SRI-기본-2016-04

수원시 도시공원의 생태계서비스 평가

Ecosystem Service Evaluation of Urban Park in Suwon

김 은 영 Kim, Eunyoung

SRI 수원시정연구원
SUWON RESEARCH INSTITUTE

| SRI-기본-2016-04 |

수원시 도시공원의 생태계서비스 평가

Ecosystem Service Evaluation of Urban Park in Suwon

김은영

SRI 수원시정연구원
SUWON RESEARCH INSTITUTE

연구진

연구책임자 김은영 (수원시정연구원 연구위원)

참여연구원 김지연 (수원시정연구원 연구원)
정혜진 (수원시정연구원 연구원)

연구 자문위원

성현찬 (단국대학교 녹지조경학과 교수)
송원경 (단국대학교 녹지조경학과 교수)
오충현 (동국대학교 바이오환경과학과 교수)
이동근 (서울대학교 조경 · 지역시스템공학부 교수)
이양주 (경기연구원 선임연구위원)
이호철 ((주)포이엔 대표)
최재용 (충남대학교 산림환경자원학과 교수)

ⓒ 2016 수원시정연구원

발행인 이재은
발행처 수원시정연구원
경기도 수원시 권선구 수인로 126
(우편번호) 16429
전화 031-220-8001 팩스 031-220-8000
http://www.suwon.re.kr
인 쇄 2016년 10월 31일
발 행 2016년 10월 31일
ISBN 979-11-87778-04-2 (93530)

이 보고서를 인용 및 활용 시 아래와 같이 출처 표시해 주십시오.
김은영. 2016.「수원시 도시공원의 생태계서비스 평가」. 수원시정연구원.

비매품

국문 요약

1. 도시공원 생태계서비스 평가의 필요성

□ 도시지역에서 인간은 공원, 호수, 하천 등 다양한 생태계가 제공하는 혜택, 즉 생태계서비스를 누리며 살아가고 있음. 특히 도시공원의 경우 공기 정화, 미기후 조절 등 도시민들에게 다양한 생태계서비스를 제공하고 삶의 질 향상에 기여하고 있어 이에 대한 연구가 필요함

□ 그러나 도시공원에서 나타나는 생태계서비스의 항목 및 평가지표에 대한 논의가 부족한 실정임. 이에 따라 본 연구에서는 도시공원 단위에서 적용하기에 적합한 생태계서비스 항목 및 평가지표를 도출하고 이를 수원시 도시공원에 시범적으로 적용하여 생태계서비스 수준을 평가함

2. 도시공원 생태계서비스 평가지표 도출 및 적용

□ 문헌연구를 통하여 생태계서비스 평가항목 및 지표 목록을 추출한 후 전문가를 대상으로 델파이 조사를 실시하여 지표별 적합성을 평가함. 도시공원에의 적용 가능성, 정책적 활용성 등을 고려하여 평가항목 및 평가지표를 도출하였음

□ 연구결과, 도시공원은 공급서비스, 조절서비스, 지원서비스, 문화서비스에 대한 전반적인 생태계서비스를 제공하고 있음

구분	평가항목
공급서비스	식량, 수자원 제공
조절서비스	대기오염물질 제거, 홍수 · 폭풍피해 저감, 소음 저감, 열섬 저감, 토양질 유지
지원서비스	생태네트워크, 생물다양성 유지
문화서비스	운동, 휴식, 교육 및 사회활동 지원

□ 델파이 설문조사를 토대로 도출한 평가지표를 수원시 도시공원 중 면적 규모가 비슷한 매탄공원과 서호꽃뫼공원에 적용하였음

- 매탄공원은 자연지형이 존치된 공원으로 환경정화수 식재비율은 낮으나 조성된 지 30년이 지난 공원으로 수목의 생육상태가 우수하고 캐노피 커버율이 높아 주변지역과의 온도저감효과가 뛰어남. 주변 어린이집 및 유치원에서 공원을 대상으로 다양한 활동프로그램 진행
- 서호꽃뫼공원은 인공조성형 공원으로 텃밭이 일부 존재하고 있으며, 주변에 여

기산과 서호가 위치하고 있어 조류종다양성이 높음. 2012년에 조성되어 수목의 활착이 왕성하지 않아 캐노피 커버율이 낮은 편이고 많은 벤치가 있으나 그늘이 부재한 실정임

구분	매탄공원	서호꽃뫼공원
공급서비스		일부 텃밭 존재
조절서비스	캐노피 커버율 높음(70%이상) 주변지역과의 온도차 있음 투수율 양호	캐노피 커버율 낮음(50% 이하) 투수율 양호 환경정화수 식재(23.5%)
지원서비스	징검다리 역할 가능 자연지형 비율 높음(40%)	조류종다양성 높음
문화서비스	다양한 체육시설 배치(7종) 어린이 체험 프로그램 활용	체육시설 배치(4종) 많은 휴식공간 배치

3. 수원시 도시공원 생태계서비스 증진 방안

□ 도시공원 내 텃밭운영 및 과실수 식재 등을 통해 공급서비스를 높일 수 있으며, 기존 생태계의 자연성을 유지하는 것이 조절서비스 증진에 기여함. 또한, 공원 내 야생동물 서식공간 조성 등을 통해 지원서비스 수준을 높일 수 있으며, 이용자 수요에 적합한 시설 도입 및 공간조성을 통해 문화서비스의 수준을 높일 수 있음

구분		증진방안
공급	식량	• 주민센터, 노인정, 어린이집 등과 연계한 텃밭 운영 • 과실수 식재
	수자원	• 호수, 웅덩이, 습지 등 조성하여 야생동물 급수원 제공
조절	대기질 향상	• 지역 상황에 맞는 환경정화수 식재 권장
	홍수 · 폭풍 저감	• 기존의 자연 지형 유지 • 불투수 포장비율 감축 및 인공지반 녹화
	소음 저감	• 경계부 완충녹지 조성 및 향나무, 메타세콰이어 등 식재
	열섬 저감	• 수관폭이 넓은 수종 식재
	토양질 유지	• 잔디밭 등 녹지지역 답압 관리
지원	생태 네트워크	• 주변 녹지와의 연결성을 높인 띠녹지 조성
	생물다양성 유지	• 야생동물 유인을 위한 식물종/군락 식재 및 인공새집 조성
문화	운동	• 이용자 수요에 근거한 운동시설 배치
	휴식	• 이용자 수요에 근거한 휴게시설 배치 및 그늘 조성
	교육 및 사회활동	• 공원 내 생태교육 및 학습이 가능한 공간 마련 • 공원 조성계획 시 접근성 확보

4. 정책제언 및 향후과제

□ 본 연구를 통해 수원시 도시공원의 생태계서비스 정책방향을 수립하고 더 나아가 도시관리차원에서의 생태계서비스 지역평가 및 증진 전략 수립이 필요함. 특히, 생태계서비스 가치 정량화에 따른 시민 인식 증진이 필요함

정책	세부내용
도시공원의 생태계서비스 정책방향 설정	• 도시공원 규모에 따른 생태계서비스 관리방안 검토 • 개선이 필요한 생태계서비스 선택 및 증진방안 검토 • 지역현황 및 지역주민의 요구를 충족하는 생태계서비스 확보
도시관리 측면에서의 생태계서비스 평가 및 증진 전략 수립	• 수원시 생태계서비스 지역 평가 • 수원시 생태계서비스 총량 및 균등분배에 관한 전략 수립
생태계서비스 가치 정량화에 따른 시민 인식 증진	• 생태계서비스 지불제, ecoBUDGET 등을 통해 환경자산의 경제적 가치 환산 • 인센티브 촉진 및 확립 • 자원의 지속가능한 관리를 위한 규제 마련 및 모니터링

□ 향후 과제에서는 수원시 내 전체 도시공원뿐만 아니라 도시녹지, 도시하천 등을 대상으로 생태계서비스 수준을 평가하여 수원시 전체 생태계서비스 수준과 대상별 서비스 수준을 파악하여 도시관리차원에서 생태계서비스를 증진시킬 수 있도록 해야 함

주제어: 도시생태계, 생태계서비스 평가지표, 공급서비스, 조절서비스, 지원서비스, 문화서비스

| 차 례 |

제1장 서 론 ····· 1
제1절 연구의 배경 및 목적 ····· 1
1. 연구의 배경 ····· 1
2. 연구의 목적 ····· 3
제2절 연구의 범위 및 방법 ····· 4
1. 연구의 범위 ····· 4
2. 연구의 방법 ····· 4

제2장 선행연구 고찰 ····· 7
제1절 생태계서비스 개념 및 평가지표 ····· 7
1. 생태계서비스 개념 ····· 7
2. 생태계서비스 평가지표 ····· 10
제2절 도시공원의 생태계서비스 ····· 17
1. 도시공원의 생태계서비스 ····· 17
2. 도시공원 생태계서비스 평가지표 ····· 28
3. 도시공원 생태계서비스 평가지표 종합 ····· 43

제3장 수원시 도시공원 생태계서비스 평가 ····· 47
제1절 생태계서비스 평가지표 선정 ····· 47
1. 1차 델파이 설문조사 결과 ····· 47
2. 2차 델파이 설문조사 결과 ····· 51
3. 최종 평가지표 선정 ····· 54
제2절 생태계서비스 평가지표 적용 ····· 56
1. 대상지 선정 이유 ····· 56
2. 생태계서비스 항목별 현장조사 및 분석 방법 ····· 57
3. 매탄공원 ····· 59

4. 서호꽃뫼공원 ····· 72
5. 평가지표의 적용 결과 비교 및 고찰 ····· 85
6. 수원시 도시공원 생태계서비스 증진 방안 ····· 87

제4장 결론 및 제언 ····· 91
제1절 연구결과 및 시사점 ····· 91
1. 연구결과 요약 ····· 91
2. 연구 한계 및 시사점 ····· 92
제2절 정책제언 및 향후 과제 ····· 94
1. 정책제언 ····· 94
2. 향후 과제 ····· 96

| 표 차 례 |

〈표 2-1〉 생태계서비스 유형 및 특징 ····· 11
〈표 2-2〉 생태계서비스 평가지표 ····· 13
〈표 2-3〉 생태계서비스 유형별 생태계서비스 평가항목 ····· 14
〈표 2-4〉 국내 도시공원 수목의 탄소저장량 ····· 18
〈표 2-5〉 미국 도시수목의 탄소저장량 ····· 18
〈표 2-6〉 도시수목의 대기오염물질 제거량과 화폐가치 추정 ····· 21
〈표 2-7〉 조류를 위한 도시공원의 역할과 적합 수종 ····· 27
〈표 2-8〉 주요 수종별 바이오매스 상대생장식 ····· 29
〈표 2-9〉 수원시 공원 무료텃밭 면적 및 구좌 수 ····· 31
〈표 2-10〉 대기오염물질별 측정방법 및 환경기준 ····· 32
〈표 2-11〉 환경정화수 권장 수종 ····· 33
〈표 2-12〉 조경용 수목의 그늘 제공 정도 ····· 33
〈표 2-13〉 수문학적 토양 유형 ····· 35
〈표 2-14〉 도시 오픈스페이스 토양의 부피밀도에 따른 수문학적 상태 ····· 36
〈표 2-15〉 토양의 물리 · 화학적 특성별 평가 기준 ····· 36
〈표 2-16〉 도시 소음 저감에 유리한 수종 ····· 37
〈표 2-17〉 완충녹지대 유형에 따른 소음 감소 효과 ····· 38
〈표 2-18〉 도시공원 문화서비스 평가를 위한 여가활동 분류 ····· 39
〈표 2-19〉 여가활동 및 건강증진 관련 문화서비스 평가지표 ····· 40
〈표 2-20〉 연결성 평가 지수 별 산출 식 ····· 41
〈표 2-21〉 도시공원 생태계서비스 평가지표 ····· 43
〈표 3-1〉 1차 델파이 설문조사 결과: 평가항목별 적합성 평가 ····· 47
〈표 3-2〉 1차 델파이 설문조사 결과: 평가지표별 적합성 평가 ····· 48
〈표 3-3〉 1차 델파이 설문조사 결과: 평가항목별 제시된 평가지표 ····· 49
〈표 3-4〉 2차 델파이 설문조사 결과: 평가지표별 적합성 평가 ····· 51
〈표 3-5〉 2차 설문조사 후 기존 지표의 평균 적합도 변화 ····· 53
〈표 3-6〉 도시공원 생태계서비스 평가를 위한 최종 지표 ····· 55

〈표 3-7〉 매탄공원과 서호꽃뫼공원 개괄 ····· 56
〈표 3-8〉 생태계서비스 평가를 위한 조사방법 및 분석내용 ····· 59
〈표 3-9〉 매탄공원 교목 및 아교목층 종 조사 현황 ····· 60
〈표 3-10〉 매탄공원 관목 및 초본층 종 조사 현황 ····· 61
〈표 3-11〉 매탄공원의 완충녹지대 유형별 수평거리 및 수직거리 ····· 63
〈표 3-12〉 매탄공원 지점별 온습도 측정 결과 ····· 65
〈표 3-13〉 매탄공원 토양 시료 습득 지점별 유형 ····· 67
〈표 3-14〉 매탄공원 토양 특성 분석 결과 ····· 68
〈표 3-15〉 매탄공원 조류 종 조사 결과 ····· 69
〈표 3-16〉 매탄공원 벤치 및 파고라 현황 ····· 71
〈표 3-17〉 서호꽃뫼공원 텃밭 작물 현황 ····· 72
〈표 3-18〉 서호꽃뫼공원 교목 및 아교목층 종 조사 현황 ····· 73
〈표 3-19〉 서호꽃뫼공원 관목 및 초본층 종 조사 현황 ····· 74
〈표 3-20〉 서호꽃뫼공원의 완충녹지대 유형별 수평거리 및 수직거리 ····· 76
〈표 3-21〉 서호꽃뫼공원 지점별 온습도 측정 결과 ····· 78
〈표 3-22〉 서호꽃뫼공원 토양 시료 습득 지점별 유형 ····· 80
〈표 3-23〉 서호꽃뫼공원 토양 특성 분석 결과 ····· 81
〈표 3-24〉 서호꽃뫼공원 조류 종 조사 결과 ····· 82
〈표 3-25〉 서호꽃뫼공원 벤치 및 파고라 현황 ····· 83
〈표 3-26〉 매탄공원과 서호꽃뫼공원의 생태계서비스 비교 ····· 86
〈표 3-27〉 도시공원의 공급서비스 증진방안 ····· 87
〈표 3-28〉 도시공원의 조절서비스 증진방안 ····· 88
〈표 3-29〉 도시공원의 지원서비스 증진방안 ····· 89
〈표 3-30〉 조류종다양성 증진을 위한 공원조성 방안(예시) ····· 90
〈표 3-31〉 도시공원의 문화서비스 증진방안 ····· 90
〈표 4-1〉 수원시 도시공원 생태계서비스 평가를 위한 정책 제언 ····· 95
〈표 4-2〉 공공관리측면에서의 생태계서비스 적용 예시 ····· 95
〈표 4-3〉 수원시 도시공원 생태계서비스 향후 과제 ····· 96

| 그림 차례 |

〈그림 1-1〉 생태계서비스와 인간의 삶의 질과의 관계 ····· 2
〈그림 1-2〉 여러 가지 생태계와 생태계서비 ····· 3
〈그림 1-3〉 연구의 흐름 및 방법 ····· 5
〈그림 2-1〉 생태계서비스 개념의 발전 ····· 8
〈그림 2-2〉 생태계서비스 개념 ····· 9
〈그림 2-3〉 뉴욕 Riverpark Farm ····· 19
〈그림 2-4〉 노들섬 노들텃밭 ····· 20
〈그림 2-5〉 베이징 도시숲 에서의 시기별 대기오염물질 제거량 ····· 21
〈그림 2-6〉 도시녹지의 미기후조절에 따른 효과 ····· 22
〈그림 2-7〉 단일 녹지의 크기에 따른 우수유출량 저감 효과 ····· 23
〈그림 2-8〉 도시공원, 광장, 거리에서의 시간별 소음 정도 ····· 24
〈그림 2-9〉 식물종 풍부도와 심리적 건강과의 상관관계 ····· 25
〈그림 2-10〉 서식지별 조류 발견 종수와 식생구조별 조류의 행위 ····· 28
〈그림 3-1〉 연구대상지: 서호꽃뫼공원과 매탄공원 ····· 57
〈그림 3-2〉 매탄공원 토양 유형별 면적 구분도 ····· 62
〈그림 3-3〉 매탄공원 온습도 측정 지점 ····· 64
〈그림 3-4〉 Gap Light Analyzer를 이용한 매탄공원 내 캐노피 커버율 ··· 66
〈그림 3-5〉 매탄공원의 캐노피 커버율과 온도와의 관계 ····· 66
〈그림 3-6〉 매탄공원의 벤치 및 파고라 위치 현황 ····· 70
〈그림 3-7〉 교육목적으로 매탄공원에 방문하는 어린이집 및 유치원 ····· 71
〈그림 3-8〉 서호꽃뫼공원 토양 유형별 면적 구분도 ····· 75
〈그림 3-9〉 서호꽃뫼공원 온습도 측정 지점 ····· 77
〈그림 3-10〉 Gap Light Analyzer를 이용한 서호꽃뫼공원 내 캐노피 커버율 ·· 79
〈그림 3-11〉 매탄공원의 캐노피 커버율과 온도와의 관계 ····· 79
〈그림 3-12〉 서호꽃뫼공원 벤치 및 파고라 위치 현황 ····· 83
〈그림 3-13〉 교육목적으로 서호꽃뫼공원에 방문하는 어린이집 및 유치원 ····· 84
〈그림 3-14〉 조류서식환경 조성 모델 ····· 89

제1장 서 론

제1절 연구의 배경 및 목적

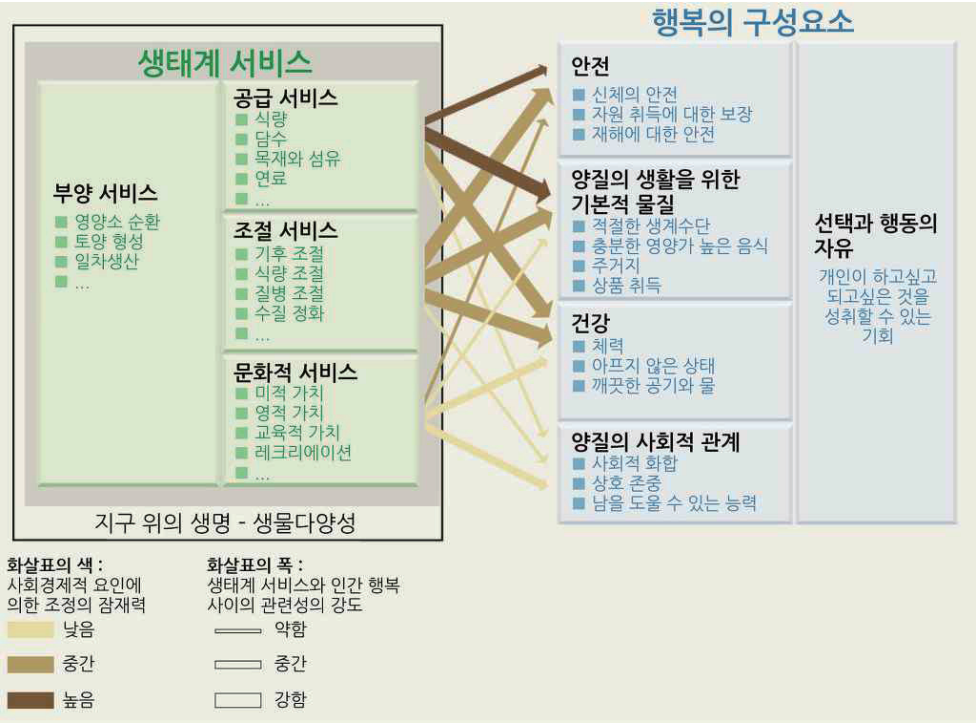
1. 연구의 배경

도시지역에서의 인간은 생존을 위해 자연에 의존하고 있으며, 도시는 도시의 한계를 넘어 생태계에 의존하고 있을 뿐만 아니라 도시생태계 내부의 혜택에 의지하고 있다(Bolund and Hunhammar, 1999). 이러한 도시화 및 산업화에 따른 서식지 훼손과 기후변화 등으로 생물다양성 감소현상이 가속화되어 50년 후에는 생물종의 1/4이 멸종될 것으로 예측하고 있다(Thomas et al., 2004). 이렇듯 생물다양성에 대한 외부 압박 요인은 지속되고 있는 상태에서 효율적 대응 방안이 없을 경우 생물다양성의 환경적 · 경제적 가치의 저하가 불가피하다. 특히, 20세기 후반 에너지 소비 급증에 따른 기후변화와 환경오염 심화 등으로 오염물질의 지구생태용량 초과 및 생태계 파괴가 초래되었다(관계부처 합동, 2009).

인간과 생태계 사이의 상호작용에 대한 전체적인 평가는 다축적 접근(multiscale approach)이 필요하다. 지구적 차원, 광역적 차원뿐만 아니라 지역적 차원에서 생태계의 변화 및 이로 인한 상호작용을 검토하여야 한다. 생물다양성협약 결정문을 비롯한 국제사회와 국가 정책에서 생물다양성 보전 노력이 성과를 거두기 위해서는 도시(지방정부)의 역할이 중요하다. 또한, 건강하고 안전한 도시를 위해 생물다양성과 생태계서비스가 지방정부 정책에서 더욱 강화되어야 한다는 인식이 시민들에게 확대되고 있다(이클레이 한국사무소, 2015).

생태계서비스는 주로 자연 생태계에서 인간 생태계로 제공되는 혜택을 의미하고, 그 반대 방향의 혜택은 상대적으로 적다. 대개 인간 생태계에서 자연 생태계로 흘러가는 흐름은 생태계서비스로 보기보다 인간이 자연에 끼치는 영향(impact)을 말한다(Costanza et al., 1997). 생물다양성이 생물의 존재에 초점을 맞춘 개념이라면 생태계서비스는 생물다양성이 인간에게 끼치는 영향에 관심을 가지면서 생긴 것이다(육근형 외, 2010). 새천년 생태계 평가(Millennium Ecosystem Assessment, MA) 체계에서는 생태계서비스가 인간의 복지와 빈곤 등 삶의 질에 미치는 관계에 대해 묘사한 바 있다(그림 1-1). 이러한 관계는 생태계서비스가 인간의 생계수단에 직접적으로 영향을 주는 것으로 나타났으며, 우리가 활용할 수 있는 생태계서비스의 양은 우리의 사회경제

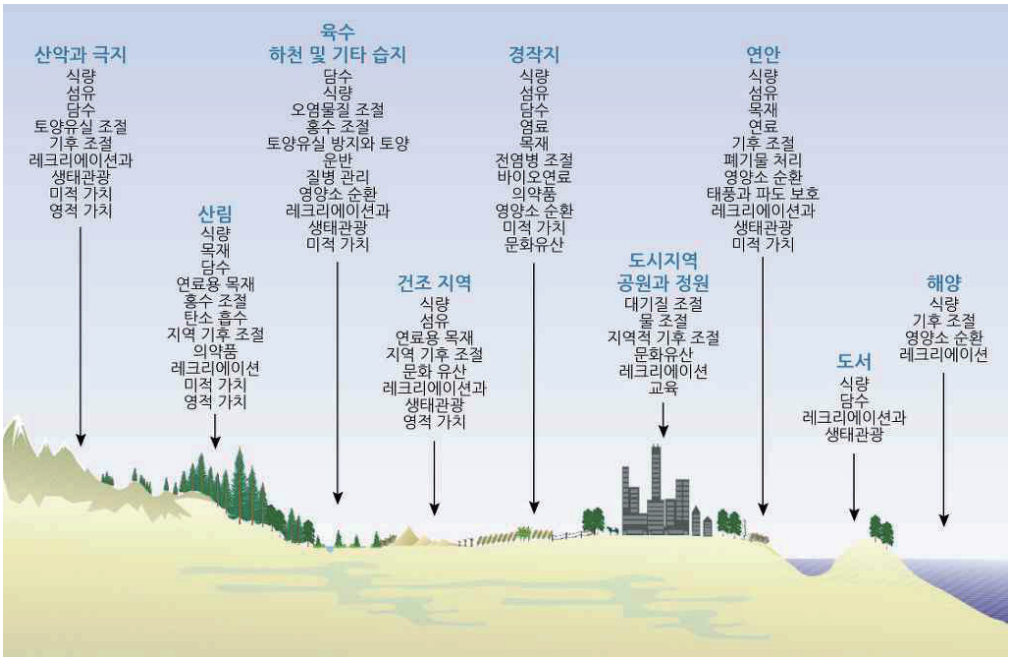
적 선택에 의해 영향을 받는다는 것을 보여주었다(TEEB, 2010).



〈그림 1-1〉 생태계서비스와 인간의 삶의 질과의 관계 (자료: MA, 2005)

도시지역은 가로수, 공원, 도시숲, 경작지, 습지, 호수 및 하천 등의 다른 생태계를 포함하고 있으며, 이러한 도시생태계는 공기정화, 미기후 조절, 소음감소, 우수처리, 하수처리, 레크리에이션 및 문화적 가치의 기능을 제공하고 있다(Bolund and Hunhammar, 1999). 특히, 공원의 경우 잔디, 큰 나무와 다른 식물들의 혼합으로 만들어진 공간으로 공기정화, 미기후 조절 등 도시 내에서의 생태계서비스와 유사한 기능을 담당하고 있다. 이와 같이 도시지역 내 생태계서비스는 도시민의 삶의 질 향상에 기여하고 있으며, 그 혜택은 멀리 있는 생태계보다 가까이에 있는 생태계로부터 영향을 받는다.

수원시는 1인당 공원면적이 6㎡를 넘어서고 있으며, 6분 거리 내 시민의 숲 조성사업, 마을정원 조성사업, 큰나무 심기사업 등 다양한 공원조성사업을 수행하고 있다. 이에 도시지역에서 나타나는 다양한 생태계서비스에 대해 연구가 필요하지만, 도시공원에서 나타나는 생태계서비스의 항목과 평가지표에 대한 논의가 부족한 실정이다.



〈그림 1-2〉 여러 가지 생태계와 생태계서비스 (자료: MA, 2005)

2. 연구의 목적

본 연구에서는 도시생태계의 다양한 생태계서비스 중 도시공원을 대상으로 생태계서비스를 평가하고자 한다. 이를 위해 첫째, 도시공원에서의 생태계서비스 항목 및 평가기준에 대한 이론적 고찰을 실시하여 도시공원이 제공하는 생태계서비스 유형 및 특성을 파악하고자 한다. 둘째, 연구대상지를 선정하여 수원시 도시공원의 생태계서비스 수준을 진단하고 평가하고자 한다. 또한, 이를 통해 도시공원에서의 생태계서비스를 증진시키기 위한 방안을 마련하고자 한다. 본 연구의 결과는 향후 생물다양성 및 생태계서비스 증진을 위한 도시관리 정책 활용에 기여할 것으로 판단된다.

제2절 연구의 범위 및 방법

1. 연구의 범위

본 연구는 도시공원의 생태계서비스 평가에 활용하기 적합한 항목 및 지표를 도출하고, 이를 수원시 내 도시공원에 적용하여 평가하였다. 수원시는 생태공원과 같은 주제공원, 학교 숲, 띠녹지, 옥상녹화 등 다양한 형태의 녹지 공간을 지속적으로 조성 및 관리하고 있다. 또한, 지역생활권 거주자의 보건, 휴양, 정서적 측면에서 현대인들에게 중요하게 인식되는 근린공원 64곳을 포함하여 296곳의 도시공원이 조성되어 있다(수원시공원녹지사업소 홈페이지). 따라서 본 연구에서는 수원시 내 조성되어 있는 다양한 도시생태계 대상 중 도시공원을 대상으로 생태계서비스를 평가하였다.

생태계서비스 평가의 시간적 범위는 현재 상태를 기준으로 하였고, 향후 시간의 흐름에 따른 개선 여지가 있거나 정책 추진에 따른 생태계서비스 증진 가능성에 대하여 고려하였다.

2. 연구의 방법

본 연구는 선행연구를 토대로 생태계서비스 평가항목 및 지표 목록을 추출한 후 전문가 설문조사를 통해 각 지표의 적합성을 평가하였다. 최종적으로 도시공원에 적용하기 적합한 지표를 선정하여 연구대상지역에 생태계서비스를 평가하였다. 평가 결과를 토대로 각 공원의 생태계서비스 증진 방안을 모색하였다.

1) 선행연구를 통한 평가항목 및 지표 1차 추출

선행연구를 통해 기존에 연구된 생태계서비스 평가항목 및 지표를 파악하였다. 이때 도시공원이 갖는 기능 및 효과에 대한 선행연구를 분석함으로써 도시공원에서 평가되어야 하는 생태계서비스 항목을 추출하였다. 이를 토대로 1차 지표후보군을 선정하였다.

2) 델파이 기법 설문조사를 이용한 평가지표 선정

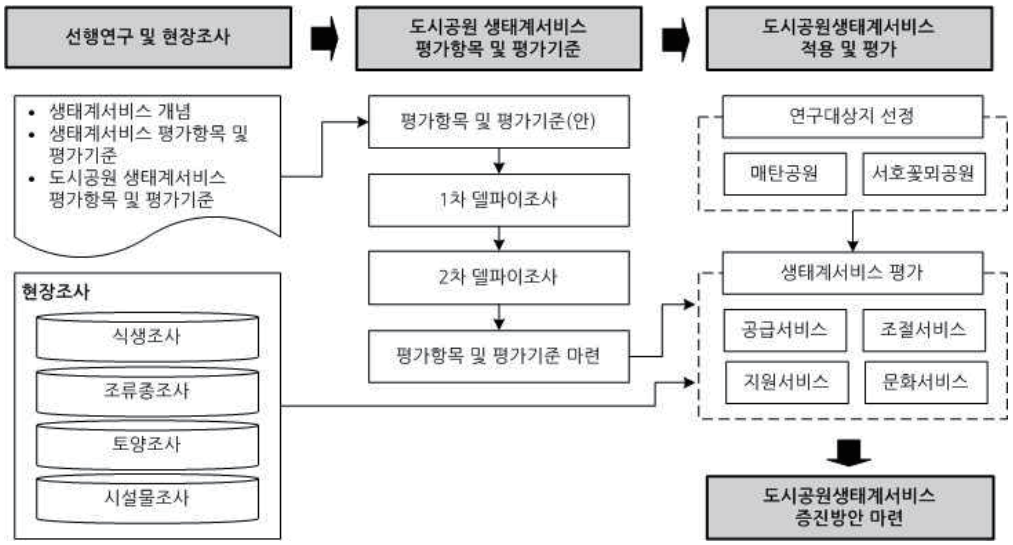
설문조사는 델파이 기법을 활용하여 6명의 환경전문가, 9명의 생태전문가, 8명의 조경전문가, 1명의 산림전문가 등 총 24명의 전문가를 대상으로 2회에 걸쳐 실시하였다.

1차 설문조사에서 5점 리커트 척도(Likert scale)로 도시공원 생태계서비스 평가항목과 평가지표의 적합성을 도출하였다. 리커트 척도는 적합도가 낮다, 약간 낮다, 보통이다, 약간 높다, 높다순으로 1점에서 5점까지로 설정하였다.

1차 설문조사 결과를 토대로 평가항목 및 지표별 평균, 표준편차를 도출하고 지표 목록을 수정하였다. 수정된 지표안을 동일 대상자에게 배포하여 2차 설문조사를 실시하였다. 2차 설문조사 결과를 토대로 대상 공원에서의 측정 및 적용가능성, 정책적 활용성 등을 고려하여 최종적으로 평가지표를 선정하였다.

3) 도시공원에의 적용 및 평가

선정된 지표를 바탕으로 수원시 내 대표성이 있고 규모가 비슷하여 비교가 가능한 도시공원 2곳을 선정하여 각각의 생태계서비스를 평가하였다. 평가 결과는 공원이 현재 제공하고 있는 생태계서비스의 수준을 나타내었다. 이를 토대로 향후 해당 공원의 생태계서비스 증진 방안을 모색하였다.



〈그림 1-3〉 연구의 흐름 및 방법

제2장 선행연구 고찰

제1절 생태계서비스 개념 및 평가지표

1. 생태계서비스 개념

1) 생태계서비스 개념의 발전

생태계서비스(Ecosystem Services)는 자연 생태계와 인간의 상호작용을 규명하기 위해 제시된 개념이다. 생태계의 기능, 서비스 및 이와 관련한 경제적 가치에 대한 논의에서 출발하였으며, 개발 등으로 인한 생태계 파괴를 방지하기 위해 정책 및 의사결정 과정에 자연 자산에 대한 가치를 반영하고자 하였다(MA, 2005; 류대호 외, 2013).

생태계서비스와 관련한 연구는 각 연구마다 약간의 차이는 존재하지만 1970년대부터 시작된 것으로 보고 있다. 초기에는 인간과 자연 생태계의 관계에 집중해 인간 활동에 의해 자연이 받는 영향과 자연에 대한 인간의 의존성을 설명하였다(Westman, 1977; Costanza et al., 1997; TEEB, 2010, 구미현, 2014). 이후 자연 생태계가 가지고 있는 기능과 그에 대한 사회적 가치에 대한 연구를 통해 자연자본(Natural capital)과 같은 개념이 언급 되면서 생태계를 경제적 관점에서 바라보기 시작하였다(Gomez-Baggethun and De Groot, 2010).

1980년대는 환경재가 지닌 시장가치에 대한 인식이 확장되면서 환경 경제학(Environmental Economics)이 주를 이루었고, Ehrlich and Ehrlich(1981)에 의해 생태계서비스(Ecosystem Service)라는 용어가 처음으로 사용되었다. 이후 생물학자들은 인간 삶을 지원하는 시스템, 생태계서비스의 제공자, 경제적 편익으로서의 생태계에 대해 보다 세밀한 연구를 수행하였다. 그러나 1990년대 후반까지 이러한 개념은 확산되지 못하고, 지속가능한 개발, 환경용량(Environmental capital) 등과 같이 환경에 대한 정량적 평가를 수행하는 연구가 지속되었다.

생태계서비스 개념은 1990년대 후반 Daily(1997)와 Costanza et al.(1997) 등의 연구를 통해 개념의 적용 및 활성화가 이루어졌다(안소은, 2013; 류대호 외, 2013; 구미현, 2014). 이후 유엔환경계획(UNEP) 주도로 2001~2005년 동안 전 세계 약 1,300여명의 전문가가 참여해 새천년생태계평가(Millenium Ecosystem Assessment, 이하 MA) 보고서를 발간하였다. 또한 2010년에는 G8+5 환경장관회의에 대한 후속조치로 생물다양성경제학(The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 이하 TEEB)을

구성해 보고서를 발간하였다. 이들 연구는 현재 이용되고 있는 생태계서비스 개념의 주류화를 이루었으며, 생태계서비스 평가에 대한 기본 틀을 마련한 것으로 평가되고 있다. 또한 MA와 TEEB은 생태계서비스 개념 및 관련 연구의 확대에 기여하며 과학적 의제뿐만 아니라 환경정책 결정에 큰 영향을 미친 의미 있는 연구로 평가받고 있다(TEEB, 2010; 구미현, 2014; 안소은, 2014).

최근에는 인간의 삶의 질 향상 및 지속가능한 발전에 대한 고민과 함께 생태계 및 생물다양성의 중요성이 점차 대두되면서 관련 연구가 급속히 증가하고 있다. 주로 생태계서비스 평가를 위한 항목의 설정 및 분류, 생태계서비스에 대한 경제적 가치 평가 등이 이루어지며, 산림, 수변, 도시 등 다양한 범위를 대상으로 점차 연구 범위가 확산되고 있다. 평가 결과는 공간분포를 통해 지도로 표현하거나 정책 결정에 활용되는 등 적용 범위 또한 확대되고 있다.

