

태백지역 석탄 폐석지의 식생 복원을 위한 향토 수종 선발*

이재천¹ · 한심희¹ · 장석성¹ · 이정환^{1*} · 김판기² · 허재선³ · 염규진⁴

¹임업연구원, ²서울대 기초과학연구원, ³순천대, ⁴(주)바이오엔텍

(2002년 3월 28일 접수; 2002년 5월 30일 수락)

Selection of Indigenous Tree Species for the Revegetation of the Abandoned Coal Mine Lands in Taeback Area*

Jae-Cheon Lee¹, Sim-Hee Han¹, Suk-Seong Jang¹, Jeong-Hwan Lee^{1*},
Pan-Gi Kim², Jae-Seoun Hur³ and Kyu-Jin Yum⁴

¹Korea Forest Research Institute

²The Research Institute of Basic Sciences, Seoul Nat'l Univ.

³SunChon Nat'l Univ., ⁴Bioentech Co. Ltd.

(Received March 28, 2002; Accepted May 30, 2002)

ABSTRACT

This study was carried out to identify the relationship between naturally introduced vegetation on the abandoned coal mine lands and the surrounding forest, and to select the indigenous tree species for the revegetation of the coal mine lands in Taeback, Kangwon Province, Korea. The apparent species in the surrounding forest of Sododong were 9 species of tree layer, 13 species of subtree layer, 23 species of shrub layer and 23 species of herb layer, respectively. The dominant species in Sarijae were 6 species of tree layer, 15 species of subtree layer, 31 species of shrub layer and 25 species of herb layer, respectively. The plant species in the abandoned coal mine land were 31 species in Sododong and 30 species in Sarijae, respectively. The number of plant species in the abandoned coal mine land was smaller than the surrounding forest. The common species of the coal mine lands and the surrounding forest were 6 species(*Betula schmidtii* etc.) in Sododong and 4 species(*B. costata* etc.) in Sarijae. It was considered that the species in the coal mine lands introduced from the species of top layer in the surrounding forest. Especially, *B. costata* in Sarijae showed the edge effect, which regenerates the vegetative community from the boundary area of coal mine land and surrounding forest. Natural revegetation in Sododong was also progressing by the invasion of tree species in surrounding forest, such as *B. schmidtii*. Consequently, natural revegetation in the disturbed coal mine lands may be related to the species composition of the surrounding forest.

Key words : abandoned coal mine, indigenous tree species, revegetation, *Betula*

I. 서 론

우리 나라 석탄산업은 1980년대 중반까지 에너지 산업의 중추적 역할을 해왔으나, 소득 향상에 의한 에너지의 대체 및 석탄 채산성의 악화로 매년 폐광지역

이 늘어나고 있다. 석탄 폐광지는 갱내에서 채굴된 폐석 적치지의 침식, 산사태와 같은 토사 유출, 자연 경관의 부조화, 갱내수의 유출에 의한 토양과 계류수질의 오염 등과 같은 문제점을 가지고 있다(김과 이, 2000). 지금까지 이러한 문제를 개선하기 위해 아까시

Corresponding Author : Jeong-Hwan Lee(ljhabies@hanmir.com)

*본 연구는 2001년도 농림기술개발사업 첨단과제(과제관리번호 201089-3)의 연구비로 수행한 결과의 일부임

나무, 물오리나무, 싸리류, 족제비싸리류 등을 식재하여 폐광지 사면 안정을 통한 복원을 시도하여 왔다(우보명, 2000; 오구균, 2000). 그리고 유기물이 풍부한 하수 슬러지를 광산 피해 토양에 공급하여 자생식물의 성장 촉진을 유도하였다(염규진 등, 1999). 그러나 도로변의 절성토 사면, 채석장, 고령토 채취지, 광산 등의 교란지역에서는 단순한 조림사업에 의한 복원시 생태적인 또는 기술적인 문제점이 많이 발생하고 있다.

일반적으로 산림 내에서 교란으로 인하여 숲 틈이 형성되면, 노출된 공간에 다른 종이 이입되거나 휴면 상태에 있던 종자가 발아하여 새로운 개체가 생육하면서 산림구조 형성에 영향을 주게된다. 그러므로 자연적이든 인위적이든 간에 교란이 발생한 지역에서는 생육공간을 먼저 점유하는 종 및 개체가 자신을 유지하는데 유리한 위치에 놓이게 된다. 즉 새로 조성된 토지에 출현하는 식생의 초기 구성종은 그 후의 산림구조를 결정하는 중요한 인자로 작용한다. 예를 들면, 초본 군락에 침입한 옻나무과 *Rhus* sp. 속의 개척 관목들은 그 후의 교목성 수종의 생육을 촉진하거나 방해하기도 한다(Pikett et al., 1987).

