

2001 춘계학술발표회 논문집  
한국원자력학회

## 하나로 이용 교육과정 개발

### Development of Education Programs using HANARO

서경원, 조현제, 원종열, 주용창, 이한영, 최영명

한국원자력연구소 원자력연수원  
대전시 유성구 덕진동 150번지

#### 요 약

하나로 이용 활성화 사업의 일환으로 실시되고 있는 하나로 이용 교육과정은 산·학·연 종사자 및 전문이용 연구자들을 대상으로 중성자빔 이용분야, 핵연료 및 재료조사 시험분야, 중성자 방사화분석 분야 및 동위원소 생산이용 분야로 구성되어 있다. 또한 대학원생을 대상으로 하는 학위과정의 연구분야로서 하나로 시설을 이용한 다양화된 실험을 실시할 수 있도록 개발하고 있으며, 향후 관련 전문가로 육성하고자 하는데 그 목표를 두고 있다. 이와 더불어 하나로 및 원자로운영 종사자와 관련산업체 요원을 대상으로 하는 방사선비상대책에 대한 교육프로그램 개발을 추진하고 있다. 방사선비상대책 실무교육 프로그램은 방사선비상개요의 이해와 방사선 측정기술 실무, 방사선비상대책기술 실무(행정 및 기술조치), 실제 방사선비상대책 훈련연습 등을 교육과정에 포함하고 있다.

#### Abstract

The purposes of the study is to development of the education program using HANARO, which is one of the programs for HANARO Utilization. These consist of four fields: radioisotope production application, neutron activation analysis, examination of irradiated fuel/ material and neutron beam application. This program provides various special research courses to faculties, researchers, universities and the industrial sector. In the development of the education program using HANARO, we have plan to the graduate thesis research course for the students, such a plan identifies the actual and potential capabilities of the reactor as well as its current and potential future specialists. Also, we have designed the development of actual training and education programs on radiological emergency preparedness, its necessary to the on-site and off-site public health and safety around near the reactor and relation facilities. These course topics involve the introduction of radiological emergency, actual technical method on radiation measurement, radiological emergency exercise and so on.

## 1. 서 론

한국원자력연구소 원자력연수원은 사회전반에 걸쳐있는 각 분야 종사자 교육과 원자력에 대한 이미지 제고를 위해, 질적으로 향상된 다양한 실무 교육 및 전문연구 교육을 시행하여 관련분야를 활성화하고 이를 산업분야 발전에 연계되도록 유도하는데 많은 노력을 해왔다. 1999년 12월부터 원자력연수원에서는 하나로 이용 확대와 하나로 이용 연구기술의 개발 및 확립을 위하여 원자력기반 확충사업의 일환으로서 “하나로 이용 교육훈련 프로그램 개발 및 운영”이라는 과제로 전문연구 교육과정의 교육훈련 프로그램을 개발하여 왔다[1].

그 동안 많은 인력배출과 세계 여러 나라 교육관련 기관과의 긴밀한 교류활동을 통한 다양한 경험과 함께 교육연구 및 관련종사자 교육지원 방식에 대한 꾸준한 연구검토 등을 바탕으로 각분야에 대한 다양한 교육을 하게 되었다. 그러나 이제는 지금까지의 성과에 만족하지 않고 더욱 내실 있고 효율적인 교육개발 및 운영으로 급속히 변화하는 산업환경과 연구환경에 합리적이고 의욕적으로 대처할 수 있는 능력배양을 함양하기 위하여 지속적인 전문교육개발 및 효율적 운영에 가일층 매진할 시점이라 판단된다. 이를 위해 원자력연수원에서는 하나로 이용을 활성화하고 관련 산업계의 잠재이용 연구자 및 산·학·연 종사자들을 대상으로 하나로 이용 전문연구 교육과정을 개설하여 다양한 연구욕구를 충족시켜주고 있다. 그러나 이러한 현재까지의 하나로 이용 교육과정은 교육내용, 교육기간, 교과과정 등 여러 측면에서 세분화된 산업계 종사자 및 관련연구자들에게 다양한 교육훈련의 장을 충분히 제공하지 못하고 있으리라 사료된다. 따라서 국내과학기술계, 관련산업계 및 잠재이용 연구자들에게 새롭고 효율적인 교육훈련 과정을 적극적으로 개발 적용하여 다양하고 체계적인 교육훈련 과정을 개발하고 이를 위한 조사연구를 해야한다고 판단된다.

