

토취장 개발에 따른 훼손생태계 이식방안 연구^{1a}

이수동² · 강현경^{3*}

Transplantation Method of Damage Ecosystem Associated with Development of the Borrow Pits^{1a}

Soo-Dong Lee², Hyun-Kyung Kang^{3*}

요 약

본 연구는 매립공사로 인해 훼손되는 토취장을 대상으로 생태계 훼손에 따른 이식방안을 제안하고자 하였다. 연구대상지는 전라남도 광양시 중군동에 위치하며 전체 면적은 약 199,026m²이나 토취에 의해 훼손되는 지역은 약 84,200m²로 이들 지역에 대하여 생태계 훼손에 따른 이식방안을 제시하고자 하였다. 본 연구대상지내 분포하는 식생구조 및 발달과정, 지형 및 토양의 이화학적 특성, 연륜구조 등을 종합적으로 분석하여 훼손이 불가피한 대상지의 이식방안을 제안하고자 하였다. 분석결과, 본 연구에서 군락이식과 수목이식으로 구분하여 기존 신갈나무림과 곶솔림을 모델로 식재방안을 제안하였다. 훼손지의 군락이식에 있어서는 신갈나무숲을 조성하여 자연림의 복원을 도모하며, 이식량에 있어서는 교목층의 신갈나무 89주, 아교목층 153주, 관목층 661주가 적정할 것으로 조사되었으며 수목이식은 기존의 곶솔 이식으로 교목층의 곶솔 2,648주이었고, 전체 표토 이식량은 15,353m³로 산출되었다. 본 연구결과는 매립에 따른 훼손지의 문제점을 해결하기 위한 생태계 보상 및 훼손 저감장치로서 유용하게 작용할 것으로 판단된다.

주요어: 식생구조, 연륜구조, 군락이식, 수목이식

ABSTRACT

The aim of this study was to propose methods to transplant for the ecosystem damage borrow pits. The research site is Junggun-dong Gwangyang-si Jeollanam-do. The total area of the site is approximately 199,026 m², but the area damaged by exploitation of soil and rocks is about 84,200m². This signals the transplanting method to solve the problems of ecological destruction. The research will focus on the areas either which are evaluated as damaged or in which the development is inevitable. Therefore, this study will investigate the vegetation structure and their evolution, topological and soil character, and annual ring structure; in the end, the study will propose compensating and restoring options. This study proposed the selection of trees and their planting methods by using the models of the community transplantation(*Quercus mongolica* trees) and the tree transplantation(*Pinus thunbergii* trees). The study set out plans that will attempt to restore the *Quercus*

1 접수 2012년 4월 5일, 수정(1차: 2012년 6월 18일), 게재확정 2012년 6월 19일
Received 5 April 2012; Revised(1st: 18 June 2012); Accepted 19 June 2012

2 경남과학기술대학교 조경학과 Dept. of Landscape Architecture, Gyeongnam National Univ. of Science and Technology, Jinju(660-758), Korea(ecoplan@gntech.ac.kr)

3 상명대학교 환경조경학과 Dept. of Environmental Landscape Architecture, Sangmyung Univ., Cheonan(330-720), Korea(hkkang@smu.ac.kr)

a 이 논문은 2012년도 경남과학기술대학교 기성회연구비에 의하여 연구되었음

* 교신저자 Corresponding author(hkkang@smu.ac.kr)

mongolica forests and 89 *Quercus mongolica* trees of the canopy layer trees, 153 middle layer trees, and 661 shrubs are suitable. The tree transplantation utilized the existing *Pinus thunbergii* trees. The number of transplantation is 2,648. The total area of the transplantation topsoil is calculated to be 15,353 m³. These study results must be contributed to reduce a damaged ecosystems and compensated damaged ecosystems for solving the problem of damaged borrow pits.

KEY WORDS: VEGETATION STRUCTURE, ANNUAL RING STRUCTURE, COMMUNITY TRANSPLANTATION, TREE TRANSPLANTATION

서 론

산림이 65% 이상인 우리나라에서 산지를 대상으로 시행되는 각종 개발은 산림의 부분 또는 전체를 절·성토하여 이루어지기 때문에 생태계 훼손은 심각하다. 이를 해소하고자 국토기본법과 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에서는 훼손된 자연생태계를 복원하기 위한 종합적인 시책 추진과 국토의 자연환경과 경관의 보전, 복원 목적을 달성할 수 있도록 이용되어야 한다고 규정하고 있다. 이외에도 생태보전협력금제도, 사전환경성 검토와 환경영향평가에서의 입지 타당성과 저감방안 제안 등을 통한 생태계 보전 노력이 진행되고 있다. 하지만 사전에 복원을 고려하지 않은 사업이 개발 이후 장기간 방치되어 또 다른 피해를 유발하는 등 사후복원제도의 비중이 높은데서 오는 문제점을 해결하기 위해서는 최근, 자연침해조정 개념과 같은 사전예방제도 도입의 필요성이 부각되고 있다(Choi, 2008). 이와 같은 훼손에 대한 저감방안에도 독일의 Eingriffsregelung, 미국의 습지를 위한 no-net-loss 정책, 네덜란드의 공간적으로 보호된 지역을 위한 보상원칙 등 다양한 개념이 등장하고 있는 바(Cuperus et al., 1999) 우리나라에서도 개발에 따른 생태계 훼손 및 저감, 보상 방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 3면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 과도한 산지 및 농지개발을 억제하고 용지를 확보하고자 해양매립이 이루어지고 있다. 매립에 의한 직접적인 피해로는 다양한 생물의 서식 장소 손실, 물질순환 기능 단절에 따른 해양오염 유발, 생물생산기능 소실 등이 있으며 간접적으로는 유생네트워크의 붕괴에 따른 생물생산성 및 종다양성 감소, 지형변경에 따른 영향, 공사과정 중의 영향, 유동변화로 인한 영향, 적조발생 등 매립되는 갯벌 즉, 해안지역에만 초점을 맞추고 있다. 우리나라의 갯벌 면적은 1987년 3,023km²이었던 것이 2008년에 2,489.4km²로 약 22.3% 감소하였는데 이는 간척사업 때문이며 매립으로 인한 생태계 훼손 저감 대책은 오타방지막 설치만 제안되는 등 실효성이 의문시된다. 해안매립은 갯벌이 가진 수산자원 생산, 오염정화, 심미적 기능, 기타 홍수조절 등의 직접적인 훼손도 문제이지만

(Park and Lee, 2004) 매립지 기반 조성을 위한 토사, 암석 채취를 위해 활용되는 토취장의 생태계 훼손 또한 심각한 현실에 있다.

