

KAERI/TR-2379/2003

긴급시 환경실험실 거주성 요건 정립을 위한 연구

A Study on the Establishment of Habitability Requirement
for Environmental Laboratory in Nuclear Emergency

KAERI

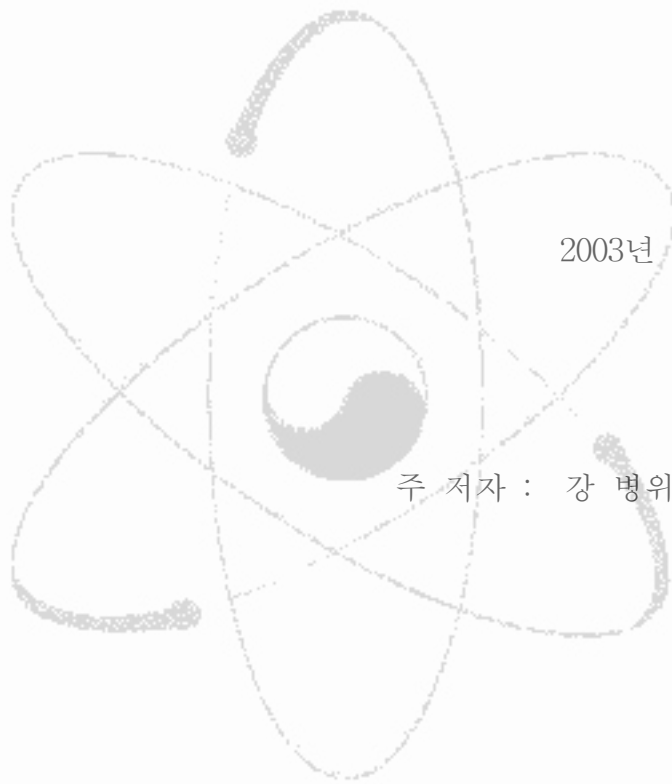
2003. 1.

한국원자력연구소

제 출 문

한국원자력연구소장 귀하

본 보고서를 2002년도 “방사선 비상훈련 시나리오 및 주민보호조치 기술 개발”
과제의 기술보고서로 제출합니다.



2003년 1월 일

주 저자 : 강 병위 (하나로운영부)

요 약 문

I. 제 목

긴급시 환경실험실 거주성 요건 정립을 위한 연구

II. 연구개발의 목적 및 필요성

가. 연구개발의 목적

방사능재난시 원자력시설 환경실험실의 거주성 요건 정립

- (1) 환경실험실 비상요원에 대한 피폭선량제한지침(안) 정립
- (2) 긴급시 환경실험실 분석기기의 최소검출농도(안) 정립
- (3) 환경실험실 거주성 상실시 대응책 방안 강구

나. 연구개발의 필요성

원자력 관계법령(과기부고시 제1996-4호 및 제1998-13호)에는 원자력시설 중대사고 발생시 환경실험실 거주성이 상실될 경우를 대비하여 비상계획구역 외부에 예비 환경실험실의 지정 및 이동환경감시 차량을 확보토록 하고, 비상시 외부 기관의 시설·장비를 이용할 경우에는 이용계획과 협정서를 작성하여야 하며, 이동시 이동절차 및 환경감시절차를 수립토록 규정하고 있다. 그러나, 관계법령에는 거주성 평가에 대한 기술기준이 명시되어 있지 않아, 이에 대한 요건 정립이 필요하다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

- (1) 방사능재난 발생시 국제원자력기구의 비상요원 복귀지침에 근거하여, 환경실험실 비상요원에 대한 피폭선량제한지침(안)을 설정하고, 환경실험실 지역방사선감시기의 경보 설정치를 정립하였다.

- (2) 긴급시 환경실험실 분석기기의 최소검출농도는 국제원자력기구의 음식물섭취제한 기준에 근거하여 설정하였다.
- (3) 긴급시 환경실험실의 비상대응임무를 정립함으로써 거주성 상실시 대응책을 모색하였다.

