

**백두대간에 인접한 석회석 광산의 식생복구 연구 (2)**  
- 묘목식재 방법에 의한 옥계 광산복구 시험시공 사례 -

김경훈<sup>1)</sup> · 김학성<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> (주)일림 · <sup>2)</sup> 라파즈한라시멘트(주)

**A Study of Rehabilitation for Limestone Quarry near  
the Baekdudaegan Mountains (2)**

- In Case Study for Planting Seedlings Experiment on Okke Quarry -

**Kim, Kyunghoon<sup>1)</sup> and Kim, Haksung<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Illim Inc., <sup>2)</sup> Lafarge Halla Cement Inc.

**ABSTRACT**

The objective of this study was to investigate the possibility of planting seedlings for quarry rehabilitation. To achieve the objective, the experiment was designed for rehabilitation of quarry with planting seedlings and seeding types. Planting seedlings were categorized as target species, accompanied species and pioneer species.

The study was conducted in limestone quarry (Lafarge Halla Cement Inc.) near the Baekdudaegan Mountains at Okke, Kangwon-do. The experimental planting bed was set in 2007 and field monitoring was carried out from 2007 to 2011.

As the result of experiment, it was found that the early-phase pattern for surveyed species to establish was affected by the planting and seeding types. As years after planting and seeding, the percent of plant coverage also increased up to 90%. The methods of mixed planting and seeding were good for species diversity, but the growing of seedlings were affected by seeding plants. Accompanied species and pioneer species were superior to target species during first 2 years, but target species has gained predominance during last 2 years. The quality maintenance should be carried out annually to attain

---

**First author** : Kim, Kyunghoon, Illim Inc.,

Tel : +82-41-868-4971, E-mail : kim-hooney@hanmail.net

**Corresponding author** : Kim, Haksung, Lafarge Halla Cement Inc.,

Tel : +82-33-530-1421, E-mail : haksung8697@hanmail.net

**Received** : 1 March, 2012. **Revised** : 26 March, 2012. **Accepted** : 10 April, 2012.

the goal of rehabilitation.

Key Words : *Planting seedlings, Seeding, Plant coverage, Species diversity, Target species.*

## I. 서 론

지하자원의 취득을 위한 채광 및 채석의 행위는 국가 산업발전을 위해 필수불가결한 산업으로 여겨졌으나 근래에는 오히려 산림의 훼손이라는 부정적인 인식이 확산되고 있다. 2010년 현재에도 한국광해관리공단(2011)의 보고에 의하면 석탄광산은 6개, 금속광산은 56개, 비금속광산은 531개로 총 593개가 가행 중에 있다.

광산개발 행위로 유발되는 산림의 훼손은 산림의 고유기능인 경관유지능력을 상실시키거나 산림재해를 유발할 수 있다. 특히 본 연구대상지와 같은 고산지대에 위치한 대규모 채석장의 경우 개발 및 복구과정에서 안정성의 문제가 대두되며, 또한 개발이전의 산림상태로 식생을 복구하는데 많은 시간과 예산이 필요한 실정이다.

광산의 복구는 주로 산지관리법(산림청, 2006)에서 정하는 있는 기준에 의거하여 수목을 식재하여 산림을 복구하는데 목표를 두고 있다. 석회석 광산은 특성상 급경사 잔벽면이 노출되는 경우가 대부분이며, 암반이 노출된 곳은 식물 생육기반이 열악하기 때문에 소단부 등에 주로 토양을 복토하고 차폐를 목적으로 식물을 식재하고 있다(이천용, 1986; 정규원, 2008).

