

**인공습지 조성후 생물다양성 증진 효과에 관한 연구\***  
 -서울공고 생태연못을 중심으로-

김귀곤\* · 조동길\*\*

\*서울대학교 조경학과

\*\*서울대학교 대학원 협동과정 조경학전공 박사과정

**The Effects of the Biodiversity Increase after  
 Creation of the Artificial Wetland**  
 -The Case of Ecological Pond at Seoul Technical High School-

Kim, Kwi-Gon\* · Cho, Dong Gil\*\*

\*Dept. of Landscape Architecture, Seoul National University

\*\*Ph D. Program in Landscape Architecture, Seoul National University

**ABSTRACT**

The purpose of this study is to evaluate the creation techniques of artificial wetland, one of biotopes developed to promote biodiversity in urban areas, and to look for improvement steps.

Specifically, artificial wetland creation techniques were categorized into living environment and living creature classification. Being living conditions for creations, habitat environment was reviewed with a focus on water and soil environments. Living creatures were classified into plants, insects, fish, and birds.

The evaluation of creation techniques was done in post-construction evaluation while considering the creation of habitats for living creatures. Intervention by users, changes in living environment and living species, and relevance of creation techniques were reviewed. Key results of this study are as follows.

(1) Water environment for the living environment of creatures provides a suitable environment conditions for the living of creatures through a process easing the use of piped water. Various water depths and embankment appear to have a positive impact on the living of aquatic life. In particular, embankment covered in soil naturally played an important role as a place for the activities of aquatic insects and young fish as well as the growth of aquatic plants.

(2) Various aquatic and ground plants to promote insect-diversity, shallow water, and old-tree logs had

\* 본 연구논문은 G-7과제 '도시지역에서의 효율적인 생물서식공간 조성기술 개발'의 일환으로 수행되었음.

contributed greatly in increasing the types and number of insects. Aquatic insects were seen much particularly in areas where aquatic plants are rich but water is shallow than any other areas.

(3) A space piled with stone to provide habitats for fish was not much used. However, it was observed that fish used embankment built with natural stones and embankment using logs in areas where water is deep. In addition, it was confirmed that 1,500 fish that had been released propagated using various depths and places for birth.

(4) It was analyzed that techniques (creation of island, log setting, and creation of man-made bird nests) to provide habitats and to attract birds are not serving their roles. In such a case, it is believed that species had not increased due to the smallness as well as isolated features of the area. Based on theoretical review, they are judged to be areas that are likely to be used when a greater variety of birds is introduced. It is judged that attracting and keeping more birds at the site, such spaces need to be linked systematically in the future in terms of building eco-network while ensuring an adequate living areas.

(5) In the study areas, users intervened greatly. As a result, a blockage was created preventing the normal growth of plants and non-indigenous plants were introduced. In order to limit the intervention by users, setting enough buffer zones, and environment education programs were urgently required.

*Key Words* : urban ecology, artificial wetland, biotope, biodiversity

## I. 서론

### 1. 연구의 배경

인간을 중심으로 편리한 생활공간을 조성하기 위한 개발은 도시환경을 야생생물이 서식할 수 없는 황폐한 환경으로 변형시켜 왔다. 이러한 공간은 기존에 서식하던 생물종을 외부지역으로 이주시켰을 뿐만아니라 도시지역내에서 존재하고 있는 생물종에게는 서식에 위협을 주고 있다.

위와 같이 단순해진 환경을 개선하기 위해서 국외에서는 도시내 생물다양성의 증진 및 도시생태환경의 개선을 위하여 생물다양성이 높게 나타나는 습지를 도입하려는 시도가 상당히 많이 이루어져 왔다. 특히, 영국에서는 생태공원의 조성을 통하여 그 내부에 습지공간을 조성하고 있으며, 일본에서는 각 학교를 중심으로 잠자리 연못이라는 특정화된 목표종을 대상으로 한 습지를 조성하고 있다(서울대학교, 1997).

외국에서는 생물서식공간을 조성하기 위한 움직임이 대략 20여년 정도 우리보다 앞서서 시작되었는데 국내에서는 매우 최근의 일로 보인다. 따라서, 우리나라에서 생물서식공간을 조성한 사례 특히, 도시지역에서

인공습지를 조성한 사례는 찾아보기 힘들다. 다만, 기존의 연못조성기법을 탈피하여 자연성을 도입하려는 시도가 이루어지고 있어 과도기적 단계라고 볼 수 있다.

일산호수공원과 같은 경우에는 자연생태계의 개념을 도입하였다고 하지만, 조성후 3년이 지나도록 도입된 식물이 제대로 정착하지 못하는 등의 문제점을 가지고 있다. 여의도공원의 생태연못은 사람의 이용과 야생생물의 도입을 위한 갈등을 보여주고 있는데, 호안에 인접된 보행로와 단순한 호안처리기법 등 아직까지 실제 조성하는데 있어 많은 어려움을 겪고 있는 것을 볼 수 있다. 위와같은 국내현황은 아직까지 생물서식공간을 조성하기 위한 기법의 부재와 검증 및 효과에 대한 연구자료의 부족에 기인하고 있다고 볼 수 있다.

따라서, 본 연구는 실험적으로 조성된 인공습지를 대상으로 한 평가에 바탕하여 우리나라 환경에 적합하면서 실제적인 적용에서 필요로 하는 기법을 제공해 주고자 한 것이다.

### 2. 연구의 목적 및 의의

이 연구는 다음과 같은 목적을 가지고 있다.

인공습지 조성전·후의 서식환경 변화에 따른 생물종 조사 및 분석을 토대로 하여 조성기법에 대한 효과를 살펴보는 것에 주된 목적이 있다. 아울러서 적용된 기법의 문제점과 개선방안을 제시함으로써 효율적인 생물서식공간을 조성할 수 있는 방안을 제시하였다.

이러한 연구는 앞으로 인공습지를 조성하려는 지방자치단체나 시공하는 이들에게 우리나라의 도시환경에 적합한 인공습지 조성기법을 제공할 수 있다는데 의의가 있을 것이다.

## II. 연구사

생태계획공간의 조성후 평가는 그 목적에 있어서 생태계 복원을 위한 시도가 얼마만큼 효과를 나타내는지 살펴보는 것과 같다고 할 수 있다. 아직까지 우리나라에서는 이렇다할 방법론이 제시되지 않고 있는데, 외국의 경우에는 복원이나 회복(rehabilitation) 계획 등을 수행한 후에 평가하기 위한 기준을 설정하여 적용하고 있다(Ewel, 1987; Lamb, 1988). 그러나, 외국의 경우에도 구체적으로 계량화된 기준의 제시가 아니라 대부분 평가요소만을 제시하고 있는 실정이다.

실제로 복원계획을 평가한 사례에 근거하여 평가요소를 도출해 보면 대부분 생물종의 변화에 기초한 것이 많다. Mancini(1989)는 복원계획의 평가를 위해서는 역사적인 자료(historical data)의 수집이 중요하다고 제시하였다. 또한, 미국 워싱턴주의 교통국에서는 식물의 생존량과 성장량을 제시하였는데, 여기서 관찰한 것은 식물피도와 증조합이었다(Miller, 1988). 미국 플로리다 지역에서 수행된 Agrico Swamp Restoration Project에서는 종 풍부성, 식물의 피도, 생존량, 성장량 등을 조사하였다(Erwin, 1986).

생물서식공간 조성후 평가 및 효과검증과 관련한 연구로 森清和(1997)는 도시지역에서 조성된 잠자리 서식공간이 생물개체수의 증가와 함께 생물다양성이 크게 증가하였음을 보고하였다. Tilton(1995)은 자연식생으로 잘 조성된 호소나 하천의 호안은 새와 포유류, 양서류·파충류가 그렇지 않은 호안에 비해서 월등히 많았음을 보여주고 있다.

도시환경에서 생물종 보호를 위하여 서식처 조성후 지속적인 유지를 위한 관리방안과 관련한 연구로

Adams(1994)는 도시지역에서 효율적인 야생생물의 관리를 위하여 식생·물의 관리와 함께 인간행위를 관리하는 방안을 제시하였다. Chovanec(1994)는 도시의 레크레이션 지역에서 양서류와 잠자리의 서식처를 조성하기 위한 연구를 통해서 도입종에 맞는 생태적 설계와 함께 관찰자로부터의 간섭을 최소화하기 위한 방안을 제시하였다. Andrews(1995)는 자연 및 도시지역에서의 수체(waterbody)에 서식하는 야생생물에 영향을 주는 요인을 영양물질, 수심과 파동(fluctuation), 바람 등을 들면서 동·식물의 관리방안을 생물분류군별로 제시하였다.

국내의 경우에는 앞서 언급한 것처럼 도시내 인공습지 조성을 사례로 한 경우는 전무하지만, 이와 유사한 방향에서 연구를 수행한 것으로 김세천 등(1997)은 덕진공원에 서식하는 생물의 서식현황에 기초하여 관리방안을 제시하였다. 또한, 전승훈 등(1998)은 여의도 셋강 생태공원의 조성전·후의 생물상 변화내용을 바탕으로 한 관리방안을, 최병연(1998)은 이용행태에 바탕을 둔 관리·운영방안을 제시하였다.

