

# 경주 중저준위방사성폐기물 처분장 3차원 지질 모델링

김수진, 정재열, 정해룡\*

한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168

\*nohul@korad.or.kr

## 1. 서론

경북 경주시 양북면에 위치한 중·저준위방사성폐기물 처분장(이하 '경주 방폐장')의 운영 주체인 한국원자력환경공단(이하 '공단')은 세계 최초로 부지 내 동굴과 천층처분시설을 동시에 운영하는 80만 드럼 처분용량의 중·저준위방사성폐기물(이하 '방폐물') 복합처분시설 건립을 추진하고 있다. 방폐물은 국민의 건강과 환경에 대한 위해 방지 차원에서 장기간에 걸친 안전한 관리가 필요하다. 안전관리 측면에서 부지조사와 모델링을 활용한 수리지질학적, 화학적 특성 파악과 단층의 거동 분석을 통한 지진 예측 및 지하수 유동 해석 등이 수행되어야 하는데 이러한 특성은 지층을 이루고 있는 지질구조와 밀접한 관련이 있다.

본 연구에서는 Paradigm社의 SKUA-GOCAD(이하 'GOCAD')를 활용하여 경주 방폐장 3D 지질 모델링을 수행하였다. 지질 모형을 3D 입체로 구성함으로써 2차원 평면에서보다 복잡한 구조를 쉽게 파악하고, 향후 지하수 유동 등의 모델링 결과와 연계 해석함으로써 데이터의 신뢰성을 높일 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 본론

### 2.1 3D 지질 모델링 개요

지질 모델링은 지표 아래의 퇴적층과 기반암의 분포를 공간적으로 표현하는 방법으로써 특히 눈에 보이지 않는 지질구조를 3차원 입체의 형태로 사실에 가깝게 표현하여 지하 공간을 쉽게 파악하고 분석할 수 있도록 도움을 준다. 주로 석유산업에서 매장량을 유추하는 데 이용하다가 방폐물 심층처분, 자원탐사 등의 다양한 분야로 사용 범위가 확대되어 제한된 시추조사 자료를 바탕으로 심부 지질 환경을 모사하여 분석하는 데 활용되고 있다. 스웨덴, 스위스 등 사용후핵연료 심층처분 프로그램을 실제로 운영하는 국가에서는 3D 지질 모델링을 포함한 처분장 부지의 모사를 통해 심부 기반암 환경의 상세 연구를 수행 중이다.

### 2.2 연구지역 지질특성

연구지역인 경주 처분장의 동쪽은 동해바다와 인접하며, 서쪽에 준령들이 남북방향으로 발달해있고, 남쪽에 월성 원전이 위치한다. 부지 내부는 크게 백악기 퇴적암, 제3기 섬록암/화강섬록암 및 유문암 그리고 제4기 충적층으로 분류할 수 있다. 1단계 동굴처분시설은 제3기 화강섬록암 지역에 건설이 되었고, 2단계 표층처분시설은 백악기 퇴적암 지역에 건설할 계획이다.

### 2.3 3D 지질 모델링

GOCAD는 Discrete Smooth Interpolation 방법으로 3D 표면을 생성하므로 자연스러운 지질구조 모델링 결과를 도출할 수 있다[1]. 경주 방폐장 3D 지질 모델링(GOCAD) → 3D 지질 모델 개선' 순으로 구축하였다.

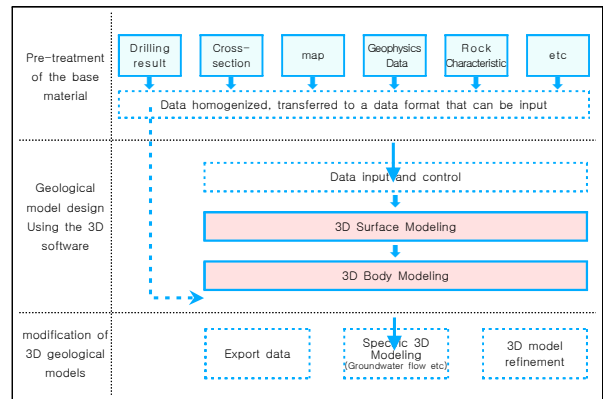


Fig. 1. Flowchart for 3D geological modeling.

#### 2.3.1 자료의 전처리

GOCAD에서 입력할 수 있는 지질 자료와 그 형식은 무궁무진하다. 그 중에서 현재 입력할 수 있는 자료는 지형도, 지질도, 지질단면도, 시추공 자료 등이 있으며 경주 방폐장에 대한 자료는 안전성 분석보고서(Safety Analysis Report, 이하 'SAR')에서 획득할 수 있다[2].

우선 SAR 자료를 GOCAD에 입력하여 표면(surface)과 체적(volumetric) 모델링을 수행하기 위해서 Table 1과 같이 자료를 가공하였다.

