creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

도시계획학 석사학위논문

토지이용특성에 따른 불투수면 비율 변화

-서울시 행정동을 대상으로-

2017년 2월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과

공 혜 림

토지이용특성에 따른 불투수면 비율 변화

-서울시 행정동을 대상으로-

지도교수 최 막 중

이 논문을 도시계획학 석사학위 논문으로 제출함

2016년 10월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과

공 혜 림

공혜림의 도시계획학 석사 학위논문을 인준함

2016년 12월

위 원 장 _____(인)

부위원장 _____(인)

위 원 _____(인)

국문초록

최근 도시에서 수해로 인한 피해가 증가하고 있다. 도시에서 수해는 인명 및 재산 피해를 비롯한 다양한 문제를 발생시킬 수 있어 관리가 필요하다. 수해 취약도를 높이는 요인 중 하나가 불투수면인데 현재 불투수면 관리는 그린인프라스트럭처와 같은 기반시설 또는 건축적 측면에 초점을 맞추고 있다. 그래서 보다 효율적인 관리를 위해 토지이용계획에서 불투수면을 관리할 필요성이 있다. 하지만 토지이용과 불투수면의 관계에 대해서는 현상적인 측면에 대해서만 연구되고 있을 뿐 구체적인 관계에 대한 분석이 부족하다. 이에 토지이용특성에 따라 불투수면에 영향을 주는 매개요인이 어떻게 달라지는지 알아보고 이를 통해 토지이용과 불투수면 간의 구체적인 관계를 파악하고자 한다.

실증분석에 앞서 각 토지이용특성과 매개요인이 어떤 특징을 갖는지 살펴보았고, 토지이용특성별로 건폐율, 도로율, 녹지율 등이 높게 나타나는 지역과 낮게 나타나는 지역의 위성사진을 비교하며 각 지역별 차이를 확인하였다. 경로분석을 진행하여 토지이용특성과 건폐율, 도로율, 녹지율, 그리고 불투수면의 실증적 관계를 파악한 결과, 단독주택지에서는 건폐율에 의해, 공동주택지에서는 본 연구에서 고려되지 않은 기타 요인에 의해, 상업업무시설지에서는 건폐율, 도로율 및 기타 요인에 의해 불투수면이 증가함을 확인하였다. 또한 총 효과를 계산한 결과 상업업무시설지에서 불투수면이 가장 크게 증가함을 확인하였다. 이에 따라 불투수면 저감을 위해서는 각 토지이용특성별로 불투수면 비율에 큰 영향을 주는 매개요인을 고려할 필요가 있다는 점을 제시할 수 있으며, 상업업무시설지에서 다양한 매개요인을 통해 불투수면을 가장 크게 증가시킨다는 점에서 다른 토지이용보다 중점을 두어 관리해야 함을 시사할 수 있다.

◆ 주요어 : 토지이용, 불투수면, 건폐율, 도로율, 녹지율

◆ 학　번 : 2015-24801

<목차>

Ⅰ. 서론 ····· 1

1. 연구의 배경 및 목적 ····· 1

2. 연구의 범위 ····· 4

3. 연구의 방법 ····· 5

4. 연구 흐름도 ····· 6

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행 연구 고찰 ····· 7

1. 이론적 배경 ····· 7

1) 토지이용과 수해 ····· 7

2) 불투수면과 수해 ····· 8

2. 선행 연구 고찰 ····· 11

Ⅲ. 분석 틀 및 변수 선정 ····· 13

1. 분석 자료 및 표본 ····· 13

1) 서울시 토지이용 현황 ····· 13

2) 서울시 불투수면 비율 현황 ····· 14

2. 연구 방법 및 분석 틀 ····· 16

1) 구조방정식 ····· 16

2) 분석 틀 ····· 18

3. 변수 구성 ····· 19

1) 토지이용특성 ····· 19
2) 불투수면 ····· 22
3) 토지이용특성과 불투수면의 매개요인 ····· 24
4. 변수 간 상관관계 ····· 30
1) 기초 통계량 ····· 30
2) 공간적 자기상관 ····· 31

Ⅳ. 토지이용특성과 불투수면 비율의 매개요인 분석 ····· 33
1. 토지이용변수와 매개요인 특성 ····· 33
1) 토지이용특성 ····· 33
2) 건폐율 ····· 36
3) 도로율 ····· 38
4) 녹지율 ····· 39
2. 연구모형 ····· 42
1) 토지이용특성과 불투수면 관계 모형 ····· 42
2) 토지이용특성과 매개요인의 관계 ····· 43
3. 경로분석 ····· 53
4. 소결 ····· 58

Ⅴ. 결론 ····· 59
1. 연구의 요약 및 시사점 ····· 59
2. 연구의 한계 ····· 63

■ 참고문헌 ····· 64

<그림 차례>

<그림 1> 연구흐름도 ····· 6
<그림 2> 선행연구모식도 ····· 11
<그림 3> 서울시 토지이용별 면적 비율 ····· 13
<그림 4> 서울시 토지이용현황도(2015) ····· 14
<그림 5> 서울시 불투수토양포장비율별 면적 비율 ····· 15
<그림 6> 서울시 불투수토양포장도(2015) ····· 15
<그림 7> 경로분석의 기본 형태 ····· 16
<그림 8> 분석 틀 ····· 18
<그림 9> 단독주택지 비율 상위지역 위성사진 ····· 34
<그림 10> 공동주택지 비율 상위지역 위성사진 ····· 35
<그림 11> 상업업무시설지 비율 상위지역 위성사진 ····· 35
<그림 12> 건폐율 상·하위지역 비교 ····· 37
<그림 13> 도로율 상·하위지역 비교 ····· 39
<그림 14> 녹지율 상·하위지역 비교 ····· 41
<그림 15> 토지이용특성과 불투수면 비율의 관계 모형 ····· 42
<그림 16> 토지이용별 건폐율 및 녹지율 분포 ····· 44
<그림 17> 단독주택지 비교 ····· 45
<그림 18> 행정동 내 단독주택지 비교 ····· 46
<그림 19> 공동주택지 비교 ····· 47
<그림 20> 단독주택, 재건축예정아파트, 재건축 아파트 비교 ····· 49
<그림 21> 상업업무시설지 비교 ····· 50

<표 차례>

<표 1> 도시생태현황도의 토지이용유형 ····· 20
<표 2> 토지이용특성 변수 ····· 22
<표 3> 용도지역별 건폐율 ····· 25
<표 4> 용도지역별 도로율 ····· 26
<표 5> 녹지 확보 기준 관련 법률 ····· 28
<표 6> 매개요인 변수 ····· 29
<표 7> 기초통계량 ····· 30
<표 8> 직접효과, 간접효과, 총효과 ····· 57

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 지구온난화에 따른 기후변화로 인해 집중호우 빈도가 잦아지면서 도시 지역에서 침수 피해로 인한 인명 및 재산피해가 지속적으로 증가하고 있다. 특히 2000년대 이후에는 집중호우가 태풍을 동반하면서 침수 피해규모와 범위 등이 확대되어 가는 경향을 보인다(김정곤, 2012). 도시에서 발생하는 침수는 인명 및 재산피해를 야기할 뿐 아니라, 교통체증 유발, 전력 문제 발생, 수인성 전염병 확산 등의 다양한 문제를 발생시킬 수 있는데(강정은 외, 2011), 인구 밀도가 높은 도시의 특성상 비도시지역보다 피해 및 손실이 더 크기 때문에 체계적으로 관리할 필요가 있다.

국내 도시 중 가장 밀도가 높은 서울시의 최근 침수 피해 사례를 보면 배수시설이 부족하거나 불량한 지역, 저지대에 위치한 지역, 반지하 주택 혹은 지하공간이 많은 지역 또는 불투수 포장 면적의 비율이 높은 지역 등에서 침수 피해가 빈번히 발생하고 있다(신상영, 박창열, 2014). 도시화가 진행되고 자동차 보유량이 증가함에 따라 불투수 지역은 확대되었고 산림 및 녹지 공간은 축소되었다. 이에 도시 지역과 가장 관련성이 높은 요인은 불투수면의 비율이라고 할 수 있다. 특히 우리나라의 도시들은 급격한 도시화를 겪으면서 방재의 개념이 충분히 반영되지 못한 개발 과정을 거쳤다. 이로 인해 불투수면은 급격히 확대되었고, 서울시의 경우 약 40년 동안 불투수면 비율이 6배 가량 증가했다.[1)]

1) 서울은 도시화 전인 1962년 7.8%에 불과했던 불투수면 비율이 도로 등 기반시설 확대와 건물 증가로 2010년에는 47.7%까지 높아졌다. 서울 표면의 절반이 물이 제대로 빠지지 않는 셈이다.
"서울시, '빗물 땅 흡수율 높여 홍수 예방...' 건강한 물순환도시 조성 종합계획 발표", 헤럴드 경제, 2013, [2016.05.12]

불투수면의 증가는 지표면 유출을 증가시키는데, 이는 곧 배수시설의 부담 증가로 이어지며 이는 곧 수해 피해의 증가로 연결된다(강정은 외, 2011; 홍원정 외, 2010). 2010년 9월 21일에 서울 광화문에서 발생한 홍수 피해와 2011년 7월 서울 강남 일대에서 발생한 호우로 인한 침수 피해 역시 불투수면 증가로 인해 물 빠짐이 원활하지 못해 침수 피해가 극대화됨을 보여주는 예라고 할 수 있다. 국내외 관련 연구에서 불투수면적은 풍수해 피해액과 양(+)의 관계를 보였으며(심재헌, 김자은, 2012) 불투수면이 증가함에 따라 유출량 및 유출률이 증가하여 수해 취약도를 높인다는 것이 확인되었다(Shueler, 1987; Schueler, 1994; Sheng and Wilson, 2009).

현재 불투수면 관리 방안은 그린인프라스트럭처와 같은 기반시설 및 건축적인 측면에 초점을 맞추고 있다(강정은 외, 2011; 강정은 외, 2012; 강정은 외, 2014; 박정일, 2012). 하지만 보다 장기적으로 지속가능하게 관리하기 위해서는 도시계획적인 접근이 필요하다. 도시계획을 통한 대책들은 주로 토지이용을 제어하는 것이다. 토지이용은 인구밀도, 공간구조, 생활양식 등에 영향을 미치므로 같은 재해가 발생했을 때 대처 방식에 차별성을 가지게 한다(도시정보, 2015). 따라서 토지이용은 불투수면 관리를 위한 도시계획적 대책 수립에 있어 중요하게 고려해야하는 요소 중 하나라고 할 수 있지만 사유재산권에 직접적인 영향을 미치기 때문에 실제로 적용하기 위해서는 예상 효과 및 적용가능성을 반드시 검토해야 한다(신상영, 박창열, 2014). 이에 토지이용과 불투수면 간의 보다 구체적인 관계를 파악하기 위해 본 연구에서 '토지이용 특성에 따라 불투수 면적 비율에 차이가 발생하는가?' 와 '차이가 발생하는 경우, 토지이용특성에 따라 불투수면 비율에 차이가 발생하는 이유는 무엇인가?'를 연구 질문으로 설정하고 연구를 진행하고자 한다. 이는 토지이용특성에 따라 어떤 매개요인에 의해 불투수면 비율이 변화되는지 파악하는 것을 목표로 한다.

2. 연구의 범위

연구의 공간적 범위는 서울시 423개 행정동으로 설정하였다. 서울시는 국내 시도 중 가장 도시화된 곳으로 다양한 토지이용특성을 보이고 있는 곳이다. 또한 데이터를 구하기 용이하다는 점에서 공간적 범위로 설정하였다. 그리고 서울시를 연구 대상지로 설정함에 있어 분석 단위의 광역화로 인해 결과의 왜곡이 나타날 수 있다는 점에서 행정동을 분석단위로 설정하였다. 행정동 단위로 연구를 진행하면 보다 세밀하고 국지적인 분석이 가능할 것으로 판단될 뿐 아니라 각 동별로 수해방지계획을 수립하는 데에도 도움이 될 수 있을 것으로 기대된다.

연구의 내용적 범위는 토지이용특성 중 도시적 토지이용을 대상으로 한다. 도시의 토지이용이 불투수면 비율에 어떠한 영향을 미치는지 파악하는 것이 연구의 목적이기 때문이다. 도시적 토지이용을 분류하는 기준은 다양하다. 국토교통부 국토지리정보원에서 분류하는 토지이용현황도 분류체계에 따르면 대분류 중 도시 및 주거지를 도시적 토지이용이라 할 수 있다. 여기에는 주거지 및 상업지, 교통시설, 공업지, 공공시설물, 기타시설 등이 포함된다. 서울시 도시생태현황도에서 분류하는 토지이용유형 기준에 따르면 도시화 지역은 주택지, 상업업무시설지, 주거상업혼합지, 공업지, 공공용도지, 교통시설지, 도시부양시설지, 나지, 특수지역 등으로 분류된다. 본 연구는 분석단계에서 서울시 도시생태현황도에서 취득한 자료를 이용하므로 2015 서울시 도시생태현황도에서 분류하는 도시적 토지이용으로 내용적 범위를 설정하였다.

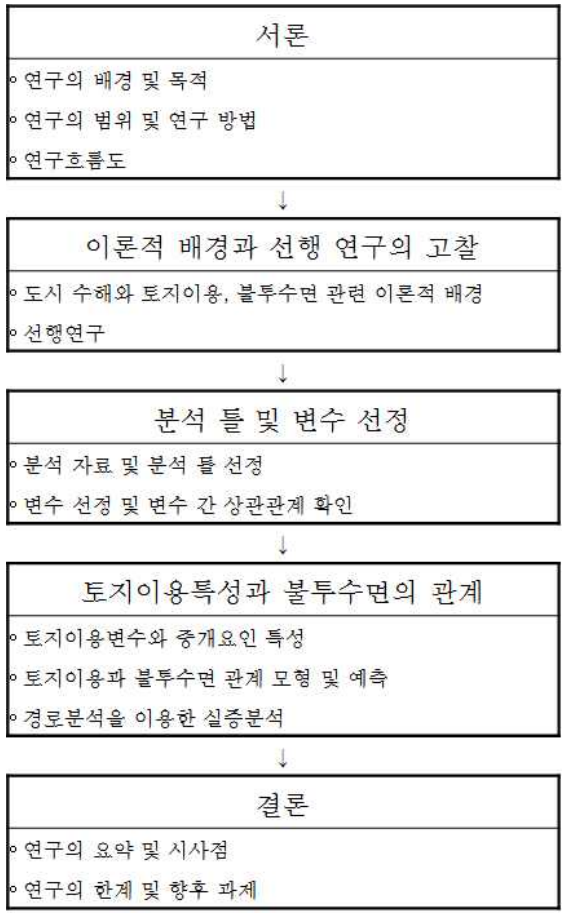
3. 연구의 방법

이 연구는 각 토지이용특성에 따라 불투수면에 영향을 미치는 매개요인이 어떻게 달라지는지 파악하고 이를 통해 토지이용과 불투수면의 관계를 구체적으로 설명하기 위한 연구이다. 따라서 기존 연구 고찰을 통해 도시의 토지이용과 불투수면 간의 관계를 연구해야 할 필요가 있음을 제시하고, 서울시 행정동을 대상으로 실증분석을 진행하였다.

이론고찰 부분에서는 도시에서 수해 관리의 중요성, 토지이용과 수해의 관계, 불투수면과 수해의 관계에 대해 살펴본다. 실증분석 부분에서는 첫째, 토지이용특성과 불투수면의 구체적인 관계 분석을 위한 분석틀을 설정하고 분석에 사용할 자료를 선정한다. 둘째, 선정된 자료를 행정동 별로 취합하여 토지이용특성 변수와 건폐율, 도로율, 녹지율이 어떤 특징을 갖는지 살펴본다. 셋째, 경로분석을 이용하여 토지이용특성과 건폐율, 도로율, 녹지율, 그리고 불투수면 비율의 관계를 파악한다.

분석결과를 토대로 각 토지이용특성은 매개요인인 건폐율, 도로율, 녹지율에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고 각 매개요인을 통해 불투수면 비율을 어떻게 변화시키는지 알아본다. 이를 통해 토지이용계획을 통해 불투수면 감소 및 수해 취약도 개선에 도움을 줄 수 있다는 정책적 함의를 도출한다.