## 2. 본 론

### 2.1 교육과정 개발

하나로 이용 교육과정은 두 부분으로 나누어 개발되었다. 첫째는 하나로 이용 전문연구 교육과정으로 각분야 전문가를 대상으로 전문세부 영역에 대한 교육을 진행하고, 둘째는 원자로 학생실험·실습 교육과정으로 대학생 및 대학원생을 대상으로 대학시설에서 활용하지 못하는 실험을 연구소 시설을 활용함으로써 다양한 실습이 진행되도록 하여 개발하였다. 이들 분야의 연구개발 내용으로는 대학원생 실험·실습 연구과정, 하나로 이용 전문연구 교육과정에 대한 교재개발 및 과정운영 등으로

진행되었다. 전문연구 교육과정은 핵연료 및 재료조사시험 분야, 중성자빔 이용 분야, 동위원소 생산이용 분야, 중성자 방사화분석 분야 등 4개 분야별로 전문연구 교육과정을 개설하여 대학원생 (석·박사과정), 교수, 연구원 및 기타 일반산업체 관련 종사자들을 대상으로 하였다. 2000년부터 신규 교육과정으로 진행되는 전문연구 교육과정을 위하여 하나로센터 관련부서 및 하나로 이용연구회 등과 과정진행에 대해 협의하여 교육과정을 개발하였다.

원자로 실험·실습 분야에서는 특히 대학원생을 대상으로 학교강의와 연계하여 연구과정의 일부로 실시하도록 개발하고 있으며, 특히 하나로 이용 전문연구 과정 중 일부 교과목은 대학원 학위논문 과정 및 학교실험에 연계하여 실시하는데 초점을 두고 있다. 이들 교육과정은 각 분야 교육 교과목을 개발하고 교육교재를 개발한 후 교육과정 개발 순으로 진행하였다. 교육과정 개발에서는 대상기관과의 협의 및 강사진 선정 등의 교과목 설정, 교재자료 및 강의자료 준비에 대한 교육교재 개발, 교육과정 일정표 및 과정시간표 작성 등의 교육과정 개발을 준비한 후 교육과정을 운영하도록 하고 있다.

또한 하나로를 이용하여 하나로 및 원자력발전소의 원자로 운영자는 물론 방사선 비상 활동에 참여하는 사람들을 대상으로 방사선비상대책 실무교육 프로그램을 개발[2]하고 있으며, 이를 통해 방사선비상에 대한 올바른 대응책과 측정장비의 사용 방법이나 비상시 행동요령 등 실무를 알 수 있도록 할 필요가 있다. 그러나 대부분의 방사선비상대책 분야의 교육과정에서는 이론위주로 교육이 실시되고 있으며 대략적인 비상대책시의 업무파악에 그치고 있어 실무자를 위한 상세한 실무교육이 절실히 필요하다고 판단된다. 일반적으로 방사선비상시 기본장비인 방사선 측정장비는 방사선안전관리요원 등 특별히 제한된 대상만이 취급하고 있어, 방사선비상대책 담당자가 이런 기기를 취급 사용하는 기회를 얻는 것은 매우 어렵다. 따라서 이를 훈련시키기 위해서는 실무 교육과정을 통해서 준비된 장비로 방사선측정교육을 실시하는 것이 절실하게 요구된다. 방사선비상시의 대책업무에는 많은 행정처리 및 사고관련 자료분석 등 방사선비상 기술업무의 취급능력이 필요하다. 특히 이는 방사선비상이라는 특수상황을 고려한 가상시나리오에 의한 방사선비상시 대책수립의 기술습득이 요구된다. 최종적으로 방사선비상은 비상훈련 연습을 통해서 비상대책이 수립되고 이에 따라 수행된 결과를 분석하여 개선되어야 하므로, 실무교육과정에서 비상훈련이라는 실무교육과목을 직접 취급하여야 한다. 그리고 시설이나 사고의 종류에 따라 여러 상황을 다루도록 시나리오를 변경하거나 개발하는 것이 필요하다.

따라서 하나로 이용 전문연구 교육과정과 방사선비상훈련 교육과정의 개발 목표는 현재까지의 교육훈련 개발결과를 조사·분석하여 원자력연수원의 교육훈련 전략

을 점검하고 앞으로 교육훈련 지원기관으로서의 역할과 책임을 보다 충실히 하고 올바른 인재육성의 방향을 정립하는데 있다.

## 2.2 교육과정 개발 방법론

교육과정을 개발함에 있어서 기본적인 접근방식은 교육훈련을 효율적이고 효과적인 방법으로 준비 및 진행하는데 있다. 체계적인 접근법[3]은 교육과정 개발에 대한 가장 능률적인 방법으로 인식되고 있으며, 원자력 교육훈련[4~5]에서도 교육과정 개발 프로그램과 교육훈련 활동의 지속적인 개선을 위한 방법들을 제공하며 개인의 강사들에게 교육자료와 기법을 향상시키도록 도와준다. 그리고 교육과정을 설계하고 개발하며 아울러 교육생의 요구를 충족하는지를 확인하게 해준다.

