

# 태백시 동해탄광과 성원탄광 주변 산림토양의 화학적 특성 및 중금속 함량

Chemical Properties and Heavy Metal Content of Forest Soils  
adjacent to Donghae and Sungwon Abandoned Coal  
Mine Lands in Taebaek City

문현식<sup>1</sup>□조민기<sup>2</sup>□정혜란<sup>2</sup>□김종갑<sup>2</sup>□양재경<sup>2</sup>□민재기<sup>2</sup>  
경상대학교 환경산림과학부<sup>1</sup>□상주대학교 산림환경자원학과<sup>2</sup>

## I. 연구목적

폐탄광지는 기존의 산림토양과 달리 폐석 등에 의한 토양오염의 영향으로 식물생육의 관점에서 볼 때 중금속이 고농도로 존재할 뿐만 아니라 토양의 유기물 함량이 낮고 질소와 인의 유효도가 떨어지는 등 불합리한 환경조건을 지니고 있으므로, 산림생태계의 하나의 구성인자인 산림토양의 특성을 파악하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 본 연구는 폐탄광지 주변 산림의 식생복원을 위한 기초자료를 제공하기 위해 강원도 태백지역에 위치한 동진과 성원 폐탄광지를 대상으로 산림토양의 화학적 특성과 중금속 함량을 분석한 결과를 보고한다.

## II. 재료 및 방법

본 연구는 강원도 태백지역에 위치한 동진, 성원 폐탄광지와 폐탄광의 직접적인 영향을 받지 않은 대조구를 대상으로 하였다. 폐탄광 주변 산림토양의 화학적 특성과 중금속 함량을 측정하기 위한 토양시료는 각 조사지에서 7개를 임의로 선정하여 0~10cm 깊이의 토양을 채취하였다. 분석항목 중 토양 pH는 pH meter, 유기물함량은 Tyurin법, 전질소는 Kjeldahl법, 유효인산은 Lancaster법, Ca<sup>2+</sup>과 Mg<sup>2+</sup>은 EDTA적정법, K<sup>+</sup>과 Na<sup>+</sup>은 염광분석법으로 측정하였다. 토양 중금속 함량은 토양 10g에 0.1N HCl 용액 50ml를 가하여 1시간 진탕한 후 여과지(No. 6 Whatman)로 여과한 다음 그 여액을 분석 시료로 준비하였다. 10개 원소의 중금속(Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) 함량은 유도결합플라즈마 분광계(Atomscan25, USA)로 측정하였다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 산림토양의 화학적 성질

강원도 태백지역 폐탄광지 중 동해탄광과 성원탄광 산림토양의 화학적 성질은 Table 1과 같다. pH의 경우, 동해탄광의 5.04, 성원탄광 4.67로 대조구의 pH 5.59보다 낮은 것으로 나타나 폐탄광 지역 산림토양이 주위 산림토양에 비해 산성화되어 있을 것이라는 일반적인 예상과 일치하였다. 폐탄광지역 산림토양의 유기물함량은 3.03~3.50%로 대조구의 4.48%에 비해 낮은 것으로 분석되었다. 전질소 함량은 폐탄광지역이 0.17~0.27%로 대조구 산림토양의 0.16%보다 조금 높은 것으로 나타났으며 우리나라 산림토양의 평균 전질소 함량 0.19%의 범위 내에 있는 것으로 분석되었다. 동일한 산림지역에서도 함량에 있어서 변이가 심한 것으로 알려지고 있는 유효인산은 폐탄광지역이 0.15~1.80mg/kg으로 나타나 대조구 산림토양의 4.09 mg/kg 에 비해 아주 낮은 함량을 나타내었다. 치환성양이온을 살펴보면, Ca의 경우 동해탄광과 성원탄광은 각각 3.88, 3.70cmol<sup>+</sup>/kg으로 유사한 함량이었으나 대조구의 5.29cmol<sup>+</sup>/kg에 비해서는 아주 낮은 함량이었다. 치환성양이온 함량은 동해탄광은 Ca<sup>++</sup>>K<sup>++</sup>>Na<sup>+</sup>>Mg<sup>+</sup>, 성원탄광과 대조구는 Ca<sup>++</sup>>K<sup>++</sup>>Mg<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup>의 순으로 나타나 일반적인 산림토양의 치환성양이온 함량은 Ca<sup>++</sup>>Mg<sup>++</sup>>K<sup>+</sup>>Na<sup>+</sup> 순으로 감소한다는 보고와는 일치하지 않는 것으로 나타났다.

