

초지지붕에서의 시간경과에 따른 식생변화*

이영무

홍익대학교 건설도시공학부

Changes in Plant Species on a Grass Roof over Time

Lee, Young-Moo

Division of Construction and Urban Engineering, Hongik University

ABSTRACT

Unlike conventional roof landscaping, where various kinds of plants and structures are employed, a grass roof is a roof on which herbaceous plants are grown in planting medium and which is not accessed or maintained, mainly because it doesn't have sufficient load capacity to support a regular roof garden. They are mostly built on existing roofs, whether flat slab or gabled.

Planting on roofs has numerous advantages, such as creating a biotope, purifying urban air, adding moisture to the atmosphere, storing rain water, preventing flash floods, reducing energy use for heating and air conditioning, enhancing the urban landscape and providing relaxation to the city dwellers, not to mention the alleviation of global warming by absorbing CO₂.

In addition to the general merits of roof planting, the grass roof has its own unique qualities. Only herbaceous species are planted on the roof, resulting in light weight which allows roofs of existing buildings to be planted without structural reinforcement. The species chosen are mostly short, tough perennials that don't need to be maintained. These conditions provide an ideal situation where massive planting can be done in urban areas where roofs are often the only and definitely the largest space available to be planted. If roofs are planted on a massive scale they can play a significant role in alleviating global warming, heat island effects and energy shortages.

Despite the advantages of grass roofs, there are some problems. The most significant problem is the invasion of neighboring plants. They may be brought in with the planting medium, by birds or by wind. These plants have little aesthetic value comparing to the chosen species and are usually taller. Eventually they dominate and prevail over the original species. The intended planting design disappears and the roof comes to look wild. Since the primary value of a grass roof is ecological, a change in attitude towards what

*: 이 논문은 2004학년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 지원되었음.

Corresponding author: Young-Moo Lee, Division of Construction and Urban Engineering, Hongik Univ., Seoul 121-791, Korea, Tel.: +82-2-320-1107, E-mail: youngmv@hongik.ac.kr

constitutes beauty on the roofscape is necessary. Instead of keeping the roof neat through constant maintenance, people must learn that the wild grass with bird's nests on their roof is more beautiful as it is.

Key Words: Turf Roof, Sod Roof, Heat Island Effects, Global Warming, Invasive Plants

I. 서론

많은 연구자들이 도시를 녹화시켜서 기후를 개선하고 생태계를 복원하며 에너지를 절약하는 조정적 방안으로 그 양이 막대한 도시의 지붕면적을 활용하는데 주의 기울여왔다. 도시의 지붕을 녹화하여 열섬현상과 열대야 현상을 방지하고 지구온난화를 완화시키며 생태계를 복구하고 냉·난방 에너지를 절약하기 위한 견고하고 저렴한 녹화법의 개발은 국·내외의 여러 연구자에 의해 발표된 바 있다(東京新宿區區廳, 1994; 日本都市綠化技術開發機構, 1995; 1996; 현대건설기술연구소, 1997; 서울특별시, 2000; 서울대환경대학원, 2000a; 2000b; 2001; 양병이와 김현수, 2005).

또한 대부분의 도시지붕들은 기존 건물이므로 하중 부담을 줄이기 위한 경량토양을 연구한 논문(삼손 중앙기술연구소, 1996; 최희선 등, 2000; 안원용과 김동엽, 2001)과 여기에 식재할 적합한 식물의 생육을 위한 연구(서울시립대환경생태연구소, 1996; 최희선 등, 2003; 2004; 허근영 등, 2003; 김인혜 등, 2005) 및 결과적인 기온의 변화를 관찰한 논문(김현수 등, 1999; 고주련과 김동엽, 2001; 이상태와 김진선, 2004; 이동근 등, 2006)이 분야별 연구의 대중을 이루었다. 이를 바탕으로 조경업체들이 각개의 시스템을 개발하여 지붕을 초본식물로 피복하는 생태·경량형 초지지붕¹⁾을 20여 곳에 시공하였으며, 그 중 오래된 것은 준공 후 8년이 경과하였으므로 변화의 양상을 관찰할 필요가 있다.

그간 도시의 열섬현상과 열대야 현상은 개선될 기미를 보이지 않으며 전 세계적인 온난화 현상은 화석연료의 과다한 소비로 인해 발생한 온실가스인 CO₂와 메탄 가스를 흡수할 수립의 파괴로 급속한 상승곡선을 그리며 위기감을 실감케 하고 있다. 빈발하는 홍수와 가뭄, 강력해진 태풍, 극지방의 빠른 해빙으로 예상되는 해수면 상승과 해수의 담수화로 교란되는 해류의 패턴

등은 역사상 전례를 볼 수 없는 사태를 노정하고 있다. 이에 대한 해결책은 온실가스의 방출이 없는 재생에너지의 개발과 CO₂를 흡수할 수립의 복구로 알려져 있다(Hunter, 2002; Posner, 2004; Flannery, 2005; 이기영, 2006; Gore, 2006). 시급한 수립의 복구를 위한 노력의 일환으로 도시에 남아있는 막대한 유휴공간인 지붕면적의 잠재력과 혜택을 재인식하고 그동안 시공되어온 초지지붕들을 조사함으로써 시간의 경과에 따른 식생의 변화를 분석하고 그 결과가 초지지붕의 보급에 긍정적으로 작용할 수 있는 방향을 제언하는 것이 본 연구의 목적이다.

II. 연구방법 및 사례조사지 개요

먼저 전국적으로 시공된 초지지붕의 소재를 파악하고 준공이후 자연방치상태로 운영되어온 사례를 골랐으며, 방문과 관찰 및 인터뷰의 가능성을 고려하여 접근이 용이한 수도권의 초지지붕들을 연구의 대상으로 삼았다. 그 중에서 분석의 대상으로 본 논문에 언급되는 사례들은 설계자, 시공년도, 설계도면과 초기사진을 입수할 수 있는 것들을 우선으로 하였으며, 지붕에 근접해 육안관찰과 사진촬영이 가능한지 여부가 선택의 중요한 요소가 되었다. 내용적 범위는 시간의 경과에 따른 식생의 변화와 이 식생을 유지해 온 토양 및 하부구조의 변화를 내용으로 하였으며 새로운 식재종이나 토양의 개발은 포함되지 않았다.

연구방법은 초지지붕과 관련된 문헌과 논문을 수집, 조사, 분류하고 외국사례를 도서와 인터넷을 통해 수집하였다. 다음 국내 사례 중에서 수도권에 위치한 곳들을 방문하여 시간의 경과에 따른 변화를 관찰하고 사진을 촬영한 후 관계자를 만나 도면을 입수하고 인터뷰를 통해 준공이후 현재까지의 변천상황을 기록하는 방법을 택하였다. 이 과정에서 식생의 변화, 도

태종의 유무 및 이입종의 상태를 확인하고 토양의 유실과 침하를 관찰하였다. 동시에 식재가 행해진 지붕의 형태를 경사지붕과 평지붕으로 구분하고 건물이 신축인지 기존인지 기록하였으며, 지붕의 식물들에 영향을 끼칠 수 있는 인근지역 생태계의 상태를 관찰하였다.

