

## 폐탄광GIS 구축방안에 관한 연구

정문섭\* · 김운상\*\* · 최용복\*\*\*

### A Strategy for the Establishment of the Abandoned Mine GIS

Moon-sub, Chung\* · Yun-sang Kim\*\* · Yong-bok Choi\*\*\*

#### 요 약

폐탄광 지역에서의 광해(鑛害)문제 해결과 재개발 및 경제활성화를 위해서 폐탄광 관련정보들을 체계적으로 관리·분석하는 폐탄광GIS의 구축이 요구되고 있다. 국내외 사례분석을 통하여 기본개념을 구상했으며, 이를 바탕으로 삼척시 고사리 지역을 대상으로 시범시스템을 구축하였다. 시범시스템 구축을 통해 가장 합리적인 구축방법을 도출하고, 시범시스템 과정에서 도출된 문제점을 분석하여 향후 폐탄광GIS 구축사업의 향후 추진방안과 일정을 제시하였다.

**주요어** : GIS, 폐탄광, 광산, 광해, 지반침하

**ABSTRACT** : The Abandoned Mine Geographic Information System(GIS) should be established in order to prevent and restore mine damages and to revitalize the economy in abandoned mine regions. The purpose of this paper is to develop and propose a pilot system and the Abandoned Mine GIS. The basic concept for the establishment of the Abandoned Mine GIS is embodied through case studies of various countries. Gosari region in Samcheok City is selected as a sample site for a pilot system. Through construction and operation of the pilot system, a rational method and some difficulties are identified. Based on the result of the pilot system, directions and schedules for the establishment of the Abandoned Mine GIS are presented.

**Keywords** : GIS, Abandoned Mine, Mine, Mine Damages, Ground Subsidence

\* 국토연구원 연구위원(Korea Research Institute for Human Settlements, GIS center)

\*\* 석탄산업합리화사업단 지반안정과(Coal Industry Promotion Board)

\*\*\* 제주대학교 교수(Cheju National university)

## 1. 서 론

석탄수요의 감소로 수익성 없는 탄광을 정리함에 따라 '89년 이후 300여개 이상의 탄광이 폐광되기 시작하여 현재는 11개의 탄광만이 남게되었다 이러한 과정에서 폐광 후 방치된 폐탄광으로 인한 안전사고 및 환경오염 등의 광해문제는 심각한 사회문제로 대두되었다. 특히 폐탄광의 지하갱도 및 채굴적으로 인한 지반침하하는 지상 구조물에 커다란 피해를 미치고 대형안전사고를 불러올 수 있는 원인이 되고 있다. '95년부터는 지반침하우려지역에 대한 조사 및 보강공사를 실시하고 있으나 전국에 산재해 있는 휴·폐탄광의 지하 채굴적에 대한 보다 종합적이고 체계적인 관리가 요구되는 실정이다. 또한 폐탄광에서 유출되는 광산폐수로 인한 수질오염 문제와 산사태·경관훼손의 원인이 되는 산림훼손 문제 등에 대한 복구대책 또한 시급한 실정이다.

이러한 광해를 방지하기 위해 추진중인 광해방지사업 업무는 그 특성상 수많은 지상·지하의 도면 및 관련된 속성에 대한 분석과 그 결과도면의 작성이 필요하기 때문에 GIS의 도입이 반드시 필요하다. GIS를 이용하여 도면 및 각종 광해관련 자료를 체계화하고 분석하는 것을 통해 광해방지사업의 효율성은 이전보다 크게 증대될 것이다. 따라서 폐탄광지역의 지반침하, 수질오염, 산림훼손 문제 등과 같은 광해문제를 효율적으로 관리·분석하고 해결방법을 마련하기 위해서 폐탄광 GIS의 구축 및 운영이 필요하며, 더 나아

가 폐탄광GIS는 중·장기적인 폐탄광 지역의 현황 및 환경복원에 관한 기초자료를 구축함으로써, 향후의 재개발에 대비한 정책제시 및 개발지원시스템으로의 발전되어가야 할 것이다.

본 연구의 목적은 전국적인 폐탄광GIS 구축에 앞서 폐탄광GIS의 추진목표 및 방향, 추진방안, 세부추진계획 등의 폐탄광GIS 구축방안을 제안하는 것이다. 또한, 폐탄광GIS 시범시스템의 개발·운영을 통하여 예상되는 문제와 해결방안을 사전에 검토하여 제시하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 현황 및 문제점

### 2.1. 국내 폐탄광 지역의 현황과 문제점

우리나라의 석탄광은 강릉, 정선, 삼척, 영월, 단양, 문경, 보은, 충남, 전북, 호남, 경기, 경주·영일, 북평 등 13개 탄전에 걸쳐서 분포한다. 한때, 300 여개 이상의 탄광이 있었으나 대부분 폐광되고 현재는 11개의 탄광만이 가행하고 있다.

이전의 탄광지역은 현재 대부분 폐탄광 지역으로 변모하였으며 사회·경제적인 낙후와 더불어 지반침하, 폐수유출, 산림훼손 등의 광해로 인해 많은 어려움에 직면해 있다. 광해로 인한 안전사고와 환경오염은 주민의 피해를 가중시키고 지역개발의 장애요인으로 작용하여 폐탄광 지역의 낙후를 더욱 가중시키고 있기 때문에 시급히 해결되어야 할 가장 중요한 과제이다.

광해방지사업은 크게 지반침하방지사

업, 수질개선사업, 산림복구사업 등으로 구분된다. 지반침하방지사업은 탄광개발에 따르는 지하공동의 위치를 조사하고 공동상부의 지표 이용실태를 파악하며, 갱도, 채굴적 존재여부, 크기 및 깊이, 공동상부의 암반상태, 지상에 나타나는 침하징후 등을 면밀히 조사하여 지반의 안정성을 판단하고 지반침하우려지역의 지중·지표의 침하량, 지상구조물의 균열 등을 계속 계측하여 지반침하사고를 예방하기 위한 지반보강공사를 시행하는 사업이다. 수질개선사업은 폐탄광에서 유출되는 폐수를 물리·화학적 정화방법이나 생물학적 정화방법으로 정화하고 하천의 정비를 수행하는 사업이다. 산림복구사업은 폐석유실방지공사 및 식재사업 등을 수행하는 사업이다. 광해방지사업에 사용되고 있는 주요자료로는 지형도, 광구도, 지질도, 갱내도, 지반안정성 조사자료, 지반침하 계측자료, 지반보강 공사자료, 수질개선사업 공사자료, 산림복구사업 공사자료 등이 있다.

