

# 영월·정선·평창지역 폐 석탄광 산성광산배수의 환경오염 평가

정명채<sup>1)</sup>

## 1. 서론

국내에는 약 380여개의 휴/폐광 석탄광이 분포하고 있으며, 이들의 개발에 의해 발생된 산성광산배수(acid mine drainage, AMD)는 주요한 점오염원으로서 주변의 지표수와 지하수를 오염시키고 있다. 그 동안 석탄산업합리화사업 이후, 대부분의 석탄광에 대한 광해 방지시설이 설치되었지만, 여전히 산성광산배수에 의한 수계오염은 진행되고 있다. 특히 합리화사업 이후 다양한 처리 방법을 활용하여 산성배수를 처리하고 있지만 아직도 주변 수계에 직접 또는 간접적으로 영향을 주고 있는 실정이다.

이 연구는 국내에 분포하는 석탄광의 개발로 인해 발생된 산성광산배수의 수질 환경오염 평가와 관리 및 적정 처리법의 개발에 목적을 두고 있으며, 특히 중부 내륙지역인 영월, 정선 및 평창지역에 산재되어 있는 폐 석탄광을 대상으로 산성광산배수에 의한 주변 수계의 오염과 배출수의 지구화학적 특징을 규명하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구대상지역

국내에 분포하고 있는 주요 탄전은 성인과 생성 시기가 상이하며, 지역적인 특성도 다르지만 전국에 산재되어 있으며, 이들은 주요한 수계오염원으로 존재하고 있다. 우리나라에 분포하고 있는 각종 탄전들의 위치, 종류 및 생성시기에 대한 자료를 Fig. 1에 도시하였다(석탄산업합리화사업단 홈페이지). 그리고 이들 지역 중에서 연구의 주요대상지역은 영월, 정선 및 평창지역으로써 이들 지역에 산재되어 있는 광산들 중에서 (동우)성진, (동우)세방, 대성광업, 동원탄좌, 삼척탄좌, 서진광산, 석공 나전광업소, 옥동광업, 정동광업, 한일광업, 한창광산 및 함백광산 등을 대상으로 조사하였다 (Fig. 2).

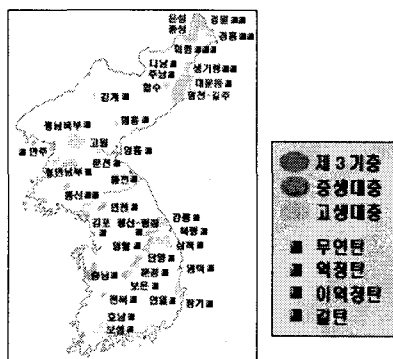


Fig. 1 국내 석탄광 분포도

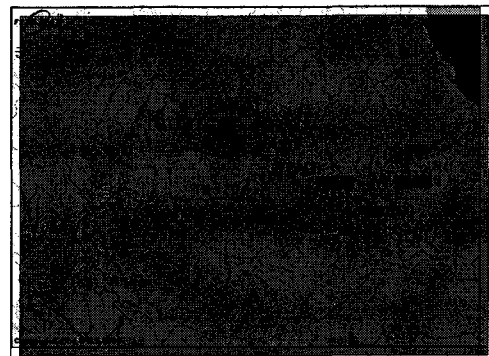


Fig. 2 조사대상광산 위치도

주요어: 산성광산배수, 환경오염, 폐 석탄광, 영월, 정선, 평창, 수질오염

1) 세명대학교 자원환경공학과(jmc65@semyung.ac.kr)

