

지속가능한 휴폐광산 관리 및 광해 방지를 위한 환경·광산 지리정보체계 구축 및 개선 연구 - 환경부분 중심으로 -

이주영* · 한무영** · 양중석*** · 최재영****

A Study on Environmental · Mine Geographic Information System Approach
for the Sustainable Mine Management and Prevention of Mine Hazards
- Focused on the Environmental Section -

Ju Young Lee · Moo Young Han · Jung-Seok Yang · Jaeyoung Choi

I. 서 론

II. 광해방지대책 및 관리체계의 문제점

III. 국내 폐광산 지리정보시스템 구축현황

IV. 지속가능한 폐광산 정화 및 관리를 위한 정책제언(환경부분)

V. 결 론

참고문헌

* 서울대학교 건설환경공학부(Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University)

** 서울대학교 건설환경공학부(Department of Civil and Environmental Engineering, Seoul National University)

*** KIST 천연물소재연구센터 폐광산복원연구팀(Natural Products Center, KIST-Gangneung)

**** KIST 천연물소재연구센터 폐광산복원연구팀(Natural Products Center, KIST-Gangneung)

국문 요약

국내 광산은 1960년대 및 70년대에 원료자원확보를 위한 기간산업으로 육성 개발되었고, 90년대 이후 광량 고갈 및 국제자원가격 하락으로 인한 채산성 악화로 거의 대부분의 광산이 폐광되었으며, 대다수의 폐광산의 폐광석 및 광미 적치장의 관리가 불안전하여 오염물질의 확산으로 토양과 수질이 오염되고 있는 실정이다. 이러한 토양오염상태에도 불구하고 정확한 중금속 오염원 파악 및 위해성을 인지하지 못한 상태에서 지속적으로 환경오염에 노출되어 있어, 이로 인한 주변생태계 파괴가 우려되는 상황이다. 이에 본 논문에서는 현재 진행 중인 지속가능한 휴폐광산 정화 및 관리를 위한 기존 환경·광산지리정보시스템 활용뿐만 아니라 추가적 기능 확대방법에 관한 제언을 통해 정책결정자 및 관리자들이 체계적이고 통합적인 광해방지정책 마련과 사업에 이바지할 수 있도록 할 것이다.

주제어 | 광해방지정책, 환경·광산지리정보시스템, 휴폐광산

Abstract

In South Korea, Mine industries were encouraged to obtain the natural resource from 1960 to 1980. However, the depletion of natural resource and decreasing price have been caused by the voluntary closure of non-economical mines and a cut of their production since 1990. Harmful wastewater containing such heavy metals as iron, aluminum, arsenic, and cadmium are being discharged from abandoned pits and waste stone and tailing dumping sites following the closure of mines. Therefore, the objective of this paper suggests a policy of mine hazard prevention(PMHP) and method that allows the combination of new spatial data and as well as collected data on resources for the sustainable mine reclamation and management using EGIS/MGIS technique to develop an integrated plan and management techniques.

Keywords | PMHP, EGIS/MGIS, Abandoned Mine

I 서론

1. 휴폐광산 현황

우리나라의 광업활동은 해방 이전에는 주로 금속, 비금속광산 개발에 주력하여 오다가 그 후의 혼란기에는 광업활동이 거의 미미한 상태였으며, 1960년대부터 1980년대 후반까지는 광산 개발이 활발히 이루어졌다. 일반광의 경우 금속광산들은 전국에 고른 분포를 보이며 산업원료 및 전쟁물자를 조달할 목적으로 광산개발이 이뤄졌으며, 석탄광의 경우는 몇몇 개의 탄전형태로 개발되어 에너지 문제의 해결을 위해 국가중점사업으로 개발되어 왔다. 그러나 1980년대 후반부터 사회구조의 변화, 에너지 소비패턴의 변화, 3D 노동의 회피, 저렴한 가격의 공산물 수입, 부가가치의 하락 등으로 광업활동은 위축되기 시작하였으며 경영합리화가 되지 못한 광산물은 휴폐광하게 되었는데, 금속광산의 경우 전국적으로 966여 개, 비금속광산은 전국적으로 240여 개, 석탄광의 경우 342여 개의 광산들이 휴폐광하게 되어 전성기에 비해 약 97% 정도가 활동을 중단하게 되었다. 광산활동이 중단됨으로써 휴폐광산 당시 철저한 광산보안조치 또는 환경보호조치가 미흡하였으며, 관리자 없이 방치되어 폐광도, 채굴, 광미사나 폐석 등의 광산폐기물, 채광 및 선광제련 시설물 등이 잔존하여 광해의 요인으로 작용하게 되었다¹⁾.