따라서 폐광지와 같이 인위적으로 교란된 지역의 식생 복원은 자연적으로 이입된 초기 식생을 조사하고, 현지 기후 조건에 맞는 우점종을 선발하여 이용하는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 지금까지 국내에서 폐광지 복원을 위한 식물 자원의 조사는 주로 금속 광산을 중심으로 진행되어 왔으며(한심희 등, 1998; 김정규 등, 1999), 석탄 폐광지에서의 자연 이입된 식물

자원에 대한 조사는 매우 부족한 실정이다(김보현 등, 2000; 김혜주 등, 2000).

본 연구는 폐탄광지의 자연친화적인 식생 복원을 위하여, 교란지역의 초기 이입종과 주변 산림 구성종 간의 관계를 구명하며, 이 자료를 바탕으로 적극적인 식생 정착계획을 수립하기 위한 자연 이입 수종을 선별하는데 그 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

2.1. 조사지 개황

강원도의 탄광 폐석지는 채탄과정에서 나오는 폐석들을 쌓아 놓은 산으로, 식생 복원을 위하여 복토를 시행한 후, 아까시나무, 물오리나무, 싸리류, 족제비싸리 등 자기 시비계 식물을 식재하여 단기간에 녹화를 시도한 지역이다. 이들 주변지역의 임상은 신갈나무가 우점하고 있는 혼효림이고, 천이과정에서 소나무가 쇠퇴하고 있는 양상을 보이고 있다.

조사 대상지는 강원도 태백시 소도동 북동사면과 싸리재 북동사면 2개 지점을 중심으로 하였으며(Fig. 1), 강원도 태백지역의 1986년부터 2000년까지 평균 기온과 강수량은 Fig. 2와 같이 나타냈다. 강원도 대부분의 탄광 폐석지는 복구공사를 실시하였지만, 식생의 성립에는 시간적 경과가 중요한 인자로 나타나고 있다. 그러나 인위적으로 식생이 조성되지 않은 탄광 폐석지에서는 주변 산림 구성종의 종자가 자연적으로 침입하여 개척종의 역할을 하고 있는 것으로 추정되어

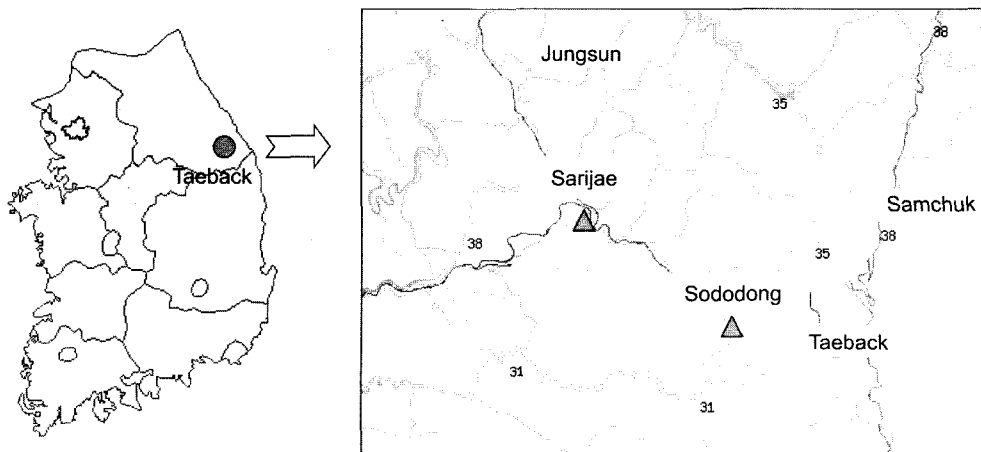


Fig. 1. The survey areas in Taebak, Kangwon Province.

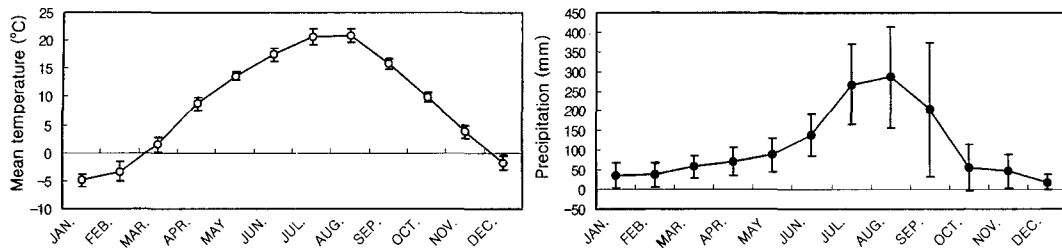


Fig. 2. Monthly mean temperature(left) and precipitation(right) at Taeback area, Korea from 1986 to 2000. Each bar represents the standard deviation.

본 조사를 수행하게 되었다.

