중국 옥상녹화의 연구 및 기술 동향

조홍하* · 강태호**
*동국대학교 대학원 조경학과 · **동국대학교 조경학과

Ⅰ. 서론

급속하고 과밀한 도시화의 결과로 도시의 생태적 문제가 양과 질 측면에서 크게 악화되고 있다. 도시의 생태적 문제는 환경오염, 도시 생태의 균형 파괴, 도시 열섬화로 요약할 수 있으며, 도시생태계의 파괴는 도시내 동식물 서식공간의 감소 및 환경오염, 그리고 생물멸종 위기, 생태계의 안정과 균형이 파괴되어 복원력과 자생력이 상실되는 결과로 이어진다(이은희, 2004). 제2차 세계대전(1939~1945년)후 도시의 환경문제를 개선하기 위해서 인공지반녹화사업을 신속하게 발전시키고 있다.

옥상녹화는 한정된 지상면적을 확장시켜 토지 이용의 효율성을 높이고 고층건물이 밀집된 도시의 미관을 향상시키며, 대기정화, 소음감소 등의 환경을 개선시킬 목적으로도 이용될 수 있다. 옥상녹화는 도시 녹지축의 연결, 도시환경의 질적 향상 측면에서 중요한 의미를 지니며, 도시의 녹지 감소에 따른 상호보완적 측면에서 뿐만 아니라 고층화, 거대화되어 가는 인공건축물에 대한 조경 요소의 확대 측면에서도 매우 중요하다.

국제연합생물권생태 및 환경조직은 도시에 시민 1인당 60m^2 녹지가 있으면 최상의 거주환경을 얻을 수 있을 것이라 하였다. 2008년에 중국국토녹화상회 성명서에 의하면 1인당 8.98m^2의 녹지면적을 차지하고 있다. 이를 개선하기 위해 국가뿐만 아니라 각 도시는 옥상녹화에 대한 관심이 많이 가지고 있다. 2008년에 녹색올림픽 실현하기 위해서 도시녹화네트워크 구성을 위한 옥상녹화와 벽면녹화 등이 순조롭게 진행되었다. 최상의 주거환경으로 가는 길은 어렵고 멀지만 도시녹화 공간의 확대를 위하여 옥상녹화 이용하면 도시의 녹지면적을 빨리 증가시킬 수 있을 것이다.

중국은 1970년에 사천성에서 과학연구를 토대로 생산을 주요 목적으로 옥상에 참외와 과일을 심어 성공했다. 1994년에 사천성에서 '저수 및 복토 식재옥상 공사기술관련 규범'을 실행하였다. 따라서 베이징에서 옥상녹화 및 입체녹화 관련 법규가 많이 나왔다. 국가 건설부고시에서는 '식재 지붕공학 기술관련 규칙 JGJ155-2007' 옥상녹화 전문적인 국가 법률에서 식재옥상 하중, 방수재료, 옥상녹화의 설계 및 시공, 옥상녹화회사의 자격 및 책임 등 여러 가지 방면을 제시하였다. 각 지역에 옥상녹화를 촉진하기 위하여 년도 별로 옥상녹화 관련 근무지침을 제시하였고 지원제도를 상세하게 기술하였다. 또한, 상해, 베이징 등 대도시에서 옥상녹화면적의 일부분을 지상녹지면적으로 산입하고 옥상녹화의 의무화규정을 만들었다. 그러나 이로 인해 오히려 옥상녹화가 지상녹화면적의 확보를 줄이고, 그 부족분을 채워주는 역할로 악용되고 있는 문제점을 야기하고 있다.

이와 같은 옥상녹화에 대한 연구가 중국에서 어떻게 진행되고 있는지 파악하기 위해 중국 최근의 옥상녹화에 대한 학술연구 및 기술연구 자료를 수집하여 옥상녹화의 현황, 옥상녹화의 식생과 토양 재료, 옥상녹화의 공법 등에 대한 기술 동향을 분석하고 옥상녹화를 할 수 있는 연구의 전망을 제시하고자 수행되었다. 또한, 옥상녹화에 국가로서 시술의 기초 연구 자료를 제공할 수 있을 것이다.