2. 휴폐광산에 의한 광해의 유형

광산지역에서 발생하는 주요 광해현상은 주로 휴폐광산들의 적절한 관리와 사후처리 없이 방치되어 강산성의 폐수와 독성이 강한 중금속을 유출시켜 하천 및 주변토양을 오염시킬뿐만 아니라 지반의 침하와 방치된 시설물 등으로 복구에 대한 필요성이 절실한 실정이다. 휴폐광산에 의한 광해 실태는 중금속 및 시안성분 등이 포함된 버려진 선광공정폐기물 및 적치된 광미에서 흘러나오는 침출수와 광미 분진의 비산으로 인해 하천은 물론 주변토양을 심각하게 오염시키고 있다. 휴폐광산 광해의 오염원별 유형은 다음과 같다. 광해발생 유형은 <그림 1>에 나와 있다.

1) 환경부, 2003.6. 「폐금속광산 토양오염실태 일제조사」.

그림1 광해발생 유형



출처: 환경부, 2003.6. 「폐금속광산 토양오염실태 일제조사」.

II 광해방지대책 및 관리체계의 문제점

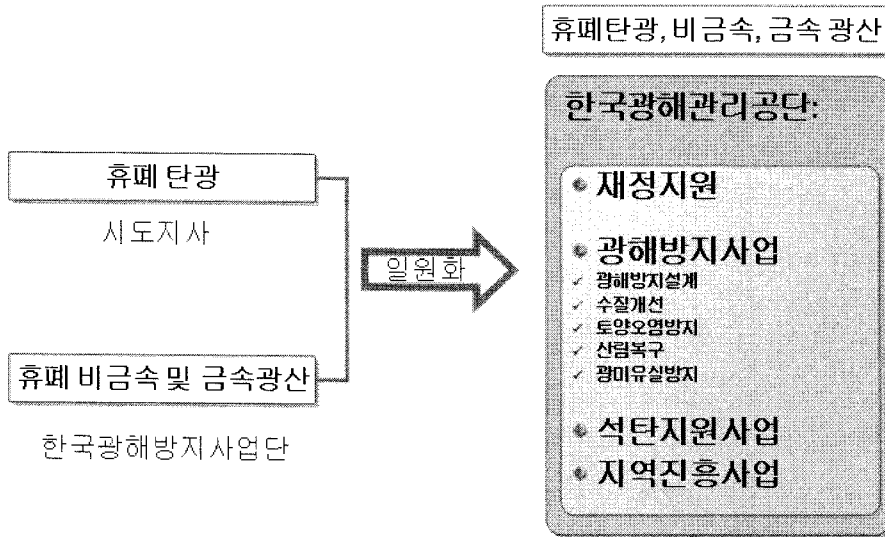
1. 광해의 관리체계

광해 관리체계는 소관부처인 지식경제부에 담당하고 있으며 '광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률²⁾'에 의거하여 관리하고 있다. 기존에는 석탄산업법에 따라 석탄광의 광해방지시설은 한국광해관리공단이 폐광산대책비를 지원하여 폐시설철거, 지반침하방지, 주변산림복구, 수질개선 사업을 수행하였고, 일반 금속광산 및 비금속광산은 기존의 시도지사에 의하여 광해방지시설 국고보조사업비로 갱도붕락방지시설허가, 폐수정화, 폐석유실방지등을 지원했었다. 하지만 광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률 제정 및 개정 이후 한국광해관리공단으로 일원화함으로써 관리의 효율성을 증진시켰다. <그림 2>는 제정된 광해관리 체계를 보여주고 있다. 또한 새로 사업을 시작한 광산과 가행광산에서 유출되는 광산배수는 수질

2) 지식경제부, 2008.3.28.공포. 6.29.시행. 「광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률」.

