

## 강원도 태백지역 폐탄광지의 식생구조에 관한 연구

민재기<sup>1</sup> · 이정환<sup>2</sup> · 우수영<sup>3</sup> · 김종갑<sup>4</sup> · 문현식<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>상주대학교 산림자원학과, <sup>2</sup>경상대학교 농업생명과학원,

<sup>3</sup>서울시립대학교 환경원예학과, <sup>4</sup>경상대학교 산림과학부

(2004년 11월 20일 접수; 2004년 12월 6일 수락)

## Vegetation Structure of Some Abandoned Coal Mine Lands in Taebaek Area, Gangwon Province

J. G. Min<sup>1</sup>, J. H. Lee<sup>2</sup>, S. Y. Woo<sup>3</sup>, J. K. Kim<sup>4</sup> and H. S. Moon<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Forest Resources and Environment, Sangju Nat'l University, Sangju, Korea

<sup>2</sup>Institute of Agriculture and Life Sciences, Gyeongsang Nat'l University, Jinju, Korea

<sup>3</sup>Department of Environmental Horticulture, University of Seoul, Seoul, Korea

<sup>4</sup>Division of Forest Science, Gyeongsang Nat'l University, Jinju, Korea

(Received November 20, 2004 ; Accepted December 6, 2004)

### ABSTRACT

Vegetation structure was investigated to provide basic information on revegetation of abandoned coal mine lands in Borim, Sungwon, Hyeopjeong, Daedong and at a control site in Taebaek. The upper layer of the control site consists of 7 species and the Importance Value was highest for *Pinus densiflora*, but there were no species in the four abandoned coal mines. The number of dominant species in the middle layer of each coal mine site was 2 for Borim, 2 for Sungwon, 3 for Hyeopjeong and 2 for Daedong. In the case of the lower layer in Borim, Sungwon, Hyeopjeong and Daedong, there were 12, 14, 9 and 8 species, respectively. The lower level importance values were highest for *Pinus densiflora* in Borim, for *Amorpha fruticosa* in Sungwon and for *Rubus crataegifolius* in the Hyeopjeong and Daedong coal mines. *Weigela subsessilis*, *R. crataegifolius*, *P. densiflora*, *Betula platyphylla* var. *japonica*, *Stephanandra incisa*, *Lespedeza crytobotrya* and *A. fruticosa* appeared in the lower layers of abandoned coal mines. Species diversity of the lower and the herbaceous layers ranged from 0.800 to 0.952 and 0.699 to 0.907 in abandoned coal mines. Evenness and dominance in all abandoned coal mines ranged from 0.840 to 0.949 and 0.051 to 0.160.

**Key words** : vegetation structure, species diversity, abandoned coal mine

### I. 서 론

우리나라 전국토 면적의 65%인 산림은 인간에게 유·무형의 다양한 혜택을 제공해 주고 있지만, 국토 면적에 비하여 산림면적이 높기 때문에 자연적으로 산림과 관련된 각종 개발행위가 불가피하게 이루어져온 것이 사실이다. 우리나라에서 산림의 황폐화 원인은 과거에는 주로 연료림 채취와 도벌 등이었으나 1980

년대 이후에는 초지조성, 도로건설, 택지개발, 위락시설단지, 폐광산 등에 의한 황폐화가 대부분이었으며 이로 인하여 환경파괴가 사회문제가 되고 있다. 우리나라의 석탄산업은 지난 30여 년간 국가경제발전과 산림환경보전에 크게 기여해 왔으나, 소득증대에 따른 고급에너지 선호경향으로 경제성이 떨어지면서 1989년부터 폐광되기 시작하였다. 이로 인하여 발생된 폐탄광지는 국토의 생산적인 이용측면에서 비경제적일 뿐

아니라 자연경관마저 해치고 있으며 갱구와 폐석으로부터 흘러내리는 물은 주변토양과 계류수질을 오염시키는 등 복합적인 환경문제와 막대한 경제적 손실을 초래하고 있다(Woo, 2000).

일반적으로 폐석지는 유기물 함량이 낮고 양료가 결핍되어 있으며, 토성이 거칠고 완충능력이 나빠며 수분보유력이 낮은 특성을 나타낸다(Hossner and Hons, 1992). 이러한 폐석지 내에서 나타나는 다양한 스트레스 요인들은 식물의 성장에 부정적인 영향을 미치기 때문에 이러한 척박한 지역의 성공적인 식생복원을 위해서는 토양 특성을 개선하고 폐석지 환경에 내성을 보이는 수종을 선발하여 복원하는 것이 바람직하며 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(Logan, 1992). 국내에서 폐탄광지의 복원을 위한 식생 조사는 주로 금속광산을 중심으로 진행되어 왔으며(Han *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 1999), 폐탄광지와 주변 산림에 대한 식생구조를 밝힌 연구는 매우 부족한 실정이다(Kim *et al.*, 2000; Kim *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2002). Lee *et al.*(2002)은 폐탄광지의 식생을 복원시키고자 한다면 자연적으로 이입된 초기 식생을 조사하고, 현지 기후 조건에 맞는 우점종을 선발하여 이용하는 것이 바람직하다고 보고한 바 있다. 따라서 폐탄광지 주변에 이입되어 자생하고 있는 식물 자원에 대한 연구가 무엇보다 선행되어야 할 것으로 사료된다.