2.2. 조사방법

탄광 폐석지에 나타난 종을 대상으로 실시한 식생조사는 5 m × 5 m 방형구를 각각 10곳에 설치한 후, 초본과 목본으로 구분하여 실시하였다. 주변산림지역에서는 10 m × 10 m 방형구를 10곳에 설치한 후, 교목층, 아교목층, 관목층으로 구분하여 조사하였으며, 수고가 8 m 이상인 나무를 교목층으로 하였다. 수목의 직경을 측정하여 수종별 기저면적으로 사용하였으며, 식생분석을 위하여 방형구 안에서 출현하는 모든 수종들을 조사한 후, 각 층위별로 밀도, 빈도, 기저면적에 의한 피도로써 상대밀도, 상대빈도, 상대피도와 중요치를 아래와 같은 식으로 산출하였다(Curtis and McIntoshi, 1951).

$$IV(\text{Importance value}) = RD + RC + RF$$

RD(Relative Density) =

$$\text{대상종의 밀도/전체종의 밀도합계} \times 100(\%)$$

RC(Relative Coverage) =

$$\text{대상종의 피도/전체종의 피도합계} \times 100(\%)$$

RF(Relative Frequency) =

$$\text{대상종의 빈도/전체종의 빈도합계} \times 100(\%)$$

초본층의 종 조성은 방형구내에서 1 m × 1 m 소방형구를 임의로 설치하여 출현한 종을 기입하고 빈도와 피도를 계산하였다.

III. 결 과

강원도에 존재하는 대부분 폐석지는 복구공사가 완료되었지만, 식생의 성립은 시간적 경과가 중요한 인

자로 작용하고 있는 것 같다. 1차 천이적인 단계에 놓여 있는 폐석지에서 개척종의 식생조성을 구명하기 위하여 주변 산림의 종 구성 상태를 조사한 결과는 Table 1과 같다. 중요치(IV)를 기준으로 하였을 때, 상층림의 식생조성은 소도동 지역에서 박달나무(100.39), 소나무(50.15), 졸참나무(50.76), 층층나무(26.73) 등 9개 수종으로 구성되어 있었으며, 쓰리재는 거제수나무(97.5), 신갈나무(82.9), 층층나무(66.51), 피나무(40.13) 등 6개 수종이 우점하고 있었다. 이들 두 지역에서 동시에 나타난 수종은 신갈나무, 거제수나무, 층층나무였다.

소도동의 아교목층은 박달나무(40.63), 층층나무(40.9), 신갈나무(28.16), 고로쇠나무(25.93) 등 13개 수종이 차지하고 있었고, 쓰리재의 아교목층은 피나무(66.4), 층층나무(30.44), 신갈나무(28.31), 함박꽃나무(28.86), 고로쇠나무(26.54) 등 15종류가 우점하고 있었다. 이 두 지역에서 공통으로 출현하는 종은 고로쇠나무, 층층나무, 신갈나무, 피나무, 당단풍이었다.

관목층의 경우, 소도동은 국수나무(52.88), 함박꽃나무(16.64), 작살나무(16.61), 철쭉꽃(13.89) 등 23종이 분포하고 있었고, 쓰리재는 고로쇠나무(24.96), 당단풍(26.59), 조릿대(18.66) 등 31종이 분포하고 있는 것으로 조사되었으며, 두 조사지에서 공통으로 출현한 종은 고로쇠나무, 철쭉꽃, 당단풍, 신갈나무, 참깨암나무, 피나무, 검노린재, 함박꽃나무, 물푸레나무 9종류로 조사되었다.

초본층은 소도동에서 단풍취(30.81), 미역줄(18.78), 대사초(17.09) 등 23종, 쓰리재에서는 단풍취(13.38), 노루오줌(12.31), 방아풀(36.3), 넓은외앞죽(12.31) 등 24종이 나타났다. 두 지역에서 공통으로 나타나는 종은 단풍취, 미역줄, 노루오줌, 방아풀, 실새풀 등 9종이었다.

Table 2는 산림이 교란된 탄광 폐석지에서 출현하는 종을 나타낸 결과이다. 소도동에서는 박달나무(112.79), 진달래(31.17), 참싸리(24.59), 신갈나무(20.14), 소나무(14.63), 잎갈나무(13.84), 물푸레나무(12.94), 쇠물푸레(12.94) 등 18종이 출현하였고, 싸리재에서는 거제수나무(117.42), 쉬땅나무(35.15), 병꽃나무(27.23), 철쭉꽃(25.51), 호랑버들(20.53), 물푸레나무(15.99) 등 18종이 조사되었다. 이 두 지역에서 공통으로 나타나는 종

은 소나무, 물푸레나무, 쇠물푸레, 진달래, 병꽃나무, 당단풍, 철쭉꽃, 호랑버들 등 8종류였다. 또한 탄광 폐석지와 인근 산림에서 공통으로 출현한 수종은 소도동의 경우 박달나무, 소나무, 신갈나무, 철쭉꽃, 당단풍, 물푸레나무 6종류였으며, 싸리재의 경우 거제수나무, 당단풍, 물푸레나무, 철쭉꽃 4종류였다.