Table 1. GOCAD Input File Format

No.	Input data	Contents	File Type
1	Topographical map	3D digital map (Pre remove unnecessary lines in AutoCAD)	.dxf, .txt, .xyz etc.
2	Geologic maps	Geological map of the disposal facility (Image File)	.bmp, .jpg, .pbm, .png, tiff, .xbm etc.
3	Geological cross-section	Geological cross-section including the sidelines (Geologic maps and sideline must match)	.bmp, .jpg, .pbm, .png, tiff, .xbm etc.
4	Borehole data	Well name, Coordinate, marker, elevation, measured depth, Interval log etc.	.csv, .txt, .shp, .las (geophysical logging) etc.

### 2.3.2 표면 모델링

가장 먼저 3D 수치지형도의 등고선으로부터 지표면(이하 'surface')을 생성하였다. 그리고 SAR에 수록된 경주 방폐장 5만 지질도로부터 단층선을 추출한 후에 앞서 생성한 surface에 투영시켜 단층 경사방향의 벡터를 활용해 단층면을 구축 하였다. 그리고 SAR에서 추출한 지질 단면도를 지질도의 축선과 일치시켜 수직으로 세운 후 추출한 지질 경계를 바탕으로 지질구조 경계면을 생성하였다. 그리고 골조 Curve를 바탕으로 콘크리트 구조물(사일로)을 3D 입체로 구축하였다.

### 2.3.3 체적 모델링

우선 하부 지층 경계 분포를 파악하기 위하여 연구지역 1단계 시추공(Well) 자료를 암반(Rock mass)을 바탕으로 분류하여 3D 모델링을 수행하였다. 그리고 앞서 수행한 지질 경계면을 바탕으로 지표면 아래에 관입암이 존재하지 않고, 지질구조의 방향성이 변화하지 않는다는 가정 하에 EL. -300 m 표고까지 Voxet을 생성하여 심부 지질구조를 모사하였다.

### 2.3.4 3D 지질 모델링 결과

SAR 자료를 기반으로 경주 방폐장 3D 지질 모델을 구축한 결과는 Fig. 2와 같다.

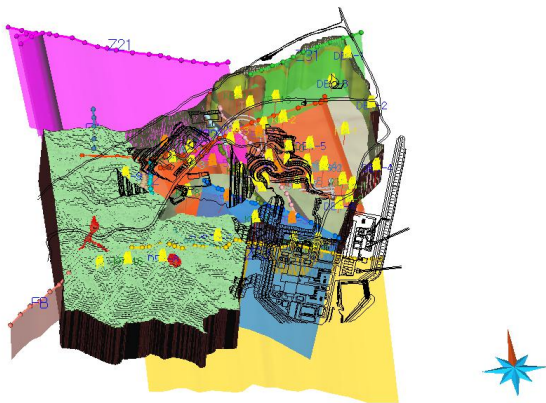


Fig. 2. Result of 3D geological modeling.

경주 방폐장 부지 내 단일구조로서 가장 큰 면적과 체적을 갖는 지질구조는 퇴적암으로 전체의 44% 정도를 차지하는 것으로 추정된다. 모델링 결과 서쪽 준산악지로부터 동해까지 점점 고도가 낮아지는 양상을 보였으며, 시추조사 자료 중 깊이가 비슷한 18공을 선택하여 연결성을 분석한 결과 Fig. 3과 같이 비교적 균일한 양상을 보였다.

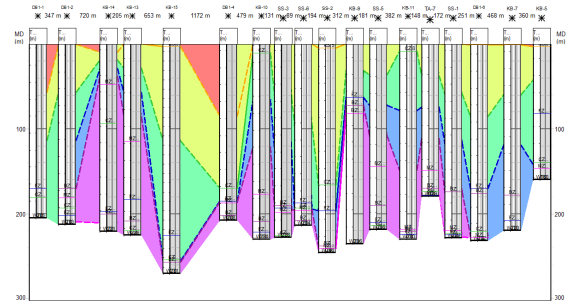


Fig. 3. Borehole Cross-section.

## 3. 결론

본 연구에서는 경주 방폐장 건설 인허가 단계에서 수행한 지질조사 자료를 바탕으로 3D 지질구조를 모델링 하였다. 원시자료의 한계로 인해 어느 정도의 불확실성을 갖지만 모델링 결과는 대체로 이미 알려진 지질 특성과 일치하였다.

향후에는 본 연구에서 도출된 3D 지질 모델링 결과와 단열 및 지하화학 특성, 지하수 유동 등의 모델링 결과를 연계 해석함으로써 모델링 결과의 신뢰성을 검증할 수 있을 것으로 예상된다.

## 4. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20141720100570).

## 5. 참고문헌

- [1] 박지영, 최진범, 조현구, "하동군 북천면 직전리에서 산출되는 티탄철석광상의 자원량 평가를 위한 광체 3D 모델링", 한국광물학회지, 26(4), 286-287, 2013.
- [2] "중·저준위 처분시설 안전성분석보고서(Safety Analysis Report)", 한국원자력환경공단, 2009.