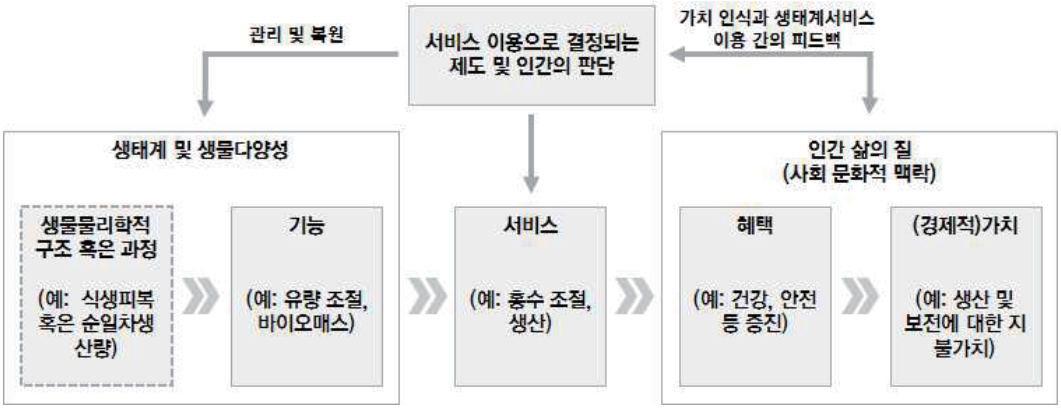
〈그림 2-1〉 생태계서비스 개념의 발전

2) 생태계서비스의 정의

생태계서비스는 생태계의 구조 및 과정과 기능을 분리하고 이로 인해 인간이 얻을 수 있는 서비스 구분이 필요하다는 것에서 시작되었다. 또한 인간과 자연의 상호작용을 바탕으로 이를 통해 인간이 획득할 수 있는 편익에 초점을 맞추고 있다. 편익은 자연 생태계에서 인간이 얻을 수 있는 경제적 이익을 기반으로 하고 있으며, 식량, 물, 연료 자원뿐만 아니라 질병 예방, 기후 및 홍수 조절 등을 통한 이익을 모두 포함하는 개념이다.

TEEB(2010)은 이러한 맥락에서 생태계서비스의 개념을 설명하고 있다. 생태계 및 생물다양성을 통해 제공되는 서비스 및 혜택은 제공되기 전 많은 과정(생물물리학적 구조 혹은 과정)을 필요로 하며, 의사 결정자들은 여기에 포함되는 것이 무엇인지 이해할 필요가 있다. 이는 더 깊은 생태적 구조 및 과정을 통해 기능을 구분하는데 유용하며, 기능(function)은 생태적 구조 및 과정에 의존하는 서비스를 전달하는 생태계의 잠재성을 반영한다(TEEB, 2010). 즉 생태계서비스는 생태계의 기능과 이를 통해 제공

되는 서비스, 인간이 얻을 수 있는 편익의 구분을 설명하는 동시에 생태계와 인간 삶의 질은 생태계서비스를 통해 연결되어 있다고 설명하였다. 예를 들어 일차 생산(과정)은 어류 군집(기능) 유지를 필요로 하며 이는 음식으로 제공(서비스)되기 위해 사용(어획)된다. 또한 영양분의 순환(과정)은 깨끗한 물을 제공하기 위해(서비스 제공) 수질정화(기능)를 필요로 한다(TEEB, 2010).



〈그림 2-2〉 생태계서비스 개념
(자료: TEEB, 2010 일부 수정)

생태계서비스와 관련한 선행연구를 살펴보면 각 연구마다 생태계서비스를 생태계 기능 혹은 편익 등으로 다르게 사용하는 경우도 있다. 그러나 생태계의 구조 및 기능과 이를 통해 인간이 얻을 수 있는 편익의 맥락에서 생태계서비스를 이해하고 있는 개념적 바탕은 동일하다고 볼 수 있다. 선행연구를 살펴보면 모두 이러한 맥락에서 생태계서비스를 정의하고 있는 것을 볼 수 있다. Daily(1997)는 생태계서비스를 인간 삶의 지속적인 유지를 위해 필요한 자연생태계 및 이를 구성하는 생물종의 조건 및 과정으로 정의하고 있다. Costanza et al.(1997)은 인간이 생태계 기능으로부터 직·간접적으로 이끌어내는 이익으로 설명하고 있다. De Groot et al.(2002)은 생태계서비스와 같은 개념으로 생태계기능(Ecosystem functions)을 설명하고 있으며, 인간의 필요를 충족하기 위한 재화 및 서비스를 제공하는 자연적 과정 및 구성요소의 능력으로 정의하고 있다. MA(2005)는 Daily(1977)과 Costanza et al.(1997)의 연구를 바탕으로 생태계서비스는 생태계로부터 인간이 얻을 수 있는 이익으로 정의하고 있다. 또한 TEEB(2010)은 생태계서비스를 인간 삶의 질 향상을 위한 생태계의 직·간접적 공헌으로 정의하였다.

2. 생태계서비스 평가지표

1) 생태계서비스 유형 분류

생태계서비스 유형 분류와 관련한 연구는 1990년대 후반부터 지속적으로 이어져 MA(2005), TEEB(2010) 등에 의해 정립되었다. Lobo(2001), De Groot et al.(2002) 등은 생태계 서비스를 조절, 공급, 서식지, 생산, 정보 서비스로 구분하였으며, Moberg and Folke(1999)는 재생 가능한 자원, 재생 불가능한 자원, 물질적 구조 서비스, 생태 서비스, 생지화학적 서비스, 정보 서비스, 사회 문화적 서비스 등으로 구분하였다. 현재 가장 일반적으로 이용되고 있는 생태계서비스 유형은 공급서비스(provisioning services), 조절서비스(regulating services), 지원/서식지 서비스(supporting/ habitat services), 문화 서비스(cultural services) 등 네 가지로 분류된다. 이러한 분류체계는 Daily(1997), Costanza et al.(1997)의 연구를 바탕으로 MA(2005)와 TEEB(2010)에 의해 정립되었다.

공급서비스는 생태계로부터 얻을 수 있는 모든 물질적 생산물을 포함하며, 인간이 직접 이용할 수 있는 식량과 원료물질 등 물질적 편익을 제공하는 생태계 기능을 의미한다. 조절서비스는 생태계 과정에 의한 조절을 통해 얻을 수 있는 모든 편익이 포함되며, 이를 통해 인간 생활과 연관된 피해요소들을 저감시키는 생태계 기능을 의미한다. 지원서비스는 다른 생태계서비스 생산을 위해 필요한 요소이며, 인간 이외 생물 생존에 적합한 환경을 제공하는 서비스이다. 따라서 지원서비스는 서식지 서비스개념을 포함한다. 문화서비스는 자연의 쾌적함, 아름다움, 정신적 휴양 등 생태계로 인해 인간이 얻을 수 있는 비물질적 편익을 의미한다(MA, 2005; TEEB, 2010; Gomez-Baggethun et al. 2013; 구미현, 2014).

생태계서비스의 공급과 수혜 측면에서 살펴보면, 공급서비스와 문화서비스는 각각 생태계로부터 직접적으로 받는 물질적 편익과 비물질적인 편익을 말하고 이들 서비스는 혜택의 수혜자가 있는 서비스 자체로서 인간 삶의 질에 직접적인 영향을 주는 서비스로 볼 수 있다. 반면 조절서비스는 생태계 과정을 조절하면서 얻어지는 편익이고 지원서비스는 공급과 조절 그리고 문화서비스를 생산하는데 도움을 주는 서비스로서 서비스를 달성하는 과정에서 인간복지에 간접적인 영향을 주는 서비스라고 볼 수 있다(구미현, 2014).

〈표 2-1〉 생태계서비스 유형 및 특징

분류	내용
공급서비스	인간이 직접적으로 이용할 수 있도록 물질적 편익을 제공하는 생태계 기능 - 자연생태계로부터 얻는 생산물(재화) - 자연생태계가 생물적 유전자원의 다양성을 통해 인간에게 제공
조절서비스	인간의 생활에 피해를 주는 요소를 저감시키는 생태계 기능 - 생태계과정을 조절함으로써 얻어지는 편익 - 자연과 반자연 생태계의 역할과 관련한 생물 · 지리학적 순환 (bio-geochemical cycles)과 생태계를 조절
지원/ 서식서비스	인간 이외 생물의 생존에 적합한 환경을 제공하는 생태계 기능 - 다른 생태계서비스를 생산하기 위해 필요 - 다른 서비스는 직접적이고 단기적으로 사람에게 영향을 주지만, 지원서비스는 간접적이고 장기간에 걸쳐 영향이 나타남
문화서비스	인간이 생태계를 인식하고 이용하도록 비물질적 편익을 제공하는 생태계 기능 - 생태계로부터 얻는 비물질적 편익

자료: 구미현, 2014

2) 생태계서비스 평가지표

생태계서비스 평가지표는 Daily(1997)와 Costanza et al.(1997)를 통해 제시되었으며, 이후 MA(2005), TEEB(2010)의 연구를 통해 평가지표가 정립되어 관련 연구에서 활용되고 있다. Daily(1997)가 제시한 생태계서비스 평가지표는 공급, 조절, 지원/서식지, 문화 서비스 등과 같은 생태계서비스 유형을 구분하지 않고 공기 및 수질 정화, 홍수 및 가뭄 완화, 기온 및 바람 조절 등 13개 지표를 통해 생태계서비스를 평가할 수 있다고 설명하였다. Costanza et al.(1997)의 연구는 생태계서비스 평가지표를 직접 활용해 전 세계 생물군(해양-대양, 해변/ 대륙-숲, 초지, 습지, 사막, 도시 등)에 대한 평가를 수행하였다. 사용된 지표는 가스 조절, 기후 조절, 식량 생산, 용수 공급, 토양 형성, 문화서비스 등이다.

MA(2005)와 TEEB(2010)은 생태계서비스를 앞서 설명한 4개 유형(공급, 조절, 지원/서식지, 문화)의 서비스로 구분하고 각 유형별 평가지표를 제시해 생태계서비스 평가체계의 기반으로 활용될 수 있도록 하였다. 공급서비스는 생태계를 통해 공급받을 수 있는 생산물들을 의미하며, 음식, 연료, 물, 유전자원, 약재 등을 포함한다. 음식은 식물, 동물, 미생물 등으로부터 생산되는 식량의 넓은 범위를 포함하며, 섬유는 목재,

황마, 비단 등과 같이 생태계를 통해 얻을 수 있는 다양한 물질들이 해당된다. 담수는 공급서비스와 조절서비스를 연결하는 사례 중 하나로, 공급서비스에서는 인간이 마실 수 있는 식수 등을 의미한다. 연료는 목재, 거름 등과 같이 에너지원이 될 수 있는 생물학적 물질들을 포함하며, 유전자원은 동식물의 번식 및 생물공학에 이용될 수 있는 유전자 및 유전 정보들을 의미한다. 약품, 약재 등과 같은 의료자원은 생태계에서 얻을 수 있는 살균제, 식품 첨가물 등이며, 관상용 자원은 동물의 가죽이나 뼈, 꽃 등을 이용한 관상용 상품으로 종종 문화결정론에 의해 자원의 가치가 결정되기도 한다.

조절서비스는 생태계 과정을 통해 이루어지는 조절 능력으로 얻을 수 있는 편익을 의미하며, 네 가지 생태계서비스 유형 중 가장 많은 지표항목을 포함하고 있다. 생태계는 대기 중에 있는 화학물질을 추출하거나 첨가하면서 공기 질을 조절하는 능력과 함께 지역이나 전 세계 기후를 조절하는 기능을 갖는다. 또한 수질 조절을 통해 토지 피복 변화에 영향을 받을 수 있는 유수, 홍수, 지하수 등의 규모 및 발생을 조절하며, 담수에 포함되는 불순물이 되기도 하지만 하천, 해안, 해양 생태계에 유입되는 유기폐기물을 정화하거나 분해하기도 한다. 또한 맹그로브, 산호초 등과 같은 해안 생태계는 허리케인이나 해일로 인한 피해를 감소시키는 기능을 수행한다. 식생 피복은 토양 유지 및 산사태 방지에 중요한 역할을 담당하며, 식물의 수분을 통해 분포나, 서식 변화에 영향을 주기도 한다.

지원서비스는 연구에 따라 서식지로 대체되기도 하며, 다른 생태계서비스의 생산을 위해 필요한 기능들을 포함한다. 지원서비스는 인간에게 간접적으로 영향을 주거나, 영향을 미치는데 오랜 시간이 걸린다는 점에서 공급, 조절, 문화 서비스와 차이가 있다. 예를 들어 인간은 토양 형성 서비스를 직접적으로 이용하지 않으나 식량 생산과 같은 공급 서비스에 영향을 주면서 간접적인 영향을 미친다. 기후조절은 시간 흐름에 따른 생태계 변화로 인한 지역 혹은 전 세계 기후에 영향을 미칠 수 있어 조절서비스로 분류되지만, 산소 가스의 생산은 대기 중 산소 농도에 영향을 미치는 시간이 매우 길어 지원서비스에 포함된다. 그 외 다른 지원서비스는 일차 생산, 대기 중 산소 생산, 토양 형성 및 유지, 영양염 순환, 물 순환, 서식지 제공 등이 포함된다.

문화서비스는 인간이 생태계를 통해 얻을 수 있는 비물질적 편익을 의미하며, 인지발달, 감상, 여가, 심미적 경험 등을 포함한다. 문화서비스는 제도 및 사회, 경제, 정치적 상황 등과 같이 인간의 가치와 행위에 밀접하게 연관되어 있다. 따라서 문화서비스에 대한 인식은 개인과 집단간의 차이에 따라 다를 가능성이 더 높다. 문화서비스에 포함되는 문화적 다양성은 생태계다양성이 문화의 다양성에 영향을 미치는 요인 중 하

나가 될 수 있음을 의미하며, 이는 문화유산이나, 예술, 디자인에 영향을 미치기도 한다. 사람들은 생태계의 다양한 측면에서 미적 가치를 찾기도 하며 이는 공원의 지원이나 주거지 선정에 영향을 미치기도 한다. 자연 경관 특성이 여가시간을 보내는 장소를 선택하는 기준이 되기도 하며, 이를 통해 특정 문화 안에서 사회적 관계 형성에 영향을 주기도 한다. 또한 그들의 환경에 대한 인식과 장소감(sense of place)에 가치를 부여하기도 한다.

〈표 2-2〉 생태계서비스 평가지표

<table>
<tr><th></th><th>Daily(1997)</th><th>Costanza et al.
(1997)</th><th>MA(2005)</th><th>TEEB(2010)</th></tr>
<tr><td rowspan="6">공급서비스</td><td rowspan="6">–</td><td>식량 생산</td><td>음식</td><td>식품</td></tr>
<tr><td>용수 공급</td><td>담수</td><td>물</td></tr>
<tr><td rowspan="2">원료</td><td>섬유</td><td rowspan="2">원료</td></tr>
<tr><td>바이오매스 연료</td></tr>
<tr><td>유전자원</td><td>유전자원</td><td>유전자원</td></tr>
<tr><td rowspan="2">–</td><td>생화학 약품,
자연약재 등</td><td>의료자원</td></tr>
<tr><td>관상용 자원</td><td>관상용 자원</td></tr>
<tr><td rowspan="12">조절서비스</td><td>공기 및 수질 정화</td><td>가스조절</td><td>공기 정화 및 조절</td><td>대기질 조절</td></tr>
<tr><td>기후 부분적 안정</td><td>기후조절</td><td rowspan="2">기후조절</td><td rowspan="2">기후조절</td></tr>
<tr><td>온도, 바람, 파도
강도 조절</td><td rowspan="2">–</td></tr>
<tr><td>홍수 및 가뭄 완화</td><td>폭풍우 보호</td><td>재해조절</td></tr>
<tr><td>–</td><td>물 조절</td><td>물 조절</td><td>물흐름 조절</td></tr>
<tr><td>폐기물
독성제거 및 분해</td><td>폐기물 관리</td><td>수질정화 및 폐기물
처리</td><td>폐기물 처리</td></tr>
<tr><td>–</td><td>침식조절 및
퇴적물 보전</td><td>침식조절</td><td>침식방지</td></tr>
<tr><td>토양 및 토양
비옥도 형성 · 재생</td><td>토양형성</td><td>(지원)</td><td>토양형성, 유지 및
영양분 순환</td></tr>
<tr><td>농작물 및 야생
식물의 수분</td><td>수분</td><td>식물의 수분</td><td>수분</td></tr>
<tr><td>잠재적 농작물 질병
대부분 조절</td><td>교란 조절</td><td rowspan="2">생물학적 조절</td><td rowspan="2">생물학적 조절</td></tr>
<tr><td>종자 확산
및 영양 전류</td><td>생물학적 조절</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td><td>인간 질병 조절</td><td>–</td></tr>
<tr><td>지원</td><td>–</td><td>레퓨지아
(Refugia)</td><td>서식지 제공</td><td>이주성 종의
생활주기 유지</td></tr>
</table>

	Daily(1997)	Costanza et al. (1997)	MA(2005)	TEEB(2010)
/서식지서비스		–		유전다양성 유지
		영양 순환	영양염 순환	–
		–	토양생성	
			광합성	
			일차생산	
			물 순환	
문화서비스	문화 다양성 지원	문화적	문화유산 가치	문화적. 예술적. 디자인적 영감
			문화적 다양성	
	미적가치 및 지적자극 제공	–	영감	경관미적 정보
			미적가치	
	–	여가	여가, 생태관광	여가와 관광기회
		–	장소성	
			정신, 종교적 가치	영적경험
			교육적 가치	인식발달, 정보제공
			지식체계	–

생태계서비스 평가를 위한 지표체계는 이러한 선행연구를 통해 제시되고 있는 범위 내에서 크게 벗어나지 않으며, 각 연구마다 지표를 작성하는 목적, 우선순위에 영향을 받는다(구미현, 2014). 평가항목은 각 지표별로 대상 규모 및 평가 목적 등에 따라 상이하지만, 일반적으로 사용된 평가항목은 〈표 2-3〉과 같다.

〈표 2-3〉 생태계서비스 유형별 생태계서비스 평가항목

	지표	생태적 과정과 기능	평가항목
공급	음식	일차생산물 중 식품으로 제공되는 가축, 어류, 식물	• 가축, 어류, 농작물 등 총(평균) 생산량
	담수	물의 저장 및 보유	• 하천, 저수지, 지하수 등에 의한 물 총량
	원료(섬유, 바이오매스)	전체일차생산물 중 원료로 이용 가능한 부분	• 목재, 연료, 사료 등의 생산 • 바이오매스의 총량
	유전자원	(잠재적으로) 유용한 유전자원을 가진 생물학적 요소 및 생산 자원	• 유전자은행 총가치(생물종, 아종 수) • 약재, 재료과학을 위한 생산물, 병원균 및 농작물 해충, 관상용종의 거주를 위한 유전자
	생화학 약품, 자연약재 등	화학물질/약용으로 잠재적 사용 가능한 생물/비생물	• 추출 가능한 유용 물질의 총량
	관상용 자원	관상용 생물/비생물 자원	• 바이오매스의 총량
	공기 질	대기에서 에어로졸 및	• 잎면적지수, 질소고정 등

	지표	생태적 과정과 기능	평가항목
조절	(가스) 조절	화학물질을 추출하는 능력	• 수목피복(㎡)에 따른 오존(O_3), 아황산가스(SO_2), 이산화질소(NO_2), 일산화탄소(CO), 미세먼지(PM10㎛)량 • 이산화탄소/산소균형
	기후조절	토지피복 및 생물 매개과정	• 온실가스조절(이산화탄소제거) • 토지피복특징 • 잎면적지수 • DMS(Dimethylsulfide)생산
	재해조절	식생 장벽의 완충역할로 인한 자연재해 완화 (홍수 피해 방지)	• 물 저장능력(㎥당) • 식생피복 밀도가 해안가 인근지역 방벽 역할 수행
	물 조절	물의 흡수와 배출 조절	• 토양의 수분보유 능력 혹은 지표의 수분보유 능력 • 토양침투능력; 표면침투 능력과 관련한 포장비율 • 농업, 공업용수 제공과정 및 운송
	수질정화 및 폐기물 처리	유기물 제거/분해/폐수 정화	• 탈질소작용: 식물과 토양의 고정 • 토양 및 수질기준에 대한 인, 칼륨, 망간, 칼슘량 • 폐기물관리, 오염조절, 독성제거
	침식조절	생태계(식생 및 생물)에 의한 토양 유지	• 뿌리기반식생피복 • 바람, 유수, 기타 침식과정에서 발생하는 토양손실 보호, 호수 및 습지 내 지주(stilt)보존
	토양형성	토양 형성 및 재생	• 생물교란 • 암석의 풍화 및 유기물질의 퇴적
	식물의 수분	꽃가루의 풍부도 및 효율성, 식물 생식세포 이동	• 수분종의 수 및 영향 • 종다양성, 조류종 및 땅벌 풍부도 • 식생군락의 재생산을 위한 수분의 공급
	생물학적 조절	개체군의 영양관계를 통한 해충개체 조절	• 해충 조절종의 수 및 영향 • 상위포식동물의 먹이 종 조절 및 상위포식자에 의한 초식동물의 감소
	소음 감소	차폐에 의한 방음	• 잎면적(㎡) 및 도로와의 거리(m); 소음 감소[dB(A)]/식생 단위 (㎡)
지원/서식지	서식지 제공	조류 및 야생동물의 서식지	• 이주종과 상업적 가치 지닌 개체수 • 조류, 나비 및 다른 동물들의 풍부도
	유전다양성 유지	생태적 균형, 진화과정 유지	• 자연 생물다양성(특히 고유종), 서식지 보존
	Refugia	개체군(정주/이주) 서식지	• 이주성 종을 위한 서식지, 월동지

	지표	생태적 과정과 기능	평가항목
	영양염 순환	영양의 보존, 내부순환	• 질소고정, 질소, 인, 기타 요소 및 영양의 순환
문화	미적가치	구조적 다양성, 녹화에 기반한 경관의 미적 수준	• 경관 형태의 수/면적
	영감	경관, 생물종이 갖는 영감	• 영감가치를 가진 경관 형태 또는 생물종의 수/면적
	여가 및 생태관광	매력적인 야생 경관 형태에 따른 여가활동 기회 제공	• 야생형태 및 경관의 수/면적 • 공공녹지면적(ha)/거주자 수 • 생태관광, 낚시 및 기타 야외여가활동
	문화유산 가치	문화적 가치가 있는 경관형태 및 생물종	• 문화적으로 중요한 경관형태 및 생물종의 수/면적
	정신적, 종교적 가치	정신적/종교적 가치가 있는 경관 형태 및 생물종	• 정신적 가치를 갖는 경관형태 및 생물종의 존재

자료: Costanza et al. 1997; De-Groot, 2010; Gomez-baggethun, 2013 수정

제2절 도시공원의 생태계서비스

1. 도시공원의 생태계서비스

일반적으로 도시환경은 인위적인 개발에 따른 생태계 파괴, 미기후 변화, 자연재해 증가 등 다양한 문제점을 안고 있으며 전 세계적으로 도시인구가 급격히 증가함에 따라 이러한 문제점들이 심화되고 있다. 이에 따라 쾌적한 도시환경을 조성하기 위하여 도시기반시설로서 도시공원의 중요성이 증가하고 있다(성현찬 외, 2009). 도시공원 또는 녹지로 이루어진 도시 내 오픈스페이스는 도시민들에게 다양한 이익을 제공하는 것으로 알려져 왔다. 도시공원은 자연생태계가 갖는 긍정적인 기능들을 도시환경에 제공함으로써 도시민의 삶의 질을 향상시킨다.

1) 탄소 저장에 따른 바이오매스 및 식량 제공

녹지는 이산화탄소 흡수원으로서 중요한 기능을 한다. 이는 대기의 이산화탄소 농도를 조절한다는 측면에서도 의의를 갖는 한편, 도시 수목이 이산화탄소를 흡수하고 생산하는 바이오매스 또한 생태계서비스로 분류된다. 바이오매스는 식물의 광합성을 통해 합성된 생물량(생체량)으로서 도시공원에서는 목재, 낙엽 등의 형태로 인간에게 제공되어 연료로 활용하기도 한다.

산림청(2015)에 따르면 산림의 임목축적량 즉 바이오매스는 2014년 기준으로 전국 평균 142.2㎥/ha이며 총 량 901,816,414㎥를 기록하였다. 또한 2012년 기준으로 산림의 탄소 흡수량은 55,300,000ton CO_2 eq으로 집계되었다. 국내에서 산림은 국토의 63.9%를 차지하고 있어 비교적 많은 양의 바이오매스 생산과 이산화탄소 흡수가 이루어지고 있다.

이에 비해 도시녹지 또는 수목은 종류가 산림보다 다양하지 않고 생장이 불리할 수 있으며 무엇보다 면적이 적어 바이오매스 생산과 이산화탄소 흡수가 제한적이다. 박은진(2009)은 성남시 분당 중앙공원, 수원시 효원공원, 과천시 중앙공원, 안양시 병목안 시민공원을 대상으로 하여 도시공원의 탄소저장량을 산정하였다. 분당 중앙공원 수목의 총 탄소저장량은 636.5tC이며 과천 중앙공원 수목의 총 탄소저장량은 133.4tC으로 나타나 큰 차이를 보였다. 그러나 단위면적당 탄소저장량을 비교해볼 때 분당 중앙공원보다 과천 중앙공원의 탄소저장량이 조금 더 많은 것으로 나타났다. 이를 통해 도시공원에서 바이오매스량을 늘리기 위해서는 탄소저장량이 큰 수종 위주의 밀도 있는 식

재가 이루어져야 함을 알 수 있다.

〈표 2-4〉 국내 도시공원 수목의 탄소저장량

탄소저장량(tC)	분당 중앙공원	수원 효원공원	과천 중앙공원	병목안 시민공원
상록교목	170.8	47.4	17.3	26.4
낙엽교목	465.9	87.9	116.0	43.1
총탄소저장량	636.5	135.3	133.4	69.5
전체면적당 저장량	27.0	7.6	27.8	7.0
식재면적당 저장량	43.2	9.9	46.5	18.5

자료: 경기개발연구원, 2009

Tanaka et al.(2014)은 서서울 호수공원과 양재 시민의 숲을 대상으로 상대생장식을 이용하여 바이오매스량을 측정하였다. 공원 당 6개의 방형구(5m×5m)에서 지하부와 지상부의 바이오매스를 모두 고려하였다. 조성된 기간이 더 오래 된 양재 시민의 숲이 방형구 당 평균 172.32KgC의 바이오매스를 가지며, 서서울 호수공원은 방형구 당 평균 101.86KgC의 바이오매스를 갖는 것으로 추정되었다. Nowak and Crane(2002)는 미국의 10개 도시에 대한 도시수목의 탄소저장량을 추정하였는데, 도시별 탄소저장량의 범위는 19,300-1,200,000tC로 나타났다. 조사된 모든 도시에서의 저장량 총 합은 약 7억tC로 이를 화폐단위로 환산하면 약 143억 달러로 추정되었다.

〈표 2-5〉 미국 도시수목의 탄소저장량

조사대상지	탄소저장량(tC)	연간 흡수량(tC/yr)		수목의 수 ($\times 10^3$)
		총량	순량	
New York	1,225,200	38,400	20,800	5,212
Atlanta	1,220,200	42,100	32,200	9,415
Sacramento	1,107,300	20,200	na	1,733
Chicago	854,800	40,100	na	4,128
Baltimore	528,700	14,800	10,800	2,835
Philadelphia	481,000	14,600	10,700	2,113
Boston	289,800	9,500	6,900	1,183
Syracuse	148,300	4,700	3,500	891
Oakland	145,800	na	na	1,588
Jersey City	19,300	800	600	136

자료: Nowak and Crane, 2002

도시공원은 바이오매스뿐만 아니라 섭취가 가능한 열매나 작물 등을 제공하기도 한다. 2011년 조성된 뉴욕의 Riverpark Farm은 공원화 된 도시 농업 공간으로서 버려진 공간을 임시적으로 활용하여 도시환경에 적응력이 좋은 채소, 허브 등 다양한 작물을 재배한다. 뉴욕에서 가장 큰 도시농업 모델 중 하나로 15,000평방피트에 이른다. 식재된 플랜터 사이에 식사 공간, 조명 등을 설치하여 공원과 농장 체험장으로서 모두 활용된다.

〈그림 2-3〉 뉴욕 Riverpark Farm
(자료: ORE Design+Technology, http://www.ore-design.com/project/riverpark-farm/)

국내에서도 2011년 「도시공원 및 녹지에 관한 법률」이 개정됨에 따라 체험장, 학습장 및 농자재 보관창고 등 도시농업을 위한 시설이 공원시설로 추가됨에 따라 도시공원에서 식량제공 기능을 갖게 되었다. 최근 도시에서의 농업활동에 대한 관심이 증대되면서 도시공원 내 텃밭을 조성하여 개인 또는 단체가 운영하고 있다.

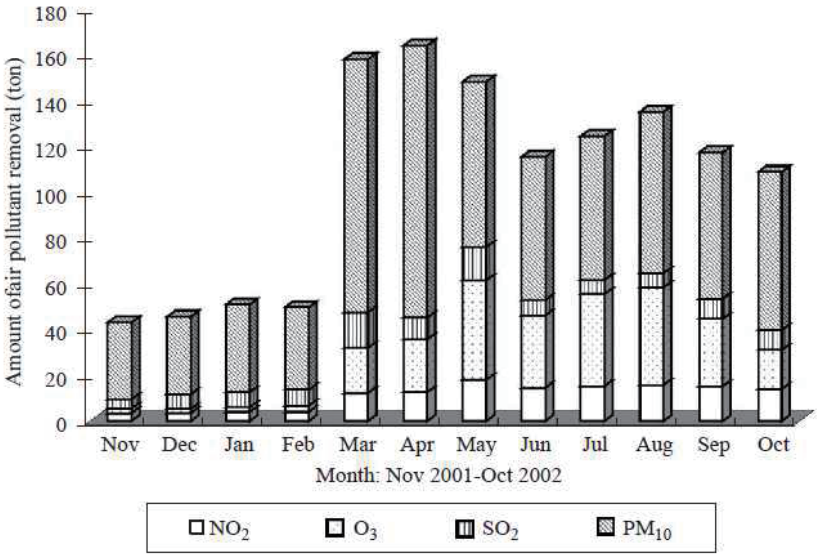
서울시는 제1호 도시농업공원으로 2012년 5월부터 노들섬의 일부를 노들텃밭으로 조성하여 추첨을 통해 시민들에게 분양하고 있다. 구좌면적 6.6m^2 의 텃밭 총 600구좌를 시민텃밭, 공동체 텃밭, 토종논, 토종밭, 미나리꽝 등의 공간으로 활용하고 있다. 갈현근린공원 또한 2014년 도시농업공원으로 재조성하여 텃밭 및 도시농업체험관, 다목적 운동공간 등을 갖추었다. 갈현 도시농업공원은 치유(힐링가든)와 교육(에듀팜)을 겸하는 공원이 될 수 있도록 설계되었다. 텃밭의 전체 면적은 15,595m^2 으로 총 400구좌를 단체와 개인에게 각각 200구좌씩 분양하고 있다.

〈그림 2-4〉 노들섬 노들텃밭
(자료: 서울시, https://env.seoul.go.kr/archives/52931)

2) 대기질 및 미기후 조절에 따른 쾌적한 환경 조성

수목은 광합성 과정을 통해 대기농도를 조절할 뿐만 아니라 아황산, 질소산화물, 일산화탄소, 미립자 등의 유해한 물질을 흡수하는 역할을 한다. Nowak et al.(2006)은 미국 국경지역의 도시수목이 연간 71만톤의 대기오염물질을 제거한다고 밝혔다. 이에 따라 도시공원은 이산화탄소 흡수 및 도시의 오염된 대기를 정화하는 기능을 담당하며 환경적으로 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(조현길과 안태원, 2001).

Yang et al.(2005)는 베이징의 도시숲이 주요 대기 오염물질인 아황산, 이산화질소, PM_{10}, 오존 등을 얼마나 저감시키는지를 정량화하고 이산화탄소 흡수량을 계산하였다. 그 결과 대상지에서 총 224,000톤의 탄소가 바이오매스 형태로 저장되는 것으로 나타났으며 대기 오염물질은 4월에 가장 많은 양(167.1톤)을 제거하는 것으로 분석하였다. 이와 유사하게 Bottalico et al.(2016)은 플로랑스의 녹지가 PM_{10}과 오존을 저감시키는 효과를 연구하였다. 상록 활엽수가 면적 당 가장 많은 오존을 저감시켰으며, 활엽수 및 침엽수의 혼효림이 면적 당 가장 많은 PM_{10}을 저감시키는 것으로 나타났다. Cohen et al.(2014)은 도시공원이 여러 가지 대기오염물질을 저감시키는데 특히 질소산화물과 PM_{10} 저감에 기여하는 것을 밝혔다.



〈그림 2-5〉 베이징 도시숲에서의 시기별 대기오염물질 제거량
(자료: Yang et al., 2005)

〈표 2-6〉 도시수목의 대기오염물질 제거량과 화폐가치 추정

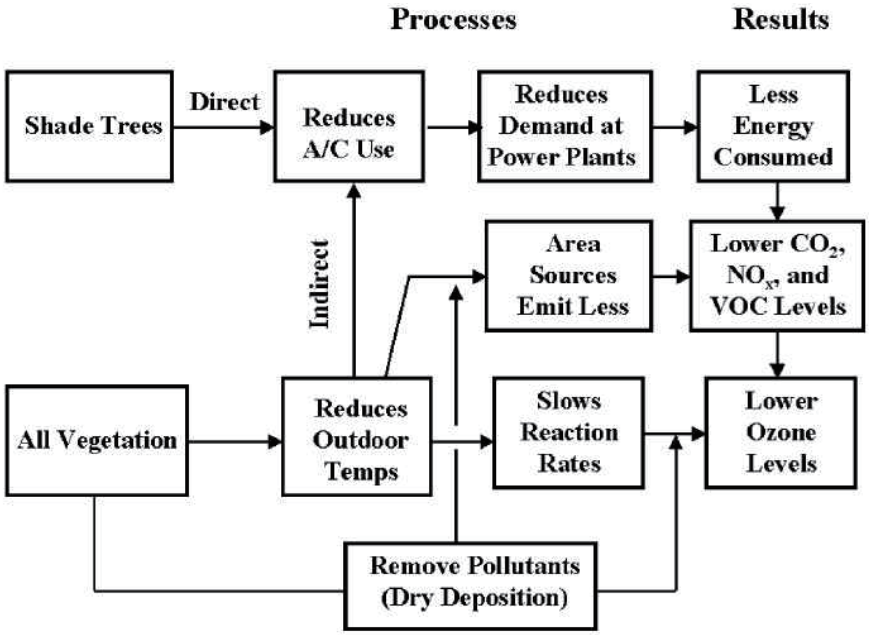
대기오염물질	제거량 (t)	가치 ($\times 10^6$)
O_3	305,100 (75,000-390,200)	2,060 (506-2,635)
PM_{10}	214,900 (84,000-335,800)	969 (378-1,514)
NO_2	97,800 (42,800-119,100)	660 (289-804)
SO_2	70,900 (32,200-111,100)	117 (53-184)
CO	22,600 (Na)	22 (Na)
합계	711,300 (256,600-978,800)	3,828 (1,249-5,158)

자료: Nowak et al., 2006

또한 도시공원의 미기후 조절 기능을 밝힌 연구가 다수 진행되었다. 윤민호와 안동만(2009)은 위성영상을 이용하여 산출한 도시녹지의 표면온도를 기온으로 보정하여 여름철 녹지의 기온 저감 효과를 분석하였다. 도시녹지에 의한 기온 저감 구간은 시가지의 평균기온보다 0.3℃ 낮게 나타났으며 최고기온과는 1.6℃의 차이가 나는 것으로 분석되었다. Oliveira et al.(2011)은 리스본 도심지역에 위치한 녹지인 the Garden Tefilo de Braga의 내부와 그 주변을 둘러싼 거리의 여름철 미기후(기온, 상대습도, 풍속, 일사량, 적외선)를 측정하였다. 해당 도시녹지는 직사광선 아래와 그늘 아래 모두

에서 주변보다 더 낮은 온도를 나타냈으며 이러한 차이는 가장 더운 날 더욱 두드러진 것으로 분석되었다. 이는 평균 복사온도와 관련이 있는 것으로 추정되었다.

