

난지도 안정화공사 이후 생태계 복원을 위한 현존식생에 관한 연구¹

이경재² · 오충현³ · 김지석³

A Study on the Actual Vegetation of Nanji-do for Restoration of Ecosystem after Stabilization Construction¹

Kyong-Jae Lee², Choong-Hyeon Oh³, Ji-Suk Kim³

요 약

난지도는 서울외곽의 한강변에 위치한 면적 272ha인 섬으로, 1978년부터 1993년까지 약 15년간 서울지역에서 발생하는 각종 쓰레기 92,000,000m³를 매립한 곳이다. 1996년 10월 현재 난지도의 현존식생면적은 191ha로서 이중 목본식물의 면적은 31ha이고 나머지는 초본식물이 우점종인 군락이었다. 목본식물 면적 중 아까시나무와 능수버들은 전체의 83%를 차지하고 있었다. 토양은 서울지역의 일반적인 토양이 산성으로 나타나는 것과는 달리 알카리성이며, 토양과 현존식생 분포사이의 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

연구 결과 난지도의 현존식생은 난지도 토양 안정화공사 이후의 식생복원지침 마련에는 도움이 되지 않을 것으로 나타났으므로 앞으로의 생태계 복원을 위해서는 다음과 같은 시도가 있어야 할 것이다.

- 첫째, 다양한 선구수종, 자생수종, 식이식물의 활착실험을 통해 난지도에 적합한 수종 선발
- 둘째, 자생수종을 활용한 사면안정 공법의 개발 및 지역 특성에 적합한 식재계획 마련
- 셋째, 동물 생태계 조사를 통한 동물 생태계 복원계획 수립

주요어 : 쓰레기 매립, 현존식생, 토양안정화공사, 생태계복원

ABSTRACT

Nanji-do is an island in Seoul, the area is 272ha, and in which had was piled up waste discharged from Seoul metropolitan for 15 years(from March 1978 to March 1993). The volume of waste is 92,000,000m³.

The actual vegetation area of Nanji-do is 191ha, and the area of woody plant is 31ha. The rest area is covered by herbaceous plant. In actual vegetation area of woody plant, *Robinia pseudoacacia* community and *Salix pseudo-lasiogyne* community are 83%.

1 접수 3월 22일 Received on Mar. 22, 1997

2 서울시립대학교 도시과학대학 College of Urban Science, Seoul City Univ., Seoul, 130-743, Korea

3 서울시립대학교 대학원 Graduate School, Seoul City Univ., Seoul, 130-743, Korea

The soil pH is alkaline, though general soil pH is acid in Seoul. There is no relation with soil condition and actual vegetation.

The result of this study, actual vegetation of Nanji-do don't help the establishment of vegetation restoration after soil stabilization construction. And so following a countermeasure is proposed.

- 1) Selection of adequate species by an experiment of planting pioneer species, native species, and dietary species
- 2) Establishment of an adequate planting plan and development of slope stabilization method by planting of native species
- 3) Establishment of a restoration plan of animal ecosystem by survey for animal ecosystem

KEY WORDS : PILLING UP WASTE, ACTUAL VEGETATION, SOIL STABILIZATION CONSTRUCTION, RESTORATION OF ECOSYSTEM

서 론

난지도는 서울의 북쪽인 마포구 상암동에 위치한 섬으로 한강과 그 샅강인 난지천 사이에 위치해 있으며, 면적은 약 272ha이다.

난지천은 현재 건천으로 장마철 이외에는 거의 유수가 없으나 난지도 동북부에 과거 한강의 사행작용(Meandering)에 의해 이루어진 우각호가 있어 철새들의 도래지가 되고 있다.

난지도의 식물상은 총 24과 79속 89종 18변종이며, 귀화식물이 22종으로 다른 지역에 비해 많은 것으로 알려져 있다. 곤충은 29과 50속 57종으로 나타나고 있으며 조류 등 야생동물 현황은 아직 조사되지 않았다(서울특별시, 1994).

난지도는 과거 모래가 좋아 땅콩농사가 성했던 지역이었으나 장마철에는 상습적으로 침수가 일어나 거주민은 없었으며, 야생조류의 보금자리가 되었던 갈대밭이 광범위하게 펼쳐져 있던 지역이었다.