현재 진행되고 있는 해안매립 사업 중 새만금의 경우는 갯벌 훼손에 따른 경제적 손실에 대한 측면을 강조하였으며 광양항 부두건설을 위한 매립과 준설에 있어 유속의 변화로 인한 문제점만(Maeng et al., 2005) 지적하는 등 갯벌 자체의 훼손에 초점이 맞춰져 있을 뿐 매립자재를 충당하는 주변 섬 또는 산림생태계 훼손의 문제점은 부각되지 않고 있다. 이와 같은 해안개발사업은 2001년 이후 20~40건으로 꾸준한 추세를 보이고 있으며 1980년대 이후 145건 1,059.1 km²의 면적에서 시공 중인 것으로 보고(Maeng et al., 2007) 된 바 있어 갯벌 자체의 훼손뿐만 아니라 매립재로 활용하기 위한 주변 산림생태계 훼손은 지속될 것으로 보인다. 이에 본 연구는 매립공사로 인해 훼손되는 토취장을 대상으로 개발이 불가피한 장소에 분포하는 식생의 군집구조 특성 및 발달과정, 지형 및 토양특성, 연료구성 등을 종합적으로 분석하여 생태계 훼손에 따른 이식방안을 제안하고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상지 개요

연구대상지는 전라남도 광양시 중군동에 위치하며 남해고속국도, 국도 2호선이 지나고 대상지로의 직접적인 접근은 지방도에 의해 가능하다. 전체 면적은 약 199,026m²이나 토취에 의해 훼손되는 지역은 약 84,200m²로 이들 지역에 대하여 생태계 훼손에 따른 이식방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구진행체계 및 방법

본 연구는 환경생태 현황 조사분석, 훼손시 이식항목 지표 선정, 훼손에 대한 이식방안의 3단계로 진행하였다. 1단계에서는 훼손예정지 및 일대 지역을 대상으로 지형구조, 우점종 및 토지이용에 따른 식생분포 현황을 도면화하였고

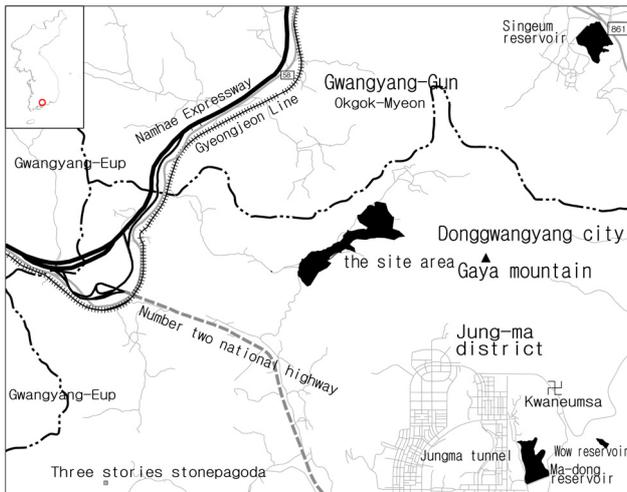


Figure 1. The map of research site

향후 이식 항목 지표를 파악하고자 대표군락에 대한 종수 및 개체수, 수령, 토양층위 현황 등을 조사하였다. 2단계에서는 토취장의 전체 훼손에 따라 적용 가능한 이식방안 및 범위, 선정기준 지표를 선정하였다. 개발의 한계상 수목이식, 표토이식, 훼손지 복원 등에 대한 고찰 뒤 각각에 대한 기준을 제시하고자 하였다. 3단계에서는 환경생태 현황 분석자료를 바탕으로 이식방안을 적용하여 표토 또는 수목 이식물량을 산정하였다(Table 1).

환경생태 현황 조사분석에서는 지형구조, 식물생태, 토양환경 등을 분석하였다. 식물생태는 생태적 질 및 잠재성을 평가하고 환경친화적인 계획을 위한 방향을 설정하고자 식생이 분포하지 않는 지역은 토지이용 현황을, 식생이 분포

하는 지역은 우점종의 식생상관(vegetational physiognomy)에 의하여 현존식생 및 토지이용 유형을 구분하고 1/5,000 축척의 수치지도에 도면화하였다. 산림내 대표 유형의 식생 현황을 파악하기 위하여 방형구법(quadrat method)에 의해 10m×10m(100m²) 조사구 12개소를 설정하였다. 식생조사는 각 조사구에서 출현하는 흉고직경 2cm 이상의 수목을 교목층과 아교목층으로, 그 이하를 관목층으로 구분하여 수종명, 흉고직경(D.B.H.), 수고 등을 조사하였다. 비오톱 유형은 현존식생과 토지이용 현황을 바탕으로 우점종의 자생성과 생육지특성(습도, 식재여부, 우점종의 성상에 따라 세분하였다(Lee and Kang, 2010). 토양조사는 토양층위 발달 여부 및 이식 가능성을 비교·분석하고자 토양화 과정으로 인해 뚜렷하게 구분되는 층위별 깊이를 측정하고 이를 활용하여 표토이용 방안을 제안하고자 하였다. 토양 이화학적 특성을 분석하기 위한 시료는 유기물층을 걷어내고 B층에 해당하는 토양층에서 채취하였으며 토양 pH, 유기물함량, 양이온치환능력, 유효인산, 전기전도도 등을 분석하였다.

훼손지 이식항목 지표 선정에서는 현황 조사분석 자료를 바탕으로 식생보전가치, 경사도, 최소면적단위, 기타 접근성의 기준에 따라 수목 및 토양이식 유형을 제안하고자 하였다. 이식유형은 현황 조사·분석자료를 바탕으로 식생상관, 식생구조, 수목규격, 녹지자연도에서의 연령급 등 식생보전가치와 접근성을 고려하여 특성에 따라 세분하였다. 독일의 자연침해조정규정에서는 생태계가 훼손될 경우 같거나 유사한 생태계로 회복하기 위한 정량적인 수치를 제시하고 있으므로(Ra, 1997) 본 연구에서도 이식대상 수목의 개체수, 표토량 등을 구체적으로 제시하도록 하였다.

Table 1. Research contents and procedure

Phase	Research contents and Procedure
1st Phase Ecological Analysis	Topological structure analysis <ul style="list-style-type: none"> Analysing the slope, aspect and the altitude of elevation by Arc-view programme
	Vegetation ecosystem <ul style="list-style-type: none"> The study mapped the status of vegetational distribution that resulted from topological structure, dominant species, and land-use. Considering the tree layer structure in the tree dominant region Vegetation quadrat survey for typical communities: Scientific name, D.B.H., tree height, crown size Verifying the number of species, individuals and dominant species ages, etc., per typical communities' units area(100m²).
	Soil environment <ul style="list-style-type: none"> Soil layer-classifying the soil profile such as O, A, B(B1, B2) for calculating the amount of topsoil Physic-chemical characteristics of soil-analyzing pH, consumer electronics control, available phosphate, organic content, etc.
2nd Phase Select indicators for transplantation	<ul style="list-style-type: none"> The selection of the indicators for transplantation when ecosystem is damaged The selection of the transplanted types: to classify the transplanted types by research and analysis Tree transplant: to choose the transplantation areas and to select standard for transplantation trees Soil transplant: to select standard for calculating the amount of transplanting materials by physical environment
3rd Phase Propose transplanting option for damaged areas	<ul style="list-style-type: none"> To calculate the amount of transplanting materials: the amount of tree transplant and soil transplant Reclamation plan—to propose the restoration plan for this abandoned lands after soil transplant and rock transplant

이식방안 제안에서는 토취장의 한계상 원형보전에 대한 내용은 제외하고 수목 및 토양이식지를 대상으로 이식물량을 산정하고자, 토취 후 이식수목과 표토를 활용한 훼손지 복원 방안을 제안하고자 하였다. 생태계 영향 최소화와 손상된 환경 복원차원에서 적용하고 있는 미국과 일본의 Mitigation 제도는 회피→최소화→수정→경감·소실→보상의 단계를 제안하고 있으며 보상은 저감이 불가능할 경우 적용하고 있다(Kim, 2004). 세부적인 군락이식 및 수목이식 대상지는 식생발달, 자생성, 수목규격, 수목생육상태를 기준으로 식생발달측면에서는 천이를 주도하는 자생종을, 자생성에서는 야생동물에게 먹이 또는 은신처를 제공하는 자생종을 대상으로 하였다. 수목규격에서는 이식후 활착을 고려하여 흉고직경 25cm 이하의 수목을 이식하도록 제한한 바 있어(Kim, 2005; Lee and Choi, 2009) 소경목 군락으로 녹지자연도는 등급 7~8에 해당되는 지역을 대상으로 하였다. 훼손지에 있어서 독일에서는 개발사업에 따른 부득이한 침해행위가 발생할 경우, 주어진 기간내에 침해된 경관을 복원해야 할 의무를 부과하고 있으며(Ra, 1997) 토취장의 훼손 보상은 회피, 보상을 제외하면 대안이 없어 훼손예정지의 양호한 식생 및 토양이식을 복원방안으로 제안하고자 한다.

