단위계획과 연계가능한 도시·건축 빅데이터 기반 형태-환경-행태 통합모델 개발'(연구개발 기간 : 2017. 06. 30 ~ 2018. 12. 31) 과제의 최종보고서 10부를 제출합니다.

2019. 2. 19.

주관연구기관명: 호서대학교 산학협력단 박 승 규 (인)
공동연구기관명: ㈜디자인그룹 이상도시건축사사무소 오 정 석 (인)

주관연구기관책임자: 이 건 원
공동연구기관책임자: 배 준 형

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제29조에 따라 최종보고서 열람에 동의합니다.

보고서 요약서

<table>
<tr><td>과제 고유 번호</td><td>17CTAP-C133102-01</td><td>해당 단계 연구 기간</td><td>18개월</td><td>단계구분</td><td>1 / 1</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구사업명</td><td>중사업명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부사업명</td><td colspan="4">국토교통기술촉진연구사업</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구과제명</td><td>대과제명</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>세부과제명</td><td colspan="4">기성시가지 건축물 에너지 소비량 10% 원천적 감소를 위한 지구단위계획과 연계가능한 도시 · 건축 빅데이터 기반 형태-환경-행태 통합모델 개발</td></tr>
<tr><td rowspan="2">연구책임자</td><td rowspan="2"></td><td>해당단계 참여연구원 수</td><td>총: 7명
내부: 7명
외부: 0명</td><td>해당단계 연구비</td><td>정부:360,000천원
민간:120,000천원
정부외: 천원
계: 480,000천원</td></tr>
<tr><td>총 연구기간 참여연구원 수</td><td>총: 10명
내부: 10명
외부: 0명</td><td>총 연구비</td><td>정부:360,000천원
민간:120,000천원
정부외: 천원
계: 480,000천원</td></tr>
<tr><td>연구기관명 및 소속 부서명</td><td colspan="3">호서대학교 건축토목환경공학부</td><td colspan="2">참여기업명
㈜디자인그룹 이상도시건축사사무소</td></tr>
<tr><td>국제공동연구</td><td colspan="3">상대국명:</td><td colspan="2">상대국 연구기관명:</td></tr>
<tr><td>위탁연구</td><td colspan="3">연구기관명:</td><td colspan="2">연구책임자:</td></tr>
<tr><td colspan="6">※ 국내・외의 기술개발 현황은 연구개발계획서에 기재한 내용으로 갈음</td></tr>
<tr><td>연구개발성과의 보안등급 및 사유</td><td colspan="5">일반 / 특별한 사유 없음</td></tr>
</table>

9대 성과 등록・기탁번호

구분	논문	특허	보고서 원문	연구시설・장비	기술요약 정보	소프트웨어	화합물	생명자원		신품종	
								생명 정보	생물 자원	정보	실물
등록・기탁 번호											

국가과학기술종합정보시스템에 등록한 연구시설・장비 현황

구입기관	연구시설・장비명	규격 (모델명)	수량	구입연월일	구입가격 (천원)	구입처 (전화)	비고 (설치장소)	NTIS 등록번호

요약

본 연구는 지구(근린) 공간범위를 대상으로 도시·건축 빅데이터에서 추출할 수 있는 건축물 및 건축물군의 형태가 주변 환경에 미치는 영향을 파악하고, 다시 그 환경이 지구(근린)의 미기후에 미치는 영향을 파악한 후, 미기후가 다시 주변 개별 건축물의 에너지 소비량에 미치는 일련의 상관관계를 바탕으로 하는 알고리즘을 도출하였음. 최종적으로 알고리즘과 지구단위계획을 결합하므로써 기성시가지 건축물 에너지 소비량을 10% 원천적으로 감소시키는 계획모델을 개발하였음

보고서 면수

68면

요약문

연구의 목적 및 내용	본 연구는 반경 400m 크기의 공간범위인 지구(근린) 공간범위를 대상으로 ①도시·건축 빅데이터에서 추출할 수 있는 건축물 및 건축물군의 형태가 주변 환경에 미치는 영향을 파악하고, 다시 ②그 환경이 지구(근린)의 미기후에 미치는 영향을 파악한 후, ③미기후가 다시 주변 개별 건축물의 에너지 소비량에 미치는 일련의 상관관계를 바탕으로 하는 알고리즘을 도출하고자 함. 최종적으로 ④알고리즘과 지구단위계획을 결합하므로써 기성시가지 건축물 에너지 소비량을 10% 원천적으로 감소시키는 계획모델을 개발하고자 함 연구목표를 달성하기 위해 ①도시·건축 빅데이터를 기반으로 4개 분석 대상지(반경 400m)의 지구(근린) 및 건축물군의 형태를 분석하고, 주변의 표면온도 및 환경을 열화상카메라와 이동식 자동기상관측시스템(AWS. Automatic Weather System)를 이용하여 측정하고자 함. ②주변의 표면온도 및 바람 등의 환경이 지구(근린)의 미기후에 미치는 영향을 지점별 고정식 AWS를 이용·측정 후, 공간회귀분석을 이용해 영향범위 및 관계를 도출하고자 함. ③미기후가 건축물의 에너지 소비량에 미치는 영향 파악을 위해 국토교통부의 건축물 에너지 소비량 자료 활용하고 대상지 내 건축물 재실자들에 대한 측정 및 조사를 통해, 그 관계를 파악하고자 함. ④구조방정식을 이용, 형태-환경-행태 통합 모델(알고리즘)을 도출하고, ⑤검증을 위해 4개 대상지 중 모델(알고리즘) 구축을 위해 이용되지 않은 1개 대상지 자료를 모델(알고리즘)에 투입하여 1차 검증하고자 함. ⑥이를 기존 시가지 지구단위계획에 반영 전·후를 시뮬레이션하므로써 그 에너지 절감성능을 검증하고자 함
연구개발성과	1. 건축물군의 형태요소 - 미기후 - 에너지 소비 행태간 연계를 통한 건축물 에너지 소비량 예측모델(알고리즘) 2. 건축물 에너지 소비량 예측을 위한 형태 - 환경 - 행태모델(알고리즘)을 반영한 지구단위계획모델
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	본 최종성과물을 개발함으로써 도시관리와 환경, 에너지 분야를 아우르는 융복합적, 선도적 지구단위 에너지관리 기술력 확보를 통한 시장경쟁력 확보가 기대됨. 스마트한 도시조성 및 관리 기술의 통합화로 인한 에너지 위기 대응력 및 신기후체제의 대응력 제고가 가능하다고 사료됨. 도시 관리 및 도시 미기후 관리를 융복합한 기존과 다른 새로운 시장 및 일자리 창출이 가능하다고 판단됨. 통합적 도시관리 분야로서 관련 분야의 학술적 기여가 가능하며, 본 개발 기술 외의 도시의 미기후, 에너지, 탄소 흡수·배출 관리 기술 등을 패키지화하여 모델 도시의 개발 가능하다고 사료됨. 도시 빅데이터인 UPIS자료와 건축물 빅데이터인 세움터 자료의 발전방향에 대한 제안이 가능하며, BIM과 GIS의 연계방향은 물론, 이를 통한 환경을 고려한 도시설계의 발전방향의 제안이 가능하다고 기대됨

핵심어 (5개 이내)	에너지 관리	도시 미기후	도시 및 건축물 형태	바람	지구단위계획
영문핵심어 (5개 이내)	Energy Management	Urban Microclimate	City and Building Form	Wind	District unit Plan

〈 목 차 〉

1. 연구개발과제의 개요 ····· 5

2. 연구수행내용 및 성과 ····· 7

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도 ····· 59

4. 연구개발성과의 활용 계획 등 ····· 62

붙임. 참고 문헌 ····· 64

<별첨> 주관연구기관의 자체평가 의견서

1. 연구개발과제의 개요

가. 연구개발 목적

(1) 건축물군의 형태요소 - 미기후 - 에너지 소비 행태간 연계를 통한 건축물 에너지 소비량 예측모델(알고리즘)

(2) 건축물 에너지 소비량 예측을 위한 형태 - 환경 - 행태모델(알고리즘)을 반영한 지구단위계획모델

나. 연구개발의 필요성

○ 신기후체제 아래 세밀한 미기후 및 에너지 관리는 필수이며, 관련 시장이 커지고 있음

- 2015년 체결된 파리 기후협약은 기후변화 대응을 위해 보다 강력한 탄소배출량 저감을 요구하고 있으며, 한국 역시 2030년 BAU 대비 37% 감축 목표를 내세운 바 있음
- 전술한 목표달성을 위해 세밀한 미기후 및 에너지 소비 관리의 중요성이 강조되어 지구(근린) 공간범위에 대한 미기후 및 에너지 소비 관리가 중요한 과제로 부상함
- 이러한 배경에서 환경 선진국들은 환경 후발국가에 대한 환경부하 저감 컨설팅 및 관련 시뮬레이션 SW, 제품 등의 판매를 통해 다양한 시장과 수익을 창출하고 있음

○ 기성시가지 내 대다수를 차지하는 소규모 일반건축물들의 근원적인 에너지절감 및 관리 대책이 수립될 필요가 있으며, 특히 지구단위계획과 같은 도시설계(도시관리)제도와 연계될 필요가 있음

- 도시·건축의 에너지 소비 효율을 극대화하기 위해서 보다 근원적인 측면에서의 에너지 절감 전략이 마련되어야 하며, 이를 위해 액티브 요소 보다 패시브(Passive) 요소에 보다 더 집중할 필요가 있음
- 특히, 같은 패시브 기술 중에서도 기밀 및 단열성능 제고나 특수재료 사용보다 근원적인 도시·건축의 형태(건축물 배치, 향, 매스 , 지붕·입면재료·색 등) 관리를 통한 일반 소형 건축물의 신·개축시 활용가능한 대책 마련이 필요함(10년 이상된 건축물의 에너지 사용량이 전체의 70%를 초과함)
- 다수의 건축물군의 에너지 성능 관리의 효율성 제고를 위해 디자인 의사결정시 활용할 수 있는 정량적인 통계자료 구축에 근거한 도시·건축형태와 에너지 사용량 간의 설명 모델과 이를 지구단위계획과 같은 도시설계(도시관리)제도와 연계할 필요

○ 뒤쳐진 선진기술을 따라잡을 수 있는 기회요소 존재

- 최근 국내에 빅데이터, ICT, 무인항공기, 도시 내 바람길 분석 등 관련 기술의 발전으로 수백여 동의 건축물군에 대한 통합 환경 및 에너지 소비량 분석이 가능하게 되었음
- 선진국들에서는 이에 관한 분석 모델 기술을 개발·실증 중이며, 우리와 선진국 간 기술격차는 영국·독일과 15년, 일본과 10년 정도의 차이를 보임
- 선진국의 지구(근린) 공간에 대한 통합 환경분석 모델은 개발 시험운영 단계로 아직 모델을 고도화하지 못한 한계점이 있고, 이를 극복하는 방향으로 우리의 기술개발에 집중한다면 선진국들과 차별화된 기술을 보유할 수 있을 것으로 판단됨

다. 연구개발 범위

○ 분석시기 및 분석대상 지구(근린)

- 분석시기는 본 연구기간 및 연구기간 이전으로 2016~2017년
- 분석대상 지구(근린)의 공간범위는 위치는 기상청 및 지자체 설치 AWS 중심으로 반경 400m(분석 단위)와 1km(영향 통제단위)로 구성되며, 아래 그림과 같음
- 서울특별시 내 설치된 기상청의 고정형 AWS 23개소 중에서 기성시가지이며, 비교적 저층고밀 주거지역인 영등포구 당산동 인근, 강북구 수유3동 인근, 중랑구 면목본동 인근, 서초구 서초동 인근 4개 지역을 분석대상지로 선정하되, 3개 지구(근린)는 모델(알고리즘) 개발용으로, 1개 지구(근린)은 모델(알고리즘)의 검증용으로 활용할 계획



그림 1 연구의 공간적 범위

2. 연구 수행 내용 및 성과

가. 연구 수행 내용

(1) 건축물 및 건축물군(도시·건축) 형태요소 도출

○ 기존 국내외 문헌검토

	주요 내용	주요 연구자	
		건축물 에너지 사용량 연계	일반
식생	▪ 식생은 태양광 및 태양열의 직접 입사를 막아주고, 열저항력을 증가시켜주며, 열의 침입을 막아주고, 잠열의 이동을 촉진시킴으로 온도를 저감 ▪ 주요 연구 포인트는 녹지 및 식재 군집지역의 온도 저감효과와 그 온도 저감효과의 확산 영역에 초점이 맞춰져 있음	Vu, T.C. et al., 1998	Barry, R.G. & R.J. Chorley, 1968, Hidebrandt, E.W. & M. Sarkovich, 1998, Wilmers, 1991, Landsberg, R., 1981, Meier, A.K., 1991, Saito et al., 1990, Taha et al., 1991, Jauregui, E., 1991, Kawashima, A., 1990, Rosenfeld, A.H. et al., 1995, Akbari, H. et al., 1997, Henjo, T. & T. Takakura, 1990
건축물 피복	▪ 도시 미기후에 영향을 주는 주된 이유는 알베도(반사도)에 의해서이며, 흙이나 모래, 식생 등 토지의 상태와 건물 벽과 지붕 등의 재질, 도시 내 포장재료 등이 이와 밀접하게 관련 ▪ 주요 연구 포인트는 건축물의 부위별(지붕, 벽 등) 피복의 종류에 따른 건축물 에너지 사용량과의 관계 분석	Rosenfeld, A.H. et al., 1995, Simpson, J.R. & E.G. McPherson, 1997, Parker, D. & S.J. Barkaszi, 1997, Taha, H. et al., 1988	Asaeda, T.V et al., 1997, Oke, 1987, Ca, 1998
자연요소 (계절, 시간, 고도, 날씨)	▪ 자연요소는 도시 미기후의 구성요소 중 하나인 바람의 방향과 속도에 영향을 미치고, 온도 및 습도에 영향을 미침. 특히, 바람은 지표면 냉각의 역할 외에 절대적인 환경 조건을 형성하여 온도와 습도 형성에 중요한 역할 수행 ▪ 시간대와 계절에 따라서 도시 미기후의 변화와 편차가 영향 받는데, 이는 지역마다 풍속, 고도, 날씨, 습도 등의 차이로 냉각효과의 차이가 있기 때문 ▪ 주요 연구 포인트는 자연요소에 따른 온도분포와 변화의 편차를 연구하는 경향이 대부분임		Chandler, T.J. & S. Gregory, 1976, Hannel, F.G., 1976, Chandler, T.J., 1968

	주요 내용	주요 연구자	
		건축물 에너지 사용량 연계	일반
도시·건축 형태	▪ 건조물의 배치에 따른 간격, 방향 등의 특징은 도시온도에 영향. 이러한 건조물 자체는 일단 알베도를 낮춰 열을 흡수하는 역할을 수행하며, 특히 건조물의 배치 간격이 좁을수록 열을 저장하는 정도가 높다고 알려져 있음 ▪ 건조물의 배치 간격 및 방향은 도로의 패턴 및 방향과 관련이 깊고 이는 풍향 및 풍속에 영향을 주어 냉각효과에 영향을 주고, 다시 온도에 영향을 줌 ▪ 도시형태 특성 중 밀도와 도시 크기 등의 요소 역시 온도차에 영향을 주며, 이는 건조물의 간격 등 때문에 발생하는 풍속과도 관련이 있지만 복사에너지의 영향력과도 관련이 깊음 ▪ 주요 연구 포인트는 도시·건축형태에 따라서 온도의 차이, 바람의 속도 차이, 일사량의 차이 등을 연구하는 경향이 대부분이며, 이를 건축물 에너지 사용량과 연계하는 경우는 거의 없음	Milles, G., 1997	Givoni, B., 1971, Golany, G.S., 1996, Bohm, R., 1998, Eliasson, I., 1994, Santamouris, M. & P. Littlefair, 1997, Coronel, J.F. et al., 1997, Sakakibara, Y., 1996, Rosenfeld, A.H. et al., 1998, Barry, R.G. & R.J. Chorley, 1968
토지이용	▪ 도시의 다양한 토지이용으로 인한 인공열 방출 역시 도시 미기후에 영향을 주는 중요한 요인 중의 하나로, 다양한 토지이용에 따른 연소과정에 의해 도시환경으로 방출됨 ▪ 겨울철의 인공열 방출과 흐름은 비슷한 시기의 태양열의 흐름과 대등하거나 그것을 초월할 정도의 수준에 이르기도 한다고 알려져 있음 ▪ 주요 연구 포인트는 토지이용 특히, 교통과 산업(공장) 등에 의한 인공열이 주변에 미치는 영향이나 이동 경로를 연구하는 경우가 대부분임		Harrison, R. et al., 1984, Santamouris, M. et al., 1998, Taha, H., 1997

○ 건축물 및 건축물군(도시 · 건축) 형태요소

	계획 항목		개념
건물 배치	건축지정선		건물 입면이 위치하도록 요구되는 선
	건축후퇴선		대지경계선으로부터 후퇴 거리
	필지 최대 폭		전면가로변 필지 모서리 간 최대 거리
	필지 최소 폭		전면가로변 필지 모서리 간 최소 거리
건물 형태	건물 최소 높이		건물의 최고점과 보도 사이의 최소 거리
	건물 최대 높이		건물의 최고점과 보도 사이의 최대 거리
	1층 바닥마감 높이		보도와 1층 마감 사이 수직적 거리
	1층 최소 천정고		1층 바닥과 천정 사이의 최소 거리
	1층외 최소 천정고		1층 외 층의 바닥과 천정 사이 최소 거리
	건물 최대 폭		건물의 양 옆면 사이 최대 거리
	건물 최대 깊이		건물의 전면과 후면 사이 최대 거리
	부속건물 최대 규모		부속건물의 최대 폭 및 면적
주차	주차대수		트랜섹트 구역별 노외주차 의무대수
	위치		필지 내 주차허용 위치 및 진입차로 기준
용도	1층		허용위치 및 허가조건을 제시하되 포괄적인 용도유형 제시
	1층 외		
허용 전면부 유형	공적 전면부	최소 깊이, 높이, 폭 등	주차, 보행로, 조경 등으로 구성되는 사유지 대지경계선과 차도 사이 공간
	사적 전면부		셋백, 울타리, 현관, 조경 등으로 구성되는 건물의 입면과 대지경계선 사이 공간
허용침범요소	경계침범 허용 요소		입면 및 높이를 넘어 허용되는 건축 요소
허용건물유형	허용되는 건물 유형		형태 및 용도에 근거한 건물의 분류 (단독 및 두 세대용 주택, 타운하우스, 적층 아파트, 상업건물 등)

	계획 항목	개념
건물 향	건물 주향	건축의 주축이 향하는 방향
	주요 창문 향	건축물 입면 내 주요 창문이 향하는 방향
	개구부 향	건축물의 주요 개구부가 향하는 방향
건물 입면	건물 표면적(벽)	건축물의 입면적 중 벽이 차지하는 면적 비율
	건물 표면적(창문)	건축물의 입면적 중 창문이 차지하는 면적 비율
	입면적	건축물의 전체 입면적
	건축물 입면 색	건축물 입면의 고유한 색
	건축물 입면 재료	건축물 입면의 고유한 재료
건물 형태	평면 형상	건축물 평면의 형상
	1층부 후퇴	건축물 1층부의 후퇴 유무 및 깊이
	필로티 여부	건축물 내 필로티 유무
	건축물 상부 후퇴	건축물이 도로 사선제한 등에 의해서 점차 후퇴하는 깊이
지붕 형태	건축물 지붕 형식	건축물 지붕의 형식(경사지붕, 평지붕 등)
	건축물 지붕의 색	건축물 지붕의 고유한 색

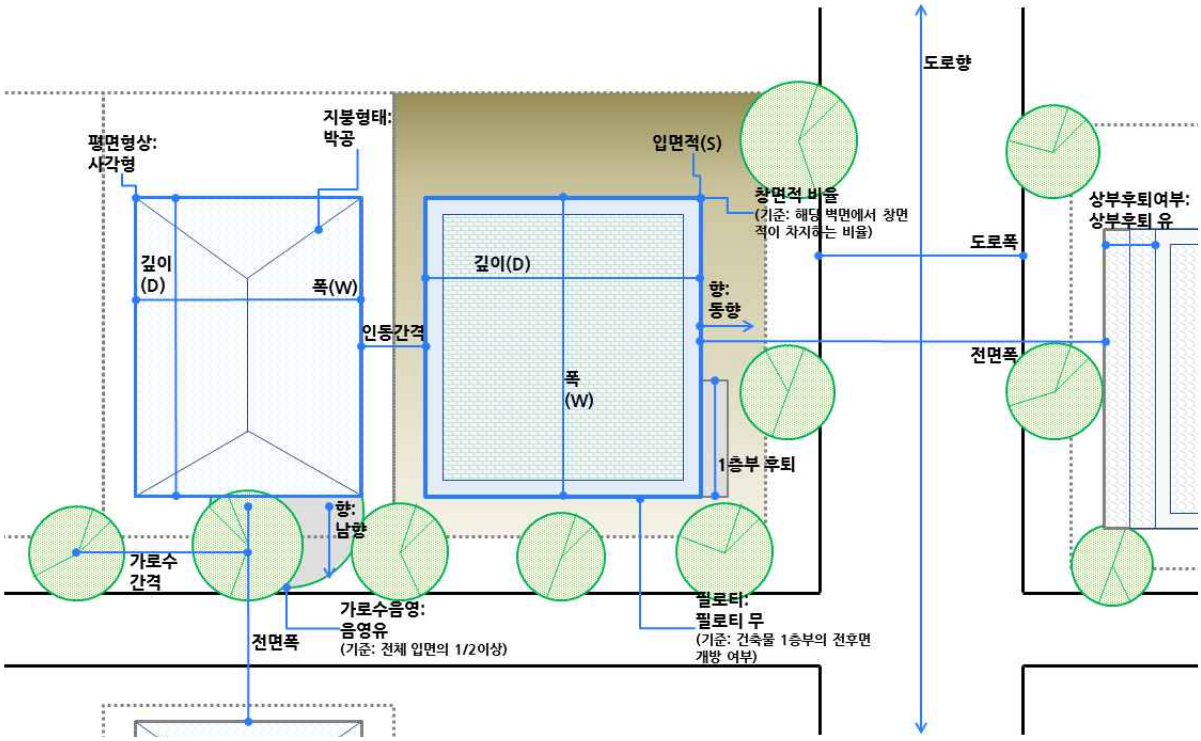


그림 6 최종 도출 도시·건축 형태정보

○ 건축물 및 건축물군(도시 · 건축) 형태요소와 환경부하 · 에너지소비량 매칭 DB 구축

- 건축물 ID를 중심으로 건축물별 형태정보와 환경부하(미기후), 에너지 소비량 DB를 매칭시킴

- 구축대상이 된 DB의 종류는 아래표와 같음

건축물별 형태정보		환경부하	에너지소비량
ID	외피색(코딩이전)	표면온도	1월(도시가스) (kwh)
구코드	외피색(코딩이후)	향	1월(전기) (kwh)
동코드	주향 창비율	경사도	1월(열) (kwh)
본번	측향 창비율	일사량	2월(도시가스) (kwh)
부번	측향 창문갯수	평균기온	2월(전기) (kwh)
필지	가로수에 의한음영	평균풍속(1초)	2월(열) (kwh)
향	음영 길이	평균풍속(10초)	
평면형상	사선형상 유무		12월(도시가스) (kwh)
넓이	외부계단		12월(전기) (kwh)
깊이	외부 발코니		12월(열) (kwh)
둘레	사용년도(건축물 노후도)		1월(kwh)
측면간격	층수		2월(kwh)
주향 간격	용도(코딩)		…
지붕형태	구조형식		12월(kwh)
지붕색(코딩이전)	바닥면적		
지붕색(코딩이후)	평면 둘레		
최저층	입면적		
최고층	총입면적		
최고높이	SV비율		
1층 후퇴깊이	WD비율		
필로티 여부	SF비율		
외피재질	총부피		

- 구축 DB(예시)

ID	구코드	동코드	본번	부번	필지	할	명면형상	넓이	깊이	둘레	측면간격	주랑 간격	재료형태	재료색 (크림 이전)	재료색 (크림 이후)	최저층	최고층	최고높이	1층 주퍼공이	필로티 여부	외피계정
12945	110	11500	1	34	1	목동	사각형	12	17	60	0.4	104	박공	회	무채색	2	2	3	0	보통	콘크리트
12585	110	11500	1	35	1	목	사각형	9	10	38	0.4	104	박공	회	무채색	2	2	3	0	보통	벽돌
13952	110	11500	1	41	1	목	삼각형, 원형	28	26	127	1	97	명	회	무채색	4	4	5	0	보통	벽돌
13991	110	11500	172	2	1	목동	사각형	5	6	22	0.4	26	명	회	무채색	3	3	4	0	보통	벽돌
12688	110	11500	172	3	1	목동	사각형	6.9	9	26	1.4	27	명	회	무채색	3	3	4	0	보통	벽돌
14365	110	11500	175	0	1	목서	사각형	5	5	20	0.4	8	박공	회	무채색	2	2	3	0	보통	벽돌
14348	110	11500	179	2	1	목서	사각형	9	11	43	0.2	8.6	박공	빨강	붉은색	3	3	3	0	보통	벽돌
14314	110	11500	179	3	1	목서	사각형	6	4	20	1.1	3.8	박공	회	무채색	2	2	3	0	보통	콘크리트
12700	110	11500	181	3	1	남서	사각형	13	10	46	1.8	21	박공	파랑	파랑색	3	3	4	0	보통	콘크리트
12497	110	11500	200	7	1	목서	사각형	8	8	36	0.1	81	박공	회	무채색	4	4	3	0	보통	벽돌
12559	110	11500	200	8	1	목서	사각형	4	6	24	0.3	87	박공	회	무채색	3	3	3	0	보통	콘크리트
12777	110	11500	208	0	1	목	사각형	22	16	97	1.4	50	명	회	무채색	7	7	4	0	보통	콘크리트
12744	110	11500	228	0	1	남동	사각형	14	9	40	4	47	명	녹	녹색	3	3	4	0	보통	콘크리트
12754	110	11500	254	1	1	남서	사각형	17	7	45	37	27	2.5	박공	파랑	파랑색	2	2	3	0	보통	벽돌
12910	110	11500	262	1	1	목서	사각형	11	16	55	2.7	185	명	녹	녹색	4	4	4	0	보통	벽돌
12673	110	11500	262	3	1	목서	사각형	27	15	99	2	37.1	박공	빨강	붉은색	2	2	4	0	보통	벽돌
12746	110	11500	262	5	1	남동	사각형	15	8	46	2	10	박공	빨강	붉은색	2	2	4	0	보통	벽돌
12743	110	11500	262	11	1	목서	사각형	19	16	55	3	196	박공	빨강	붉은색	2	2	4	0	보통	벽돌
12934	110	11500	262	30	1	북	사각형	7	13	46	0.9	43	명	파랑	파랑색	1	1	4	0	보통	목넓
12797	110	11500	262	32	1	서	사각형	8	9	34	0.5	153	박공	녹	녹색	1	1	2	0	보통	데워
12628	110	11500	262	103	1	남	사각형	10	8	36	3.7	15	박공	빨강	붉은색	3	3	5	0	보통	콘크리트
14273	110	11500	262	123	1	남서	사각형	6	3	18	0.4	5	명	녹	녹색	3	3	3	0	보통	목동
12940	110	11500	263	0	1	남동	삼각형, 원형	17	10	55	1.7	80	명	녹	녹색	6	6	4	0	보통	데워
12835	110	11500	270	1	1	남동	사각형	19	10	51	0.6	62	명	녹	녹색	5	5	4	0	필로티	데워
12837	110	11500	280	1	1	남	사각형	34	7.4	23.4	1.8	6.4	명	녹	녹색	3	3	3	0	보통	벽돌
21668	110	11500	285	0	1	동	사각형	28	8	75	5	5	박공	빨강	붉은색	4	4	3	0	보통	데워
12942	110	11500	290	0	1	동	사각형	7	6	27	0.1	7	명	파랑	파랑색	3	3	3	0	보통	벽돌
12718	110	11500	291	1	1	동	사각형	5	4	24	0.1	10	박공	회	무채색	1	1	3	0	보통	벽돌
12810	110	11500	295	2	1	남	사각형	5	7	25	0.8	62	명	회	무채색	2	2	4	0	보통	목넓
14178	110	11500	304	15	1	동	사각형	19	13	46	0.5	98	박공	진정	무채색	1	1	3	0	보통	콘크리트
14395	110	11500	304	36	1	남서	사각형	5	4	18	0	20	박공	빨강	붉은색	1	1	3	0	보통	콘크리트
14101	110	11500	304	37	1	남서	사각형	3	8	43	0.1	21	박공	파랑	파랑색	1	1	3	0	보통	콘크리트
12647	110	11500	304	38	1	남서	사각형	5	10	34	0.1	27	박공	갈	붉은색	1	1	3	0	보통	콘크리트
12726	110	11500	304	39	1	남서	사각형	10	8	50	0.1	23	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	벽돌
12532	110	11500	311	5	1	목동	사각형	14	12	64	0.5	6	박공	파랑	파랑색	3	3	4	0	보통	콘크리트
12560	110	11500	311	6	1	남	사각형	8	7	41	0.2	5	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	콘크리트
12755	110	11500	311	12	1	북	사각형	7	6	26	0.7	5	명	녹	녹색	3	3	4	0	보통	벽돌
12915	110	11500	311	13	1	서	사각형	15	14	62	3.1	5	박공	갈	붉은색	2	2	4	0	보통	콘크리트
12516	110	11500	311	19	1	남동	사각형	6	6	27	0	7	박공	회	무채색	1	1	4	2	보통	벽돌
12552	110	11500	311	22	1	서	사각형	12	9	40	0.2	5	명	회	무채색	3	3	3	0	보통	벽돌
12724	110	11500	311	25	1	서	사각형	7	10	31	0.3	5	명	회	무채색	2	2	3	0	보통	벽돌
12810	110	11500	311	27	1	서	사각형	7	8	41	0.6	4	박공	빨강	붉은색	3	3	4	0	보통	콘크리트
12829	110	11500	311	29	1	동	사각형	10	7	34	0.3	6	명	녹	녹색	2	2	4	0	보통	벽돌
12705	110	11500	311	31	1	동	사각형	4	12	41	0.2	5	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	벽돌
12668	110	11500	311	33	1	북동	사각형	5	12	48	0.1	5	박공	파랑	파랑색	1	1	4	0	보통	벽돌
12533	110	11500	311	35	1	서	사각형	15	8	46	0.8	3	박공	녹	녹색	4	4	4	0	보통	판넬
12564	110	11500	311	43	1	동	사각형	9	15	19	0.1	5	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	벽돌
12763	110	11500	311	45	1	동	사각형	7	14	49	0.3	5	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	벽돌
12821	110	11500	311	46	1	동	사각형	8	13	54	0.2	5	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	벽돌
12665	110	11500	311	47	1	동	사각형	10	14	49	0.1	5	명	녹	녹색	1	1	4	0	보통	벽돌
12864	110	11500	311	54	1	남동	사각형	12	9	46	0.2	7	명	회	무채색	3	3	4	0	보통	벽돌
14364	110	11500	311	57	1	동	사각형	6	13	40	0.4	14	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	벽돌
14280	110	11500	311	66	1	서	사각형	4	9	26	4	13	박공	회	무채색	1	1	4	0	보통	벽돌
12565	110	11500	315	2	1	북	사각형	6	8	36	0.5	3	박공	진정	무채색	1	1	3	0	보통	콘크리트
21668	110	11500	315	4	1	북	사각형	6	6	28	0	3	명	갈	붉은색	1	1	3	0	보통	콘크리트
12742	110	11500	318	0	1	남서	사각형	8	8	42	0.4	5	명	회	무채색	2	2	4	0	보통	벽돌
14155	110	11500	323	2	1	남동	사각형	8	7	38	0.4	4	박공	진정	무채색	1	1	3	0	보통	목동
12543	110	11500	324	0	1	동	사각형	6	7	29	0.8	9	명	회	무채색	3	3	3	0	보통	벽돌
12547	110	11500	325	1	1	동	사각형	6	7	28	0.8	8	명	회	무채색	3	3	3	0	보통	벽돌
13821	110	11500	325	2	1	동	사각형	6	6	27	0	9	박공	회	무채색	1	1	3	0	보통	콘크리트
14350	110	11500	333	3	1	목서	사각형	8	6	29	0.9	4	명	갈	붉은색	2	2	3	0	보통	벽돌
12504	110	11500	334	1	1	목서	사각형	7	9	31	0.7	4	박공	진정	무채색	1	1	3	0	보통	콘크리트
12730	110	11500	334	10	1	목서	사각형	6	7	32	0.4	4	명	회	무채색	2	2	4	0	보통	데워
21869	110	11500	335	1	1	목서	사각형	6	8	27	1	4	박공	진정	무채색	2	2	4	0	보통	벽돌
12810	110	11500	335	2	1	목서	사각형	3	8	23	0.5	3	박공	빨강	붉은색	1	1	4	0	보통	콘크리트
12512	110	11500	336	1	1	목서	사각형	5	8	23	0.5	3	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	콘크리트
14228	110	11500	336	5	1	북	사각형	4	9	27	0.5	6	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	콘크리트
13971	110	11800	110	21	1	남동	사각형	18	13	64	4	18	박공	파랑	파랑색	3	3	4	0	보통	벽돌
14272	110	11800	110	48	1	남동	사각형	13	9	46	2	34	명	회	무채색	4	4	4	0	보통	데워
13942	110	12100	1	35	1	목동	사각형	10	24	102	0.5	12	명	빨강	붉은색	3	3	4	0	보통	콘크리트
12880	110	12100	1	38	1	목동	사각형	17	16	82	0.7	20	박공	진정	무채색	5	5	4	10	보통	데워
12510	110	12100	1	39	1	목동	사각형	19	17	73	0.4	13	명	회	무채색	2	2	4	3	보통	벽돌
13973	110	12100	1	42	1	남서	사각형	11	16	60	5	13	명	회	무채색	1	1	5	7	보통	콘크리트
12648	110	12100	1	45	1	목동	사각형	9	9	50	0.7	4	박공	회	무채색	1	1	3	0	보통	콘크리트
12775	110	12100	1	49	1	서	사각형	9	9	36	1.8	3	박공	진정	무채색	1	1	4	0	보통	콘크리트
12618	110	12100	1	54	1	목동	사각형	8	11	48	2	57	박공	진정	무채색	3	3	3	4	보통	벽돌
12444	110	12100	1	55	1	동	사각형	8	13	52	1	50	박공	진정	무채색	1	1	3	0	보통	벽돌
12875	110	12100	1	57	1	목	사각형	8	11	48	0.4	4	박공	파랑	파랑색	1	1	3	0	보통	벽돌
22040	110	12100	1	59	1	북동	사각형	13	12	50	0.6	4	명	회	무채색	3	3	3	0	보통	데워
12855	110	12100	1	66	1	서	사각형	10	8	41	0.8	5	박공	빨강	붉은색	1	1	3	0	보통	콘크리트
12515	110	12100	1	96	1	목서	사각형	14	26	83	5	8	명	녹	녹색	3	3	3	0	보통	데워
12555	110	12100	1	102	1	남서	사각형	13	28	86	5	40	명	회	무채색	2	2	4	19	보통	콘크리트
12557	110	12100	1	103	1	남서	사각형	6	28	88	3	17	명	회	무채색	5	5	4	0	보통	벽돌
12760	110	12100	1	104	1	남서	사각형	10	22	65	10	8	명	녹	녹색	2	2	4	0	보통	타일
12737	110	12100	1	107	1	목동	사각형	32	17	98	1.2	26	명	녹	녹색	4	4	4	0	보통	콘크리트
13965	110	12100	1	109	1	목동	사각형	12	19	73	1	26	명	회	무채색	2	2	4	0	보통	벽돌