그렇지만 '78년 3월~'93년 3월까지 약 15년간 서울지역에서 발생한 각종 폐기물 약 92,000,000 m³를 위생기반시설 및 오염방지시설 없이 비위생적으로 매립함으로써 매립이 완료된 오늘날에는 침출수로 인해 한강과 주변지역의 토양오염이 심각하고 매립가스로 인한 화재 및 대기오염 발생, 우수배제시설의 미비로 인한 기저침출수 상승 및 사면붕괴 등으로 매립지 전체가 구조적으로 불안정하게 되었다(서울특별시, 1996).

서울시에서는 이를 위해서 2020년 안정화하는 것을 목표로 '96년 12월~'99년 12월까지 난지도 매

립지 안정화공사를 시행하여 난지도 매립지에 차수벽, 집수정, 침출수처리장, 매립가스 추출 및 소각시설 등을 시설하고 상부정리 및 복토를 시행한 후 생태공원, 근린생활체육시설, 화훼단지 등을 조성할 계획이다(서울특별시, 1996).

본 연구는 이와같은 난지도 안정화 공사를 시행함에 있어 현재 난지도가 가지고 있는 식물생태계의 특징을 조사하고 분석하여 향후 안정화 공사에 따른 식생복원지침 마련에 도움을 주고자 실시되었다.

연구 방법

1. 조사지의 기후 및 일반적 개황

기상조사는 서울측후소에서 측정된 최근 30년간(1961~1990)의 자료를 사용하였다(기상청, 1991). 조사지의 일반적인 개황은 해발고, 방위, 경사도, 수목의 평균수고, 평균흉고직경을 조사하였으며, 지형도는 서울특별시 난지도관리사업소에서 제작한 축척 1/10,000 도면을 사용하였다.

2. 토양분석

조사구별로 3개소를 택하여 표면으로부터 10~15cm 깊이에서 토양을 채취한 후 혼합하여 토양산도, 수분함량, 유기물함량을 분석하였다. 토양산도는 음전도양과 증류수를 1:5의 비율로 혼합하여 30분간 진탕한 후 측정하였고, 수분함량은 105℃의 건조기에서 24시간 건조 후 측정하였으며, 유기물함량

은 회화로에서 800℃로 4시간 회화한 후 평량하여 계산하였다(농업기술연구소, 1988).

3. 현존식생 및 수목생장을 분석

현존식생도는 식생상관을 기본으로 하여 식생군 집구조 분석자료를 보충하여 작성하였다. 수목생장은 성장추를 이용하여 수고 1.5m 높이에서 목편을 채취한 후 연륜을 측정하여 결과를 바탕으로 분석하였다.

4. 식물군집구조 분석

(1) 조사구 설정 및 식생조사

조사구는 각 조사구별로 방형구법(Quadrat Method)을 사용하여 10m×10m 크기의 방형구를 설치하여 조사하였다. 식생조사는 각 조사구 내에 출현하는 수종을 대상으로 교목 상·중층은 흉고직경 2cm 이상 수목의 흉고직경과 수고를 측정하였고, 관목층은 수관투영 면적을 조사하였다.

(2) 상대우점치 분석

각 조사구의 수관층위별 중간 상대적 우세를 비교하기 위해 Curtis & McIntosh의 방법으로 상대우점치(I.V. : Importance Value)를 구하였고, 수고를 고려하여 평균상대우점치(M.I.V. : Mean Importance Value)를 구하였다(Curtis, 1951).

(3) 종다양성 지수분석

종다양성은 Shannon의 수식으로 종다양도(H'), 최대종다양도(H'_{max}), 균재도(J'), 우점도(D)를 구하였다(Pielou, 1975).