Akbari(2002)는 도시 수목이 이산화탄소를 흡수하고 스모그를 저감하여 대기질을 조절하는 역할을 함과 동시에 수목이 만들어내는 그늘이 에너지 사용량을 줄이는데 기여한다고 밝혔다. 수목의 그늘은 기온을 떨어뜨려 건물 내 에어컨, 난방 등 에너지 사용량의 25%를 줄이는 것으로 분석되었다. Simpson(1998) 또한 미국의 새크라멘토 카운티를 대상으로 도시숲이 주거·상업지역의 에너지 사용량에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, 대상지의 도시숲이 연간 약 157GWh의 냉방에너지를 절약하는 것으로 나타났으며 이를 화폐가치로 환산할 경우 약 1,850만 달러로 추정되었다. Zhang et al.(2014)은 베이징의 열섬 현상을 저감시킬 수 있는 녹지의 효과와 이에 따른 에너지 절약을 분석하여 냉방기 사용량의 60%를 절감할 수 있다고 분석하였다.

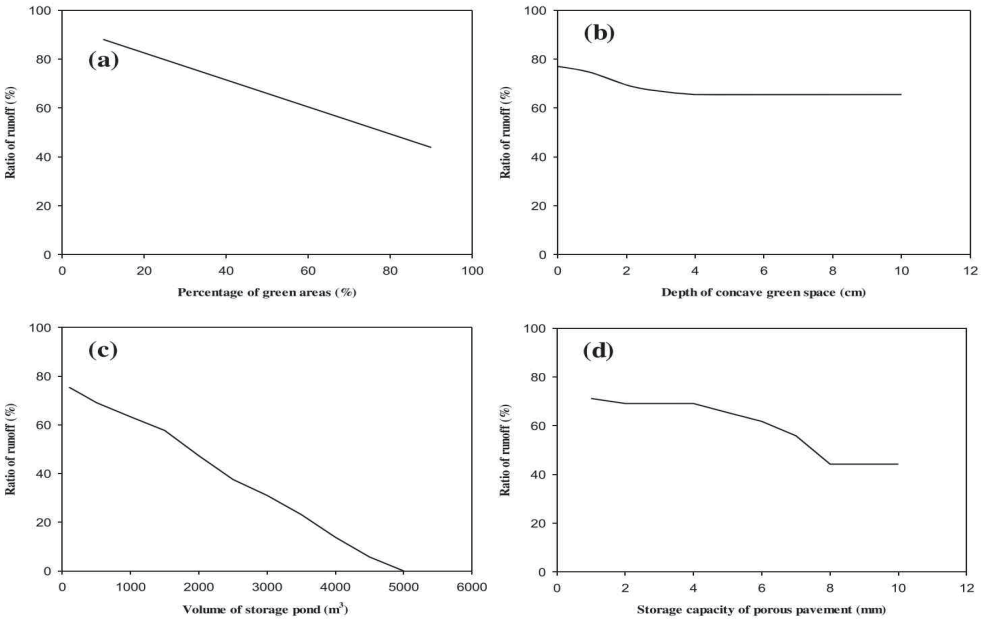


〈그림 2-6〉 도시녹지의 미기후조절에 따른 효과
(자료: Akbari, 2002)

3) 홍수 재해 및 소음 공해 저감

공원녹지는 우수유출저감에 기여함으로써 방재 거점의 역할을 하며 배치 형태와 위치에 따라 그 효과를 극대화시킬 수 있는 것으로 입증되어 왔다(이재준 외, 2008; 송

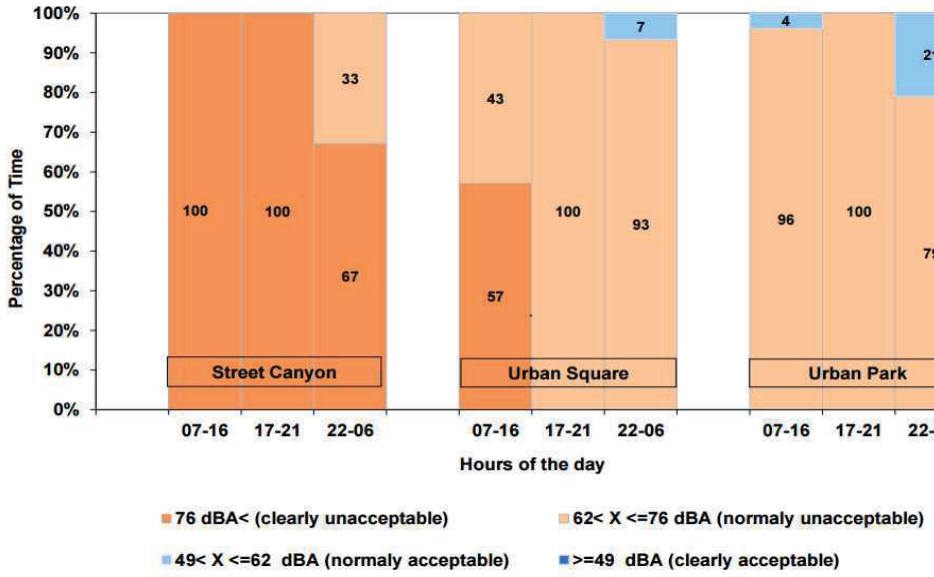
혜정과 김학열, 2015). 베이징의 녹지가 갖는 우수유출저감 잠재력을 분석한 Yao et al.(2015)의 연구에 따르면 2012년에 도시녹지에 의해 97,900,000㎥의 표면 유출수가 저감된 것으로 나타났다. Zhang et al.(2015)은 베이징의 녹지가 연간 17-23%의 유출량을 조절하는 것으로 분석하였으나 도시화에 따라 녹지가 파편화되고 면적이 감소하면서 기능이 감소할 수 있음을 나타내었다. Liu et al.(2015)은 다양한 녹지의 크기에 따라 유출량 저감 효과가 다름을 분석하였는데, 녹지의 비율이 50% 이상이면 대부분의 유출수를 저감시킬 수 있는 것을 도출하였다. 또한 녹지가 오목한 모형으로 4cm의 깊이를 이루면 최대 95%의 유출수가 저감되는 것으로 분석하였다.



〈그림 2-7〉 단일 녹지의 크기에 따른 우수유출량 저감 효과
(자료: Liu et al., 2015)

Armsom et al.(2013)은 각각 교목과 우드칩, 아스팔트, 잔디로 포장된 실험용 방형구에서 우수유출량 저감 효과를 측정한 결과, 잔디가 아스팔트에 비해 99%의 유출수를 저감시켜 가장 좋은 효과를 보였다. 이는 잔디가 유출되는 우수를 토양으로 빠르게 침투시키는 것을 돕기 때문인 것으로 나타났다. 교목과 우드칩 역시 약 60%의 유출수를 저감시키는 것으로 나타나 도시 수목의 역할이 중요함을 도출하였다. 마찬가지로 도시 수목이 유출수 저감에 효과적일 수 있음을 분석한 Bartens et al.(2008)은 수목 뿌리가 고밀도의 심토를 관통하여 유출수의 침투율을 증가시킨다고 밝혔다.

또한 도시녹지는 주변의 소음을 저감시키는 기능을 한다. 주로 수목의 줄기, 잎, 가지 등에 의해 소리가 흡수되거나 그러한 표면에 소리가 부딪혀 반사됨으로써 소음이 줄어든다(변병설과 이병준, 2002). Dzhambov and Dimitrova(2015)는 설문을 통해 녹지와 가까이 사는 사람일수록 소음에 의한 스트레스가 적다는 것을 밝혔다. Cohen et al.(2014)은 도시의 공원, 광장, 거리에서 소음 정도를 측정한 결과, 거리에서는 가장 견디기 힘든 소음 발생이 하루 종일 이어졌으며 도시 광장에서는 낮 시간 동안에 가장 견디기 힘든 소음 발생이 이어졌다. 반면 도시공원에서는 낮 시간 동안 견디기 힘든 소음과 견딜만한 소음이 발생하였으나 밤 시간에는 다른 두 대상지와 달리 견딜만한 수준의 소음 비중이 증가하는 것으로 나타났다.



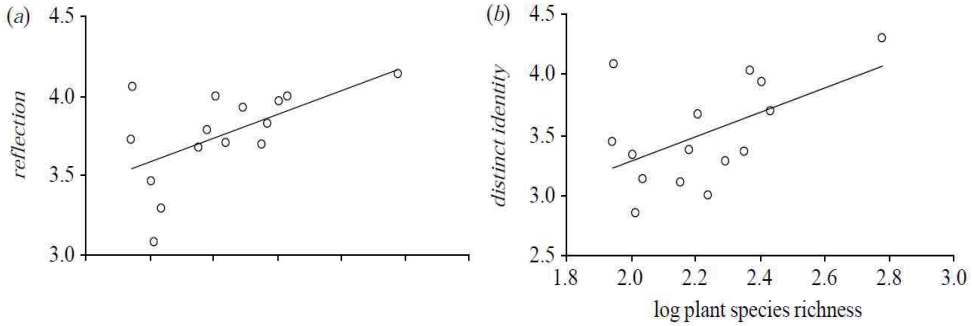
〈그림 2-8〉 도시공원, 광장, 거리에서의 시간별 소음 정도
(자료: Cohen et al., 2014)

4) 정신적 · 육체적 건강 증진

Dwyer et al.(1991)은 도시공원의 개념 이전에 도시 내 나무와 숲이 도시민에게 정서적으로 중요하게 작용한다고 평가하였다. 종교적 또는 문화적인 상징이 되기도 하며 나무를 심는 행위는 그 자체로서 시민들에게 좋은 활동거리가 된다. 시민들은 자연을 찾기 위해 도시 밖으로 나가지 않고도 도시 내 나무와 숲에서 자연을 경험하며 삶의 질을 높일 수 있다고 평가하였다.

Chiesura(2004)는 도시공원이 갖는 정서적 기능에 대하여 보다 구체적으로 평가하였다. 도시공원이 갖는 환경, 경제, 사회적 기능들이 도시 내 삶의 질을 향상시켜 궁극적으로 지속가능한 도시를 구성하는데 중요한 영향력을 갖는다고 설명하였다. 특히 도시공원의 사회적 기능에 대하여 자연을 찾는 동기, 자연으로부터 얻는 정서적인 이익, 만족감 등을 조사하였다. 자연을 찾는 동기는 운동, 휴식, 만남, 자연 경험 등이 있으며 정서적으로는 자유, 자기동질감, 자연과의 동질감, 행운, 모험, 행복 등을 경험하게 해준다는 것을 도출하여 도시공원의 역할을 규명하였다.

Fuller et al.(2007)은 방문객을 대상으로 도시녹지로부터 얻게 되는 인지적 능력, 독특한 기분이나 장소감, 감정적 유대감의 정도를 설문조사하였다. 그 결과, 생물다양성이 풍부할수록 방문객의 심리적인 건강에 긍정적인 영향을 미친다고 분석하였다. 특히 식물종 풍부도가 높을수록, 조류종 풍부도가 높을수록, 생물종 서식지의 수가 증가할수록 방문객의 심리에 긍정적으로 작용하는 것으로 나타났다.



〈그림 2-9〉 식물종 풍부도와 심리적 건강과의 상관관계
(자료: Fuller et al., 2007)

이와 유사하게 Berg et al.(2016)은 유럽 내 두틴험, 스토크온트렌트, 바르셀로나, 카우나스 네 개 도시의 녹지 방문객을 대상으로 녹지에서 보낸 시간과 방문객의 정신건강 및 활력이 상당한 양의 상관관계가 있는 것으로 분석되었다. 또한 교육과 아이들의 자연 경험측면에서도 상당한 효과가 있었음을 도출하였다.

도시공원은 사람들에게 정서적으로 긍정적인 역할을 하지만 신체적인 건강과도 밀접한 관련이 있음이 연구되었다. Coombes et al.(2010)은 도시녹지에 가깝게 거주하는 사람일수록 비만이 줄어드는 효과를 보인다고 분석하였다. 이와 유사하게 Hu et al.(2008)은 녹지와의 접근성이 떨어지는 사람들의 뇌졸중 사망률이 크게 증가하는 것

으로 분석하였다. Maas et al.(2006; 2009)은 도시민의 생활권 내 있는 녹지의 양이 그들의 건강과 양의 상관관계를 보이며, 생활권 1km 반경 안에 녹지가 많을수록 연간 유병률이 낮아지는 연구 결과를 발표하였다. 주거지역에 녹지가 위치함으로써 장기적으로 영향을 받은 사람들과 건강과의 관계에 대한 연구를 정리한 Gascon et al.(2016)은 많은 논문에서 녹지가 있는 지역의 거주민이 심장혈관계에 의한 사망률이 낮게 나타났음을 밝혔다.

5) 다양한 여가활동 공간 제공

도시공원이 사람들의 신체적 건강에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 조건 중 하나는 걷기와 같은 신체적 활동을 위한 장소를 제공하기 때문이다. Cohen et al.(2007)은 공원 근처에서 사는 청소년들이 방과 후 건전하면서도 활발한 신체적 활동을 한다는 것을 밝혔다. 또한 공원 근처에서 사는 사람들은 일주일에 한 번 이상 공원을 이용하는 빈도가 4배 정도 증가하는 것으로 나타났다. Coombes et al.(2010)의 연구에서도 도시녹지와의 거리와 비만도의 관계는 녹지의 접근성에 따른 이용 빈도와 관련이 있는 것으로 나타났다. 이는 공원에서 이루어지는 신체적 활동이 중요하게 작용하는 것을 의미하였다.

도시의 오픈스페이스가 여가활동에 미치는 영향을 분석한 윤정미와 최막중(2014)의 연구에서는 오픈스페이스의 공급이 증가함에 따라 이에 비례하여 도시민의 옥외 여가활동이 증진되는 것으로 분석하였다. 이러한 여가활동 증진 효과는 노인계층에게서 더욱 크게 나타났으며, 상대적으로 소득수준이 낮고 교육수준이 낮은 계층에게 더욱 유용하다고 분석되었다. 마찬가지로 양재준(2007)의 연구에서 공원이 노인계층에게 일상생활의 장소, 자연과 만나고 쉬는 장소, 대화의 장소, 오락의 장소 등 다목적으로 활용되고 있음을 분석하였다.

한편, 정유선과 최막중(2014)은 기존의 일반적인 연구에서 나타나는 도시공원이 근접할수록 공원 이용 빈도가 증가한다는 가설이 노인계층에서는 다르게 적용될 수 있다는 것을 밝혔다. 실제로 노인들은 거주지에서 멀리 떨어진 도심공원에서도 여가활동을 하는 것으로 나타났는데, 이는 도심공원까지 이동해야 하는 거리 부담이 노인계층에게 매우 낮은 기회비용으로 작용하기 때문인 것으로 분석되었다. 또한 거주지 주변에 마땅한 근린 여가시설이 없는 경우에도 여가활동을 위해 거리가 먼 도심공원을 찾는 빈도가 증가한다는 것을 도출하였다.

6) 서식지 제공 및 생물다양성 유지

도시화에 따라 산림 등 생물 종이 서식하던 자연생태계가 파편화되면서 도시공원이 갖는 생물 서식지로서의 기능이 더욱 강조되고 있다. 도시공원은 종종 조류 종의 휴식처와 먹이 공급처의 역할을 함으로써 도시에서의 조류 종 서식과 종 다양성을 유지하는데 기여한다.

Idilfitri and Mohamad(2012)은 도시공원에 식재된 관상용 식물들이 조류 서식에 긍정적인 역할을 한다고 밝혔다. 잡식성 조류, 과실식성 조류 등 종이 선호하는 먹이 및 휴식처 특성에 따라 조류 서식에 유리하게 작용하는 식물 종이 달라진다. 따라서 종의 특성을 반영하여 식재 설계가 이루어질 경우 생물다양성 유지 효과를 증진시킬 수 있다(표 2-7).

〈표 2-7〉 조류를 위한 도시공원의 역할과 적합 수종

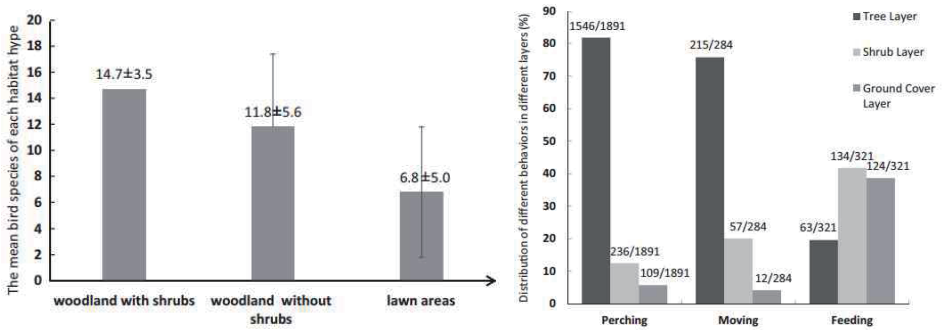
역할	선호 먹이 및 환경	식물 종 예시
먹이 공급	과실	*Artocarpus bilimbi*
	꿀, 과실즙	*Spathodea Campanulata*
	곡식	*Sandorium koetjape*
	곤충	*Psidium guajava*
휴식처	다줄기식물	*Adenanthera pavonina*
	외줄기식물	*Cananga odorata*
	빽빽한 캐노피	*Cinnamomum iners*
	얇은 캐노피	*Cerbera odollam*
	상록수	*Cinnamomum iners*
	낙엽수	*Alstonia angustiloba*

자료: Idilfitri and Mohamad, 2012

도시공원에서 발견되는 조류의 종다양성을 분석한 연구는 많이 이루어졌다. Li et al.(2013)은 중국 후난성 뤄디시의 7개 도시공원에서 방형구 샘플링을 이용한 조류 조사를 시행하였다. 2010년 11월부터 2012년 1월까지의 발견된 조류는 총 56종이다. 이 중 32종은 텃새, 12종은 여름 철새, 12종은 겨울 철새이며 7종은 2등급의 보호종으로 지정된 종인 것으로 나타났다. 이는 도시공원이 조류의 서식지 및 생활 거점의 역할을 하며 종 다양성 유지에 중요한 역할을 수행함을 의미한다.

도시공원 내에서도 식생 구성에 따라서 조류 집단이 어떠한 영향을 받는지를 연구한

Yang et al.(2015)은 조류의 종다양성, 종풍부도, 행위 등이 도시공원의 식물 종다양성, 밀도, 식생구조 등과 관련이 있음을 밝혔다. 가장 많은 조류 종이 관찰된 서식 환경은 관목이 있는 산림형 녹지, 관목이 없는 산림형 녹지, 잔디 순으로 나타났다. 또한 교목층에서는 조류의 휴식이 가장 많이 이루어졌으며, 관목층과 지피층에서는 먹이 섭취가 가장 많이 이루어지는 것으로 나타났다.



〈그림 2-10〉 서식지별 조류 발견 종 수(왼쪽)와 식생구조별 조류의 행위(오른쪽)
(자료: Yang et al., 2015)

국내에서는 송원경(2015)의 연구에서 도시공원의 구조적 조건이 조류의 서식환경에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 공원 면적이 조류 종다양성에 밀접한 영향을 미치는 것으로 나타났으며 교목과 아교목을 넓은 면적으로 조성하는 것이 공원의 서식환경의 질을 높이는데 기여한다는 결과가 도출되었다. 특히, 아교목층은 조류에게 은신처 및 먹이공급처가 되어 도시공원 내 조류의 종다양성 유지 측면에서 중요한 요소로 평가되었다.

2. 도시공원 생태계서비스 평가지표

1) 바이오매스량 산정 및 식량 공급서비스 평가

(1) 상대생장식을 이용한 바이오매스량 산정

도시공원의 바이오매스량은 수종별 상대생장식을 통해 추산할 수 있다. 손영모 외(2014)는 수목의 줄기, 가지, 잎(또는 잎과 소지), 뿌리를 각각 구분하여 건중량 및 생중량을 측정함으로써 주요 수종의 바이오매스 상대생장식을 도출하였다(표 2-8). 산

림의 경우 온실가스 인벤토리 확보 및 산림 폐기물에 대한 검량을 위해 모든 부위의 바이오매스를 도출할 필요가 있지만, 도시공원에 적용할 경우 목표에 따라 부위별 바이오매스를 산정하는 것이 합리적이다. 탄소흡수원으로서 도시공원의 기능을 평가하기 위해서 모든 부위의 바이오매스를 산정할 수 있으며, 연료로 공급되는 바이오매스를 평가하고자 하는 경우에는 가지나 잎의 바이오매스를 산정할 수 있다.

〈표 2-8〉 주요 수종별 바이오매스 상대생장식

수종	부위	$y = aD^b$		
		a	b	적합도
소나무 (중부)	줄기	0.235	2.071	0.964
	가지	0.004	2.748	0.757
	잎	0.054	1.561	0.629
	뿌리	0.031	2.279	0.778
	식 사용범위	흉고직경 6 - 40cm		
리기다 소나무	줄기	0.220	2.116	0.940
	가지	0.004	2.814	0.711
	잎	0.035	1.743	0.708
	뿌리	0.063	2.285	0.791
	식 사용범위	흉고직경 6 - 40cm		
잣나무	줄기	0.064	2.377	0.929
	가지	0.621	1.395	0.345
	잎	0.025	2.237	0.773
	뿌리	0.056	2.175	0.903
	식 사용범위	흉고직경 6 - 40cm		
일본 잎갈나무	줄기	0.016	2.888	0.954
	가지	0.005	2.774	0.633
	잎	0.215	1.864	0.541
	뿌리	0.009	2.806	0.796
	식 사용범위	흉고직경 6 - 50cm		
상수리 나무	줄기	0.0○51	2.724	0.851
	가지	0.012	2.854	0.822
	잎	0.006	2.478	0.568
	뿌리	0.460	1.669	0.658
	식 사용범위	흉고직경 6 - 30cm		

수종	부위	$y = aD^b$		
		a	b	적합도
굴참나무	줄기	0.186	2.184	0.899
	가지	0.035	2.293	0.759
	잎	0.061	1.454	0.558
	뿌리	0.077	2.199	0.695
	식 사용범위	흉고직경 6 - 50cm		
신갈나무	줄기	0.595	1.766	0.828
	가지	0.007	2.970	0.845
	잎	0.005	2.362	0.625
	뿌리	0.691	1.526	0.711
	식 사용범위	흉고직경 6 - 40cm		
졸참나무	줄기	0.177	2.195	0.941
	가지	0.003	3.265	0.896
	잎	0.002	2.713	0.849
	뿌리	0.400	1.676	0.604
	식 사용범위	흉고직경 6 - 30cm		
아까시 나무	줄기	0.173	2.178	0.994
	가지	0.041	2.358	0.993
	잎	0.027	2.040	0.988
	뿌리	0.006	3.131	0.990
	식 사용범위	흉고직경 6 - 30cm		
밤나무	줄기	0.0003	4.217	0.863
	가지	0.010	3.006	0.949
	잎	0.261	1.199	0.891
	뿌리	0.130	2.159	0.917
	식 사용범위	흉고직경 6 - 30cm		
붉가시 나무	줄기	0.533	1.877	0.852
	가지	0.007	3.130	0.964
	잎	0.006	2.492	0.859
	뿌리	0.127	1.968	0.794
	식 사용범위	흉고직경 6 - 40cm		

자료: 손영모 외, 2014

(2) 공원 내 텃밭 현황

도시공원 내 조성된 텃밭은 개인이나 단체에게 무료 또는 소액으로 분양하여 식량 공급에 기여한다. 일반적으로 공원별 1구좌 기준 면적에 따라 전체 텃밭 면적을 분할하여 시민들에게 제공한다. 텃밭 참여를 증진시켜 다양한 시민들에게 서비스를 제공한

다는 측면에서 구좌 수가 평가지표가 될 수 있다. 또한 단위면적 당 수확물의 양 또는 총 텃밭 면적 등을 이용하여 도시공원의 식량 공급서비스를 평가할 수 있다(Rocha et al., 2015).

〈표 2-9〉 수원시 공원 무료텃밭 면적 및 구좌 수

공원	텃밭면적(m^2)	구좌 수	1구좌 당 면적(m^2)	비고
일월공원	1,000	6	33	단체
		80	10	개인
서호꽃뫼공원	260	2	33	단체
		19	10	개인
청소년문화공원	500	6	5-10	단체
		40	5-10	개인
물향기공원	1,910	3	33	단체
		154	10	개인
두레뜰공원	1,820	1	33	단체
		138	10	개인

자료: 수원시공원녹지사업소, 2016

2) 대기질 및 미기후 조절서비스 평가

(1) 대기오염물질 농도 측정

대기질을 평가하기 위한 지표로서 대표적인 대기오염물질인 아황산, 이산화질소, 오존, 일산화탄소, 미세먼지의 농도가 활용될 수 있다. 이는 대기질을 나타내는 가장 정확하고 직접적인 지표이며, 이를 토대로 기준 대기질을 초과하는 날의 수 등이 추가적인 지표가 될 수 있다(Shing and Marafa, 2006). 한국환경공단의 Air Korea (https://www.airkorea.or.kr)는 실시간으로 대기오염상태를 확인할 수 있도록 정보를 제공하고 있다. 도시대기측정망은 80개 시군에 256개소의 측정소가 설치되어 있어 대기질을 평가하고자 하는 대상 공원에서 가장 가까운 측정소의 값을 확인할 수 있다.

그러나 공원의 규모가 작을 경우 대기측정망 결과를 활용하는데 한계가 있어 평가대상 공원의 내외에서 직접 대기오염물질량을 측정하는 것이 바람직하다. 아황산가스는 자외선형광법, 이산화질소는 화학발광법, 오존은 자외선광도법, 일산화탄소는 비분산적외선분석법, 미세먼지는 베타선흡수법 등을 이용하여 농도를 측정한다(환경정책기본법시행령 제2조).

〈표 2-10〉 대기오염물질별 측정방법 및 환경기준

항목	측정방법	환경기준
아황산가스 (SO_2)	자외선형광법 (Pulse U.V Fluorescence)	• 연간평균 0.02ppm 이하 • 24시간평균 0.05ppm 이하 • 1시간평균 0.15ppm 이하
일산화탄소 (CO)	비분산적외선분석법 (Non Dispersive Infrared Method)	• 8시간평균 9ppm 이하 • 1시간평균 25ppm 이하
이산화질소 (NO_2)	화학발광법 (Chemiluminescence Method)	• 연간평균 0.05ppm 이하 • 24시간평균 0.08ppm 이하 • 1시간평균 0.15ppm 이하
미세먼지 (PM_{10})	베타선흡수법 (β -Ray Absorption Method)	• 연간평균 70μ g/m^3 이하 • 24시간평균 150μ g/m^3 이하
오존 (O_2)	자외선광도법 (U.V Photometric Method)	• 8시간평균 0.06ppm 이하 • 1시간평균 0.1ppm 이하
납 (Pb)	원자흡광광도법 (Atomic Absorption Spectrophotometry)	• 연간평균 0.5μ g/m^3 이하

자료: 환경정책기본법시행령 제2조

(2) 오염물질 흡착 및 정화에 유리한 수목의 식재 현황

대기오염물질 농도를 측정하는 것이 용이하지 않을 경우, 도시공원의 식재 현황을 이용하여 간접적으로 대기질 조절서비스를 평가할 수 있다. 수목은 잎 면적과 표면 구조에 따라 오염물질의 흡착 정도가 달라지기 때문에 수목의 종류와 잎의 상태가 평가지표가 된다(주현수 외, 2005). 잎의 면적이 클수록 오염물질의 흡착 속도가 작아지며, 잎의 모양이 복잡하고 잎의 둘레와 면적 비가 클수록 오염물질 흡착량이 많아진다. 따라서 잎 면적이 넓은 참나무류와 표면이 거칠고 솜털이 많은 종이 포플러나 너도밤나무와 같이 부드러운 잎 표면을 가진 종보다 오염물질 흡착에 유리하다.

또한 대기오염 정화능력이 크다고 알려진 환경정화수의 식재 비율이 평가지표가 될 수 있다. 환경정화수는 대기오염물질 정화능력이 우수한 수종으로서, 유입된 오염물질의 독성에 대한 저항성과 내성능력을 지닌다. 이러한 수종은 시간이 지나도 정화 효율이 감소하지 않아 대기질 조절에 효과적이다(한심희, 2006). 환경부는 지역별, 오염 정도별로 식재가 적절한 환경정화수 44종을 제시하였다. 이러한 수종의 비율을 파악함으로써 해당 도시공원이 제공하는 대기질 조절서비스를 평가할 수 있다.

〈표 2-11〉 환경정화수 권장 수종

분류		오염농도가 높은 지역	오염농도가 높지 않은 곳
전국	교목	은행나무, 튤립나무, 가중나무, 양버즘나무, 은단풍나무, 상수리나무, 졸참나무, 참느릅나무	느티나무, 팽나무, 밤나무, 오동나무, 백목련, 벚나무, 배롱나무, 칠엽수, 감나무, 서어나무, 회화나무, 때죽나무, 층층나무, 자두나무
	아교목/관목	무궁화, 개나리, 낙상홍, 라일락, 산수유	매화나무, 박태기나무, 자목련
남부지방	교목	소귀나무, 가시나무류, 태산목, 녹나무, 후박나무, 먼나무, 아왜나무	
	아교목/관목	꽝꽝나무, 사철나무, 광나무, 협죽도, 차나무, 팔손이, 철쭉류	

자료: 환경부, 1994

(3) 수목 그늘에 따른 미기후 조절 평가

수목 캐노피에 의해 만들어지는 그늘은 적당한 온도와 습도를 유지하기 때문에 그늘 면적은 미기후 조절서비스의 평가지표가 된다(Akbari et al., 2001; Dobbs et al., 2014; European Commission, 2015). 그늘의 제공 면적은 수관폭과 수고에 비례한다고 가정하여 수종별로 나타낼 수 있다. 또한 식재 간격이 조밀할수록 일조량이 감소하여 그늘량이 많아지는 것으로 나타난다.

양병이(1998)는 조경용 수목의 수종별 그늘 제공 정도를 상-중-하로 나누어 제시하였다. 침엽수종은 대체로 잎 사이의 간격이 조밀하여 중간 이상의 그늘량을 제공하는 것으로 나타났다. 반면 상록활엽수종은 그늘 제공량이 상급으로 분류된 수종이 없으며, 금송을 제외하고 대부분 하급으로 분류되었다. 낙엽활엽수는 조경용 수목으로 쓰이는 종이 많아 그늘 제공 정도 또한 상급, 중급, 하급으로 다양하게 나타났다.

〈표 2-12〉 조경용 수목의 그늘 제공 정도

교목성상	그늘 제공 정도		
	상	중	하
낙엽침엽	일본잎갈나무, 은행나무	낙우송, 메타세콰이어	-
낙엽활엽	신갈나무, 가중나무, 수양벚나무, 양버들, 난티잎개암나무,	산벚나무, 왕벚나무, 오리나무, 서어나무, 물오리나무, 감나무,	팥꽃나무, 산수유, 풍년화, 아그배나무. 채진목, 자두나무,

교목성상	그늘 제공 정도		
	상	중	하
	양버즘나무, 왕버들, 은백양, 능수버들, 꽃개오동, 느릅나무, 느티나무, 팽나무, 이태리포플러	호두나무, 박달나무, 자작나무, 계수나무, 꾸지뽕나무, 백목련, 현사시나무, 용버들, 모감주나무, 태산목, 튤립나무, 후박나무, 멀구슬나무, 음나무, 담팔수, 고로쇠나무, 네군도단풍, 복자기, 단풍나무, 중국단풍, 시무나무, 중국굴피나무, 상수리나무, 참오동, 곰의말채나무, 층층나무, 말채나무, 떡갈나무, 굴참나무, 갈참나무, 졸참나무, 밤나무, 너도밤나무, 미국풍나무, 은단풍, 조록나무, 귀룽나무	모과나무, 꽃사과, 매실나무, 산사나무, 야광나무, 때죽나무, 복숭아나무, 당단풍, 살구나무, 앵도나무, 명자꽃, 사방오리, 소사나무, 붉나무, 소태나무, 뽕나무, 물푸레나무, 목련, 함박꽃나무, 별목련, 자목련, 일본목련, 쪽동백나무, 홍단풍, 예덕나무, 복장나무, 신나무, 생강나무, 참빗살나무, 대추나무
상록침엽	편백, 화백, 젓나무, 스트로브잣나무, 섬잣나무, 소나무, 솔송나무, 잣나무, 삼나무	측백나무, 가시나무, 서양측백나무, 주목, 비자나무, 아왜나무, 곰솔, 리기다소나무, 구상나무, 분비나무, 히말라야시더, 백송, 굴거리나무, 녹나무,	-
상록활엽	-	금송	향나무, 참식나무, 가이즈가향나무, 반송, 센달나무, 감탕나무,

자료: 양병이, 1998

3) 홍수 재해 및 소음 공해 조절서비스 평가

(1) SCS-CN 방법에 따른 유출계수 산정

도시공원의 홍수 재해 조절 기능은 우수를 침투시켜 표면유출수를 저감하는 토양의 역할이 중요하다. 토양의 조건에 따라 우수유출량을 산정하는 방법 중 하나인 SCS-CN 방법은 미국 자연자원보존국(USDA Natural Resources Conservation

Service)에서 개발한 방법으로, 산정 조건이 간편하면서도 합리적으로 알려져 있다. 침투율에 따라 네 가지로 분류한 수문학적 토양 유형을 토지피복별 면적 구분과 중첩시켜 평균 유출곡선지수 CN(Curve Number)를 산정한다. CN은 0부터 100의 값을 가지며 값이 클수록 동일 강수에 대해 지표 유출량이 커지는 것을 나타낸다.

(2) 토양의 부피밀도 측정

토양의 우수 유출 저감 효과를 나타내는 또 다른 지표가 홍수 저감을 평가하기 위한 지표로서 이용될 수 있다. 토양의 부피밀도는 토양의 압밀한 정도를 나타내는데, 그 값이 커질수록 침투율이 감소한다. 이는 토양 부피밀도가 작을수록 우수유출량의 침투가 원활히 일어나 유출수 저감에 기여함을 의미한다. 따라서 토양 부피밀도를 홍수 재해 저감을 평가하기 위한 지표로서 활용할 수 있다.

