

造景學碩士 學位論文

숲가꾸기 부산물을 활용한 에너지
자원화에 관한 연구

慶州大學校 産業經營大學院

觀 光 造 景 學 科

韓 吉 元

2010년 6월

숯가꾸기 부산물을 활용한 에너지 자원화에 관한 연구

指導教授 林 元 炫

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함

2010년 6월

慶州大學校 産業經營大學院

觀光造景學科

韓 吉 元

韓 吉 元의 碩士學位論文을 認准함

審査委員長 印

審 查 委 員 印

審 查 委 員 印

慶州大學校 産業經營大學院

2010年 6月

목 차

| | |
|------------------------------|----|
| I. 서론 | 1 |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | 1 |
| 1) 연구배경 | 1 |
| 2) 연구목적 | 2 |
| 2. 연구의 방법 | 2 |
| 1) 조사범위 | 2 |
| 2) 조사 및 분석방법 | 3 |
| II. 이론적 고찰 | 6 |
| 1. 숲가꾸기사업의 종류와 목적 | 6 |
| 2. 숲가꾸기 방법 | 7 |
| 3. 숲가꾸기 관련 법규와 제도 | 13 |
| III. 숲가꾸기 실태 및 경제효과 분석 | 19 |
| 1. 소나무림 지역 숲가꾸기 실태분석 | 19 |
| 2. 참나무림 지역 숲가꾸기 실태분석 | 28 |
| 3. 활용수량 추정 및 경제효과 분석 | 37 |

| | |
|---------------------|--------|
| IV. 부산물의 활용방안 | 39 |
| 1. 국내사례 | 39 |
| 2. 국외사례 | 41 |
| 3. 활용방안 | 44 |
| V. 결론 | 47 |
| 참고문헌 | 49 |
| ABSTRACT | 50 |

표 차례

| | |
|---|----|
| <표 1> 조사대상지 현황 | 2 |
| <표 2> 식생의 계층 구분 | 3 |
| <표 3> site 1.교목층에 분포하는 개체목의 정보 | 20 |
| <표 4> site 1.AC관목층에 분포하는 개체목의 정보 | 21 |
| <표 5> site 1.Ca관목층에 분포하는 개체목의 정보 | 22 |
| <표 6> site 1의 층위별 상대우점치 | 23 |
| <표 7> site 1의 종다양도 | 23 |
| <표 8> site 2.교목층에 분포하는 개체목의 정보 | 24 |
| <표 9> site 2.AC관목층에 분포하는 개체목의 정보 | 26 |
| <표 10> site 2.Ca관목층에 분포하는 개체목의 정보 | 27 |
| <표 11> site 2의 층위별 상대우점치 | 28 |
| <표 12> site 2의 종다양도 | 28 |
| <표 13> site 3.교목층에 분포하는 개체목의 정보 | 29 |
| <표 14> site 3의 층위별 상대우점치 | 32 |
| <표 15> site 3의 종다양도 | 32 |
| <표 16> site 4.교목층에 분포하는 개체목의 정보 | 33 |
| <표 17> site 4의 층위별 상대우점치 | 36 |
| <표 18> site 4의 종다양도 | 36 |
| <표 19> 조사구별 별채수목량 | 36 |
| <표 20> 연도별 숲가꾸기 사업실적(경상북도) | 37 |

그림 차례

| | |
|--|----|
| <그림 1> 중첩방형구 조사도 | 5 |
| <그림 2> 우량목 위주 선목방법 | 8 |
| <그림 3> 불량목 위주 선목방법 | 9 |
| <그림 4> 혼효상태조절 | 10 |
| <그림 5> 밀도조정 | 11 |
| <그림 6> site 1.교목층에 분포하는 개체목의 위치 | 19 |
| <그림 7> site 1.AC 관목층 분포도 | 21 |
| <그림 8> site 1.Ca 관목층 분포도 | 22 |
| <그림 9> site 2.교목층에 분포하는 개체목의 위치 | 24 |
| <그림 10> site 2.AC관목층 분포도 | 26 |
| <그림 11> site 2.Ca관목층 분포도 | 27 |
| <그림 12> site 3.교목층에 분포하는 개체목의 위치 | 29 |
| <그림 13> site 4.교목층에 분포하는 개체목의 위치 | 33 |
| <그림 14> 일본의 폐목재 재활용 시스템 | 42 |
| <그림 15> 조경용 우드칩 사용사례 | 44 |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

1) 연구배경

경상북도는 타 시도에 비해 산림면적이 차지하는 비중이 높고, 산림을 모태로 한 생활기반이 잘 발달되어 있어서, 산림을 보존하고 보호하기 위한 노력과 아울러 산림을 이용하면서 대대손손 살아가기 위한 연구 즉, 산지에서의 소득개발과 일자리창출을 위한 제도개선과 아이디어발굴이 절실히 필요하다

특히, 최근에는 산림을 이용한 골프장 등 운동시설의 증가추세가 늘어나고 있고, 온천, 수목원 등을 포함한 관광단지의 개발이 대형화되면서 산림의 용도가 전용되는 경향이 많아지고 있다. 그럼에도 불구하고 여전히 임업을 중심으로 생활하는 산촌사람들과 농업을 기반으로 생활하는 농민들의 생활상을 들여다보면 도시민들에 비해 소득수준이 낮다고 할 수 있다

토지이용적인 측면에서 보면 임지는 상업지뿐 만아니라 농경지에 비해보아도 그 수익성이 월등히 낮다고 할 수 있다. 그것은 자기의 산에 심어진 나무나 버섯 등의 임산물을 주인도 마음대로 하지 못하게 하는 법적인 구속력 때문이라 할 수 있다

산지전용을 하거나 어떤 원인행위로 인해 벌채허가까지 받은 수목도 재활용하지 못하는 사례가 있다, 산주들은 대부분 전문지식이 약하고, 환경을 보호하려는 환경 보호론자들의 편견적인 의식 때문이다. 그래서 농·임업을 근간으로 하는 농·산촌지역도 투자 및 새로운 아이디어

어발굴이 이루어 져야하고, 이를 통해 지역 경제 활성화를 도모하여야 할 필요성이 크다고 본다

2) 연구목적

본 연구는 인간의 생활기반이면서 터전인 산림지역에서 이루어지고 있는 숲가꾸기사업의 부산물을 활용하여 에너지 자원화 할 수 있는 방안을 도출하고자 하였다.

2. 연구의 방법

1) 조사범위

산림 내 수목의 에너지자원 활용을 위한 타진을 위하여 경상북도 경주시 일대 숲가꾸기사업이 시행된 지역을 조사대상으로 하였다. 조사내용은 숲가꾸기현장에 대한 실태조사 및 조사결과를 제시하고 활용수량 및 경제효과를 분석하고 부산물의 활용방안을 제시하였다.

<표 1> 조사대상지 현황

| site | 임분 | 위치 | 면적 |
|------|------|------------|---------|
| 1 | 소나무림 | 경주시 화천리 일대 | 30m×30m |
| 2 | | | 30m×30m |
| 3 | 참나무림 | 경주시 대현리 일대 | 30m×30m |
| 4 | | | 30m×30m |

2) 조사 및 분석방법

조사대상지는 주변의 임상, 밀목밀도, 수령 등을 감안하여 대표성이 있다고 생각되는 숲가꾸기 지역 2곳을 선정하였다. 그리고 식생구조를 파악하기 위하여 각 지역별 30m×30m, 관목 5m×5(25m²)크기의 방형구를 설치하였으며, 방형구내 교목과 관목에 대하여 전수조사를 실시하였다.

각 방형구의 수목별 활용가치, 규격(수고, 직경)을 조사하고 숲가꾸기사업의 결과로 벌채된 수목의 수량을 파악함으로써 향후 폐목재로 활용 가능한 수목의 수량을 산출하는데 기초적인 자료로 활용하였다.

교목층, 관목층의 구분은 교목(수고 8m이상), 관목(수고 1m이상~2m 미만)을 기준으로 하였다.

특히 식생구조 분석을 위한 매목조사는 조사구안의 수관층위(교목, 관목층)를 구분하여 실시하였으며 에너지자원화를 위한 활용수량 추정 및 경제효과 분석이 목적이므로 효율적인 연구 데이터 구축 및 시간절약을 위하여 조사구역의 소나무외 혼효수종은 일괄 참나무류로 적용하여 분석하였다.

<표 2> 식생의 계층 구분

| 계층명 | 높이(m) | 특성 |
|-----|-------|------------------------------|
| 교목 | ≥ 8 | 수관을 형성하고 줄기가 하나이거나 매우 적음 |
| 관목 | 1-2 | 밑에서 분지가 많이 된 목본, 작은 나무, 어린나무 |

현장방문조사를 원칙으로, 국립지리원발행 1:5,000지형도를 기본도로 활용하였다.

교목은 수고, 흉고직경 및 근원직경을, 관목은 수관폭 및 수고를 측정하였고 식생의 수량은 교목류의 경우, 본수, 관목류의 경우 본수와 밀도를 조사하였다.

본 연구에서는 식물군집의 현 상황 및 잠재식생 모델예측을 위하여 상대우점치 분석을 실시하였으며, 각 조사구의 층위별 출현종의 세력 비교를 통하여 생태적 천이경향 및 잠재식생 예측 및 층위구조 형성을 판단할 수 있는 Curtis & McIntosh(1951) 방법식을 활용하였다.

수관층위별로 상대밀도(RD), 상대빈도(RF), 상대피도(RC), 상대우점치(I.P.)를 산출하였다.

- 상대밀도(RD) = (어떤종의 개체수/전체종의 개체수)×100
- 상대피도(RF) = (어떤종의 피도합/전체종의 피도합)×100
- 상대빈도(RC) = (어떤종의 출현빈도/전체종의 출현빈도)×100
- 상대우점치(I.P.) = (RD+RC+RF/3)

종다양도는 종구성 상태의 다양한 정도를 나타낸 것으로 종수와 균재도를 접목시킨 값이며, 본 연구에서는 Shannon-Wiener(1975)의 종다양성 지수식을 활용하여 종다양도(H'), 최대종다양도(H'max), 균재도(J'), 우점도(D)를 산출하였다.

- 종다양도(H') = $-\sum (n_i/N)(\log n_i/N)$

- 최대종다양도(H'_{\max}) = $\log S$

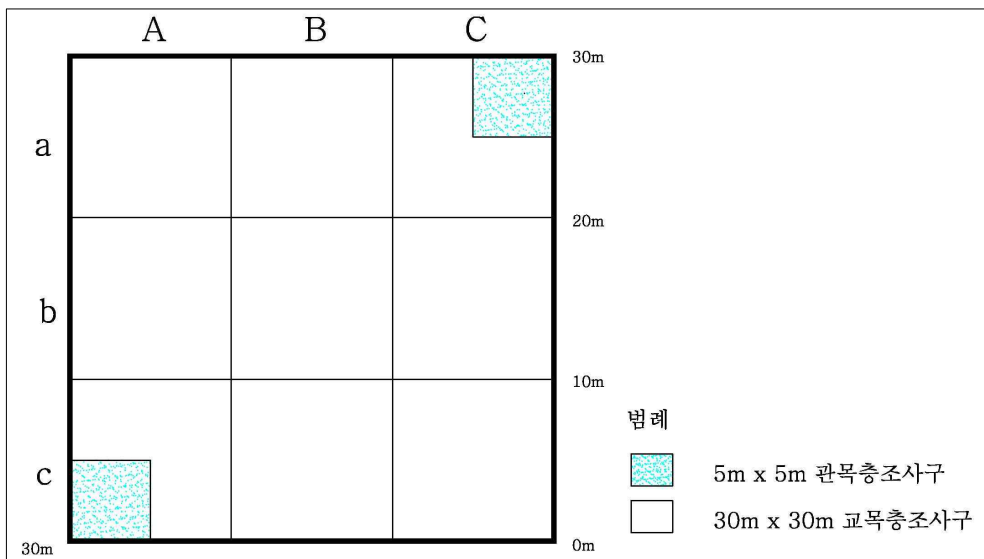
- 균재도(J') = H'/H'_{\max}

- 우점도(D) = $1-J'$

단, N : 한 조사구내의 총개체수

n_i : 조사구내의 어느 수종의 개체수

s : 조사구의 수종수



<그림 1> 중첩방형구 조사도

II. 이론적 고찰

1. 숲가꾸기사업의 종류와 목적

숲가꾸기사업의 종류는 인공림보육, 천연림보육, 위생간벌과 임내정리사업, 임도유지관리, 도시림 가꾸기가 있다.

인공림보육은 풀베기작업, 어린나무가꾸기, 보육간벌사업, 덩굴제거작업 등으로 구분할 수 있다. 천연림보육은 풀베기작업 단계에서 보육간벌사업 단계까지와 덩굴제거작업 등이 모두 포함된다.

위생간벌과 임내정리사업은 병충해피해, 산화피해 등을 예방하거나 풍치보전목적으로 임내를 정리하는 사업이다. 임도유지관리는 사업지 내 임도가 있으면 절성·토지역 녹화와 측구침식 및 노면보수 사업계획을 수립 추진하여 친자연적 임도가 되도록 관리한다. 도시림 가꾸기는 도시림의 주기능인 국민휴양, 풍치보전, 방음, 재해예방 등을 하기 위한 숲 가꾸기다. 인공림, 천연림보육사업 기술에 도시림의 기능을 첨가한 것을 기술 내용으로 한다.

