

Site Monitoring and investigation plan for LILW disposal

방사성폐기물 처분장 부지감시 계획

Seung - Jong Baek¹⁾

Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd., Yongdong dae-ro 411, Kangnam-gu, Seoul, Korea

*Korea Hydro and Nuclear Power Co. Ltd., Youngdongdaero 411, Kangnam-gu, Seoul

백승중¹⁾

한국수력원자력(주), 서울특별시 강남구 영동대로 411

(Received November 11, 2008 / Revised December 04, 2008 / Approved December 16, 2008)

Abstract

The purpose of site monitoring and investigation is to offer the basic data for performance assessment and design of low- and intermediate-level radioactive waste(LILW) disposal facility by monitoring variations of main site properties continually in the stage of pre-operation, operation and post-closure. Main contents of site monitoring are as follows. In the stage of pre-operation, suitability evaluation for disposal facility and monitoring for constructing and operating disposal facility are performed. In the operation period, monitoring is performed including surroundings to research the influence to environment with operating disposal facility and operate safely and efficiently. In the post-closure period, monitoring about major site properties is performed to prevent the effect of radioactive waste from disposal facility and to secure long-term safety.

Key words : Site monitoring, Disposal facility, Long-term safety

요 약

부지감시 및 조사의 목적은 운영 전, 운영중 및 폐쇄 후 단계에서 변화가 예상되는 주요 부지 특성을 지속적으로 감시함으로써 방사성폐기물처분장의 성능평가 및 설계에 필요한 기초자료를 제공하는 것이다. 부지감시의 단계별 주요내용은 다음과 같다. 운영전 단계에는 부지의 적합성 평가 및 처분장 건설과 운영에 필요한 주요 부지특성을 감시하며, 운영 중 단계에는 안전하고 효율적인 운영과 환경에 미치는 영향을 판단하기 위하여 주변지역을 포함하여 주요 부지특성을 감시한다. 폐쇄 후 단계에는 처분장의 방사성 물질로 인한 영향을 사전에 예방하고, 처분장의 장기

1) Corresponding Author. E-mail : hl4csz@khnp.co.kr

적 안전성을 위하여 필요한 주요 부지특성 항목을 감시한다.

중심단어 : 부지감시, 방사성폐기물처분장, 장기적 안전성

I. 서론

우리나라에서는 1978년 고리원자력 1호기 상업운전 이래로 현재 총 20기의 원자력이 가동되어 국내전력 생산의 40% 이상을 원자력 발전에 의존하고 있고, 안정적인 전력공급원으로서 그 이용이 지속적으로 증가하고 있어 향후에도 원자력에 대한 의존도는 계속 증가할 것으로 예상된다.

원자력 에너지는 핵연료 사이클에서 발생하는 방사성폐기물의 처분이 중요한 과제로 부각되어 제 253차 원자력위원회(2004.12.7)에서 확정된 방사성폐기물관리대책에 따라 중·저준위 방사성폐기물 처분시설부지로 선정된 경주시 양북면 봉길리 지역에 처분시설(월성원자력 환경관리센터)을 건설 추진 중에 있으며 2010년 4월 1단계 처분시설 운영을 계획하고 있다.

방사성폐기물처분장 부지감시 계획의 기본방향으로는 처분시설의 운영전, 운영중, 폐쇄후 변화가 예상되는 부지와 주변의 환경과 현상에 대한 지속적인 감시관리 계획을 수립 시행함으로써 향후 인간생태계에 미치는 영향을 예측하고 이를 저감 및 방지하기 위한이며, 부지주변의 기상, 수문, 지질, 지진 등에 대하여 감시 관리망을 구축하고 정기적인 감시계획을 수립하여 시행할 예정이다.

부지감시 주요업무는 처분시설 부지 및 주변지역에서의 주요부지특성을 운영전 단계부터 지속적으로 감시하여 부지특성모델 및 설계값이 해당 규제요건에서 제시한 운영목표를 만족시킬 수 있는가에 대한 평가, 검증 및 운영효율성을 제공하고 사고, 시설의 노후화, 부지특성조건변화 등으로 인하여 발생할 수 있는 처분시설 부지에서의 방사능 물질의 유출 내지 확산에 대한 사전감시 및 필요시에 상응하는 적절한 방어적 설계를 위한 입력자료를 제공한다. 장기적인 측면에서 처분시설 부지 안전성 및 방사성 물질에 의한 영향에 대한 정확한 예측 및 사전대비에 필요한 확산,

지반거동, 응력장 등 시간에 따른 부지고유특성의 변화값을 제공한다.

부지감시 계획은 크게 부지특성 분야와 방사성 환경조사 분야로 분류되며, 본 논문에서는 부지특성과 관련된 부지 주변의 기상, 수문, 지질, 지진, 지구화학, 지질공학 및 인문사회분야 등의 변화에 대한 부지감시 및 조사계획을 기술하였고, 부지특성인자와 관련된 사항을 운영 전, 운영 중, 폐쇄 후 단계로 나누어 제시하였다.

II. 부지특성 및 처분시설의 기능

가. 부지특성

방사성폐기물처분장 부지는 우리나라 동남쪽 해안에 위치하고, 행정구역상으로는 경상북도 경주시 양북면 봉길리 일대에 위치하며, 부지중심 좌표는 운영동굴로 연결되는 수직출입구를 기준으로 X 248117, Y 243354 (GRS80 좌표계)이다. 방사성폐기물처분장 부지 남쪽 약 9 km에 울산시 경계가 있으며 북서쪽 약 27 km에 경주시청, 북쪽으로 약 8 km 거리에 감포읍이 위치한다. 또한 북쪽으로 경주국립공원(대본지구)과 인접하며, 국도 31번이 부지를 통과하고 북동쪽으로 약 860 m 떨어진 곳에 문무대왕릉이 위치하고 있다. 부지 남쪽으로 '83년부터 운영중인 월성1호기를 비롯하여 211만 m²의 부지에 총 4기의 가압중수로형(PHWR/CANDU) 원전이 운영 중이고, 기존 원전과 처분시설 부지 사이의 103만 m²의 부지에 가압중수로형(PWR)인 신월성 1, 2호기를 현재 건설 중이다.

부지경계 및 제한구역은 Fig. 1.과 같으며, 보전구역은 제한구역 내부에 설정되는 영역으로서 방사성폐기물의 저장, 처리하는 지상설비를 포함하는 구역과 지하 동굴의 위치를 알 수 있도록 동굴 상부에 설정된다.

① 기상 분야

방사성폐기물처분장 주변의 주요 기상특성은 Table 1과 같다.

② 지질 및 지질공학분야

처분시설의 대상 암체인 화강암류는 남측에 분포하는 백악기 퇴적암류를 관입하며 부지의 중심 지역에서부터 북동부 지역에 걸쳐 분포한다. 화강암류는 중립질의 흑운모화강암과 화강섬록암 내지 섬록암의 특징을 보여주고 화강섬록암과 섬록암은 부지의 북부에서 남쪽으로 가면서 점변하는 특징을 보여주고 있다.

부지 내에 발달하는 단층 가운데 수리지질모델링에 반영할 수 정도의 주요 단층은 총 5개이며, 모두 비활동성 단층으로 조사되었다. 이들의 방향성은 대체로 동-서(동북동-서남서, 서북서-동남동 방향 포함) 계열이며 조사된 주요 결과 등은 상기(Fig. 2)와 같다.

처분시설인 사일로는 단일대 Z22와 Z32로 구획되

Table 1. Hydraulic properties of hydraulic conductor domain.

항 목		내 용	부지감시 계획
기온	최고	38.6℃	연속관측 감시
	최소	-16.7℃	
	연평균	13.8℃	
습도	최소	4%	
	연평균	68%	
강수	100년 빈도 강우강도	76.3 mm	
적설	100년 빈도	20.8 cm	
	동하중	32 kg/m ²	
풍속	100년 빈도(최대순간)	43 m/s	

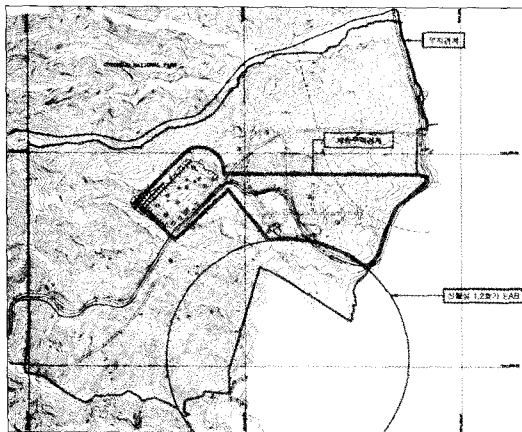


Fig. 1. Site and restricted area boundary.

는 암반블록의 화강섬록암이 분포하는 지역에 위치하며 이 화강섬록암은 부지내 분포하는 암종 중 지질공학적 측면에서 가장 양호한 암반상태를 나타내고 있다.

③ 수문 분야

부지 주변의 주요 수문특성은 Table 2와 같다.

④ 지진 분야

부지 인근의 주요 지진특성은 Table 3과 같다.