## III. 연구의 범위 및 방법

### 1. 연구 범위

#### 1) 내용적 범위

본 연구는 도시지역에서 생물다양성 증진을 위해 조성할 수 있는 소생태계 유형 중에서 인공습지를 대상으로 하였다.

연구내용은 크게 두 가지로 분류할 수 있는데, 첫째가 도시지역에서의 인공습지 조성기법 효과를 살펴보기 위한 이론적인 연구이다.

둘째로, 인공습지 조성기법이 실제 적용된 사례연구 대상지에서 조성기법의 적용현황을 살펴본 후에, 조성전·후의 서식환경과 생물상 변화 내용을 관찰·분석하였다. 이의 내용을 바탕으로 적용된 기법들이 갖는 효과와 문제점 등을 제시하고, 복원생태학의 관점에서 개선하는 방안을 제시하였다.

#### 2) 공간적 범위

도시지역에서 생물다양성 증진을 위해 조성된 기법

의 증진효과를 살펴보기 위한 사례연구지역으로는 서울공업고등학교 교정내에 조성된 인공습지를 선정하였다. 서울공고 인공습지는 우리나라에서는 처음으로 도시지역에 소생태계를 조성한 곳이며, 인공습지를 조성하기 위한 다양한 시도가 이루어진 곳으로 연구의 가치가 높다고 할 수 있다.

## 2 연구 방법

1) 생물서식공간의 조성후 증진효과에 관한 평가방법 연구사에서 언급되었던 내용을 바탕으로 하여 본 연구에서 사용될 수 있는 요소들을 구체적으로 제시하면 표 1과 같다.

표 1. 생물서식공간의 조성후 평가요소

구 분		고 려 요 소
서 식 환경	대상지역의 서식 환경	• 조성전·후의 서식처면적 및 위치, 수환경, 토양환경의 변화내용 파악
	주변환경	• 대상지역을 중심으로 일정한 반경 내의 녹지 및 수환경 요소(토 지이용현황)
	이용자의 기호 및 행위에 의한 물리적 혼적 관찰	• 답압흔적(이용자들의 기호 및 행위패턴)에 따른 식물 및 곤충 등의 서식환경에 영향 정도 파악
생 물	대상지역내 생물 증 변화 현상	• 조성전·후의 동·식물상 변화내용
서식환경과 생물종의 상관관계		• 서식환경과 생물종간 상관관계성 규명

표 1은 생물서식공간의 평가에 있어서 소생태계를 조성하기 전과 조성한 후의 서식환경 변화와 그에 따른 생물종 구성의 차이를 조사함으로써 조성기법에 대한 효과를 파악해 보고자 한 것이다.

### 2) 사례지역의 연구방법

사례연구에서는 조성된 인공습지에 대한 현황조사 및 분석을 토대로 하여 조성기법의 평가와 개선방안을 제시하였는데, 주된 연구의 체계 및 흐름은 그림 1과 같다.

#### (1) 조사시기

서울공고의 서식환경 및 생물종의 조사기간은 조성 전인 1997년 4월부터 조성후인 1999년 6월까지로 총 27개월을 조사하였다. 조사기간은 인공습지 조성후 초

기모니터링을 위한 기간으로 조성전과 조성직후의 생물종 변화에 초점을 두었다.

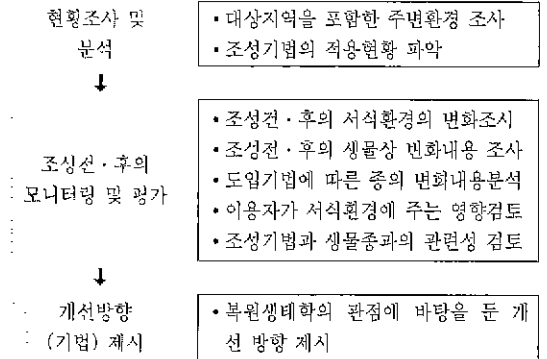


그림 1. 연구추진절차 및 방법

### (2) 서식환경 조사 및 분석 방법

서식환경에 대한 조사는 수환경과 토양환경을 중심으로 조사하였다

수환경 조사는 현장조사와 실내조사로 구분하여 실시하였는데, 수심은 연못내에 기준점을 설정한 후, 스태프를 설치하여 수위를 측정하였으며, 수면적은 현황 측량을 통하여 작성되는 연못의 표고·수면적곡선을 이용하여 산정하였다. 수질은 현장에서 측정되는 인자인 온도, DO, pH, EC 및 탁도는 유입구, 유출구, 연못내의 3개 지점에서 간이수질측정기를 이용하여 현장에서 측정하였다. 실내실험인자인 BOD, COD, SS, T-N 및 T-P는 위와 동일한 3개 지점에서 시료를 채취하여 실시하였다.

토양환경 조사는 조성후에 토양경도계와 간이토양측정기를 사용하여 생태연못내에서 두드러지게 눈에 띄는 답압지역을 대상으로 2회 실시하였다.

### (3) 생물종 조사 및 분석 방법

생물종 조사·분석은 수생식물, 육상식물, 수서곤충, 육상곤충, 어류, 조류, 포유류로 구분하여 수행하였다. 수생식물 조사는 수생식물과 식물군집의 변화내용을 중심으로 조사하였다. 식물종의 변화는 현장 관찰로 수행되고, 군집의 변화를 관찰하기 위해서는 별도의 방형구를 설치하여 조사하였다.

육상식물은 생태연못내 식재된 종의 적응 및 성장여부와 조성후 초기에 출현하는 식물종 조사를 중심으로 이루어졌다.

수서곤충은 D-형의 수중채집망 (망목크기 약 1mm)으로 이용하여 수체 및 바닥(약 0.5m<sup>2</sup>)을 교란하여 채집하였으며, 윤(1988, 1995), Kawai(1985), Merritt and Cummins(1996)에 따라 동정되었다. 또한, 수심, 수중식물, 수관개폐여부 등의 요인에 따른 수서곤충군집을 정성적으로 조사하였는데, 구체적인 조사지점은 아래와 같다.

- 지점 1 - 배수구 앞쪽 (수초가 없으며 수 심 약 40-50cm)
- 지점 2 - 중도 앞쪽 (줄 등의 수초지역으로 수 심 20cm 이하)
- 지점 3 - 파골라 좌측에 위치한 통나무 처리의 바깥쪽 (부들이 성기게 식재된 지역으로 수심은 30-40cm)

육상곤충 조사방법으로는 쓸어집기, 황색수반 등을 이용하였다.

어류·파충류 조사는 생태연못 조성후인 1998년 10월에 방사된 1,500마리를 대상으로 하였으며, 투망(망목 5mm×5mm), 족대(망목 0.4mm×0.4mm) 등을 사용하거나, 직접 서식상태를 육안으로 관찰하였다.

조류는 생태연못과 그 주변에서 관찰되는 종을 대상으로 하였으며, 조사는 아침시간에 주로 이루어졌으며, 평균 2개월에 1회 이상 조사하였다.

#### (4) 조성후평가 및 개선방안 제시

서울공고 생태연못의 조성후 평가를 통해 도출된 문제점을 개선하기 위한 방법으로는 복원생태학(restoration ecology)의 관점에서 제시하였다.

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 현황조사 및 분석

#### 1) 대상지역의 전반적인 환경현황

서울공고의 생태연못은 서울특별시 동작구 대방동 서울공고내에 위치한 것으로 1997년 7월까지의 자연석의 호안과 콘크리트 바닥으로 이루어진 전형적인 연못이었다. 그러나, 1997년 8월부터 생물서식을 위한 소생태계로 조성하기 위해 2개월간의 공사를 한 후에 현재까지 이르고 있다.

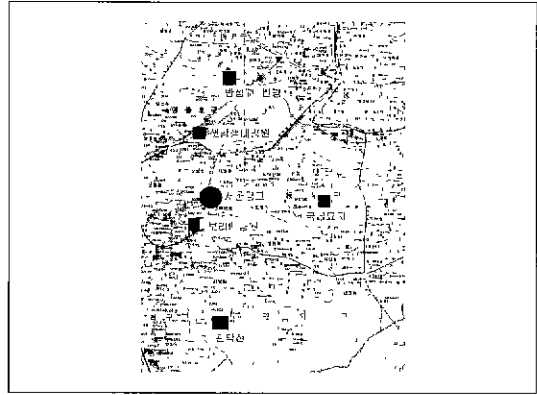


그림 2 서울공고 위치도

서울공고내에는 생태연못의 동측으로 잔디밭을 포함한 인공녹지가 위치하고 있으며, 서쪽과 남측으로는 운동장과 약간의 수목들이 식재된 녹지가 위치하고 있다. 생물종의 서식 및 이동의 관점에서 광역적으로 보면 인근지역은 주거지역이 대부분을 이루고 있으며, 대부분 아파트 단지와 학교지역이 위치해 있다.

종의 공급원이 될 수 있는 녹지는 2km 이내에 보라매공원과 셋강이 위치하고 있다. 그리고, 서울공고를 중심으로 반경 4km 이내에는 밤섬과 국립묘지현충원이 있으며, 5km 이내에는 관악산과 안양천이 위치하고 있다.