소도동의 초본층에서는 실새풀(64.69), 이고들빼기(21.44), 달맞이꽃(17.8), 골동골나무(14.17) 등 13종류

Table 1. The importance values of the surrounding forest on the abandoned coal mine land in Taeback area

Layer	Scientific name	Sododong				Sarijae			
		RF	RD	RC	IV	RF	RD	RC	IV
Tree	<i>Pinus densiflora</i>	10.53	14.29	25.33	50.15				
	<i>Betula costata</i>	5.26	2.04	3.96	11.26	21.05	24.07	52.38	97.5
	<i>Betula schmidtii</i>	21.05	46.94	32.4	100.39				
	<i>Brtula davurica</i>	10.53	6.12	6.70	23.35				
	<i>Carpinus laxiflora</i>	10.53	4.08	3.94	18.55				
	<i>Quercus serrata</i>	21.05	10.20	19.51	50.76				
	<i>Quercus mongolica</i>	5.26	4.08	1.34	10.68	21.05	40.74	21.11	82.9
	<i>Acer mono</i>	5.26	2.04	0.82	8.12				
	<i>Meliosma oldhami</i>					5.26	1.85	1.50	8.61
	<i>Tilia amurensis</i>					21.05	12.96	6.12	40.13
	<i>Cornus controversa</i>	10.53	10.20	6.00	26.73	21.05	9.26	6.20	66.51
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>					10.53	11.11	12.69	34.33
	Subtree	<i>Pinus densiflora</i>	7.69	7.89	6.17	21.75			
<i>Abies holophylla</i>						5.71	3.39	4.36	13.46
<i>Betula schmidtii</i>		7.69	15.78	17.16	40.63				
<i>Betula davurica</i>		7.69	5.26	6.25	19.2				
<i>Carpinus laxiflora</i>		7.69	5.26	5.89	18.84				
<i>Corylus sieboldiana</i>		3.84	2.63	0.42	6.89				
<i>Corylus sieboldiana</i>						5.71	5.08	0.11	10.90
<i>Quercus serrata</i>		7.69	5.26	9.19	22.14				
<i>Quercus mongolica</i>		7.69	10.53	9.94	28.16	5.71	8.47	14.13	28.31
<i>Morus bombysis</i>		3.84	2.63	3.72	10.19				
<i>Magnolia sieboldii</i>						11.42	11.86	5.58	28.86
<i>Sorbus commixta</i>						8.57	11.86	0.59	21.02
<i>Prunus padus</i>						2.86	1.69	1.34	5.89
<i>Maackia amurensis</i>		7.69	7.89	7.55	23.13				
<i>Euonymus oxyphyllus</i>						2.86	3.39	3.25	9.50
<i>Euonymus sachalinensis</i>						2.86	.69	0.60	5.15
<i>Acer mono</i>		11.54	7.89	6.5	25.93	11.42	13.56	1.56	26.54
<i>Acer tegmentosum</i>						5.71	3.39	1.24	10.34
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	7.69	7.89	2.48	18.06	8.57	6.78	3.81	19.16	
<i>Tilia amurensis</i>	7.69	7.89	8.5	24.08	8.57	11.86	45.97	66.4	
<i>Cornus controversa</i>	11.54	13.16	16.2	40.9	8.57	8.47	13.40	30.44	
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>					5.71	3.39	0.29	9.39	
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>					8.57	10.17	3.78	22.52	