측정일	시간	일사량	태양에너지	최고일사량	UVIndex	UVDose	최고UV	HeatID-D	CoolID-D	대부온도	대부습도	대부미설점	대부체감온도	InEMC	대부공기압
2017-09-18	12:52 PM	668	0.96	668	2.1	0.01	2.1	0	0.004	31.5	28	10.8	33.1	5.63	1.1506
2017-09-18	12:53 PM	686	0.98	685	2.4	0.02	2.4	0	0.004	32.4	27	11	33.3	5.44	1.1471
2017-09-18	12:54 PM	686	0.98	685	2.6	0.02	2.6	0	0.004	33.2	25	10.5	31.9	5.12	1.1446
2017-09-18	12:55 PM	689	0.99	689	2.6	0.02	2.6	0	0.004	33.8	23	9.8	32.4	4.85	1.1428
2017-09-18	12:56 PM	686	0.98	686	2.6	0.02	2.6	0	0.004	34.8	24	11.3	33.8	4.95	1.1376
2017-09-18	12:57 PM	682	0.98	682	2.6	0.02	2.6	0	0.004	35.8	23	11.5	34.9	4.82	1.1337
2017-09-18	12:58 PM	679	0.97	679	2.5	0.02	2.5	0	0.004	36.7	22	11.5	35.7	4.65	1.1307
2017-09-18	12:59 PM	673	0.96	673	2.5	0.02	2.5	0	0.004	37.3	20	10.6	36	4.15	1.1291
2017-09-18	1:00 PM	677	0.97	677	2.5	0.02	2.5	0	0.004	37.9	19	10.3	36.6	3.95	1.1274
2017-09-18	1:01 PM	684	0.98	684	2.5	0.02	2.5	0	0.004	38.3	18	9.8	36.9	3.83	1.1264
2017-09-18	1:02 PM	684	0.98	684	1.2	0.01	1.2	0	0.004	38.7	20	11.7	37.7	4.18	1.1231
2017-09-18	1:03 PM	49	0.07	49	0	0	0	0	0.004	38.7	19	10.9	37.6	3.98	1.1239
2017-09-18	1:04 PM	32	0.05	32	0	0	0	0	0.004	38.6	20	11.6	37.7	4.18	1.1233
2017-09-18	1:05 PM	30	0.04	30	0	0	0	0	0.004	38.4	22	12.9	38.1	4.5	1.1227
2017-09-18	1:06 PM	30	0.04	30	0	0	0	0	0.004	38.1	23	13.3	37.9	4.73	1.1235
2017-09-18	1:07 PM	30	0.04	30	0	0	0	0	0.004	37.7	23	13	37.4	4.75	1.1252
2017-09-18	1:08 PM	28	0.04	28	0	0	0	0	0.004	37.3	24	13.3	37.1	4.95	1.1262
2017-09-18	1:09 PM	28	0.04	28	0	0	0	0	0.004	36.9	24	13	36.6	4.95	1.128
2017-09-18	1:10 PM	28	0.04	28	0	0	0	0	0.004	36.5	24	12.7	36.1	4.95	1.1298
2017-09-18	1:11 PM	28	0.04	28	0	0	0	0	0.004	36.1	24	12.3	35.5	4.95	1.1316
2017-09-18	1:12 PM	28	0.04	28	0	0	0	0	0.004	35.7	24	12	35	4.95	1.1333
2017-09-18	1:13 PM	28	0.04	28	0	0	0	0	0.004	35.3	25	12.3	34.7	5.06	1.1343
2017-09-18	1:14 PM	28	0.04	28	0	0	0	0	0.004	34.9	24	11.4	33.9	4.95	1.1368
2017-09-18	1:15 PM	53	0.08	53	0	0	0	0	0.004	34.4	22	9.6	32.9	4.49	1.1405
2017-09-18	1:16 PM	53	0.08	53	2.8	0.02	2.8	0	0.004	33.8	23	9.8	32.3	4.85	1.1427
2017-09-18	1:17 PM	613	0.88	613	2.8	0.02	2.8	0	0.004	33.4	24	10.1	32.1	4.95	1.1438
2017-09-18	1:18 PM	608	0.87	608	2.7	0.02	2.7	0	0.004	33.1	25	10.4	31.8	5.12	1.1447
2017-09-18	1:19 PM	613	0.88	613	2.8	0.02	2.8	0	0.004	32.8	26	10.8	31.6	5.31	1.1454
2017-09-18	1:20 PM	613	0.88	613	2.8	0.02	2.8	0	0.004	32.6	27	11.2	31.6	5.42	1.1458
2017-09-18	1:21 PM	612	0.88	612	2.8	0.02	2.8	0	0.004	32.5	28	11.6	31.7	5.62	1.1455
2017-09-18	1:22 PM	612	0.88	612	2.8	0.02	2.8	0	0.004	32.6	28	11.7	31.7	5.81	1.1453
2017-09-18	1:23 PM	606	0.87	606	2.7	0.02	2.7	0	0.004	32.6	28	11.7	31.8	5.61	1.1449
2017-09-18	1:24 PM	608	0.87	608	2.7	0.02	2.7	0	0.004	32.7	29	12.4	32.1	5.71	1.1438
2017-09-18	1:25 PM	606	0.87	606	2.7	0.02	2.7	0	0.004	32.9	29	12.5	32.3	5.7	1.1431
2017-09-18	1:26 PM	608	0.87	608	2.8	0.02	2.8	0	0.005	33.1	29	12.7	32.6	5.69	1.142
2017-09-18	1:27 PM	610	0.87	610	2.7	0.02	2.7	0	0.005	33.4	29	12.9	32.9	5.67	1.1408
2017-09-18	1:28 PM	603	0.86	601	1.4	0.01	1.4	0	0.005	33.6	29	13.1	33.1	5.65	1.1397
2017-09-18	1:29 PM	76	0.11	76	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.7	26	11.6	32.8	5.24	1.1407
2017-09-18	1:30 PM	74	0.11	74	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.8	26	11.6	32.9	5.23	1.1402
2017-09-18	1:31 PM	74	0.11	74	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.9	27	12.3	33.2	5.33	1.1394
2017-09-18	1:32 PM	72	0.1	72	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.9	27	12.3	33.2	5.33	1.1393
2017-09-18	1:33 PM	72	0.1	72	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.8	27	12.2	33	5.34	1.1399
2017-09-18	1:34 PM	72	0.1	72	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.7	26	11.5	32.7	5.25	1.141
2017-09-18	1:35 PM	69	0.1	69	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.6	26	11.4	32.6	5.25	1.1416
2017-09-18	1:36 PM	67	0.1	67	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.4	26	11.3	32.3	5.27	1.1422
2017-09-18	1:37 PM	67	0.1	67	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33.2	26	11.1	32.2	5.28	1.143
2017-09-18	1:38 PM	67	0.1	67	1.5	0.01	1.5	0	0.005	33	25	10.4	31.7	5.12	1.1445
2017-09-18	1:39 PM	69	0.1	69	2.7	0.02	2.7	0	0.005	32.8	25	10.2	31.5	5.13	1.1453
2017-09-18	1:40 PM	69	0.1	69	0	0	0	0	0.005	32.6	24	9.4	31.1	4.95	1.1471
2017-09-18	1:41 PM	65	0.09	65	0	0	0	0	0.005	32.3	25	9.8	30.9	5.15	1.1476
2017-09-18	1:42 PM	65	0.09	65	0	0	0	0	0.005	32.2	26	10.2	30.9	5.35	1.1478
2017-09-18	1:43 PM	67	0.1	67	0	0	0	0	0.005	32.1	27	10.7	30.8	5.46	1.1477
2017-09-18	1:44 PM	65	0.09	65	0	0	0	0	0.005	32	28	11.2	30.9	5.65	1.1475
2017-09-18	1:45 PM	69	0.1	69	0	0	0	0	0.005	32.1	30	12.3	31.3	5.98	1.1461
2017-09-18	1:46 PM	65	0.09	65	0	0	0	0	0.005	32.2	30	12.4	31.6	5.95	1.1456
2017-09-18	1:47 PM	65	0.09	65	0	0	0	0	0.005	32.3	29	12	31.6	5.74	1.1453
2017-09-18	1:48 PM	65	0.09	65	0	0	0	0	0.005	32.6	28	11.7	31.7	5.61	1.1449
2017-09-18	1:49 PM	65	0.09	65	0	0	0	0	0.005	32.8	29	12.5	32.2	5.71	1.143
2017-09-18	1:50 PM	68	0.1	70	0	0	0	0	0.005	33.1	28	12.2	32.4	5.55	1.1423
2017-09-18	1:51 PM	70	0.1	70	0	0	0	0	0.005	33.4	27	11.9	32.6	5.36	1.1414
2017-09-18	1:52 PM	659	0.94	659	2.5	0.02	2.5	0	0.005	33.6	27	12	32.8	5.35	1.1406
2017-09-18	1:53 PM	675	0.97	675	2.1	0.01	2.1	0	0.005	33.7	23	9.7	32.3	4.85	1.1426
2017-09-18	1:54 PM	599	0.85	599	2.6	0.02	2.6	0	0.005	33.8	22	9.1	32.2	4.54	1.1432
2017-09-18	1:55 PM	602	0.86	603	2.6	0.02	2.6	0	0.005	33.8	23	9.8	32.4	4.85	1.1423
2017-09-18	1:56 PM	589	0.84	589	2.5	0.02	2.5	0	0.005	33.8	25	11	32.7	5.09	1.1414
2017-09-18	1:57 PM	578	0.83	578	2.5	0.02	2.5	0	0.005	33.7	25	11	32.6	5.1	1.1417
2017-09-18	1:58 PM	575	0.82	575	2.4	0.02	2.4	0	0.005	33.6	25	10.9	32.4	5.1	1.1422
2017-09-18	1:59 PM	573	0.82	573	2.4	0.02	2.4	0	0.005	33.5	25	10.8	32.3	5.1	1.1426
2017-09-18	2:00 PM	570	0.82	570	2.4	0.02	2.4	0	0.005	33.4	26	11.3	32.3	5.27	1.1425
2017-09-18	2:01 PM	566	0.81	566	2.4	0.02	2.4	0	0.005	33.3	26	11.2	32.2	5.27	1.1431
2017-09-18	2:02 PM	570	0.82	570	2.4	0.02	2.4	0	0.005	33.1	26	11	32	5.28	1.1437
2017-09-18	2:03 PM	555	0.8	555	2.4	0

- DB구축 순서 및 항목

  - 1차적으로 기상청 AWS에 이동형 AWS들이 모여서 데이터 간 오차를 보정할 수 있도록 30분간 동시에 측정
  - 2차적으로 이동형 AWS들이 해당 기상청 AWS 반경 400m 내의 범위를 이동하며 미기후를 1분 단위로 측정하여 데이터 로거에 자동으로 저장
  - 한 지점에 이동형 AWS는 최소 30분간 머무르며 데이터를 실측하며, 오전 11시부터 오후 4시 사이에 측정이 이루어지도록 노력하였으며, 가급적 맑은 날을 이용하여 측정하였기 때문에 한 대상지 당 3~4일 전후의 측정이 이루어졌음

- DB구축 항목

  - 미기후 DB는 기상청 AWS의 측정 데이터를 기본으로 함
  - 이동형 AWS 3대를 이용하여 기상청 AWS 중심으로 반경 400m의 대상지 주변 미기후를 측정
  - 측정 미기후는 온도, 습도, 일사량, UV, 기압, 풍향, 풍속, 체감온도 등

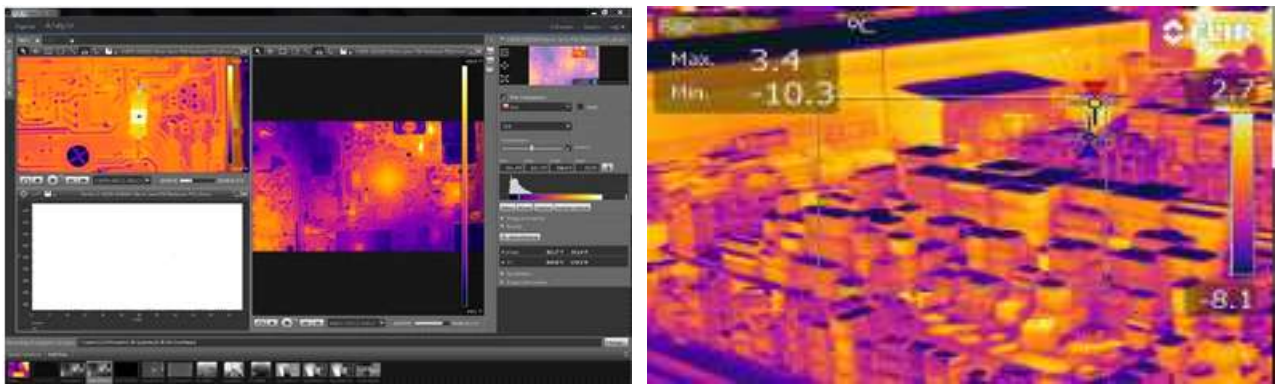


그림 8 이동형 열화상카메라로 촬영 모습(좌)과 무인 항공기용 열화상카메라 촬영 모습(우)



그림 9 고정형 AWS(좌), 이동형 AWS(중간), 지점별 이동형 AWS 측정 위치 예시(우)

- 지점별 미기후 DB 구축 예시

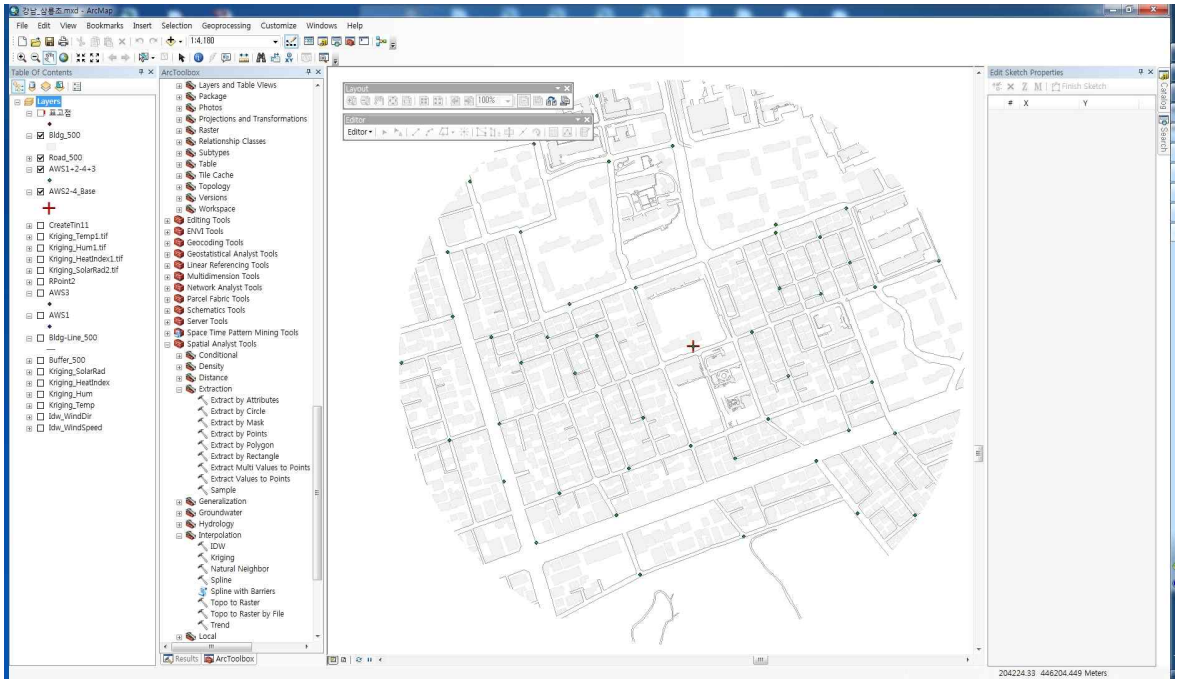
측정일	시간	외부온도	최고온도	최저온도	외부습도	이슬점	풍속	풍향	최고속	최고풍향	바람온도	체감온도	THWIndex	THSWIndex	기압	강우량	강수비율
2017-08-31	11:06 AM						0	0	0							0	0
2017-08-31	11:07 AM	30.6	30.6	30.6			0.9	S	0.05	0.9	S	30.6				998.7	0	0
2017-08-31	11:08 AM	30.4	30.6	30.4	59	21.5	0.4	SW	0.03	1.8	SW	30.4	33.8	33.8	35.7	998.6	0	0
2017-08-31	11:09 AM	30.2	30.4	30.2	60	21.5	0.4	SW	0.03	0.9	SW	30.2	33.4	33.4	35.3	998.7	0	0
2017-08-31	11:10 AM	29.9	30.1	29.9	61	21.6	0.4	SW	0.03	0.9	SW	29.9	33.2	33.2	34.8	998.6	0	0
2017-08-31	11:11 AM	29.8	29.9	29.8	61	21.4	0.4	SW	0.03	0.4	SW	29.8	32.8	32.8	34.5	998.7	0	0
2017-08-31	11:12 AM	29.7	29.8	29.6	62	21.5	0.4	SW	0.03	0.9	WSW	29.6	32.5	32.5	34	998.7	0	0
2017-08-31	11:13 AM	29.4	29.6	29.4	63	21.7	0	WSW	0	0.4	WSW	29.4	32.4	32.4	34.1	998.7	0	0
2017-08-31	11:14 AM	29.3	29.4	29.3	63	21.5	0	WSW	0	0.4	WSW	29.3	32.2	32.2	33.8	998.7	0	0
2017-08-31	11:15 AM	29.2	29.3	29.2	64	21.7	0	WSW	0	0.4	WSW	29.2	32.1	32.1	33.8	998.7	0	0
2017-08-31	11:16 AM	29.1	29.2	29.1	64	21.6	0.4	SW	0.03	0.9	SW	29.1	31.9	31.9	33.4	998.7	0	0
2017-08-31	11:17 AM	28.9	29.1	28.9	65	21.7	0.4	E	0.03	0.9	E	28.9	31.9	31.9	33.1	998.7	0	0
2017-08-31	11:18 AM	28.8	28.9	28.8	66	21.8	0.4	E	0.03	0.9	S	28.8	31.8	31.8	32.8	998.7	0	0
2017-08-31	11:19 AM	28.8	28.8	28.8	65	21.5	0	S	0	0.4	S	28.8	31.5	31.5	32.3	998.7	0	0
2017-08-31	11:20 AM	28.7	28.7	28.7	66	21.7	0	E	0	0.4	S	28.7	31.4	31.4	32.2	998.7	0	0
2017-08-31	11:21 AM	28.6	28.7	28.6	67	21.8	0.4	E	0.03	0.4	E	28.6	31.4	31.4	32.2	998.7	0	0
2017-08-31	11:22 AM	28.4	28.6	28.4	66	21.5	0.9	SE	0.05	1.8	ESE	28.4	30.9	30.9	31.7	998.7	0	0
2017-08-31	11:23 AM	28.3	28.4	28.3	66	21.4	0.4	ESE	0.03	0.9	SSE	28.3	30.7	30.7	31.6	998.6	0	0
2017-08-31	11:24 AM	28.3	28.3	28.3	65	21.1	0.4	ESE	0.03	0.9	SSE	28.3	30.4	30.4	31.3	998.7	0	0
2017-08-31	11:25 AM	28.2	28.3	28.2	66	21.2	0.4	ESE	0.03	0.9	SSE	28.2	30.4	30.4	31.4	998.7	0	0
2017-08-31	11:26 AM	28.1	28.2	28.1	66	21.1	0.9	SSE	0.05	1.3	SE	28.1	30.2	30.2	31.1	998.7	0	0
2017-08-31	11:27 AM	28	28.1	28	67	21.3	0.9	SSE	0.05	1.8	S	28	30.2	30.2	31.3	998.7	0	0
2017-08-31	11:28 AM	27.9	28	27.9	68	21.7	0.9	SSE	0.05	0.9	S	27.9	30.2	30.2	31.7	998.6	0	0
2017-08-31	11:29 AM	27.8	27.9	27.8	68	21.4	0.9	SW	0.05	1.8	SW	27.8	30.1	30.1	31.5	998.6	0	0
2017-08-31	11:30 AM	27.8	27.8	27.8	68	21.3	0.9	W	0.05	1.3	WSW	27.8	29.9	29.9	31.1	998.6	0	0
2017-08-31	11:31 AM	27.7	27.8	27.7	69	21.5	0.4	SW	0.03	0.9	SW	27.7	29.8	29.8	30.9	998.6	0	0
2017-08-31	11:32 AM	27.6	27.7	27.6	70	21.6	0.4	W	0.03	0.9	WSW	27.6	29.8	29.8	30.8	998.6	0	0
2017-08-31	11:33 AM	27.6	27.6	27.6	70	21.6	0	W	0	0.4	W	27.6	29.7	29.7	30.8	998.6	0	0
2017-08-31	11:34 AM	27.5	27.6	27.5	69	21.3	0.4	W	0.03	0.9	W	27.5	29.6	29.6	30.8	998.6	0	0
2017-08-31	11:35 AM	27.5	27.5	27.5	69	21.3	0	W	0	0.4	W	27.5	29.6	29.6	30.8	998.7	0	0
2017-08-31	11:36 AM	27.5	27.5	27.4	70	21.5	0	W	0	0.4	W	27.5	29.7	29.7	31	998.7	0	0
2017-08-31	11:37 AM	27.4	27.5	27.4	70	21.9	0		0	0		27.4	29.6	29.6	31.1	998.6	0	0
2017-08-31	11:38 AM	27.4	27.4	27.4	71	21.7	0.4	W	0.03	0.9	WSW	27.4	29.7	29.7	31.1	998.6	0	0
2017-08-31	11:39 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0.4	E	0.03	0.4	SW	27.4	29.4	29.4	31.1	998.6	0	0
2017-08-31	11:40 AM	27.4	27.4	27.4	69	21	0	E	0	0.4	S	27.4	29.3	29.3	31.1	998.6	0	0
2017-08-31	11:41 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0	E	0	0.4	S	27.4	29.4	29.4	31.7	998.5	0	0
2017-08-31	11:42 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0.4	S	0.03	0.9	S	27.4	29.4	29.4	32	998.5	0	0
2017-08-31	11:43 AM	27.4	27.4	27.4	71	21.7	0	S	0	0.4	S	27.4	29.7	29.7	32.5	998.5	0	0
2017-08-31	11:44 AM	27.4	27.4	27.4	70	21.5	0	S	0	0.4	S	27.4	29.6	29.6	32.2	998.5	0	0
2017-08-31	11:45 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0	S	0	0		27.4	29.4	29.4	32.1	998.5	0	0
2017-08-31	11:46 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0	S	0	0.4	S	27.4	29.4	29.4	32	998.5	0	0
2017-08-31	11:47 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0	S	0	0.4	S	27.4	29.4	29.4	31.8	998.6	0	0
2017-08-31	11:48 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0	S	0	0.4	S	27.4	29.4	29.4	31.8	998.5	0	0
2017-08-31	11:49 AM	27.4	27.4	27.4	69	21.2	0	E	0	0.4	S	27.4	29.4	29.4	31.7	998.5	0	0
2017-08-31	11:50 AM	27.5	27.5	27.4	70	21.5	0	E	0	0.4	E	27.5	29.7	29.7	32.1	998.4	0	0
2017-08-31	11:51 AM	27.5	27.5	27.5	69	21.3	0.4	ESE	0.03	0.9	ESE	27.5	29.6	29.6	32.1	998.5	0	0
2017-08-31	11:52 AM	27.5	27.5	27.5	69	21.3	0	ESE	0	0.4	ESE	27.5	29.6	29.6	32.4	998.4	0	0
2017-08-31	11:53 AM	27.6	27.6	27.5	70	21.6	0	ESE	0	0.9	ESE	27.6	29.7	29.7	32.8	998.4	0	0
2017-08-31	11:54 AM	27.6	27.6	27.6	69	21.4	0.4	SE	0.03	0.9	ESE	27.6	29.6	29.6	32.8	998.4	0	0
2017-08-31	11:55 AM	27.6	27.6	27.6	68	21.1	0.4	SE	0.03	1.3	SE	27.6	29.5	29.5	32.6	998.4	0	0
2017-08-31	11:56 AM	27.6	27.6	27.6	69	21.4	0	SE	0	0.4	SE	27.6	29.6	29.6	32.6	998.3	0	0
2017-08-31	11:57 AM	27.6	27.6	27.6	70	21.6	0.4	SE	0.03	1.3	ESE	27.6	29.7	29.7	32.6	998.3	0	0
2017-08-31	11:58 AM	27.6	27.6	27.6	70	21.6	0.4	ESE	0.03	0.9	ESE	27.6	29.7	29.7	32.4	998.2	0	0
2017-08-31	11:59 AM	27.6	27.6	27.6	70	21.6	0.4	SE	0.03	0.9	SE	27.6	29.7	29.7	31.7	998	0	0
2017-08-31	12:00 PM	27.6	27.6	27.6	70	21.6	0.4	SE	0.03	0.9	SE	27.6	29.7	29.7	31.6	998.1	0	0
2017-08-31	12:01 PM	27.6	27.6	27.6	69	21.4	0.4	SSE	0.03	0.9	SE	27.6	29.6	29.6	31.2	998.1	0	0
2017-08-31	12:02 PM	27.6	27.6	27.6	71	21.8	0.9	ESE	0.05	0.9	SSE	27.6	29.9	29.9	31.3	998.1	0	0
2017-08-31	12:03 PM	27.6	27.6	27.6	70	21.6	0.9	SE	0.05	1.3	SE	27.6	29.7	29.7	31.1	998.1	0	0
2017-08-31	12:04 PM	27.5	27.6	27.5	70	21.5	0.4	SE	0.03	0.9	SE	27.5	29.7	29.7	31.6	998.2	0	0
2017-08-31	12:05 PM	27.5	27.5	27.5	70	21.5	0	SE	0	0.4	SE	27.5	29.7	29.7	30.9	998.1	0	0
2017-08-31	12:06 PM	27.4	27.4	27.4	70	21.5	0.4	SE	0.03	1.3	ESE	27.4	29.6	29.6	30.5	998.1	0	0
2017-08-31	12:07 PM	27.4	27.4	27.4	70	21.5	0.4	SE	0.03	1.3	SE	27.4	29.6	29.6	30.9	998.1	0	0
2017-08-31	12:08 PM	27.4	27.4	27.4	72	21.9	0.9	SSE	0.05	0.9	SSE	27.4	29.7	29.7	30.1	998.1	0	0
2017-08-31	12:09 PM	27.3	27.4	27.3	70	21.4	0.4	SSE	0.03	1.3	SSE	27.3	29.3	29.3	29.7	998.1	0	0
2017-08-31	12:10 PM	27.3	27.3	27.3	71	21.6	0.4	ESE	0.03	1.3	ESW	27.3	29.4	29.4	29.7	998.2	0	0
2017-08-31	12:11 PM	27.3	27.3	27.3	73	22	0.9	SSW	0.05	1.3	SSW	27.3	29.6	29.6	29.8	998.1	0	0
2017-08-31	12:12 PM	27.2	27.3	27.2	71	21.5	0.4	SSW	0.03	0.9	SSW	27.2	29.2	29.2	29.4	998.1	0	0
2017-08-31	12:13 PM	27.2	27.2	27.2	73	22	0.4	SSW	0.03	0.4	SSW	27.2	29.4	29.4	29.6	998.1	0	0
2017-08-31	12:14 PM	27.2	27.2	27.2	73	21.7	0	SSW	0	0.4	SSW	27.2	29.2	29.2	29.5	998.1	0	0
2017-08-31	12:15 PM	27.1	27.2	27.1	73	21.9	0		0	0		27.1	29.2	29.2	29.5	998.1	0	0
2017-08-31	12:16 PM	27.1	27.1	27.1	73	21.9	0	SSW	0	0.4	SSW	27.1	29.2	29.2	29.2	998.1	0	0
2017-08-31	12:17 PM	27.1	27.1	27.1	72	21.6	0	SSW	0	0.4	SSW	27.1	29.1	29.1	29	998.1	0	0
2017-08-31	12:18 PM	27	27.1	27	74	22	0		0	0		27	29.2	29.2	29.1	998	0	0
2017-08-31	12:19 PM	27	27.1	27	74	22	0		0	0		27	29.2	29.2	29.1	998	0	0
2017-08-31	12:20 PM	26.9	27	26.9	73	21.7	0		0	0		26.9	28.9	28.9	28.8	998	0	0
2017-08-31	12:21 PM	26.9	26.9	26.9	73	21.7	0		0	0		26.9	28.9	28.9	28.8	998	0	0
2017-08-31	12:23 PM	26.9	26.9	26.9	73	21.7	0		0	0		26.9	28.9	28.9	28.8	998	0	0
2017-08-31	12:29 PM	26.9	26.9	26.9	73	21.6	0		0	0		26.9	28.8	28.8	28.6	998	0	0

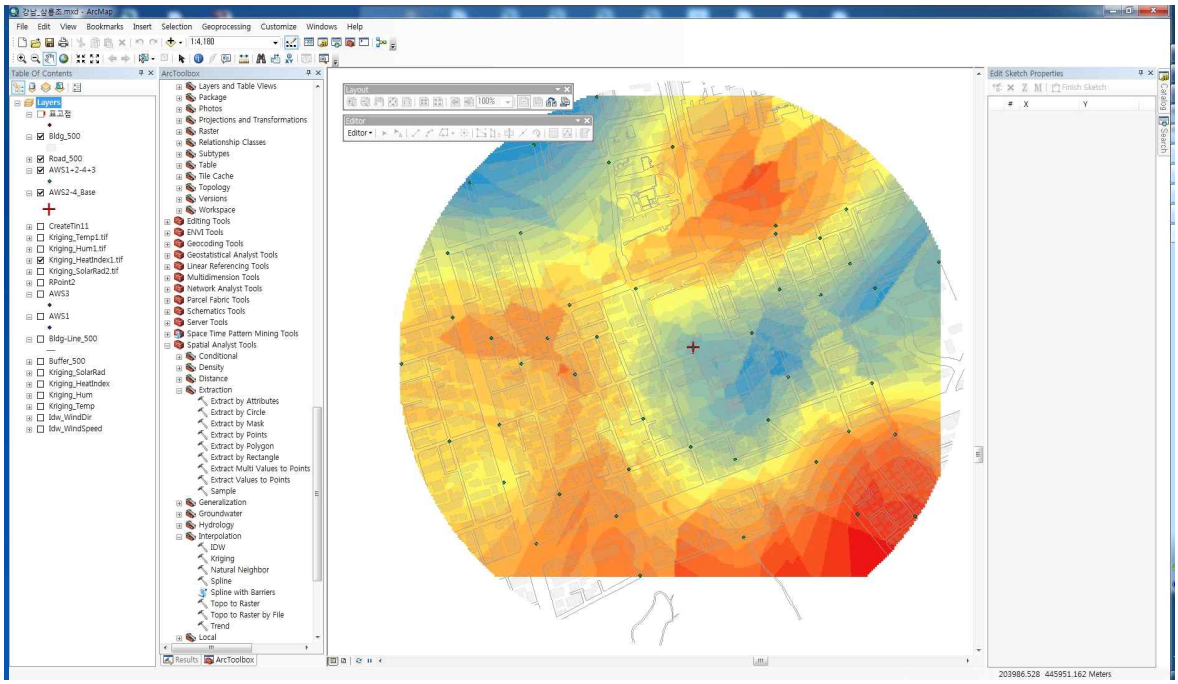
측정일	시간	일사량	태양에너지	최고일사량	UVIndex	UVDose	최고UV	HeatID-D	CoolD-D	내부온도	내부습도	내부이슬점	내부체감온도	InBAC	내부증기압
2017-09-01	1:22 PM	448	0.64	450	4.9	0.04	4.9	0	0.006	34.9	36	17.6	38.3	6.75	1.1148
2017-09-01	1:23 PM	461	0.66	461	5.1	0.04	5.1	0	0.006	34.9	34	16.7	35.8	6.48	1.1161
2017-09-01	1:24 PM	454	0.65	454	5	0.04	5	0	0.006	34.8	34	16.6	35.6	6.46	1.1166
2017-09-01	1:25 PM	454	0.65	454	5	0.04	5	0	0.006	34.8	36	17.5	36.1	6.76	1.1154
2017-09-01	1:26 PM	455	0.65	455	5	0.04	5	0	0.006	34.8	36	17.6	36.2	6.79	1.115
2017-09-01	1:27 PM	454	0.65	454	5	0.04	5	0	0.006	34.8	31	15.2	35.1	5.98	1.1181
2017-09-01	1:28 PM	445	0.64	448	4.9	0.04	4.9	0	0.006	34.2	31	14.7	34.3	6.01	1.123
2017-09-01	1:29 PM	432	0.62	432	4.9	0.04	4.9	0	0.006	33.5	34	15.5	33.8	6.5	1.1227
2017-09-01	1:30 PM	427	0.61	427	4.8	0.03	4.8	0	0.006	33.3	33	14.8	33.3	6.41	1.1248
2017-09-01	1:31 PM	424	0.61	424	4.7	0.03	4.7	0	0.006	32.9	34	15	33	6.53	1.1254
2017-09-01	1:32 PM	425	0.61	425	4.7	0.03	4.7	0	0.006	33.1	35	15.7	33.4	6.67	1.1253
2017-09-01	1:33 PM	427	0.61	427	4.8	0.03	4.8	0	0.006	33.2	36	16.1	33.7	6.81	1.1229
2017-09-01	1:34 PM	435	0.62	438	4.8	0.03	4.8	0	0.006	33.3	36	16.2	33.9	6.81	1.1223
2017-09-01	1:35 PM	446	0.64	446	4.9	0.04	4.9	0	0.006	33.4	38	17.1	34.4	7.11	1.1209
2017-09-01	1:36 PM	477	0.68	477	5	0.04	5	0	0.006	33.5	38	17.2	34.6	7.1	1.1203
2017-09-01	1:37 PM	464	0.67	464	5.1	0.04	5.1	0	0.006	33.8	38	17.5	35.1	7.09	1.1189
2017-09-01	1:38 PM	464	0.67	464	5.1	0.04	5.1	0	0.006	34.1	36	16.1	35.8	7.18	1.117
2017-09-01	1:39 PM	461	0.66	461	5.1	0.04	5.1	0	0.006	34.1	39	18.2	35.8	7.19	1.1167
2017-09-01	1:40 PM	452	0.65	455	5.1	0.04	5.1	0	0.006	33.9	37	17.2	34.9	6.89	1.118
2017-09-01	1:41 PM	445	0.64	445	5	0.04	5	0	0.006	34.1	36	16.9	34.9	6.78	1.1187
2017-09-01	1:42 PM	439	0.63	439	5	0.04	5	0	0.006	34.3	37	17.1	35.7	6.87	1.1167
2017-09-01	1:43 PM	439	0.63	439	5	0.04	5	0	0.006	34.6	38	18.2	36.3	7.07	1.115
2017-09-01	1:44 PM	441	0.63	441	5	0.04	5	0	0.006	34.8	35	17.1	35.8	6.97	1.1158
2017-09-01	1:45 PM	443	0.64	443	4.9	0.03	4.9	0	0.006	35.1	37	18.2	36.6	6.85	1.1151
2017-09-01	1:46 PM	438	0.63	439	4.9	0.04	4.9	0	0.006	35.2	34	16.9	36.2	6.44	1.1145
2017-09-01	1:47 PM	429	0.61	429	4.9	0.04	4.9	0	0.006	35.2	36	17.9	36.8	6.74	1.113
2017-09-01	1:48 PM	427	0.61	427	4.8	0.03	4.8	0	0.006	35.3	36	18	37	6.74	1.1124
2017-09-01	1:49 PM	415	0.59	415	4.6	0.03	4.6	0	0.006	35.4	36	18.1	37.2	6.79	1.1119
2017-09-01	1:50 PM	404	0.58	404	4.5	0.03	4.5	0	0.006	35.6	35	17.8	37.1	6.53	1.1117
2017-09-01	1:51 PM	392	0.56	396	4.4	0.03	4.4	0	0.006	35.8	34	17.5	37.2	6.42	1.1115
2017-09-01	1:52 PM	380	0.54	380	4.3	0.03	4.3	0	0.006	35.9	33	17.1	37.1	6.29	1.1117
2017-09-01	1:53 PM	373	0.53	373	4.3	0.03	4.3	0	0.006	35.9	34	17.6	37.3	6.42	1.111
2017-09-01	1:54 PM	367	0.53	367	4.1	0.03	4.1	0	0.006	35.9	34	17.6	37.3	6.42	1.111
2017-09-01	1:55 PM	366	0.52	366	4.1	0.03	4.1	0	0.006	35.9	34	17.6	37.4	6.42	1.1107
2017-09-01	1:56 PM	364	0.52	364	4.1	0.03	4.1	0	0.006	35.9	34	17.6	37.3	6.42	1.111
2017-09-01	1:57 PM	367	0.53	367	4.1	0.03	4.1	0	0.006	35.8	35	17.9	37.4	6.53	1.1108
2017-09-01	1:58 PM	371	0.53	371	4.2	0.03	4.2	0	0.006	35.6	34	17.3	36.9	6.48	1.1122
2017-09-01	1:59 PM	376	0.54	376	4.2	0.03	4.2	0	0.006	35.4	35	17.4	36.8	6.53	1.1124
2017-09-01	2:00 PM	369	0.53	369	4.2	0.03	4.2	0	0.006	35.3	35	17.3	36.7	6.54	1.113
2017-09-01	2:01 PM	369	0.53	369	4.2	0.03	4.2	0	0.006	34.6	34	16.5	35.3	6.46	1.117
2017-09-01	2:02 PM	369	0.53	369	4.3	0.03	4.3	0	0.006	34.1	34	16	34.6	6.48	1.1154
2017-09-01	2:03 PM	376	0.54	378	4.3	0.03	4.3	0	0.006	33.8	36	16.7	34.6	6.79	1.1156
2017-09-01	2:04 PM	381	0.55	381	4.4	0.03	4.4	0	0.006	33.4	36	16.3	33.9	6.81	1.1217
2017-09-01	2:05 PM	385	0.55	385	4.4	0.03	4.4	0	0.006	33	37	16.4	33.6	6.93	1.123
2017-09-01	2:06 PM	385	0.55	385	4.4	0.03	4.4	0	0.006	32.7	38	16.5	33.3	7.13	1.1241
2017-09-01	2:07 PM	387	0.55	387	4.4	0.03	4.4	0	0.006	32.6	39	16.8	33.3	7.24	1.124
2017-09-01	2:08 PM	385	0.55	385	4.3	0.03	4.3	0	0.006	32.3	39	16.6	32.9	7.25	1.1251
2017-09-01	2:09 PM	381	0.55	381	4.3	0.03	4.3	0	0.006	32.4	39	16.3	32.9	7.14	1.1251
2017-09-01	2:10 PM	374	0.54	374	4.2	0.03	4.2	0	0.006	32.5	38	16.3	33	7.14	1.1248
2017-09-01	2:11 PM	371	0.53	371	4.1	0.03	4.1	0	0.006	32.8	40	17.3	33.6	7.42	1.1251
2017-09-01	2:12 PM	369	0.53	369	4.1	0.03	4.1	0	0.006	32.8	37	16.2	33.3	6.98	1.124
2017-09-01	2:13 PM	371	0.53	371	4.1	0.03	4.1	0	0.006	33.2	38	17	34.1	7.13	1.1241
2017-09-01	2:14 PM	355	0.51	355	4	0.03	4	0	0.006	33.4	37	16.9	33.9	6.66	1.1217
2017-09-01	2:15 PM	368	0.53	369	4	0.03	4	0	0.006	33.5	36	16.4	34.1	6.8	1.1209
2017-09-01	2:16 PM	371	0.53	371	4	0.03	4	0	0.006	33.6	36	16.5	34.3	6.8	1.1203
2017-09-01	2:17 PM	373	0.53	373	4	0.03	4	0	0.006	33.8	35	16.2	34.4	6.63	1.1198
2017-09-01	2:18 PM	374	0.54	374	4	0.03	4	0	0.006	34.1	34	16	34.6	6.48	1.1193
2017-09-01	2:19 PM	376	0.54	376	4	0.03	4	0	0.006	34.5	33	15.7	34.7	6.38	1.1187
2017-09-01	2:20 PM	376	0.54	376	4	0.03	4	0	0.006	34.4	34	16.3	37	6.47	1.1178
2017-09-01	2:21 PM	374	0.54	374	4	0.03	4	0	0.006	34.4	33	15.8	34.8	6.37	1.1182
2017-09-01	2:22 PM	374	0.54	374	4	0.03	4	0	0.006	34.2	32	15.2	34.4	6.18	1.1195
2017-09-01	2:23 PM	376	0.54	376	4	0.03	4	0	0.006	34.1	33	15.5	34.4	6.38	1.1197
2017-09-01	2:24 PM	381	0.55	381	4	0.03	4	0	0.006	33.8	33	15.3	34.1	6.39	1.1208
2017-09-01	2:25 PM	385	0.55	385	4	0.03	4	0	0.006	33.7	34	15.7	34.1	6.6	1.1206
2017-09-01	2:26 PM	388	0.56	388	4	0.03	4	0	0.006	33.5	34	15.5	33.9	6.5	1.1211
2017-09-01	2:27 PM	390	0.56	390	4.1	0.03	4.1	0	0.006	33.1	34	15.1	33.2	6.52	1.1219
2017-09-01	2:28 PM	209	0.3	209	1.7	0.01	1.7	0	0.006	32.8	34	14.9	32.8	6.53	1.1248
2017-09-01	2:29 PM	214	0.31	214	1.7	0.01	1.7	0	0.006	32.6	36	15.8	33.2	6.83	1.1237
2017-09-01	2:30 PM	221	0.32	221	1.8	0.01	1.8	0	0.006	32.7	35	15.2	32.7	6.72	1.1251
2017-09-01	2:31 PM	229	0.33	229	1.8	0.01	1.8	0	0.006	32.5	36	15.5	32.7	6.84	1.1257
2017-09-01	2:32 PM	237	0.34	239	1.8	0.01	1.8	0	0.006	32.4	35	15	32.4	6.79	1.1261
2017-09-01	2:33 PM	240	0.35	243	1.9	0.01	1.9	0	0.006	32.3	35	14.9	32.3	6.74	1.1267
2017-09-01	2:34 PM	246	0.35	246	1.9	0.01	1.9	0	0.006	32.3	36	15.3	32.4	6.85	1.1263
2017-09-01	2:35 PM	250	0.36	250	1.9	0.01	1.9	0	0.006	32.2	36	15.3	32.3	6.85	1.1266
2017-09-01	2:36 PM	253	0.36	253	2	0.01	2	0	0.006	32.2	37	15.6	32.4	6.95	1.1263
2017-09-01	2:37 PM	260	0.37	260	2	0.01	2	0	0.006	32.1	37	15.6	32.5	6.95	1.1266
2017-09-01	2:38 PM	268	0.38	271	2	0.01	2	0	0.006	32.1	36	15.1	32.1	6.84	1.1274
2017-09-01	2:39 PM	271	0.39	271	3.6	0.03	3	0	0.006	32.1	37	15.5	32.2	6.96	1.1268