#### 2) 서식환경 조성현황

서울공고 생태연못은 조성전 170m<sup>2</sup>의 면적에서 조성후에는 480m<sup>2</sup>으로 증가하였다.

##### (1) 수환경

기존 연못의 수공급원은 상수를 이용하여 직접 연못내로 유입하였다. 이것은 상수내에 포함되어 있는 염소와 같은 물질이 그대로 유입함으로써 생물의 서식에 지장이 초래될 수 있었을 것이다. 생태연못으로 조성하면서는 기존의 입수구를 활용하되 연못내로 유입하기까지의 거리를 확보하여 그 과정에서 염소가 처리될 수 있도록 수생식물(부레옥잠, 고마리)을 도입하였으며, 저류지를 조성해 주었다.

출수구는 기존에 두 개에서 서쪽으로 옮겨 1개만 조성했으며, 일정 수고 이상이 되면 율류할 수 있도록 하였다.

수심은 기존에는 평균 72cm로 일정한 수심을 가진

데 비하여, 생태연못에서는 자연경사를 활용하여 최고 120cm에서부터 완만하게 변화될 수 있도록 하였다.

### (2) 방수 및 토양환경

조성전의 방수는 콘크리트 방수로 그 위에 약간의 흙이 있어 수련의 서식이 가능하였다. 생태연못으로 조성하면서는 소일벤토나이트(S/B) 방수층을 20cm로 한 후에, 그 위에 마사토 다짐을 15cm, 그리고 마지막으로 흙을 10~70cm 도입하였다.

또한, 조성전의 호안이 자연석 쌓기로만 되어 있었으며(그림 3-a), 이에 따라 식재할 수 있는 공간이 부족한 상태였다. 생태연못의 호안은 주어진 대상지의 환경조건에 따라 흙으로 자연스럽게 처리한 곳과(그림 3-b), 자연석 처리(그림 3-c), 통나무 처리(그림 3-d) 등으로 다양하게 조성하였다. 자연석 처리는 급경사인 곳에 조성하였으며, 흙으로 자연스럽게 조성한 곳은 수생식물을 도입할 수 있게 환경사로 조성하였다.



그림 3 생태연못 조성전·후의 호안 형태

### 3) 식물종 도입현황

기존 연못의 식물상은 자연석 쌓기와 콘크리트 바닥으로 인하여 수생식물이 매우 제한되어 식재되어 있었으며, 육상식물도 운동장과 연못의 완충지대가 거의 없어 식재할 공간도 매우 부족하였다. 중구성도 대부분

외래종이 지배적으로 식재되어 있었다. 또한, 기존 연못과 서측의 녹지가 격리되어 있어 실제 기존연못의 식생은 더욱 빈약하였다.

생태연못의 조성에 있어서는 기존의 수목종에서 거목에 해당하는 수양버들과 은행나무, 그리고 수생식물인 수련과 노랑꽃창포를 그대로 활용하였으며, 그 이외의 연못주변과 중도에 식재된 외래종은 제거하였다. 새롭게 도입된 수종은 31종이다(표 6).

식재기법은 지피식물 및 수생식물을 포함한 전수종을 균락으로 식재하는 것을 원칙으로 하였다. 식생구조에 있어서는 수직구조로는 지피→관목→교목으로 연결되는 다층구조로 조성했다. 수평구조로는 수중→수변·수생→육상식물로 이어지게 했는데, 이것은 물에서 물으로 자연스럽게 식물종의 생태적 특성에 맞추어 식재한 것이다. 이러한 특성은 그림 4-a에서 볼 수 있다.

특히, 수생식물의 식재에 있어서 식물의 과다성장을 막기 위해 수련은 pot식재를 하였으며, 애기부들은 식재지 주변으로 통나무처리를 하였다(그림 4-b). 이러한 기법들은 수생식물의 지나친 성장으로 수면이 메워짐으로써 수면이 축소되는 것을 방지하기 위한 것이다.

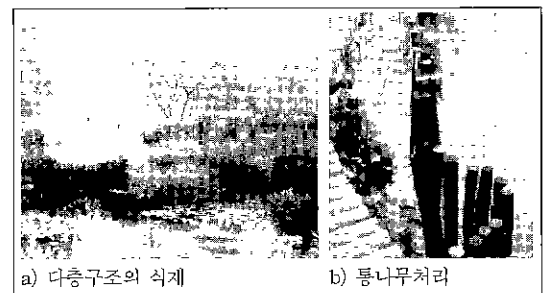


그림 4 생태연못의 식물 식재 방법

#### 4) 등물 유인 및 서식을 위한 기법적용 현황

곤충의 유인 및 서식을 위한 기법으로는 수서곤충을 위해서 수변식물을 다양하게 식재해 주었으며, 육상곤충을 위해서 교목과 나무가지를 활용한 다공질 공간을 제공하였다.

어류의 경우에는 기존에 존재하던 이스라엘잉어 및 금붕어 등은 소생태계를 교란하는 종이므로 제거한 대신에 국내 고유어종이면서 생태연못내 인위적인 어류 도입시 초기단계에 먹이사슬과 주변환경의 완성도를

고려하여 소형어종인 참붕어, 송사리 등을 도입하였다. 이렇게 도입된 어류의 서식을 위해서 겨울철의 동결심도를 고려한 1m이상의 수심을 확보하였으며, 돌쌓기를 하여 은신처를 제공하였다.

조류 서식을 위한 기법으로는 다층구조화의 식생구조와 함께 중도를 조성해 주었으며, 인공새집을 4개소 설치해 주었다. 또한, 연못내에는 통나무 박기를 하여 조류를 포함한 곤충류의 쉼터를 제공하고자 하였다.

5) 생태연못의 관찰 및 교육을 위한 시설

생태연못의 관리 및 관찰·교육을 위해서 데크와 안내판을 설치하였는데, 데크는 연못의 북동쪽 가장자리에 위치하고 있으며, 한곳에서만 습지를 조망할 수 있도록 하였다

2. 모니터링 및 평가

1) 수환경

(1) 조사 및 분석결과

인공습지의 수량공급은 상수도로부터 일정량이 유지·공급되고 있으며, 강우시에는 연못면적에 해당하는 유역에서만 우수가 공급되고 외부의 자연적인 유입이 거의 없는 상태로 파악되었다. 공급되는 수량은 곧바로 300mm의 유출관을 통하여 유출되므로 연못내에서 수위변화는 거의 없었다.

유입구, 유출구 및 습지대를 대상으로 한 수질측정 결과 조성전에 비하여 향상된 것으로 나타났다(표 2).

(2) 조성기법과의 관계성

현재까지 서울공고의 수질은 기존연못에 비해서 향상된 것으로, 이것은 상수를 지속적으로 공급하면서 수질처리를 하기 위한 기법이 어느 정도 효과를 나타낸 것으로 보인다.

그러나, 주변 도로에서 기름층 유입 및 운동장으로 부터 먼지 유입은 대상지 선정에서 충분히 고려되지 못한 것으로 판단된다. 이것은 대상지역의 선정과정과 완충식재의 중요성을 나타내 주는 결과라고 볼 수 있다.<sup>3)</sup>

2) 토양환경

(1) 조사 및 분석결과

대상지역에서 식물의 성장 및 분포, 외래식물의 유

표 2 생태연못 조성 전·후의 수질조사결과

월일	위치	수 질 상 태								
		온도 (°C)	DO (ppm)	pH	EC (ms/cm)	탁도 (ppm)	BOD (ppm)	COD (ppm)	SS (ppm)	T-N (ppm)
5.25	#2	19.2	6.6	6.61	0.1	264	6.5	20.5	8.0	1.166
1997. 6.18	#1	23.9	4.6	6.24	0.1	238				
	#2	24.3	5.6	6.20	0.1	288	6.3	17.0	3.5	1.17
	#3	24.4	4.5	6.22	0.1	288				
1997. 7.22	#1	24.8	4.8	6.21	0.2	288	6.5	20.0	5.3	1.161
	#2	25.1	5.2	6.25	0.2	291	6.7	19.0	5.1	1.153
	#3	25.2	4.7	6.24	0.2	290	6.7	21.0	5.5	1.157
1997. 10.22	#1	17.6	10.48	4.69	0.2	242				
	#2	17.8	10.22	4.74	0.2	236	2.4	2.1	14.3	0.56
	#3	18.0	10.87	4.20	0.2	248				
	표면						44.6	240	663	2.8
1998. 5.31	#1	20.4	6.7	6.46	0.1	280	6.5	18.5	7.5	1.15
	#2	21.0	6.7	6.45	0.1	274	6.7	18.0	7.2	1.15
	#3	20.9	5.8	6.46	0.1	278	6.5	18.0	7.3	1.15
1998. 6.11	#1	21.6	6.5	6.50	0.1	281	6.2	15.1	8.1	1.12
	#2	21.5	6.8	6.50	0.1	275	6.5	14.7	8.5	1.12
	#3	21.6	6.8	6.50	0.1	277	6.5	14.3	8.4	1.12
1998. 7.1	#1	21.8	6.3	6.52	0.1	295	5.7	16.2	6.2	1.05
	#2	22.2	6.5	6.52	0.1	297	5.3	13.4	6.5	1.05
	#3	22.2	6.3	6.51	0.1	297	5.4	14.4	6.6	1.05
1998. 8.27	#1	23.1	6.2	6.62	0.1	287	6.3	15.5	8.4	1.15
	#2	23.2	6.7	6.57	0.1	288	6.7	14.8	8.3	1.17
	#3	23.2	6.8	6.57	0.1	291	6.4	15.1	8.1	1.17
1998. 9.16	#1	21.5	6.5	6.55	0.1	283	5.9	12.2	7.7	1.12
	#2	21.5	6.8	6.55	0.1	285	5.6	13.8	7.8	1.05
	#3	21.5	6.8	6.58	0.1	290	5.7	12.5	7.1	1.05
1998. 10.14	#1	20.4	5.8	6.62	0.1	285	4.5	9.2	8.7	0.92
	#2	20.4	6.4	6.69	0.1	292	4.2	13.0	9.1	0.95
	#3	20.4	8.6	6.79	0.1	290	4.8	13.0	8.8	0.95

입은 대부분 이용자들의 답압에 의한 토양 경화에 따른 것으로 판단된다.