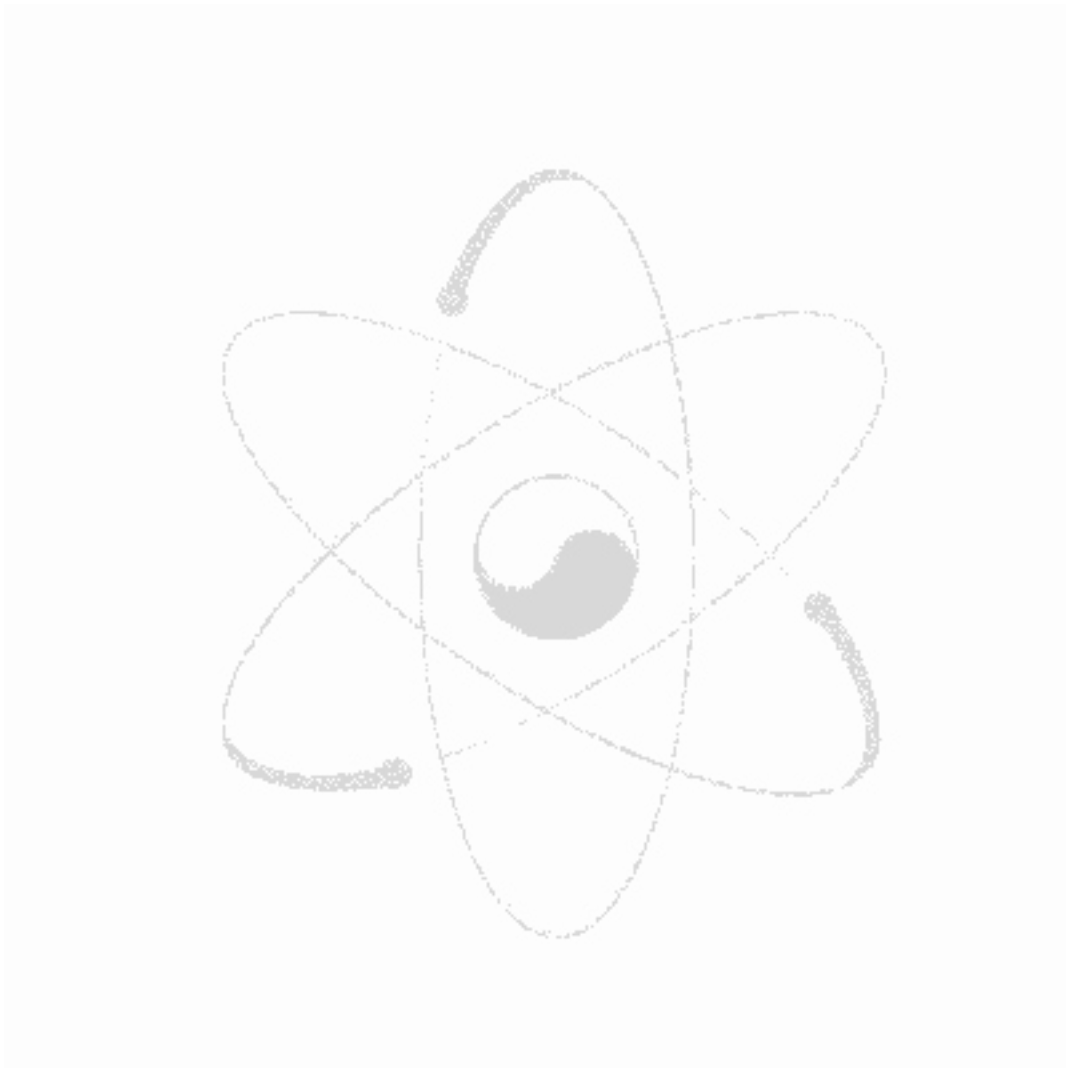
IV. 연구개발 결과

- (1) 긴급시 환경실험실내 비상작업자에 대한 피폭선량제한지침(안)은 안정옥소제를 복용한 조건하에서 감마 공간선량계 지시값이 단기간(8~12시간) 동안 1 mSv/h, 장기간(~1주일) 동안 0.1 mSv/h이며, 이 값을 초과할 경우 환경실험실로부터 소개하여야 한다. 환경실험실 지역감시기의 경계경보 및 고경보 설정치는 각각 50 μ Sv/h, 100 μ Sv/h 이다.
- (2) 환경실험실 분석기기는 주민보호 음식물섭취제한을 판단하기 위한 시료내 특정 핵종에 대한 방사능 최소검출농도 즉, I-131인 경우 0.1 kBq/kg, Cs-137인 경우 0.2 kBq/kg 값을 검출할 수 있어야 한다.
- (3) 환경실험실 거주성 상실시 대응책으로서 다음과 같은 사항을 고려한 세부계획이 마련되어야 한다.
 - (가) 긴급시 환경방사선 모니터링 지휘·통제 및 필요 자원 지원 방안
 - (나) 환경시료 수집·배포방안 및 분석장소 선정
 - (다) 환경시료의 계측방안 및 분석기기 선정
 - (라) 환경모니터링 평가 및 환경지도 작성방안
 - (마) 환경시료 보존방안

V. 연구개발 결과의 활용계획 및 건의사항

- (1) 환경실험실 거주성 요건에 대한 관계법령 개선시 본 연구결과를 활용토록 정부에 건의한다.

- (2) 원자력사업자는 환경실험실 거주성 상실시 대응책에 대한 세부적인 계획을 개선하여 방사능방재 합동훈련시 그 실효성을 검증하고 미흡한 점은 보완 발전시켜야 할 것이다.
- (3) 정부는 '긴급시 환경방사선 모니터링에 관한 지침'을 제정할 것을 건의한다.



SUMMARY

I. Project Title

A Study on the Establishment of Habitability Requirement for Environmental Laboratory in Nuclear Emergency

II. Objectives and Importance of the Project

A. Objectives

Establishment of habitability requirement for Environmental Laboratory (EL) in nuclear emergency

- (1) Radiological Control Guideline of the EL
- (2) Minimum Detectable Activity(MDA) of the analysis equipments
- (3) Countermeasures for the loss of habitability of EL

B. Necessities

It is necessary that the habitability requirement for EL will be defined on the related regulation guideline.

III. Scope and Contents of the Project

The habitability criteria of the environmental laboratory located inside plum pathway emergency planning zone was established including the alarm setpoint of the area radiation monitor based on the operational intervention level recommended by IAEA. The MDA of analysis equipments were established based on the generic action level recommended by IAEA. The countermeasures for the loss of habitability of EL was established by defined the emergency response activity at EL in nuclear emergency.

IV. Result of the Project

The habitability criterion for the emergency worker who took stable iodine and stayed inside environmental laboratory is suggested below 1 mSv/h by ambient dose rate. Atmosphere in the counting area of the

environmental lab should be cleaned to measure the MDA for specific nuclide, i.e. 0.1 kBq/kg for I-131 and 0.2 kBq/kg for Cs-137 in the foodstuff sample being counted.

The detailed planning to move the backup EL will be prepared by considering the following items.

- (1) Control the environment monitoring and support the logistic
- (2) Collect and distribution the foodstuff sample
- (3) Method the sample analysis and select the analysis equipments
- (4) Evaluation the result of monitoring data and mapping the contaminated areas
- (5) Preserve the samples

V. Proposal for Applications

It is recommended that Government try to revise the regulation related with the habitability of environment laboratory using this report.

It is suggested that the detailed planning to move the backup EL shall be reviewed by the related organizations hereafter and tested by the exercises, and the results will reflect on the detailed procedures.

It is recommended that Government try to enact an regulation related with the guidance for the environment radiation monitoring in nuclear accident.

CONTENTS

Abstract	2
Chapter I. Introduction	9
Section 1. Objectives	9
Section 2. Necessities	9
Section 3. Scope	10
Chapter II. Research and Development Status	12
Chapter III. Details of the Study and the Results	16
Section 1. Protection Action Guides for the Emergency Personnel in Environmental Laboratory (EL)	16
Section 2. MDA for the Sampling Analysis Equipments	21
Section 3. Countermeasures for the Loss of EL Habitability	24
Section 4. Result of the Project	28
Chapter IV. Achievement of Project Objectives and Contribution to Other Development	29
Chapter V. Proposals for Application of the Result	30
References	31

목 차

제1장 서론	1
제1절 목적	1
제2절 필요성	1
제3절 연구 범위	2
제2장 국내·외 기술개발 현황	4
제1절 외국의 긴급시 환경실험실 운영개념	4
제2절 국내의 환경실험실 거주성 요건	7
제3장 연구개발 수행내용 및 결과	8
제1절 환경실험실 비상요원의 피폭선량제한지침(안)	8
제2절 환경실험실 계측능력 확보 기술기준(안)	13
제3절 환경실험실 거주성 상실시 비상대응책	16
제4절 연구결과	20
제4장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도	21
제5장 연구개발결과의 활용계획	22
참고 문헌	23

제1장 서 론

제1절 목 적

원자력시설 방사선비상시 원자력사업자가 운영하는 환경실험실에 대한 거주성 요건을 정립한다.

- (1) 방사능구름피폭경로 비상계획구역 안에 위치하는 환경실험실내 비상요원에 대한 피폭선량제한지침(안) 및 환경실험실의 지역방사선감시기경보 설정치 정립
- (2) 긴급시 환경시료·음식물섭취시료의 계측능력 확보를 위한 환경실험실 분석기기의 최소검출농도(안) 정립
- (3) 환경실험실 거주성 상실시 대응책 방안 모색

제2절 필요성

원자력시설 운영에 있어서 방사성물질의 환경방출은 관련 규제기준에 의거 엄격한 통제하에 관리되고 있다. 환경실험실은 평상시 부지 주변에 설치된 고정형 환경방사선감시기로부터의 환경정보와 기상탑으로부터의 기상관측 정보를 연속적으로 수집·저장·지시하는 감시설비와 수집된 환경시료를 분석하기 위한 계측설비를 갖추고 환경방사선을 종합적으로 감시하고 있다. 또한, 환경실험실은 방사능재난 발생시 환경방사선(능) 모니터링 및 환경시료·음식물섭취시료의 샘플링을 지휘·통제하고, 환경모니터링 자료와 시료분석 자료를 활용하여 오염지역을 정의하고, 주민보호조치를 관계당국에 권고하는 비상대응기구로서 활용된다.

환경실험실은 원자력시설 중대사고로 인한 방사성물질의 환경방출시 환경오염에 의한 영향이 없는 곳 즉, 방사능구름피폭경로 비상계획구역 바깥에 위치하여야 하고, 환경시료·음식물섭취시료를 분석하는데 있어서 주변 오염원에

의한 영향이 없도록 차폐체 및 환기설비 등을 갖추어야 한다. 그러나, 국내 원자력사업자가 운영하고 있는 환경실험실은 평상시 환경방사선 감시를 용이하게 운영하기 위해 원자력시설로부터 가까운 거리에 위치하고 있으며, 비록 차폐체 및 환기설비를 갖추고 있다 하더라도 중대사고 발생시 방사성물질에 노출될 수 있다.