- 미기후 지도 작성 방법론

■ 미기후 DB를 바탕으로 ArcGIS 10.3을 이용하여 미기후 지도 작성

■ 본 연구의 연구대상지 총 4개 대상지(강남구 교대 인근, 서초구 삼릉초등학교 인근, 금천구 독산초등학교 인근, 영등포구 영동초등학교 인근)에 대해서 미기후 지도 및 지형 지도 등 작성





- 미기후지도 구축 결과(예시)

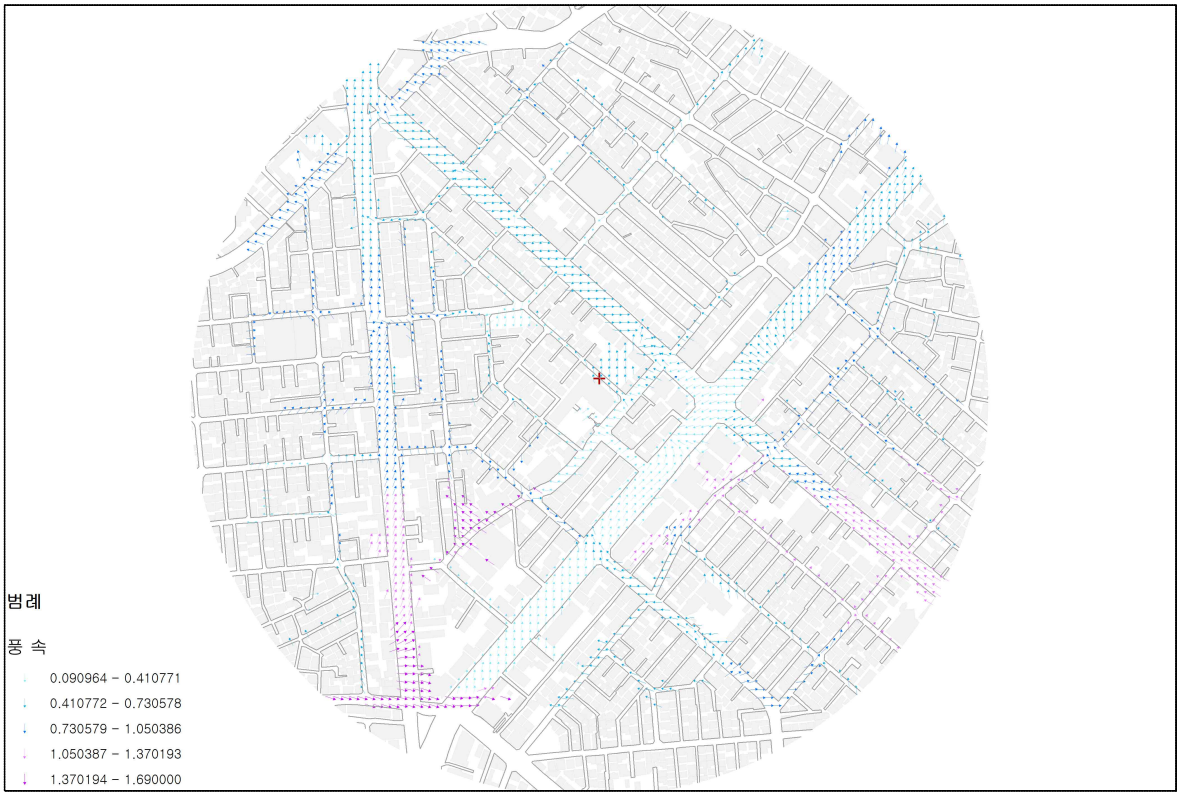


그림 13 대상지역의 기준점(+)과의 풍속차이와 풍향(단위: m/s)

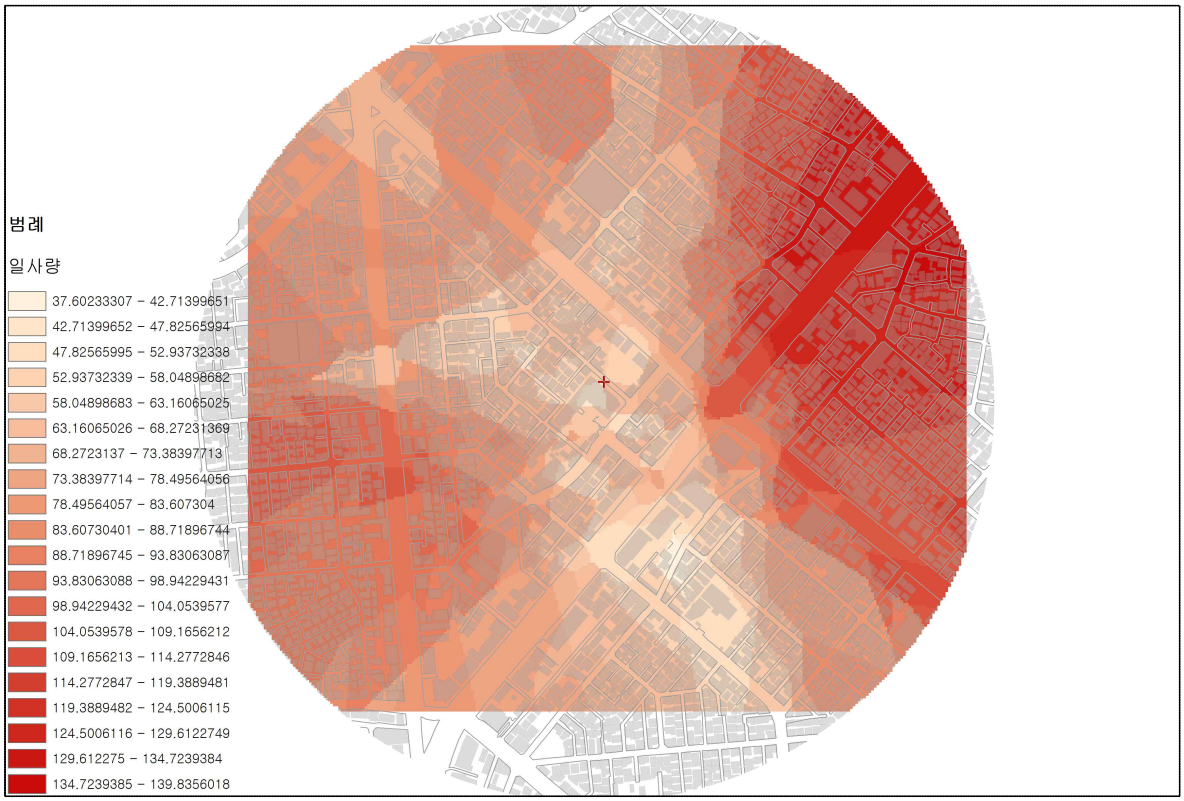


그림 14 대상지역의 기준점(+)과의 체감온도차이(단위: W/㎡)

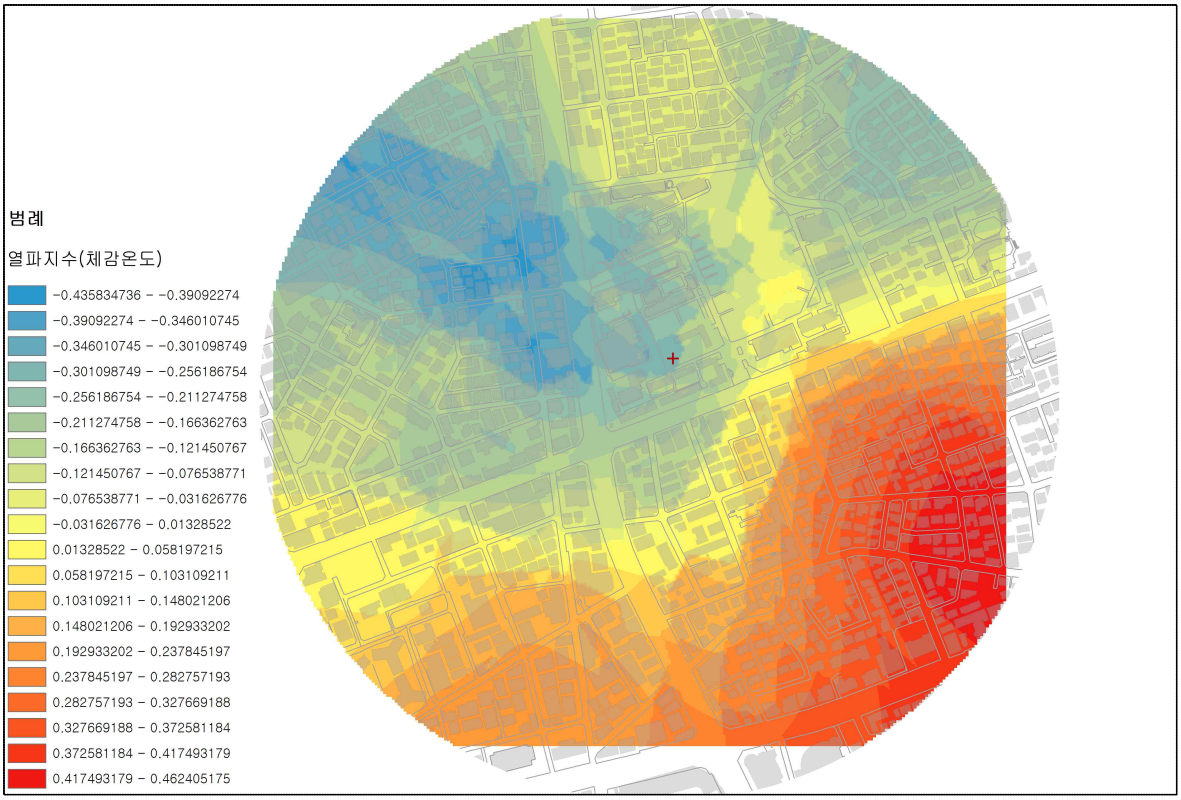


그림 15 대상지역의 기준점(+)과의 체감온도 차이(단위: ℃)

- 건축물 부위별 형태정보 및 표면온도 분석 예시



그림 16 UAV를 활용한 도시 및 건축물 형태정보 취득(예시. 독산초등학교 인근)

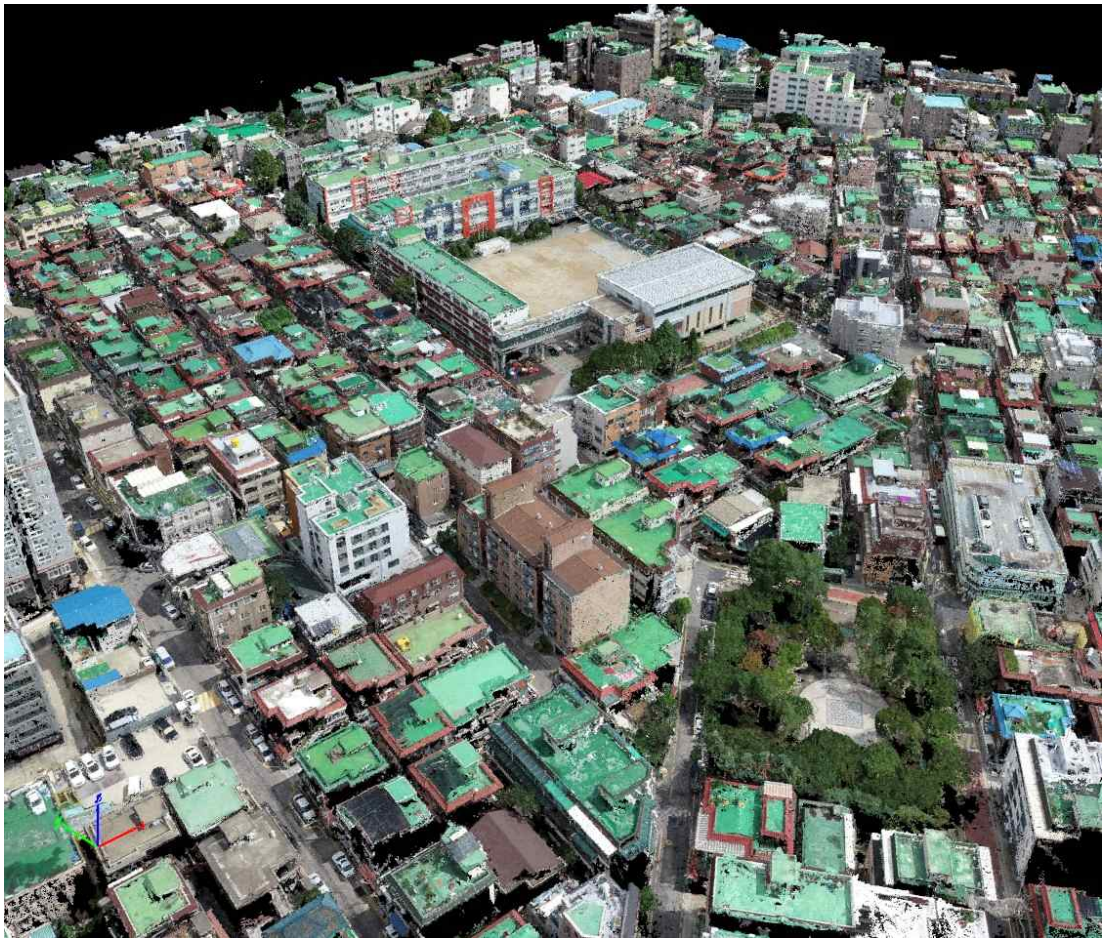


그림 17 UAV를 활용한 도시 및 건축물 형태정보 취득 결과(예시. 독산초등학교 인근)

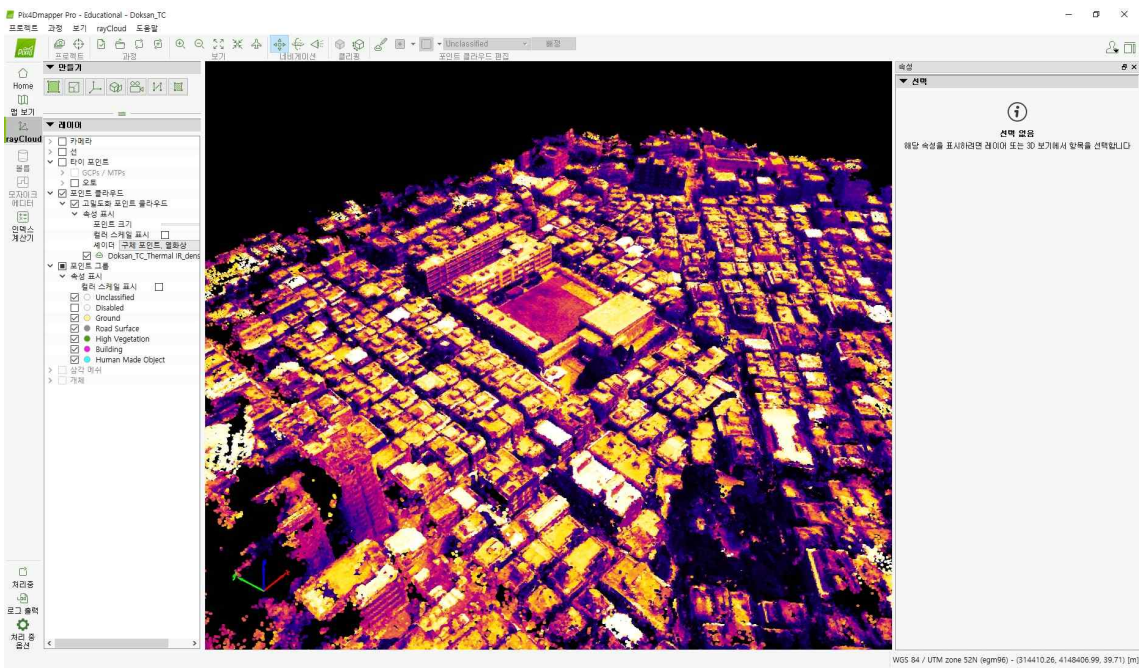


그림 18 UAV를 활용한 도시 및 건축물별 표면온도 정보 취득(예시. 독산초등학교 인근)

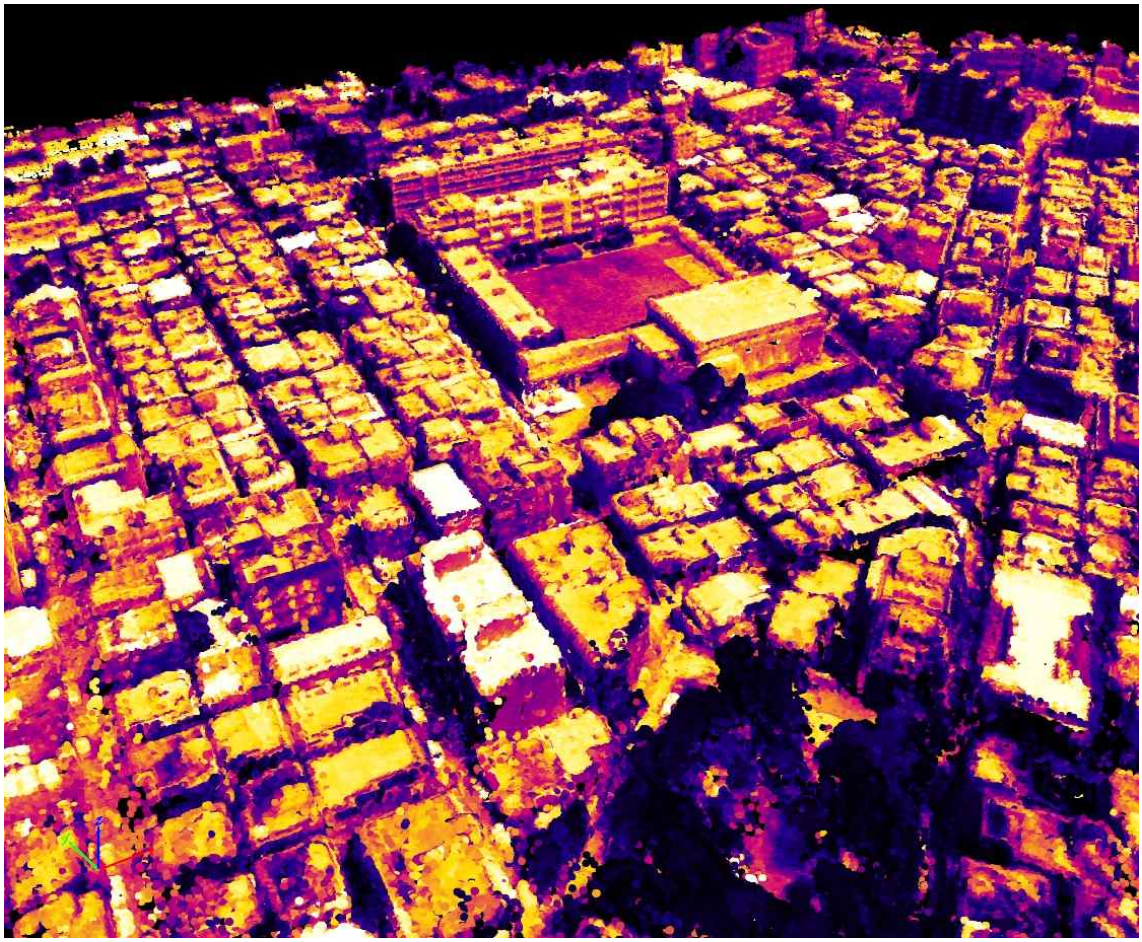


그림 19 UAV를 활용한 도시 및 건축물별 표면온도 정보 취득(예시. 독산초등학교 인근)

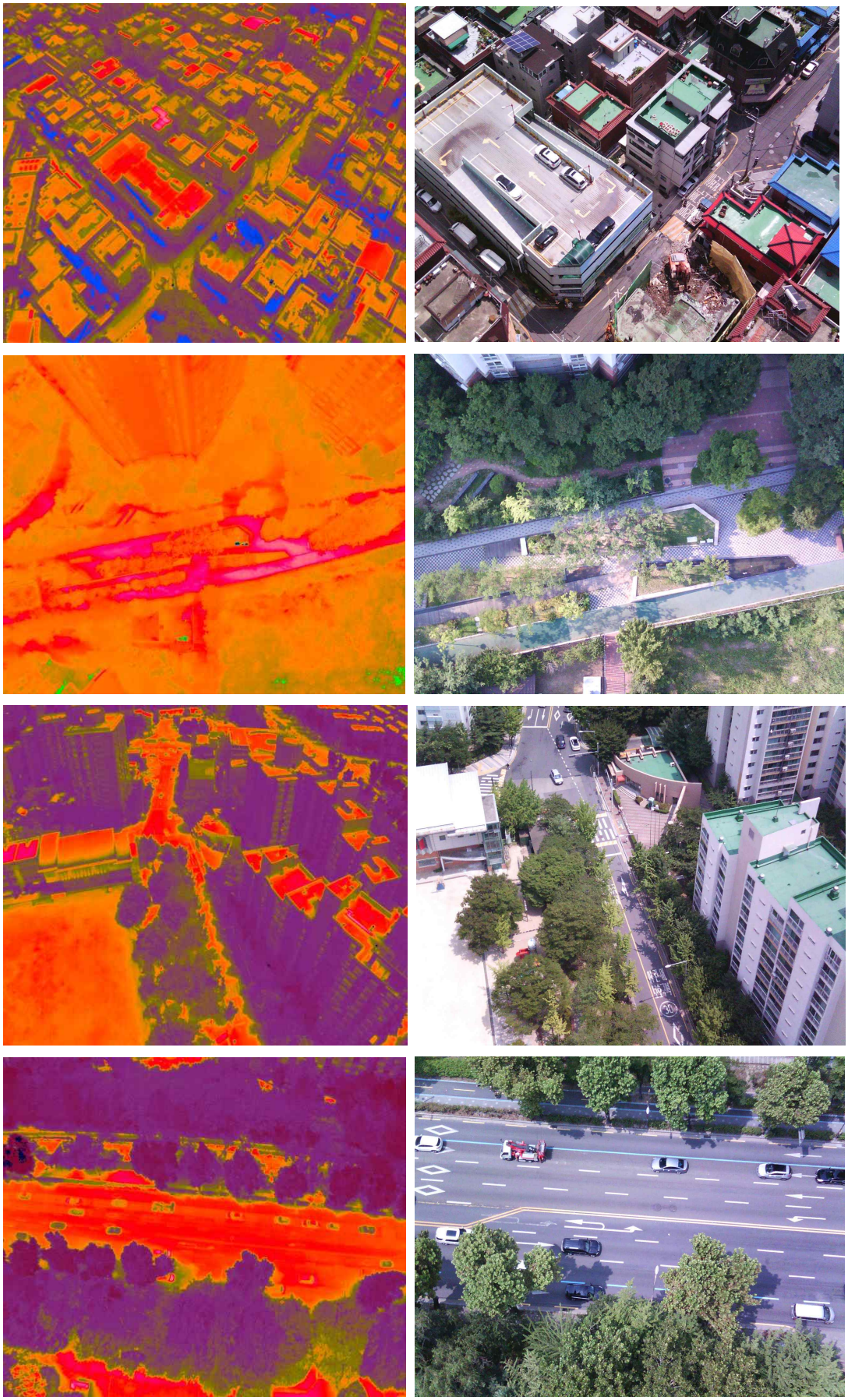


그림 20 UAV를 활용한 표면온도(열화상) 및 실제 형태정보 취득 모습(연구대상지들 내 각 부위)

○ 건축물 및 건축물군의 형태-환경-형태 모델(알고리즘) 개발

- 재실자의 에너지 사용량, 패턴 및 프로파일 DB구축 방법론

■ 일　　시 : 2018.07.21~2018.08.26

■ 목　　적 : 본 과제의 2차년도 기초연구자료이며, 동시에 1차년도 주요 연구결과 중 하나인 연구대상지 4곳 중 한 곳 내 위치한 주거용 건축물 100여동에 대해서 재실자의 개인적인 사회경제적, 인구학적 특성 및 재실자의 에너지 사용량을 조사하여 DB를 구축함

■ 조사대상 : 서울시내 기상청 AWS가 설치된 6개 대상지역(데이터의 광범위성으로 인해서 AWS 중심 400m 반경으로 한정) 중 1개소인 영등포 영동초등학교 인근 지역으로 선정하여 조사함

■ 미기후 DB는 기상청 AWS의 측정 데이터를 기본으로 하되, 실내 온도, 습도를 별도로 측정하고, 재실자의 사회경제적, 인구학적 특성 등에 대해서 설문조사를 실시함

■ 측정 DB는 재실자의 연령대, 성별, 직업, 경제적 수준 등이며, 해당 건축물의 기본적인 특성인 건축면적, 연면적, 층수, 층고, 용도, 노후도, 창면적 비율 등이며, 24시간에 대해서 실내 온도, 습도, 냉방기기 작동 여부 및 시점, 냉방기기에 의 한 에너지 사용량 등을 측정함

- DB구축 순서 및 항목

■ 연구대상지 중 영등포구 영동초등학교 인근에 대해서 본 연구의 참여를 원하는 주택 세대를 모집함(분석 단위는 주택용도 및 제1종 근린상업시설 용도인 건축물에 한정함)

■ 단, 연구결과의 일반화를 위해서 해당 대상지의 집계구 통계를 이용해서 표준적인 세대 구성이 샘플링되도록 노력함

■ 1차적으로 해당 건축물의 거주자 및 거주자 가구구성원에 대한 정보를 인터뷰를 통해서 취득함(세대구성원 수, 세대구성원별 연령, 성별, 직업, 평소 더위 체감도, 세대의 개략적인 소득수준 등을 조사함

■ 2차적으로 해당 건축물의 실내에 시간 단위 전력측정계를 설치하여 전력사용량을 집계함. 이외에 실내의 기본적인 온도 및 습도 정보 역시 취득하여 실내 열쾌적도와 재실자의 에너지 사용 행태 간의 상관관계를 살피고자 함

■ 한 건축물 당 4주 가량 설치를 원칙으로 하여 취득된 데이터를 평균 처리를 통해서 활용하되 건축물 비지 않는 주말 시간에 한해서 분석을 실시함. 총 모집가구 125가구 중 데이터 활용이 가능한 102가구를 DB구축 대상 케이스로 설정함

- 재실자의 에너지 사용량, 패턴 및 프로파일 DB구축 예시

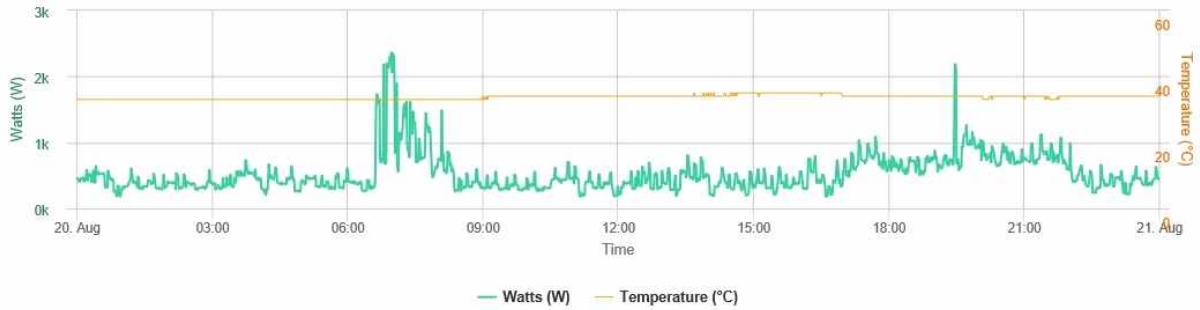


그림 21 온도와 에너지 사용량 프로파일

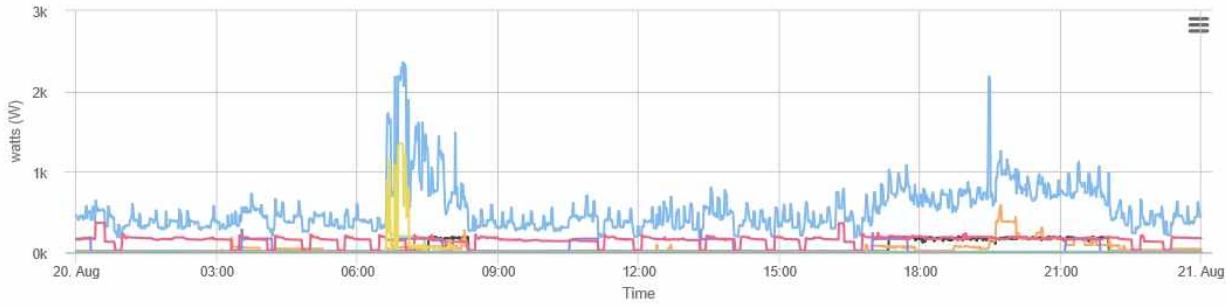


그림 22 냉방기기별 에너지 사용량 프로파일(1)

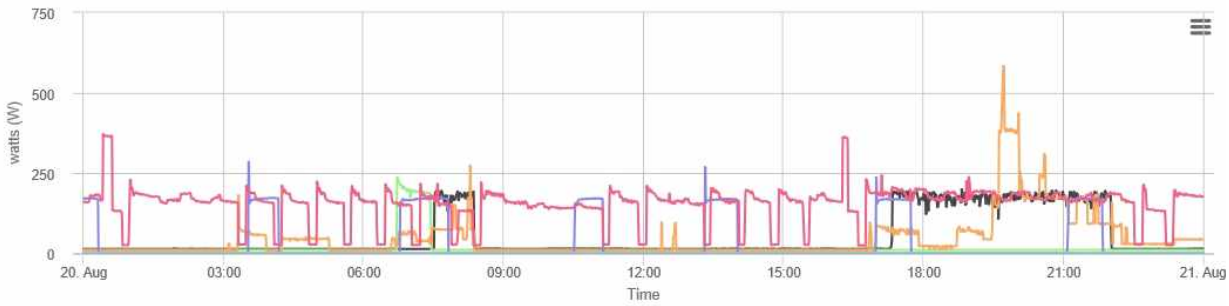


그림 23 냉방기기별 에너지 사용량 프로파일(2)