이제까지의 광해방지사업은 수작업에 의존하였기 때문에 부평 분묘함몰사고와 같은 긴급한 사고 발생시 신속하게 의사결정에 필요한 분석도면을 제공할 수 없었고, 오래된 종이도면의 신축으로 인해서 정확도가 유지되기 힘들었다. 또한 도면자료는 각기 다른 좌표체계와 축척을 가지고 있고 각 기관마다 필요에 따라 작성하여 사용하고 있기 때문에 체계적이고 통합적인 관리가 이루어지지 않았다. 더욱이 모두 2차원적인 도면만을 사용하고 있기 때문에 지하갱도와 지형지물과의 관계를 효과적으로 분석하는데 어려움을 가

지고 있는 것으로 나타나고 있다.

## 2.2. 국내외 폐탄광GIS구축 관련사례와 시사점

폐탄광과 관련한 국내관련기관과 연구소의 GIS구축사례 및 연구들을 조사·검토한 결과는 다음과 같다. 석탄산업합리화사업단은 보유하고 있는 광산도면 1,000여장을 이미지 파일로 구축하여 관리할 수 있는 광산도면관리시스템을 개발하여 운영중이다. 대한광업진흥공사는 웹 사이트에 자원정보센터를 개설하여 도면의 이미지 파일의 검색 및 다운로드 등의 기능을 수행하고 있다. 대한석탄공사는 자사 광업소의 일부 최근자료들만을 CAD 파일로 구축하였다. 한국지질자원연구원은 국토기본지질도 전산화사업, 지질, 자원정보 데이터베이스시스템 구축연구, GIS기반의 폐탄광 자료전산화 및 종합관리, GIS기반의 광산정보 전문가 시스템 개발, 지반정보 통합DB구축, 남한지역의 지표 및 지하자료 정보화 기술개발, 광산 FACT DB구축 연구, 지질 및 자원분야 전문정보 DB구축 등의 연구를 수행하였다. 한국건설기술연구원은 전국에 산재되어 있는 건설공사시 발생하는 지반조사자료와 자원개발시 발생하는 지반조사자료를 통합하여 지반의 다양한 정보에 대한 지반정보 통합 DB구축 사업을 추진하였다. 한국원자력안전기술원은 방사성 폐기물 처분장 부지의 선정 및 안정성 평가를 위한 통합 데이터베이스 시스템 구축 연구를 수행하였다. 국내에서는 현재, 폐탄광,

광산, 자원 및 폐기물처리 분야 등에서 효율적인 관리 및 분석을 위한 자료의 데이터베이스화를 추진하고 있으나 모두 구축 초기단계에 머물고 있다. 자료의 구축 형태도 이미지 파일, DXF 파일로 되어 있고 속성DB와 분리되어 있는 경우가 많다. 지질도, 갱내도, 시추주상도, 물리탐사 결과도 등이 서로 하나의 시스템으로 통합되어 있지 못하며 이러한 결과를 토대로 지하구조를 규명할 수 있는 분석기법도 개발되어 있지 않다. 따라서 먼저 폐탄광 관련 업무와 자료의 면밀한 분석, 지하구조 분석기법 개발, 국내외의 관련 규정 개정방안 도출 등의 연구들이 필요하다. 또한 관련분야에서 요구하는 정보를 종합적으로 제공하기 위해서는 이후에 새롭게 추가될 자료를 고려한 탄력적인 데이터베이스 설계가 요구된다. 현재, 다양한 관련연구기관 및 업체에서 다양한 문자형, 도면형 자료의 유형을 사용하고 있어 동일한 지역 또는 동일한 자료에 대해서도 별도의 자료 구축과정을 거치는 등 시간·경제적으로 불필요한 중복작업이 시행되고 있다. 따라서 본 연구를 토대로 관련분야의 자료수집 및 전산화에서의 표준화에 대한 연구가 우선적으로 이루어져야 할 것이다.

국외사례로는 미국 노천광업국의 폐광산 정화 프로그램 지침 등의 폐광산GIS 정책분야 연구를 조사하였고, 캐나다 환경국의 광산부지 복원계획과 요건에 관한 지침, 미국 오하이오주 교통국의 폐광으로 인한 도로안정성 평가 조사 지침 등 폐광산 복원을 위한 조사지침 분야 연구도 조사·분석하였다. 폐광산GIS 관련 표

준화에 관련해서는 미국 지질조사연구소의 지질·자원 분야 도면자료 표준과 호주 지질조사연구소의 지질·자원분야 GIS 표준 지침서, 미국 공간정보위원회의 메타데이터를 활용한 천연자원정보 DB 구축 및 유통을 조사하여 분석하였다. 외국의 국가 규모의 관련GIS 구축에서의 대상체는 폐탄광에 국한되지 않고 광물, 석유를 포함한 지하자원과 수자원 및 생물학적 자원에 이르기까지 그 대상을 광범위하게 설정하여 운영하고 있다. 지질·자원 분야의 도면자료 전산화 및 활용의 다양한 연구가 진행중이며 표준화와 메타데이터 구축을 통하여 시스템의 확장성, 연계성, 자료호환성을 제고하고 있다. 그러나 3차원의 지하공간의 가시화는 아직 구축 초기단계에 이르고 있다. 미국의 폐탄광 정화 프로그램, 지하폐광으로 인한 위험도 평가지침, 캐나다의 광산부지 복원 계획 등에서 나타난 분석과정 들은 크게 우리나라와 큰 차이를 보이고 있지 않으나 좀더 명확한 기준과 양식을 가지고 진행되고 있다. 이를 토대로 우리나라의 실정에 맞는 기준과 양식을 정하는 것이 필요하다. 또한 호주의 지구과학 자료사전, 미국의 전자 지질도면 자료모델, 몬타나주의 천연자원 정보시스템 등에서는 자료의 이름, 유형, 속성값, 심볼 등을 명시하고 메타데이터를 제공하고 있다. 우리나라 역시 표준화와 메타데이터가 현재로서는 명시될 수 없으나 관계기관과의 협의를 통해서 꾸준히 지속되어야 할 것이다.

