



석탄에 의한 수질오염

석탄은 어떻게 물을 고갈시키고 오염시키는가

2008년 미국 테네시 주에서 일어난 석탄재 유출 사고로 38억 리터에 달하는 석탄재 슬러리가 에모리 강을 오염시켰다. 사진: Dot Griffith

안 전한 물을 경제적이고 손쉽게 얻는 일이 점차 어려워지는 가운데 석탄 산업의 위협에도 놓여있다. 엄청난 양의 담수가 석탄의 채굴, 운송, 전력 생산 과정에서 소비되고 오염된다. 인도에서 일반적인 1,000메가와트(MW) 규모의 석탄화력발전소에 쓰이는 물은 70만 명의 기초적인 물 수요와 맞먹는다.

세계적으로 석탄발전소는 전체 물 소비량의 8%를 차지한다. 인도, 중국, 호주, 남아공과 같이 석탄 생산량과 소비량이 높은 국가들에서 이미 물 부족을 겪으면서도 오히려 석탄 산업을 확대하려는 계획을 염두에 두면, 석탄

산업으로 인한 물 문제가 우려되는 대목이다

석탄은 주요한 오염물질 배출원이다. 석탄이 처리되는 모든 과정에서 사람과 생태계에 심각한 피해를 입히는 수준으로 중금속과 여러 독성물질을 배출해 물을 오염시킨다. 이런 독성 노출은 태아의 선천적 장애, 질병 발병과 조기 사망률을 높인다. 야생동물도 유사한 피해를 받는다. 눈에 보이지 않거나 감시의 사각지대에서 일어나는 석탄 오염은 건강과 환경에 보이지 않는 위협이 되고 있다.



1. 막대한 양의 물 소비

채굴과 전처리

채굴 작업에서 기업은 탄층에 도달하기 위해 엄청난 양의 지하수를 암반에서 빼내게 된다. 노천 광산은 석탄 1톤당 약 1만 리터의 지하수를 뽑아내고, 지하 탄광은 석탄 1톤당 약 462리터의 지하수를 취수한다. 취수되는 물의 양은 탄층 깊이와 주변의 수문학(水文學)적 지리학적 조건에 따라 상당한 차이를 보인다.¹ 호주 갈릴리 유역에서 계획된 일련의 대규모 광산은 13억 리터의 물을 취수할 것으로 예상되는데, 이는 시드니 항구 수량의 2.5배가 넘는 수준이다. 지하수 취수로 인해 지하수면이 크게 낮아지고 주변 지역의 우물을 고갈시키거나 인근 하천에 피해를 남긴다.²

채굴된 석탄은 유황과 다른 불순물을 제거하기 위해 일반적으로 물과 화학물질을 사용한다. 미국 에너지부는 석탄 채굴과 세척 과정에서 하루에 2억6000만~9억8000만 리터의 물을 소비하는 것으로 추산했다.³

한 사람이 하루에 50리터의 물을 사용한다고 가정하면, 이 정도 규모는 500~2000만 인구의 기초적인 물 수요량과 같다. 탄광이 건조 지역에 개발되는 경우 물 자원 문제는 더 심각해진다. 석탄 채굴은 물 자원에 장기적으로 심각한 오염을 일으켜 물이 풍부한 국가에서도 물 부족을 초래할 수 있다.