결과 및 고찰

1. 환경생태 현황

1) 지형구조

대상지의 지형현황에 있어 해발고는 전체대상지내에서 130~160m(37.71%)가 가장 넓은 면적을 차지하였으며 160~190m는 26.58%, 100~130m는 16.09%, 산 능선부를 포함한 250m이상은 0.54%를 나타내었다. 훼손지는 해발고 190m이하로서 130~160m(67.93%)가 대면적을 차지하였다. 경사도는 전체 대상지에서 급경사지(경사 20~30°)가 45.12%로 가장 넓었고 경사 30°이상이 29.72%로 전체에서 경사가 급한 험준지가 70%이상이었다. 훼손예정지에서도 비슷한 양상으로 경사도 20~30°지역이 44.88%로 가장 넓었고, 30°이상의 급경사지가 30%이상을 나타내었다. 경사도 5~15°는 5.78%의 소면적으로서 관목식재지가 위치하였으며 경사도 5°이하와 15~20°는 각각 7.81%, 7.54%로 면적이 협소한 경계부의 논의 이에 해당되었다. 향은 전체대상지에서 북서향이 28.21%로 가장 넓었으며 북향, 남동향, 서향이 12.07~14.22%, 평지 및 남서향이 8.70~8.91%로 협소하였다. 훼손예정지에서도 북서, 남향이 각각 30.85%, 21.34%로 넓었으며, 그 외 남동향이 18.38%이었다(Table 2~4).

Table 2. The area and ratio of elevation in research sites

Elevation	Research site		Damaged area	
	Area(m ²)	Ratio(%)	Area(m ²)	Ratio(%)
100m below than	11,850	5.95	8,445	10.03
100m ~ 130m	32,031	16.09	16,772	19.92
130m ~ 160m	75,060	37.71	57,198	67.93
160m ~ 190m	52,894	26.58	1,785	2.12
190m ~ 220m	18,378	9.23	-	-
220m ~ 250m	7,731	3.90	-	-
250m more than	1,083	0.54	-	-
Total	199,026	100.00	84,200	100.00

Table 3. The area and ratio of slope in research sites

Slope	Research site		Damaged area	
	Area(m ²)	Ratio(%)	Area(m ²)	Ratio(%)
5° below than	14,762	7.42	6,576	7.81
5° ~ 15°	15,271	7.67	4,867	5.78
15° ~ 20°	20,045	10.07	6,349	7.54
20° ~ 30°	89,796	45.12	37,789	44.88
30° ~ 45°	56,371	28.32	26,733	31.75
45° more than	2,781	1.40	1,886	2.24
Total	199,026	100.00	84,200	100.00

Table 4. The area and ratio of aspect in research sites

Aspect	Research site		Damaged area	
	Area(m ²)	Ratio(%)	Area(m ²)	Ratio(%)
FLATLAND	17,312	8.70	7,738	9.19
NORTH	28,296	14.22	8,243	9.79
NORTHEAST	4,809	2.42	1,027	1.22
EAST	1,356	0.68	1,566	1.86
SOUTHEAST	26,996	13.56	15,476	18.38
SOUTH	22,361	11.24	17,968	21.34
SOUTHWEST	17,728	8.91	3,924	4.66
WEST	24,032	12.07	2,282	2.71
NORTHWEST	56,136	28.21	25,976	30.85
Total	199,026	100.00	84,200	100.00

2) 식물생태

(1) 현존식생 및 비오톱 현황

현존식생유형은 리기다소나무-곰솔림, 곰솔림, 밤나무림을 중심으로 총 18개 유형으로 구분되었다. 전체지역에서는 능선부를 중심으로 곰솔과 리기다소나무가 혼재하여 생육하는 리기다소나무-곰솔림(25.38%)과 곰솔-리기다소나무림(23.46%), 경계부의 경사지에 식재된 밤나무림(21.33%)이 우점군락이었다. 자연림 유형으로는 해안지역의 대표식생인 곰솔림 7.92%, 신갈나무림 2.83%이었으며 일부 곰솔림내 갈참나무 및 신갈나무가 생육하고 있는 곰솔-갈참나무림(1.55%)과 신갈나무-곰솔림(1.01%), 천이진행단계에 있는 신갈나무-리기다소나무림(0.96%)은 소면적이었다. 경계를 따라 경작지 유형인 논(0.69%)과 밭(1.26%), 사방오

리나무림, 관목식생지, 잔디식재지가 1.47~3.19%로 산재하였다. 훼손예정지는 12개 유형으로 구분되었으며, 곰솔과 리기다소나무 혼효림이 60%이상이었고 북측사면의 경계 지역으로 분포하는 밤나무림(12.36%)이 주요 유형이었다. 자연림 유형으로는 곰솔림, 소나무림, 신갈나무림, 관목식생지 등이 5% 내외로 분포하였다. 평지인 논과 연결되는 훼손지 경계부의 완경사지를 중심으로 동서방향으로 길게 밤나무단지, 남사면에는 곰솔과 리기다소나무가 혼효되어 출현하였다. 밤나무단지 주변으로 리기다소나무-곰솔림, 곰솔-리기다소나무림이 대면적으로 분포하였다. 서측, 서북측의 능선부를 따라 곰솔이 생육하고 있었으며, 남쪽의 경사지에는 관목식생지가 소규모 면적을 차지하고 있었다. 대상지는 해발고가 낮아 개간되거나 리기다소나무, 밤나무 등 인공 식재림의 면적이 넓어 자연림인 곰솔림과 신갈나무림 등이 상대적으로 보호가치가 있는 군락인 것으로 판단되었다(Table 5, Figure 2).

Table 6, Figure 3은 비오톱 유형을 분류한 것으로 향후 이식항목을 선정하기 위하여 생물종구성, 우점종의 자연성, 층위구조의 다양성, 천이발달 가능성 등 생물다양성 측면을 고려하여 구분하였다. 전체지역은 총 13개 비오톱 유형으로 구분되었고, 이 중 상록활엽수 인공림과 낙엽활엽수 인공림이 각각 25.77%, 25.25%로 넓었으며 곰솔 및 밤나무가 우점종이었다. 층위가 단순한 단층구조 곰솔-인공림(23.46%)이 주요 유형이었고 단층구조 곰솔림(6.47%), 다층구조 신갈나무림(3.84%), 잔디식재지(3.19%), 다층구조 곰솔림(3.01%), 관목식재지(2.80%), 단층구조 신갈나무-인공림

(0.96%), 단층구조 소나무림(0.33%)이 분포하였다. 논과 밭을 포함한 경작지(1.94%) 경계부에 산재해 있었고 그 외에 주택을 포함한 도시화지역이 2.98%를 차지하였다.