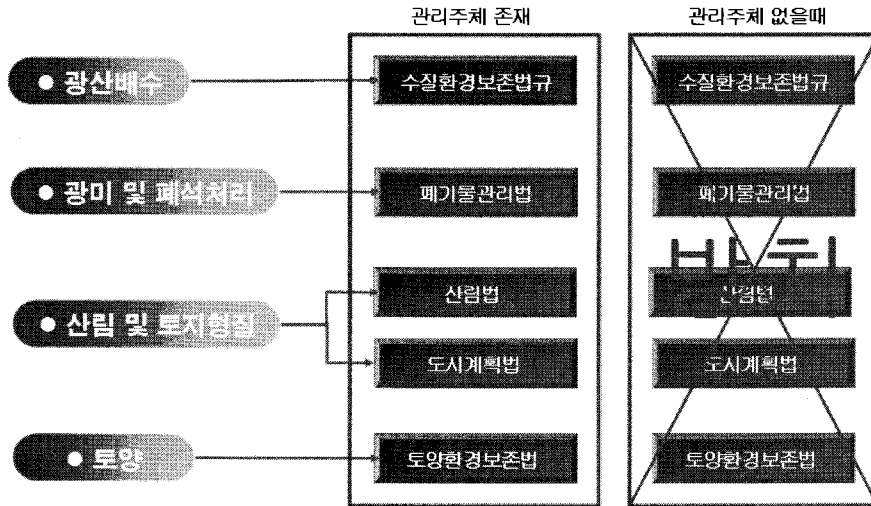
환경보전법규에 따라 허용기준치이하로 유지할 수 있도록 배출시설 설치를 하도록 규정하고 있고, 주변 토양의 경우 토양환경보존법에 의하여 광산지역 및 주변지역의 오염도가 토양오염우려치 및 대책치를 초과할 경우는 지식경제부와 농림수산식품부에서 통보받아 광해방지사업을 수행하도록 하고 있다. 그 외에 산림법과 도시계획법에 준해 훼손된 산림의 복구를 수행하여야 하고 사전에 산림 복구를 위해 복구비를 예치하여야 한다. 광미와 폐석은 폐기물관리법에 의하여 적정하게 관리되거나 처분하여야 하지만 관리주체가 명확하지 않으면 방치할 수밖에 없는 실정이다. <그림 3>은 광해유형별 관계법규에 관하여 보여주고 있다.

그림 8 광해관리체계



출처: 지식경제부, 2008.3.28.공포, 6.29.시행, 「광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률」.

그림3 광해유형별 관계법규



출처: 지식경제부, 2008.3.28.공포. 6.29.시행. 「광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률」.

2. 광해방지대책 및 관리의 문제점

1) 휴폐광산에 의해 광해관리 책임소재의 불명확성

대부분의 휴폐광산들은 1920년대부터 1990년대까지 국가기간 산업으로 육성 발전된 것 들로써 광업권 소유자 자체가 불분명하거나 소재가 파악되기 어려운 상황이다. 또한 광업 권자나 조광권자가 확인된다 하더라도 ‘광해피해의 방지 및 복구에 관한 법률’에 10조에 나 오는 ‘지식경제부장관은 과거 광업권이 소멸한 후라도 광업권 또는 조광권을 승계한 자는 제 1항에 따라 종전의 광업권자 또는 조광권자에게 발생한 광해방지책임을 승계하고 방지 하기 위한 필요한 조치를 명할 수 있다. <신설 2008.3.28>’ 라고 되어 있다. 하지만 휴폐광산 수가 많은 현실에서 과다한 비용 부담으로 인한 신속한 광해방지대책사업의 실효성이 떨어 지는 실정이다.

2) 광해방지사업의 비용부담

광해방지사업의 비용부담은 지식경제부장관에 의해 휴지광산 및 폐광산의 광업권자 또 는 조광권자에 대하여 가행 중에 징수한 ‘광해피해의 방지 및 복구에 관한 법률’에 24조의

규정에 따른 광해방지의무자에 대한 부담금으로 조성하게 된다. 다만, 광해방지사업비 진행 중인 광해에 대한 시설관리유지비 및 그 밖의 운영비 등의 부족분에 한하여 부과하게 된다. 그러나 2007년 이후부터 2011년까지 수행중이거나 수행예정인 광해방지사업을 보면 아래 <표 1>을 보면 알수 있듯이 5년간 총 사업비가 5,500억원 이상의 비용이 소요되는 것으로 추정하고 있다. 예산확보는 광해방지의무자 부담금과 정부출현보조금으로 충당할 예정이다. 하지만 광해방지사업에 수행하는 업체들이 대부분 중소기업체들이 대부분이기 때문에 전문성이 부족한 실정이고 처리기술상의 표준화가 아직 제대로 되어 있지 않는 실정이다. 한편 2007년 8월 4일부터 새롭게 시행되는 폐기물관리법령에 따라 기준에 계속 제기된 사후관리아행보증기금제도를 수행하게 됨으로 인해 향후 광해방지사업수행에 활성화가 이루어질 것으로 판단된다.