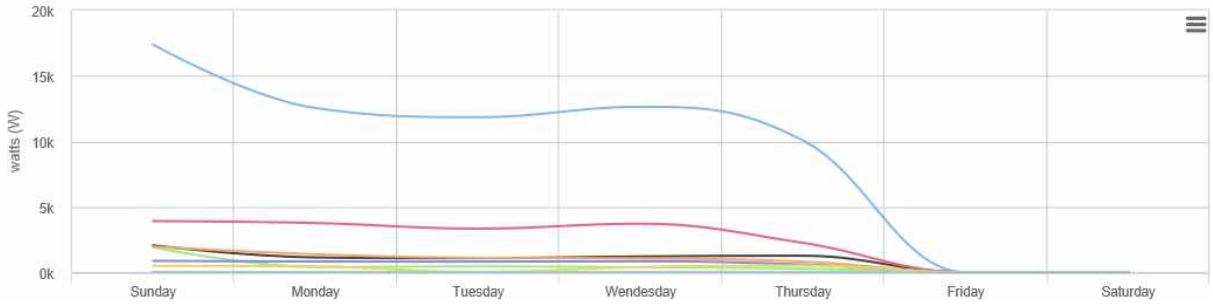


그림 24 요일별 가구별 에너지 사용량 프로파일

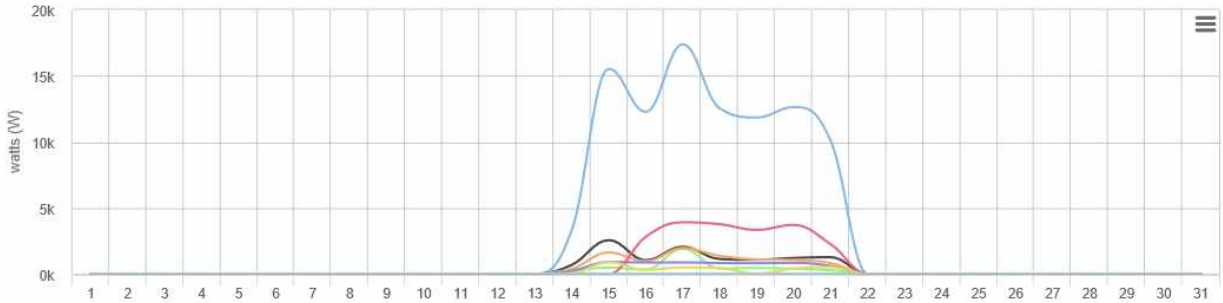


그림 25 한달 간 가구별 에너지 사용량 프로파일

- 재실자의 에너지 사용량, 패턴 및 프로파일 DB구축 예시

Width	Depth	OutLine	Between	OrientBet	Roof	RoofCol	MinFloor	MaxFloor	GFHeigh	GFSetBack
13	11	45	0.1	17	1	회	1	1	4	0
10	10	39	6	9	1	회	4	4	3.5	1
22	11	54	3	16	0	녹	1	1	4.2	0
17	9	52	2	8	1	녹	5	5	4	2
12	10	43	9	13	1	검은	3	3	5	0
13	8	42	5	8	1	흰	4	4	3.5	0
12	9	37	1.5	8	1	녹	5	5	4	2
18	20	87	0.8	8	1	회	1	1	4.3	0
9	14	42	1	8	1	녹	2	2	5	0
9	10	39	1	21	1	녹	2	2	4.2	0
12	9	42	1	9	1	녹	4	4	4.2	1
7	14	39	0.5	31	1	녹	3	3	3.5	0
13	20	62	0.5	11	1	녹	2	2	4	0
12	15	52	3	11	1	녹	4	4	5	1
9	12	40	0.1	14	0	검은	2	2	5.5	1.5
14	8	39	1	11	1	녹	2	2	4.5	0.5
12	16	55	1	5	0	파랑	2	2	4.5	1
11	12	45	0.1	16	1	녹	1	1	4	0
8	8	30	1	9	1	회	1	1	4.5	0
26	8	65	8	61	0	회	1	1	5	16
17	9	47	1.5	39	1	파랑	2	2	4.2	5
9	13	44	0.5	87	1	녹	5	5	4.5	4
11	12	50	0.1	7	1	회	2	2	4.2	0
9	15	47	1	11	1	녹	3	3	3.5	0
9	16	51	5	8	1	녹	3	3	3.5	0
7	14	41	1	32	1	회	3	3	5	6
14	7	41	2	6	1	녹	3	3	4.2	1
12	12	46	3	8	1	회	3	3	4.2	0
11	10	42	7	9	1	검은	3	3	4.2	0.5
11	10	42	4	0	0	파랑	2	2	3.8	0.5
10	14	48	2	7	1	녹	3	3	3.5	0
10	14	46	2	7	1	녹	3	3	4	0
9	14	48	0.5	8	1	녹	3	3	4.5	0.3
9	15	46	2	8	1	녹	3	3	4.2	0.5
10	10	41	0.3	13	0	회	2	2	4.2	7
14	9	46	0.5	42	1	회	3	3	4.2	7
10	10	40	0.1	7	1	회	3	3	4	0
12	13	48	1	11	1	흰	3	3	3.8	2
8	16	48	1	10	1	녹	3	3	3.8	1
16	12	56	0.3	10	1	녹	3	3	3.8	0
9	11	38	2	8	1	회	3	3	5	1
12	15	52	2	12	1	회	3	3	4	3
15	13	52	4	7	1	녹	3	3	3.5	1
10	16	47	2	9	1	녹	3	3	4	0
12	12	46	8	5	1	녹	4	4	4	0
12	12	47	3	8	1	파랑	2	2	4	0
26	11	67	1	41	1	검은	1	1	4	0
4	13	29	0.1	7	1	흰	1	1	4	0
12	12	46	0.4	6	1	하늘	2	2	4	0
17	11	56	0.3	34	1	회	1	1	4.5	1
6	10	32	0.1	30	1	회	2	2	4	1
10	8	38	5	8	1	녹	3	3	5	1
10	4	28	6	41	1	흰	1	1	5	1
11	7	31	1	52	1	녹	4	4	4	0
8	8	32	1	10	1	녹	4	4	4	1
8	9	32	1	10	1	녹	4	4	4	0
7	9	30	1	9	1	녹	4	4	4	0
7	9	32	1	10	1	녹	4	4	4	0
5	8	26	2	10	1	녹	4	4	4	0
6	12	37	1	17	0	검은	1	1	4.5	1
9	9	36	5	9	1	하늘	4	4	4	0
9	8	33	0.3	11	1	흰	2	2	4	0

VL_RAT	HEIT	1~3시	3~5시	5~7시	7~9시	9~11시	11~13시	13~15시	15~17시
0		0.345839	1.119547	0.049731	2.050532	0	3.088579	4.139207	0
144.78	9.4	5.763506	5.190604	9.074797	8.324018	16.43343	23.95164	24.5072	20.08143
0	0	1.082714	0.790072	1.967892	2.694139	2.826006	5.907032	7.895742	5.002349
251.50684	14.4	6.632299	5.571966	6.29177	11.3592	11.82885	31.90048	32.06166	19.67834
140.17	11.9	7.323785	7.468477	10.99214	13.10978	26.75117	41.26901	40.35651	37.25367
140.98	11.6	5.692228	6.051526	8.508765	10.3757	18.38611	27.54868	27.85134	22.51024
204.59	15.3	2.813307	3.197987	4.181055	5.072523	9.408827	16.55129	15.9112	12.39692
0	0	5.165394	4.903483	6.685019	8.65613	13.18003	19.76556	19.41815	16.01834
0	0	2.753808	2.509453	3.219766	4.953679	7.870882	15.5588	15.99224	11.15835
0	0	3.315593	2.698266	2.621247	3.923662	3.869156	8.270889	8.659138	5.820706
224.91	12.1	3.823443	4.211216	3.676863	3.403253	5.922564	12.80149	13.63394	9.51485
173.68	0	1.205846	0.916115	1.733018	1.943479	4.513781	9.687082	9.391781	6.555143
0	0	0.698951	0.563893	1.516666	2.429411	6.405718	15.2765	14.29969	10.15181
189.45	11.2	8.508921	8.388198	10.35974	12.02047	22.16671	33.92711	34.82061	27.48832
0	0	1.314379	1.100272	3.276486	2.81382	7.997437	13.53214	13.94074	9.930732
0	0	4.176411	4.660523	4.116671	5.786605	7.683467	13.41334	14.41675	9.741874
0		1.058257	0.963674	0.990604	1.669317	1.904229	6.029847	5.630029	4.086254
0		1.204043	1.108784	1.274313	2.194355	2.357193	4.867916	5.106062	2.725586
0		0.620833	0.590054	0.248656	0.186828	0.281944	0.50672	0.622024	0.263441
105.19	0	1.055288	0.518756	1.41433	1.314208	2.344783	0.025538	0.013393	3.40591
130.55	7.6	1.666203	1.280637	1.992333	3.90266	4.414064	9.257299	9.669052	6.751686
119.83	7.9	1.759413	1.818209	1.984246	4.60193	2.873167	10.13291	10.44191	6.503023
101.01	0	0.824897	0.938053	1.316134	2.004034	2.369	9.784862	10.44779	6.711772
106.19	7.8	2.699639	2.659377	3.684952	4.62837	8.553534	15.97522	15.09952	12.55959
0	0	2.69673	2.19342	3.213091	2.95572	6.866805	13.85702	13.38731	10.48994
138.3	10.3	2.815367	2.545988	4.140682	4.574549	7.515331	15.61295	15.35941	10.03773
0	0	2.26557	2.754807	3.679569	5.008147	8.955088	19.34453	19.38867	12.83148
152.76	9.1	2.538867	2.494299	3.789841	4.359401	9.433657	17.85241	17.90421	13.65056
174.18	9.6	10.04127	9.82563	9.312483	10.61839	13.49044	15.96871	15.23142	15.89565
0	0	0.972932	0.660971	1.253002	1.816844	2.768156	6.833297	6.981567	3.645941
0	0	0.347144	0.274194	0.28899	0.31444	0.599403	4.526975	3.182821	2.174634
0	0	2.220968	1.914243	2.438623	2.693113	4.781727	10.92515	9.833357	7.881882
116.74	7.8	2.841771	3.200994	2.997774	4.348989	6.450342	13.6508	13.02384	9.037024
101.77	7.7	3.072122	2.68697	4.237416	5.000227	8.832273	16.19024	15.80026	13.08404
135.82	8.3	2.133685	1.669837	2.207355	3.539955	5.268289	13.24638	12.89988	8.636507
0	0	6.885804	6.973859	6.361146	6.694089	8.594554	15.68185	13.95457	10.76788
99.1	0	2.818953	2.557324	3.21841	4.575647	6.625963	14.18827	14.11968	9.635401
0	0	5.181801	4.335447	6.671005	6.212574	11.16622	18.97663	18.90369	14.05361
0	0	2.471913	2.169236	3.004666	4.339315	6.043372	13.93104	13.26104	10.44546
0	0	3.416879	3.279868	5.865846	6.530649	9.43516	17.92519	17.96054	11.31692
0	0	2.415073	2.264461	3.368202	3.901219	8.205711	14.04628	12.4478	9.876905
0	0	2.218295	2.177488	3.68232	5.841536	7.462233	17.20837	16.20198	7.664436
113.2	7.6	3.035671	2.625922	4.232142	4.414489	7.088037	13.34705	12.94706	10.33903
0	0	2.530504	2.087325	2.022889	2.302703	2.261645	3.482765	3.539559	3.416005
268.78	13.9	6.161542	4.526395	5.441784	11.00024	11.74839	33.04692	33.71686	21.58517
91.95	0	3.45109	2.345287	3.024571	5.055285	5.545829	13.82717	14.1415	10.40742
0	0	0.747222	0.662634	0.52957	0.591398	0.490278	0.884409	1.120536	0.689516
0	0	0.0125	0.008065	0.017473	0.005376	0.020833	0.135753	0.020833	0.022849
0	0	1.529927	1.353183	1.922162	2.34731	2.746571	4.562507	4.669976	3.670924
0	0	0.416657	0.481173	0.270163	0.856183	0.591624	2.083233	2.508707	1.245968
0	0	5.2875	4.615591	3.924731	4.27957	4.25	5.091398	5.790178	4.111559
238.96	13	1.457763	1.558607	2.127199	3.166028	5.499861	8.6415	9.197216	6.636393
0	0	0.618056	0.630376	0.658602	0.575269	0.936111	0.736559	0.761905	1.228495
0	0	2.300608	1.981885	2.201296	2.53937	6.026923	9.233601	10.27975	7.733786
301.4	12.5	2.15732	2.373573	2.633748	3.270365	6.480048	13.75933	12.52478	11.71368
0	0	3.613906	3.733931	3.516832	3.730521	5.985181	9.811352	10.66663	8.794711
238.46	0	2.397535	2.63272	3.335135	3.933631	4.749455	9.921385	12.06537	8.661637
0	0	4.810596	4.529915	5.784545	4.528533	7.186879	13.99628	17.10366	13.96695
237.04	11.7	1.956438	1.660957	2.093749	1.840395	4.21268	6.799287	7.453112	5.877632
0	0	0.297201	0.420461	0.444807	0.26742	0.420607	0.448379	0.484388	0.380455
0	0	3.091828	2.981314	2.991473	3.528852	6.782411	11.024	10.28694	9.028396
0	0	1.350756	1.30845	1.659536	2.03539	3.450791	6.781313	6.494555	3.767759

그림 26 건축물별 에너지 사용량 DB구축 예시

- 형태-환경-행태모델(알고리즘) 개발

■ 1차년도와 2차년도 걸쳐 구축된 DB를 바탕으로 형태-환경-행태모델을 구축하기 위해 첫 단계로 각 변수들 간의 상관관계 분석을 실시함

■ 상관분석 결과는 아래 표와 같음

	에너지	공공공지 폭	인동간격	가로수 음영	가로수 간격	체적	지붕형태	높이	상부후퇴	필로티	1층부 후퇴	1층부 높이	평면형상	폭	깊이	폭/깊이비	입면적	정비율(주향)	정비율(측향)	연면적	건축면한	온도	습도	풍속	일사량
에너지	1																								
공공공지 폭	0.099	1																							
인동간격	0.121	0.061	1																						
가로수 음영	-0.026			1																					
가로수 간격	-0.016			0.351	1																				
체적	0.622	0.113	0.128	-0.021		1																			
지붕형태	0.147			-0.039	-0.060	0.156	1																		
높이	0.499	0.079	0.104	-0.069	-0.044	0.663	0.257	1																	
상부후퇴	0.119		0.027			0.165	0.031	0.169	1																
필로티	0.043					0.133	0.049	0.166	0.070	1															
1층부 후퇴	0.053	0.133	0.050	0.045	0.072	0.162	0.023	0.096		0.143	1														
1층부 높이	0.03	0.041	0.033	0.021	0.040	0.055	0.043		0.020		0.216	1													
평면형상	-0.040	-0.020	-0.025			-0.03		-0.024				-0.051	1												
폭	0.435	0.115	0.170			0.502	0.030	0.236		0.022	0.193	0.034	-0.033	1											
깊이	0.350	0.066	0.061	0.023		0.509	0.020	0.223	0.034	0.030	0.133	0.035	-0.070	0.195	1										
폭/깊이비	0.068	0.020	0.063			0.030		0.031	0.031	0.020	0.032		-0.022	0.114	0.138	1									
입면적	0.624	0.117	0.140	-0.029		0.399	0.178	0.702	0.163	0.243	0.181	0.028	-0.045	0.539	0.554	0.104	1								
정비율(주향)	0.150	0.044			0.023	0.122	0.123	0.116	0.037		0.154	0.24	-0.054	0.126		0.027	0.105	1							
정비율(측향)	-0.037	-0.033					-0.031		-0.026		-0.106	-0.091	0.023	-0.074				-0.143	1						
연면적	0.630	0.133	0.141	-0.030	-0.022	0.331	0.150	0.663	0.15	0.106	0.140	0.077	-0.03	0.505	0.43	0.030	0.373	0.123	-0.021	1					
건축면한	0.137		0.079	-0.074	-0.053	0.253	0.233	0.406	0.111	0.201	0.021	-0.025			0.073		0.316	0.023	0.023	0.262	1				
온도	0.200		0.106	0.039		0.214	0.030	0.206	0.157	0.073	-0.042	0.076		0.113	0.179		0.207	0.036	-0.126	0.241	0.123	1			
습도	-0.020	-0.058		0.054		-0.035	0.047	-0.074	-0.036	-0.072		-0.169			-0.033	-0.060	-0.095	0.036	0.169	-0.121		-0.238	1		
풍속	-0.195	-0.03	-0.097	-0.030		-0.225	0.091	-0.207	-0.129	-0.036	0.020	0.068		-0.113	-0.152		-0.230	-0.073	-0.167	-0.243	-0.109	-0.423	-0.407	1	
일사량	0.034	0.135					-0.063					-0.182		-0.026	-0.026	0.057		-0.054	0.043		-0.044	-0.275	0.113	-0.080	1

* < 0.01, < 0.05, < 0.1

그림 27 상관분석 결과

■ 상관분석 이후 건축물 에너지 사용량에 대해서 정규성 검토를 실시하기 위해 히스토그램을 작성한 결과, 정규분포를 따르지 않는 것을 발견하였으며 그 결과는 아래와 같음

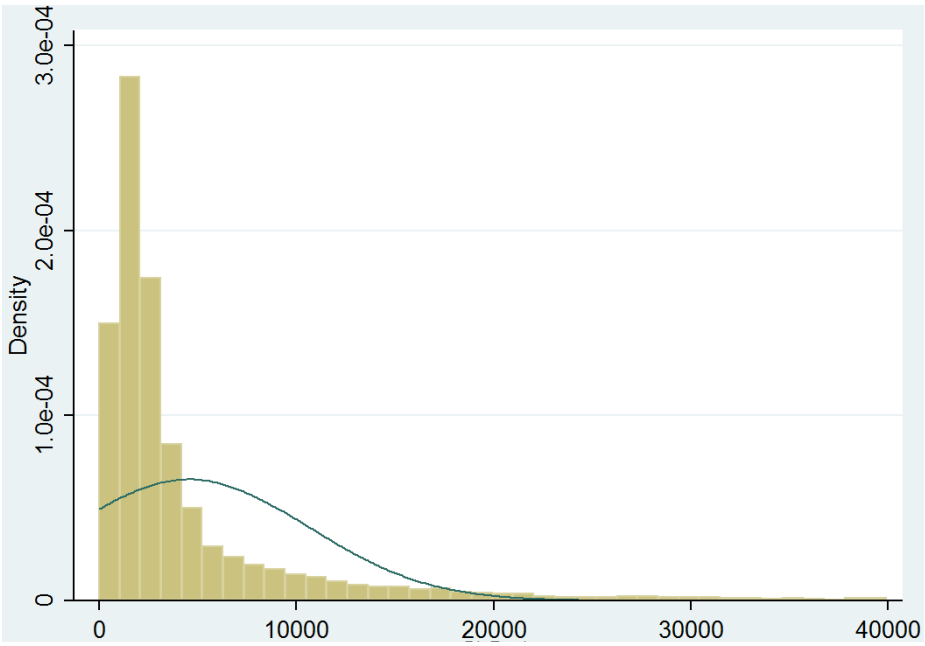


그림 28 건축물 에너지 사용량 자료의 히스토그램

■ 위와 같이 건축물 에너지 사용량은 정규분포를 따르지 않으므로 다중감마회귀분석을 실시함

■ 감마모형에 대한 설명 및 수식은 아래와 같음

감마회귀분석은 종속변수의 정규성이 위배된 경우 활용하는 일반화선형모델 중 하나이다. 일반화선형모델은 전통적인 선형모델이 갖는 준거변수의 정규분포와 분산의 동등성 가정을 배제하고 자료의 독립성 가정과 모델의 가법성(additivity) 원리에 기초한 통계모델이다. 준거변수의 정규분포 가정과 분산의 동등성 가정에 얽매이지 않음으로써, 광범위한 비정규분포 자료의 사용을 허용하고, 동시에 준거변수와 예측변수의 관계가 선형 및 비선형인 경우에도 연결함수(link function)를 이용하여 모델의 선형성과 가법성을 충족함으로써 모수추정을 가능케 하여 전통적 선형모델을 보다 느슨한 가정에 기초하여 일반화한 선형모델이다.

전통적인 선형모델이 준거변수의 관찰자료와 예측변수와의 직접적인 관계에 착안하는데 반하여, 일반화 선형모델은 준거변수의 모수(예, 이론적 평균)와 예측변수와의 관계가 선형성에 있다는 점에 주안점을 둔다. 즉, 회귀분석의 경우는 E (Y|X) = Xβ이다. 따라서 준거변수와 예측변수의 관계가 비선형인 경우(예, logistic, probit model), 그리고 가법적이지 않고 승법적(multiplicative)인 경우(예, log linear model)는 연결함수(link function)를 이용하여 선형관계를 확보하고, 연결함수의 값을(g(.) = η) 준거변수로 사용한다. 연결함수의 값은 준거변수 모수의 함수에 의한 값으로서 관찰자료(Y)와 연결함수 값인 g(.) = η의 동등성을 확보한다.

모수의 함수인 연결함수의 값은 개별 개체의 값에서는 관찰자료와 오차가 있을 수 있으나, 전체 자료에서는 같다는 pattern 이론에 기초한 모델이라고 할 수 있다. 전통적인 선형모델은 일반화 선형모델의 특수한 형태로서 연결함수가 identity 함수로서 η = Y인 경우이다.

이처럼 연결함수로 사용될 감마분포와 감마분포함수에 대해서 설명하자면 다음과 같다. 감마모델은 반응변수가 0 또는 양의 값을 가질 때만 적용 가능한 모델이다. 주로 반응변수가 연속 변수일 때 이용되지만 다양한 범위의 값을 가지는 건수변수에도 적용 가능한 모델이다.

$$f_y(y;\mu,\phi) = \frac{1}{yI(1/\phi)}\frac{y}{\mu\phi^{1/\phi}}exp(-\frac{y}{\mu\phi})$$

식1은 지수함수 형태로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_y(y;\mu,\phi) = \exp\left\{\frac{y/\mu-(\ln\mu)}{-\phi}+\frac{1-\phi}{\phi}lny-\frac{\ln\phi}{\phi}-\ln I(\frac{1}{\phi})\right\}$$

감마모델에는 일반적으로 역 연결함수(Inverse Link Function 또는 Reciprocal Function) $\mu = \frac{1}{x_i\beta}$ 이 적용된다. 그래서 감마모델의 경우 역연결함수를 특별히 언급하지 않아도 감마모델의 최우추정함수는 역연결함수를 적용하여 다음과 같이 도출된다.

$$\ln L_G = \sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{y_i/\mu_i - (-\ln\mu_i)}{-\phi} + \frac{1-\phi}{\phi} ln y_i - \frac{\ln\phi}{\phi} - \ln(\frac{1}{\phi})\right\}$$
$$= \sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{y_i x_i\beta - (-\ln\mu)}{-\phi} + \frac{1-\phi}{\phi} ln y_i - \frac{\ln\phi}{\phi} - \ln\Gamma(\frac{1}{\phi})\right\}$$

감마모델에 로그 연결함수를 이용한 로그감마(Log-Gamma) 모델의 경우는 반응변수가 0보다 큰 경우에만 이용된다. 예를 들면, 환자의 입원을 전제하여 입원기간이 반응변수가 되는 경우이다. 역연결함수 대신에 로그연결함수가 사용되어 결과의 해석이 용이하기 때문에 역연결함수 보다는 로그연결함수를 이용한 로그감마모델이 실무에서 주로 이용되기도 한다.

$$\ln L_{Log-G} = \sum_{i=1}^{n}\left\{\frac{y_i \exp(x_i\beta) + x_i\beta}{-\phi} + \frac{\phi+1}{\phi} ln y_i - \frac{\ln\phi}{\phi} - \ln\Gamma(\frac{1}{\phi})\right\}$$

이러한 감마분포의 밀도함수분포도는 다음 그림과 같다.

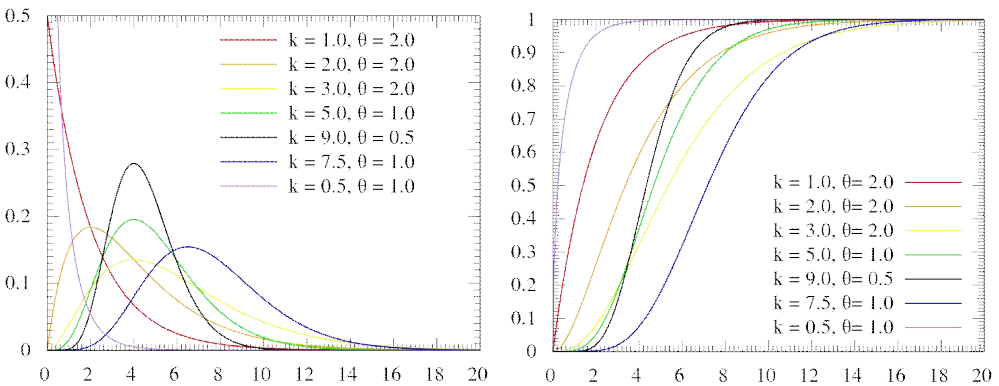


그림 29 감마분포의 확률밀도함수(PDF. Probability Density Fuction)와 누적분포함수(CDF. Cumulative Distribution Function)

■ 다중회귀분석 결과가 신뢰성을 가지기 위해서는 후속적인 진단이 필요하며, 이러한 진단을 위해서 다중공선성과 오차 중 잔차의 세 가지 특성을 검증함

■ 잔차의 세 가지 특성은 정규성, 독립성, 등분산성 등임

■ 다중공선성 진단을 위해서 도시레벨의 변수들에 대해서 VIF(Variance Inflation Factor) 지수를 검토하였으며, 그 검토 결과는 아래의 표와 같음

표 9 다중공선성 분석을 위한 VIF 테스트 결과

변 수 명	VIF	변 수 명	VIF
건축물 전면 공공공지 폭	1.06	평면형상	
건축물 인동간격(측면)	1.14	삼각형, 원형	1.05
가로수에 의한 음영 유무		건축물 폭	2.12
음영 있음	3.35	건축물 깊이	1.96
가로수 간격	3.31	W/D비	1.13
체적		입면적	6.90
지붕형태		창면적 비율(주향)	1.27
평지붕	1.91	창면적 비율(측향)	1.27
높이	1.14	연면적	2.33
사선형상 유무		건축연한	1.77
사선형상	1.04	풍속	1.46
필로티		온도	1.71
필로티 여부	1.14	습도	1.77
1층부 높이	1.15	일사량	
1층부 후퇴깊이	1.15	평균 VIF	1.75

■ 입면적이 6.90으로 가장 높은 VIF값을 보였고, 평균적으로 1.75로 나타났으며, 이 수치들이 다중공선성 판단 기준치인 10을 넘지않는 것으로 볼 때, 본 모델에서 다중공선성은 나타나지 않았다는 것을 알 수 있었음

■ 다음으로, 모델을 분석하고 남은 잔차 역시 정규성 진단이 진행되어야 하며, 이를 위해서 잔차의 정규성 검증을 실시하였음

■ 먼저, 잔차에 대해서 검토를 하면, 먼저 잔타의 정규성에 대해서 검토한 결과를 살펴보자면 다음과 같다. 정규성 검토를 위해서 skewness 및 kurtosis 테스트를 수행했고 그 결과는 모두 0.000으로 정규성을 띄었음, 이를 증빙할 수 있는 잔차를 히스토그램으로 나타내면 아래의 그림과 같음

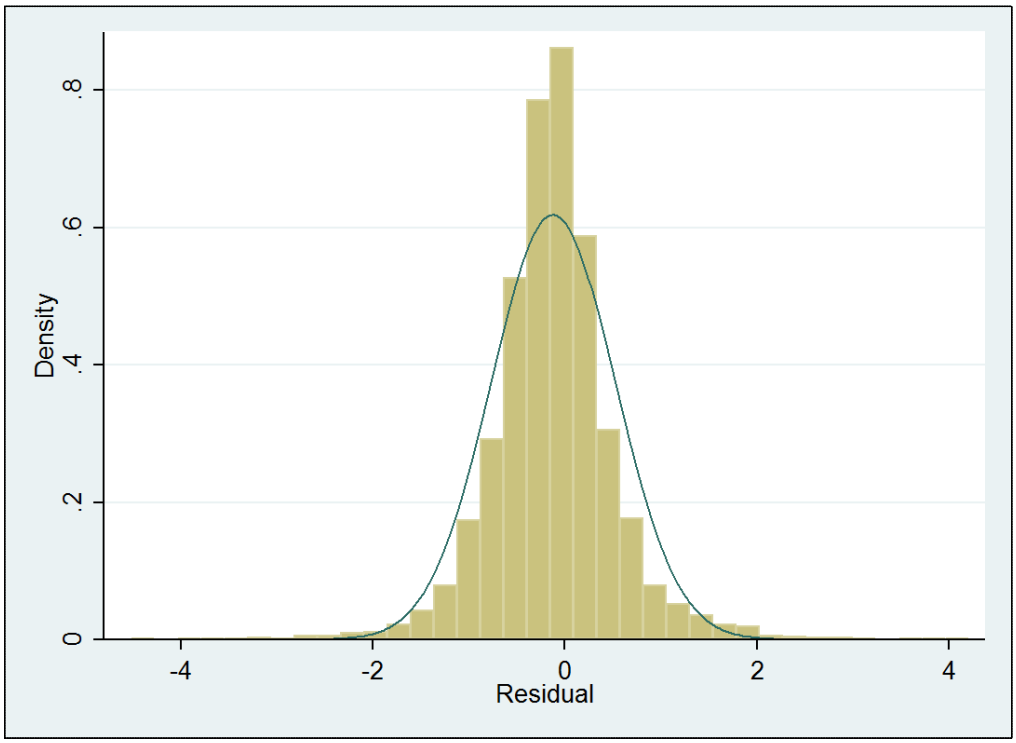


그림 30 정규성 검증을 위한 잔차테스트

■ 보다 엄밀한 분석을 위해서 Shapiro-Wilk 테스트를 수행했으며, 그 결과는 p-value 값이 0.0784(> 0.05)로 null hypothesis를 기각하지 못하였으므로 정규분포를 나타냈음. 이 수치는 정규분포에 가깝지만 아주 완벽하게 정규분포와 일치하지는 않는 결과이다. 이 결과는 히스토그램을 잘 설명하는 것으로 생각됨

■ 다음으로, 잔차에 대한 독립성 테스트는 자기상관(autocorrelation) 테스트를 수행했으며 그 계수는 0.046 ~ 0.06으로 그 절대값이 0.3보다 작으므로 독립적이라는 결론을 내릴 수 있었음

■ 이 역시 보다 엄밀한 분석을 위해서 추가로 Durbin-Watson 테스트를 수행했으며, Durbin-Watson 테스트 결과는 1.8944로 근소하게 절대값 1.8을 넘는 것으로 나타났음

■ 두 테스트 결과로부터 잔차가 서로 독립적인 상태임을 알 수 있었음

■ 마지막으로 등분산성 테스트를 수행했으며, 동분산성은 Breusch-Pagan 테스트로 확인할 수 있음

■ 테스트 결과 p-value는 0.3582(> 0.05)로 null hypothesis를 기각하지 못하였으므로 등분산 상태임을 나타냈음

■ 이상과 같은 일련의 결과를 볼 때, 본 연구의 모델은 해석하기 적합한 모델임을 확인할 수 있었음

■ 본 연구의 분석결과는 아래 표와 같음

표 10 분석결과

변 수 명	Coef.	Std. Err.
건축물 전면 공공공지 폭	0.0007*	0.0003
건축물 인동간격	0.0095†	0.0047
가로수에 의한 음영 유무(기준: 음영 없음)		
음영 있음	−0.2729*	0.1265
가로수 간격	0.0018	0.0203
체적	0.0003	0.0002
지붕형태(기준: 박공지붕)		
평지붕	0.2250**	0.0340
높이	0.0465**	0.0070
사선형상 유무(기준: 사선형상 무)		
사선형상	0.2137†	0.1068
필로티(기준: 필로티 없음)		
필로티 있음	−0.2138**	0.0828
1층부 후퇴거리	−0.0173*	0.0084
1층부 높이	−0.0438†	0.0253
평면형상(기준: 사각형)		
삼각형, 원형	0.3759**	0.1368
건축물 폭	0.0363**	0.0051
건축물 깊이	0.0195**	0.0051
W/D비	0.0244†	0.0120
입면적	0.0003†	0.0001
창면적 비율(주향)	0.7441**	0.0699
창면적 비율(측향)	0.0080	0.0721
연면적	0.0017**	0.0001
건축연한	−0.0026†	0.0014
온도	0.0809†	0.0404
습도	0.0201**	0.0058
풍속	−0.0586†	0.0290
일사량	0.0001†	< 0.0001
계수	3.1260	5.0001

< 0.1: †, < 0.05: *, < 0.01: **

■ 위의 표와 같은 분석결과를 보다 가시성 높게 도식화하면 아래 다이어그램과 같음

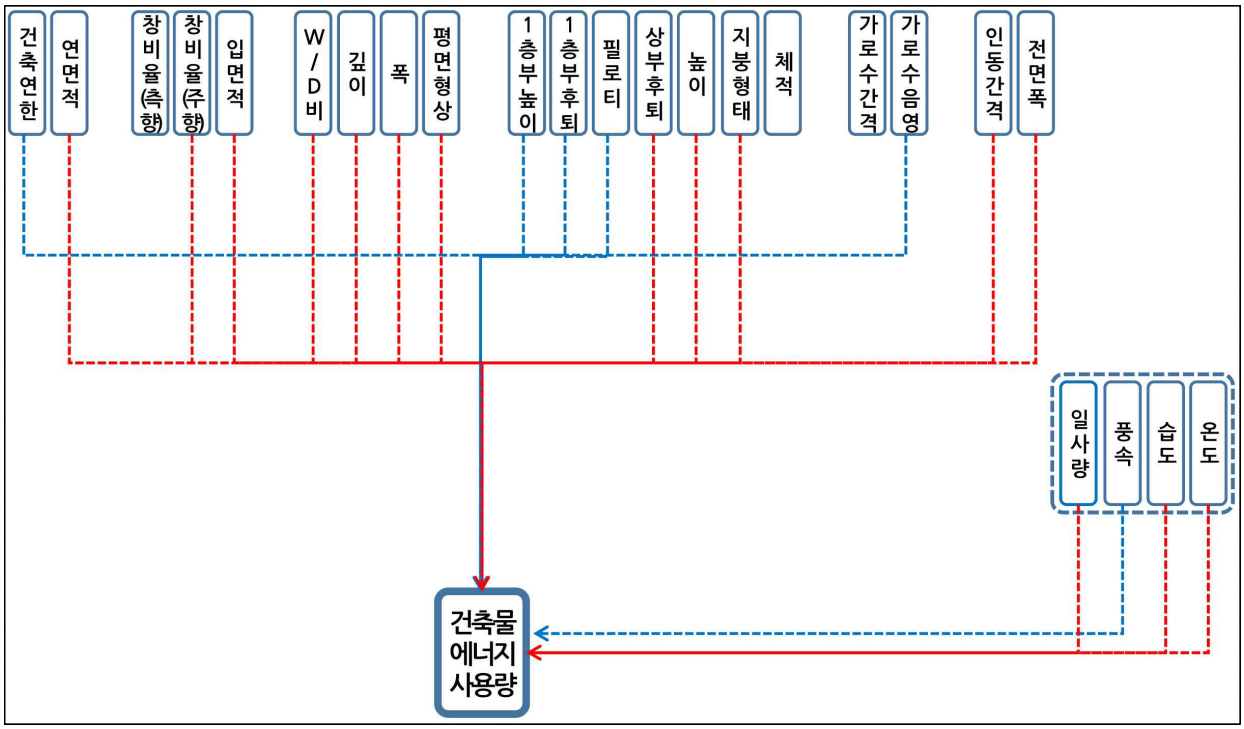


그림 31 분석결과 종합

○ 형태-환경-행태모델(알고리즘)의 최종도출

- 초기 모델 도출

■ 앞에서 분석한 회귀분석 결과와 이전의 선행연구 결과를 종합할 때, 아래 그림과 같은 형태-환경-행태모델(알고리즘)의 초기 모델을 제안할 수 있음

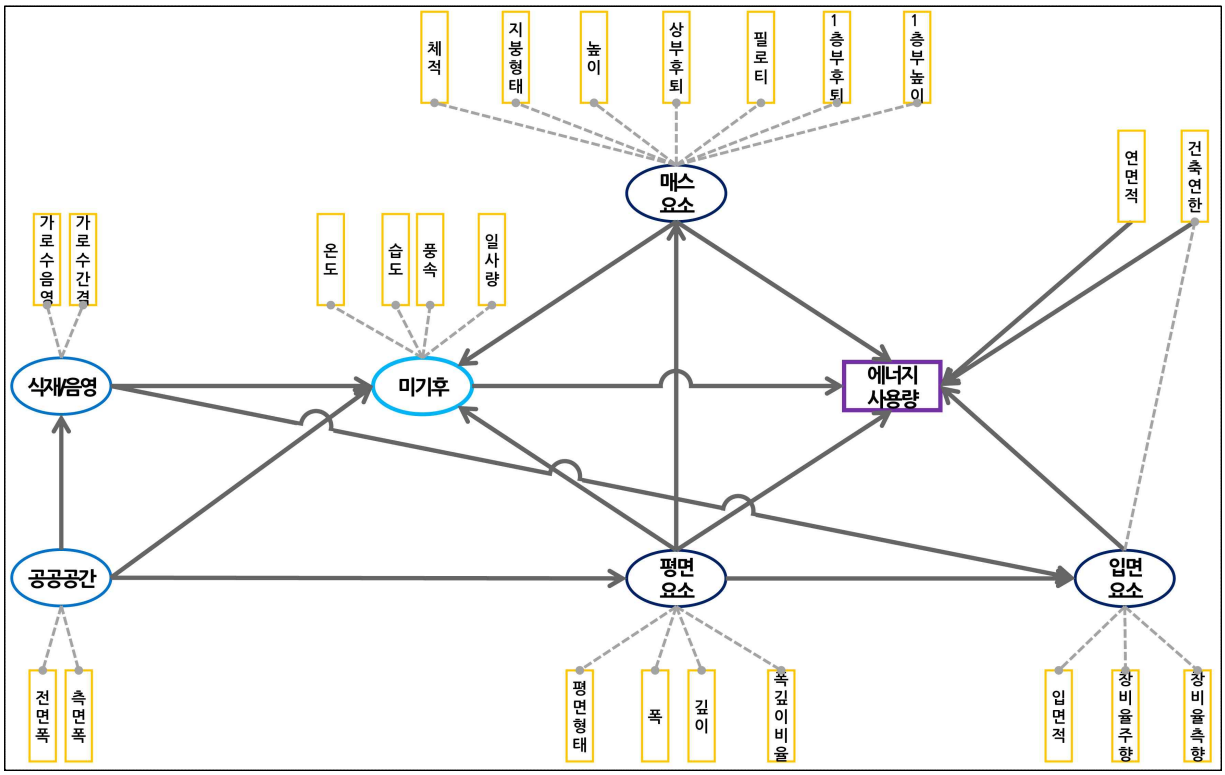


그림 32 초기모델

■ 보통 구조방정식의 모델의 검증과 분석은 이론적인 모델의 확인을 중심으로 분석을 하나 본 연구에서 이와 같은 통합모델의 검증과 분석이 시도된 경우가 없기 때문에 탐색적 방법을 사용하였으며, 데이터의 도출 모델의 과적합 문제가 발생할 것을 우려하여 본 연구에서 구축한 전체 데이터 22,439동 중에서 무작위로 선정한 350동의 데이터를 이용하여 모델을 구축하며 가장 모델 적합도가 가장 높은 모델을 선정하는 방식을 활용하였다.