⑤ 인문사회 분야

방사성폐기물처분장 주변의 주요 인문사회분야 특성은 Table 4와 같다.

나. 처분시설의 기능 및 구조

처분시설은 크게 지상지원시설(인수저장건물 및 지원건물, 방사성폐기물건물)과 폐기물을 장기간 생

Table 2. Hydrological characteristics around the site.

항 목	내 용	부지감시 계획	
PMP	1시간	197 mm	중요시점에 측정자료값 비교
	6시간	518 mm	
	24시간	1,103 mm	
지하수	지하수위	지하수위 측정 결과 (부지 지하수위 등 고선도 제시)	연속 관측감시
	지하수유동모델	유동경로/속도 제시	중요사점에 모델링 실시

Table 3. Seismological characteristics around the site.

항 목	내 용	부지감시 계획
설계기준지진	0.2 g(부지고유용담스펙트럼 제시)	연속관측 감시

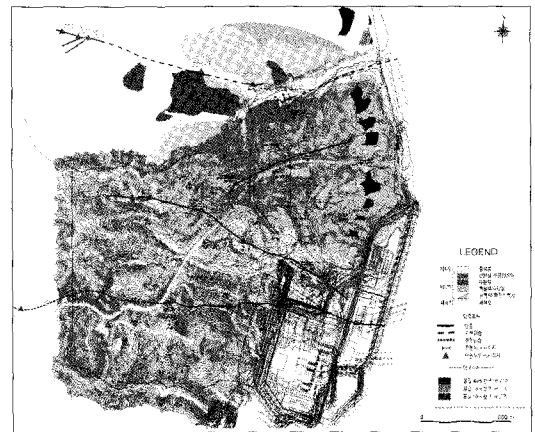


Fig. 2. Geological map.

Table 4. Characteristics of humanities and social sciences around the site.

항 목		내 용	부지감시 계획
인구	상주인구수	17,050명	매년 감시
	상주인구밀도	99.64 명/km ²	
	구역별 상주인구	80개 구역	
예측인구	2009년	: 33,261명	
	2019년 이후	: 32,148명	
토지	토지이용현황	임야: 72.96%, 답: 11.28%	
		전: 5.6%	
	도시계획현황	녹 지: 73.04%	
		공업지역: 16.59%	
		주거지역: 7.97%	
		상업지역: 0.60%	

활권에서 안정적으로 격리하기 위한 처분고로 구분된다. 처분은 1단계로 10만 드럼을 동굴처분방식으로 건설·운영할 계획이며, 나머지 70만 드럼 처분은 약 50~60년에 걸쳐 기술변화 등을 고려하여 추후 결정할 예정이다(Fig. 3).

① 인수저장건물

폐기물 운반용기의 하역 및 운반, 폐기물 드럼의 인수검사, 운반용기의 임시저장, 운반용기에서 폐기물 드럼 하역 및 비파괴 검사, 폐기물 드럼을 처분용기에 장입 및 운반차량에 선적 등의 기능을 수행한다. 인수저장건물은 반입된 폐기물의 인수 및 하역에 필요한 기계적 및 전기적인 설비가 설치되며, 폐기물 드럼 하역 지역, 폐기물 드럼 인수/검사지역, 폐기물 드럼 저장 지역, 처분용기 보관/포장 지역, 트럭 베이, 기타 제어실, 공조실, 전기실 및 제어실 등으로 구성된다.

② 지원건물

처분시설의 고유기능을 직접적으로 지원하며, 작

업자 및 운전원의 방사성 방호, 인수저장건물 및 방사성폐기물건물에 필요한 필수 Utilities를 공급 등의 기능을 수행한다. 지원건물은 방사성 구역 출입통제를 위한 통제실, 전반적인 처분시설의 제어 및 통제를 위한 주제어실, 보건물리실, 방호복 세탁실, 기기보정실, 전기실 및 공조 설비실 등으로 구성된다.

③ 방사성폐기물건물

처분시설 운영 중 발생하는 폐기물 및 방사성 동위원소폐기물 처리, 처분에 적합하게 처리된 폐기물용기/처분용기 취급, 처리시설 성능확인 및 폐기물 저장 등의 기능을 수행한다. 폐기물처리에 필요한 기계적 및 전기적인 설비가 설치되며, 액체폐기물 및 고체폐기물 취급설비, 감용설비, 트럭베이, Hot machine shop, 제어실, 공조실, 냉동기실 및 전기실 등으로 구성된다.

④ 처분사일로

처분사일로는 지하 EL. -80 m ~ -130 m의 지하 암반 내에 위치하며 내부단면 기준으로 직경 23.6 m, 높이 50 m 규모의 사일로 6개로 구성된다. 사일로 당 약 16,700드럼의 처분용량을 가진다.

⑤ 건설 및 운영동굴

건설동굴은 건설장비 및 자재의 출입, 버럭 운반 등의 기능을 가지며, 지상의 동굴입구에서 각 사일로 하부까지의 동굴을 의미한다. 규모는 내부단면 기준으로 폭 7.2 m, 높이 6.5 m, 길이 약 1,970 m 이다.

운영동굴은 폐기물을 운반하는 통로로 사용되며 지상의 동굴입구에서 각 사일로의 상부까지의 동굴을 의미한다. 동굴단면은 건설동굴과 같은 규모이며 길이는 약 1,440 m이다.

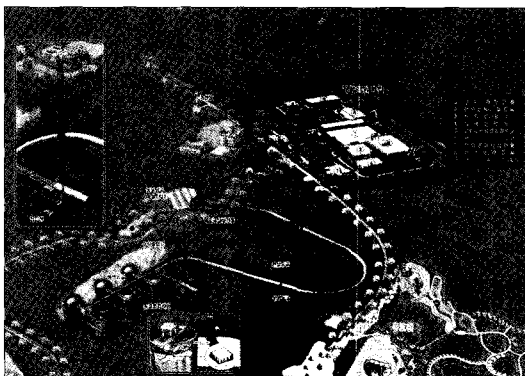


Fig. 3. Location map of main facility.

III. 부지감시 계획

부지감시 분야와 각 분야별 감시항목, 감시주기 등은 원자력법[1], 원자력법 시행령[2], 교육과학기술부 고시[3], [4] 및 중·저준위 방사성폐기물 처분시설 안전심사지침서[5] 등을 바탕으로 방사성폐기물 처분장 부지특성을 고려하여 결정되었다.

가. 기상 분야

부지 내에서 관측되는 기상자료는 사고시 대기확

산에 의한 피폭선량 평가와 태풍이나 호우로부터 시설을 보호하기 위한 각종 설계에 필요한 중요한 부지 특성인자이다.

① 감시항목

기상과 관련한 부지감시는 부지 내에 설치된 기상탑을 이용하여 지상 10 m와 40 m 지점의 기온, 풍향 및 풍속을 연속 관측하며, 지상 1.5 m 지점에서 기온 및 습도, 지표에서 강우량 및 강설량 등을 연속 관측할 계획이다.

② 감시지점

처분시설이 위치하는 부지의 기상현황을 파악하기 위하여 경주시 양북면 봉길리 상봉마을 인근지역에 10 m 높이의 기상탑을 설치하여 '06년 1월부터 관측을 실시하고 있으며, '07년 1월부터는 방출고도가 고려된 영구기상탑과 기상관측소를 이용하여 관측하고 있다. 기상탑 및 기상관측소 위치는 Fig. 4에 나타내었다. 기상탑과 기상관측소의 위치정보는 Table 5와 같다.

③ 감시주기

기상과 관련한 모든 감시항목은 운영전 및 운영중 단계에서 연속관측 할 계획이다(Table 6). 폐쇄후 단계의 기상분야 감시는 장기적인 측면에서 발생할 수 있는 부지특성인자의 변화 및 변화율에 대한 예측의 불확실성을 감안하여 보완 및 개선할 예정이나, 현재로서는 제도적 관리기간(적극적)까지 운영전/운영중 단계와 동

Table 5. Location of meteorological tower and observatory.

감시구분	분류번호	TM 좌표		표고 (FL, m)
		X (N)	Y (E)	
기상탑	WT-1(40 m)	247795,5574	242698,0690	106.0
기상관측소	WT-2(10 m)	247814,3243	242734,2493	102.0

Table 6. Monitoring items about meteorology.

단계	감시구분	감시항목	감시지점	감시주기
운영전	기상탑 (10 m/40 m)	기온, 풍향, 풍속	부지내 기상탑 (Fig. 4 참조)	연속관측
	기상 관측소	지상 1.5 m 기온, 습도 지표 강우량, 강설량	부지내 기상 관측소 (Fig. 4 참조)	연속관측
운영중	운영전 단계와 동일			
폐쇄후	운영전 단계와 동일 (제도적 관리기간(적극적)까지)			

일하게 시행할 계획이다.

나. 수문분야

지표수, 지하수 및 해수 감시로 나누어지며, 부지 감시 및 조사 계획은 감시내용, 감시지점 및 감시주기를 포함한다.