결과 및 고찰

1. 조사지 개황 및 현존식생

난지도의 기후는 서울지역의 일반적인 기후 영향권내 있으나, 한강변에 위치해 있어 풍속, 습도 등에서 미기후 현상이 관찰될 것으로 예상되지만 측정된 자료는 없다. 서울지역의 연평균기온은 11.79℃이며, 연평균최저기온 7.53℃, 연평균최고기온 16.49℃이다. 연평균 강수량은 1,354.7mm이며 6월부터 9월까지 4개월간 전 강수량의 70.83%가 집중하고 있다. 상대 습도는 69.47%, 연 증발량은 1,073.4mm, 온량지수는 100.44℃, 한냉지수는 -24.4℃이다(기상청, 1991).

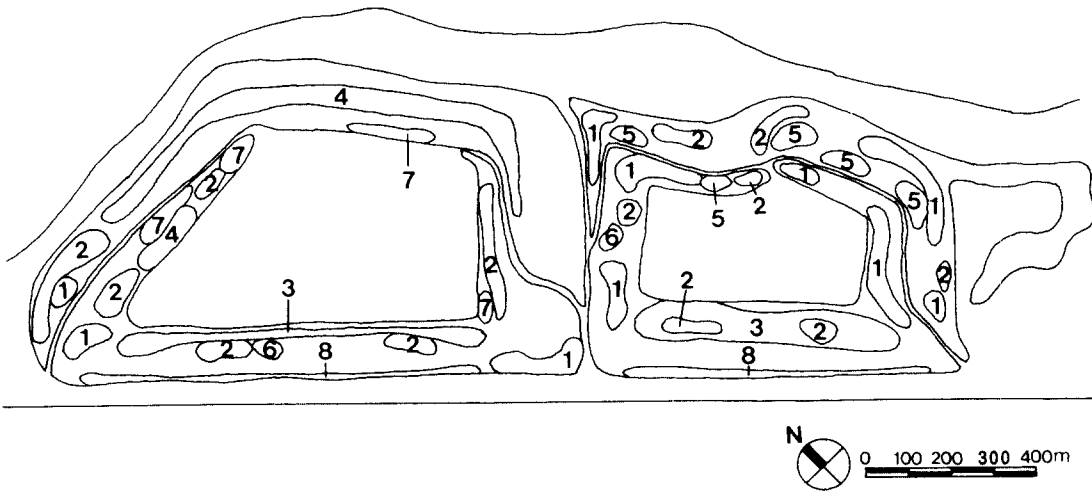
난지도 쓰레기 매립지의 현존식생은 Table 1과 같다. 난지도 쓰레기 매립지의 목본군집이 차지하는 면적은 311,831m²로서 전체면적의 16.35%에 불과하고, 대부분의 지역이 돼지풀 등의 귀화초본류가 우점을 이루고 있다. 이것은 최근인 1993년까지 쓰레기 매립이 이루어졌기 때문인 것으로 생각된다.

목본류의 현존식생면적을 살펴보면 아까시나무군집이 7.1ha(3.70%), 능수버들군집이 6.4ha(3.33%), 능수버들-아까시나무군집이 6.4ha(3.33%), 아까시나무-능수버들군집이 6.2ha(3.24%)이다. 이 군집들은 목본류 전체 면적의 83.22%를 차지하고 있는데 동서남북 사면 전체에 고르게 분포하고 있어서 지역에 따른 분포경향은 보이지 않았다. 이 군집들 이외에는 강변도로변에 이태리 포플러가 식재되어 있으나 생육상태는 좋지 않았다. 현존 식생중 특이한 것은 키가 2m 이상 되는 물억새 군집이 1.8ha에 걸쳐 나타나고 있는 점이다.

난지도 쓰레기 매립지의 토양현황은 Table 2와

Table 1. The actual vegetation area and ratio of Nanji-do

Community	Area(m ²)	Ratio(%)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	70,516	3.70
<i>Salix pseudolasiogyne</i>	63,580	3.33
<i>S. pseudolasiogyne</i> - <i>R. pseudoacacia</i>	63,580	3.33
<i>R. pseudoacacia</i> - <i>S. pseudolasiogyne</i>	61,846	3.24
<i>Populus euramericana</i>	28,611	1.50
<i>Pueraria thunbergiana</i>	18,785	0.98
<i>Miscanthus sacchariflorus</i>	16,762	0.88
<i>Ailanthus altissima</i>	4,913	0.26
Others	1,578,853	82.78
Total	1,907,446	100.00