Ⅱ. 연구 범위 및 방법

1. 연구 범위

본 연구는 건축물의 상부 지붕의 개념으로서의 옥상공간을 대상으로 연구를 실시하였다. 옥상녹화는 관리방식에 따라 크게 관리 조방형 옥상녹화 및 옥상조경으로 나눌 수 있다. 옥상녹화에 관련 새로운 재료가 많이 생겼고 공법적으로 완전하고 새로운 기술을 이용해서 옥상녹화의 수준이 높아졌다. 따라서 최근 2006년부터 2010년 9월까지 5년에 걸친 중국 옥상녹화에 관련된 논문을 망라하였으며 분석하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 옥상녹화의 이론적 연구로서 중국 논문 홈페이지-중국지망(中國知网)에서 '옥상녹화', '옥상화원'으로 검색하여 2006년부터 2010년 9월까지의 학위논문, 학술잡지기사 및 특허를 수집하였다. 수집한 학위논문, 학술잡지기사 및 특허는 연도별로 분류하였고, 옥상녹화와 옥상조경으로 나누어 분류하였다. 논문을 이론형 연구, 식물연구, 기술연구, 방안 및 제도연구, 사례연구, 응용 및 발전으로 분류하여 분석하였다. 기술연구의 경우는 좀 더 세분화하여 연구 분야를 나누어 동향을 살펴보았다.

표 1. 옥상녹화/조경 논문의 연구연도별 분류(단위: 편)

구분 \ 시간		2006	2007	2008	2009	2010.9	계
옥상녹화	특허	15	11	18	8	-	52
	학위논문	4	13	10	9	2	38
	학술논문	59	75	78	59	35	306
옥상조경	특허	2	-	-	3	-	5
	학위논문	2	7	3	4	-	16
	학술논문	36	51	29	43	22	181
계		118	157	138	126	59	598

III. 결과 및 고찰

1. 옥상녹화 연구의 분석결과

검색된 자료를 토대로 분석한 결과, 2006년부터 2010년 현재까지 총 598편의 논문들이 발표되었고, 옥상조경 관련 논문 202편, 옥상녹화관련 논문은 396편이었다. 학위논문은 총 54편으로 옥상녹화 관련 논문은 38편, 옥상조경에 관련 논문 16편이 발표되었다. 학술잡지에는 총 487건이 발표되었는데, 그중 옥상녹화는 306편, 옥상조경에 관한 논문이 181편이었다. 특허에는 총 57건이 발명되었는데, 그중 옥상녹화에 관련 특허가 52건, 옥상조경에 관한 특허가 5건으로 나타났다(표 1 참조).

옥상녹화에 대한 연구를 연구추세를 파악하기 위해 옥상조경과 옥상녹화에 대한 학위논문, 학술잡지기사를 통합하여 분류하였으며, 연도에 따라 주제별로 분류한 결과는 표 2와 같다. 분류결과, 기술연구에 대한 연구가 42.31%로 가장 많았으며, 이론형 연구가 23.08%, 식물연구가 15.55%, 방안 및 제도연구가 9.87% , 사례연구가 3.18%, 응용 및 발전 6.02% 순으로 나타났다.

연도별 추세로는 6가지 주제 변화가 있다. 옥상녹화 이론형 연구는 金曉玲 등(2007)이 옥상정원의 발전 역사 및 현황, 중국에서 옥상녹화의 문제와 그의 해결방안 및 발전방향 등을 연구하였다. 陳輝 등(2007)은 옥상녹화의 생태적 역할, 건축물 구조향상, 미학적 효과 및 경제·사회적 효과에 대해 살폈다. 또한, 중국의 옥상녹화의 문제점을 살피고 해결 방안을 제시하였고 국외 옥상녹화의 발전 상황의 연구를 하였다.