4. 연구 흐름도



<그림 1> 연구흐름도

Ⅱ. 이론적 배경 및 선행 연구 고찰

1. 이론적 배경

1) 토지이용과 수해

최근 10년간 수해를 비롯한 자연재해 피해는 인명 피해 270명, 이재민 206,519명, 침수면적 약 101,072ha으로 총 6조 9440억원 가량(2014년 환산가격 기준)의 재산피해가 발생했다(국민안전처, 2014). 이렇게 자연재해 피해액이 커지면서 사후처리방법에 중점을 두는 것보다 사전예방 중심의 대책을 강구해야 한다는 필요성이 제기되고 있다. 이러한 관점에서 토지이용계획은 가장 효과적인 사전 대책 수단으로 인식되고 있다. 개발 단계에서부터 수해 취약도 및 위험도가 높은 지역을 고려함으로써 피해를 최소화 할 수 있기 때문이다(최충익, 2003).

환경친화적이고 사전예방적인 토지이용계획은 다음과 같은 항목을 포함한다. 첫째, 보존 및 개발용도의 토지이용을 배분함으로써 성장과 개발 속도를 조정 및 관리한다. 둘째, 보전용지의 우선적 배분과 도시용 토지의 공급을 제한한다. 셋째, 도시성장을 관리하고 토지이용 밀도를 관리한다. 넷째, 공급측면을 고려하여 입지 및 면적을 배분함으로써 가용 토지 차원의 유한성을 인식하고 수요와 공급을 동시에 고려한다(「토지이용계획론」, 2015).

수해로 인한 침수 피해를 줄이기 위한 방법으로써 토지이용의 역할은 두 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 우수 유출을 최소화하는 토지이용을 통해 불투수율 및 유출계수를 낮춤으로써 배수시설에 대한 부담을 최소화하고 침수피해를 줄이는 간접적인 방법이 있다. 이는 최대한 자연적인

형태의 물 순환을 유도하는 저영향개발(Low Impact Development: LID)과 같은 방법이라고 할 수 있다. 둘째, 저지대 및 과거 침수 피해지역 또는 장래에 예상되는 침수피해지역을 식별하고 해당 지역에서 개발 입지와 토지이용을 제어하는 직접적인 방법이 있다(신상영, 박창열, 2014).

우리나라의 경우 광역도시계획, 도시기본계획, 도시관리계획 수립 시 방재계획에 대한 지침에서 방재 관련 내용을 다루고 있다. 법적으로는 '국토의 계획 및 이용에 관한 법률'과 '자연재해 대책법'에서 재해 취약지역 및 재해 위험지역을 지정할 법적 근거를 제시하고 있다. 하지만 동일한 지역에 대해 각각의 법규에서 토지이용이 중복 지정되기도 하고 세부 운영에 대한 기준이 없거나 명확하지 않아 한계가 있다(대한국토도시계획학회, 2015).

2) 불투수면과 수해

불투수면은 '빗물이 토양 표면에 스며들지 않아 지하로 침투되지 않는 면적'을 말하는 것(Bae et al., 2011)으로, 도시화의 진행에 따라, 특히 자동차의 증가로 인한 도로 확장 및 주차장 조성으로 인해 급격히 확대되었다(최지용, 2003). 도시화 과정은 계속해서 진행되고 있어 앞으로도 불투수면의 확대가 지속될 것이라 보인다. 불투수면이 증가한다는 것은 지표면을 통해 지하로 물이 흘러들어가는 양이 줄어든다는 뜻이고 이는 곧 표면 유출이 증가함을 의미한다. 표면 유출이 증가하면 물 빠짐을 돕는 배수시설에 부담이 가는데, 배수시설이 유출의 양을 감당하지 못하면 침수 피해가 발생하게 되는 것이다. 이러한 경우, 지표 위에 존재하는 비점오염물질의 양이 증가하여 수질오염이 발생하기도 하고, 물 순환 시스템의 왜곡이 일어나 침수 피해가 더 확대되기도 한다. 따라서 환경적 측면과 방재 측면에서 불투수면의 관리는 매우 중요하다.

(1) 불투수율과 수해 영향

불투수율에 의한 유출계수 증가는 이미 국내외 많은 연구에서 확인되고 있다(Shueler, 1987; Schueler, 1994; Sheng and Wilson, 2009). 국내 연구에서는 청계천 유역을 대상으로 불투수율의 변화가 물순환에 미치는 영향을 분석한 결과, 불투수율이 95%에서 80%로 줄어들면 표면유출이 9.5% 감소되고, 60%로 줄어들면 표면유출이 21.6% 감소하는 것으로 나타났다(노성진 외, 2004). 경안천 유역을 대상으로 한 연구에서도 도시적 토지이용이 약 7.5% 증가함에 따라 총 유출량이 0.6~1.0% 증가하는 것으로 나타났다(박민지, 권형중, 김성준, 2005).

(2) 불투수면 저감을 위한 노력

최근 선진국에서는 물 순환 개선을 통해 홍수를 예방하고 기후변화 레질리언스가 높은 도시를 구축하기 위해, 그린인프라스트럭처의 효과를 강조하고 있다(Josh Foster, Ashley Lowe, and Steve Winkelman, 2011). 이에 따라 그린인프라스트럭처를 실제로 기후변화 적응 전략으로 활용하기 위한 구체적인 방안들이 다양하게 논의되고 있으며, 미국과 유럽을 중심으로 그린인프라스트럭처의 방재 기능을 최대한 활용할 수 있는 대책 수립이 현실화 되고 있는 추세이다.

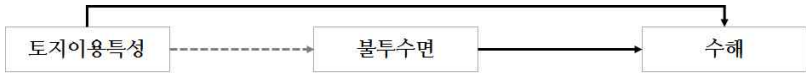
서울시의 경우, 홍수에 취약한 지역은 저류효율이 높은 인공저류시설의 적극적 도입을 추진하여 식생수로· 침투화분· 통로화단· 투수성 포장· 빗물 정원· 지하저류 탱크· 빗물이용시설· 동네 숲· 수변 완충대· 지붕녹화· 옥상녹화 시설 등의 설치를 권장하는 방식으로 그린인프라스트럭처의 활용을 제안하고 있다. 또한 가로변 녹지율, 지역주민 휴식 공간, 생활권 주변 녹지 등이 부족한 것과 도심에서 토지보상비 없이 신규로 녹지조성이 어려운 것을 해결하기 위해 아파트 거주세대가 서울시 주거형태의 절반을 차지(세대수 대비56%, 3,351단지)하는 '아파트 열린 녹지

만들기 사업'을 추진하고 있다. 아파트 담장 허물기 및 사유녹지를 활용한 준 공개녹지 개념도로 설계, 조성 과정에 주민의견 수렴 등 시민참여 녹화사업으로 전개하여 아파트 관리주체와 녹화협약을 체결하고, 신규 아파트는 사업승인 협의 시 조건에 열린 숲길 조성을 권장 유도하고 있다(서울특별시, 2015; 김영란·김갑수.2008).

뉴욕시에서는 도시 내 아스팔트와 건축물 등 불투수층 토지피복을 자연의 원리대로 빗물을 침투 및 저류하는 그린인프라스트럭처의 구축을 통해 강우유출수의 10퍼센트를 향후 20년 동안 장기적으로 감소하겠다는 목표를 설정하고 그린인프라스트럭처 계획(Green Infrastructure Plan)을 시행하고 있다. 그린인프라스트럭처 계획(New York City Green Infrastructure plan)에 따르면, 이미 고밀·고층으로 개발된 점을 감안하여 기 개발지역에서는 빗물탱크, 옥상 저류지 조성 등의 방안을 적극적으로 추진하고 있으며, 도로변에는 식생수로 및 가로수, 녹지도로, 투수성 포장 등을 설치하도록 검토되고 있다. 또한 공원에서는 저류 및 생태침투시설, 생태수로, 복원습지 등을 설치하고 이들의 성능을 분석하여 설치를 장려하고 있다(박정일, 2012; Emily Lloyd, 2014).

2. 선행 연구 고찰

도시의 토지이용과 불투수면 비율에 관한 기존의 선행연구들을 검토해 보면 토지이용특성이 수해에 영향을 주는 것을 확인하는 연구(최충익, 2003; 신상영,박창열, 2014; 박창열, 신상영, 손은정, 2013)와 불수투면 비율이 수해 발생 시 취약도를 높이는 것을 보여주는 연구(심재헌, 김지은, 2012; 박창열, 신상영, 2014; 노성진 외, 2004, Shueler, 1987; Schueler, 1994; Sheng and Wilson, 2009)가 있다. 이처럼 토지이용과 수해 간의 관계, 불투수면 비율과 수해 간의 관계에 대한 연구는 활발하게 이루어지고 있으나 토지이용과 불투수면 비율 간의 관계에 있어서는 아직 연구가 미흡한 상태이다. 따라서 <그림 2>에서처럼 토지이용특성과 불투수면, 수해 간의 관계를 파악하기 위해서는 현재 연구가 미흡한 토지이용과 불투수면 간의 관계에 대해 연구할 필요가 있다.



<그림 2> 선행연구 모식도

신상영, 박창열(2014)의 연구는 2010년 9월과 2011년 7월에 발생한 침수 피해를 사례로 도시지역의 토지이용 특성과 침수피해지역 간의 관계를 실증적으로 분석하였다. 그 결과 침수피해에 가장 큰 관련성을 보이는 토지이용 특성은 주거 상업혼재지라는 결론을 도출하였다. 또한 주거 상업혼재지를 비롯한 침수취약지역들은 저지대 완경사, 높은 불투수면 비율 등의 특성을 보이는 지역임을 제시하였다.

박창열, 신상영, 손은정(2013)의 경우 서울시의 상습침수지역을 선정하고 다변량 분석을 이용하여 유형화하였다. 그 결과 서울시의 상습침수

지역은 상업 업무지 비율이 높은 유형, 하천변 또는 저지대 위치 유형, 단독주택지 비율이 높은 유형의 세 유형으로 구분하였다. 그리고 모든 유형에서 불투수면 비율이 높게 나타남을 제시하였다.

이렇게 '침수에 취약한 토지이용특성을 보이는 지역에서 불투수면 비율이 높게 나타났다.' 라는 현상적 측면을 보여주는 연구 결과로는 토지이용특성에 따른 불투수면 비율 차이에 대해 간접적으로만 유추할 수 있다. 국내외에서 이러한 간접적인 관계를 직접적으로 분석해보고자 하는 시도가 이루어졌다.

최지용, 고은주(2008)는 기존 시가지인 성남시와 신도시 개발지인 안양시 학의천 일대를 대상으로 토지이용별 불투수면 비율을 조사한 결과, 교통시설(92.1%), 공업(86.1%), 상업(80.4%), 주거지역(72.8%) 순으로 높게 나타났다.

Karen Capiella, Kenneth Brown(2001)는 Baltimore County (MD), Howard County (MD), James City County (VA), and Lancaster County (PA) 등 4개의 카운티를 대상으로 토지이용별 평균 불투수면 비율을 살펴보았는데 그 결과 상업용도에서 72.2%, 공동주택지에서 44.4%, 단독주택지에서는 30%이하로 나타남을 확인하였다.

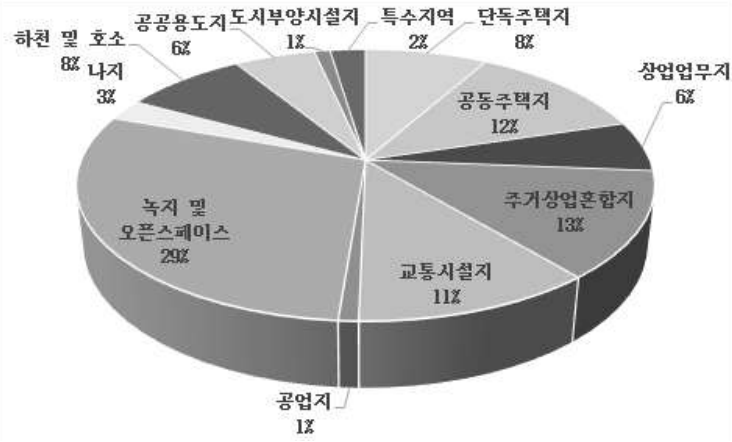
하지만 위의 두 연구 역시 현상적인 면을 보여줄 뿐 각 토지이용특성에 따라 불투수면 비율의 차이를 유발하는 구체적인 원인에 대해서는 설명하지 못하고 있다. 본 연구에서는 토지이용특성과 불투수면의 관계에 있어 각 토지이용특성에 따라 어떤 매개요인이 어떻게 작용하여 불투수면을 변화시키는지 구체적으로 파악한다는 점에서 기존의 연구와 차이점을 가진다.

Ⅲ. 분석 틀 및 변수 선정

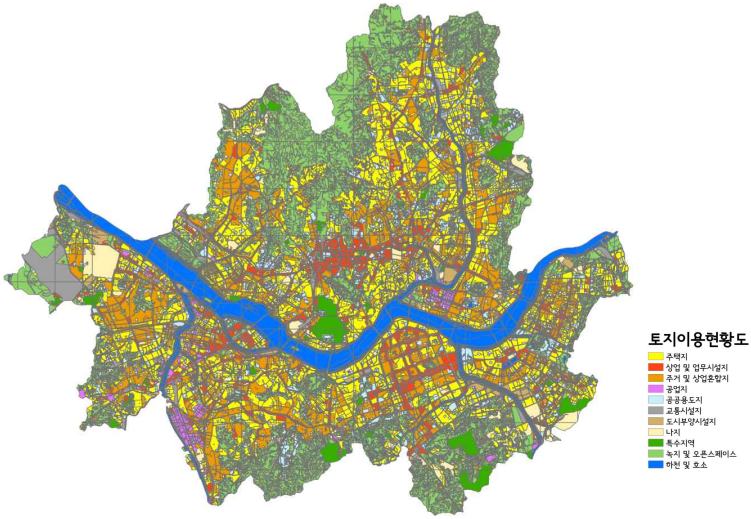
1. 분석 자료 및 표본

1) 서울시 토지이용 현황

서울시를 대상으로 각 토지이용별 면적의 비율을 계산한 결과, 녹지 및 오픈스페이스의 비율이 29.2%로 가장 높게 나타났고, 시가화 지역 중에서는 주거상업혼합지의 비율이 12.64%, 공동주택지의 비율이 12.12%, 교통시설지의 비율이 11.39% 순으로 높게 나타났다. 이 외에 단독주택지의 비율은 8.17%, 상업업무시설지의 비율은 6%, 공공용도지의 비율은 5.41%로 나타났다(<그림 3> 참고).