① 지표수 감시

○ 감시항목 : 부지의 위치가 수재천 남쪽 분수계의 상단에 위치하고 있으며, 수재천은 유역 면적과 하천 규모가 작아 처분시설 부지에 영향을 줄 수 있는 큰 규모의 홍수의 가능성이 없는 것으로 평가되었으

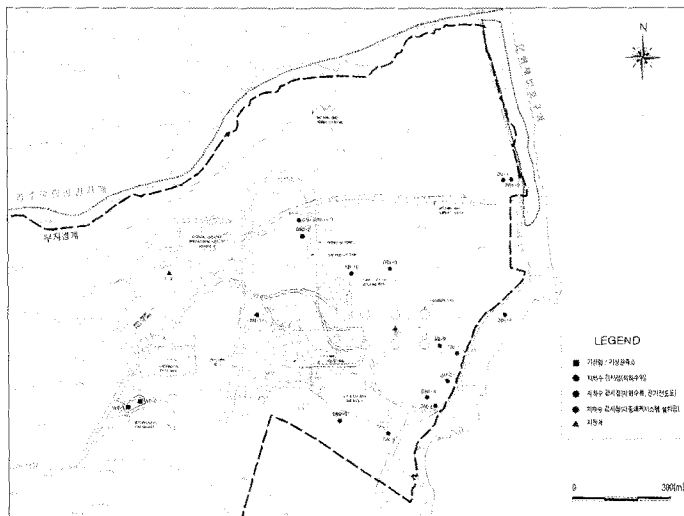


Fig. 4. Site monitoring map

로, 지표수의 지구화학분석만을 실시하는 것으로 계획하였다. 지표수 지구화학분석은 현장측정(온도, pH, Eh, EC, DO)과 시료채취를 통한 실험실분석(무기성분)을 포함한다.

○ 감시지점 : 시료채취는 자료비교를 위하여 부지 특성조사시 지표수의 지구화학분석을 실시한 대종천(SW-1), 수재천(SW-2) 지점과 추가로 나산천(SW-3) 지점을 포함하여 총 3개 지점을 선정하였다. 지표수의 지구화학분석을 위한 시료채취 지점은 Fig. 5에 나타내었다. 지표수 감시지점 위치정보는 Table 7과 같다.

○ 감시주기 : 총 3개 지점의 지표수에 대한 지구화학분석을 운영전 및 운영중 단계에서 계절별 1회 실시하는 것을 원칙으로 한다(Table 8). 폐쇄후 단계에서 지표수 감시는 장기적인 측면에서 발생할 수 있는 부지특성인자의 변화 및 변화율에 대한 예측의 불확실성을 감안하여 보완 및 개선할 예정이나, 현재로서는 제도적 관리기간까지 운영전/운영중 단계와 동일하게 시행할 계획이다.

② 지하수 감시

지하수와 관련한 부지감시계획은 다음과 같은 조사 결과에 근거하여 부지내와 부지반경 10 km 내로 나누어 계획하였다.

부지내 조사는 지하수위관측, 특정구간 지하수압측정 및 물시료 채취를 통한 지구화학분석을 하였다. 지

하수위 관측부분은 시추공 중(후보부지조사, 보완조사 및 부지특성조사) 지하수위 관측이 가능한 모든 시추공에 대해 연속관측 중에 있으며, 지구화학분석은 부지내 시추공을 이용하여 심부지하수를 대상으로 총 13개 공에서 실시하였다.

부지반경 10 km 내의 정천에 대해서는 지하수위관측은 총 38개소, 간이수질분석은 총 63개소에서 조사하였고, 간이수질분석 조사위치 중 10개소에 대해서는 시료채취를 통해 지구화학분석을 하였다.

○ 감시항목 : 부지 내 조사는 지하수위관측, 전기전도도측정, 특정구간 지하수압측정, 지구화학분석을 위한 시료채취 등이다(Table 9). 부지반경 10 km 내 조

Table 7. Locations of monitoring places about surface water.

감시구분	분류번호	TM 좌표		표고 (El. m)
		X (N)	Y (E)	
지표수 (지구화학분석)	SW-1	250396.5003	242140.4864	11.4
	SW-2	248783.7753	243366.0854	16.3
	SW-3	245662.3153	242223.0354	8.9

Table 8. Monitoring items about surface water.

단계	감시 항목	감시 지점	감시 주기
운영전	지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분	3개 지점 : SW-1, 2, 3 (Fig. 5 참조)	계절별 1회
운영중	운영전 단계와 동일		
폐쇄후	운영전 단계와 동일 제도적 관리기간(적극적)까지		

Table 9. Monitoring items about ground water.

단계	감시 구분	감시 항목	감시 지점	감시 주기
운영전	부지내 (Fig. 4 참조)	지하수위	6개 지점(기존) : (KB-9, 10, 11 DB1-5, DB2-2, 3)	연속관측
		지하수위, 전기전도도	3개 지점(기존) : (DB1-2, 4, 6)	연속관측
		특정구간 지하수압	6개 지점 : 다중패커시스템 설치공 (GM-1, 2, 3, 4, 5, 6)	연속관측
		지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분, 용존가스		계절별 1회
		사일로 지하수 유입량		연속관측
지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분 -용존가스	6개 지점 : 각 사일로 배수관로 15개 지점 : 부지특성조사 지점	계절별 1회		
부지반경 10 km (Fig. 5 참조)	지하수위 간이수질분석 -온도, pH, Eh, EC, DO		계절별 1회	
운영중	운영전 단계와 동일			
폐쇄후	운영전 단계와 동일 제도적 관리기간(적극적)까지			

사는 정전을 이용한 지하수위관측 및 간이수질분석이다. 부지내 지하수 지구화학분석은 현장측정(온도, pH, Eh, EC, DO)과 시료채취를 통한 실험실분석(무기성분, 용존가스)을 포함하며, 부지반경 10 km 내 지하수 간이수질분석은 현장측정(온도, pH, Eh, EC, DO)을 의미한다.

○ 감시지점 : 부지 내 지상 감시정은 현재까지의 시추공(후보부지조사, 보완조사 및 부지특성조사)을 대상으로 하는 것이 타당하나 시추공 내 암반상태를 고려할 때 장기간 시료채취에는 문제점이 있는 것으로 판단되어, 특정구간 지하수압측정과 지구화학분석을 위한 시료채취는 다중패커시스템이 설치된 감시정을 운영하고, 지하시설(사일로) 내로 유입되는 지하수에 대해서는 유입량 측정과 지구화학분석을 실시할 계획이다.

- 기존 시추공 : 부지내 지하수위관측 결과를 분석하여 사일로 주변 4개공(KB-9, 10, 11, DB1-5), 해안가 3개공(DB1-2, 4, 6), 처분대상 암반블록을 구획하는 부지규모 단열대(Z22, Z32) 주변 2개공(DB2-2, 3) 총 9개공을 선정하였다. 지하수위관측은 9개공에서 현재 실시하고 있으며, 그 중 해안가 3개공에서는 염수침투현상을 파악하기 위해 전기전도도를 측정하고 있다.

- 다중패커시스템이 설치된 감시정 : 지하수유동모델링 결과를 고려하여 상류지역에 1개 지점(PW1-2(GM-3), 다중패커시스템 설치완료), 하류지역에 3개 지점(GM-1, 2, 4 중 GM-1, 2은 다중패커시스템 설치완료), 시료채취분석을 통한 염수침투현상을 파악하기 위하여 DB1-2번공 주변에 1개 지점(GM-5) 및 예상 유동로와 인접한 부지규모 단열대(Z32) 주변에 1개 지점(GM-6) 총 6개 지점을 선정하였다.

- 사일로 배수관로 : 1단계 처분시설인 6개 사일로의 6개 배수관로 각 1개 지점에서 지하수 유입량 측정과 지구화학분석을 위한 시료를 채취할 계획이다.

부지내 감시정 위치는 Fig. 4에 나타내었다.

- 부지반경 10 km 내 지하수 감시지점은 정전을 이용할 계획이며, 이들 정전들은 지하수계는 다르지만 부지내 수문분야 자료를 보완하는 차원에서 계획하였으며, 부지특성조사시 지하수관측에 이용한 39개 지점 중 15개 지점(D-22, D-44, D-54, D-57, D-84, H-1, J-3,

J-19, J-23, N-1, N-6, N-11, N-20, N-24, S-27)을 선정하였다. 부지반경 10 km 내 감시정 위치는 Fig. 5에 나타내었다.

○ 감시주기 : 운영전, 운영중 및 폐쇄후의 감시주기는 단계가 동일하다. 지하수위관측, 특정구간 지하수압, 전기전도도, 사일로내로의 지하수 유입량은 연속 관측할 계획이며, 지구화학분석을 위한 시료채취는 계절별 1회를 원칙으로 한다.

부지반경 10 km 내 지하수 감시주기는 운영전, 운영중 및 폐쇄후 단계가 동일하며 지하수위관측, 간이수질분석을 위한 시료채취는 계절별 1회를 원칙으로 한다.