표1 연도별 투자계획

사업내용	2007		2008		2009		2010		2011		합계	
	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비	개소	사업비
지경 식 제 부	267	800	257	1100	251	1,100	266	1,152	303	1,249	1,344	5,401
농림 수 산 부	185	17	190	17.5	194	18	75	9.5	80	10	724	72
환 경 부	321	36	231	31.5	240	32.4	-	-	-	-	892	99.9
총 계	773	853	678	1,149	685	1,150	341	1,161	383	1,259	2,860	5,573

출처: 산업자원부, 2006.10.30. 「광해방지기본계획서(2007-2011)」.

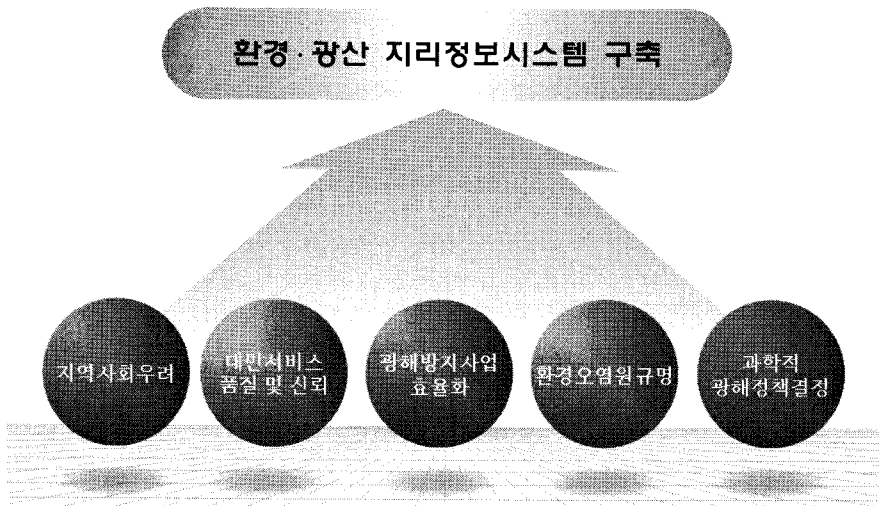
3) 관리부족과 명확한 실태규명 부족

광해를 야기시키는 광산의 수가 많고, 지속적으로 오염물질을 배출하고 있는 실정으로 인해 지역주민들에게 피해를 주고 있지만, 석탄합리화사업단과 각 지방자치단체에서 예산 부족과 인력부족으로 전국에 산재해 있는 광산을 관리하지 못하고 있는 실정이다. 또한 각 휴폐광산의 광해실태조사 충분히 이루어지고 있지 않고, 오히려 지자체 및 지역주민들이 오염원에 대해 조심하고 있는 실정이기 때문에 이러한 문제를 해결하는 것도 중요하다.

III 국내 폐광산 지리정보시스템 구축현황

최근 광산피해방지과 복원사업을 추진하는 정부산하기관(광해방지사업단³⁾)과 국가출현 연구소(지질자원연구소)에서는 광산 및 광해현황 정보를 체계적으로 관리하고 조회할 수 있는 환경지리정보시스템(EGIS: Environmental Geographic Information System) 혹은 광산지리정보시스템(MGIS: Mine GIS)을 구축중에 있다. 기존의 광해에 의한 환경오염, 지반침하, 산림훼손 문제로 인한 지역사회의 불만을 해소하고 광해방지시설 설치 및 효율적 유지관리를 위해서는 필요한 통합관리시스템이다. 또한 최근 IT(Information Technology) 기술의 발달은 이러한 시스템의 현실화에 크게 기여하고 있다. 또한 <그림 4>는 환경·광산지리정보시스템 목적을 보여주고 있다.

그림4 환경·광산 지리정보시스템 목적



1. D/B 구축

현재 국내 여러기관에서 광산관련 D/B을 구축하고 있다. 현재 각 기관에서 구축하고 있는 환경·광산지리정보 D/B의 구조를 보면 <그림 5>와 같다. 광산 관리를 위해 필요한

3) 산업자원부, 2006.10.30. 「광해방지기본계획서(2007-2011)」.