식물연구의 경우 吉文麗 등(2005)은 북방에서 옥상녹화 식물의 선택 원칙 및 녹화에 주요 이용하는 식물, 식물의 배식 및 관리 등에 대해 연구하였다. 周偉偉과 王雁(2006)은 베이징옥상녹화의 현황과 의미, 식물의 선택, 안전성 등에 대해 살펴보았다. 冷宇 등(2008)은 최근 30년 동안 옥상녹화에 이용된 식물의 내성, 방수층 및 방근능력, 옥상녹화용 식물의 보급방안, 식물 재배 및 양호관리 등에 대해 연구하였다. 譚天鷹(2007)은 베이징 옥상녹화의 현황과 식물재료, 옥상녹화의 시공기술 및 양호관리 등의 문제를 연구하였다.

기술에 관한 연구에서 葉建軍 등(2007)은 고체폐기물을 이용한 옥상녹화를 연구하였다. 王俊維(2005)은 토양이 없고 가벼운 광물 재료로 위주요 성분, 비료, 보수제(保水劑) 등을 첨가하여 인공토양을 만들었다. 劉靜鶴(2008)은 건축물 옥상구조 및 시공환경, 재료, 정책, 기술과 투자 방법 등 여러 측면의 제약 요소를 분석하고 해결 방안을 제시하였다. 王洪成(2007)은 옥상구조 설계, 식생층 구조 등을 연구하였으며, 劉璐(2006)은 수경재배 옥상녹화기술을 기술하였다. 許荷와 瞿志(2006)은 1980년대부터 2005년까지 베이징의 옥상녹화 사례를 종합 분석하였는데, 토양, 식물재료, 여과층 및 배수층 등에 사용하는 재료를 모두 조사하였고, 우수 이용 기술과 방풍조치 등에 대해서도 기술하였다.

방안 및 제도연구의 경우는 趙曉英 등(2008)이 독일, 미국, 캐나다, 일본 등 국가의 옥상녹화 정책을 분석하여 옥상녹화 발달국가에 직접적인 재정 격리정책, 간접적인 재정 격리정책, 생태보상

표 2. 옥상녹화/조경 연구의 연도에 따른 주제별 분류(단위: 편)

구분 \ 항목	2006			2007			2008			2009			2010(9월까지)			계
	등급	학위	특허	학술	학위	특허	학술	학위	특허	학술	학위	특허	학술	학위	특허	
이론연구	32	3	-	32	1	-	23	3	-	26	2	-	16	-	-	138 (23.08%)
식물연구	18	1	1	12	1	2	17	2	2	16	5	3	13	-	-	93 (15.55%)
기술연구	32	2	16	64	17	9	29	8	16	28	5	8	19	-	-	253 (42.31%)
방안 및 제도연구	2	-	-	10	-	-	23	-	-	17	-	-	-	-	-	59 (9.87%)
사례연구	3	-	-	6	-	-	4	-	-	5	-	-	-	1	-	19 (3.18%)
응용 및 발전	8	-	-	2	1	-	11	-	-	10	1	-	2	1	-	36 (6.02%)
계	95	6	17	126	20	11	107	13	18	102	13	11	57	2	0	598 (100%)
	118			157			138			126			59			

표 3. 기술연구 분야의 주제별 분류(단위: 편)

	주제 분류	편수															계
		2006			2007			2008			2009			2010(9월까지)			
		학술	학위	특허	학술	학위	특허	학술	학위	특허	학술	학위	특허	학술	학위	특허	
기술 연구	설계방안 연구	14	2	-	18	12	1	9	5	1	10	3	-	10	-	-	85
	토양 및 식재기반 연구	5	-	11	8	1	6	2	-	9	4	-	4	2	-	-	52
	식재 및 관리방안 연구	1	-	-	16	1	-	3	2	1	5	1	1	-	-	-	31
	구조연구	1	-	-	2	1	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	7
	배수, 방수방근 연구	4	-	4	8	2	2	7	-	5	6	1	3	4	-	-	46
	기타 -문제점	7	-	1	12	-	-	8	-	-	3	-	-	1	-	-	32
계		32	2	16	64	17	9	29	8	16	28	5	8	19	-	-	253
		50			90			53			41			19			

정책,도시 발전 규범, 기타 비정책 방법 등이 있음을 밝히고 이를 바탕으로 중국 현황에 부합되는 옥상녹화에 대한 대안을 제시하였다.