<그림 3> 서울시 토지이용별 면적 비율



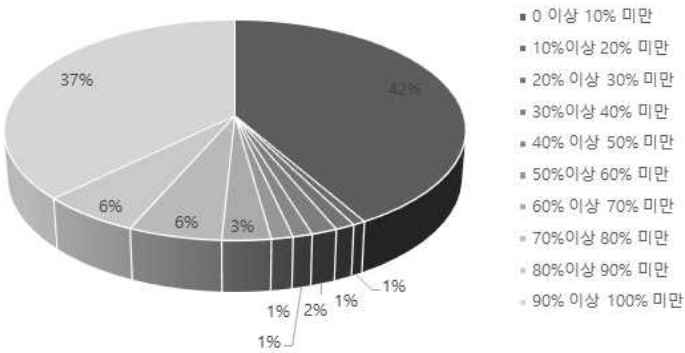
출처 :「2015 서울시 도시생태현황도」, 서울시 시설계획과

<그림 4> 서울시 토지이용현황도(2015)

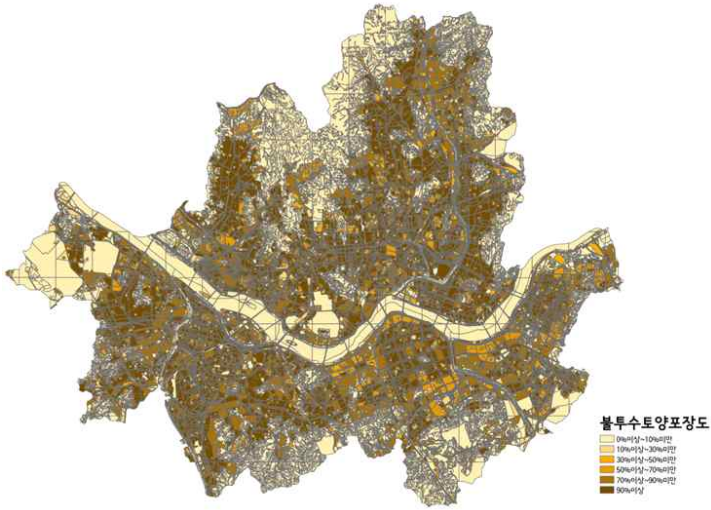
2) 서울시 불투수면 비율 현황

2015년 서울시의 불투수토양포장비율의 평균은 약 48.5%이다. 이 중 불투수토양포장비율이 10% 이하인 곳의 면적은 약 25,343.9ha로 서울시 전체 면적의 41.6%에 해당한다. 서울시의 산지 및 하천의 면적이 총 17,989.6ha로 서울시 전체 면적의 약 29.6%를 차지하고 있음을 감안하면 불투수토양포장비율이 10% 이하로 낮게 나타나는 곳은 서울시 전체 면적의 약 12%에 불과하다고 할 수 있다. 반면 불투수토양포장비율이 90% 이상인 곳은 22664.5ha로 서울시 전체 면적의 약 37.2%를 차지한다. 불투수토양포장비율이 70% 이상인 곳은 약 29946.1ha로 서울시 면적의 약 49.2%를 차지하고 있다(<그림 5> 참조). 즉, 서울시 전체 면적의 절반 가량이 불투수토양포장비율 70%이상임을 알 수 있다. 따라서 한강

과 산지를 제외하고 보면 서울시의 불투수토양포장비율은 매우 높다고 할 수 있다.



<그림 5> 서울시 불투수토양포장비율별 면적 비율



출처 :「2015 서울시 도시생태현황도」, 서울시 시설계획과

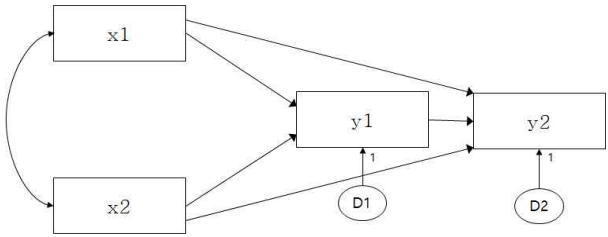
<그림 6> 서울시 불투수토양포장도(2015)

2. 연구방법 및 분석 틀

1) 구조방정식

구조방정식(Structural Equation Modeling, SEM)은 변수들 간의 인과관계 및 상관관계를 검증하기 위한 통계기법으로서 확인적 요인분석(Confirmatory Factor Analysis, CFA)과 경로분석(Path Analysis)이 결합된 형태이다. 구조방정식은 잠재변수와 함께 측정오차를 구분하여 사용하기 때문에 회귀분석보다 더 정확한 구성개념 간 인과관계를 도출한다는 장점이 있다. 또한 회귀분석은 다수의 독립변수를 선정하는 것은 가능하나 종속변수는 하나여야 한다는 제약이 있는 것에 반해 구조방정식 모델은 다수의 독립변수(외생변수)와 다수의 종속변수(내생변수) 간의 관계 추정 뿐 아니라 종속 변수 간의 인과관계를 동시에 추정하는 것도 가능하기 때문에 복잡한 인과관계를 분석할 때 용이하다(우종필, 2015).

구조방정식 모델의 하나인 경로분석은 다수의 독립변수와 다수의 종속변수 간 인과관계를 분석하는 방법으로 관측변수들 간의 관계로만 이루어져있다. 기본 형태는 <그림 7>과 같다.



출처: 우종필(2015),「우종필 교수의 구조방정식 모델 개념과 이해」

<그림 7> 경로분석의 기본 형태

기본 형태의 모델에서는 외생변수인 x1과 x2가 서로 상관을 가지고 있으며 x1과 x2는 내생변수인 y1과 y2에 영향을 미치고, y1이 다시 y2에 영향을 미치고 있음을 설명하고 있다. 여기서 D1과 D2는 외생변수인 x1과 x2에 의해 설명되지 못한 구조오차를 의미하는 변수이다(우종필, 2015).

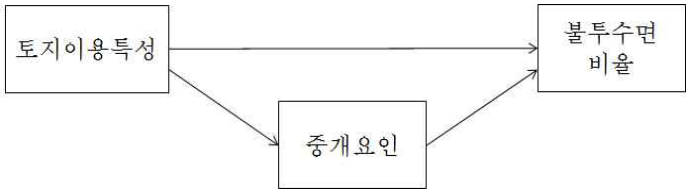
구조방정식을 통해 얻은 모델의 적합성을 판단하기 위한 적합도 지표는 트게 절대적합치, 증분적합치, 간명적합치의 세 가지 유형으로 나눌 수 있다. 절대적합치는 구조모델과 측정모델 전반에 대한 모델 적합도만을 평가하는 지표로, 카이자승검정, 비중심모수(Noncentrality Parameter, NCP), 적합지수(Goodness-of-fit-index, GFI), 조정적합지수(Adjusted goodness-of- fit-index, AGFI), 잔차평균자승이중근(Root mean Square residual, RMSR), 근사오자승평균의 이중근(Root mean square error of approximation, RMSEA), 기대교차타당성지수(Expected cross validation index) 등이 있다. 증분적합치는 추정모델과 연구자에 의해 설정된 다른 모델과의 적합도를 비교하는 것으로, 터커-루이스지수(Turker-Lewis Indx, TLI), 표준적합지수(Normed Fit Index, NFI), 비교적합지수(CFI), 증분적합지수(IFI), 상대적합지수(RFI) 등이 있다. 간명적합치는 추정된 계수에 의해 달성된 적합도의 양을 결정할 목적으로 각기 다른 추정계수의 수를 갖는 모델을 비교하기 위해 적합도를 이용하는 것으로, 조정적합지수(Adjusted goodness-of- fit-index, AGFI), 간명기초적합지수(Parsimonious goodness-of-fit-index, PGF), 아카이케정보기준(Akaike Information Creterion, AIC) 등이 있다. 기타 적합도 평가 방법으로는 표준잔차를 이용하는 방법과 수정지수, t값 등을 이용하는 방법이 있다(이희연, 노승철, 2013).

이 연구에서는 모델의 전반적인 적합도를 검정하기 위한 절대적합지수 중에서 대표적으로 쓰이는 카이자승검정과 여러 속성들이 조합되어 있는 근사오차자승평균의 이중근(RMSEA), 그리고 잔차평균자승이중근(RMSR)을 확인하였다. 또한 기초모델에 비해 향상된 정도를 측정해주

는 증분적합지수에 있어서는 비교적합지수(CFI)를 확인하였다.

2) 분석 틀

본 연구에서 파악하고자 하는 '토지이용특성과 불투수면 비율의 관계'를 알아보기 위해서 다음과 같은 분석 틀을 고안하였다(<그림 8> 참조).



<그림 8> 분석 틀

위의 분석 틀을 이용하여 경로분석을 시행하였다. 본 연구는 경로분석 중 재귀모델(Recursive model)에 해당하는 것으로 외생변수인 토지이용특성이 매개요인에 미치는 영향, 그리고 매개요인이 내생변수인 불투수면 비율에 미치는 영향을 한 방향의 관계로 설정하였다. 또한 매개요인 간에 상관관계가 있을 수 있다는 점과 매개요인 외의 다른 요인이 영향을 미칠 수 있다는 점을 부가적으로 고려하여 매개요인별로 경로분석을 시행하였으며 직접경로를 추가하여 다른 요인의 영향력을 유추할 수 있도록 하였다.

3. 변수 구성

1) 토지이용특성

토지 이용이란 '일정 토지에서 일어나는 인간 활동의 형태'로, 장래의 바람직한 토지이용체계를 이루기 위해 토지이용계획에 의해 필요한 용도와 분량의 토지를 용도별 특성에 따라 적절하게 입지 및 배분하고 있다. 이 연구는 토지이용 중 도시적 토지이용에 초점을 두고 있는데, 이는 도시의 토지이용이 불투수면 비율에 어떠한 영향을 미치는지 파악하기 위함이다. 분석에 사용되는 자료로는 「서울시 2015 도시생태현황도」를 이용하였다. 「서울시 2015 도시생태현황도」의 분류 기준에 따르면 토지이용은 크게 도시화 지역을 나타내는 주택지, 상업업무시설지, 주거상업혼합지, 공업지, 공공용도지, 교통시설지, 도시부양시설지, 나지, 특수지역과 녹지 및 오픈스페이스를 나타내는 녹지 및 오픈스페이스, 하천 및 호소 등으로 구분된다(<표 1> 참조).

해당 자료가 구분하고 있는 토지이용 중 단독주택지, 공동주택지, 상업업무시설지를 독립변수로 선정하였다. 그 이유는 첫째, 서울시에서 녹지 및 오픈스페이스 비율과 도로 등을 제외하고 많은 비율을 차지하는 토지이용특성이 주거상업혼합지, 단독주택지, 공동주택지, 상업업무시설지이기 때문이다. 둘째, 기존 문헌에서 불투수면 비율과 유의한 관계를 보인 토지이용특성이 단독주택지, 공동주택지, 상업업무시설지 등이기 때문이다. 셋째, 주거상업혼합지는 주거용 건물과 상업용건물이 각각 30% 이상 혼재되어 있는 지역인데 그 특징을 정의하기 어려워 변수에서 제외하였다. 또한 원 자료에서 나타내는 공동주택지에는 아파트 단지 외에 다세대 주택, 연립주택 등이 포함되어 있는데 본 연구를 진행함에 있어 다세대주택, 연립주택 등은 아파트 단지와 구분하는 것이 적합하다고 판단하여 아파트 단지만을 분류하여 연구를 진행하였다.

<표 1> 도시생태현황도의 토지이용유형

	유 형	토지이용유형	내 용
도시화지역	주택지	단독주택지	주거용 단독주택(다가구 포함)이 70% 이상인 블록
		공동주택지	다세대주택, 연립주택, APT
	상업업무 시설지	상업업무 시설지	상업업무용 건물이 70% 이상인 블록
	주거상업 혼합지	주거상업 혼합지	주거용 건물과 상업용 건물이 각 30%이상인 블록
	공업지	기존공업지	공업용 토지이용이 70% 이상인 지역 -대규모 차량정비 공장, 소규모 공장 밀집지역, 공장 지역
		아파트형 공장	신규 조성된 아파트형 공장
	공공용도지	교육시설	초, 중, 고교, 대학교, 도서관 등 대규모 교육시설 (미술관, 박물관 포함)
		행정기관	건물 이외 일정 면적의 비건폐지가 있는 행정기관
		병원 및 요양기관	건물 이외 일정 면적의 비건폐지가 있는 종합병원 및 요양 기관
		연구기관	건물 이외 일정 면적의 비건폐지가 있는 국가 연구기관
		대규모 운동시설	종합경기장, 건물 이외의 비건폐지가 있는 운동시설
		대규모 광장	교통광장, 경관광장 등 광장으로 시설 구분이 되는 지역
	교통시설지	철도 및 관련시설	철로, 역사 및 관련 주차장, 차량 기지
		도로 및 관련시설	도로, 주차장, 버스종점, 화물터미널, 여객터미널, 운전면허시험장, 자동차 검사소
		공항 및 관련시설	김포공항
	도시부양 시설지	하수처리장	하수처리를 위한 시설 및 그 부대시설
		유수지	빗물펌프장과 연결된 빗물을 모으는 장소
		배수지	상수도 공급을 위해 비교적 지대가 높은 곳에 위치한 수돗물 저장시설

도시화지역	도시부양시설지	매립완료된 쓰레기매립지	매립 완료된 쓰레기 매립장
		정수장	상수도 공급을 위한 시설 및 그 부대시설
		발전소 및 변전소	당인리 발전소, 변전소, 통신시설 포함
		자원회수시설	생활쓰레기 소각 및 발전을 위한 종합시설
		농수산물 시장	가락동, 노량진 등 대규모 시장
		기타 폐기물 관련시설	폐기물 적재지, 재활용품 적재지, 건설폐기물 중간집하장, 청소종합시설 등
	나지	건설현장지역	새로운 건물이 건축되는 지역 건물, 도로 등 건설을 위하여 파헤쳐진 지역
		건설현장이 아닌 나지	현재 특정 용도 없이 방치된 나지
		야적장	판매 목적 등으로 폐기물이 아닌 상품을 야적한 지역(고물상 등)
	특수지역	군사시설	군주둔시설 및 유사시설
		조사불가능지	일반이의 통행이 금지되어 조사가 불가능한 지역
녹지및오픈스페이스	녹지 및 오픈스페이스	산림	현재 산림이 유지되고 있는 지역
		논	현재 논으로 경작되는 지역
		밭	현재 밭으로 경작되는 지역
		시설경작지	비닐하우스, 온실 등이 설치된 경작지
		과수원	현재 과수원으로 이용되는 지역
		묘포장	현재 묘목생산을 목적으로 경작되는 지역
		조경수목식재지	조경을 목적으로 수목을 식재한 지역
		묘지	현재 묘지로 이용되는 지역으로 공동묘지와 왕릉 포함
		골프장	골프장 및 부대시설
		식물원	옥외에 조성된 식물원
		고궁	고궁(경복궁 등)
		문화유적지	고궁 및 묘지를 제외한 문화유적지
		초지	현재 풀밭으로 유지되고 있는 지역
		소규모체육시설	배드민턴장, 운동장 등의 소규모 체육시설
	하천 및 호소	수면	물로 덮인 지역
		수변	하천 제외지 또는 호소의 수면을 제외한 습지
		하상노출지	하천 내 바닥이 노출된 지역

출처 :「2015 서울시 도시생태현황도」, 서울시 시설계획과

이 연구에서 독립변수로 선정한 토지이용특성은 다음과 같다. 우선 주택지에서는 아파트와 그 외의 주택 유형을 비교하는 것이 적합할 것이라고 판단되어 서울시 도시생태현황도에서 제시하는 공동주택지에서 아파트에 해당하는 지역만을 분류하여 연구를 진행하였다. 이 연구에서 단독주택지는 단독주택, 다가구 주택, 다세대주택, 연립주택이 70% 이상인 블록을 나타내며, 공동주택지는 아파트 단지를 의미한다. 상업업무시설지는 상업·업무용 건물이 70% 이상인 지역을 나타내는데 여기서 상업건물이란 상가, 은행 등 금융건물, 약국, 숙박시설, 예식장, 주유소, 카센터, 백화점, 유치원, 고층업무빌딩, 종교시설, 소규모 개인병원, 목욕탕, 골프연습장 등을 포함한다(<표 2> 참조). 원 자료에서 각 블록별로 정리되어 있는 데이터를 행정동 단위로 취합하여 가공 후 분석을 진행하였다.

<표 2> 토지이용특성 변수

구분	내 용
단독주택지	단독주택, 다가구 주택, 다세대주택, 연립주택 등이 70% 이상인 블록
공동주택지	아파트 단지
상업업무 시설지	상업업무용 건물이 70% 이상인 블록 (상가, 은행 등 금융건물, 약국, 숙박시설, 예식장, 주유소, 카센터, 백화점, 유치원, 고층업무빌딩, 종 교시설, 소규모 개인병원, 목욕탕, 골프연습장 등)

2) 불투수면

불투수면은 '빗물이 토양 표면에 스며들지 않아 지하로 침투되지 않는 면적'을 말하는 것(Bae et al., 2011)으로, 유사한 개념으로 불투수 지표면이 있다. 불투수지표면은 건물과 불투수 포장으로 덮여 있는 면적이라고 정의할 수 있다. 그리고 불투수 지표면은 기능적인 측면에서 건물체계(Rooftop)와 교통체계(Transport system) 으로 이루어져 있다(Shueler, 1994). 물리적 특성에 의해 불투수지표면을 분류해보면 건물로 덮여진 지역인 건폐지와 비건폐지역 중 불투수 포장지역, 그리고 나지

중 배수시설을 설치하여 빗물이 지하로 유입되지 않는 지역으로 분류할 수 있다(서울시, 2001).