훼손예정지는 11개로 구분되었으며, 단층구조의 곰솔-인공림(42.47%)이 대표적인 유형이었고 리기다소나무가 우점종인 상록침엽수 인공림이 19.01%이었다. 이 외에 밤나무 중심의 낙엽활엽수 인공림(13.64%), 관목식재지(3.31%), 단층구조의 신갈나무-인공림(2.31%) 등이 소면적으로 분포하였다. 단층구조 인공림이 우점하는 지역에 출현하는 다층구조 신갈나무림(3.78%), 단층구조 곰솔림(3.77%), 단층구조 소나무림(2.46%) 등의 자연림 유형은 면적은 좁으나 보호가치가 있는 것으로 판단되었다.

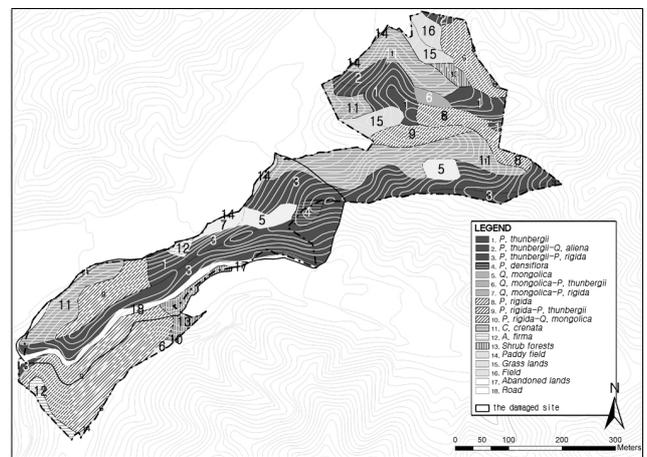


Figure 2. The map of actual vegetation in research site

Table 5. The area and ratio of actual vegetation in research sites

No	Actual vegetation types	Research site		Damaged area	
		Area(m ²)	Ratio(%)	Area(m ²)	Ratio(%)
1	<i>Pinus thunbergii</i> forests	15,772	7.92	3,174	3.77
2	<i>P. thunbergii-Quercus aliena</i> forests	3,077	1.55	-	-
3	<i>P. thunbergii-P. rigida</i> forests	46,693	23.46	35,763	42.47
4	<i>Pinus densiflora</i> forests	658	0.33	2,070	2.46
5	<i>Quercus mongolica</i> forests	5,640	2.83	3,179	3.78
6	<i>Q. mongolica-P. thunbergii</i> forests	2,006	1.01	-	-
7	<i>Q. mongolica-P. rigida</i> forests	1,915	0.96	1,942	2.31
8	<i>Pinus rigida</i> forests	5,652	2.84	-	-
9	<i>P. rigida-P. thunbergii</i> forests	50,522	25.38	16,008	19.01
10	<i>P. rigida-Q. mongolica</i> forests	1	0.00	-	-
11	<i>Castanea crenata</i> forests	42,449	21.33	10,405	12.36
12	<i>Alnus firma</i> forests	2,932	1.47	1,075	1.28
13	Shrub forests	5,569	2.80	2,785	3.31
14	Paddy field	1,360	0.69	1,190	1.41
15	Grass lands	6,352	3.19	-	-
16	Field	2,500	1.26	-	-
17	Abandoned lands	1	0.00	1	0.00
18	Road	5,927	2.98	6,608	7.85
	Sum up	199,026	100.00	84,200	100.00

Table 6. The area and ratio of biotope types in research sites

No	Biotope types	Research site		Damaged area	
		Area(m ²)	Ratio(%)	Area(m ²)	Ratio(%)
1	<i>P. thunbergii</i> multi layer structure forests	5,981	3.01	-	-
2	<i>P. thunbergii</i> single layer structure forests	12,868	6.47	3,174	3.77
3	<i>P. thunbergii</i> single layer structure artificial forests	46,693	23.46	35,763	42.47
4	<i>Pinus densiflora</i> single layer structure forests	658	0.33	2,070	2.46
5	<i>Quercus mongolica</i> multi layer structure forests	7,647	3.84	3,179	3.78
6	<i>Quercus mongolica</i> single layer structure artificial forests	1,915	0.96	1,942	2.31
7	Evergreen coniferous artificial forests	51,295	25.77	16,008	19.01
8	Deciduous artificial forests	50,261	25.25	11,481	13.64
9	Shrub forests	5,568	2.80	2,785	3.31
10	Grass lands	6,352	3.19	-	-
11	Cultivated area	3,860	1.94	1,190	1.41
12	Abandoned lands	1	0.00	1	0.00
13	Urbanized areas	5,927	2.98	6,608	7.85
Sum up		199,026	100.00	84,200	100.00

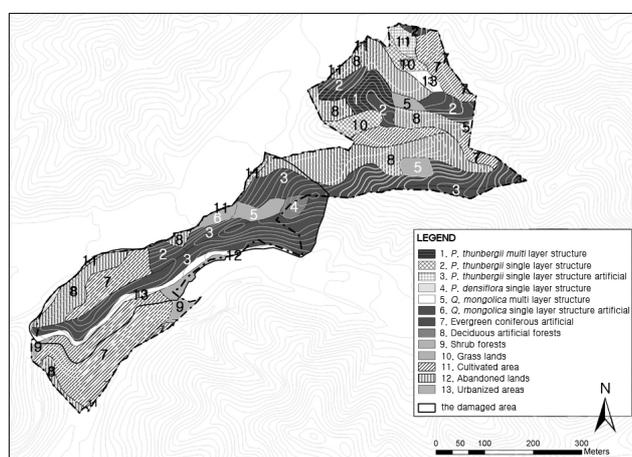


Figure 3. The map of biotope in research site

(2) 식물군집구조

식물군집구조 조사는 훼손지에 대한 이식방안 수립시 이식 가능한 종수 및 개체수를 산정하기 위한 것으로 조사구 위치는 Figure 4와 같다. 조사구는 총 12개소(방형구 10m×10m)에 설정하였으며, 현존식생 중 면적이 넓은 곰솔, 리기다소나무 혼효림 내부에 8개 조사구를, 양호한 자연림인 신갈나무림의 식생구조와 밤나무 인공림의 특성을 파악하고자 각각 2개소를 설정하였다. 대표적인 곰솔-리기다소나무림에서는 교목층에 곰솔(평균 19주/100m²)과 리기다소나무(평균 8주/100m²)를 중심으로 교목층은 곰솔이 우점하였으며 관목층에서는 진달래 및 산철쭉이 주로 출현하였고, 주변부식생인 청미래덩굴과 명석딸기가 주요종이었다. 신갈나무림에서는 평균흉고직경 13cm인 신갈나무가 우점종이었고, 생육이 양호한 현상이었으므로 지속적인 자생군집으

로서 유지될 것으로 파악되었다. 아교목층에서는 노간주나무를 우점종으로 신갈나무, 정금나무, 히어리 등이 주요종으로 출현하였다. 관목층에서는 진달래 및 산철쭉이 우점종이었으며 그 외 참싸리, 히어리, 정금나무, 졸참나무, 광나무, 노간주나무, 청미래덩굴이 부수종을 이루었다.