D/B 구조는 지형도, 토지피복도, 지질도, 광산지역 지도, 갱구도, 광산 위험물 지도, 위성지도 등이 나누어져 있다. 특히 한국광해방지사업단의 경우, 광산지리정보시스템 구축을 활발히 진행중에 있는데, 1:5,000 수치 지형도 및 수치지질도를 기본으로 하고, 광산 주제도인 갱내도 및 광구도, 광해 주제도인 시추 위치도, 토양오염측정지점, 정화시설 위치, 산림훼손지 및 복구지에 관한 D/B가 구축되어 있는 실정이다⁴⁾. D/B 형태는 도면 D/B 구축과 속성 D/B 구축으로 나눌수 있다.

1) 도면 D/B⁴⁾

- ① 1: 50,000 광구도(수치광구도)
- ② 광업지역(1:50,000 지질도)
- ③ 갱내도(수치 갱내도)
- ④ 지형도(1:5,000 수치도면)
- ⑤ 지질도(1: 50,000 수치지질도)
- ⑥ 편집지적도

2) 속성 D/B⁴⁾

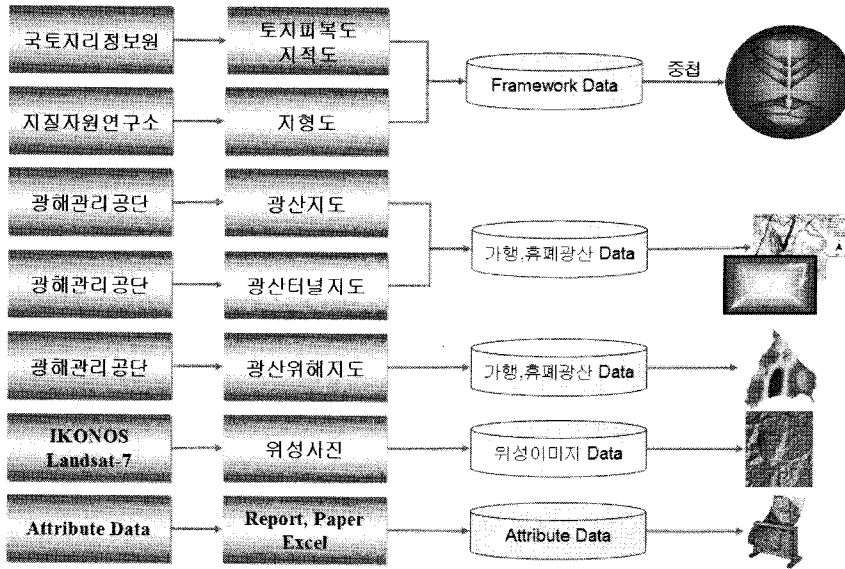
- ① 광산정보→ 가행일, 폐광일, 광업권자, 채광량, 광종, 광업권등록번호, 지적, 소재지
- ② 갱내도→ 수갱, 사갱, 승갱, 중단, 권립복선,통 기사갱, 편, 레벨
- ③ 갱구 GPS 측량정보→ 갱입구, 갱구사진, 갱구확인자 정보
- ④ 광구도→ 자유형광구도, 단위형 광구도, 광업허가면적, 존속기간
- ⑤ 광업지적
- ⑥ 지반침하방지사업→ 지질조사자료, 지구물리탐사해석자료, 계측자료, 시추자료, 보강재 정보
- ⑦ 수질자료

이렇게 구축된 D/B 자료는 효율적인 관리를 위해 응용프로그램 개발 및 연계 적용을 통해 휴폐광산 관리를 최적화 할 수 있다. 그러나 위에서 언급된 정보만으로 관리자, 실무자, 그리고 지역공동체의 환경보존에 대한 요구를 충족시킬 수 없으며 보다 적극적이고 지속가

4) 김정아 외. 2008.6. "광해방지사업단 광산지리정보시스템의 개발 및 활용현황" 『한국지형공간정보학회』 391-396.

능한 환경·광산 지리정보시스템 도입이 절실히 요구된다. 좀 더 자세한 내용은 후반부의 IV장에서 언급할 것이다.