불투수면 산정방법에는 크게 두 가지 방법이 있는데, 단순히 불투수면 면적의 총 합을 산정하는 방법(Total Impervious Area : TIA)과 수계와 연계된 유효 불투수면 면적만을 산정하는 방법(Effective Impervious Area : EIA)이 있다(Sutherland, 1995). 두 방법 가운데 많이 쓰이는 것은 총 불투수면의 면적을 산정하는 방법으로, 유효 불투수면 산정에 비해 시간적으로도 비용 면에서도 효율적이다. 총 불투수면 산정 방법은 도로, 주차장, 건물 등 유역 내 모든 불투수면을 산정하는데, 일반적으로 현장조사, 토지이용별 불투수계수 이용, 도로밀도 활용, 인구밀도 활용 등의 방법이 있다.

현장조사는 토지이용현황도, 인공위성사진, 항공사진을 비롯하여 현장 조사 내용을 자료로 불투수면에 속하는 면적을 모두 더하는 방법이다. 불투수면 면적을 파악하기 위한 방법 중 가장 정확한 방법이지만, 비용이 많이 들고 시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 따라서 예산이 풍부하거나 매우 정확한 측정이 요구되는 경우에 사용하기 적합하다. 토지이용별 불투수 계수를 이용하는 방법은 각각의 토지이용 면적을 측정하고 관련된 불투수면 계수를 곱하여 불투수 면적을 측정하는 방법이다. 직접 측정하는 것만큼 정확하지는 않지만 비용효과적인 측면에서는 효율적이다. 그러나 불투수면 계수가 문헌마다 다를 뿐 아니라 토지이용별 불투수면 계수를 산출하는 방법이 다양하기 때문에 그 타당성에 있어 신뢰도가 떨어지고, 산출된 계수가 대부분 특정 지역을 대상지로 하고 있어 일반화하기 어렵다는 점에서 토지이용별 불투수 계수를 이용한 측정 방법은 잘 사용되지 않고 있다. 하지만 만약 정확한 토지이용별 불투수면 계수를 산정할 수 있다면 비용, 정확성, 시간 면에서 불투수 지표면 면적을 산정하는 데 가장 적합한 방법이라고 할 수 있다. 도로밀도 활용법은 불투수면과 강한 상관관계가 있는 도로 밀도를 통해 불투수면을 수정하는 간접적인 방법이다. 최근의 도로밀도의 시계열적 변화를 통해 장래의 불

투수면을 예측할 수도 있다. 미국의 올림피아 시에서 불투수면을 실제로 측정해 본 결과 교통 관련 불투수 면적이 전체 불투수 면적이 63~70%를 구성하고 있고(City of Olympia, 1995) 타 연구에서도 교통 관련 불투수면 요소인 도로와 불투수지표면의 비율의 상관관계가 높게 나타났다(May et al, 1997; Shueler, 1994). 인구밀도 활용방법은 불투수면과 인구밀도 사이의 관계에 근거하는 것으로 지역에 따라 다양하게 나타날 수 있다. 두 방법은 모두 단독으로 사용되기에는 정확성이 떨어지므로 다른 방법과 결합되어 이용하여야 한다.

이와 같이 불투수면 비율을 정확하게 계산하려면 직접 현장조사를 실시해야 하는데 서울시 전체를 대상으로 현장조사를 시행하는 데에는 무리가 있어 본 연구에서는 서울시 시설계획과에서 2015년에 제작한 「2015 서울시 도시생태현황도」를 연구 자료로 활용하였다. 해당 자료에서 지표로 사용하고 있는 '불투수토양포장비율'을 종속변수로 사용하였는데, 여기서 불투수토양포장비율은 전체 토지 면적 중 건폐 면적과 불투수 포장면적이 차지하는 비율을 나타낸다. 원 자료에서 블록별로 정리된 불투수토양포장비율을 바탕으로 행정동별 불투수토양포장비율을 계산하였는데 각 블록 면적의 가중치를 고려하여 실질적인 불투수토양포장비율의 값을 계산하였다.

3) 토지이용특성과 불투수면의 매개요인

불투수면의 구성 요소에 대해서는 다양한 의견이 있지만 공통적으로 건폐지와 비건폐지 중 불투수 지역이 불투수면을 구성한다고 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 불투수면 비율에 영향을 주는 요인으로 건폐율, 도로율, 녹지율을 변수로 선정하고자 한다.

건폐율이란 대지면적에 대한 건축면적(대지에 건축물이 둘 이상 있는 경우에는 이들 건축면적의 합계)의 비율[2]을 의미하며 전체 토지 면적 중 건물의 1층 면적 비율을 계산하여 구한다. 건폐율에 관한 규정으

로는 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따른 용도지역별 건폐율 기준이 있다. 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제84조에 따르면 제1종 전용주거지역에서는 건폐율 50퍼센트 이하, 제2종 전용주거지역에서는 건폐율 50퍼센트 이하, 제1종 일반주거지역에서는 건폐율 60퍼센트 이하, 제2종 일반주거지역에서는 건폐율 60퍼센트 이하, 제3종 일반주거지역에서는 건폐율 50퍼센트 이하, 준주거지역에서는 건폐율 70퍼센트 이하로 건축해야 한다. 상업지역의 경우 중심상업지역에서는 건폐율 90퍼센트 이하, 일반상업지역에서는 건폐율 80퍼센트 이하, 근린상업지역에서는 건폐율 70퍼센트 이하, 유통상업지역에서는 건폐율 80퍼센트 이하의 기준을 갖는다(<표 3> 참조).

<표 3> 용도지역별 건폐율

	구 분	건폐율 기준
주거지역	제1종 전용주거지역	50퍼센트 이하
	제2종 전용주거지역	50퍼센트 이하
	제1종 일반주거지역	60퍼센트 이하
	제2종 일반주거지역	60퍼센트 이하
	제3종 일반주거지역	50퍼센트 이하
	준주거지역	70퍼센트 이하
상업지역	중심상업지역	90퍼센트 이하
	일반상업지역	80퍼센트 이하
	근린상업지역	70퍼센트 이하
	유통상업지역	80퍼센트 이하

출처 :「국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령」제 84조

이 연구에서 도로율은 비건폐지 중 불투수지역에 해당하는 도로의 비율을 나타내는 변수이다. 도로율은 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」을 통해 용도지역별로 기준이 적용된다. 주거지

2) 건축법 제 55조

역에서는 도로율이 20퍼센트 이상 30퍼센트 미만이어야 하며 이 경우 주간선도로의 도로율은 10퍼센트 이상 15퍼센트 미만이어야 한다. 상업지역에서는 도로율이 25퍼센트 이상 35퍼센트 미만이어야 하며 이 경우 주간선도로의 도로율은 10퍼센트 이상 15퍼센트 미만이어야 한다. 공업지역에서는 도로율이 10퍼센트 이상 20퍼센트 미만이어야 하며 이 경우 주간선도로의 도로율은 5퍼센트 이상 10퍼센트 미만[3]이어야 한다(<표 4> 참조). 이 연구에서는 도로율을 계산하기 위해 전체 토지 면적 중 도로 면적이 차지하는 비율을 계산하였다.

<표 4> 용도지역별 도로율

구 분	도로율 기준	주간선도로 기준
주거지역	20퍼센트 이상 30퍼센트 미만	10퍼센트 이상 15퍼센트 미만
상업지역	25퍼센트 이상 35퍼센트 미만	10퍼센트 이상 15퍼센트 미만
공업지역	10퍼센트 이상 20퍼센트 미만	5퍼센트 이상 10퍼센트 미만

출처 :「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」제 11조

녹지율은 공원, 조경식재지를 비롯한 지역의 비율을 나타내는데, 녹지율과 관련된 규정은 각 개발계획에 따라 다르게 나타난다. 「도시개발법」에 의한 개발계획에 따르면 1만 제곱미터 이상 30만 제곱미터 미만의 개발계획에서는 상주인구 1인당 3제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 및 녹지로 확보해야 하고, 30만 제곱미터 이상 100만 제곱미터 미만의 개발계획에서는 상주인구 1인당 6제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 9퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 또는 녹지로 확보해야 한다. 또한 100만 제곱미터 이상의 넓은 면적을 개발할 경우 상주인구 1인당 9제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 12퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 또는 녹지로 확보해야 한다. 「주택법」에 의한 주택건설사업계획에서는 1천세대 이상의 주택건설사업계

3) 도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙 제 11조

획시 1세대 당 3제곱미터 이상 또는 개발부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적의 도시공원 또는 녹지를 확보해야 한다. 또한 「주택법」에 의한 대지조성사업계획에서는 10만 제곱미터 이상의 대지조성사업계획을 시행할 때. 1세대 당 3제곱미터 이상 또는 개발부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적의 도시공원 또는 녹지를 확보해야 한다. 「도시 및 주거환경정비법」에 의해 5만 제곱미터 이상의 정비계획을 시행할 때는 1세대 당 2제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적의 도시공원 또는 녹지를 확보해야 한다. 「택지개발촉진법」에 의한 택지개발계획에서도 도시공원 및 녹지 확보 기준을 제시하고 있다. 10만 제곱미터 이상 30만 제곱미터 미만의 개발계획에서는 상주인구 1인당 6제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 12퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 및 녹지로 확보해야 하고, 30만 제곱미터 이상 100만 제곱미터 미만의 개발계획에서는 상주인구 1인당 7제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 15퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 또는 녹지로 확보해야 한다. 또한 100만 제곱미터 이상 330만 제곱미터 미만의 개발계획에서는 상주인구 1인당 9제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 18퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 또는 녹지로 확보해야 한다. 330만 제곱미터 이상의 개발계획에서는 상주인구 1인당 12제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 20퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 및 녹지로 확보해야 한다(<표 5> 참조). 이외에도 「유통산업발전법」, 「지역균형개발 및 지방중소기업 육성에 관한 법률」 등[4]에서 개발계획 및 사업 시행 시 확보해야 할 도시공원 및 녹지 면적에 대한 기준을 제시하고 있다.

4) 「유통산업발전법」에 의한 사업계획과 「지역균형개발 및 지방중소기업육성에 관한 법률」에 의한 개발계획에서 주거용도로 계획된 지역에는 상주인구 1인당 3제곱미터 이상의 도시공원 및 녹지를 확보해야 하며, 전체 계획구역에 대하여는 「산업입지 및 개발에 관한 법률」 제5조의 규정에 의하여 작성된 산업입지 개발지침에서 정한 공공녹지 확보기준을 적용한다.

<표 5> 녹지 확보 기준 관련 법률

	도시공원 또는 녹지의 확보 기준
「도시개발법」에 대한 개발계획	가. 1만 제곱미터 이상 30만 제곱미터 미만의 개발계획: 상주인구 1인당 3제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적 나. 30만 제곱미터 이상 100만 제곱미터 미만의 개발계획: 상주인구 1인당 6제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 9퍼센트 이상 중 큰 면적 다. 100만 제곱미터 이상: 상주인구 1인당 9제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 12퍼센트 이상 중 큰 면적
「주택법」에 의한 주택건설사업계획	1천세대 이상의 주택건설사업계획: 1세대 당 3제곱미터 이상 또는 개발부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적
「주택법」에 의한 대지조성사업계획	10만 제곱미터 이상의 대지조성사업계획을 시행할 때. 1세대 당 3제곱미터 이상 또는 개발부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적
「도시 및 주거환경정비법」에 의한 정비계획	5만 제곱미터 이상의 정비계획을 시행할 때는 1세대 당 2제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적
「택지개발촉진법」에 의한 택지개발계획	가. 10만 제곱미터 이상 30만 제곱미터 미만의 개발계획: 상주인구 1인당 6제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 12퍼센트 이상 중 큰 면적 나. 30만 제곱미터 이상 100만 제곱미터 미만의 개발계획: 상주인구 1인당 7제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 15퍼센트 이상 중 큰 면적 다. 100만 제곱미터 이상 330만 제곱미터 미만의 개발계획: 상주인구 1인당 9제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 18퍼센트 이상 중 큰 면적 라. 330만 제곱미터 이상의 개발계획: 상주인구 1인당 12제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 20퍼센트 이상 중 큰 면적

이 연구에서 건폐율은 전체 토지 면적 중 블록별 건폐 면적의 합이 차지하는 비율로 계산하였으며, 도로율은 식생 범례 상 도로에 해당하는 면적의 합을 전체 토지면적의 합으로 나누어 계산하였다. 녹지율은 블록

별 녹지 면적을 합산하여 계산하였는데, 시가화 지역에 해당하지 않는 경작지, 산림, 하천 등은 통제할 필요가 있어 녹지율을 계산하는 과정에서 제외하였다(<표 6> 참조).

<표 6> 매개요인 변수

구분	내 용
건폐율	블록별 건폐 면적의 합 / 전체 토지 면적의 합 (%)
도로율	식생범례 상 도로 면적의 합 /전체 토지 면적의 합 (%)
녹지율	시가화지역의 블록별 녹지 면적의 합 / 전체 토지 면적의 합 (%)

4. 변수 간 상관관계

1) 기초 통계량

서울시 423개 행정동별 단독주택지 면적의 비율, 공동주택지 면적의 비율, 상업업무시설지 면적의 비율 그리고 건폐율, 도로율, 녹지율, 불투수토양포장비율 등의 기초 통계를 시행한 결과 다음과 같다. 독립변수인 토지이용특성을 나타내는 단독주택지의 비율은 평균 11.95%, 공동주택지의 비율은 평균 15.32%, 상업업무시설지의 비율은 평균 8.02%로 나타난 것으로 보아공동주택지의 비율이 높게 나타남을 알 수 있다. 매개요인인 건폐율은 평균 35.84%, 도로율은 평균 10.30%, 녹지율은 평균 11.04%으로 나타났는데, 이를 통해 건폐율이 높은 편임을 알 수 있다. 또한 도로율과 녹지율의 표준편차가 낮게 나타난다는 점에서 해당 요인은 행정동별로 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 종속변수인 불투수토양포장비율은 평균 64.36%로 나타났으며 표준편차가 0.2128로 가장 높게 나타나는 것으로 보아 행정동별로 불투수토양포장비율의 편차가 크게 나타남을 알 수 있다(<표 7> 참조).

<표 7> 기초통계량

변수	평균	표준 편차	N
단독주택지	0.1195	0.1544	423
공동주택지	0.1532	0.1468	423
상업업무시설지	0.0802	0.1077	423
건폐율	0.3584	0.1568	423
도로율	0.1030	0.0665	423
녹지율	0.1104	0.0608	423
불투수토양포장비율	0.6436	0.2128	423

2) 공간적 자기상관

자료를 행정동 단위로 취합하여 분석하는 과정에서 공간적 자기상관성이 발생할 수 있다. 따라서 행정동 단위로 연구를 진행함에 앞서 공간적 자기상관의 정도를 확인해보았다.

공간 데이터는 Tobler(1970)의 지리학 제 1법칙에서 나타나듯, 서로 가까이 있는 것들은 멀리 있는 것들보다 더 높은 연관성을 보인다는 특징이 있다. 따라서 공간상의 한 위치에서 발생하는 사건과 그 주변 지역에서 발생하는 사건이 높은 상관관계를 보이는 데, 이는 데이터의 집계로 인해서 발생하거나 또는 공간상에 인접함으로서 나타나는 파급효과라고 할 수 있다. 이러한 현상을 공간적 자기상관(Spatial Autocorrelation, Spatial Dependence, Spatial Association)이라고 한다(이희연, 노승철, 2013)

공간 데이터의 자기상관성을 측정하는 지표로는 광역적 통계량과 국지적 통계량이 있다. 광역적 통계량은 연구대상지 내에서 유사한 값들의 전반적인 군집경향을 나타내는 지표이며, 국지적 통계량은 특정 지역을 중심으로 주변에 유사한 값들을 보이는 공간적 군집패턴을 나타내는 통계량이다. 광역적 통계량으로는 Moran(1950)의 I 통계량을 이용하는데, 모란 I 지수는 -1과 1사이의 값을 지니게 되며, 1의 경우 완전한 양의 자기상관을, -1의 경우 완전한 음의 자기상관관계를 보이는 것을 의미한다. 즉, 공간적으로 인접해 있는 경향이 강할수록 +1에 가까운 값을 갖게 된다. 국지적 통계량을 나타내는 지표로는 Anselin(1995)의 LISA(Local Indicator of Spatial Association) 지표를 이용한다(이희연, 노승철, 2013).