폐쇄후 단계에서는 장기적인 측면에서 발생할 수 있는 부지특성인자의 변화 및 변화율에 대한 예측의 불확실성을 감안하여 보완 및 개선할 예정이나, 현재로서는 제도적 관리기간(적극적)까지 운영전/운영중 단계와 동일하게 시행할 계획이다.

③ 해수 감시

조석관측은 해양환경 조사시 2005년 9월부터 봉길리 대분항 부근의 1개 임시검조소에서 연속 관측되었으며, 해수에 대한 지구화학분석은 부지특성조사시 2개 지점에 대해 2006년에 계절별로 4회 실시되었고, 이와 같은 관련 자료 등을 참조하여 해수 감시 계획을 수립하였다.

○ 감시항목 : 해수와 관련한 감시항목은 조석관측과 해수의 지구화학분석이다. 해수의 지구화학분석은 현장측정(온도, pH, Eh, EC, DO)과 시료채취를 통한 실험실분석(무기성분분석)을 포함한다.

○ 감시지점 : 조석관측을 위해 월성원전 물양장 내에 검조소를 설치하여 운영할 계획이며 비교자료는 포항 조석자료를 이용하고, 해수의 지구화학분석은 부지특성조사시 시료채취 지점인 2개 지점(Sea-1, 2)에 대해 실시하여 비교자료로 활용할 계획이다. 부지내 검조소 및 시료채취 위치는 Fig. 5에 나타내었다. 해수 감시지점의 위치정보는 Table 10과 같다.

○ 감시주기 : 운영전, 운영중 및 폐쇄후의 감시주기는 단계가 동일하다(Table 11). 조석은 연속 관측할 계획이며, 지구화학분석을 위한 시료채취는 계절별 1회를 원칙으로 한다. 폐쇄후 단계에서 해수 감시는 장

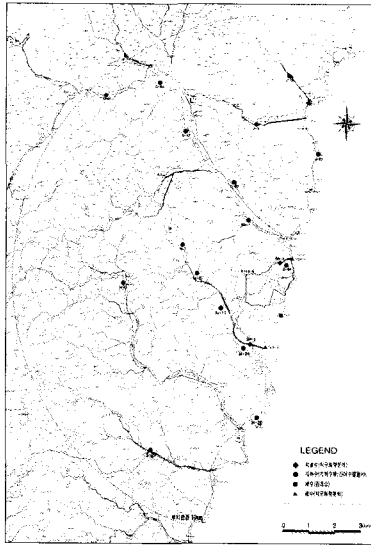


Fig. 5. Site monitoring map within 10km.

기적인 측면에서 발생할 수 있는 부지특성인자의 변화 및 변화율에 대한 예측의 불확실성을 감안하여 보완 및 개선할 예정이나, 현재로서는 제도적 관리기간(적극적)까지 운영전/운영중 단계와 동일하게 시행할 계획이다.

다. 지진분야

① 감시항목

부지 내에 발생하는 지진과의 삼축 시간이력가속도를 관측한다.

② 감시지점

중·저준위 방사성폐기물처분시설 안전성분석보

Table 10. Locations of monitoring places about sea water.

감시구분	분류번호	TM 좌표		표고 (EL, m)
		X (N)	Y (E)	
해수(검조소)	T-1	246769.6413	243414.9674	0.0
해수 (지구화학분석)	SEA-1	248927.5163	243837.1474	0.0
	SEA-2	245549.7413	242816.2854	0.0

Table 11. Monitoring items about sea water.

단계	감시구분	감시 항목	감시 지점	감시 주기
운영전	해수	조석	부지내 검조소 (Fig. 4 참조)	연속관측
		지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분	2개 지점 : 부지 특성조사 지점 (Sea-1, 2) (Fig. 5 참조)	계절별 1회
운영중	운영전 단계와 동일			
폐쇄후	운영전 단계와 동일 [제도적 관리기간(적극적)까지]			

고서(SAR 3.2.10.4절)의 지진감시계통 설계에 따라 처분시설 구조물의 건전성을 확인하기 위해 제공되며 설계시 설계기준사고(비정상적 사고)를 고려하여 지진감시계통의 기능을 수행할 수 있도록 하였다. 지진계는 자유지표면과 처분동굴내 중요 지점에 설치하는 것으로 계획하였다. 자유지표면은 지상구조물인 폐기물건물 기초 바닥면에 위치하는 것으로 계획하였으며, 처분동굴내 중요 지점은 사일로 바닥면에 위치하는 것으로 계획하였다. 비교자료는 월성원전 지진과 감시망 자료를 활용할 계획이다. 부지내 지진계 설치 위치는 Fig. 4에 나타내었다. 지진 감시 지점의 위치정보는 Table 12와 같다.

③ 감시주기

지진과 관측은 운영전 및 운영중 단계가 동일하며 연속 관측한다. 폐쇄후 단계에서 지진분야 감시는 장기적인 측면에서 발생할 수 있는 부지특성인자의 변화 및 변화율에 대한 예측의 불확실성을 감안하여 보완할 예정이나, 현재로서는 제도적 관리기간까지 운영전/운영중 단계와 동일하게 시행할 계획이다. 지진분야 감시항목은 Table 13과 같다.

라. 지질 및 지질공학분야

지질 감시, 사면안정성 감시, 동굴 감시, 사일로 감시로 나누어 계획하였으며, 지질 및 지질공학분야의 운영전, 운영중 부지감시 계획은 감시내용, 감시지점, 감시주기를 포함한다.

① 지질 감시

○ 감시항목 : 안전성 평가에 필요한 기초자료 확

Table 12. Locations of monitoring places about Seismology.

감시구분	분류번호	TM 좌표		표고 (EL, m)
		X (N)	Y (E)	
지진계	E-1(사일로)	248029.4362	243507.2286	구조물 바닥면
	E-2(폐기물건물)	248193.7513	242824.2463	

Table 13. Monitoring item about Seismology.

단계	감시구분	감시 항목	감시 지점	감시 주기
운영전	지진파	삼축 시간 이력가속도	-2개 지점 자유지표면 1지점 : 폐기물건물 기초 바닥면 처분동굴 중요 1지점 : 사일로바닥면 (E-1, 2, Fig. 4 참조)	연속관측
운영중	운영전 단계와 동일			
폐쇄후	운영전 단계와 동일 [제도적 관리기간(적극적)까지]			

보를 위하여 단층변위 관측으로 계획하였다.

○ 감시지점 : 부지내 주요 단층에 대해서는 단층 변위를 감시할 예정이며 부지단층 안전성영향평가 결과를 바탕으로 하여 상세계획을 수립하여 단층변위 감시를 수행할 예정이다. 그 외 진입터널 및 사일로 건설기간에 주요 단층 발견시 조사를 통하여 대상 선정여부와 이에 따른 세부계획을 수립 예정이다.

○ 감시주기 : 운영전 및 운영중 단계가 동일하며, 연속관측을 한다. 폐쇄후 단계에서는 장기적인 측면에서 발생할 수 있는 부지특성인자의 변화 및 변화율에 대한 예측의 불확실성을 감안하여 보완 및 개선할 예정이나, 현재로서는 제도적 관리기간까지 운영전/운영중 단계와 동일하게 시행할 계획이다(Table 14).

② 사면안정성 감시

방사성폐기물처분장 부지내 자연사면 및 인공사면에 대하여 사면붕괴로 예상되는 피해 및 변화를 예측하기 위해 실시한다. 부지특성조사 결과, 자연사면의 산사태 위험성은 없는 것으로 판단된다. 지상지원 시설이 위치할 지점의 부지정지로 인해 발생할 인공사면에 대해서는 감시계획이 필요하나, 현 시점에서 감시계획 보다는 인공사면 형성시 상세조사를 통하여 사면안정성 평가를 실시하고 그 결과를 기초로 하여 사면안정성 감시대상을 선정하는 것이 타당할 것이다. 즉 지상지원 시설 부지정지시 사면에 대한 상세조사와 안정성평가를 실시하여 세부감시계획을 수립할 계획이다. 사면안정성 감시의 경우에는 특히 주기적 감시 외의 비정상적 조건 발생(특히 집중 호우

Table 14. Monitoring item about geology.

단계	감시 구분	감시 항목	감시 지점	감시 주기
운영전	단층	단층변위	부지단층 안전성영향 평가 결과 반영)	연속관측
운영중	운영전 단계와 동일			
폐쇄후	운영전 단계와 동일 (제도적 관리기간(적극적)까지)			

Table 15. Monitoring item about slope stability.

단계	감시 구분	감시 항목	감시 지점	감시 주기
운영전	사면 안정성	진입동굴 입구부와 인수저장건물 주변 인공사면에 대한 사면안정성 평가 결과에 따라 신중적으로 계획 비정상조건(집중호우, 해빙기 등)에 대한 사항 포함		
운영중	운영전 단계와 동일			
폐쇄후	운영전 단계와 동일 (제도적 관리기간(적극적)까지)			

등의 예상시기 및 해빙기 등)에 대한 사항도 감시계획에 포함될 것이다(Table 15).