폐탄광지는 기존의 산림토양과 달리 식물생육에는

불합리한 환경조건을 지니고 있으므로 주변의 산림과 유사한 식생을 유지할 수 있는지를 예측하고, 생태계에 어떻게 영향을 미치는가에 대한 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 강원도 태백시의 4개 폐탄광지의 식생구조를 분석하여 산림훼손지의 복구사업과 식생복원에 관한 기초 정보를 제공하고자 수행되었다.

## II. 재료 및 방법

### 2.1. 조사지의 개황

폐탄광 지역의 식생구조를 조사하기 위하여 산업사회가 발달하고 과거 연탄을 난방원료로 사용할 때 활발한 개발이 이루어졌으나, 지금은 폐광된 지역으로 자연정화 처리시설지역을 중심으로 폐석과 갱내수로 인하여 피해가 심각한 강원도 태백시의 보림탄광, 성원탄광, 협정탄광, 대동탄광 등 4개 폐탄광지를 조사대상지로 선정하였다(Fig. 1). 본 조사지는 사방이 산으로 둘러싸여 있는 고원성 산지로 전 지역이 높고 험준한 곳이다. 내륙의 고원성 지역으로 고도가 높아 기온이 낮으며 지질은 고생대 조선계 석회암과 평안계가 분포하고 있다. 본 조사지인 4개 폐탄광지에 대한 복구사업은 1991~1992년에 걸쳐 아까시나무와 물오리나무가 조림수종으로 식재되었다(Table 1). 조사지역의 일반적인 개황과 토양의 이화학적 성질은 Table 1 및 2와 같다.

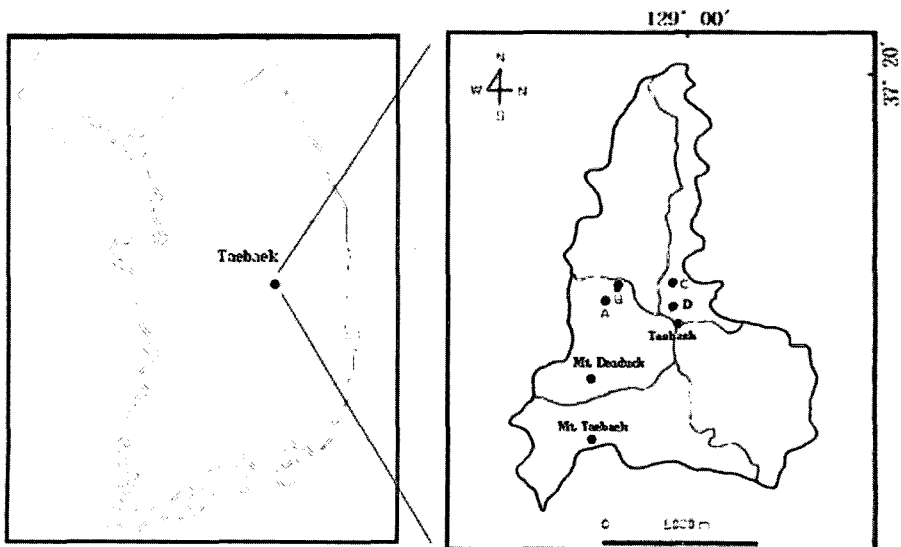


Fig. 1. The survey areas in Taebaek, Gangwon Province(A: Borim, B: Sungwon, C: Hyeopjeong and D: Daedong coal mine).

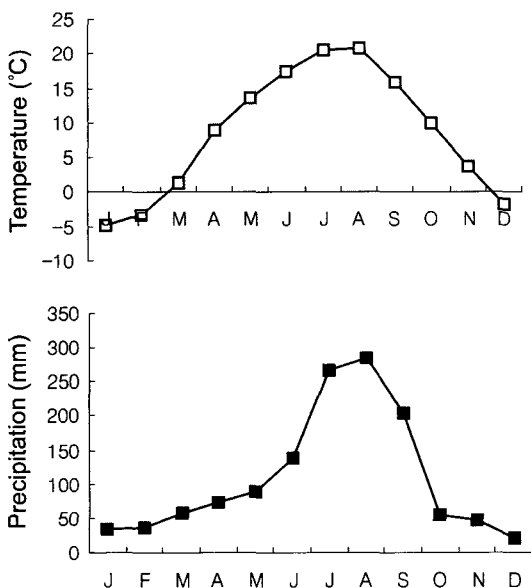
**Table 1.** Site description of the investigated area.