이 연구에서 비오톱 블록별로 나와 있는 데이터를 행정동 단위로 취합한 뒤 공간적 자기상관을 확인해 본 결과, 모란 I 지수는 약 0.057로 0

과 가까운 값을 나타냈다. 모란 I 지수가 0에 가깝다는 것은 랜덤하게 분포하고 있음을 나타내므로 광역적으로 봤을 때 공간적 자기상관을 갖지 않는다고 할 수 있다. 또한 Geary의 C지수를 확인해보았는데, Geary의 C지수는 0.953으로 1과 가까운 값을 보였다. Geary의 C지수는 0과 2 사이의 범위에서 나타나는데 1과 가깝다는 것은 랜덤하게 분포하고 있음을 나타낸다. 즉, 서울시 도시생태현황도에 나타난 데이터를 행정동 단위로 취합했을 때 공간적 자기상관이 일어나지 않음을 알 수 있다.

Ⅳ. 토지이용특성과 불투수면 비율의 매개요인 분석

1. 토지이용변수와 매개요인 특성

1) 토지이용변수

이 연구에서는 토지이용변수로 단독주택지, 공동주택지, 상업업무시설지를 선정하였다. 앞서 살펴본 각 토지이용 중 본 연구에서 변수로 선정한 세 토지이용변수의 특징을 알아보고자 행정동 별로 각 토지이용특성이 많게 나타나는 행정동의 현황을 확인해보았다.

먼저 단독주택지의 비율이 높게 나타나는 상위 5개 지역은 북가좌2동, 다산동, 장위2동, 삼양동, 청파동이다. 북가좌2동은 1990년대 재개발이 시행된 지역[5]으로 북가좌1동과 인접한 지역에는 아파트 단지들이 들어섰지만 그 외 지역은 대부분 연립주택 및 다세대, 다가구주택으로 구성되어있다. 다산동은 오래 전부터 다가구 주택이 밀집해 있던 중구의 대표적인 주택밀집지역이다. 장위2동은 1970년대부터 주택지의 면모를 갖추기 시작한 지역[6]으로 현재 일부 지역은 장위뉴타운으로 선정되어 사업 시행 예정 중에 있다. 단독주택지의 비율이 높은 지역의 위성사진을 비교해보면 <그림 9>와 같다.

5) “달라지는 우리 동네(14) 북가좌 2지구 전쟁이민村 아파트 숲으로”, 경향신문, 1993년 9월 9일, [2016.11.20]
6) “서울의 뉴타운(23) 장위·석관지구”, 매일경제, 1976년 7월 30일, [2016.11.20]

북가좌2동	다산동	장위2동

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 9> 단독주택지 비율 상위지역 위성사진

공동주택지의 비율이 높은 곳은 길음 1동, 삼각산동, 행당2동, 잠실4동, 신월4동 순으로 나타났다. 길음1동은 서울특별시가 시범뉴타운지구로 선정한 길음뉴타운에 해당하는 지역으로, 2002년에 뉴타운 개발계획을 수립한 이후[7] 아파트 단지가 들어선 곳이다. 삼각산동은 2차 뉴타운 지구인 미아뉴타운 개발기본계획에 따라, 2005년 계획 승인[8] 이후에 아파트 단지가 들어선 곳이다. 행당2동은 2004년 서울시가 선정 발표한 정비기본계획에서 재개발구역으로 선정[9]되어 아파트가 지어진 곳이다. 즉, 공동주택지의 비율이 높은 상위 3개 지역은 모두 뉴타운 사업 및 재개발 사업으로 인해 아파트 단지가 조성된 곳이라고 할 수 있다. 공동주택지 비율이 높은 동의 위성사진을 비교해보면 <그림 10>과 같다.

7) 성북구 도시환경국 홈페이지
8) 강북구청 홈페이지
9) "[이것이 부동산이다] 최대 수혜지역 강북권을 노려라!", 레이디경향, 2006년 6월 14일, [2016.11.22]

길음1동	삼각산동	행당2동

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 10> 공동주택지 비율 상위지역 위성사진

상업업무시설지의 비율이 높은 곳은 창신1동, 황학동, 숭인2동, 종로5,6가동, 광희동인데, 창신1동은 동대문 신발 도매시장이 위치한 지역이고 황학동은 황학동 주방거리와 도깨비시장, 서울중앙시장 등이 위치한 곳이다. 숭인2동에는 동묘시장과 신설동 종합시장이 위치하고 있으며, 종로 5,6가동에는 동대문 종합시장과 종로 꽃시장이 위치하고 있다. 광희동 역시 동대문 패션타운을 비롯하여 오토바이 거리 등이 위치하고 있다. 즉, 상업업무시설지의 비율이 높은 곳은 대부분 과거부터 시장이 위치해 온 강북의 구 상업지역임을 알 수 있다. 상업업무시설지 비율이 높은 상위 2개 행정동의 위성사진을 보면 <그림 11>와 같다.

창신1동	황학동

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 11> 상업업무시설지 비율 상위지역 위성사진

2) 건폐율

이 연구에서 매개요인으로 선정한 변수 중 하나는 건폐율이다. 대상지인 서울시는 「서울특별시 도시계획조례」를 통해 용도지역에 따라 건폐율을 규제하고 있으며, 「서울특별시 아파트지구개발기본계획 수립에 관한 조례」를 통해 공동주택의 건폐율을 규제하고 있다. 「서울특별시 도시계획조례」에 따르면 용도지역 안에서의 건폐율은 주거지역의 경우, 제1종 전용주거지역에서는 건폐율 50퍼센트 이하, 제2종 전용주거지역에서는 건폐율 40퍼센트 이하, 제1종 일반주거지역에서는 건폐율 60퍼센트 이하, 제2종 일반주거지역에서는 건폐율 60퍼센트 이하, 제3종 일반주거지역에서는 건폐율 50퍼센트 이하로 제한된다. 주거 기능과 타 기능을 포함하는 준주거지역의 경우 건폐율 기준이 60퍼센트로 적용된다. 상업지역의 경우, 중심상업지역, 일반상업지역, 근린상업지역, 유통상업지역 등 모든 상업지역에서 건폐율 60퍼센트 이하로 제한[10]된다. 즉, 서울특별시 조례에 따르면 고층의 공동주택이 주로 위치한 제3종 일반주거지역에서 타 주거지역에 비해 건폐율 기준이 낮게 나타남을 알 수 있다. 또한 국토의 계획 및 이용에 관한 법률[11]에서 설정한 기준과 달리 서울특별시 도시계획조례에서는 모든 상업업무시설지역에서 제1종 일반주거지역, 제2종 일반주거지역과 비슷한 수준의 건폐율 기준이 적용됨을 알 수 있다. 「서울특별시 아파트지구개발계획 수립에 관한 조례」에 따르면, 연립주택의 건폐율은 40퍼센트 이하로 규제되며, 저층아파트의 경우 건폐율 30퍼센트 이하, 중층아파트의 경우 건폐율 25퍼센트 이하, 고층아파트의 경우 건폐율 20퍼센트 이하로 규제된다. 기타의 경우 50퍼센트 이하까지 건축이 가능하다. 즉, 공동주택의 층고가 높을수록 건폐율이 낮게

10) 「서울특별시 도시계획조례」 제54조

11) 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 따르면 중심상업지역에서는 건폐율 90% 이하, 일반상업지역에서는 건폐율 80% 이하, 근린상업지역에서는 건폐율 70% 이하, 유통상업지역에서는 건폐율 80% 이하로 기준을 정하고 있다.
출처: 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 시행령 제 84조, 법제처 국가법령정보센터

건축됨을 알 수 있다.

서울시 423개 행정동 중 건폐율이 가장 높게 나타나는 지역은 면목본동, 중곡2동, 장위1동, 구의1동, 사당1동 순으로 나타났으며, 건폐율이 가장 낮은 지역은 내곡동, 우이동, 진관동, 공항동, 도봉1동 순으로 나타났다. 건폐율이 높은 지역과 낮은 지역의 위성사진을 비교해 본 결과 (<그림 12> 참조) 건폐율이 높은 지역은 대부분 작은 규모의 건물이 조밀하게 배치되어 있는 반면, 건폐율이 낮은 지역은 내곡동처럼 녹지를 충분히 갖춘 단독주택의 비율이 높거나 우이동과 진관동처럼 아파트의 비율이 높음을 알 수 있었다.

면목본동	중곡2동	장위1동
내곡동	우이동	진관동

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 12> 건폐율 상·하위지역 비교

3) 도로율

이 연구에서 매개요인으로 선정한 두 번째 변수는 도로율이다. 앞서 말했듯 「도시·군계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙」을 통해 용도지역별로 도로율 기준이 제시되어 있는데, 이 기준에 따르면 주거지역보다 상업지역에서 도로율이 더 높음을 알 수 있고, 대량통과교통을 처리하는 주간선도로의 비율이 상업지역에서 더 높다는 점에서 상업지역에서 도로 폭이 더 넓게 나타남을 유추할 수 있다. 또한,「건축법」에 따라 연면적의 합계가 2천 제곱미터 이상인 건축물의 대지는 너비 6미터 이상의 도로에 4미터 이상 접하여야 한다[12]는 점에서 연면적이 큰 주택에서 도로율이 높게 나타남을 알 수 있다.

도로율이 가장 높게 나타나는 지역은 행당1동(도로율 약 44.35%)으로 가장 넓은 도로의 폭은 30m이며, 최소 도로의 폭이 4m이다. 이 지역은 대부분이 용도지역 상 제3종 일반주거지역에 해당하며, 대상지 내에는 2003년 준공된 행당한신아파트와 2018년 준공 예정인 서울숲 리버뷰 자이아파트가 있다. 반면, 도로율이 가장 낮게 나타나는 지역은 목2동으로 가장 넓은 도로의 폭이 10m이며 대상지 바깥쪽으로 40m의 도로가 지난다. 지역 내에는 소규모의 건물이 조밀하게 모여 있어 건물 사이의 도로도 4m 이하로 좁은 편이다. 이 지역은 대부분 용도지역 상 제1종 일반주거지역 또는 제2종 일반주거지역으로 구성되어 있으며 일부는 자연녹지지역으로 지정되어 있다.

12) 건축법 시행령 제28조

행당1동	목2동

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 13> 도로율 상·하위지역 비교

4) 녹지율

이 연구에서 매개요인으로 선정한 또 다른 변수는 녹지율이다. 녹지율에 관련해서는 주택법과 건축법을 비롯하여 여러 법을 통해 조경 면적 및 공개공지 면적, 녹지 면적에 대한 기준을 제시하고 있는데 이 연구의 대상지가 서울시이므로 서울특별시 도시계획 조례와 서울특별시 건축 조례를 추가로 참고하였다.

우선 「주택법」에 따르면 주택건설사업계획을 시행할 때는 1천세대 이상의 주택건설사업계획을 시행할 경우 1세대 당 3제곱미터 이상 또는 개발 부지면적의 5퍼센트 이상 중 큰 면적을 도시공원 및 녹지로 조성해야 한다. 즉, 아파트 단지와 같이 1천세대 이상을 대상으로 하는 공동주택을 건설할 경우 녹지 기준이 최소 5퍼센트 이상으로 규제되는 것이다. 이 외에도 1992년 5월 30일부터 2014년 10월 28일까지[13]는 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제29조에 따라 공동주택을 건설하는 주택 단지에는 그 단지 면적의 30%에 해당하는 면적의 녹지를 확보하도록 규제하였다.

「건축법」에 따르면 녹지지역에 건축하는 경우와 건축물 용도의 특성상 조경 등의 조치를 하기 곤란하거나 조경 등의 조치를 하는 것이 불

13) 해당 규정이 1992년 5월 30일에 제정되어 2014년 10월 28일에 삭제됨

합리한 경우를 제외하고는 연면적의 합계가 2천 제곱미터 이상인 경우 대지면적의 10퍼센트 이상, 연면적의 합계가 1천 500제곱미터 이상 2천 제곱미터 미만인 경우 대지면적의 5퍼센트 이상의 조경 면적을 조성해야 하며 건축 조례에서 완화된 기준을 적용하는 경우 그에 따르도록 한다[14]. 이에 「서울특별시 건축 조례」를 확인해 본 결과, 면적이 200제곱미터 이상인 대지에 연면적의 합계가 2천 제곱미터 이상인 건축물을 건축하고자 하면 대지면적의 15퍼센트 이상을 식수 등 조경에 필요한 면적으로 확보하여야 한다. 또한 연면적의 합계가 1천 제곱미터 이상 2천 제곱미터 미만인 건축물을 건축할 경우 대지면적의 10퍼센트 이상, 연면적의 합계가 1천 제곱미터 미만인 건축물을 건축할 경우 대지면적의 5퍼센트 이상을 조경 면적으로 확보하여야 한다. 면적이 200제곱미터 이상 300제곱미터 미만인 대지에 건축하는 건축물의 경우 대지면적의 5퍼센트 이상을 조경면적으로 확보해야 한다[15].

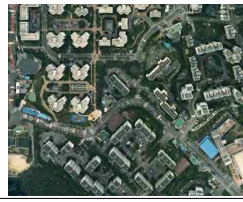
공개공지의 경우, 「건축법」에 따르면 대지면적의 100분의 10이하의 범위 내에서 건축조례로 정하도록 한다[16]. 이에 「서울특별시 건축 조례」를 확인해 본 결과, 연면적의 합계가 5천 제곱미터 이상 1만 제곱미터 미만인 경우 대지면적의 5퍼센트 이상, 연면적의 합계가 1만 제곱미터 이상 3만 제곱미터 미만인 경우 대지면적의 7퍼센트 이상, 연면적 합계가 3만 제곱미터 이상인 경우 대지면적의 10퍼센트 이상을 공개공지 등의 면적으로 확보해야 한다.

「주택법」과 「주택건설기준 등에 관한 규정」에 따르면 공동주택지에서 더 엄격하게 녹지 확보 기준이 제시됨을 알 수 있다. 「건축법」과 「서울특별시 건축 조례」의 녹지 확보 기준을 보면 연면적의 합계가 클수록 확보해야 하는 조경 면적 또는 공개공지의 면적이 넓게 나타남을 확인할 수 있다. 즉, 같은 건폐 면적을 갖는 건물의 경우, 저층일 때보다

14) 건축법 시행령 제27조
15) 서울특별시 건축 조례 제24조
16) 건축법 시행령 제27조의 2

고층일 때 더 많은 녹지를 조성해야 함을 알 수 있다.

서울시 423개 행정동 중 녹지율이 높게 나타나는 곳은 능동, 잠실4동, 삼각산동, 성현동, 둔촌동 순이다. 능동은 어린이대공원이 있는 곳인데 일부 공원 면적이 각 블록 내에 포함되어 녹지율이 높게 계산되어 과대 추정된 것을 확인하였다. 따라서 이를 제외하고 잠실4동, 삼각산동, 성현동 등의 위성사진을 비교해 본 결과(<그림 14> 참조) 세 지역에서 모두 아파트의 비율이 높게 나타났다. 녹지율이 낮은 곳은 장위2동, 가리봉동, 구의1동, 면목본동, 방학2동 순으로 나타났는데 위성사진을 비교해 본 결과, 모두 단독주택이 조밀하게 모여 있는 지역임을 알 수 있었다.