각 조사구별 종수 및 개체수는 Table 7과 같다. 곰솔이 우점종인 조사구 1~2지역은 6종~11종이 출현하였으며 개체수는 48~72개체가 출현하였다. 곰솔-리기다소나무림(조사구 3~6, 8~9)에서는 출현종수 8종~14종, 25~58개체로 각 층위별로 교목층은 평균 21개체, 아교목층은 평균 17개체, 관목층은 평균 12개체가 분포하였다. 자연림인 신갈나무림에서는 10~11종, 18~30개체가 출현하였으며, 밤나무림에서는 3~4종, 16~18개체가 출현하였다. 대체적으로 곰솔 및 리기다소나무가 우점종인 산림유형에서는 출현개체수의 밀도가 매우 높은 경향이었으며, 특히 교목층에 있어서는

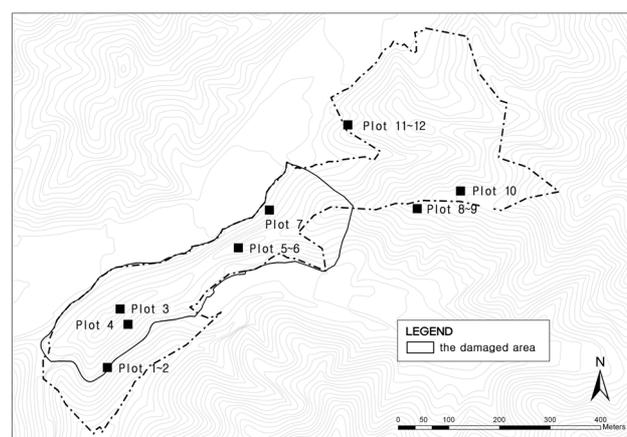


Figure 4. The map of vegetation community survey plots

흉고직경 15cm이하의 중경목 1~2종이 밀도 높게 생육하고 있었다.

(3) 표본목 수령

표본목의 수령을 분석한 결과(Table 8), 곶솔의 흉고직경 범위는 11~21cm, 수령 21~27년생으로 양호한 성장상태를 나타내었다. 리기다소나무 표본목 2주의 흉고직경은 10cm, 14cm, 수령은 각각 25년, 22년이었으며 곶솔과 비슷한 성장상태를 나타내었다. 신갈나무림에서 추출한 흉고직경 10cm, 21cm인 신갈나무의 수령은 각각 27년, 32년생으로 성장상태는 양호하였다. 대상지에 출현하는 수목의 규격을 살펴보면 평균 10~21cm로 대부분 20cm 미만의 규격이었으며 성장상태는 양호하였다. Kim(2005)은 참나무류의 적정 이식규격을 20cm이하로 제시한 바 있어 본 연구에서도 동일한 양

상으로 이식 적정범위로 고려하여 제안하고자 한다.

3) 토양환경

(1) 토양 이화학적 특성

시료채취 지점은 낙엽으로 덮인 산지 토양으로 Kim *et al.*(1995)의 연구결과와 비교하였을 때 전형적인 미경작 산지토양의 특성을 나타내었으며 인위적인 교란은 없었던 것으로 분석되었다. 각 항목별로 살펴보면 토양 pH는 평균 4.78(4.7~4.87)로 우리나라 발토양의 평균 pH인 5.8보다 현저하게 낮은 특성을 보였다. 염분도를 나타내는 전기전도도(EC)는 평균 0.03dS/m로 집적된 염분에 의한 식물 피해는 없을 것으로 판단되었다. 유기물함량은 1.77~2.72%로 산지 토양의 평균 유기물함량보다 매우 낮아 향후 수목식재 또는 표토활용시 보완대책을 고려해야 할 필요가 있었고 유효인

Table 7. The number of species and individuals dominant vegetation

(unit area: 100 m²)

Dominant vegetation	Plot no.	Canopy layer trees		Middle layer trees		Shrubs		Sum up	
		Species	Individuals	Species	Individuals	Species	Individuals	Species	Individuals
<i>P. thunbergii</i>	1	2	27	1	14	3	7	6	48
	2	2	30	3	35	7	7	11	72
	5	2	14	2	20	8	18	9	52
<i>P. thunbergii</i> - <i>P. rigida</i>	6	2	7	4	9	6	9	9	25
	8	1	17	5	25	8	11	10	53
	9	2	14	5	14	4	12	8	40
<i>Q. mongolica</i>	7	1	7	4	11	9	12	10	30
	10	3	15	5	8	7	18	11	18
<i>P. rigida</i> - <i>P. thunbergii</i>	3	2	18	3	11	12	18	14	47
	4	2	40	1	5	8	13	10	58
<i>C. crenata</i>	11	3	3	4	13	1	1	4	16
	12	1	3	1	2	2	13	3	18

Table 8. The sample trees of tree age and size

Plot	Species name	D.B.H.(cm)	Height(m)	Tree ages	Plot	Species name	D.B.H.(cm)	Height(m)	Tree ages
Plot 1~2	<i>P. thunbergii</i>	12	17	21	Plot 7	<i>Q. mongolica</i>	21	8	32
	<i>P. rigida</i>	14	7	22		Plot 8~9	<i>P. rigida</i>	10	7.5
Plot 3	<i>P. thunbergii</i>	12	8	21	Plot 10		<i>P. thunbergii</i>	12	8
Plot 5~6	<i>P. thunbergii</i>	11	8	22		Plot 11~12	<i>Q. mongolica</i>	10	7
	<i>P. thunbergii</i>	21	11	27	<i>Castanea crenata</i>		14	7	18

Table 9. The analysis results of soil physical factors in research site

Plots of typical communities	pH	EC(1:5)	OM	Avail.-P	Ex.-Cation (cmol/kg)				Texture	
					Ca	Mg	K	Na		
<i>P. thunbergii</i> -	5~6	4.87	0.05	2.52	2.49	0.12	0.07	0.07	0.06	sandy loam
<i>P. rigida</i>	8~9	4.78	0.02	1.77	1.49	0.12	0.05	0.16	0.07	sandy loam
<i>Q. mongolica</i>	7	4.70	0.02	2.72	1.64	0.03	0.04	0.07	0.06	sandy loam
Mean		4.78	0.03	2.34	1.87	0.09	0.05	0.10	0.06	
Cultivated soil(topsoil)**		5.80	-	1.90	216.00	4.60	1.40	0.59	-	-
Uncultivated mountainous soil**		4.80	-	6.40	5.60	2.27	0.70	0.25	-	-

** Kim K.H., J.Y. Yun and S.H. Yoo(1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean Soils. Journal of Korean Institute of Soil Science and Fertilizer 28(1): 33-40. (in Korea, with English abstract)

산은 1.49~2.49mg/kg로 산지토양과 비슷한 수준이었다. 토성은 대부분 사질양토로 식물 생육에 이상적인 지역인 것으로 사료되었다. 치환성 양이온은 0.03~0.16cmol/kg로 상당히 낮았으며, 토성과 연계하여 볼 때 이 토양들은 일반적으로 배수가 비교적 양호한 토양이므로 용탈이 매우 신속하게 진행될 수 있어 치환성양이온 함량 감소를 가속시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