Districts	Altitude (m)	Aspect	Topography	Slope (°)	Soil depth	Planted species
Borim	750	E	piedmont	30~38	medium	<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Alnus hirsuta</i>
Sungwon	720	NE	piedmont	17~21	medium	<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Alnus hirsuta</i>
Hyeopjeong	710	NE	piedmont	12~18	medium	<i>Robinia pseudoacacia</i> <i>Alnus hirsuta</i> ,
Daedong	690	E	piedmont	32~37	medium	<i>Robinia pseudoacacia</i> , <i>Alnus hirsuta</i>
Control	710	E	piedmont	22~26	medium	-

**Table 2.** Soil chemical properties of the investigated area.

Districts	pH (H <sub>2</sub> O)	OM (%)	TN (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Exch. Cation(cmol <sup>+</sup> /kg)			
					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Borim	4.78	3.89	0.21	2.87	374.2	22.1	30.7	15.8
Sungwon	4.67	3.03	0.27	0.15	370.6	30.4	45.4	7.3
Hyeopjeong	5.28	3.06	0.18	1.91	382.6	42.9	39.6	8.9
Daedong	5.36	5.28	0.23	0.45	388.7	36.5	52.8	12.7
Control	5.29	6.97	0.15	9.09	371.8	81.9	111.7	19.3

1971년부터 2000년까지의 태백측후소의 기상자료(기상청, 2001)에 의하면 1월 평균기온이 -4.9°C이고 8월의 평균기온은 20.8°C로 연평균기온은 8.6°C, 온량지수는 72.2이며 연강수량은 1,308mm이다(Fig. 2).

**Fig. 2.** Monthly mean temperature(upper) and precipitation(below) of Taebaek from 1971 to 2000.

## 2.2. 조사방법

강원도 태백시의 폐탄광지에 대한 식생구조를 조사하기 위하여 2003년 3월부터 11월까지 매목조사를 실시하였다. 조사대상지로 선정된 4개 폐탄광지와 대조구를 포함하여 총 5개로 구분하여 2003년 4월부터 10월에 걸쳐 현장조사가 이루어졌다. 대조구는 폐탄광지에서 3km 정도 떨어진 곳에 위치하며 폐광의 영향을 받지 않은 지역을 선정하였다. 조사대상지로 선정된 각 조사지에서 5개씩 모두 25개의 조사구를 설정하였으며 표본추출방법은 상층과 중층은 10m×10m, 하층은 5m×5m 크기의 방형구를 이용한 중복법을 적용하였다. 각 층위별 구분은 방형구 내에 출현하는 모든 수종에 대해 6m 이상의 수목군을 상층, 2m 이하의 수목군을 하층, 그 사이의 수목군을 중층으로 구분하였다. 식생구조 분석을 위하여 각 조사구별로 상·중층은 흉고직경에 의한 단면적을, 하층은 수관폭을 측정하여 수종별로 밀도와 빈도를 계산하였으며, 피도는 피도-우점도 계급에 따라 출현식물의 종별 피도를 측정하였다. 식생조사 결과 얻어진 자료를 이용하여 각 수종별로 상대밀도, 상대빈도, 상대피도를 산출한 후 각 수종의 중요도를 나타내는 중요치(Importance Value, IV)를 Curtis and McIntosh(1951)의 방법으로 산출하였다. 초본층에 대한 종 조성은 방형구 내에서 1m×1m의 소방형구를 임의로 설치하여 출현한 종에

대해 상대빈도와 상대피도만으로 중요치를 산출하였다.

또한, 종다양성은 종다양도, 균재도, 우점도에 의하여 종합 분석하였는데, 종구성 상태의 다양도를 나타내는 측도인 종다양도는 Shannon의 종다양도지수(H')를 적용하였고, 종다양도의 최대가능치를 나타내는 최대종다양도지수(Maximum H')는  $H' \max = \log S$  (S는 종수)를 사용하였다. 균락내 구성종간의 개체수의 분배 정도를 나타내는 균재도(J')는  $J' = H'/H' \max$  식을 이용하였으며, 우점도는 1-J'식을 이용하여 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