조사결과 답압로 지역은 식물성장이 매우 불량하게 나타났는데, 이것은 식물이 성장하는데 있어서 토양경도가 토양 pH나 수분보다도 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났다(표 3). 또한, 답압지역은 토양경도가 높아지면서 식재된 수종이 제대로 성장하지 못하고 망초, 개망초, 서양민들레 등 귀화식물이 매우 빠르게 도입되었다.

(2) 조성기법과의 관계성

답압로는 생태연못내로 들어가는 학생들과 지역주민들(특히, 어린이)에 의한 것이다. 답압로는 크게 두 가지로 구분할 수 있는데, 운동장측과 도로측에서 진입함으로써 형성된 곳과 호안을 따라서 형성된 곳이다. 전자의 경우에는 비교적 관목의 식재가 부족한 곳으로써 밀식 되지 않은 곳에서 발생한 것이다(그림 5-a). 후

자의 경우는 학생이나 어린이들이 물속의 생물에 관심을 가지면서 직접 가까운 곳에서 관찰하려는 행위에서 비롯된 것이다(그림 5-b).

그리고, 토양경화는 토양수분을 부족하게 함으로써 식물의 성장에 좋지 않은 영향을 주고 있다. 이것은 상층구조가 형성되어 초본식생층이 그늘진 곳에서는 토양수분이 마르지 않고 있어 지피식물의 성장에 큰 도움을 주고 있는 것과 상반되는 것이다.

3) 수생식물

(1) 조사 및 분석결과

① 식물상 변화

기존 연못과 그 주변에서 관찰된 수생식물은 총 4종

표 3. 생태연못의 토양조사결과

조사장소	토양경도(mm)	토양pH	토양수분
중도1	-	4.6	wet
중도2	12	5.2	wet
중도3	4	4.9	wet
갈대군락1	7	6.4	wet
갈대군락2	26	5.2	2.0
답압지1	25	6.8	1.0
답압지2	20	6.1	1.0
답압지3	31	-	-
답압지4	30.62	5.4	1.9
답압지5	28.90	6.4	2.8
답압지6	30.54	5.8	2.2
답압지7	33.90	5.8	1.0
절대군락	10.30	5.1	wet
영춘화군락	14.40	6.1	4.0
구절초군락	19.40	5.2	1.0
노랑꽃청포군락	17.30	5.0	1.0
은방울꽃군락	21.60	4.8	1.1
들단풍군락(성장양호)	17.70	7.0	1.0
들단풍군락(성장불량)	28.10	6.2	1.0

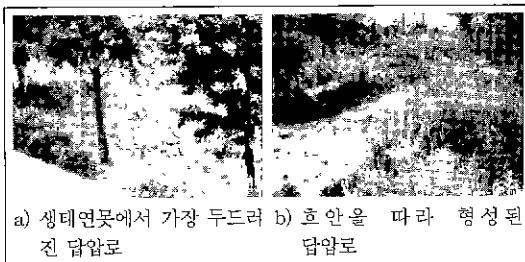


그림 5. 답압지역 현황

이었으며, 이중 수생식물이 2종, 습생식물이 2종이었다. 생태연못으로 개조된 직후인 1997년 10월의 수생식물은 총 19종이 발견되었는데, 수생식물이 12종, 습생식물이 7종이었다. 겨울철을 지낸 1998년의 생태연못은 5월에는 27종, 10월에는 24종이 관찰되었다. 1999년 5월까지의 총 23종이 관찰되었으며, 산팽이사초나 뚝사초 등이 새롭게 도입되었다(표 4).

② 수생식물 군집의 변화

생태연못내의 수생식물 군집의 변화는 생태연못 조성 직후에 비하여 1998년 5월에는 부엽식물인 수련과 미름이 정착하여 수면을 덮고 있었으며, 정수식물인 애

표 4. 조성전·후의 수생식물 변화내용

생활형	식물명	조성전	조성후			
			'97		'98	
			Oct.	May	Oct.	May
Floatingleaved macrophytes	수련	0	0	0	0	0
	미름*		0	0	0	0
Free-floating macrophytes	부레옥잠*		0			
	생이가래 개구리밥		0		0	
Submerged macrophytes	가래			0		0
Emergent macrophytes	골골 물닭개비	0		0	0	0
	미나리		0	0	0	0
	갈대*		0	0	0	0
	달뿌리풀		0	0	0	0
	벚풀		0			
	큰고랭이*		0	0	0	0
	세모고랭이*		0	0	0	0
	에기부들* 줄*		0	0	0	0
Hygrophytes	산팽이사초					0
	뚝사초					0
	방동사니		0		0	
	알방동사니		0	0	0	
	들피		0	0	0	
	물피					0
	쇠털골					0
	노랑꽃청포*	0	0	0	0	0
	바람하늘지기			0	0	
	하늘지기			0		
	긴병꽃풀					0
	길골풀			0	0	
	물억새*		0	0	0	0
	개구리자리			0	0	0
	속속이풀			0	0	
미국개기장			0	0	0	
길골			0	0	0	
고마리*		0	0	0	0	
수양개들*	0	0	0	0	0	
갯버들*		0	0	0	0	

주) \*표시는 식제종을 나타냄.



기부들은 왕성히 성장하여 통나무 말뚝을 넘어서는 경우도 발생했다. 또한, 입수부 부근의 지형 개조는 유입수의 우회를 가져와 물 길 주변에 고마리 군집이 넓게 분포할 수 있게 하였다. 한편, 중도를 중심으로 한 갈대 조성지는 수면에 가까운 부근으로 분포지가 축소되었고, 중도를 기준으로 수변부 북서 방향에 식재되었던 물억새 군락이 번성하여 갈대 조성지까지 침입하였으며 남동방향의 달뿌리풀 군락도 갈대 조성지를 침범하여 성장하였다.

전반적으로, 생태연못 조성후 1~2년 사이에 물억새, 수련, 갈대, 애기부들의 면적은 증가하였고, 달뿌리풀, 마름은 감소하였다(표 5).

표 5. 생태연못으로 조성후의 수생식물 군집변화 내용

군집	1997		1998					
	Oct. Area		Apr. Area		Jul. Area		Oct. Area	
	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%	m <sup>2</sup>	%
개방수면	197	49	123	33	110	32	91	27
부레옥잠	8	2						
돌피			13	4	12	3	13	4
노랑꽃창포	19	5	41	11	26	8	10	3
물억새	31	8	71	19	73	21	65	19
수련			39	10	36	10	41	12
고마리			13	4	12	3	13	4
갈대	51	13	29	8	47	14	53	16
달뿌리풀	70	18	46	12	42	12	55	16
큰고랭이	5	1	36	10	6	2	6	2
세모고랭이			5	1	5	1	4	1
마름			16	4	15	4	10	3
애기부들	19	5	41	11	26	8	10	3
총합	400	100	375	100	345	100	340	10

(2) 조성기법과의 관계성

수생식물의 경우 성장과 관련한 것은 수심과 가장 큰 관계를 가진 것으로 보인다. 대부분의 수생식물은 성장해 가면서 각자 자기의 서식조건에 알맞은 곳까지 분포해 감을 알 수 있었다. 특히, 중도에 조성된 갈대의 경우, 중도내에서도 성장력이 달라서 중도에 사용하였던 자연석을 낮게 조성해 주자 동등한 성장조건을 보였다. 이것은 물이 중도내에 어느 정도 유입된 것이 갈대의 성장에 기여한 것으로 판단된다.

애기부들은 매우 좋은 성장을 보였으며, 수면을 매우지 않도록 조성해 두었던 통나무 처리지역을 2-3개

채만 남고 나머지는 의도된 식재공간을 그대로 이용하였다(그림 6). 또한, 수련을 pot식재하였는데, 군락을 형성하면서 성장하였다.