## 2.2 시료채취 및 화학분석

연구대상지역 및 광산의 유출수와 주변 하천에서 물시료를 채수하였다. 우선 계절적인 변화를 고찰하기 위하여 2000년 11월, 2001년 5월, 7월, 11월 및 2002년 3월 등 총 5회에 걸쳐 시료를 채취하였다. 시료채취방법은 일반적인 물시료 채취 및 처리 방법이 적용되었으며, 현장에서 물시료의 물리화학적 특징인 온도, pH, TDS, EC, 용존산소량, 염도,  $\text{HCO}_3^-$  등을 측정하고, 0.45 $\mu\text{m}$  membrane filter를 활용하여 여과한 후, 양이온용은 질산으로 pH를 2이하로 유지하고, 음이온 분석용은 기포를 최소화하여 두 시료 모두 냉장 보관하였다. 화학분석은 ICP-AES를 활용하여 As, Cd, Cu, Pb, Zn 등 총 19개 원소를 분석하고, IC를 활용하여  $\text{F}^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  등을 분석하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 산성광산배수의 물리화학적 특성

다양한 광산들을 조사한 결과, 지역에 따라 광산에 따라 그 물리화학적 특성이 다양하게 관찰되었다. pH 변화에서는 2.5~7.5 전후의 다양한 값들이 측정되었으며, 이중에서 전형적인 산성광산배수의 특징을 갖는 낮은 pH값을 보이는 광산으로는 (동우)성진광산, 서진광산 및 삼척탄좌(정암갱) 등이었으며, 특히 삼척탄좌의 경우, 최고 2,350mg/l의 총용존고형물량을 가지며, 이들의 대부분은 Al, Fe, Mn 등의 양이온과 황산이온이었다. 이외에도 일부 지역에서 0.06mg/l 이상의 Cd, 0.3mg/l 이상의 Cu, 0.5mg/l 이상의 Pb 및 5.5mg/l 이상의 Zn이 검출되어 중금속 오염도 역시 심각한 수준으로 조사되었다.

### 3.2 계절적 변화

산성광산배수의 계절적인 변화를 고찰하기 위하여 시기별로 조사한 결과 중에서 대표적인 물리화학적 특성 (pH, TDS,  $\text{SO}_4^{2-}$ , Al, Ca, Fe, Mn 및 Zn)을 도시한 결과, 계절별로 원소의 함량 또는 물리화학적 특성의 변화가 관찰되었다. 물론, 광산에 따라 다소 차이는 있지만 전체적으로 보면, 봄, 여름, 가을(겨울)의 순서로 용존고형물의 총량과 양이온 및 음이온의 함량이 감소되는 경향을 보인다 (Fig. 3). 봄에는 우기가 시작되는 시기로서 이때 폐석탄광의 폐석더미와 물의 반응성이 촉진되며, 여름에는 다량의 비에 의해 용출되는 양이 많지만 희석작용에 의해 상대적으로 용출되는 함량이 낮아지며 가을에는 우기동안에 다량의 양/음이온의 용출로 인해 일시적으로 이온함량이 감소되는 것으로 판단된다.