③ 동굴 감시

처분시설은 건설동굴, 운영동굴, 하역동굴 등으로 구성된다. 동굴 감시계획은 사일로를 제외한 모든 동굴의 운영전, 운영중 단계의 계측관리를 통하여 적절한 지보형태를 판단하도록 계획하였다. 동굴은 대체적으로 암반층에 일정한 피복을 가지고 설치되며 이러한 지질적인 특성을 고려한 동굴 지보계획을 반영하여 계획하였다.

○ 감시항목 : 일상감시와 정밀감시, 유지감시로 나누어 시행하고 건설 기간중 특이한 현상이 발견되어 주변에 영향을 미칠 것으로 판단되는 경우에는 현장 지질전문가의 검토에 의하여 추가감시 여부를 결

Table 16. Monitoring items about cavern area.

구분	항 목	주요 평가 사항
일상감시	막장 관찰	막장 관찰 또는 레이저스캐닝 방법을 이용하여 지철도를 작성하고, 막장의 안정성, 암질, 파쇄대, 변질대 등의 지반상태 및 용수상태, 기 시공구간의 안정성, 지반 계분류 및 재평가
	내공변위 측정	변위량, 변위속도, 변위 수렴상황에 의하여 주변지반의 안정성, 1차지보의 설계 및 시공의 타당성, 콘크리트 라이닝 타설시기의 판단
	천단침하 측정	동굴천단의 절대 침하량을 측정하여 단면 변형상태를 파악하고 동굴천단의 안정성을 판단
정밀감시	록볼트 인발시험	록볼트 시공후의 정착효과를 확인
	록볼트 축력 측정	록볼트의 심도별 축력 측정, 록볼트의 적정길이, 록볼트의 시공효과 확인
	지중변위 측정	동굴주변의 이랑영역 범위 및 록볼트 길이의 적정성 검토
유지감시	썩크리트 응력	썩크리트의 내부응력 및 배면투압 변화 측정
	라이닝 응력	라이닝의 내부응력 상태 파악을 통한 안정성 평가
	간극 수압 측정	라이닝 타설 후의 침투압 등의 작용력 측정 및 배수층의 배수능력 확인

Table 17. Monitoring places of cavern area.

구분	항 목	감시 지점
일상감시	막장 관찰	동굴 전막장
	내공변위 측정	지보타입 구간별/단면변화 구간별/선형변화 구간별/수평:1~2측선, 수직:2~4측선
	천단침하 측정	지보타입 구간별/단면변화 구간별/선형변화 구간별/천단부 1개소
정밀감시	록볼트 인발시험	20 m 또는 1단면마다 5개소
	록볼트 축력 측정	지보타입 구간별/단면변화 구간별/선형변화 구간별/수직, 수평 3~5개소
	지중변위 측정	지보타입 구간별/단면변화 구간별/선형변화 구간별/수직, 수평 3~5개소
유지감시	썩크리트 응력	지보타입 구간별/단면변화 구간별/선형변화 구간별/접선 및 반경방향 3~5개소
	라이닝 응력	정밀 감시단면/천단 1개소, 측벽 2개소
	간극수압 측정	정밀 감시단면/측벽 2개소

정한다. 일상감시와 정밀감시, 유지감시의 세부항목 별 주요 평가사항은 Table 16과 같다.

○ 감시지점

동굴감시의 항목별 감시지점은 Table 17과 같다.

○ 감시주기

- 일상감시 : 굴착속도와 지반 지보재의 저동상태를 고려하여 결정되되 측정결과에 따라 적절히 조정한다. 내공변위와 천단침하의 감시기간은 변위가 완전히 수렴할 때까지 측정하며 변위 속도가 아주 느린 경우 수렴된 것으로 간주한다. 감시주기는 변위 속도와 막장과의 거리에 근거하여 변위 양상에 따라 증감한다.

- 정밀감시 : 동일 단면에서 측정되고 있는 일상감시의 감시주기와 같다. 굴착후 초기 변위량의 계측은 굴착후 12시간 이내에 가능한 빨리 측정하여야 한다. 시공상 부득이한 경우일지라도 다음 막장의 굴착(발파) 이전에는 반드시 초기값을 측정하여야 한다. 감시주기는 변위 속도와 막장과의 거리에 근거하여 변위 양상에 따라 증감한다.

- 유지감시 : 운영전에 설치하여 자동화 시스템과 연결하여 실시간 계측이 가능하도록 한다.

- 동굴에 대한 감시는 건설중(운영전)과 운영중 일정기간 동안 하는 것을 원칙으로 한다.

동굴에 대한 감시주기 및 감시항목은 Table 18과 같다.

④ 사일로 감시

사일로 굴착시 및 굴착 후 주변 암반 내의 응력 재분포 과정에서 생기는 2차 응력의 변화와 변위상태

를 계측하고, 이 결과치를 수치해석하여 예측치 및 허용 관리치와 비교, 검토하기 위한 자료를 구하는데 목적이 있다

○ 감시항목 : 굴착지역 관찰, 천단침하, 내공변위, 슛크리트 응력, 지중변위, 록볼트 축력, 라이닝응력, 간극수압, 라이닝변형(광센서) 등으로 계획하였다. 그러나 건설 기간중 불안정 요인이 발견되어 안정성에 영향을 미칠 것으로 판단되는 특별한 경우에는 감시항목이 추가될 수 있다. 감시항목에 대한 주요 평가사항은 동굴 감시항목과 동일하나 라이닝에 작용하는 하중변화에 따른 변형을 감시하기 위하여 라이닝변형 광센서를 설치한다.

○ 감시지점 : 상부돔과 하부적치부로 나누어 계획하였다. 지반조건을 고려한 수치해석 결과에 따라 지중변위 및 록볼트축력 측정 길이가 결정되어지며, 각 항목별 감시지점은 가감될 수 있다(Table 19).

○ 감시주기 : 각 측정항목에 대한 감시는 굴착 후 초기치를 정확하게 파악하는 것이 가장 중요하다. 감시주기는 항목, 감시지점의 중요성, 감시의 목적, 공사의 진척정도, 감시방법 (자동, 수동) 등에 따라 상이하하며, 사일로의 감시주기는 크게 일자나 변위 속도, 막장거리에 따라 구분하여 적용한다. 시공 상태나 측정결과에 따라 감시주기를 조정하여야 한다. 사일로에 대한 감시는 건설중(운영전)과 운영중 일정기간 동안 지속하는 것을 원칙으로 한다. 운영중의 측정은 각종 측정결과가 일정하게 수렴하여 사일로의 안정성이 확보되었다고 최종 판단될 때 감시를 중단하는 것으로 하나, 측정결과에 따라 신속적으로 운

Table 18. Monitoring items and periods about cavern area.

단계	감시구분	감시항목	감시지점	감시주기		
				0~15일	16~30일	31일 이후
운영전	동굴	막장 관찰	천막장	1회/일	1회/일	1회/일
		내공변위	수평 : 1~2측선, 수직 : 2~4측선	1~2회/일	1회/2일	1회/주
		천단침하	천단부 1개소	-	-	-
		록볼트 인발	20 m 또는 1단면마다 5개소	-	-	-
		록볼트 축력	수직, 수평 3~5개소	-	-	-
		지중변위	수직, 수평 3~5개소	1회/일	1회/2일	1회/주
		스�크리트 응력	접선 및 반경방향 3~5개소			
운영중	라이닝 시공전에 라이닝 응력계와 간극수압계를 설치하여 월 1~2회정도 정상 작동여부를 확인하고 자동화시스템과 연결하여 실시간으로 관측이 가능토록 함					
폐쇄후						

Table 19. Monitoring places of silo.

구분	항 목	감시 지점
상부돔 (1개 사일로 기준)	막장 관찰	전막장
	천단침하 측정	1개 지점
	내공변위 측정	8개 지점
	숏크리트 응력	9개 지점
	지중변위 측정	9개 지점
	록볼트 축력 측정	9개 지점
	라이닝응력 측정	3개 지점
	철근변형률 측정	3개 지점
하부적치부 (1개 사일로 기준)	막장 관찰	전막장
	내공변위 측정	8개 지점
	숏크리트 응력	8개 지점
	지중변위 측정	8개 지점
	록볼트 축력 측정	8개 지점
	라이닝응력 측정	4개 지점
	철근변형률 측정	4개 지점
사일로(1개 기준)	간극수압 측정	2개 지점
	라이닝변형 측정	전체 1개 단면

영할 계획이며 운영중 감시주기는 자동화시스템을 구축하여 실시간으로 감시토록 한다(Table 20).

마. 인문사회분야

인구, 인접산업시설, 군사활동, 천연자원개발, 지하수개발, 대규모 토목공사, 일반인 출입통제 등 처분시설의 안전성에 영향을 미칠 수 있는 항목에 대한 감시가 필요하다. 인문사회분야의 운영전 및 운영중 단계의 부지감시 계획은 감시내용, 감시지점 및 감시주기를 포함한다.