이에 따라 환경실험실 거주성이 상실될 경우를 대비하여 비상계획구역 외부에 예비 환경실험실의 지정 및 이동환경감시 차량을 확보하도록 하고, 비상시 외부기관의 시설·장비를 이용할 경우에는 이용계획과 협정서를 작성하여야 하며, 이동시 이동절차 및 환경감시절차 등을 수립하도록 관계법령에 기술하고 있다[1,2]. 그러나, 관계법령에는 환경실험실 거주성 평가에 대한 기술기준이 명시되어 있지 않아, 이에 대한 요건 정립이 필요하다.

제3절 연구 범위

3.1 환경실험실내 비상요원의 피폭선량제한지침(안) 정립

연구용, 발전용 원자력 관계시설에서의 방사성물질 환경 누출 사고 발생시 방사능구름피폭경로 지역에서 비상대응 임무를 수행하는 비상요원의 개인방호를 위한 국제원자력기구(IAEA)의 복귀지침[3]을 검토하고, 이에 근거하여 환경실험실 비상요원에 대한 피폭선량제한지침(안)을 설정하고, 환경실험실 지역방사선감시기의 경보 설정치를 정립한다.

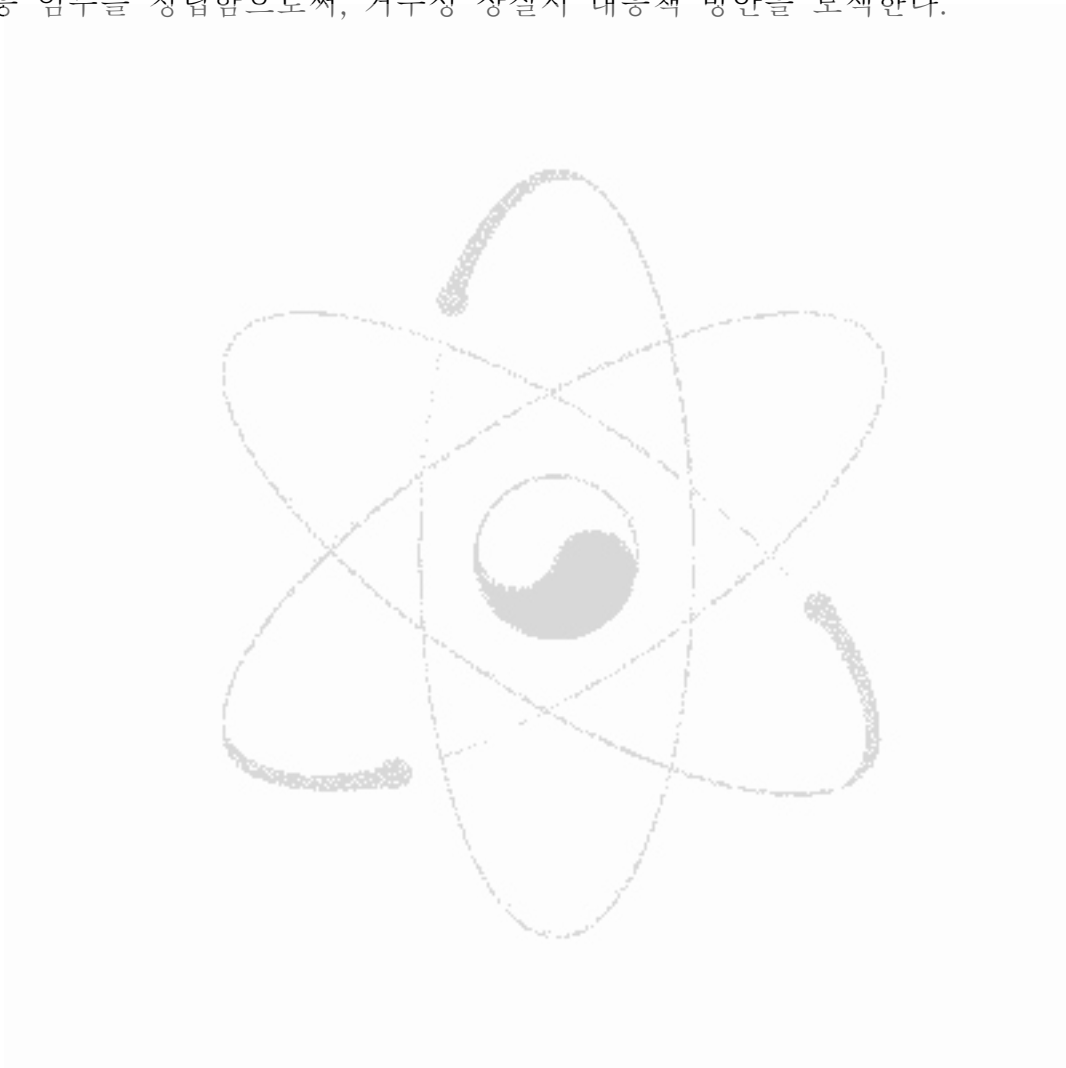
3.2 긴급시 환경실험실 분석기기의 최소검출농도(안) 정립

방사능재난 발생시 원자력시설 사고상태, 예상피폭선량 예측 프로그램 및 예상지역의 방사선 준위 등에 의해 기 결정한 주민보호 음료수·음식물 섭취제한 의사결정 사항을 확인하기 위한 수단으로서 환경시료 및 음식물섭취시료를 채취·분석하여야 한다. 따라서, 환경실험실 분석기기의 최소검출

농도는 IAEA의 음료수·음식물 섭취제한 기준[3]에 근거하여 설정한다.

3.3 환경실험실 거주성 상실시 대응책

원자력시설 방사능재난 발생시 환경실험실에서 수행하여야 하는 비상대응 임무를 정립함으로써, 거주성 상실시 대응책 방안을 모색한다.



제2장 국내·외 기술개발 현황

제1절 외국의 긴급시 환경실험실 운영개념

원자력시설 방사능재난 발생으로 인하여 오염된 음식물·음료수와 지표면에 침적된 방사성물질로부터 영향을 받는 주민을 보호하기 위해 환경시료·음식물시료를 채취 수집하고, 이를 환경실험실에서 분석한다. 환경으로 방출된 장수명 핵종(Cs, St)으로 인한 오염은 수개월 내지 수십년 동안 주민에게 높은 위험을 미치게 될 것이다. 환경실험실에서는 이러한 위험을 장기간에 걸쳐 평가하여야 한다.

국제원자력기구(IAEA)는 사고초기단계의 주민보호 음식물섭취제한 지역 범위를 원자력시설 사고상태, 방출선원항 및 예상피폭선량평가에 의해 방사선 준위가 $1 \mu\text{Sv/h}$ 를 초과할 것으로 예상되는 지역을 잠정적으로 결정하고, 환경시료·음식물시료의 평가가 완료될 때까지 해당지역의 오염 가능성이 있는 식품 및 우유의 즉각적인 섭취 제한을 시행할 것을 권고하고 있다[3]. 즉, 농산물 및 먹는 물 시료의 분석 결과에 의거 기 설정한 음식물섭취제한지역 범위를 확인하거나 필요시 수정하여야 한다. 사고 중장기단계의 주민 재배치 및 복귀 의사결정은 방사능 지표면 침적을 받은 지역의 토양, 식물 등의 시료를 채취 분석한 자료에 의해 결정한다.