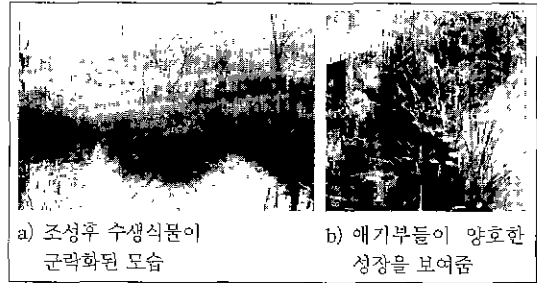


그림 6. 수생식물의 1998년 현황

4) 육상식물

(1) 조사 및 분석결과

서울공고내 육상식물은 기준수목 3종, 식재종 31종과 1997년 조성공사 이후에 출현한 종 17종, 1998년에 출현한 종 66종, 1999년 6월까지 새롭게 관찰된 7종을 포함하여 총 124종이 관찰되었다(표 6).

표 6. 생태연못의 식물상 조사결과

출현원	식물명	비고
기준수목	은행나무, 쥐똥나무, 개나리	3종
식재	상수리나무, 느티나무, 팽나무, 뚝련, 생강나무, 노루오줌, 돌단풍, 비위취, 말발도리, 조위나무, 산딸기, 쟁레나무, 산뽕나무, 산사나무, 침싸리, 등나무, 산초나무, 줄시칠, 보리수나무, 진달래, 매죽나무, 쪽등배나무, 잉춘화, 지변패랭이, 능소화, 헤비라기, 별개미취, 구절초, 은방울꽃, 잔디, 방동사니	31종
	1997년 출현종	줄참나무, 개갯쟁이, 땀이, 토끼풀, 썩어남, 산나무, 개머루, 미꽃, 질경이, 기장초, 민초, 숙, 시영민들레, 뽕리쟁이, 원추리, 포아풀, 쇠뜨기
1998년 출현종	노간주나무실생, 개수잉비들실생, 환산덩굴, 소리쟁이, 여뀌, 개여뀌, 머느리베짚, 미국저리공, 쇠비름, 버럭이자리, 집나도나뭇, 비록니물, 쇠별꽃, 밭꽃, 명아주, 쇠무릎, 땃원현호색, 디디빙이, 황새냉이, 줄말냉이, 꽃다지, 개소리쟁이, 지귀나무, 매듭풀, 세풀, 땅빈대, 가죽나무실생, 단풍나무실생, 노비덩굴, 담쟁이덩굴, 어저귀, 털채비꽃, 부처꽃, 봄맞이, 긴귀덩굴, 꽃마리, 배암차즈기, 쥐깨풀, 까마중, 주름잎, 빌목외풀, 개물안풀, 붉은서어나무, 종대가리굴, 한련초, 미국가막사리, 지칭개, 썩바귀, 썩솔바귀, 왕고들빼기, 가시상처, 옥잠화, 비짜루국화, 땃의정풀, 개피, 개밀, 실포아풀, 왕바랭이, 강아지풀, 수경아지풀, 바랭이, 참새피, 조개풀, 썩방동사니, 쇠방동사니, 애기허늘지기	66종
1999년 출현종	용비들, 아까시나무, 게을나무, 금활초, 자귀풀, 현호식, 박주자리	7종

자료 : 이영노, 1997. 원색한국식물도감



6) 육상곤충

(1) 조사 및 분석결과

생태연못 조성후인 1998년에 조사·동정이 완료된 종은 총 7목 22과 32종으로, 조성전에 비해서 23종이 증가하였다(표 8).

습지 위를 배회하는 잠자리과를 흔하게 관찰할 수 있었으며, 흑명나방과 목화명나방의 밀도 또한 획기적으로 증가하였다. 꽃등애류의 밀도도 좀더 증가하였고

표 8 1998년에 관찰된 육상곤충

목	과	학명	4/7	6/9	7/24	9/16
잠자리목	잠자리과	두점박이잠자리				○
노린재목	꽃노린재과	꽃머메꽃노린재			○	
	광초노린재과	족다리광초노린재				○
	긴노린재과	애긴노린재				○
	빙괴벌레과	버즘나무빙괴벌레	○	○	○	○
메미목	메미충과	부채날개메미충			○	
	메미과	참메미			○	
	진딧물과	자바꽃진딧물	○			
		버들성꼬리진딧물	○			
딱정벌레목	등맹이과	등얼룩뽕맹이			○	
	콩비구미과	팔바구미				○
	하늘소과	육점박이하늘소		○		
		공개미				○
벌목	개미과	일본왕개미	○	○	○	○
		고등배검명벌			○	○
	양봉꿀벌	○	○	○	○	
피리목	꽃등애과	베짱은꽃등애	○	○	○	
		알티허라꽃등애			○	○
나미목	명나방과	흑명나방				○
		목회명나방				○
	내밀나미과	내밀나미				○
	원나미과	메추원나미	○	○	○	○

인도볼록진딧물, 육점박이하늘소, 등얼룩뽕맹이 등도 관찰되어 1997년에 비해 곤충상이 풍부해졌다.

1999년 6월까지의 조사결과에서는 실잠자리류 1종, 귀뚜라미류 1종(약충), 모메뚜기류 1종(약충), 톱다리개미허리노린재, 무당벌레, 애남생이무당벌레 등 6종이 새롭게 정착한 종으로 조사되었다

(2) 조성기법과의 관계성

잠자리류는 휴식을 위해서 조성한 통나무 처리공간을 이용하는 것을 볼 수는 있었으나, 빈도는 낮았고 대부분 수초를 중심으로 하여 관찰되었다.

그리고, 생활사의 측면에서 생태연못내에서 산란하고, 빈태하며, 생활하는 것을 관찰할 수 있었는데, 이것은 잠자리의 경우에 한정해 볼 때 충분한 서식처가 되었다는 것을 증명한다고 볼 수 있다.

또한, 고목을 이용하여 곤충의 서식처를 제공하고자 하였던 기법은 육점박이하늘소를 관찰할 수 있는 기회를 제공함으로써, 보다 넓은 서식처에서 많은 다공질공간을 제공해 줄 때 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.

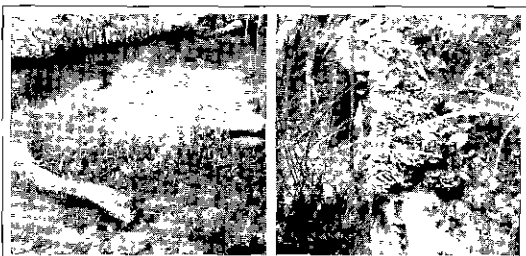
7) 어류·파충류

(1) 조사 및 분석결과

조성전에 학교측과 지역주민에 의하여 방사된 잉어와 붉은귀거북(청거북)은 생태연못에서는 잡식성이어서 여타의 소형어류를 잡아먹기 때문에 조성단계에서 인위적으로 제거하였다.

1997년 10월에 방사된 1,500개체 중에서 조사기간에 죽은 개체는 피라미 2개체를 비롯하여 6종 35개체였다. 이러한 치사율(2.3%)은 극히 적은 수치로서(표 9), 생태연못에 도입된 정확한 어종의 선정과 생태연못의 수질상태가 어류의 생존에 양호하다고 잠정적으로 판단할 수 있을 것이다.

파충류에 있어서 특이한 것은 붉은귀거북의 잦은 출현이다. 이것은 원래 생태연못으로 조성하면서 제거하였으나, 그 이후에도 계속 출현하는 것을 볼 수 있었다 이에 대한 원인은 집에서 기르던 것이 크게 성장하여 버릴 곳을 마땅히 찾지 못한 지역주민들이 이곳에 버린 것으로 추정하고 있다. 붉은귀거북은 외래에서 유입된 종으로 생태연못내에서 물고기를 포함하여 다른 생물들을 포식하게 됨으로써, 소생태계에 큰 교란을 가져와



a) 수서곤충이 가장 많이 발 b) 육점박이하늘소가 관찰된 지점 2

그림 8. 곤충의 주요 서식처

표 9 생태연못 조성전 · 후의 어류 및 파충류 조사결과

분류군	조성전	조성 단계	조 성 후		
			방사종	개체수 변화	
				방사시	죽은개체
어류	이스라엘잉어	제거	피라미	200개체	2
	금붕어	제거	비둘치	100개체	2
			참붕어	50개체	12
			각시붕어	500개체	3
			흰줄납줄개	100개체	4
			납자루	550개체	12
파충류	붉은귀거북	제거	인위적인 방사에 의해 일시적 출현한 것을 지속적으로 제거		

서, 먹이연쇄 구조에 피해를 줄 수 있는 종으로 지속적으로 제거하였다.

(2) 조성기법과의 관계성

어류의 서식처 조성을 위해서 들쭉기를 한 공간은 별로 이용하지 않는 것으로 조사되었다. 그러나, 어류가 빈번하게 관찰되는 곳은 테크 아래 부분에서 자연적으로 경사처리한 곳, 통나무 호안처리를 한 곳 순으로 관찰되었다.

테크 아래 부분에 어류가 가장 빈번하게 출현하는 것은 깊은 수심과 자연석 호안을 서식처로 이용하는 이유도 있겠지만, 학생들이나 어린이들이 과자를 먹으면서 부스러기를 투입해서 상대적으로 먹이가 풍부해졌을 가능성도 있을 것으로 판단된다.