강원도 태백시 폐탄광지(보림, 성원, 협정, 대동탄광)의 식생조성을 구명하기 위하여 주변 산림의 종 구성 상태를 조사한 결과는 Table 3과 같다. 상층의 경우 성원탄광에서 물오리나무만이 출현하여 중요치 100을 나타내었으며, 대조구에서는 소나무(*Pinus densiflora*)의 중요치가 55.1, 신갈나무(*Quercus mongolica*) 15.5, 잣나무(*P. koraiensis*) 7.6 등 7종이 상층을 구성하고 있었다. 중층은 보림탄광에서 물오리나무(*Alnus hirsuta*)의 중요치가 73.4, 자작나무(*Betula platyphylla* var. *japonica*) 11.5, 아까시나무(*Robinia pseudoacacia*) 15.1 등 3개 수종, 성원탄광은 아까시나무와 물오리나무의 중요치가 각각 70.2와 29.8로 2개 수종, 협정탄광은 물오리나무의 중요치가 61.9, 아까시나무 27.3, 자작나무 10.8로 등 3개 수종, 대동탄광의 경우는 아까시나무 82.2와 물오리나무 17.8의 2개 수종이 중층을 구성하고 있었으나, 대조구에서는 소나무(22.8), 신갈나무(20.3)의 중요치가 가장 높았으며 그 외 당단풍(*Acer pseudo-sieboldianum*), 물박달나무(*B. davurica*), 잣나무 등 11개 수종으로 중층이 구성되어 있다는 것을 알 수 있었다. 물오리나무와 아까시나무가 본 조사대상지인 폐탄광지의 중층에서 높은 중요치를 나타낸 것은 1991~1992년에 걸친 인공식재에 의한 결과이다. Lee et al., (2002)은 강원도 태백시의 석탄 폐석지(소도동)의 교목층과 아교목층은 각각 9개와 13개 수종으로 구성되어 있다고 보고와 본 조사의 폐탄광지 인근 산림을 대상으로 한 대조구도 상층과 중층이 각각 7개와 8개인 것을 감안하면, 본 조사지인 폐탄광지는 현재 상·중층 모두 출현 식물이 빈약하다는 것을 알 수 있었다.

하층의 경우, 보림탄광에서 소나무의 중요치가 25.8로 가장 높았으며, 이어 국수나무(*Stephanandra incisa*)가

12.9, 물오리나무와 산딸기(*Rubus crataegifolius*)가 10.1, 아까시나무가 8.7의 중요치를 나타내는 등 12개 수종이 출현하는 것으로 나타났다(Table 3). 성원탄광은 족제비싸리(*Amorpha fruticosa*)가 28.1로 가장 높은 중요치를 기록하였으며, 이어 산딸기가 19.9, 물오리나무가 10.9 등 14개 수종이 출현하였다. 협정탄광은 산딸기의 중요치가 25.4로 가장 높았으며, 이어 국수나무 14.4, 자작나무와 참싸리가 12.1의 중요치를 나타내는 등 9개 수종이 하층에 출현하였다. 대동탄광도 산딸기의 중요치가 27.0으로 가장 높았으며 아까시나무가 22.7, 참싸리가 19.4의 중요치를 나타내었으며 출현 수종은 8개 수종으로 4개 조사지 중 출현식물이 가장 적다는 것을 알 수 있었다. 대조구의 경우는 총 19개 수종이 출현하였으며 중요치는 진달래(*Rhododendron mucronulatum*)가 28.0으로 가장 높게 나타났으며, 이어 조릿대(*Sasa borealis*)가 8.7, 생강나무(*Lindera obtusiloba*)가 7.8의 중요치를 나타내었다. 하층에서 4개 조사대상지 모두에서 출현한 식물은 병꽃나무(*Weigela subsessilis*), 산딸기의 2개 수종이었으며(물오리나무와 아까시나무는 식재수종이므로 제외), 3개 조사지역에서 출현한 식물은 소나무, 자작나무, 국수나무, 참싸리, 족제비싸리 등 5개 수종이었다. Kim et al.(2000)은 탄광 경석지에 자연 이입된 수종은 물박달나무, 미역줄나무, 박달나무, 참싸리, 산딸기, 개쉬땅나무이며, Kim et al.(2000)은 박달나무, 물박달나무, 산딸기, 조록싸리, 참싸리, 호랑버들의 6종이 폐탄광 경석지에 자연 이입된 수종이라고 보고한 바 있다. 본 조사대상지인 강원도 태백시의 폐탄광지에서 출현율이 높게 나타난 이들 수종에 대해서는 앞으로 폐탄광지에 대한 인위적인 식생복원에 효과적으로 활용할 수 있을 것으로 추정된다. 조사지와 인접한 대조구에는 출현하지만 본 조사대상지에 나타나지 않은 수종은 검도란재나무(*Symplocos paniculata*), 신나무(*Acer ginnala*), 음나무(*Kalopanax pictus*), 조릿대(*Sasa borealis*), 보리수나무(*Eleagnus umbellata*), 잣나무, 검양웃나무(*Rhus succedanea*), 물박달나무, 개암나무(*Corylus heterophylla* var. *thunbergii*), 팔배나무(*Sorbus alnifolia*), 조록싸리(*Lespedeza maximowiczii*), 뽕잎피나무(*Tilia taquetii*)의 12개 수종이었다. 이들 수종에 대해 Min(2004)은 강원도 태백시의 8개 폐탄광지의 식생조사에서도 유사한 결과를 보고한 바 있다. 비록 대조구 내에서의 중요치와 주변 종자 산림으로부터의 종자 이입 등에 대한