〈표 2-13〉 수문학적 토양 유형

유형	수문학적 특성	침투율(mm/h)
A	• 배수 매우 양호 • 유출률 낮음 • 침투율이 대단히 크며 자갈이 있는 부양질	7.62 – 11.43 이상
B	• 배수 대체로 양호 • 침투율 대체로 큼 • 돌, 자갈이 섞인 사질토	3.81 - 7.62
C	• 배수 대체로 불량 • 침투율 대체로 작음 • 대체로 세사질 토양	1.27 - 3.81
D	• 배수 대단히 불량 • 침투율 대단히 작음 • 거의 불투수성인 점토질 종류의 토양	0 - 1.27

자료: USDA, 1986

〈표 2-14〉 도시 오픈스페이스 토양의 부피밀도에 따른 수문학적 상태

유형	토양 부피밀도(g/cm³)에 따른 수문학적 상태		
	좋음	보통	나쁨
사토, 양질사토	〈1.60	1.60 - 1.80	〉1.80
사양토, 양토	〈1.40	1.40 - 1.80	〉1.80
사질양토	〈1.40	1.40 - 1.75	〉1.75
양토, 식양토	〈1.40	1.40 - 1.75	〉1.75
미사토, 미사질양토	〈1.30	1.30 - 1.75	〉1.75
미사질양토, 미사질식양토	〈1.10	1.10 - 1.65	〉1.65
사질식토, 미사질식토, 식양토(35-45% 식토)	〈1.10	1.10 - 1.58	〉1.58
식토(〉45% 식토)	〈1.10	1.10 - 1.47	〉1.47

자료: NRCS, 2001

(3) 토양의 물리 · 화학적 특성

한국조경학회(2013)에서는 토양의 물리 · 화학적 특성인 경도, pH, 유효수분량, 공극률을 기준으로 상급, 중급, 하급, 불량으로 토양의 질을 구분하였다. 경도는 21mm 미만일 경우 상급, 27mm 이상일 경우 불량으로 규정하였으며, pH는 4.5 미만의 산성토양과 8.0이상의 알칼리성 토양을 불량으로 규정하였다. 유효수분량의 경우 0.12이상을 상급으로 정하고, 0.12~0.08은 중급, 0.08~0.04는 하급, 0.04 미만은 불량으로 판단하였다. 공극률은 공극이 큰 0.6이상일 경우 상급, 0.4이하의 공극이 작을수록 불량인 것으로 기준을 제시하였다.

〈표 2-15〉 토양의 물리 · 화학적 특성별 평가 기준

평가항목	평가등급			
	상급	중급	하급	불량
경도 (mm)	21 미만	21 - 24	24 - 27	27 이상
pH	6.0 - 6.5	5.5 - 6.0 6.5 - 7.0	4.5 - 5.5 7.0 - 8.0	4.5 미만 8.0 이상
유효수분량(m^3/m^3)	0.12 이상	0.12 - 0.08	0.08 - 0.04	0.04 미만
공극률(m^2/m^2)	0.6 이상	0.6 - 0.5	0.5 - 0.4	0.4 이하

자료: 한국조경학회, 2013

(4) 소음 저감에 유리한 수목의 식재 현황 및 완충녹지대 기준

도시공원의 소음 공해 조절서비스를 평가하기 위해서는 식재된 수목의 종류를 고려할 수 있다. 일반적으로 수목의 지엽(나뭇잎과 가지)이 치밀하게 배열되어 있는 상록수가 소음 저감에 유리하며, 생장속도가 빠르고 지엽이 많은 낙엽수도 사용될 수 있다(한국철도시설공단, 2012). 이러한 종의 식재 비율이 중요하며(Aylor, 1972), 물리적인 저감 효과뿐만 아니라 시각적인 효과를 고려하여 다층의 고밀도 식재 여부를 평가지표로 활용될 수 있다(한봉호 외, 2008). 또한 도시공원의 소음 저감 기능이 극대화되기 위해서는 소음 발생원을 차단할 수 있도록 적절한 위치에 수목이 식재되는 것이 유리하다. 이에 따라 도시의 주요 소음 발생원인 도로와의 거리에 가중치를 둔 잎의 면적을 토대로 평가할 수 있다(Nowak et al., 2000).

〈표 2-16〉 도시 소음 저감에 유리한 수종

분류	수종	수고	식재 수
교목	아틀라스시더	40-60	30
	히말라야시더(개잎갈나무)	40-60	30
	일본삼나무	50-70	40
	아리조나삼나무	30-40	20
	넓은잎삼나무	50-70	30
	레이란디삼나무	60-70	15
	연필향나무	40-60	25
	버지니아목련	15-25	20
	태산목	60-80	50
	메타세콰이아	70-100	40
	스트로브소나무	60-80	40
	미송	60-80	25
	이엽송	40-60	25
	서양측백나무	40-60	15
아교목	아테누아타호랑가시나무	15-30	15
	카스시네호랑가시나무	20-30	15
	미국낙상홍	20-30	15
	넬리스티븐스호랑가시나무	15-35	15
	오파카호랑가시나무	20-40	15
	보미토리아호랑가시나무	15-20	10
	소귀나무	10-20	15
관목	카리사호랑가시나무	3-4’	3’
	로툰다호랑가시나무	3-4’	3’
	드워프버포드호랑가시나무	5-8’	5’

분류	수종	수고	식재 수
	나나호랑가시나무	3-5’	4’
	피츠리아나향나무	5-6’	5’
	로로페탈룸	3-5’	8’
	푸밀라소귀나무	3-5’	5’
	구골나무목서	10-15’	8’
초본	보리사초(낚시귀리사초)	2-3’	2’
	팜파스그라스	7-7’	5’
	나나팜파스그라스	3-4’	4’
	스트릭투스억새	5-7’	3’
	제브라억새	5-7’	3’
	지팽이풀	5-7’	3’

자료: Georgia Forestry Commission, 2008

완충녹지대는 도로와의 높이차가 거의 없는 평평한 녹지대, 높이차와 경사가 큰 녹지대, 높이차와 경사가 작은 녹지대 등 세 가지 유형으로 조성되어 있으며, 유형에 따라 소음저감 효과의 차이가 있는 것으로 나타났다. 평면식재보다 성토를 통한 수직거리가 확보됐을 경우 소음저감 효과가 큰 것으로 나타났으며, 완충녹지대에 방음벽이 설치되는 경우 소음 저감 효과가 더욱 큰 것으로 나타났다(환경부, 2003)

〈표 2-17〉 완충녹지대 유형에 따른 소음 감소 효과

유형	높이(m)	폭(m)	감소치(dB)
평면식재	-	30	4.5
성토+식재	1.5	15	7
방음벽+식재	3	10	12
성토+방음벽+식재	7	15	17

자료: 환경부, 2003

4) 여가활동 및 건강 증진 관련 문화서비스 평가

(1) 여가활동 공간 및 활동 내용 평가

도시공원이 제공하는 문화서비스는 도시공원에서 이루어지는 여가활동, 행위와 더불어 이용자의 육체적, 정신적 건강성 증진 등 다양한 방면에서 평가될 수 있다(He et al., 2016). 도시공원에서의 여가 활동은 종류와 강도로 평가할 수 있으며, Zhang et

al.(2013)은 이를 4가지 그룹(조깅, 유산소운동, 걷기, 기타 여가활동 등)으로 분류하였다(표 2-16). 더 많은 종류와 높은 강도의 활동이 이루어질수록 해당 도시공원이 제공하는 문화서비스가 높게 평가될 수 있다.

또한 개인적인 신체 활동뿐만 아니라 사회적인 활동이 이루어지는 정도를 측정함으로써 문화서비스를 평가할 수 있다. 이 때 사회적 활동의 양, 전체 활동에서 사회적 활동의 비율 등이 평가지표가 된다. 도시공원에서 이루어지는 학교 프로그램이나 공적인 교육 활동의 수 등 교육적 목적의 문화서비스 평가지표도 포함된다.

도시공원에서 여가활동이 이루어지기 위해서는 일정 수준 이상의 질적, 양적인 시설 및 장소, 관리 등이 필요하기 때문에 이를 평가하기 위한 지표가 필요하다. 양적 평가는 녹지의 면적, 녹지 피복률, 관련 시설의 수 등으로 이루어지며 질적 평가는 자연식생 면적 비율, 상록/현화 식물의 비율, 수면적의 비율, 호수/강/분수의 유무, 언덕/경사의 유무, 조깅코스/운동장의 유무, 편의시설(의자, 화장실, 피크닉 테이블, 쉼터, 조명 등)의 유무 등을 이용하여 도시공원의 구조적 평가가 가능하다. 또한 관리적 측면에서 잡초의 밀도, 쓰레기의 유무, 시설의 상태, 관리 빈도, 범죄 발생의 수 등이 평가지표로 활용될 수 있다.

〈표 2-18〉 도시공원 문화서비스 평가를 위한 여가활동 분류

분류	내용	세부내용
1	조깅	• 유산소운동과 기타 여가활동 모두 진행 • 유산소운동 진행, 기타 여가활동 진행하지 않음 • 유산소운동 진행하지 않고, 기타 여가활동 진행 • 유산소운동과 기타 여가활동 모두 진행하지 않음
2	유산소운동	• 기타 여가활동 진행 • 기타 여가활동 진행하지 않음
3	걷기	• 기타 여가활동 진행 • 기타 여가활동 진행하지 않음
4	기타 여가	–

자료: Zhang et al., 2013

(2) 공원 이용자 건강 상태 조사

공원 이용자의 육체적 건강성을 평가하기 위해서는 혈압, 심박동수 등을 측정하며 최종적으로 체질량지수(Body Mass Index; BMI), 과체중의 정도, 심혈관계 질병 위험

률 및 사망률, 장수 등이 평가된다. 정신적 건강성은 이용자의 좌절감, 불안과 걱정 정도, 자존감, 기분, 행복 수준, 스트레스 수준 등을 측정한다. 스트레스 수준은 아드레날린, 노르아드레날린, 도파민, 타액 내 코티솔 등 내분비계 물질의 변화를 통해 측정할 수 있다(Park et al., 2010; Li et al., 2011; Thompson et al., 2014). 측정 결과를 표준화함으로써 건강 상태 점수 또는 정신적 질병의 위험 정도 등을 평가한다.

〈표 2-19〉 여가활동 및 건강증진 관련 문화서비스 평가지표

분류	소분류	평가지표
여가활동	양적 수준	녹지 면적
		녹지 피복률
		수면적
		녹지 요소의 수
		관련 시설의 수
	질적 수준	자연식생 면적 비율
		상록/현화 식물 비율
		수면적 비율
		호수/강/분수의 유무
		언덕/경사의 유무
		조깅코스/운동장의 유무
		편의시설의 유무
	관리 수준	잡초의 밀도
		쓰레기의 유무
		시설의 상태
		관리 빈도
		범죄 발생의 수
		근무하는 안전요원의 수
	사회적 활동	사회적 활동의 양
		전체 활동 당 사회적 활동의 비율
		학교 프로그램/공적인 교육활동의 수
		공동체 활동 개최 수
건강증진	육체적 건강성	체질량지수
		과체중 정도
		심혈관계 질병 위험률/사망률
		장수(수명)
	정신적 건강성	불안/행복/자존감 등 표준화 점수

자료: He et al., 2016 재구성

5) 생물다양성 증진 관련 지원서비스 평가

(1) 연결성 지수

생물다양성과 생태적 네트워크는 연결성과 밀접한 관련이 있다. 녹지의 연결성을 측정함으로써 도시 내에서 지속적으로 발생하고 있는 파편화와 이에 따른 생물 종 서식처의 변화를 평가할 수 있다(이클레이 한국사무소, 2014). 2008년에 제안된 싱가포르 도시생물다양성지수는 총 23개의 지표로 이루어져 있으며 이 중 연결성에 대한 항목이 토착종 다양성을 평가하기 위하여 포함되어 있다.

연결성은 구조적 연결성과 기능적 연결성으로 나누어 평가할 수 있다. 구조적 연결성은 공간 배열 등 물리적인 조건으로 서식지 근접성의 정도를 나타내며 기능적 연결성은 실제 생물의 행동반경, 이동성을 고려한 연결 정도를 나타낸다(김은영, 2014; 강완모와 박찬열, 2015).

구조적 연결성을 평가하는 방법에는 대표적으로 거리 내 링크의 수를 이용하여 평가하는 NL(Number of Links)지수, 패치 간 최단경로의 수와 빈도를 이용하여 평가하는 BC(Between Centrality)지수, 서로 연결되는 군집 수를 이용하여 평가하는 NC(Number of Components)지수 등이 있다. 기능적 연결성을 평가하는 방법에는 대표적으로 개체가 이주한 성공률을 이용하여 평가하는 PI(Patch Immigration)지수, 개체가 패치에 방문한 수를 이용하여 평가하는 PV(Patch Visits)지수 등이 있다.

〈표 2-20〉 연결성 평가 지수 별 산출 식

연결성 종류	지수	수식
구조적 연결성 평가지수	NL(Number of Links)	$NL = \sum_{i=1}^{n} a(p_i, p_j)$
	BC(Between Centrality)	$BC = \sum_{i \neq j, j \neq v, v \neq i} \frac{g_{ivj}}{g_{iv}}$
	NC(Number of Components)	$NC = \sum C_k$
기능적 연결성 평가지수	PI(Patch Immigration)	$PI = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} m_i^p}{n_p}$
	PV(Patch Visits)	$PV = \frac{\sum_{i=1}^{n_b} v_i^p}{n_b}$

자료: 김은영, 2014

NL지수의 $a(p_i, p_j)$는 패치 i와 j가 연결되어 있을 때 1의 값을 갖는다. BC지수에서 g_{ivj}는 패치 i와 j 사이의 최단경로에서 패치를 통과하는 확률이며 g_{ij}는 패치 i와 j 사이의 최단경로의 수를 나타낸다. NC지수의 C_k는 임계거리 k에서 서로 연결되는 군집을 나타낸다. PI지수의 n_p는 패치의 수, $m^p{}_i$는 패치 i로 이동하는 개체수를 의미하며 PV지수의 n_b는 경관에 존재하는 개체의 수, $v^p{}_i$는 개체 i가 방문한 패치의 수를 의미한다.

(2) 생물다양성 지수

생물다양성은 일반적으로 현장조사를 통해 관측한 결과를 다양한 지수를 이용하여 표준화한 후 평가한다. 생물다양성 지수는 일정 면적 내에서 출현한 총 개체수와 총 종수를 이용하여 종풍부도를 정량화하는 지수(Richness Index)와 각 종에 속하는 개체수가 고르게 분포하는 정도인 종균등도를 정량화하는 지수(Evenness Index), 생물 군집 내 종의 우점화 비율을 나타내는 우점도 지수(Dominance Index) 등으로 표현된다. 현재까지 가장 보편적으로 사용되는 지수는 Shannon 지수와 Simpson 지수로서 두 지수 모두 활용이 어렵지 않고 샘플 규모에 크게 영향을 받지 않는다는 장점이 있다.

Shannon 지수(또는 Shannon-Wiener 지수)는 다음과 같이 계산된다.

$$H' = -\sum p_i \ln P_i$$

p_i는 발견된 총 개체수에서 종 i의 개체수가 차지하는 비율을 나타낸다. 따라서 p_i는 0부터 1사이의 값으로 나타나며, 자연로그 ln은 값을 음수로 도출하기 때문에 최종적으로 산출된 값에 음수를 곱하여 종다양성을 산출한다. 대부분의 생물학적 연구에서 Shannon 지수의 값은 1.5와 3.5 사이에서 나타나며 4를 넘는 경우는 매우 드물다(Magurran, 2004). 종풍부도와 종균등도가 증가할수록 Shannon 지수 또한 증가한다. 따라서 간단하면서도 종합적으로 종다양성을 평가할 수 있는 반면, 종풍부도가 매우 다르게 나타나는 두 군집을 비교하는 것은 어렵다는 단점이 있다.

Simpson 지수는 무한히 큰 군집으로부터 무작위로 추출된 두 개체의 확률에 기반을 두며 다음과 같이 계산된다.

$$D = \sum p_i{}^2$$

p_i는 Shannon 지수에서와 같이 종 i의 개체수가 차지하는 비율이다. 한편, 군집의 크기가 무한하지 않고 한정될 경우에는 다음과 같은 식으로 계산된다.

$$D = \sum \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$$

D의 값이 증가함에 따라 종다양성은 감소하는데, 이 때 종다양성은 종균등도의 측면에서 해석된다. D는 0부터 1사이의 값을 가지며 단일한 종이 분포할수록 1에 가까운 값을 갖는다. Simpson 지수는 대부분의 경우 1-D 또는 1/D, lnD 등 D와 상호보완적인 다양한 값으로 치환된다. 1-D의 값은 종풍부도에 민감하지 않으며 종다양성을 직감적으로 나타낼 수 있다는 장점이 있다.

3. 도시공원 생태계서비스 평가지표 종합

선행연구 결과를 토대로 도시공원의 생태계서비스별 평가지표를 종합하였다. 조절서비스에서 가장 많은 항목이 도출되었으며 이를 평가하기 위한 다양한 지표가 활용되고 있는 것으로 나타났다.

〈표 2-21〉 도시공원 생태계서비스 평가지표

	서비스 항목	지표	출처
공급서비스	바이오매스	• 목재 생산량(tons) • 나뭇잎 생산량	Nowak et al. 2008 Dobbs et al., 2011
	식량	• 작물 생산량 • 텃밭 면적	European Commission, 2015
	약효 식물, 향료 식물		Camps-Calvet et al., 2016
조절서비스	대기오염물질(아황산, 질소 산화물, 오존, 일산화탄소, 미립자 등) 제거	• 대기오염물질농도 • 대기오염물질 기준초과 일 수 • 잎 모양 복잡도 • 잎 둘레와 면적 비 • 잎 표면 거칠기 • 환경정화수 식재 비율	Yang et al., 2005 European Commission, 2015 Escobedo et al., 2011 Dobbs et al., 2011 주현수 외, 2005 한심희, 2006
	미기후(태양 복사열, 풍속, 기온, 습도 등 조절, 최적기후상태(높은 기온과 그늘) 유지, 열섬 저감	• 캐노피 그늘(m^2 /shade) • 온도 저감 효과(℃/m^2)	McPherson et al., 1998 European Commission, 2015 Gill et al., 2007 Akbari et al., 2001 Bastian et al., 2012 Grimmond, 2007 Michelozzi et al., 2009 Dobbs et al., 2011
	기후변화 저감	• 단위수목당 CO_2 흡수량 (t/year)	Tratalos et al., 2007 Whitford et al., 2001

	서비스 항목	지표	출처
			Escobedo et al., 2010
	수목 그늘에 따른 주변 지역의 냉난방에너지 절약	• 수목 커버, 밀도에 따른 에너지 사용량	Simpson, 1998 Nicholson-Lord, 2003 Akbari, 2002
	수목 및 토양에 의한 유출량 저감(수분 저장), 홍수 재해 저감	• 표면 유출량(mm/hour) • Curve Number • 토양 부피밀도(cm/h)	Jim and Chen, 2009 European Commission, 2015 Pataki et al., 2011 Radford and James, 2012 Weng, 2001 Dobbs et al., 2011
	수목 구조에 따른 폭풍 피해 저감	• 수목밀도 및 커버(%) • 잎마름병 감염 평균율(%)	Dobbs et al., 2011
	수목에 의한 소음 저감	• 도로부터의 거리가중 잎면적 • 상록수종 점유율(%) • 잎 치밀도	European Commission, 2015 Dobbs et al., 2011
	다양한 종에 의한 도시 숲의 건강성 유지(전염병에 강함, 지속적인 서비스 제공)	• 종다양성 지표	Stenlid et al., 2011 Thuiller et al., 2005
	토양질 유지	• 토양비옥도(토양유기물%, pH) • 토양 부피밀도(g/cm^3) • P, K, Mg, Ca 등 토양영양물질량(mg/kg) • Zn, Cu, Ni, Pb 등 중금속(mg/kg)	Dobbs et al., 2011
지원서비스	광합성 효과 (CO_2 와 O_2 균형, 탄소 저감, 바이오매스, 순생산량 증가)	• 상대생장식 이용한 바이오매스량	Nowak and crane, 2002 European Commission, 2015
	서식지 제공 및 생물다양성(종 및 유전다양성) 유지	• 구조적 연결성(연결지역 %) • Shannon 다양성 및 균등지수 • Simpson 지수 • 고유종 비율(%)	Vogt et al., 2009 Dobbs et al., 2011 Magurran, 2004
문화서비스	오락 · 휴양	• 거주민 당 오픈스페이스 면적 • 수목 및 잔디커버율(%) • 수면적/수면적 비율 • 녹지 요소의 수 • 관련 시설의 수 • 언덕/경사 유무 • 호수/강/분수 유무 • 상록/현화식물 비율	Dwyer et al., 1991 European Commission, 2015 Fuller et al., 2007 Tratalos et al., 2007 Dobbs et al., 2011 He et al., 2016
	심미 · 미학적 가치	• 수종/상태/규모/위치 대체가치	Dwyer et al., 1991 Dobbs et al., 2011

	서비스 항목	지표	출처
	자연·문화유산 가치	• 고유식물종(%) • 식민지 시대 식물종(%) • 자연식생 면적 비율	Dwyer et al., 1991 Frank et al., 2006
	종교적 기능	• 상징적 나무 유무 • 종교적 공간(대성당 등) 유무	Dwyer et al., 1991
	교육적 기능	• 프로그램/공적 교육활동 수	Dwyer et al., 1991 Breuste et al., 2013 He et al., 2016
	장소감 · 장소성		Dwyer et al., 1991
	건강 증진(Green view에 의한 정신적 스트레스 및 피로 감소, 육체적 건강)	• 조깅코스/운동장 유무 • 이용자 체질량지수 • 이용자 과체중 정도 • 심혈관계 질병위험률/사망률 • 장수(수명) • 불안/행복/자존감 표준화 점수	Jim and Chen, 2009 Tzoulas et al., 2011 Douglas, 2012 Maas et al., 2006 Fuller et al., 2007 Lee et al., 2009 He et al., 2016
	사회적 상호작용 개선	• 사회적 활동량/비율 • 프로그램/공적 교육활동 수 • 공동체 활동 개최 수	Tan and Zhao, 2007 He et al., 2016

제3장 수원시 도시공원 생태계서비스 평가

제1절 생태계서비스 평가지표 선정

1. 1차 델파이 설문조사 결과

평가지표 선정을 위한 1차 델파이 기법 설문조사 결과, 14개의 도시공원 생태계서비스 평가항목 중 적합도가 가장 높은 항목은 문화서비스인 휴식 기능으로 나타났다(평균 4.708). 그 다음으로 조절서비스에 속하는 미기후 조절 기능과 지원서비스에 속하는 생물다양성 유지 기능의 적합도가 높게 나타났다(각각 평균 4.583, 4.292). 대기오염물질 제거 기능과 체육 활동(운동) 기능 또한 평균 4.208의 높은 적합도를 보였다. 반면 바이오매스 및 식량 등 공급서비스의 적합도는 각각 평균 2.667, 2.833으로 가장 낮게 나타났는데, 이는 일반적으로 도시공원이 제공하는 바이오매스와 텃밭이 산림 등의 다른 생태계가 제공하는 양보다 한정적이기 때문인 것으로 추정된다.

〈표 3-1〉 1차 델파이 설문조사 결과: 평가항목별 적합성 평가

	서비스 항목	평균	표준편차
공급	1. 바이오매스 (목재, 나뭇잎 등 바이오매스 공급)	2.667	1.239
	2. 식량 (텃밭을 이용한 식량 공급)	2.833	0.963
조절	3. 대기오염물질 제거 (수목의 대기정화 기능)	4.208	1.103
	4. 미기후 조절 (수목 그늘에 따른 미기후 조절기능)	4.583	0.584
	5. 홍수 및 폭풍피해 저감 (수목 및 토양에 의한 유출량 저감, 폭풍피해 저감)	3.458	0.884
	6. 소음 저감 (수목의 방음 기능)	3.708	0.955
	7. 기후변화 저감 (수목의 CO_2 흡수, 열섬저감에 따른 에너지 절약)	4.083	0.830
	8. 토양질 유지 (생물 생육에 유리한 양질의 토양)	3.708	0.806
지원	9. 생물다양성 유지 (서식지 제공 및 종다양성 유지)	4.292	0.908
문화	10. 운동 (이용자에게 체육활동 공간 제공)	4.208	0.658
	11. 휴식 (이용자에게 휴식 공간 제공)	4.708	0.464
	12. 교육 (이용자에게 교육적 기능 제공)	3.917	0.830
	13. 자연 · 문화유산 가치 (공원이 내재한 자연유산, 문화유산으로서의 가치)	3.458	0.833
	14. 사회적 활동 (사회적 상호작용 개선)	3.875	0.947

각 생태계서비스 항목을 평가할 수 있는 27개의 지표 중 적합도가 가장 높게 나타난 지표는 미기후 조절 기능 평가를 위한 수목 그늘면적 및 캐노피 커버율로 나타났다(평균 4.333). 또한 생물다양성 평가를 위한 지표인 구조적 연결성과 기후변화 저감 기능 평가를 위한 지표인 단위수목 당 이산화탄소 흡수량이 높은 적합도를 보였다(각각 평균 4.292, 4.208). 공원의 휴식 기능을 평가할 수 있는 지표로서 휴식 목적의 이용객 수도 적합도가 높게 나타났다(평균 4.042). 평가지표 중 평균 적합도가 약간 낮음 또는 낮음(3점미만)으로 도출된 지표는 존재하지 않았다.

〈표 3-2〉 1차 델파이 설문조사 결과: 평가지표별 적합성 평가

서비스 항목	평가지표	평균	표준편차
1. 바이오매스	상대생장식 바이오매스량 (ton/㎡)	3.625	1.135
2. 식량	총 텃밭 면적 (㎡)	3.750	0.944
	제공되는 텃밭 구좌 수 (개)	3.125	0.900
3. 대기오염물질 제거	환경정화수 식재 비율 (%)	3.708	1.122
4. 미기후 조절	수목그늘면적(㎡), 캐노피커버율(%)	4.333	0.702
5. 홍수 및 폭풍 저감	토양공극 및 경도	3.375	0.924
	수목 밀도 및 커버율 (%)	3.708	0.806
6. 소음 저감	소음저감종(상록수) 식재비율 (%)	3.583	0.881
	소음발생원 거리에 따른 잎면적 (㎡/m)	3.625	1.013
	소음발생원 거리에 따른 수목 높이 (m)	3.792	0.779
7. 기후변화 저감	단위수목 CO_2 흡수량 (ton/year)	4.208	0.884
	공원 주변 에너지사용량 (toe)	3.125	0.797
8. 토양질 유지	토양 pH	3.625	0.824
	토양 영양물질량 (mg/kg)	3.875	0.850
9. 생물다양성 유지	구조적 연결성 (연결지역%)	4.292	0.690
	Shannon 지수	3.833	0.917
10. 운동	나지 대 초지면적 비율 (%)	3.292	0.859
	체육시설의 수 (개)	3.542	0.932
	체육시설 이용자 수 (명)	3.958	0.955

서비스 항목	평가지표	평균	표준편차
11. 휴식	잔디 커버율 (%)	3.083	0.929
	휴식목적 이용객 수 (명)	4.042	0.751
	벤치 및 파고라의 수 (개)	3.625	0.924
12. 교육	프로그램 또는 공적교육활동 수	3.958	0.999
13. 자연 · 문화유산가치	노거수 비율 (%)	3.708	0.806
	조림식생 대 자연식생 비율 (%)	3.708	0.806
14. 사회적 활동	사회적 활동(모임, 봉사) 이용객수 (명)	3.833	0.868
	공동체 활동 개최 수 (건/year)	3.583	1.060

설문지를 통해 배포한 생태계서비스 평가항목 외에 추가적으로 필요하다고 생각하는 항목이나 기타 의견을 수집한 결과, 3명의 응답자가 공통적으로 공급서비스에 습지, 생태연못 등 수자원에 대한 항목을 추가로 제안하였다. 문화서비스에는 건강 및 지역연대감 증진, 세대간 교류 등의 항목이 제안되었다. 이 외에도 공원 주변 지가 상승, 도시경관 질 향상, 지속가능성, 물질순환, 트인 경관과 통경 등의 평가항목이 제안되었다.

평가지표에 대하여 기타 의견을 수집한 결과, 5명의 응답자가 홍수 및 폭풍피해 저감 기능을 평가하기 위한 지표로서 저류지나 습지, 투수 면적 등을 제안하였다. 또한 3명의 응답자가 소음 저감 기능을 평가하기 위한 지표로서 식생대의 폭을 제안하였으며, 3명의 응답자가 교육 기능을 평가하기 위한 지표로서 표지판, 안내판, 관련 해설의 수 등을 추가할 필요가 있다고 응답하였다.

〈표 3-3〉 1차 델파이 설문조사 결과: 평가항목별 제시된 평가지표

	서비스 항목	응답자로부터 제시된 평가지표
공급	1. 바이오매스	식재수종 및 종별 개체수
	2. 식량	텃밭 비율
		공원유치권 내 거주인구수 당 텃밭 면적, 구좌수
		재배 작물 종류
		작물별 재배 면적
조절	3. 대기오염물질 제거	식재 밀도 또는 엽면적 지수
		환경정화수 식재량
		바이오매스량
		수종당 정화 정도

	서비스 항목	응답자로부터 제시된 평가지표
		식재 수종 및 종별 피도
	4. 미기후 조절	온실가스 흡수율이 높은 수목의 비율
		다층식재 비율
		습지 및 하천면적
		바이오매스량
		바람 통로 내 장애요소
		지피, 관목, 교목의 구성비 (a:b:c)
	5. 홍수 · 폭풍피해 저감	저류지 또는 습지 면적
		(불)투수율 또는 (불)투수성 면적
		홍수 및 폭풍피해 저감 시설 여부
	6. 소음 저감	소음원으로부터 주거지까지의 거리
		식생대 밀도 또는 두께, 식재폭
		표고
	7. 기후변화 저감	공원 내 에너지 생산량
	8. 토양질 유지	영양물질량(NDVI 차이)
		배수불량 및 답압
		유기물 및 전질소량
지원	9. 생물다양성 유지	분류군별 자생종 비율
		비오톱 유형의 수
		도시공원 및 녹지 면적
문화	10. 운동	관리여부를 포함한 체크리스트(비정량지표)
		자전거 도로의 길이
	11. 휴식	관리여부를 포함한 체크리스트(비정량지표)
		공원 내 녹지율
	12. 교육	생태환경 및 교육목적의 설명판, 안내판 수
		공원에서 이루어지는 환경교육 프로그램 수
		생태환경 등 해설 및 배부자료 수
	13. 자연 · 문화유산 가치	역사 유적 수
		공원 운영 연수
		특이 지형이나 지물 개수
	14. 사회적 활동	–

1차 델파이 설문조사 결과를 토대로 2차 델파이 설문조사를 위한 지표안을 수정하였다. 기존에 작성된 평가항목 중에서 적합도가 가장 낮게 나타난 바이오매스 항목을 삭제하였으며, 공급서비스에 수자원, 지원서비스에 생태네트워크 항목을 각각 추가하였다. 또한 조절서비스의 기후변화 저감 항목은 평가 내용을 구체화하기 위하여 '열섬 저감' 으로 수정하였으며 문화서비스의 자연 · 문화유산 가치와 사회적 활동 항목은 각각 생물다양성 유지, 교육 항목에 포함시켰다. 평가지표는 1차 설문조사 이후 새롭게 제시된 지표를 추가하여 최종적으로 2차 평가지표 안을 작성하였다.

2. 2차 델파이 설문조사 결과

2차 델파이 설문조사는 1차 설문조사에 응답한 24인의 전문가에게 요청하였다. 기존 지표 14개와 추가 또는 수정된 지표 27개를 포함하여 총 41개의 지표를 대상으로 2차 전문가 설문조사를 진행한 결과, 전체 지표의 약 40%에 해당하는 16개 지표의 평균 적합도가 4.000(약간 높음) 이상인 것으로 도출되었다. 적합도가 가장 높게 나타난 지표는 홍수 및 폭풍피해 저감을 평가하기 위한 투수율 또는 투수면적인 것으로 나타났다(평균 4.650). 가장 낮은 평균 적합도를 나타낸 지표는 식량 공급을 평가하기 위한 재배 작물 종류 및 재배 면적으로 나타났다(평균 3.050). 새로 추가 또는 수정된 지표의 평균 적합도는 상/하위 10% 구간에 집중 분포한 역정규분포 형태로 나타났다. 평가지표 중 평균 적합도가 약간 낮음 또는 낮음(3점미만)으로 도출된 지표는 존재하지 않았다.

〈표 3-4〉 2차 델파이 설문조사 결과: 평가지표별 적합성 평가

서비스 항목	평가지표	평균	표준편차
1. 식량	총 텃밭 면적 비율 (%)	3.800	0.834
	유치권 내 인구당 텃밭면적 (㎡/인)	3.750	0.786
	재배작물 종류 및 면적 (㎡/종)	3.050	0.999
2. 수자원	공원 내 수자원 면적 비율 (%)	4.250	0.550
	공원 주변 수자원 수 (개)	3.300	0.733
3. 대기오염물질 제거	환경정화수 식재 비율 (%)	3.800	0.696
	식재밀도 또는 엽면적 지수	4.100	0.553
	바이오매스량	3.450	0.887
	수종당 정화 정도	3.500	0.688

서비스 항목	평가지표	평균	표준편차
	식재 수종별 피도	3.500	0.827
4. 미기후 조절	캐노피커버율 (%)	4.000	0.649
	온실가스 흡수율 높은 수목비율 (%)	3.700	0.923
	다층식재 비율 (%)	4.150	0.813
	습지 및 하천면적 (㎡)	4.200	0.768
	바이오매스량	3.300	0.801
	바람통로 내 장애요소	3.900	0.788
	지피, 관목, 교목의 구성비 (a:b:c)	3.500	0.889
5. 홍수 및 폭풍 저감	녹지면적 비율(커버율) (%)	4.100	0.718
	투수율 (%) 또는 투수면적 (㎡)	4.650	0.489
	홍수 및 폭풍피해 저감시설 여부	4.000	0.795
6. 소음 저감	소음발생원과의 표고 차 (m)	3.500	0.827
	식생대 폭(완충녹지) (m)	4.350	0.489
7. 열섬 저감	단위수목 CO_2 흡수량 (ton/year)	3.650	0.813
	주변지역과의 온도차 (℃)	4.050	0.759
	공원 내 에너지 생산량	3.300	0.657
8. 토양질 유지	토양 pH	3.550	0.686
	토양 영양물질량 (mg/kg)	3.900	0.641
9. 생태네트워크	구조적 연결성 (연결지역 %)	4.421	0.507
10. 생물다양성 유지	Shannon 지수	3.579	0.769
	분류군별 자생종 비율 (%)	3.842	0.765
	비오톱 유형의 수 (개)	4.211	0.631
	녹지면적 (㎡)	4.158	0.898
	자연 지형 비율 (%)	4.105	0.658
11. 운동	체육시설의 수 (개)	3.550	0.686
	체육시설 이용자 비율 (%)	3.600	0.754
	자전거 도로의 길이 (m)	3.100	0.788
12. 휴식	휴식목적 이용객 수 (명)	3.850	0.587
	벤치 및 파고라의 수 (개)	3.450	0.759
	공원 내 녹지율 (%)	4.050	0.826
13. 교육 및 사회활동	프로그램, 공적교육활동 수 (개)	4.250	0.639
	표지판, 안내판, 해설의 수 (개)	3.550	0.686

1차 설문조사 결과와 비교해볼 때 기존 지표 중 7개의 평균 적합도는 증가, 나머지 7개의 평균 적합도는 감소하였다. 적합도가 상향조정된 지표 중 홍수 및 폭풍피해 저감을 평가하기 위한 녹지면적 비율은 1차 설문조사로 도출된 적합도보다 0.392 증가하여 가장 큰 폭으로 상향조정되었다. 상향조정된 지표들 중 생태네트워크를 평가하기 위한 구조적 연결성은 평균 적합도 4.421로 매우 높은 점수로 도출되었으며, 학교 프로그램 및 교육활동 수, 녹지면적 비율 등의 지표 또한 상향조정되어 4점 이상의 적합도를 부여받았다. 적합도가 하향조정된 지표 중 열섬 저감을 평가하기 위한 단위수목당 이산화탄소 흡수량은 1차 설문조사로 도출된 적합도보다 0.558 감소하여 가장 큰 폭으로 하향조정되었다.