따라서 채광 및 채석지의 복구에 있어서는 복토 토양의 이화학적 특성이 식생복구 품질에 큰 영향을 미치게 되며(정용호, 2008), 폐탄광지 녹화에서는 현지 적응성이 있는 자생수종의 사용 및 이들이 생육가능한 적절한 식생기반층 조성이 중요하다(김혜주 등, 2000)와 같이 광산 복구시에 대상지의 환경여건 및 식생기반 토양에 따라서 식물의 생장도 큰 차이를 보이고 있다. 복구지의 입지조건에 따른 식재 수종들의 생장관계에

관한 연구로서 이수옥(1978)이 황폐지의 토양수분과 묘목생장과의 관계를 규명한 바 있다. 강영호 등(2011)은 산림재해지 복구를 위한 주요 수종의 입지 특성에 대한 연구에서 현지의 환경조건에 따라서 수목의 생육은 큰 차이를 보이고 있기 때문에 적합한 수종을 선정하는 것이 중요하다고 보고하였다.

광산의 복구에는 종자파종 방법도 사용하는데 이 방법은 수목 생육을 위한 보조적인 역할로 주로 지피피복을 위해 적용되고 있기 때문에, 다양한 식물종을 사용하여 생물다양성을 높일 수 있는 식생복원 방법이 강구되지 못하고 있다. 폐탄광지의 복구를 위하여 토양을 복토한 후 종자 파종을 하여 토성을 개선하며, 이후에 선구식물을 파종 및 식재하여 복구효과를 검증한 결과(Hiller, 1997)가 있지만, 종자파종과 수목식재를 병행할 경우 종자에서 발아된 식물과 식재된 수목간의 경쟁으로 인해 목표로 하는 식생군락 조성이 용이하지 않다는 연구결과도 있다.

산림훼손지 식생복구의 방향은 기반 안정을 토대로 지역 특성과 훼손지 유형별로 적합한 우리나라 자생식물을 이용한 다양한 식물경관조성, 생태적 복원공법의 적용으로 산림의 생물다양성 증진에 중점을 두어야 한다는 의견이 계속적으로 제시되고 있다(김동근 등, 2010). 한편 광산이 위치한 지역이 백두대간과 같이 사회적·생태적으로 민감한 지역에서는 광산개발에 의한 면적인 훼손이 심각한 상태이므로(이준우와 권태호, 2007), 최근에는 생태공학적인 접근방법으로 표토 활용(김경훈과 우보명, 1999) 방법의 검토나 조기수림화를 위한 생태적인 복구(이준우 등, 2003) 방법 등과 같이 좀 더 다양한 시도가 이루어지고 있다.

본 연구의 대상인 강원도 옥계지역의 자병산

에 위치한 석회석 광산은 백두대간 마루금과 인접한 대규모 개발지역으로 현재까지도 채광 및 식생복구가 동시에 진행되고 있다(김경훈과 홍준석, 2002; 김귀곤, 2003; 라파즈한라시멘트, 2005). 따라서 본 연구에서는 옥계 석회석 광산을 대상으로 하여 백두대간 인접지역에 위치한 지역을 생태적으로 복구하기 위하여 수목 식재와 종자 파종 방법을 병행하여 2007년도부터 4개년 간 시험시공을 실시하였으며, 수목 식재에 의한 식생 복구 가능성을 파악하고자 하였다.

에 위치한 라파즈한라시멘트(주) 옥계 석회석광산에서 백두대간과 인접한 지역에 속하는 2호 광산 주변의 채광 완료지를 대상으로 하였다. 라파즈한라시멘트(주) 옥계 석회석 광산은 현재 약 260ha에서 채광이 이루어지고 있으며, 광산 상부 지역은 백두대간 마루금과 인접하여 있어서 지리적으로나 생태적으로 매우 가치가 높은 현장이다.

광산 개발구역은 백두대간인접지역과, 중앙지역, 채광완료지역의 3지역으로 구분하고 있는데, 백두대간인접지역을 개발 전과 유사하게 지형을 복구하고 원식생과 유사하게 식생을 복구하기 위하여 이곳에 시험시공지를 선정하였다. 시험시공지 위치는 해발 650m이며, 비탈면은 북동향에 위치하고 있다.

시험시공을 위하여 채광이 완료된 곳의 비탈

## II. 재료 및 방법

### 1. 시험시공 대상지

본 연구는 강원도 강릉시 옥계면 산계리 일원



시험시공지 전경

식생기반조성을 위한 복토작업

식생반 설치 후 묘목 식재

그림 1. 백두대간에 인접해 있는 옥계 석회석광산 및 시험시공지.

