

자연자원을 활용한 생태계복원기술 개발에 관한 연구

- 한솔 오크밸리 내 환경센터 조성 사례 -

Study on Development of Ecosystem Regeneration Technology Reusing Natural Resources

- Example of Environment Center Development in Hansol Oak Valley -

송재탁¹ · 정종일¹ · 유기준² · 조 우² · 최송현³

¹(유)이앤엘유토, ²상지대학교 관광학부, ³부산대학교 조경학과

I. 서론

강원도 원주시 지정면 월송리 일대에 위치하는 한솔 오크밸리는 골프코스, 스키장 및 각종 레저시설을 갖춘 리조트 지로서 자연과 인간의 건전한 공존이 전제된 리조트 환경 창출을 기업이념으로 하고 있다. 이와 같이 지속가능한 환경경영의 일환으로서 과거 음식물쓰레기 처리시설로 조성된 부지를 생태적으로 안정된 공간으로 복원하여 일반 시민

들과 청소년들이 자연환경을 체험할 수 있는 자연관찰장소로서 활용하기 위한 환경센터 조성을 계획하였다. 환경센터 조성의 기본 개념은, 1)기존의 지형과 시설물을 활용한 자원재활용적인 복원사례를 남기고, 2)생물다양성을 증대하기 위한 식재기법을 도입하여 주변계획과 연계성을 갖는 Eco-park로서 재창출하며, 3)기업과 원주지속가능발전협의회, 원주시, 전문가로 구성된 거버넌스 운영방식의 환경센터 설립을 목표로 하고 있다.

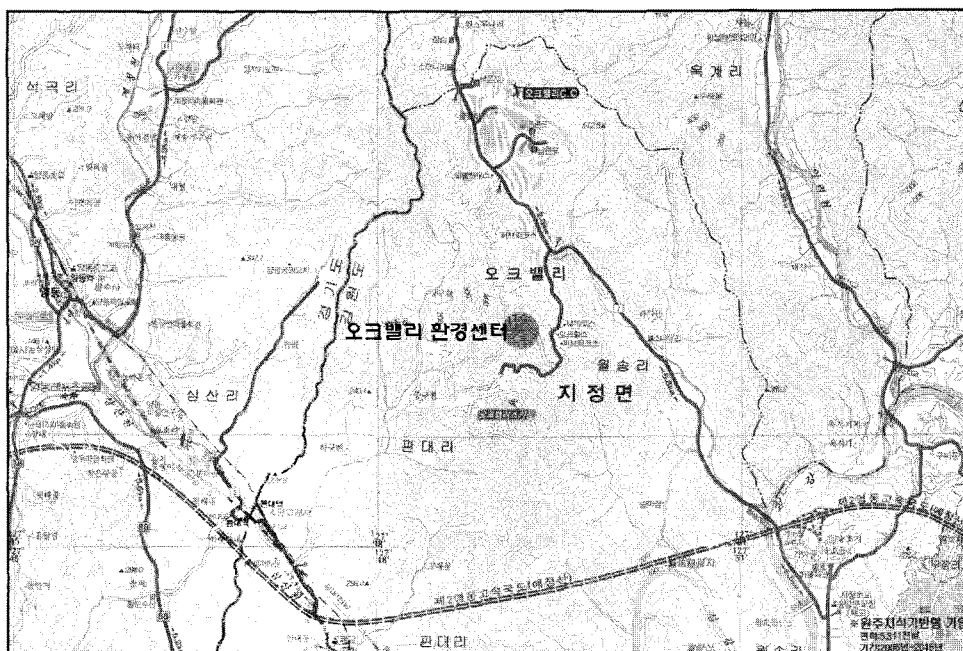


Figure 1. Location of environment center in Hansol Oak Valley

환경센터 내의 공간에는 오크밸리의 이미지를 부각시키기 위해 계류와 연못 같은 습지 공간을 조성하였으며, 낙엽교목 참나무 숲으로의 식생 유도를 위해 여러 가지 패턴의 식재기법을 도입하였다. 식재기법은 국내 최초로 도입된 비오톱이식공법(Site 1) 외에 산림표토 포설(Site 2), 소경목 군락식재(Site 3), 다층구조 군락식재(Site 4)로 구분하였으며, 각각의 식재기법 및 습지 공간 구성에 사용되는 재료는 현지에서 발생하는 소재를 최대한 활용하여 환경센터 조성으로 인하여 외부로 반출되는 폐기물을 최소화하였다. 특히, 식재에 사용되는 수목 및 표토는 새로운 입도개설로 인해 소실될 자연자원을 최대한 활용하였다.