## 2.3 하나로 이용 전문연구 교육과정 개발

교육과정 개발목표는 하나로 이용 전문연구 교육과정을 개발·운영하고, 대학원생 실험·실습 연구과정을 개발하여 전문분야 연구를 확대하는데 있다. 연구개발 목표의 달성도로 하나로 이용 일반 및 전문연구 교육과정을 개발하여 일반과정과 전문과정을 개발 운영하고 대학원생 대상 실험·실습 교육과정 개발에 대한 달성도로 구분할 수 있다. 목표 달성도에 대한 자체평가 결과방법으로는 전문연구 교육과정 운영결과와 이로부터 차기년도의 효율적 운영으로 추진하며 대학원생 대상 실험·실습과정 개발에 따른 연구과정의 타당성을 평가하는데 있다.

교육개발 과정은 교육교과목개발, 교육교재개발, 교육과정개발 및 교육과정운영 순으로 진행하도록 한다. 이와 유사하게 대학원생 연구과정 실험·실습에 대한 교육과정 개발순서로는 수요조사, 학위과정 교과목 조사, 교육교과목개발, 교육교재개발, 교육과정개발, 교육과정운영 순으로 진행한다. 전문연구 교육과정 개발분야로는 중성자빔이용분야, 동위원소 생산이용 분야, 중성자 방사화분석분야, 핵연료 및 조사시험분야로 개발하며, 교육대상으로는 대학원학생(석·박사과정), 교수, 연구원, 기타 일반관련 산업체 종사자로 계획하였다. 이를위해 대상기관과 협의 및 수요조사를 하나로 이용 연구회와 교육과정 분야와 대학원생 대상 연구과정 분야에 대한 교육 수요조사를 선행한 후 분야별 이용연구회와 협의를 거치도록 하였다. 하나로 이용 전문연구 교육과정 개발내용은 다음과 같다.

### 1) 중성자빔 이용분야 교육과정

중성자빔 이용분야 과정을 일반과정과 전문과정으로 개발하였다. 과정은 중성자 산란 원리, 실험방법 절차나 성격, 원자로내 실험에 필요한 보건물리, 안전관리에 대한 기초지식을 습득하는 수준으로 교육을 진행하고, 중성자 산란 각 분야별 특성에 전문화 된 과정으로 특히 실험 장치에 대한 이해, 데이터 분석 기술 습득을 목표로 하여, 실제로 중성자 실험을 계획하고 현장에서 작업할 수 있는 실습 과정이

추가되는 수준으로 개발하였다. 교육비는 일반과정, 전문과정 및 학생교육과정으로 구분하여 유지하도록 하였다. 교육과정에 대한 개발내용은 아래 <표 1>과 같다.

<표 1> 중성자빔 이용분야 교육과정

과정구분	일반과정	전문과정
과정기간	1일	5일
교육목표	중성자 산란 원리에 대한 기초적 지식을 습득	실험 방법, 데이터 분석 등 실무교육 습득
교육대상	산업체 연구원, 대학의 석·박사과정 및 교수 요원, 국공립 연구소 연구원	
교과목 (시간)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중성자 산란 이론 I(1)</li> <li>- 중성자 산란 장치 입문(1)</li> <li>- 중성자 산란 이론 II(1)</li> <li>- 중성자 회절 I(1)</li> <li>- 분말 과 단결정(1)</li> <li>- 현장 견학과 시범 실험 I(1)</li> <li>- 중성자 산란의 이용분야(1)</li> <li>- 보건물리와 안전관리(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 회절 이론 I(1)</li> <li>- 중성자 고분해능 회절장치(1)</li> <li>- 중성자 회절 이론 II(2)</li> <li>- 현장 견학과 시범 실험 I(1)</li> <li>- 하나로 보건물리와 안전관리(1)</li> <li>- 중성자 회절 분석 I(4)</li> <li>- 결과 토론과 검토 I(2)</li> <li>- X-선 회절 및 방사광 회절 I(2)</li> <li>- 현장 실험 II(4)</li> <li>- 중성자 회절 분석 II(4)</li> <li>- 중성자 회절 분석 III(2)</li> <li>- 중성자 회절 분석 IV(2)</li> <li>- 결과 토론과 검토 II(1)</li> </ul>

### 2) 핵연료 및 재료조사시험 분야 교육과정

핵연료 및 재료조사시험 분야에 대한 교육개발 내용은 다음과 같다. 과정은 일반과정으로 구분하여 개발하였다. 교육내용은 하나로 이용 조사시험 현황으로 조사시험로, 조사공현황, 조사시험 동향 등과 재료 조사시험 및 핵연료 조사시험 현황 및 조사시험 절차 등에 대한 교육을 실시하도록 하였으며, 교육과정에 대한 개발내용은 아래 <표 2>와 같다.