사례조사대상지로 선정된 건물은 전국에 조성된 27개소 가운데 접근성이 용이하고 도면입수와 사진촬영이 가능하며 될 수 있으면 관리인과의 인터뷰를 할 수 있는 곳을 선택했고 최근에 준공된 곳은 제외되었는데, 그 이유는 시간의 경과에 따른 변화관찰에 중점을 두었기 때문이다. 선정된 사례지는 여의도 쇠강생태공원 방문자센터, 난지도 하늘공원 관리사무소, 선유도공원 한강역사관 강연홀, 환경운동연합건물, 구파발역 폭포관리사무소, 수원항공우체국으로 총 6개소였다(표 1 참조). 사례지의 완공 직후의 초기상태는 아래와 같다.

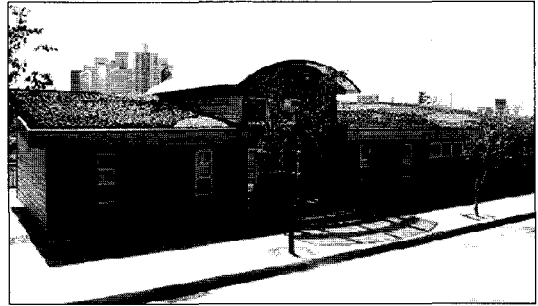


그림 1. 여의도 쇠강생태공원 방문자센터 초지지붕 초기사진
자료: http://www.ccrkorea.co.kr/project_roof_yuido.htm

그림 1은 여의도 쇠강생태공원 방문자센터 완공 직후의 모습으로 식생과 식재패턴을 보여주는 초기상태 사진이다.

1) 식생

총 12종 6,300본의 초본류가 세덤속을 위주로 식재되었고, 식재 패턴은 정형식 및 대칭형이었다(그림 2 표 2 참조).

2) 토양

펄라이트에 유기물을 10% 혼합시킨 육성층이 토심

1. 여의도 쇠강생태공원 방문자센터

표 1. 사례조사지 개요

사례조사지	설계	지붕형태	면적(m ²)	준공년도	경과년수	신축/기존
여의도 쇠강생태공원 방문자센터	한국CCR주식회사	경사지붕(일방경사)	186	2000	6	신축
난지도 하늘공원 관리사무소	한국CCR주식회사	박공지붕(양면경사)	114	2001	5	신축
선유도공원 한강역사관 강연홀	서안조경	완경사지붕	227	2002	4	기존
환경운동연합건물	주식회사 삼손	경사지붕(일방경사)	121	2003	3	기존
구파발역 폭포관리사무소	한국CCR주식회사	평지붕+경사지붕	86	1998	8	신축
수원항공우체국	미상	평지붕	미상	1999	7	신축

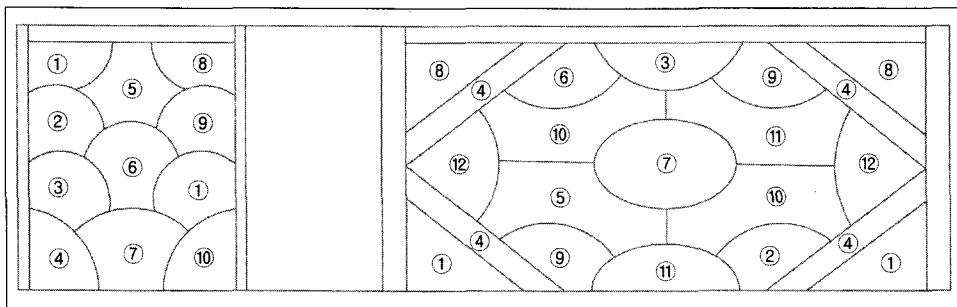


그림 2. 여의도 쇠강생태공원 방문자센터 초지지붕 식재종의 위치
자료: 한국CCR주식회사, 2000

표 2. 여의도 새강생태공원 방문자센터 초지지붕 식재종의 수량

수종(학명)	본수	수종(학명)	본수	수종(학명)	본수
① 흰꽃세덤(<i>Sedum album</i>)	710	⑤ 땅채송화(<i>Sedum oryzifolium</i>)	494	⑨ 한라구절초(<i>Chrysanthemum zawadskii latilobum</i>)	498
② 노랑세덤(<i>Sedum reflexum</i>)	328	⑥ 섬기린초(<i>Sedum takesimensense</i>)	356	⑩ 돌나물(<i>Sedum sarmentosum</i>)	820
③ 분홍세덤(<i>Sedum spurium</i>)	364	⑦ 큰평의비름(<i>Sedum spectabile</i>)	538	⑪ 애기기린초(<i>Sedum middendorffianum</i>)	513
④ 상록패랭이(<i>Dianthus spp.</i>)	744	⑧ 두메부추(<i>Allium senescens</i>)	523	⑫ 등근잎평의비름(<i>Sedum rotundifolium</i>)	412

자료: 한국CCR주식회사, 2000

10cm로 조성되었고, 그 위에 화산석 멀칭을 깔아서 펠라이트의 비산을 막고 식물을 고정시켰다. 펠라이트는 비중이 건조 시 0.15, 함수 시 0.65이므로 누름이 필요하였다. 동시에 토양의 쓸림을 막기 위해 버팀목이 일정간격으로 설치되었다(그림 3 참조).

2. 난지도 하늘공원 관리사무소

난지도 하늘공원 관리사무소 완공 직후의 모습은 그림 4와 같으며 그림 5는 식생과 초기식재패턴을 보여주는 사진이다.

1) 식생

총 16종 5,000본의 초본류가 세덤속을 주종으로 하여 식재되었고 식재패턴은 정형식이었다(그림 6, 표 3 참조).

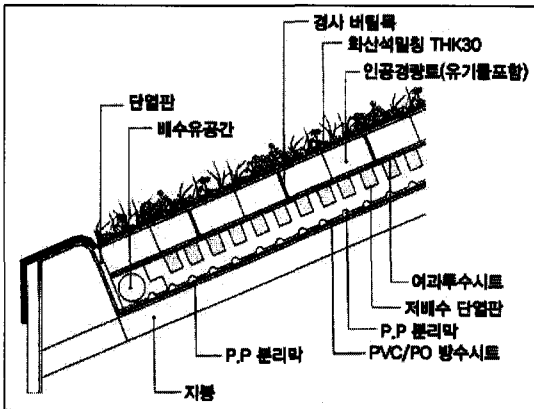


그림 3. 여의도 새강생태공원 초지지붕 단면
자료: 한국CCR주식회사, 2000

2) 토양

토심 10cm로 육성층이 조성되었고, 성분은 여의도 새강생태공원에 포설된 것과 같이 펠라이트와 유기물이 9:1로 혼합되었다. 토양이 아래로 쓸리는 것을 막기 위해 버팀목이 일정간격으로 토양 속에 설치되었다(그림 7 참조).