연소

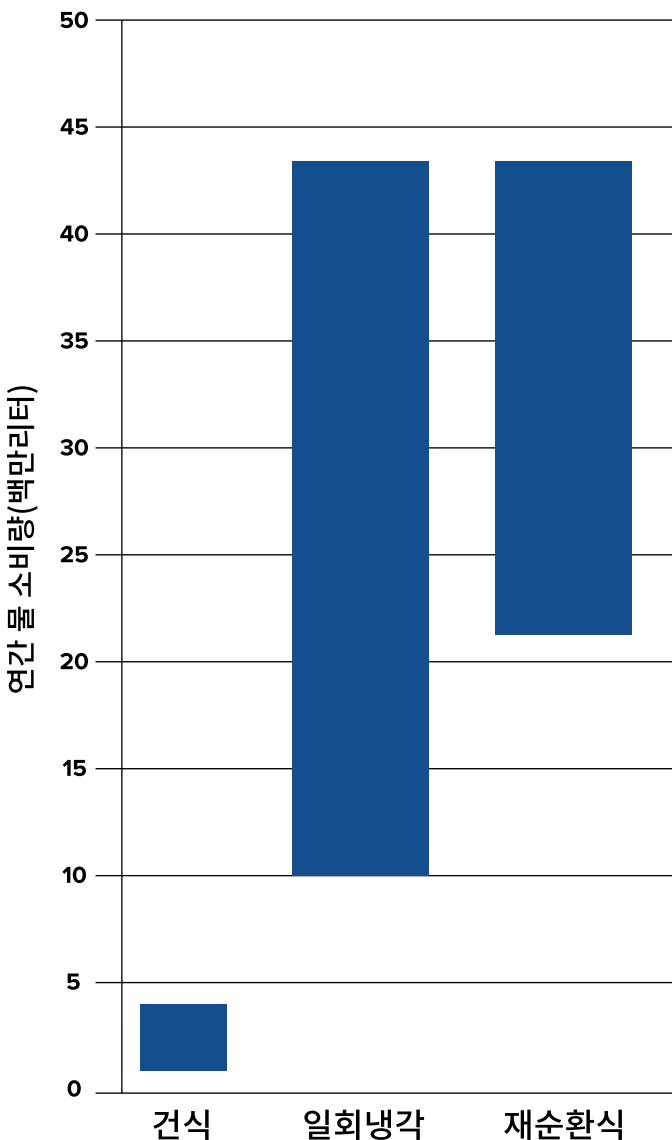
석탄 산업 중에서도 석탄화력발전소가 거의 대부분의 물을 사용한다. 내륙에 위치한 발전소의 경우 담수 소비량이 훨씬 많다. 세계 전역에서 기후변화로 물 공급에 차질을 빚는 지금 석탄화력발전소는 담수 공급의 문제를 악화시키고 있다.

석탄은 물을 끓여서 수증기로 바꾸기 위해 태운다. 수증기는 터빈을 돌려 전력을 생산한다. 냉각장치가 수증기를 식혀서 다시 물로 압축시킨다. 석탄화력발전소에 사용되는 거의 모든 물은 바로 이 냉각장치를 위해 투입되는 것이다.

냉각수를 위한 다량의 물 소비

석탄화력발전소에서 끌어들이는 담수와 사용하는 물의 양은 냉각장치의 종류와 발전소 입지에 따라 크게 달라진다. 일회냉각 방식의 석탄화력발전소는 막대한 양의 물을

1000MW 석탄화력발전소의 물 소비량



소비 vs 취수

석탄화력발전소에서 물을 어떻게 쓰는지 이해하려면, ‘소비’와 ‘취수’ 간의 차이를 구분하는 것이 중요하다. 일반적인 500MW 석탄발전소는 올림픽 수영장 경기장 규모의 수량을 매 3.5분마다 ‘취수’한다.⁴ 일회냉각장치(once-through cooling) 사용을 위해 취수된 물은 고온의 상태로 본래 지점에 다시 방류된다.

석탄발전소에서 ‘소비’된 물은 취수된 지점으로 되돌아가지 않고, 하류 지역의 식수와 농업, 식량 생산 용도로 더 이상 이용될 수도 없다. 소비된 물은 연소 과정 동안 발생된 오염물질에 오염돼 석탄재 처리장에 저장되거나 냉각 과정 동안 증발되기도 한다.

빨아들여 수서 생물에 끔찍한 피해를 입힌다. 미국에서는 다량의 물이 발전소로 끌어올려지는 과정에서 생물이 거름망에 걸리거나 냉각장치에 빨려들어가면서 해마다 20억 마리의 물고기, 게, 새우 그리고 5,280억 마리에 달하는 어란과 유충을 죽이게 된다.

