방사선 기술 분야 재직자 인력양성을 위한 직무분석에 기반한 교육 모델 설계 방법론 분석

김건욱[1] · 이재헌[1] · 박태진[1] · 송명재[1,*]

[1](사)한국방사선진흥협회

Analysis of Methodology for Designing Education and Training Model for Professional Development in the field of Radiation Technology

Kon-Wuk Kim[1], Jae-Hun Lee[1], Tai-Jin Park[1] and Myung-jae Song[1,*]

[1]*Korean Association for Radiation Application, Seoul 132-822, Korea*

Abstract - The domestic Radiation Technology is integrated into and utilized in various areas and is closely related to the industrial growth in Korea. The domestic use of radiation and RI (Radioisotope) increases in quantity every year, however the level of technology is poor when compared to other developed countries. Manpower training is essential for the development of Radiation Technology. Therefore, this study aimed to propose a methodology for designing systemic education and training model in the field of measurement and analysis of radiation. A survey was conducted to design education and training model and the training program for measurement and analysis of radiation was developed based on the survey results.
The education and training program designed in this study will be utilized as a model for evaluating the professional development and effective recruitment of the professional workforce, and can be further applied to other radiation-related fields.

Key words : Radiation technology, Manpower training, Training model, Designing education

서 론

국내 방사선 기술은 다양한 분야에서 융합되어 이용되고 있으며, 국내 전반적인 산업성장과 밀접한 관계가 있다. 방사선 기술의 국내 시장 규모는 2011년 8조 1,000억에서 2020년 32조 2,000억으로 성장할 것으로 예측하고 있으며, 21세기의 새로운 고부가가치 창조기술로 재조명되고 있는 가운데, 고부가가치를 창출하는 첨단 방사선 기기 개발, 방사선 융합기술 등 고도의 전문지식과 기술력을 필요로 하는 분야로 기술 패러다임이 전환되는 추세이다(한국방사선진흥협회 2014). 또한, 동 분야 기술 선진국들은 기술의 독점체계를 구축해가고 있으며, 우리나라도 최근 방사선 기술 분야의 중요성을 인지하여 산업용 소재 및 품종개발, 대형시설의 안전도 검사 및 공중보건을 위한 살균기술 등 다양한 분야에 대한 투자에 적극적으로 대처하고 있으며, 이러한 추세는 항공우주, 전자, 탄소 복합소재, 나노 등의 첨단 산업 분야까지 확대 및 융합되고 있다.

최근 국가적으로도 비발전 분야에 대한 육성을 위해 원자

* Corresponding author: Myung-jae Song, Tel. +82-2-3490-7140, Fax. +82-2-445-1014, E-mail. mjsong@ri.or.kr

력 창조경제 실천계획(미래창조과학부 2013)을 수립하면서, 세부 실천과제로 민간기업의 실증인프라 활용도 제고 및 산업현장 맞춤형 인력공급을 위한 연구기획 사업을 추진 중에 있다. 또한, 정부에서는 산업현장의 직무를 성공적으로 수행하기 위해 필요한 능력(지식, 기술, 태도)을 국가적 차원에서 표준화한 국가직무능력표준(NCS)를 도입하여 2015년 공공기관부터 이를 기반으로 인력을 채용하는 등 직무표준을 기반으로 한 인력양성 체계를 적극 활용하고 있다. 하지만, 방사선 분야는 현재 핵심기술 및 공통 기반기술 개발을 실제적으로 수행할 수 있는 체계적인 교육 시스템이 부재하고 전문인력 양성기반이 부족하여 전문인력의 기술 수준을 검증하고 향상시킬 수 있는 체계가 마련되어 있지 않을 뿐만 아니라 방사선 분야의 국가직무능력표준 역시 개발되어 있지 않다. 이처럼 표준화된 직무교육 프로그램 개발에 따른 공급 역량 역시 미흡하여 현장 실무능력 개발을 위한 연구의 필요성이 제기되고 있다(한국방사선진흥협회 2015).