**Table 3.** The importance value on the abandoned coal mine land in Taebaek.

Layer	Scientific name	Borim	Sungwon	Hyeopjeong	Daedong	Control
Upper	<i>Pinus densiflora</i>					55.1
	<i>P. koraiensis</i>				7.4	
	<i>Alnus hirsuta</i>	100				
	<i>Betula davurica</i>				7.2	
	<i>Prunus sargentii</i>				4.3	
	<i>Quercus mongolica</i>				15.5	
	<i>Q. aliena</i>				3.4	
	<i>Q. serrata</i>				7.1	
Middle	<i>Symplocos paniculata</i>					3.3
	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>					14.7
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>					3.4
	<i>Pinus densiflora</i>					22.8
	<i>P. koraiensis</i>					8.5
	<i>Alnus hirsuta</i>	73.4	29.8	61.9	17.8	4.9
	<i>Betula davurica</i>				8.6	
	<i>B. schmidtii</i>				4.9	
	<i>B. platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	11.5		10.8		
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>				5.0	
	<i>Quercus mongolica</i>				20.3	
<i>Robinia pseudoacacia</i>	15.1	70.2	27.3	82.2		
<i>Tilia taquetii</i>				3.6		
Lower	<i>Symplocos paniculata</i>					2.9
	<i>Lindera obtusiloba</i>				7.8	
	<i>Acer ginnala</i>				2.2	
	<i>A. pseudo-sieboldianum</i>	7.2				
	<i>Aralia elata</i>	2.9				
	<i>Kalopanax pictus</i>					2.2
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>		2.7			
	<i>F. sieboldiana</i>	4.3				5.1
	<i>Sasa borealis</i>					8.7
	<i>Eleagnus umbellata</i>					2.2
	<i>Pinus densiflora</i>	25.8	2.7	7.2		2.2
	<i>P. koraiensis</i>					2.2
	<i>Rhus chinensis</i>		2.7			
	<i>R. succedanea</i>					2.2
	<i>Weigela subsessilis</i>	8.3	3.6	7.2	5.7	5.1
	<i>Betula davurica</i>					2.2
	<i>B. platyphylla</i> var. <i>japonica</i>	3.9		12.1	5.7	
	<i>Alnus hirsuta</i>	10.1	10.9	7.2	11.3	
	<i>Corylus heterophylla</i> var. <i>thunbergii</i>					2.2
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>		3.6				
<i>Rubus crataegifolius</i>	10.1	19.9	25.4	27.0		
<i>Spiraea prunifolia</i> var. <i>simpliciflora</i>	3.6	7.2				
<i>Stephanandra incisa</i>	12.9	9.6	14.4		5.9	

Table 3. Continue.

Layer	Scientific name	Borim	Sungwon	Hyeopjeong	Daedong	Control
Lower	<i>Rosa multiflora</i>		3.6			
	<i>Rubus oldhamii</i>		2.7			
	<i>Sorbus alnifolia</i>					2.2
	<i>Rhododendron mucronulatum</i>	2.9				28.0
	<i>Quercus variabilis</i>				4.1	
	<i>Lespedeza crytobotrya</i>		2.7	12.1	19.4	
	<i>L. maximowiczii</i>					2.2
	<i>Amorpha fruticosa</i>	2.9	28.1		4.1	
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	8.7	3.6	7.2	22.7	
	<i>Tilia taquetii</i>					2.9
Herb	<i>Pteridium aquilinum</i> var. <i>latiusculum</i>	8.9				6.0
	<i>Artemisia princeps</i> var. <i>orientalis</i>				3.5	
	<i>A. capillaris</i>		2.5			
	<i>A. keiskeana</i>		2.4			
	<i>A. viridissima</i>	15.4		11.8	5.2	
	<i>A. stolonifera</i>					4.5
	<i>Chrysanthemum boreale</i>				5.2	
	<i>Erigeron annuus</i>		2.4	7.6		
	<i>Ambrosia artemisiifolia</i> var. <i>elatior</i>					2.3
	<i>Aster scaber</i>		2.1			4.5
	<i>Bidens bipinnata</i>		3.5			4.8
	<i>Synurus deltoides</i>			7.6		
	<i>Ainsliaea acerifolia</i>					4.5
	<i>Elsholtzia ciliata</i>			7.6	9.6	
	<i>Prunella vulgaris</i> var. <i>lilacina</i>					4.5
	<i>Lindera obtusiloba</i> (sd)					4.5
	<i>Oenothera odorata</i>			11.9		4.9
	<i>Disporum smilacinum</i>					3.0
	<i>Heloniopsis orientalis</i>					3.0
	<i>Astilbe chinensis</i> var. <i>dauidii</i>					4.5
	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	40.0	8.4	34.1	5.2	12.0
	<i>Miscanthus sinensis</i>	17.9	15.5	23.7	8.7	4.5
	<i>Setaria viridis</i>				6.1	
	<i>Eragrostis curvula</i>			36.7		44.5
	<i>Carex lanceolata</i>	8.9	5.9	7.6		9.0
	<i>C. siderosticta</i>					18.7
	<i>Melandryum firmum</i>			2.1		
	<i>Pinus densiflora</i> (sd)	8.9				
	<i>Lysimachia barystachys</i>			2.4		
	<i>Potentilla fragarioides</i> var. <i>major</i>			2.1		
	<i>P. freyniana</i>			2.1		
	<i>Viola diamantica</i>					4.5
<i>Rhododendron mucronulatum</i> (sd)					4.5	
<i>Quercus mongolica</i> (sd)					3.0	
<i>Adenophora triphylla</i> var. <i>japonica</i>					4.5	