Table 1. Continued-1

Layer	Scientific name	Sododong			Sarijae		
		RF	RC	IV	RF	RC	IV
	<i>Betula schmidtii</i>	2.33	1.38	3.71			
	<i>Corylus sieboldiana</i>	4.65	0.92	5.57	2.63	2.44	5.07
	<i>Quercus serrata</i>	2.33	1.38	3.71			
	<i>Quercus mongolica</i>	4.65	2.75	7.40	5.26	4.88	10.14
	<i>Clematis heracleifolia</i>				5.26	3.25	8.51
	<i>Magnolia sieboldii</i>	9.30	7.34	16.64	5.26	1.63	6.89
	<i>Schizandra chinensis</i>	2.33	1.38	3.71			
	<i>Lindera obtusiloba</i>	4.65	2.75	7.40			
	<i>Deutzia parviflora</i>				2.63	2.44	5.07
	<i>Stephanandra incisa</i>	9.30	43.58	52.88			
	<i>Pyrus ussuriensis</i>				2.63	6.50	9.13
	<i>Sorbus commixta</i>				2.63	2.44	5.07
	<i>Rubus crataegifolius</i>	2.33	0.46	2.79			
	<i>Lespedeza maximowiczii</i>	2.33	0.46	2.79			
	<i>Rhus trichocarpa</i>	6.98	3.21	10.19			
	<i>Tripterygium regelii</i>				5.26	3.25	8.51
Shrub	<i>Euonymus oxyphyllus</i>				5.26	6.50	11.76
	<i>Acer mono</i>	4.65	2.75	7.40	7.89	17.07	24.96
	<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	6.98	5.96	12.94	7.89	18.70	26.59
	<i>Rhamnus yoshinoi</i>	2.33	0.46	2.79			
	<i>Tilia amurensis</i>	4.65	2.75	7.40	5.26	3.25	8.51
	<i>Kalopanax pictus</i>	2.33	0.46	2.79			
	<i>Aralia elata</i>				5.26	3.25	8.51
	<i>Cornus controversa</i>				5.26	1.63	6.89
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	9.30	4.59	13.89	5.26	4.88	10.14
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	2.33	2.29	4.62			
	<i>Vaccinium koreanum</i>				5.26	1.63	6.89
	<i>Symplocos paniculata</i>	2.33	0.46	2.79	5.26	3.25	8.51
	<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	2.33	0.46	2.79	5.26	4.88	10.14
	<i>Fraxinus sieboldiana</i>	6.98	3.21	10.19			
	<i>Callicarpa japonica</i>	6.98	9.63	16.61			
	<i>Weigela subsessilis</i>	2.33	1.38	3.71			
	<i>Sasa borealis</i>				10.53	8.13	18.66
	<i>Quercus serrata</i>	2.44	2.26	4.50			
	<i>Aristolochia contorta</i>	2.44	2.26	4.70			
	<i>Asarum sieboldii</i>				6.38	3.23	9.61
	<i>Melandryum firmum</i>				2.13	0.54	2.67
	<i>Hepatica asiatica</i>				4.26	3.23	7.49
	<i>Schizandra chinensis</i>	4.88	6.02	10.9	4.26	4.31	8.57
Herb	<i>Lindera obtusiloba</i>	4.88	4.51	9.39			
	<i>Astilbe chinensis var. davidii</i>	4.88	3.00	7.88	6.38	5.93	12.31
	<i>Hydrangea serrata var. acuminata</i>	2.44	2.26	4.7			
	<i>Agrimonia pilosa</i>	4.88	3.00	7.88			
	<i>Rhus trichocarpa</i>	2.44	3.00	5.44			
	<i>Euonymus alatus</i>				2.13	1.62	3.75
	<i>Tripterygium regelii</i>	9.76	9.02	18.78	4.26	2.16	6.42
	<i>Vitis flexuosa</i>	2.44	0.75	3.19			

Table 1. Continued-2

Layer	Scientific name	Sododong			Sarijae		
		RF	RC	IV	RF	RC	IV
	<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	4.88	4.51	9.39			
	<i>Lysimachia barystachys</i>	4.88	3.00	7.88			
	<i>Pedicularis resupinata</i>				2.13	1.62	3.75
	<i>Rubia okane</i>				4.26	1.08	5.34
	<i>Ainsliaea acerifolia</i>	9.76	21.05	30.81	6.38	7.00	13.38
	<i>Eupatorium fortunei</i>	2.44	2.26	4.5			
	<i>Solidago virga-aurea var. asiatica</i>				2.13	1.62	3.75
	<i>Aster scaber</i>	4.88	4.51	9.39	4.26	3.23	7.49
	<i>Artemisia stolonifera</i>				6.38	5.93	12.31
	<i>Adenocaulon himalaicum</i>				4.26	2.17	6.43
	<i>Saussurea pulchella</i>				4.26	2.17	6.43
	<i>Saussurea pulchella</i>				2.13	1.62	3.75
Herb	<i>Synurus deltooides</i>				2.13	1.62	3.75
	<i>Calamagrostis arundinacea</i>	4.88	4.51	9.39	2.13	2.69	4.82
	<i>Arisaema amurense var. serratum</i>				2.13	0.54	2.67
	<i>Hosta longipes</i>	2.44	2.26	4.5			
	<i>Polygonatum odoratum var. pluriflorum</i>	2.44	2.26	4.7			
	<i>Disporum smilacinum</i>	4.88	3.00	7.88			
	<i>Carex ciliato-marginata</i>	7.32	9.77	17.09	4.26	4.31	8.57
	<i>Artemisia keiskeana</i>	4.88	4.51	9.39			
	<i>Isodon japonicus</i>	2.44	2.26	4.5	6.38	29.92	36.3
	<i>Dryopteris crassirhizoma</i>				6.38	4.85	11.23
	<i>Cacalia auriculata var. kamtschatica</i>				2.13	1.62	3.75
	<i>Rubia cordifolia var. pratensis</i>	2.44	0.75	3.19			
	<i>Silene jensseensis</i>				4.26	3.23	7.49

가 출현하였으며, 싸리재에서는 실새풀(82.01), 이고들빼기(20.61), 각시취(24.63), 쥐오줌풀(19.47), 넓은외잎쑥(16.59) 등 모두 12종류의 초본이 출현되어 두 지역에서 출현한 종 수는 비슷하였으며, 공통종은 실새풀, 이고들빼기, 달맞이꽃, 넓은외잎쑥 등이었다(Table 3). 초본층의 종 구성상태로 볼 때 종자가 바람에 의하여 전파되거나 많은 종자를 생산하는 1년생과 다년생 초본이 우선 침입하여 1차 천이 초기단계의 식생을 구성하는 것으로 조사되었다.