### 3) 중성자 방사화분석 분야 교육과정

중성자 방사화분석 교육과정을 일반과정과 전문과정으로 구분하여 개발하였다. 일반과정은 중성자방사화분석 등 기초지식을 습득하는 수준으로 교육을 진행하고

〈표 2〉 핵연료 및 재료조사시험 분야 교육과정

과정구분	일반과정
과정기간	1일
교육목표	하나로 조사설비 및 이를 활용한 조사시험 기술을 산학연 관계자에게 홍보
교육대상	연구로 이용 조사시험에 관심 있는 산·학·연 종사자
교과목 (시간)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 하나로 특성 및 이용분야, 조사설비 양립석, 캡슐개발 및 이용현황(1)</li> <li>- 재료조사 시험용 캡슐설계 및 조사시험(1)</li> <li>- 핵연료 조사시험용 캡슐설계 및 조사시험(1)</li> <li>- 캡슐 설계/제작, 설계검증 및 구조해석(1)</li> <li>- 하나로 이용 절차(1)</li> <li>- 보건물리 및 안전관리(1)</li> <li>- 하나로 및 현장실습(1)</li> </ul>

가능한 방사화분석 분야의 응용 영역을 소개하는 수준으로 계획하였다. 일반과정은 대학생 및 일반산업체 관련자 등 방사화분석의 연구 내용을 홍보하고 향후 관련 분야를 대비하는데 필요한 기본 정보와 기술습득 현황 등을 제공하도록 구성하였다. 전문과정은 하나로 이용 활성화의 일환으로 분석 분야 등의 여러 분야에 종사하는 전문연구 종사자를 대상으로 계획하였으며, 중성자 방사화분석 기술의 원리와 절차에 대한 기초지식을 습득하고 이해하는 이론과정과 실제로 작업할 수 있는 현장실습 과정으로 구성하여 방사화분석 응용 등 다양한 연구영역을 취급 할 수 있도록 하였으며, 교육과정 개발내용은 〈표 3〉과 같다.

#### 4) 동위원소 생산이용 분야 교육과정

동위원소 생산이용에 대한 교육개발은 일반과정으로 계획하였다. 연구소 관련 종사자, 대학병원 핵의학과, 병원 동위원소실 및 기업체 동위원소 취급 관련 종사자들을 대상으로 연구용 동위원소 제조, 동위원소 이용분야 및 취급 등에 대한 교육 과정을 하루 과정으로 개발하였다. 과정개발에 대한 내용은 교육일시 및 기간, 교육대상 및 인원(동위원소 생산이용 관련자, 약 20명 정도), 과정의 구분, 과정과목 및 시간, 과정과목 강사진 구성, 교육생 인적사항 파악, 교재 작성 현황, 실험실 운영방법, 과정 교육대상 홍보 방법, 접수 및 운영, 강사 인적사항 및 기타 일정사항에 대한 협의를 거친 후 과정개발을 추진하였다. 교육과정 개발내용은 〈표 4〉와 같다.

〈표 3〉 중성자 방사화분석 분야 교육과정

과정구분	일반과정	전문과정
과정기간	1일	4일
교육목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사화 분석기술의 원리 및 절차 이해 습득</li> <li>- 분석 품질시스템 적용 및 산업적 응용</li> </ul>	
교육대상	산업체(분석 및 품질관리 실무자), 대학(교수 및 대학원생), 연구소(분석연구원)의 관련분야 종사자	
교과목 (시간)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보건의물리(1)</li> <li>- 중성자 방사화분석 이론 및 실습(4)</li> <li>- 감마선분광학(1)</li> <li>- 감마선계측통계학(1)</li> <li>- 방사화분석 응용(1)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 중성자 방사화분석법 이론 및 실습(9)</li> <li>- 감마선분광학 이론/실습(6)</li> <li>- 감마선 계측통계학 이론 및 실습(3)</li> <li>- 분석품질관리 및 보증 이론 및 실습(5)</li> <li>- 중성자 방사화분석 응용(3)</li> <li>- 방사선 안전관리(1)</li> </ul>

〈표 4〉 동위원소 생산이용 분야 교육과정

과정구분	일반과정
과정기간	1일
교육목표	하나로를 이용한 동위원소 생산이용 현황 소개
교육대상	하나로를 이용한 분석시험·검사에 관계하는 산·학·연 해당분야 종사자
교과목 (시간)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 보건의물리와 안전관리(1)</li> <li>- 연구용 RI 제조(1)</li> <li>- RI 생산이론(1)</li> <li>- 중성자 조사용 표적제작(1)</li> <li>- RI 취급시설(1)</li> <li>- 화학 처리 및 가공(1)</li> <li>- RI 이용분야 소개(1)</li> </ul>