숲가꾸기사업의 종류별 목적은 다음과 같다. 인공림보육은 조림목 보호를 위한 풀베기, 생장 촉진, 건강한 숲 만들기를 위한 어린나무가꾸기, 우량형질림으로 유도, 생장촉진, 건강한 숲을 위한 보육간벌, 산림보호, 산림 하층식생의 다양화를 위한 위생간벌과 임내정리, 풍치·휴양가치증대, 우량하고 건강한 숲을 위한 도시림 가꾸기가 있다.

2. 숲가꾸기 방법

숲가꾸기 방법은 일반적으로 제거목을 선목하고, 중·하층림의 보호와 보육, 인위적인 가치증대 조치를 한다.

숲 속의 나무들은 서로 경쟁을 통해 본수는 자연적으로 감소된다. 그러나 숲을 가꾸는 것은 가치가 높은 나무가 최종 수확 시까지 값지고 건강하게 자라도록 하는데 있다.

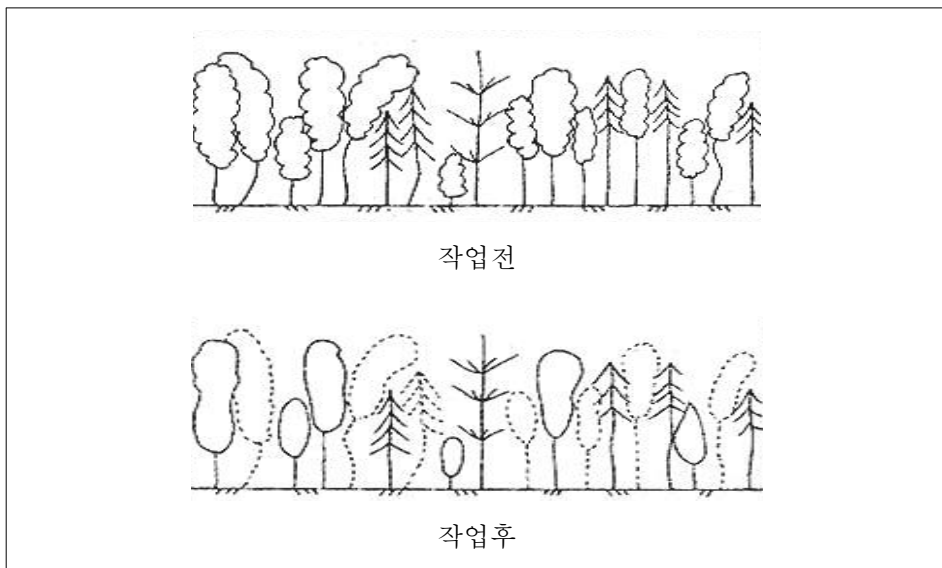
제거목 선목방법에는 우량목 위주의 선목과 불량목 위주의 선목 2가지가 있으며, 헥타르(ha)당 본수는 어린나무가꾸기 단계에서 가장 많이 제거된다. 그리고 나무의 형질생장은 중·하층림의 상태와 환경에 의해 결정되는데, 중층과 하층의 나무를 모두 제거하면 급격한 환경변화로 상층목의 형질생장에 영향을 줄 수 있다. 따라서 중·하층림의 보호와 보육은 대단히 중요하다. 또한 가지치기는 줄기의 형질을 개량시키고, 수관형태를 조정하며 지경생장을 촉진시켜서 경제성을 높인다.

풀베기작업은 잡초, 관목으로부터의 조림목 보호와 조림목간 경쟁을 조정하는 목적이 있다. 작업의 내용은 잡초, 잡관목을 제거하여 잡초, 잡관목으로부터 보호하고 건조, 서리해 등으로부터 보호한다. 작업기술로는 조림목에 피해를 주는 초본과 관목은 물론 조림목(인공조림목, 천연갱신목, 맹아목 포함) 중에서 굵은 나무, 피해목, 가지 많고 줄기가 갈라진 나무, 포복성으로 웃자란 나무, 맹아목중 형질불량줄기 등은 제거한다. 또한 조림목 중 굵은 가지절단으로 수형교정이 가능한 것, 쌍줄기로 자란 것은 하나만 남기고 절단하여 수형을 교정한다. 그리고 인공조림지는 물론 천연갱생지에는 여러 수종들이 혼효되어 자라고 있으므로 어렸을 때 혼효상태를 조절해 주는 것이 좋다. 침엽수림의 70%

는 침엽수로, 30%는 활엽수로 혼효함이 적당하며, 혼효방법은 군상혼효가 되도록 한다. 작업도구는 전정가위(쌍가지 교정, 수관 교정), 무육낫(낮은 관목), 한국낫(풀베기), 예초기(경사가 완만한 곳)가 있다.

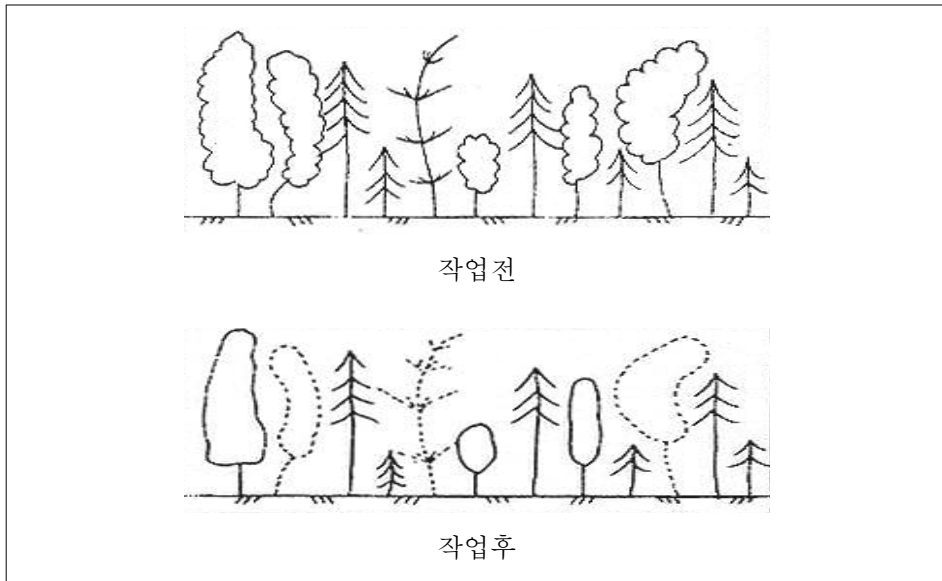
어린나무가꾸기는 사람의 키 높이에서 흉고직경 7~8cm 이하인 어린나무를 가꾸는 것으로 수관 경쟁을 조정하여 생장을 촉진시키고, 건강한 숲으로 유도시키며, 입지조건에 맞는 수종을 선택하여 건강한 혼효림으로 유도하고, 우량목이 값지게 자랄 수 있도록 유도한다. 작업의 내용은 다양한 수종이 혼효되어 있고 개체 간 경쟁이 심하므로, 입지에 맞는 수종으로 적절하게 혼효시키며 경쟁을 완화시켜, 좋은 형질의 어린나무가 자라도록 한다.

우량목 위주 선목방법은 우량목을 선목하고 우량목의 수관생장에 방해되는 나무만 제거하는 것으로써 상층에 있는 나무 위주로 제거하고 어린나무 수고에 따라 나무간격을 고려한다.



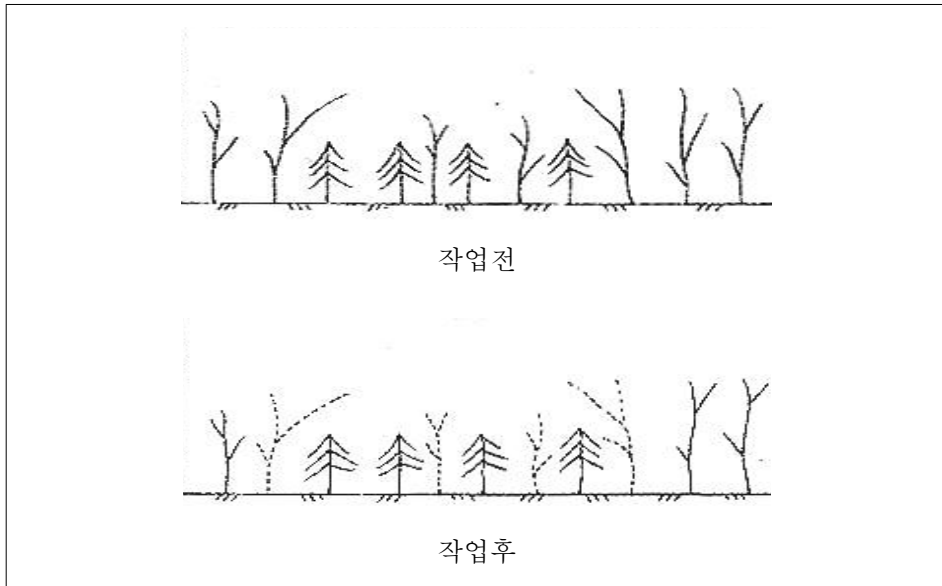
<그림 2> 우량목 위주 선목방법

불량목 위주 선목방법은 상층에 있는 형질불량목은 모두 제거하되 나무간의 간격을 고려하여 생육공간을 만들고 좋은 형질의 하층목이 자랄 수 있는 기회를 제공해야한다.



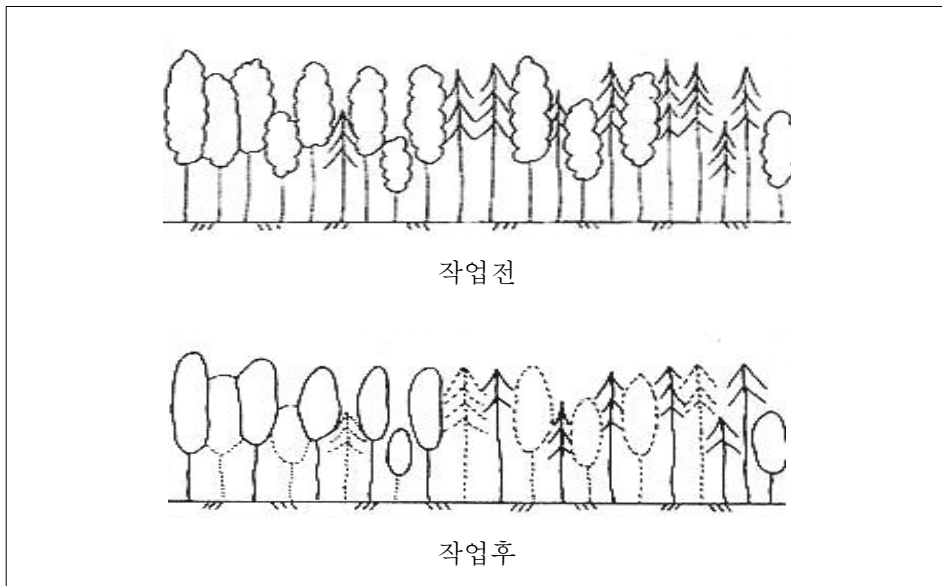
<그림 3> 불량목 위주 선목방법

혼효상태조정은 군상으로 자랄 수 있도록 개재목을 제거시킨다. 또한 낙엽송과 같이 광선요구도가 높은 수종은 군상으로 자라는 것이 불리하므로 단목으로 자라도록 하고, 참나무류 맹아목과의 경쟁을 완화할 수 있도록 조정한다.



<그림 4> 혼효상태조절

밀도조정은 과밀되어 설해 등의 위험이 있으면 적정 간격으로 밀도를 조정하고 연약한 나무 위주로 제거한다. 작업계획 시 작업관리자는 작업목적을 확실히 설정해 주어야 하고, 장차 어떤 모습의 숲으로 발전시킬 것인가를 고려해야 한다. 그리고 주부수종의 선정과 혼효방법을 제시해야한다. 그 방법은 1인당 작업폭은 2~3m로 하고 작업장을 열로 배치하며, 우세목 열세목이 구분된 숲에서는 별도목을 표시하여 주었을 때 작업능률을 높일 수 있고, 경사지에서는 제거본수가 적으면 산록에서 시작하고 제거본수가 많으면 산정에서 시작한다.



<그림 5> 밀도조정

보육간벌의 목적은 가치 있는 나무의 생장을 촉진시키는데 있으며, 빠른 기간 내에 가치가 높은 목재를 생산하는데 있다. 간벌은 소경재 단계에서 시작되며, 이때는 보육이 주목적이고 수집에 의한 소득이 목적은 아니다. 수익간벌은 대개 중경재부터 시작되며 이 경우는 소득이 주목적이 될 수 있다. 따라서 소경재 단계에서의 간벌은 보육에 초점을 맞추되, 소경재를 이용하는 산업을 지원하고 고용도를 높이기 위하여 가능한 수집책을 강구할 필요가 있다.

간벌 단계에서는 상층임분과 하층임분으로 구분되며, 보육간벌은 상층임분이 주대상이 된다. 상층임분에서 생장의 대부분(간벌이 잘된 임분에서는 생장량의 95%가 상층에서)이 이루어지며, 하층임분은 형질이 낮고 생장력이 약하다. 간벌을 통해 지속적으로 수관생장이 이루어지며 이에 따라 나무의 직경생장이 이루어진다.

하층임분은 상층목의 줄기를 보호 및 잠아발생을 억제하고, 지면의

공기유통을 차단하여 토양수분상태를 유리하게 보존해준다. 단순림보다는 혼효림이 하층식생과 동물상을 다양하게 하므로 생태적으로 유리하다. 간벌을 통해 직경생장이 빨라지므로 목재량은 동일한데 비해 목재가격은 높아지고 가지가 없는 우량형질목은 높은 가치를 발휘하게 된다.