■ 초기 모델을 모델의 적합도 지수를 활용하여 수정 및 보완과정을 거치며 최종 모델을 도출하고, 전체 데이터 22,439동의 데이터를 최종모델에 대입하여 분석하여 최종 모델 적합도 지수를 도출하였다. 최종 모델 적합도 지수의 평가를 통해서 최종 모델을 도출하였다. 최종 모델을 도출하면 아래 그림과 같다.

■ 350동의 데이터를 이용한 최종 모델의 적합도는 NFI(Normed Fit Index)는 0.925, RFI(Relative Fit Index)는 0.895, IFI(Incremental Fit Index)는 0.931, TLI(Tucker-Lewis Index)는 0.901, CFI(Comparative Fit Index)는 0.930, RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation)는 0.052, SRMR(Standardized Root Mean Square Residual)은 0.056으로 도출되었다.

■ 전체 데이터 22,439동을 활용한 최종모델의 적합도는 NFI는 0.936, RFI는 0.901, IFI는 0.939, TLI는 0.906, CFI는 0.939, RMSEA는 0.049, SRMR은 0.051로 도출되었다. 이러한 모델 적합도 지수는 오히려 350동의 데이터를 이용해서 구축한 모델의 적합도 보다 좋은 것으로 나타났다. 이러한 모델 적합도 지수를 참고하여, 큰 문제없이 해당 모델을 본 연구의 최종 모델을 최종 분석 모델로 선정하였다.

■ 분석결과 최종 모델을 도출하면 아래 그림과 같음

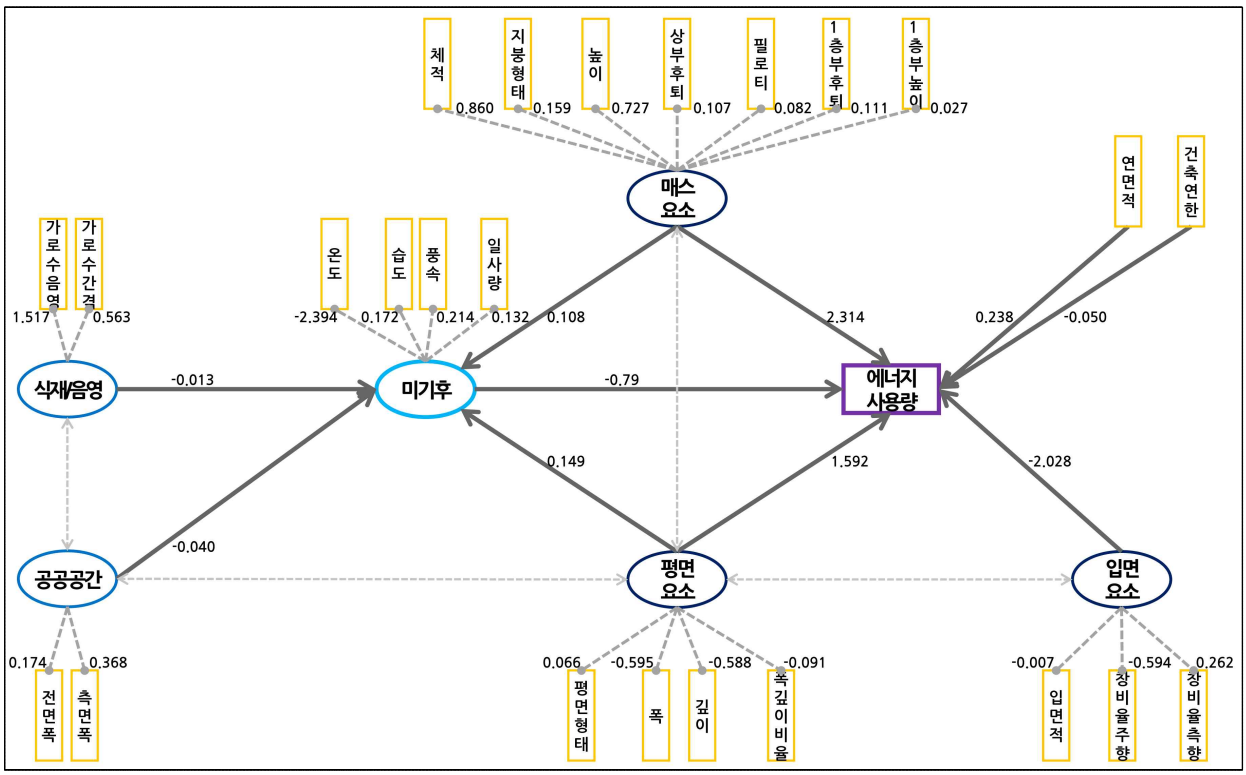


그림 33 최종모델의 결과 도식화

■ 분석결과를 정리하면 아래 표와 같음

표 11 각 변수별 잠재요소 구성계수

잠재 요소	변 수 명	Coef.
미기후	온도	-2.394**
	습도	0.172**
	풍속	0.214**
	일사량	0.132
공공공간	건축물 전면 공공공지 폭	0.174**
	인동간격	0.368
식재/음영	가로수 음영 여부	1.517**
	가로수 간격	0.563
매스요소	체적	0.860**
	지붕형태	0.159
	높이	0.727**
	상부후퇴 여부	0.107**
	필로티 유무	0.082**
	1층부 후퇴거리	0.111**
	1층부 높이	0.027*
평면요소	평면형태	0.066
	폭	-0.595**
	깊이	-0.588**
	W/D비율	-0.091**
입면요소	입면적	-0.007†
	창면적 비율(주향)	-0.594**
	창면적 비율(측향)	0.262

■ 또한 각 잠재 요소가 종속변수인 미기후와 건축물 에너지 사용량에 미치는 영향력을 분석 하였는데, 분석결과를 정리하면 아래 표와 같음

■ 아래 표와 같이 모든 잠재요소와 종속변수인 미기후, 건축물 에너지 사용량 간의 유의미한 상관관계를 도출할 수 있었으며, 그 결과를 해석하자면, 미기루에 영향을 미치는 가장 영향력 있는 잠재요소는 평면요소이며, 매스요소, 공공공간, 식재/음영의 순이었음

■ 공공공간 요소와 식재/음영요소는 미기후에 음의 영향력을 미치고 있었으며, 매스요소와 평면요소는 미기후에 양의 영향력을 미치고 있었음

■ 건축물 에너지 사용량에 영향을 미치는 가장 영향력 있는 잠재요소는 매스요소였으며, 입면요소, 평면요소, 연면적, 건축연한, 미기후의 순이었음

■ 미기후와 입면요소, 건축연한은 건축물 에너지 사용량에 음의 영향력을 미치고 있었으며, 매스요소, 평면요소, 연면적은 모두 건축물 에너지 사용량에 양의 영향력을 미치고 있었음

표 12 각 잠재요소별 종속변수 영향계수

잠재 요소	종속변수	Coef.
공공공간	미기후	-0.040*
식재/음영		-0.013**
매스요소		0.108*
평면요소		0.149*
미기후	건축물 에너지 사용량	-0.029**
매스요소		2.314**
평면요소		1.592**
입면요소		-2.028*
연면적		0.238**
건축연한		-0.050**

○ 형태-환경-행태 모델(알고리즘)의 예측 정확도 검증

- 위에서 개발한 형태-환경-행태 모델(알고리즘)의 예측 정확도를 검증하고자 실제 데이터와 예측 데이터 간의 비교 · 검증을 실시함
- 전체 8개 대상지 중 7개 대상지의 데이터로 상기의 형태-환경-행태 모델(알고리즘)을 개발하였으며, 나머지 1개 대상지의 데이터를 이용하여 비교 · 검증을 실시하였음
- 1개 대상지의 기초 데이터를 본 연구에서 최종적으로 개발한 형태-환경-행태 모델(알고리즘)에 투입하여 예측 에너지 소비량을 산출하였으며, 이를 남겨둔 1개 대상지의 데이터와 직접 비교 · 검증한 결과는 아래와 같음

- 조사 및 실측을 통한 DB구축에 활용된 연구대상지는 모두 8개소로 그 중 7개소의 에너지 소비량 평균치는 7,077.8 kwh임
- 그 중 연구결과 검증용으로 1개소의 에너지 소비량 평균치는 7,873.3 kwh임
- 본 연구진이 개발한 형태-환경-행태 모델(알고리즘)에 의해 예측된 1개소의 에너지 소비량 평균치는 6,983.6 kwh(오차율 ±11.3%)로서 본 연구에서 개발한 목표치인 정확도 70%이상(오차율 ±15.0%)을 만족함
- 또한, 본 연구진이 개발한 형태-환경-행태 모델(알고리즘)의 조절된 R2값은 81%에 달하는 것으로 나타나 이 지표 역시 해당 모델로 데이터를 설명할 수 있는 설명력을 의미하는 것으로 정확도 70%를 상회하는 것으로 나타남

표 13 형태-환경-행태 모델(알고리즘)의 실제치와 예측치 간 정확도 비교

	실제치(kwh)		예측치(kwh)
	7개소 평균	1개소 평균	1개소 평균
전기사용량	7,7077.8	7,873.3	6,983.6
오차율	±11.3%		

○ 형태-환경-행태모델(알고리즘)의 지구단위계획에 대한 적용 방안 도출

- 지구단위계획 개선(안)

■ 교통량이 많고, 넓은 도로 변일수록 도로에 인접하여 띠형 녹지축을 조성하도록 한다.

■ 가로수는 수령이 높고 잎사귀가 풍부하여 음영을 충분하게 확보할 수 있는 것을 권장하며, 환경적 측면만 고려할 때, 가로수의 간격을 좁게 계획하는 것이 바람직하다.

■ 건축물은 도로로부터 후퇴하여, 전면 공공공지를 넓게 확보하는 것이 좋다.

■ 건축물의 전면 공공공지를 넓게 확보할 경우에는 일사량이 과하게 높아질 수 있으므로 이를 통제할 수 있는 계획 수단인 식재 활용 또는 패시브 기법 중 루버나 패널을 이용한 일사 차폐 수단을 강구할 필요가 있다.

■ 건축물의 전면 공공공지 확보도 중요하지만 건축물 간 간격이 너무 좁은 것은 좋지 않으므로, 건축물의 후면 공간도 일정 넓이를 확보하여 블록 내부의 바람통로를 확보하는 것을 권장한다.

■ 건축물의 측면끼리 너무 붙지 않도록 이격하는 것을 권장한다.

■ 건축물의 측면끼리 너무 붙을 경우에는 바람 통로 확보가 어려워 건축물의 에너지 효율성이 저하되므로 이러한 경우, 최소한 1층부의 후퇴 공간이나 필로티를 이용하여 바람 통로를 확보하려는 노력이 필요하다.

■ 필로티 및 1층부 후퇴 공간은 대체로 입면적을 증가시켜 에너지 효율을 나쁘게 하는 것으로 알려져있으나 여름철 음영 확보 및 바람 통로 확보를 위해 1층부 후퇴(코리더, 포지 등을 설치하여) 공간을 확보하거나 필로티를 적극적으로 활용하는 것도 적절하다.

■ 지붕의 형태는 박공형태를 권장하되, 평지붕으로 계획하는 경우에는 지붕의 색을 밝게 계획하여 일사의 반사량을 최대화하도록 노력한다.

■ 지붕의 경사각에 따라서 일사의 반사율에 대한 규정을 작성하여 적용토록 하는 것이 좋다. 이 경우, 일사의 반사율에 대한 규정은 본 연구의 외적인 부분이므로, 외국의 규정(마이애미시나 피닉스시 형태기반코드 내에서 제공하는 규정)을 참고할 필요가 있다.

- 건축물 에너지 측면에서 볼 때, 건축물의 1층부 높이를 높게 하는 것이 유리하나, 그로인해서 건축물 전체 높이가 높아지는 것은 좋지 않으므로, 층고를 적절히 조절하여 건축물의 전체 높이가 너무 높지 않게 계획하여 입면적을 최소화한다.
- 에너지 소비 측면 만을 고려할 때, 전체 높이를 낮게 하는 것 보다는 1층 면적이 너무 넓지 않도록 하면서 오히려 높이를 조금 높게 하는 편이 조금 더 유리하다.
- 건축물의 사선후퇴를 통한 상부후퇴형의 매스는 입면적을 넓게하는 매스의 일종으로 건축물 에너지 측면에서 불리하므로 지양해야한다.
- 건축물의 평면 형태는 사각형이 보다 유리하므로 사각형에 가까운 평면형태로 계획하는 것이 좋다.
- 건축물 평면의 폭과 깊이는 균형된 형태를 이룰 수 있도록, 가급적 폭과 깊이비가 1:1에 가까운 정사각형에 가깝도록 계획한다.
- 대지의 형태나 외부 조건 등에 의해서 어쩔 수 없이 건축물이 장방형을 취하게 될 경우에는 필로티 등을 활용하여 매스를 나누어서 바람길을 차단하지 않도록 계획한다.
- 장방형을 취하게 될 경우에는 폭이 너무 길어지지 않도록 신경을 써서, 깊이 보다 폭을 짧게 계획하는 것이 좀 더 유리하다.
- 건축물의 주향은 가급적 남향을 취하도록 배치하고, 주향의 창면적과 벽면적 사이의 균형을 확보하는 것이 중요하다.
- 창면적 비율은 최소화하는 것이 유리하나 건축물 내부의 환기성능을 고려하여 균형있게 계획한다.
- 건축물의 입면색도 가급적 밝은 계열로 계획하여 일사의 반사량을 최대화하도록 한다.

- 실제 지구단위계획에 적용 및 재설계

■ 실제 지구단위계획 구역 현황

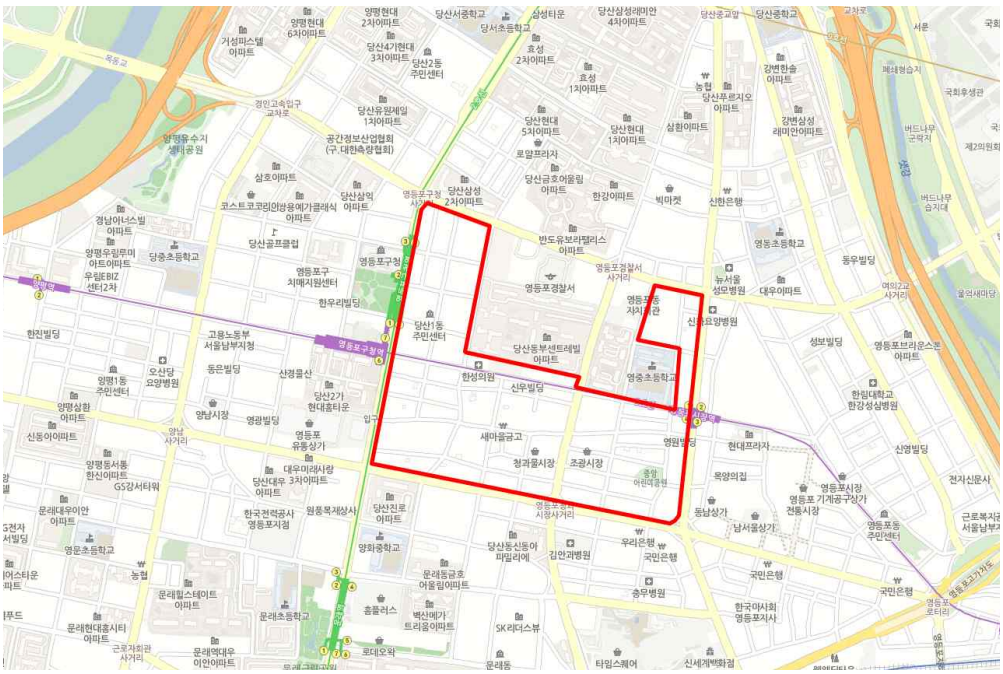


그림 34 영등포구 영등포1 지구단위계획구역의 위치도

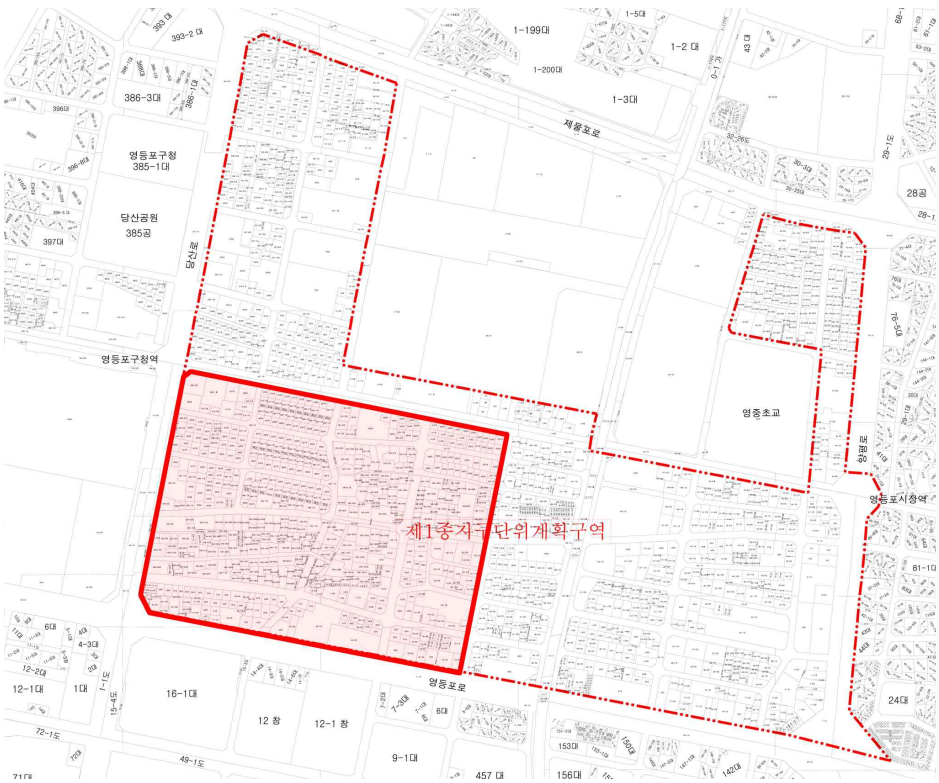


그림 35 전체 지구단위계획구역 중 본 연구의 계획 대상지

■ 실제 지구단위계획 계획안



그림 36 대상지 현황 모습

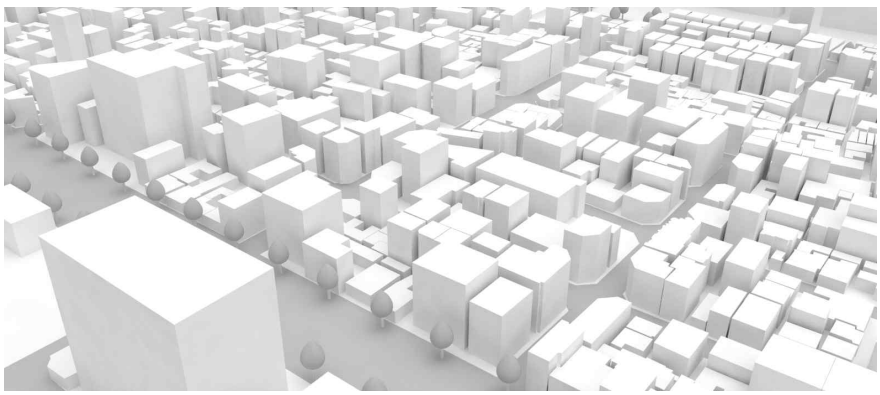


그림 37 남동측 교차로에서 바라본 대상지 현황 모습

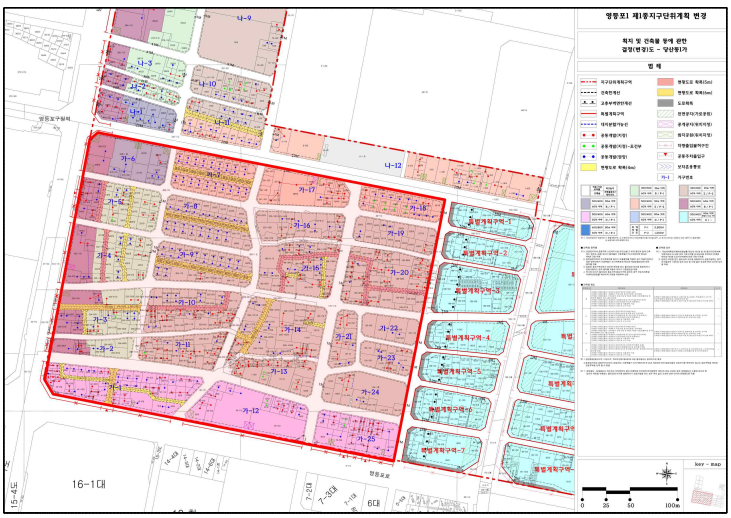


그림 38 본 연구 대상지 내 기수립된 지구단위계획 내용

■ 지구단위계획 개선안



그림 39 계획대안 모습

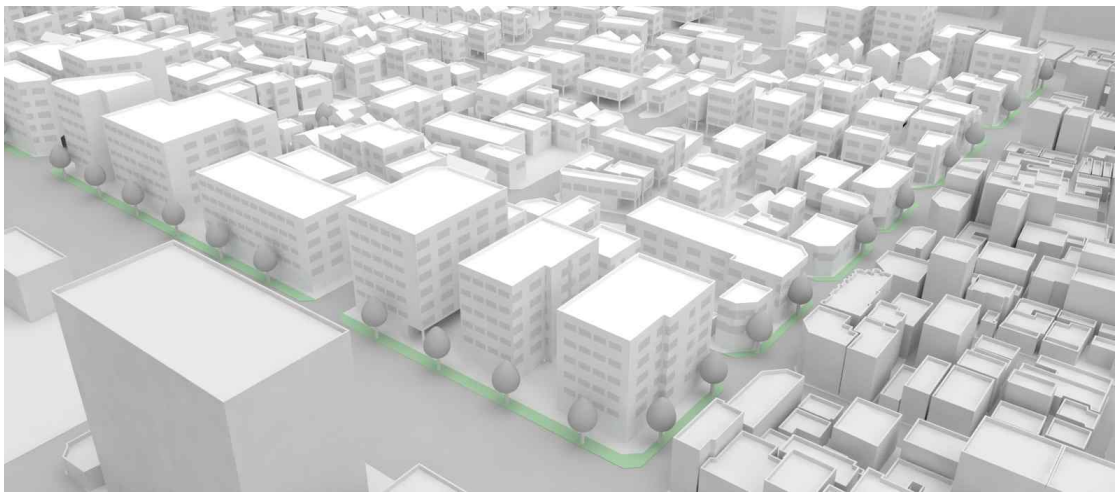


그림 40 남동측 교차로에서 바라본 계획대안 모습

■ 시뮬레이션 기본 조건

항 목		내 용
사용 프로그램		Simens Star-CCM+ 9.06
대상구역 위치	위도	37도 31분 27초(N)
	경도	126도 53분 43초(E)
표준시단대		GMT 9시간
하절기 주풍향 설정		남풍(S)
하절기 평균 풍속		1.5m/s (0.9 - 2.1m/s 분포)
하절기 온도평균 분포		약 27.28℃
Grid 사이즈		1m
Mesh Cell 갯수	원안	7,503,582 개
	대안	7,243,863 개
Mesh model		Trimmer Mesh
Solver		Pressure Based
		Unsteady time
Viscous Model		k-epsilon / Standard
Solar Load Model		Solar Ray Tracing
Pressure-Velocity Coupling		Simple
Convection Flux		Central differencing scheme
경계조건 (Boundary Type)	Sky(대기환경)	Wall / 일사 투과
	Wind in(대기환경)	Velocity inlet / 1.5m/s / 27.5℃
	Wind out(대기환경)	Pressure outlet / 0 pa
	Ground(대지환경)	Wall
	Building(건축물)	Wall / 27.5℃
	Site(대지환경)	Wall / 27.5℃
	Road(도로)	Wall / 40℃

■ 기존 지구단위계획 계획안 시뮬레이션 결과

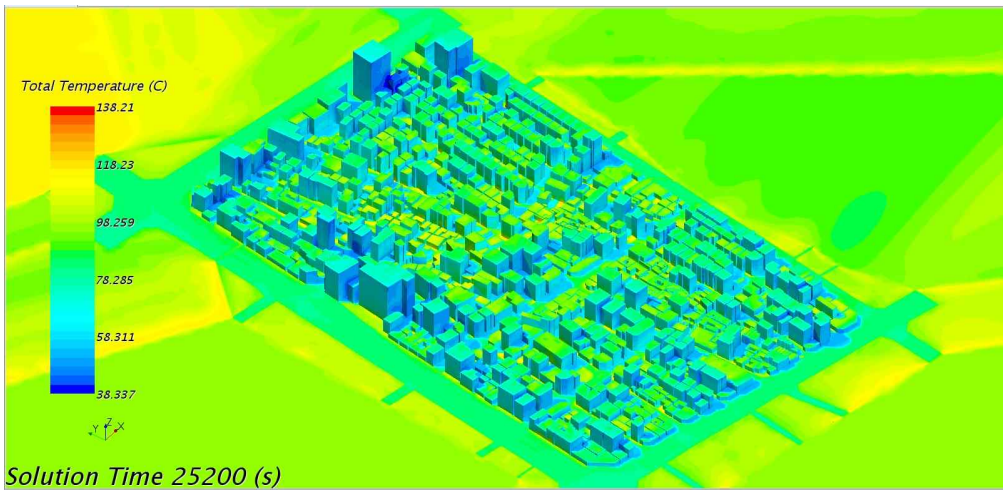


그림 41 기존안의 시뮬레이션 결과(상층부)

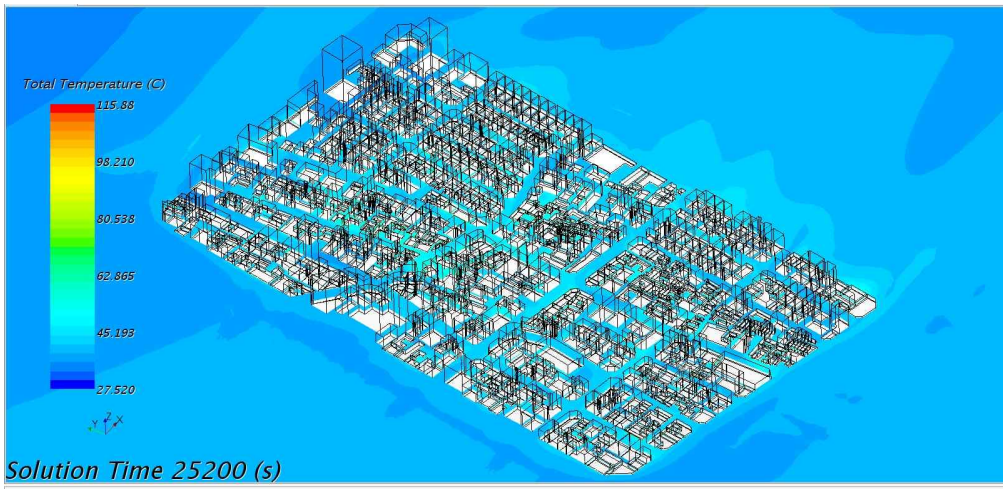


그림 42 기존안의 시뮬레이션 결과(저층부)

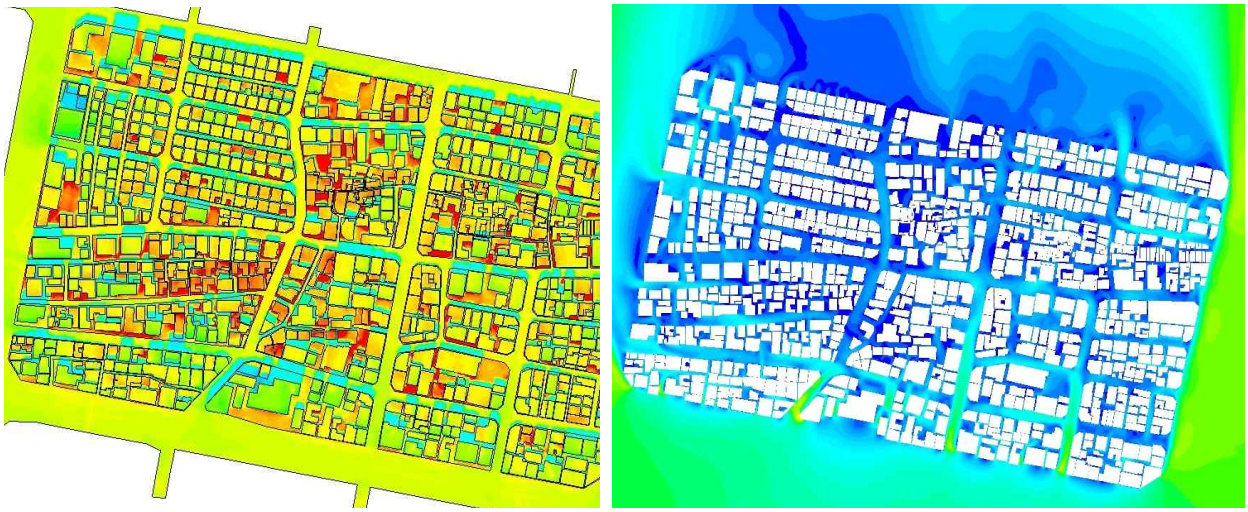


그림 43 기존안의 시뮬레이션 결과(열분포 및 바람분포)

■ 지구단위계획 개선안 시뮬레이션 결과

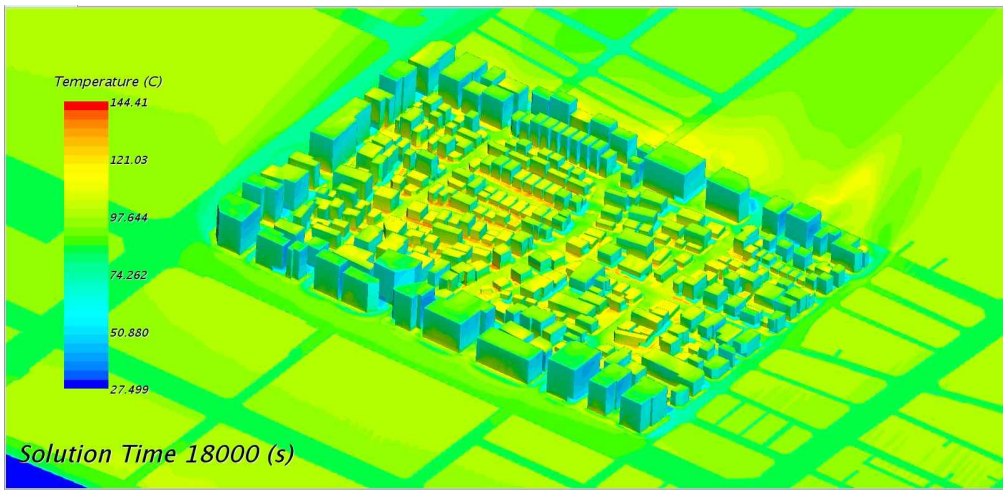


그림 44 개선안의 시뮬레이션 결과(상층부)

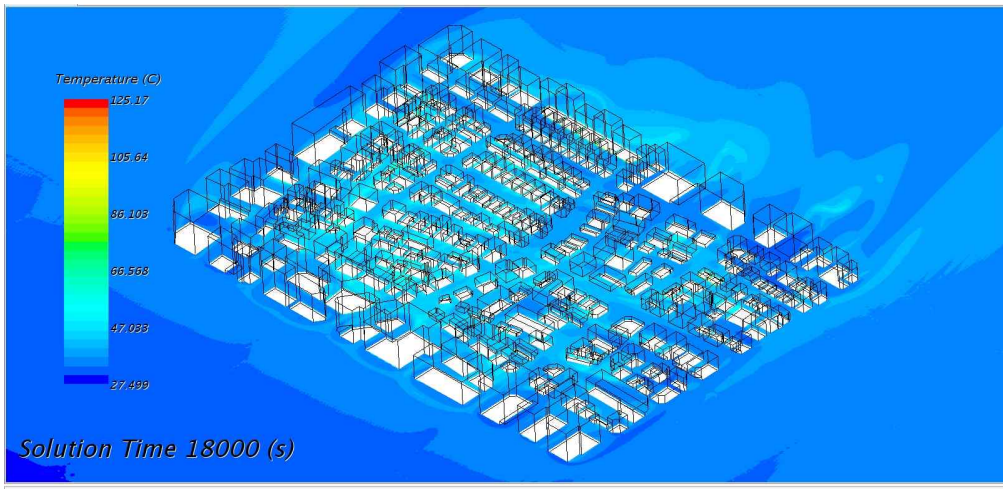


그림 45 개선안의 시뮬레이션 결과(저층부)