면을 정리하고 개발 과정에서 발생한 폐석을 메워서 비탈면의 기울기를 1 : 3으로 조정하였으며, 그 위에 양질의 토양을 90cm 두께로 복토하여 식생기반을 조성하였다. 비탈면은 7m 간격으로 단꿈기 작업을 실시하여 기반의 안정화작업을 실시하였다.

2. 시험시공 실시

시험시공에서는 수목 도입방법을 5개의 유형으로 구분하여 적용하였다. 목표종은 광산주변에 있는 산림의 우점식생을 기준으로 하여 소나무와 참나무류 중에서 묘목 확보가 가능한 상수리나무로 선정하였으며, 동반종 8종, 선구종 4종을 추가로 선정하였다. 공시재료로 사용한 묘목은 강원도 인근의 양묘업체에서 구매하였으며, 1-0묘를 기준으로 수고 30cm가 넘지 않도록 하였다.

시험시공 방법 중 유형 P1~P3은 목표종을 식재하고, 유형 P4는 동반종, 유형 P5는 선구종을 혼합하여 식재하였다. 식재와 병행한 파종방법으로 초본종 위주의 파종방법을 이용하였으며(김경훈 등, 2011), 매토종자의 효과를 파악하기 위하

여 주변의 표토를 채취하여 포설하였다.

또한 파종한 종자 및 주변에서 침입한 식생과의 경쟁을 고려하여 식재묘목 주변에 폭 30cm 크기의 식생반을 설치하였으며, 식재이후 별도의 관리를 수행하지 않고 자연 상태에서의 경쟁을 측정하였다.

3. 조사 및 분석

시험시공은 2007년 9월에 실시하였으며, 이후 연 1회씩 총 4년간 식생 조사를 수행하였다. 식생조사에서는 출현식생의 구성 상태와 식생피복도 및 활착율을 위주로 조사하였다. 식생피복도는 조사방형구를 사진촬영한 후 사진위에 격자상을 배치하여 격자점에 식물이 일치하는 점의 개수를 식생피복도(%)로 환산하였다. 묘목의 활착율은 식재된 묘목의 지상부가 고사하지 않고 생육하고 있는 개체를 조사하였으며, 생존묘목과 식재묘목 본수의 비율로 활착율을 계산하였다.

토양조사에서는 각 유형별로 대표지점을 5개 소씩 선정하여 각각 200g씩의 토양샘플을 표층 10cm 깊이에서 채취하여 혼합하였으며, 이를 농

표 1. 시험시공에 적용한 유형별 식재 및 종자파종 방법.

번호	유형구분	목표	식재 간격	수목 식재					종자파종		면적 (m <sup>2</sup> )	
				식재 수량 (본/ha)					식재 비율	종류		파종량 (g/m <sup>2</sup> )
				상수리 나무	소나무	동반종	선구종	합계				
P1	목표종 <sup>1)</sup>	2.0m × 2.0m	1,667	833			2,500	2 : 1 : 0 : 0	초본	42	2,109	
P2	목표종	2.0m × 2.0m	1,667	833			2,500	2 : 1 : 0 : 0	표토	0	1,046	
P3	목표종	2.0m × 2.0m	1,667	833			2,500	2 : 1 : 0 : 0	초본+ 표토	42	755	
P4	목표종+동반종 <sup>2)</sup>	1.5m × 1.5m	1,667	556	2,222		4,444	3 : 1 : 4 : 0	초본	42	1,956	
P5	목표종+선구종 <sup>3)</sup>	1.5m × 1.5m	1,667	556		2,222	4,444	3 : 1 : 0 : 4	초본	42	1,791	
합계											7,657	

<sup>1)</sup> 목표종 : 소나무(*Pinus densiflora*), 상수리나무(*Quercus acutissima*)

<sup>2)</sup> 동반종 : 산벚나무(*Prunus sargentii*), 보리수나무(*Elaeagnus umbellata*), 국수나무(*Stephanandra incisa*), 산초나무(*Zanthoxylum schinifolium*), 당단풍나무(*Acer pseudosieboldianum*), 층층나무(*Cornus controversa*), 화살나무(*Euonymus alatus*), 쟁강나무(*Lindera obtusiloba*)