어린나무가꾸기 등의 과정을 거친 산림과 대부분 간벌 대상림은 우량목 위주로 선목을 하는 것이 유리하다. 즉 상층림에서 우량목을 선목하고 수관발달에 방해를 주는 나무를 선목한다.

간벌시기까지 방임된 산림은 불량목 위주로 선목해야 할 산림이 많이 있다. 상층·하층간벌을 병용하는 응용간벌이며 상층림과 하층림에서 불량목으로 판단되는 것을 간벌 대상목으로 선목한다. 우량목(미래목)의 줄기를 보호하는 하층림은 보호하고, 천연갱신으로 후계림을 조성할 목적이 있으면 하층에 적정광선이 들어올 수 있도록 관리할 수 있다.

가지치기 기술은 우량목(미래목)에 대해서만 가지치기를 하되 우량목의 간격은 4~5m 이상으로 하고, 가지치기 대상목의 가지치기 지점의 직경은 최대 15cm 이내로 한다(흉고직경은 최대 20cm가 넘지 않도록 함). 그리고 가지치기 지점의 가지직경은 최대 3~4cm 이하로 하고 가지치기 높이는 4~5m, 그 이상은 사다리를 이용하고, 수피에 상해가 없도록 줄기와 평행하게 절단한다.

덩굴제거작업은 조림목이나 나무의 수관을 피압시키고 있는 덩굴류를 제거하는 작업이다. 작업시 물리적인 방법은 덩굴을 자르거나 걷어내고 덩굴의 뿌리를 찾아서 절단하는 것이고 화학적인 방법은 가능한

지양한다.

위생간벌과 임내정리작업은 병충해 피해 및 산불 피해 위험지, 설해와 풍해 등 기상피해지, 도로변 풍치불량지 등을 대상으로 한다. 작업 방법은 병충해 피해 위험목 제거와 끌어내기-소나무림의 하층임분, 산불피해 위험물 제거-보육산물목의 끌어내기, 하층침엽수목 제거, 설해·풍해 등 기상피해지는 피해목 제거, 도로변 풍치불량지는 풍치불량목이나 풍치수 피압목 등을 제거한다.

도시림 가꾸기는 도시림으로서 휴양과 풍치 및 문화 교육기능을 갖고 있는 숲, 도시림으로써 풍해·설해 등 기상피해의 위험이 있는 숲, 등산로와 산책로 및 전망대 보호 관리를 대상으로 한다. 작업방법은 중경목 이상의 상층목은 가능한 보호하고, 휴양림은 숲 내부를 멀리 볼 수 있도록 하층의 열세목, 피압목은 제거하고 장차 다양한 하층식생들이 발달할 수 있는 기회를 제공한다.

그리고 소나무 등 침엽수는 군상으로 유도하고 희귀수종은 생육공간을 유지시킨다. 또한 임내 풍치개발을 위하여 하층의 고사·열세·피압목 등을 제거한다. 밀생되어 기상피해 위험림은 상층의 크고 건강한 나무 위주로 남기고 침식이 되고 있는 등산로와 산책로는 보육작업 산물을 이용하여 계단 등을 만들어 보호 작업을 한다. 또한 전망이 좋은 곳은 상층목을 제거하여 주는 등 전망대를 관리한다.

3. 숲가꾸기 관련 법규와 제도

산림기본법, 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률, 산지관리법, 건설폐기물 재활용 촉진에 관한 법률 등 산림 및 폐목재 재활용에 관한

법규를 검토하였다.

1) 산림관련 법규

산림기본법은 산림정책의 기본이 되는 사항을 정하여 산림의 다양한 기능을 증진하고 임업의 발전을 도모함으로써 국민의 삶의 질 향상과 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 한다.

이에 따라서 중요한 자산인 산림의 보전과 이용을 조화롭게 하는 범위 내에서 산에서 나는 임산물을 등을 활용하여 산주 및 산촌민의 경제적 도움을 줄 수 있는 방향으로 정책을 개발하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

그러나 현실은 토지이용적인 측면에서 보면 임지는 상업지는 물론 농경지에 비해 보아도 그 수익성이 월등히 낮다. 그것은 자기의 산에 심어진 나무나 버섯 등의 임산물을 주인도 마음대로 하지 못하게 하는 법적인 구속력 때문이라 할 수 있다. 산지전용을 하거나 어떤 원인행위로 인해 수목굴취허가를 받아 조경수 등으로 활용하려고 해도, 산주들은 대부분 전문지식이 약하고, 환경을 보호하려는 환경 보호론자들의 편견적인 의식 때문에 벌채허가까지 받은 수목도 재활용하지 못하는 사례가 있다.

따라서 산림기본법에서 밝히고 있는 국민경제의 건전한 발전에 이바지함을 목적으로 한다는 취지에 맞게 산주들이 기존의 수목을 경제성 있는 수목으로 대체할 목적(수목갱신)으로 벌채허가를 신청하면 임업 관련 전문가의 자문을 얻어 산림을 훼손시키지 않는 한 산주로 하여금 소득창출은 물론 일자리 창출의 기회를 주어야 한다.

산지관리법 제90조는 입목벌채 등의 허가와 신고에 대해 다음과 같이 규정하고 있다. 즉, 산림 안에서 입목의 벌채, 임산물의 굴취·채취를 하고자 하는 자는 농림부령이 정하는 바에 따라 시장·군수 또는 지방산림관리청장의 허가를 받아야 한다.

다만, 농림부령이 정하는 경우에는 시장·군수 또는 지방산림관리청장에게 신고하여야 한다. 또, 이를 위반하였을 때에는 5년 이하의 징역 또는 1천500만원 이하의 벌금에 처하도록 하여 매우 엄하게 처벌하고 있다.

산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에서는 "산림사업"의 일환으로 산림의 조성·육성 또는 관리를 위하여 필요한 사업을 규정하고, 제11조(산림의 육성지원)에서 국가와 지방자치단체는 산림소유자가 임목(林木)의 성장단계에 따라 적절한 시기에 소유 산림에 대하여 숲가꾸기를 하도록 그 비용을 지원할 수 있다고 법률로 규정하고 있다.

숲가꾸기 사업의 목적은 녹화된 산림에 대한 기술적·생태적 시업관리를 통해 산림의 경제적 가치와 공익·환경적 가치를 증진하는데 있다.

숲가꾸기를 원하는 산주 또는 산림경영자에게 사업비를 지원하여 산주가 직접 사업을 수행하기 어려운 경우에는 산림조합, 산림법인 등에 사업을 위탁·대행하여 실행한다. 비용은 국고 50%, 지방비 40%, 자부담 10%를 부담하며, 선정기준 우선순위는 첫째, 산림경영계획상 육림계획이 책정된 임지이고 둘째, 대리경영, 협업경영구역 안의 산림이고 셋째, 인공조림지 및 경제림으로 육성이 가능한 천연림보육 대상지이고 넷째, 기타 숲가꾸기 사업이 필요하다고 인정되는 산림으로 독립가,

임업후계자 등에 대하여 우선 지원하고 있다. 산주가 숲가꾸기 사업을 신청하면 시·군·구에서 심사하고 결정하여 통보하는 절차로 이루어진다.

숲가꾸기의 사업에는 가지치기, 어린나무 가꾸기, 솜아베기(간벌) 등의 방법이 있다. 이중에서 간벌이란 나무줄기가 굵고 곧게 자라도록 주위의 필요 없는 나무를 솜아베기 하는 작업을 말한다.

그 시기는 나무의 생장기인 5~10월 사이가 좋으며, 나무의 나이가 10년~15년 전후이면 1차 솜아베기, 1차 솜아베기 이후 5~7년 지나면 2차 솜아베기, 2차 솜아베기 이후 10~15년이 지나면 3차 솜아베기를 한다. 방법으로는 나무의 줄기가 굵고 곧아 큰 나무로 키울 수 있는 나무(미래목)를 선정하고, 미래목이 자라는데 방해가 되는 나무, 불량하게 자란 나무, 병이 있는 나무 등을 잘라준다

2) 폐목재자원 재활용 관련 법규

건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률에서는 도로공사용 순환골재, 건설공사용 순환골재(콘크리트용, 콘크리트제품 제조용, 되메우기 및 덧채움 용도로 쓰이는 것), 각목의 용도별 순환골재 등에 대해서 재활용을 규정하고 있다. 산림 폐목재의 활용 역시 이에 준하여 적용할 수 있다. 즉, 산림폐목재나 건설용으로 나온 폐목재 역시 이 기준에 따라 재활용을 할 수가 있기 때문이다.

우리나라는 경제규모 세계 10위권의 위상에 못 미치는 환경과 자원 재활용에 대한 의식과 법규로 매년 수백만톤의 폐목재자원이 낭비되고 나아가 환경파괴로 이어지고 있다.

이러한 폐자재가 재활용이 부진한 원인은 두 가지 원인으로 분석된다. 먼저 사회적 인식 부족을 들 수 있다. 유한한 자원에 대한 순환이용의 필요성 인식 부족과 오랜 난방문화로 인한 폐목재의 폐기물 인식 부족이 그 원인이다. 또 다른 원인으로는 관련법규 미비를 들 수 있다. 현행 폐기물관리법에서 목재자원 순환이용 촉진을 위한 법 규정이 없어서 관행적으로 불법·편법처리를 하고 있다.

재활용이 부진한 실태로 비효율적인 처리가 있다. 이는 순환이용이 가능한 양질의 폐목재가 단순재활용이나 에너지용으로 전락하여 발생원별, 상태별 처리기준 없이 최저비용으로 우선 처리되는 것이다. 또한 정상적인 처리절차와 과정을 거치지 않은 매립, 소각, 무단투기 등 불법 처리로 식당, 농가, 한증막, 숯제조업체 등으로의 불법 유통 처리를 들 수 있다.

재활용부진으로 인한 문제점으로는 먼저 자원의 낭비로 인한 수입량 및 산림훼손 증가와 환경오염 발생으로 인한 소각 및 매립에 따른 오염으로 사회적 비용 지출이 있다. 이들은 모두 장기적인 처리비 상승과 제품가격 상승을 초래하는 비용 증가를 야기시키고, 원활한 폐목재 수급곤란으로 생산차질을 일으켜서 관련업계 위기를 초래한다.

개선방안은 2가지를 생각해볼 수 있다. 첫째 건설폐기물 배출시 2종류 이상이 혼합되어 종류별, 성상별로 분리배출이 불가능할 경우(예, 콘크리트벽에 벽지가 붙어있는 경우, 구조물에 부착되어 있는 창틀 등)에만 혼합건설폐기물로 인정되고 있으나 분리가능하고 재활용 가능한 폐목재가 고의로 혼합폐기 처리되어 건설폐재 운반업체, 건설폐기물 중간처리업체로 발주되어 매립·소각되는 경우가 많다. 건설사업장에서

발생되는 거푸집, 가설재 등의 분리, 선별이 가능한 폐목재는 혼합폐기물로 배출을 금지시켜 반드시 폐목재 종목 수집운반허가업체나 폐목재 재활용 신고업체로 처리하여야 한다.

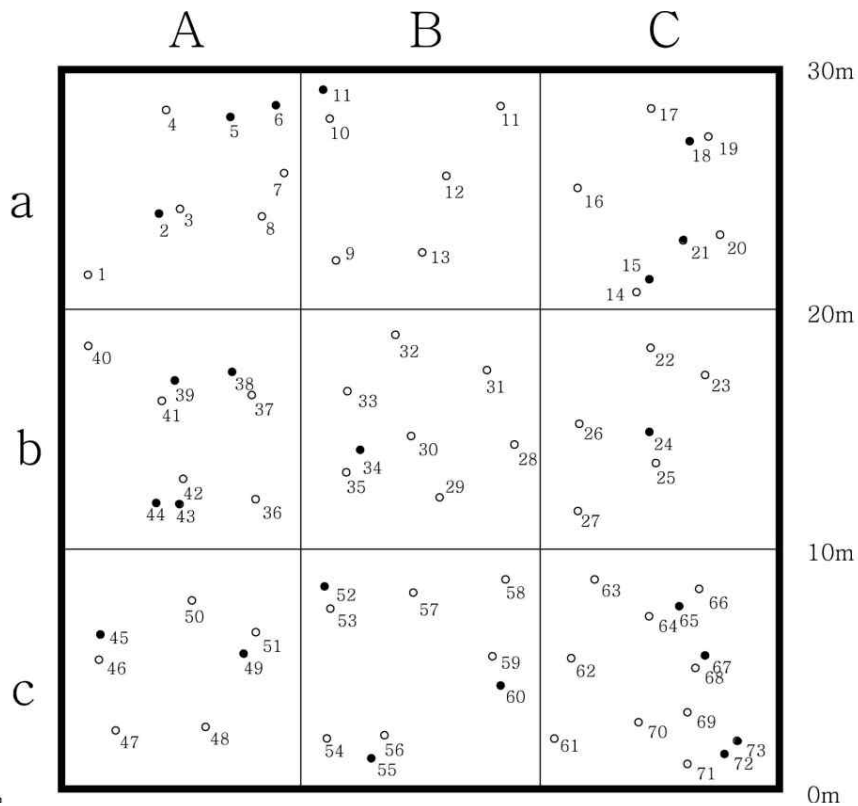
둘째 폐기물관리법에서는 오염되지 않은 폐목재를 연료사용이 가능하도록 허용하고 있다. 이로 인해 전국적으로 폐목재가 연료 및 땔감용 사용을 위해 건설/일반사업장 폐목재들이 아무런 규제 및 기준없이 운반되어 사용되고 곳곳에 방치되고 있는 실정이다. 이는 대기환경오염 유발 및 목재자원의 순환이용을 저해하므로 폐목재의 연료용 사용의 수집, 운반, 보관기준 및 연료용으로 사용가능한 폐목재(숯가꾸기산물, 나뭇가지, 뿌리 등 오염물질이 없는 폐목재)를 법으로 명문화 해야 한다. 건설폐목재나 사업장 폐목재 등의 오염물질이 포함된 폐목재는 반드시 재활용처리를 거친 후 산업용 또는 연료용으로 재활용할 수 있도록 해야 한다.

