

## 전국 폐탄광폐수의 발생 실태 및 그 오염특성 분석

### Wastewater generation from closed coalmines and its characterization

함주익 · 장 덕

석탄산업합리화사업단  
건국대학교 환경공학과

#### ABSTRACT

This research has been made in order to evaluate and characterize wastewater from closed coalmines throughout the country. The characteristics of the wastewater from closed coalmines are affected greatly with geochemical nature and are not changed significantly with the lapse of time. Pollutants concentration profile could be divided into two groups below and above pH of around 5.

#### 1. 서론

우리나라의 석탄광산은 '80년대 후반부터 채산성이 급격히 악화되어 구조적 취약성이 두드러지게 나타났으며, 에너지소비구조 변화로 무연탄소비가 계속 감소되자 석탄산업에 대한 구조조정의 불가피성이 대두되었고, 이에 정부에서는 석탄산업의 체질개선을 위하여 '89년부터 비경제탄광의 자율폐광을 지원한 결과 탄광수는 '88년의 347개에서 '97년말에 11개로 거의 3% 수준으로, 생산실적은 '88년의 2,429만톤 에서 '97년도는 495만톤으로 거의 20% 수준으로 격감하게 되었다(석탄산업합리화사업단, 1997).

이렇게 폐광된 탄광에서 일일평균 약 48,500m<sup>3</sup>의 폐탄광폐수가 발생되고 있으며 이는 산업폐수방류량(2,316,000m<sup>3</sup>/일 ; 환경부, 1995)의 약 2.1%에 해당되어 전체적으로 끼치는 영향은 미미한 것으로 보이나 부분적으로는 하천 생태계가 파괴되고, 식수원이 오염되고 있으며 오염된 하천수를 농업용수로 사용함으로써 토양오염과 더불어 중금속을 함유하는 공해식물이 생산되어 국민건강을 위협하고 있는 등 더 이상 폐탄광폐수로 인한 오염을 그대로 방치할 수 없는 급박한 상황에 처하고 있다. 따라서 본 연구에서는 전국 폐탄광폐수의 발생량과 유입수계 및 폐광년도에 따른 오염도의 차이, 폐탄광폐수의 오염농도, 오염물질부하량, 탄전별 폐탄광폐수의 특성과 오염물질 상호간의 관계 등 폐탄광폐수의 오염현황과 그 특성을 파악하는 것을 목표로 연구하였다.

## II. 실태조사 대상 선정 및 분석방법

1987년도에 가행중이던 347개의 탄광중 1996년까지 폐광된 336개의 탄광을 대상으로 먼저 문헌조사를 통하여 자료를 확보한 후에 1차 개황조사를 통하여 폐탄광폐수가 발생되고 있는 폐탄광을 확인하였고 이에 대하여 매분기에 한번씩 폐탄광폐수의 특성과 밀접한 관계가 있을 것으로 보여지는 탄전, 폐광년도, 유입수계(유입하천), 유출량, pH, 용해 Fe, 용해 Al,  $SO_4^{2-}$  이온 등을 조사, 분석하였으며, 조사과정에서 발견된 1987년 이전에 폐광된 탄광에서 유출되는 폐탄광폐수도 조사대상에 포함시켰다. 유출량 및 pH는 현장에서 유량계와 휴대용 수질분석기(WQC 20-A)를 사용하여 즉시 측정하였고, 용해 Fe 농도, 용해 Al 농도,  $SO_4^{2-}$  이온 농도는 현장에서 채수한 시료를 P·E용기에 여과(FILTER PAPER #2, 5~8 $\mu$ m, 18.5cm)한 후 염산으로 보존하여 실험실로 가져와 분광분석기(Spectro photometry, DR-3000)를 사용하여 분석하였다.

유량측정방법은 Parshall flume을 이용하는 방법, 용기를 이용하는 방법 및 수도계량기를 이용하는 방법을 사용하였으며 유출수량의 다소, 유량계 설치장소의 경사도, 바닥면의 고르기, 유량계 설치시의 난이도에 따라 가능한 최적의 유량계를 선택하여 측정하였다.