<sup>3)</sup> 선구종 : 자귀나무(*Albizia julibrissin*), 쉬땅나무(*Sorbaria sorbifolia* var. *stellipila*), 붉나무(*Rhus javanica*), 오리나무(*Alnus japonica*)

춘진홍청 전문분석기관인 (주)A&F에 의뢰하여 분석하였다. 토양용적밀도는 100cc 용적의 soil can을 이용하여 현장채취 후 분석하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 식물 생육기반 분석

식물의 생육에 영향을 미치는 주요한 인자 중의 하나가 토양으로서, 식물은 생육기반인 토양 내의 이화학적 특성에 따라 생장이 좌우되게 된다. 특히 광산과 같이 원지형의 토양이 제거되고 복구를 위하여 외부 토양을 반입한 곳에서는 생육기반의 재료와 조성방법이 더욱 중요한 요인이 된다(정용호, 2008). 시험시공지에서 토양의 이화학적 특성을 조사 분석한 결과는 다음과 같다.

토양의 입도분석 결과 모래함량은 평균 54.0%로 채취한 시료의 대부분이 모래와 같은 비교적 굵은 입자가 차지하는 비율이 높았으며, 토성은 미농무분류법에 의거할 때 사질식양토로 분류되었다. 이와 같은 조건에서는 식물의 뿌리 발달은 양호해질 수 있지만 토양내 통기성과 투수성이 높기 때문에 식물 생육기반내 토양함수 조건이 나쁠 것으로 예상할 수 있다.

시험시공지에서 토양경도를 측정한 결과 토양경도지수는 16.8mm이었으며, 이는 국토해양부(2009)에서 제시하고 있는 녹화기반층 내 식물생

육한계 토양경도지수인 23mm 이하이므로 식물의 뿌리 발달에 문제가 없는 양호한 상태인 것으로 분석되었다. 또한 산사태 복구지에서 수목의 수고 및 직경생장과 입지인자간의 관계에서 토양경도가 많은 영향을 미치는 인자라는 연구결과(이한진과 김동근, 2008)와 같이 본 현장에서 수목생장은 환경적인 요인과 복구시간에 좌우될 것으로 판단된다.

시험시공지 토양의 유기물함량은 3.67%이었으며, 토양산도의 경우 석회석 광산의 특성을 반영하듯이 pH 8.18로 나타났다. 토양산도가 약알칼리성을 나타내고 있기 때문에, 향후 식생복구 목표를 수립할 경우에는 석회석 광산의 토양조건에 부합되는 식물을 선정하는 것이 필요할 것이며, 이를 위해서는 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

토양용적밀도는 단위부피당 토양의 무게를 나타낸 것으로서 토양용적밀도가 높다는 것은 토양이 답압되어 있는 상태를 나타낸다고 볼 수 있다. 답압이 심하게 된 토양에서는 투수성이 떨어지고 식물의 뿌리가 성장하는데 스트레스를 받게 된다. 답압이 되어 있는 토양은 시간이 경과하여 식물이 자라면서 표층부에 낙엽층이 쌓이고 토양미생물의 활동 증가, 뿌리의 성장 등으로 인하여 점차 부드럽게 변하면서 토양용적밀도가 낮아지게 된다(박재현, 2007).

표 2. 시험시공지 조성 토양의 이화학적 특성특성 분석.