〈표 3-5〉 2차 설문조사 후 기존 지표의 평균 적합도 변화

분류	평가지표	평균 적합도 (변화폭)
상향조정	(지원) 구조적 연결성	4.421 (+0.129)
	(문화) 학교프로그램 또는 교육활동 수	4.250 (+0.292)
	(조절) 녹지면적 비율	4.100 (+0.392)
	(조절) 토양 영양물질량	3.900 (+0.025)
	(조절) 환경정화수 식재 비율	3.800 (+0.092)
	(공급) 총 텃밭 면적 비율	3.800 (+0.050)
	(문화) 체육시설의 수	3.550 (+0.008)
하향조정	(조절) 캐노피 커버율	4.000 (−0.333)
	(문화) 휴식목적 이용객 비율	4.042 (−0.192)
	(조절) 단위수목당 이산화탄소 흡수량	3.650 (−0.558)
	(문화) 체육시설 이용자 비율	3.600 (−0.358)
	(지원) Shannon 지수	3.579 (−0.254)
	(조절) 토양 pH	3.550 (−0.075)
	(문화) 벤치 및 파고라의 수	3.450 (−0.175)

2차 설문조사를 통해 수집된 전문가의 기타 의견은 1차 설문조사에 비해 상당히 감소한 것으로 나타나 전문가 의견 종합이 잘 이루어져 2차 설문조사가 진행된 것으로 판단된다. 지표의 활용성을 고려하여 산출이 용이하고 데이터가 확보되는 지표로 한정할 필요가 있다는 의견이 제시되었다. 또한 다른 항목에서 나타나는 유사한 지표의 중복성에 대하여 고려할 필요가 있다는 의견이 제시되었다.

3. 최종 평가지표 선정

1, 2차 전문가 설문조사 결과를 바탕으로 지표의 적용가능성 및 정책 활용가능성 등의 기준을 가지고 내부 연구진의 회의를 거쳐 최종 평가지표를 도출하였다. 공급서비스에서는 식량 및 수자원 항목을 평가하기 위한 지표로서 각각 텃밭 및 수자원의 면적 비율을 선정하였는데, 그 값이 클수록 공급서비스가 크다고 판단하였다. 조절서비스는 대기오염물질 제거, 홍수 및 폭풍피해 저감, 소음 저감, 열섬 저감, 토양질 유지 등 5개 항목을 포함한다. 지표의 중복성을 피하기 위하여 기존의 미기후 조절 항목을 열섬 저감 항목으로 통합하여 공원의 온도 조절 기능을 평가하고자 하였다. 토양질 유지 평가에 대한 지표를 제외하고 모든 지표는 그 값이 클수록 조절서비스가 크다고 판단하였다.

지원서비스는 생태네트워크와 생물다양성 유지 등 2개 항목을 포함하며 지표의 값이 클수록 지원서비스가 크다고 판단하였다. 지원서비스 중 생물다양성 유지를 평가하기 위한 지표가 Shannon 지수, 자연 지형 비율 등 두 가지가 선택되었는데, 이는 조류종과 식물종 다양성을 각각 평가하기 위함이다. 마지막으로 문화서비스는 운동, 휴식, 교육 및 사회활동 등 3개 항목을 포함하며 지표의 값이 클수록 문화서비스가 크다고 판단하였다. 교육 및 사회활동 항목의 평가지표인 프로그램 및 공적교육활동 수는 설문조사를 통해 높은 적합도를 부여받았으나, 공식적으로 집계되지 않아 활용이 어렵다는 한계가 나타났다. 따라서 이를 대체할 수 있는 지표로서 교육목적으로 공원을 주로 이용할 것으로 예상되는 대상의 수(주변 어린이집, 유치원 등)를 최종적으로 선정하였다.

〈표 3-6〉 도시공원 생태계서비스 평가를 위한 최종 지표

항목	서비스 항목	응답자로부터 제시된 평가지표
공급	1. 식량	총 텃밭 면적 비율 (%)
	2. 수자원	공원 내 수자원 면적 비율 (%)
조절	3. 대기오염물질 제거	환경정화수 식재 비율 (%)
	4. 홍수 · 폭풍피해 저감	투수율 (%)
	5. 소음 저감	완충녹지대 폭 및 높이 (m)
	6. 열섬 저감	캐노피커버율 (%)
		주변 지역과의 온도차 (℃)
	7. 토양질 유지	토양 특성 (경도, pH, 중량수분, 용적밀도, 공극률)
지원	8. 생태네트워크	구조적 연결성 (연결지역 %)
	9. 생물다양성 유지	Shannon 지수
		자연 지형 비율
문화	10. 운동	체육시설의 수 (개)
	11. 휴식	벤치 및 파고라의 수 (개)
	12. 교육 및 사회활동	프로그램 활용 대상(어린이집, 유치원 등) 수

제2절 생태계서비스 평가지표 적용

1. 대상지 선정 이유

본 연구는 수원시 내 잔존산림을 이용한 자연형 근린공원인 매탄공원과 평지 위 조성된 인공조성형 근린공원인 서호꽃뫼공원을 대상으로 생태계서비스를 평가하였다. 두 공원은 생활권 근린공원(유치거리 500m 이하, 규모 10,000㎡ 이상)[1]에 해당하며 근린거주자 또는 지역생활권 거주자의 삶의 질을 증진하는데 기여하고 있다. 두 공원 모두 다양한 시설이 설치되어 있어 이용자에게 다방면의 서비스를 제공하고 있다.

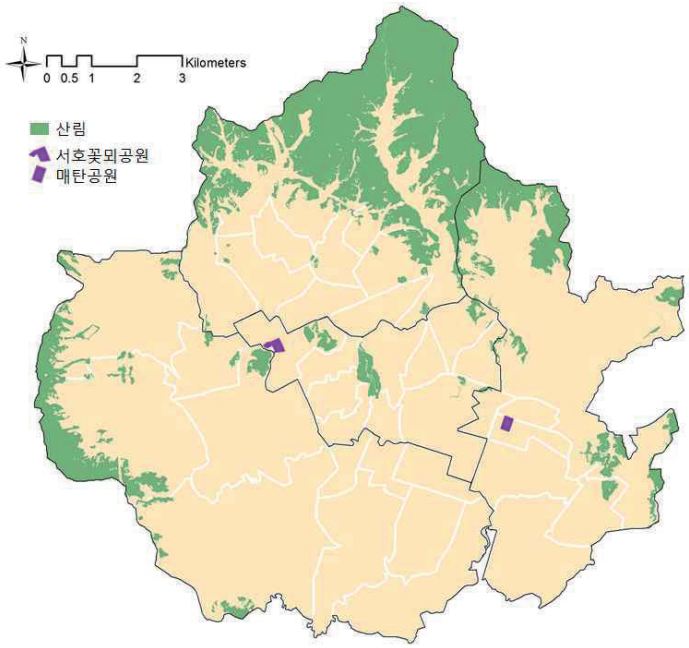
〈표 3-7〉 매탄공원과 서호꽃뫼공원 개괄

분류		매탄공원	서호꽃뫼공원
조성연도		1985년 12월	2012년 2월
주 소		수원시 영통구 매탄로 185	수원시 팔달구 수성로 120
유 형		자연형 근린공원	인공조성형 근린공원
면 적		59,956㎡	55,283㎡
시설	조경	잔디광장	지압보도, 데크, 조형물, 조형가벽, 잔디스탠드, 날개벽, 학습벽, 음수대
	운동	축구장, 테니스장, 농구장, 게이트볼장, 체력단련장, 실내체육관	풋살구장, 농구장, 배드민턴장, 족구장, 바이크, 자연체험장
	휴양	광장, 휴게쉼터, 앉음벽, 벤치, 정자	광장, 휴게쉼터, 벤치, 파고라
	유희	–	하늘과 자연의 소리, 숲속조합놀이대
	교양	–	야외학습무대, 보육시설
	편익	화장실, 주차장, 약수터	화장실, 주차장
	관리	–	채광창, 계단실, 이동식볼라드
주변 토지이용		일반주거지역	일반주거지역, 자연녹지지역(여기산, 서호천, 서호)

수원시 영통구 매탄로에 위치한 매탄공원은 1985년도에 조성되어 울창한 수목으로 이루어진 공원이다. 59,956㎡ 의 부지 내에는 축구장, 테니스장, 농구장, 체력단련장 등 다양한 운동시설과 광장, 휴게쉼터, 정자 등의 휴양시설 및 편익시설 등을 갖추고 있다. 해당 공원은 아파트 밀집 지역에 위치하여 근린거주자의 접근이 용이하다.

1) 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 제6조; 도시공원의 설치 및 규모의 기준

수원시 팔달구 수성로에 위치한 서호꽃뫼공원은 2012년도에 조성되었다. 55,283m² 의 부지 내에는 풋살구장, 농구장, 족구장, 배드민턴장 등의 운동시설과 휴게소, 파고라 등의 휴양시설 및 휴게데크, 옥상데크, 조형물 등의 조경시설을 갖추고 있다. 뿐만 아니라 숲속 조합놀이대, 야외학습무대와 같은 유희시설, 교양시설과 편익시설 등을 골고루 갖추고 있어 시민들의 활동이 다양하게 이루어질 수 있는 공간으로 조성되어 있다. 공원 주변은 여기산, 서호천, 서호 등의 자연녹지지역과 아파트 단지의 일반주거지역으로 이용되고 있다.



〈그림 3-1〉 연구대상지: 서호꽃뫼공원과 매탄공원

2. 생태계서비스 항목별 현장조사 및 분석 방법

12개 항목의 평가 지표는 현장조사와 실내조사를 통하여 측정 및 분석하였다. 매탄공원과 서호꽃뫼공원 각각에 대해 동일한 조사방법을 적용하여 평가하였다. 공급서비스인 식량과 수자원은 현장조사를 통해 텃밭과 호수, 습지 등의 존재유무를 파악하였고, 텃밭이 있는 경우 작물의 종류를 조사하였다. 텃밭과 수자원의 면적 등의 정보는 보도자료, 주제도 등을 활용한 실내조사를 통해 이루어졌다.

조절서비스 중 대기오염물질 제거 기능은 공원 내 식생 조사를 바탕으로 평가하였

다. 식생 조사는 교목, 아교목, 관목, 초본의 층위별로 종별 수고(m), 흉고직경(cm), 수관폭(m)을 측정하였다. 이를 토대로 수목의 생육상태 및 환경정화수종의 구성비를 파악하였다.

홍수 · 폭풍피해 저감 기능과 토양질 유지기능은 공원 내 녹지의 토양 특성을 바탕으로 평가하였다. 토양 특성은 대표적인 4개 토양 유형에서 토양 경도(mm), pH, 중량수분함량, 용적밀도(g/cm^3), 공극률(%)을 측정하였고, 이 중 토양 경도는 면적 가중함으로써 공원의 투수능력을 계산하였다. 면적 가중된 토양 경도가 클수록 답압이 심하여 불투수층이 형성될 수 있다고 판단하고 이 경우 홍수 및 폭풍피해 저감에 불리한 것으로 평가하였다. 토양질 유지 기능은 문헌연구를 토대로 토양 특성을 전체적으로 고려하여 식물 생장에 양호한 값을 갖는지 평가하였다.

소음 저감 기능 평가를 위하여 공원 경계의 완충녹지대의 유형을 나누고 유형별 수평거리 및 수직거리를 측정하였다. 열섬 저감 기능 평가는 8월 중 폭염경보가 발효된 날 12시부터 2시 사이에 공원 내부, 공원 경계로부터 50m 떨어진 지역, 공원 경계로부터 100m 떨어진 지역에서 여러 지점을 선정하여 각각 온도와 습도를 측정하였다. 측정 지점에서는 어안 렌즈로 수목의 캐노피를 촬영하고 영상을 분석하여 캐노피 커버율을 산출하고 캐노피 커버율과 온도와의 관계를 파악하였다.

지원서비스 중 생태 네트워크는 종의 이동에 징검다리 역할 기능을 평가하는 구조적 연결성을 계산하여 나타내었다. 생물다양성 유지 기능은 3일에 걸쳐 공원에 출현하는 조류를 조사하여 평가하였다. 조사된 조류의 종 및 개체수를 바탕으로 Shannon 지수를 도출하고 선행 연구결과와의 비교를 통해 공원의 조류 종다양성을 평가하였다.

문화서비스 중 운동과 휴식 항목은 현장 조사를 통해 각각 체육시설과 휴식시설(벤치, 파고라)의 수를 파악하여 평가하였다. 체육시설의 경우 평면도를 토대로 면적을 산출하여 함께 나타내었다. 교육 및 사회활동 기능은 일차적으로 지도상에 나타난 공원 주변 어린이집 및 유치원의 수를 조사하고, 전화질의를 통해 실제로 공원에서 바깥놀이(야외활동)를 진행하고 있다고 답한 어린이집과 유치원의 수를 이용하여 평가하였다.

〈표 3-8〉 생태계서비스 평가를 위한 조사방법 및 분석내용

서비스 항목		조사방법	분석내용
공급	식량	• 텃밭의 면적조사 • 재배작물 종 현장조사	-
	수자원	• 수자원 면적 실내조사	-
조절	대기오염물질 제거	• 식생 층위구조별 종 조사 • 종별 수고, 흉고직경, 수관폭 측정	• 환경정화수종 구성비 계산
	홍수 · 폭풍피해 저감	• 토양 유형별 토양 경도 측정	• 면적가중 토양 경도 계산
	소음 저감	• 완충녹지대 유형별 수평, 수직거리 측정	-
	열섬 저감	• 지점별 온습도 측정(오후 12-2시) • 어안렌즈 이용한 캐노피 영상 촬영	• 공원 경계거리 및 바닥 포장에 따른 온습도 변화 분석 • Gap Light Analyzer를 이용한 캐노피커버율 분석
	토양질 유지	• 토양 유형별 토양 경도, pH, 중량 수분함량, 용적밀도, 공극률 측정	-
지원	생태 네트워크	• 녹지 패치간 최단경로 수 및 빈도를 활용한 구조적연결성 분석(BC지수)	• 징검다리 역할
	생물다양성 유지	• 조류 종 및 개체수 조사	• Shannon 지수 분석
문화	운동	• 체육시설의 수 현장조사 • 체육시설의 면적 실내조사	-
	휴식	• 휴식시설의 수 현장조사	-
	교육 및 사회활동	• 전화질의를 통한 공원의 교육적 이용 어린이집 및 유치원 수 조사	-

3. 매탄공원

1) 공급서비스

(1) 식량

매탄공원의 경우 공원 내부에 텃밭이나 체험 농장 등으로 활용되는 공간이 부재하는 것으로 나타났다. 이에 따라 매탄공원은 식량 공급서비스를 제공하고 있지 않는 것으로 평가되었다.

(2) 수자원

매탄공원의 경우 공원 내부에 습지 또는 호수 등 수자원을 공급할 수 있는 공간이 부재하는 것으로 나타났다. 이에 따라 매탄공원은 수자원 공급서비스를 제공하고 있지 않는 것으로 평가되었다.

2) 조절서비스

(1) 대기오염물질 제거

환경정화수의 식재 비율을 파악하기 위하여 식생 조사를 실시하였다. 매탄공원에서 조사된 식생은 교목 17종, 아교목 22종, 관목 12종, 초본 14종으로, 생육 상태가 좋고 오래된 수목이 많은 것으로 확인되었다. 환경부가 제시하는 환경정화수 권장 수종 목록에 따르면 가죽나무, 개나리, 느티나무, 매화나무, 밤나무, 백목련, 벚나무, 상수리나무, 튤립나무 등 총 9종의 환경정화수가 식재되어 있는 것으로 나타났다. 초본을 제외한 수목 중 환경정화수의 종 구성비는 17.65%인 것으로 분석되었다.

〈표 3-9〉 매탄공원 교목 및 아교목층 종 조사 현황

층위	종별 특성			
	종명	수고(m)	흉고직경(cm)	수관폭(m)
교목	꽃개오동나무	7	25	6
	능수벚나무	6	15	3
	단풍나무	8	30	5
	독일가문비	8	15	3
	리기다소나무	12	35	5
	메타세콰이어	13	36	6
	밤나무	10	30	6
	사방오리나무	8	30	3
	산벚나무	6	12	4
	상수리나무	13	32	6
	소나무	12	25	5
	스트로브잣나무	10	30	4
	왕벚나무	10	30	4
	잣나무	7	23	3
	중국단풍나무	8	20	4
	참죽나무	8	27	6
	튤립나무	10	30	6

층위	종별 특성			
	종명	수고(m)	흉고직경(cm)	수관폭(m)
아교목	가죽나무	4	16	3
	꽃사과나무	5	12	3
	느티나무	4	16	3
	단풍나무	4	25	4
	독일가문비	5	10	2
	매화나무	2	5	1
	모과나무	4	8	2
	목련	3	10	2
	백목련	4	6	2
	복자기나무	4	10	3
	산딸나무	4	10	2
	산수유	2	8	2
	살구나무	3	20	3
	섬잣나무	3	15	2
	수수꽃다리	3	5	2
	왕벚나무	5	16	4
	이팝나무	4	12	3
	자작나무	4	10	3
	전나무	3	8	2
	주목	2	7	1
	향나무	4	12	2
	홍단풍	3	6	1

〈표 3-10〉 매탄공원 관목 및 초본층 종 조사 현황

층위	종명	종수
관목	개나리, 명자나무, 반송, 붉은병꽃나무, 사철나무, 수수꽃다리, 영산홍, 장미, 조팝나무, 죽단화, 향나무, 회양목	12
초본	가는잎사초, 강아지풀*, 개망초*, 닭의장풀, 맥문동, 미국담쟁이, 미국자리공*, 민들레*, 벌노랑이, 쇠무릎*, 옥잠화, 잔디, 제비꽃, 질경이*, 토끼풀*	15

* 계획적으로 식재되지 않고 공원 외부로부터 도입된 종

(2) 홍수 및 폭풍 저감

매탄공원의 투수율을 산정하기 위하여 공원 내 토양 유형에 따른 토양 경도를 측정

하였다. 이정호 외(2012)에 따르면 경도가 높은 토양은 배수 불량의 원인이 될 수 있기 때문에 홍수 및 폭풍 저감 측면에서 낮은 토양 경도가 유리하다. 따라서 면적 가중법을 이용하여 공원 내 토양 경도의 평균을 도출함으로써 매탄공원의 투수 능력을 산정하였다. 공원의 보도, 광장, 체육시설 등 포장된 면적은 제외하였으며 녹지를 대상으로 하였다.

$$\text{면적 가중된 토양 경도} = \frac{\sum(\text{유형별 면적} \times \text{유형별 평균 경도})}{\text{전체 투수면적}}$$

토양 유형별 면적 가중하여 계산한 매탄공원의 토양 경도는 19.83으로 분석되었다. 토양 경도가 23mm 이상인 경우 답압으로 인하여 불투수층이 형성될 수 있음을 미루어 볼 때(한국조경학회, 2014), 매탄공원의 녹지는 투수성 측면에서 양호한 것으로 평가되었다.

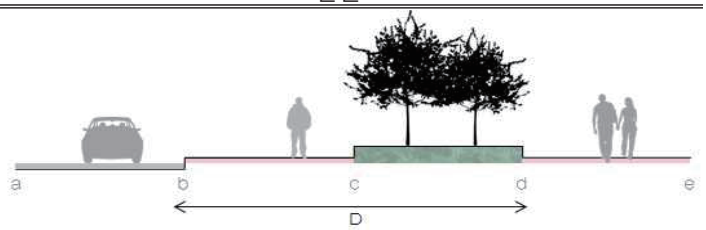
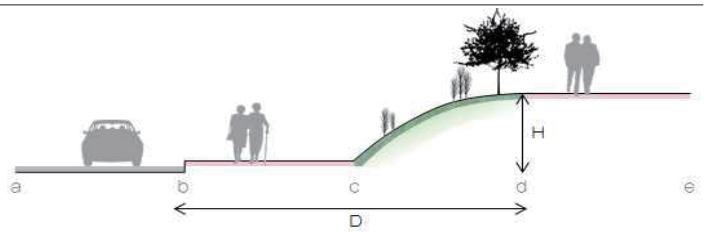
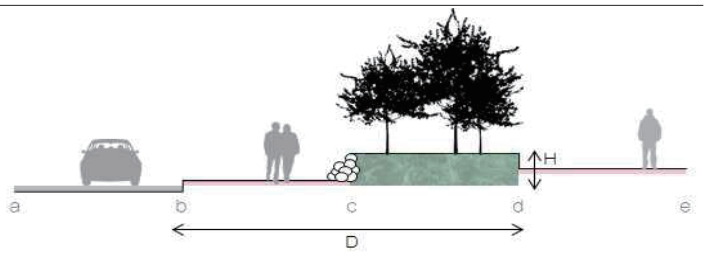
〈그림 3-2〉 매탄공원 토양 유형별 면적 구분도

(3) 소음 저감

매탄공원 가장자리의 완충녹지대를 조사하여 소음발생원인 도로와의 거리 및 높이를 측정하였다. 완충 녹지대는 도로와의 높이차가 거의 없는 평평한 녹지대, 높이차와 경사가 큰 녹지대, 높이차와 경사가 작은 녹지대 등 세 가지 유형으로 조성되어 있다. 완충 녹지대에 방음벽이 설치되는 경우 소음 저감 효과가 더욱 큰 것으로 알려져 있으나(환경부, 2003), 매탄공원 완충 녹지대에는 방음벽이 따로 설치되어 있지 않았다.

평평한 녹지대의 경우 수평거리가 30m일 때, 4.5dB의 소음이 감소되는 효과가 있으나 매탄공원에 조성된 완충녹지대의 수평거리는 8.85m로 도로에서 발생하는 소음 저감 효과는 낮은 것으로 판단된다. 그러나 큰 높이차가 있는 완충녹지대의 경우 수평거리는 8.37m로 제시된 기준(15m)보다 좁지만, 높이가 2.46m로 기준(1.5m)보다 높아 어느 정도의 소음 저감 효과가 있을 것으로 기대할 수 있다. 돌담이 형성된 완충녹지대의 경우 돌담의 높이가 0.80m로 매우 낮아 소음 저감의 효과가 미미할 것으로 나타났으나, 보다 높게 조성할 경우 방음벽의 역할을 할 수 있을 것으로 평가되었다.

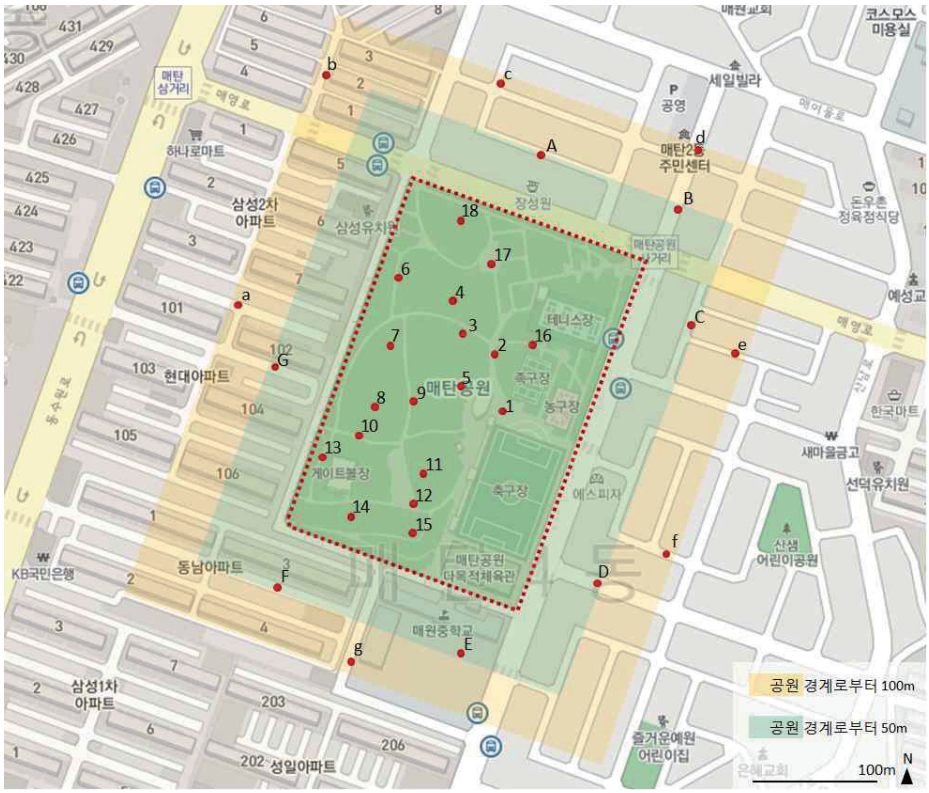
〈표 3-11〉 매탄공원의 완충녹지대 유형별 수평거리 및 수직거리

유형	완충녹지대	단면도
1	• 공원 진입부에 위치한 평평한 녹지대 • 수평거리(D): 8.85m • 수직거리(H): –	
2	• 큰 높이차와 한쪽 경사를 지닌 녹지대 • 수평거리(D): 8.37m • 수직거리(H): 2.46m	
3	• 돌담으로 형성된 낮은 높이차를 지닌 녹지대 • 수평거리(D): 5.59m • 수직거리(H): 0.80m	

※ ab: 도로, bc: 보도, cd: 완충녹지대, de: 공원 내부

(4) 열섬 저감

매탄공원 내부의 18개 지점(1-18), 공원 경계로부터 50m 떨어진 지역의 7개 지점(A-G), 공원 경계로부터 100m 떨어진 지역의 7개 지점(a-g)에서 각각 온도와 습도를 측정하였다. 서로 다른 포장 재질을 가진 바닥으로부터 높이 120cm 지점에서 그늘 여부를 확인하여 조사를 진행하였다. 조사당일(2016.8.5.) 수원의 최고기온은 35.6℃로 폭염경보가 발효되었으며 조사는 하루 중 기온이 가장 높을 것으로 예상되는 오후 12시부터 14시 사이에 이루어졌다.



〈그림 3-3〉 매탄공원 온습도 측정 지점

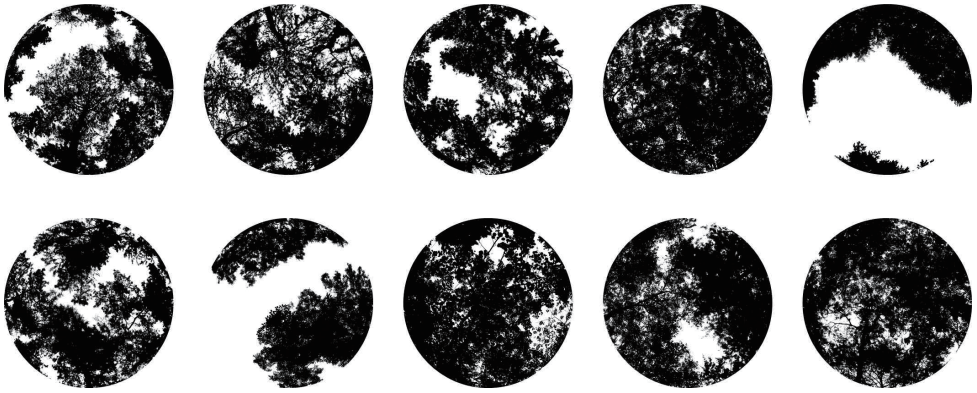
공원 내부의 평균 온도는 35.38℃, 평균 습도는 52.46%를 기록하였다. 공원 경계로부터 50m 떨어진 지역과 100m 떨어진 지역의 평균 온도는 각각 38.63℃, 37.29℃이며 평균 습도는 각각 43.90%, 42.96%로 나타났다. 공원 내부 및 외부에서 그늘이 있는 환경에서의 평균 온도가 그늘이 없는 환경에서의 평균 온도보다 유의하게 낮은 것으로 나타났다($p<0.001$). 공원 내부의 경우 대부분의 지점에서 수목에 의한 그늘로

인해 외부보다 평균 온도가 낮게 나타났다. 또한 그늘이 없는 아스팔트에서 상대적으로 높은 온도를 기록하였다.

〈표 3-12〉 매탄공원 지점별 온습도 측정 결과

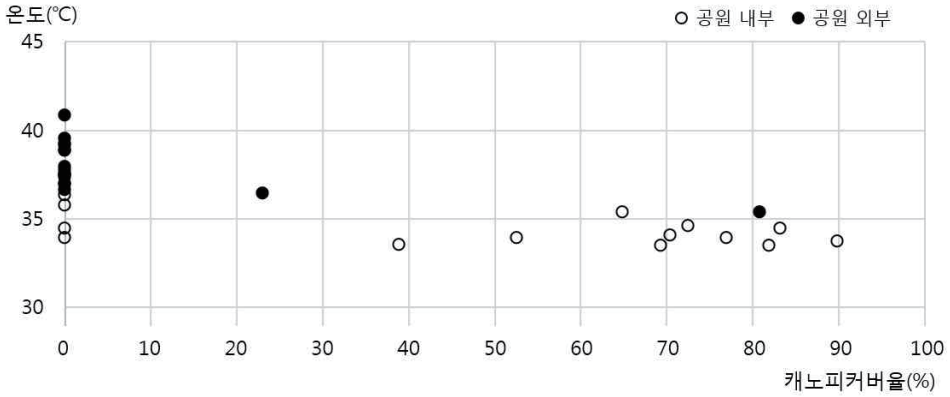
조사지점		바닥 포장	그늘여부	온도(℃)	습도(%)	비고
공원내부	1	보도블럭	×	37.0	46.1	
	2	보도블럭	△	36.4	50.0	
	3	잔디	○	35.4	55.6	
	4	흙	○	34.6	52.9	솔잎 멀칭
	5	잔디	×	34.0	54.7	
	6	보도블럭	○	34.1	54.8	
	7	흙	○	33.8	61.2	
	8	잔디	△	33.6	58.2	
	9	시멘트	○	33.5	58.4	
	10	보도블럭	○	34.0	55.3	
	11	흙	○	33.5	56.8	솔잎 멀칭
	12	보도블럭	×	34.5	53.9	
	13	보도블럭	○	34.0	53.0	
	14	흙과 잔디	○	34.5	55.4	솔잎 멀칭
	15	잔디	×	35.8	51.6	
	16	보도블럭	×	37.5	43.5	
	17	보도블럭	×	39.2	41.9	
	18	잔디	×	41.4	40.9	
공원으로부터 50m	A	아스팔트	×	36.7	51.9	
	B	보도블럭	×	39.6	42.4	
	C	아스팔트	×	40.9	40.9	
	D	아스팔트	×	37.5	45.0	
	E	모래	×	39.3	40.1	매원중학교 운동장
	F	아스팔트	×	38.9	42.6	
	G	아스팔트	×	37.5	44.4	
공원으로부터 100m	a	아스팔트	×	38.9	43.7	
	b	아스팔트	○	36.5	43.2	
	c	아스팔트	×	37.8	42.4	
	d	보도블럭	×	38.0	40.6	
	e	아스팔트	○	37.4	42.3	건물에 의한 그늘
	f	아스팔트	×	37.0	42.8	
	g	아스팔트	○	35.4	45.7	건물에 의한 그늘

온도를 측정한 32개 지점 중 수목에 의한 캐노피 커버율이 측정 가능한 지점의 영상으로부터 Gap Light Analyzer를 이용하여 캐노피 커버율을 산출하였다. 공원 내부에서의 평균적인 캐노피 커버율은 70.02%로 나타났다.



〈그림 3-4〉 Gap Light Analyzer를 이용한 매탄공원 내 캐노피 커버율

캐노피 커버율과 온도와의 관계를 분석한 결과, 대체적으로 캐노피 커버율이 증가할수록 온도가 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 캐노피 커버율이 0인 경우에 측정된 온도의 범위는 34℃부터 41.4℃까지 비교적 크게 나타났다. 캐노피 커버율이 0일 때 가장 낮은 온도를 기록한 세 지점(34℃, 34.5℃, 35.8℃)은 공원 내부에서 측정된 것으로서 주변 수목들의 영향을 받았을 것으로 추정된다. 이 지점들을 제외할 경우 캐노피 커버율이 0인 지점에서의 평균 온도는 38.51℃로 매우 높게 나타났다.



〈그림 3-5〉 매탄공원의 캐노피 커버율과 온도와의 관계

(5) 토양질 유지

매탄공원의 토양 조사는 서로 다른 토양 유형을 지닌 4개의 지점에서 경도를 측정한 후 시료를 습득하여 이루어졌다. 공원 내 잔존산림으로부터 식생구조가 다른 두 지점과 공원 가장자리, 인공적으로 조성된 화단의 토양 특성을 각각 분석한 결과 소나무가 우점하고 초본류가 서식하지 않는 산림 토양의 경도가 27.00으로 가장 높게 나타났다. 산림 토양의 pH는 비교적 낮게 분석된 반면, 공원 가장자리와 공원 진입부에 위치한 화단의 pH는 높은 것으로 나타났다. 또한 잔존산림 토양이 다른 두 지점의 토양보다 용적밀도는 작고 공극률은 큰 것으로 분석되었다.

〈표 3-13〉 매탄공원 토양 시료 습득 지점별 유형

유형	
1. 잔존하고 있는 산림의 일부, 교목 및 초본 서식	2. 잔존하고 있는 산림의 일부, 소나무 우점, 초본 없음
3. 도로(인도)와 인접한 공원가장자리	4. 공원 진입부에 위치한 인공 화단

〈표 3-14〉 매탄공원 토양 특성 분석 결과

조사 지점	토양 특성				
	경도 (mm, 3회 평균)	pH	중량수분 함량(%)	용적밀도 (g/cm^3)	공극률 (%)
1	19.00	4.50	21.12	1.48	44.2
2	27.00	4.77	16.56	1.56	41.1
3	15.33	6.69	12.85	1.69	36.2
4	19.00	8.45	20.11	1.61	39.2

한국조경학회(2013)가 제시한 토양 특성별 평가 기준에 따르면 4개 토양 유형 중 소나무가 우점한 잔존 산림 내 토양을 제외한 모든 유형이 토양 경도 측면에서 상급으로 평가되었다. 공극률 측면에서는 모두 하급이거나 불량으로 평가되었는데, 이는 입자의 크기가 고르지 않음을 의미한다. 용적밀도의 경우 일반적으로 식물 생육에 유리한 토양일수록 값이 작으므로(이주영과 최희열, 2012) 산림토양의 식물 생장이 양호할 수 있다.

3) 지원서비스

(1) 생태 네트워크

김은영(2014)의 연구에서 도출한 결과를 활용하여 생태 네트워크를 평가하였다. 구조적 연결성은 단절된 녹지 사이를 연결하는 최단경로의 수를 분석함으로써 종의 이동에 징검다리 역할을 수행하는 기능을 평가하는 지수인 BC (Betweenness Centrality, 이하 징검다리 지수)값을 사용하였다. 매탄공원의 징검다리 지수는 0.04로 나타났으며, 수원시 도시공원의 징검다리 지수가 평균 0.01(최소0 - 최대0.51)인 것으로 미루어볼 때 매탄공원의 징검다리 역할 수준이 비교적 높은 것으로 평가되었다.

(2) 생물다양성 유지

매탄공원의 조류 종을 조사한 결과 3일 간 총 15종, 하루 평균 77마리가 출현한 것으로 나타났다. 까치, 직박구리, 집비둘기, 참새 등 서식지 특이성을 보이지 않는 도시화된 종의 개체수가 많은 것으로 확인되었으며 멸종위기종으로 지정된 종은 발견되지 않았다.

Shannon 지수를 이용하여 분석한 결과 조류의 종풍부도는 2.82, 종다양성은 2.06으로 산출되었다. 송원경(2015)의 연구에서 천안시에 있는 26개의 도시공원을 대상으로 조류 종다양성을 분석한 결과 평균 0.98(최소0.29 - 최대2.13)인 것으로 미루어볼 때 매탄공원의 조류 종다양성은 높은 편인 것으로 평가되었다.