한편, 납자루와 흰줄납줄개는 이때패류(말조개)가 없으면 신란을 할 수 없으므로, 납자루류의 신란시기에 맞추어 1998년 4월에 80개체의 말조개를 생태연못에 방사하였는데, 그 이후 치어의 발생을 확연히 관찰할 수 있었다. 이러한 치어는 초기에는 얕은 수심에서 서식을 하면서 생활하다가 점차 성장해 가면서 수심이 깊은 곳으로 이동하는 것을 관찰할 수 있었다.

8) 조류 및 포유류

(1) 조사 및 분석결과

서울공고 생태연못내의 조류의 조사결과, 조성전과 조성후의 종변화는 차이가 없었다. 관찰된 조류는 참새, 집비둘기, 까치 3종으로 이러한 종은 도시지역에서도 쉽게 관찰할 수 있는 종들이다. 다만, 조성전과 비교하여서 그 개체수의 차이만 있을 뿐이다(표 10).

이것은 생태연못이 소규모이면서 외부에 직접적으로

표 10 생태연못 조성전 · 후의 조류 조사결과

구분	조성전		조성후								
	97.5	97.7	97.10	98.2	98.4	98.6	98.8	98.10	99.3	99.4	99.5
집비둘기	31	28	40	32	26	32	30	36	18	22	24
참새	19	26	106	14	15	18	16	16	26	31	27
까치	-	2	4	3	4	4	4	8	2	4	1
소계	50	56	150	49	45	54	50	60			

노출되어 사람들의 간섭이 심하게 나타나는데 원인이 있는 것으로 보고 있다. 그러나, 주된 이유는 대상지역의 고립성으로 판단되는데, 주변에 종의 공급원이 될 수 있는 서식처가 부재하기 때문이라고 할 수 있을 것이다.

포유류의 경우에는 집쥐가 발견되었는데 주로 수변가에서 관찰되었으며, 이곳에서 서식하는 것으로 판단되었다. 집쥐는 포유류이기는 하지만, 소생태계를 교란하는 종이 아니므로 서식처에 큰 영향은 없을 것으로 판단된다.

(2) 조성기법과의 관계성

조류를 위한 서식처 제공기법으로는 중도의 조성과 인공새집의 조성, 횃대(통나무 박기) 조성으로 구분해 볼 수 있는데, 이러한 공간은 전반적으로 이용빈도가 낮았다. 특히, 인공새집과 중도의 경우에는 그 흔적을 찾아볼 수 없었으며, 횃대의 경우에는 간혹 참새나 비둘기가 이용하는 광경을 관찰할 수 있었다.

조류의 경우 주요 서식처로 이용한 곳은 기존에 식재되어 있던 통산쪽으로 이곳은 밀식된 수림과 다층구조를 이루고 있으며, 사람들로부터 간섭을 덜 받는 곳이다(그림 9).

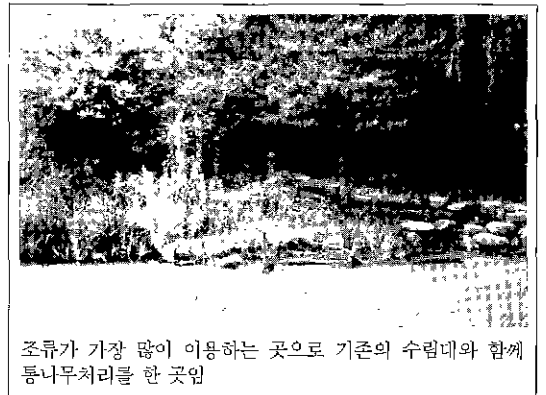


그림 9 조류위 주요 이용공간

또한, 여름철에는 들쭉기를 한 곳 주변에서 조류들이 목욕을 하기 위해 모여있는 광경을 쉽게 찾아볼 수 있었다.

9) 관찰시설 이용

생태연못에 조성된 관찰데크는 파골라와 함께 그 기능을 충실히 하고 있으나, 좀 더 수변의 식물과 수중생물을 관찰하기를 바라는 이들에 의해서 생태연못 내에는 많은 답답이 이루어진 상태다.

10) 종합평가 및 분석

생태연못으로 조성하면서 다양한 식물의 도입과 호안 처리, 수심 제공 등의 기법으로 인해서 환경에 적응해서 군락을 이루어가는 식물과 함께 곤충류가 확연히 증가했다. 또한, 어류는 안정적으로 서식하는 것으로 판단할 수 있었다. 그러나, 조류의 경우에는 별다른 종의 변화가 없는 것으로 나타났다. 이러한 원인은 조류의 서식을 위해서는 보다 넓은 서식처가 필요하며, 종이 유입될 수 있는 근원지가 부족한 것으로 판단되고 있다.

표 11은 조성전의 연못과 생태연못으로 조성된 후의 서식환경과 생물종의 변화내용을 종합한 것이다.

서식환경과 생물종과의 관계 즉, 서울공고 생태연못

표 11 조성전·후의 서식환경 및 생물종 변화 총괄표<sup>\*)</sup>

구분	조성전 (~978)	공사적후 (9710)	조성후 (9710~9810)	조성후 (~996)	변동사항 (조성전과986)
면적	170㎡(51평)		480㎡(145평)		310㎡증가
수면적	84㎡		96.8㎡		12.8㎡증가
수심	72cm(평균)		0~120cm		50cm증가
빙수	큰크리트		소일엔토나이트		
식물	수생 4종 육상 8종 소계 12종	19종 51종 70종	28종 117종 145종	23종 124종 147종	19종증가 116종증가 135종증가
곤충	수서 3목3종 육상 4목7과9종	-	5목13종 7목22과32종	6목19종 8목38종	16종증가 29종증가
조류	3종	3종	3종	3종	없음
어류	각시붕어 이스라엘잉어 금붕어	각시붕어 함붕어 흰줄납자루 납자루 피라미 비둘치	납자루를 포함한 어류의 산란 및 번식 확인		국내 자생어 종으로 교체
파충류	붉은귀거북	(붉은귀거 북제기)-	(붉은귀 거북제기)-	(붉은귀 거북제기)-	(붉은귀거북 제기)-
포유류	-	-	집쥐	집쥐	1종 증가

의 기능적인 측면에서 고찰해 보면, 조성전과 비교하여 조성후 증가한 수생 및 육상식물과 수환경의 요인으로 곤충류가 증가한 것을 볼 수 있다.

또한, 복원된 습지의 성공여부를 평가하기 위한 방법으로써 사용되고 있는 먹이연쇄<sup>9)</sup>의 차원에서 보면, 조성전은 생태계 교란종인 어류 및 파충류가 있었을 뿐만 아니라 곤충류의 서식기반이 되는 식물이 매우 부족하여 안정적인 구조를 가지지 못했다. 조성후의 경우에는 생태계 교란종이 제거되고, 다양한 식물의 도입으로 곤충류의 증가를 가져왔으며, 거미류와 포유류인 집쥐가 서식하는 것을 관찰할 수 있었다. 이러한 구조는 좀 더 먹이그물망을 복잡하게 하고 있으며, 안정적인 구조를 이루기 위한 단계(안정화 단계)인 것으로 파악할 수 있다.

서울공고 생태연못의 가장 큰 문제점으로는 도시지역에서 흔히 발생하는 인간에 의한 간섭이다. 인간간섭에 의한 외래종의 침입 및 생물종의 은신처를 확보하지 못한 것이 주된 문제점이라고 볼 수 있다.

3. 개선 및 관리 방안

1) 서식환경 개선을 위한 기초이론

서울공고의 인공습지는 도시지역에서 기존의 연못을 개선하여 새롭게 습지를 조성한 것으로 습지복원(wetland restoration)에 해당한다(Mitsch et al., 1992).

이 연구에서는 서울공고 인공습지에서 보다 다양한 생물이 서식할 수 있는 서식처를 제공하기 위한 개선방안을 제시하는데 있어서 복원생태학의 원리를 바탕으로 제시하였다.

복원생태학<sup>10)</sup>에서 제시하는 생물다양성 증진의 기본 원리는 서식처를 다양하게 조성해 주면 야생생물의 다양성 역시 증가하게 된다는 것으로 볼 수 있다(Granyson et al., 1999). 한편, 경관생태학에서는 생물다양성 증진을 위해 6가지 원리만을 제안하였지만, 복원생태학에서 제안하는 생물다양성 증진 원리는 앞서 언급한 공간측면에서의 원리를 포함하면서, 군락측면에서의 생물다양성 증진을 위한 5가지 원리를 제안하였다(Donald Harker et al., 1993).

이 다섯가지의 원리에 바탕을 두면서 서울공고의 인

공습지에서 각 생물분류군별로 생물다양성 증진을 위한 개선방안을 제시하였다.

#### 2) 육상곤충의 서식환경 개선방안

서울공고 생태연못의 육상곤충은 그 수의 증가는 있지만, 먹이그물에 있어서 곤충은 식물을 기반으로 하고, 조류, 양서류, 어류 등의 먹이가 된다는 점에서 좀 더 충분한 고려를 해야 할 분야이다.