그림 4. 난지도 하늘공원 관리사무소 초지지붕 초기사진
자료: http://www.ccrkorea.co.kr/project_roof_nanjido.htm



그림 5. 초기식재패턴사진
자료: http://www.ccrkorea.co.kr/project_roof_nanjido.htm

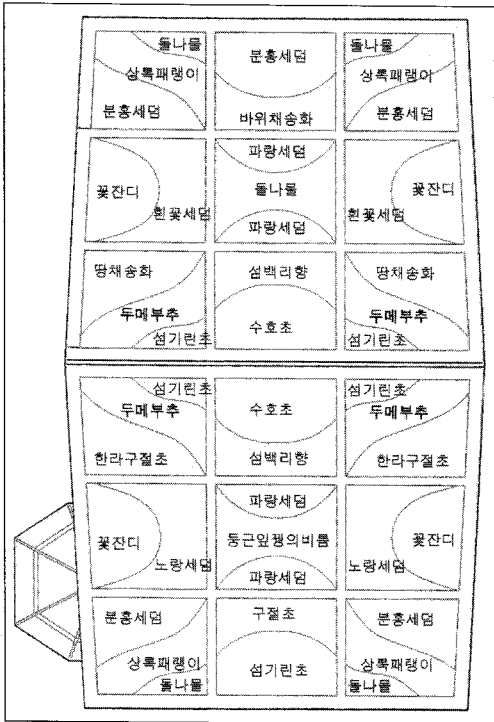


그림 6. 난지도 하늘공원 관리사무소 초지지붕 식재종의 위치
 자료: 한국CCR주식회사, 2001

표 3. 난지도 하늘공원 관리사무소 초지지붕 식재종의 수량

수종(학명)	규격	수량(본)
둥근잎평의비름(<i>Sedum rotundifolium</i>)	3인치포트	180
한라구절초(<i>Chrysanthemum Zawadskii latilobum</i>)	3인치포트	230
구절초(<i>Chrysanthemum zawadskii</i>)	3인치포트	120
섬기린초(<i>Sedum takesimense</i>)	3인치포트	300
수호초(<i>Pachysandra terminalis</i>)	3인치포트	240
분홍세덤(<i>Sedum spurium</i>)	3인치포트	600
두메부추(<i>Allium senescens</i>)	3인치포트	450
흰꽃세덤(<i>Sedum album</i>)	3인치포트	320
파랑세덤(<i>Sedum rupestre</i> 'Blue Spruce')	3인치포트	270
노랑세덤(<i>Sedum aizoon</i>)	3인치포트	320
상록패랭이(<i>Dianthus</i> spp.)	3인치포트	450
섬백리향(<i>Thymus quinquecostatus</i> var. <i>japonica</i>)	3인치포트	350
돌나물(<i>Sedum sarmentosum</i>)	3인치포트	300
꽃잔디(<i>Phlox subulata</i>)	3인치포트	500
망채송화(<i>Sedum oryzifolium</i>)	3인치포트	250
바위채송화(<i>Sedum polystichoides</i>)	3인치포트	120
합계		5,000

자료: 한국CCR주식회사, 2001

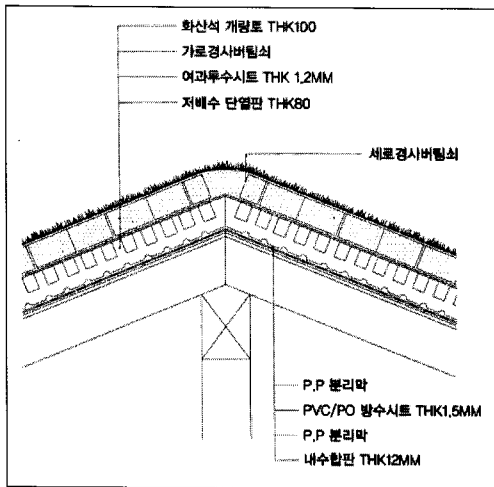


그림 7. 난지도 하늘공원 관리사무소 초지지붕 단면도
 자료: 한국CCR주식회사, 2001

년이 지난 모습을 보여주는 사진이다.

1) 식생

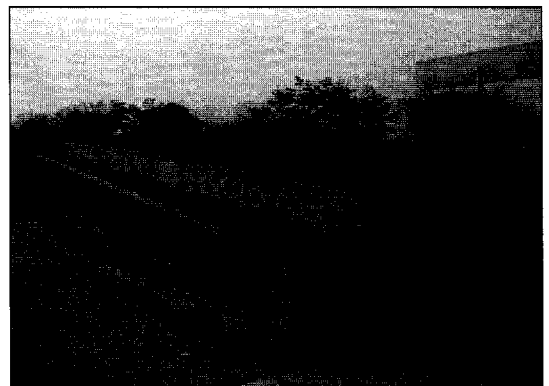


그림 8. 선유도공원 한강역사관 초지지붕 2004년 사진

3. 선유도공원 한강역사관 강연홀

그림 8은 선유도공원 한강역사관 강연홀 준공이후 2

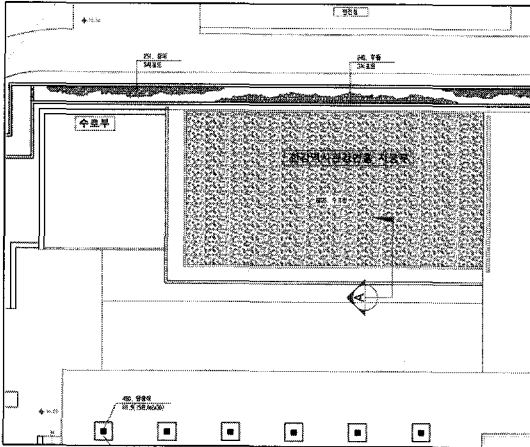


그림 9. 선유도공원 한강역사관 초지지붕 배식도
자료: 서안조경, 2002

표 4. 선유도공원 한강역사관 식재종 수량표

수종(학명)	규격	수량(본)	식재밀도
수크령(<i>Pennisetum alopecuroides</i>)	4치포트	6,925	25본/m ²

자료: 서안조경, 2002

총 6,925본의 수크령이 4치포트로 1m²당 25본씩 단일종으로 식재되었다(그림 9, 표 4 참조).

2) 토양

인공경량토를 사용한 다른 사례와 달리 토심 30cm의 양토가 구조진단을 거쳐 포설되었다(그림 10 참조).

4. 환경운동연합건물

환경운동연합건물 초지지붕 완공 직후의 모습은 그

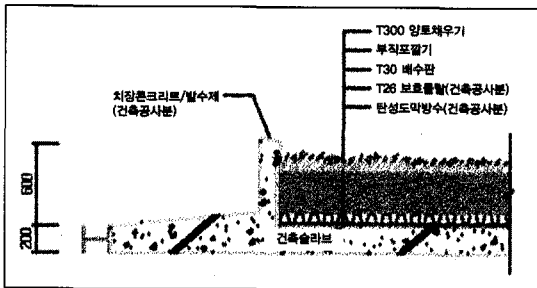


그림 10. 선유도공원 한강역사관 초지지붕 단면도
자료: 서안조경, 2002

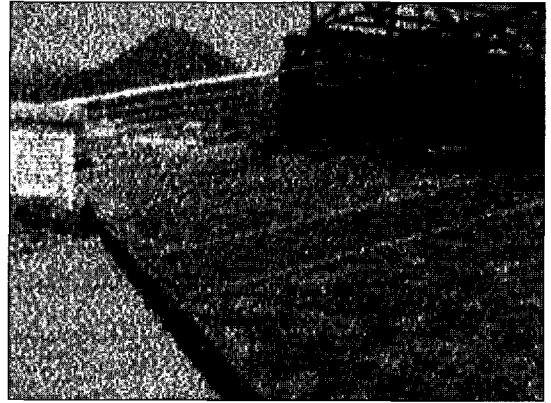


그림 11. 환경운동연합 초지지붕 초기사진

림 11과 같으며 초기상태의 식생과 식재패턴을 보여준다.