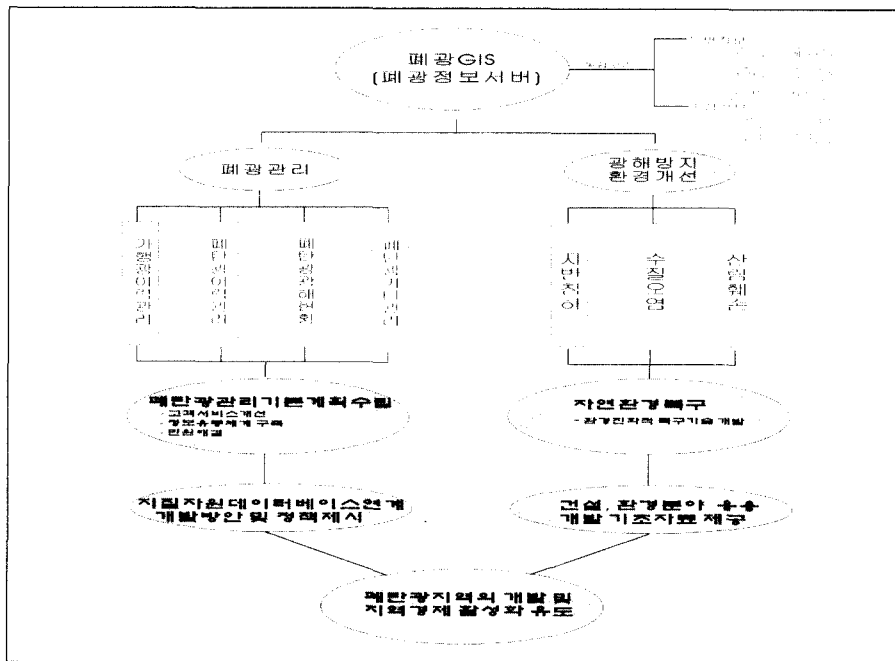
### 3. 기본개념 구상

#### 3.1. 폐탄광GIS 기본개념 구상

당면한 과제인 광해방지사업에 관한 분석과 국내외의 사례분석을 바탕으로 폐탄광GIS의 기본개념이 구상되었다. 폐탄광GIS는 폐탄광 자료를 관리하고 광해방지 사업을 효율적으로 지원함으로써, 향후 예상되는 폐탄광 지역의 개발 및 지역경제 활성화에 있어서 필요한 지질·자원정보의 지원을 목적으로 구축된다. 즉 폐탄광 자료들의 전산화, 통합관리, 제도개선 및 조직정비 등을 통하여 광해관련업무의 효율성을 높이고, 건설현장에서 시설물의 적지선정 및 안정성 평가를 위해 사용하

는 자료와 환경영향 평가에서 사용되는 자료들을 점차적으로 구축함으로써, 폐탄광 자료의 응용분야 확장, 폐탄광 지역의 정책지원 및 개발시 필수적으로 고려되는 기본자료를 구축하는 것이다.

기본적인 정보도 구축되어 있지 않은 현시점에서 당면과제의 해결은 물론 장기적인 정책지원 시스템으로까지의 확장을 추진하기 위하여 3단계로 나누어 단계별 목표를 설정하였다. 1단계는 광해방지사업 업무를 효과적으로 지원하기 위한 내부업무지원시스템을 구축하는 것이며, 2단계는 광해전문가시스템을 구축하는 것이고, 3단계는 1단계와 2단계에서 구축한 폐탄광 자료의 관련분야 활용기반구축단계이다. 즉, 폐탄광GIS 자료들을 건설, 환경분야에 직접적으로 활용 가능하도록 정



[그림 1] 폐탄광GIS 기본구상도

비하고, 재가공 하여, 국가기관과 관련기관에 자료를 제공하는 단계이다. 또한 3 단계에서는 구축자료를 이용해 폐탄광 지역의 재개발에 필요한 요인들을 분석하고, 재개발 사업에 대비한 정책지원 자료와 개발관련 기초자료를 구축하는 단계이기도 하다.

### 3.2. 폐탄광GIS 활용방안

기본구상에서와 같이 폐탄광GIS의 활용은 크게 폐탄광 지역과 관련된 정책지원과 향후 예상되는 폐탄광 지역의 개발시, 필요한 기초지질자료의 활용으로 나눌 수 있다. 특히 폐탄광GIS에서 구축된 기초지질 조사자료는 건설·환경 분야에서 필수적인 자료로서, 폐탄광 지역에서의 건설현장에서 최우선적인 기초자료로 활용될 수 있다. 즉 폐탄광GIS에서 구축되는 자료들은 폐탄광 지역의 지반침하 문제뿐만

아니라 모든 국토의 개발 및 환경영향평가에서 일차적으로 반드시 고려되어야 하는 기본적인 사항이다. 폐탄광GIS 구축자료는 건설현장에서 필요로 하는 지반조사 측면에서 반드시 필요하며, 또한 하천 및 지하수의 환경영향평가 측면에서도 기본적으로 필요한 자료이다. 이러한 방대한 자료들을 어느 한 기관에서 책임지고 데이터베이스화하여 자료를 원하는 관련기관에 제공하는 것은 시간·경제적인 측면에서 불필요한 중복작업을 최소화할 수 있다.