유입됐던 물의 대부분은 다시 원래 자리에 버려지며 수온은 보통 5.6~1°C 더 높아지게 된다. 이 ‘온배수’는 수서 생명과 생태계를 망가뜨리는데, 수온의 미세한 변화에도 극도로 민감하기 때문이다.⁵

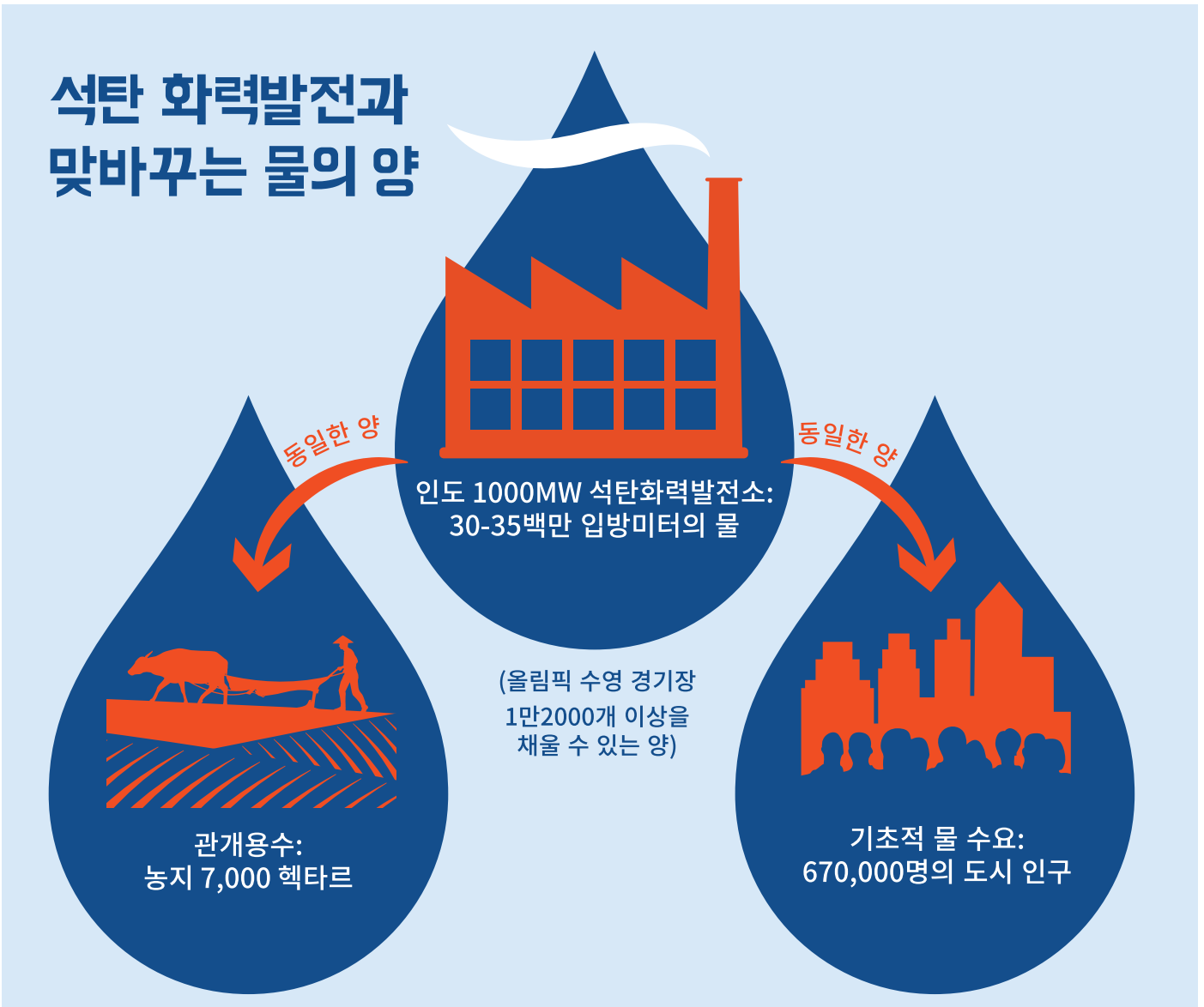
밀폐식 또는 재순환식 냉각장치가 설치된 석탄화력발전소의 경우 일회냉각 방식을 쓰는 발전소보다 끌어들이는 물의 양이 훨씬 적지만, 사용하는 물의 양은 더 많다는 특징이 있다. 이런 설비는 보통 대형 냉각타워를 이용해 대기로 물을 냉각시킨다. 하지만 수백만 리터에 달하는 물이 수증기로 날아가게 돼 다시 채워져야 한다.