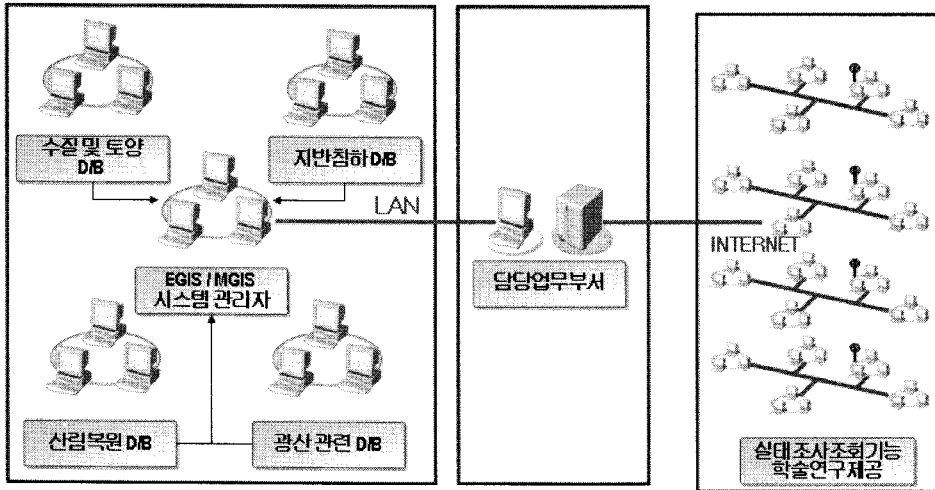
그림5 현재 구축완료 및 구축 진행중에 있는 환경(광산)지리정보시스템 D/B



2. 전체 시스템 구성

<그림 6>에서 환경·광산 지리정보시스템의 구성을 계략적으로 보여주고 있다. 우선 광산관련 GIS D/B 구축 및 관리를 담당하는 기관은 광해방지 및 가행 및 휴폐광산 관리를 위해 필요한 담당부서별 자료로 분류를 해야한다. <그림 6>과 같이 수질 및 토양 관련 D/B, 지반침하관련 D/B, 산림복원 관련 D/B, 그리고 광산정보 관련 D/B로 나누어진다. 이 모든 것은 GIS 시스템 관리자에 의해 관리되어지게 되며 D/B의 형태는 공간 D/B와 속성 D/B로 구성되어지게 된다. 이러한 자료는 담당부서별로 관리하게 되고, Web-base 형태로 해서 전문가와 일반인을 대상으로 정보를 제공하게 된다. 그러나 현 시스템은 분명한 한계점을 가지고 있다. 현재의 시스템은 사후대책에 대한 방재효과를 극대화하기 위해 구성되어 있으며, 기후변화와 토지피복의 변화가 진행중인 현재 시점에서는 기능적 한계를 안고 있다. 따라서 다음 IV장에서 이러한 문제점의 개선안에 대해 논하려고 한다.

그림6 환경(광산)지리정보시스템 전체시스템 구성



IV 지속가능한 폐광산 정화 및 관리를 위한 정책제언(환경부분)

앞서 설명한 가행 및 휴폐광산 관리를 위한 환경·광산 지리정보시스템의 구성과 활용에 대해서 설명하였다. 본 장에서는 이 논문의 목적인 지속가능한 광산 정화 및 관리를 위한 정책제언(환경부분 중심으로)을 제시하고자 한다. 환경·광산 지리정보시스템의 경우 광해 및 광산관련 국가기관 대상으로 업무와 연구의 효율성을 목적으로 수행하였으며, 최근에는 대민서비스지원을 목표로 광산관련정보 제공, 환경복원정책지원, 지역개발 기초자료제공을 제한적으로 시행하고 있다. 또한 광해 및 광산 연구자 지원을 목적으로 지반침하/예측, 환경오염분석/예측, 3차원 지하모델링을 향후목표로 하고 있지만 미미한 실정이다.