## 4. 폐탄광GIS 시범시스템 개발

### 4.1. 시범시스템 개발의 범위

기본개념 구상을 바탕으로 전국적인 폐탄광GIS의 구축에 앞서 기술과 경험을 축

<표 1> 폐탄광GIS 응용분야

적 용 분 야	내 용
지반조사 지반안정성 평가	심도, 지지력 산정, 침하량 예측, 기초의 종류, 굴착기법 및 단계, 지하수관련 문제 파악 및 해결제시 등
암반사면	사면절토 디자인을 위한 실내/외 시험, 자연사면의 안정성검토, 배수설계, 사면 안정감시 시스템 설계 및 설치, 불연속면 특성파악, 암반사면 파괴특성 및 양상 예측 등
터널	지반조건제시, 굴착기법 및 단계제시, 지지 및 보강, 응력/변형예측, 누수 및 배수대책 등
지하수 관련	불연속면기술, 지하수 누수 등
광업	침하조건, 응력/변형예측, 지구조해석, 매장량산정 등
자원개발	불연속면 기술, 지하수 유동, 지열탐사, 현장응력분포 등
방사성폐기물처분	방사성핵종 이동경로, 지하수분포 등

<표 2> 폐탄광GIS 도면자료

자료명	생성기관	형 태	비 고	속 성
지형도	국립지리원	DXF	구조화편집 인접오류 수정	○
지질도	한국지질자원 연구원	DXF	구조화편집 인접오류 수정	○
토지특성도	국립지리원	SHP	구조화편집 인접오류 수정	○
광구도	석탄산업합리화 사업단	종이도면	벡터라이징 속성부여	○
갱내도	석탄산업합리화 사업단	TIFF	벡터라이징 속성부여	○
위성영상	국내외 20여개국	IMAGE	선구조도 토지이용도	× ○
광해관련도면	석탄산업합리화 사업단	보고서	벡터라이징 도면·속성 추출	○

적하여 발생가능한 시행착오를 줄이기 위하여 시범시스템을 개발하였다. 시범지역은 강원도 삼척시 도계읍의 고사리 지역이다. 이 지역은 석탄생산으로 인한 지하채굴적 상부에 철도, 도로, 민가 등이 있기 때문에 석탄산업합리화사업단이 설정한 지반안정성 조사 최우선 지역에 속한다. 따라서 폐탄광GIS로 구축해야 할 자료가 모두 조사되어 있기도 하다.

#### 4.2. 시범지역 데이터베이스 구축

시범시스템 개발을 위해서 구축한 주제는 지형도, 지질도, 토지특성도, 광구도, 갱내도, 광해관련도면 등이다. 그리고 3차원 가시화를 위해서 지형도를 바탕으로 수치고도모형을, 2차원 갱내도를 바탕으로 3차원 갱내도를 구축하였다. <표 2>와

같은 도형자료의 구축 후 <표 3>과 같은 속성자료를 데이터베이스화하였다.

지형도는 지표면의 형태, 수계, 토지의 이용, 취락 및 도로, 철도 그 밖의 각종 공작물 등의 배치상황을 나타낸 도면이다. 국립지리원의 1:5,000 수치지형도를 레이어추출, 속성입력, 도면접합하는 구조화편집과정을 거쳐서 구축하였다. 1:5,000 수치지형도의 많은 레이어를 지형, 하천, 도로, 철도, 건물의 5개 범주로 나누어 재구성하였다. 또한 수치지형도의 등고선과 표고점 레이어를 이용하여 수치고도모형(DEM)을 구축하였다.

토지특성도는 지형도를 기본으로 필지경계선 도형정보를 나타낸 지도로 필지별로 지번, 행정구역코드, 지목, 면적, 이용상황 등의 속성정보를 가지고 있는 지도이며, 수치화되어 있는 국립지리원의

<표 3> 폐탄광GIS 속성자료

자료명	지역범위	내 용	발 행 처
석탄통계연보	전국, 매년	탄전별 매장량, 조광현황, 생산량, 시도별 광산관리 현황 등	석탄산업합리화사업단
석탄광폐광지급내역서	전국	연도별, 탄광별 폐광대책비 지급실적, 근로자별 지급 현황 등	석탄산업합리화사업단
지반안정성 기본조사보고서	사업지역별	지질현황, 광역 지질정보, 지구물리탐사 정보 등	석탄산업합리화사업단
지반안정성 정밀조사보고서	사업지역별	지질조사정보, 시추조사, 현장 및 실내시험 자료, 물리탐사, 침하유형분석 등	석탄산업합리화사업단
정밀계측조사 보고서	사업지역별	세부지질정보, 계측기별 조사자료	석탄산업합리화사업단
지반보강공사 실시계획보고서	사업지역별	갱내도 분석, 광해실태 분석, 보강공법, 시공 및 공정계획 등	석탄산업합리화사업단
한국의 석탄광	전국, 1990	탄전별 탄광현황, 조광현황, 탄광별 지질 현황 등	대한광업진흥공사

1:5,000 토지특성도를 사용했다.

지질도는 지각을 구성하는 각 지층을 그 종류·연대·암상(岩相) 등에 따라 구분하여 그 분포상태와 정합·부정합(不整合) 등의 상호관계, 습곡(褶曲)·단층(斷層) 등의 지질구조 등을 표시한 도면이다. 한국지질자원연구원의 1:50,000 지질도를 구입하여 스캐닝, 벡터라이징을 통하여 도형자료를 입력하고 속성을 입력하여 수치지질도를 제작하였다. 기초지질정보, 지질경계선, 단층, 주향과 경사, 시설물 위치, 광종, 습곡, 지질단면선, 변질대, 탄층선, 연성단전대 등의 도형정보에 층서명, 시대명, 암석명, 경계선구분, 단층구분, 경사각, 주향방향, 경사방향, 경사각, 상태, 시설물구분, 광물정보, 배사향사 구분, 지

질단면선, 탄층선 구분 등의 속성정보를 입력하여 구축하였다.