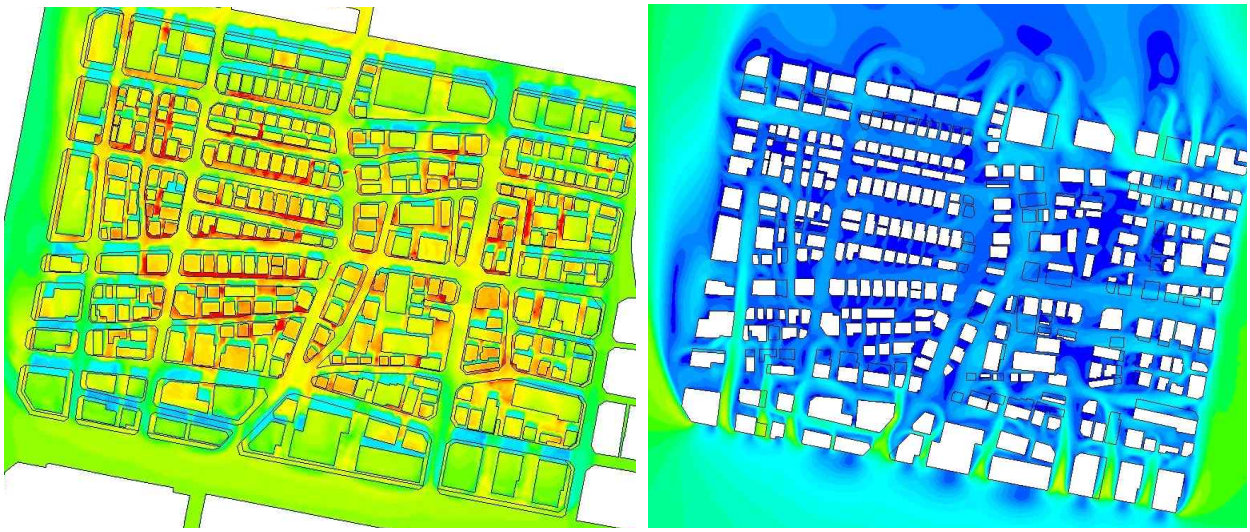


그림 46 개선안의 시뮬레이션 결과(열분포 및 바람분포)

○ 지구단위계획에 대한 효과 검증

- 시뮬레이션을 실시한 후, 이를 주요 지점별 각 환경 데이터를 취득하여 기존안과 개선안을 비교한 결과는 아래표와 같음
- 전체적으로 개선안이 기존안에 비해서 환경적 성능이 우수한 것으로 나타났음. 특히, 건축물 간격과 전면 공공공지의 확보로 인해서 일사량은 크게 줄지 않았지만 풍속이 크게 증가했음
- 그럼에도 일사량이 개선안이 기존안보다 에너지 사용량이 적게 나온데에는 상부 일사량은 기존안이 높았으나 필로티 및 저층부의 후퇴로 음영공간을 확보함에 따라서 개선안의 평균적인 일사량이 기존안에 비해서 낮게 나타났기 때문으로 풀이됨
- 상기 결과가 평균 온도를 낮추고 건축물 단위 면적당 에너지 사용량을 감축하는데 일조한 것으로 사료됨

표 15 시뮬레이션 검증결과 정리

		기존안	개선안
평균 온도	평균	30.08 ℃	28.27 ℃
	비율	100.0 %	93.98 %
평균 습도	평균	64.5 %	60.8 %
	비율	100.0 %	94.26 %
평균 풍속	평균	2.01 m/s	2.97 m/s
	비율	100.0 %	147.7 %
평균 일사량	평균	554 W/㎡	547 W/㎡
	비율	100.0 %	98.73 %
단위면적당 평균 건축물 에너지 사용량	평균	492.7 kWh/㎡	439.2 kWh/㎡
	비율	100.0 %	89.15 %

나. 연구개발 성과

(1) 질적 성과

○ 건축물별 형태정보-환경부하-에너지소비량 매칭 DB 보고서



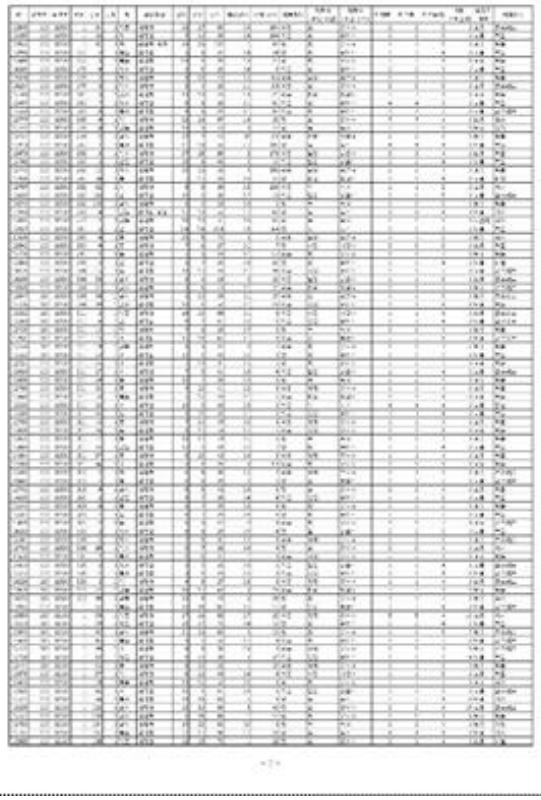
Code	질적목표 1-1-①	건축물별 형태정보-환경부하-에너지소비량 매칭 DB 보고서
개요	• 일 시 : 2017.07.21~2017.08.25 • 목 적 : 본 과제의 2차년도 기초연구자료이며, 중사에 1차년도 주요 연구결과 중 하나인 건축물별 형태정보-환경부하-에너지소비량 매칭 DB 구축 • 분석대상 : 서울시내 기상청 AWS가 설치된 6개 대상지역(데이터의 정밀성으로 인해서 AWS 중심 400m 반경으로 한정)	
내용	• 건축물 형태정보 DB의 경우, 건축물대장과 연구원의 현장 실측조사를 통해서 DB구축 • 환경부하 DB의 경우, 기상청 AWS에서 제공하는 데이터를 바로한 활용하되 부족한 경우에 대해서 이동형 AWS로 이용한 실측 DB로 보완 • 에너지소비량 DB의 경우, 국토교통부에서 제공하는 건축물 에너지 사용량 DB 활용	

• DB구축 방법

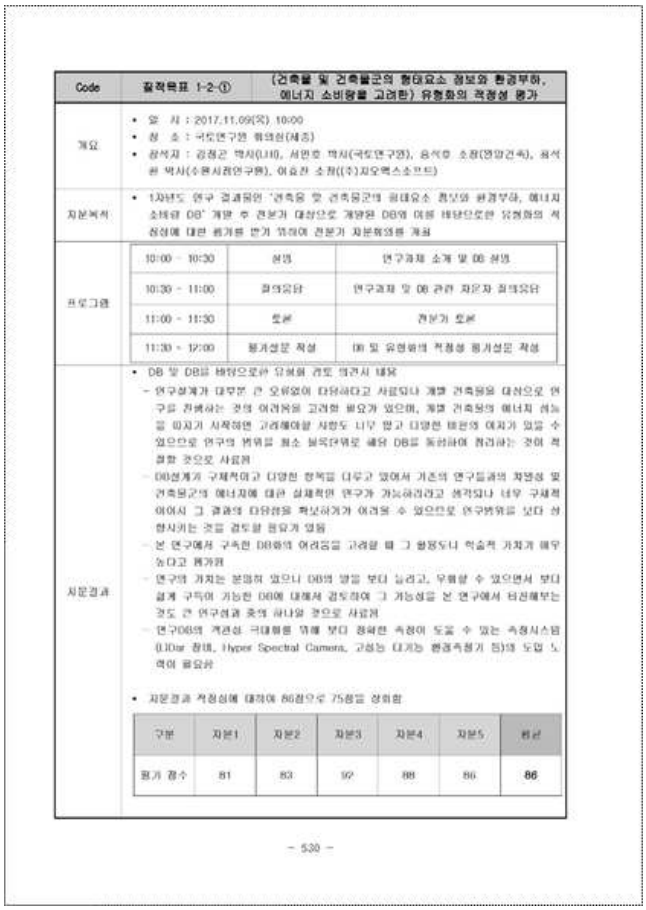
- 건축물 ID를 중심으로 건축물별 형태정보와 환경부하(미기후), 에너지 소비량 DB를 매칭시킴
- 구축대상이된 DB의 종류는 아래표와 같음

건축물별 형태정보		환경부하	에너지소비량
ID	외피재(로딩이전)	표면온도	1월(도시가스) (kwh)
구코드	외피재(로딩이후)	풍	1월(전기) (kwh)
동코드	구조 형태율	경사도	1월(열) (kwh)
본번	측방 형태율	일사량	2월(도시가스) (kwh)
부번	측방 접촉수	평균기온	2월(전기) (kwh)
경지	가도구배 피합출량	평균풍속(1초)	2월(열) (kwh)
용	층별 입이	평균풍속(10초)	
형변형상	사선형상 유무		12월(도시가스) (kwh)
높이	외부계단		12월(전기) (kwh)
깊이	외부 발코니		12월(열) (kwh)
동해	사용년도		1월(kwh)
측면간격	층수		2월(kwh)
주방 간격	용도(조닝)		...
지붕형태	구조형식		12월(kwh)
지붕재(로딩이전)	바닥면적		
지붕재(로딩이후)	평면 동해		
최저층	입면적		
최고층	동입면적		
최고높이	SV비율		
1층 주복높이	WD비율		
엘리티 여부	SF비율		
피라미드	송부피		

- 1 -



○ (건축물 및 건축물군의 형태요소 정보와 환경부하, 에너지 소비량을 고려한) 유형화의 적정성 평가



Code	질적목표 1-2-①	(건축물 및 건축물군의 형태요소 정보와 환경부하, 에너지 소비량을 고려한) 유형화의 적정성 평가
개요	• 일 시 : 2017.11.09(목) 10:00 • 장 소 : 국토연구원 회의실(세종) • 참석자 : 강정곤 박사(UIG, 서면후 박사(국토연구원), 윤석주 소장(한양건축), 윤석환 박사(수원시정연구원), 이요한 소장((주)지오엑스소프트)	
자문목적	• 1차년도 연구 결과물인 '건축물 및 건축물군의 형태요소 정보와 환경부하, 에너지 소비량 DB' 개발 후 전문가 대상으로 개발된 DB에 대한 타당성과 유형화의 적정성에 대한 평가를 받기 위하여 전문가 자문회의를 개최	
프로그램	10:00 ~ 10:30	설명	연구과제 소개 및 DB 설명
	10:30 ~ 11:00	질의응답	연구과제 및 DB 관련 자문자 질의응답
	11:00 ~ 11:30	토론	전문가 토론
	11:30 ~ 12:00	평가설문 작성	DB 및 유형화의 적정성 평가설문 작성
자문결과	• DB 및 DB를 바탕으로한 유형화 관련 의견서 내용 - 연구설계가 대부분 큰 오류없이 타당하다고 사료되나 개별 건축물을 대상으로 연구를 진행하는 경우 여러가지 고려할 필요가 있으며, 개별 건축물의 에너지 취득을 따지기 시작하면 고려해야할 사항도 너무 많고 다양한 변수의 여지가 있을 수 있으므로 연구의 범위를 최소 필지단위로 해당 DB를 동의하여 검토하는 것이 적절할 것으로 사료됨 - DB설계가 구체적이고 다양한 항목을 다루고 있어서 기존의 연구들과의 차별성 및 건축물군의 에너지에 대한 실제적인 연구가 가능하리라고 생각되나 너무 구체적이어서 그 결과의 다양성을 확보하기가 어려울 수 있으므로 연구범위를 넓다 성향시키는 것을 검토할 필요가 있음 - 본 연구에서 구축한 DB와의 여러점을 고려할 때 그 활용도나 학술적 가치가 매우 높다고 평가됨 - 연구의 가치는 분명히 있으나 DB의 양을 보다 늘리고, 무엇보다 수 있으면서 보다 설계 구득이 가능한 DB에 대해서 검토하여 그 가능성을 본 연구에서 타진해보는 것도 큰 연구결과 중의 하나일 것으로 사료됨 - 연구DB의 계량성 극대화를 위해 보다 정확한 측정이 도출 수 있는 측정시스템 (LiDar 장비, Hyper Spectral Camera, 고성능 디지털 환경측정기 등)의 도입 노력이 필요함 • 자문결과 적정성에 대하여 86점으로 75점을 상회함	

구분	자본1	자본2	자본3	자본4	자본5	평균
평가 점수	81	83	92	88	86	86

- 530 -

질적 성과목표 평가표

1세부	호서대학교 산학협력단			
건축물 및 건축물군의 형태요소 정보와 환경부하, 에너지 소비량 고려 유형화 적정성				
평가위원	소속	토지주택연구원	직급	수석연구원
	성명	김 정 곤	전문분야	도시계획, 환경계획

평가 체크 리스트	평가항목	점수(1~10점) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
	1. 연구활동의 전체연구목표 및 세부연구목표와의 적절성 및 합목적성	✔
	2. 연구목표 및 내용의 차별성	✔
	3. 연구과정에서의 관련 이론 및 보고서 등 선행연구 검토의 적실성	✔
	4. 연구과정에서의 관련 변수 및 요소의 검토 여부와 투입의 충실성	✔
	5. 연구흐름의 논리성	✔
	6. 연구결과의 타당성 및 신뢰성	✔
	7. 연구결과의 일반화 가능성	✔
	8. 연구결과의 다음단계 연구와의 연계 가능성	✔
	9. 연구성과물의 (최종)활용 가능성	✔
	10. 연구전체에 대한 수정 필요성	✔
	최종평가(최종평가 점수)	81

기타 평가 의견	○ 지구차원에서 고려될 수 있는 요소들을 변수들로 구성하여 유형화를 시도했으나 데이터 구득의 보다 객관성 확보가 필요함 ○ 향후 다수의 대상지를 대상으로 한 검증이 필요할 것으로 사료됨. 그리고 실제 2차년도 연구 이후, 지구단위계획에 이를 연계하기 위해서는 다수의 이해관계자에 대한 인터뷰 등을 통한 인식과 요구사항 파악 역시 필요함 ○ 이 연구결과를 바탕으로 추가적인 연구 및 지자체와의 연계 연구를 시도하여 보다 일반화하려는 시도가 필요함

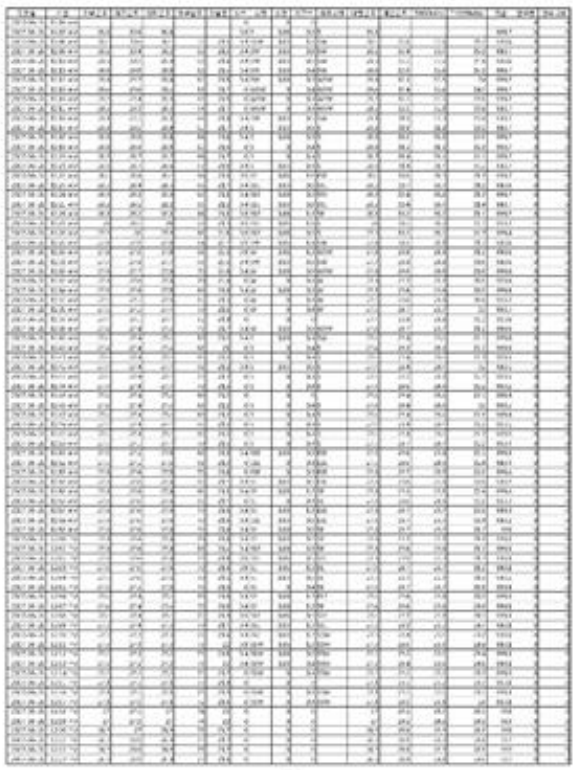
연구평가자 : 김 정 곤 (서명/인)

○ 미기후 DB보고서

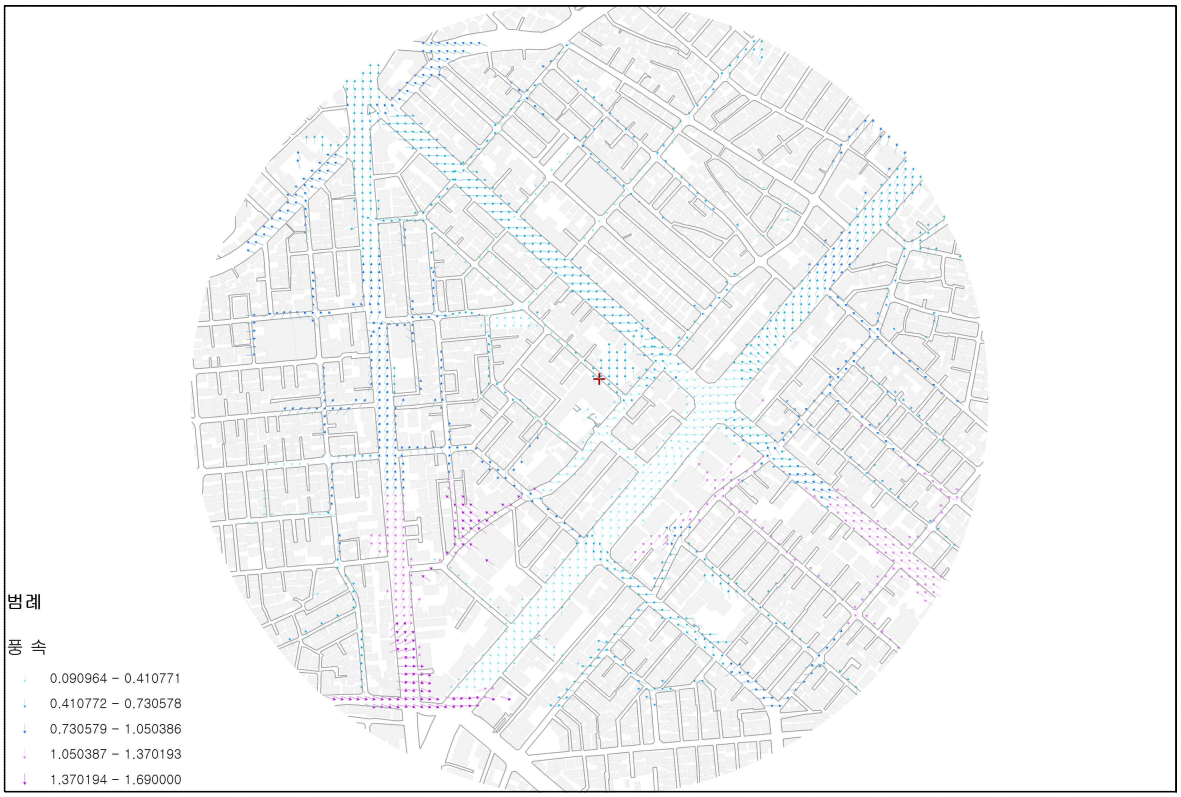


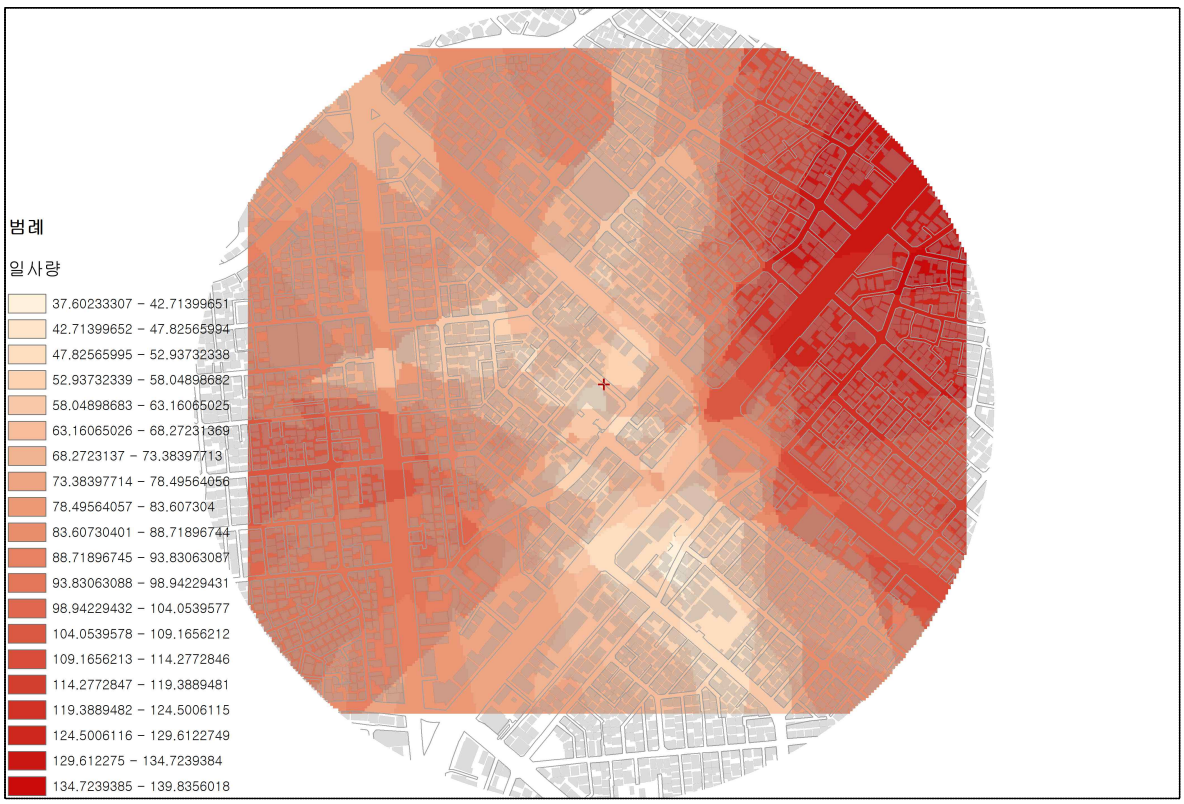
Code	질적목표 1-3-①	미기후 DB 보고서
개요	• 일 시 : 2017.08.21~2017.09.26 • 목 적 : 본 과제의 2차년도 기초연구자료이며, 도시에 1차년도 수요 연구권과 조 지나온 연구대상지 4곳에 대한 미기후 DB구축 • 분석대상 : 서울시내 기상청 AWS가 설치된 6개 대상지역(데이터의 품질유지으로 인해서 AWS 종점 400m 반경으로 한정)	
내용	• 미기후 DB는 기상청 AWS의 측정 데이터를 기본으로 함 • 이동형 AWS 3대를 이용하여 기상청 AWS 중심으로 반경 400m의 대상지 주변 미기후값 측정 • 측정 미기후는 온도, 습도, 일사량, UV, 기압, 풍향, 풍속, 체감온도 등	

• DB구축 순서 및 방식
- 1차적으로 기상청 AWS와 이동형 AWS들이 모아서 데이터 간 오차를 보정할 수 있도록 30분간 동시에 측정
- 2차적으로 이동형 AWS들이 해당 기상청 AWS 반경 400m 내의 범위를 이동하며 미기후를 1분 단위로 측정하여 데이터 로거에 저장으로 저장
- 각 지점에 이동형 AWS는 최소 30분간 예무르며 데이터를 실측하며, 오전 11시부터 오후 4시 사이에 측정이 이루어지도록 노력하였으며, 가급적 맑은 날을 이용하여 측정하였기 때문에 관측시간 당 3~4일 전후의 측정이 이루어졌음



○ 미기후 지도


범례
풍 속
0.090964 - 0.410771
0.410772 - 0.730578
0.730579 - 1.050386
1.050387 - 1.370193
1.370194 - 1.690000


범례
일사량
37.60233307 - 42.71399651
42.71399652 - 47.82565994
47.82565995 - 52.93732338
52.93732339 - 58.04898682
58.04898683 - 63.16065025
63.16065026 - 68.27231369
68.2723137 - 73.38397713
73.38397714 - 78.49564056
78.49564057 - 83.607304
83.60730401 - 88.71896744
88.71896745 - 93.83063087
93.83063088 - 98.94229431
98.94229432 - 104.0539577
104.0539578 - 109.1656212
109.1656213 - 114.2772846
114.2772847 - 119.3889481
119.3889482 - 124.5006115
124.5006116 - 129.6122749
129.612275 - 134.7239384
134.7239385 - 139.8356018

○ 재실자 에너지 사용량, 사용패턴 및 프로파일 DB 보고서

Code	질적목표 1-4-①	재실자 에너지 사용량, 사용패턴 및 프로파일 DB 보고서
개요	• 일 시 : 2018.06.25~2018.08.12 • 목 적 : 본 과제의 2차년도 기초연구자료 중 하나인 건축물별 재실자 에너지 사용량, 사용패턴 및 프로파일 DB 구축 • 실측대상 : 서울시내 기상청 AWS가 설치된 6개 대상지역(데이터의 광범위성으로 인해서 AWS 중심 400m 반경으로 한정) 중 1곳의 영등포구 영동초등학교 주변의 주택용도의 건축물 110동 내 재실자들의 냉방 목적의 에너지 사용량	
내용	• 기존의 건축물 형태정보 DB와 연계를 중심으로 하되, 에너지 사용량에 대해서는 가정용 에너지 사용량 측정기를 이용하여 24시간 2시간 단위로 평균치를 측정하였음 • 재실자에 대해서는 간단한 인터뷰를 통해서 가족구성원 수, 가족구성원의 성별, 가족구성원의 나이, 가족구성원의 직업, 가족구성원의 평소 더위 체감도, 개략적인 소득수준, 가족구성원별 생활시간 등을 조사 • 추가적으로 가정용 에너지 사용량 측정기에 같이 연동된 실내 온도, 실내 습도 측정치를 동시에 DB구축	

• DB구축 항목

– 건축물 ID를 중심으로 건축물별 형태정보와 환경부하(미기후), 에너지 소비량 DB를 매칭시킴

– 구축대상이된 DB의 종류는 아래표와 같음

건축물별 형태정보(기구축 정보)		재실자 정보 및 실내환경	에너지소비량(전기)
ID	외피색(코딩이전)	가족구성원 수	1~3시(kwh)
구코드	외피색(코딩이후)	가족구성원의 성별	3~5시(kwh)
동코드	주향 장비율	가족구성원의 나이	5~7시(kwh)
본번	측향 장비율	가족구성원의 직업	7~9시(kwh)
부번	측향 장문갯수	가족구성원의 평소	9~11시(kwh)
필지	가로수에 의한음영	더위 체감도	11~13시(kwh)
향	음영 길이	개략적인 소득수준	13~15시(kwh)
평면형상	사선형상 유무	실내온도	15~17시(kwh)
넓이	외부계단	실내습도	17~19시(kwh)
깊이	외부 발코니		19~21시(kwh)
둘레	사용년도		21~23시(kwh)
측면간격	층수		23~1시(kwh)
주향 간격	용도(코딩)		
지붕형태	구조형식		
지붕색(코딩이전)	바닥면적		
지붕색(코딩이후)	평면 둘레		
최저층	입면적		
최고층	총일면적		
최고높이	SV비율		
1층 후퇴깊이	WD비율		
필로티 여부	SP비율		
외피재질	총부피		

17~19시	19~21시	21~23시	23~1시
3.136192	2.926361	1.576008	0.428328
14.95848	16.42189	6.987932	5.549351
5.122964	4.728899	2.054428	0.562821
21.51995	19.54305	6.836007	6.198926
23.3174	24.20079	8.602908	7.28253
18.81958	20.37172	6.71712	6.488337
9.662732	10.43414	3.738852	3.265138
13.21156	13.42267	5.613177	5.047956
9.900084	8.153797	2.660374	2.768386
5.558008	5.59069	2.894164	3.036462
7.653045	6.63375	3.56267	4.589631
5.041344	4.321049	1.14424	1.209849
7.628574	6.19983	1.652499	0.466771
22.74072	21.20428	8.147915	8.403283
6.163868	4.93705	1.373482	1.35259
9.4852	9.08781	5.478219	4.639233
3.703623	3.131084	1.100324	0.972779
3.611027	3.924692	1.424943	1.129892
0.327957	0.315278	0.336111	0.731183
0.010753	0.799984	0.321085	0.879262
7.127662	5.810716	1.21946	2.016057
7.548645	7.112322	2.413598	1.711098
5.818886	4.331875	1.011588	0.948356
8.083384	7.824083	3.078379	2.799039
6.548316	6.469553	2.724256	2.582976
8.052427	8.809709	3.228202	2.95439
10.30914	9.987081	2.291461	2.289151
9.501497	9.414824	2.709863	2.61288
12.56134	13.31992	9.879826	10.92014
4.141475	3.768754	0.800464	0.803429
0.389466	0.338198	0.345922	0.344002
5.046551	4.583155	2.675424	2.067405
8.343493	7.374154	3.214202	3.316811
9.913437	9.249346	3.912132	2.941005
6.84862	6.537612	2.397288	2.05667
9.845694	9.960102	6.401575	6.585786
7.922248	7.944259	3.246655	2.636879
11.16388	11.72811	4.523997	3.819903
6.951024	7.486942	3.121677	2.32379
10.83471	11.28331	4.621526	3.888061
8.208452	7.776218	2.419714	2.52378
10.45369	10.16243	2.572467	2.265013
8.567873	8.392366	3.140856	2.784728
2.787608	3.15857	1.739393	2.327666
22.63876	21.37181	5.480256	5.178195
10.56727	9.698809	2.644639	2.65187
0.791667	0.908333	0.540278	0.745968
0.00672	0.006944	0.008333	0.00672
3.532977	3.684475	1.811429	1.230057
1.465054	1.420833	0.505556	0.438172
4.719086	5.015278	4.429167	5.594086
5.445553	4.870339	1.881579	1.894213
0.717742	0.7875	0.580556	0.635753
6.775899	5.130568	2.297113	2.320288
7.284645	6.261593	2.909387	2.572558
5.985252	6.956091	3.867046	3.795676
6.431752	6.820791	2.817255	2.352156
12.08866	8.024044	5.487388	5.269675
4.049287	3.882016	1.771508	2.061354
0.416034	0.410757	0.281968	0.325241
8.697226	7.442295	3.211607	3.287636
3.040076	3.066412	1.396694	1.532961

○ 형태-환경-행태모델의 적정성

질적 성과목표 평가표

1세부	호서대학교			
형태-환경-행태모델 평가				
평가위원	소속	토지주택연구원	직급	수석연구원
	성명	김 정 곤	전문분야	도시계획, 환경계획
평가 체크 리스트	평가항목			점수(1~10점) 1 ↔ 10
	1. 연구활동의 전체연구목표 및 세부연구목표와의 적절성 및 합목적성			✔
	2. 연구목표 및 내용의 차별성			✔
	3. 연구과정에서의 관련 이론 및 보고서 등 선행연구 검토의 적실성			✔
	4. 연구과정에서의 관련 변수 및 요소의 검토 여부와 투입의 충실성			✔
	5. 연구흐름의 논리성			✔
	6. 연구결과의 타당성 및 신뢰성			✔
	7. 연구결과의 일반화 가능성			✔
	8. 연구결과의 발전 가능성			✔
	9. 연구성과물의 (최종)활용 가능성			✔
	10. 연구전체에 대한 수정 필요성			✔
	최종평가(최종평가 점수)			수정하에 동의(84)
기타 평가 의견	○ 전체연구를에 적합한 연구내용이라고 판단되며, 충분한 고민과 기존 연구에 대한 검토가 이루어졌다고 판단됨 ○ 다만, 투입된 변수가 너무 많고 다양하여 일반화 가능성이 다소 떨어진다고 판단되며, 본 연구에서 목표로 삼고 있는 최종목표까지 끌고가기 위해서는 요소를 재정리 및 삭제할 필요가 있다고 사료됨			
연구평가자 : 김 정 곤 (서명/인)				

질적 성과목표 평가표

1세부	호서대학교			
형태-환경-행태모델 평가				
평가위원	소속	국토연구원	직급	책임연구원
	성명	서 민 호	전문분야	도시계획, 도시설계
평가 체크 리스트	평가항목			점수(1~10점) 1 ↔ 10
	1. 연구활동의 전체연구목표 및 세부연구목표와의 적절성 및 합목적성			✔
	2. 연구목표 및 내용의 차별성			✔
	3. 연구과정에서의 관련 이론 및 보고서 등 선행연구 검토의 적실성			✔
	4. 연구과정에서의 관련 변수 및 요소의 검토 여부와 투입의 충실성			✔
	5. 연구흐름의 논리성			✔
	6. 연구결과의 타당성 및 신뢰성			✔
	7. 연구결과의 일반화 가능성			✔
	8. 연구결과의 발전 가능성			✔
	9. 연구성과물의 (최종)활용 가능성			✔
	10. 연구전체에 대한 수정 필요성			✔
	최종평가(최종평가 점수)			수정하에 동의(83)
기타 평가 의견	○ 상당히 필요한 연구이며, 심도있게 연구가 진행되어 충분히 공감할만하다고 사료되나 지구차원에서 고려될 수 있는 요소를 백과사전식으로 나열하다보니 연구의 일반화에 실패할 것으로 예상되어 상당히 우려스러움 ○ 이미 충분한 연구가 되었다고 사료되므로, 앞으로 새로운 요소를 더 발굴하기보다는 요소를 간추릴 필요가 있거나 또는 몇 개의 대요소로 구분하여 모델을 정리할 필요가 있다고 사료됨 ○ 향후 연구발전 방안에 대해서 상세한 고민이 있다고는 생각되나, 결과가 잘 정리될 수 있을지 우려스러우므로 보다 복잡한 방법보다는 간단하고 쉬운 방법을 모색하여 연구를 단순화하는 것이 낫지 않을까 판단됨			
연구평가자 : 서 민 호 (서명/인)				

○ 형태-환경-행태모델의 예측 정확도 검증

에너지 소비량 실제치 비교·검토서

1세부	호서대학교
형태-환경-행태 기반의 에너지 소비량 예측모델	
건축물 및 건축물군의 형태-환경-행태 모델(알고리즘) 개발 및 예측 정확도 검증	
연구책임자	이 건 원

검토 의견

○ **형태-환경-행태 모델(알고리즘) 개발 및 예측 정확도 검증**

-조사 및 실측을 통한 DB구축에 활용된 연구대상지는 모두 8개소로 그 중 7개소의 에너지 소비량 평균치는 7,077.8 kwh임

-그 중 연구결과 검증용으로 1개소의 에너지 소비량 평균치는 7,873.3 kwh임

-본 연구진이 개발한 형태-환경-행태 모델(알고리즘)에 의해 예측된 1개소의 에너지 소비량 평균치는 6,983.6 kwh(오차율 ±11.3%)로서 본 연구에서 개발한 목표치인 정확도 70%이상(오차율 ±15.0%)을 만족함

-또한, 본 연구진이 개발한 형태-환경-행태 모델(알고리즘)의 조절된 R^2값은 81%에 달하는 것으로 나타나 이 지표 역시 해당 모델로 데이터를 설명할 수 있는 설명력을 의미하는 것으로 정확도 70%를 상회하는 것으로 나타남

	실제치(kwh)		예측치(kwh)
	7개소 평균	1개소 평균	1개소 평균
전기사용량	7,7077.8	7,873.3	6,983.6
오차율	±11.3%		

연구책임자: 이 건 원 (서명/인)

○ 모델의 지구단위계획 적용안의 적정성

1. 기존 계획대상지



그림 1 영등포구 영등포1 지구단위계획의 전체 지구단위계획구역 중 본 연구의 계획 대상지

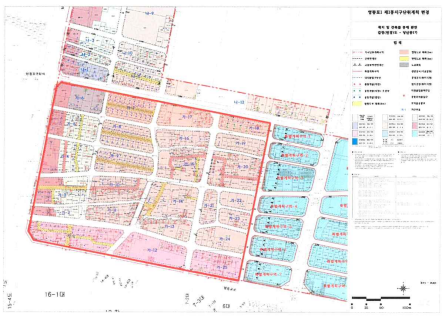


그림 2 본 연구 대상지 내 기수립된 지구단위계획 내용(획지 및 건축물 등에 관한 결정도)

2. 지구단위계획 개선계획 기준안

- 넓은 도로 변일수록 도로에 인접하여 띠형 녹지축을 조성하고, 가로수를 식재하되, 음영을 충분하게 확보할 수 있는 것을 권장한다.
- 건축물은 도로로부터 후퇴하여, 전면 공공공지를 넓게 확보하는 것이 좋다.
- 건축물의 전면 공공공지를 넓게 확보할 경우에는 일사량이 과하게 높아질 수 있으므로 이를 통제할 수 있는 계획 수단인 식재 활용 또는 패시브 기법 중 루버나 패널을 이용한 일사 차폐 수단을 강구할 필요가 있다.
- 건축물의 전면 공공공지 확보도 중요하지만 건축물 간 간격이 너무 좁은 것은 좋지 않으므로, 건축물의 후면 공간도 일정 넓이를 확보하여 블록 내부의 바람통로를 확보하는 것을 권장한다.
- 건축물의 측면끼리 너무 붙지 않도록 이격하는 것을 권장한다.
- 건축물의 측면끼리 너무 붙을 경우에는 바람 통로 확보가 어려워 건축물의 에너지 효율성이 저하되므로 이러한 경우, 최소한 1층부의 후퇴 공간이나 필로티를 이용하여 바람 통로를 확보하려는 노력이 필요하다.
- 1층부 후퇴 공간은 대체로 입면적을 증가시켜 에너지 효율을 나쁘게 하는 것으로 알려져있으나 여름철 음영 확보 및 바람 통로 확보를 위해 1층부 후퇴(코리더, 포지 등을 설치하여) 공간을 확보하는 것도 적절하다.
- 건축물 에너지 측면에서 볼 때, 건축물의 1층부 높이를 높게 하는 것이 유리하나, 그로인해서 건축물 전체 높이가 높아지는 것은 좋지 않으므로, 층고를 적절히 조절하여 건축물의 전체 높이가 너무 높지 않게 계획하여 입면적을 최소화한다.
- 에너지 소비 측면 만을 고려할 때, 전체 높이를 낮게 하는 것 보다는 1층 면적이 너무 넓지 않도록 하면서 오히려 높이를 조금 높게 하는 편이 조금 더 유리하다.