- | | |
|--|--|
| 1 <i>Robinia pseudoacacia</i> community | 5 <i>Pueraria thunbergiana</i> community |
| 2 <i>Salix paeudolasiogyne</i> community | 6 <i>Ailanthus altissima</i> community |
| 3 <i>Robinia pseudoacacia</i> - <i>Salix pseudolasiogyne</i> community | 7 <i>Miscanthus sacchariflorus</i> community |
| 4 <i>Salix pseudolasiogyne</i> - <i>Robinia pseudoacacia</i> community | 8 <i>Populus euramericana</i> community |

Figure 1. Actual vegetation Map of Nanji-do

Table 2. Soil characteristics of Nanji-do

Community	pH	Humus(%)	Moisture(%)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	7.10	2.71	10.41
<i>Salix pseudolasiogyne</i>	7.36	2.15	9.37
<i>S. pseudolasiogyne</i> - <i>R. pseudoacacia</i>	7.20	3.53	12.01
<i>R. pseudoacacia</i> - <i>S. pseudolasiogyne</i>	7.51	1.94	10.05
<i>Ailanthus altissima</i>	7.09	6.59	19.85
<i>Populus</i> × <i>albaglandulosa</i>	7.37	3.13	9.66

같다. 토양은 식물군집구조 분석을 위해 설치한 방형구 지역에서 채취하였다. 이 지역 토양의 가장 큰 특징은 서울지역의 일반적인 토양산도에 비해 중성 내지 알칼리성을 나타내고 있는 점이다. 남산의 평균 pH가 4.00, 수락산의 평균 pH가 4.40, 우면산의 평균 pH가 4.28로서 서울지역 대부분의 산림토양이 산성으로 나타나고 있으나(이경재, 1995), 난

지도 토양의 평균 pH는 7.27로서 중성내지 약알칼리성이었다. 수분함량 및 유기물함량은 군집별로 큰 차이가 없으며 서울지역 산림토양과도 별다른 차이가 없었다. 서울지역의 산림토양과 유기물함량 및 수분함량의 차이가 없음에도 토양산도가 큰 차이를 보이고 있는 것은 이 지역이 쓰레기 매립장으로 활용되어 연탄재를 비롯하여 각종 쓰레기에 함유된 염

Table 3. Relationship between soil characteristics and major vegetation communities (Regression analysis R² value)

Community	pH	Humus(%)	Moisture(%)
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.4791	0.0293	0.0027
<i>Salix pseudolasiogyne</i>	0.0858	0.0093	0.0703

류물질이 토양과 함께 반입되었기 때문인 것으로 생각된다. 토양과 식물군집간의 연관성을 살펴보고자 대표적 군집인 아까시나무와 능수버들군집의 평균상대우점치와 토양의 상관관계를 회귀분석을 통해 검증해 본 결과, 아까시나무군집의 R²이 0.4791~0.0027, 능수버들군집의 R²이 0.0858~0.0093으로 나타나 토양과 식물군집간에는 상관관계가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

2. 식물군집구조 분석

(1) 상대우점치

각 군집의 수관층위별 상대우점치는 Table 4와 같다. 아까시나무군집에서는 칩과 아까시나무 2종이 나타났는데 아까시나무의 상대우점치가 상층 100%, 중층 100%, 하층 94.34%로서 아까시나무

가 절대 우점을 이루고 있었다.

능수버들군집은 은사시나무, 능수버들, 용버들의 3종이 나타났는데 능수버들의 상대우점치가 상층 94.95%, 중층 80.53%, 하층 100%로서 나타나 능수버들이 절대 우점종이었다.

능수버들-아까시나무군집에서는 오동나무, 능수버들, 아까시나무의 3수종이 출현하였다. 상층의 상대우점치는 능수버들이 85.85%로서 우점을 이루고 있었으나, 중층의 경우 능수버들과 아까시나무 두 수종 모두 출현하지 않았고, 하층은 아까시나무의 상대우점치가 100%로서 앞으로 두 수종간의 치열한 경쟁이 예상되었다.