(2) 토양층위

표토는 잔뿌리가 위치하고 있어 식물생장에 필요한 영양분이 풍부한 층으로(Kim and Lee, 2007) 토양내에 탄소저장량과 체류시간을 증가시키기 위해서는 표토보전과 토양구조 안정성 유지가 중요하다(Park and Kang, 2009). 특히, 표토깊이를 파악함에 있어 Cha and Ji(2003)의 연구에 따르면 2mm이하의 세근은 깊이 30cm이내에 분포하므로 이 깊이를 표토로 판단할 수 있다고 하였고, Lee and Park(2005)은 산화적지의 표토에 분포하는 세근의 양을 측정하기 위하여 약 15cm정도의 깊이까지 조사할 필요가 있다고 보고하였다. Table 10은 조사구별 토양층위 현황을 나타낸 것으로 곰솔이 우점종인 조사구는 낙엽층이 1.5cm, 유기물층이 2cm, 용탈층인 A층은 2cm, 집적층(B1층)은 약 18cm 이상이었다. 곰솔-리기다소나무림에서는 낙엽층이 1~2cm, 유기물층이 0.5~1.5cm, 용탈층인 A층은 3cm, 집적층(B1층)은 약 5~20cm 이상으로 표토깊이는 9.5~26.5cm이었다. 신갈나무림에서는 낙엽층이 0.5~3cm, 유기물층 0.5~2cm, A층이 2~10cm, B1층이 15~30cm이상으로 표토깊이는 22~41cm이었다. 이상의 결과를 표토활용 측면에서 종합해보면 대상지는 낙엽층과 A층이 발달하지 못한 토양으로, 수목의 수고도 전반적으로 낮은 것으로 나타났으며 향후 정상적인 생육과 이식 후 활착을 위해서는 유기물 투입, 시비 등 보완적인 방법이 강구되어야 할 것이다.

2. 이식방안 및 지표 선정

1) 이식항목선정

토취장의 생태계 훼손에 대한 이식방안 유형을 구분하기 위하여 현황 조사·분석 자료를 바탕으로 식생보전가치, 경

사도, 최소면적단위, 기타 접근성의 기준에 따라 수목이식과 토양이식을 제안하고자 하였다. 이식유형은 현황 조사·분석자료를 바탕으로 식생상관, 식생구조, 수목규격, 녹지자연도 등의 식생보전가치와 접근성을 고려하여 수목이식과 토양이식으로 구분하여 특성에 따라 세분하고자 하였다. 토취장내 훼손이 불가피한 산림지역의 비오톱 유형 분석 결과, 보호가치가 있는 유형으로는 인공림이 포함되지 않은 다층구조의 신갈나무림과 단층구조의 곰솔림 및 곰솔-인공림으로, 전자는 표토와 함께 전체 수목을, 후자는 표토와 함께 수형이 양호한 자생종을 이식하여 토취후 생태계 복원에 활용하고자 하였다. 대상지에서 보호가치가 있는 다층구조의 신갈나무림은 군락이식지로, 이 외에 단층구조의 침엽수림과 인공수종이 포함된 곰솔림은 개체목을 이식하는 수목이식지로 선정하였다. 보호가치는 떨어지나 교목성상의 수목이 우점하는 산림지역의 표토는 유기물이 다량 함유되어 있고 매토종자를 포함하고 있으며 입단구조가 잘 발달되어 있는 층으로 재활용은 환경보전 측면에서 효과가 있으므로(Lee and Kang, 2010) 교목성상의 수종이 우점하는 지역의 표토를 재활용할 수 있는 보상방안이 필요하다. 이상을 종합해보면 보호가치가 있는 자생수종이 포함된 자연림의 보상유형으로는 표토이식을 포함한 군락이식과 수목이식을, 보호가치가 없는 교목성상의 수목이 우점하는 군락을 대상으로는 표토이식만을 제안하고자 한다.

2) 이식을 위한 수목선정 기준

Table 11은 향후 군락이식 및 수목이식 시행시 필요한 이식대상수목 선정기준이다. 이식대상수목 선정기준은 크게 식생발달, 자생성, 수목규격, 수목생육상태, 수형 및 수간 분지 상태로 이를 고려하여 이식대상수목을 선정하였다. 이식대상수목 선정기준의 세부내용을 살펴보면, 식생발달 측면에서 천이를 주도하는 자생종이 아닌 인공식재수종과 생태적 천이 발달단계에서 도태가 예상되는 수목은 이식대상수목에서 제외하였다(Lee and Choi, 2009). 자생성 측면에서 보면 생태적 천이발달과 생태적 복원을 위해 자연식생에 분포하고 있는 리기다소나무, 밤나무 등은 이식대상수목에서 제외하였다. 수목규격은 이식 후 수목활착을 고려하기 위한 것으로 Kim(2005)은 참나무류는 20cm이하, 소나무,

Table 10. The status of soil layers in typical communities

							(unit: cm)
Communities	Plot	Litters layer	Organic material layer	A layer	B1 layer	B2 layer	Depth of the topsoil
<i>P. thunbergii</i>	1-2	1.5	2	2	18	-	23.5
<i>P. thunbergii</i> - <i>P. rigida</i>	5-6	1	0.5	3	5	over 15	9.5
	8-9	2	1.5	3	20	-	26.5
<i>Q. mongolica</i>	7	3	2	2	15	-	22
	10	0.5	0.5	10	30	over 15	41
<i>P. rigida</i> - <i>P. thunbergii</i>	3-4	1	0.5	5	10	over 15	16.5

Table 11. The selecting standard for tree transplant and tree communities transplant

Standard for selecting	Contents
Vegetation development(Ecological succession)	Non-autogenous artificial species and other species that lack ecological succession should be excluded from transplantable plants' list
Nature	To protect the ecological succession and restoration regard to list <i>P. rigida</i> , <i>C. crenata</i> , ect., as non-transplantable trees. As an exception, soundly well growth of <i>C. crenata</i> is able to transplantable tree
Tree Size	To consider autogenous after tree transplant, it should be transplanted the tree that has got D.B.H. 20~30cm, naturalized species, good tree form, short culm trunk and upright tree form.
Growth and development of tree	Transplant trees of transplanted communities while excluding overtopped trees, half-dead trees, and pest-infected trees
Status of tree form and tree trunk, ramification	Excludes underperforming trees due to loss of competition with other species in addition to trees that have too many sprouting.

느티나무 등은 30cm이하를 이식 기준으로 설정하였고, 본 연구대상지에서도 전체 수종이 20cm이었으므로 상기 기준을 적용하고자 하였다. 수목생육상태 측면에서 보면, 이식 군락내의 피압목, 50%이상 고사목, 병해충 피해목 등을 제외한 수목을 이식하며, 수형 및 수간분지 상태 측면에서 보면 타수종과의 경쟁에 따른 수형불량목이나 근경에서 맹아 다발생목을 제외한 수목을 이식하도록 하였다.

3. 이식방안 제안

1) 이식유형 구분

Figure 5은 군락이식지 및 수목이식지의 경계를 나타낸 도면이다. 훼손지의 비오톱 유형 분석 결과 보호가치가 있는 유형으로는 다층구조의 신갈나무림과 단층구조의 곰솔림 및 곰솔-인공림으로, 전자는 표토와 함께 전체 수목을, 후자는 표토와 함께 수형이 양호한 자생종을 이식하여 토취 후 생태계 복원에 활용할 수 있을 것이다.