세계 석탄화력발전소의 6% 미만은 건조 냉각 방식을 이용하고 있다. 이 방식은 물 대신에 공기를 이용해서 냉각시킨다. 이 방식의 발전소는 재순환형 냉각 방식의 발전소보다 75%의 물을 적게 사용한다. 그러나 건조 냉각장치는 가격이 비싸고 에너지를 많이 쓴다는 단점이 있다. 건조 냉각 방식의 발전소에서는 가동 중에 더 많은 양의 석탄을 태워야 하며 발전 효율을 떨어뜨리고 이산화탄소 배출량을 최대 6%까지 증가시킨다.⁶

악화되는 물 분쟁

여러 나라에서 건조지역에 탄광과 석탄화력발전소가 입지하게 되면서 물을 둘러싼 분쟁을 심화시켰다. 인도 중부의 비다르바(Vidarbha) 지역에서는 정부의 경제 자유화 조치와 소농에 대한 지원 축소 그리고 농업 대신 석탄을 중심으로 한 발전소에 대한 물 이용권의 우선 할당에 따라 2001년부터 2010년까지 농부들은 극심한 부채에 시달리게 됐다. 막대한 재정적 압력을 이기지 못 하고 6,000명 이상의 농부들이 자살했다. 이런 비극에도 불구하고

석탄 화력발전과 맞바꾸는 물의 양



하고, 매년 20억 입방미터의 물을 소비하게 될 71개의 화력발전소가 비다르바 지역에서 운영 허가를 받기 위한 절차를 밟고 있다.

인도는 향후 30년 내 국가 물 소비량이 공급량을 초과할 것이란 전망에도 불구하고 수백 개의 석탄화력발전소 건설 계획을 강행하고 있다. 계획 중인 석탄화력발전소는 소비할 물의 양은 연간 25억~28억 입방미터에 이를 것으로 보인다. 이는 인도의 6개 대도시인 뭄바이, 델리, 방갈로, 하이데라바드, 아메다바드, 첸나이에 거주하는 인구의 기초적 물 수요와 비견되는 양이다(도시 거주민 매일 소비하는 물의 양을 135리터로 가정).

중국 정부는 2030년까지 심각한 물 부족에 직면할 것이라는 전망에도, 주로 서부 지역에 집중될 14개 지역의 대규모 탄광 개발과 16개 지역에서의 새 석탄화력발전소 건설을 계획 중이다. 그린피스에 따르면, 이들 석탄화력발전소는 매년 100억 입방미터의 물(황하강 유량의 1/6 수준)을 소비할 것이라고 보고했다. 건조 지역에서의 인구당 물 자원은 국가 평균의 10%밖에 되지 않는다. 현재 식수와 농업 그리고 야생동물에게 돌아가고 있는 물의 상당량이 석탄 사업으로 쓰이게 될지도 모른다.

남아공에서도 석탄 사업의 확대로 물 부족 문제가 심화

될 것이다. 물의 수요와 공급 전망에서 이미 17%의 간극이 있다. 13개의 신규 석탄화력발전소 건설 계획은 상황을 악화시킬 뿐이다.

탄광 개발 확대 역시 다량의 물을 소비하며 그나마 부족한 담수 공급을 더 어렵게 만들 것이다.⁹ 천혜의 자연을 간직하고 있으며 물이 희소한 북부의 워터스버그 지역에서 석탄 사업 확장은 큰 위협이 되고 있다. 석탄 사업에 물 이용권을 보장하면서 농업과 같은 다른 용도 이용은 불확실해졌기 때문이다.

물 부족 지역에 석탄화력발전소가 들어서는 것은 경제에 부정적 영향을 미친다. 만약 발전소 운영에 필요한 물이 충분하지 않다면 가동을 멈출 수밖에 없다. 전력 수요가 가장 많아지는 더운 날씨에는 냉각수 온도 역시 상승시켜 오히려 석탄화력발전소의 전력 생산량을 떨어뜨린다. 발전량 감소는 운영사의 수입을 떨어뜨리고 채무 지분을 어렵게 만든다.



석탄의 채굴부터 폐기까지: 어떻게 물이 오염되는가

채굴

노천 광산은 자연 하천을 심각하게 망가뜨리고 홍수를 증가시켜 하류 지역의 안전을 위협하게 된다. 일단 노천 광산이 개발되면, 나무와 식물은 광범위한 규모로 제거된다. 엄청난 양의 토양이 파내지고 광산 근처에 언덕을 이루며 쌓인다. 비가 내리면 토양 침식으로 인해 수 톤에 달하는 침전물이 하천과 습지의 유통을 막고 오염을 증가시킨다.