#### 2.4 하나로 이용 방사선비상대책 실무교육

실무교육과정에서 취급되는 것은 다음과 같은 방사선비상개요의 이론분야와 방사선비상대책 실습이라는 실무분야로 되어 있다. 실무분야는 방사선/능 측정기술분야, 방사선비상기술분야, 방사선비상대책 훈련연습 분야로 세분하여 교과내용이 이

루어진다. 실무분야로 전문실무과정과 일반실무과정으로 세분화할 수 있으며 교육 과정은 <표 5>와 같다. 실무분야는 방사선/능 측정기술분야, 방사선비상기술분야, 방사선비상 훈련연습 분야로 세분하여 교과내용이 이루어진다.

<표 5> 방사선비상대책 실무교육과정

과정구분	일반실무 교육과정	전문실무 교육과정
과정기간	2주과정 (1주는 5일, 총 10일)	4주과정 (1주는 5일, 총 20일)
교육목표	방사선비상대책 개요 및 비상대책 실습과정, 방사선비상 개요, 세부실습 및 비상훈련분석, 전문실습과정 체계화	
교육대상	방사선비상대책 관련행정 및 정책 요원, 원자로시설 현장지원요원	방사선비상대책 관리요원, 원자로시설 운영요원
교과목 (시간)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사선비상개요 (2일)</li> <li>- 방사선측정기술 (2일)</li> <li>- 방사선비상기술 (3일)</li> <li>- 방사선비상훈련 (2일)</li> <li>- 분임토의 (1일)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 방사선비상대책 개요 (2일)</li> <li>- 방사선측정기술 (2일)</li> <li>- 방사능측정기술 (3일)</li> <li>- 방사선비상기술 (5일)</li> <li>- 시나리오 구성 및 분석 (3일)</li> <li>- 방사선비상대책 훈련 (2일)</li> <li>- 분임토의 (2일)</li> </ul>

### 1) 방사선비상 개요분야

방사선비상과 관계된 이론교육분야로서 기본적인 방사선비상 개요를 취급하고 있으며, 교과목은 방사선비상, 방사선사고분석, 방사선비상시 긴급대책, 방사선감시 계통으로 구분되어 있다. 방사선비상의 전체적인 개요를 이해하기 위하여 이론분야를 취급하고 있으나, 대부분의 경우 참고교재를 통하여 이해가 가능하며, 특히 본 교육과정에서 일차적으로 요구되는 실습분야가 아니므로 최소한의 시간으로 교육을 실시한다.

### 2) 방사선비상대책 실습분야

#### (1) 방사선 측정기술분야

방사선비상시 실무에 가장 크게 고려해야 하는 것 중의 하나는 방사선사고 지역에서의 방사선량률이나 방사성오염의 상황을 정확히 파악하는 것이다. 방사선비상시 사용되는 장비는 개인방사선측정기, 개인방사선방호장비, 휴대용방사선측정기, 방사능측정기, 연속방사선감시기 등을 이용하며, 교육과정에서는 방사선 측정과 방사성 오염 및 제염처리 등을 포함한 방사선방호와 관련된 방사선 측정기술을 익히도록 하였다. 방사선측정기술 교과목은 방사선/능 측정기술, 방사선방호장비, 방사성물질측정 및 핵종 분석, 방사성오염 측정 및 제염처리로 구분되어 있다.



## (2) 방사선비상 기술분야

방사선비상시 실무행정 및 관련기술을 종합하는 것은 다른 어떤 것 보다 중요하다. 따라서 일상시 행정상의 문제 외에도 방사선비상의 급박한 상황에서 처리되어야 하는 여러 가지 문제를 효율적으로 처리하는 기술이 필요하다. 본 교육과정에서는 이러한 분야를 고려하여 방사선사고 해석을 위한 시설·주변환경 이해와 가상 시나리오의 구성 및 분석으로 방사선비상 기술을 익히도록 하였다. 방사선비상기술 교과목으로는 원자로 및 시설관련 방사선사고 분석 및 처리, 비상준비 및 점검, 비상시 행정조치, 가상상황시 대책, 시나리오 구성, 분석 및 작성으로 구분되어 있으며 실습절차를 병행하도록 하였다.