토양블럭을 굴취하여 옮겨놓는 공법으로서 주로 아교목류와 관목류, 지피류를 이식전의 상태로 유지한 채 이식하였다. 산림표토 포설은 매토종자에서 참나무 숲으로의 천이과정을 관찰하기 위한 것으로 토심 20cm내외의 표토(낙엽층 포함)를 인력으로 채취하여 식재기반 위에 포설하였다. 소경목 군락식재는 표토 포설구보다 한 단계 발전한 참나무 숲을 연출하기 위해 주변에 자생하는 수종(수고 2m내외)을 중심으로 식재하였다. 다층구조 군락식재는 조성부지에 가이식되어 있던 잣나무, 물푸레나무 등을 활용하여 수관부를 형성하고 하부층에 소경목 군락식재에 사용한 수종과 동일한 수목들을 식재하였다.

II. 식재기법의 개요 및 연구방법

1. 식재기법의 개요

국내 최초로 도입한 비오톱이식공법은 전용굴취기를 이용하여 길이와 폭이 1.5~2m이고 토심이 30~50cm 정도인

2. 연구방법

환경센터 내의 식재공사는 2008년 7월에 시작하여 동년 9월에 완료하였으며, 식재가 완료한 9월의 현 식생을 시점으로 1년 주기의 모니터링을 개시하였다.