산성화된 탄광 배출수는 수서 생태계와 식수 공급 체계를 오염시킨다.

침전물로 꽉 막혀 버린 하천은 어업이나 운송 이용을 더 이상 불가능하게 한다.

약 3,840km에 달하는 길이의 하천이 미국 동부의 아팔라치아 산 정상에서 벌어진 탄광 개발(산 전체를 위에서부터 깎아 내리면서 석탄이 아닌 흙들은 옆의 계곡으로 밀며 채굴하는 방법)로 인해 매립되었다. 매립으로 인해 계곡에 미친 피해는 되돌릴 수 없는 수준이었다. 탄광 주변에 거주하던 사

람들은 수질 오염에 노출되어 폐암과 심장, 호흡기, 신장 관련 질병이 늘어나면서 고통을 받아왔다. 연구기관에 따르면 1999년부터 2005년까지 이 지역에서 4,432명이 조기 사망했다고 보고했고, 주된 원인으로 오염된 물의 섭취를 지목했다.¹⁰ 이 지역에서 선천적 장애 발병률도 26%나 증가했다.¹¹

산성화된 광산 배수는 석탄 채굴에서 나타나는 가장 심각한 피해 중의 하나다. 채굴로 인해 노출된 암석이 물과 반응하면서 알루미늄, 비소, 수은과 같은 중금속이 자연적으로 환경에 방출된다. 산성화된 광산 배수는 지하수와 하천을 오염시켜 수서 생태계는 물론 지역 사회가 기반한 식수와 농업용수와 같은 수자원을 망가뜨린다. 이런 피해는 탄광이 문을 닫고 나서도 오랫동안 일어날 수 있으며 어쩌면 무기한 지속될 수도 있다.

남아프리카공화국의 수자원부 관계자는 공개적으로 산성화된 광산 배수에 대해 “유례 없는 가장 심각한 환경 문제”라고 말했다¹² 남아공에서 거의 6,000개에 달하는 폐광이 있다. 매일 약 2억 리터의 산성 광산 배수가 흘러나와 발 강 유역을 오염시킨다고 보고됐다. 산성화된 광산 배수의 피해는 폐광된 이후에도 계속 발생하기 때문에, 일반적으로 배상과 막대한 복구 비용은 고스란히 지방정부와 납세자들에게 전가되는 상황이다.

전처리

채굴되고 난 석탄은 물이나 화학물질로 세척돼 황, 석탄재, 암석 같은 불순물이 제거된다. 이 과정에서 많은 양의 물을 소비해 지하수 층을 고갈시킬 수 있다. 결과물로 배출되는 폐수는 슬러리 저수지에 저장된다. 슬러리 저수지를 가두는 댐 중에서 규모가 큰 것은 수십억 리터에 달하는 독성 폐수를 저장하게 된다.¹⁴

석탄 슬러리는 엄청난 양의 중금속과 유기화합물을 포함하고 있어, 암을 유발하거나 태아 발달에 심각한 피해를 줄 수 있다. 대부분의 슬러리 저수지는 방수처리를 하지 않아 화학물질이 지하수와 수중으로 침투하게 만든다.

슬러리 저수지를 가두는 댐은 안전성과 구조적 완결성을 담보할 보호 장치도 갖추지 않은 채 단기간에 건설된다. 석탄 슬러리 댐이 유출되면, 수백만 리터에 달하는 독성 석탄 폐기물이 쏟아져 나와 토양과 강, 하천을 오염시킨다.

2013년 10월 캐나다에서 흙으로 지어진 댐이 무너져 6억 7000만 리터에 달하는 석탄 슬러리를 아타바스카 강의 지류로 흘러보냈다. 여기에 비소, 카드뮴, 수은, 납과 같은 고농축 중금속이 검출되면서, 정부는 오염물질이 하류로 이동할 때까지 주민들에게 하천 이용을 금지하게 했다.¹⁵

운송

BNSF의 추산에 따르면, 석탄을 실은 기차가 600km를 이동하게 되면 기차 한 량마다 300kg의 석탄 분진이 유출될 수 있다. 석탄 분진은 대기오염을 일으켜 진폐증과 같은 질환을 유발할 수 있다. 석탄 분진은 철로를 통한 운송 과정은 물론 석탄 운송선이나 석탄 적재 과정에서 수로를 오염시킬 수 있다.