구분	질소 (%)	탄소 (%)	탄소/질소	유기물 함량 (%)	양이온치환용량 (cmol/kg)				pH (H <sub>2</sub> O) 1 : 5	입도분포 (%)			토양경도 지수* (mm)
					K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>		모래	미사	점토	
P1	0.60	1.60	2.67	2.76	0.20	0.47	33.73	1.83	8.30	48.5	18.8	32.7	8.3
P2	0.72	2.25	3.13	3.88	0.26	0.62	27.46	1.79	8.03	57.7	18.4	23.9	20.9
P3	0.66	2.15	3.26	3.71	0.33	0.61	91.29	5.93	8.28	48.1	22.4	29.5	17.3
P4	0.58	2.12	3.66	3.65	0.23	0.82	26.20	1.69	8.16	50.6	19.1	30.3	12.8
P4	0.71	2.52	3.55	4.35	0.25	0.51	34.70	2.08	8.15	65.3	14.4	20.3	24.5
평균	0.65	2.13	3.25	3.67	0.25	0.61	42.68	2.66	8.18	54.0	18.6	27.3	16.8

\* 토양경도지수 : 산중식 토양경도계로 측정한 토양경도지수 값.

표 3. 시험시공지에서 경과년수에 따른 토양용적밀도의 변화.

측정항목	경과년수			
	1년	2년	3년	4년
P1	1.4850	1.5040	1.3080	1.2154
P2	1.4510	1.2110	1.1810	1.1753
P3	1.7830	1.4380	1.3850	1.3801
P4	1.7070	1.6700	1.5550	1.4905
P5	1.6890	1.5400	1.3840	1.2485
평균	1.6230	1.4726	1.3626	1.3020

\* 대조구 : 시험시공지 주변의 활엽수림 지역의 토양경도지수는 0.7820임.

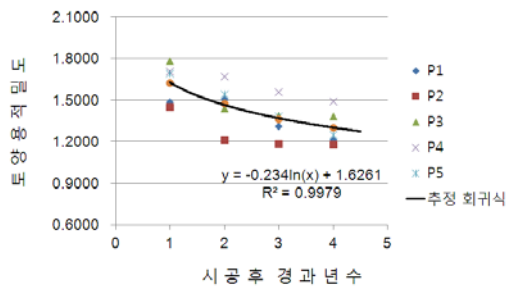


그림 2. 시험시공 유형별 토양용적밀도 변화에 대한 추정회귀식.

주변 산림지역의 토양용적밀도가 0.78 수준이라고 볼 때 시험시공지의 토양경도는 1.30~1.62 범위로 나타내고 있으며, 이 수치는 주변의 자연상태보다는 상대적으로 높아 답압된 상태라고 해석할 수 있다. 이유는 경사지에 식생기반을 조성할 때 안정성 확보를 위하여 중장비를 이용하여 토양을 다져주었기 때문인 것으로 판단된다.

측정결과 시공 후 시간이 경과됨에 따라서 토양용적밀도가 회복되는 경향을 보이고 있으며 [그림 2 참조; 추정 회귀식은  $Y = -0.234 \ln(x) + 1.6261$  ( $R^2=0.9979$ )], 시공 3년 이후부터 토양용적밀도가 낮아지는 수준이 완만해지고 있는 결과를 보였다. 따라서 시험시공지에서와 같이 외부의 답압요인이 추가되지 않고, 기반토양이 충분한 두께를 가지고 있는 조건에서는 식물의 생장이 증가하면서 토양구조가 개선되어 갈 것으로 판단된다. 일반 도로비탈면과 달리 토양을 복토

하고 식생을 복구하는 광산 등에서는 향후 식생 복구를 위하여 복토하는 토양의 이화학적 조건에 대한 기준수립이 필요할 것으로 생각된다.

## 2. 식생피복도 변화

식생피복도는 시공초기에는 매우 낮은 상태였으나, 시공 4년이 경과한 시점에서 모든 유형에서 식생피복도 90% 이상으로 높아졌다. 처리구별로 보면 초본종을 파종한 식재 P1, P3 시험구에서 식생피복도가 95% 이상으로 도입종 및 주변 침입종에 의해 완전 피복된 것으로 나타났다. 또한 자연표토를 이용한 식재 P2 및 식재 P4 시험구의 피복도도 93% 이상으로 식생에 의해 전면이 피복된 것으로 나타났다.