Ⅲ. 숲가꾸기 실태 및 경제효과 분석

1. 소나무림 지역 숲가꾸기 실태분석

1) Site 1. 조사구

Site 1에 나타난 교목층의 분포위치와 정보를 조사한 결과, 총 73개체가 출현하였고 소나무가 우점하고 있었다. 그리고, 개체목은 전반적으로 조사구 내에 고르게 분포하고 있으며 벌목은 22개체가 이루어졌다. 벌목된 개체의 규격은 벌목 후 확인 가능한 범위내에서 추정 한 예측치를 적용하였다.



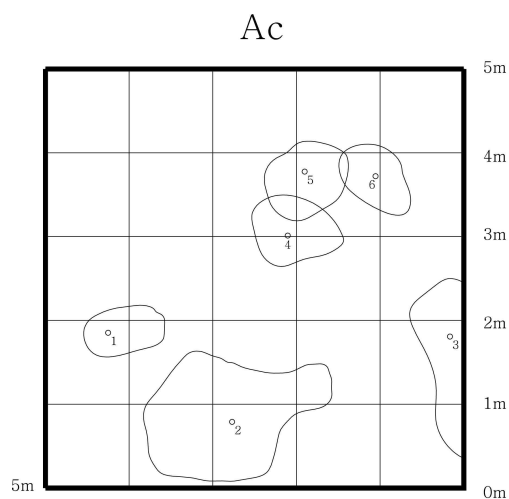
<그림 6> site 1.교목층에 분포하는 개체목의 위치

<표 3> site 1.교목층에 분포하는 개체목의 정보

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|------|---|-----|-------|-----|------|----|
| 1 | Aa | 소나무 | 20.5 | 7 | 38 | Ab | 소나무 | 23.8 | 8 |
| 2 | Aa | 참나무 | 20.6 | 9 | 39 | Ab | 소나무 | 15.6 | 7 |
| 3 | Aa | 소나무 | 25.5 | 9 | 40 | Ab | 소나무 | 14.8 | 8 |
| 4 | Aa | 소나무 | 22.3 | 8 | 41 | Ab | 소나무 | 20.5 | 7 |
| 5 | Aa | 참나무 | 15.2 | 6 | 42 | Ab | 소나무 | 18.5 | 6 |
| 6 | Aa | 참나무 | 17.3 | 7 | 43 | Ab | 소나무 | 24.1 | 7 |
| 7 | Aa | 소나무 | 26.5 | 7 | 44 | Ab | 소나무 | 19.2 | 6 |
| 8 | Aa | 소나무 | 24.2 | 8 | 45 | Ac | 소나무 | 28.3 | 7 |
| 9 | Ba | 소나무 | 28.5 | 7 | 46 | Ac | 소나무 | 28.6 | 7 |
| 10 | Ba | 소나무 | 20.2 | 7 | 47 | Ac | 소나무 | 19.8 | 6 |
| 11 | Ba | 소나무 | 26.3 | 8 | 48 | Ac | 소나무 | 20.5 | 7 |
| 12 | Ba | 소나무 | 25.5 | 7 | 49 | Ac | 참나무 | 18.5 | 6 |
| 13 | Ba | 소나무 | 23.8 | 7 | 50 | Ac | 소나무 | 25.0 | 7 |
| 14 | Ca | 소나무 | 20.6 | 7 | 51 | Ac | 소나무 | 18.3 | 7 |
| 15 | Ca | 소나무 | 28.3 | 7 | 52 | Bc | 참나무 | 20.6 | 9 |
| 16 | Ca | 소나무 | 23.2 | 8 | 53 | Bc | 소나무 | 27.5 | 8 |
| 17 | Ca | 소나무 | 23.5 | 7 | 54 | Bc | 소나무 | 23.9 | 9 |
| 18 | Ca | 소나무 | 28.2 | 7 | 55 | Bc | 소나무 | 28.4 | 8 |
| 19 | Ca | 소나무 | 18.5 | 6 | 56 | Bc | 소나무 | 20.1 | 8 |
| 20 | Ca | 소나무 | 28.2 | 9 | 57 | Bc | 소나무 | 18.6 | 7 |
| 21 | Ca | 참나무 | 18.3 | 7 | 58 | Bc | 소나무 | 23.2 | 8 |
| 22 | Cb | 소나무 | 15.6 | 6 | 59 | Bc | 소나무 | 22.4 | 8 |
| 23 | Cb | 소나무 | 24.5 | 7 | 60 | Bc | 참나무 | 12.2 | 7 |
| 24 | Cb | 소나무 | 22.0 | 7 | 61 | Cc | 소나무 | 18.0 | 7 |
| 25 | Cb | 소나무 | 23.5 | 7 | 62 | Cc | 소나무 | 24.5 | 8 |
| 26 | Cb | 소나무 | 22.1 | 7 | 63 | Cc | 소나무 | 15.5 | 8 |
| 27 | Cb | 소나무 | 29.2 | 8 | 64 | Cc | 소나무 | 25.6 | 7 |
| 28 | Bb | 소나무 | 28.3 | 8 | 65 | Cc | 소나무 | 17.6 | 7 |
| 29 | Bb | 소나무 | 26.0 | 8 | 66 | Cc | 소나무 | 20.6 | 7 |
| 30 | Bb | 소나무 | 21.5 | 7 | 67 | Cc | 소나무 | 17.5 | 11 |
| 31 | Bb | 소나무 | 23.2 | 7 | 68 | Cc | 소나무 | 23.9 | 8 |
| 32 | Bb | 소나무 | 29.3 | 8 | 69 | Cc | 소나무 | 28.4 | 8 |

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|------|---|-----|-------|-----|------|---|
| 33 | Bb | 소나무 | 17.5 | 6 | 70 | Cc | 소나무 | 19.5 | 7 |
| 34 | Bb | 소나무 | 17.8 | 6 | 71 | Cc | 소나무 | 19.4 | 7 |
| 35 | Bb | 소나무 | 25.6 | 6 | 72 | Cc | 소나무 | 25.5 | 8 |
| 36 | Ab | 소나무 | 20.2 | 6 | 73 | Cc | 소나무 | 20.3 | 7 |
| 37 | Ab | 소나무 | 22.5 | 7 | | | | | |

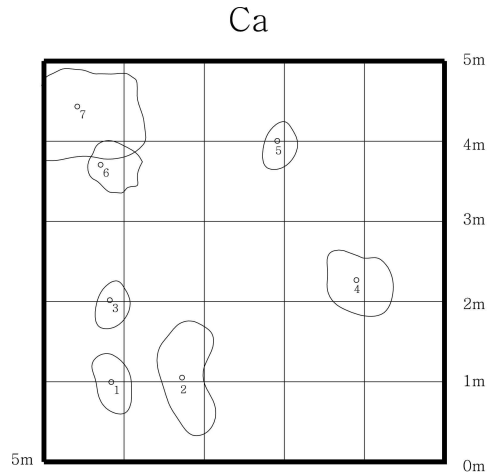
site 1에 분포하는 관목층은 조사구 5m×5m 2곳에서 총 산철쭉 6개체, 진달래 7개체가 출현하였다.



<그림 7> site 1.AC 관목층 분포도

<표 4> site 1.AC관목층에 분포하는 개체목의 정보

| Plots | No. | 수종 | W | H |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| AC | 1 | 산철쭉 | 0.5 | 1.0 |
| | 2 | 진달래 | 2.0 | 1.5 |
| | 3 | 산철쭉 | 2.5 | 1.1 |
| | 4 | 진달래 | 1.0 | 1.0 |
| | 5 | 진달래 | 1.0 | 1.0 |
| | 6 | 진달래 | 1.0 | 1.0 |



<그림 8> site 1.Ca 관목층 분포도

<표 5> site 1.Ca관목층에 분포하는 개체목의 정보

| Plots | No. | 수종 | W | H |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| Ac | 1 | 산철쭉 | 0.8 | 0.8 |
| | 2 | 산철쭉 | 1.5 | 1.0 |
| | 3 | 산철쭉 | 0.5 | 0.5 |
| | 4 | 진달래 | 1.0 | 1.0 |
| | 5 | 진달래 | 0.5 | 0.5 |
| | 6 | 진달래 | 0.5 | 0.5 |
| | 7 | 산철쭉 | 1.2 | 1.6 |

층위별 각 수종의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 분석한 결과, 교목층의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도는 소나무의 상대밀도 90.41%, 상대피도 90.00%, 상대빈도 50.00%이고 상대우점치는 소나무 76.80%로 가장 높은 생태적 지위를 나타내고 있다.

관목층의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도는 산철쭉 상대밀도 46.15%, 상대피도 42.86%, 상대빈도 50.00%, 진달래 상대밀도 53.85%, 상대피도 57.14%, 상대빈도 50.00%이다. 상대우점치는 진달래가 53.662%로 가장 높은 생태적 지위를 나타내는 것으로 분석되었다.

<표 6> site 1의 층위별 상대우점치

| 식물명 | 교목층 | | | | 관목층 | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | RD | RF | RC | IP | RC | RD | RF | IP |
| 소나무 | 90.41 | 90.00 | 50.00 | 76.80 | - | - | - | - |
| 참나무 | 9.59 | 10.00 | 50.00 | 23.20 | - | - | - | - |
| 진달래 | - | - | - | - | 53.85 | 57.14 | 50.00 | 53.66 |
| 산철쭉 | - | - | - | - | 46.15 | 42.86 | 50.00 | 46.34 |
| 합계 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

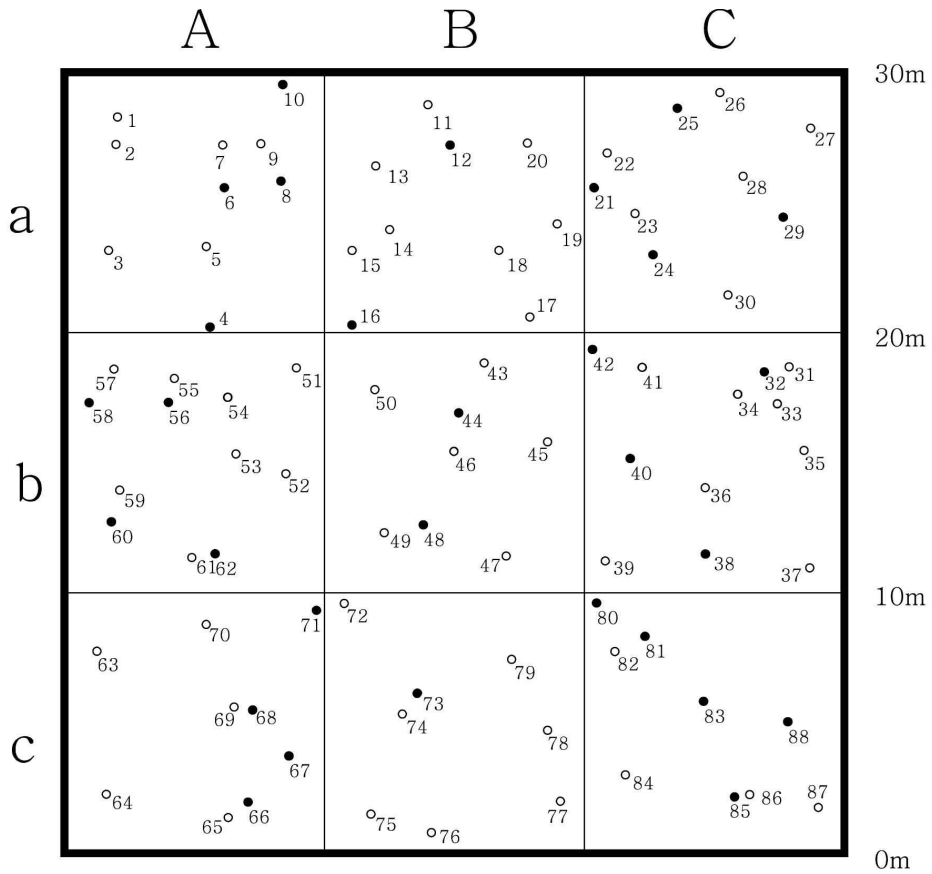
종다양도 분석결과, 종다양성지수 0.7972, 최대종다양성지수 1.3863, 군재도 0.7591, 우점도 0.2409로 분석되었다.

<표 7> site 1의 종다양도

| 종다양도 조사구 | H' | H'max | J | D |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.7972 | 1.3863 | 0.7591 | 0.2409 |

2) Site 2. 조사구

Site 2에 나타난 교목층의 분포는 총 88개체가 출현했고 소나무가 우점하는 것으로 조사되었다. 그리고 벌목은 30개체 이루어졌으며 개체목은 전반적으로 고르게 분포하는 것으로 분석되었다.