광구도는 광업법으로 정한 광물을 개발·생산하기 위하여 정한 구역인 광업권을 나타내는 도면이다. 석탄산업합리화사업단이 석탄광의 관리를 위하여 보유하고 있는 광구도를 스캐닝, 벡터라이징을 통하여 도형자료를 입력하고 속성을 입력하여 수치광구도를 구축하였다. 광구 도형정보에 광구종류, 등록번호, 광구면적, 탄전명, 지역명, 광업소명, 광업소코드 등의 속성정보를 입력하여 구축하였다.

갱내도는 탄광의 지하갱도가 나타나 있는 도면이다. 석탄산업합리화사업단이 보유하고 있는 갱내도를 스캐닝과 벡터라이징을 통하여 도형자료를 입력하고, 속성



을 입력하여 수치갱내도를 제작하였다. 지하갱도의 경험이 없는 도형입력자가 갱도를 입력할 때 갱도의 연결관계, 종류, 모양 등을 판단할 수 없는 부분이 많았으므로 탄광전문가의 도움을 받아 몇 가지 원시도면의 정비작업을 수행했다. 첫 번째로 권립복선, 사갱, 운반갱·채탄연승·중단갱, 채탄승 등의 갱도종류를 갱내도에 표시했다. 두 번째로 서로 다른 높이를 가진 갱도가 얽혀있어 그 연결관계를 구분하기 힘든 부분의 갱도를 높이별로 구분 후, 색칠하여 입력자가 혼란없이 입력할 수 있도록 했다. 세 번째로 지상에서 확인할 수 있는 유일한 지형지물인 갱구(坑口)를 현장에서 측량하여 측량할 좌표들을 기준으로 갱내도에 실좌표를 부여하였다. 원시도면 정비작업을 거친 이미지 자료를 스캐닝하여 갱도의 중심선을 벡터라이징한 후 갱도종류별로 일정한 두께를 주어 폴리곤 갱도를 구축하였다. 구축한 갱도 도형정보에 갱도명, 개통상태, 광산형태, 광물종류, 광업소코드, 광업소명, 탄전명, 탄전코드, 지역명, 지역코드, 광구면적, 편구분, 갱종류, 깊이 등의 속성정보를 입력하였다. 그 후, 3차원 표현을 위해서 ArcView 3D Analyst를 사용하여 반원통 모양 폴리곤 형태로 만든 3차원 갱내도를 구축하였다.

광해현황도는 석탄산업합리화사업단이 실시한 지반안정성 조사 및 공사 보고서, 수질개선사업 및 산림복구사업 보고서 등 광해방지사업에 관련된 조사와 공사의 자료들로 구성하였다. 시추조사지점, 계측기 설치지점, 침하지점, 물리탐사지점, 보강구역, 산림복구지역, 수질측정지점, 수질

개선시설물위치 등의 도형자료에 구역명, 장비명, 탐사항목 등의 속성자료를 입력하였다.

위성영상을 사용하여 선구조도와 토지피복도를 작성했다. Landsat-5 TM과 IRS-1C의 두 영상을 이용하여 선구조도를 작성하였으며 선구조 추출방법으로는 비선형 자동선구조 추출법을 사용하였다.

#### 4.3. 폐탄광GIS 시범시스템 개발

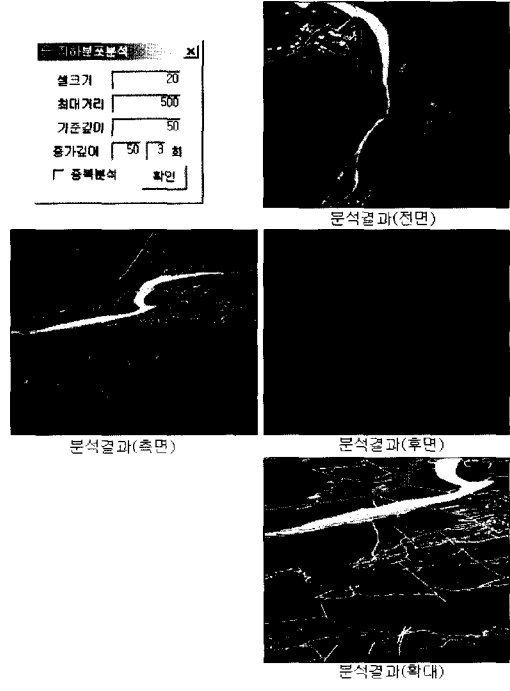
시범지역 데이터베이스 구축과정에서 구축된 데이터베이스를 토대로 데이터베이스관리, 폐탄광정보관리, 광해사업정보관리 등의 업무시스템과 갱도의 3차원 모델링 기능을 포함하는 분석시스템을 개발했다. 업무시스템은 데이터베이스의 조회, 검색, 출력 등을 해당업무의 특성과 양식에 맞춰진 업무지원기능을 가지고 있다. 분석시스템은 지하의 갱도를 지상의 지형지물과 함께 3차원으로 볼 수 있는 3차원 갱내도 기능을 가지고 있으며, 지표를 격자로 나누어 갱도의 지하심도에 따라서 지반침하 위험성의 등급을 나타내주는 지반침하 위험도 분석기능, 임의의 지점에서 지형과 지하갱도의 단면을 보여주는 단면도 생성 기능을 개발했다. 시범시스템은 ArcGIS를 이용하여 구축되었고 도형정보는 ArcView shape 파일로 속성정보는 MS-Access 파일로 구축되었다.