〈표 3-15〉 매탄공원 조류 종 조사 결과

종명	조사시기별 발견 개체수			현장사진
	16. 04. 12 (07:35-08:10)	16. 04. 19 (06:40-07:15)	16. 05. 25 (06:55-07:25)	
곤줄박이	-	-	2	
까마귀	-	2	-	
까치	5	4	6	
되새	-	1	-	
딱새	1	-	-	
멧비둘기	1	2	2	
박새	2	2	5	
방울새	6	7	5	
붉은머리오목눈이	2	5	2	
쇠박새	1	2	1	
오목눈이	1	-	-	
직박구리	12	4	6	
집비둘기	30	25	20	
참새	25	20	20	
합계	86	74	69	

식물종다양성의 유지 기능을 평가하기 위하여 잔존하는 자연 지형의 비율을 분석하였다. 매탄공원은 기존 산림의 일부를 보전한 자연형 공원으로 면적이 24,045.49m^2에 이르며 전체 공원 면적 중 40.11%를 차지한다. 이에 따라 훼손되지 않고 오랜 시간 유지되고 있는 식생 종의 비율이 높으며 안정화된 토양으로 인해 식생 서식에 유리할 것으로 평가되었다.

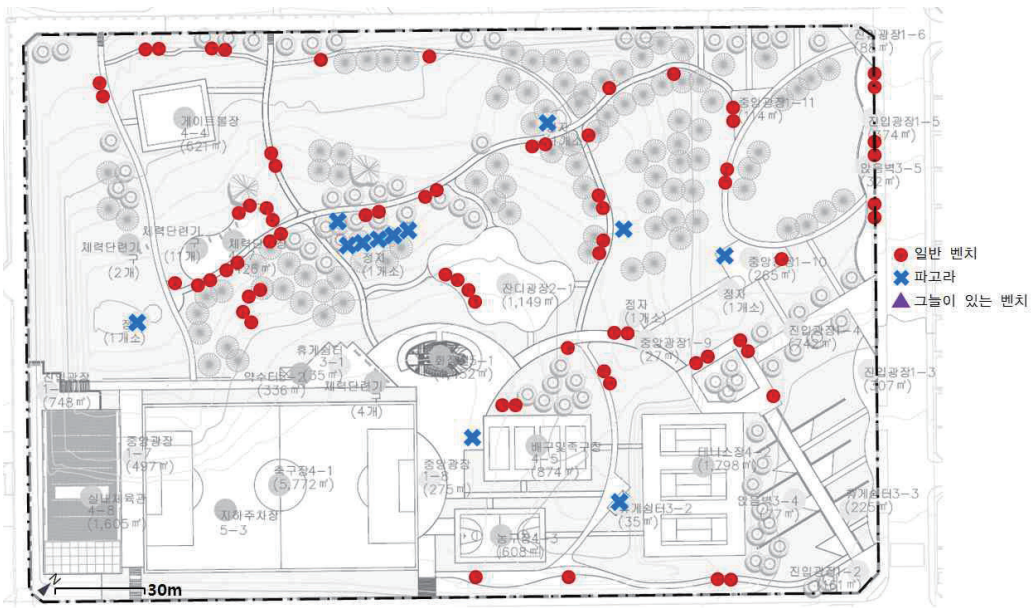
4) 문화서비스

(1) 운동

매탄공원 내 체육시설은 테니스장(1,798m^2), 배구 및 족구장(874m^2), 농구장(608m^2), 축구장(5,772m^2), 게이트볼장(621m^2), 인라인스케이트장(657m^2) 등 총 7가지 종목의 시설이 설치되어 있다. 또한 체력단련기 17개를 비롯하여 실내체육관(1,605m^2), 체력단련장(426m^2)이 마련되어 있어 다양한 생활체육을 즐길 수 있도록 마련되어 있다. 총 체육시설 면적은 12,361m^{2}로 전체 공원 면적에 대해 20.62%에 해당하는 것으로 나타났다.

(2) 휴식

매탄공원 내 벤치 및 파고라의 수를 조사한 결과 일반벤치 69개소, 파고라 12개소 등 총 81개소가 설치되어 있는 것으로 나타났다. 수목의 그늘을 이용하는 플랜트벤치는 부재하였으나 우거진 숲에 의하여 대부분의 일반벤치에 그늘이 조성되는 것을 확인하였다. 이에 따라 매탄공원에 설치된 벤치 및 파고라는 이용객의 휴식에 적합한 것으로 나타났다.



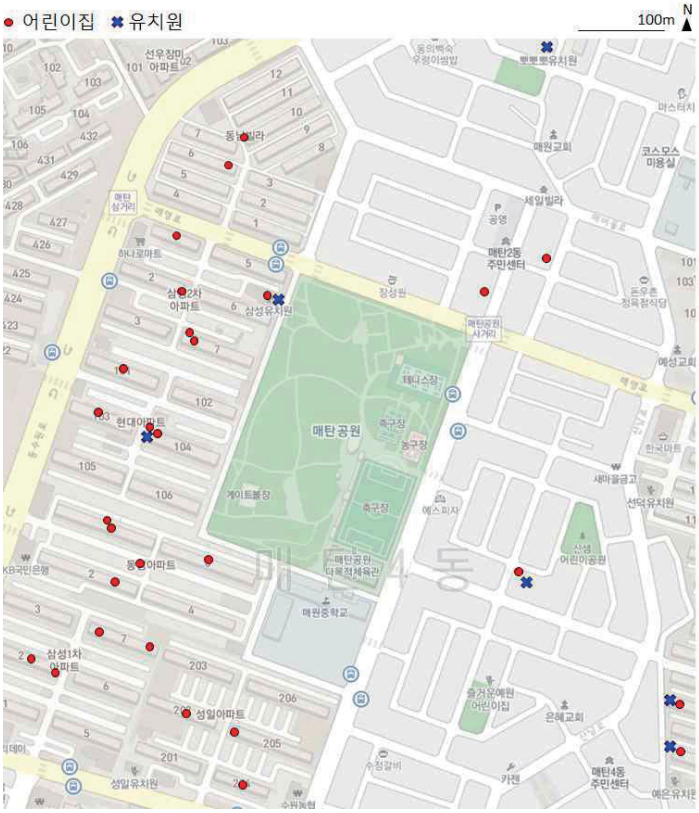
〈그림 3-6〉 매탄공원의 벤치 및 파고라 위치 현황

〈표 3-16〉 매탄공원 벤치 및 파고라 현황

벤치 유형	개수	비고
일반벤치	69	우거진 수목에 의하여 일반벤치에 그늘이 생성됨
파고라	12	
플랜트벤치	–	

(3) 교육 및 사회활동

전화질의를 통해 매탄공원에서 바깥놀이(야외활동) 프로그램을 진행하고 있는 주변 어린이집 및 유치원의 수를 조사한 결과, 어린이집 28곳, 유치원 7곳 등 총 35곳이 해당 공원을 이용하고 있는 것으로 나타났다. 매탄공원은 주변으로부터의 접근성이 좋을 뿐만 아니라 주거지역이 넓게 인접하고 있어 공원 이용자가 많은 것으로 추정된다. 또한 공원을 둘러싸고 있는 도로는 2차선 또는 4차선 도로로서 통행량이 많지 않아 비교적 멀리 떨어진 시설에서도 방문하는 것으로 나타났다. 이에 따라 매탄공원에서 교육 및 사회활동 기능이 활발하게 이루어지는 것으로 평가되었다.



〈그림 3-7〉 교육목적으로 매탄공원에 방문하는 어린이집 및 유치원

4. 서호꽃뫼공원

1) 공급서비스

(1) 식량

서호꽃뫼공원의 경우 공원 내부에 시민참여자 모집을 통해 제공되는 텃밭(체험농장)이 260m² (단체분양 각 33m² 2구좌, 개인분양 각 10m² 19구좌) 조성되어 있다. 이는 공원 전체 면적의 0.5%에 해당하며 현재 21종의 작물이 재배되고 있다.

〈표 3-17〉 서호꽃뫼공원 텃밭 작물 현황

층위	종명
작물	가지, 강황, 고구마, 고추, 당근, 돼지감자, 들깨, 딸기, 땅콩, 방울토마토, 상추, 쑥갓, 양배추, 오이, 옥수수, 케일, 콜라비, 콩, 파, 피마자, 호박 총 21종

(2) 수자원

서호꽃뫼공원의 경우 공원 내부에 습지 또는 호수 등 수자원을 공급할 수 있는 공간이 부재한 것으로 나타났다. 그러나 4차 하천인 서호천이 공원의 서쪽 경계를 따라 흐르고 있으며 공원의 남쪽으로 약 22만m^2에 이르는 서호가 위치한다. 이에 따라 서호꽃뫼공원은 현재 자체적으로 수자원 공급서비스를 제공하고 있지 않지만 주변의 수환경과 연계하여 수자원 공급의 잠재력이 있는 것으로 평가되었다.

2) 조절서비스

(1) 대기오염물질 제거

서호꽃뫼공원에서 조사된 식생은 교목 12종, 아교목 23종, 관목 16종, 초본 및 초화류 17종으로, 어린 수목의 비율이 높으며 생육 상태가 좋지 않은 수목이 다수 있는 것으로 나타났다. 관목과 초본 중에서는 계획적으로 식재되지 않고 공원 외부로부터 도입되어 활착한 드릅나무, 버드나무, 은사시나무, 조록싸리, 찔레나무, 까마중나무, 미국자리공, 뽕나무 등이 발견되었다.

환경부 환경정화수 권장 수종 목록(1994)에 제시된 느티나무, 때죽나무, 매화나무, 무궁화, 배롱나무, 백목련, 벚나무, 산수유, 상수리나무, 은행나무, 칠엽수, 튤립나무, 회화나무 등 총 12종의 환경정화수가 식재되어 있는 것으로 나타났다. 초본과 초화류를 제외한 수목 중 환경정화수의 총 구성비는 23.53%인 것으로 분석되었다.

〈표 3-18〉 서호꽃뫼공원 교목 및 아교목층 종 조사 현황

층위	종별 특성			
	종명	수고(m)	흉고직경(cm)	수관폭(m)
교목	대왕참나무	6	15	2
	메타세콰이어	8	32	3
	모감주나무	6	16	3
	모과나무	6	18	3
	상수리나무	9	15	2
	소나무	8	18	3
	왕벚나무	6	18	3
	은행나무	6	20	3
	자작나무	9	16	3
	잣나무	6	12	2
	중국단풍	7	22	5
	회화나무	8	18	3
아교목	느릅나무	4	8	3
	느티나무	3	10	3
	단풍나무	3	10	2
	때죽나무	3	8	1
	매화나무	2	15	2
	배롱나무	3	15	2
	백목련	4	20	3
	산딸나무	3	4	1
	산수유	3	8	2
	살구나무	3	15	2
	상수리나무	3	5	2

층위	종별 특성			
	종명	수고(m)	흉고직경(cm)	수관폭(m)
	소나무	5	20	4
	수수꽃다리	2	5	1
	스트로브잣나무	3	4	2
	이팝나무	3	7	2
	주목	3	10	2
	쪽동백나무	3	5	1
	측백나무	2	5	1
	칠엽수	4	16	3
	튤립나무	4	6	2
	팥배나무	3	8	2
	홍단풍	3	5	2
	히말라야시다	3	5	1

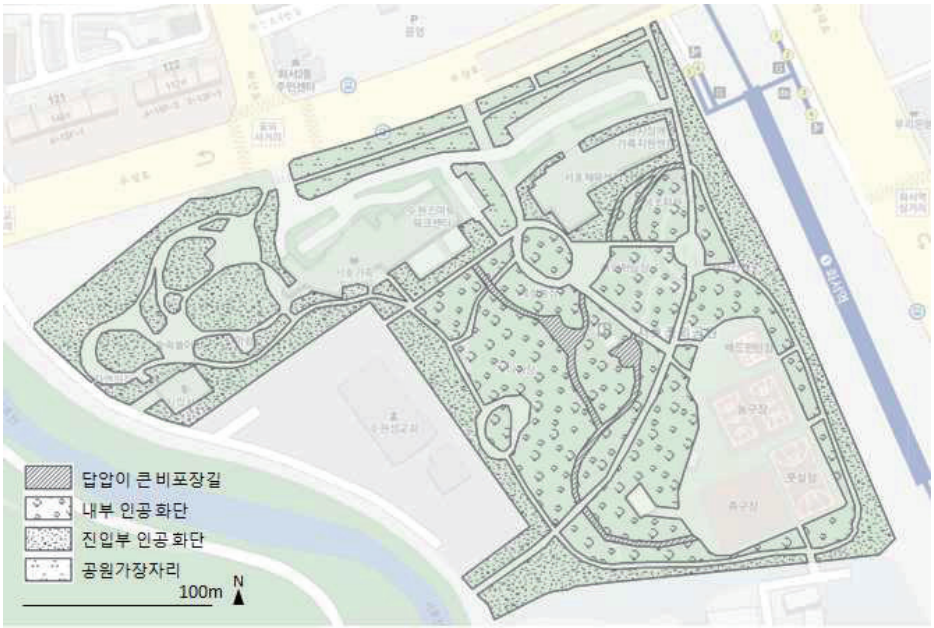
〈표 3-19〉 서호꽃뫼공원 관목 및 초본층 종 조사 현황

층위	종명	종수
관목	드릅나무*, 매자나무, 명자나무, 무궁화, 버드나무*, 사철나무, 은사시나무*, 조록싸리*, 조팝나무, 좀작살나무, 죽단화, 쥐똥나무, 찔레나무*, 철쭉, 화살나무, 회양목	16
초본 /초화류	까마중나무*, 맥문동, 무늬비비추, 미국자리공*, 봉숭아, 뽕나무*, 새콩, 씀바귀, 옥잠화, 원추리, 잔디 과꽃, 금관화, 독말풀, 봉숭아, 분꽃, 해바라기	17

* 계획적으로 식재되지 않고 공원 외부로부터 도입된 종

(2) 홍수 및 폭풍 저감

서호꽃뫼공원의 투수율을 산정하기 위하여 매탄공원에 적용한 것과 같은 방법으로 면적 가중된 토양 경도를 측정하였다. 인공 녹지를 가로질러 형성된 길은 답압이 매우 커 경도가 높은 것으로 나타났으나 공원의 넓은 면적을 차지하는 대부분의 녹지는 경도가 크지 않았다. 이에 따라 토양 유형별 면적 가중하여 계산한 토양 경도는 13.15으로 비교적 작은 값이 도출되었으며, 서호꽃뫼공원의 녹지는 투수성 측면에서 양호한 것으로 평가되었다.



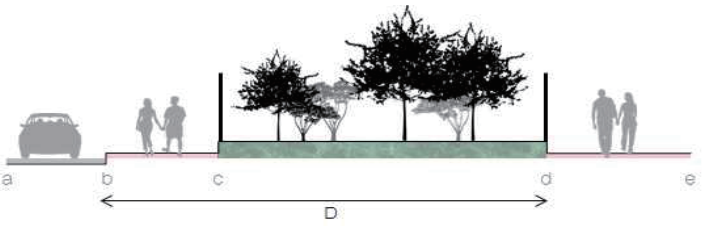
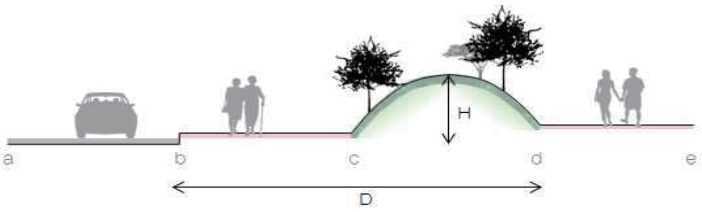
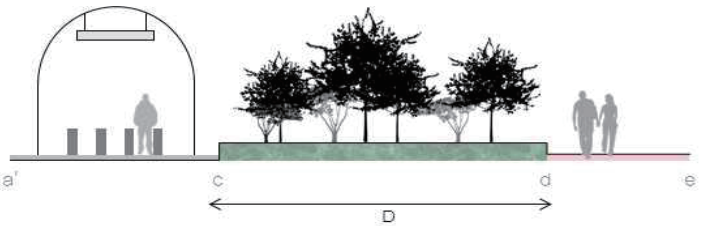
〈그림 3-8〉 서호꽃뫼공원 토양 유형별 면적 구분도

(3) 소음 저감

서호꽃뫼공원 가장자리의 완충녹지대를 조사하여 소음발생원인 도로와의 거리 및 높이를 측정하였다. 6차선의 도로와 지하철역이 인접하고 있어 완충녹지대의 소음 저감 기능이 중요할 것으로 나타났다. 서호꽃뫼공원 가장자리에 조성된 완충녹지대는 출입이 통제된 넓고 평평한 녹지대, 높이차가 크고 양쪽 경사가 있는 녹지대, 지하철 역사 옆 넓고 평평한 녹지대 등이 조성되어 있는 것으로 나타났다.

평평한 녹지대는 공원 가장자리에 위치한 560평에 이르는 개인 소유 토지로서 평균 21m의 수평거리를 가져 도로에서 발생하는 소음이 차폐되는 효과가 있을 것으로 기대된다. 큰 높이차가 있는 녹지대의 경우, 수평거리는 8.15m로 넓지 않지만 수직거리가 2.87m로 높게 성토되어 있어 소음 저감 기능을 보완할 것으로 예상된다. 지하철 옆에 위치한 완충녹지대의 경우 수평거리가 20m로 비교적 넓게 조성되어 있으나 지하철 소음으로 인하여 완충녹지대의 기능이 강화될 필요가 있는 것으로 평가되었다.

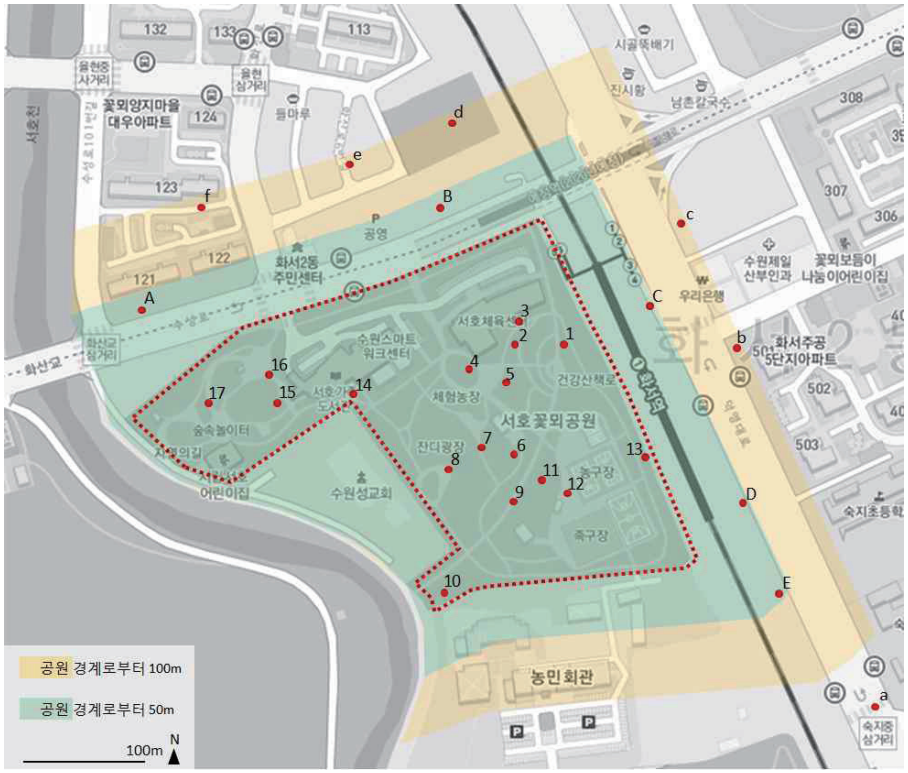
〈표 3-20〉 서호꽃뫼공원의 완충녹지대 유형별 수평거리 및 수직거리

유형		단면도
1	• 출입이 통제된 넓고 평평한 녹지대 (개인소유 토지) • 수평거리(D): 21.00m • 수직거리(H): –	
2	• 큰 높이차와 양쪽 경사를 지닌 녹지대 • 수평거리(D): 8.15m • 수직거리(H): 2.87m	
3	• 지하철 역사 옆에 위치한 평평한 녹지대 • 수평거리(D): 20.00m • 수직거리(H): –	

※ ab: 도로, a' c: 지하철 역사, bc: 보도, cd: 완충녹지대, de: 공원 내부

(4) 열섬 저감

서호꽃뫼공원 내부의 17개 지점(1-17), 공원 경계로부터 50m 떨어진 지역의 5개 지점(A-E), 공원 경계로부터 100m 떨어진 지역의 7개 지점(a-g)에서 각각 온도와 습도를 측정하였다. 서로 다른 포장 재질을 가진 바닥으로부터 높이 120cm 지점에서 그늘 여부를 확인하여 조사를 진행하였다. 조사당일(2016.8.4.) 수원의 최고기온은 35.1℃로 폭염경보가 발효되었으며 조사는 하루 중 기온이 가장 높을 것으로 예상되는 오후 12시부터 14시 사이에 이루어졌다.



〈그림 3-9〉 서호꽃뫼공원 온습도 측정 지점

공원 내부의 평균 온도는 35.44℃, 평균 습도는 53.06%를 기록하였다. 공원 경계로부터 50m 떨어진 지역과 100m 떨어진 지역의 평균 온도는 각각 35.68℃, 38.17℃이며 평균 습도는 각각 49.92%, 44.36%로 나타났다. 서호꽃뫼공원의 경우 비교적 최근에 조성되어 캐노피의 커버율이 크지 않고 어린 수목의 비율이 높아 그늘량이 적은 것으로 파악되었다. 이에 따라 공원 내부와 외부의 온도 차이가 크지 않을 것으로 판단하였다. 그러나 그늘이 있는 잔디에서의 평균 온도는 34.12℃로서 그늘이 있는 다른 바닥 포장에서의 평균 온도보다 약 1.76℃ 낮은 것으로 나타났다. 반면 조사 지점 중 가장 온도가 높은 것으로 측정된 곳은 그늘이 없는 아스팔트 위로서, 41.1℃를 기록하였다.

〈표 3-21〉 서호꽃뫼공원 지점별 온습도 측정 결과

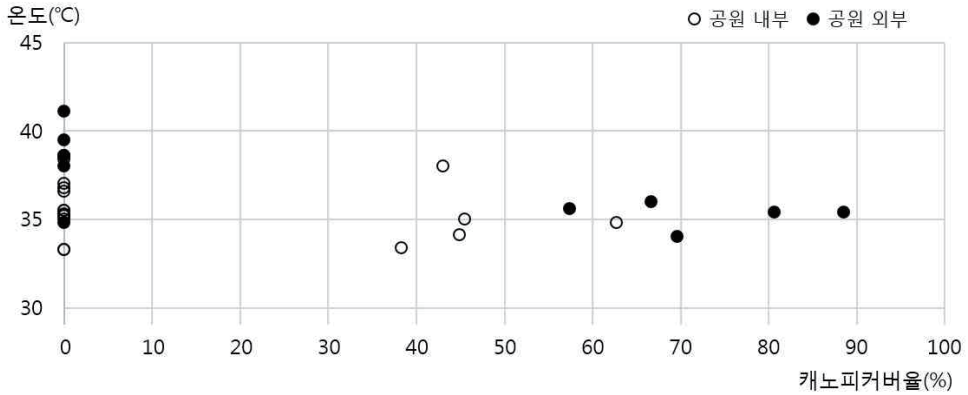
조사지점		바닥 포장	그늘여부	온도	습도	비고
공원 내부	1	아스팔트	×	35.0	53.6	
	2	흙과 잔디	×	33.3	60.2	
	3	잔디	△	33.3	57.4	
	4	잔디	○	33.4	56.7	
	5	잔디	△	35.0	55.2	
	6	잔디	○	34.1	58.7	
	7	흙	×	36.8	51.6	
	8	아스팔트	×	38.4	44.7	
	9	아스팔트	×	36.6	52.9	
	10	보도블럭	○	35.5	53.5	파고라 그늘
	11	잔디	×	37.0	49.1	
	12	아스팔트	○	35.5	50.6	파고라 그늘
	13	아스팔트	△	38.0	47.2	
	14	보도블럭	×	35.2	50.4	
	15	잔디	×	35.2	55.3	
	16	아스팔트	×	35.3	50.5	
	17	잔디	○	34.8	54.5	
공원으로부터 50m	A	자전거도로	×	38.6	43.4	
	B	자전거도로	○	35.4	51.6	
	C	자전거도로	△	34.0	53.0	
	D	자전거도로	△	34.8	51.3	높은 담(벽)
	E	보도블럭	△	35.6	50.3	
공원으로부터 100m	a	아스팔트	×	38.0	44.2	횡단보도
	b	자전거도로	○	36.0	49.2	생육상태가 좋은 가로수
	c	자전거도로	○	35.4	49.6	생육상태가 좋은 가로수
	d	보도블럭	×	38.6	43.4	
	e	아스팔트	×	39.5	40.7	
	f	아스팔트	×	41.1	39.0	
	g	아스팔트	△	38.6	44.4	

온도를 측정한 29개 지점 중 수목에 의한 캐노피 커버율 측정이 가능한 지점의 영상으로부터 Gap Light Analyzer를 이용하여 캐노피 커버율을 산출한 결과 공원 내부에서의 평균적인 캐노피 커버율은 46.90%로 나타났다. 그러나 이러한 캐노피 커버율은 수목의 식재 여부 또는 생육 상태에 따라 캐노피 커버율이 0에 가까운 지점은 반영되지 않았다. 조사된 모든 지점의 캐노피 커버를 고려하면 공원 내부의 캐노피 커버율이

13.79로 크게 감소하는 것으로 분석되었다. 이는 서호꽃뫼공원의 수목이 충분히 생장하지 않았고 생육 상태가 좋지 못한 개체가 다수 있기 때문인 것으로 평가되었다.

〈그림 3-10〉 Gap Light Analyzer를 이용한 서호꽃뫼공원 내 캐노피 커버율

캐노피 커버율과 온도와의 관계를 분석한 결과, 공원 내부에서는 캐노피 커버율이 0인 지점에서도 평균 35.59℃의 비교적 낮은 온도를 기록하였다. 반면 공원 외부에서 캐노피 커버율이 0인 지점의 평균 온도는 38.46℃로 공원 내부와의 온도 차이가 큰 것으로 나타났다. 캐노피 커버율이 0이 아닌 지점을 제외하면 공원 내부보다 공원 외부의 캐노피 커버율이 대체로 더 크며, 낮은 평균 온도(35.28℃)를 나타내는 양상을 보였다. 이는 서호꽃뫼공원 주변 가로수의 생육 상태가 양호하며 공원 내 수목보다 수령(樹齡)이 크기 때문인 것으로 판단된다.



〈그림 3-11〉 매탄공원의 캐노피 커버율과 온도와의 관계

(5) 토양질 유지

인공조성된 공원인 서호꽃뫼공원의 경우 답압이 심한 산책로의 토양과 공원 내부에 넓게 분포하고 있는 화단의 토양을 채취하였다. 또한 공원 진입부에 조성된 화단의 토양과 공원 가장자리의 토양을 각각 채취하여 총 4개 유형의 토양 지점에서 조사가 이

루어졌다.

산책로의 토양 경도는 24.33으로 가장 높게 나타났으며, 중량수분함량과 공극률은 각각 8.24%, 27.2%로 가장 낮게 나타났는데, 이는 답압의 영향으로 보인다. 공원 진입부 인공화단의 토양 경도는 9.00으로 가장 낮게 나타났으며 이 지점의 중량수분함량은 21.83%로 가장 높게 나타났다. 토양의 pH는 산책로가 8.25로 가장 높았으며 인공화단의 pH가 5.29로 가장 낮은 것으로 나타났다.

〈표 3-22〉 서호꽃뫼공원 토양 시료 습득 지점별 유형

유형	
1. 이용자에 의한 답압이 심한 산책로	2. 공원 내 넓게 분포한 인공 화단
3. 공원 진입부에 위치한 인공 화단	4. 도로(인도)와 인접한 공원가장자리

〈표 3-23〉 서호꽃뫼공원 토양 특성 분석 결과

조사 지점	토양 특성				
	경도 (3회 평균)	pH	중량수분 함량(%)	용적밀도 (g/cm^3)	공극률 (%)
1	24.33	8.25	8.24	1.93	27.2
2	15.67	5.29	16.67	1.43	46.0
3	9.00	6.41	21.83	1.48	44.2
4	15.67	7.24	14.97	1.61	39.2

3) 지원서비스

(1) 생태 네트워크

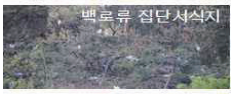
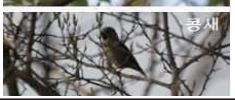
김은영(2014)의 연구에서 도출한 결과를 활용하여 생태 네트워크를 평가하였다. 매탄공원과 마찬가지로 징검다리 지수를 이용하여 구조적 연결성을 평가하였으며 서호꽃뫼공원의 징검다리 지수는 0.0007로 매우 낮게 분석되었다. 이는 수원시 도시공원의 평균적인 징검다리 지수(0.01)를 감안할 때 낮은 수준으로 평가되었다. 이는 서호꽃뫼공원 주변에 여기산, 서호공원 등의 공원이 인접해 있어 징검다리 역할이 중복되어 낮게 나타난 것으로 판단된다.

(2) 생물다양성 유지

서호꽃뫼공원의 조류 종을 조사한 결과 3일 간 총 15종, 하루 평균 56마리가 출현한 것으로 나타났다. 까치, 참새 등 도시화된 종의 개체수가 많은 것으로 확인되었으며 민물가마우지, 왜가리, 중대백로, 흰빰검둥오리 등 물가에서 서식하는 종이 발견되었다. 또한 백조류의 집단 서식지가 발견되었는데, 이는 서호꽃뫼공원 주변으로 서호와 서호천이 위치하기 때문인 것으로 추정된다. 멸종위기종으로 지정된 종은 발견되지 않았다.

Shannon 지수를 이용하여 분석한 결과 조류의 종풍부도는 3.34, 종다양성은 2.31로 산출되었다. 이를 통해 서호꽃뫼공원의 조류 종다양성 유지 기능이 높은 것으로 평가되었다. 반면 식물의 경우 공원 내 잔존하는 자연 지형의 비율이 0%인 것으로 미루어 볼 때 오랜 시간 유지되고 있는 식생 종의 비율이 거의 없어 식물 종다양성 유지기능이 낮을 것으로 평가되었다.

〈표 3-24〉 서호꽃뫼공원 조류 종 조사 결과

종명	조사시기별 발견 개체수			현장사진
	16. 04. 12 (06:35-07:10)	16. 04. 19 (07:50-08:30)	16. 05. 25 (05:55-06:25)	
까치	7	6	8	
멧비둘기	1	2	4	
민물가마우지	5	10	10	
박새	1	4	3	
방울새	2	–	–	
붉은머리오목눈이	2	4	3	
쇠박새	–	1	1	
오색딱따구리	1	–	–	
왜가리	–	1	2	
중대백로	–	–	3	
직박구리	2	2	2	
집비둘기	3	–	–	
참새	20	25	30	
콩새	1	–	–	
흰뺨검둥오리	–	2	–	
합계	45	57	66	

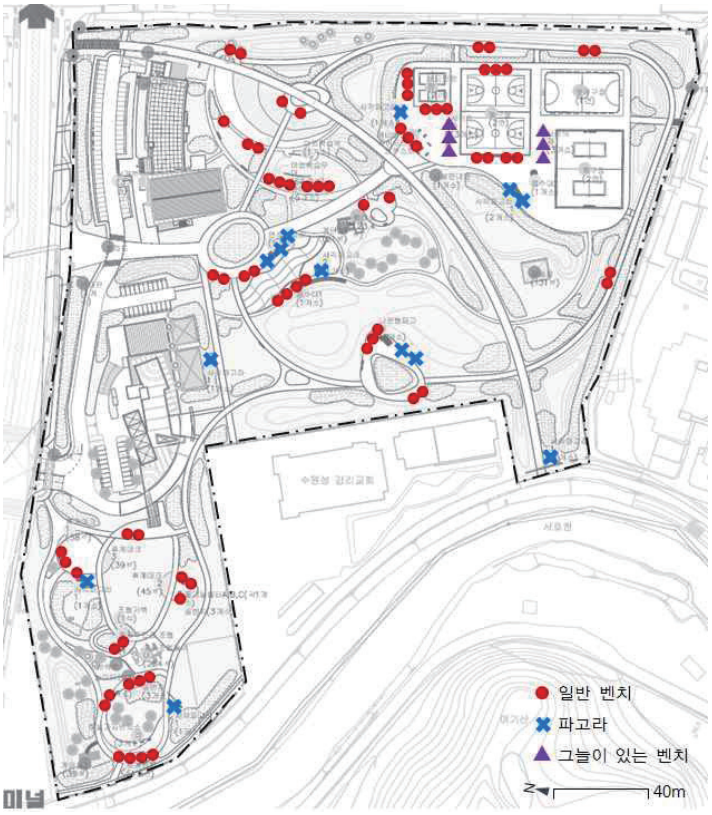
4) 문화서비스

(1) 운동

서호꽃뫼공원 내 체육시설은 농구장(1,440m^2), 풋살장(900m^2), 족구장(1,510m^2), 배드민턴장(325m^2) 등 총 4가지 종목의 시설이 설치되어 있다. 또한 족구장과 풋살장 사이의 자투리 공간을 외발자전거 연습장으로 활용할 수 있도록 해 놓았다. 체력단련기 6개를 비롯하여 서호체육센터(4,309m^2)가 설치되어 있어 헬스, 에어로빅 등의 생활체육 18개 강좌가 운영 중에 있다. 총 체육시설 면적은 8,484m^{2}로 전체 공원 면적에 대해 15.35%에 해당하는 것으로 나타났다.

(2) 휴식

서호꽃뫼공원 내 벤치 및 파고라의 수를 조사한 결과 일반벤치 69개소, 파고라 13개소, 플랜트벤치 6개소 등 총 88개소가 설치되어 있는 것으로 나타났다. 그러나 식재된 수목의 수령이 작고 생육이 불완전하여 일반 벤치나 플랜트 벤치에 충분한 그늘을 생성하지 못하는 것으로 평가되었다.



〈그림 3-12〉 서호꽃뫼공원 벤치 및 파고라 위치 현황

〈표 3-25〉 서호꽃뫼공원 벤치 및 파고라 현황

벤치 유형	개수	비고
일반벤치	69	수목 그늘이 드리워진 벤치가 부재함
파고라	13	
플랜트벤치	6	

(3) 교육 및 사회활동

전화질의를 통해 서호꽃뫼공원에서 야외활동 및 생태체험 프로그램을 진행하고 있는 주변 어린이집 및 유치원의 수를 조사한 결과, 어린이집 2곳이 해당되었으며 공원을 이용하는 유치원은 없는 것으로 나타났다. 공원 내에 위치하는 시립서호어린이집을 제외하고 공원 주변에 있는 어린이집 또는 유치원은 7, 8차선의 넓은 도로나 지하철 역사를 통과해야 공원에 접근할 수 있으므로 아이들의 이용이 제한적인 것으로 나타났다. 이에 따라 서호꽃뫼공원이 제공하는 교육 및 사회활동 기능은 상대적으로 낮은 것으로 평가되었다.

〈그림 3-13〉 교육목적으로 서호꽃뫼공원에 방문하는 어린이집 및 유치원

5. 평가지표의 적용 결과 비교 및 고찰

델파이 설문조사를 토대로 도출한 평가지표를 수원시 도시공원 중 매탄공원과 서호꽃뫼공원에 적용한 결과는 아래의 표와 같다. 공급서비스의 경우 매탄공원은 해당사항이 없는 반면, 서호꽃뫼공원은 일부 식량생산기능이 있는 것으로 나타났다.