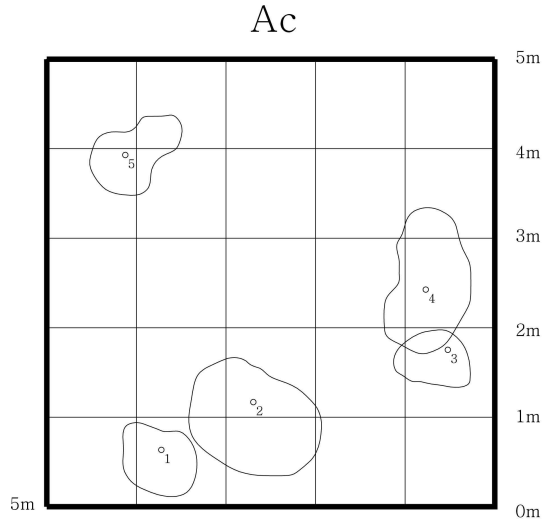
<그림 9> site 2.교목층에 분포하는 개체목의 위치

<표 8> site 2.교목층에 분포하는 개체목의 정보

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|------|---|-----|-------|-----|------|----|
| 1 | Aa | 소나무 | 10.5 | 7 | 45 | Bb | 소나무 | 19.2 | 9 |
| 2 | Aa | 소나무 | 14.5 | 7 | 46 | Bb | 소나무 | 18.3 | 10 |
| 3 | Aa | 소나무 | 17.5 | 7 | 47 | Bb | 참나무 | 8.6 | 4 |
| 4 | Aa | 소나무 | 19.6 | 6 | 48 | Bb | 소나무 | 7.5 | 4 |
| 5 | Aa | 소나무 | 8.2 | 4 | 49 | Bb | 소나무 | 10.9 | 4 |
| 6 | Aa | 참나무 | 16.5 | 6 | 50 | Bb | 소나무 | 18.4 | 10 |
| 7 | Aa | 소나무 | 7.5 | 4 | 51 | Ab | 소나무 | 20.1 | 10 |
| 8 | Aa | 참나무 | 14.8 | 7 | 52 | Ab | 참나무 | 18.6 | 7 |
| 9 | Aa | 소나무 | 8.6 | 5 | 53 | Ab | 소나무 | 21.2 | 7 |
| 10 | Aa | 소나무 | 17.8 | 6 | 54 | Ab | 참나무 | 17.4 | 6 |

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|------|---|-----|-------|-----|------|---|
| 11 | Ba | 소나무 | 7.5 | 4 | 55 | Ab | 소나무 | 12.2 | 4 |
| 12 | Ba | 소나무 | 18.5 | 6 | 56 | Ab | 소나무 | 18.0 | 6 |
| 13 | Ba | 소나무 | 8.1 | 5 | 57 | Ab | 소나무 | 7.5 | 4 |
| 14 | Ba | 소나무 | 3.2 | 4 | 58 | Ab | 소나무 | 5.2 | 4 |
| 15 | Ba | 소나무 | 15.3 | 8 | 59 | Ab | 소나무 | 21.1 | 6 |
| 16 | Ba | 소나무 | 15.5 | 5 | 60 | Ab | 소나무 | 19.2 | 7 |
| 17 | Ba | 소나무 | 17.3 | 5 | 61 | Ab | 소나무 | 18.3 | 6 |
| 18 | Ba | 소나무 | 10.1 | 5 | 62 | Ab | 소나무 | 10.5 | 5 |
| 19 | Ba | 소나무 | 7.4 | 5 | 63 | Ac | 소나무 | 5.5 | 4 |
| 20 | Ba | 소나무 | 7.8 | 6 | 64 | Ac | 소나무 | 4.8 | 7 |
| 21 | Ca | 소나무 | 18.5 | 6 | 65 | Ac | 소나무 | 10.6 | 4 |
| 22 | Ca | 소나무 | 21.2 | 7 | 66 | Ac | 소나무 | 14.8 | 5 |
| 23 | Ca | 소나무 | 8.3 | 5 | 67 | Ac | 소나무 | 7.5 | 7 |
| 24 | Ca | 소나무 | 14.5 | 5 | 68 | Ac | 소나무 | 9.5 | 7 |
| 25 | Ca | 소나무 | 15.6 | 6 | 69 | Ac | 소나무 | 11.0 | 7 |
| 26 | Ca | 소나무 | 17.6 | 6 | 70 | Ac | 소나무 | 23.2 | 7 |
| 27 | Ca | 소나무 | 10.6 | 5 | 71 | Ac | 소나무 | 23.6 | 7 |
| 28 | Ca | 소나무 | 7.2 | 4 | 72 | Bc | 소나무 | 26.2 | 7 |
| 29 | Ca | 참나무 | 17.7 | 7 | 73 | Bc | 소나무 | 14.5 | 5 |
| 30 | Ca | 소나무 | 15.6 | 7 | 74 | Bc | 소나무 | 18.5 | 6 |
| 31 | Cb | 소나무 | 14.2 | 6 | 75 | Bc | 소나무 | 7.0 | 5 |
| 32 | Cb | 참나무 | 15.2 | 6 | 76 | Bc | 소나무 | 18.6 | 6 |
| 33 | Cb | 참나무 | 19.3 | 7 | 77 | Bc | 소나무 | 20.8 | 7 |
| 34 | Cb | 소나무 | 19.0 | 6 | 78 | Bc | 소나무 | 12.5 | 5 |
| 35 | Cb | 소나무 | 12.5 | 5 | 79 | Bc | 소나무 | 21.5 | 7 |
| 36 | Cb | 소나무 | 10.8 | 5 | 80 | Cc | 참나무 | 18.1 | 6 |
| 37 | Cb | 소나무 | 14.1 | 5 | 81 | Cc | 소나무 | 22.2 | 7 |
| 38 | Cb | 소나무 | 12.3 | 5 | 82 | Cc | 소나무 | 20.3 | 7 |
| 39 | Cb | 소나무 | 18.3 | 7 | 83 | Cc | 소나무 | 10.5 | 5 |
| 40 | Cb | 소나무 | 11.5 | 4 | 84 | Cc | 소나무 | 23.3 | 7 |
| 41 | Cb | 소나무 | 13.2 | 5 | 85 | Cc | 소나무 | 20.0 | 7 |
| 42 | Cb | 소나무 | 11.3 | 4 | 86 | Cc | 소나무 | 17.5 | 6 |
| 43 | Bb | 소나무 | 15.5 | 6 | 87 | Cc | 소나무 | 10.8 | 6 |
| 44 | Bb | 소나무 | 14.1 | 6 | 88 | Cc | 참나무 | 22.1 | 7 |

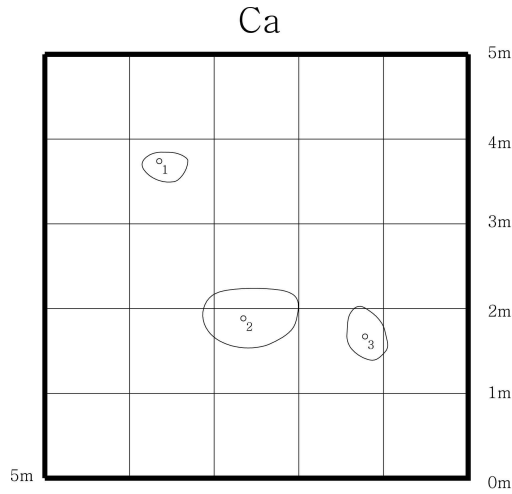
site 2에 분포하는 관목층은 5m×5m 조사구 2곳에서 산철쭉 5개체 소나무 2개체 참나무 1개체가 출현하였다.



<그림 10> site 2.AC관목층 분포도

<표 9> site 2.AC관목층에 분포하는 개체목의 정보

| Plots | No. | 수종 | W | H |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| AC | 1 | 산철쭉 | 0.8 | 1.0 |
| | 2 | 참나무 | 1.5 | 1.2 |
| | 3 | 소나무 | 0.5 | 1.0 |
| | 4 | 소나무 | 1.0 | 1.5 |
| | 5 | 산철쭉 | 1.0 | 1.0 |



<그림 11> site 2.Ca관목층 분포도

<표 10> site 2.Ca관목층에 분포하는 개체목의 정보

| Plots | No. | 수종 | W | H |
|-------|-----|-----|-----|-----|
| Ac | 1 | 산철쭉 | 0.5 | 0.5 |
| | 2 | 산철쭉 | 1.0 | 1.0 |
| | 3 | 산철쭉 | 0.5 | 0.5 |

층위별 각 수종의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 살펴보면, 교목층의 상대피도, 상대밀도, 상대빈도는 소나무의 상대밀도 88.64%, 상대피도 90.00%, 상대빈도 50.00%이며 상대우점치는 소나무 76.21%로 가장 높은 생태적 지위를 나타내었다.

관목층 수종의 상대피도, 상대밀도, 상대빈도는 진달래(62.50%, 50.00%, 50.00%), 소나무(25.00%, 25.00%, 50.00%), 참나무(12.50%, 25.00%, 50.00%)이며 상대우점치는 진달래가 54.17%로 다소 높은 지위를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

<표 11> site 2의 층위별 상대우점치

| 식물명 | 교목층 | | | | 관목층 | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | RD | RF | RC | IP | RC | RD | RF | IP |
| 소나무 | 88.64 | 90.00 | 50.00 | 76.21 | 25.00 | 25.00 | 50.00 | 33.33 |
| 참나무 | 11.36 | 10.00 | 50.00 | 23.79 | 12.50 | 25.00 | 50.00 | 29.17 |
| 진달래 | - | - | - | - | 62.50 | 50.00 | 50.00 | 54.17 |
| 합계 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

종다양도 분석결과, 종다양성지수 0.6864, 최대종다양성지수 1.6094, 균재도 0.5644, 우점도 0.4356로 분석된다.

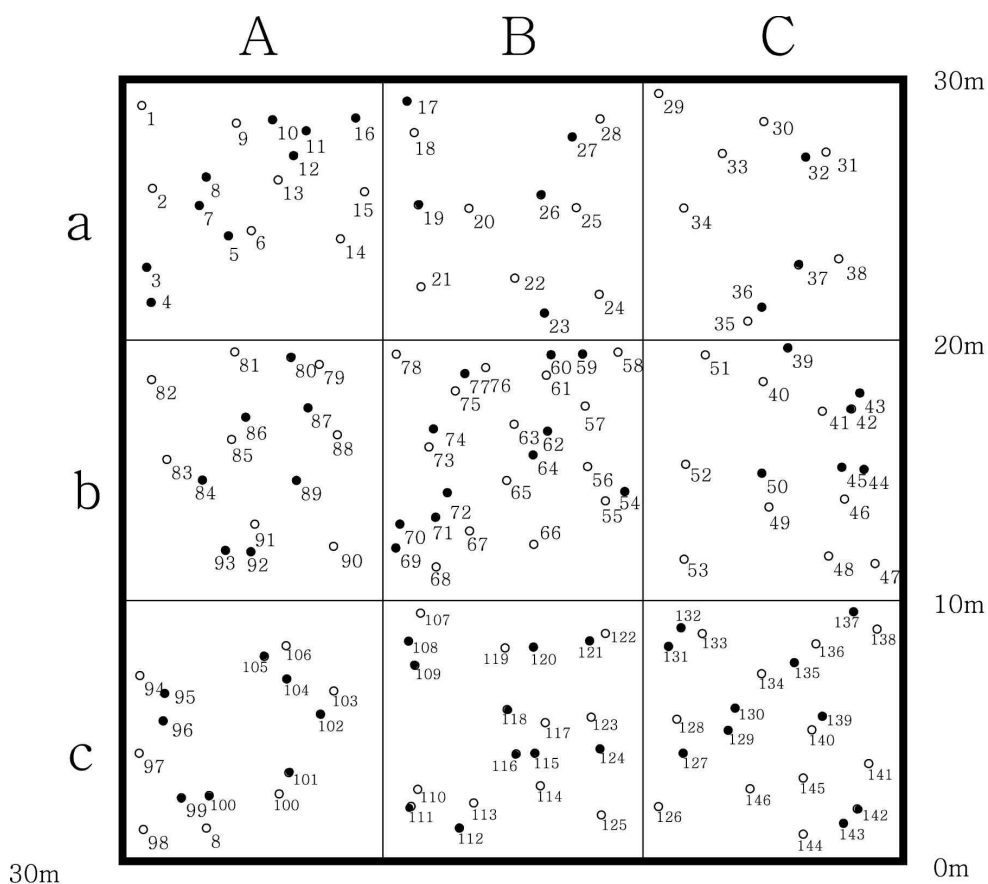
<표 12> site 2의 종다양도

| 종다양도 조사구 | H' | H'max | J | D |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.6864 | 1.6094 | 0.5644 | 0.4356 |

2. 참나무림 지역 숲가꾸기 실태분석

1) Site 1. 조사구

Site 1에 나타난 교목층은 총 145개체가 출현하였고 참나무가 우점하는 것으로 조사되었다. 별목은 70개체 이루어졌으며 개체목은 전반적으로 고르게 분포하는 것으로 분석되었다.