향후 전국적으로 실시될 사업의 추진을 위해서는 원시자료정비, 데이터베이스의 확장, 응용 프로그램의 단계적 개발 등이 필요할 것이다. 각 폐탄광의 원시도면 중 특히 갱내도, 광해현황도 등은 정비가 선

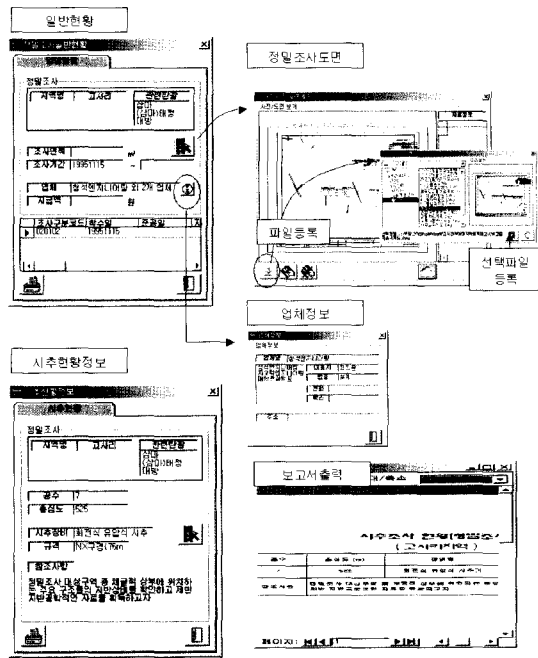
행되어야만 정확한 데이터베이스 구축이 가능하다. 갯도의 종류, 갯도연결관계 등 갯도의 형상을 알고 있는 광산전문가들에게 검증을 받고, 갯내도에 표시한 후에야 입력이 가능하다. 그리고 현장조사를 통해서 확인할 수 있는 갯구(坑口)의 위치를 측량해 놓아야만 실좌표를 부여하여 분석에 사용될 수 있다. 광해현황도 역시 정확한 실좌표를 획득해 놓아야 한다. 광해현황도는 조사, 계측, 공사설계 등에 의해서 작성되는데 작업 초기부터 정확한 실좌표를 명시하도록 지침을 주어야 하며, 속성자료도 정해진 양식에 의해서 현장에서 기록되어야 한다. 또한, 데이터베이스는 대용량의 상용 RDBMS와 같은 공간데이터 저장지원도구를 사용하여 구축하여야 하여 자료제공 서비스를 실시할

것이다. 개발된 기본적인 프로그램을 바탕으로 응용 프로그램의 개발은 기본개념 구상의 3단계에 따라서 폐탄광업무관리 프로그램, 광해방지사업 지원프로그램, 광해분석·예측 프로그램, 자료가공 및 유통 프로그램 등을 단계적으로 개발하여야 할 것이다.

☞ 지하갱도분석 : 지표로부터 일정거리/간격으로 지중지표 생성, 갯도분포분석



[그림 3] 지하갱도 심도분석



[그림 2] 지반안정성 정밀조사 속성조회

## 5. 폐탄광GIS 구축 추진방안

### 5.1. 추진방법

기본개념 구상과 시범시스템 개발경험을 바탕으로 폐탄광GIS의 자료구축을 실

**침하예상지분석** : 지표로부터 분석깊이 설정, 분석하여 침하예상지 표현

**침하지역분석**

셀크기

최대거리

기준깊이

증가깊이  회

중복분석      확인

지하표면 생성

분석결과

**화면비우기** : 화면에 도시된 그래픽 요소/분석결과 삭제, 초기화

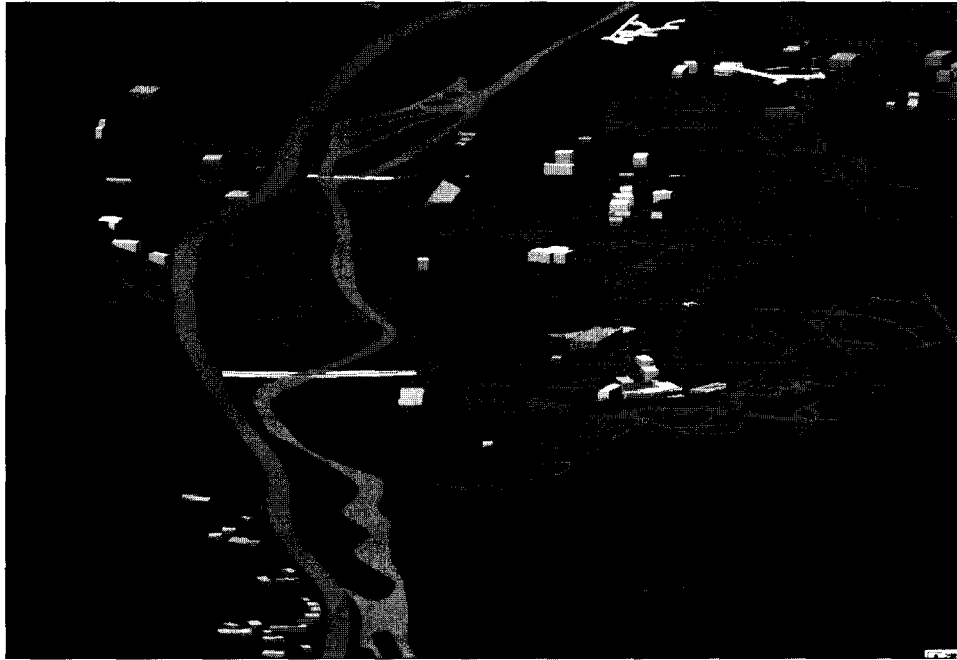
**파일저장** : 분석결과를 Shp파일로 저장

[그림 4] 침하예상지 분석

마우스의 위치

경도에 교차하는 부분을 표시하여줌

[그림 5] 단면생성



[그림 6] 지상구조물과 지하갱도의 연관관계 분석

시하고 개발에 많은 시간과 연구를 필요로 하는 응용프로그램은 단계적으로 나누어 개발하는 방법을 제안하였다.

1단계에서는 폐탄광GIS의 가장 밑바탕이 되는 광해방지사업 업무수행 지원에 중점을 둔 시스템을 개발하였다. 폐탄광 및 가행탄광 이력관리, 데이터베이스 입출력 프로그램, 데이터베이스 관리 프로그램, 사용자 인터페이스로 구성된 폐탄광업무 관리프로그램과 지반안정성 조사

관련 도면 및 속성 정보관리, 광해 복합도면의 생성 및 조회, 지반침하 예측을 위한 광해복합도면의 분석, 수질개선 및 산림복구 관련정보 관리로 구성된 광해방지사업 지원프로그램으로 크게 구분된다.