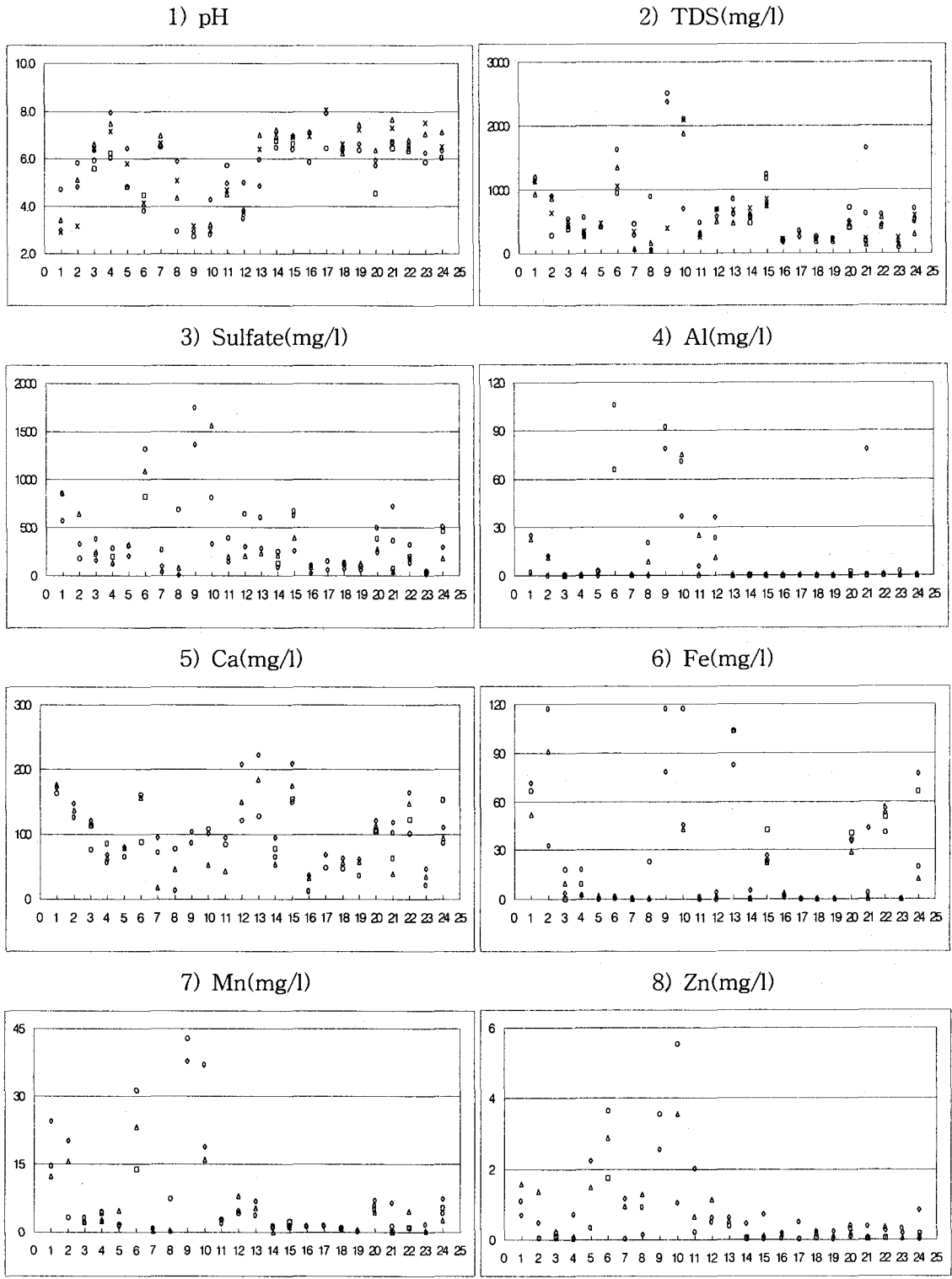
## 4. 결론

영월, 정선 및 평창지역의 폐 석탄광의 배출수와 그 주변의 수계의 오염도를 조사한 결과 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

- 1) 광산에 따라 양/음이온의 농도에는 차이가 있지만, 삼척탄좌, 서진광업, 성진광산 등과 같이 비교적 침출량이 많은 광산에서 다량의 양/음이온이 검출되었다.
- 2) 이온 함량변화를 조사한 결과, 양이온으로는 Al, Fe, Mn 등의 함량이 높았으며, 음이온의 대부분은 황산이온이 차지하고 있다.
- 3) 산성배수의 계절적인 변화에 주요 요인은 강우로 판단되며, 봄, 여름, 가을 또는 겨울의 순서로 양/음이온의 함량이 감소되는 경향을 보이고 있다.

## 5. 사 사

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R02-2000-00086)지원으로 수행되었습니다.



참고:

1) 시료채취일 : □(2000.11.16), ○(2001.5.16), △(2001.7.30), ◇(2001.11.06), ×(2002.3.30)

2) 광산명 : 1=(동우)성진광산, 2=(동우)세방광산, 3=대성광업, 4=동원탄좌, 6,7,8,9,10,11=삼척탄좌(정암갱), 12,13=서진광산, 14,15=석공나전광업소, 16,17=옥동광업(모운갱), 18,19=정동광업, 20=한일광업, 21,22=한창광업, 23,24=함백광업

Fig. 3 산성광산배수의 계절적 변화