미국에서 석탄화력발전소는 매년 127백만 미터톤의 폐기물을 배출하는데, 이는 축구경기장 60개를 채울 정도의 양이다.

연소

미국의 경우, 배출된 오염물질의 독성 수준을 고려하면, 석탄화력발전소는 독성물질에 의한 수질오염의 최대 배출원이다. 석탄발전소에서 배출되는 폐수에는 수많은 중금속과 기타 독성물질이 포함되어 있어서 수서 생물에 치명적 피해를 주고 식수를 오염시킨다.¹⁶

석탄화력발전소는 해마다 수백만 톤에 달하는 중금속 오염 폐기물을 발생시킨다. 이런 폐기물에는 비소, 붕소, 카드뮴, 납, 수은, 셀레늄 그리고 기타 중금속이 들어있다. 석탄재 폐기물은 건식 매립지에 저장되거나 방수 처리되지 않은 구덩이에 물과 섞여 저장된다. 방수 처리되지 않

석탄 발전소는 어떻게 수질오염을 일으키나

대기오염물질 저감 장치가 없다면, 이산화황 배출물은 산성비를 일으키고 식물과 야생동물에 피해를 주게 된다. 수은도 수질오염으로 태아에 악영향을 남긴다.

냉각수를 위해 물을 끌어들이며 물 부족을 일으키고 수서생물을 죽이게 된다.

온배수도 수서생물에 악영향을 미친다.

Wet ash from boiler and air pollution control filters.

석탄재 매립지

석탄재 저수지는 사람과 생태계에 피해를 준다.

석탄재 저수지

중금속과 기타 유해물질의 침출로 수질오염을 일으키고 암 발병과 선천성 장애 그리고 신경계 질환의 원인이 된다.

은 구덩이에 매립된 석탄 오염물질은 지하수와 토양에 침출돼 식수 오염을 일으킬 위험성을 높인다.

건식 저장 방식은 습식 저장 방식보다는 나은 대안이다. 건식 저장법은 석탄재를 넓은 매립지에 저장한다. 매립지는 독성 분진이 바람에 날려가거나 빗물과 섞여 수질오염을 일으키지 않도록 표면을 덮어야 한다. 매립지 바닥에 강력한 불투수성 재료를 덧대서 중금속물질이 지하수에 침출될 위험성을 줄여야 한다.

대기오염물질 저감 장치는 오염물질 배출 경로를 공기에서 물로 이전시켜 석탄화력발전소에서 발생하는 폐수의

양을 크게 증가시킨다. 석탄 폐수는 야생동물과 인체 건강 피해를 입히는 농도의 중금속을 배출해 지하수와 지표수를 오염시킨다.¹⁷

석탄 연소 폐기물로 인한 피해

석탄 연소를 통해 발생하는 독소는 인체의 주요 기관을 손상시키고, 태아와 유아 발달에 피해를 입히며, 암 발병과 사망률을 높인다. 미국에서는 석탄재 폐기물에서 침출

된 독성물질이 100개 이상의 지역에서 식수 오염을 일으켰다.

미국 환경보호청(EPA)에 따르면, 석탄재에서 침출된 독성물질의 농도가 연방 식수 기준보다 수백에서 수천 배 초과한 것으로 일부 사례에서 나타났다. 게다가 방수 처리가 되지 않은 석탄재 저수지에서 1.6km이내에 거주하는 사람들은 오염된 식수 섭취로 인해 50명 당 한 명꼴로 암에 걸릴 확률이 있다고 보고됐다. 이는 환경보호청의 허용 기준보다 무려 2,000배나 더 높은 수준이다.

수서 생물다양성에 끼치는 석탄 오염의 피해는 심각한 결과를 낳고 있다. 석탄재 오염은 물고기와 양서류의 기형을 일으키고 번식률을 감소시키며 전체 개체에 악영향을 미친다고 보고되었다. 석탄 연소로 발생한 폐기물이 미국에서 어류와 야생동식물에 미치는 피해 비용은 약 23억 달러에 달할 것으로 추정된다. 맹독성 셀레늄은 피해를 일으키는 주요 원인이다.