## (3) 방사선비상 훈련연습분야

방사선비상의 종합적인 것은 방사선비상훈련을 통하여 점검되고 개선된다. 따라서 방사선비상이라는 가상시나리오를 비상훈련 연습을 실시한 후 이에 대한 문제점 및 개선을 하게 되며, 아울러 가상 시나리오상의 많은 예제를 생산하거나 실제 방사선비상 훈련시 효율적인 대책을 세울 수 있게 된다. 방사선비상훈련 교과목으로는 비상훈련준비, 비상훈련실시, 분임 토의로 구성되어 있으며 실습절차도 병행하도록 개발되었다.

실무과정에서는 필요하면 가상 시나리오 작성을 위하여 CNS(Compact Nuclear Simulator)를 이용한 모의훈련도 가능하며, 컴퓨터 그래픽영상 등으로 실기에 이용할 수도 있다. 이러한 실무교육의 장소로는 방사선비상과 관련된 장비와 시설이 갖추어진 교육기관에서만 가능하므로 한번 시설을 갖춘 후 연속적으로 교육이 이루어지는 상설교육기관이 필요하다.

## 3. 결과 및 논의

### 3.1. 하나로 이용 전문연구 교육과정

하나로 이용 일반 및 전문연구 교육과정의 목적은 국가 중장기사업의 하나로 연구 개발되어 온 하나로 이용 활성화와 활용도 제고를 위하여 산·학·연·관의 관련자 및 분석시험·검사자, 연구개발 등 원자력분야 이용자들에게 문호를 개방하여 하나로를 보다 더 적극적으로 이용할 수 있도록 하기 위함이다. 하나로 이용 일반 및 전문연구 교육과정을 위하여 다각적인 준비와 검토를 다음과 같이 진행하여 핵연료 및 재료시험 분야, 중성자빔 이용 분야, 중성자 방사화분석 분야, 동위원소 생산이용 분야를 개발하였다. 하나로 이용 실험·실습 개발에 따른 운영 제안서를 이용하여 각 분야 교육과정 준비를 실시하였다. 분야로는 조사시험분야, 중성자빔 이용분야, 동위원소 생산분야, 중성자 방사화분석 분야로 구분하여 각 분야별로 일

반과정과 전문과정으로 구분하여 실시하였으며 일반과정에는 방사선방어 및 보안교육을 포함하였다.

조사시험 분야에는 하나로 이용 조사시험 이론 및 현황, 하나로 이용 조사시험, 캡슐을 이용한 조사시험 절차를 운영하도록 하였다. 중성자빔 이용분야에는 중성자 산란 일반, 중성자 분말회절상 해석법, 중성자 RADIOGRAPHY, 비행거리 시간차 분석법을 교육하도록 하였다. 동위원소 분야에는 방사성동위원소 이용 일반, 방사선 장해방어를 교육하도록 하였으며, 중성자 방사화분석 분야에는 중성자 조사 및 방사화 분석절차, 핵종 분석절차, 데이터 처리 및 해석, 분석품질 관리 및 보증이 교육되도록 하였다.

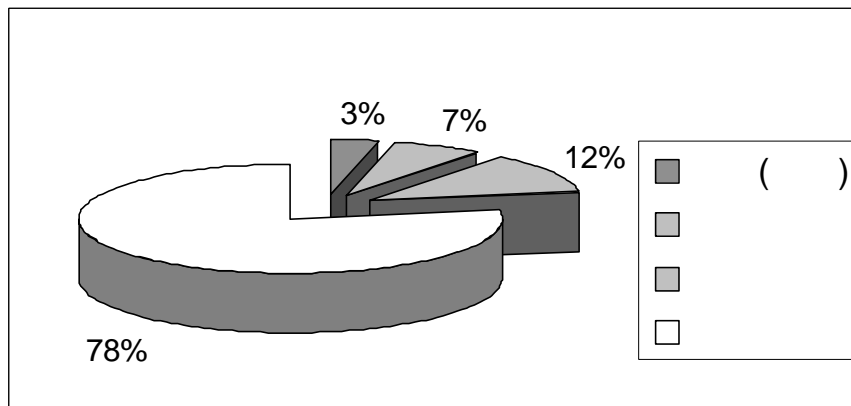
교육과정 개발 관리방법으로 먼저 강사진 구성에서는 하나로 이용 전문연구회의 지원을 받아 교육이 진행되도록 하였다. 교육 후 수강결과 인증을 위해 교육이수증서를 수여하고, 독립적인 실험기기 조작 허용 및 방사선 방호교육 면제를 받을 수 있도록 협의하였다. 교육일정으로 일반과정은 대학교 방학직후나 개학 직전으로 계획하였으며, 교육과정에 워크숍 및 심포지엄 등을 행사전후에 실시하도록 하였다. 전문과정은 필요시 적절한 때 공지 후 실시하도록 계획되었고 교육일정 공지나 홍보는 연수원 안내책자, 연수원 및 하나로 홈페이지 등을 이용하도록 하였다.