① 감시항목 및 감시지점

- 감시항목 및 감시지점

- 부지반경 10 km : 인구, 인접산업시설, 군사 활동 등

- 처분시설 인근 : 자원탐사 및 천연자원 개발, 지하수개발, 대규모 토목공사 등

- 제한구역 내 : 일반인 출입통제

② 감시주기

○ 부지반경 10 km : 매년 1회 실시하여 안전성평가에 사용한 기초자료와 비교 평가

○ 처분시설 인근 : 일상적 또는 수시(제한구역 내 : 연속감시)

인문사회분야와 관련된 감시항목은 운영전 및 운영중 단계에서 지속적으로 제시된 감시주기에 따라 감시하여 결과를 평가하여야 한다(Table 21). 폐쇄 후 단계에서 인문사회분야 감시는 처분시설 인근 지역과 제한구역 내의 감시항목인 자원탐사 및 천연자원 개발, 지하수개발, 대규모 토목공사, 일반인 출입통제 등을 포함시킬 것이다.

IV. 감시설비

가. 기상분야

① 감시설비 구성

기상탑과 기상관측소의 감시설비 구성은 다음과 같다.

② 설계 기준

기상관측 표준화 법에 따른 관측기기의 표준규격

Table 20. Monitoring items and periods about silo.

단계	감시구분	감시항목	감시 지점	감시주기			
				0~15일	16~30일	31일 이후	
운영전	사일로 (감시지점은 1개 사일로와 벽체 4단 측정 기준)	상부돔	막장 관찰	전막장	1회/일	1회/일	1회/일
			천단침하	1개 지점	1~2회/일	1회/2일	1회/주
		하부 적치부	내공변위	8개 지점			
			숏크리트 응력	9개 지점			
		적치부	지중변위	9개 지점	1회/일	1회/2일	1회/주
			록볼트 축력	9개 지점	1회/일	1회/2일	1회/일
			막장 관찰	전막장			
			내공변위	8개 지점	1~2회/일	1회/2일	1회/주
			숏크리트 응력	8개 지점	1회/일	1회/2일	1회/주
			지중변위	8개 지점			
록볼트 축력	8개 지점						
운영중	라이닝 시공전에 라이닝 응력계와 간극수압계, 철근변형률계를 설치하고 라이닝 시공후에 라이닝변형광센서를 설치하여 월 1~2회정도 정상 작동여부를 확인하며, 자동화시스템과 연결하여 실시간으로 관측이 가능토록 한다.						
폐쇄후							

Table 21. Monitoring items and periods about humanities and social sciences.

단계	감시 구분	감시 항목	감시 지점	감시 주기
운영전	부지반경 10 km	인구, 인접산업시설, 군사활동 등	부지반경 10 km 내	매년 1회
	처분시설 인근 제한구역내	자원탐사, 천연자원 개발, 지하수개발, 대규모 토목공사	처분시설 인근 제한구역 내	일상적 또는 수시
		일반인 출입통제		연속감시
운영중	운영전 단계와 동일			
폐쇄후	운영전 단계와 동일 (예외적 관리기간(적극적)까지)			

은 Table 22와 같다.

한편, ANSI/ANS-3.11에 따른 관측기기의 정확도 및 분해능은 Table 23과 같다.

③ 감시설비의 예상수명

기기 제작사에서 보증하는 기기의 설계수명은 5년이지만, 기상관측 표준화 법 시행규칙 별표 4에 의거 기상측기의 검정유효기간은 3년이므로 3년마다 관측기기의 검정을 실시하고, 검정결과에 따라 기기를 수리하거나 교체한다.

④ 고장시 조치사항

주요 기기장애가 발생할 경우 즉시 전자부분 전문 가에게 의뢰하여 수리한다.

나. 수문분야

① 감시설비 구성

○ 지표수 : 현장측정(온도, pH, Eh, EC, DO)은 휴대용 측정기를 이용하며 시료채취를 통한 별도 실험실분석(무기성분)이므로 감시설비는 필요하지 않다.

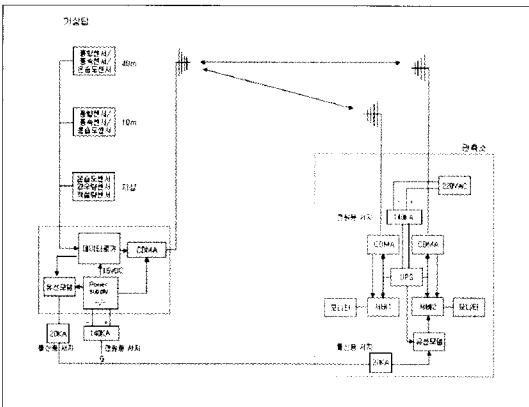


Fig. 6. Composition of the Meteorological observation tower.

○ 지하수 : 부지 내 지하수 감시항목인 지하수위관측, 전기전도도측정은 부지특성조사 시까지의 기존 시추공을 이용한다. 감시설비는 지하수위나 전기전도도가 연속 측정되는 장비이다. NX 시추공내에 설치 가능한 규격이며 또한 최소 1시간 간격의 연속측정과 최소 1개월간의 자료 축적이 가능한 장비이다. 특정구

Table 22. Standards of meteorological instruments.

관측센서	표준 규격
기온센서 (초상, 지면, 지중온도 포함)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방식 : 전기저항 ○ 규 격 : 100 Ω의 백급 4선식, A급 ○ 측정범위 : -50~+50℃ (초상, 지면, 지중온도 : -50~+100℃) ○ 불 확 도 : ±0.3℃ 이내
풍향센서	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방식 : 전위차계 또는 그레이 코드 방식 ○ 측정범위 : 0~360° ○ 기동풍속 : 0.5 % 이하 ○ 불 확 도 : ±5° 이내 ○ 운용환경 : 순간풍속 75 % 이상, 기온 -50~+50℃ ○ 출 력 : 풍향에 비례하는 전압 또는 디지털 값
풍속센서 (3배형)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방식 : 광초퍼직(photo chopper type) 또는 홀센서식(hole sensor type) 삼배풍속계 ○ 측정범위 : 0~75 % ○ 기동풍속 : 0.5 % 이하 ○ 불 확 도 : 10 % 미만에서 ±0.5 % 이내, 10 % 이상에서 5 % 이내 ○ 운용환경 : 순간풍속 75 % 이상, 기온 -50~+50℃
강수량센서	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방식 : 전도형 ○ 수 수 구 : 직경 200 mm ○ 분 해 능 : 0.5 mm 또는 1 mm ○ 불 확 도 : 20~30 mm/h 강우강도에서 100 mm 기준 3% 이내 ○ 재 질 : 스테인리스 ○ 운용환경 : 기온 - 50~+50℃ ○ 수수구 그물망 : 봉 또는 수평형태의 그물망 ○ 히 터 : 전원 AC220 V 또는 DC12 V - 온도조절은 4℃ ±2℃ 이내에서 ON이 되는 Thermostat 1개, 15℃ ±2℃ 이내에서 OFF되는 Thermostat 1개를 각각 부착한다.
습도센서 (상대습도)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 측정방식 : 정전용량 ○ 측정범위 : 0~100% ○ 불 확 도 : ±3%(10~90%) ○ 운용환경 : 기온 -50~+50℃

Table 23. Accuracy and resolution of meteorological instruments.

관측센서	정확도	분해능
기온센서	±0.5℃	0.1℃
습도센서	±4%	0.1%
풍향센서	±5°	1.0°
풍속센서	2.2 m/s 이하에서는 ±0.22 m/s 이내 2.2 m/s 초과할 경우 ±5% 이내	0.1 m/s
강수량센서	50 mm/h 강우강도에서 2.54 mm 기준으로 10% 이내	0.25 mm

간 지하수압측정, 지구화학분석을 위한 시료채취를 위한 설비는 지하수 유동을 고려한 별도의 시추공내에 설치될 계획이며, NX 시추공내에 설치가 가능한 규격의 다중패커시스템이다. 사일로내의 지하수 유입량측정은 사일로를 통과하여 배출되는 배수관로에 유량계를 설치할 계획이며 설비 규격은 지하수 유입량을 고려하여 결정되어질 것이고 측정자료의 디지털 부호로 송신이 가능한 장비로 계획할 것이다. 부지반경 10 km 내 정천을 이용한 지하수위관측은 휴대용 지하수위측정기를 사용할 계획으로 감시설비는 필요하지 않다. 부지 내 및 부지반경 10 km 내의 지구화학 분석은 현장측정(온도, pH, Eh, EC, DO)은 휴대용 측정기를 이용하며 시료채취를 통한 별도 실험실분석(무기성분)이므로 감시설비는 필요하지 않다.

○ 해수 : 조석관측은 조위의 연속측정이 가능한 장비이어야 하며 자료의 디지털부호로 송신이 가능한 장비로 계획할 것이다. 해수의 지구화학분석은 현장측정(온도, pH, Eh, EC, DO)은 휴대용 측정기를 이용하며 시료채취를 통한 별도 실험실분석(무기성분)이므로 감시설비는 필요하지 않다.

② 설계기준

부지 내 지하수에 대한 지하수위관측, 전기전도도 측정, 특정구간 지하수압측정, 사일로내의 지하수 유입량측정과 해수에 대한 조석관측이 관련 항목이다. 상기 항목들은 정상, 비정상 및 사고조건하에서 성능 목표를 만족하도록 설계하는 개념보다는 안전성평가지고 고려된 조건을 기준치로 설정하고 그 이상일 경우 감시 정보를 제공한다.