2단계에서는 효율적인 광해방지사업을 수행할 수 있도록 분석예측시스템을 개발한다. 특히 지반침하 지점을 예측할 수 있는 전문알고리즘을 개발함으로써 광해방지사업에 보다 적극적으로 대처할 수

<표 4> 응용프로그램 개발단계

	1단계	2단계	3단계
기본구상 목표	내부 업무 지원시스템 구축	광해 전문가시스템 개발	폐탄광자료 관련분야 활용기반 구축
응용프로그램 개발	폐탄광 업무 지원시스템 구축	광해관련 분석·예측 프로그램	통합광산 자료 활용 프로그램

있는 시스템 환경을 조성하며 광해자료를 필요로 하는 기관 및 일반인에게 정보를 제공하기 위한 응용프로그램을 개발한다. 특히 미국 교통부의 고속도로국과 지질조사국 등에서 진행하고 있는 “지반침하 조사 및 예측 알고리즘의 개발”과 같은 연구결과를 도입하여 한국의 지질환경에 적합한 지반침하예측알고리즘을 개발한다.

3단계에서는 국가GIS의 유통망을 통해 폐탄광 정보를 제공하기 위한 메타데이터의 개발 등과 같은 응용프로그램을 중점적으로 개발한다. 폐탄광GIS 구축자료를 유통하기 위해서 메타데이터의 개발은 반드시 필요하다. 그러나 현재는 이러한 논의는 전무한 실정이고 본 폐탄광GIS 연구만으로 표준화 및 메타데이터에 대한 구축방안을 설정할 수는 없다. 호주와 미국에서 사용되고 있는 예는 훌륭한 참고문헌이 될 것이다. 특히 3단계에서는 폐탄광GIS에서 최종적인 목적으로 설정한 폐탄광 지역의 개발에 대비한 토목, 건설, 환경분야에 폐탄광GIS 자료를 제공하기 위한 자료가공 알고리즘 개발 및 유통방안을 마련한다. 또한 대한광업진흥공사, 대한석탄공사, 한국지질자원연구원 등 유관기관과의 정보공동활용과 지질·자원분야의 통합적인 GIS구축을 위한 지원시스템을 개발한다.

이러한 사업들을 추진할 경우에는 국가GIS사업체계 내에서 폐탄광GIS사업의 연계를 전제로 한다. 2차 국가GIS기본계획에서 수행하도록 되어 있는 GIS활용체계 구축은 6개 부분으로 이루어져있는데 이중 지하지리정보 구축이 포함되어 있다. GIS구축사업은 정보의 공유와 시스템의

연계를 통하여 더 의미있는 정보활용 효과를 얻을 수 있다. 따라서 국가GIS사업의 GIS활용체계 구축 중 지하지리정보 구축 내에서 수행하여 다른 시스템과 공유 및 연계효과를 최대로 얻을 수 있도록 한다. 이를 위해서는 중앙부처에서 실시하고 있는 국가GIS사업 내에 포함되어 있는 지하지리정보 구축 관련기관인 한국지질자원연구원, 대한광업진흥공사, 석탄산업합리화사업단, 대한석탄공사 등과 자료 및 업무의 표준안 협의를 지속적으로 진행해야 한다.

## 5.2. 추진일정

추진일정은 폐탄광GIS 구축의 핵심적인 자료인 지반안정성 조사자료의 구축에 의해 결정된다. 지반안정성 조사는 먼저 폐탄광의 지하갱도 및 채굴적이 존재하는 82개 지역에 대해 실시되고 폐갱도 상부에 있는 토지이용에 따라서 그 순서가 결정된다. 폐갱도 상부에 주요구조물이 있는 경우는 최우선조사대상, 침하징후가 발견되었거나 민원이 제기되고 있는 지역은 우선조사대상, 향후 지표이용계획이 있는 지역은 단계적 조사대상, 산악지역은 광역조사대상으로 분류되어 순차적으로 조사된다. 따라서 지반안정성 조사 일정을 바탕으로 구축일정을 작성해 보았다. 이에 따라서 폐탄광GIS는 5개년에 걸쳐 구축될 것으로 예상된다.

## 6. 결 론

폐탄광GIS 구축에 관한 연구는 단기간에 수행하기에는 내용이 방대할 뿐만 아니라 관련기관들 간의 협의에 결정해야 하는 부분들이 있기 때문에 향후 지속적인 연구수행이 필요하다.

첫번째로 데이터베이스 스키마 설계에 관한 연구를 지속해야 한다. 본 시스템의 스키마는 지반침하방지사업 중심으로 데이터베이스가 설계되어 있기 때문에 산림 훼손사업과 수질개선사업 등에 대한 더 상세한 데이터베이스 설계가 필요하다. 또한 폐탄광 자료의 활용도를 높이기 위해 관련분야에서 요구하는 자료의 종류 및 형태를 파악하여 이를 반영할 수 있도록 확장성이 고려된 데이터베이스 스키마 수정이 필요하다.

두번째로 폐탄광 자료의 표준화 및 유통방안에 관한 연구를 지속해야 한다. 폐탄광GIS의 구축목표는 광해방지사업의 효율적인 지원과 폐광지역의 개발에 대비한 자료의 구축에 있으나 광산GIS로 확장되었을 때를 생각하면 건설·환경과 같은 관련분야에서의 광산GIS 자료의 활용의 중요성이 더욱 증가할 것이다. 더 나아가 천연자원분야의 기타 GIS 구축과도 총괄적으로 연계되어야 하며 최종 사용자 중심의 데이터베이스가 구축되어야 할 것이다. 이를 위해서는 석탄광 뿐만 아니라 금속광·비금속광의 광산도면을 보유하고 있는 대한광업진흥공사, 지질·자원분야의 연구를 지속적으로 수행하고 있는 한국지질자원연구원, 건설과 관련된 GIS

연구를 수행하고 있는 한국건설기술연구원 등과 같은 유관기관간의 자료공유 및 통합을 위한 공동 참여가 필요하다.