아까시나무-능수버들군집에서는 은사시나무, 능수버들, 아까시나무의 3수종이 관찰되었는데 중·하층의 개체는 보이지 않았고 전체수목이 상층을 이루고 있는 특징이 있었다. 상층의 상대우점치는 아

Table 4. Importance value(I.V.) of woody plant species by stratum in each community

Community	C	U	S	M	Community	C	U	S	M
<i>Robinia pseudoacacia</i> Community					<i>R. pseudoacacia</i> - <i>S.pseudolasiogyne</i> Community				
<i>Pueraria thunbergiana</i>	0.00	0.00	5.66	0.94	<i>Populus</i>				
<i>R. pseudoacacia</i>	100.00	100.00	93.34	99.06	× <i>albaglandulosa</i>	10.19	0.00	0.00	5.10
					<i>S. pseudo-lasiogyne</i>	31.95	0.00	0.00	15.98
					<i>R. pseudoacacia</i>	57.86	0.00	0.00	28.93
<i>Salix pseudolasiogyne</i> Community					<i>Ailanthus altissima</i> Community				
<i>Populus</i>	5.06	17.25	0.00	8.28	<i>Ailanthus altissima</i>	100.00	100.00	100.00	100.00
× <i>albaglandulosa</i>									
<i>S. pseudolasiogyne</i>	94.95	80.53	100.00	90.99					
<i>S. matsudana</i> for.	0.00	2.23	0.00	0.74					
<i>tortuosa</i>									
<i>S. pseudolasiogyne</i> - <i>R. pseudoacacia</i> Community					<i>Populus</i> × <i>albaglandulosa</i> Community				
<i>S. pseudolasiogyne</i>	85.65	0.00	0.00	42.83	<i>Populus</i>				
					× <i>albaglandulosa</i>	83.19	0.00	0.00	41.60
<i>R. pseudoacacia</i>	0.00	0.00	100.00	16.67	<i>S. pseudolasiogyne</i>	9.07	0.00	0.00	4.54
<i>Paulownia coreana</i>	14.35	0.00	0.00	7.18	<i>S. matsudana</i> for.	7.75	0.00	0.00	3.88
					<i>tortuosa</i>				

* C: Canopy I.V., U: Understory I.V., S: Shrub I.V., M: Mean I.V.

Table 5. Value of various diversity by Shannon's diversity index

Community	Shannon(H')	H'max	Dominance(D)	Evenness(J')
<i>Robinia pseudoacacia</i>	0.1792	0.3010	0.5953	0.4047
<i>Salix pseudolasiogyne</i>	0.1002	0.3010	0.3329	0.6671
<i>Ailanthus altissima</i>	0.1300	0.3010	0.4319	0.5681
<i>Populus × albagrandulosa</i>	0.3766	0.6990	0.5388	0.4612

까시나무가 57.86%, 능수버들이 31.95%로서 아까시나무가 능수버들보다 우점치가 높았다.

가중나무군집은 가중나무의 상·중·하층 상대우점치가 100%로 나타나 자연적으로 이루어진 군집으로서는 매우 특이한 형태를 보여주고 있었다.

이와 같이 군집별로 특정 수종이 절대 우점으로 나타나고 있는 것은 서울지역 일반 산림생태계와는 달리 난지도 지역의 경우 매립토양이 반입될 때 함께 이입된 수목의 뿌리나 종자에 의해 식물군집이 형성되었기 때문인 것으로 생각된다.

(2) 종다양도, 출현종수 및 개체수

군집별 종다양성지수는 Table 5와 같다. 각 군집별로 400m²의 단위 면적에 나타나는 수종은 2~4종으로 매우 단순하며, 은사시나무군집의 출현종이 4종으로 가장 많았다. 종다양도에 있어서도 아까시나무군집, 능수버들군집, 가중나무군집은 비슷한 값을 보이고 있는 반면 은사시나무군집이 가장 높게 나타났는데 이것은 은사시나무군집의 출현종수 및 개체수가 타 군집보다 많았기 때문이다.