1) 식생

1종의 철쭉과 13종의 초본류가 세덤을 주종으로 하여 식재되었다(그림 12, 표 5 참조).

2) 토양

토심 15cm의 펠라이트를 주원료로 하는 인공경량토가 육성층으로 조성되었고, 부지가 경사지붕인 관계로 토양 쓸림 방지턱이 육성층 내부에 설치되었다(그림 13, 14 참조).

5. 구파팔역 폭포관리사무소

그림 15는 구파팔역 폭포관리사무소 완공 직후의 초기상태의 모습을 보여주는 사진이며 그림 16은 초지지붕의 단면을 보여주는 사진이다.

1) 식생

경사지붕과 평지붕이 혼합된 대지에 전면적으로 잔디를 식재하였다.

2) 토양

화산석개량토가 토심 10cm로 조성되었으며, 함수시 하중이 80kg/m²로 같은 토심의 펠라이트 65kg/m²보다 약간 무겁고 표면에 작은 요철이 많아 건조시에도 비산하지 않는 장점이 있으나 가격이 펠라이트보다 높다.

표 5. 환경운동연합 초지지붕 식재종 수량표

구분	수종(학명)	규격	단위	수량	
관목	철쭉(<i>Rhododendron schlippenbachii</i>)	H3.0×W3.0	주	75	
	섬기린초(<i>Sedum takesimense</i>)	3치포트	본	120	
	별개미취(<i>Aster koraiensis</i>)	3치포트	본	190	
	돌나물(<i>Sedum sarmentosum</i>)	3치포트	본	240	
	붓꽃(<i>Iris nertschinskia</i>)	3치포트	본	100	
	한라구절초(<i>Chrysanthemum zawadskii</i> var. <i>coreanum</i>)	3치포트	본	200	
	두메부추(<i>Allium senescens</i>)	3치포트	본	100	
	초화류	섬백리향(<i>Thymus quinquecostatus</i> var. <i>japonica</i>)	3치포트	본	200
		등근잎평의비름(<i>Sedum rotundifolium</i>)	3치포트	본	90
		땅채송화(<i>Sedum oryzifolium</i>)	3치포트	본	280
슬패랭이(<i>Dianthus superbus</i> var. <i>longicalycinus</i>)		3치포트	본	190	
애기기린초(<i>Sedum middendorffianum</i>)		3치포트	본	280	
줄사철(<i>Euonymus fortunei</i>)		3치포트	본	260	
잔디			m ²	40	

자료: 주식회사삼손, 2002

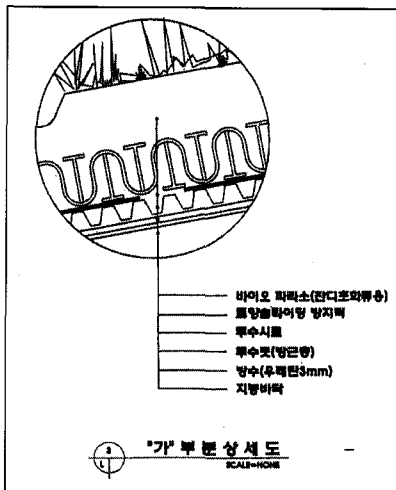


그림 14. 토양살림 방지벽 상세도

자료: 주식회사삼손, 2002

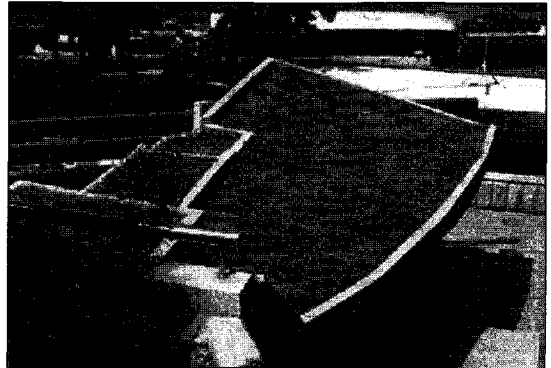


그림 15. 구파발역 폭포관리사무소 초기사진

자료: 한국CCR주식회사, 1998

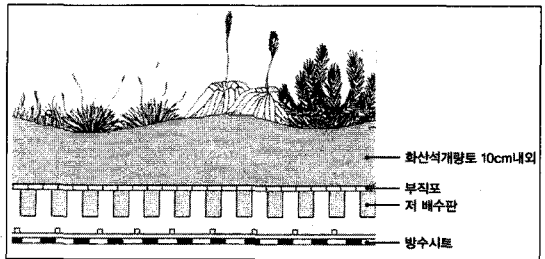


그림 16. 구파발역 폭포관리소 초지지붕 단면도

자료: 한국CCR주식회사, 1998

6. 수원황곡우체국

수원황곡우체국 완공 직후의 모습은 그림 17이며 식생과 식재패턴을 보여주는 초기상태 사진이다.

1) 식생

땅채송화, 돌나물, 바위채송화, 기린초, 등근잎평의비름, 섬백리향이 식재되었다.

2) 토양

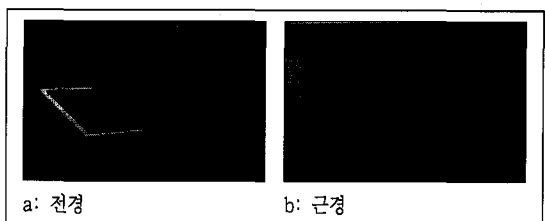


그림 17. 수원황곡우체국 초지지붕 초기사진

자료: 서울특별시, 2000: 27

인공경량토 육성층 포설 후 화산분쇄석으로 밀칭하였다.

III. 초지지붕 사례조사지의 식생변화

1. 여의도 셋강생태공원 방문자센터

1) 현재 상태

다음은 여의도 셋강생태공원 방문자센터 초지지붕의 현재 상태를 보여주는 사진이다(그림 18 참조).

(1) 식생

6년경과 후 원식재종 중에서 9종이 생존하고 3종이 멸실되었으며, 6종의 이입종이 발견되었다. 생존종에는 큰평의비름, 둥근잎평의비름, 섬기린초, 들나물, 흰꽃세덤, 노랑세덤, 분홍세덤, 상록패랭이, 두메부추가 있었고, 멸실종에는 땅채송화, 한라구절초, 애기기린초가 있었으며, 이입종에는 바랭이(*Digitaria sanguinalis*), 강아지풀(*Setaria viridis*), 꽃잔디(지면패랭이꽃, *Phlox subulata*), 망초(*Erigeron canadensis*), 질경이(*Plantago asiatica*), 이끼(*Briopsida* spp. 'Bidan')가 있었다.

(2) 토양

폭우로 인한 토양의 유실이나 침하는 없는 것으로 관찰되었다. 여과투수시트가 육성층과 배수층을 분리하여 토양입자의 유실을 막고 있고 가로·세로로 매설되어 있는 버팀목이 아래로의 쓸림을 막아주고 있다.