환경시료 채취팀은 방사능구름으로부터 침적된 방사성물질이 있는 지역에서 식물, 눈, 물, 우유, 고기, 가금류, 저장된 동물사료, 토양 또는 섭취경로상의 다른 주요 항목의 시료를 채취한다. 미국 연방재난관리청(FEMA)에서는 고준위로 오염된 환경시료를 환경실험실로 보내어 환경실험실이 오염되지 않도록, 지표면 침적물로부터의 감마 공간선량률이 시료채취 작업자의 허리 높이에서 $10 \mu\text{Sv/hr}$ 보다 높은 지역의 시료를 방사선방호책임자의 별도 지시가 없는 한 채취하지 않도록 명시하고 있다[4].

주민보호조치 지침보다도 낮은 방사성물질의 농도를 나타내는 음식물 및

음료수의 위치를 결정하기 위해 방사능구름피폭경로 침적지역 바깥의 시료도 채취하여야 한다. 환경시료 채취팀은 방사선계측기를 사용하여 각 시료 표면에서의 방사선준위를 측정하고 그 값을 실험실 분석요원이 알 수 있도록 시료 포장지 표시판에 기록하여야 한다.

이와 같이 환경실험실은 음식물섭취경로 비상계획구역에서 실제 또는 잠재적인 방사선 위험의 크기 및 위치를 평가하여 음식물섭취제한, 재배치, 재진입 및 복귀 등의 주민보호 의사결정을 하는데 필요한 환경자료를 생산할 수 있어야 하므로, 환경실험실을 방사능에 오염되지 않고 비상대응기구간에 긴밀한 협조체제를 이룰 수 있는 지역 즉, 방사능구름피폭경로 비상계획구역 바깥에 설립하거나 지정하도록 하고 있다[5,6,7].

미국 원자력규제위원회(NRC)에서는 비상대책본부(EOF)의 거주성 요건을 다음과 같이 정의하고 있다[6,7].

- (1) EOF가 기술지원실(TSC)로부터 20 mile 바깥에 위치할 경우 특별위원회의 승인을 받아야 한다.
- (2) EOF의 구조물은 자연조건에 견딜 수 있도록 원자로와 동등한 수준으로 설계되어야 한다.
- (3) EOF가 TSC로부터 10 mile 이내에 위치할 경우, 건물 차폐효과는 0.7 MeV 감마선에 대한 차폐효과가 1/5 이내 이어야 한다. 단, 10 mile 바깥에 위치할 경우 적용하지 않는다.

EOF에는 비상요원의 방사선방호를 위하여 비상기간동안 EOF내 감마방사선량률과 공기중 희유기체, 옥소 및 입자 방사능 농도를 감시할 수 있도록 연속 방사선감시설비 및 휴대용 계측기를 설치하여야 한다. 방사선감시기는 경보기를 갖추어야 하고, 옥소농도는 $10E-7\mu\text{Ci/cc}$ 보다도 낮은 값을 지시할 수 있어야 한다.

- (4) EOF의 환기설비는 제어실(MCR) 및 TSC와 동등한 기능을 갖추어야 하나, 내진등급 I, 이중 제어설비 및 자동설비를 갖출 필요는 없으며,

필터는 HEPA 필터를 사용하고 탄소필터는 설치할 필요가 없다. 단, 10 mile 바깥에 위치할 경우 적용하지 않는다.

- (5) EOF가 TSC로부터 10 mile 이내에 위치할 경우, TSC로부터 10 mile 부터 20 mile 사이에 예비 EOF를 설치하여야 하며, 예비 EOF에는 선량예측 및 의사결정 기능을 수행할 수 있도록 휴대용 보조 장비를 갖추어야 한다.

미국 Clinton 원전인 경우, 환경실험실(EL)은 EOF와 동일한 건물을 사용하고 있고, MCR 및 TSC로부터 500 m 거리의 제한구역 바깥에 위치하고 있다. 이 건물은 8 inch(=20 cm) 고강도 콘크리트 벽체와 천장 및 납유리로 건축되어 있어 0.7 MeV의 감마선에 대한 차폐효과가 1/5정도 되며, 35 m/sec 강풍에도 견딜 수 있도록 설계되어 있다. EL/EOF내 공간선량률이 단기간(8시간) 동안 100 mR/h가 되거나 장기간 동안 10 mR/h가 유지되면, 25 mile 거리에 있는 예비 EOF로 소개토록 규정하고 있다. EOF에 설치된 지역방사선감시기 및 공기감시기의 경보 설정치는 다음과 같다[8].

		경계경보	고경보
공기감시기	희유기체	100 cpm	1,000 cpm
	옥소	310 cpm	3,100 cpm
	입자	100 cpm	1,000 cpm
지역감시기		2.5 mR/h	5.0 mR/h

원자력시설을 관할구역으로 두고 있는 지방자치단체 및 지역 공공기관은 원자력사업자와는 독립적으로 환경방사선 모니터링 설비·장비를 갖추고 평상시 환경감시를 수행하고 있으며, 비상시 관계기관과 공조체제를 갖추어 주민보호를 위한 환경방사선 모니터링 임무를 수행한다.

제2절 국내의 환경실험실 거주성 요건

국내 원자력시설 환경실험실 설비 요건은 관련법규[1,2]에 다음과 같이 기술하고 있다.

(1) 기능 : 방사성물질의 외부 방출량을 산정하고 그 영향을 지속적으로 평가하기 위한 시설, 장비 및 환경실험실

(2) 위치 : 비상계획구역 외부, 만일 비상계획구역 내부에 위치할 경우 다음 조치사항을 준수하여야 한다.

(가) 비상계획구역 외부에 예비 환경실험실 지정 및 이동환경감시 차량의 확보

(나) 비상시 외부 기관의 시설·장비를 이용할 경우에는 이용계획과 협정서 작성

(다) 환경실험실 거주성 상실시 이동절차 및 환경감시 절차 수립

국내 연구용·발전용 원자력시설의 환경실험실은 방사선 비상대책본부와 함께 방사능구름피폭경로 비상계획구역 안에 설치되어 있다. 이에 따라 환경실험실 거주성 상실을 대비하여 예비 환경실험실을 지정하고, 거주성 상실시 이동절차와 환경감시 절차를 수립하고 있다. 그러나, 환경실험실 거주성 기준 및 차폐시설 기준이 법규에 명시되어 있지 않아, 정량적인 수치의 정당화가 없이 원전 부지별로 제 각기 다른 기준을 설정하고 있다.

제3장 연구개발 수행내용 및 결과

제1절 환경실험실 비상요원의 피폭선량제한지침(안)

방사능구름이 있는 환경에서 비상대응 임무를 수행하는 비상요원에 대한 IAEA의 방사선 방호 복귀지침을 검토하고, 이에 근거하여 환경방사선 모니터링을 총괄 지휘하는 환경실험실내 비상요원의 피폭선량제한지침(안)을 설정하고, 환경실험실 지역방사선감시기의 경보 설정치를 정립한다.

1.0 비상작업자 복귀지침 검토

IAEA는 방사선 비상대응활동을 수행하는 비상작업자 개인에 대한 방호 기준을 아래와 같이 일반 방호지침, 갑상선 방호지침, 비상작업자 유효선량 지침 및 비상작업자 복귀지침으로 구분하여 권고하고 있다[3,9].

(1) 일반 방호지침

방사성물질이 있는 지역에서의 비상대응조치를 수행하는 비상작업자는 항상 현장에서 위험에 직면할 수 있다고 인식하여야 하며, 필요한 예방 조치를 취하여야 한다. 현장 활동에는 적절한 안전장비를 갖추어야 하고 방사선 피폭이 ALALA를 유지하도록 하여야 한다.