<그림 12> site 1.교목층에 분포하는 개체목의 위치

<표 13> site 1.교목층에 분포하는 개체목의 정보

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|---|------|-----|-------|-----|----|------|
| 1 | Aa | 참나무 | 3 | 5-10 | 74 | Bb | 참나무 | 10 | 5-10 |
| 2 | Aa | 참나무 | 3 | 5-10 | 75 | Bb | 참나무 | 9 | 5-10 |
| 3 | Aa | 참나무 | 7 | 5-10 | 76 | Bb | 참나무 | 11 | 5-10 |
| 4 | Aa | 참나무 | 3 | 5-10 | 77 | Bb | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 5 | Aa | 참나무 | 3 | 5-10 | 78 | Bb | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 6 | Aa | 참나무 | 3 | 5-10 | 79 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 7 | Aa | 참나무 | 3 | 5-10 | 80 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 8 | Aa | 참나무 | 3 | 5-10 | 81 | Ab | 참나무 | 9 | 5-10 |
| 9 | Aa | 참나무 | 8 | 5-10 | 82 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|----|------|-----|-------|-----|----|------|
| 10 | Aa | 참나무 | 7 | 5-10 | 83 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 11 | Aa | 참나무 | 8 | 5-10 | 84 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 12 | Aa | 참나무 | 14 | 5-10 | 85 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 13 | Aa | 참나무 | 10 | 5-10 | 86 | Ab | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 14 | Aa | 참나무 | 9 | 5-10 | 87 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 15 | Aa | 참나무 | 9 | 5-10 | 88 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 16 | Aa | 참나무 | 7 | 5-10 | 89 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 17 | Ba | 소나무 | 8 | 5-10 | 90 | Ab | 소나무 | 3 | 5-10 |
| 18 | Ba | 참나무 | 9 | 5-10 | 91 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 19 | Ba | 참나무 | 9 | 5-10 | 92 | Ab | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 20 | Ba | 참나무 | 9 | 5-10 | 93 | Ab | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 21 | Ba | 참나무 | 8 | 5-10 | 94 | Ac | 참나무 | 5 | 5-10 |
| 22 | Ba | 참나무 | 3 | 5-10 | 95 | Ac | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 23 | Ba | 참나무 | 3 | 5-10 | 96 | Ac | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 24 | Ba | 참나무 | 3 | 5-10 | 97 | Ac | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 25 | Ba | 참나무 | 3 | 5-10 | 98 | Ac | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 26 | Ba | 참나무 | 3 | 5-10 | 99 | Ac | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 27 | Ba | 참나무 | 7 | 5-10 | 100 | Ac | 참나무 | 13 | 5-10 |
| 28 | Ba | 참나무 | 8 | 5-10 | 101 | Ac | 참나무 | 10 | 5-10 |
| 29 | Ca | 참나무 | 8 | 5-10 | 102 | Ac | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 30 | Ca | 참나무 | 8 | 5-10 | 103 | Ac | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 31 | Ca | 참나무 | 14 | 5-10 | 104 | Ac | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 32 | Ca | 참나무 | 19 | 5-10 | 105 | Ac | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 33 | Ca | 참나무 | 6 | 5-10 | 106 | Ac | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 34 | Ca | 참나무 | 8 | 5-10 | 107 | Bc | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 35 | Ca | 소나무 | 8 | 5-10 | 108 | Bc | 소나무 | 19 | 5-10 |
| 36 | Ca | 참나무 | 6 | 5-10 | 109 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 37 | Ca | 참나무 | 23 | 5-10 | 110 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 38 | Ca | 참나무 | 8 | 5-10 | 111 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 39 | Cb | 참나무 | 8 | 5-10 | 112 | Bc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 40 | Cb | 참나무 | 19 | 5-10 | 113 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 41 | Cb | 참나무 | 14 | 5-10 | 114 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 42 | Cb | 소나무 | 8 | 5-10 | 115 | Bc | 소나무 | 3 | 5-10 |
| 43 | Cb | 참나무 | 19 | 5-10 | 116 | Bc | 참나무 | 19 | 5-10 |

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|----|------|-----|-------|-----|----|------|
| 44 | Cb | 참나무 | 8 | 5-10 | 117 | Bc | 소나무 | 7 | 5-10 |
| 45 | Cb | 참나무 | 6 | 5-10 | 118 | Bc | 소나무 | 6 | 5-10 |
| 46 | Cb | 참나무 | 8 | 5-10 | 119 | Bc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 47 | Cb | 참나무 | 14 | 5-10 | 120 | Bc | 참나무 | 5 | 5-10 |
| 48 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 121 | Bc | 소나무 | 8 | 5-10 |
| 49 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 122 | Bc | 소나무 | 3 | 5-10 |
| 50 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 123 | Bc | 소나무 | 7 | 5-10 |
| 51 | Cb | 참나무 | 9 | 5-10 | 124 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 52 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 125 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 53 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 126 | Cc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 54 | Bb | 참나무 | 3 | 5-10 | 127 | Cc | 참나무 | 19 | 5-10 |
| 55 | Bb | 소나무 | 3 | 5-10 | 128 | Cc | 참나무 | 10 | 5-10 |
| 56 | Bb | 소나무 | 3 | 5-10 | 129 | Cc | 참나무 | 9 | 5-10 |
| 57 | Bb | 참나무 | 3 | 5-10 | 130 | Cc | 참나무 | 6 | 5-10 |
| 58 | Bb | 참나무 | 10 | 5-10 | 131 | Cc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 59 | Bb | 참나무 | 19 | 5-10 | 132 | Cc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 60 | Bb | 참나무 | 6 | 5-10 | 133 | Cc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 61 | Bb | 참나무 | 8 | 8-10 | 134 | Cc | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 62 | Bb | 소나무 | 7 | 8-10 | 135 | Cc | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 63 | Bb | 참나무 | 7 | 8-10 | 136 | Cc | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 64 | Bb | 참나무 | 14 | 8-10 | 137 | Cc | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 65 | Bb | 참나무 | 9 | 8-10 | 138 | Cc | 참나무 | 6 | 5-10 |
| 66 | Bb | 참나무 | 9 | 8-10 | 139 | Cc | 참나무 | 14 | 5-10 |
| 67 | Bb | 참나무 | 8 | 8-10 | 140 | Cc | 참나무 | 11 | 5-10 |
| 68 | Bb | 참나무 | 6 | 8-10 | 141 | Cc | 소나무 | 13 | 5-10 |
| 69 | Bb | 소나무 | 6 | 8-10 | 142 | Cc | 소나무 | 8 | 5-10 |
| 70 | Bb | 참나무 | 8 | 8-10 | 143 | Cc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 71 | Bb | 소나무 | 8 | 8-10 | 144 | Cc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 72 | Bb | 소나무 | 3 | 8 | 145 | Cc | 참나무 | 11 | 5-10 |
| 73 | Bb | 참나무 | 7 | 6 | 146 | Cc | 참나무 | 10 | 5-10 |

층위별 각 수종의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 살펴보면, 교목층의 상대피도, 상대밀도, 상대빈도는 소나무 13.01%, 11.11%, 50.00%이

고 참나무 86.99%, 88.89%, 50.00%이다. 상대우점치는 참나무 75.29%로 가장 높은 생태적 지위를 나타내고 있다.

<표 14> site 1의 층위별 상대우점치

| 식물명 | 교목층 | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| | RD | RF | RC | IP |
| 소나무 | 13.01 | 11.11 | 50.00 | 24.71 |
| 참나무 | 86.99 | 88.89 | 50.00 | 75.29 |
| 합계 | 100 | 100 | 100 | 100 |

종다양도 분석결과, 종다양성지수 0.3866, 최대종다양성지수 0.6931, 균재도 0.6620, 우점도0.3380로 분석된다.

<표 15> site 1의 종다양도

| 종다양도 조사구 | H' | H'max | J | D |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | 0.3866 | 0.6931 | 0.6620 | 0.3380 |

2) Site 2. 조사구

Site 2에 나타난 교목층은 총 127개체가 출현하였고 참나무가 우점하는 것으로 조사되었다. 벌목은 50개체 이루어졌으며 개체목은 전반적으로 고르게 분포하는 것으로 분석되었다.

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|----|------|-----|-------|-----|----|------|
| 10 | Aa | 참나무 | 13 | 5-10 | 74 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 11 | Aa | 참나무 | 13 | 5-10 | 75 | Ab | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 12 | Aa | 참나무 | 11 | 5-10 | 76 | Ab | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 13 | Aa | 참나무 | 13 | 5-10 | 77 | Ab | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 14 | Aa | 소나무 | 13 | 5-10 | 78 | Ab | 소나무 | 12 | 5-10 |
| 15 | Aa | 참나무 | 13 | 5-10 | 79 | Ab | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 16 | Aa | 참나무 | 10 | 5-10 | 80 | Ab | 참나무 | 20 | 5-10 |
| 17 | Ba | 참나무 | 14 | 5-10 | 81 | Ab | 참나무 | 10 | 5-10 |
| 18 | Ba | 참나무 | 7 | 5-10 | 82 | Ab | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 19 | Ba | 참나무 | 20 | 5-10 | 83 | Ab | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 20 | Ba | 참나무 | 20 | 5-10 | 84 | Ac | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 21 | Ba | 참나무 | 6 | 5-10 | 85 | Ac | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 22 | Ba | 참나무 | 6 | 5-10 | 86 | Ac | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 23 | Ba | 참나무 | 7 | 5-10 | 87 | Ac | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 24 | Ba | 참나무 | 13 | 5-10 | 88 | Ac | 참나무 | 20 | 5-10 |
| 25 | Ba | 참나무 | 13 | 5-10 | 89 | Ac | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 26 | Ca | 참나무 | 20 | 5-10 | 90 | Ac | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 27 | Ca | 소나무 | 7 | 5-10 | 91 | Ac | 소나무 | 3 | 5-10 |
| 28 | Ca | 소나무 | 3 | 5-10 | 92 | Ac | 소나무 | 3 | 5-10 |
| 29 | Ca | 소나무 | 3 | 5-10 | 93 | Ac | 소나무 | 3 | 5-10 |
| 30 | Ca | 소나무 | 7 | 5-10 | 94 | Ac | 소나무 | 8 | 5-10 |
| 31 | Ca | 참나무 | 3 | 5-10 | 95 | Ac | 참나무 | 19 | 5-10 |
| 32 | Ca | 참나무 | 13 | 5-10 | 96 | Ac | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 33 | Ca | 참나무 | 10 | 5-10 | 97 | Ac | 참나무 | 6 | 5-10 |
| 34 | Ca | 참나무 | 3 | 5-10 | 98 | Ac | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 35 | Ca | 참나무 | 7 | 5-10 | 99 | Ac | 참나무 | 14 | 5-10 |
| 36 | Ca | 참나무 | 7 | 5-10 | 100 | Ac | 참나무 | 11 | 5-10 |
| 37 | Ca | 참나무 | 12 | 5-10 | 101 | Ac | 참나무 | 19 | 5-10 |
| 38 | Ca | 참나무 | 12 | 5-10 | 102 | Ac | 참나무 | 10 | 5-10 |
| 39 | Cb | 참나무 | 12 | 5-10 | 103 | Bc | 참나무 | 9 | 5-10 |
| 40 | Cb | 참나무 | 20 | 5-10 | 104 | Bc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 41 | Cb | 참나무 | 20 | 5-10 | 105 | Bc | 참나무 | 12 | 5-10 |
| 42 | Cb | 참나무 | 7 | 5-10 | 106 | Bc | 참나무 | 6 | 5-10 |
| 43 | Cb | 참나무 | 20 | 5-10 | 107 | Bc | 참나무 | 8 | 5-10 |

| No. | Plots | 수종 | R | H | No. | Plots | 수종 | R | H |
|-----|-------|-----|----|------|-----|-------|-----|----|------|
| 44 | Cb | 참나무 | 12 | 5-10 | 108 | Bc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 45 | Cb | 참나무 | 12 | 5-10 | 109 | Bc | 참나무 | 9 | 5-10 |
| 46 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 110 | Bc | 참나무 | 10 | 5-10 |
| 47 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 111 | Bc | 참나무 | 9 | 5-10 |
| 48 | Cb | 참나무 | 13 | 5-10 | 112 | Bc | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 49 | Cb | 참나무 | 20 | 5-10 | 113 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 50 | Cb | 참나무 | 7 | 5-10 | 114 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 51 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 115 | Bc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 52 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 116 | Cc | 참나무 | 3 | 5-10 |
| 53 | Cb | 참나무 | 7 | 5-10 | 117 | Cc | 참나무 | 9 | 5-10 |
| 54 | Cb | 참나무 | 3 | 5-10 | 118 | Cc | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 55 | Bb | 참나무 | 13 | 5-10 | 119 | Cc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 56 | Bb | 참나무 | 10 | 5-10 | 120 | Cc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 57 | Bb | 참나무 | 3 | 5-10 | 121 | Cc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 58 | Bb | 참나무 | 7 | 5-10 | 122 | Cc | 참나무 | 7 | 5-10 |
| 59 | Bb | 참나무 | 7 | 5-10 | 123 | Cc | 참나무 | 8 | 5-10 |
| 60 | Bb | 참나무 | 12 | 5-10 | 124 | Cc | 참나무 | 11 | 5-10 |
| 61 | Bb | 참나무 | 12 | 5-10 | 125 | Cc | 참나무 | 16 | 5-10 |
| 62 | Bb | 참나무 | 12 | 5-10 | 126 | Cc | 참나무 | 20 | 5-10 |
| 63 | Bb | 참나무 | 20 | 5-10 | 127 | Cc | 참나무 | 17 | 5-10 |
| 64 | Bb | 참나무 | 3 | 5-10 | | | | | |

층위별 각 수종의 상대밀도, 상대피도, 상대빈도를 살펴보면, 교목층의 상대피도, 상대밀도, 상대빈도는 소나무가 82.67%, 82.60%, 50.00%이며 상대우점치는 소나무(71.76%)가 가장 높은 생태적 지위를 나타내고 있다.