조절서비스 중 대기오염물질 제거 기능은 서호꽃뫼공원이 환경정화수의 식재비율이 더 높은 것으로 나타났으나, 최근에 조성된 공원으로 수목의 생육정도에 차이가 있어 절대적으로 높다고 비교하는 것은 한계가 있다. 홍수 및 폭풍피해 저감기능은 두 지역 모두 양호한 것으로 평가되었으며, 소음저감 기능의 경우 완충녹지대 폭은 기준에 미치지 못하지만 수직거리는 기준보다 높은 것으로 나타났다. 하지만 실제 dB측정을 하지 못해 정량적인 수치 비교는 불가하였다. 열섬저감 기능은 매탄공원이 주변지역온도보다 약 3℃낮은 것으로 나타났으며, 이는 조성된지 30년이 된 매탄공원 내 수목의 캐노피가 평균 70%로 최근 조성된 서호꽃뫼공원과의 캐노피와의 차이에서 기인한 것으로 판단된다. 토양질의 경우 경도는 두 공원 모두 양호한 반면 서호꽃뫼공원은 pH, 공극률 등에서 불량으로 나타났다. 이로써 조절서비스는 매탄공원이 서호꽃뫼공원보다 높은 평가결과를 보였다.

지원서비스 중 생태네트워크는 구조적 연결성을 나타내는 BC지수를 비교한 결과 매탄공원이 서호꽃뫼공원보다 높은 수치를 보였다. 이는 매탄공원 주변에 효원공원, 매봉공원, 인계3호공원, 매화근린공원 등 크고 작은 공원이 많이 분포하고 있어 징검다리로서 역할을 충분히 할 수 있음을 의미한다. 서호꽃뫼공원은 인근에 여기산공원, 서호공원, 서호천 등 여러 공원과 인접해 있지만, 인접한 공원과 기능이 분산되어 서호꽃뫼공원의 징검다리로서의 기능은 상대적으로 낮은 것으로 분석되었다. 생물다양성 중 조류종다양성의 경우 서호꽃뫼공원이 매탄공원보다 높은 수치를 보였다. 이는 주변 서호 및 서호천이 있어 물새류가 추가적으로 발견된 결과로 판단된다. 그 외 자연지형의 비율의 경우 매탄공원이 기존 소나무군락을 존치해 공원화하여 높은 수치를 보였다. 이로써 지원서비스는 조류의 경우 서호꽃뫼공원이, 그 외 생물종의 경우 매탄공원이 더 높은 것으로 평가되었다.

문화서비스 중 운동기능은 체육시설의 수와 면적이 서호꽃뫼공원보다 매탄공원에서 높게 평가되었으며, 휴식기능의 경우 서호꽃뫼공원이 벤치 및 파고라의 수는 더 많으나 그늘벤치가 부재하여 실재 휴식을 위한 질적인 평가시 매탄공원이 더 높게 평가될 수 있다. 그 외 교육 및 사회활동 기능의 경우, 공원을 이용하는 유치원 및 어린이집의 수는 매탄공원이 서호꽃뫼공원보다 월등히 높은 수치를 보였으며, 이는 공원으로의 접

근성 때문인 것으로 판단된다. 서호꽃뫼공원의 경우 8차선도로와 철도가 인접해 있어 어린이 및 노약자의 접근성에 제약이 있는 것으로 나타났다. 따라서 문화서비스의 경우 매탄공원이 서호꽃뫼공원보다 높은 평가결과를 보였다.

이와 같이 두 공원의 생태계서비스를 평가한 결과, 자연형 근린공원이 인공조성형 근린공원보다 높은 생태계서비스를 제공하고 있으며, 최근에 조성된 공원보다 조성된 지 오래된 공원이 더 높은 생태계서비스 수준을 갖는 것으로 확인하였다.

〈표 3-26〉 매탄공원과 서호꽃뫼공원의 생태계서비스 비교

	서비스 항목	평가지표	매탄공원	서호꽃뫼공원
공급	식량	총 텃밭 면적 비율 (%)	-	0.5%
	수자원	공원 내 수자원 면적 비율 (%)	-	-
조절	대기오염 물질 제거	환경정화수 식재 비율 (%)	17.65%	23.53%
	홍수 · 폭풍 저감	투수율 (%) / 토양경도	양호 (토양경도 19.83)	양호 (토양경도 13.15)
	소음 저감	완충녹지대 폭 및 높이 (m) (기준: 폭 15m, 높이 1.5m)	폭 8.37m 높이 2.46m	폭 8.15m 높이 2.87m
	열섬 저감	캐노피커버율 (%)	70.02%	46.90%
		주변 지역과의 온도차 (℃)	공원내부: 35.83℃ 공원외부: 38.63℃	공원내부: 35.44℃ 공원외부: 35.68℃
	토양질 유지	토양 특성 (경도, pH, 중량수분, 용적밀도, 공극률)	경도 : 상급 공극 : 하급	경도: 상급 pH, 공극: 하급
지원	생태 네트워크	구조적 연결성 (BC지수) 수원시 평균 0.01(0~0.51)	BC: 0.04	BC: 0.0007
	생물 다양성 유지	Shannon 지수	조류종다양성: 2.06	조류종다양성: 2.31
		자연 지형 비율	40.11%	0%
문화	운동	체육시설의 수 (개) 혹은 면적비율(%)	체육시설 7개 20.62%	체육시설 4개 15.35%
	휴식	벤치 및 파고라의 수 (개)	81개소	88개소 (그늘벤치 부재)
	교육 및 사회활동	프로그램 활용 대상(어린이집, 유치원 등) 수	35개소	2개소

6. 수원시 도시공원 생태계서비스 증진 방안

1) 공급서비스

도시공원의 생태계서비스를 높이기 위해서는 개별 평가지표를 개선할 필요가 있다. 도시공원의 공급서비스 수준을 높이기 위해서는 텃밭의 면적비율을 높이거나 작물을 다양하게 할 수 있으며, 공원 내 습지 등의 수자원을 추가하는 방법이 있을 수 있다.

텃밭은 도시공원 시설 중 하나로서 주변에 위치한 주민센터, 노인정, 어린이집, 유치원 등과 연계하여 텃밭을 운영하는 방안을 제시할 수 있다. 해당 기관에서 작물을 재배하고 수확물을 직접 소비하는 과정에서 도시공원의 공급서비스를 효과적으로 증진할 수 있다. 또한 일반적인 텃밭 조성뿐만 아니라 과실수 식재를 통하여 보다 다양한 식량을 공급하는 것이 가능하다.

수자원은 인간뿐만 아니라 야생동식물에 있어서도 중요한 급수원의 역할을 한다. 이에 따라 호수나 웅덩이, 습지와 같은 다양한 형태의 수자원을 조성하는 방안을 제시할 수 있다. 이를 통해 인간과 동식물 두 대상에게 모두 순기능을 하는 공급서비스를 제공할 수 있을 것이다.

〈표 3-27〉 도시공원의 공급서비스 증진방안

서비스 항목	평가지표	증진방안
식량	총 텃밭 면적 비율 (%)	• 주민센터, 노인정, 어린이집 및 유치원과 연계한 텃밭 운영 • 텃밭뿐만 아니라 과실수 식재
수자원	공원 내 수자원 면적 비율 (%)	• 호수 및 웅덩이, 습지 등을 조성하여 야생동식물의 급수원 제공

2) 조절서비스

조절서비스를 높이기 위해서는 식재계획 수립 시 환경정화수의 비율을 높이거나 캐노피 커버율이 높은 수목을 선정한다면 대기오염물질 제거와 미기후 조절로 인한 열섬저감효과를 높일 수 있다. 또한, 인공지반보다는 자연표토를 그대로 유지하여 투수율을 높인다면 홍수 등 극한강우에 따른 영향을 최소화 할 수 있으며, 토양의 경도, pH 등을 관리하여 토양의 질을 유지한다면 수목 활력 등이 높아질 것이다.

〈표 3-28〉 도시공원의 조절서비스 증진방안

서비스 항목	평가지표	증진방안
대기오염물질 제거	환경정화수 식재 비율 (%)	• 공원 경계부에는 은행나무, 튤립나무 등의 교목과 개나리, 산수유, 라일락 등을 식재하는 것이 바람직 • 오염도가 상대적으로 낮은 지역에는 팽나무, 느티나무, 칠엽수 등을 식재하는 것이 좋음
홍수 · 폭풍피해 저감	투수율 (%)	• 투수율을 높이기 위해서는 기존의 자연지형을 유지하는 것이 가장 바람직함 • 토양의 불투수성 포장비율을 줄이고 투수성 포장재 혹은 인공지반 녹화를 통해 토양의 투수율을 높이도록 함
소음 저감	완충녹지대 폭 및 높이 (m)	• 소음저감을 위해서는 공원경계부 완충녹지대를 조성하고 고밀도 식재하여 소음 저감효과를 높이도록 함 • 소음저감에 효과가 있는 향나무, 메타세콰이어 등의 수종 선택 필요
열섬 저감 (미기후조절)	주변 지역과의 온도차 (℃), 캐노피 커버율 (%)	• 공원의 미기후 조절을 통해 열섬저감 효과 가능 • 캐노피 커버를 높이기 위해 수관폭이 넓은 수종을 선정하도록 함
토양질 유지	토양 특성 (경도, pH, 중량수분, 용적밀도, 공극률)	• 토양의 경도가 높아질수록 배수 및 식생생육에 부정적이니 잔디밭 등 녹지지역관리 필요

3) 지원서비스

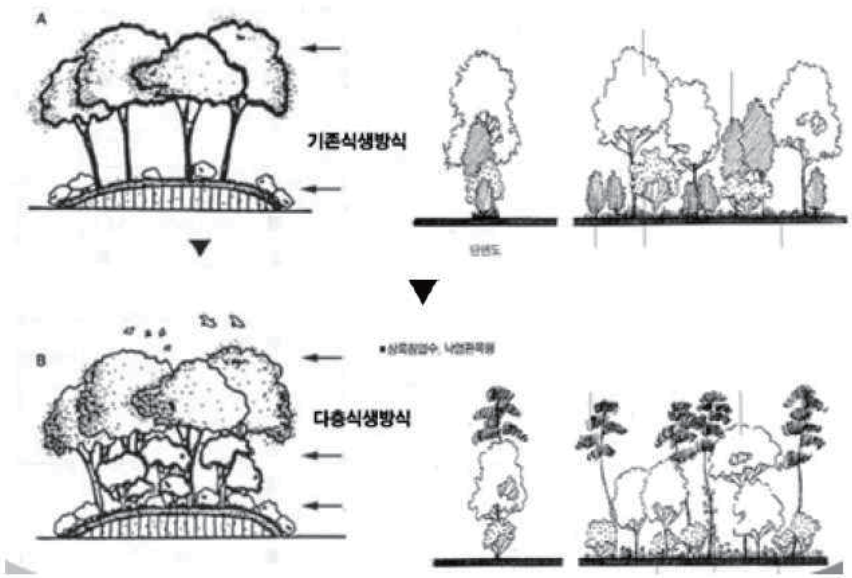
도시공원의 지원서비스 중 생태네트워크 기능을 높이기 위해서는 주변의 생태공간과 구조적인 연결성을 확보할 필요가 있으며, 특히 공원의 위치선정이 중요하다. 또한, 주변공원과 가로수 및 띠녹지 등을 통해 연결가능성을 높여야 한다.

도시공원내 생물다양성을 높이기 위해서는 다양한 생물이 서식할 수 있는 공간마련이 필요하며, 이를 위해서는 기존의 자연지형 보존을 통한 토양-식생기반 마련이 중요하다.

〈표 3-29〉 도시공원의 지원서비스 증진방안

서비스 항목	평가지표	증진방안
생태네트워크	구조적 연결성 (연결지역 %)	• 주변 공원 및 녹지와의 연결성 향상을 위해 띠녹지 조성
생물다양성 유지	생물종다양성 (Shannon 지수)	• 조류 등 야생생물 유인을 위한 산벚나무, 쪽동백나무, 팥배나무, 병꽃나무, 국수나무 등 식재 • 꿀벌 유인을 위한 자귀나무, 산수유, 동백나무, 찔레, 조팝나무, 골담초 등의 밀원식물 식재 • 인공새집달기
	자연 지형 비율	• 식생의 종다양성을 높이기 위해서는 기존의 산림 등을 존치하는 것이 바람직

이우신(2006)은 기존의 단층 식재방식이 아닌 다층식재방식을 통해 다양한 조류종 유입이 가능하도록 서식환경 모델을 제안한 바 있으며(그림 3-14), 송인주(2014)는 광장 및 휴게공간 위주의 공원에서 먹이자원이 확보될 수 있는 관목림의 조성이 필요하다고 제안하였다.



〈그림 3-14〉 조류서식환경 조성 모델 (자료: 이우신, 2006)

〈표 3-30〉 조류종다양성 증진을 위한 공원조성 방안(예시)

	공원조성방안	사진 예시
전	• 광장 및 휴게 공간 위주의 공원조성	
후	• 기존의 교목림은 서식, 은신, 산란, 휴식 기능 유지 • 조류유인을 위한 인공새집 설치 • 먹이자원 유인을 위한 관목덤불림 조성 • 먹이자원 및 음수기능을 위한 웅덩이 조성	

자료: 송인주, 2014 재구성

4) 문화서비스

마지막으로 문화서비스를 높이기 위해서는 다양한 계층이 이용할 수 있는 운동시설을 배치하고 휴식을 취할 수 있는 벤치와 파고라가 적절히 배치되어야 한다. 또한, 공원 내 생태교육 및 체험학습 공간을 마련하여 인근 어린이집이나 유치원에서의 활용도를 높이는 방법도 제안할 수 있다.

〈표 3-31〉 도시공원의 문화서비스 증진방안

서비스 항목	평가지표	증진방안
운동	체육시설의 수 (개)	• 이용자의 니즈 파악 후 체육시설 추가 배치
휴식	벤치 및 파고라의 수 (개)	• 이용자 수를 고려한 휴식시설 배치
교육 및 사회활동	주변 어린이집 및 유치원의 수 (개)	• 공원 내 생태교육 및 체험학습 할 수 있는 공간 마련 • 공원 조성계획 시 접근성 확보

제4장 결론 및 제언

제1절 연구결과 및 시사점

1. 연구결과 요약

본 연구에서는 생태계서비스에 대한 개념과 도시공원에서의 생태계서비스와 이를 평가하기 위한 평가항목 및 평가지표를 델파이 전문가 설문을 통해 총 12개의 서비스 항목을 도출하였다. 공급서비스는 식량, 수자원, 조절서비스는 대기오염물질 제거, 홍수 및 폭풍피해 저감, 소음저감, 열섬저감, 토양질 유지 기능이 제시되었으며, 지원서비스는 생태네트워크와 생물다양성, 문화서비스는 운동, 휴식, 교육 및 사회활동 기능이 평가지표로 제시되었다.

이를 수원시 도시공원 중 매탄공원과 서호꽃뫼공원을 대상으로 생태계서비스를 시범적용하여 평가하였다. 매탄공원은 추가적인 환경정화수 식재비율은 낮지만 식생의 생육상태가 좋으며 기존의 소나무 군락을 존치하여 조성한 공원으로 대기오염물질 제거, 홍수 및 폭풍피해 저감, 열섬저감, 토양질 유지에 긍정적인 효과를 보였다. 또한, 조류종의 징검다리 역할로서 구조적 연결성 점수도 수원시 평균보다 높게 나타나 생태네트워크 기능도 높게 평가되었으며 자연지형 비율이 높으며 조류종다양성도 높게 나타나 지원서비스 수준도 높은 것으로 평가되었다. 문화서비스의 경우 운동, 휴식 등을 위한 시설이 충분히 배치되어 있었으며 이를 활용하는 대상층도 다양한 것으로 조사되었다. 서호꽃뫼공원의 경우, 텃밭이 있어 식량공급측면에서 점수가 상대적으로 높았으며, 환경정화수의 식재비율은 높았으나 최근에 조성되어 수목의 수관폭이 좁아 대기오염물질 제거, 소음저감, 열섬효과 등을 기대하기에 어려움이 있다. 그 밖에 주변의 서호, 여기산 등이 존재하여 다양한 조류종 유인에는 효과적이나 징검다리 역할 기능이 분산되어 한계를 갖는다. 문화서비스의 경우 운동 및 휴식을 위한 시설은 충분히 배치되어 있으나 그늘 등이 부재하여 여름철 이용에 어려움이 있으며, 공원 내 시립어린이집이 위치해 있어 아이들의 이용공간이 충분하지만 접근성의 문제로 주변 유치원 및 어린이집에서의 이용정도는 매우 낮은 편이다.

평가 결과, 매탄공원이 서호꽃뫼공원보다 높은 생태계서비스 수준을 보였다. 이는 매탄공원의 경우 조성된지 30년된 자연형 근린공원으로 인공조성형 근린공원이 서호꽃뫼공원보다 자연성이 높기 때문으로 판단되며, 접근성이 양호하고 다양한 체육시설 등이

구비되어 있어 이용자도 많은 것으로 판단된다. 또한, 본 연구에서는 평가지표를 바탕으로 도시공원의 생태계서비스를 높이기 위한 방안을 생태계서비스 항목별로 제시하였다.

2. 연구 한계 및 시사점

본 연구는 도시화 비율이 점차 높아지는 현시점에서 도시공원에서의 생태계서비스 수준을 평가했다는데 의의가 있으며, 도시차원에서 생태계서비스 총량 및 균등 분배 등 지역적 도시관리 방향 및 전략 수립에 활용할 수 있다. 하지만 본 연구에서 도출한 도시공원에서의 생태계서비스 평가항목 및 평가지표를 도시생태계에 포함되는 도시산림, 도시하천, 가로수 등에 적용하는 데에는 한계가 있어 이를 대상으로 생태계서비스 평가항목을 도출하고 평가할 필요가 있다.

현재 생태계서비스 평가지표를 적용함에 있어 소음저감, 대기오염물질 제거 등 일부에서 dB 측정, 대기농도 측정 등 직접적인 평가보다는 간접적인 지표를 활용하였기에 이를 객관적으로 평가하는데 한계가 있었다. 일부 열섬저감 기능 평가를 위해 직접 온도를 측정하는 등 직접적인 평가를 실시하였으나 반복조사의 한계가 있어 향후 반복조사를 통해 신뢰도 높은 연구결과 도출이 필요하다. 이와 같이 지표 적용의 문제는 공원조성 등 정책 활용도 측면에서는 간접지표를 활용하는 것이 효과적인 부분도 있어 직접적인 지표 사용에 대한 부분은 향후 연구에서 추가적인 검토가 필요하다. 또한, 문화서비스인 운동 및 휴식 기능의 경우도 본 연구에서 활용한 내부 시설 현황 등 간접적인 지표 외에 실제 공원을 이용하는 사람의 만족도 등을 조사하여 평가할 수 있도록 향후 연구에서 검토할 필요가 있다.

그 외 수원시 도시공원 중 대표되는 두 지역을 선정하여 평가하였기에 대상지의 생태계서비스 평가결과를 점수화하여 수준을 평가할 수 없다. 이를 위해서는 수원시 전체 공원을 대상으로 생태계서비스를 평가하여 해당 공원의 생태계서비스 수준과 평가항목의 분포 등을 고려할 필요가 있으며, 정량화 및 표준화 분석을 통해 추후 생태계서비스 지불제 등 가치산정에 대한 연구와 연계가 필요하다.

도시공원은 도시지역에서 나타날 수 있는 생태계서비스 대상 중에 하나로서 도시의 생태계서비스 및 생물다양성 증진에 중요한 부분으로 이에 대한 지속적인 관리가 필요하다. 또한, 홍수, 가뭄 등의 피해를 완화시켜주는 등 자연재해에 대한 완충 역할을 수행하기 때문에 환경재해로부터 도시를 보호할 수 있다. 이와 관련하여 TEEB(2010)는 생태계서비스를 공공관리에 포함할 경우 다양한 장점을 갖는다고 제시하였다. 공공관

리 수단을 통해 지자체는 관할 지역 내의 생태계서비스 제공을 감소, 유지 또는 증가시킬 수 있다. 그린인프라 구축 등 자연 자원 및 생태계 기반의 접근법에 투자하는 것이 인공적인 해결책에 비해 비용 효율적일 수 있다. 자연자원과 생태계서비스에 대한 재투자, 유지, 복원을 위한 수단을 도출해 내는데 도움을 주며 의사 결정자들이 지역의 삶의 질을 증진시킬 수 있도록 도와준다.

제2절 정책제언 및 향후 과제

1. 정책제언

수원시 도시공원의 생태계서비스 평가를 통해 다음의 정책적 제언을 하고자 한다. 첫째, 수원시 도시공원의 생태계서비스 정책방향을 설정하여야 한다. 하나의 공원이 생태계서비스의 모든 항목을 충족시켜야 하는 것인지, 특정 항목에 집중하여 생태계서비스를 높일 수 있는 방안을 마련해야하는지에 대한 검토가 필요하다. 공원관리차원에서 규모가 큰 공원의 경우 모든 항목에서 전반적으로 높은 생태계서비스를 나타내도록 하고, 소규모 공원의 경우 특정 생태계서비스 항목을 만족시킬 수 있도록 해야 하는지에 대한 종합적인 검토가 필요하다. 이때 특정 생태계서비스 항목은 선택할 수 있는 것인지 아니면 자연적으로 주어진 서비스 항목에 대해 이를 높일 수 있도록 증진방안을 강구해야하는지에 대한 검토가 필요하다. 특히, 지역적 현황 및 지역주민의 요구를 만족할 수 있는 생태계서비스 기능을 확보할 수 있는지에 대한 검토가 필요하다.

둘째, 도시공원을 넘어 도시관리 측면에서 생태계서비스를 높일 수 있는 방안을 마련해야 한다. 생태계서비스의 증진방안을 도시공원에 한정하는 것이 아니라 도시관리차원에서 생태계서비스 전략을 수립해야 한다. 수원시 생태계서비스 총량을 높이는 것이 바람직한지 혹은 생태계서비스가 균등하게 분포할 수 있도록 해야 하는지 도시공원 관리방향을 넘어 도시관리전략 수립시 생태계서비스 개념 및 원칙이 적용되어야 한다.

셋째, 생태계서비스 가치를 정량화, 계량화하여 이를 통한 시민 인식증진을 위해 노력해야 한다. 최근 이와 관련하여 생태계서비스 지불제, ecoBUDGET 등과 같은 환경자산을 경제적 가치로 환산하여 이를 인식증진에 활용할 필요가 있다. 이를 위해서는 행정부서의 성과와 프로세스에 생태계서비스 개념 및 원칙이 적용될 수 있도록 개선방안을 마련하고, 사회 모든 분야의 변화 프로세스가 활성화되도록 인센티브를 촉진하고 확립하여야 한다. 또한, 자원의 지속가능한 이용과 관리를 위해 규제구조를 마련하고 준수여부를 감시하도록 해야 한다(TEEB, 2010).

〈표 4-1〉 수원시 도시공원 생태계서비스 평가를 위한 정책 제언

정책	세부내용
도시공원의 생태계서비스 정책방향 설정	• 도시공원 규모에 따른 생태계서비스 관리방안 검토 • 개선이 필요한 생태계서비스 선택 및 증진방안 검토 • 지역현황 및 지역주민의 요구를 충족하는 생태계서비스 확보
도시관리 측면에서의 생태계서비스 평가 및 증진 전략 수립	• 수원시 생태계서비스 지역 평가 • 수원시 생태계서비스 총량 및 균등분배에 관한 전략 수립
생태계서비스 가치 정량화에 따른 시민 인식 증진	• 생태계서비스 지불제, ecoBUDGET 등을 통해 환경자산의 경제적 가치 환산 • 인센티브 촉진 및 확립 • 자원의 지속가능한 관리를 위한 규제 마련 및 모니터링

공공관리측면에서의 생태계서비스 적용 예시는 다음과 같다. 친환경 공공장소 및 인프라 구축 활동을 위해 목표로서 롤모델을 설정하고 이를 위해 다양한 인센티브를 통해 시민들로 하여금 친환경 인프라를 구축하는데 기여할 수 있도록 한다. 또한, 이에 부정적인 영향을 미치는 항목을 조례 등을 통해 규제할 수 있다.

〈표 4-2〉 공공관리측면에서의 생태계서비스 적용 예시

활동	롤모델 역할	인센티브 촉진 및 확립	규제
친환경 공공장소 및 인프라	도시 지역의 생태계와 생물다양성 위해 그린벨트를 지정하여 그린 네트워크를 형성하고, 기후 변화 완화 및 적응 방안을 위해 투자	시민들이 개인 녹색 공간, 옥상녹화, 마을 정원 및 녹색담 등을 조성하도록 인센티브 제공	공공 건설에 정식 승인을 받은 목재만을 사용하도록 하는 건축 기준 설립 (WWF 2009 참조)

자료: TEEB(2010)

지역정부는 가장 효과적이고 비용 효율적이며 책임 있는 결정을 내리기 위해서는 생태계서비스에 대한 영향과 의존도를 측정하고 트레이드오프의 균형을 맞춰서 이에 따라 행동해야 한다(TEEB, 2010). 따라서 수원시 전역에 대한 생태계서비스 지역 평가를 실시하여 이를 토대로 도시관리전략 및 가이드라인을 수립하는 것이 중요하다.

2. 향후 과제

본 연구를 통해 다음의 향후 과제를 도출하였다. 첫째, 수원시 전체 도시공원의 생태계서비스를 평가해야 한다. 도시공원의 생태계서비스를 평가함으로써 개별 공원의 생태계서비스 수준을 파악할 수 있다. 또한, 각각의 공원이 어떠한 항목의 생태계서비스를 가지고 있는지 또는 향후 어떠한 생태계서비스를 높이도록 해야 하는지 등에 대한 검토가 가능할 것이다.

둘째, 도시공원 외 도시산림 및 녹지, 도시하천 등 도시지역의 생태계서비스 평가대상을 토대로 한 평가지표 도출 및 이를 통한 평가가 이루어져야 한다. 평가 대상의 특성을 고려한 생태계서비스 평가가 된다면 도시지역 전체의 생태계서비스 수준이 제시될 수 있다.

마지막으로 생태계서비스 증진측면에서 환경자산에 대한 인벤토리 구축 및 도시관리 가이드라인 제공 등 도시관리를 위한 기반 구축이 필요하다. 이러한 기반 마련을 통해 도시의 생태계서비스의 가능성을 높이도록 한다.

〈표 4-3〉 수원시 도시공원 생태계서비스 향후 과제

과제	세부내용
수원시 내 전체 도시공원 생태계서비스 평가	• 개별 공원의 생태계서비스 수준 파악 • 공원별 증진시킬 생태계서비스 항목 선정 및 방안 검토
도시지역 생태계서비스 평가대상별 지표 도출 및 평가	• 도시산림, 녹지, 하천 등 평가대상에 따른 생태계서비스 평가 지표 도출 및 평가 • 수원시 생태계서비스 지역 평가
도시관리를 위한 기반 구축	• 환경자산 인벤토리 구축 • 생태계서비스에 증진을 위한 도시관리 가이드라인 제시 • 생태계서비스 도시관리 전략 수립

| 참 고 문 헌 |

강완모, 박찬열. (2015). 수도권 지역 산림성 조류 서식지의 통로와 연결망 분석, 한국농림기상학회지, 17(3): 191-201.

관계부처합동. (2009). 국가생물다양성 전략 및 이행계획. 대한민국.

구미현. (2014). 택지개발사업 생태계서비스 평가모형 개발 및 적용: 4개 보금자리주택지구를 사례로, 서울대학교 대학원 박사학위 논문.

김은영. (2014). 수원시 생태네트워크 구축을 위한 녹지 연결성 평가, 수원시정연구원.

류대호, 이동근. (2013). 수도권 그린벨트 지역의 생태계서비스 가치평가 연구, 국토계획, 48(3): 279-292.

박은진. (2009). 도시 수목의 이산화탄소 흡수량 산정 및 흡수효과 증진 방안, 경기개발연구원.

변병설, 이병준. (2002). 쾌적한 도시환경을 위한 녹지확보방안, 한국환경정책·평가연구원.

산림청. (2015). 임업통계연보.

성현찬, 서정영, 이용구, 강대인, 황소영, 이양주. (2009). 이용자 중심의 도시공원 조성방안, 경기연구원 위탁연구.

손영모, 김래현, 이경학, 표정기, 김소원, 황정순, 이선정, 박현. (2014). 한국 주요 수종별 탄소배출계수 및 바이오매스 상대생장식, 국립산림과학원.

송원경. (2015). 도시공원 구조 및 식생 조건에 따른 조류 종다양성 분석: 천안시 26개 도시공원을 대상으로, 한국환경복원기술학회지, 18(3): 65-77.

송혜정, 김학열. (2015). 우수유출저감을 위한 공원녹지의 배치기법 분석, 서울도시연구, 16(3): 113-125.

수원시공원녹지사업소. (2016). 공원 내 무료텃밭 시민참여자 모집 변경 공고.

안소은. (2013). 의사결정지원을 위한 생태계서비스의 정의와 분류, 환경정책연구, 12(2): 3-16.

안소은, 김정아, 전동준, 권영한, 노백호. (2014). 생태계서비스 측정체계 기반구축(Ⅰ): 하천생태계를 중심으로, 한국환경정책·평가연구원.

양병이. (1998). 에너지절약형 주거단지 설계기법: 조경설계를 중심으로, 환경논총, 36: 88-110.

양재준. (2007). 고령자의 여가공간으로서 공원이용 실태와 평가에 관한 연구: 용두산공원을 사례로, 관광학연구, 31(2): 83-104.

육근형, 강민구, 강완모, 고인수, 배소연, 이민규, 최광훈, 허진옥, 이도원. (2010). 생태계서비스와 인간 문화의 바탕이 되는 생물다양성과 위협 요인, 환경논총, 49: 1-25.

윤민호, 안동만. (2009). 위성영상을 이용한 도시녹지의 기온저감 효과 분석, 한국조경

학회지, 37(3): 46-53.
윤정미, 최막중. (2014). 도시 오픈스페이스가 옥외 여가활동에 미치는 영향: 전체 주민과 노인을 대상으로, 한국조경학회지, 42(4): 21-29.
이우신. (2006). 안양천 지역의 조류 생태 모니터링을 통한 조류서식처 조성방안에 관한 연구, 구로구청.
이재준, 심재현, 김지태. (2008). 방재학개론, 동화기술.
이정호, 정기래, 이종민, 주영규. (2012). 골프코스 페어웨이 지반 토양의 배수불량 원인과 개선방안, 아시안잔디학회지, 26(2): 129-134.
이주영, 최희열. (2012). 토양관리학 및 실습, KTRI 2012 골프코스 관리 단기교육 과정.
이클레이 한국사무소. (2014). 경기도 생물다양성 지역실천(LAB) 사업, 경기도.
이클레이 한국사무소. (2015). 수원시 생물다양성 지역실천(LAB) 사업, 수원시.
정유선, 최막중. (2014). 노인의 일상 여가장소로서 도심공원 방문 결정요인: 규모와 거리 효과를 중심으로, 대한국토 · 도시계획학회지, 49(1): 51-62.
조현길, 안태원. (2001). 도시생태계 수목의 대기정화 역할: 용인시를 사례로, 한국조경학회지, 29(3): 38-45.
주현수, 김석철, 최순심, 배수영. (2005). 녹지의 대기환경영향에 관한 연구: 도심지역에서의 녹지와 국지적 대기환경영향과의 상관관계를 중심으로, 한국환경정책 · 평가연구원.
한국조경학회. (2013). 조경설계기준: 국토해양부 승인.
한국조경학회. (2014). 조경공사 표준시방서: 국토해양부 승인.
한국철도시설공단. (2012). 조경식재.
한봉호, 배정희, 김지석, 이경재, 2008. 서울 월드컵공원 평화의공원 지구의 식재특성 연구, 한국조경학회지, 36(2): 42-52.
한심희. (2006). 대기오염지내 환경정화용 산림유전자원의 발굴, 산림과학정보, 181: 10-11.
환경부. (1994). 환경정화수 권장수종.
환경부. (2003). 환경친화적 완충녹지 기준설정 및 조성기법 개발.
Akbari, H. (2002). Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants, Environmental Pollution, 116: S119-S126.
Akbari, H., Pomerantz, M., Taha, H. (2001). Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas, Solar Energy, 70(3): 295-310.
Armson, D., Stringer, P., Ennos, A.R. (2013). The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK, Urban Forestry & Urban Greening, 12: 282-286.
Aylor, D. (1972). Noise reduction by vegetation and ground. J. Acoust. Soc. Am. 51 (1), 197-205.

Bartens, J., Day, S.D., Harris, J.R., Dove, J.E., Wynn, T.M. (2008). Can urban tree roots improve infiltration through compacted subsoils for stormwater management?, Journal of Environmental Quality, 37: 2048-2057.

Bastian, O., Haase, D., Grunewald, K. (2012). Ecosystem properties, potentials and services: the EPPS conceptual framework and an urban application example, Ecol. Indic., 21: 7-16.

Berg, M., Poppel, M., Kamp, I., Andrusaityte, S., Balseviciene, B., Cirach, M., Danileviciute, A., Ellis, N., Hurst, G., Masterson, D., Smith, G., Triguero-Mas, M., Uzdanaviciute, I., Wit, P., Mechelen, W., Gidlow, C., Grazuleviciene, R., Nieuwenhuijsen, M.J., Kruize, H., Maas, J. (2016). Visiting green space is associated with mental health and vitality: A cross-sectional study in four european cities, Health & Place, 38: 8-15.

Bolund, P., Hunhammar, S. (1999). Ecosystem services in urban areas, Ecological Economics, 29: 293-301.

Bottalico, F., Chirici, G., Giannetti, F., De Marco, A., Nocentini, S, Paoletti, E., Salbitano, F., Sanesi, G., Serenelli, C., Travaglini, D. (2016). Air pollution removal by green infrastructures and urban forests in the city of Florence, Agriculture and Agricultural Science Procedia, 8: 243-251.

Breuste, J., Schnellinger, J., Qureshi, S., Faggi, A. (2013). Urban ecosystem services on the local level: urban green spaces as providers, Ekologia, 32(3): 290-304.

Camps-Calvet, M., Langemeyer, J., Calvet-Mir, L., Gomez-Baggethun, E. (2016). Ecosystem services provided by urban gardens in Barcelona, Spain: Insights for policy and planning, Environmental Science & Policy, 62: 14-23.

Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city, Landscape and Urban Planning, 68: 129-138.

Cohen, D.A., Mckenzie, T.L., Sehgal, A., Williamson, S., Golinelli, D., Lurie, N. (2007). Contribution of Public Parks to Physical Activity, American Journal of Public Health, 97(3): 509-514.

Cohen, P., Potchter, O., Schnell, I. (2014). The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel, Environmental Pollution, 195: 73-83.

Coombes, E., Jones, A.P., Hillsdon, M. (2010). The relationship of physical activity and overweight to objectively measured green space accessibility and use, Soc. Sci. Med., 70(6): 816-822.

Costanza, R., d' Arge, R., de Groot, R., Farber S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O' Neoll, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton,

P., Belt, M. (1997). The value of the world ‘s ecosystem services and natural capital, Nature, 387: 253-260.

Daily, G.C. (1997). Introduction: What are ecosystem services?, Nature’ s Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Washington, D.C.: Island Press, 1-10.

De Groot, R.S., Alkemade, R., Braat, L., Hein, L., Willemen, L. (2001). Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making, Ecological Complexity, 7(3): 260-272.

De Groot, R.S., Wilson, M.A., Boumans, R.M.J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services, Ecological Economics, 42: 393-408.

Dobbs, C., Escobedo, F.J., Zipperer, W.C. (2011). A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators, Landscape and Urban Planning, 99: 196-206.

Dobbs, C., Kendal, D., Nitschke, C.R. (2014). Multiple ecosystem services and disservices of the urban forest establishing their connections with landscape structure and sociodemographics, Ecological Indicators, 43: 44-55.