잠실4동	삼각산동	성현동
		
장위2동	가리봉동	구의1동

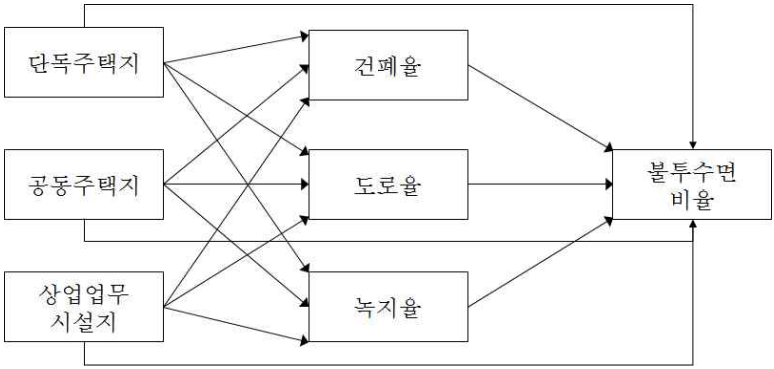
출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 14> 녹지율 상위지역 및 하위지역 비교

2. 연구 모형

1) 토지이용특성과 불투수면 비율의 관계 모형

앞서 선정한 변수를 바탕으로 단독주택지, 공동주택지, 상업업무시설지 등 세 가지 토지이용특성의 비율과 건폐율, 도로율, 녹지율 등의 매개요인, 그리고 종속변수인 불투수면 비율을 비교하기 위한 모형을 고안한 결과 다음과 같다(<그림 15> 참조).



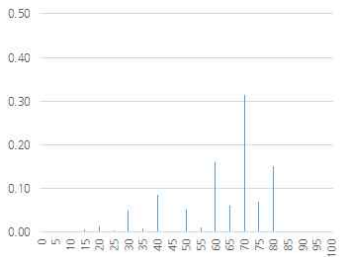
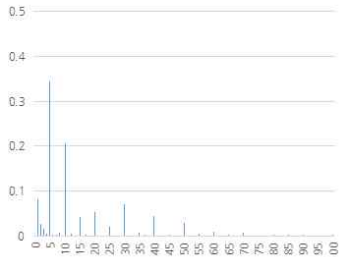
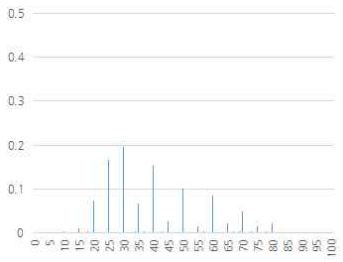
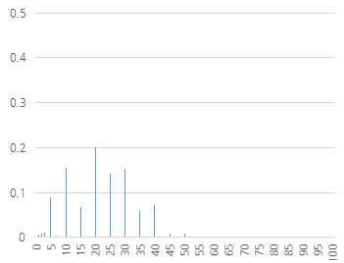
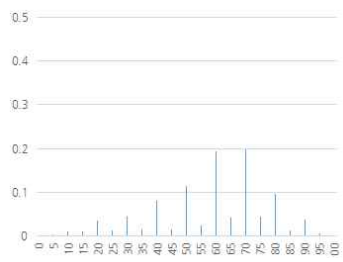
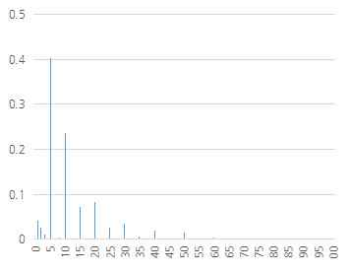
<그림 15> 토지이용특성과 불투수면 비율의 관계 모형

토지이용특성이 건폐율, 도로율, 녹지율 등의 매개요인 외에도 다른 요인을 통해 불투수면 비율에 영향을 미칠 수 있다는 점을 고려하여 직접 경로를 추가하였으며 각 토지이용특성에서의 차이를 파악하기 위해 토지이용특성을 나타내는 변수를 한 모형에 포함하여 연구를 진행하였다.

2) 토지이용특성과 각 매개요인의 관계

실증분석에 앞서 토지이용특성에 따라 매개요인이 어떻게 분포하고 있는지 살펴보았다. 각 토지이용별 블록 내에서 건폐율과 녹지율을 비교해 본 결과 다음과 같았다(<그림 16> 참조).

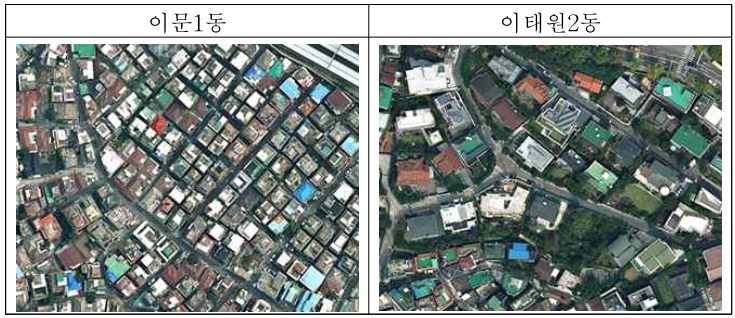
단독주택지로 분류된 블록에서 건폐율은 평균 62.44%, 녹지율은 평균 14.29%로 나타났으며 공동주택지로 분류된 블록에서는 건폐율이 평균 39.86%, 녹지율이 평균 21.41%로 나타났다. 단독주택을 건축할 때 건폐율 기준이 60% 이하라는 점을 고려하면 평균이 62.44%로 나타난 것은 건폐율 기준이 60% 이하로 적용되기 이전에 지은 건물이 많은 것으로 추정할 수 있다. 단독주택지와 공동주택지의 평균 녹지율이 각각 14.29%와 21.41%로 나타나는 것을 보아 공동주택지에서 녹지율이 더 높게 나타남을 알 수 있고, 이는 앞서 관련 규정 및 법률을 검토한 결과와 같은 맥락을 보인다. 단독주택지에서 녹지율 표준편차가 50.58로 공동주택지(42.55)에 비해 높게 나타나는 것을 통해 단독주택지 중 녹지율이 높은 곳과 낮은 곳의 편차가 다양하게 나타남을 유추할 수 있다. 상업업무시설지의 경우 건폐율은 평균 58.57%로 단독주택지보다 조금 낮은 수준으로 나타났으며 녹지율은 평균 11.88%로 다른 토지이용에 비해 낮게 나타났다. 녹지율의 표준편차가 51.94로 크다는 점에서 상업업무시설지에서 녹지율의 편차가 크게 나타남을 알 수 있다.

	건폐율	녹지율
단독주택지	 (X: 건폐율(%), Y: 전체 중 비율) 평균: 62.44%, 표준편차: 15.59	 (X: 녹지율(%), Y: 전체 중 비율) 평균: 14.29%, 표준편차: 50.58
공동주택지	 (X: 건폐율(%), Y: 전체 중 비율) 평균: 39.86%, 표준편차: 27.6	 (X: 녹지율(%), Y: 전체 중 비율) 평균: 21.41%, 표준편차: 42.55
상업업무지	 (X: 건폐율(%), Y: 전체 중 비율) 평균: 58.57%, 표준편차: 18.95	 (X: 녹지율(%), Y: 전체 중 비율) 평균: 11.88%, 표준편차: 51.94

<그림 16> 토지이용별 건폐율 및 녹지율 분포

(1) 단독주택지

우선 단독주택지의 비율이 높게 나타나는 이문1동(47.41%)과 이태원2동(48.55%)을 비교해 본 결과, 이문1동에서는 건폐율 68.05%, 녹지율 9.72%로 나타난 반면, 이태원2동에서는 건폐율 36.67%, 녹지율 15.59%로 나타났다. 위성사진을 비교해 본 결과 <그림 17>과 같이 이문1동의 단독주택은 대부분 마당(녹지)이 없고 건폐 면적이 넓은 데 비해 이태원2동의 단독주택은 마당(녹지)이 있고 건폐율이 낮음을 알 수 있다.



출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 17> 단독주택지 비교

이처럼 마당이 있는 단독주택과 마당이 거의 없는 단독주택 간의 차이를 확인하기 위해 하나의 행정동 내에 인접한 두 단독주택을 비교해 보았다. 그 결과 <그림 18>과 같이 봉은사로 22길 45-13의 단독주택은 건폐율 49.73%, 녹지율 15.14%으로 나타났으며, 봉은사로 24길 48의 단독주택은 건폐율 26.32%, 녹지율 54.49%[17]로 나타났다. 이처럼 같은 용도지역 내에서도 단독주택 형태에 따라 건폐율과 녹지율이 다르게 나타날 수 있음을 알 수 있다.

17) 착공연도와 건폐율은 일반건축물대장을 참고하였으며 녹지율은 다음(Daum) 지도 위성사진에서 보이는 녹지면적을 기준으로 계산하였다.

봉은사로 22길 45-13	봉은사로 24길 48

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 18> 행정동 내 단독주택지 비교

(2) 공동주택지

공동주택지의 비율이 높게 나타나는 신정6동(44.8%)과 잠실4동(63.36%)을 비교해 본 결과, 신정6동에서는 건폐율이 15.93%, 잠실4동에서는 건폐율이 23.75%로 잠실4동에서 더 높게 나타났다. 도로율은 신정6동에서 25.12%로 7.91%인 잠실4동에 비해 3배 이상 높게 나타났는데, 야외주차장 면적이 도로율에 포함된다는 점에서 신정6동의 아파트는 건폐지 외의 면적을 주차장으로 이용하기 때문에 도로율이 높게 측정되었다고 유추할 수 있다(<그림 19> 참조). 녹지율은 신정6동에서 16.36%인 반면 잠실4동에서는 31.99%로 약 2배 가까이 높게 나타났다. 신정6동에 있는 신안약수아파트의 경우 1986년 7월 준공되었고 잠실4동에 있는 파크리오 아파트는 2008년 8월에 준공되었다는 특징이 있다. 즉, 신정6동의 아파트는 1992년 준공되어 주택건설기준 등에 관한 규정을 적용받지 않은 반면, 잠실 4동의 아파트의 경우, 단지 면적의 30%에 해당하는 면적을 녹지로 확보하도록 하는 주택건설기준 등에 관한 규정을 따랐을 것이다. 이 때문에 두 공동주택지의 녹지율이 다르게 나타남을 유추할 수 있다.

신정6동	잠실4동

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 19> 공동주택지 비교

공동주택지와 단독주택지의 비교를 위해 강남지역의 주택지 중 재건축 예정인 은마아파트와 재건축 사업을 통해 건설된 도곡렉슬아파트, 그리고 그 주변 단독주택지의 건폐율 및 도로율, 녹지율을 비교해 보았다(<그림 20> 참조). 은마아파트는 1979년 준공된 아파트로 재건축 예정에 있다. 건폐율은 14.15%[18]이며 녹지율은 35.93%[19]이다. 단지 내에는 5m 도로가 배치되어 있으며 단지 외곽에는 8m 도로와 35m 도로, 40m 도로가 배치되어 있다.

도곡렉슬아파트는 2006년 준공된 아파트로 재건축 사업에 의해 건설된 아파트이다. 건폐율은 15.12%[20]로 은마아파트와 유사한 수준을 보이고, 녹지율 40.02%[21]로 비교적 높은 편이다. 단지 외곽에는 5m 도로가 배치되어 있으며 지상 주차장이 없어 다른 아파트 단지에 비해 단지 내

18) $101m^2$형 191개, $115m^2$형 125개로 구성되어 있으며, 부지면적은 $237,900m^2$로 건폐율은 약 14.15%이다.

19) 다음(Daum) 지도의 위성사진을 기준으로 계산한 조경면적은 총 $85,470m^2$으로 부지면적 $237,900m^2$의 약 35.93%에 해당한다.

20) "[실시간 거래]주거환경 좋아 `핫`한 강남구 도곡동 `도곡렉슬아파트`, 귀한 전세 매물의 실거래가는?", 매일경제, 2016.01.12., [2016.11.30]

21) 전체 대지면적 $138,750.39m^2$에 조경면적 $55,534m^2$로 조성(조경면적의 입찰공고는 도곡렉슬아파트 홈페이지에서 확인, 면적 수치는 라펜트 홈페이지에서 확인함)

도로 면적이 적은 편이다.

도곡로 69길 17에 위치한 그린빌라는 1995년에 준공한 지하 1층, 지상 3층 규모의 다가구용 단독주택이다. 건폐율은 57.9%[22]로 아파트 단지에 비해 건폐율이 높게 나타났으며 조경 면적과 공개공지는 없는 것으로 나타났다. 1995년 이전의 「서울특별시 건축 조례」를 보면 주택지에서 조경 면적 및 공개공지를 대지면적의 일정 비율 이상 확보해야 한다는 기준이 없고[23] 건축선으로부터 일정 거리 이상 띄어서 건축해야 한다는 규정[24]만 있다. 따라서 건폐율은 높고 녹지율은 낮은 건물이 건축되었다고 할 수 있다.

즉, 재건축 예정 아파트와 재건축 아파트, 재건축 대상지의 다가구주택을 비교했을 때, 다가구주택에서 가장 건폐율이 높게 나타났으며 재건축아파트에서 가장 녹지율이 높게 나타났다. 또한 다가구주택의 경우, 준공 연도 당시 건축조례에 따르면 녹지를 의무적으로 조성하지 않아도 되기 때문에 녹지가 없음을 알 수 있었다. 도로율에 있어 재건축 아파트는 지상주차장 대신 지하주차장을 확보하여 단지 내 도로율을 크게 줄였음을 확인할 수 있었다.

---

22) 대지면적은 $232m^2$이며 건폐면적은 $134.33m^2$이다.

23) 「서울특별시 건축 조례」 제 32조(1994.04.14. 기준)에 따르면, 공개공지를 확보하여야 할 건축물의 용도는 판매·업무·관광숙박·종교·관람집회·전시·위락·운동·운수시설 및 장례식장이다.

24) 「서울특별시 건축 조례」 제 3조(1994.04.14. 기준)에 따르면, 대지안의 공지는 0.5미터 이상으로서 법 제50조의 규정에 의하여 띄어야 할 거리의 2분의 1이상으로 하되 합벽개발인 경우에는 그러하지 아니하다.

은마아파트 (재건축예정/1979 준공)	도곡렉슬아파트 (재건축완료/2006 준공)	도곡로69길 17 (다가구주택/1995 준공)

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 20> 단독주택, 재건축예정아파트, 재건축아파트 비교

(3) 상업업무시설지

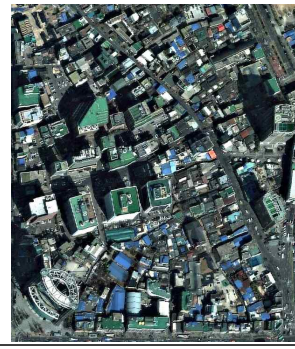
상업업무시설지의 비율이 높게 나타나는 창신1동(69.79%)과 소공동(51.57%)을 비교해보면 창신1동의 경우 건폐율 65%, 도로율 4.04%, 녹지율 2.72%로 나타난다. 반면 소공동은 건폐율 32.36%, 도로율 19.10%, 녹지율 19.73%로 나타나고 있다. 두 지역의 위성사진을 비교해보면(<그림 21> 참조), 창신1동은 동대문 의류·신발 도매상가가 위치한 지역으로 건폐 면적이 넓고 저층의 건물로 구성되어 있으며 건물 사이의 도로 폭이 좁은 반면, 소공동은 명동 인근의 상업업무시설지구로 건폐 면적이 좁고 고층인 건물로 구성되어 있으며 폭이 넓은 대로와 많이 접해 있음을 알 수 있다.

창신1동	소공동

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 21> 상업업무시설지 비교

창신1동과 소공동의 사례 비교가 상업지역과 업무지역의 차이로 해석될 수 있다는 점에서 저층상업지역과 대형업무지역을 비교해 본 결과는 다음과 같았다(<그림 22> 참조). 두 지역은 모두 종로 1,2,3,4가동에 해당하는 곳으로 각각 종각역 업무지구와 인사동 일반상업지역이다. 종각역 인근 업무지역의 경우 건폐율이 낮고 용적률이 높은 건물로 구성되어 있으며 내부를 지나는 도로의 최대 폭은 15m이다. 반면 인사동 상업지역의 경우 대부분 저층 또는 중층의 높은 건폐율을 갖는 건물이 건축되어 있다. 내부를 지나는 도로의 최대 폭은 12m이다.