본 연구에서는 지상부의 식생복원 정도를 판단하기 위한

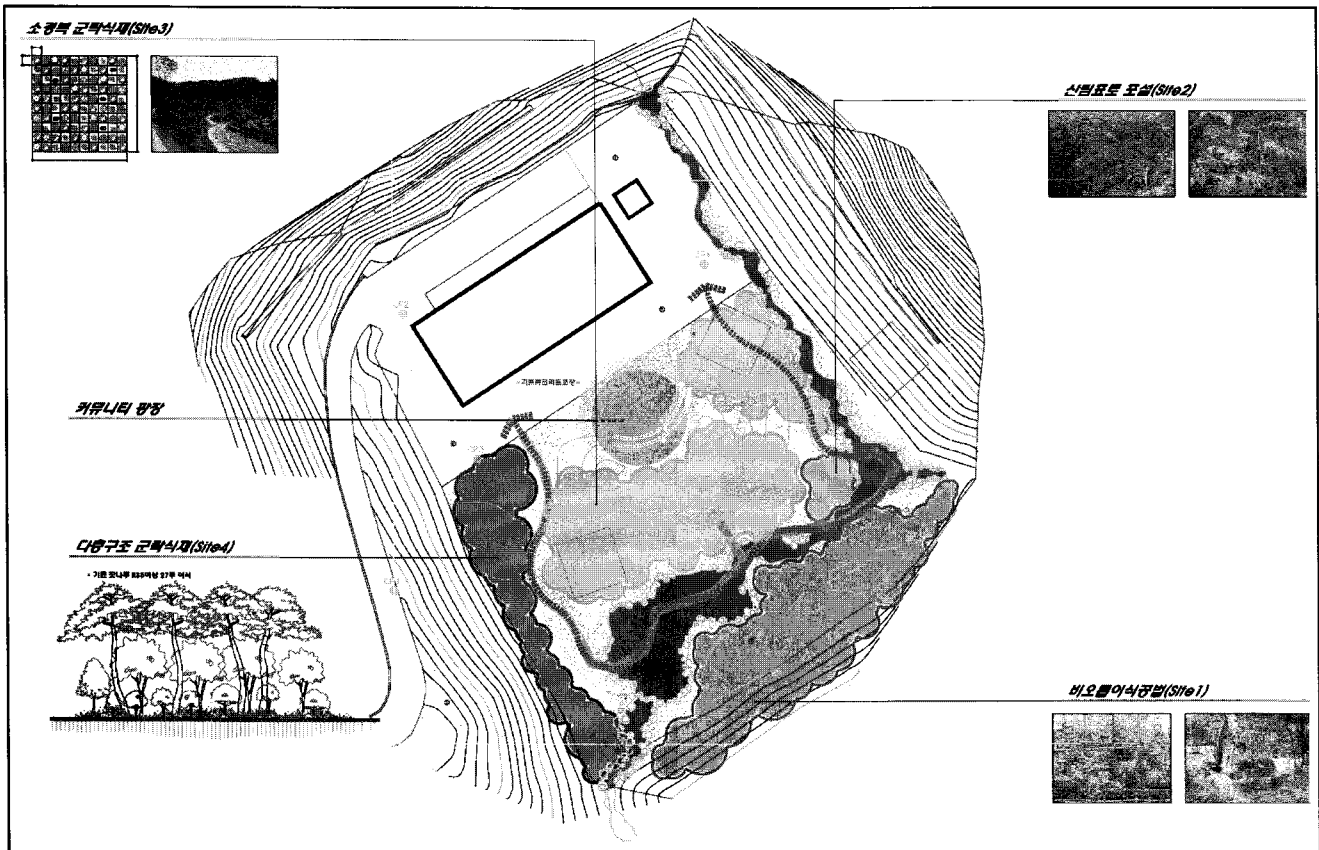


Figure 2. Concept chart of planting plan in environment center

식물상의 조사 뿐 만 아니라 국내에서 처음으로 시도하는 토양동물상을 조사하여 지하부의 생태계 회복여부를 판단하였다.

식물상 조사는 환경센터 내의 조사구 외에 대조구(임도 개설구간 주변식생)를 대상으로 실시하였으며, 대한식물도감(이창복, 1980)을 기준으로 동정 및 분류하였다.

식물군집구조는 조사구의 수관층별 종간 상대적 우세를 비교하기 위하여 Curtis and McIntosh(1951)의 중요치(I.V.; Importance Value)를 통합하여 나타낸 상대우점도(Brower and Zar, 1977)를 수관층위별로 분석하였다. 상대우점도(Importance Percentage; I.P.)는 (상대밀도+상대피도)/2로 계산하였으며, 개체들의 수고를 고려하여 수관층위별로 가중치를 부여한 (교목층I.P.×3+아교목층I.P.×2+관목층I.P.×1)/6으로 평균상대우점도(Mean Importance Percentage; M.I.P.)를 구하였다.

토양동물상은 각 조사구에서 토심 5cm내외의 표토를 1.5리터 채취(최소 5지점 이상)한 후 Hand Sorting(몸집크기 2mm이상 추출)법과 Tullgren Device(몸집크기 2mm이하 추출)법을 병행하여 추출하였으며, 일본산 토양동물 분류를 위한 도해검색(青木淳一, 1999)과 토양동물학(최성식, 2001)을 기준으로 동정하였다. 동정한 토양동물군을 환경변화에 민감하게 반응하는 정도에 따라 분류하는 토양동물에 의한 자연관정법(社団法人 日本自然保護協會, 2002)에 의해 그룹별로 구분 짓고, 각 그룹군의 평점을 합산(A그룹 군집수×5 + B그룹 군집수×3 + C그룹 군집수×1)하여 토양동물에 의한 자연도를 산출하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 식물군집구조

Table 1은 각 조사구에서 출현한 수종의 수관층위별 상대우점도와 수관층위별로 가중치를 부여한 평균상대우점도, 출현 종수, 개체수를 나타낸 것이다. 대조구에서는 총 15종 77개체가 출현하였으며 신갈나무(M.I.P.: 26.40%)가 우점수종이었다. 비오톱이식공법으로 조성한 곳(Site 1)에서는 총 15종 45개체가 출현하였으며 신갈나무(M.I.P.: 46.68%)가 우점수종이었다. 소경목을 군락식재한 곳(Site 3)에서는 총 8종 70개체가 출현하였으며 신갈나무(M.I.P.: 31.81%)가 우점수종이었다. 다층구조로 군락식재한 곳

(Site 4)에서는 총 17종 49개체가 출현하였으며 잣나무(M.I.P.: 34.61%)의 우점도가 가장 높고 다음으로 신갈나무(M.I.P.: 19.52%)가 높았다.