사례연구의 경우는 조성사례지가 증가하고 새로운 기술과 식물이 도입되면서 증가하는 추세라고 사료된다. 응용 및 발전연구에서는 옥상녹화의 동향과 지역에서 이용 가능성에 대해 제시하였다. 殷麗峰와 李樹華(2005)은 일본에서 ACROS 옥상정원 사례를 통해 일본 옥상정원의 기술을 서술하였으며, 그 기술이 중국 옥상녹화에 이용될 수 있다고 하였다. 蒙小英 등(2005)은 Augustenborg 옥상식물원(BRGA)의 시범구역은 관리경량형 옥상녹화기술, 녹화재료, 생물의 다양성, 치유할 수 있는 옥상정원 등의 내용을 상세하게 기술하였다. 駱祥君 등(2007)은 사례지의 시공과정을 통하여 금자탑옥상녹화시스템을 설명하고 시공비용과 이용 식물 등을 제시하였다. 韓麗莉 등(2006)은 베이징에 에너지 절약하기 위하여 옥상정원의 설계 및 시공을 통하여 시공과정과 그에 따른 주의점을 보여 주고 옥상녹화가 에너지를 절약한 효과를 제시하였다.

기술연구를 주제로 한 연구를 세분화하여 설계 방안연구, 토양 및 식재기반연구, 식재 및 관리방안연구, 구조연구, 배수 방수방근 연구, 기타로 재분류하였다. 그 결과, 설계 방안연구가 85건 , 토양 및 식재기반연구가 52건 , 식재 및 관리방안연구가 31건, 구조연구가 7건, 배수 방수방근 연구가 46건, 기타가 32건으로 나타났다(표 3 참조).

2. 옥상녹화 기술의 분석결과

옥상녹화의 유형은 기술적인 접근으로서 조성방법, 관리방법, 적용방법에 따라 크게 저관리・경량형, 관리・중량형, 혼합형 3가지 유형이 있다. 중국 옥상녹화 기술적인 유형 분류는 아래와 같다.

1) 저관리・경량형 옥상녹화 기술

(1) 무토잔디 기술

본 시스템의 방근층과 저수층에 PVC표준 저배수판을 이용한다. 방근층은 잔디블록을 포설하기 전에 저배수판 위에 부직포를 설치한다. 식물생육을 위한 토양층이 없지만 직물(織物)과 다양한 영양물질을 혼합하여 배양기질을 만든다. 녹화식물은 세덤류 식물과 숙근(宿根)식물을 중점 대상으로 조사하였다.

(2) 불갑초묘목블록(苗塊) 옥상녹화 기술

본 옥상녹화시스템은 수층의 확보를 위해 시공과정에 포함되는 SBS개량성 아스팔트(시트)계, 저방수판(H15, H20, H30) 저수방수처리를 실시한다. 그리고 수분을 저장하기 위해 보습담요도 이용하며, 단열기능을 가지며 내부에 저배수공간이 확보되는 저배수용 단열판을 시용한다. 식물생육을 위한 토양층의 조성은 펄라이트 인공경량토양을 식물섬유, 쇄석과 광물첨가제(礦物添加劑)를 혼합하여 토심 5cm 두께로 조성한다. 녹화용 식물 불갑초는 다년생 세덤류 식물로서 내성이 강하고 중국의 여러 지역의 기후 조건에도 부합되는 것으로 조사되었다.

(3) 식생상자 옥상녹화 기술

식생상자 옥상녹화기술은 용기를 이용한 옥상녹화기술이다. 용기의 유형은 10 종류가 있으며, 다양하게 진열할 수 있어 다양한 경관효과를 낼 수 있다. 이런 조합된 용기는 운반이 용이하고 시공과 유지관리도 간단하다. 용기의 아랫부분은 저수부분이며 호롱불의 심지 원리를 이용하여 물을 절약한다. 전통의 관개 방식보다 70%의 물을 절약할 수 있다.