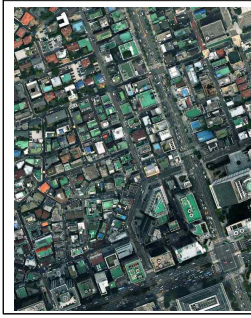
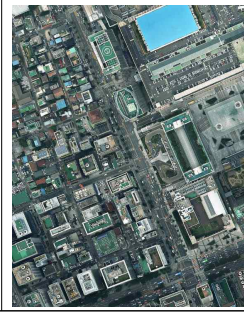
대형업무지역	상업지역
	

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 22> 대형업무지역과 상업지역 비교

또한 상업지역의 형성 및 재개발에 따라 매개요인에 미치는 영향이 달라질 수 있다는 점에서 강북의 구(舊)상업지역과 강남의 신(新)상업지역을 비교해보았다. 우선 상업업무시설지의 비율은 구 상업지역에서 더 높게 나타났다. 구상업지역 중 상업업무시설지의 비율이 69.79%로 가장 높은 창신 1동과 신상업지역 중 상업업무시설지의 비율이 42.17%로 가장 높은 역삼1동을 대상으로 각 매개요인을 비교해 보면 창신1동의 경우 건폐율은 65%로 높게 나타나고 도로율은 4.04%, 녹지율은 2.73%로 나타났는데, 역삼1동의 경우 건폐율은 42.17%로 창신1동에 비해 낮게 나타났으며, 도로율은 16.61%로 창신동에 비해 약 4배가량 높게 나타났다. 또한 녹지율은 7.94%로 창신1동보다 약 3배가량 높게 나타났다. 이 외에도 강북의 구상업지역 중 상업업무시설지의 비율이 높은 숭인2동, 종로5,6가동을 추가로 살펴본 결과, 창신1동과 숭인2동, 종로 5,6가동의 평균 건폐율은 61.32%, 평균 도로율은 7.22%, 평균 녹지율은 3.66%로 나타났다. 반면 강남의 신상업지역 중 상업업무시설지의 비율이 높은 역삼1동, 논현2동, 삼성1동의 평균 건폐율은 44.16%, 평균 도로율은 16.11%, 평균

녹지율은 8.86%로 나타났다(<그림 23> 참조). 즉, 강북의 구상업지역보다 강남의 신상업지역에서 건폐율이 낮게 나타나고, 도로율과 녹지율은 높게 나타남을 알 수 있다.

강북 상업지역		
창신1동	숭인2동	종로5,6가동
강남 상업지역		
역삼1동	논현2동	삼성1동
		

출처 : 다음(Daum) 지도 스카이뷰

<그림 23> 강북 및 강남 상업지역 비교

3. 경로분석

본 연구에서는 토지이용특성에 따라 건폐율, 도로율, 녹지율 등 매개요인의 변화에 의해 불투수면의 비율이 어떻게 달라지는지 파악하기 위한 연구이다. 토지이용별로 각 매개요인에 어떠한 영향을 미치는지, 또한 각 매개요인은 불투수토양포장비율에 미치는 영향을 파악하기 위해 앞서 설명한 바와 같이 <그림 15>와 같은 연구 모형을 고안하였다.

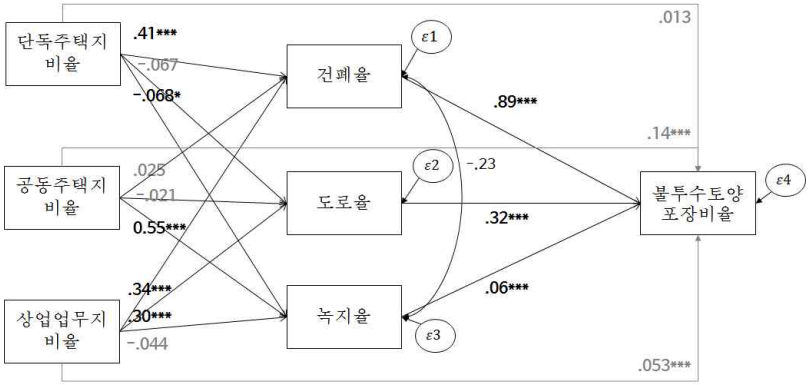
연구 진행에 있어 경로분석을 통해 분석하였으며, 모델 적합도를 판단하기 위해 절대적합지수 중 카이제곱(χ^2)과 근사오차평균자승 이중근(Rood Mean Square Error of Approximation, RMSEA), 표준화된 잔차평균자승이중근(Standardized Root Mean square Residual, SRMR)을 이용하였으며, 증분적합지수인 CFI(Comparative Fit Index) 값과 TLI(Turker-Lewis Index) 값 중 CFI값을 이용하여 적합도를 판단하였다. 또한 표준화 계수를 비교하여 각 변수 간 영향력을 파악하였다.

변수 간의 관계를 설명하기에 앞서 모델 자체의 설명력과 적합도를 살펴보면, 전체 모형의 설명력은 약 62.2% ($R^2 = 0.622$)로 나타났다[25]. 모델 적합도에 있어서 카이제곱을 확인해본 결과 $p > \chi^2 = 0.277$로 유의수준인 0.05보다 크게 나타나 표본데이터와 모델로부터 추정된 공분산 행렬간의 차이가 없는 적합한 모델이라고 할 수 있다. RMSEA의 값은 0.026으로 0.05 이하의 값을 가져 매우 좋은 모델이라고 할 수 있다. 또한 SRMR의 값 역시 0.012로 0.05 이하의 값을 나타내는 양호한 모델이라고 할 수 있다. 증분적합지수를 나타내는 CFI(Comparative Fit Index) 값은 각각 1.0으로 0.9 이상의 값을 보여 연구모델이 비교적 양호하게 측정되었다고 할 수 있다.[26] 전체 변수를 대상으로 경로분석을 시행한 모

25) 변수별 R^2값을 보면, 건폐율은 0.244, 도로율은 0.091, 녹지율은 0.330, 불투수토양포장비율은 0.938이며 total R^2의 값은 0.614로 나타났다.

26) RMSEA(Rood Mean Square Error of Approximation)는 모델 자유도별 근사오차의 양을 추정하며 표본의 크기를 감안한 지수로서 일반적으로 0.05이하이면 적합도

델은 다음과 같다(<그림 24> 참조)



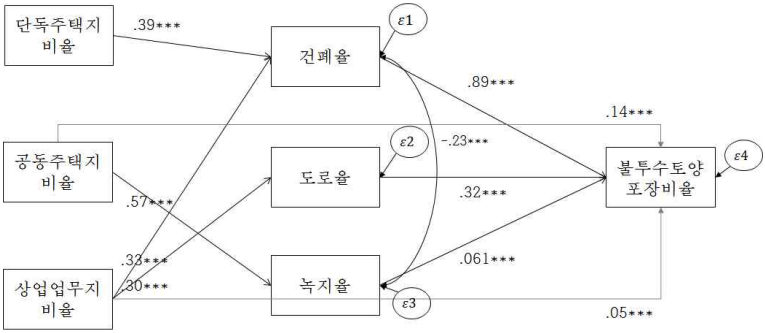
***는 p=0.01 수준에서 유의함을 의미, *는 p=0.10 수준에서 유의함을 의미

<그림 24> 전체 경로분석 결과

위의 경로분석 결과에서 유의한 경로만을 대상으로 다시 시행한 경로분석 결과는 다음과 같다(<그림 25> 참조). 모형의 설명력은 약 61.4% ($R^2 = 0.614$)로 나타났으며, 카이제곱을 확인해본 결과 $p > \chi^2 = 0.279$로 유의수준인 0.05보다 크게 나타나 표본데이터와 모델로부터 추정된 공분산 행렬간의 차이가 없는 적합한 모델이라고 할 수 있다. RMSEA의 값은 0.023으로 0.05 이하의 값을 가지며, 또한 SRMR의

가 매우 좋으며 0.05이상 0.08이하이면 근사오차의 수준이 적절하고, 0.1이상이면 적합도가 좋지 않다고 판단한다. RMR은 권장수용수준에 대한 절대적인 기준은 없으나 적합도가 좋은 모델이라면 0에 가깝고 일반적으로 0.05 이하이면 좋은 모델이라고 평가한다. CFI(Comparative Fit Index)는 모델의 복잡성에 비해 덜 민감한 지표로 0~1사이의 값을 가지며 0.9이상이면 양호하다고 할 수 있다.
출처: 이희연, 노승철(2013), 「고급통계분석론(제2판)」, 문우사

값 역시 0.026으로 0.05 이하의 값을 나타내는 양호한 모델이라고 할 수 있다. 증분적합지수를 나타내는 CFI(Comparative Fit Index) 값은 각각 0.999로 0.9 이상의 값을 보여 연구모델이 비교적 양호하게 측정되었다



***는 p=0.01 수준에서 유의함을 의미

<그림 25> 경로분석 결과

먼저 토지이용특성과 매개요인 간의 유의도를 중심으로 살펴보면, 단독주택지, 상업업무시설지와 건폐율의 관계는 신뢰수준 99%($\alpha = 0.01$)에서 유의하게 나타나는 것으로 보아, 건폐율은 단독주택지, 상업업무시설지와 밀접한 관련이 있다고 할 수 있다. 도로율은 상업업무시설지와 신뢰수준 99%($\alpha = 0.01$)에서 유의한 관계를 보이며, 녹지율은 신뢰수준 99%($\alpha = 0.01$)에서 공동주택지와 유의한 관계를 나타낸다.

유의한 결과를 바탕으로 토지이용특성과 불투수율 간의 관계를 살펴보면, 단독주택지의 비율이 증가하면 건폐율이 증가하여 불투수토양포장비율이 증가한다. 반면 공동주택지의 비율 증가는 다른 토지이용특성과 달리 녹지율을 증가시키는데 이 또한 불투수토양포장비율 증가에 영향을 미친다. 기존 연구에 따르면 녹지율이 나타내는 조경식재면적 및 녹지

등은 일반적으로 투수성이 높은 지역에 해당하기 때문에 불투수토양포장비율과 음의 관계를 보일 것이라고 예상했는데 녹지율과 불투수토양포장비율의 관계가 양의 관계로 표시되었다. 이렇게 나타난 원인으로는 공동주택지 비율의 증가가 녹지율 증가에도 영향을 미치고 불투수토양포장비율 증가에도 영향을 미치는데 이것이 마치 녹지율의 증가가 불투수토양포장비율의 증가를 유발하는 것처럼 교란되어 나타난 것이라고 추측할 수 있다. 공동주택지에서는 녹지율을 통한 경로 외에 직접 경로가 유의하게 나타났다는 점에서 이 연구에서 선정한 건폐율, 도로율, 녹지율 외의 다른 매개요인이 불투수토양포장비율 증가에 영향을 준 것으로 볼 수 있다. 상업업무시설지의 증가는 건폐율 증가와 함께 도로율을 증가시켜 불투수토양포장비율을 증가시킨다고 할 수 있다. 또한 공동주택지와 마찬가지로 직접경로가 유의하게 나타났으므로 다른 매개요인이 불투수토양포장비율 증가에 영향을 주었음을 유추할 수 있다.

앞서 언급했다시피 연구를 진행함에 있어 이 연구에서 선정한 세 가지 매개요인으로 토지이용특성과 불투수면 간의 모든 영향력을 설명하지 못할 수 있다는 점을 고려하여 매개요인을 통한 간접경로 뿐 아니라 직접 경로도 추가하여 연구를 진행하였다. 그 결과 공동주택지와 상업업무시설지에서 불투수토양포장비율에 직접적으로 영향을 미치는 경우가 유의하게 나타났다. 각 토지이용특성별로 유의한 결과만을 가지고 매개요인과 종속변수에 미치는 직접효과와 간접효과를 계산하여 얻은 총 효과는 다음과 같다(<표 8> 참조).

단독주택지는 불투수토양포장비율에 미치는 직접효과가 유의하지 않게 나타났으며 간접효과는 0.35로 나타났다. 공동주택지의 경우 불투수토양포장비율에 미치는 직접효과는 0.14, 녹지율을 통해 영향을 미치는 간접효과는 0.03으로 녹지율보다는 다른 요인에 의해 영향을 미치는 것이 더 크게 나타남을 알 수 있다. 상업업무시설지의 경우 직접효과는 0.05, 건폐율과 도로율을 통해 불투수토양포장비율을 변화시키는 간접효과는 0.39로 거의 건폐울과 도로율을 통해 영향을 미친다고 할 수 있다. 전체

적으로 직접효과보다 간접효과가 크게 나타났다는 점에서 이 연구에서 선정한 건폐율, 도로율, 녹지율을 통해 불투수토양포장비율이 변화되는 경향이 크다고 할 수 있다.

<표 8> 직접효과, 간접효과, 총효과

		단독주택지	공동주택지	상업업무지	건폐율	도로율	녹지율
직접효과	건폐율	0.39		0.33			
	도로율			0.3			
	녹지율		0.57				
	불투수율	0	0.14	0.05	0.89	0.32	0.06
간접효과	건폐율						
	도로율						
	녹지율						
	불투수율	0.35	0.03	0.39			
총효과	건폐율						
	도로율						
	녹지율						
	불투수율	0.35	0.17	0.44	0.89	0.32	0.06

4. 소결

분석단위로 설정된 서울시 423개 행정동을 대상으로 단독주택지, 공동주택지, 상업업무시설지 등 토지이용특성에 따라 건폐율, 도로율, 녹지율 등 매개요인을 통해 불투수토양포장비율에 미치는 영향을 분석해 본 결과 다음과 같았다.

단독주택지는 건폐율과 유의한 관계를 보이며, 단독주택지의 비율이 증가하면 건폐율이 증가하여 불투수토양포장비율을 증가시킴을 확인할 수 있다. 또한 공동주택지의 비율이 증가하면 녹지율이 증가하고, 불투수토양포장비율이 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 녹지율을 통한 불투수토양포장비율의 증가보다 공동주택지 비율의 증가가 불투수토양포장비율 증가에 직접적으로 미치는 영향이 더 큰 것으로 보아 이 연구에서 선정한 세 가지 매개요인 외의 다른 요인이 크게 작용했음을 유추할 수 있다. 상업업무시설지는 건폐율, 도로율과 유의한 관계를 보였다. 상업업무시설지의 비율 증가는 건폐율과 도로율을 모두 증가시켜 불투수토양포장비율을 증가시킨다고 할 수 있다.

전체 모형을 종합적으로 보면, 단독주택지는 건폐율을 통해, 공동주택지는 녹지율을 통해, 그리고 상업업무시설지는 건폐율과 도로율을 통해 불투수토양포장비율을 변화시킴을 알 수 있다. 하지만 공동주택지의 경우, 녹지율을 통한 간접효과보다 직접효과가 더 크다는 점에서 이 연구에서 고려한 건폐율, 도로율, 녹지율 외에 다른 요인이 불투수면 비율 변화에 크게 작용했다고 할 수 있다.

Ⅴ. 결론

1. 연구의 요약 및 시사점

최근 도시에서 수해로 인한 피해가 증가하고 있다. 도시에서 수해는 인명 및 재산 피해를 비롯한 다양한 문제를 발생시킬 수 있어 관리가 필요하다. 수해 취약도를 높이는 요인 중 하나가 불투수면인데 도시화에 따라 증가한 불투수면은 물 순환에 부정적 영향을 끼쳐 침수 피해를 더욱 증가시킨다. 현재 불투수면 관리는 그린인프라스트럭처와 같은 기반시설 또는 건축적 측면에 초점을 맞추고 있는데, 보다 효율적인 관리를 위해서는 토지이용계획에서 불투수면을 관리할 필요성이 있다. 현재 토지이용과 불투수면의 관계에 대해서는 현상적인 측면만 연구되고 있을 뿐 구체적인 관계에 대한 분석이 부족하다. 이에 토지이용특성에 따라 매개요인이 어떻게 달라지는지 알아보고 이를 통해 토지이용특성이 불투수면 비율 변화에 미치는 영향을 파악하는 것을 목적으로 연구를 진행하였다.