2) 변화고찰

초지지붕이 조성된 후 6년이 경과한 현재 원래 식재

종 중에서 6종이 잔존하고 3종이 멸실되었으며, 6종의 이입식물이 번성하고 있다. 지붕은 무관리로 운영되어 왔으며 경사지붕이기 때문에 관리를 위한 접근 자체가 곤란하다. 또한 여의도 셋강생태공원에서 이입식물의 씨가 쉽게 날아온 것으로 판단되며, 이로 인해 식재패턴이 교란된 상태이다.

관리 담당자의 견해는 이입식물의 번식이 오히려 생태공원의 이미지에 맞다고 생각하고 있으며, 하중이나 누수로 인한 문제는 없는 것으로 나타났다. 초기의 정형적 식재패턴이 변형되어 외관이 바뀐 것 외에 기능상의 변화는 없었다.

2. 난지도 하늘공원 관리사무소

1) 현재 상태

다음은 난지도 하늘공원 관리사무소 초지지붕의 현재 상태를 보여주는 사진이다(그림 19 참조).

(1) 식생

준공 후 5년이 경과한 현재 원래 식재한 16개종 중에서 4개종이 멸실되고 12개종이 생존중이며, 11개의 이입종이 발견되었다. 흰꽃세덤, 분홍세덤, 노랑세덤, 파랑세덤, 땅채송화, 바위채송화, 섬백리향, 들나물, 꽃잔디, 섬기린초, 두메부추, 상록패랭이가 있었고, 멸실종에는 둥근잎평의비름, 한라구절초, 구절초, 수호초가 있었으며, 이입종은 강아지풀, 꽃잔디(지면패랭이꽃), 아스타(*Aster* spp.), 왜성아스타(*Aster* spp.), 망초(*Erigeron canadensis*), 바랭이, 쑥(*Artemisia princeps* var. *orientalis*), 금불초(*Inula britannica* var. *chinensis*), 억새(*Miscanthus sinensis*), 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*), 사철채송화(*Lampranthus spectabilis*)가 있었다.

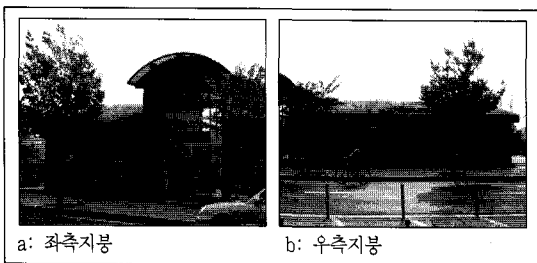


그림 18. 여의도 셋강생태공원 방문자센터 초지지붕 2006년 현재사진

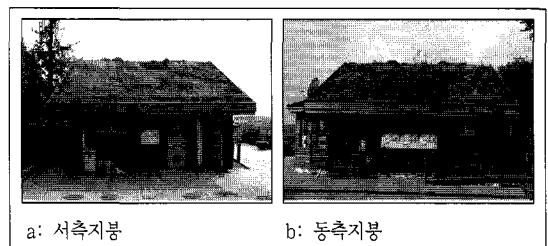


그림 19. 난지도 하늘공원 관리사무소 초지지붕 2006년 현재사진

(2) 토양

지붕의 처마 쪽 하단부에 약간의 토양유실이 발생하여 버팀쇠 상단부가 노출된 것 외에 큰 변화는 없는 것으로 관찰되었다.

2) 변화고찰

2001년 초지지붕이 조성된 후 5년간 관리없이 운영되었다. 여의도 셋강생태공원 방문자센터와 마찬가지로 경사지붕으로 박공형이고 지붕으로 올라가는 계단이나 사다리가 없어 관리작업이 구조적으로 곤란한 상태이다. 최초 식재된 16개종의 초본류 가운데 4종이 멸실되고 12종이 생존했으며, 10개종의 이입식물이 관찰되었다. 여의도와 마찬가지로 난지도도 하늘공원에서 자생적으로 번식하는 식물들의 씨가 쉽게 관리소지붕에 정착했을 것으로 판단된다. 이입식물로 인해 원래의 정형적 식재패턴이 붕괴되었으며, 외관이 변화한 것 외에 토양층은 그대로 남아있다. 여의도와 마찬가지로 난지도 관리담당자도 이입식물이 원식재종과 섞여 자라는 것이 공원으로서 자연스럽다고 생각하고 있으며, 조류가 등지를 뜯지는 않았으나 개화기에 벌과 나비가 많이 날아오고 있다고 한다. 하중으로 인한 지붕의 침하나 누수의 문제는 없는 것으로 관찰되었다.

3. 선유도공원 한강역사관 강연홀

1) 현재 상태

다음은 선유도공원 한강역사관 강연홀 초지지붕의 현재 상태를 보여주는 사진이다(그림 20 참조).

(1) 식생

조성 후 4년이 경과한 지금 초기 식재한 수크령은 전부 멸실되었으며, 10종의 이입종이 발견되었는 바 이중 배추는 직원들이 경작한 인위적인 결과이다. 생존종은 없었고 멸실종은 수크령이 있었으며, 이입종은 배추(*Brassica campestris napus* var. *pekinensis*), 억새, 까마중(*Solanum nigrum*), 강아지풀, 쭉부쟁이(*Aster yomena*), 엉겅퀴(*Cirsium japonicum* var. *ussuriense*), 인동(*Lonicera japonica*), 싸리(*Lespedeza bicolor*), 망초, 토끼풀(*Trifolium repens*)이 있었다.



그림 20. 선유도공원 한강역사관 초지지붕 2006년 현재사진

(2) 토양

폭우로 인한 토양의 유실이나 유기물의 분해로 인한 침하는 관찰되지 않았다.

2) 변화고찰

선유도 사례는 특이하게 자연토양을 사용하였으며, 식재식물도 수크령 단일종으로 하였다. 자연양토인 관계로 흙속의 식물씨앗이 추후 발아하여 4년이 경과한 후 수크령을 압도한 것으로 보이며, 인근 선유도공원의 식물상으로부터 바람과 조류에 의해 종자가 운반되었을 것으로도 판단된다. 현재 10종의 이입식물이 울창하게 자라고 있으며, 재배하고 있는 배추 외에 준공 이래 무관리로 운영되어 왔다. 관리담당자의 견해는 자연생태형식물상이 선유도공원의 순환체계에 적합하다고 생각하고 있다. 양토의 함수시 비중은 1.6으로 30cm 토심은 480kg/m²에 달하나 지붕 슬라브의 휘어짐이나 누수현상이 없는 것은 시초에 구조검토를 거친 결과이다.

4. 환경운동연합건물

1) 현재 상태

다음은 환경운동연합건물 초지지붕의 현재 상태를 보여주는 사진이다(그림 21 참조).