조사구별 식생구조를 살펴보면, 대조구의 교목층은 신갈나무(I.P.: 31.92%)와 졸참나무(I.P.: 30.76%)와 같은 참나무류가, 아교목층은 쪽동백나무(I.P.: 27.67%)와 신갈나무(I.P.: 24.68%)가, 관목층은 생강나무(I.P.: 38.26%)와 쪽동백나무(I.P.: 33.76%)가 우점하였다. 비오톱이식공법으로 조성한 곳의 교목층은 신갈나무(I.P.: 83.6%)와 개벚나무(I.P.: 16.40%)가, 아교목층은 신갈나무(I.P.: 14.63%)와 졸참나무(I.P.: 14.39%)가, 관목층은 개암나무(I.P.: 43.61%)와 물푸레나무(I.P.: 22.76%)가 우점하였다. 소경목을 군락식재한 곳에는 교목층이 없으며 아교목층은 신갈나무(I.P.: 74.54%)와 개벚나무(I.P.: 25.46%)가, 관목층은 신갈나무(I.P.: 41.80%)와 진달래(I.P.: 19.50%)가 우점하였다. 다층구조로 군락식재한 곳의 교목층은 잣나무(I.P.: 69.22%)와 밤나무(I.P.: 16.15%)가, 아교목층은 신갈나무(I.P.: 47.91%)와 개벚나무(I.P.: 32.64%)가, 관목층은 진달래(I.P.: 30.71%)와 신갈나무(I.P.: 21.31%)가 우점하였다. 위에 열거한 조사구와는 달리 산림표토를 포설한 곳에서는 신갈나무, 등글레와 같은 목초초본류의 실생이 확인되었으나 적어도 2~3년 후에야 관목층을 형성할 수 있을 것으로 판단되었다.

2. 토양동물에 의한 자연도

대조구의 토양동물에 의한 자연도는 56점으로 A그룹과 B그룹에서 각 각 6군집이, C그룹에서 8군집이 조사되었다. 토양동물에 의한 자연도는 식생이 다양하고 임상내의 환경이 안정된 숲일수록 100점에 가까운 수치를 나타내며, 인간의 간섭 등으로 인한 자연의 훼손정도가 심할수록 가까워지게 된다. 따라서 대조구의 자연도 56점은 그리 높다고는 할 수 없으나 환경변화에 민감하고 소멸되기 쉬운 A그룹과 다소 민감한 B그룹의 구성종이 비교적 많이 출현한 것으로 보아 안정된 임상환경을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

비오톱이식공법으로 조성한 곳(Site 1)의 자연도는 49점으로서 A그룹에서 5군집, B그룹과 C그룹에서 각 각 6군집이 조사되었다. 대조구와 비교하여 자연도가 조금 낮으나 A그룹과 B그룹의 구성종이 대조구와 거의 유사한 것으로 보아 이식으로 인한 환경변화가 적고 안정된 것으로 보인다.

Table 1. Importance percentage of major woody species

Species	Control plot				Site 1				Site 3				Site 4			
	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d	C ^a	U ^b	S ^c	M ^d
<i>Quercus aliena</i>	-	-	-	-	-	13.20	7.58	5.66	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Prunus leveilleana</i>	-	6.61	-	2.20	16.40	12.41	-	12.34	-	25.46	7.84	9.80	-	32.64	2.61	11.31
<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>	-	-	-	-	-	3.78	43.61	8.53	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhus trichocarpa</i>	-	10.93	-	3.64	-	2.05	-	0.68	-	-	-	-	-	-	4.96	0.83
<i>Securinega suffruticosa</i>	-	-	8.71	1.45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus variabilis</i>	19.35	-	-	9.68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.58	0.43
<i>Euonymus macroptera</i>	-	5.28	-	1.76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Juniperus rigida</i>	-	4.68	-	1.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Symplocos chinensis</i> for. <i>pilosa</i>	-	-	-	-	-	6.23	-	2.08	-	-	-	-	-	4.71	4.67	2.35
<i>Pyrus pyrifolia</i>	-	-	-	-	-	5.13	-	1.71	-	-	-	-	8.69	-	-	4.35
<i>Aralia elata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.95	0.49
<i>Pinus rigida</i>	12.51	1.89	-	6.89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	-	2.56	8.00	2.19	-	2.26	22.76	4.55	-	-	2.10	0.35	5.94	-	-	2.97
<i>Castanea crenata</i> var. <i>dulcis</i>	5.46	-	-	2.73	-	-	4.41	0.74	-	-	1.36	0.23	16.15	-	-	8.08
<i>Weigela subsessilis</i>	-	-	-	-	-	2.36	-	0.79	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Elaeagnus umbellata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.43	1.41	-	-	-	-
<i>Morus bombycis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.57	0.43
<i>Zanthoxylum schinifolium</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.11	0.85
<i>Lindera obtusiloba</i>	-	3.35	38.26	7.49	-	2.61	-	0.87	-	-	13.81	2.30	-	9.57	11.88	5.17
<i>Acer tschonoskii</i> var. <i>rubripes</i>	-	-	-	-	-	3.25	21.64	4.69	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Quercus mongolica</i>	31.92	25.69	11.28	26.40	83.60	14.63	-	46.68	-	74.54	41.80	31.81	-	47.91	21.31	19.52
<i>Lonicera praeflorens</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.18	8.43	3.13
<i>Kalopanax pictus</i>	-	4.76	-	1.59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Pinus koraiensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69.22	-	-	34.61
<i>Quercus serrata</i> Thunb.	30.76	4.15	-	16.76	-	14.39	-	4.80	-	-	5.16	0.86	-	-	-	-
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	-	-	-	5.88	-	1.96	-	-	19.50	3.24	-	-	30.71	5.12
<i>Styrax obassia</i>	-	27.67	33.76	14.85	-	11.83	-	3.94	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Lespedeza cyrtobotrya</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.21	0.37
<i>Sorbus alnifolia</i>	-	2.43	-	0.81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Number of species	5	12	5	15	2	14	5	15	0	2	8	8	4	8	12	17
Number of individual	17	53	7	77	4	28	13	45	0	4	66	70	12	11	26	49