서울공고의 생태연못에 부족한 나비류의 증대를 위해서는 운향과식물이나 콩과식물 등과 같이 보다 다양하면서 충분한 먹이식물을 확보해 주는 것이 필요하다. 이것은 화분식물에 도래하는 나비 및 곤충류와의 상호작용에 기인하는 것이다(Barth, 1985, Howe & Westley, 1988; Proctor & Lack, 1996).

또 다른 방법으로 벌류의 경우, 여왕벌을 따르는 종일 때는 여왕벌이 서식하는 공간(산림수종 및 썩은 나무 등)을 조성해 주면 함께 사는 일벌들을 모을 수 있다(S.N. Handel, 1997).

#### 3) 조류의 서식환경 개선방안

조성기법 중에서 가장 이용빈도가 낮은 것은 인공새집이었다. 이러한 이유는 새로운 종 증가가 없어서, 새집을 이용할 수 있는 조류가 없다는데 문제점이 있을 것이다.

서울공고 생태연못에서 보다 다양한 조류가 서식할 수 있도록 하기 위해서는 세가지 방법으로 접근해 볼 수 있다.

첫번째는 조류가 서식하기에 충분한 서식면적을 확보해 주는 것이며, 이것은 대상지의 선정과도 연계된다. 즉, 서울공고의 경우에는 주변에 종이 유입될 수 있는 근원지가 거의 없는 상태여서 조류의 유인 및 서식에 부적합하다. 따라서, 대상지를 넓게 조성해 주든지 아니면 대상지를 선정할 때 주변의 환경조건을 충분히 고려해서 선정해야 할 것이다<sup>10)</sup>

두번째 방법으로는 보다 다양하면서 다층의 수립대를 조성해 주어야 한다. 현재 서울공고는 기존 식생지역의 수립대(그림 9)를 제외하고는 대부분 초본 식생층 지역이 우세하다고 볼 수 있다. 그러나, 조류는 초본 식생층 지역보다는 덩굴숲, 관목숲, 교목림 등으로 구성된 서식처를 보다 더 많이 이용하는 특성을 가지고

있다(Coady, 1985).<sup>11)</sup>

세번째 방법으로는 생태네트워크의 구축 측면에서 도입·보호하고자 하는 생물종의 이동거리를 파악하여 필요한 적소마다 소생태계를 조성해 주는 것이다. 그래야 진정한 의미에서 도시생태환경이 복원되면서 생물다양성이 증진될 것이다(김기곤·조동길, 1998).

#### 4) 외래종 관리방안

서울공고의 외래종은 크게 두가지로 답압의 영향으로 인한 귀화식물과 이용자들에 의한 붉은귀거북과 같은 생태계 교란종의 도입이다. 전자의 경우에는 지속적으로 귀화식물을 제거해 주는 것이 바람직하다. 미국자리공이나 망초, 쑥 등은 빠른 성장 및 확산력을 바탕으로 하여 생태연못에 식재된 국내 고유의 식물상을 피압시킬 가능성이 크기 때문이다.

이와 같은 귀화식물의 출현을 최소화하기 위한 방법으로는, 앞서 제시된 것처럼 인위적으로 제거를 해주는 방법과 함께 이용자의 답압을 줄이는 방법이 있다. 답압은 자생식물의 성장을 억제하는 대신에 적응력이 강한 귀화식물을 발생시키기 때문이다. 한편, 외래종의 출현원이 답압에 의한 영향이 큰 것을 볼 때, 답압이 이루어지지 않도록 하면서 곤충의 서식처가 될 수 있도록 나무가지 등을 놓아주는 방법도 제안할 수 있다.

또 다른 방법으로 귀화식물을 자연스럽게 제어하기 위해서는 귀화식물이 성장할 수 있는 환경조건을 제어해 주는 방법이 있다. 즉, 외래종보다는 자생종이 성장할 수 있는 생태환경의 특성을 파악하여 수환경, 토양환경 등의 환경조건을 최우선적으로 제공하여 주는 것이다(전승훈, 1998).

또한, 생태연못내에 외래종이면서 생태계 교란종인 붉은귀거북의 제거가 필요하다. 이러한 종은 어린 물고기, 곤충의 유충 등을 마구잡이로 잡아먹어 소생태계의 교란을 일으킨다. 이와 같은 현상을 막기 위해서는 안내판의 설치뿐만 아니라 학생들이나 지역주민을 대상으로 한 환경교육을 실시함으로써 관리하는 것이 바람직하다.

한편, 서식면적이 충분할 경우에는 외래종이 아닌 자생종의 양서류나 피충류의 도입도 고려할 수 있다.

#### 5) 이용자 관리방안

이용자 관리는 서울공고의 생태연못에 생물다양성의 증진을 위해서 해결해야 할 가장 중요한 문제이다. 앞서 제시된 것처럼 생태연못내에 과도한 진입으로 인한 영향은 귀화식물의 증진을 가져오면서 식재된 상태를 많이 변형시키는 등의 문제점을 가져왔다<sup>2)</sup> 이것은 이용자의 이용과 생물종의 보호를 모두 고려해야 하는 상충측면을 잘 드러내는 것으로 모든 생물서식공간에 있어서 적절한 관리방안이 제시되어야 할 문제이기도 하다.

답답을 제어하기 위한 방법에는 현재 조성된 답답로를 따라서 나무가지를 놓아주는 방법이 있다. 즉, 사람들의 출입이 잦은 곳에 나무가지를 많이 놓아주면, 사람들의 간섭을 제어할 수 있을 뿐만 아니라 다공질 공간을 자연스럽게 배치할 수 있어 곤충류 등의 증진에도 도움이 된다.

이용자를 관리하기 위한 두 번째 방법은 동적인 운동공간으로부터 이용자들의 행위에 의해서 유입되는 먼지나 소음 등을 줄이기 위해서 보다 충분한 완충지역을 설정해 주는 방법이다. 현재 서울공고의 완충지역이라고 할 수 있는 폭은 1.5 ~ 5m에 해당한다. 아직까지 어느 정도의 폭이 유지되어야 충분한 것인지에 대한 해답은 없는 상태이지만, 현재로서 해결할 수 있는 방안은 완충지역의 폭을 보다 더 넓혀 주는 방법이 필요하다<sup>3)</sup>. 만약, 장소의 제한성이 있다면 현재의 완충지역을 보다 밀착하여 이용자의 간섭을 차단하고, 먼지나 소음을 차단할 수 있는 방안이 필요하다. 서울공고의 경우 답답로는 가장자리에서 관목류가 밀착되지 않은 곳에서 생겨난 것을 볼 수 있기 때문이다.

## V. 결론 및 제언

### 1. 결론

본 연구는 도시지역의 생물다양성 증진을 위해서 조성하는 소생태계 유형중에 하나인 인공습지를 대상으로 조성기법을 평가하여 개선방안을 모색해 보기 위한 것이다. 서울공고의 생태연못에 조성된 기법을 중심으로 하여 그 효과를 분석·평가하고, 보다 많은 생물이 서식할 수 있는 공간이 되기 위한 방안을 복원생태학의 관점에서 제시하였다.

구체적으로 인공습지 조성기법은 서식환경과 생물분류군으로 구분하여 수행하였다. 서식환경은 생물이 서식하기 위한 조건으로서 수환경과 토양환경을 중심으로 고찰하였으며, 생물분류군은 식물, 곤충, 어류, 그리고 조류를 대상으로 하였다.

조성기법의 평가는 생물서식공간을 조성한 것을 감안하여 조성후 평가에 의한 방법으로 이용자의 간섭, 서식환경과 생물종의 변화내용, 조성기법과의 관련성 등을 중심으로 살펴보았는데 이 연구의 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 생물의 서식환경을 위한 수환경은 상수의 이용을 완화하기 위한 처리로 생물의 서식에 적절한 환경조건을 제공해 주고 있으며, 다양한 수심과 호안은 수생생물의 서식에 좋은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 자연스럽게 흩으로 처리한 호안은 수생식물의 성장뿐만 아니라 수서곤충 및 어린 물고기의 활동장소로서 중요한 기능을 수행하였다.

(2) 곤충다양성을 증진하기 위한 다양한 수생·육상식물의 도입, 얕은 수심 제공, 고목 통나무 및 나무가지 놓기 등은 곤충류의 증가와 개체수의 증가에 크게 기여하였다. 특히, 수서곤충의 경우에는 수초지역이 많으면서 얕은 수심에서 그렇지 않은 곳보다 많이 관찰되었으며, 고목을 이용한 다공질 공간의 제공으로 육점박이하늘소가 관찰되었다.

(3) 어류의 서식처 제공을 위한 들쭉기 공간은 별로 이용하지 않았으나, 깊은 수심이 확보되면서 자연적으로 축조된 호안과 통나무를 이용한 호안을 중심으로 어류가 이용하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한, 방사한 1,500개체는 다양한 수심과 산란장소의 제공을 통해서 번식한 것을 확인하였다.