공간선량율이 1 mSv/h 이상인 지역에서는 서성대지 말아야 하며, 10 mSv/h 보다 더 큰 지역으로는 조심스럽게 접근하여야 한다. 또한, 비상지휘자(환경평가자)의 허가 없이는 100 mSv/h를 초과하는 지역으로 진입하지 말아야 한다.

(2) 갑상선 방호지침

비상작업자는 갑상선 선량이 100 mGy 이상으로 예상될 때 안정옥소제를 복용하여야 한다. 옥소 예방을 효과적으로 하기 위해 피폭 전에 안정옥소제를 복용하거나 피폭 후 수 시간(약 4시간) 이내에 복용하여야

한다. 피폭 후 8시간 이후의 안정옥소제 복용은 효과적이지 못하며 역효과가 나타날 수 있다. 안정옥소제를 복용하였다 하더라도 고 준위의 옥소 오염지역에서의 탄소 여과기가 부착된 호흡기를 필수적으로 착용하여야 한다.

(3) 비상작업자 유효선량 지침

방사선 비상대응에 투입되는 비상작업자에 대한 유효선량 기준은 다음과 같다.

임 무	유효선량
인명구조	500 mSv ^①
심각한 상해방지 대량 집단선량 회피 환경방사선 공간선량률 모니터링	< 100 mSv
단기간의 복구활동 긴급한 보호조치 이행 환경방사능 시료 채취	< 50 mSv
장기간 복구활동 사고와 직접 연관되지 않는 작업	작업종사자 피폭지침

주① : 정당성이 확보되는 경우 이 값을 초과할 수 있다. 그러나 이 기준 이하(정확하게는 급성영향이 나타나는 발단선량 이하)로 선량을 유지시키기 위한 모든 노력을 경주해야 한다. 비상작업자는 방사선 방호에 대한 교육 및 훈련을 받아야 하고 그들이 직면하게 되는 위험을 이해하여야 한다.

(4) 비상작업자 복귀지침

긴급작업자의 유효선량 지침은 외부피폭과 내부피폭이 모두 포함되어 있다. 방사선 비상시 긴급작업자가 소지하는 직독식 개인선량계는 외부

피폭만을 측정한다. 따라서 긴급작업자의 복귀지침은 직독식 개인선량계로 측정 가능한 외부피폭선량으로 주어져야 할 것이다. 일반적으로 공간선량률 대 총 유효선량률의 비를 잠정적으로 10으로 할 경우, 비상작업자 복귀지침은 (다) 항의 유효선량 지침과 비교할 때 다음 표와 같이 표시할 수 있다[3].

임 무	외부피폭선량
인명구조	> 250 mSv ^{①②}
심각한 상해방지 대량 집단선량 회피 환경방사선 공간선량률 모니터링	< 50 mSv ^①
단기간의 복구활동 긴급한 보호조치 이행 환경방사능 시료 채취	< 25 mSv ^①
장기간 복구활동 사고와 직접 연관되지 않는 작업	작업종사자 피폭지침

주① : 상기 기준은 피폭 전 갑상선 방호약품을 복용한 것으로 가정한다. 만일 갑상선 방호약품을 복용하지 않았다면 이 값을 5로 나누어야 한다. 만일 호흡마스크를 착용한 경우에는 이 값에 2를 곱하여 적용한다. 긴급작업자는 지원자이어야 하며, 비상관리자는 피폭에 의한 잠재적 영향을 작업자에게 설명하여야 한다.

주② : 정당성이 확보되는 경우 이 값을 초과할 수 있다. 그러나 이 기준(급성효과가 나타나는 발단선량) 이하로 선량을 유지시키기 위한 모든 노력을 시도해야 한다. 작업자는 방사선방호에 대한 교육 및 훈련이 되어 있어야 하며, 그들이 직면하게 되는 위험을 이해해야 한다.

비상작업자는 상기 값을 초과하지 않도록 모든 합리적인 노력을 기울여야 할 것이며, 복귀 선량은 지침으로 제공되는 것이지 제한치가 아님을 유의하여야 한다.

위와 같이 IAEA는 비상작업자에 대한 일반 방호지침으로서 공간선량률이 1mSv/h 이상인 지역에서는 서성대지 말도록 권고하고 있으며, 환경방사선 모니터링에 대한 복귀지침으로서 외부피폭 집적선량이 50 mSv를 넘지 않도록 권고하고 있다.

2.0 환경실험실 비상요원 피폭선량제한지침(안) 정립

(1) 환경방사선 모니터링 요원의 복귀지침

상기 1.0항 (4) 비상작업자 복귀지침에서 ‘환경방사선 공간선량률 모니터링’에 대한 외부피폭선량은 50 mSv로 제한되어 있다. 따라서, 환경방사선 모니터링 요원의 안전을 위해 야간작업을 제한한다는 조건하에 사고초기단계(약 2~4일)동안의 모니터링 요원의 외부피폭선량률 제한치는 다음과 같이 산출할 수 있다.

$$50\text{mSv} \div (8\sim 12\text{h}/1\text{day} \times 4\text{day}) = (1.5\sim 1)\text{mSv}/\text{h} \approx 1\text{mSv}/\text{h} \quad (1)$$

즉, 외부피폭선량률이 1 mSv/h 보다도 높은 지역에서의 환경방사선 모니터링은 갑상선 방호약품 복용 조건하에서 가능한 한 제한되어야 하며, 모니터링 요원 개인의 외부피폭 집적선량이 50 mSv를 넘지 않은 범위 안에서 수행하여야 한다.

(2) 환경방사선 모니터링 지휘본부 피폭선량제한지침(안)

환경방사선 모니터링을 총괄 지휘하고 환경탐사 자료를 수집 분석하는 비상요원은 비상대책본부에 위치한다. 따라서 비상대책본부에 거주하는 비상요원에 대한 소개 기준은 환경방사선 모니터링 작업자에 대한 복귀지침과 동일하게 적용할 수 있으며, 갑상선 방호약품 복용 조건하에

서 외부피폭선량률이 단기간(8~12시간) 동안 1 mSv/h를 넘을 경우 소개하여야 할 것이다.

또한, 상기 1.0항 (4) 비상작업자 복귀지침에서 ‘긴급한 보호조치 이행’에 대한 외부피폭선량은 25 mSv로 제한되어 있다. 따라서, 비상대책본부내 비상요원이 긴급한 대응활동을 수행하는 기간(~1주일)동안 피폭되는 외부피폭 집적선량이 25mSv를 초과할 것으로 예상될 경우 소개하여야 할 것으로 판단되며, 그 값은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$25\text{mSv} \div (8\sim 12\text{h}/1\text{day} \times 7\text{day}) \approx (0.44\sim 0.3)\text{mSv}/\text{h} \approx 0.1\text{mSv}/\text{h} \quad (2)$$

따라서, 긴급한 대응활동을 수행하는 기간(~1주일)동안 비상대책본부내 외부피폭선량률이 0.1mSv/h가 예상되면 소개되어야 할 것이다.

(3) 환경실험실 비상요원 피폭선량제한지침(안) 및 경보 설정치 정립

(가) 거주성 요건

우리나라 환경실험실은 비상대책본부와 거의 동일한 장소 및 유사한 환경조건에 위치하고 있으며, 긴급시 환경방사선 모니터링 요원의 집결장소, 개인방호장구, 환경탐사장비 등의 병참시설로 활용되고 있으므로, 환경실험실 비상요원에 대한 피폭선량제한지침(안)은 비상대책본부의 피폭선량제한지침(안)을 적용하면 될 것으로 판단된다. 즉, 환경실험실 비상작업자는 환경실험실내 공간선량률이 단기간(8시간) 동안 1mSv/h 또는 장기간(1주일) 동안 0.1mSv/h를 넘을 경우 소개토록 설정하는 것이 바람직하다.