IV. 고 찰

1차 천이가 일어나고 있는 탄광 폐석지에서 출현한 종은 대조구인 소도동 45종, 싸리재 54종보다 훨씬 적은 소도동 31종과 싸리재 30종이었다. 일반적으로 탄광 폐석지는 토양 양분 부족, 직사광선의 장기간 노

출, 수분부족 등 환경조건이 매우 열악하며, 침입종자의 정착과 생장에 많은 어려움이 있어 정상적인 생활사가 제한을 받는다. 따라서 1차 천이가 일어나는 지역에서는 식물 생장의 제한 요인을 극복할 수 있는 콩과식물 등이 대부분을 차지하는 경향이 있다(Tilman, 1982). 또한 교란 지역에서는 종자가 침입하여 초기 식생 발달이 진행되며, 비산성 종자는 날개 특성, 종자 무게, 바람 조건 등에 의해 영향을 받기 때문에 버드나무류나 자작나무류 등과 같이 날개를 달고 있는 수종은 종자 이동에 유리하다(Schopmeyer, 1974). 또한 버드나무속, 자작나무속, 오리나무속 등과 같이 외부에서 침입한 식물들은 다년생 초본식물보다 생장속도는 느리지만, 피도는 증가하는 경향을 보여준다(Vitousek and Walker, 1987). Tsuyuzaki(1995)는 화산지역의 초기 식생복원이 *Salix*, *Populus*, *Betula*, *Larix* 등의 주요 침입종에 의해서 이루어진다고 보고

Table 2. The important values of naturally introduced tree on the abandoned coal mine land in Taeback area

Scientific name	Sododong				Sarijae			
	RF	RD	RC	IV	RF	RD	RC	IV
<i>Pinus densiflora</i>	8.33	3.94	2.36	14.63	2.63	0.6	0.23	3.46
<i>Larix leptolepis</i>	8.33	3.15	2.36	13.84				
<i>Populus davidiana</i>	2.08	0.79	1.18	4.05				
<i>Salix hultenii</i>	2.08	3.15	1.18	6.41	10.53	7.23	2.77	20.53
<i>Salix gracilistyla</i>					5.26	1.20	0.46	6.92
<i>Betula costata</i>					13.15	45.18	57.09	117.42
<i>Betula schmidtii</i>	10.42	31.50	70.87	112.79				
<i>Betula davurica</i>	4.17	0.79	0.79	5.75				
<i>Corylus sieboldiana</i>					2.63	1.20	0.23	4.06
<i>Quercus serrata</i>					2.63	0.6	0.23	3.46
<i>Quercus mongolica</i>	8.33	7.09	4.72	20.14				
<i>Magnolia sieboldii</i>	2.08	3.15	1.18	6.41				
<i>Lindera obtusiloba</i>	4.17	0.79	0.79	5.75				
<i>Sorbaria sorbifolia</i> var. <i>stellipila</i>					7.89	14.46	12.80	35.15
<i>Sorbus commixta</i>					2.63	1.81	0.69	5.13
<i>Rubus crataegifolius</i>					5.26	2.41	1.38	9.05
<i>Rubus phoenicolasius</i>					2.63	0.6	0.23	3.46
<i>Lespedeza cryptobotrya</i>	10.42	11.02	3.15	24.59				
<i>Rhus chinensis</i>	2.08	0.79	1.18	4.05				
<i>Rhus trichocarpa</i>	2.08	2.36	0.39	4.83				
<i>Euonymus oxyphyllus</i>					5.26	2.41	0.92	8.59
<i>Tripterygium regelii</i>					2.63	1.81	0.69	5.13
<i>Acer pseudo-sieboldianum</i>	4.17	1.57	0.39	6.13	2.63	0.6	0.23	3.46
<i>Rhododendron mucronulatum</i>	8.33	18.9	3.94	31.17	2.63	0.6	0.23	3.46
<i>Rhododendron schlippenbachii</i>	6.25	2.36	1.57	10.18	7.89	4.82	12.80	25.51
<i>Fraxinus rhynchophylla</i>	6.25	4.72	1.97	12.94	10.53	3.61	1.85	15.99
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	6.25	2.36	1.18	12.94	2.63	0.6	0.69	3.92
<i>Weigelia subsessilis</i>	4.17	1.57	0.79	6.53	10.53	10.24	6.46	27.23

하고 있다.

김해주 등(2000)은 탄광 경석지에 자연 이입된 수종은 물박달나무, 물푸레나무, 미역줄, 박달나무, 참싸리, 산딸기, 개쉬멍나무 등 7종으로 보고한 바 있고, 김보현 등(2000)도 폐탄광 경석지에 자연 이입된 수종은 박달나무, 물박달나무, 산딸기, 조록싸리, 참싸리, 호랑버들 등 6종류이며, 이 종들은 건조와 척박지에서 양호한 성장을 보이고, 주변 산림에서 흔히 출현하는 종으로 보고한 바 있다.