(4) 해납이(海納爾) 저관리경량형 옥상녹화 기술

본 시스템은 저관리경량형과 관리중량형 2종류가 있다. 저관리경량형옥상녹화 방수층의 확보를 위해 습기차단층, 보온층, 해납이GF형 방근시트 등의 층으로 설치하였다. 방근방수와 토양층의 최소 두께는 4cm, 무게는 최소40kg/m^2(식물과 물을 포함)이다. 식생은 해당 지역에서 자주 이용하는 초본식물, 잔디와 소관목 등을 식재할 수 있는 것으로 조사하였다.

(5) 다 기능 옥상녹화 기술

본 시스템은 용기를 조합하는 방식을 통하여 저배수판, 물과

비료 분배관도 및 우수 수집시스템을 연결해서 방수, 저수, 배수, 방근, 삼관(滲灌)과 우수를 수집하는 등 여러 가지 기능을 가지고 있는 경량형 인공식재기반이다. 본 시스템은 식재용 영양토양, 식물, 비료와 물을 다 기반 내에 있어 옥상 바다와 접촉하지 않기 때문에 옥상의 누수문제를 예방할 수 있다. 이 기술은 관리경량향·종량형 옥상녹화, 실내녹화, 인공지반녹화다 할 수 있고 저수용기로 교체하여 수생식물을 심을 수 있다.

2) 관리·중량형 옥상녹화 기술

(1) 해납이 관리종량형 옥상녹화 기술

해납이 관리종량형 옥상녹화시스템은 습기차단층, 보수단묘, Hainer E-PVC/TPO(root-resistance waterproof membrane), 저배수판과 여과층, 보온층 등의 층으로 설치하였다. 식물생육을 위한 토심은 30cm 이상으로서 식생은 해당 지역에서 자주 이용하는 지피식물, 관목과 교목 등을 식재할 수 있다.

3) 혼합형 옥상녹화 기술

(1) 생태식생대 옥상녹화 기술(ECO-ROOFSYSTEM)

본 시스템은 방수층의 확보에 관련하여 일반적으로 방수처리 방식을 채택하여 전배수판을 설치한다. 복합생태식생대는 100% PP(폴리프로필렌)재료로 만들어진 여과재료로 구조적으로 틈새가 있어 다른 배수시설이 필요 없다. 토양은 식물이 생육할 수 있는 인공토양을 사용하고 녹화식물을 주로 내한성이 강한 초본식물을 이용하는 것으로 조사되었다.

(2) JKSW 가공식(架空) 옥상녹화 기술

본 시스템은 방수층은 강성방수재료나 강성방수재료와 연성방수재료를 결합한 방법을 사용하고, YJB가공 단열판은 보온층, 단열층, 여과층 등을 기능을 다 포함한다. 인공경량토양을 사용하고 Isreal의 자동으로 미분(微噴), 적과(滴灌)하는 시스템을 이용하다. 식생은 해당지역에서 이용할 수 있는 식물을 이용할 수 있는 것으로 조사하였다.

Ⅳ. 결론

본 연구에서는 도시내 생태환경을 개선하는 데 있어 중요한 역할을 가지고 있는 옥상녹화에 대한 최근 중국 옥상녹화의 연구 및 기술 동향을 분석한 결과 다음과 결론은 얻을 수 있었다. 본 연구는 중국 옥상녹화관련 연구들을 일정 주제에 따라 종합적으로 살펴봄으로써 옥상녹화에 대한 전반적 이해를 돕고 옥상녹화에 대한 최근 연구 및 기술 동향을 파악하고자 하였다. 이를 위해 옥상녹화 선행 연구들을 크게 옥상 이론연구, 식물연구, 기술연구, 방안 및 제도연구, 사례연구, 응용 및 발전 연구를 위한 연구로 분류하여 살펴보았다.