(1) 식생

준공 후 3년이 경과한 현재 최초 식재한 14종의 식재종중에서 5종이 생존해 있고 9종이 멸실되었으며, 11종

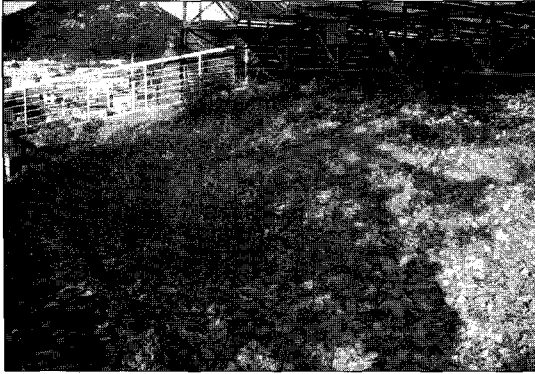


그림 21. 환경운동연합 초지지붕 2006년 현재사진

의 이입종이 발견되었다. 생존종에는 잔디(*Joysia japonica*), 섬기린초, 한라구절초, 벌개미취, 철쭉이 있었고, 멸실종에는 붓꽃, 두메부추, 땅채송화, 슬페랭이, 돌나물, 줄사철, 섬백리향, 애기기린초, 등근잎평의비름이 있었으며, 이입종에는 망초, 도깨비바늘(*Bidens bipinnata*), 강아지풀, 제비꽃(*Viola mandshurica*), 말채나무(*Cornus walteri*), 썩, 홍자단(*Cotoneaster horizontalis Decne*), 바랭이, 나리(*Lilium tigrinum*), 토끼풀, 이끼가 있었다.

(2) 토양

토양쓸림방지턱이 설치되어서 토양유실은 없었고 침하나 압착도 발견되지 않았다.

2) 변화고찰

3년전에 정교한 대우대칭패턴으로 녹화가 이루어졌는데 기간 무관리로 운영되어 1종의 목본관목과 13종의 초본류 가운데 9종의 초본이 멸실되고 5종이 생존해 있으며, 11종의 이입식물이 발견되었다. 특히 무관리 상태에 취약한 잔디가 식재되어 결국 도태될 것으로 예상된다. 기존건물의 경사지붕에 초지가 조성된 관계로 박층의 인공경량토가 적용되어 하중분제는 발상하지 않았고 누수도 없다. 초기의 식재설계의도와 달리 현재는 이입식물과 잔존식물이 어우러진 생태형 초지지붕이 환경운동연합이 지향하는 방향과 합치한다고 생각하고 있다. 이입식물이 번식하고 있는 것을 잡초의 침입에 의한 디자인의 훼손으로 보지 않고 주변생태계에 합치하는 자연의 이름다움으로 인식하는 의식의 전환

을 볼 수 있다. 조류는 서식하지 않으나 개화기에 나비를 비롯한 곤충들이 많이 날아와 봄의 새싹과 가을의 메마름이 심미적 효과가 있다고 생각한다. 지붕에 태양열집열판도 설치되어 있어 일반인에게 환경친화캠페인의 선봉으로 활동하고 있는 장소로 보인다.

5. 구파발역 폭포관리사무소

1) 현재 상태

다음은 구파발역 폭포관리사무소 초지지붕의 현재 상태를 보여주는 사진이다(그림 22 참조).

(1) 식생

잔디를 단일종으로 식재한지 8년이 경과한 후 잔디는 멸실되고 이입식물 2종이 번식하고 있다. 생존종은 없었고, 멸실종은 잔디였으며 이입종으로는 개망초(*Eriogon annuus*), 강아지풀이 있었다.

(2) 토양

유실과 침하현상이 없었다.

2) 변화고찰

준공 후 8년 경과로 조사사례 중에서 가장 오래된 곳이며, 우리나라에서 최초로 조성된 초지지붕이다. 당시 경험부족으로 잔디를 식재하여 무관리로 운영되는 과정에서 관수, 시비, 예초, 병충해 방제, 잡초 제거 등이 이루어지지 않아 멸실하였다. 현재 개망초와 강아지풀이 관리소 뒷산에서 이입되어 무성히 자라고 있고 생태적으로 동일순환체계를 형성하고 있다. 지붕침하나 누



그림 22. 구파발역 폭포관리사무소 2006년 현재사진

수의 문제는 없으며 유기물의 공급은 서식종의 지상부가 매년 고사하므로 순환체계가 형성된 것으로 관찰되었다.

6. 수원황곡우체국

1) 현재상태

다음은 수원황곡우체국 초지지붕의 현재 상태를 보여주는 사진이다(그림 23 참조).

(1) 식생

초기식재 6종 중에서 1종이 생존하고 5종이 멸실되었으며, 8종의 이입식물이 번식하고 있다. 생존종은 등근잎평의비름이 있었고, 멸실종에는 땅채송화, 바위채송화, 돌나물, 기린초, 섬백리향이 있었으며, 이입종으로는 엉겅퀴, 서양민들레(*Taraxacum officinale*), 망초, 강아지풀, 도깨비바늘, 꽃마리(*Trigonotis peduncularis*), 인동덩굴(*Lonicera japonica* Thunb.), 달맞이꽃(*Oenothera odorata*)이 있었다.

(2) 토양

배수층과 육성층 토양사이에 여과투수시트가 설치되어 토양입자의 유실은 없다.

2) 변화고찰

1999년 우체국 신축당시에 초지지붕이 조성되어 현재 7년째 무관리로 운영되고 있고 구파발역 폭포관리소지붕의 8년차에 이어 두번째로 오래된 경량녹화사례이다. 초기 식재종 중에서 비름 1종을 제외한 5종이 멸실되었고 8종의 이입종이 번식중이다. 건물신축 당시에



그림 23. 수원황곡우체국 초지지붕 2006년 현재사진

는 주변이 미개발 상태였기 때문에 이입종의 종자가 쉽게 침투하였으리라 생각되며, 현재 주변에 고층건물들이 들어서 있다. 인공경광토가 저토심으로 조성되어 사람이 다닌 곳에는 육성층과 배수층을 분리하는 부직포가 노출된 곳이 보이고, 직원들이 안테나보수 등을 위해 출입한 것으로 보인다. 이로 미루어 박층녹화는 유지관리의 목적이라도 답압에 의한 토양의 교란을 주의할 필요가 있다. 하중으로 인한 지붕의 침하나 누수 문제는 없으며 유기물의 공급은 서식종의 지상부가 매년 가을 고사하여 분해하는 순환체계를 형성하고 있는 것으로 관찰되었다.

IV. 결과 및 고찰

앞장에서 준공이후 3년에서 8년까지 경과한 초지지붕의 사례 6곳을 조사하였다. 가장 큰 변화는 이입식물의 번식이었으며, 토양 및 하부구조는 큰 변화를 보이지 않았다. 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 이입식물

초지지붕의 가장 큰 문제는 이입식물의 번식과 원래 식재식물의 멸실로 드러나는 식생의 현격한 변화이다. 무관리의 초기 시점에서부터 시작하여 원래종과 이입종이 혼재해서 번식하다가(여의도 6년차, 난지도 5년차, 환경운동연합 3년차의 경우) 말기에는 이입식물이 우점종으로 지배하게 된다(선유도 4년차, 구파발 8년차, 황곡우체국 7년차의 경우). 특히 선유도와 구파발의 경우처럼 수크령과 잔디를 각각 단일종으로 시공했을 경우, 원래종의 멸실과 이입종의 지배가 일찍 왔다. 초기 식재종 중에서 어떤 종이 오래 잔존하고 이입종 중에서 어떤 것이 일찍 지배하는가는 초기에 무엇을 식재하였는가와 주변생태계의 식물상에 따라 다르나 잔존종은 대부분 세덤속의 종들이며, 이입종은 본 사례 지역에서는 망초, 강아지풀, 바랭이, 이끼가 지배적이었다. 시간경과에 따른 식생의 변화를 정리하면 표 6과 같다.