③ 감시설비의 예상수명

부지 내 지하수 및 해수에 대한 감시설비는 건설 및 운영기간은 물론 폐쇄후 제도적관리기간동안에도 부지감시 계획이 세워져 있으므로 충분한 내구성 및 운영성 등을 고려하여 설계된다. 또한 감시설비의 대부분이 측정기기이므로 주기적인 기기보정을 통하여 설비의 정확성 및 내구성을 확인한다.

④ 고장시 조치사항

부지 내 지하수 및 해수에 대한 항목 중 감시설비에 해당하는 항목들은 대부분 연속적인 측정값이 운영자에게 실시간으로 전달되므로 연속측정자료가 입수

되지 않을 경우, 즉시 원인 파악 후 필요한 조치를 취한다. 또한 설비의 주기적인 점검을 통하여 고장에 대한 예방조치를 취한다.

다. 지진분야

① 감시설비 구성

감시설비는 삼축이력가속도계, 가속도계에 의한 트리거, 기록계 및 재생장치를 포함한 지진감시캐비넷으로 구성된다.

② 설계기준

지진감시계통은 설계지진 발생시 기능감시 및 채널감시가 가능하고 가속도계에 의한 트리거 개시 설정치 이상일 경우 기록계가 작동되며 제어실에 정보를 제공한다.

③ 감시설비의 예상수명

자유지표면과 처분동굴내 중요지점에 대해서 감시기간 동안 지속적인 지진감시가 이루어지도록 내구성, 운전성 등을 고려하여 설계된다.

④ 고장시 조치사항

지진감시를 위한 설비의 고장 감지시 즉각적으로 원인 파악 후 필요한 조치를 취한다.

라. 지질 및 지질공학분야

① 감시설비 구성

○ 지질 : 단층변위감시 설비의 종류, 위치, 수량, 정밀도 등과 관련된 사항은 국내 적용사례를 참고하여 단층변위감시를 수행할 예정이며, 진입터널 및 사일로 건설기간에 주요 단층 발견시 조사를 통하여 대상 선정여부를 결정하고 감시설비에 관한 사항은 단층의 특성에 따라 결정할 것이다.

○ 지질공학 : 동굴 및 사일로의 진전성 감시를 위한 현장 계측기와, 신호 전송을 위한 멀티 플렉서, 측정 자료에 대한 기록, 추이 표시 및 경보발생 기능을 수행하는 감시캐비넷과 전체 계측설비에 대한 상태 확인 및 진단 기능을 수행하며 운전원에게 정보 제공을 수행하는 컴퓨터 등으로 구성된다.

② 설계기준

○ 지질 : 단층변위 관측기기의 정밀도는 단층변위

량, 변위를 등 단층운동특성과 관련된 이상치의 관찰이 가능할 정도로 유지되어야 한다.

○ 지질공학 : 사일로 및 각 동굴에 대한 지질공학 감시는 SAR 지진감시계통 설계에 수록된 규격, 표준 및 규격서에 따르며, 동굴 및 사일로에 설치된 센서를 통해 지반 및 구조물의 건전성을 감시하도록 설계된다.

③ 감시설비의 예상수명

○ 지질 : 운영전, 운영중 및 폐쇄후 일정기간에 대해 충분한 내구성 및 운영성을 갖도록 설계된다. 감시설비의 대부분이 측정기기이므로 기기선정이 완료되면 기기특성에 맞는 일반점검 및 검교정을 통한 주기적인 기기보정을 실시하여 설비의 정확성 및 내구성을 확인한다.

○ 지질공학 : 사일로 및 각 동굴에 대해서 건설 및 운영기간 동안 지질공학적 특성감시가 이루어지도록 설계 되어야 하며, 운영 중 교체가 불가능한 계측기에 대한 내구성, 운전성 등을 고려하여 설계된다.

④ 고장시 조치사항

○ 지질 : 연속적인 자료수집이 안될 경우 즉시 원인 파악 후 필요한 조치를 취한다. 또한 설비의 주기적인 점검을 통하여 고장에 대한 예방조치를 취한다.

○ 지질공학 : 고장 발생시 즉시 원인 파악 후 필요한 조치를 취한다. 또한 설비의 주기적인 점검을 통하여 고장에 대한 예방조치를 취한다.

마. 인문사회분야

① 감시설비 구성

제한구역내 일반인 통제를 위한 울타리 등의 방벽을 설치할 것이며, “처분시설”이라는 문구와 “허가 없이 들어감을 금함”이라는 문구를 포함하는 표지판을 육안식별이 용이하도록 부착하여 출입을 효과적으로 제한할 것이다. 또한 제한구역 내부의 영역으로서 당해 처분장에서 방사성폐기물을 저장, 처리, 처분하는 구역인 보전구역의 경계에는 울타리를 설치할 것이며, “보전구역”이라는 문구와 “허가 없이 들어감을 금함”이라는 문구를 포함하는 표지판을 육안식별이 용이하도록 부착하여 방사성폐기물의 관리와 출입자에 대한 방사선방호를 효과적으로 수행할 것

이다.

② 설계기준

제한구역내 일반인 통제는 제도적관리기간(적극적)까지 수행될 계획이므로 이 기간 동안 훼손이 되지 않도록 충분한 내구성을 가져야 하며, 식별이 용이하도록 설계된다.

③ 감시설비의 예상수명

제도적관리기간(적극적) 동안 감시가 이루어지도록 설계 되며, 충분한 내구성을 고려하여 설계된다.

④ 고장시 조치사항

훼손 되었을 경우, 즉시 원상복구 조치를 취한다.

V. 품질관리 계획

부지감시를 수행하는 기관(사업자 및 용역기관)은 품질관리계획을 수립 후 조사를 수행한다. 부지감시에 대한 품질관리는 시료의 채취, 자료의 측정과정에서부터 조사결과에 평가에 이르기까지 전 과정에 걸쳐 수행하게 되며 다음 사항이 만족될 수 있도록 한다.

가. 시료 채취 및 운반

○ 시료채취가 조사 항목의 대표성을 가지도록 종류를 선택하고 적절한 채취방법을 사용한다.

○ 시료채취는 처분시설 부지감시 및 조사계획서에 의거 정기적으로 채취하여야 한다.

○ 채취한 시료는 시료특성에 맞도록 포장하고, 포장 표면에는 시료명, 채취자, 채취일시, 채취장소 및 채취량을 기록하여 운송 중에 유실되거나 다른 시료와 혼합되지 않도록 한다.

○ 채취한 시료는 채취 시점부터 분석 시점까지 분석결과에 영향을 미치지 않도록 주의하여 포장, 운반 및 보관한다.

나. 시료 분석

① 시료 전처리

○ 시료의 칭량, 건조, 분쇄 등 전처리 과정과 일련의 복잡한 과정을 거치는 화학적 분리 과정을 전처리 과정 중 기록하여 관련 절차에 따라 적절하게 수행되

고 있는지 여부를 확인 점검한다. 채취한 시료는 가능한 빠른 시일 내에 전처리를 수행한다.

② 측정기기 성능점검

○ 측정기기의 성능점검은 일상계획에 따라 실시하며, 측정치가 측정기기 보증서의 관리범위를 벗어나면 원인을 제거하고 사용 전에 반드시 재 교정을 실시해야 한다.

○ 측정기기 점검 기록과 수리 이력은 장비 수명 기간 동안 보존한다.

③ 측정기기의 교정

○ 모든 측정 기기의 교정은 매 1년 주기로 실시한다. 교정 완료 후 교정필증은 항상 확인이 가능하도록 계측기 표면에 부착하여 교정유효기간이 초과한 측정기기를 사용하는 일이 없도록 주의한다. 교정 기록은 장비 수명기간 동안 보존한다.

다. 측정 자료의 분석 및 검토

○ 측정자료를 분석, 검토하는 절차를 수립하고, 실제 시료채취 등 품질관리 업무로부터 취득한 자료가 합리적이고 일관성이 유지되는지를 검토한다.

VI. 결론 및 제언

부지감시 업무수행은 운영전 단계에서 실시된 감시 및 조사결과를 검토하여 평상변동범위 등의 기준 자료를 수립할 것이다. 운영전 감시 및 조사수행 이전의 자료(안전성분석보고서, 안전심사자료, 수문관련 측정자료 등)는 운영전 단계에서 실시된 감시 및 조사결과를 검토할 때 함께 반영할 것이다. 운영전 단계까지의 자료로 수립될 기준자료는 운영중, 폐쇄후 단계에서 계속적으로 수정 보완될 것이다. 운영중, 폐쇄후 단계에서 기준자료와의 비교시 부지안전성, 핵종확산 등에 부정적인 영향을 줄 가능성이 있는 결과가 도출될 경우, 즉시 조사계획을 수립하여 원인규명을 실시할 것이며, 그 결과에 따라 추가적인 조치계획을 수립할 것이다.