	단기간(8시간)	장기간(1주일)
환경실험실 소개 기준	1mSv/h	0.1mSv/h

(나) 경보 설정치

일반적으로 원자력시설 방사선계측기의 경보 설정치는 경계경보(alert) 및 고경보(high alarm)로 구분한다.

환경실험실 공간 방사선준위의 고경보 설정치는 비상작업자의 방호차원에서 환경실험실 거주성 조건과 관련지어 식(2)와 같이 소개기준인 100 μ Sv/h로 설정할 수 있겠으며, 경계경보 설정치는 경계 차원이므로 소개기준 값의 1/2인 50 μ Sv/h로 설정하는 것이 타당할 것으로 판단된다.

	경계경보	고경보
환경실험실 지역감시기	50 μ Sv/h	100 μ Sv/h

제2절 환경실험실 계측능력 확보 기술기준(안)

방사선비상 초기단계시 주민보호 음식물섭취제한 설정구역을 확인하거나 수정하기 위한 수단으로서 환경시료 및 음식물시료를 채취 분석한다. 따라서, 환경실험실 분석기기의 계측능력 확보를 위한 기술기준(안)은 다음과 같이 IAEA의 음식물 섭취제한 기준[3,9]을 검토하여 정립할 수 있다.

1.0 음식물섭취제한 기준 검토

IAEA는 방사선 비상시를 대비하여 음식물 및 음료수 섭취제한에 대한 방사성 핵종 그룹별 일반조치준위와 운영개입준위를 설정하여, 주민보호조치를 이행하는 비상관리자에게 이를 활용토록 권고하고 있다.

또한, IAEA는 광범위한 식품제한으로 그 지역의 식품부족이 예상된다면 사고 발생 첫째 주에 대한 운영개입준위를 50배 높게 설정하거나 또는 사고 발생 첫 달에 대한 운영개입준위를 10배 높게 설정할 수도 있다고 권고하고 있다.

(1) 음식물, 우유 및 물에 대한 섭취제한 권고

방사성물질의 지표면 침적에 의한 공간선량율이 자연준위를 초과하는

지역에서 생산된 식품 또는 우유는 일반조치준위(GALs)을 초과하여 오염될 수 있다

따라서, 공간선량률이 1 $\mu\text{Sv/h}$ 보다도 높은 지역에서 생산되는 식품, 우유 및 물은 환경시료 및 식품시료의 분석 결과가 확인될 때까지 섭취제한조치가 권고된다.

(2) 식품 섭취제한에 대한 일반조치준위

방사성 핵종	일반식품	우유, 음료수, 유아식품
	(kBq/kg)	
Cs-134, Cs-137, Ru-103, Ru-106, Sr-89	1	1
I-131		0.1
Sr-90	0.1	
Am-241, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-242	0.01	0.001

(3) 식품 섭취제한에 대한 운영개입준위

방사성 핵종		일반식품	우유, 음료수
지표면 방사능 농도 (kBq/m ²)	I-131	10	2
	Cs-137	2	10
식품 방사능 농도 (kBq/kg)	I-131	1	0.1
	Cs-137	0.2	0.3

2.0 환경실험실 분석기기의 최소검출농도(안) 정립

- (1) 일반적으로 환경실험실에서 분석하여야 할 환경시료의 채취 목적은 오염된 음식물과 음료수로부터 그리고 지표면 침적물내 방사능으로부터 주민을 보호하기 위한 의사결정 자료로 활용하는데 있다. 즉, 방사능구름으로 침적된 지역에서의 음식물과 음료수 시료내 방사능 농도가 운영개입준위 보다도 낮은 값인지를 확인하는데 있다. 따라서, 고 준위로 오염된 시료가 환경실험실로 이송되어 환경실험실을 오염시키는 것을 방지하기 위하여, 지표면 침적물로부터의 감마선량률이 시료채취 작업자의 허리 높이에서 $10 \mu\text{Sv/hr}$ 보다도 높은 지역에서의 시료는 가능한 한 채취하지 말아야 한다[4].
- (2) 환경시료 및 음식물시료를 분석하고 그 결과를 운영개입준위와 비교하여 기 설정한 음식물섭취제한 지역을 확인하거나 필요시 수정하여야 한다. 따라서, 환경실험실 특히, 계측실내 공기중 방사능 농도의 하한치는 계측하고자 하는 음식물섭취시료내 특정 핵종에 대한 방사능 최소검출농도보다도 낮게 설정할 수 있다. 즉, 계측기실 공기중 농도는 I-131인 경우 0.1 kBq/kg , Cs-137인 경우 0.2 kBq/kg 값을 검출할 수 있도록 청정을 유지하여야 한다.
- (3) 환경시료는 시료 표면에서의 선량률이 $100\mu\text{Sv/h}$ 보다 같거나 크면 고농도 시료로, 이 값보다도 작으면 저농도 시료로 구분한다. 환경실험실은 저준위의 환경시료를 분석토록 설계되어야 하며, 고농도 시료는 방사선방호책임자의 승인이 있을 때에 한하여 환경실험실로 이송되고, 고농도 시료에 의해 실험실이 오염되지 않도록 납 차폐체로 격리된 저장실에 보관하여야 한다. 특히 계측기실 공기는 청정을 유지하여야 한다. 계측기실내 공간선량률이 시료 표면 선량율보다도 높을 경우, 낮아질 때까지 계측을 일시적으로 중지하여야 한다[8].

제3절 환경실험실 거주성 상실시 비상대응책

1.0 긴급시 환경실험실 운영 개요

- (1) 원자력시설에서의 중대사고 발생으로 다량의 방사성물질이 환경으로 방출될 경우, 환경방사선 모니터링은 주민보호를 위한 가장 중요한 비상대응활동 중에 하나이다. 원자력사업자는 방사선비상이 발령되면 1시간 이내에 부지주변의 환경방사선 모니터링을 위한 환경실험실을 발족 운영하여야 하며, 지방자치단체는 지역 공공단체와 협력체제를 이루어 4시간 이내에 환경방사선감시센터를 발족하고 넓은 영역(100~1,000 km²)에 걸쳐 환경방사선 모니터링을 수행하여야 한다[3].
- (2) 긴급시 환경실험실에서 수행하여야 할 임무는 다음과 같이 정립할 수 있다[10].
 - (가) 원자력시설 주변의 공간방사선량을 및 주변에 방출된 대기중의 방사성물질(방사성 희유가스, 방사성 옥소, 우라늄 또는 플루토늄 등)의 농도 파악
 - (나) 방사능구름에 의해 영향을 받은 환경시료 및 음식물섭취시료내 방사성물질의 농도 파악
 - (다) 적절한 방사능재난대응책 수립에 정보를 제공하기 위한 주변환경 예측 선량의 신속한 추정
 - (라) 주변 주민등이 실제로 피폭되었다고 생각되는 예상피폭선량 평가
- (3) 방사선비상이 발생되면 환경실험실은 환경방사선(능) 모니터링을 강화하고 수집된 자료를 종합 정리하여 주변 주민 및 환경에 미치는 영향 평가를 수행하여야 한다. 환경실험실은 선원항과 기상 조건을 고려한 방사능구름 확산 모델링 평가에 근거하여 탐사해야 할 환경방사선 모니터링 및 환경시료 샘플링 지역을 선정하여야 한다.