Table 2에서와 같이 박달나무, 거제수나무, 소나무, 물푸레나무, 쇠물푸레, 진달래, 병꽃나무, 당단풍, 철쭉꽃, 호랑버들 등은 비교적 앞에서 설명한 조건에 맞는 종으로 추정할 수 있었다. 또한 탄광 폐석지의 식생은 주변 산림의 상층림을 형성하고 있는 우점종의 종자가

개척종으로써 정착한 것으로 나타났으며, 주변지역의 종자 중 바람에 의하여 산포되는 특성을 가지고 있는 종들이 나지에 먼저 정착한 것으로 판단된다. 그 정착 방법도 기존 산림의 임연부에서부터 정착속도 및 생장이 비교적 높은 것으로 조사되어 주변효과(edge effect)가 작용하고 있는 것으로 보이는데, 특히 싸리재에서는 주변의 상층을 차지하고 있는 거제수나무의 종자가 비산되어 기존 산림부와 폐석지 경계부에서부터 산림이 형성되고 있었다. 또한 소도동에서는 박달나무, 소나무 등의 종자가 이입되어 식생 복원이 진행 중에 있었다. 이처럼 주변 산림에 종자를 산포할 수 있는 식생원이 있을 경우, 교란지역의 복원속도가 빠르게 진행되므로 종자를 산포하는 수종은 식생복원에 있어서 가장 주요한 결정 인자로서 작용한다고 볼 수 있다

Table 3. The important values of herb plant on the abandoned coal mine in Taeback area

Scientific name	Sododong			Sarijae		
	RF	RC	IV	RF	RC	IV
<i>Melandryum firmum</i>				3.45	0.57	4.02
<i>Schizandra chinensis</i>	5.26	5.45	10.71			
<i>Oenothera odorata</i>	10.53	7.27	17.80	3.45	1.70	5.15
<i>Pedicularis resupinata</i>	5.26	1.82	7.08			
<i>Melampyrum roseum</i>	5.26	1.82	7.08			
<i>Plantago asiatica</i>				3.45	0.57	4.02
<i>Patrinia scabiosaefolia</i>				3.45	0.57	4.02
<i>Valeriana fauriei</i>				13.79	5.68	19.47
<i>Ambrosia artemisiifolia</i>	5.26	3.64	8.90			
<i>Eupatorium lindleyanum</i>	10.53	3.64	14.17			
<i>Artemisia stolonifera</i>	5.26	5.45	10.71	10.34	6.25	16.59
<i>Artemisia princeps var. orientalis</i>				3.45	1.70	5.15
<i>Saussurea pulchella</i>				17.24	7.39	24.63
<i>Youngia denticulata</i>	10.53	10.91	21.44	13.79	6.82	20.61
<i>Calamagrostis arundinacea</i>	21.05	43.64	64.69	17.24	64.77	82.01
<i>Miscanthus sinensis</i>				3.45	0.57	4.02
<i>Artemisia keiskeana</i>	5.26	1.82	7.08			
<i>Pimpinella brachycarpa</i>	5.26	3.64	8.90			
<i>Boehmeria spicata</i>	5.26	5.45	10.71			
<i>Youngia chelidoniifolia</i>	5.26	1.82	7.08			
<i>Aster yomena</i>				6.90	3.41	10.31

(Dale, 1985, Nakashizuka et al., 1993, Walker et al., 1986, Tsuyuzaki, 1995).

본 조사지에서도 기존의 목밭이나 산불 발생지 등과 같은 교란지역에서 나타나는 식물상 교체 모델을 따르지 않고, 교목과 관목의 실생묘가 그대로 생육하고 있음을 알 수 있다. 즉 1년생과 다년생 초본류의 역할보다 많은 종자가 침입할 수 있는 목본류의 정착에 따라 초본류의 밀도와 피도가 증가하는 것으로 추정된다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 교란된 지역에서의 식생 복원은 주변 산림 구성종과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 그러나 Tilman(1988)은 인위적인 교란 후에 나타나는 특정 종의 단기적인 동태에 대한 추론이 장기간의 효과와는 무관한 일시적인 동태이기 때문에 위험하다고 보고한 바 있다. 그러므로 광산지역과 같이 인위적 교란이 발생한 지역의 식생동태를 구명하기 위해서는 지역적인 기후 조건을 고려한 장기적인 조사 외에도 매년 주변 종자의 이입에 의한 유묘의 발아와 생존에 대한 조사 뿐만 아니라 앞으로 천이기작과 천이단계에 미치는 다양한 환경 및 기후 요인에 대한 검정과 실험이 수행되어야 할 것이다.