또한 교목성상의 수목이 우점하는 지역은 유기물 함량이 많고 매토층자를 포함하는 표토를 가능한 재활용할 수 있는 이식방안이 필요한 것으로 판단되었다. 구역별로 이식가능한 경사도 20°이하의 분포면적비율을 살펴보면 군락이식대상인 다층구조의 신갈나무림은 3.78%, 수목이식대상인 단층구조의 곰솔림은 46.24%이었다. 이 외에 교목성상의 수종이 우점하는 단층구조의 곰솔-인공림, 단층구조의 신갈나무-인공림, 인공림 등은 표토이식을 통한 활용을 제안하였다(Table 12).

Table 13은 군락이식을 위한 이식 및 비이식 대상수목량을 나타낸 것이다. 신갈나무림 군락이식의 종 및 주수에 있

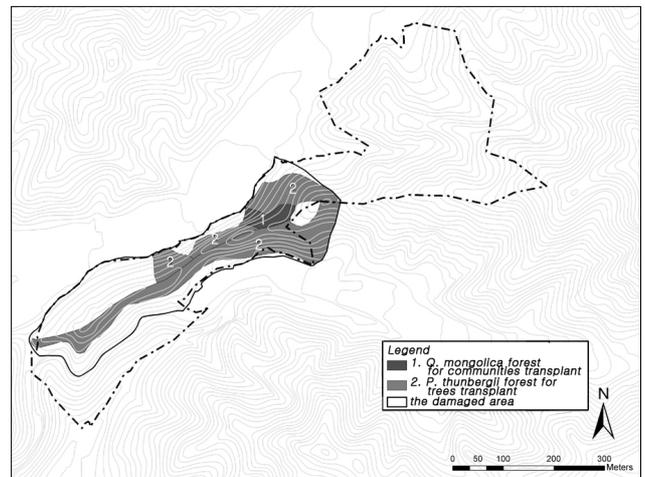


Figure 5. The map of communities transplant and tree transplant

어서는 단위면적 3,179m²로서 교목층의 전체 주수는 223주 이었으며, 아교목층의 전체 주수는 382주로 신갈나무, 정금나무, 히어리, 노간주나무 4종이었다. 관목층에서는 전체 1,653주로서 산철쭉(509주)이 주요이식대상종이었으며 그 외 진달래(255주), 노간주나무(127주), 정금나무(127주), 참싸리(127주), 졸참나무(127주), 히어리(127주) 등이 이식 수종으로 산정되었다. 따라서 신갈나무림 군락이식량 산출에 있어서 경사도 및 작업효율을 고려하여 전체물량에서 40%에 해당되는 교목층 89주, 아교목층 153주, 관목층 661주가 적정할 것으로 제안하였다. 수목이식에서는 단층구조지만 자생종이 우점하는 곰솔림, 곰솔-인공림 유형으로 총 38,937m²가 이식대상면적으로서 교목층은 인공림의 대표

Table 12. The area and ratio of communities transplant and trees transplant

No.	Forest type	Area(m ²)	Ratio(%)
1	<i>Q. mongolica</i> forest for communities transplant	3,179	3.78
2	<i>P. rigida</i> forest for trees transplant	38,937	46.24
3	Usage topsoil	71,547	40.73

Table 13. Biotope type, plant species and individuals for communities transplant

Vegetation type (area: m ²)	Layer	Species	Size			Individuals	Sum up
			D.B.H.(cm)	Height(m)	Crown(m)		
<i>Q. mongolica</i> communities transplant (3,179)	Canopy layer trees	<i>Q. mongolica</i>	14.5(8~21)	7.5(6~9)	4.4×3.6	223	223 individuals
		<i>Q. mongolica</i>	5.5(5~6)	4.3(4~4.5)	2×1.5	64	
	Middle layer trees	<i>Vaccinum oldhami</i>	2.5(2~3)	1.6(2.5~4)	1.8×1.5	127	4 species 382 individuals
		<i>Corylopsis coreana</i>	2.5(2~3)	3	2×2	64	
		<i>Juniperus rigida</i>	2.8(4~7)	2.3(3~6)	0.9×0.9	127	
	<i>Juniperus rigida</i>	-	-	0.2×0.2	127		
	Understory layer trees	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	-	-	0.6×0.6	255	9 species 1,653 individuals
		<i>Rhododendron yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>	-	-	0.7×0.7	509	
	<i>Lеспедеза cyrtobotrya</i>	-	-	0.2×0.2	127		
	<i>Vaccinum oldhami</i>	-	-	0.8×0.8	127		
	<i>Corylopsis coreana</i>	-	-	0.4×0.4	127		
	<i>Ligustrum japonicum</i>	-	-	0.2×0.1	127		
	<i>Quercus serrata</i>	-	-	1.2×1.2	127		
	<i>Smilax china</i>	-	-	0.3×0.3	127		

종인 리기다소나무를 제외한 곶술 6,619주, 졸참나무 389주로서 총 7,010주로 산정되었으며, 아교목층에서도 리기다소나무를 제외한 3종으로 곶술 5,451주, 노간주나무 389주, 때죽나무 779주로서 총 6,619주가 이식량으로 산정되었다. 관목층에서는 11종으로 총 29,592주가 산정되었으며 산철쭉(7,787주), 산초나무(4,673주), 진달래(3,112주), 졸참나무(3,114주) 등이 선정되었고 부수적으로 노간주나무, 밤나무, 상수리나무, 신갈나무, 때죽나무, 광나무, 청미래덩굴이 각각 1,558주씩 이식물량으로 산정되었다. 이러한 수목이식에 있어서는 주요 우점종인 교목층의 곶술 이식으로 제한하며, 경사도 및 작업효율을 고려하여 전체물량에서 40%에 해당되는 교목층의 곶술 2,648주가 적정할 것으로 제시하였다.

2) 표토이식

표토의 활용은 자원의 재활용, 매토종자에 의한 종다양성 증진, 토양내 소동물 및 미생물 활용 등 다양한 장점이 있음에도 불구하고 국내에서 진행되는 각종 공사에서는 이에 대한 인식부족으로 형식적으로 진행되고 있다(Kim and Lee, 2007). 따라서 표토의 적극적 재활용을 통하여 환경보

전 측면에서 큰 효과를 도모할 수 있다. 전체 표토량은 15,353m³로 산정되었으며, 균락이식지인 신갈나무림의 토심은 표토깊이는 41cm로서 이식대상지 면적 3,179m²에 적용하여 표토량을 산정한 결과 1,303m³이었다. 수목이식지인 단층구조의 곶술-인공림, 곶술림의 표토깊이는 16.5~26.5cm이었으며 이식면적에 적용하여 각각 5,901m³, 841m³로 산정되었다. 그 외 리기다소나무 중심의 상록침엽수 인공림은 표토량 1,441m³, 밤나무 중심의 낙엽활엽수 인공림은 5,082m³로 산정되었다(Table 14).

3) 이식수목을 활용한 복원녹화 구상

(1) 기본방향

토취장의 산림생태계 훼손에 따른 이식수목을 활용한 복원목표로서 기본방향은 균락이식, 수목이식 부문으로 구분하였다. 첫째, 균락이식에 있어서는 층위구조가 양호한 신갈나무림을 모델로 다층구조적인 숲의 형성을 기본 세부방안으로 제시하였다. 둘째, 수목이식에 있어서는 완층 및 차폐, 경관림 조성에 있어서 기존수종인 곶술을 중심으로 하는 교목층의 수목이식을 제안하였다.