Douglas, I. (2012). Urban ecology and urban ecosystems: understanding the links to human health and well-being, Environmental Sustainability, 4: 385-392.

Dwyer, J.F., Schroeder, H.W., Gobster, P.H. (1991). The significance of urban trees and forests: toward a deeper understanding of values, Journal of Arboriculture, 17(10): 276-284.

Dzhambov, A.M., Dimitrova, D.D. (2015). Green spaces and environmental noise perception, Urban Forestry & Urban Greening, 14: 1000-1008.

Ehrlich, P.R., Ehrlich, A.H. (1981). Extinction: The Causes and Consequences of the Disappearance of Species, Random House, New York, 305.

Escobedo, F.J., Kroeger, T., Wagner, J.E. (2011). Urban forests and pollution mitigation: Analyzing ecosystem services and disservices, Environmental Pollution, 159: 2078-2087.

Escobedo, F.J., Varela, S., Zhao, M., Wagner, J.E., Zipperer, W. (2010). The efficacy of subtropical urban forests in offsetting carbon emissions from cities, Environmental Science and Policy, 13: 362-372.

Frank, S., Waters, G., Beer, R., May, P. (2006). An analysis of the street tree populationof greater Melbourne at the beginning of the 21st century, Arboric. Urban For., 32: 155-163.

Fuller, R.A., Irvine, K.N., Devine-Wright, P., Warren, P.H., Gaston, K.J.

(2007). Psychological benefits of green space increase with biodiversity, Biol. Lett., 3: 390-394.

Gascon, M., Triguero-Mas, M., Martinez, D., Dadvand, P., Rojas-Rueda, D., Plasencia, A., Nieuwenhuijsen, M.J. (2016). Residential green spaces and mortality: A systematic review, Environment International, 86: 60-67.

Georgia Forestry Commission. (2008). Green buffers for screening and noise reduction.

Gill, S.E., Handley, J.F., Ennos, A.R., Pauleit, S. (2007). Adapting cities for climate change: The role of the green infrastructure, Built Environment, 33(1): 115-133.

Gomez-Baggethun, E., De Groot, R.S. (2010). Chapter 5: Natural capital and ecosystem services: the ecological foundation of human society, Ecosystem services, Published by the Royal Society of Chemistry, 105-121.

Gomez-Baggethun, E., Gren, A., Barton, D.N., Langemeyer, J., McPhearson, T., O' Farrell, P., Andersson, E., Hamstead, Z., Kremer, P. (2013). Chapter 11: Urban ecosystem services, Published by Springer Netherlands, 175-251.

Grimmond, S. (2007). Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming, Cities and global environmental change, 83-88.

He, J., Yi, H., Liu, J. (2016). Urban green space recreational service assessment and management: A conceptual model based on the service generation process, Ecological Economics, 124: 59-68.

Hu, Z., Liebens, J., Rao, K.R. (2008). Linking stroke mortality with air pollution, income, and greenness in northwest Florida: an ecological geographical study, International Journal of Health Geographics, 7(20).

Idilfitri, S., Mohamad, N.H,N. (2012). Role of Ornamental Vegetation for Bird's Habitats in Urban Parks: Case study FRIM, Malaysia, Procedia-Social and Behavioral Sciences, 68: 894-909.

Jim, C.Y., Chen, W.Y. (2009). Ecosystem services and valuation of urban forests in China, Cities, 26: 187-194.

Lee, A.C.K., Maheswaran, R. (2010). The health benefit of urban green spaces: a review of the evidence, 33(2): 212-222.

Li, Q., Otsuka, T., Kobayashi, M., Wakayama, Y., Inagaki, H., Katsumata, M., Hirata, Y., Li, Y., Hirata, K., Shimizu, T., Suzuki, H., Kawada, T., Kagawa, T. (2011). Acute effects of walking in forest environments on cardiovascular and metabolic parameters, Eur. J. Appl. Physiol., 111: 2845-2853.

Li, Y.D., Liu, P.Y., Gong, X.S., Xiao, X.J. (2013). Bird species diversity and

related protection measures in urban park green spaces of Loudi City, Hunan Province of China, Ying Yong Sheng Tai Xue Bao, 24(8): 2333-2338.

Liu, W., Chen, W., Peng, C. (2015). Influences of setting sizes and combination of green infrastructures on community's stormwater runoff reduction, Ecological Modelling, 318: 236-244.

Lobo, G. (2001). Ecosystem Functions Classification, online uploaded, Available at http://gasa3.dcea.fct.unl.pt/ecoman/delphi/.

MA(Millenium Ecosystem Assessment). (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis, Island Press, Washington, DC.

Maas, J., Verheij, R.A., Vries, S., Spreeuwenberg, P., Schellevis, F.G., Groenewegen, P.P. (2009). Morbidity is related to a green living environment, J Epidemiol Community Health, 63: 967-97.

Maas, J., Verheij, RA., Groenewegen, P.P., Vries, S., Spreeuwenberg, P. (2006). Green space, urbanity, and health: how strong is the relation?, J Epidemiol Community Health, 60: 587-92.

Magurran, A.E. (2004). Measuring Biological Diversity, Published by Blackwell.

McPherson, E.G., Scott, K.I., Simpson, J.R. (1998). Estimating cost effectiveness of residential yard trees for improving air quality in Sacramento, California using existing models, Atmospheric Environment, 32: 75-84.

Michelozzi, P., D 'Ippoliti, D., Marino, C., de 'Denato, F., Katsouyanni, K., Analitis, A.,Biggeri, A., Baccini, M., Perucci, C.A., Menne, B. (2009). Effect of high temperature and heat waves in European cities, Epidemiology, 20: S263-S264.

Moberg, F., Folke, C. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystems, Ecological Economics, 29: 215-233.

Natural Resources Conservation Service. (1986). Urban hydrology for small watersheds, TR-55, U.S. Department of Agriculture.

Nicholson-Lord D. (2003). Green Cities: And why We Need Them, New Economics Foundation.

Nowak, D.J., Crane, D.E. (2002). Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA, Environmental Pollution, 116: 381-389.

Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States, Urban Forestry & Urban Greening, 4: 115-123.

Nowak, D.J., Crane, D.E., Stevens, J.C., Ibarra, M. (2000). Brooklyn's Urban Forest, Published by USDA Forest Service.

Nowak, D.J., Walton, J.T., Stevens, J.C., Crane, D.E., Hoehn, R.E. (2008).

Effect of plot and sample size on timing and precision of urban forest assessments, Arboriculture and Urban Forestry, 34: 386-390.

NRCS(Natural Resources Conservation Service). (2001). Impact of Soil Disturbance During Construction on Bulk Density and Infiltration in Ocean County, New Jersey.

Oliveira, S., Andrade, H., Vaz, T. (2011). The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon, Building and Environment, 46: 2186-2194.

Park, B., Tsunetsugu, Y., Kasetani, T., Kagawa, T., Miyazaki, Y. (2010). The physiological effects of Shinrin-yoku (taking in the forest atmosphere or forest bathing): evidence from field experiments in 24 forests across Japan, Environ. Health Prev. Med., 15: 18-26.

Radford, K.G., James, P. (2012). Changes in the value of ecosystem services along a rural-urban gradient: a case study of Greater Manchester, UK, Landsc. Urban Plan, 109: 117-127.

Rocha, S.M., Zulian, G., Maes, J., Thijssen, M. (2015). Mapping and assessment of urban ecosystems and their services, European Commission report.

Shing, C.C., Marafa, L.M. (2006). Components of urban park systems, Parks Recreation, 26-30.

Simpson, J.R. (1998). Urban forest impacts on regional cooling and heating energy use: Sacramento County case study, Journal of Arboriculture, 24(4): 201-214.

Stenlid, J., Oliva, J., Boberg, J.B., Hopkins, A.J.M. (2011). Emerging diseases in European forest ecosystems and responses in society, Forests, 2: 486-504.

Tanaka, R., Kim, Y.J., Ryoo, H.K., Lee, D.K. (2014). Analyzing the influence of biomass and vegetation type to soil organic carbon, J. Korean Env. Res. Tech., 17(1): 123-134.

TEEB(The Economics of Ecosystems and Biodiversity). (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundation, Kumar P.(Ed), Earthscan, London and Washington.

Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Peterson, A.T., Phillips, O.L., Williams, S.E. (2004). Extinction risk from climate change, Nature, 427: 145-148.

Thompson, C.W., Aspinall, P., Roe, J. (2014). Access to green space in disadvantaged urban communities: evidence of salutogenic effects based on

biomarker and self-report measures of wellbeing, Procedia Soc. Behav. Sci., 153: 10-22.

Thuiller, W., Lavorel, S., Araú jo, M.B., Sykes, M.T., Prentice, I.C. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe, Proc. Natl. Acad. Sci., 102: 8245-8250.

Tratalos, J., Fuller, R.A., Warren, P.H., Davies, R.G., Gaston, K.J. (2007). Urbanform, biodiversity potential and ecosystem services, Landsc. Urban Plan, 8g3: 308-317.

USDA(United States Department of Agriculture). (1986). Urban Hydrology for Small Watersheds, Technical Release 55, Washington, D.C.

Vogt, P., Ferrari, J.R., Lookingbill, T.R., Gardner, R.H., Riitters, K.H., Ostapowicz, K. (2009). Mapping functional connectivity, Ecol. Indic., 9: 64-71.

Weng, Q. (2001). Modelling urban growth effects on surface runoff with the integration of remote sensing and GIS, Environ. Manage., 28: 737-748.

Westman, W.E. (1977). How much are nature' s services worth?, Science, 197: 960-964.

Whitford, V., Ennos, A.R., Handley, J.F. (2001). City form and natural process: indicators for the ecological performance of urban areas and their application to Merseyside, UK, Landsc. Urban Plan, 57: 91-103.

Yang, G., Xu, J., Wang, Y., Wang, X., Pei, E., Yuan, X., Li, H., Ding, Y., Wang, Z. (2015). Evaluation of microhabitats for wild birds in a Shanghai urban area park, Urban Forestry & Urban Greening, 14: 246-254.

Yang, J., McBride, J., Zhou, J., Sun, Z. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction, Urban Forestry & Urban Greening, 3: 65-78.

Yao, L., Chen, L., Wei, W., Sun, R. (2015). Potential reduction in urban runoff by green spaces in Beijing: A scenario analysis, Urban Forestry & Urban Greening, 14: 300-308.

Zhang, B., Xie, G., Gao, J., Yang, Y. (2014). The cooling effect of urban green spaces as a contribution to energy-saving and emission-reduction: A case study in Beijing, China, Building and Environment, 76: 37-43.

Zhang, B., Xie, G., Li, Na., Wang, S. (2015). Effect of urban green space changes on the role of rainwater runoff reduction in Beijing, China, Landscape and Urban Planning, 140: 8-16.

Zhang, H., Chen, B., Sun, Z., Bao, Z. (2013). Landscape perception and recreation needs in urban green space in Fuyang, Hangzhou, China, Urban Forestry & Urban Greening, 12: 44-52.

| 부 록 |

SRI수원시정연구원

수원시 도시공원 생태계서비스 평가 전문가 설문조사 (1차)

안녕하십니까?

수원시정연구원은 「수원시 도시공원의 생태계서비스 평가」 연구를 수행하고 있습니다. 본 설문조사는 연구의 일환으로 수원시 도시공원의 생태계서비스를 평가하기 위한 지표를 선정하기 위한 것입니다. 이를 위하여 관련 분야 전문가분들의 의견을수렵하고자 하오니, 바쁘시겠지만 성실한 답변 부탁드립니다. 설문에 포함된 항목 및 지표는 선행연구를 토대로 취합된 결과이며, 생태계서비스 평가항목 14개(표 1)와 항목별 평가지표 27개(표 2)입니다.

바쁘신 와중에도 설문에 참여해 주셔서 감사드리며, 귀하께서 응답해주신 내용은 통계법 제13조에 의거하여, 연구 이외의 다른 목적으로는 사용되지 않을 것임을 약속드립니다. 설문조사에 참여해주신 분들은 소정의 답례품(모바일 스타벅스 커피이용권)을 보내드립니다. 1차 설문조사가 끝난 후 결과를 취합 및 분석하여 2차 설문조사를 진행 할 예정입니다.

설문에 대한 의문사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.

감사합니다.

수원시정연구원 도시환경연구부
연구위원 김은영 eykim@suwon.re.kr
연 구 원 김지연 jiyeon0424@suwon.re.kr
TEL : 031)220-8045~6

■ 다음은 생태계서비스의 개념입니다. **본 설문에서의 생태계서비스 평가 항목 및 지표는 "도시공원"에 적용될 것임을 유념하시어 응답해주시기 바랍니다.**

1) 생태계서비스의 정의

① 생태계로부터 인간이 얻을 수 있는 이익 (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)
② 인간 삶의 질 향상을 위한 생태계의 직·간접적인 공헌 (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010)

2) 생태계서비스의 일반적 분류

① 공급서비스: 생태계로부터 얻는 생산물 또는 재화 (물, 연료, 식품 등)
② 조절서비스: 생태계 과정을 조절함으로써 얻게 되는 편익 (기후조절, 자연재해 완화 등)
③ 지원서비스: 다른 생태계서비스를 생산하기 위해 필요한(전제가 되는) 서비스 (광합성작용, 생물서식 등)
④ 문화서비스: 생태계로부터 얻는 비물질적인 편익 (여가활동, 자연경험 등)

SRI 수원시정연구원

Ⅰ. 수원시 도시공원 생태계서비스 평가 항목의 적합성 평가

■ 귀하는 <표 1>에 나타난 생태계서비스 항목에 대하여 **도시공원에 적용하여 평가할 때의 적합도**를 <예시>와 같이 표시(√) 해주시기 바랍니다.

→ 도시공원 생태계서비스 평가에 적합한 항목임

1	2	3	4	5
낮음	약간 낮음	보통	약간 높음	높음

<예시>

분류	서비스 항목	1	2	3	4	5
A	0. _____				√	

<표 1> 도시공원 생태계서비스 평가에 적용되는 항목

분류	서비스 항목	1	2	3	4	5
공급 서비스	1. 바이오매스 (목재, 나뭇잎 등의 바이오매스 공급)					
	2. 식량 (텃밭을 이용한 식량 공급)					
조절 서비스	3. 대기오염물질 제거 (수목의 대기정화 기능)					
	4. 미기후 조절 (수목 그늘에 따른 미기후 조절 기능)					
	5. 홍수 및 폭풍피해 저감 (수목 및 토양에 의한 유출량 저감 및 폭풍피해 저감)					
	6. 소음 저감 (수목의 방음 기능)					
	7. 기후변화 저감 (수목의 이산화탄소 흡수기능, 열섬 저감에 따른 에너지 절약)					
	8. 토양질 유지 (생물 생육에 유리한 양질의 토양 환경)					
지원 서비스	9. 생물다양성 유지 (서식지 제공 및 종다양성 유지)					
문화 서비스	10. 운동 (이용자에게 체육활동 공간 제공)					
	11. 휴식 (이용자에게 휴식공간 제공)					
	12. 교육 (이용자에게 교육적 기능 제공)					
	13. 자연·문화유산 가치 (공원이 내재한 자연유산, 문화유산으로서의 가치)					
	14. 사회적 활동 (사회적 상호작용 개선)					

SRI 수원시정연구원

✸ 귀하는 **도시공원의 생태계서비스 항목에 대하여 기타 의견**이 있으시면 아래 빈 칸에 자유롭게 적어 주시기 바랍니다.

Ⅱ. 수원시 도시공원 생태계서비스 평가 지표의 적합성 평가

■ 귀하는 <표 2>에 나타난 **각 생태계서비스 평가 지표를 도시공원에 적용할 때의 적합도**를 <예시>와 같이 표시(√) 해주시기 바랍니다.

→ 도시공원 생태계서비스 평가에 적합한 지표임

1	2	3	4	5
낮음	약간 낮음	보통	약간 높음	높음

<예시>

분류	서비스 항목	평가 지표	1	2	3	4	5
A	0. _____	0-0. _____				√	

<표 2> 도시공원 생태계서비스 평가에 적용되는 지표

분류	서비스 항목	평가 지표	1	2	3	4	5
공급 서비스	1. 바이오매스	1-1. 상대생장식에 의한 바이오매스량 (ton/㎡)					
		기타 ( )					
	2. 식량 (텃밭)	2-1. 총 텃밭 면적 (㎡)					
		2-2. 제공되는 텃밭 구좌 수 (개)					
		기타 ( )					
조절 서비스	3. 대기오염물질 제거	3-1. 환경정화수 식재 비율 (%)					
		기타 ( )					
	4. 미기후 조절	4-1. 수목 그늘면적 (㎡) 및 캐노피 커버율 (%)					
		기타 ( )					

SRI 수원시정연구원

분류	서비스 항목	평가 지표	1	2	3	4	5
	5. 홍수 및 폭풍피해 저감	5-1. 토양공극 및 경도					
		5-2. 수목 밀도 및 커버율 (%)					
		기타 ( )					
	6. 소음 저감	6-1. 소음저감 수종(상록수 등) 식재 비율 (%)					
		6-2. 소음발생원과의 거리에 따른 잎 면적 (㎡/m)					
		6-3. 소음발생원과의 거리에 따른 수목 높이 (m)					
		기타 ( )					
	7. 기후변화 저감	7-1. 단위수목당 이산화탄소 흡수량 (ton/year)					
		7-2. 공원 주변 에너지사용량 (toe)					
		기타 ( )					
	8. 토양질 유지	8-1. 토양 pH					
		8-2. 토양 영양물질량 (mg/kg)					
		기타 ( )					
지원 서비스	9. 생물다양성 유지	9-1. 구조적 연결성 (연결지역%)					
		9-2. Shannon 지수					
		기타 ( )					
문화 서비스	10. 운동	10-1. 나지 대 초지면적 비율 (%)					
		10-2. 체육시설(조깅코스, 테니스코트 등)의 수 (개)					
		10-3. 체육시설 이용자 수 (명)					
		기타 ( )					
	11. 휴식	11-1. 잔디커버율 (%)					
		11-2. 휴식목적 이용객 수 (명)					
		11-3. 벤치 및 파고라의 수 (개)					
		기타 ( )					
	12. 교육	12-1. 학교 프로그램 또는 공적 교육활동 수					
		기타 ( )					
	13. 자연·문화유산 가치	13-1. 노거수 비율 (%)					
		13-2. 조림식생 대 자연식생 비율 (%)					
		기타 ( )					
	14. 사회적 활동	14-1. 사회적 활동(모임, 봉사) 이용객 수 (명)					
		14-2. 공동체 활동 개최 수 (건/year)					
		기타 ( )					

SRI수원시정연구원

✸ 귀하는 **도시공원의 생태계서비스 평가 지표에 대하여 기타 의견**이 있으시면 아래 빈 칸에 자유롭게 적어주시기 바랍니다.

Ⅱ. 응답자에 관한 설문

1) 귀하의 업무분야에 맞는 항목에 표기해 주십시오.
① 환경분야 ② 생태분야 ③ 조경분야 ④ 생물분야 ⑤기타분야( )

2) 귀하의 경력을 표기해 주십시오.
① 5년 미만 ② 5년 이상 - 10년 미만 ③10년 이상 -15년 미만 ④15년 이상

3) 모바일 커피이용권을 지급받으실 전화번호를 기입해 주십시오. ( )

설문에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다.

- 끝 -

SRI 수원시정연구원

수원시 도시공원 생태계서비스 평가
전문가 설문조사 (2차)

안녕하십니까?

수원시정연구원은 「수원시 도시공원의 생태계서비스 평가」 연구를 수행하고 있습니다. 본 설문조사는 수원시 도시공원의 생태계서비스 평가 항목과 지표의 적합도에 대한 1차 설문조사의 응답자를 대상으로 실시하는 2차 설문조사입니다.

1차 설문조사 결과를 반영하여 문항을 삭제하거나 수정, 추가하여 수원시 도시공원 생태계서비스 평가 지표(안)을 구성하였습니다.

바쁘신 와중에도 설문에 참여해 주셔서 감사드리며, 귀하께서 응답해주신 내용은 통계법 제13조에 의거하여, 연구 이외의 다른 목적으로는 사용되지 않을 것임을 약속드립니다. 설문조사에 참여해주신 분들은 소정의 답례품(모바일 스타벅스 커피이용권)을 보내드립니다.

설문에 대한 의문사항이 있으시면 아래로 연락주시기 바랍니다.

감사합니다.

수원시정연구원 도시환경연구부
연구위원 김은영 eykim@suwon.re.kr
연 구 원 김지연 jiyeon0424@suwon.re.kr
TEL : 031)220-8045~6

■ 다음은 생태계서비스의 개념입니다. **본 설문에서의 생태계서비스 평가 항목 및 지표는 "도시공원"에 적용될 것임을 유념하시어 응답해주시기 바랍니다.**

1) 생태계서비스의 정의

① 생태계로부터 인간이 얻을 수 있는 이익 (Millennium Ecosystem Assessment, 2005)
② 인간 삶의 질 향상을 위한 생태계의 직·간접적인 공헌 (The Economics of Ecosystems and Biodiversity, 2010)

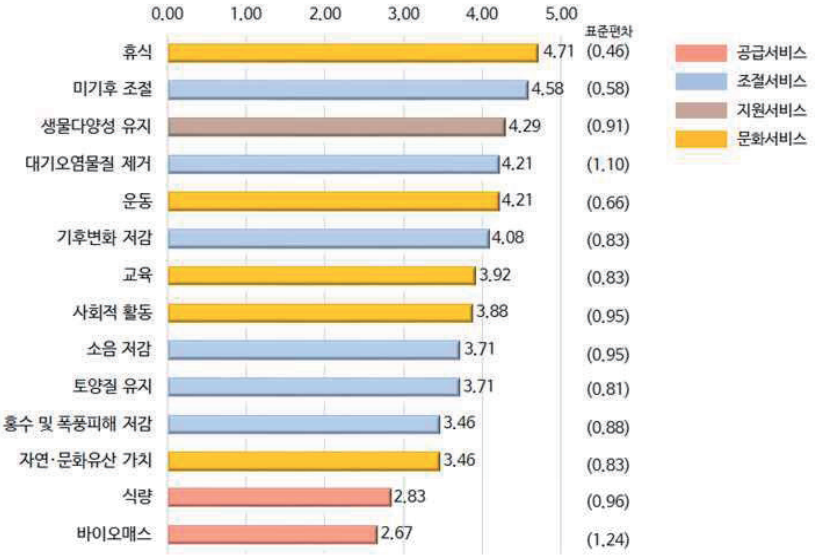
2) 생태계서비스의 일반적 분류

① 공급서비스: 생태계로부터 얻는 생산물 또는 재화 (물, 연료, 식품 등)
② 조절서비스: 생태계 과정을 조절함으로써 얻게 되는 편익 (기후조절, 자연재해 완화 등)
③ 지원서비스: 다른 생태계서비스를 생산하기 위해 필요한(전제가 되는) 서비스 (광합성작용, 생물서식 등)
④ 문화서비스: 생태계로부터 얻는 비물질적인 편익 (여가활동, 자연경험 등)

SRI수원시정연구원

Ⅰ. 1차 전문가 설문조사 결과: 생태계서비스 평가항목 및 지표별 적합도

■ 다음은 1차 전문가 설문조사 결과 도출한 생태계서비스 평가 항목별 평균 적합도입니다.



■ 다음은 1차 전문가 설문조사 결과 도출한 생태계서비스 평가 지표별 평균 적합도입니다.

분류	서비스 항목	평가 지표	적합도	표준편차
공급	1. 바이오매스	1-1. 상대생장식 바이오매스량 (ton/㎡)	3.625	1.135
	2. 식량	2-1. 총 텃밭 면적 (㎡)	3.750	0.944
		2-2. 제공되는 텃밭 구좌 수 (개)	3.125	0.900
조절	3. 대기오염물질 제거	3-1. 환경정화수 식재 비율 (%)	3.708	1.122
	4. 미기후 조절	4-1. 수목그늘면적(㎡), 캐노피커버율(%)	4.333	0.702
	5. 홍수 및 폭풍 저감	5-1. 토양공극 및 경도	3.375	0.924
		5-2. 수목 밀도 및 커버율 (%)	3.708	0.806
	6. 소음 저감	6-1. 소음저감수종(상록수) 식재비율 (%)	3.583	0.881
		6-2. 소음발생원 거리에 따른 잎면적 (㎡/m)	3.625	1.013
		6-3. 소음발생원 거리에 따른 수목 높이 (m)	3.792	0.779
	7. 기후변화 저감	7-1. 단위수목당 CO_2 흡수량 (ton/year)	4.208	0.884
		7-2. 공원 주변 에너지사용량 (toe)	3.125	0.797
	8. 토양질 유지	8-1. 토양 pH	3.625	0.824
		8-2. 토양 영양물질량 (mg/kg)	3.875	0.850

SRI 수원시정연구원

분류	서비스 항목	평가 지표	적합도	표준편차
지원	9. 생물다양성 유지	9-1. 구조적 연결성 (연결지역%)	4.292	0.690
		9-2. Shannon 지수	3.833	0.917
문화	10. 운동	10-1. 나지 대 초지면적 비율 (%)	3.292	0.859
		10-2. 체육시설의 수 (개)	3.542	0.932
		10-3. 체육시설 이용자 수 (명)	3.958	0.955
	11. 휴식	11-1. 잔디 커버율 (%)	3.083	0.929
		11-2. 휴식목적 이용객 수 (명)	4.042	0.751
		11-3. 벤치 및 파고라의 수 (개)	3.625	0.924
	12. 교육	12-1. 학교프로그램 또는 공적교육활동 수	3.958	0.999
	13. 자연·문화유산 가치	13-1. 노거수 비율 (%)	3.708	0.806
		13-2. 조림식생 대 자연식생 비율 (%)	3.708	0.806
	14. 사회적 활동	14-1. 사회적 활동(모임, 봉사) 이용객수 (명)	3.833	0.868
		14-2. 공동체 활동 개최 수 (건/year)	3.583	1.060

✸ 귀하는 **1차 조사 결과에 대하여 기타 의견**이 있으시면 아래 빈 칸에 자유롭게 적어주시기 바랍니다.

SRI 수원시정연구원

Ⅱ. 수원시 도시공원 생태계서비스 평가 지표 (안)

■ 다음은 1차 전문가 설문조사 결과 및 내부 연구진의 회의 결과를 반영하여 삭제 또는 수정된 항목입니다.

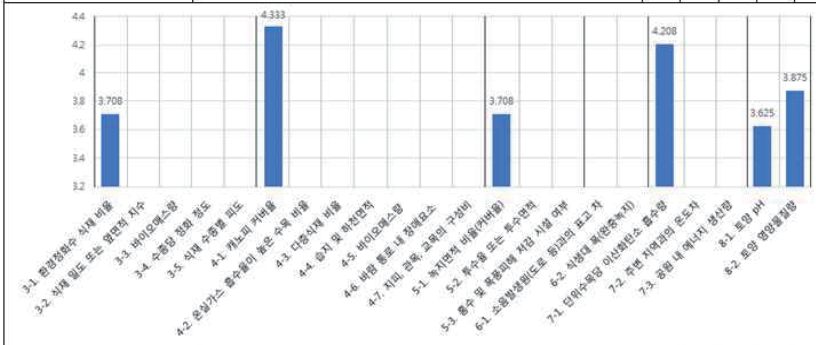
분류		서비스 항목	삭제 또는 수정 내용
삭제 항목	공급	바이오매스	공원이 공급하는 바이오매스 제한적, 1차 설문조사 결과 낮은 적합도 판정으로 삭제
수정 항목	공급	수자원	1차 설문조사 결과 응답자의 공통된 의견을 반영하여 추가
	조절	기후변화 저감	보다 구체적인 항목인 '열섬 저감' 으로 수정
	지원	생태네트워크	'생물다양성 유지' 항목에 포함되어 있던 '구조적 연결성' 지표를 생태네트워크 항목으로 분리
	문화	자연문화유산 가치	지원서비스의 '생물다양성 유지' 항목에 포함
	문화	사회적 활동	문화서비스의 '교육' 항목에 포함

■ 다음은 **1차 전문가 설문조사에서 응답자가 새롭게 제시한 평가 항목 및 지표를 추가하여 재구성**한 수원시 도시공원 생태계서비스 평가 지표(안)입니다. 귀하는 각 생태계서비스 평가 지표를 도시공원에 적용할 때의 적합도를 표시(√) 해주시기 바랍니다.

※ 추가된 평가 항목 및 지표는 파란색으로 표시함

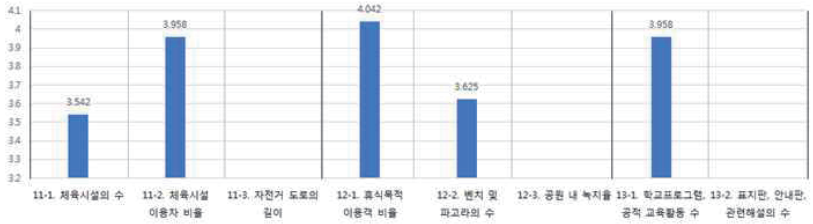
분류	서비스 항목	평가 지표	1	2	3	4	5
공급	1. 식량	1-1. 총 텃밭 면적 (%)					
		1-2. 공원유치권 내 거주인구수 당 텃밭 면적 (㎡/인)					
		1-3. 재배 작물 종류 및 작물별 재배 면적 (㎡/종)					
	2. 수자원	2-1. 공원 내 수자원 면적 비율 (%)					
		2-2. 공원 주변 수자원 수 (개)					
조절	3. 대기오염물질제거	3-1. 환경정화수 식재 비율 (%)					
		3-2. 식재 밀도 또는 엽면적 지수					
		3-3. 바이오매스량					
		3-4. 수종당 정화 정도					
		3-5. 식재 수종별 피도					
	4. 미기후조절	4-1. 캐노피 커버율 (%)					

SRI 수원시정연구원

분류	서비스 항목	평가 지표	1	2	3	4	5
		4-2. 온실가스 흡수율이 높은 수목 비율 (%)					
		4-3. 다층식재 비율 (%)					
		4-4. 습지 및 하천면적 (㎡)					
		4-5. 바이오매스량					
		4-6. 바람 통로 내 장애요소					
		4-7. 지피, 관목, 교목의 구성비 (a:b:c)					
	5. 홍수 및 폭풍피해 저감	5-1. 녹지면적 비율(커버율) (%)					
		5-2. 투수율 (%) 또는 투수면적 (㎡)					
		5-3. 홍수 및 폭풍피해 저감 시설 여부					
	6. 소음 저감	6-1. 소음발생원(도로 등)과의 표고 차 (m)					
		6-2. 식생대 폭(완충녹지) (m)					
	7. 열섬 저감	7-1. 단위수목당 이산화탄소 흡수량 (ton/year)					
		7-2. 주변 지역과의 온도차 (℃)					
		7-3. 공원 내 에너지 생산량					
	8. 토양질 유지	8-1. 토양 pH					
		8-2. 토양 영양물질량 (mg/kg)					
							
지원	9. 생태네트워크	9-1. 구조적 연결성 (연결지역%)					
	10. 생물다양성 유지	10-1. Shannon지수					
		10-2. 분류군별 자생종 비율 (%)					
		10-3. 비오톱 유형의 수 (개)					
		10-4. 녹지 면적 (㎡)					
		10-5. 자연 지형 비율 (%)					

SRI수원시정연구원

분류	서비스 항목	평가 지표	1	2	3	4	5
문화	11. 운동	11-1. 체육시설(조깅코스, 테니스코트 등)의 수 (개)					
		11-2. 체육시설 이용자 비율 (%)					
		11-3. 자전거 도로의 길이 (m)					
	12. 휴식	12-1. 휴식목적 이용객 비율 (%)					
		12-2. 벤치 및 파고라의 수 (개)					
		12-3. 공원 내 녹지율 (%)					
	13. 교육 및 사회적활동	13-1. 학교프로그램 또는 공적 교육활동 수 (개)					
		13-2. 표지판, 안내판, 관련 해설의 수 (개)					



✸ 귀하는 **제시된 평가 지표(안)에 대하여 기타 의견**이 있으시면 아래 빈 칸에 자유롭게 적어주시기 바랍니다.

SRI 수원시정연구원

Ⅱ. 응답자에 관한 설문

1) 귀하의 업무분야에 맞는 항목에 표기해 주십시오.
① 환경분야 ② 생태분야 ③ 조경분야 ④ 생물분야 ⑤기타분야( )

2) 귀하의 경력을 표기해 주십시오.
① 5년 미만 ② 5년 이상 - 10년 미만 ③10년 이상 -15년 미만 ④15년 이상

3) 모바일 커피이용권을 지급받으실 전화번호를 기입해 주십시오. ( )

설문에 참여해 주셔서 대단히 감사합니다.

- 끝 -

Abstract

A human in urban areas has depended on ecosystem for well-being. However, the impacts of human activities and climate change on ecosystem have increased making great threat to biodiversity and ecosystem services.

Ecosystem services in urban areas include provisioning, regulating, supporting and cultural benefits to citizen. Human demands for ecosystem services could be met from the near ecosystem. Therefore, it is important to evaluate urban ecosystem services which contribute significantly to human well-being.

In this study we classified ecosystem functions and set indicators used for evaluating ecosystem services of urban park in Suwon. A Delphi survey was performed and it derived 12 ecosystem services and 14 indicators to evaluate them. The ecosystem services include food and water resource for provisioning, air quality maintenance, moderation of floods, noise reduction, temperature reduction and soil quality maintenance for regulating, ecological network and biodiversity maintenance for supporting and recreational, resting and educational values for cultural services.

The study sites, Maetan park and Seoho-Ggotme park, were evaluated with those indicators. As the results, Maetan park would have higher value of ecosystem services than Seoho-Ggotme park. Maetan park was established in 1985 conserving natural resources while Seoho-Ggotme park was recently established without conservation. Moreover, accessibility to the park and diversity of facilities would have people visit Maetan park more often.

We also suggested strategies to improve each ecosystem services based on the results of evaluation. A vegetable garden tended by citizen and planting fruit trees would increase provisioning services. Creating wetlands in a park also contributes to inhabitant. It prefers certain species with wide canopy to reduce temperature or species affecting air quality improvement. A natural resource such as remaining forest in urban park also give benefits to regulating services by reducing risk of floods. For increasing supporting services a connectivity to other green areas should be considered. Moreover, ornamental vegetation as food and shelter for urban birds is one of the alternative methods. Lastly, installing exercise equipment, benches and educational space meeting needs of visitors

would increase cultural services.

This study is significant because we evaluated ecosystem services in urban parks and it would contribute to identify unrecognized services in urban parks, Suwon. The results can be used for improving urban ecosystem services consistently in response to current rapid urbanization.

We suggest three stands of strategic framework for ecosystem services in Suwon. The first stand includes developing a management plan on ecosystem services in each urban parks. The second stand includes the calculation of total amount of ecosystem services and equal distribution. The third stand includes strategy for promoting individual understanding about value of ecosystem services. As the further strategies are realized, ecosystem services in Suwon can be improved in both quality and quantity.

Keyword: Urban ecosystem, Indicators for ecosystem services, Provisioning services, Regulating services, Supporting services, Cultural services

| 저자 약력 |

김은영
공학박사
수원시정연구원 도시환경연구부 연구위원(현)
E-mail : eykim@suwon.re.kr

주요 논문 및 보고서
김은영, 「수원시 생태네트워크 구축을 위한 녹지 연결성 평가」(2014, 수원시정연구원)
김은영, 「6분거리 내 시민의 숲 조성 사업」(2015, 수원시정연구원)
김은영, 「수원청개구리 서식지 복원 연구」(2015, 수원시정연구원)

SRI 수원시정연구원
SUWON RESEARCH INSTITUTE
16429 수원시 권선구 수인로 126 | TEL : 031-220-8001 | FAX : 031-220-8000 | www.suwon.re.kr

93530
9 791187 778042
ISBN 979-11-87778-04-2