## III. 결과 및 고찰

우리나라의 탄전은 평안계 장성층에 주로 발달하였고 강릉-해남을 잇는 지도상 대각선의 띠를 형성하고 있는 지나방향으로 분포하는 옥천지향사내 특히 동북쪽에 위치한 강릉탄전, 삼척탄전, 정선탄전 등에 많이 분포되어 있고 서남쪽으로는 분포가 상대적으로 적은 편이다 (대한광업진흥공사, 1990).

폐탄광폐수의 pH와 용해 Fe, 용해 Al,  $SO_4^{2-}$  이온 등의 오염농도와의 사이에는 그림 10에서와 같이 pH 5 부근에서 둘로 나뉘는 특별한 관계가 있으며, 그림 2에서와 같이 동북쪽에 위치한 강릉탄전, 삼척탄전, 정선탄전 등의 폐탄광폐수가 서남쪽에 위치한 보은탄전, 호남탄전 등에서 유출되는 폐탄광폐수보다 오염농도가 높을 뿐만 아니라 pH 5 부근에서 둘로 나뉘는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 이러한 현상은 옥천지향사의 지질학적 특성 즉 동북쪽은 일반적으로 비변성대에 해당되고, 서남쪽은 보편적으로 변성대에 해당되는 특성과 연관이 있는 것으로 추정된다 (대한광업진흥공사, 1990).

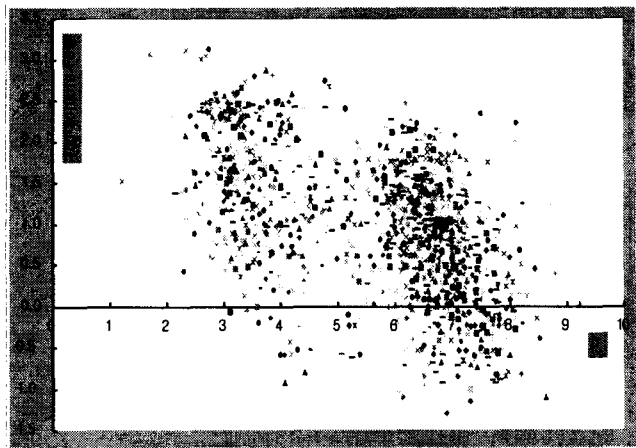


그림 10 폐탄광폐수의 pH와 용해철농도와의 관계

그림 2에서와 같이 강릉탄전에서 용해철농도가 매우 컸으며 삼척탄전, 정선탄전 등의 순으로 농도가 높았다. 용해 알루미늄농도에 있어서도 강릉탄전, 삼척탄전, 정선탄전 순이었다. 황산이온 농도에서도 동북쪽이 높고 서남쪽이 낮은 경향을 보였으나 앞의 두 경우만큼 뚜렷하게 나타나지는 않았다.

우리나라 폐탄광폐수의 유출량은 그림 3에서와 같이 약 29%는 남한강수계로, 약 22%는 동해로, 약 19%는 낙동강으로 유입되고 있어 이 세 수계로 유입되는량이 전국 발생량의 약 70%를 차지하고 있으며 이러한 폐탄광폐수의 발생량 및 오염현황은 다음 표 1과 같다.

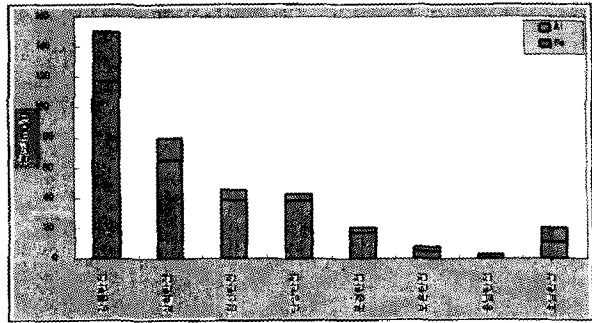


그림 11 탄전별 용해철 및 용해알루미늄부하량



그림 12 수계별 평균폐탄광폐수 유출량비

표 1. 폐탄광폐수 발생량과 오염현황

발생량 (m <sup>3</sup> /일)	평균 pH	평균용해농도 (mg/l)			오염부하량 (kg/d)		
		Fe	Al	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Fe	Al	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
48,500	5.66	48.2	11.3	519.2	2,338	548	25,181

※ 평균이라고 표기한 것은 산술평균임.