(3) 수목성장률

수목의 성장률은 흉고직경 5cm 이상이 되는 수목을 대상으로 조사하였다. 총 조사 개체수는 20주로서 아까시나무 7주, 능수버들 6주, 가중나무 3주, 오동나무, 은사시나무 각 2주씩을 측정하였다. 흉고 직경은 10~15cm에 해당하는 수목이 15주로서 가장 많았고, 수고는 3.5~5.0m에 해당하는 수목이 16주로서 대부분을 차지하였다. 수령은 10년생 미만 6주, 10~20년생이 10주, 20년생 이상이 4주이었다. 최고 수령을 가진 나무는 33년생 오동나무인데 난지도 쓰레기 매립이 1978년부터 1993년까지 이루어진 점을 감안하면 15년 이상된 수목이 존재하는 것은 특이한 경우로서 토사와 함께 반입된 수목이 고사하지 않고 활착된 것으로 생각된다.

수목의 성장률은 최근 5년간 양호하게 나타나고 있는데 이는 쓰레기 매립이 중지된 이후 지반이 안

정화되어 감에 따라 수목생육이 양호해지고 있기 때문인 것으로 보여진다.

결론

본 연구 결과를 종합해 보면 현재의 난지도 식생은 안정화공사 이후의 식생복원 지침 마련에 큰 도움을 주지는 못할 것으로 생각된다. 다만 물억새군집은 난지도 부근의 다른 곳에서는 보기 드문 군집이므로 정밀조사를 통해 안정화 공사과정에서 모두 없애기보다는 근처 한강변으로 이식하는 방안 마련이 필요하다.

또한, 자연생태계 복원에 대한 구체적이고 장기적인 대책 마련없이 현재 일반적으로 시행되고 있는 식재기법 및 사면안정화 공법을 그대로 난지도에 적용할 경우 난지도는 외래수종으로 가득차게 되고, 비료와 농약 살포를 통해 한강을 오염시키는 거대한 녹색 사막이 될 우려가 있으므로 다음과 같은 대책 수립이 필요하다.

첫째, 서울지역에 분포하는 다양한 선구수종, 자생수종, 식이식물의 활착 실험을 통해 난지도 기후와 앞으로 객토할 토양에 적합한 수종 선별이 필요하다.

둘째, 난지도가 난지천·우각호 등의 수변과 자동차전용도로로 둘러싸여 있고, 한강변에 위치하여 바람의 영향을 심하게 받고 있는 점을 감안 정상부지역, 산복지역, 수변 인접지역, 도로 인접지역으로 세분하여 지역적 특성에 적합한 식생복원계획을 수립하여야 한다.

셋째, 외국 지피식생 소재를 이용한 일반적인 사면안정공법이 아닌 이 지역 기후와 객토 토양에 적합한 식생 발굴 및 안정화 공법을 마련하여야 한다.

넷째, 동물생태계 조사는 시행되지 않았으나 우세한 초분류를 바탕으로 『초본→곤충류→조류·설치류→맹금류(황조롱이)·족제비 등』과 같은 먹이사

슬 형성이 관찰되므로 동물생태계 조사를 시행하여 안정화공사 이후에도 이와 같은 동물생태계가 형성될 수 있는 대책을 수립해야 한다.

인용문헌

- 그린스카우트(1996) 외래식물 사진모음집. 그린스카우트, 46쪽.
- 기상청(1991) 한국기후표. 기상청, 418쪽.
- 농업기술연구소(1988) 토양화학분석법. 농촌진흥청, 450쪽.
- 서울특별시(1996) 난지도 매립지 안정화공사 실시계획 보고서. 서울특별시, 932쪽.
- 서울특별시(1996) 난지도 매립지 안정화 공사 보도자료. 서울특별시, 11쪽.
- 서울특별시(1994) 난지도 매립지 안정화공사 기본설계 보고서. 서울특별시, 919쪽.
- 서울특별시(1992) 난지도 매립지의 장기토지이용기본계획보고서. 서울특별시, 148쪽.
- 이경재 외(1995) 도시 및 공업단지 주변의 GREEN복원기술 개발. 환경부, 278쪽.
- Curtis, J.T. and R.P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the Prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology* 32:479-496.
- Pielou, E.C.(1975) *Ecological diversity*. John Wiley and Sons, Inc. New York, 165pp.