실증분석에 앞서 기존 연구 고찰을 통해 도시의 토지이용과 불투수면 간의 관계를 구체적으로 파악할 필요가 있음을 제시하고 각 토지이용특성과 매개요인으로 선정된 건폐율, 도로율, 녹지율이 어떤 특징을 갖는지 살펴보았다. 이 단계에서 단독주택지, 공동주택지, 상업업무시설지 등 각 토지이용특성의 비율이 높게 나타나는 지역과 낮게 나타나는 지역을 확인하였고, 건폐율, 도로율, 녹지율 등이 높게 나타나는 지역과 낮게 나타나는 지역의 특징을 확인하였다. 또한, 경로분석에 앞서 구체적인 연구모형을 고안하고, 각 토지이용의 비율이 높게 나타나는 지역에서 매개요인의 비율이 상이하게 나타나는 지역을 선정하여 그 차이가 나타나는 원

인에 대해 알아보았다. 이후 STATA 13.0 을 이용하여 서울시 423개 행정동 전체를 대상으로 경로분석을 진행하여 토지이용특성과 건폐율, 도로율, 녹지율, 그리고 불투수면 비율의 관계를 파악하였다.

그 결과, 단독주택지 비율이 증가하면 건폐율이 증가하여 불투수토양포장비율을 증가시킴을 확인할 수 있었다. 단독주택지의 비율이 증가하면 건폐율이 증가하는 원인으로는 앞서 단독주택지 비율이 높은 곳의 위성사진을 살펴본 바와 같이 서울시 내의 단독주택지에서는 마당이 있고 건폐율이 낮은 고급 단독주택보다는 마당이 없고 건폐율이 높은 다세대·다가구 주택이 더 많은 비율을 차지하기 때문이라고 유추할 수 있다.

또한 공동주택지의 비율이 증가하면 녹지율이 증가하고, 불투수토양포장비율이 증가한다. 우선 공동주택지의 비율이 증가하면 녹지율이 증가한다고 나타나는 것은 공동주택지에서 녹지를 더 많이 확보하고 있음을 나타낸다. 이는 대규모 개발 또는 공동주택 개발 시에 도시공원 및 녹지 확보 기준이 더 크게 적용되는 제도적 요인에 의한 것으로 보인다. 따라서 「주택건설기준 등에 관한 규정」에 따라 공동주택 건설 시 단지 면적의 30%를 녹지로 확보해야 하는 규제가 적용된 시기에 지어진 최근의 건물[27]에서 녹지율이 높게 나타났을 것이라고 추측할 수 있다.

공동주택지에서는 녹지율을 통해 불투수토양포장비율을 변화시키는 간접경로보다 직접경로를 통한 경우가 더 큰 것으로 나타났다. 이는 이 연구에서 고려한 건폐율, 도로율, 녹지율 외의 다른 매개요인에 의해 불투수토양포장비율의 변화가 발생한다는 것을 의미한다. 이 연구에서 선정한 매개요인 외에 영향을 불투수토양포장비율에 영향을 미칠 수 있다고 판단되는 요인으로는 '주차장'과 '녹지가 아닌 오픈스페이스' 등이 있다. 지상주차장, 녹지가 아닌 공원, 놀이터, 포장된 공개공지 등 일부 면적이 불투수면으로 포장되어 있으나 건폐율, 도로율, 녹지율 등에는 포함되지 않아 고려되지 못한 부분이 불투수토양포장비율에 영향을 미치는

27) 1992년 5월 30일 이후, 2014년 10월 28일 이전에 건축 승인된 건물에 해당한다.

직접경로에서 작용하였다고 할 수 있다.

상업업무시설지의 비율 증가는 건폐율과 도로율을 모두 증가시킨다. 상업업무시설지에서 건폐율과 도로율이 높게 나타나는 것은 제도적 요인에 따라 상업업무시설지에서 건폐율 기준과 도로율 기준이 높게 적용되기 때문이라고 할 수 있다. 특히 서울특별시 도시계획조례에 따라 전통시장이 있는 지역에서 건폐율을 완화[28]하여 적용하기 때문에 상업지 비율의 증가가 건폐율 증가에 영향을 미쳤을 것이라고 할 수 있다.

종합해보면, 단독주택지에서는 건폐율을 통해 불투수율을 증가시키고 상업업무시설지에서는 건폐율과 도로율을 통해 불투수율을 증가시킨다고 할 수 있다. 따라서 단독주택지에서는 건폐율을, 상업업무시설지에서는 건폐율과 도로율을 조정하여 불투수율 저감을 위한 노력을 해야 할 것이다. 공동주택지에서는 건폐율, 도로율, 녹지율 외의 다른 요인이 작용한다는 점에 따라 건폐율, 도로율, 녹지율 등의 규제만을 통해서는 불투수율 저감에 영향을 줄 수 없을 것이며 다른 요인으로 추측되는 지상주차장, 녹지가 아닌 오픈스페이스 등을 조정하여야 할 필요가 있다.

직접효과, 간접효과, 총효과를 계산한 결과, 상업업무시설지에서 불투수토양포장비율에 미치는 효과가 가장 크게 나타난 것으로 보아 불투수면 관리를 위해서는 토지이용특성 중 상업업무시설지에 중점을 두어야 한다고 할 수 있다. 이는 기존의 연구 결과와도 비슷한 맥락을 갖는다. 서울시의 상습침수지역을 유형화 한 결과 상업 업무지 비율이 높은 유형이 포함되어 있었으며(박창열, 신상영, 손은정, 2013), 침수피해와 큰 관련성을 갖는 토지이용이 주거상업혼재지역으로 나타났다(신상영, 2014).

---

28) 시장정비사업 추진계획 승인대상 전통시장의 경우 구청장이 주변의 교통경관미관, 일조채광 및 통풍 등에 미칠 향이 없다고 인정하는 경우 건폐율을 제1종일반주거지역, 제2종일반주거지역, 준주거지역 및 준공업지역은 70퍼센트 이하, 제3종일반주거지역은 60퍼센트 이하, 상업지역은 80퍼센트 이하의 범위 안에서 적용할 수 있다. 다만, 상업지역의 경우 시장정비사업심의위원회의 심의를 거쳐 90퍼센트 이하의 범위 안에서 건폐율을 완화할 수 있다.
출처: 서울특별시 도시계획조례 제 54조 9항

토지이용별 불투수면이 높게 나타난 지역에도 상업지역이 포함되어 있었다(최지용, 고은주, 2008; Karen, Kenneth, 2001) 이 연구를 통해 기존 연구에서 이렇게 상업지역의 불투수면이 높게 나타난 것은 단독주택지, 공동주택지와는 달리 상업업무지역에서는 건폐율, 도로율, 그리고 그 외의 직접적인 요인까지 다양한 요인의 영향을 받아 불투수면을 증가시키기 때문이라고 할 수 있다. 따라서 불투수면 저감을 위해서는 토지이용특성 중 상업업무시설지에 초점을 맞추어야 하며, 각 토지이용특성에서 불투수면에 영향을 크게 미치는 요인들을 고려하여 토지이용별 불투수면 관리계획을 수립하여야 한다.

2. 연구의 한계 및 향후과제

토지이용특성이 매개요인을 통해 불투수면 비율 변화에 어떤 영향을 미치는지 파악하기 위한 실증 분석 과정에서 다음과 같은 연구의 한계점을 발견할 수 있었다. 이 문제점들은 향후 과제로 넘기기로 한다.

첫째, 불투수면 관련 자료 문제이다. 불투수면 산정방법에 있어 가장 정확한 방법은 현장조사를 통해 불투수 면적을 계산하는 것인데, 서울시 전체의 현장조사를 시행하기에는 시간적·비용적 제약이 있어 본 연구에서는 불투수면을 나타내는 지표로 「2015 서울시 도시생태현황도」의 불투수토양포장비율을 사용하였다. 또한 토지이용특성을 나타내는 변수 역시 「2015 서울시 도시생태현황도」의 자료를 활용하여 연구를 진행하였기에 비오톱 블록 단위로 자료가 구축되어 있다. 현재까지 제시된 자료 중에서 불투수면 현황을 가장 잘 나타낼 수 있다는 점에서 「2015 서울시 도시생태현황도」의 불투수토양포장비율을 변수로 고려하였으나, 비오톱 단위보다 더 세부 단위로 연구를 진행하면 보다 구체적이고 정확한 결과를 유도할 수 있을 것이다.

둘째, 행정동 단위로 연구를 진행함에 있어 공동주택지와 매개요인, 불투수면 비율의 관계에 있어 교란효과가 발생하였다. 녹지율은 조경수목식재지 및 녹지 등 투수성 면적의 비율에 해당하므로 녹지율의 증가는 불투수포장비율의 감소로 이어져야 한다. 하지만 본 연구에서 녹지율의 증가가 불투수토양포장비율을 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 행정동 단위로 연구를 진행함에 따라 나타난 결과라고 할 수 있다. 공동주택지 비율이 높은 지역에서 녹지율도 높게 나타나고 불투수토양포장비율도 높게 나타나는데 녹지율이 불투수토양포장비율을 증가시키는 것처럼 보인 것이라고 할 수 있다. 즉, 행정동 단위로 연구를 진행함에 따른 한계가 존재하므로 이 부분을 개선할 필요가 있다.

■ 참고문헌

강정은 외(2012). “기후변화 적응형 도시구현을 위한 그린인프라 전략 연구″, 한국환경정책평가연구원

강정은・이명진・구유성・조광우・이재욱(2011), ″기후변화 적응형 도시 리뉴얼 전략 수립 : 그린인프라의 방재효과 및 적용방안″, 한국환경정책평가연구원

강정은・이명진・구유성・조연희(2014). ″도시물 순환 개선을 위한 그린인프라 계획 프레임워크 개발 및 시범적용 : 부산시 연제구 및 남구를 대상으로″, 「환경정책연구」, Vol.13(3): 43

국민안전처(2014), “재해연보”

김영란·김갑수(2008), “기후변화에 대응한 서울시 물 관리 전략”, 서울연구원

김정곤(2012), “기후변화 적응도시 모델개발을 위한 계획기법 및 사례 분석”, 한국생태환경건축학회 논문집, 12(4): 13-19

노성진·김현준·장철희·홍일표(2004), “도시지역 불투수율 변화가 청계천 유역 물순환에 끼치는 영향 분석”, 「대한토목학회 학술대회」, 2161-2166

대한국토도시계획학회(2015), ″도시정보″, No.405

대한국토도시계획학회(2015), 「토지이용계획론(제4판)」, 보성각

박민지・권형중・김성준(2005), “HSPF 모형을 이용한 토지 피복변화에 따른 유출 변화”, 「한국수자원학회논문집」, 38(6): 495-504

박정일(2012), ″지속가능한 물 순환 관리를 위한 미국 뉴욕 시의 그린인프라계획″, KEI 지구환경정보센터

박창열・신상영・손은정(2013), ″다변량 분석을 이용한 서울의 상습침수지역 유형화″, 「한국방재학회논문집」 제 13권 2호

박창열・신상영(2014), ″도시홍수 피해 저감을 위한 불투수면 규제 효과 분석″, 「서울도시연구」 제 15권 1호: 85-99

서울특별시(2015). ″2020 서울특별시 물환경 종합관리계획″

신상영・박창열(2014), ″토지이용 특성과 침수피해면적 간의 관계분석 -

서울시를 사례로", 「국토연구」, 제 81권: 3-20
심재헌・김자은(2012),「토지이용특성과 자연재해 피해액의 상관성 분석」, 「한국산학기술학 논문지」, 13(9): 4319~4325
우종필(2015), 「우종필 교수의 구조방정식 모델 개념과 이해」, 한나래출판사
이희연, 노승철(2013), 「고급통계분석론(제2판)」, 문우사
최지용(2003), "불투수층 지표를 활용한 유역관리 방안", 「경기논단」 5(2): 91-106
최지용・고은주(2008), "도시 토지이용별 불투수면 구성 특성 및 관리방안에 관한 연구", 「지역정책연구」 19(2): 131-148
최충익(2003), "도시 토지이용의 변화가 도시의 자연재해 취약성에 미치는 영향에 관한 연구: 경기도를 사례로", 「한국국토계획학회지」, 38(2): 35~48

Bae, D. H. · Lee, J. Y. · Ko, C. H. and Ha, S. R. (2011), "A Study on Empirical Method Analysis of Impervious Surface Using KOMPSAT-2 Image", Journal of Environmental Impact Assessment, 20(5): 717~727
City of Olympia Public Works Department(COPWD)(1995), "Impervious Surface Reduction study, Olympia, Washington"
Hasse J・Dornisch V(2009), "Integrating Impervious surface management and smart growth development in New Jersey", Journal of the middle state division association of American geographers, 42: 9~17
Josh Foster · Ashley Lowe · Steve Winkelman(2011), "The Value of Green Infrastructure for Urban Climate Change adaptation", The Center for Clean Air Policy
Karen Capiella・Kenneth Brown(2001), "Impervious cover and land use in the Chesapeake bay watershed", Center for Watershed Protection
May. C · R. Homer · J. Karr · B. Mar and E. Welch(1997), "Effects of Urbanization on Small streams in the Puget Sound Lowland

Ecoregion", Watershed Protection Techniques, 2(4): 483~494

Sheng J · Wilson J. P.(2009), "Watershed Urbanization and changing flood behavior across the Los Angeles Metropolitan region", *Natural hazard*, 48(1): 41~57

Shueler T. R.(1987), "Controlling urban runoff - A practical manual for planning and designing Urban best management practices", Metropolitan Washington council of government, Washington DC

Shueler T. R.(1994), "The Importance of Impervious watershed protection techniques", Center for Watershed Protection, 1(3): 100~111

Sutherland. R(1995), "Methodology for Estimating the Effective Impervious Area of Urban Watershed". Watershed Protection Techniques, 2(1): 282~284

Abstract

A Study on the Change of Impervious area ratio by the Land use

-Focused on Administrative Districts in the Seoul City

Advised by

Prof. Choi, Mack Joong

December, 2016

submitted by

Kong, Hye Lim

Department of Environmental Planning Graduate
School of Environmental Studies
Seoul National University

Increasing flood in the most urban areas, this study aims to understand how land use plans can manage the vulnerable factors of flood. In the process of urbanization, Impervious area ratio has increased and it caused drainage problem. Destruction of water cycle system can increase the flood damage. Therefore It is necessary to manage Impervious area to prevent or lessen the damage. Previous research on examining relationships between Impervious area and land use have shown that phenomenal differences. Unlike previous studies, this study is focusing on understanding mediating factors that land use affects the Impervious area ratio.

This study analyzes the mediating factors of land use characteristics on the impervious area ratio. The building coverage ratio, street ratio, and green area ratio were chosen for the mediating factors. Before the actual proof analysis, this study finds out the features of land use characteristics and the mediating factors. In this process, it shows high rate areas and low rate areas of each land use such as detached houses area, apartment area, and commercial area. Also, this study shows the current state of mediating factors in each land use and tries to understand the reason why the mediating factors appear differently for each region. Finally, this study performs path analysis on the relationships between land use characteristics, mediating factors, and the impervious area ratio of Seoul city.

Analysis results by the path analysis model show that with the increase of the detached houses area ratio, the building coverage ratio will increase and it causes an increase to the impervious area ratio. The increase of the commercial area ratio affects building coverage ratio, street ratio, and other factors that aren't considered as mediating factors in this study. Unlike other land use, apartment area

ratio is related with green area ratio and with the increase of the apartment area ratio, the green area ratio will increase. But the most important mediating factor in apartment area ratio are the other factors that don't consider as mediating factors in this study. It could be a parking lot or an open space without green infrastructure. Depending on the difference of the main mediating factors in each land use, the government plan should consider the different conditions of each land use characteristics.

After calculating the direct effects, indirect effects and total effects, the result shows that the impervious area ratio highly depends upon the commercial area. It is in the same manner with previous researches and this study can explain the reason why commercial area is an important factor of impervious area ratio as commercial area ratio affects various factors such as building coverage ratio, street ratio and the other mediating factors such as parking lot or open spaces. Therefore, the government should focus on the commercial area to reduce the impervious area ratio.

◆ Key words : Land Use, Impervious Area Ratio, Building Coverage Ratio, Street Ratio, Green Area Ratio

◆ Student Number : 2015-24801