따라서 현재 구축중인 광해관리를 위한 지형정보시스템만으로는 복합적인 원인으로 발생하는 광해를 효과적으로 해결하는 것은 다소 무리가 있을 수 있다. 광해 발생으로 인한 오염은 광산 및 주변지역에만 국한되는 것이 아니다. 특히 갱내수, 광미 및 폐광석들은 집중호우에 의해 넓은 지역으로 확산되기 때문에 그 주변 지역 대상으로 관리하는 것은 한계가 있다. 현재 구축중인 환경·광산 지형정보시스템의 경우는 광산 및 주변지역에 초점을 두고 있으며 게다가 현장조사 및 현장 실측정보 제공에 중점을 두고 있기 때문에 효과적인

광해방지사업 수행은 한계가 있을 것으로 판단된다. 광해에 의한 사후대책관리 및 위해도 평가를 위해 광해발생원(토양, 갭내수와 지하수)과 그것과 연계된 유역모델, 하천수질모델, 경관생태모델 등을 통합연계를 통해 정교한 유역대상 환경·광산관리 지형정보시스템 개발이 필요한 실정이다. <그림 7>은 새로운 환경·광산 지리정보시스템에 관한 Flow chart 를 보여주고 있다. 구체적 설명은 다음과 같다.

1) Step 1 (입력자료를 위한 D/B화)

제언된 새로운 환경·광산 지리정보시스템은 3가지 그룹별 입력자료가 필요로 하게 된다.

- ① 광산자료(III-1 참조)
- ② 수질자료(측정지점, 수질환경보존법에 나오는 화학적, 생물학적, 물리학적 수질항목)
- ③ 유역자료(토지피복정보, 지형적 정보, 토성정보, 생태계 정보)
- ④ 기상자료(강우량, 강우유출값, 기상인자들(온도, 습도, 풍속, 일조량) 그러나 현재 일부 광산 지역의 경우, 아직 D/B화 되어 있지 않는 실정이다.

2) Step 2 (유역별 특성 파악)

기존에 D/B화된 광산의 유역별 위치와 광산배수의 유역별 거동 및 확산을 예측하기 위한 지형학적 유역/하천 특성과 토성속성 분석을 수행하게 된다. 이러한 이유는 광산이 위치한 유역별 매개변수 산정 및 유출분석과정을 통해 Step 3의 정교한 Model development 위한 사전작업이라고 볼 수 있다.

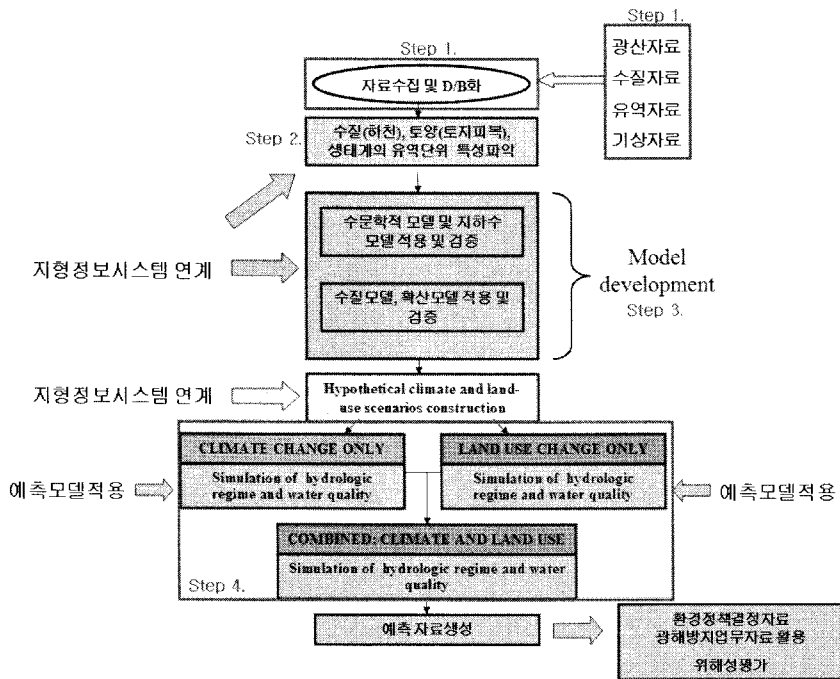
3) Step 3 (Model development)

입력화된 자료와 광산을 포함한 유역의 특성 분석을 통해 강우시에 발생하는 광해확산 시뮬레이션은 수문학/수리학적 모델 및 지하수 모델을 통해 예측할 수 있게 된다. 또한 광해확산은 하천 및 주변 수계의 오염 뿐만 아니라 하류의 농경지 오염과 지역 주민의 건강 위해도에 대한 평가자료로 활용할 수 있다. 최근에 IT 기술의 발달과 정교한 강우-유출 시뮬레이션 모델이 발달함에 따라 광해확산 예측은 3D의 형태로 구현이 가능하게 되었다. 추가적으로 지형정보시스템내에 GUI(Graphic User Interface) 형태로 연계를 통해 통합관리모델로 발전시킬 수가 있다.