이입식물 중에서 가장 많은 출현빈도를 보인 것은 망초 5회(개망초 포함시 총 6회), 강아지풀 6회, 바랭이

3회, 이끼 3회, 아스타종 2회, 엉겅퀴 2회, 인동덩굴 2회, 쑥 2회, 억새 2회, 도깨비바늘 2회, 꽃잔디(지면패랭이) 2회, 토끼풀 2회의 순서이고 나머지는 1회였다. 문제는 이들 이입종이 통상 잡초라고 불리우며 기피식물로 인식되고 있는 점이다. 그 이유는 우점종임에도 불구하고 꽃이 한 두종의 현화식물을 제외하고 대부분 은화식물로 작고 색이 없으며 줄기와 잎이 무성하여 단정치 못하고 가을에 갈변, 고사하기 때문이다. 망초는 2년초, 강아지풀과 바랭이는 1년초로 상록초본에 비해 관상 가치가 떨어진다고 생각되어 미학적으로 부정적인 인상을 줄 수 있다고 판단된다.

2. 하부구조변화

조사사례들의 하부구조는 기본적으로 방수층 위에 저수·배수층과 부직포에 의해 분리된 육성층으로 구성되어 있는 바 시간의 경과에 따른 유실과 침하현상은 육안으로 관찰되지 않았다. 인공토양의 주재료로 사용되는 펄라이트와 분쇄화산석이 각각 규소와 화산암을 원료로 사용하기 때문에 내부구조가 다공성이고 견고

하며 표면에 요철이 심하여 상호 결속력이 높은 것으로 나타났다. 그러나 장기간의 관찰로 산성가(pH)의 하강, 용적밀도의 증가와 이에 따른 포화투수계수의 감소가 관측된 바 있으므로 앞으로의 연구가 계속되어야 할 것이다(안원용과 김동엽, 2001).

인공경량토의 대중인 펄라이트는 원석을 800~1,100°C에서 고온, 발포처리한 것이므로 유기양분, 세균, 종자 등이 전혀 포함되어 있지 않아 유기질을 혼합하여 육성층을 제조하나 장기간 무관리 상태에서 방치하면 초기 영양분이 고갈된 후 고사한 식물이 분해하여 양분을 재공급하는 순환체계를 형성하는 것으로 관찰되었다. 초지 지붕에서 토양과 양분의 부족으로 식생이 멸실된 사례는 없었고 이입식물이 우점종으로 번식하는 양상을 보이고 있다.

V. 결론

초지지붕을 유지하는데 있어서 식생, 토양과 하부구조의 문제는 발견되지 않았지만 이입식물이 우점종으로

표 6. 시간경과에 따른 식생의 변화

사례조사지	준공년도 (경과년수)	원식재종		이입종
		생존종	멸실종	
여의도공원	2000년 (6년)	흰꽃세덤, 노랑세덤, 분홍세덤, 상록패랭이, 두메부추, 큰평의비름, 둥근잎평의비름, 섬기린초, 들나물	땅채송화, 한라구절초, 애기기린초	망초, 강아지풀, 바랭이, 질경이, 꽃잔디, 이끼
난지도공원	2001년 (5년)	흰꽃세덤, 노랑세덤, 분홍세덤, 파랑세덤, 땅채송화, 바위채송화, 섬백리향, 들나물, 꽃잔디, 섬기린초, 두메부추, 상록패랭이	둥근잎평의비름, 한라구절초, 구절초, 수호초	망초, 강아지풀, 바랭이, 꽃잔디, 아스타, 왜성아스타, 쑥, 금불초, 억새, 아까시나무, 사철채송화
선유도공원	2002년 (4년)	없음	수크령	망초, 강아지풀, 억새, 까마중, 쑥부쟁이, 엉겅퀴, 인동, 싸리, 토끼풀, 배추(재배)
환경운동연합	2003년 (3년)	섬기린초, 별개미취, 한라구절초, 철쭉, 잔디	붓꽃, 두메부추, 섬백리향, 애기기린초, 둥근잎평의비름, 땅채송화, 슬패랭이, 들나물, 줄사철	망초, 강아지풀, 바랭이, 도깨비바늘, 제비꽃, 말채나무, 쑥, 홍자단, 나리, 토끼풀, 이끼
구과발역 폭포	1998년 (8년)	없음	잔디	개망초, 강아지풀
황곡우체국	1999년 (7년)	둥근잎평의비름	땅채송화, 바위채송화, 들나물, 기린초, 섬백리향	망초, 강아지풀, 도깨비바늘, 엉겅퀴, 꽃마리, 인동덩굴, 서양민들레, 달맞이꽃

로 자리잡은 경관의 변화를 미적가치가 없는 공해요소로 인식하는 것이 문제였다. 이 견해가 유지되는 한 초지 지붕의 보급은 가능성이 희박하다고 판단된다. 그러나 전세계적인 온난화를 생태계 특히 수립의 복구에 의해서 치유해야 한다는 인식이 일반인들 사이에서 확산되고 있다.

꽃과 잎과 줄기가 아름답지 않더라도 이입종은 초장이 길어, 출현빈도 순으로, 키가 최고 망초 150cm, 강아지풀 70cm, 바랭이 70cm에 이르므로 좀 더 많은 탄산가스와 유해가스의 흡수, 산소의 방출, 우수의 저장과 증산, 소음과 분진의 흡수, 냉난방 에너지의 절약 및 동물에의 서식처 제공을 기할 수 있는 가능성을 가지고 있다. 여의도, 난지도, 선유도의 사례가 이 같은 인식의 전환을 보여준다. 서울시는 2003년부터 자동차전용도로변의 풀안락기 운동을 시행하고 있는데 시작이 시민의 민원이었다는 점은 의미하는 바가 크다. 반응이 '환경친화적이다'와 '지저분하다'로 양분되어 있다는 시직원의 증언은 인식의 전환점에 와 있음을 알 수 있고 서울시는 시설관리공단을 통해 이 운동을 계속할 방침인 것으로 알려졌다. 외국에서도 지붕에 이입하는 그 지방 식물을 자연스럽게 받아들이고 있고 이런 전통은 바이킹의 북토주택에서부터 북유럽의 초지 지붕까지 생태적 주거방식으로 이어져 오고 있다.

초지 지붕의 시공은 당해지역 생태계의 우점종을 시초에 식재하는 방식을 택함으로써 이입 문제 자체를 해소시키고 보급을 용이하게 하는 방향을 취해야 할 것으로 판단된다. 이입식물 외에 문제가 되는 것은 시공비용으로 2006년 현재 옥상조경시공업체에 의하면 초지 지붕 조성비용이 1m²당 40만원에 이르고 기존건물의 경우 이것은 순수부담이 된다. 경제적 능력이 부족하거나 단순히 무관심한 건물주에게 재정적 지원을 하여 초지 지붕의 보급을 진작시키면 바람직하고 서울시의 경우 36개소의 옥상녹화가 이미 공사비 1/2 지원프로그램에 의하여 완공되었다.