*a:Importance percentage in Canopy layer, b:Importance percentage in Understory layer, c:Importance percentage in Shrub layer, d:Mean Importance percentage

산림표토를 포설한 곳(Site 2)의 자연도는 14점으로 B그룹의 3군집과 C그룹의 5군집이 출현하였다. 이는 산림표토의 채취과정에서 발생하는 토양교란과 포설후의 환경악화에 따른 변화로 보인다.

소경목 군락식재한 곳(Site 3)과 다층구조로 군락식재한 곳(Site 4)의 자연도는 각 각 4점으로서 환경변화에 가장 둔감한 C그룹의 군집만 출현하였다. 이 두 곳의 식재기반은 산림표토를 포설한 곳과는 달리 무기질의 마사토양을 개량한 정도여서 처음부터 토양동물상이 빈약하였던 것으로 판

단된다.

IV. 결론

지금까지의 조사 결과는 이식직 후의 식물군집구조와 토양동물상의 개황을 살펴 본 정도에 지나지 않는다. 앞으로 꾸준한 장기모니터링을 통하여 다양한 식재기법으로 조성한 숲의 식생과 토양동물상의 변화 특성을 파악하고 이들 상호간의 상관관계를 밝히고자 한다.

Table 2. Result of identifying soil animals

Site	Species	Control plot	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4
Group A	<i>Scolopendromorpha</i>	○	○			
	<i>Gastropoda</i>	○	○			
	<i>Diplopoda</i>	○	○			
	<i>Geopilomorpha</i>	○	○			
	<i>Symphyla</i>	○	○			
	<i>Lygiidae</i>	○				
Group B	<i>Pseudoscorpiones</i>		○			
	<i>Oligochaeta</i>	○	○	○		
	<i>Lithobiomorpha</i>	○	○			
	<i>Porcellionidae</i>	○	○			
	<i>Coleoptera-Adults</i>	○	○	○		
	<i>Coleoptera-Larvae</i>	○	○	○		
	<i>Harpalidae</i>	○				
Group C	<i>Collembola</i>	○	○	○	○	○
	<i>Acari</i>	○	○	○	○	○
	<i>Araneae</i>	○	○	○	○	○
	<i>Armadillidium vulgare</i>	○				
	<i>Diptera-Larvae</i>	○				
	<i>Enchytraeida</i>	○	○	○		
	<i>Formididae</i>	○	○	○	○	○
	<i>Staphylinidae</i>	○	○			
Nature degree	Group A	30	25			
	Group B	18	18	9		
	Group C	7	6	5	4	4
	Total	56	49	14	4	4

본 연구의 목적은 장기적인 모니터링 결과를 바탕으로 하여 자연자원을 보다 효율적으로 활용하고 생태계복원을 조기에 실현할 수 있는 식재기법을 제안해 나가는데 있다고 하겠다.

V. 인용문헌

이창복(1980) 대한식물도감, 향문사.

최성식(2001) 토양동물학, 원광대학교출판국.

Brower, J. E and J. H. Zar(1977) Field and laboratory methods for general ecology. Win. C. Brown Company.

Curtis J. T. and R. P. McIntosh(1951) An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32:376-496.

青木淳一(1999) 日本産土壤動物, 東海大学出版会.

財団法人日本自然保護協会(2002) 指標生物—自然をみるものさし, 平凡社.