4) Step 4 (예측모델적용)

미래 강우발생과 토지피복의 변화는 광해의 확산에 대한 지속가능한 광산 및 광해관리를 위해 반드시 고려해야할 분석 항목이다. 또한 경제적인 정책결정과 관리운영고도화를 위한 핵심 기술이다. 강우예측기술의 경우는 기상청의 강우예측시스템과 연계하여 앞으로 발생 가능한 광해 확산분포를 산정해 정확도를 높여 광해 피해를 감소시켜줄 뿐만 아니라 지속 가능한 광산의 효율적 관리를 위한 정책적 표본인자로 활용될 수 있다.

그림7 제안된 환경·광산지리정보시스템



V 결론

이상에서 효율적인 광산·광해관리를 위한 지형정보시스템의 적용현황 및 한계점을 통해 새로운 환경·광산 지형정보시스템에 관해서 제시해 보았다. 현재 운영중인 관리시스템

은 D/B 구축과 이를 통한 관련 업무자들 의한 관리의 효율성에 중점을 두고 있다. 새롭게 제시된 환경·광산 지형정보시스템은 관리자만을 위한 시스템이 아니라, 광산 및 광해문제의 효율적 해결을 위한 정책결정자들, 그리고 청정한 환경에 살고자하는 지역주민들의 욕구충족, 그리고 궁극적으로 기후변화에 대응한 지속가능한 지역개발 및 국토종합개발을 위한 중요한 해결책으로 활용될 수 있다.

추가적으로 앞서 제시한 지속가능한 광산관리(환경부분)를 위한 지형정보시스템 뿐만 아니라 선진국이 운영하는 광해관리 법률체계 및 제도 도입도 필요하다. 이러한 체계의 운영 여부는 사회적으로 광해문제를 인식하는 중요성, 사회적 대처의 적극성 및 전문성이 필요하다. 하지만 현재 우리나라는 광해문제에 대한 인식이 선진국에 비해 크게 미흡한 실정이다. 또한 광해에 의한 환경위해가 돌발적으로 발생하였을 경우 이에 대한 즉각적인 조치를 취하는 제도적 시스템도 아직 제도화 되어 있지 않고 있다. 기술적 측면을 고려해 볼 때, 일본의 경우는 광산보안법 내 각종 지침과 광해방지전담기관들이 광산의 특성을 반영한 광해대상 관리 지침서(Guide Book)를 마련하고 있으며, 미국의 경우 광해방지 전담 법규 내에 <가행탄광의 환경보호 표준>을 구체적으로 마련하여 복구의 합리적 관리를 도모하고 있다⁵⁾. 하지만 우리나라는 관련 기술표준화가 일본이나 미국에 비해 크게 낙후되어 있는 실정이다. 또한 현재 구축중인 광산 및 광해관련 D/B의 대부분은 지역적의 실익에 따라 자료 공개가 불확실한 실정이다. 비록 가능한 자료일지라도, 여러 가지 행정적 절차를 통해 일부는 비공개로 전제로 하여 연구목적으로만 외부제공이 가능하도록 되어 있다. 마지막으로 본 논문을 통해 제시된 기술적, 제도적 체계가 구축되고, 자료 접근성 유무에 관한 문제가 해결된다면, 이후 광해 문제로 야기되는 환경오염 등을 효과적으로 해결할 수 있게 될 것이며, 단순한 지역적 환경문제 해결 방법 뿐만 아니라 국가적 환경문제 해결책으로 자리잡게 될 것이다.

5) 산업자원부, 2008. 12, 「해외 주요국의 광해규제 및 관리제도 연구」.

참고문헌

- 김정아 외. 2008.6. "광해방지사업단 광산지리정보시스템의 개발 및 활용현황" 「한국지형공간 정보학회」 391-396.
- 산업자원부. 2006.10. 「광해방지기본계획서(2007-2011)」.
- _____. 2008.12. 「해외 주요국의 광해규제 및 관리제도 연구」.
- 지식경제부. 2008. 「광산피해의 방지 및 복구에 관한 법률」.
- 환경부. 2003.6. 「폐금속광산 토양오염실태 일제조사」.