관목층 수종의 상대피도, 상대밀도, 상대빈도는 산철쭉 59.24%, 59.84%, 50.00%이고, 상대우점치는 산철쭉(56.36%)이 다소 높은 지위를 보이고 있는 것으로 분석되었다.

<표 17> site 2의 층위별 상대우점치

| 식물명 | 교목층 | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|
| | RD | RF | RC | IP |
| 소나무 | 10.24 | 11.11 | 50.00 | 23.78 |
| 참나무 | 89.76 | 88.89 | 50.00 | 76.22 |
| 합계 | 100 | 100 | 100 | 100 |

종다양도 분석결과, 종다양성지수 1.1693, 최대종다양성지수 1.3863, 균재도 0.6620, 우점도0.3380로 분석된다.

<표 18> site 4의 종다양도

| 조사구 \ 종다양도 | H' | H'max | J | D |
|------------|--------|--------|--------|--------|
| 2 | 0.3302 | 0.6931 | 0.6620 | 0.3380 |

<표 19> 조사구별 벌채수목량

| 조사구 (Site) | | 수종 | | 수량(본) | 벌채율(%) |
|------------------|---|---------|-----------|---------|--------|
| | | 조사구규격 | 수종 | | |
| 소 나 무 림 | 1 | 30m×30m | 전체수량 | 73 | 30% |
| | | | SITE 2 | 22 | |
| | 2 | 30m×30m | 전체수량 | 88 | 34% |
| | | | 벌채수량 | 30 | |
| 참 나 무 림 | 1 | 30m×30m | 전체수량 | 146 | 48% |
| | | | 벌채수량 | 70 | |
| | 2 | 30m×30m | 전체수량 | 127 | 39% |
| | | | 벌채수량 | 50 | |
| 총계 | | | 벌채수량/전체수량 | 172/434 | 40% |

조사구별 벌채수목량 결과, 소나무림 Site1. 22주 30%, Site2. 30주 34%, 참나무림 Site1. 70주 48%, Site2. 50주 39%가 벌채되어 총 434주에서 172주 40%가 벌채된 것으로 조사되었다.

3. 활용수량 추정 및 경제효과 분석

경상북도에서 2003년~2007년(5년간)까지 실시한 숲가꾸기사업의 간벌량은 연평균 3,842ha이다. 이는 조사구 면적의 42,688배에 해당하며, 산림임상별로 구분하면 침엽수 42%, 활엽수 18%, 혼효림 39%를 차지하는 것으로 조사되었다. 이러한 데이터를 대입하여 경상북도의 간벌면적을 임상별로 추정하면 소나무림 1,613ha, 참나무림 691ha, 혼효림 1,498ha로 된다.

<표 20> 연도별 숲가꾸기 사업실적(경상북도) (단위 : ha, 천원)

| 연도별 | 계 | | 간벌 | | 산물수집 | |
|------|--------|------------|-------|-----------|-------|-----------|
| | 총사업량 | 총사업비 | 사업량 | 사업비 | 사업량 | 사업비 |
| 2003 | 47,794 | 29,241,624 | 7,685 | 6,353,121 | - | - |
| 2004 | 44,181 | 27,241,624 | 5,282 | 4,077,830 | - | - |
| 2005 | 42,066 | 26,699,578 | 2,762 | 2,255,148 | 3,793 | 1,427,268 |
| 2006 | 33,324 | 27,639,114 | 2,144 | 2,018,191 | 1,636 | 447,929 |
| 2007 | 35,214 | 32,844,746 | 1,337 | 1,318,847 | 624 | 299,917 |
| 평균 | 40,515 | 28,733,337 | 3,842 | 3,204,627 | 2,017 | 725,038 |

조사구에서 벌채할 교목(소나무 및 참나무류)의 수는 평균 43주이다. 2003년~2007년(5년간) 숲가꾸기사업의 간벌량은 평균 3,842ha이다. 이는 조사구 면적의 42,688배에 해당하며 전체면적으로 환산하면 약 183만주에 해당한다.

소나무는 우드칩이나 우드펠릿의 원목으로 많이 사용된다. 그 이유는 냄새나 색깔이 활엽수에 비하여 우수하기 때문이다. 예를 들어 홍

고10cm 정도에 2m(작업시 기준 절단길이)정도 되는 소나무 20그루 정도에서 1루베가 나온다. 단가는 1루베에 설계반영금액이 9~12만원, 공장도가 6만원 정도이다.

벌채로 생산되는 교목을 우드칩으로 만들 경우에 183만주를 모두 우드칩으로 만들어 사용할 경우 91,500루베의 우드칩을 생산할 수 있다. 금액으로는 약 110억원에 해당한다.

현재 벌채된 나무를 활용하는데 가장 문제가 되는 것은 산속에서 벌채된 나무를 차량으로 운반하기 좋은 도로까지 운반하는 것이다. 이 작업은 경제성이 없기 때문에 벌채업자들도 기피하고 있는 실정이다. 벌채된 나무를 도로까지 운반하는데 드는 비용은 지자체와 폐기물처리업체가 6대4의 비율로 비용을 분담하여 처리하여 간벌된 나무를 바이오매스로 활용할 수도 있어 바람직할 것으로 판단된다.

900m²의 면적에서 2인 1팀(5만원/인)으로 작업하면 하루에 작업을 완성한다고 할 때, 3,842ha 전체 면적에 대해서 약 42억원 정도의 인건비가 소요되고 여기에 우드칩 생산업체까지의 운반비 15억을 합하면 총 57억 정도의 비용이 소요될 것으로 예상된다.

이렇게 생산한 우드칩이나 우드펠릿으로는 열병합발전소 및 보일러의 연료로 사용할 수 있으며, 조경용 우드칩으로도 사용할 수 있다. 1루베로 갈수 있는 면적은 10cm 두께로 갈았을 때 10m²를 덮을 수 있다.

IV. 부산물의 활용방안

1. 국내사례

지구상의 바이오매스 자원의 대부분을 차지하는 산림은 지속가능한 양질의 바이오에너지 공급원이다. 숲가꾸기 작업산물, 토목 폐목재 등과 같은 산림바이오매스는 식량문제에서 자유롭고 재생 가능한 자원이기 때문에 전 세계적으로 차세대 대체에너지 자원으로 특히 주목받고 있다.

국토의 64%가 산림인 우리나라에서 온실가스와 환경오염을 줄이는데 있어서 산림의 역할은 절대적인 것으로 연간 생산 가능한 숲가꾸기 산물 약 266만m³와 병충해 피해목 및 토목 폐목재 57만m³을 에너지화하면 연간 200만톤의 이산화탄소 발생을 줄일 수 있다.

산림청측은 "국내에서도 최근 산림바이오매스를 에너지화 하기 위한 연구가 다각도로 진행되고 있으나 선진국에 비해 크게 뒤쳐져 있는 것이 현실"이라며 "다양한 국제 기술교류를 통해 국내 바이오에너지 기술수준을 한 단계 업그레이드시킬 수 있는 방안 마련이 시급한 실정"이라고 전했다.

강원도는 최근 유가인상에 따른 농산촌 주민들의 난방비 부담증가에 대처함과 아울러 매년 숲가꾸기 사업으로 생산되는 목재의 효율적 활용을 위해 산림바이오매스(목재연료) 활용사업을 적극 추진키로 하였다. 먼저 현재의 나무보일러는 무거운 원목을 수집·운반하여 잘게 쪼개거나 절단하여 사용함으로써 불편하고 노동력이 많이 든다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 「개량 목재칩보일러」 개발 연구에 착수하게 되

었으며, 개량 목재칩보일러는 통나무를 목재칩으로 가공 이용함으로써 사용에 간편성을 기하는데 목적을 두고, 원목을 파쇄하는 칩생산파쇄기, 연소장치설계 및 부품제작, 목재칩보일러 제작 등 칩을 사용할 수 있는 「개량 목재칩보일러」를 연구제작중에 있다.

이 개량 목재칩 보일러가 개발되면 산림부산물의 이용이 크게 늘어날 뿐 만아니라 소년소녀가장, 독거노인 등 저소득층과 농산촌 농가에 보급할 경우 연료비 절감에 크게 기여할 것으로 예상된다.

또한 2008년 7월 강원대학교가 산학협력으로 폐목이나 산림부산물을 연료로 활용한 목재칩보일러를 국내최초로 개발하였다. 이는 숲가꾸기와 벌채할 때 나오는 폐목이나 부산물을 분쇄하여 만든 목재칩을 연료로 사용한다. 이는 기존의 기름보일러보다 연료비가 3~4배 저렴할 뿐 아니라 등유와 가스 연탄 등 화석연료에 비해서 황함유율이 낮아 이산화탄소감축으로 지구온난화 방지효과도 크다.

화천군은 신재생에너지 보급사업의 일환으로 공공건물에 대한 에너지 제로화를 위해 군청사의 태양광과 지열을 이용한 신재생 에너지 보급사업을 실시한다. 한편 군은 고유가를 극복하기 위해 잘게 파쇄한 나무칩을 연료로 이용하는 방식으로 기존 나무보일러에 비해 연료의 운반과 투입이 용이하고 연료비도 기름보일러의 절반으로 절감되는 목재칩 나무보일러를 도와 공동으로 개발하여 혼자 사는 노인을 비롯해 영세농가에 우선 보급할 예정이다.

서대구 염색단지에 증기를 공급하고 있는 엘콘파워는 재생가능에너지를 이용한 열병합발전소가 화석연료를 얼마나 절약할 수 있는지 잘 보여준다. 우리나라 열병합발전소 제1호인 엘콘파워는 지난 2006년부

터 대구광역시 서구 이현동과 중리동 일대 24개 염색업체에 스팀열을 공급해 왔다. 재래식 아궁이를 닮은 대형 보일러의 연료로는 주로 폐목재를 활용한 우드칩이 사용된다. 엘콘파워 덕분에 염색단지에서 24개의 굴뚝이 사라지고 단 1개의 굴뚝만 남게 됐다. 병커C유를 때던 이들 업체는 지하에 매설된 4.5km의 배관을 통해 스팀열을 공급받아 연료비를 40% 이상 절감하게 됐다.

목재전문기업인 이견산업은 스팀에너지사업에 본격 진출하기로 했다. 스팀에너지사업은 기존 합판 생산라인을 열병합 발전시설로 재활용해 스팀에너지를 생산한 후 주변 기업에 난방용, 공장용 에너지로 공급 판매하는 사업이다. 특히 이견산업의 스팀에너지는 원료가 되는 목재칩(Wood Chip)을 이견산업을 비롯한 가구공단 내 기업에서 저가로 공급받을 수 있는 데다 별도 설비 없이 기존 설비를 이용했다는 점에서 가격 경쟁력이 매우 크다는 것이 회사측의 설명이다.

이견산업 관계자는 “스팀에너지 사업은 회사의 신성장동력 확보와 수익 창출 방안을 모색하던 중 구상된 것”이라며 “유가가 고공행진을 거듭하고 있는 가운데 폐목재를 대체에너지원으로 활용해 에너지 비용을 절감했다는 점에서 큰 의미가 있다”고 강조했다.

2. 국외사례

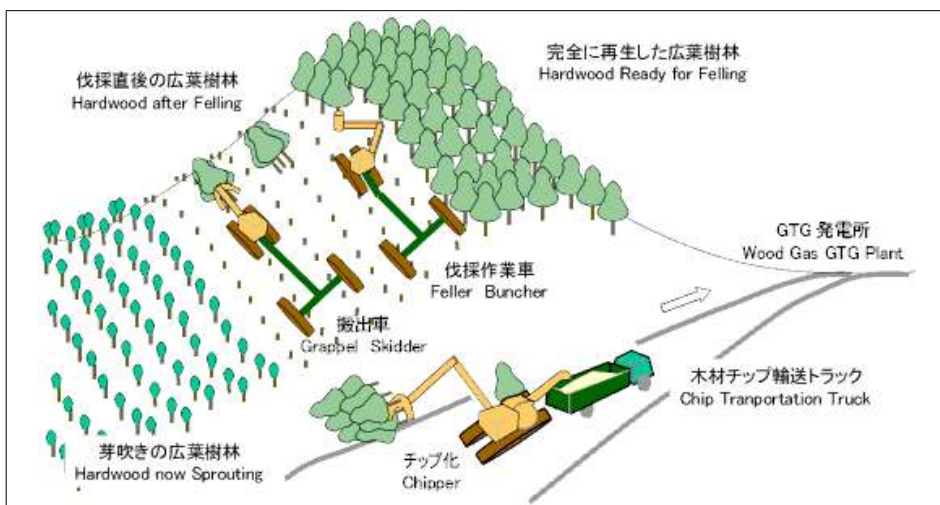
산림자원이 풍부한 선진국을 대상으로 하여, 숲가꾸기 사업으로 발생한 조경수, 임업부산물 및 폐목재 등을 활용하여 소득을 개발하고 일자리를 창출하는 국외의 사례에 대해 조사하였다. 실제로 핀란드, 독일, 스웨덴 등 유럽 10여 개국과 일본은 10여 년 전부터 폐목을 연료

로 한 발전시설을 지어 에너지원으로 활용하고 있는 것으로 알려졌다.

특히 독일은 약 4만5000가구에서 우드칩을 보일러 연료로 사용하고 있고, 120개 발전소에서 약 5000만GWh의 전력을 공급받고 있는 것으로 알려졌다. 하지만 우리나라에는 폐목 등 목재연료에 대한 정확한 통계자료도 없는 실정이다.