교육개발 과정은 먼저 대상기관과 협의 및 수요조사(하나로센터 관련부서 또는 이용연구회)대상 분야별 이용연구회와 수요조사 및 협의를 거친 후 교육교과목 개발과 교육교재를 개발하고 일반 및 전문과정에 맞는 교육과정을 개발한 후 교육과정을 운영하도록 하였다. 교육대상은 대학원학생 (석·박사과정), 교수, 연구원, 기타 일반관련 연구원 등으로 하여 교육을 실시하도록 하며, 교육대상에 대한 교육과정 개발은 교과목 설정 (대상기관과 협의 및 강사진 선정), 교육교재 개발 (강사진 교재 및 강의자료 준비), 교육과정 개발 (교육과정 일정표 및 과정시간표 작성)등이 있다. 2000년도 하나로 이용 일반 및 전문연구 과정을 바탕으로 2001년도 교육과정 개발 내용은 <표 5>와 같다. 각 교육과정 개발에 대한 협의내용을 바탕으로 과정운영을 실시하였다.

2000년도 하나로 이용 전문연구 교육과정을 이수한 교육생 현황을 보면 <그림 1> 과 같이 대학병원 방사선관련 종사자, 산업체 비파괴 및 계측기기 분야 개발 종사자, 연구소 관련 종사자 및 대학(원)생 들로 구성되어 있다. 특히 대학(원)생의 경우 대학연구 시설로 실험할 수 없는 상황으로 인해 대거 하나로 이용 전문연구 실험·실습 분야에 관심을 보였고, 이들 학생들을 지도하는 대다수 전공 교수들의 적극적인 권유로 본 교육과정이 학생들에게 좋은 연구실습 과정으로 인식되게 되었다.

〈표 5〉 2001년 하나로 이용 전문연구 교육과정 일정

과 정 명	기 간	회 수	인 원	일 정
중성자 방사화분석 분야 (일반과정)	1 일	1 회	20-25명	3 월
핵연료 및 재료조사 시험분야(일반과정)	1 일	1 회	20-25명	4 월
동위원소 생산이용 분야 (일반과정)	1 일	1 회	20-25명	5 월
중성자 방사화분석 분야 (전문과정)	4 일	1 회	15-20명	8 월
중성자빔 이용 분야 (전문과정)	5 일	1 회	40-50명	9 월



〈그림 1〉 2000년 하나로 이용 전문연구 교육과정 교육생 현황

### 3.2 하나로 이용 방사선비상대책 실무교육과정

방사선비상대책 실무교육 프로그램은 실무교육위주이므로 이론보다는 실무내용을 충분히 취급할 수 있도록 시간을 배정하여야 하며, 또한 실무를 할 수 있는 교육환경조건을 갖추어야 한다. 그러나 이러한 실무교육환경은 조건에 따라서 직접 시설을 방문하거나 또는 실제로 장비를 취급해야 하는 경우도 있다. 일반적으로 소형장비나 저렴한 시설들은 실제로 만들거나 대형일때는 모형을 만들어서 교육을 실시할 수 있을 것이다. 또한 필요한 경우에는 사진, 그림, 비디오테이프 등을 이용하여 시설 및 장비에 익숙케 하는 것도 가능하다. 특히 방사선비상훈련 연습의 경우에는 전에 실시했던 것을 비디오로 촬영해서 검토·평가하는 방법도 방사선비상시 대책 및 이에 대한 개선사항을 도출하는데 효율적일 수 있다.

방사선비상대책 실무교육은 이상과 같은 시설 및 장비 등이 갖추어져 있어야 하고, 매년 비상훈련 교육을 실시한 후 개선사항으로 도출된 것은 다음 교육에서 좋은 예제가 되므로 잘 기록하여 유지하는 것이 요구된다. 이런 실무교육과정은 시설과 장비가 갖추어진 정기 교육운영기관에서 정기적으로 실시하여야 하며, 방사선비

상 담당자는 비업무시(비상훈련이 없는 기간) 또는 신규업무 종사자를 수강생으로 파견하여, 이러한 실무교육과정을 수강하게 하면 효율적으로 방사선비상대책 업무를 수행할 수 있을 것으로 사료된다.

### 3. 결 론

#### 3.1 하나로 이용 전문연구 교육과정

하나로 이용 전문연구 교육과정은 국가 중장기사업의 하나로 연구 개발되어 온 하나로 이용 활성화와 활용도 제고를 위하여 산·학·연 관련자 및 분석시험·검사자, 연구개발 등 원자력분야 이용자들에게 문호를 개방하여 하나로를 보다 더 적극적으로 이용할 수 있도록 하기 위함이다.