V. 적 요

본 연구의 목적은 폐광지의 환경 친화적인 식생 복원에 이용할 향토 수종 및 내성 수종을 선별하기 위하여 탄광 폐석지에 나타난 자연 이입종과 주변 산림 식생과의 연관성을 밝히는데 있다. 강원도 태백에 위치한 폐광지 주변 산림의 식생을 조사한 결과, 소도동의 교목층에서는 9종류, 아교목층에서는 13종류, 관목층에서는 23종류 그리고 초본층에서는 23종류가 출현하였다. 싸리재의 경우, 교목층에서는 6종류, 아교목층에서는 15종류, 관목층에서는 31종류 그리고 초본층에서는 25종류가 출현하였다. 1차 천이적인 단계에 있는 폐석지에서 출현한 종을 조사한 결과, 소도동에서는 31종류가 자연 이입종으로 나타났으며, 싸리재에서는 30종류가 출현하였다. 폐석지에서 출현한 종은 대조구인 소도동의 45종, 싸리재의 54종보다 훨씬 적었다. 탄광 폐석지와 주변 산림에서 공통으로 출현한 수종은 소도동의 경우 박달나무 등 6종, 싸리재의 경우 거제수나무 등 4종이었다. 즉 탄광 폐석지는 주변 산림의 상층림을 형성하고 있는 수종에서 종자가 이입되어 생

존을 시도하고 있는 것으로 평가되었다. 특히 싸리재의 거제수나무는 주변 산림과 폐석지 경계부터 군집을 형성하고 있어 식생의 주변 효과를 나타냈으며, 소도동에서는 박달나무 등의 종자가 이입되어 자연적인 식생 복원이 이루어지고 있었다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 교란된 지역에서의 식생 복원은 주변 산림 구성종과 밀접한 관계가 있는 것으로 추정되었다.

인용문헌

- 김보현, 김경훈, 김혜주, 김두하, 2000: 폐탄광 경석지 식생 복원을 위한 식물군집 조사 분석. 한국환경복원녹화기술학회지, **3**, 33-42.
- 김재수, 이준우, 2000: 폐탄광지의 훼손산지 및 폐석장이 산림환경보존에 미치는 주요 영향 및 폐탄광지 복구체제에 대하여. 폐탄광지의 환경복원녹화 기술 개발 국제 심포지움, 217-225.
- 김정규, 임수길, 이상환, 이창호, 정장윤, 1999: 휴·폐광지역 오염 토양의 phytoremediation을 위한 식물자원검색. 한국환경농학회지, **18**, 28-34.
- 김혜주, 김보현, 김두하, 2000: 폐탄광지의 식생복원 녹화공법개발을 위한 기초 연구. 한국환경복원녹화기술학회지, **3**, 43-51.
- 염규진, 김관기, 박은우, 1999: 광해지 식생복원을 위한 하수슬러지 이용 효과. 대한환경공학회지, **21**, 2329-2340.
- 오구균, 2000: 1995년 전후 폐탄광지 복구시공 비교 평가. 폐탄광지의 환경복원녹화 기술 개발 국제 심포지움, 99-132.
- 우보명, 2000: 폐탄광지의 산림훼손지 복구 및 폐석유실방지대책에 관한 연구. 한국환경복원녹화기술학회지, **3**, 24-34.
- 한심희, 현정오, 이경준, 조덕현, 1998: 아연폐광산 주변 토양의 중금속(Cd, Cu, Zn, Pb) 오염에 따른 5개 수종의 부위별 중금속 축적. 한국임학회지, **87**, 466-474.
- Curtis, J. T. and R. P. McIntosh, 1951: An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, **31**, 476-496.
- Dale 1985: Wind dispersal seeds and plant recovery on the mount St. Helens debris avalanche. *Canadian Journal of Botany*, **67**, 1434-1441.
- Nakashizuka T., S. Lida, W. Suzuki and T. Tanimoto, 1993: Seed dispersal and vegetation development on a debris avalanche on the Ontake volcano, central Japan. *Journal of Vegetation Science*, **4**, 537-542.
- Pickett S. T. A., S. L. Collins and J. J. Armesto, 1987: A hierarchical consideration of causes and mechanism of succession. *Vegetatio*, **69**, 109-114.
- Schopmeyer, C. S. 1974: Seeds of woody plants in United States, USDA forest service agriculture hand book. No.450. 883 p.
- Tilman, D. 1982: Resource competition and community structure. Princeton Univ. Press. 540 p.
- Tilman, D. 1988: Plant strategies and dynamics and structure of plant communities, Princeton Univ. Press, 480 p.
- Tsuyuzaki, S. 1995: Vegetation recovery patterns in early volcanic succession. *Plant Research*. **108**, 241-248.
- Vitousec, P. M. and L. R. Walker, 1987: Biological invasion by *Mirica faya* alters ecosystem development in Hawaii. *Science*, **238**, 802-804.
- Walker, L. R., J. C. Zasada and F. S. Chapin III, 1986: The role of life history processes in primary succession on an Alaskan flood plain. *Ecology*, **67**, 1243-1253.