1) 일본

일본의 경우 우리나라와 같이 산림을 조림하기 위해서 혹은 숲의 상태를 건강하게 유지하기 위해서 벌채나 간벌작업을 주기적으로 실시한다. 이때에는 주로 임업용 장비를 사용하여 대대적으로 작업을 하는데 여기에서 나오는 임업부산물들은 그 자리에서 바로 목재칩으로 만들어 지거나 전용 목재칩 공장으로 보내진 다음 목재칩으로 만들어져서 GTG발전소(Wood Gas GTG Plant)의 연료로 사용된다. 일부는 다른 용도로 사용하기도 한다.



<그림 14> 일본의 폐목재 재활용 시스템

벌채한 나무는 목재로 활용할 수 있는 부분과 기타 나머지 부분으로 활용할 수 있는데 폐목재의 경우는 우드칩으로 만든 다음 제지공장에서 종이의 원료로 사용하거나 아니면 바이오매스 원료로 사용한다.

2) 독일

독일 동북부에 위치한 소도시 라인스베르크에서는 나무뿌리·톱밥 등 폐목재를 태워 전기를 생산함으로써 지역경제의 새 희망으로 떠오르고 있다. 라인스베르크에는 폐목재로 만든 '우드칩'을 원료로 한 열병합발전소 HKW가 있다. HKW가 저렴하게 난방열을 공급할 수 있는 것은 '우드칩' 때문이다. 우드칩은 폐목재를 잘게 부순 후 화학 처리한 것으로 비용이 기름 값의 3분의 1에 불과하다. 이는 고유가 시대의 해결사로 지역경제를 되살리고 있으며 타 지역의 벤치마킹이 줄을 잇고 있다.

3) 스웨덴

스웨덴의 벡셰는 천연가스나 석유를 사용하는 기존 지역난방시설을 바이오매스 발전시설로 개·보수하였다. 도시 전체에 전기와 열을 공급할 엄청난 양의 바이오연료는 우드칩(나무껍질 등 산지 부산물을 압축해 만든 펠릿), 쓰레기, 낙엽, 나뭇가지, 음식물 쓰레기 등 도시 안에서 구할 수 있는 연료를 사용하였다. 2005년도 벡셰시의 총 에너지 소비량은 2만 4794GWh(기가와트시, 1GWh는 10억Wh)로, 이 중 바이오매스(분뇨나 나무껍질 등 동식물의 부산물로 만든 연료) 등 신재생에너지가 차지하는 비율이 52%에 달한다.

3. 활용방안

숲가꾸기 사업에서 나오는 부산물을 활용하는 방법은 다음과 같은 것이 있다. 첫째 조경용 우드칩으로 만들어서 아파트 단지 및 각종 공원, 고속도로변 현장에 조경용으로 사용한다. 이러한 우드칩을 깔게 되면 잡초 발생방지, 토양에 수분 및 적정온도 유지, 토사유실, 분진비산 방지, 조경용으로 시각적인 경관개선 등의 효과를 볼 수 가 있어 많이 활용하고 있다.



<그림 15> 조경용 우드칩 사용사례

둘째 간벌시 나오는 폐목을 이용하여 톱밥을 생산할 수 있다. 톱밥은 알톱밥, 대패밥, 목분의 형태로 모든 분야에서 다양하게 사용된다. 알톱밥은 축사갈래, 축산분뇨처리, 수분조절제로 사용되며, 대패밥은 양계장 깔개용, 애완동물 사육용, 곤충 사육용 등으로 사용되고 목분은 자동차 내장재, 건축자재 등으로 이용된다. 특히 최근 유행하고 있는 곤충 사육용 톱밥은 바닥재로는 발효톱밥을 많이 사용한다. 장수풍뎅이는 발효톱밥에 알을 낳기 때문에 톱밥을 충분히 넣어주는 것이 좋

다. 그리고 장수풍뎅이의 유충은 톱밥을 먹고 자라기 때문에 일반 생 톱밥 보다는 발효톱밥을 넣어주는 것이 좋다. 목공소에서 쓰는 나무는 대체로 침엽수인데 사슴벌레나 장수풍뎅이는 침엽수를 매우 싫어 한다. 침엽수에는 송진과 같은 나무진과 특유의 향이 있어서 좋지 않기 때문에 사육매트용 톱밥은 참나무를 갈아서 만든 참나무 톱밥을 사용해야 한다.

그리고 표고버섯을 재배할 때 원목에서 재배하는 방법과 톱밥으로 재배하는 방법이 있는데 근래에는 톱밥재배가 여러 가지 이점이 있기 때문에 많이 활용된다. 즉 원목재배는 참나무만 사용할 수 있으나 톱밥재배는 참나무가지 및 다른 활엽수도 사용가능함으로 자원이 절약된다. 그리고 무게가 가벼워 고령자 및 부녀자도 취급가능하며 평면재배 방식이므로 넓은 면적이 필요하나 톱밥재배는 적층재배방식(6~8단)이어서 재배면적에 구애받지 않는다. 기타 오징어, 석화, 참치, 육류 등을 훈제할 때에도 참나무 톱밥을 활용한다.

셋째 간벌 시에 나오는 나무의 많은 부분이 참나무이다. 이 참나무를 연료로 사용하는 찜질방 등에 판매할 수도 있으며, 숯을 만들어서 판매함으로서 고부가가치를 창출할 수 있다. 실제로 간벌시에 나오는 참나무 등은 이러한 목적으로 판매가 되고 있다. 구체적인 용도로는 공기정화용 숯, 숯불구이용 숯, 찜질방용 숯, 인테리어용 숯, 건축용 가루숯으로 활용되고 있다.

넷째 숲가꾸기 사업으로 인해 발생하는 폐목재를 숯으로 만들어 활용하는데 여기에 약간의 장치를 부착함으로서 목초액을 생산할 수 있다. 목초액농법이란 처음부터 목초액만으로 엽면시비 및 관주를 하는

신농법으로 꼭 필요할때만 농약을 혼용해 살포하고 해당원소를 시비하는 방법을 두고 일컫는 것이다. 목초액의 농산물에 대한 효능은 예로부터 알려져 왔다.

일본에서는 목초액 공장 주변의 논밭이 홍수 후에 작물의 수확이 더욱 높아지는 현상(일반적으로 홍수로 침수되면 병이 많아 정상적으로 자라지 못하는 현상으로 수확이 줄어든다)에 착안하여 농업에 사용하게 되었는데 현재 일본에서는 농업용 목초액(이것은 건축자재 폐기물인 나뭇조각 등을 가지고 만든 목초액)을 따로 만들어서 시판하고 있다. 희석액(1/10,000~1/100,000)을 사용하면 토질의 산성화를 막고, 식물이 튼튼하게 자라며, 수확이 늘어난다. 수확된 곡물이나 과일의 맛도 월등하다.

축산업에서도 목초액이 이용된다. 사료에 1~2% 섞어 가축에게 공급하면 잔병이 없고 육질의 맛이 월등해 진다. 양계에 이용하면 계란의 맛이 뛰어나고 껍질이 튼튼한 특등란을 얻을 수 있다. 목초액을 먹은 가축의 배설물은 다시 퇴비화하여 농업에 이용할 경우 목초액을 사용한 것과 흡사한 효능이 있다.

식품가공에도 사용할 수 있다. 예전에는 훈제라 하면 소금에 절여 연기에 그을리면서 서서히 말렸는데, 최근에는 목초액을 이용하여 훈제하기도 한다. 소위 '액훈'이라는 것으로, 목초액 희석액에 훈제할 재료를 일정 시간 담가 놓았다가 섭씨 80도 정도로 가열하여 살짝 익힌 후 그늘에서 말리면 된다. 연기 냄새가 배어 있어 말리는 동안 벌레가 붙지도 않고 말린 후 냉장 상태로 오랜 기간 보존이 가능하다. 주로 오징어, 문어, 낙지 등의 가공에 이용된다.

V. 결론

우리나라는 전체 국토면적에서 산림이 차지하는 비율이 65% 정도로 상당히 높은 편이며 이중에서 경상북도는 타 시도에 비해 산림면적이 차지하는 비중이 약 134만 ha로써 강원도 다음으로 높고 경상북도 전체면적의 71%를 차지한다. 그러나 산촌민들이 도시민이나 농어촌민에 비해 상대적으로 소득이 낮기 때문에 산지에서의 소득개발과 일자리창출을 위한 제도개선과 아이디어발굴이 절실히 필요하다.

그럼에도 불구하고 여전히 임업을 중심으로 생활하는 산촌사람들과 농업을 기반으로 생활하는 농민들의 생활상을 들여다보면 도시민들에 비해 소득수준이 낮다고 할 수 있다. 그 이유는 토지이용적인 측면에서 보면 임지는 상업지는 물론 농경지에 비해보아도 그 수익성이 월등히 낮으며 또 자기의 산에 심어진 나무나 버섯 등의 임산물을 주인도 마음대로 하지 못하게 하는 법적인 구속력 때문이라 할 수 있다. 산지전용을 하거나 어떤 원인행위로 인해 수목굴취허가를 받아 조경수 등으로 활용하려고 해도, 산주들은 대부분 전문지식이 약하고, 관련법이 엄격하기 때문에 포기해버리는 실정이다.

이러한 관점에서 본 연구는 경제도 살리고 환경도 살리는 ‘저탄소 녹색성장(Low Carbon Green Growth)’비전을 기반으로 인간의 생활터전인 산림지역의 현황과 문제점, 매년 30,000ha정도 시행하고 있는 산림내 숲가꾸기 활용방안을 도출함으로써 산림지역민들의 소득향상과 일자리 창출을 도모하였다.

연구결과 조사구에서 벌채할 교목의 수는 평균 43주이고 5년간 숲가꾸

기사업의 간벌량은 평균 3,842ha이다. 이는 조사구 면적의 42,688배에 해당하며 전체면적으로 환산하면 약 183만주의 벌채목이 생성된다. 소나무 약 20그루에서 1루베의 우드칩이 생산되며 단가는 1루베당 설계반영 금액이 최대 12만원이다. 183만주를 우드칩으로 생산할 경우 91,500루베 110억원 상당의 경제적 효과가 발생한다. 또한 900m²의 면적에서 2인 1팀(5만원/인)으로 작업하여 하루에 작업을 완성한다고 할 때, 숲가꾸기 3,842ha 전체 면적에 대해서 약 42억원 정도의 인건비가 소요되고 여기에 우드칩 생산업체까지의 운반비 15억을 합하면 총 57억 정도의 고용창출 효과가 있을 것으로 예상된다.

따라서 숲가꾸기사업과 부산물을 잘 활용할 시에는 임목의 축적증대 및 탄소 흡수 능력을 증대시키고 사회적 일자리 창출효과와 함께 경제도 살리고 환경도 살리는 ‘저탄소 녹색성장’의 비전을 제시할 수 있다.

참고문헌

- 국립산림과학원, 숲가꾸기 표준교재, 2005
- 산림청, 임업통계연보, 2007
- 산림청, 숲가꾸기 산물의 경제적 활용방안에 관한 연구, 2003
- 산업자원부, 2005년도 신재생에너지 기술개발 및 이용 보급 실행 계획, 산자부 공고 2005-80호, 2005
- 이덕규, 경상북도 산림바이오매스의 에너지화, 경북대학교 산업대학원 석사학위논문, 2009
- 이여하, 홍성각, 쉬나무의 바이오매스 연구, 임산에너지 II(1), 1991
- 이상희, 바이오매스 국내자원조사 및 활용방안 연구, 1988
- 이종윤, 목질바이오매스, 선진문화사, 1998
- 이종윤, 목재화학, 영남출판부, 1987
- 최돈하, 이성연, 손영모, 박경석, 국내 목질 바이오에너지의 경제적 타당성과 도입전략, 2005
- 한국농촌경제연구원, 목질 바이오매스 열에너지 개발의 경제성 분석과 에너지용 산림폐재의 지속적 확보방안, 2005
- 환경정의, 환경분야 사회적일자리 창출방안 연구보고서, 2006

A Study of Utilizing Residues of Tended Forest to Make Energy Resources

Han, Gil Won

Department of Tourism Landscape Architecture
The Graduate School
Gyeongju University

(Supervised by Professor Lim, Won-Hyeon)

Abstract

Based on the vision of ‘Low Carbon Green Growth’ that revives both economy and environment, this study revealed the current situation and problems of the forest area, or the basis of human life, and attempted to increase incomes of residents living in forest areas to create jobs for them by presenting utilization methods for tended forest, which is annually carried out over about 30,000ha.

The study showed that the average number of forest trees cut down is 43 and the average thinning size of a forest tending project is 3,842ha for five years. It is 42,688 times larger than that of the survey area and if we convert it into the total area, it creates about 1.83 million thinning trees. About 20 pine trees produce 1 m³ of wood chips. The unit cost reflecting

design for 1 m³ is max. 120,000 won. If we turn 1.83 million trees into wood chips, it will generate about 91,500 m³ or the economic value equivalent to 11 billion won. Furthermore, if 1 team made up of two workers (50,000 won/person) for an area of 900m² to complete the work within a day, about 4.2 billion won will be spent on personal expenses for a total tended forest area of 3,842ha. And if we add up 1.5 billion won for delivery costs to wood chip producers, it is expected that it will generate about a 5.7 billion won job creation effect.

Thus, if we make the most out of forest tending project and its residues, we can present the vision of 'Low Carbon Green Growth' that increase forest tree accumulation and their carbon absorbing capacity while creating jobs in society and turn revive both economy and environment.