(4) 조류의 서식 및 유인을 위한 기법(중도조성, 통나무 박기, 인공새집 조성)은 제기능을 하지 못하는 것으로 분석되었다. 이 경우에는 대상지역의 협소함과 함께 고립성 때문에 종의 증가가 이루어지지 않은 것으로 판단될 뿐이며 이론적인 고찰을 통해서 볼 때, 보다 다양한 조류가 도입될 경우에는 이용가능성이 높은 공간들로 판단된다. 서울공고에 보다 많은 조류플 유인·서식시키기 위해서는 적절한 서식면적을 확보하는 것 이외에 생태네트워크 구축차원에서 앞으로 이러한 공간이 유기적으로 연계될 수 있도록 소생태계를 적소에

조성하여야 할 것으로 판단된다.

(5) 대상지역에서 이용자의 간섭은 매우 높은 편으로 그 결과 일부지역에 답압로가 형성되어 식재된 식물이 제성장을 하지 못하고, 외래수종이 도입되었다. 이러한 이용자의 간섭을 제한하기 위해서는 충분한 완충공간의 설정이나 환경교육 프로그램 등이 절실히 필요함을 알 수 있었다.

## 2. 제안

지금까지의 연구결과를 통하여 본 연구의 한계점 및 추후의 연구방향을 제안하면 다음과 같다.

(1) 사례연구지역의 생태조사 기간에서 조성전 조사는 97년 4월부터 7월말까지이며, 조성후 조사는 97년 10월부터 99년 6월까지 수행된 결과이다. 향후 지속적인 모니터링이 이루어지면서 인공습지 조성이 생물다양성의 증진 효과를 편별할 수 있을 것이나, 1차적으로 조성직후 1~2년의 시간이 흐르면서 나타나는 생물상의 변화를 살펴보았다는데 의의가 있다고 하겠다. 앞으로 지속적인 모니터링을 통하여 인공적으로 조성된 소생태계가 자연화 과정을 찾아가는 것에 대한 연구가 필요하다.

(2) 우리나라에서는 아직까지 서울공고의 생태연못과 유사한 소생태계 조성의 조성기법에 대한 효과를 검증한 사례가 전무하여 본 연구를 수행하면서 다른 조성기법을 비교·평가할 대상이 없었다. 따라서, 어떠한 조성기법이 좋은 것인지에 대한 판단을 내리기 힘들다. 추후에 이와 유사한 공간이 조성되어 모니터링 되고, 다양한 기법들이 실행된다면 이를 비교·평가하여 우리나라의 환경에 적합한 조성기법을 제시하는 연구가 수행되어야 할 것이다.

(3) 본 연구에서 제시된 생태연못 조성의 관련한 기법들은 생물다양성 측면을 중심으로 이루어진 것이다. 인공습지에 해당하는 생태연못은 제방의 안정화, 수질정화, 홍수조절, 관개 등 보다 다양한 기능을 가지고 있으므로, 앞으로 이러한 분야의 연구도 함께 이루어져야 할 것이다.

주2. 이러한 사례에서 언급한 내용은 복원·창출계획의 성공 여부를 평가하는 때에는 정확히 설계된 모니터링 시스템이라고 한다. 이를 위해서 복원계획을 수립할 초기단계에서 사업계획의 명확한 목적을 제시해 주는 것이 가장 중요하며, 이에 기초하여서 결과를 평가하는 것이 바람직하다고 보고 있다

주3. Dugan은 습지의 종류를 침수습지, 담수습지, 인공적인 습지로 구분하였는데, 인공적인 습지는 양식지, 관개용 저수지, 논, 염전, 배수처리지, 친천지, 댐에 의해 만들어진 호수, 저수지 등을 포함하고 있다

주4. 수환경은 이철교교수, 김중섭교수가 수행하였으며, 생물종 조사 및 동정은 조강현교수(수생식물), 민병미교수(육상식물), 강근교수(수서곤충), 우건석교수(육상곤충), 심재한박사(어류·파충류)에 의해서 이루어졌다.

주5. Malcolm Emery for the Ecological Parks Trust(1986)에 의하면, 생태연못을 조성하기 위한 대상지역은 연못으로 오염물질이 들어오지 않는 곳에 조성해 주어야 하며, 오염물질의 처리를 위해서는 실트나 오일 트랩을 설치하는 것이 바람직하다고 제시하였다.

주6. 이영노, 1997, 흰색한국식물도감. 이 책은 1964년판 Syllabus der Pflanzenfamilien의 Engler System 분류체계를 따른 것이다

주7. 식물종의 증가요인은 조성시 토양의 도입과 외부로부터 씨앗이 유입되어 증가하게 된 것으로 볼 수 있는데, 증가된 종수만으로 생태연못 조성의 성공여부를 판별하기는 힘들다. 다만, 이렇게 다양해진 식물종을 기반으로 하이살이기는 곤충종의 증가를 눈여겨 봐야 할 것이다.

주8. 먹이연쇄는 복원된 습지를 평가하기 위한 방법 중에서 복원습지의 기능을 평가하기 위한 방법이다. 즉, 각각의 종이 서식환경과 다른 생물종간에 어떠한 상호관계를 가지는지에 대한 고찰이 이루어지는 것을 말한다(Grayson et al., 1999)

주9. 복원생태학에서 생물서식처를 조성할 때 고려되는 것은 생태계의 구조와 기능을 대상으로 하는데, 구조라 함은 생태계의 패턴으로 설명할 수 있으며, 여러 가지 물리적, 생물적 부분으로 일시점에서의 종의 조합 및 생체량 등이 포함되며, 기능이라 함은 생물과 서식환경과의 상호작용이나 생물종간의 상호작용을 말한다

주10. 이러한 경우의 예는 실제로 생물서식처를 조성할 때, 정소선정에 있어서 주변의 종의 근원처를 확보할 수 있는 곳을 대상으로 선정하는 사례들에서 쉽게 찾아볼 수 있다.

주11. Willson(1974)의 연구에 따르면, 조류의 경우 양호한 지피구조를 제공하면 1~2종, 관목층은 1~4종의 증가를 보인다고 한다 또한, 3개 식생층(예를 들면, 지피층, 관목층, 교목층)은 적어도 12종의 증대 효과를 볼 수 있다고 보고 있다

주12. 도시지역에서 쉽게 관찰되는 교란의 유형은 지속적인 교란과 일시적 교란으로 구분할 수 있는데, 답압은 지속적인 교란으로 볼 수 있다. 지속적 교란은 교란원인을 제거하는 것이 일종의 서식처 복원이 될 수도 있다(Grayson et al., 1999)

주13. 생물서식처만을 위한 완충지역에 대한 폭은 없지만, 수

주1 영국 런던의 경우윌리엄커티스 생태공원은 1977년에 조성되었으며, 길리드스파이 공원과 캄릿공원 내의 생태연못은 모두 1981년에 조성되었다.



질개천과 하천에서의 수생생물의 서식을 위한 완충지역의 폭에 관한 연구는 John Cairns, Jr(1988) Brinson, M.M.(1981) 등에 의해서 제안된 바 있다. John Cairns, Jr(1988)에 의하면 하천에서의 어류서식처를 보호하기 위한 완충지역의 폭은 25m의 폭에 호안식생대를 유지하기 위한 추가적인 폭을 제안하고 있다.

### 인용문헌

1. 김귀곤(1997) 도시자연복원을 위한 인공습지 조성에 관한 연구 : 서울공고에 조성된 생태연못을 사례로. 환경교육 10(2) 175~189
2. 김귀곤, 조동길(1998) 도시생태네트워크 구축에 관한 기초 연구 한국환경복원녹화기술학회지 1(1) 81
3. 김세천 등(1997) 전주시 덕진공원의 개발이유에 따른 생물학적 영향예측과 기초관리방안. 환경영향평가학회 6(1) 77~92
4. 서울대학교(1997) 도시지역에서의 효율적인 생물서식공간 조성기술 개발 환경부
5. 전승훈 등(1998) 여의도 셋강 생태공원의 재조명. 환경과 조경 제 123호 p.100
6. 森清和(1997) 요코하마에서의 잠자리 인못 조성전략. J JILA 60(3) 245.
7. Andreas Chovanec(1994) Man-made wetlands in urban recreational areas a habitat for endangered species?. Landscape and Urban Planning 29: 43~54.
8. Donald A Hammer(1997) Creating Freshwater Wetlands. Lewis Publishers, p.43.
9. Donald Harker et al.(1993) Landscape Restoration Handbook, Lewis Publishers, pp.19~39.
10. Donald L. Tilton(1995) Integrating wetlands into planned landscapes Landscape and Urban Planning 32 207.
11. J. E. Grayson et al.(1999) The assessment of restoration of habitat in urban wetlands Landscape and Urban Planning 43. 229.
12. John Cairns, Jr.(1988) Rehabilitating Damaged Ecosystems Volume I, II, CRC Press p28
13. Lowell W Adams(1994) Urban Wildlife Habitats A Landscape Perspective. Wildlife Habitats · Volume3 University of Minnesota Press pp97~119
14. Malcolm Emery for the Ecological Parks Trust(1986) Promoting Nature in Cities and Towns. A Practical Guide. p.214
15. W J Mitsch and J. K. Cronk(1992) Creation and Restoration of Wetlands Some Design Consideration for Ecological Engineering. p222.
16. <http://www.npwrc.usgs.gov>, (Manci, Karen M (1998) Riparian ecosystem creation and restoration. A literature summary U. S Fish and Wildlife Service Biological Report)