기조성된 20여곳의 초지 지붕 사례 중 대부분이 최근에 준공된 곳이라 시간의 경과에 따른 식생변화를 6곳의 사례에 의거해야함이 본 연구의 한계였다. 가장 오래된 초지 지붕이 구파발 폭포관리소로 준공 후 8년이 지났고 처음 식재된 식물은 바뀌었으나 토양이 망실되고 식물이 멸실된 사례는 없었다. 우리나라 지붕재의

교체연한이 20년 전후이므로 초지 지붕의 내구연한이 이를 상회하는지 모니터링을 계속해야 할 것이다. 현재의 건물들이 노후하여 새 건물을 지을 때에는 건축법을 개정하여 모두 500kg/m² 이상의 허용하중치를 갖는 중량형 옥상을 건설하고 교목, 관목과 초본류가 어우러진 명실공한 도시림을 조성하여 주변생태계를 징검다리로 연결하는 그린네트워크를 형성함이 바람직하다. 앞으로의 연구방향은 건축물이 초고층화하는 추세이므로 건폐율에 비례하는 옥상녹화의 한계를 너머 용적율에 비례하는 벽면과 실내의 녹화 기술개발이 필요할 것으로 예측된다.

주 1. 초지 지붕이란 건물의 지붕에 기와나 슬라브(slab) 방수막 대신 토양을 포설하고 초본류를 식재한 지붕을 말한다. 초지 지붕은 대별하여 경사지붕과 평지붕으로 구분할 수 있는바 평지붕의 경우는 슬라브의 평탄면에 초본류를 식재하는 것을 뜻하며 둘 다 이용보다 미기후개선, 생태계복원, 에너지 절약을 주목적으로 하는 것이다. 지붕이 옥상과 구별되는 점은 전자가 풍우를 막기 위한 건축물의 상부 외피로 경사면 또는 평면의 형태를 취하고 보수 외에는 사람이 올라갈 일이 없는 구조인데 반하여 후자는 계단이나 옥탑을 통하여 사람이 걸어 다닐 수 있는 평탄면이다. 기후로부터 건물을 보호하는 기초기능 외에 건물의 허용하중 범위 내에서 정원, 경작, 야적 등의 기능을 수행할 수 있는 건물의 상부 외피로 높이 1.1m의 파라пет(parapet)으로 둘러쌀 것을 규정하고 있다. 지붕은 경사지붕과 평지붕 외에 여러 개의 경사면과 평면이 조합된 다양한 형태와 평면이 굽은 곡면지붕이 있다. 현재의 기술로는 경사 45° 이내의 경사지붕과 곡면지붕은 초지의 피복이 가능하다.

인용문헌

1. 고주련, 김동엽(2001) 옥상녹화가 미세기후형성에 미치는 영향. 한국조경학회 2001년 추계학술논문발표회 논문집, pp. 31-34.
2. 김인혜, 허무룡, 허근영(2005) 국내에 도입된 *Sedum album* L.의 생육특성 및 저토심 옥상 녹화시스템에 관한 연구. 한국조경학회지 33(5): 69-82.
3. 김현수, 강재식, 변혜선(1999) 옥상녹화시스템의 개발과 열성능에 관한 기초연구. 대한건축학회논문집 계획계 15(3): 127-134.
4. 서울대환경대학원(2000a) 옥상녹화의 사례·성능·공법의 적용. 옥상녹화연구회 세미나Ⅱ 자료집.
5. 서울대환경대학원(2000b) 옥상녹화의 현재와 미래. 옥상녹화연구회 세미나Ⅰ 자료집.
6. 서울대환경대학원(2001) 옥상녹화관련제도과 기술. 옥상녹화연구회 세미나Ⅲ 자료집.
7. 서울시립대환경생태연구원(1996) 인공토양 파라소 사례연구를 통한 인공지반의 적정수준선정 및 관리방안. 삼손 중앙기술

- 연구소 보고서.
8. 서울특별시(2000) 건물옥상녹화 학술용역. 한국건설기술연구원 보고서.
 9. 안원용, 김동엽(2001) 옥상녹화후 인공토양의 이·화학적 특성변화. 한국조경학회지 28(6): 77-83.
 10. 양병이, 김현수(2005) 인공지반녹화 아카데미 교재. 서울: 한국인공지반녹화협회.
 11. 이기영(2006) 지구가 정말 이상하다. 서울: 살림.
 12. 이동근, 오승환, 윤소원, 장성완(2006) 옥상녹화 조성지역 및 실험구조상에 따른 온도 특성에 관한 연구. 한국조경학회 2006 추계학술논문발표회 논문집, pp. 62-65.
 13. 이상태, 김진선(2004) 식재블록을 이용한 옥상녹화에서의 냉방기 열환경 개선효과. 한국조경학회 추계 학술논문발표회 논문집, pp. 98-100.
 14. 최희선, 김귀곤, 홍수영(2004) 도시생태네트워크 측면에서의 옥상녹화입지를 위한 목표종 선정에 관한 연구. 한국조경학회지 32(3): 18-31.
 15. 최희선, 이상수, 이용범(2000) 옥상정원에 이용가능한 혼합인공토양의 종류 및 토심에 따른 비비추의 생육반응. 한국조경학회지 29(3): 46-54.
 16. 최희선, 홍수영, 김귀곤, 양병이, 오휘영(2003) 서울시청 옥상정원 '초록뜰' 모니터링을 통한 식재식물과 이입식물의 관리방안에 관한 연구. 한국조경학회지 31(3): 114-124.
 17. 허근영, 김인혜, 강호철(2003) 저토심 옥상녹화 시스템에서 돌나물(*Sedum sarmentosum*)의 생육에 대한 인공배지종류, 토심, 그리고 배수형태의 효과. 한국조경학회지 31(2): 102-112.
 18. 현대건설기술연구소(1997) 인공지반 조경녹화기술에 관한 연구. 성균관대 생명지원과학연구소 보고서.
 19. 東京新宿區區廳(1994) 都市建築物の緑化手法. 東京: 彰國社.
 20. 日本都市緑化技術開發機構(1995) Neo Green Space Design 1. 東京: 誠文堂.
 21. 日本都市緑化技術開發機構(1996) Neo Green Space Design 2. 東京: 誠文堂.
 22. Flannery, T.(2006) The Weather Makers. 이한중(역), 기후창조자. 서울: 황금나침반, 2006.
 23. Gore, A.(2006) An Inconvenient Truth. 김명남(역), 불편한 진실. 서울: 좋은생각, 2006.
 24. Posner, R.(2004) Catastrophe. 김소연(역), 대재앙. 서울: 말글빛냄, 2006.
 25. Hunter, R.(2005) Confronting Thermageddon in Our Lifetime 2030. 김희(역), 2030기후대습격. 서울: 달팽이출판사, 2005.
 26. http://www.ccrkorea.co.kr/project__roof__yuido.htm
 27. http://www.ccrkorea.co.kr/project__roof__nanjido.htm

원 고 접 수: 2006년 12월 14일
 최종수정본 접수: 2007년 2월 1일
 3 인 의 명 심 사 필