식생피복도의 증가추세로 볼 때, 초본종 파종에 의한 식재 P2, P4 시험구의 피복도 증가추세가 가장 뚜렷한 것으로 나타났으며(남언정 등,

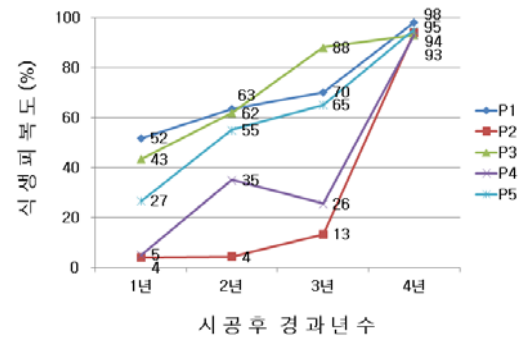


그림 3. 시험시공 유형별 식생피복도(%)의 변화.





시험시공지 조성직후 상태(2007)    시공 4년 후 상태(2011년, 원경)    시공 4년 후 상태(2011년, 근경)

그림 4. 시험시공지의 식생 생육상황.

2007), 표토를 이용한 식재 P2 시험구의 경우 시공 초기에는 식생피복도가 상대적으로 낮았지만, 4년이 경과된 시점에서 표토 내의 잠재 종자의 발아 및 주변식생 침입으로 급격히 피복도가 증가하는 것으로 나타났다(고정현 등, 2006). 본 연구대상지에서 식생피복도는 식재한 목본의 성장보다는 파종한 초본 종자의 발아에 의해 더 큰 영향을 받고 있는 것으로 보인다(김경훈 등, 2011).

**3. 묘목 활착율 변화**

시험시공에 적용한 식재 유형별 묘목의 활착율을 분석한 결과는 다음과 같다.

목표종으로 선정된 상수리나무의 경우 유형별로 큰 차이를 보이고 있다. 유형 P1에서는 70%의 높은 활착율을 보였으나 대부분의 시험구에서 쇠퇴한 것으로 나타났으며, 목표종 중 소나무의 경우 점진적으로 쇠퇴하고 있으나 시공 4년이 경과한 시점에서도 약 30% 대의 활착율을 유지하고 있었다.

동반종의 경우 시공 2차년도에 활착율 50% 수준까지 증가하였다가 3년차부터 대부분 경쟁에서 밀려 쇠퇴한 것으로 나타났다. 또한 선구종의 경우 시공초기에 50% 대의 활착율을 보였으나, 3차년도 부터는 식재한 모든 개체가 소멸된 것으로 분석되었다. 식재한 수목의 활착율이 저조한 이유는 식재와 병행한 파종의 영향을 받는 것으로 볼 수 있다(김남춘 등, 2005). 김경훈 등(2011)의 연구에서와 같이 파종한 식물종의 식생피복도가 높아지는 상황에서 같이 식재한 목본종이 대부분 피압되는 현상을 보였다.

따라서 목본과 초본을 동시에 파종할 경우 목본종의 생육을 위해서 식생반 등을 설치하고, 필요시 예초작업을 해주는 것이 반드시 필요할 것으로 판단된다. 또한 전면 파종보다는 조파 등의 방법을 사용하는 것이 좋을 것으로 보이며, 파종하는 식물종도 목본과의 경쟁관계를 고려하여 선발하는 것이 필요할 것이다.

또한 외부에서 도입한 묘목들은 현지 적응기

표 4. 유형별 식재묘목의 활착율 분석.

구분	목표종(%)								동반종(%)				선구종(%)			
	상수리나무				소나무				1년	2년	3년	4년	1년	2년	3년	4년
	1년	2년	3년	4년	1년	2년	3년	4년								
P1	55.0	45.0	75.0	76.0	70.0	35.0	35.0	35.0								
P2	11.1	0.0	0.0	0.0	66.7	65.0	50.0	52.3								
P3	71.9	34.0	10.0	10.0	75.0	48.1	45.3	45.0								
P4	36.7	0.0	0.0	0.0	20.0	20.0	20.0	20.0	7.5	50.0	10.0	8.7				
P5	33.3	6.7	10.2	10.0	30.0	60.0	0.0	0.0					55.0	42.6	0	0
평균	41.6	17.1	19.0	19.2	52.3	45.6	30.1	30.5	7.5	50.0	10.0	8.7	55.0	42.6	0	0