Table 1. Soil chemical properties of forest soil in investigated sites

Site	pH (H <sub>2</sub> O)	OM (%)	TN (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. cations(cmol <sup>+</sup> /kg)			
					Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Donghae	5.04	3.50	0.17	1.80	3.88	0.13	0.43	0.16
Sungwon	4.67	3.03	0.27	1.15	3.70	0.30	0.45	0.08
Control	5.59	4.48	0.16	4.09	5.29	0.54	1.28	0.15

#### 2. 산림토양의 중금속 함량

폐탄광지 산림토양의 중금속함량을 Table 2에 나타내었다. 그 함량이 많아지면 식물의 뿌리생장이 저해되어 식물 부리의 수분 및 양분흡수가 제대로 이루어지지 않아 최종적으로 지상부의 생장에 악영향을 초래할 수 있는 것으로 알

려지고 있는 Al 함량은 폐탄광지가 231.4~292.3ppm으로 대조구의 213.8ppm보다 높은 것으로 나타났다. As 함량도 대조구의 0.69ppm에 비해 폐탄광지 산림토양 중 함량이 1.15~1.90ppm으로 높은 것으로 나타났다. Cd은 폐탄광지 산림토양이 0.15~0.17ppm로이는 일반적인 산림토양 중 Cd 함량(0.35ppm) 보다도 낮은 것으로 나타났다. Cr 함량은 동해탄광이 0.18ppm으로 성원탄광과 대조구의 0.09ppm 보다 높은 것으로 분석되었다. 그리고 지구화학적 측면에서 이동도가 비교적 낮은 것으로 알려지고 있는 Cu는 폐탄광지 주변 산림토양 중 함량(1.75~1.87ppm)이 대조구 산림토양 중 함량(1.11ppm)보다 높은 것으로 나타났다. Fe과 Mn 함량도 다른 중금속 원소들과 마찬가지로 폐탄광지가 대조구 산림토양에 비해 높은 것으로 분석되었다. Ni과 Zn 함량은 대조구가 폐탄광지역보다 높거나 낮은 것으로 나타났다. 현재 우리나라에서 토양오염의 기준이 되는 중금속 중 본 연구에서 분석된 As, Cd, Cu, Pb 함량은 토양환경보전법 상의 토양오염 우려기준 As 6, Cd 1.5, Cu 50, Pb 100 mg/kg을 초과하는 조사지는 없는 것으로 분석되었으며, 원소별로 어느 정도의 차이는 있으나 대조구 지역보다 폐탄광지의 산림토양 중 중금속 함량이 많은 것으로 나타났다.

Table 2. Heavy metal contents of forest soil in investigated sites

Site	Al	As	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn
	(ppm)									
Donghae	231.4	1.15	0.15	0.18	1.87	45.6	83.1	0.53	3.6	1.64
Sungwon	292.3	1.90	0.17	0.09	1.75	45.3	36.4	0.98	4.8	1.12
Control	213.8	0.69	0.09	0.09	1.11	31.2	28.8	0.55	3.1	1.22

본 조사지인 강원도 태백지역 폐탄광지의 산림토양은 중금속에 의한 토양오염의 피해는 미약하여 직접적인 피해는 아직 나타나지 않은 것으로 판단되나 대조구 지역에 비해 폐탄광지 산림토양 내 중금속 함량이 높게 나타난 것으로 보아 향후 중금속에 의한 토양오염이 식물에 미칠 수 있는 직접적인 피해 등에 대해서도 연구되어야 할 것이다.