3. 지구단위계획 개선계획안



그림 3 계획 대안 모습



그림 4 남서측 교차로에서 바라본 계획 대안 모습



그림 5 남동측 교차로에서 바라본 계획 대안 모습

4. 지구단위계획 개선계획안의 적정성 평가서

위 지구단위계획 개선계획안을 살펴보시고 적정성을 평가해주시기 바랍니다.

평가항목	1									10
대상지 검토의 적절성								✔		
대상지 현황 검토의 정확성									✔	
기존 설계안과의 차별성									✔	
설계안의 법적 타당성									✔	
설계안의 도시설계적 타당성										✔
설계안의 건축설계적 타당성										✔
설계안의 현실가능성										✔
지구단위계획 개선안의 설계안 반영 적절성										✔
설계안의 완성도										✔
설계안의 일반화 가능성									✔	
최종 점수	현상태 동의(94)									

평가자 : 이 인 성 (서명)

○ 최종 지구단위계획 적용 모델의 활용성

질적 성과목표 평가표

1세부	호서대학교			
형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 적용 모델의 활용성				
평가위원	소속	고려대학교	직급	교수
	성명	이 경 훈	전문분야	건축계획, 행태계획
평가 체크 리스트	평가항목			점수(1~10점) 1 ↔ 10
	1. 연구활동의 전체연구목표 및 세부연구목표와의 적절성 및 합목적성			✔
	2. 연구목표 및 내용의 차별성			✔
	3. 연구과정에서의 관련 이론 및 보고서 등 선행연구 검토의 적실성			✔
	4. 연구과정에서의 관련 변수 및 요소의 검토 여부와 투입의 충실성			✔
	5. 연구결과의 일반화 가능성			✔
	6. 연구결과의 사업화 가능성			✔
	7. 연구결과의 관련 계획으로의 활용 가능성			✔
	8. 국내 관련 법제도와의 합치성			✔
	9. 연구성과물의 (최종)활용 가능성			✔
	10. 연구결과물에 대한 수정 필요성			✔
	최종평가(최종평가 점수)			수정하에 동의(83)
기타 평가 의견	○ 형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 적용 모델의 활용도 제고를 위해 차년도에는 공청회 개최 등 다양한 방안을 검토할 필요가 있음 ○ 향후 형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 가이드라인 적용에 따라 인센티브를 부여할 경우, 형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 개발에 도움이 될 것으로 사료됨 ○ 최종 결과물인 형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 적용 모델의 활용도를 제고하기 위해 사용자들이 이해할 수 있도록 간단하고 쉬운 방법을 모색하여 연구를 단순화하는 것이 낫지 않을까 판단됨			
연구평가자 : 이 경 훈 (서명/인)				

질적 성과목표 평가표

1세부	호서대학교			
형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 적용 모델의 활용성				
평가위원	소속	단청 건축사사무소	직급	소장
	성명	박 상 무	전문분야	건축계획, 단지계획
평가 체크 리스트	평가항목			점수(1~10점) 1 ↔ 10
	1. 연구활동의 전체연구목표 및 세부연구목표와의 적절성 및 합목적성			✔
	2. 연구목표 및 내용의 차별성			✔
	3. 연구과정에서의 관련 이론 및 보고서 등 선행연구 검토의 적실성			✔
	4. 연구과정에서의 관련 변수 및 요소의 검토 여부와 투입의 충실성			✔
	5. 연구결과의 일반화 가능성			✔
	6. 연구결과의 사업화 가능성			✔
	7. 연구결과의 관련 계획으로의 활용 가능성			✔
	8. 국내 관련 법제도와의 합치성			✔
	9. 연구성과물의 (최종)활용 가능성			✔
	10. 연구결과물에 대한 수정 필요성			✔
	최종평가(최종평가 점수)			수정하에 동의(86)
기타 평가 의견	○ 연구진이 제안한 형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 적용 모델이 현실화되고자 한다면 전문가, 공무원 등 폭넓은 공감대가 필요하므로 이에 대한 지반을 확산하려는 노력이 필요할 것으로 사료됨 ○ 향후 이의 활용도를 높이기 위해 형태-환경-행태모델 기반 지구단위계획 수립지침 등으로까지의 고도화 개발이 필요함 ○ 지구단위 범위의 미시적 접근 뿐 만 아니라, 도시단위 범위의 거시적 접근을 통한 보완도 필요할 것으로 사료됨			
연구평가자 : 박 상 무 (서명/인)				

○ 에너지 절감 효과

Code	절적목표 2-2-②	최종 개발 모델의 에너지 절감 효과 검증
개요	• 최종 개발된 '형태-환경-행태모델'을 바탕으로 지구단위계획 개선안을 작성, 개선안의 적정성에 대한 전문가 검증과 이를 바탕으로 한 영등포구 영등포1 지구단위계획안의 개선 계획안 작성 • 개선된 계획안에 대해서도 전문가 자문을 통한 적정성을 확인한 후, 해당 계획안을 이용하여 시뮬레이션을 수행 • 시뮬레이션에는 Simens사의 Star-CCM+을 이용하여 환경 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과 건축물 외부 공간의 온도 변화를 기존안과 개선안을 비교하여 확인 • 외부 공간의 온도 등 국지 환경정보를 이용하여 건축물 에너지 사용량의 절감효과를 예측하여 기존안에 비해 개선안의 절감율을 확인함	
목적	• 2차년도 연구 결과물인 '형태-환경-행태모델' 개발 후 이를 적용한 지구단위계획 개선안을 이용하여 기존안과의 비교를 통해 에너지 소비량 절감율 비교	
결과	• 기존안과 개선안의 에너지 절감을 비교결과 개선안이 10.85% 에너지 절감을 달성한 것으로 나타남 • 달성 절감성과는 10.85%이므로, 당초 목표 10% 절감을 달성함	

표 검증 결과 정리

		원안	대안
평균 온도	평균	30.08 ℃	28.27 ℃
	비율	100.0 %	93.98 %
평균 습도	평균	64.5 %	60.8 %
	비율	100.0 %	94.26 %
평균 풍속	평균	2.01 m/s	2.97 m/s
	비율	100.0 %	147.7 %
평균 일사량	평균	554 W/㎡	547 W/㎡
	비율	100.0 %	98.73 %
단위면적당 평균 건축물 에너지 사용량	평균	492.7 kWh/㎡	439.2 kWh/㎡
	비율	100.0 %	89.15 %

○ 개선안 시뮬레이션

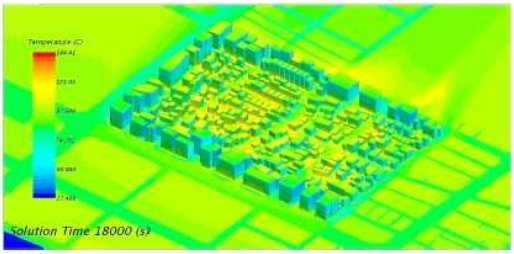


그림 46 대안의 시뮬레이션 결과(상층부)

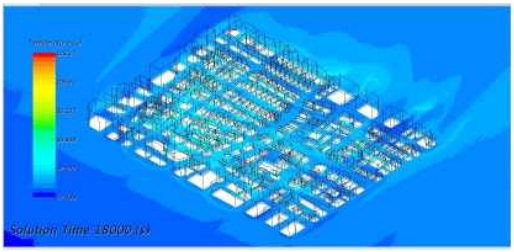
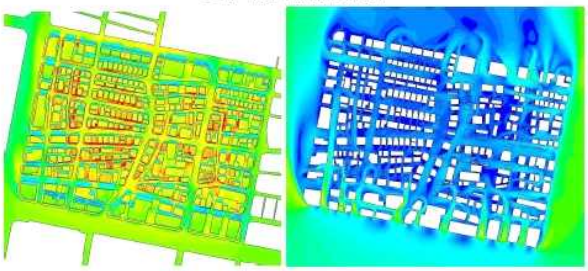


그림 47 대안의 시뮬레이션 결과(저층부)



(2) 양적 성과

○ 근린단위의 도시열섬관리를 위한 국지온도와 도시환경의 관계, 산학기술학회지 18(10), 2017, pp.806-816

Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 18, No. 10 pp. 806-816, 2017

https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.10.806
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

근린단위의 도시열섬관리를 위한 국지온도와 도시환경의 관계

이건원
호서대학교 건축토목환경공학부

Relationship between Urban Environment and Local Temperature for Managing Urban Heat Island Effect in Neighborhood

Gunwon Lee
Division of Architecture, Civil & Environmental Engineering, Hoseo University

요 약 본 연구는 국지온도에 영향을 미치는 요소를 도출함으로써 국지온도 관리 및 열섬현상 저감을 위한 효과적인 정책제시를 위한 기초데이터 확보를 목적으로 한다. 국지온도에 영향을 미치는 요소로 자연환경, 토지이용, 토지피복 등의 세 가지를 선정하였다. 이를 위해 2007년, 2011~2016년 7월과 8월의 전국 자동기상관측시스템(AWS. Automatic Weather System) 측정 지점 500m 반경(0.79km²) 내의 토지피복도, 토지이용 면적 데이터를 활용하였다. 연구를 위해서 다중회귀분석을 바탕으로 위계적 회귀분석(Hierarchical Regression Analysis)을 이용하여 각 변수의 투입에 따른 모델의 설명력을 검토하였다. 연구결과, 도시열섬 저감 및 국지온도 상승을 억제하기 위해서 교통관련 인자들에 대한 조절을 위한 적절한 정책적 수단이 필요하며, 그리고 국지온도 상승을 억제하기 위해서 산림지 면적을 증가시킬 수 있도록 토지이용계획상의 배려가 필요하다는 결론을 얻을 수 있었다. 본 연구는 추후 열섬현상 저감을 위해 보다 효과적인 정책 수립과 도시의 지속성 제고 전략을 마련할 수 있는 방안을 제시했으며, 토지이용과 토지피복면적 등의 상세한 자료들을 분석에 활용했다는 점에서 의의가 있다.

Abstract This study aims to offereffective policies for managing local temperatures and reducing the heat island effect by identifying elements that affect local temperatures. The three elements of natural environment, land use, and land coverage were first selected, and then control factors were applied,including season, weather, and measurement units for wind speed. In order to analyze these factors' relations to summer temperatures, an integrated model was developed, and an analysis was conducted of the urban heat island reduction effect of elements impacting local temperatures.The analysis used nationwide weather system (AWS) data from July and August 2007 and 2011-2016, land coverage data provided by the Ministry of Environment, and land use area data from local governments after rearrangingthem based upon their falling within a 500-meter radius (0.79km²) of AWS measuring points. The study results show that the natural environment, land use, and land coverage all have a relation to changes in local temperatures.Natural elements have the greatest impact, and land use hasthe lowest. The results could provide basic data for establishing more effective policies to mitigate the heat island effect and strategies for enhancing the sustainability of cities.

Keywords : Heat Island Effect, Land Use, Local Temperature, Neighborhood unit, Urban Design

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

근대 이후, 끊임없이 도시화가 진행됨에 따라 선진국들의 경우, 전체 인구의 80%이상이 도시에 거주하고 있다. 바야흐로 도시의 시대라고 해도 과언이 아니다. 도시지역으로의 인구증가는 인구증가에 따른 거주지역의 확보가 이미 개발된 지역으로 편중되면서 그 현상이 더욱

본 논문은 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호 17CTAP-C133102-01)에 의해 수행되었습니다.
*Corresponding Author : Gunwon Lee(Hoseo Univ.)
Tel: +82-41-540-5785 email: gwlee@hoseo.edu
Received September 19, 2017 Revised (1st October 10, 2017, 2nd October 12, 2017)
Accepted October 13, 2017 Published October 31, 2017

○ 도시 유형별 도시특성요소와 온실가스 배출량 간의 관계 분석, 산학기술학회지 18(11), 2017, pp.62-71

Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 18, No. 11 pp. 62-71, 2017

https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.11.62
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

도시 유형별 도시특성요소와 온실가스 배출량 간의 관계 분석

이건원
호서대학교 건축토목환경공학부

Analysis of the Relationship between Urban Characteristic Elements by Type of City and GHG Emissions

Gunwon Lee
Division of Architecture, Civil & Environmental Engineering, Hoseo University

요 약 본 연구는 전국 도시를 도시특성에 따라 유형화하고, 유형별 대표 도시를 선정하여 도시 유형별 도시특성 요소와 탄소 배출량, 에너지 소비량 간의 상관관계를 도출하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 도시 유형화를 위해 우선적으로 도시의 특성을 나타내는 도시특성요소들을 도출하였다. 이를 위해 우선적으로 문헌고찰을 실시하였다. 다음으로 이러한 도시특성요소들 중에서 변수를 축소하기 위해 요인분석을 실시하였고, 분석 결과 도출된 계수의 절대값을 기준으로 하였다. 이 변수들을 이용하여 전국의 도시들을 유형화하였으며, 각 유형별 특성을 비교하기 위해 유형별 대표도시를 선정하였다. 유형별 도시 특성과 온실가스·에너지 사용량 간의 관계를 분석하기 위해 온실가스 배출량, 전력 사용량, 석유 사용량을 기준으로 각 유형별 대표도시와 비교, 분석을 진행하기 위해 상관분석을 실시했다. 그 결과 유사한 배출량과 소비량을 보이더라도 유형별 대표도시의 특성요소에 따라 원인이 상이할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 기존의 온실가스와 도시특성요소 간의 관계를 밝힘에 있어서, 우선적으로 도시 유형화를 실시할 필요가 있고, 그에 따라 상이한 결과가 도출될 수 있다는 점을 밝혀냈다는 점에서 의의를 지닌다.

Abstract This study classified cities across South Korea according to their urban characteristics, selecting representative cities for respective types, and drawing a relationship among urban characteristic elements, carbon emissions, and the energy consumption of cities. For the classification of cities, the elements of the urban characteristics were examined through a review of the related literature. Factor analysis was then carried out to select the variables from among these elements. The absolute coefficient value found in the analysis was set as a standard. A classification of cities across the country was performed using these variables, and representative cities were chosen for a comparison of the characteristics of each type. For an analysis of the relationships among the urban characteristics according to the type of city, the greenhouse gases, and the energy consumption of cities, emissions of greenhouse gases, electricity consumption, and oil consumption of the representative cities were compared and analyzed by correlation analysis. The analysis results indicated that the cause of greenhouse gas emissions and electricity consumption varies according to the elements of the characteristics of the representative cities, even when they show similar emissions and consumption.

Keywords : Energy Consumption, GHG(Greenhouse Gas), Urban Characteristics, Factor analysis, Cluster analysis

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

정부는 2009년 코펜하겐 총회에서 온실가스 배출량을 2020년 BAU(Business As Usual) 대비 30% 감축 목표를 발표하고 감축을 위해 노력을 기울였다. 하지만 오

본 논문은 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호 17CTAP-C133102-01)에 의해 수행되었습니다.
*Corresponding Author : Gunwon Lee(Hoseo Univ.)
Tel: +82-41-540-5785 email: gwlee@hoseo.edu
Received September 25, 2017 Revised November 2, 2017
Accepted November 3, 2017 Published November 30, 2017

○ Analysis of the Relationship between Urban and Building Form, Microclimate, and Energy Consumption of Buildings Utilizing Structural Equation Modeling(SEM), International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering 5(1), 2018, pp.43-48

International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering
Vol. 5, No. 1 (2018), pp.43-48
http://dx.doi.org/10.21742/ijace.2018.5.1.08

Analysis of the Relationship between Urban and Building Form, Microclimate, and Energy Consumption of Buildings Utilizing Structural Equation Modelling (SEM)

Gunwon Lee[1], Yunnam Jeong[2]
[1]*Assistant Professor, Hoseo University*
[2]*Research Professor, Korea University*
[1]*gwlee@hoseo.edu* [2]*jyn0981@gmail.com*

Abstract

This study investigates the impacts of urban and building form and microclimate on the energy consumption of buildings and structuralizes this relationship. It applies microscopic elements such as urban form and tissue, building form and character, and microclimate as factors affecting the energy consumption of buildings. The analysis results show that there is a potential correlation rather than a direct correlation among urban elements, vegetation and shade elements, and public space elements. The same is true for the relation between public space and façade elements

Keywords: *Urban Design, SEM (Structural Equation Modeling), Buildings Energy Consumption, Urban Form and Urban Tissue, Building Form and Building Character*

1. Introduction

Since the publication of Silent Spring by Rachel C. (1962) [9], environmental movements and policies have been continuously pursued. This trend has impacted various fields, including urban architecture, which addresses spaces of daily life. Recognizing the limits of the natural environment, which had once been taken for granted, the urban architecture field has been seeking ways to promote the coexistence of the natural environment with the built environment. Still, in-depth research on the complex patterns and forms of the built environment has not yet been performed. In other words, specific research that is dedicated to the effects that global elements such as urban form, envelope, and spatial structure and building form character have on the energy consumption of buildings does not exist. Most of the studies performed have been conceptual research that merely reveals a correlation among these elements. Quantitative analysis on their comprehensive relations has not been sufficiently conducted. In this light, this study aims at investigating the influential relations between global elements and local elements that affect the energy consumption of buildings and thereby reveal comprehensive methods to reduce the energy consumption of urban buildings.

2. Literature Review

Article history:
Received (April 12, 2018), Review Result (May 7, 2018), Accepted (June 2, 2018)

Print ISSN: 2295-8516, eISSN: 2287-5218 IJACE
Copyright ⓒ 2018GV School Publication

Acknowledgements

This research was supported by a grant(code 17CTAP-C133102-01) from Land, Infrastructure and Transport Technologies Promotion Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government

References

[1] F. Yuan, and M. E. Bauer, Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery, Remote Sensing of Environment., 106, 3 **(2007)**
[2] F. Wilmers, Effects of vegetation on urban climate and buildings, Energy and Buildings, 15, 3-4 **(1990/1991)**
[3] Haniyeh S., Martin T., Kees v. d. L., Fatemeh M. S. and Seyed M. M. S., Review of the impact of urban block form on thermal performance, solar access and ventilation, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 38 **(2014)**
[4]] Jeong, Y. N., Lee, G. W., and Kim, S. Y., Analysis of the Relation of Local Temperature to the Natural Environment, Land Use and Land Coverage of Neighborhoods, J. Asian Architecture and Building Engineering, 14, 1
[5] L. Wolfgang, S. Richard, P. Stefan, H. Katrin, G. Beatrix, T. Tanja, T. Heidi, K. Mario, and F. Wolfgang, Improving Open Space Design to Cope Better with Urban Heat Island Effects, GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society, 23, 1 **(2014)**
[6] M. L..Imhoff, P. Zhang, R. E. Wolfe, and L. Bounoua, Remote sensing of the urban heat island effect across biomes in the continental USA , Remote Sensing of Environment, 114, 3 **(2010)**
[7] P. John, Building types and built forms , J. of Urban Design, 20, 5 **(2015)**
[8] P. Steadman, S. Evans, and M. Batty, Wall area, volume and plan depth in the building stock, Building Research and Information, 37, 5-6 **(2010)**
[9] Rachel C., Silent spring, A Penguin Book, Boston (1962(2002 Edition))
[10] Xiao, R. B., Weng, Q. H., Ouyang, Z. Y., Li, W. F., Schienke, E. W., and Zhang Z. M., Land surface temperature variation and major factors in Beijing, China, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 74, 4 **(2008)**
[11] Weng, Q. H., Lu, D. S. and Liang, B. Q., Urban surface biophysical descriptors and land surface temperature variations , Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 72, 11 **(2006)**

Authors



Gunwon Lee
Ph.D(in Urban Planning and Urban Design), Korea University, 2016
Assistant manager, SAC International, Ltd. (Mar. 2009 to Dec. 2010)
Researcher, Research Institute of Engineering and Technology Korea University (Dec. 2010 to Feb. 2012)
Lecturer, Seoul National University of Science & Mokwon University, Korea (Sep. 2011 to Feb. 2014)
Assistant Professor, Mokwon University, Korea (Mar. 2014 to Feb. 2017)



Yunnam Jeong
Ph.D (in Urban Planning & Design), Korea University, 2018
Lecturer, Kyonggi University & Chungwoon University, Korea (Mar. 2011 to Feb. 2013)
Associate Research Fellow, Seoul Institute, Korea (Jun. 2015 to Nov. 2015)
Adjunct Professor, Politecnico di Milano, Italy (Oct. 2013 to Aug. 2016)

○ The effects of Urban and Building Form, Microclimate, and Natural Environment on Microscopic Surface Temperature: Based on Statistical Anaysis, International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering 5(1), 2018, pp.49-56

International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering
Vol. 5, No. 1 (2018), pp.49-56
http://dx.doi.org/10.21742/ijace.2018.5.1.09

The effects of Urban and Building Form, Microclimate, and Natural Environment on Microscopic Surface Temperature: Based on Statistical Analysis

Yunnam Jeong[1], Gunwon Lee[2]
[1]*Research Professor, Korea University*
[2]*Assistant Professor, Hoseo University*
[1]*jym0981@gmail.com,*[2]*gwlee@hoseo.edu*

Abstract

This study investigates certain correlations between the impacts of urban and building form, microclimate, and surrounding natural environmental elements on the microscopic surface temperature of buildings. It applies microscopic elements such as urban form and tissue, building form and envelope, microclimate, and the natural environment as factors affecting microscopic surface temperature. The analysis results show that with the exception of a few elements, urban form and tissue demonstrate a significant relation to the microscopic surface temperature of buildings, as opposed to building form and envelope. It is also found that microclimatic elements such as wind speed and humidity are pertinent to microscopic surface temperature.

Keywords: *Urban Design, Hierarchical Regression Analysis, Urban Heat Island, Microscopic Surface Temperature, Urban Form and Tissue/Building Form and Envelope*

1. Introduction

Modern cities with inefficient structures have been generating environmental impacts, such as excessive energy consumption and emission of greenhouse gases and various other pollutants. A surge in horizontal movement driven by urban sprawl and leapfrog development, increased use of energy for vertical movement resulting from overcrowded cities and the development of high-rise buildings, and excessive energy use for the maintenance and development of commercial or industrial usages are some examples. In particular, overcrowded buildings in cities and artificial heat emitted by them have caused congestion of artificial heat. This results in the urban heat island effect and elevated use of cooling energy, which in turn has been exacerbating environmental problems in cities.

2. Literature Review

2.1 Literature Review

This study focuses on the microscopic surface temperatures of buildings, which are impacted by the physical environment of cities and buildings, such as urban form and tissue and building form and material. Since it affects overall urban temperature and the

Article history:
Received (February 7, 2018), Review Result (March 9, 2018), Accepted (April 5, 2018)

Print ISSN: 2205-8516, eISSN: 2207-5216 IJACE
Copyright ⓒ 2018GV School Publication

variables. In this regard, further research on these variables should be pursued, and there is a need to develop a research model on the interaction effect or mediator effect of these variables. Finally, the significance of ventilation performance in urban areas should be recognized. The results of this research indicate that the building form variables that have a close relation with microscopic surface temperature when variables of urban form and tissue, microclimate, and surrounding environment are controlled are those related to the form of the lower levels. Given the fact that these variables are closely related to ventilation performance in urban areas, it can be suggested that ventilation performance is significantly relevant to surrounding temperature. Among urban form and tissue variables, width of urban space and wind speed also reduce microscopic surface temperature, supporting a similar result. In this light, further research on ways to enhance ventilation is needed.

This study has the following limitations and significance. First, it used official data in a comprehensive manner. However, it only dealt with simple and direct relations among the variables, which creates a need for further study. In spite of the above limitations, this study is meaningful in that it provides a basis for the management of urban climate and environment, including the urban heat island effect. Considering the fact that the management of urban climate has a fundamental impact on activities within cities, it is expected that an expansion of the research initiated in this study will contribute to the development of a sustainable urban model.

Acknowledgements

This research was supported by a grant(code 17CTAP-C133102-01) from Land, Infrastructure and Transport Technologies Promotion Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government

References

[1] F. Wilmers, Effects of vegetation on urban climate and buildings, Energy and Buildings, 15, 3-4 **(1990/1991)**
[2] J. A. Futcher, and G. Mills, The role of urban form as an energy management parameter, Energy Policy, 53 **(2013)**
[3] Jeong, Y. N., Lee, G. W., and Kim, S. Y., Analysis of the Relation of Local Temperature to the Natural Environment, Land Use and Land Coverage of Neighborhoods, J. Asian Architecture and Building Engineering, 14, 1 **(2015)**
[4] L. Pattacini, Climate and urban form, Urban Design International. 17, 2 **(2012)**
[5] Weng Q. H., Lu D. S., and Schubring, Estimation of land surface temperature–vegetation abundance relationship for urban heat island studies, J., Remote Sensing of Environment., 89, 4 **(2004)**
[6] Weng, Q. H., Rajasekar U. and Hu X. F., Modeling Urban Heat Islands and Their Relationship With Impervious Surface and Vegetation Abundance by Using ASTER Images, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing. 49, 10 **(2011)**

Authors

○ The relation between urban and building form, microclimate, and the energy consumption of buildings, International Journal of Systems Engineering, 게재 예정

The relation between urban and building form, microclimate, and the energy consumption of buildings

Gunwon Lee[1]*, Junhyung Bae[2], Yunnam Jeong[3]

[1]Hoseo University, Korea
[2]Design Group Ungsa Architects Corporation, Korea
[3]Korea University, Korea
*Corresponding author E-mail: jun0981@gmail.com

Abstract

This study investigates urban design elements such as urban and building form and microclimate, which have been establish in previous research as well-known factors affecting the energy consumption of buildings, and structuralizes the relationship between these variables. In particular, it focuses on the mediating relationship between urban and building form and environmental variables and microclimate. To this end, the energy consumption of selected buildings within a radius of 500 meters of 23 Automated Weather Stations (AWS), measurement points selected by the Meteorological Office of the City of Seoul, in August of 2017 was analyzed. The study employed structural equation modelling (SEM), a method that structuralizes the relationships of different variables. The results show that there is a potential correlation among urban elements, vegetation and shade elements, and public space elements; the same is true for the relation between public space and façade elements. It was also found that microclimate plays a mediating role when urban elements, public space elements, and vegetation and shade elements affect the energy consumption of buildings. This study is meaningful in that it contributes to the establishment of a foundation for a realistic and comprehensive plan to manage the energy consumption of buildings by summarizing and structuralizing the results of previous research.

Keywords: *Urban design, SEM (Structural equation modeling), Buildings energy consumption, Urban form and tissue, Building form and character.*

1. Introduction

Since the publication of Silent Spring by Rachel Carson in 1962, environmental movements and policies have been continuously pursued. This trend has impacted various fields, including urban architecture, which addresses spaces of daily life. Recognizing the limits of the natural environment, which had once been taken for granted, the urban architecture field has been seeking ways to promote the coexistence of the natural environment with the built environment. As part of this endeavor, research has been conducted on the destruction and disturbances in the natural environment resulting from excessive development of the built environment, such as energy issues, pollution, sprawling development, and urban heat islands. Related rules and regulations have been implemented as well.
Still, in-depth research on the complex patterns and forms of the built environment has not yet been performed. In other words, specific research that is dedicated to the effects that global elements such as urban form, envelope, and spatial structure and building form character have on the energy consumption of buildings does not exist. Most of the studies performed have been conceptual research that merely reveals a correlation among those elements. Quantitative analysis on their comprehensive relations has not been sufficiently conducted.
In this light, this study aims at investigating the influential relations between global elements and regional elements that affect the energy consumption of buildings and thereby reveal comprehensive methods to reduce the energy consumption of urban buildings.

Copyright © 2016 Authors. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2. Literature review

2.1. Literature review

As factors affecting the energy consumption of buildings, this study focuses on global elements such as urban elements, public space, and vegetation and shade, along with regional elements including mass and façade elements and microclimate.
Various research has been published indicating that these elements have an impact on microclimate and the energy consumption of buildings.
First, research has been reported that focused on the effect of urban elements and microclimate on the energy consumption of buildings. Wong et al. (2006) investigated data on the city of Indianapolis to observe the impact of land use and land cover on microclimate. He further discovered that variables such as population density and distribution influence one another. Xiao et al. (2008) analyzed the effect of the density of the built environment on microclimate by adding variables such as high and low density built-up in addition to road, forest, farmland, water, and exposed land. Elvidge et al. (1997) analyzed the relations between variables representing development intensity, such as population and GDP, and the electric energy consumption, of buildings in Central and South America, including Brazil, Colombia, and Chile. Amiri et al.

Second, regional elements, including urban elements, do not have a direct impact on the energy consumption of buildings. They only present an indirect influence on the energy consumption of buildings by means of microclimate.
This result indicates that a study focusing on the impact of regional urban form and public space on microclimate is needed for the management of microclimate as part of the formation of more sustainable urban architecture.
Third, mass elements of buildings have a close relation to microclimate, while façade elements have less influence. A similar issue has been pointed out in previous research. It cannot be said that façade elements have no effect on microclimate, since the reflection and radiation effects of building materials have a considerable impact on microclimate. However, in this study, which includes this kind of surface temperature in microclimate, façade elements show relatively less influence.
This study has the following limitations and significance. First, it applied comprehensive and varied models utilizing large volumes of diverse official data. However, it is limited in that various elements could have been considered and other potential variables could be applied in the formation of the model. SEM entails this significance and limitation as well. Further research focusing on the formation of various models needs to be pursued. It is also limited in that it only investigated cooling energy in August, the hottest month of the year in Korea, and did not consider wintertime heating energy requirements. Further study on the energy consumption of buildings during February, the coldest month of the year in Korea, is needed.
In spite of the above limitations, this study is meaningful in that it provides a complex model for the management of both the energy consumption of buildings and urban microclimate. In particular, it is expected that the expansion and sophisticated development of the research performed in this study through follow-up research will contribute to the development of software for the management of the urban environment or guideline for urban planning, which will help to enhance the sustainability of cities.

Acknowledgement

This research was supported by a grant (code 17CTAP-C133102-01) from Land, Infrastructure and Transport Technologies Promotion Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government

References

[1] Arthur, H. R., Hashem, A., & Joseph, J. R. et al. (1998), Cool communities: strategies for heat island mitigation and smog reduction, *Energy and buildings*, 28(1), pp.51-62.
[2] Jichuan, W., & Xiaoqian, W. (2012), Introduction, *Structural equation modeling: applications using Mplus*, John Wiley & Sons Ltd.: Chichester, UK, pp.1-28.
[3] Baruch, G. (1998), Urban design effects on the urban climate. In climate considerations in building and urban design, John Wiley & Sons, Inc.: Denver, USA, pp.32-58.
[4] Danny, S. P., & Stephen, F. B. Jr. (1997), Roof solar reflectance and cooling energy use: field research results from Florida, *Energy and buildings*, 25(2), pp.105-115.
[5] Eric, W. H., & Misha, S. (1998), Assessing the cost-effectiveness of SMUD's shade tree program, *Atmospheric environment*, 32(1), pp.85-94.
[6] Fritz, W. (1990-1991), Effects of vegetation on urban climate and buildings, *Energy and buildings*, 15(3-4), pp.507-514.
[7] Gerald, M. (1997), The radiative effects of building groups on single structures, *Energy and buildings*, 25(1), pp.51-61.
[8] Gideon, S. Golany. (1996), Urban design morphology and thermal performance, *Atmospheric environment*, 30(3), pp.455-465.
[9] Ingegard, E. (1994), Urban-suburban-rural air temperature differences related to street geometry, *Physical geography*, 15(1), pp.1-20.
[10] J. R., Simpson, & E. G., McPherson. (1997), The effects of roof albedo modification on cooling loads of scale model residence in Tuscon, Arizona, *Energy and buildings*, 25(2), pp.127-137.
[11] Jeong, Y.N., Lee, G.W.., & Kim, S.Y. (2015), Analysis of the relation of local temperature to the natural environment, land use and land coverage of neighborhoods, *Journal of asian architecture and building engineering*, 14(1), pp.33-40.
[12] Lee, G. W. & Jeong, Y. N. (2018), Analysis of the relationship between urban and building form, microclimate, and energy consumption of buildings utilizing structural equation modelling (SEM), *International Journal of ICT-aided Architecture and Civil Engineering*, 5(1), pp.43-48.
[13] M., Santamouris. (2011), Heat-island effect, *Energy and climate in the urban built environment*, M., Santamouris., Routledge: New York, USA, pp.48-68.
[14] P.J., Littlefair, M., Santamouris, & S., Alvarez et al. (2000), Urban climate, *Environmental site layout planning: solar access, microclimate and passive cooling in urban areas*, BRE: London, UK, pp.4-6.
[15] R., Harrison, B., McGoldrick, & C.G.B., Williams. (1984), Artificial heat release from greater London, 1971-1976, *Atmospheric Environment*, 18(11), pp.2291-2304.
[16] Roger, G. B., & Richard, J. C. (2003), Boundary layer climates, *Atmosphere, weather and climate*, eighth Edition, Routledge: New York, USA, pp.321-352.
[17] Yasushi, S. (1996), A numerical study of the effect of urban geometry upon the surface energy budget, *Atmospheric environment*, 30(3), pp.487-496.

○ An empirical study on the relation of urban and building form, microclimate, and natural environment with microscopic surface temperature, International Journal of Systems Engineering, 게재 예정

International Journal of Systems Engineering

An empirical study on the relation of urban and building form, microclimate, and natural environment with microscopic surface temperature

Yunnam Jeong[1]*, Junhyung Bae[2], Gunwon Lee[3]

1 Korea University, Korea
[2]Design Group Utopia Architects Corporation, Korea
3 Hanoo University, Korea
**Corresponding author E-mail: upnd.cla@gmail.com*

Abstract

This study investigates certain correlations between urban and building form, microclimate, and the surrounding natural environment with the microscopic surface temperature of buildings, a major cause of urban heat island effect in summer. It applies urban form and tissue, major elements of the built environment, and green areas, a key component of the natural environment, as basic factors and microclimate as an interest variable. To this end, the surrounding temperatures of selected buildings in Seoul within a radius of 500 meters of 23 Automated Weather Stations (AWS), measurement points selected by the Meteorological Office of the City of Seoul, in August of 2017 were analyzed. The study employed hierarchical regression analysis using ordinary least squares (OLS). The results show that urban form and tissue demonstrate a relation to the microscopic surface temperature of buildings, as opposed to building form variables. It is also found that microclimatic elements such as temperature, wind speed, and humidity are pertinent to microscopic surface temperature. This study is meaningful in that it sheds new light on the role of urban planning in reducing the urban heat island effect.