환경방사선(능) 모니터링 강화 방안은 다음과 같다.

- (가) 원자력시설 주변에 설치되어 있는 모니터링 포스트내 방사선계측기의 계측 시간 간격을 짧게 하여 공간방사선량률의 분포 변화를 파악한다.
 - (나) 대기중의 방사능 농도 감시를 강화하기 위해 여과지 등의 교환 기간을 단축하여 방사성 옥소 등의 농도를 채취 측정한다.
 - (다) 수시로 기상 관측기록기를 감시하고, 인근 주변의 기상대와 연락하여 국지기상 및 기상예보 등의 정보를 수집한다.
 - (라) 집적선량의 감시 강화를 위하여 TLD의 추가·교환을 실시한다. 추가 설치한 TLD는 몇 시간 내지 1일 정도 설치한 후 회수하고, 방사선비상 발령후의 집적선량을 구한다. 직독식 전자식 집적선량계를 설치하였을 경우 그 지시 값을 확인하는 빈도를 증대시킨다.
- (4) 긴급시 모니터링은 다음과 같은 사항에 유의하여 수행되어야 한다.
- (가) 원자력시설 사고상황 및 기상 정보 등을 활용하여 긴급시 모니터링을 강화하여야 한다.
 - (나) 모니터링 결과가 평상시 준위보다 현저하게 높아졌을 경우에는 측정기기의 건전성, 기상현상의 영향 등에 대해 확인하고, 원자력시설 이외의 다른 요인이 없는지 확인하여야 한다.
 - (다) 모니터링을 강화하면서 관계 기관과의 연락을 수시로 취하는 것이 필요하다.
 - (라) 이동하면서 모니터링을 할 경우에는 통보된 사고상황 정도를 파악하여야 하고 방호복 등을 준비하여야 한다.
- (5) 환경실험실내 거주하는 비상요원의 임무는 사고초기단계(~2-4일) 및 중·장기단계로 구분하여 정립할 수 있다. 환경실험실은 사고초기단계 기간중 (2), (3)에서 언급한 환경방사선감시 업무를 수행하기 위하여 모니터링 요원을 총괄 지휘하고 필요한 장비 등을 지원하는 병참기지

임무를 수행하여야 한다. 중·장기단계에서는 방사능구름이 경과후 지표면에 침적된 환경시료 및 음식물섭취시료의 채취·분석 임무를 장기간에 걸쳐 수행하게 된다.

(6) 환경방출 선원항은 원자로 사고 유형에 따라 다를 수 있겠으나, 대체적으로 휘발성 핵종과 희유기체가 가장 높게 방출된다. 사고 후 첫째 날과 수주일 동안 가장 높은 선량을 내는 것들은 I-131, I-132, Te-131, Te-132, Ru-103, Ba-140 및 Ce-141과 같은 단 반감기 핵종들이므로, 환경시료 분석을 할 때에는 이들 핵종들을 특별히 고려하여 필요한 장비·설비를 갖추어야 한다.

(7) 따라서, 환경실험실은 긴급시 환경방사선 모니터링 요원의 집결장소로서 환경탐사용 계측 장비, 물품, 지도, 환경감시 차량, 개인방호장구 및 개인피폭선량계 등 환경모니터링 장비와 환경시료를 채취·수집·분석하는 장비·설비를 갖추고 있어야 한다. 또한, 환경실험실은 오염시료에 의한 작업자의 방사능 흡입 방호 및 계측실이 오염되어 환경시료 분석능력이 저하되는 것을 방지하기 위한 밀폐된 환기설비 및 제염설비를 갖추어야 하며, 비상대응 임무를 수행하여야 할 환경모니터링 계획 및 세부수행절차를 수립하여야 한다.

2.0 환경실험실 거주성 상실시 대응책

(1) 국내·외 원자력시설 운영자가 운영하고 있는 환경실험실은 긴급시 환경방사선에 의한 영향을 적게 받도록 차폐설비와 환기설비를 완비하고 있으나 방사능구름피폭경로 비상계획구역내에 위치하고 있으므로, 다량의 방사성물질 환경방출에 의해 제1절 및 제2절에서 기술한 기준에 따라 거주성이 상실될 경우 소개되거나 환경시료 측정·분석이 불가능하다.

(2) 환경실험실 거주성 및 시료분석능력 상실시 국내 관련법령에서 명시된

바와 같이 방사능구름피폭경로 비상계획구역 바깥에 예비 환경실험실을 지정하여야 하고 이동환경감시 차량을 확보하여야 한다. 예비 환경실험실 및 이동환경감시 차량에 갖추어야 할 장비는 1.0항에서 기술한 바와 같이 실험목적에 따른 계측기의 특성, 채취시료의 종류, 측정될 시료의 량 등을 고려하여 선정되어야 한다. 또한, 긴급시 외부 환경관련 기관의 시설·장비를 이용할 경우에는 관련기관 환경실험실 활용을 위한 협정서를 체결하고 이용계획, 이동절차 및 환경감시를 위한 세부적인 절차를 수립하여야 한다.

(3) 환경실험실 소개에 대비하여 다음과 같은 사항을 고려한 세부계획이 수립되어야 한다.

- (가) 긴급시 환경방사선 모니터링 지휘·통제 및 필요 자원 지원 방안
- (나) 환경시료 수집·배포방안 및 분석장소 선정
- (다) 환경시료의 계측방안 및 분석기기 선정
- (라) 환경모니터링 평가 및 환경지도 작성방안
- (마) 환경시료 보존방안

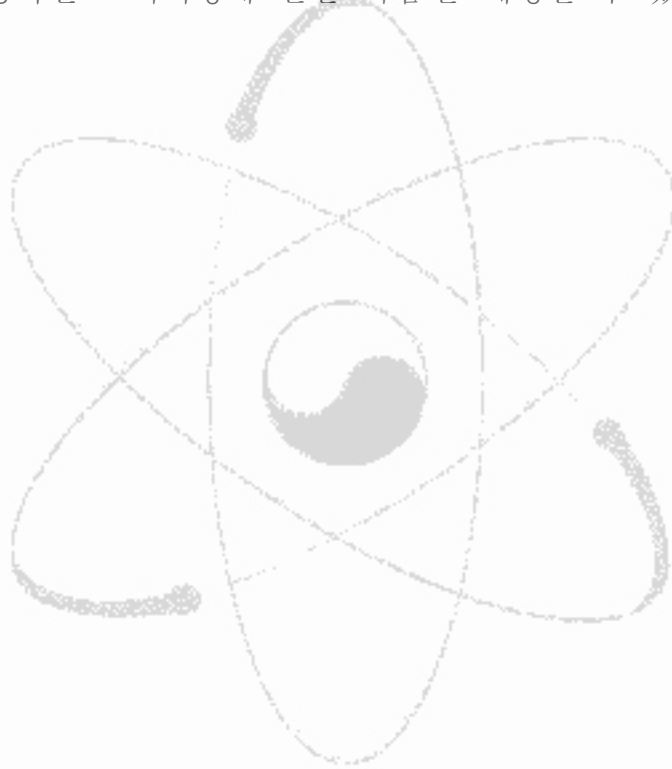
제4절 연구결과

방사능구름피폭경로 비상계획구역 안에 위치한 환경실험실의 거주성 요건을 다음과 같이 정립하였다.