전문연구 교육과정 개발에 따른 제안서를 이용하여 각 분야의 교육과정 준비를 실시하였다. 제안서 내용은 아래와 같이 계획을 제시한 후 개발을 수행하였다. 분야로는 조사시험분야, 중성자빔 이용분야, 동위원소 생산분야, 중성자 방사화분석 분야로 구분하여 각 분야별로 일반과정과 전문과정으로 구분하여 실시하도록 하였다. 조사시험 분야에는 하나로 이용 조사시험 이론 및 현황, 하나로 이용 조사시험, 캡슐을 이용한 조사시험 절차를 교육하도록 하였다. 중성자빔 이용분야에는 중성자 산란 일반, 중성자 분말회절상 해석법, 중성자 라디오그래피, 비행거리 시간차 분석법을 교육하도록 하였다. 동위원소 분야에는 방사성동위원소 이용 일반, 방사선 장해방어를 교육하도록 하였으며, 중성자 방사화분석 분야에는 중성자 조사 및 방사화 분석절차, 핵종 분석절차, 데이터 처리 및 해석, 분석품질 관리 및 보증이 포함되도록 하였다.

#### 3.2 하나로 이용 대학원생 연구교육과정

대학원생 대상 실험·실습 교육과정 개발은 하나로와 각종 방사선계측 기기 등의 첨단 장비를 활용하여 국내대학 학생들에게 전문연구 과정을 개발 개방함으로써 원자력 전문인력을 양성하는데 교육의 목표를 두고 있다. 교육과정은 대학별 일정을 고려하되 교과목 및 교육시간 등을 대학원 연구과정과 연계하여 교육과정을 운영하도록 개발하고 있으며, 이 교육프로그램에 원자로 가동 실습과목, CNS(시뮬레이터) 이용과목 및 하나로 이용설비를 활용한 실험 과목 등을 보강하여 실시하도록 계획하였다. 실험·실습 과목으로는 전문연구 교육과정 중에서 대학의 커리큘럼과 연계 가능한 과목중에서 실시하며 부가적으로 동위원소 생산이용, 중성자 방사화분석, 열중성자속 측정, 중성자빔 이용(중성자 라디오그래피) 등의 교과목을 활용하도록 구성하였다.

이와같이 대학원생 실험·실습 교육과정을 개발하면서 세부운영 계획을 수립하여 진행하였다. 또한 각 해당대학 대상으로 제안서를 준비하여 원활한 실험·실습 교육이 될 수 있도록 유도하였다. 교육과정 개발을 위해 활용한 세부운영 계획은 대학교의 수요조사와 병행하여 교육교과목 개발, 교육교재 개발, 교육과정 개발 등으로 추진하였다.

### 3.3 하나로 이용 방사선비상대책 실무교육

방사선비상대책 실무교육 프로그램은 방사선비상의 개요 이해와 방사선측정기술 실무, 방사선비상기술실무(행정 및 기술조치), 실제 방사선비상훈련 연습을 교육과정에 포함시켜 운영하는 교육과정이다. 이 과정의 운영으로 원자력발전소나 하나로 의 방사선비상시 대책을 효율적으로 수행할 수 있다.

방사선비상담당자 및 관계자들의 이런 실무교육 실시를 위해 교육훈련 프로그램을 개발하여 운영함으로써 방사선비상훈련시 문제점이나 개선사항을 방사선비상시 최적화된 조건으로 대처할 수 있을 것이다. 방사선비상훈련 실습은 각 훈련상황을 설정하고 그에 따른 실천사항과 준비물 및 행동요령에 대한 교육이 진행되도록 개발하였다. 이로부터 방사선비상분야의 체계적이고 정규화된 실무교육과정을 운영함으로써 현 관계자는 물론 차후 실무자에게도 표준화된 업무를 확인 전달하고, 계속해서 이 분야를 개발 발전되도록 하면 방사선비상시 재해를 최소화할 것이라 사료된다.

## REFERENCE

- [1] 서경원, 한은영, Education and Training Program using HANARO, 대한방사선방어학회, Vol. 24, No. 4, 231-233 (1999).
- [2] 서경원, 조현제, 제 2회 방사선비상대책 Workshop, 방사선비상대책 실무교육 프로그램 개발, KAERI/GP-160/2001, 191-193 (2001)
- [3] 이의진, 한·IAEA 원자력정책 및 사업관리 과정개발, KAERI/RR-2104/2000, KAERI (2001)
- [4] Nuclear Power Plant Personnel Training and its Evaluation: A Guidebook, Executive Summary, IAEA, 1996.
- [5] Handbook for the Development, Conduct and Evaluation of IAEA Training Activities Related to Nuclear Power, IAEA, 1997.