세번째로 자료의 통합 및 유통이 이루어지기 위해서는 자료의 표준화 및 유통을 위한 메타데이터에 관한 연구가 필요하다. 미국 지질조사국의 지질·자원분야 도면자료 표준, 호주 지질조사국의 지질·자원분야 GIS표준 지침서, 미국 공간정보위원회의 메타데이터를 활용한 천연자원정보 DB 구축 및 유통 방안 등은 좋은 시금석이 될 수 있는 사례들이다. 현재 국가GIS사업에서는 자료의 표준화 및 유통을 위한 메타데이터 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 광산GIS 자료의 표준화가 메타데이터 연구도 국가GIS 차원에서 진행되어야 할 것이다.

## 참 고 문 헌

- AASG/USGS, Draft - Digital Geologic Map Data Model, 1998, <http://ncgmp.usgs.gov/ngmdbproject>
- Daniel Elroi, "Applications of Geographic Information Systems(GIS) to the production and post-production phases of a mine," National Western Mining Association Conference, 1993, <http://www.elroi.com>
- Direction des relations publiques, Ministère des Ressources naturelles, Gouvernement du Québec, Guidelines for Preparing a Mining Site Rehabilitation Plan and General Mining Site Rehabilitation Requirements, 1997

- Eugenia Naranjo, Ferdi Hellweger, Lesley Hay Wilson, Paul Anid, "Mapping Risk From Mining Activities: A Case Study of Oruro, Bolivia," The 21th Annual ESRI User Conference, 2000. 6,
- Geologic Data Subcommittee, Public Review Draft - Digital Cartographic Standard for Geologic Map Symbolization, 2000, [http://ncgmp.usgs.gov/fgdc\\_gds/mapsymb/mapsymbpubrev.html](http://ncgmp.usgs.gov/fgdc_gds/mapsymb/mapsymbpubrev.html)
- Ingo Valgma, "Mapping potential areas of ground subsidence in Estonian underground oil shale mining district," 2nd International Scientific Research Conference-Environment. Technology. Resources., 1999. 6.
- Marcie S. Compton, "GIS, The Internet and Remote Sensing Technology for Mining Applications: How do we use all that data anyway?," The 21th Annual ESRI User Conference, 2000. 6.
- Montana State Library, Natural Resource Information System GIS, 2001, <http://nris.state.mt.us/gis/datalist.html>
- Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, Abandoned Mine Land Program, Revised Guidelines for Abandoned Mine Land Reclamation Programs and Projects, 1996, <http://www.osmre.gov/aml/prog/z1990gud.htm>
- Research Agency of the Australian Government, AGSO Geoscience Australia Geoscience Data Dictionary, 2001, [http://www.agso.gov.au/information/data\\_dictionary.html](http://www.agso.gov.au/information/data_dictionary.html)
- Tony Baker, Ron Lake, "A GML-based Model for Situation Management and Decision Support," GIS 2001 Conference Proceedings, 2001. 2.
- U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, State of Ohio, Manual for Abandoned Underground Mine Inventory and Risk Assessment, 1995.
- USGS, Geological datasets for weights of evidence analysis in northeast Washington-4. Mineral industry activity in Washington, 1983-1997, <http://geopubs.wr.usgs.gov/open-file/of00-014>
- XMML-Standards-Compliant Transport of Geoscientific Data Online in the Exploration and Mining Industry, CSIRO Exploration and Mining, Fractal Graphics, 2000. 5, [www.ned.dem.csiro.au/XMML](http://www.ned.dem.csiro.au/XMML)
- 대한광업진흥공사, 광산지리정보시스템(鑛山地理情報) GIS, <http://www.kores.net:8080/servlet/md41kores.wism.pod>
- 석탄산업합리화사업단, 고사리지역 지반안전성조사, 1996
- 석탄산업합리화사업단, 고사리지역 정밀계측조사, 1997
- 석탄산업합리화사업단, 고사리지역 정밀계측조사, 2차, 1999
- 석탄산업합리화사업단, 고사리지역 지반보강공사 실시설계 지반조사보고서, 1999
- 석탄산업합리화사업단, 고사리지역 지반보강공사 실시설계보고서, 1999
- 석탄산업합리화사업단, 사업단십년사, 1997
- 이사로, 지리정보시스템(GIS)을 이용한 산사태 취약성 분석 기법 개발 및 적용 연구, 연세대학교 지구시스템과학과 학위논문, 1999

- 한국수자원공사, 목포-무안지역 수문지질도  
설명서, GW-97-2d 지하수보고서, 1997  
한국지질자원연구원, Development of Geo-  
Information System,  
[http://www.kigam.re.kr/ngic/English/m3a00.10.07  
.htm](http://www.kigam.re.kr/ngic/English/m3a00.10.07.htm)  
한국지질자원연구원, GIS 기반의 광산정보  
전문가 시스템 개발,  
<http://www.kigam.re.kr/ngic/m3a02.12.01.htm>  
한국지질자원연구원, 광산 FACT DB 구축  
연구(A Study on Building Mine Fact DB),  
<http://www.kigam.re.kr/ngic/mb96.11.htm>  
한국지질자원연구원, 국토 기본지질도 전산  
화 사업,  
[http://www.kigam.re.kr/english/side\\_menu/button3  
/sub2/kuk4.htm](http://www.kigam.re.kr/english/side_menu/button3/sub2/kuk4.htm)  
한국지질자원연구원, 지질, 자원정보 데이  
터베이스시스템 구축연구,  
<http://www.kigam.re.kr/ngic/m3b99.12.03.htm>  
<http://www.esri.com/industries/mining>  
[http://www.gisdevelopment.net/application/geolo  
gy/mineral/geom0001.htm](http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0001.htm)  
[http://www.gisdevelopment.net/application/geolo  
gy/mineral/geom0002.htm](http://www.gisdevelopment.net/application/geology/mineral/geom0002.htm)  
<http://www.gisdevelopment.net/magazine/gisdev>  
[http://www.w3.org/Mobile/posdep/GMLIntroduc  
tion.html](http://www.w3.org/Mobile/posdep/GMLIntroduction.html)