각 관측소에서 관측된 자료는 DB 서버에 저장되고, 부지감시시스템(Fig. 7)에서 분석 관리할 계획이

다. 상기 시스템은 내부망과 인터넷을 이용하여 관리자에 의해 통제할 것이며, 인터넷을 통한 외부 열람, 관측자료의 실시간 모니터링, 자료분석, 부지조사 자료를 포함한다. 자료분석시 기준자료와의 비교를 통하여 이상 징후 및 자료수집에 문제점이 발생시 부지감시시스템이 즉시 문자메시지를 관리자에게 발송하여 비상조치를 취하게 할 것이다.

각 분야별 관리항목은 단계별(운영전, 운영중, 폐쇄후) 감시주기 및 품질절차에 따라 수행될 것이며, 변경이 필요할 경우 충분한 사유를 명시하여 변경계획을 제출한다. 각 분야별 관리항목과 단계별(운영전, 운영중, 폐쇄후) 감시주기는 상기와 같다(Table. 24).

가. 비상 계획 수립

부지감시 운영 과정에서 발생할 수 있는 제반 문제점과 돌발상황에 대비하기 위하여 비상계획 수립이 필요하며, 특히 자료분석시 기준자료와의 비교를 통하여 이상 징후가 발견될 때 또는 감시설비의 이상으로 인한 자료수집에 문제점이 발견될 때를 대비하여야 한다. 비상 시점 판단은 부지감시시스템에서 자료를 분석하여 이루어지며, 이상징후 발견시 관리자에게 즉시 자동 통보되어 비상조치를 취하게 할 것이다(Fig. 8).

나. 보고서 작성

부지감시 업무수행 중 생성되는 주요서류는 품질

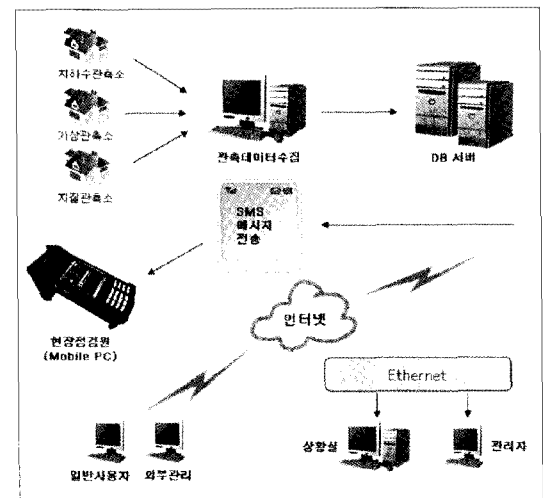


Fig. 7. Flow of Data managements.

Table 24. Management items and phase-in monitoring cycles.

분야	감시구분		감시항목	감시지점	감시주기			
					운영전	운영중	폐쇄후	
기상	기상탑 (10m/40m)		기온, 풍향, 풍속	부지내 기상탑	연속관측			
	기상 관측소	지상 1.5m	기온, 습도	부지내 기상관측소	연속관측			
		지표	강우량, 강설량					
수문 및 지구화학	지표수		지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분	3개 지점	계절별 1회			운영전 단계와 동일 (제도적 관리 기간(적극적) 까지)
	지하수	부지내	지하수위	6개 지점	연속관측			
			지하수위, 전기전도도	3개 지점	연속관측			
			특정구간 지하수압	연속관측				
			지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분 -용존가스	6개 지점 : 다중패커시스템 설치공	계절별 1회			
			사일내로의 지하수 유입량	연속관측				
			지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분 -용존가스	6개 지점 : 각 사일로 배수관로	계절별 1회			
		부지 반경 10km	지하수위 간이수질분석 -온도, pH, Eh, EC, DO	15개 지점	계절별 1회			
			조석	부지내 조조소	연속관측			
		해수	지구화학분석 -온도, pH, Eh, EC, DO -무기성분	2개 지점	계절별 1회			
지진	지진파	삼축 시간이력가속도	2개 지점	연속관측				
지질	단층	단층변위	부지단층 안전성영향평가 결과에 따름	연속관측				
	사면안정성	사면안정성 평가 결과에 따라 신속적으로 계획		-				
지질공학	동굴	막장 관찰	전막장	1회/일	1회/일	1회/일	라이닝 시공전에 라이닝 용력계와 간극수압계를 설치하여 월 1-2회정도 정상 작동여부를 확인하고 자동화시스템과 연결하여 실시간으로 관측	
		내공변위	수평:1~2측선, 수직:2~4측선	1~2회/일	1회/2일	1회/주		
		천단침하	천단부 1개소	-	-	-		
		록볼트 인발	20 m 또는 1단면마다 5개소	-	-	-		
		록볼트 축력	수직, 수평 3~5개소	1회/일	1회/2일	1회/주		
		지중변위	수직, 수평 3~5개소	1회/일	1회/2일	1회/주		
		숏크리트 용력	점선 및 반경방향 3~5개소	1회/일	1회/일	1회/일		
	사일로 (감시지점은 1개 사일로와 벽체 4단 측정 기준)	상부동	막장 관찰	전막장	1회/일	1회/일		1회/일
			천단침하	1개 지점	1~2회/일	1회/2일		1회/주
			내공변위	8개 지점	1회/일	1회/2일		1회/주
			숏크리트 용력	9개 지점	1회/일	1회/2일		1회/주
		하부 적치부	지중변위	9개 지점	1회/일	1회/2일		1회/주
			록볼트 축력	9개 지점	1회/일	1회/2일		1회/일
			막장 관찰	전막장	1회/일	1회/2일		1회/일
		내공변위	8개 지점	1~2회/일	1회/2일	1회/주		
		숏크리트 용력	8개 지점	1회/일	1회/2일	1회/주		
		지중변위	8개 지점	1회/일	1회/2일	1회/주		
		록볼트 축력	8개 지점	1회/일	1회/2일	1회/주		
인문사회	부지반경 10km	인구, 인접산업시설, 군사활동 등	부지반경 10 km 내	매년 1회			운영전단계와 동일	
	처분시설 인근	자원봉사 및 천연자원 개발, 지하수개발, 대규모 토목공사	처분시설 인근	일상적 또는 수시			운영전단계와 동일	
	제한구역 내	일반인 출입통제	제한구역 내	연속감시			운영전단계와 동일 (제도적 관리기간 (적극적)까지)	

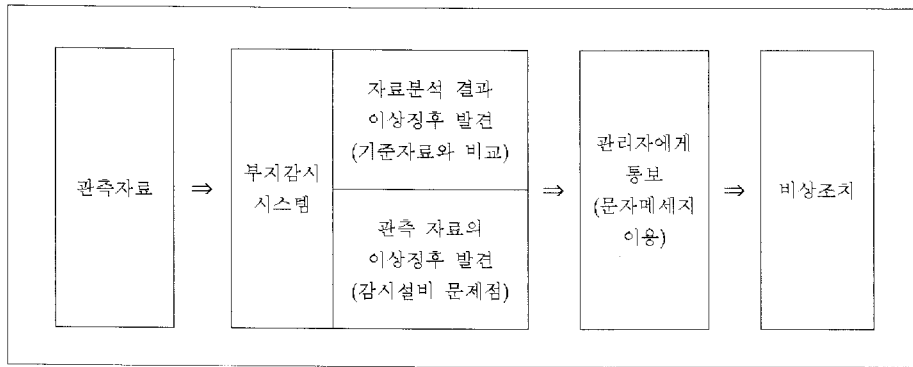


Fig. 8. Flow of Contingency plan management.

관리계획을 수립하여 관련 문서를 관리하여야 하며, 감시기기 특성(설계특성, 사양 등), 절차서, 사용자 지침서 등이 포함될 것이다.

부지감시 보고서는 1년에 2회(3월, 9월) 작성되어야 하며, 3월 보고서는 전년도 7월 ~ 12월까지, 9월 보고서는 동년 1월 ~ 6월까지의 관측자료를 이용하여 작성되어야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 논문은 중·저준위 방사성폐기물처분시설 건설 및 운영허가에 필요한 안전성분석보고서(SAR) 작성의 일환으로 수행되었으며 이에 감사의 뜻을 전합니다. SAR 제 2장의 부지감시 및 조사계획이 작성되는데 도움을 주신 방폐물기술처 윤호택 처장님, 윤시태 부처장님, 권현우 팀장님 그리고 지질기술팀 여러분과 현대엔지니어링(주) 이창재 이사님께도 감사의 뜻을 전합니다.

참고문헌

- [1] 원자력법 제 77 조 (허가기준).
- [2] 원자력법 시행령 제 233 조 (지중매물).
- [3] 교육과학기술부 고시 제2008-57호 “중·저준위 방사성폐기물 처분시설 운영 등에 관한 기술기준”, pp. 6, 13.
- [4] 교육과학기술부 고시 제2008-53호 “중·저준위 방사성폐기물 처분시설 부지특성보고서 작

성지침”, pp. 3.

- [5] “중·저준위 방사성폐기물 처분시설 안전심사 지침서”, KINS/GE-W001, 한국원자력안전기술원, pp. 245-255(2005).