체계적인 연구가 필요하겠으나 주변 산림으로부터 종자가 자연스럽게 이입될 수 있다는 점을 고려한다면, 대조구에서는 출현하지만 조사지에서는 나타나지 않은 상기 12수종의 경우는 앞으로 폐탄광지역과 같이 인위적으로 교란된 지역에 대한 식생복원에는 활용도가 낮을 것으로 추정된다.

하층은 보림탄광의 경우 6개 수종이 출현하였으나 실새풀(*Calamagrostis arundinacea*)과 참억새(*Miscanthus sinensis*)의 중요치가 각각 40과 17.9로 가장 높게 나타났으며, 성원탄광은 14개 수종이 출현하였으며 중요치가 높게 나타난 수종은 능수참새그령(*Eragrostis curvula*) 36.7과 참억새 15.5이었다. 협정탄광 하층의 경우는 상대적으로 출현식물이 빈약해 7개 수종이 나타났으며 실새풀과 참억새의 중요치가 각각 34.1, 23.7로 높게 나타났다. 대동탄광은 11개 수종이 출현하였으며 성원탄광과 마찬가지로 능수참새그령의 중요치가 44.5로 가장 높게 나타났다. 대조구에 있어서는 17개 수종이 나타났으며 중요치는 대사초(*Carex siderosticta*)가 18.7로 가장 높은 것으로 분석되었다. 대조구에서는 나타나지만 폐탄광지의 하층에서는 출현하지 않은 식물은 고사리(*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*), 넓은잎외잎쭈(*Artemisia stolonifera*), 단풍취(*Ainsliaea acerifolia*), 꿀풀(*Prunella vulgaris* var. *lilacina*), 애기나리(*Disporum smilacinum*), 처녀치마(*Heloniopsis orientalis*), 노루오줌(*Astilbe chinensis* var. *dauidii*), 대사초, 금강제비꽃(*Viola diamantica*), 잔대(*Adenophora triphylla* var. *japonica*)의 10개 수종이었다. 이와 반대로 4개 조사지 중 3개 조사지 이상에서 출현한 식물은 외잎쭈(*A. viridissima*), 실새풀, 참억새, 그늘사초(*C. lanceolata*)의 4개 수종이었다. 이들 수종은 폐탄광지와 같이 인위적인 교란에 의해 척박해진 토양환경에 대한 적응력이 강한 것으로 추정된다. 추후 폐탄광지를 대상으로 식생복원을 시도할 때 본 연구결과를 고려하여 수종을 선정한다면 보다 효과적인 것으로 추정된다.

본 조사지의 층위 구조별 종다양성을 Table 4에 나타내었다. 모든 조사지에 있어서 상층은 성원탄광에서 물오리나무만이 출현하였으나 보림탄광, 협정탄광, 대동탄광에서는 상층에 출현하는 종이 없는 것으로 나타났다. 중층의 경우 보림탄광 0.331, 성원탄광 0.265, 협정탄광 0.387, 대동탄광 0.203의 종다양도를 나타내었으며 대조구는 이보다 조금 높은 0.468의 종다양도