폐탄광폐수의 유입 수계별 평균 용해 Fe 농도는 동해로 유입되는 폐탄광폐수의 용해 Fe 농도가 50%를 넘었으며 그 다음으로 남한강, 낙동강의 순이었고, 용해 Fe 부하량은 동해로 유입되는 량이 전체의 66%를 차지하였으며, 그 다음으로 낙동강, 남한강 순이었다.

폐탄광폐수의 유입수계별 용해 Al 부하량은 동해로 유입되는 량이 전체의 72%를 차지하고 있고, 그 다음으로 남한강, 낙동강 순이었으며, 황산이온 부하량은 동해로 유입되는 량이 전체의 37%를 차지하고 있고, 그 다음으로 낙동강, 남한강, 금강 순이었다.

오염도는 탄전별 지질특성에 따른 영향이 매우 큰 것으로 나타났고, 폐광년도에 따른 오염도의 차이가 거의 없는 것으로 보아 시간의 경과에 따라 오염농도감소가 매우 느리게 진행됨을 알 수 있어 자정작용에 의하여 정화되기를 기대하기보다는 인위적으로 정화하는 것이 필요하다.

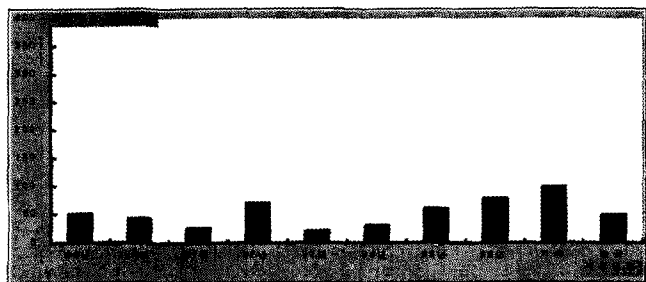


그림 13 폐광년도별 평균 용해철 오염농도

#### IV. 결론

우리나라에서 발생되고 있는 폐탄광폐수를 대상으로 그 발생특성을 파악하고 오염인자간의 상호관계를 파악하고자 한 본 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다.

1. pH와 용해철, 용해알루미늄, 황산이온농도 사이의 관계는 pH 5 부근에서 둘로 나뉘는 현상을 나타냄에 따라 pH 5 부분에서는 폐탄광폐수의 오염 발생이 억제됨을 알 수 있었다.
2. 우리나라 폐탄광폐수로 인한 오염은 동북쪽에 소재한 폐탄광으로 부터 발생하는 폐탄광폐수의 오염농도가 서남쪽에 소재한 폐탄광으로 부터 발생하는 폐탄광폐수의 오염농도보다 매우 높았으며 이러한 현상은 강릉에서 해남을 잇는 지나 방향으로 분포하는 옥천지향사의 지질학적 특성과 매우 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.
3. 우리나라 폐탄광폐수의 약 29%가 남한강수계로, 약 22%는 동해로, 약 19%는 낙동강으로 유입되고 있어 이 세 수계에 유입되는 양이 전국 발생량의 약 70%를 차지하고 있으며 주로 상류의 오염농도 및 부하량이 높았다.

### 참 고 문 헌

- 1) 대한광업진흥공사, 1989. 한국의 광업 현황
- 2) 대한광업진흥공사, 1990. 한국의 석탄광, 상, 하
- 3) 석탄산업합리화사업단, 1995. 석탄광폐광지원백서
- 4) 석탄산업합리화사업단, 1995. 폐광에 따른 광산지역 환경개선 연구(폐수, 폐석)
- 5) 석탄산업합리화사업단, 1997. 석탄통계연보
- 6) 환경부, 1995. 환경백서