간을 거칠 수 있도록 하며, 현지 적응은 시험시공지와 환경조건이 유사한 곳에서 실시하는 것이 바람직할 것이다. 현지에 도입한 수목의 활착을 저하 원인으로는 뿌리의 흔들림, 토양안정화 미흡 등을 들 수 있다. 본 시험시공지는 고산지대이며 바람의 영향을 많이 받는 현장이므로, 가급적 수목 식재 후에 지주목을 설치할 필요가 있으며, 방풍책의 설치도 검토할 필요가 있을 것이다. 식재 시기에서는 시험시공이 가을~겨울철에 진행되었던 관계로 수목의 활착률이 저하되는 문제점이 도출되었기 때문에 식물 생육에 적합한 봄철에 적용하는 것이 바람직할 것이다.

도입한 묘목 중에서 시공 2차년도까지는 동반종과 선구종의 생육이 좋은 것으로 보이는데, 이들 종은 목표종으로 도입한 상수리나무나 소나무보다는 현지 적응성이 뛰어난 것으로 보이며, 목표종이 성장하여 현지에 정착할 때까지의 지피를 피복해주는 선구종의 역할을 수행할 수 있을 것으로 보인다. 또한 향후 복구지 사후관리로 산림 조성을 위한 유지관리가 필요할 것이며, 여기에는 밀도조절, 시비, 복토 등을 통하여 목표로 하는 산림군락 조성을 위한 노력이 필요할 것이다 (이한진과 김동근, 2008). 이를 통해 지속가능한 생태적 복구의 목표를 달성하기 위해서 지역 환경에 적합한 녹화식물의 개발과 식생천이를 고려한 다양한 생태복구공법의 개발이 필요할 것이다.

#### IV. 결 론

백두대간이 인접해 있는 옥계 석회석 광산의 생태적 복구기준 수립을 위하여 2007년에 시험시공을 한 후 4년간의 모니터링을 통하여 복구효과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 묘목 식재와 종자 파종 방법을 적용한 결과 다양한 식물종이 생육하여 초기 피복효과는 우수하였다. 단 식생피복도와 식재 묘목의 생장은 반비례 관계를 보이고 있으며, 초기에 식생피복이 잘 된 곳에는 오히려 식재한 묘목이 피압되는 현

상이 나타나므로 2가지 방법을 같이 적용할 경우 신중한 계획이 필요할 것이다.

2. 목표종과 동반종 및 선구종을 혼합하여 적용하였을 경우 시공초기에는 동반종과 선구종이 잘 생육하였으나, 3차년도 부터는 목표종이 우세한 것으로 나타났다. 따라서 목표종 등은 식재 초기부터 분명한 관리계획을 수립하고 주기적으로 관리를 실시할 필요가 있을 것이다.

3. 종자파종 방법에서 종자를 과다하게 사용할 경우 목표하는 식생복원 예측이 어렵게 되므로, 식재한 묘목과 비교적 조화롭게 성장할 수 있다는 식물 위주로 적용하는 것이 바람직할 것이며, 종자파종 방법만으로 수림을 조성할 경우에는 묘목 식재와 차별적인 위치에서 상호 경쟁이 되지 않는 방법의 강구가 필요할 것이다.

따라서 본 연구는 복구 초기의 식생정착 및 피복에 관한 연구로서 연구대상 광산이 숲으로 복구되기에는 장기간이 소요될 것으로 예상되므로, 향후 지속적인 모니터링을 통하여 광산 복구과정을 평가할 예정이다. 또한 석회석 광산지역의 토양특성이 일반지역과 다르므로 석회석 지대에 비교적 양호하게 성장하는 호석회석 식물의 도입에 대해서도 지속적인 연구가 수반되어야 할 것이다.