Keywords: *Urban design, Hierarchical regression analysis, Urban heat island, Microscopic surface temperature, Urban form and tissue, Building form and envelope*

1. Introduction

In the decades following the two world wars, rapid economic growth and soaring automobile use led to skyrocketing consumption of fossil fuels. Freon gas applied as a refrigerant also became commonplace, which resulted in a decline in ozone concentration within the atmospheric ozone layer. Aggravated global warming and changes in the overall climate are the result of the above problems. There is a near-consensus that cities, the primary habitat for most humans, are a major contributor to this phenomenon, and thus addressing urban issues must be a component of the fundamental solution.

Modern cities with inefficient structures have been generating environmental impacts, such as excessive energy consumption and emission of greenhouse gases and various other pollutants. A surge in horizontal movement driven by urban sprawl and leapfrog development, increased use of energy for vertical movement resulting from overcrowded cities and the development of high-rise buildings, and excessive energy use for the maintenance and development of commercial or industrial usages are some examples.

In particular, overcrowded buildings in cities and artificial heat emitted by them have caused congestion of artificial heat. This results in the urban heat island effect and elevated use of cooling energy, which in turn has been exacerbating environmental problems in cities.

2. Literature review

2.1. Literature review

This study focuses on the microscopic surface temperatures of buildings, which are impacted by the physical environment of cities and buildings, such as urban form and tissue and building form and material. Since it affects overall urban temperature and the energy consumption of buildings by influencing indoor and outdoor environment in the form of radiant heat, the microscopic surface temperature of a building is a significant factor.

Elements affecting microscopic surface temperature can be grouped into three categories: urban form and tissue; building form and envelope; and natural factors. Studies related to this issue are can be characterized as follows.

The study carried out by Julie Ann Futcher and Gerald Mills (2012) offers representative research focusing on urban forms and structures. They selected three different building types, created various block structures in different combinations, and used a simulation to calculate the cooling and heating time for the respective block structures and arrangements. Reid Ewing & Fang Rong (2013) analyzed the effect of elements of urban form such as density, accessibility, and centrality on microclimate and residential choice. They then examined the effect of these variables on the energy consumption of buildings.

Copyright © 2016 Authors. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

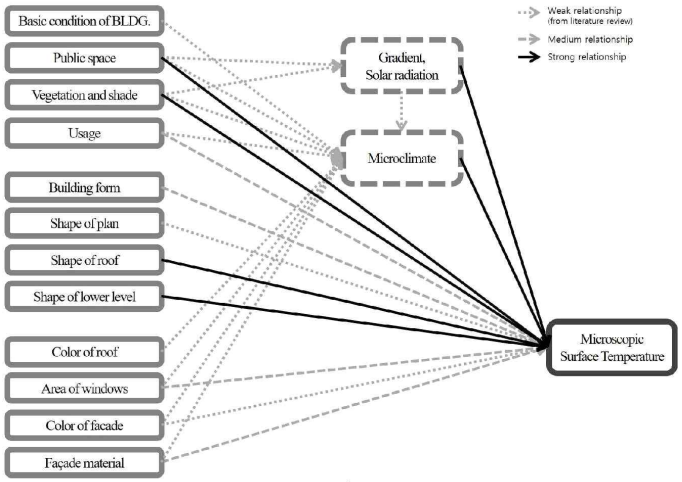


Fig. 5: Result summary

Given the fact that microscopic surface temperature affects the energy consumption of buildings, it can be concluded that these two variables have an intricate relationship. As a result, the effects of urban form and tissue, microclimate and surrounding environment variables should be considered in research on microscopic surface temperature. It also appears that the significance of building form and façade elements changes significantly when urban form and tissue, microclimate, and the surrounding environment are controlled. This result indicates that building form and façade elements, which are expected to influence microscopic surface temperature, are also affected by urban form and tissue, microclimate, and the surrounding environment, consequently creating an interaction effect. It could be that these variables play the role of mediator in the process of a building's elements affecting microscopic surface temperature. In this regard, further research on these variables should be pursued, and there is a need to develop a research model on the interaction effect or mediator effect of these variables.

Finally, the significance of ventilation performance in urban areas should be recognized. The results of this research indicate that the building form variables that have a close relation with microscopic surface temperature when variables of urban form and tissue, microclimate, and surrounding environment are controlled are those related to the form of the lower levels. Given the fact that these variables are closely related to ventilation performance in urban areas, it can be suggested that ventilation performance is significantly relevant to surrounding temperature. Among urban form and tissue variables, width of urban space and wind speed also reduce microscopic surface temperature, supporting a similar result. In this light, further research on ways to enhance ventilation is needed.

This study has the following limitations and significance. First, it used official data in a comprehensive manner. However, it only dealt with simple and direct relations among the variables, which creates a need for further study.

In spite of the above limitations, this study is meaningful in that it provides a basis for the management of urban climate and environment, including the urban heat island effect. Considering the fact that the management of urban climate has a fundamental impact on activities within cities, it is expected that an expansion of the research initiated in this study will contribute to the development of a sustainable urban model.

Acknowledgement

This research was supported by a grant (code 17CTAP-C133102-01) from Land, Infrastructure and Transport Technologies Promotion Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport of Korean government

References

[1] Arthur, H. R., Hashem, A., & Joseph, J. R. et al. (1998), Cool Communities: Strategies for Heat Island mitigation and smog Reduction, Energy and Buildings, 28(1), 51-62.
[2] Baruch, G. (1998), Urban Design Effects on the Urban Climate. In Climate Considerations in Building and Urban Design, John Wiley & Sons, Inc.: Denver, USA, 32-58.
[3] Dana Raydan et al. (2006). Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach. Mat Santamouris ed. Earthscan: London, UK.
[4] Danny, S. P., & Stephen, F. B. Jr. (1997), Roof Solar Reflectance and Cooling Energy Use: Field Research Results from Florida, Energy and Buildings, 25(2), 105-115.
[5] Gerald, M. (1997), The Radiative Effects of Building Groups on Single Structures, Energy and Buildings, 25(1), 51-61.
[6] Gideon, S. Golany. (1996), Urban Design Morphology and Thermal Performance. Atmospheric Environment, 30(3), 455-465.

Copyright © 2016 Authors. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

○ 도시·건축형태 및 미기후와 건축물군의 에너지 소비량, 예술인문사회융합멀티미디어 논문지, 게재 예정

Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology
Vol.x, No.x, xxx (2018), pp. xx-xx
http://dx.doi.org/10.21742/AJMAHS.20xx.xx.xx

도시·건축형태 및 미기후와 건축물군의 에너지 소비량

이건원1), 배준형2), 정윤남3)

The Relation of between the Architectural and Urban Form, Microclimate Factors and Buildings Energy Consumption

Gunwon Lee[1)], Junhyung Bae[2)], Yunnam Jeong[3)]

요 약

본 연구는 도시 및 건축형태요소와 미기후가 건축물군의 에너지 사용량에 미치는 영향을 도출하는 것을 목적으로 한다. 본 연구에서는 건축물 에너지 사용량에 영향을 미치는 미시적 요소로 도시형태 및 도시조직, 건축물 형태 및 특성, 미기후 등의 요소를 중심으로 접근했다. 이러한 분석을 위해서 **2017**년 건축물 에너지 사용량 자료 중 서울시 내 건축물들의 **8**월 에너지 사용량 자료를 중심으로 분석을 수행하였다. 기상청에서 서울시 내에 설치한 **23**개의 **AWS**의 반경 **500m**의 미시적 요소들을 조사하여 데이터를 구축하였다. 본 연구에서는 건축물 에너지 사용량과 건축물 형태요소 외에 도시형태요소, 미기후요소 간의 관계를 분석하기 위해서 위계적 회귀분석을 이용하여 비교·분석하였다. 분석결과, 도시형태 및 도시조직 변수들은 모두는 아니었지만 대체로 건축물 에너지 사용량과 유의미한 관계를 맺고 있었다. 온도 외에 풍속, 습도 등의 미기후 변수들은 모두 건축물 에너지 사용량을 설명하는데 필요한 변수임을 도출했다.

핵심어 : 도시설계, 위계적 회귀분석, 건축물 에너지소비량, 도시형태, 건축형태, 미기후

Abstract

This study investigates correlations between the impacts of urban and building form and microclimate on the energy consumption of buildings. It applies microscopic elements such as urban form, building form and character, and microclimate as factors in the energy consumption of buildings. To this end, the energy consumption of selected buildings in Seoul in August of 2017 was analyzed. Based on microscopic elements within a radius of 500 meters of 23 Automated Weather Station (AWS) measurement points selected by the Meteorological Office of the City of Seoul. With the exception of a few elements, the urban form and character elements demonstrate a significant relation to the energy consumption of

Received (xx xx, 2018), Review Request(xx xx, 2018), Review Result(xx xx, 2018)
Accepted(xx xx 2018), Published(xx xx, 2018)

[1]Division of Architecture, Civil & Environmental Engineering, Hoseo Univ., Asan-si, Chungnam, Korea
email: gwlee@hoseo.edu
[2]Design Group Utopia Architecs Corporation, Munjung-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea
email: ciroo77@nate.com
[2](Corresponding Author) Dept. Architecture, Korea Univ., Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul, Korea
email: seawater@korea.ac.kr

* 이 논문은 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호 **17CTAP-C133102-01**)에 의해 수행되었습니다.

ISSN: 2383-5281 AJMAHS
Copyright ⓒ 2018 HSST

○ 도시·건축형태와 미기후의 관계에 대한 관찰 연구, 예술인문사회융합멀티미디어 논문지 8(11), 2018, pp.109-119

Asia-pacific Journal of Multimedia Services Convergent with Art, Humanities, and Sociology
Vol.8, No.11, November (2018), pp. 109-119
http://dx.doi.org/10.21742/AJMAHS.2018.11.10

도시·건축형태와 미기후의 관계에 대한 관찰 연구

이건원[1], 정윤남[2]

An Observation Study of the Relationship of between the Urban and Architectural Form and Microclimate

Gunwon Lee[1], Yunnam Jeong[2]

요 약

본 연구는 도시·건축형태가 도시공간 내 미시기후에 미치는 영향을 도출하고자 했다. 본 연구에서는 도시 내 미시기후에 영향을 미치는 도시·건축형태의 요소로 도시형태 및 도시조직, 건축물 형태 및 특성 등을 선정했다. 분석을 위해 2017년 8월에 기상청에서 서울시 내에 설치한 23개의 AWS 설치 지점 도시건축의 특성이 명확하게 구분되는 6곳을 선정하여 연구진의 AWS 장비를 이용하여 실측을 했다. 공간의 범위는 AWS 설치 지점으로부터 반경 500m로 한정하여, 미시기후 및 도시·건축형태 요소들을 조사했다. 분석결과, 가로의 방향, 건축물 폭, 건축물 깊이, 건축물 높이, 지형의 경사도 및 향, 교통량 등은 미시기후인 국지풍속, 일사량, 국지온도 등에 영향을 미치고 있었다. 본 연구의 결과는 폭염의 피해 저감 및 그에 따른 시민 개개인의 건강 관리에 도움을 줄 것으로 기대된다. 또한, 도시의 온도를 낮춤으로써 건축물 에너지 부하 저감 효과를 거둠으로써 건축물 에너지 소비량 감소의 효과를 통해 보다 건강하고, 지속가능한 도시 조성에 기여할 것으로 기대된다.

핵심어 : 도시설계, 자동기상측정, 도시형태, 건축형태, 미기후

Abstract

This study investigates the effect of urban and architectural forms on the microclimate in urban areas. It applies urban and architectural elements such as urban form and tissue and building form and characteristics as the main influences on the microclimate within urban area. Among the 23 Automated Weather Stations (AWS) installed within Seoul city by the Korea Meteorological Administration, 6 sites were selected for the analysis, based on their different urban and architectural characteristics, and actual measurements were conducted in August 2017 using individual AWS equipment. Also, the measurements of microclimate and urban and architectural elements within a 500m radius of the AWS measurement points

Received(August 6, 2018), Review Result(August 27, 2018)
Accepted(October 12, 2018), Published(November 30, 2018)

[1](Assistant Professor) Division of Architecture, Civil & Environmental Engineering, Hoseo Univ., Asan-si, Chungnam, Korea
email: gwlee@hoseo.edu
[2](Research Professor, Corresponding Author) Dept. Architecture, Korea Univ., Anam-dong, Sungbuk-gu, Seoul, Korea
email: seawater@korea.ac.kr

* 이 논문은 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호 17CTAP-C133102-01)에 의해 수행되었습니다.

ISSN: 2383-5281 AJMAHS
Copyright ⓒ 2018 HSST

3. 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

가. 목표

기성시가지 건축물 에너지 소비량을 10% 원천적으로 감소시키는 계획모델 개발

나. 목표 달성여부

본 연구의 목표 10%를 상회하는 10.85%의 단위면적당 평균 건축물 에너지 사용량 절감효과 달성

다. 관련 분야 기여도

(1) 기술적 측면

○ 본 개발 기술 외의 도시의 미기후, 에너지, 탄소 흡수·배출 관리 기술 등을 패키지화하여 모델 도시의 개발 가능

- 본 개발 기술 외에 현재 기술개발 중인 광역적인 미기후, 에너지, 탄소 흡수·배출 관리 기술 등을 패키지화하여 신도시 또는 신개발 지구(근린)에 실증을 함으로써 관련 분야 기술의 발전의 도모할 수 있을 것으로 기대됨
- 전술한 다양한 분야의 모니터링 기술 외에 건설 및 건설관리 기술 등까지 패키지화하여 지속가능한 도시모델을 개발함으로써 도시모델의 수출 및 관련 산업제품의 수출 가능성을 제고할 수 있을 것으로 기대됨
- 기후변화 및 에너지 위기에 강한 도시, 에너지 최적 도시 조성 등을 내세운 도시 브랜드 강화를 통한 한국 도시 및 건설분야의 경쟁력 향상에 도움이 될 것으로 기대됨

○ 통합적 도시관리 분야로서 관련 분야의 학술적 기여

- 개발된 기술을 통해 도시조성 정책 입안 및 결정자로 하여금 정책의 영향을 사전 검증함으로써 합리적이고 효율적인 도시공간계획 수립이 가능하도록 지원함
- 환경통합관리시스템은 다양한 분야의 IT기술이 접목된 융·복합기술로서 첨단미래기술산업의 신분야로 성장이 가능함

(2) 사회적 측면

○ 기성시가지를 대상으로 하는 도시재생 패러다임이나 기후변화에 보다 적극적인 도시를 만들려는 리질리언스(Resilience) 도시 패러다임 등과 연계될 수 있는 근원적인 도시관리 모델

- 본 연구개발 기술은 기성시가지에 광범위하게 존재하고 있는 소규모 일반건축물군의 환경 및 에너지에 있으므로, 이를 활용하여 도시재생 패러다임이나 리질리언스 도시 패러다임과 연계가 가능함
- 본 연구개발 기술과 이러한 최근의 도시 패러다임과 연계하므로써 도시 선진적인 도시와 삶의 공간을 조성할 수 있고, 도시민의 자긍심, 삶의 질 등을 향상시킬 수 있음
- 특히, 도시와 건축물군의 형태를 조절하여 바람길을 조성하므로써 최근의 이슈인 미세먼지, 도시열섬 등의 피해를 저감할 수 있는 중요한 기술임

○ 스마트한 도시조성 및 관리 기술의 통합화로 인한 에너지 위기 대응력 및 신기후체제의 대응력 제고

- 국내 여건에 적합한 시뮬레이션 관리시스템 기술을 개발함으로써 국외 시뮬레이션보다 예측 정확도를 높일 수 있고 적용이 용이하여 보다 효율적인 도시 미기후 관리 및 건축물 에너지 관리 가능
- 도시단위의 에너지원을 통합적으로 관리할 수 있는 에너지통합관리체계를 개발함에 따라 에너지원을 독립적으로 최적화하고 있는 현재의 에너지 관리시스템에서 발생하는 에너지의 손실을 줄이고 사용 효율을 높여 온실가스 감축 효과 기대가 가능함

(3) 경제적·산업적 측면

○ 도시 관리 및 도시 미기후 관리를 융복합한 기존과 다른 새로운 시장 및 일자리 창출

- 도시조성·관리 및 에너지 생산·공급, ICT, 빅데이터 등 연계산업의 활성화와 이를 통한 전문 분야 일자리 창출 및 산업 견인효과가 있음
- 건축물과 설비 및 시스템 등의 설계, 제작, 운영 및 유지관리 전반에 걸친 정보를 제공함으로써 관련 기술과 산업의 발전에 획기적으로 기여할 수 있음
- 개발된 기술을 통해 도시관리 업무의 획기적 개선이 가능하며, 도시관리 분야의 신산업 창출을 통한 일자리 창출 및 비용 절감이 가능함

○ 스마트한 도시 관리 및 도시 미기후 관리의 기초기술로서 스마트 시티 개발의 원천 기술 중의 하나로 기능

- 최근 이슈인 스마트 시티의 다양한 원천 기술 중 도시 및 지구(근린) 공간의 에너지 관리 및 미기후 관리는 중요한 위치를 점하고 있음
- 특히, 최근 도시의 온도가 상승하고, 건축물 에너지 사용량이 폭증하고 있는 상황에서 이를 저감하고 관리하는 기술이 주목받고 있음
- 본 연구에서 진행하려는 바와 같이, 선진국들은 이미 스마트 시티를 조성함에 있어서 건축물 뿐 아니라 도시의 형태도 측정할 수 있도록 디지털화하고 있고, 이를 BIM이나 GIS 등과 연계하여 에너지, 환경, 기후, 보행환경의 쾌적성 등을 개선할 수 있는 다양한 비즈니스 모델과 연계하려는 시도들을 하고 있으므로 본 연구개발 결과를 활용하여 우리의 관련 산업 수준을 선진국과 유사한 수준으로 끌어올릴 수 있는 계기를 마련할 수 있음

4. 연구개발성과의 활용계획

가. 연구개발성과의 활용계획

○ **본 연구의 최종성과물 중의 하나인 “건축물군의 형태요소 - 미기후 - 에너지 소비 행태 간 연계를 통한 건축물 에너지 소비량 예측모델(알고리즘)”을 바탕으로 보다 고도화된 알고리즘의 개발 가능**

- 본 연구결과를 바탕으로 본 연구에서는 고려치 않은 이동 열원(보행자, 차량 등)에 의한 열전달·복사량과 그에 따른 주변 미기후 변화와 같이 보다 다른 차원의 알고리즘 역시 추가 개발이 가능할 것으로 판단됨
- 또한 본 연구결과를 바탕으로 전술한 추가 알고리즘을 개발하여 통합패키지형 알고리즘 및 시뮬레이션 SW를 개발한다면 이는 현재 세계 최고의 기술수준에 해당하는 Killer S/W의 개발로까지 발전이 가능할 것으로 기대됨
- 이 S/W를 바탕으로 하는 미시환경 관리 컨설팅, 건축물군 에너지 관리 컨설팅 등의 다양한 컨설팅 비즈니스 모델 창출이 가능할 것으로 기대됨

○ **본 연구의 기초 및 최종성과물들을 보다 고도화함으로써 미기후 관리와 에너지 소비량 관리를 위한 모니터링 도구 확보 가능**

- 본 연구의 기초 결과물인 건축물 형태요소와 미기후, 건축물 형태요소와 에너지 소비량 DB 등의 보다 일반화하여 기존 도시·건축DB와 연계하여 보다 생산성 있는 빅데이터의 개발이 가능할 것으로 사료되며, 이를 바탕으로 하는 새로운 비즈니스 모델 개발이 가능할 것으로 기대됨
- 보다 구체적인 건축물 요소와 미기후, 에너지 소비량과의 복잡한 상관관계를 정리하여 보다 기후변화 대응에 효과적이고 세밀한 인증체계의 개발·활용 역시 가능할 것으로 기대됨
- 본 연구결과를 바탕으로 다양한 의사결정 도구를 개발함으로써, 기존의 개별 건축물의 에너지 성능 만을 모니터링·관리하는 BEMS(Building Energy Management System)에서 벗어나 건축물군의 환경 및 에너지를 모니터링·관리하는 AEMS(Area Energy Management System)분야로의 개척을 통해 창조적 경제 활성화와 일자리 창출에 기대할 수 있을 것으로 기대됨

○ **지자체 등 도시관리 주체들의 도시관리계획 수립시 도시·건축, 미기후 및 환경, 에너지 분야를 통합적으로 검토하여 성능 향상 가능**

- 본 결과물은 지구(근린) 공간범위를 대상으로 도시·건축, 미기후 및 환경, 에너지 간의 관계를 통합적으로 분석한 것으로써 이를 통해 지구(근린)공간의 환경 및 에너지 성능을 지속적으로 모니터링할 수 있는 관리도구로 활용가능할 것으로 기대됨
- 본 연구의 결과물을 지자체 등 도시관리 주체들의 도시개발계획, 도시기반시설계획, 지구단위계획 등의 도시관리계획 수립시 활용가능한 계획 및 의사결정 도구로 활용가능할 것으로 기대됨

○ **본 연구의 분석 결과와 개발된 모형은 타 대상지에도 적용가능한 보편적 모델로 추후 유사한 도시·건축환경 하에 적용이 가능할 것으로 판단됨**

- 본 결과물은 지구(근린) 공간범위를 대상으로 도시·건축, 미기후 및 환경, 에너지 간의 관계 모두 8개 대상지에 대해서 DB를 구축하고 그 관계를 통계적으로 살펴보았으며, 대부분의 대상지 중 6개 대상지는 저층밀집 주거지를 대상으로 하고 있음
- 본 연구 결과와 개발된 모형은 저층주거밀집 지구를 대상으로 적용할 수 있을 것으로 사료되며, 다만 아파트 지구나 업무 및 상업지구 등에 적용하기 위해서는 보다 다양한 도시·건축유형에 대한 DB를 구축하여 별도의 모델로 확장 연구가 될 필요가 있다고 사료됨
- 본 연구 결과와 개발된 모형을 보다 다양한 DB 구축과 다양한 유형의 도시공간에 적용하기 위해서 보다 고도화되고 규모가 큰 연구가 진행될 필요가 있다고 사료됨

나. 연구개발성과의 한계 및 제약사항

○ 본 연구 DB의 한계 중 하나는 미기후 DB와 에너지 DB 간의 시간적 불일치임

- 본 연구에서 사용한 에너지 DB는 국토교통부에서 2014년부터 건축물행정정보시스템(세움터)의 빅데이터 공개를 통한 전국 건축물 에너지 사용량 자료로, 이 자료는 그 이전 해의 에너지 사용량을 공개하고 있음
- 본 연구에서 미기후 DB를 구축한 시점은 2018년 여름철로, 비슷한 시기의 에너지 DB는 현재 시점에서 공개가 되고 있지 않은 관계로 두 DB 간의 시간적으로 완벽한 일치를 이루지는 못했다는 한계가 있음

○ 본 연구 결과 중 하나인 지구단위계획 수정지침안은 단순한 수준의 지침안으로 이를 바로 적용하기에는 현실적 한계를 지님

- 본 연구 결과 중 하나인 지구단위계획 수정지침안은 저층주거밀집 지구를 대상으로 DB를 구축하고 통합모델을 구축한 것을 바탕으로 한 결과물이며, 보다 고도화된 통계분석결과를 바탕으로 하고 있지는 못함
- 이를 보완하기 위해서 실제로 보다 정교한 통계모형의 개발이 필요할 뿐 아니라, 통계분석 시 한계효과(Marginal Effect)와 여러 변수들 간의 상호작용효과(Interaction Effect)에 대한 정밀한 추가분석이 필요함
- 이러한 분석을 바탕으로 할 때에 비로소 보다 구체화된 지구단위계획 수정지침안이 도출될 수 있으며, 특히 현실적으로 활용도를 높이기 위해서는 해외 디자인 가이드라인들과 유사한 형태로 일러스트 형태의 디자인 가이드라인이 도출되어야하며, 현재의 연구성과로 이 모든 것들을 해결할 수는 없다는 점을 분명히 밝혀둠
- 다만, 향후 보다 추가적이고 대규모 연구가 진행되고 앞서 언급한 본 연구의 한계를 해결하고, 보다 고도화된 연구분석결과를 바탕으로 도시설계나 건축설계를 담당한 계획가나 디자이너들이 쉽게 활용할 수 있는 일러스트 기반의 지구단위계획 수정지침 및 가이드라인 개발되기를 기대함

붙임. 참고 문헌

[논문]

- 김민주, 양지청, 정창무, 2010, 토지복합이용에 따른 이산화탄소 발생량 변화에 관한 연구, 국토계획, 제45권, 제6호
- 김정곤 외, 2011, 탄소중립 도시조성을 위한 도시계획전략 연구, 한국도시설계학회지제 12권, 제2호
- 김홍배, 2010, 도시 내 탄소발생량 산정과 저탄소도시 개발의 핵심부문에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지, 제45권 제1호
- 양희진, 최막중, 2011, 압축도시의 탄소증감 효과에 관한 건물, 교통, 녹지 통합 모형, 국토계획, 제46권, 제3호
- 양희진, 최막중, 2011, 압축도시의 탄소증감 효과에 관한 건물, 교통, 녹지 통합 모형, 국토계획, 제46권, 제3호
- 윤영선 외, 2009, 파급효과로 본 건설산업의 국가경제기여도 및 녹색건설사업의 경제파급효과, 제9권 제7호
- 이규인, 이장욱(2009), “지속가능한 도시재생의 주요과제와 계획목표 설정 및 단계적 추진 모델 개발 연구”, 대한건축학회 논문집, 제25권, 제4호, pp.217~225
- 최석인 외, 2009, 세계녹색건설시장 동향과 시사점-에너지 및 빌딩 시장을 중심으로, 건설이슈포커스, 제9권 제5호
- Brundell-Freij, K., Ericsson, E., 2005, “Influence of street characteristics, driver category and car performance on urban driving patterns”, Transportation Research Part D, 10, pp. 213～229
- Chen Z, Li H, Wong CTC. EnvironalPlanning: analytic network process model for environmentally conscious construction planning. Journal of Construction Engineering and Management 2005;131(1):92-101.
- Diestel, H. und M. Schmidt. 1998. Wasserwirtschaftliche Vision: Die abflusslose Innenstadt : ein richtiger Ansatz? In: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Umweltschutz und Technologie: Zukunft Wasser, Tagungsband zum Symposium zur Nachhaltigkeit im Wasserwesen vom 17.-19.6.98.
- Gangolells M, Casals M, Gasso´ S, Forcada N, Roca X. A methodology for predicting the magnitude of environmental impacts related to the building construction process. In:Proceedings of the CIB World Building Congresson construction for development, 2007, vol.1. p.2441-9.
- Gowrie, M.,2003, Environmental Vulnerability Index for the Island of Tobago. West Indies. Conservation Ecology 7(2): 11.
- Hillier B, Turner A, Yang T, Park H.T., 2010, Metric and topo-geometric properties of Urban Street Networks: Some convergences, divergences and new results, The

Journal of Space Syntax, Vol 1, No 2.

- Kaplan, R.S and Norton, D. P (1992),"The Balanced Scorecard: Measures that drive Performance", Harvard Business Review, 70(1), pp.71~79
- Rickaby P., 1987, Six settlement patterns compared, Environment and Planning B: Planning and Design, 14:193-223
- Sevtsuk A., 2010, Path and Place: A Study of Urban Geometry and Retail Activity in Cambridge and Somerville, MA, PhD dissertation in Urban Design and Planning, Massachusetts Institute of Technology.
- Steermers K., 2003, Energy and the city: density, buildings and transport, Energy and Buildings 35(1):3-14
- Tam CM, Tam VWY, Tsui WS. Green construction assessment for environ- mental management in the construction industry of Hong Kong. International Journal of Project Management 2004; 22(7): 563-71.
- Tam CM, Tam VWY, Zeng SX. Environmental performance assessment in China and Hong Kong. Building Research and Information 2004; 32(2): 110.8.
- Tam VWY, Tam CM, Zeng SX, Chan KK. Environmental performance measurement indicators in construction. Building and Environment 2006; 41(2): 164.73.
- Uher T. Absolute indicator of sustainable construction. Proceedings of COBRA 1999 on the challenge of change: construction and building for the new millennium, 1999, vol.1. p.243-53.
- Waddell P., 2002. UrbanSim: Modeling urban development for land use, transportation and environmental planning, Journal of the American Planning Association, Vol. 68, No. 3, (297-314)
- Yu, I. H., Kim, K. R., Jung, Y. S., Cin, S. Y. (2007), "Comparable Performance Measurement System for Construction Companies", Journal of Management in Engineering, 23(3), pp.131~139

[보고서]

- 건축도시공간연구소, 2010, 국내의 건축물 온실가스 배출 현황과 관련 정책동향
- 경기개발연구원, 2006, 기후변화협약에 대한 경기도의 대응방안
- 과학기술정책연구원, 2009, 저탄소 녹색성장 종합평가지수 개발
- 광주광역시, 2008, 기후변화대응 저탄소 시범도시 조성계획
- 국토연구원, 2008, 기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리(I)
- 국토해양부, 2008, 기후변화 대응 국토공간계획 평가 및 과제
- 국토해양부 (2006), "건설교통 R&D 혁신로드맵" 보고서, pp.240
- 국토해양부, 2009, 기후변화협상 국제동향 및 대응방향

- 국토해양부, 2010, 저탄소 녹색성장과 기후변화대응을 위한 국토해양부 녹색성장 추진계획
- 김강민 외, 2010, 기후변화 대응한 녹색도시 개발 전략
- 김정곤 외, 2010, 저탄소 녹색도시 모델개발 및 시범도시 구상, 토지주택연구원 연구보고서
- 녹색성장위원회, 2009, 녹색성장 국가전략
- 녹색성장위원회, 2009, 녹색성장 국가전략 및 5개년계획
- 녹색성장위원회 2010, 도시농업의 저탄소 기여 효과
- 반영운 외, 2010, 탄소중립형 중부신도시 건설 기본구상
- 배웅규 외, 2009, 기후변화 대비 국토모델 구축 및 실현방안 연구
- 서태성 외, 2008, 기후변화 대응 국토공간계획의 평가와 과제, 국토해양부
- 에너지관리공단, 2009, 기업온실가스 인벤토리 구축현황 및 향후 계획
- 오덕성 외, 2010, 저탄소 녹색정장을 위한 그린시티 대전 추진전략
- 이관규 외, 2010, 기후변화 대응형 저탄소 토지이용계획 수립을 위한 온실가스 환경영향평가제도 활용방안 연구, 환경부 보고서
- 이관규 외, 2010, 저탄소 녹색도시 조성 가이드라인 및 평가지표 연구, 환경부 보고서
- 이은엽 외, 2009, 녹색도시 조성을 위한 요건도출 및 계획 적용방안
- 주현수 외, 2006, 도시지역에서의 바람길과 대기질 영향에 관한 연구, 한국환경정책평가연구원
- 충청북도, 2010, 탄소 중립형 중부신도시 건설 기본구상
- 한국건설기술연구원, 2010, 녹색도시를 선도하는 기술전략
- 한국과학기술기획평가원, 2010, IMD 2010 세계 경쟁력 연감 분석 -과학 및 기술인프라 중심-
- 한국지방자치단체, 2009, 해외 녹색성장기술 정책사례
- 행정안전부, 2009, 저탄소 녹색성장 각 국별 사례집
- 환경부·강원도, 2009, 저탄소 녹색도시 모델개발 및 기본구상 연구
- 환경부, 2009, 저탄소 녹색도시 만들기-탄소감축량 추산에 의한 고강뉴타운 저탄소 설계지침 적용, 도시환경연구센터
- 현재호, 2009, 저탄소 녹색성장대응 건축도시분야 국내외 정책 및 시장동향 분석, 한국건설기술연구원 위탁연구 보고서
- Adele McCarthy, 2008, Melbourne's Public Transport Contributing to the Mitigation of Climate Change, UITP Sustainabl Development Seminar
- Ahern, J.,2007, Green infrastructure for cities: The spatial dimension
- Australian Government-Department of Climate Change,2007, 『Australia's National Greenhouse Accounts - National Inventory Report 2006』
- BBR(Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung) 2008, Raumentwicklungsstrategien zum Klimawandel

- Center for Global Environmental Studies, 2008, 『National Greenhouse Gas Inventory Report of JAPAN』
- Commission Staff Document on lnvesting in the Development of Low Car-bon Technologies(SET-Plan) A Technology Roadmap, European Commission, 2008
- Delhomme, P., et al., 2005, "Reducing air pollution: a mean for influencing drivers to respect speed limitations", Final Report. ADEME-INRETS
- Drucker, P. F. (1954), "The Practice of Management", New York:Harper Collins
- European Commission 2006, European Smart Grids Technology Platform
- European Union Publications Office, 2006, The state and prospects of European energy research
- Diestel, H. 2004. Dezentrale Abflussbewirtschaftung- Eine wichtige Aufgabe der Gegenwart. In Space and Theories: e-Interviews with Distinguisched Scholars. Hrsg. KRIHS (Korea Research Institute for Human Settlements). ISBN 89-460-3350-9 93300. SeoulKorea.
- FIrst Climate Group 2009, Kommunaler Klimaschutz und Klimaneutraliaet, Forschungsworkshop
- Giddens, Anthony, 2009, The Politics of Climate Change
- Girardet, H. 1999, Creating Sustainable Cities
- Girardet, H., Mendonca, M. 2009, A Renewable World, Energy, Ecology, Equality
- Giddens, Anthony, 2009, The Politics of Climate Change
- Girardet, H., Mendonca, M. 2009, A Renewable World, Energy, Ecology, Equality
- IfaS(Institute fuer angewandtes Stoffstrommanagement), 2007, Zero Emission Campus
- Institut Wohnen und Umwelt GmbH 2002, Null-Emissions-Stadt
- Kwon, K.H. and H. Diestel. 2007. A decision support system for planning decentral rain water management measures in urban zones of Korea.Second International Congress on Environmental Planning and Management. Berlin.LandschaftsentwicklungundUmweltforschung,Vol.S20,pp.163-166.ISBN978-3-7983-2049-9
- Lead Market Initiative, 2008, electronic health(eHealth), protective textiles, sustainable building, recycling, bio-based products, renewable energies
- Mark A. Benedict, Edward T. McMahon 2001, Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century
- Pietsch, Juergen, 2011, Stadtoekologie fuer Smart Green Cities
- Pont M.B & Haupt P, 2010, Space Matrix: Space, Density and Urban Form, NAi Publishers
- Rahmstorf, S., Schellnhuber, H.J. 2007, Der Klimawandel

■ Siemens Schweiz AG 2009, European Green City Index

[서적]

■ Andrew Scott, Eran Ben-Joseph, ReNew Town: Adaptive Urbanism and the Low Carbon Community, Routledge, 2011
■ Axel Baeumler, et al, Sustainable Low-Carbon City Development in China (Directions in Development), World Bank Publications, 2012
■ Christine Hine, Virtual Methods: Issues in Social Research on the Internet, Berg Publishers, 2005
■ Darren Robinson, Computer Modelling for Sustainable Urban Design: Physical principles, methods and applications, Routledge, 2011
■ Hillier B., 1996, Space is the Machine, Cambridge University Press
■ Jesse James Garrett, The Elements of User Experience: User-centered Design for the Web, Net Riders, October 2002
■ Léon van Berlo, Ruben de Laat, Integration of BIM and GIS: The development of the CityGML GeoBIM extension, Kolbe, T. H. König, G. Nagel, C. (Eds.) Advances in 3D Geo-Information Science, 2011
■ Patrick M. Condon, Urban Planning Tools for Climate Change Mitigation, Lincoln Institute of Land Policy, 2009
■ Peter Calthorpe, Urbanism in the Age of Climate Change, Island Press, 2010
■ Richard K. Brail (Editor), Planning Support Systems for Cities and Regions, Lincoln Institute of Land Policy, 2008
■ Robert Laurini, Information Systems for Urban Planning: A Hypermedia Cooperative Approach (Geographic Information Systems Workshop), CRC Press, 2007

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.

2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.

3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.

210㎜×297㎜[백상지(80g/㎡) 또는 중질지(80g/㎡)]