를 나타내었다. 하층의 종다양도는 보림탄광 0.952, 성원탄광 0.963, 협정탄광 0.906, 대동탄광 0.800이었으며, 대조구의 종다양도는 이들 폐탄광지보다 낮은 0.606으로 분석되었다. 하층에서 대조구 보다 조사대상지의 종다양도가 높게 나타난 것은 본 조사대상지의 경우 모두 상·중층이 결여되어 광조건이 대조구에 비해 유리한 결과를 반영한 것으로 추정된다. 초본층의 경우는 대조구가 1.163으로 종다양도가 가장 높게 나타났으며, 성원탄광 0.907, 대동탄광 0.837, 협정탄광 0.757, 보림탄광 0.699의 순으로 나타났다. 균재도는 상대적인 종다양도로서 그 값이 1에 가까울수록 종별 개체수가 보다 균일한 상태에 있다는 것을 의미하는 것으로(Brower and Zar, 1977), 중층은 성원탄광 0.880, 협정탄광 0.811, 보림탄광 0.694, 대동탄광 0.674의 균재도를 나타내었으나 대조구의 경우는 이보다 낮은 0.518로 나타났으며, 하층도 대조구(0.473)에 비해 본 조사대상지인 폐탄광지역의 균재도는 0.949~0.840으로 분석되어 대조구가 중·하층에서 폐탄광지 보다 균재도가 낮은 것으로 나타났으나 초본층은 이와 반대의 경향이었다. 이와 같이 인위적으로 교란된 지역의 균재도가 비교란지역인 대조구에 비해 종별 개체수가 보다 균일한 경향을 나타낸 것은 본 조사대상지인 폐탄광지의 중·하층을 형성하고 있는 식생은 주변 산림으로부터 종자가 이입되어 개척종으로서 정착하였으며(Lee et al., 2002), 이들 수종들은 폐탄광지와 같이 교란된 지역에 대한 적응력이 강하여 이들 수종을 중심으로 중·하층이 형성되어 있기 때문인 것으로 추정된다. 추후 이들 개척종들을 대상으로 폐탄광지와 같이 인위적으로 교란된 지역의 환경에 대한 적응력에 관한 연구도 필요할 것으로 사료된다. 우점도의 경우는 그 값이 0.9 이상일 때 1종, 0.03~0.7일 때는 2~3종, 0.3 이하일 때는 다수의 종에 의하여 우점된다고 보고(Whittaker, 1965)된 바 있는데, 본 조사대상지인 폐탄광지의 우점도는 중층이 0.120~0.326, 하층이 0.051~0.160으로 나타났으나 대조구는 중·하층의 우점도가 각각 0.482, 0.527로 본 조사대상지보다 높은 경향이었다. 초본층의 경우는 폐탄광지가 0.102~0.209, 대조구가 0.055로 폐탄광지가 대조구보다 높은 우점도를 나타내어 중·하층과는 반대의 경향이었다. 폐탄광지역은 대조구에 비해 중·하층 식생이 다양한 종들로 형성되어 있다는 것을 알 수 있었다.

폐탄광지 주변으로부터 종자가 이입될 수 있는 공급

**Table 4.** Values of species diversity by each layer on the abandoned coal mine land in Taebaek.

Districts	Crown story	No. of species (S)	Species diversity (H')	Maximum H' (H' max)	Evenness (J')	Dominance (1-J')
Borim	Upper layer	-	-	-	-	-
	Middle layer	3	0.331	0.477	0.694	0.306
	Lower layer	12	0.952	1.079	0.882	0.118
	Herb layer	6	0.699	0.778	0.898	0.102
Sungwon	Upper layer	1	-	-	-	-
	Middle layer	2	0.265	0.301	0.880	0.120
	Lower layer	14	0.963	1.146	0.840	0.160
	Herb layer	14	0.907	1.146	0.791	0.209
Hyeopjeong	Upper layer	-	-	-	-	-
	Middle layer	3	0.387	0.477	0.811	0.189
	Lower layer	9	0.906	0.954	0.949	0.051
	Herb layer	7	0.757	0.845	0.896	0.104
Daedong	Upper layer	-	-	-	-	-
	Middle layer	2	0.203	0.301	0.674	0.326
	Lower layer	8	0.800	0.903	0.886	0.114
	Herb layer	11	0.837	1.041	0.804	0.196
Control	Upper layer	7	0.622	0.845	0.736	0.264
	Middle layer	8	0.468	0.903	0.518	0.482
	Lower layer	19	0.606	1.279	0.473	0.527
	Herb layer	17	1.163	1.230	0.945	0.055

원이 있을 경우 폐탄광지역의 식생복원이 빠르게 진행될 수 있으므로 주변 산림의 구성수종이 식생복원에 중요한 인자로 작용될 수 있다고 보고된 바 있다 (Walker *et al.*, 1986; Tsuyuzaki, 1995). 하지만, 폐탄광지와 같이 인위적인 교란에 의해 토양환경이 열악한 조건에 놓여 있는 경우, 주변 산림으로부터 종자가 이입된다 하더라도 적응력이 강한 수종만이 최종적으로 정착할 수 있을 것으로 판단된다. 이러한 결과로부터 폐탄광지와 같이 인위적으로 교란된 지역에서의 식생복원은 주변 산림의 구성종과 밀접한 관계가 있을 것으로 판단된다. 대조구에는 출현하지 않지만, 본 조사대상지에서 출현율이 높게 나타난 일부 수종들도 주변 산림으로부터 유입되어 비교적 약효한 성장을 보이고 있으므로 앞으로 폐탄광지를 대상으로 식생복원을 시도한다면 활용가능성이 충분히 있을 것으로 본 연구 결과에서 추정할 수 있었다. 그러나, 인위적인 교란 후에 나타나는 특징적인 수종의 단기간의 동태로부터 장기간의 효과를 예측하는 것은 위험하다고 보고 (Tilman, 1988)된 바 있으므로, 본 조사결과를 활용하여 폐탄광지의 식생복원에 활용할 수 있는 향토수정선정 등 보다 다양한 연구결과가 축적되어야 할 것으로 판단된다.