Table 14. The amount of available topsoil excavation by biotope types

No	Biotope type	Area(m ²)	Topsoil volume(m ³)
1	<i>Quercus mongolica</i> multi layer structure forests	3,179	1,303
2	<i>P. thunbergii</i> single layer structure forests	3,174	841
3	<i>P. thunbergii</i> single tree layer structure artificial forests	35,763	5,901
4	<i>Quercus mongolica</i> single layer structure artificial forests	1,942	785
5	Evergreen coniferous artificial forests	16,008	1,441
6	Deciduous artificial forests	11,481	5,082
	Sum up	71,547	15,353

Table 15. The restoration methods and techniques for compensation plan

Scheme	Detail transplantation methods	Area(m ²)
Communities transplant (the existing forest)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <i>Q. mongolica</i> communities transplant in good condition ◦ Canopy layer trees: <i>Q. mongolica</i>(the total transplantation of tree: 89 trees, 7 trees per 100m²) ◦ Middle layer trees: <i>Q. mongolica</i>, <i>V. oldhami</i>, <i>C. coreana</i>, ect. (the total transplantation of tree: 153trees, 12 trees per 100m²) ◦ Understory layer trees: <i>R. mucronulatum</i>, <i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i>, <i>Lespedeza cyrtobotrya</i>, <i>C. coreana</i>, <i>V. oldhami</i> ect.,(the total transplantation of tree: 661 trees, 51 trees per 100m²) 	1,302
Trees transplant (the existing forest)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creating deciduous landscape and buffer forest via the transplantation of existing <i>P. thunbergii</i> ◦ Canopy layer trees: <i>P. thunbergii</i>(the total transplantation of tree: 2,648 treea, 15 trees per 100m²) ◦ The buffer green area where is located in parking area boundary improves a buffer function through the alternation of tree planting. ◦ And also promotes a visual effects via <i>R. yedoense</i> var. <i>poukhanense</i> planting in understory layer 	45,292

(2) 이식수목을 활용한 복원계획

토취장의 복원계획에 있어서 남서쪽 중심부는 기존 신갈 나무림 군락이식을 통한 복원림 조성, 군락이식지 경계부를 둘러싸고 기존 곰솔 이식을 통한 경관 및 완충림 조성을 제안하였다. 훼손지의 군락이식에 있어서는 신갈나무숲을 조성하여 자연림의 복원을 도모하며, 이식량에 있어서는 조성면적 1,302m²로서 교목층의 신갈나무 89주, 아교목층 153주, 관목층 661주가 적정할 것으로 조사되었으므로 단위면적 100m²당 교목층 7주, 아교목층 12주, 관목층 51주가 적정할 것으로 조사되었다. 수목이식은 침엽수 경관-완충림으로 구분하였으며, 총 면적 45,292m²이었으며 기존의 곰솔 이식은 총 2,648주, 단위면적 100m²당 15주가 적정한 것으로 사료되었다(Table 15). 본 연구는 지형구조적 측면에서 경사도 20°이하, 작업효율을 고려하여 전체물량에서 40%에 해당되는 복원수량을 제시함으로써 다양한 변수에 대한 객관적 검증에 있어 한계점을 갖는다. 향후 해발고, 향 등의 지형적 특성을 고려한 세분화된 이식대상지 선정기준에 관한 후속연구가 이루어져야 할 것이다.

인용문헌

- Cha, D.S. and B.W. Ji(2003) A Study on the Root Systems and Slope Stability Effects of Tree Roots in Forest (Ⅲ) - Spatial Distribution of Korean Pine Tree Roots -. Journal of Korean Forest 92: 33-41. (in Korea with English abstract)
- Choi, I.T.(2008) A Study on Impact Regulation Method for the Ecological Mitigation in Urban Development Project - Focused on Seochang Second District in Incheon Metropolitan City, Korea -, Ph. D. Thesis, Graduate School of University of Seoul, Seoul, pp. 1-238. (in Korean with English abstract)
- Cuperus, R., K.J. Canters, H.A. Udo de Haes and D.S. Friedman (1999) Guidelines for Ecological Compensation Associated with Highways. Biological Conservation 90(1999): 41-51.
- Kim, K.H., J.Y. Yun and S.H. Yoo(1995) Distribution of Cs-137 and K-40 in Korean Soils. Journal of Korean Institute of Soil Science and Fertilizer 28(1): 33-40. (in Korean with English abstract)
- Kim, M.B.(2004) Problems in Applying Mitigation and Legal Issue of Costal Zone. Journal of Korean Institute of Comparative Public Law 5(2): 519-549. (in Korean with English abstract)
- Kim, O.K.(2005) Transplantation Method of Natural Vegetation Community in Development Area - A Case Study of Young-In Dongbaek District -. Master Thesis, Graduate School of University of Seoul, Seoul, pp. 51-82. (in Korean with English summary)
- Kim, S.M. and I.S. Lee(2007) The Issues of Topsoil Preservation in Land Development Projects. Journal of Korean Institute of Landscape Architecture 35(2): 91-96. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.S. and S.D. Park(2005) Relationship between the Aboveground Vegetation Structure and Fine Roots of the Topsoil in the Burnt Forest Areas, Korea. Journal of Korean Ecology 28(3): 149-156. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D. and S.H. Choi(2009) Study on the Selection Criteria for Transplanting Trees in the Forest Reserve Areas Designated for Future Development. Journal of Korean Environmental Ecology 23(6): 535-544. (in Korean with English abstract)
- Lee, S.D. and H.K. Kang(2010) A Study on Establishment of Mitigation Technique of Deterioration for Environmental-friendly Dam Construction in Rural Area - A focus of the Plant Ecosystem -. Journal of Korean Rural Planning 16(2): 31-45. (in Korean with English abstract)
- Maeng, J.H., K.W. Cho, Y.J. Joo, J.H. Lee, J.S. Hong, Y.K. Kang and K.H. Kim(2005) A Study on Effective Mitigation Measures for Environmental Impacts of Oceanic Reclamation Projects. A Research Paper of Korean Environment Institute, pp. 1-273. (in Korean with English abstract)
- Maeng, J.H., K.W. Cho, H.S. Kim, H.N. Park, J.S. Hong, J.W. Yoo and C.G. Lee(2007) Improving Environmental Assessment in Tidal Flat Reclamation. A Research Paper of Korean Environment Institute, pp. 1-147. (in Korean with English abstract)
- Park, C.H. and S.H. Lee(2004) Environmental Considerations on

- the Function and Value of Tidal Wetland. *Journal of Korean Environmental Impact Assessment* 13(2): 87-101. (in Korean with English abstract)
- Park, E.J. and K.Y. Kang(2009) Comparative Analyses for the Properties of Surface Soils from Various Land Uses in an Urban Watershed and Implication for Soil Conservation. *Journal of Korean Environmental Restoration Technology* 12(3): 106-115. (in Korean with English abstract)
- Ra, J.H.(1997) Comparative Analysis of Nature Conservation Law between Korea and Germany I. *Journal of Korean Environmental policy and administration* 5(2): 69-91. (in Korean with English abstract)