옥상녹화가 건축물녹화로 정착된 중국의 경우는 에너지 절약 측면, 미기후 조절적 측면 등을 통한 도시환경 개선이나 옥상에서 농업생산은 새로운 환경개선뿐만 아니라 경제적인 측면에서의 접근이 보편화되어 옥상녹화가 정착화 되어 있다. 그러나 옥상녹화 식물이나 저관리경량형 옥상녹화에 대한 기초적인 연구와 시범적인 시공에 대한 연구는 많이 이루어져 왔고 관리중량형과 혼합형옥상녹화의 공법이 많이 이용하고 있지만 체계성 측면에서의 기술과 사용기간의 연구는 부족한 것으로 나타났다.

무엇보다도 이러한 많은 연구를 기반으로 보급될 옥상녹화가 지상의 조경면적을 대치하는 방면으로 사용되지 않기 위해서는 보다 적극적인 경제적 가치를 보여 주고 법률 및 지원 제도적 장치가 필요하다.

이러한 연구기반을 토대로 옥상녹화가 활발하게 이루어진다면 녹지가 부족한 도시의 환경개선과 친환경 농업에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

인용문헌

1. 이은희(2004) 국내의 옥상녹화 연구 동향 분석. 한국환경복원녹화기술학회지 7(4): 44-51.
2. 葉瑞興(2007) 淺談城市屋頂綠化的植物配置與設計. 福建林業科技 2007(3): 220-224.
3. 金曉玲, 趙曉英, 胡希軍, 馬永俊(2007) 屋頂花園建設綜述. 生態經濟(學術版) 2007(2): 434-436.
4. 陳輝, 任珺, 杜忠(2007) 屋頂綠化的功能及國內外發展狀況. 环境科學与管理 2007(2): 162-165.
5. 吉文麗, 李衛忠, 王誠吉, 姚愛靜(2005) 屋頂花園發展現狀及北方屋頂綠化植物選擇与种植設計. 西北林學院學報 2005, 20(3): 180-183.
6. 周偉偉, 王雁(2006) 北京市的屋頂綠化. 2006. 4(2):35-37.
7. 冷宇, 張衛國, 嚴秀珍, 胡圓圓, 林萍(2008) 屋頂綠化植物研究綜述. 黑龍江農業科學 2008(2): 145-147.
8. 譚天鷹(2007) 關于北京屋頂綠化的探討. 北京園林 2007(3): 7-11.
9. 葉建軍, 余世孝, 韋書勇(2007) 利用固体廢弃物對屋頂綠化的方法. 專利 2007-03-21.
10. 王俊維(2005) 綠化用无机栽培基質. 專利 2005-05-11.
11. 劉靜鶴(2008) 屋頂綠化制約因素分析及營建對策. 屋頂綠化制約因素分析及營建對策 2008. 33(5): 136-139.
12. 王洪成(2007) 淺談屋頂花園的設計. 北方園藝 2007(2): 137-138.
13. 劉璐(2006) 北方种植綠化屋面的設計与應用. 建筑節能 2006(1): 23-25.
14. 許荷, 瞿志(2006) 北京屋頂綠化构造. 中國園林 2006(2): 77-80.
15. 趙曉英, 金曉玲, 胡希軍, 馬永俊(2008) 國外屋頂綠化政策對我國的啓示. 西北林學院學報 2008(3).
16. 殷麗峰, 李樹華(2005) 日本屋頂花園技術. 中國園林 2005(5): 62-66.
17. 蒙小英, 韋盛, 周文君(2005) 奧古斯特堡屋頂植物園及其建設理念. 中國園林 2006(3): 81-89.
18. 駱祥君, 鄭南, 鄧卓智, 王河錦, 熊嘉育, 劉嘉麒(2007) 生態修夏的科學前沿和産業進展. 工程綠化理論与技術進展－－全國工程綠化技術交流研討會論文集.
19. 韓麗莉(2006) 科技部建筑節能示范楼"屋頂綠化的設計与施工. 建筑綠化 2009(3): 60-69.
20. http://www.wanroof.com
21. http://www.wdlh.cn
22. http://www.intalok.com.cn/products.html
23. http://www.greenrooftops.cn
24. http://epub.cnki.net/grid2008/index/ZKCALD.htm
25. http://www.qhwdlh.com/index.php