#### IV. 적 요

본 연구는 폐탄광지의 식생복원에 관한 기초 정보를 제공하고자 강원도 태백시에 위치한 보림탄광, 성원탄광, 협정탄광, 대동탄광의 식생구조를 조사하였다. 상층의 경우 대조구는 7종류가 출현하였으며 소나무의 중요치가 가장 높았으나 4개 폐탄광지에서는 상층을 형성하는 수종이 없었다. 중층은 보림탄광 3종류, 성원탄광 2종류, 협정탄광 3종류, 대동탄광 2종류가 출현하였다. 하층은 보림탄광 12종류, 성원탄광 14종류, 협정탄광 9종류, 대동탄광은 8종류, 대조구는 9종류가 출현하였다. 보림탄광은 소나무, 성원탄광은 족제비싸리, 협정탄광과 대동탄광은 산딸기의 중요치가 가장 높았다. 4개 폐탄광지 중 3개 이상 조사지의 하층에서 출현한 식물은 뽕나무, 산딸기, 소나무, 자작나무, 국수나무, 참싸리, 족제비싸리 등 7개 수종이었다. 하층의 종다양도는 대조구는 0.606으로 나타났으며, 4개 폐탄광지는 0.800~0.952의 종다양도를 나타내었다. 하층의 균재도와 우점도는 대조구가 각각 0.473과 0.527로 나타났으며, 4개 조사지는 각각 0.840~0.886과 0.051~0.160의 범위에 있는 것으로 분석되었다.



## 인용문헌

- 기상청, 2001: 기상청 인터넷 기후자료. <http://www.kma.go.kr/>
- Brower, J. E., and J. H. Zar, 1977: *Field and Laboratory Method for General Ecology*. Wm. C. Brown Publishing Co., Iowa. 184pp.
- Curtis, J. T., and R. P. McIntosh, 1951: An upland forest optimum in the prairie forest border region Wisconsin. *Ecology* **32**, 476-496.
- Han, S. H., J. O. Hyun, K. J. Lee, and D. H. Cho, 1998: Accumulation of heavy metals (Cd, Cu, Zn, and Pb) in five tree species in relation to contamination of soil near two closed zinc-mining sites. *Journal of Korean Forestry Society* **87**, 466-474.
- Hossner, S. R., and F. M. Hons, 1992: Reclamation of mine tailings. *Advances in Soil Science* **17**, 311-348.
- Kim, B. H., K. H. Kim, H. J. Kim, and D. H. Kim, 2000: Plant community survey and analysis for restoration of vegetation in coal-mined spoil lands -A case study of Hamtae coal-mined spoil lands in Taebaek city, Kangwondo-. *Journal of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology* **3**, 33-42.
- Kim, H. J., B. H. Kim, and D. H. Kim, 2000: Research for development of restoration and revegetation technology in the abandoned coal-mine lands. *Journal of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology* **3**, 43-51.
- Kim, J. G., S. K. Lim, S. H. Lee, C. H. Lee, and C. Y. Jeong, 1999: Evaluation of heavy metal pollution and plant survey around inactive and abandoned mining areas for phytoremediation of heavy metal contaminated soils. *Korean Journal of Environmental Agriculture* **18**, 28-34.
- Lee, J. C., S. H. Han, S. S. Jang, J. H. Lee, P. G. Kim, J. S. Hur, K. J. Yum, 2002: Selection of indigenous tree species for the revegetation of the abandoned coal mine lands in Taebaek area. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* **4**, 86-94.
- Logan, T. J., 1992: Chemical degradation of soil. *Advances in Soil Science* **17**, 13-35.
- Min, J. G., 2004: A study on the changes of vegetation, soil and leachate in the abandoned coal mine areas. Ph. D. Dissertation, Gyeongsang National University, 91pp.
- Tilman, D., 1988: *Plant Strategies and Dynamics and Structure of Plant Communities*, Princeton Univ. Press, 480pp.
- Tsuyuzaki, S., 1995: Vegetation recovery patterns in early volcanic succession. *Plant Research* **108**, 241-248.
- Walker, L. R., J. C. Zasada, and F. S. Chapin, 1986: The role of life history processes in primary succession on an Alaskan flood plain. *Ecology* **67**, 1243-1253.
- Whittaker, R. H., 1965: Dominance and diversity in land plant communities. *Science* **147**, 250-259.
- Woo, B. M., 2000: Evaluation for rehabilitation countermeasures of coal-mined spoils and denuded lands. *Journal of the Korea Society for Environmental Restoration and Revegetation Technology* **3**, 24-34.