- (1) 긴급시 환경실험실내 비상작업자에 대한 피폭선량제한지침(안)은 안정 옥소제를 복용한 조건하에서 감마선량계 지시값이 단기간(8~12시간) 동안 1 mSv/h, 장기간(~1주일) 동안 0.1 mSv/h이며, 이 값을 초과할 경우 환경실험실로부터 소개하여야 한다. 환경실험실 지역감시기의 경계정보 및 고경보 설정치는 각각 50 μ Sv/h, 100 μ Sv/h 이다.
- (2) 환경실험실 분석기기는 주민보호 음식물섭취제한을 판단하기 위한 시료내 특정 핵종에 대한 방사능 최소검출농도 즉, I-131인 경우 0.1 kBq/kg, Cs-137인 경우 0.2 kBq/kg 값을 검출할 수 있어야 한다.
- (3) 환경실험실 거주성 상실시 대응책으로서 다음과 같은 사항을 고려한 세부계획이 마련되어야 한다.
 - (가) 긴급시 환경방사선 모니터링 지휘·통제 및 필요 자원 지원 방안
 - (나) 환경시료 수집·배포방안 및 분석장소 선정
 - (다) 환경시료의 계측방안 및 분석기기 선정
 - (라) 환경모니터링 평가 및 환경지도 작성방안
 - (마) 환경시료 보존방안

제4장 연구개발목표 달성도 및 대외 기여도

- (1) 방사능구름 피폭경로 비상계획구역 안에 위치하는 환경실험실에 대한 거주성 요건(안)을 정립하였다. 본 결과는 그동안 논란되었던 환경실험실의 거주성 기준과 거주성 상실시 대응책을 정의한 것으로서, 향후 법적인 차원에서 재검토되어 관련법규에 반영하여야 할 것이다.
- (2) 또한, 긴급시 환경실험실의 주요 운영개념을 정립함으로써 향후 ‘긴급시 환경방사선 모니터링에 관한 지침’을 제정할 수 있는 계기를 모색하였다.



제5장 연구개발결과의 활용계획

- (1) 방사능구름 피폭경로 비상계획구역 안에 위치하는 환경실험실 거주성 요건에 대한 관계법령 개선시 본 연구결과를 활용토록 정부에 건의한다.
- (2) 원자력사업자는 환경실험실 거주성 상실시 대응책에 대한 세부적인 계획을 수립하여 방사능방재 합동훈련시 그 실효성을 검증하고 미흡한 점은 보완 발전시켜야 할 것이다.
- (3) 정부는 ‘긴급시 환경방사선 모니터링에 관한 지침’을 제정할 것을 건의한다. 이 지침에는 지방자치단체와 원자력사업자간의 환경방사선 모니터링에 대한 업무분장과 긴급시 환경실험실의 운영개념, 모니터링 결과의 평가 및 주민보호 운영개입준위의 개선 등이 기술되어야 할 것이다.



참고 문헌

- [1] 과학기술부 고시 제1996-4호, 발전용원자로 운영자의 방사선비상계획 수립 및 조치에 관한 기준, (1996)
- [2] 과학기술부 고시 제1998-13호, 방사선비상계획 수립 및 조치에 관한 기준 개정, (1998)
- [3] IAEA, Generic Assessment Procedures for Determining protective Action during a Reactor Accident, IAEA-TECDOC-955, (1997)
- [4] FEMA, Radiological Emergency Preparedness Exercise Manual, FEMA-REP-14, September 1991.
- [5] IAEA, Method for the Development of Emergency Response Preparedness for Nuclear or Radiological Accidents, IAEA-TECDOC-953, Vienna (1997)
- [6] US NRC, Functional Criteria for Emergency Response Facilities, NUREG 0696
- [7] US NRC, Clarification of TMI Action Plan Requirements, NUREG-0737 Supplement No.1
- [8] Clinton Power Station, Emergency Plan & Procedures
- [9] Generic Procedures for Assessment and Response During a Radiological Emergency, IAEA-TECDOC-1162, Vienna (2000)
- [10] 日本 原子力安全委員會, 環境放射線モニタリングに関する指針, 平成13年

서 지 정 보 양 식

수행기관보고서번호	위탁기관보고서번호	표준보고서번호	INIS 주제코드		
KAERI/TR - /2003					
제목 / 부제	긴급시 환경실험실 거주성 요건 정립을 위한 요건				
연구책임자 및 부서명 (AR,TR 등의 경우 주저자)	강병위(하나로운영부)				
연구자 및 부서명					
출판지	대전	발행기관	한국원자력연구소	발행년	2003. 1.
페이지	31p.	도표	있음(√), 없음()	크기	29.7cm.
참고사항					
공개여부	공개(√), 비공개()		보고서종류	기술보고서	
비밀여부	대외비(), _ 급비밀				
연구위탁기관			계약번호		
초록 (15-20줄내외)	<p>원자력 관계법령(과기부고시 제1996-4호 및 제1998-13호)에는 원자력시설 중대사고 발생시 환경실험실 거주성이 상실될 경우를 대비하여 비상계획구역 외부에 예비 환경실험실의 지정 및 이동환경감시 차량을 확보토록 하고, 비상시 외부 기관의 시설·장비를 이용할 경우에는 이용계획과 협정서를 작성하여야 하며, 이동시 이동절차 및 환경감시절차를 수립토록 규정하고 있다. 그러나, 관계법령에는 거주성 평가에 대한 기술기준이 명시되어 있지 않아, 이에 대한 요건 정립이 필요하다.</p> <p>방사능재난 발생시 국제원자력기구의 비상요원 복귀지침에 근거하여, 환경실험실 비상요원에 대한 피폭선량제한지침(안)을 설정하고, 환경실험실 지역방사선감시기의 경보 설정치를 정립하였다. 긴급시 환경실험실 분석기기의 최소검출농도는 국제원자력기구의 음식물섭취제한 기준에 근거하여 설정하였다. 긴급시 환경실험실의 비상대응임무를 정립함으로써 거주성 상실시 대응책을 모색하였다.</p>				
주제명키워드 (10단어내외)	환경실험실, 거주성 요건, 방사선비상, 비상계획구역, 원자력발전소				

BIBLIOGRAPHIC INFORMATION SHEET											
Performing Org. Report No.		Sponsoring Org. Report No.		Standard Report No.		INIS Subject Code					
KAERI/TR- /2003											
Title / Subtitle		A Study on the Establishment of Habitability Requirement for Environmental Laboratory in Nuclear Emergency									
Project Manager and Department (or Main Author)		Byung Oui Khang (HANARO Management Department)									
Researcher and Department											
Publication Place		Daejon		Publisher		KAERI		Publication Date		2003. 1.	
Page		31p.		Ill. & Tab.		Yes(✓), No ()		Size		29.7cm.	
Note											
Open		Open(✓), Closed()				Report Type		Technical Report			
Classified		Restricted(), ___Class Document									
Sponsoring Org.						Contract No.					
Abstract (15-20 Lines)		<p>The Establishment of the habitability requirement for Environmental Laboratory (EL) was required to decide the time of movement to a backup EL.</p> <p>The habitability criteria of the EL located inside plum pathway emergency planning zone was established including the alarm setpoint of the area radiation monitor based on the operational intervention level recommended by IAEA. The MDA of analysis equipments were established based on the generic action level recommended by IAEA. The countermeasures for the loss of habitability of EL was established by defined the emergency response activity at EL in nuclear emergency.</p>									
Subject Keywords (About 10 words)		Environmental Laboratory, Habitability Requirement, Nuclear Emergency, Emergency Planning Zone(EPZ), Nuclear Power Plant									