#### 인 용 문 헌

- 강영호 · 이천용 · 배영태 · 김찬범. 2011. 산림재해지 복구를 위한 주요 수종의 입지 및 재해 저항 특성 분석. 한국환경복원기술학회지 14(6) : 1-15.
- 고정현 · 吉田寬 · 김남춘. 2006. 일본의 비탈면 녹화공법 발전과정과 전망. 한국환경복원기술학회지 9(1) : 112-120.
- 국토해양부. 2009. 도로비탈면 녹화공사의 설계 및 시공 지침. 국토해양부 보고서.
- 김경훈 · 우보명. 1999. 비탈면 녹화용 재료로서 산림 표층토의 적정 채취시기 및 이용방법.



- 한국환경복원기술학회지 2(2) : 53-61.
- 김경훈·주백·김학성. 2011. 백두대간에 인접한 석회석 광산의 식생복구 연구(1)-중자파중에 의한 옥계 광산복구 시험시공-. 한국환경복원기술학회지 14(4) : 55-66.
- 김경훈·홍준석. 2002. 석회석 광산의 생태적 복원모델 수립-라파즈한라시멘트 옥계광산을 중심으로-. 환경친화적인 광산개발 및 생태적 복원모델 수립을 위한 세미나 자료집. pp.99-139.
- 김귀곤. 2003. 석회석 광산의 생태복원계획-라파즈한라시멘트 옥계광산을 사례로-. 석회석 광산의 생태복원에 관한 국제 심포지엄 자료집. pp.12-13.
- 김남춘·허영진·김정훈. 2005. 환경친화적인 도로비탈면 훼손지 복원을 위한 적정 식물 배합에 관한 연구. 한국환경복원기술학회지 8(4) : 81-90.
- 김동근·박종민·임채영. 2010. 산림복원지에 대한 목표와 성과의 비교 분석. 산림공학기술 8(1) : 3-18.
- 김혜주·김보현·김두하. 2000. 폐탄광지 식생복원·녹화공법 개발을 위한 기초 연구. 한국환경복원기술학회지 3(4) : 43-51.
- 남언정·김남춘·조민환·길인·이석해·이정화. 2007. 재래 초·목본 식물 위주의 비탈면녹화시공지에 대한 식생변화에 관한 연구-모니터링 조사를 중심으로-. 한국환경복원기술학회지 10(4) : 70-82.
- 라파즈한라시멘트(주). 2005. 석회석 광산 생태복원 기본설계. 라파즈한라시멘트(주) 보고서.
- 박재현. 2007. 백운산 지역에서 벌채지내 운재로의 회복에 관한 연구. 한국환경복원기술학회지 10(2) : 34-43.
- 산림청. 2006. 채석 허가 및 복구 제도 개선 방안. 산림청 보고서.
- 오구균·김도균. 2006. 생태녹화공학. 광일문화사.
- 이수욱. 1976. 황폐나지 지피식생 조성에 관한 연구. 한국임학회지 31 : 37-42.
- 이준우·권태호. 2007. 백두대간의 현실-백두대간의 훼손실태-. 2007 백두대간심포지엄 자료집. pp.45-63.
- 이준우·김남춘·남상준·박종민·차두송. 2003. 석회석 광산의 식생녹화방법에 관한 고찰-일본 이부키광산과 부코우 광산의 사례 연구-. 한국환경복원기술학회지 6(6) : 72-85.
- 이천용. 1986. 토양 및 식생변화에 따른 산지사방공사의 효과에 관한 연구. 한국조경학회지 14(2) : 7-16.
- 이한진·김동근. 2008. 산사태 복구지 식생의 생장과 천이에 관한 연구-경북 김천지역을 대상으로-. 산림공학기술 6(3) : 189-198.
- 정규원. 2008. 토석채취지 유형별 복구방안. 산림공학기술 6(3) : 253-259.
- 정용호. 2008. 폐광지역 생태적 복구방안. 2008 광해방지심포지엄 자료집. pp.216-224.
- 한국광해관리공단. 2011. 2010년 광해통계연보. 한국광해관리공단.
- Hiller, D.A. 1997. Rekultivierung von Bergmaterialhalden des Steinkohlenbergbaues. In : Dt. Inst. f. Fernstudienforschung an der Uni Tuebingen : 383-391.