석탄재 저수지에 유출 사고가 발생할 경우 최악의 피해를 낳는다. 2008년 12월 미국 테네시 주 킹스턴의 석탄재 저수지 보가 무너지면서 38억 리터에 달하는 석탄재 슬러리를 에모리 강으로 배출하는 사태가 일어났다. 독성 슬러리가 토지를 뒤덮으면서 주택을 망가뜨리고 주민들

은 피난할 수밖에 없었다. 석탄 산업은 정치적 압력을 행사하며 오늘날까지도 석탄재 폐기물에 대한 규제 노력을 좌절시켰다.¹⁸

수은

석탄을 태우면서 발생하는 독성 수은은 대기로 배출됐다 가 빗물을 통해 강과 하천으로 유입된다. 먹이사슬에 따라 수은 농축이 일어나고, 어류 섭취를 통해 수은이 몸 속까지 들어오게 된다. 수은은 뇌와 신경계에 손상을 입힐 수 있는 강력한 신경계 독성물질이다. 특히 임산부나 가임기 여성에게 수은은 심각한 우려를 낳고 있다. 수은 노출은 발달 장애와 지능 저하를 일으키고 유아와 아이의 견고 말하는 시기를 지연시킨다.

출처

- 1 J Meldrum et al. 2013. "Life cycle water use for electricity generation: a review and harmonization of literature estimates," Environmental Research Letters, 8: 015031.
- 2 "Draining the Life-blood: Groundwater Impacts of Coal Mining in the Galilee Basin," Hydrocology Environmental Consulting, 23 September 2013, p. 5.
- 3 US Department of Energy (DOE). 2006. "Energy Demands on Water Resources: Report to Congress on the Interdependency of Energy and Water." Washington, DC, p. 20.
- 4 "Coal Impacts on Water," Greenpeace, 21 March 2014, <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/climate-change/coal/Water-impacts/>
- 5 "Treading Water: How States Can Minimize the Impact of Power Plants on Aquatic Life," Grace Communications Foundation, Sierra Club, Riverkeeper, Waterkeeper Alliance and River Network, 2013, pp. 4-5.
- 6 Union of Concerned Scientists website, "How It Works: Water for Power Plant Cooling," http://www.ucsusa.org/clean_energy/our-energy-choices/energy-and-water-use/water-energy-electricity-cooling-power-plant.html.
- 7 Grace Boyle, Jai Krishna R, Lauri Myllyvirta and Owen Pascoe. "Endangered Waters: Impacts of coal-fired power plants on water supply," Greenpeace India Society, August 2012, p. 5.
- 8 Boyle et al (2012), p. 3.
- 9 Melita Steele. "Water Hungry Coal: Burning South Africa's Water to Produce Electricity," Greenpeace Africa, 2012, p. 4.
- 10 Michael Hendryx and Melissa Ahern. Mortality in Appalachian coal mining regions: the value of statistical life lost. Public Health Reports 2009; 124(4): 541-550.
- 11 Melissa M. Ahern, Michael Hendryx, Jamison Conley, Evan Fedorko, Alan Ducatman and Keith J. Zullig. The association between mountaintop mining and birth defects among live births in central Appalachia, 1996-2003. Environmental Research, August 2011; 111(6): 838-846.
- 12 http://programme.worldwaterweek.org/sites/default/files/marius_keet_stockholm.pdf
- 13 Steele (2012), p. 15.
- 14 "Brushy Fork Coal Sludge Impoundment," http://www.sourcewatch.org/index.php/Brushy_Fork_coal_sludge_impoundment
- 15 "Cleanup of coal slurry spill into Athabasca ordered by province," The Canadian Press, November 19, 2013.
- 16 "The unquenchable thirst of an expanding coal industry," The Guardian, April 1, 2014.
- 17 Steele (2012), p. 14.
- 18 Gottlieb (2010), pp. vi-20.

참고

Coal Activist Resource Centre:
endcoal.org

Waterkeeper Alliance:
waterkeeper.org

World Resources Centre:
wri.org/aqueduct

Greenpeace:
<http://grnpc.org/lgHhy>

Union of Concerned Scientists:
<http://bit.ly/1xQuhCR>