따라서 본 논문에서는 방사선 기술 분야의 체계적인 교육 시스템 마련을 위하여 방사선 기술 분야의 소분류 중 하나인 측정분석 분야에 대한 수요 조사를 바탕으로 직무분석에 기반한 교육 모델 설계 방법론을 제시하였다.

재료 및 방법

1. 방사선 측정 분야 수요 조사

방사선 측정분석 분야 교육훈련 모듈에 대한 필요성 및 요구분석 사항을 도출하기 위해 방사선 측정분석 관련 교육대상자(산업계 종사자, 연구자, 전문가, 유관학과 학생 등)에 대한 수요 조사를 계획 및 수행하였다.

- 표본추출
  - 모집단 : 편의추출(방사선 기술 관련 학계, 산업계 종사자 및 전문가)
  - 표본크기 : 온라인(전국 19개 방사선학, 원자력공학과 2학년 이상 학생, 협회 회원사 안전관리자 및 관련 종사자 365명)
- 설문방법 : 인터넷조사 / 배포조사
- 설문유형 : 구조화된 설문문항(폐쇄형, 개방형 등)
- 문항배열 : 유사목적 질문 군락 형태

본 설문조사 결과 데이터의 신뢰성을 확보하기 위해 SPSS 21.0을 활용하여 신뢰도 분석을 실시하였다. 신뢰도 Cronbach's α계수 값은 0.966으로서 매우 높게 나타났으며, 빈도분석, 교차분석, IPA (Importance-Performance Analysis) 분석 등 통계기법을 활용하여 분석하였다.

- 조사절차 : 수요 조사
- 대상기관 : 2,780명
- 응답자수 : 365명
- 응답률 : 13.1%
- 신뢰계수 : 96.6%

2. 방사선 측정 분야 인터뷰

인터뷰 수요 조사에 대한 설문데이터의 신뢰성을 확보하기 위해 대표성과 동질성을 확보할 수 있는 관련 산업체(수요처) 관리자 및 전문가를 대상으로 온 · 오프라인 인터뷰를 실시하였다.

- 조사절차 : 2차 산업체(수요처) 인터뷰 수요 조사
- 대상기관 : 23개 기관
- 응답자수 : 25명
- 응답률 : 100%

결과 및 논의

1. 방사선 측정 분야 수요 조사 결과

방사선 측정분석 교육훈련 모듈에 대해 응답 대상자가 생각하는 필요성 정도를 5점 척도(매우낮음: 1점, 낮음: 2점, 보통: 3점, 높음: 4점, 매우높음: 5점의 가중치를 부여하여 총점을 산정)로 조사 및 분석하였다.

필요성에 대한 질의 구성은 '방사선 기초이론(4개 세부질의)', '방사선 · 능 측정 일반(5개 세부질의)', '분석 시스템 일반(6개 세부 질의)'과 '분석시스템 운영 및 관리(6개 세부 질의)', '시료의 전처리 과정(2개 세부 질의)', '스펙트럼 분석(4개 세부 질의)'로 총 6개 문항으로 구성되어 있다.

첫 번째 필요성에 대해 분석한 결과 「방사선 기초이론」이 1,472점으로 1순위의 필요도를 보였으며, 「시료의 전처리 과정」이 1,417점으로 2순위, 「분석시스템 운영 및 관리」가 1,414점, 「스펙트럼 분석」, 「방사선 · 능 측정 일반」, 「분석 시스템 일반」 순으로 그 뒤를 이었다. 따라서 본 수요 조사의 결과 교육훈련 모듈 중 「방사선 기초이론」 모듈이 가장 높은 필요도를 보였으므로 교육프로그램 개발 시 「방사선 기초이

Table 1. Average necessity per training module

Training module	Average necessity	Ranking
Radiation fundamental theory	1,472	1
Pre-treatment process	1,417	2
Operation and management of analysing system	1,414	3
Spectrum analysis	1,402	4
General measurement of radiation and radioactivity	1,401	5
General analysis of system	1,360	6

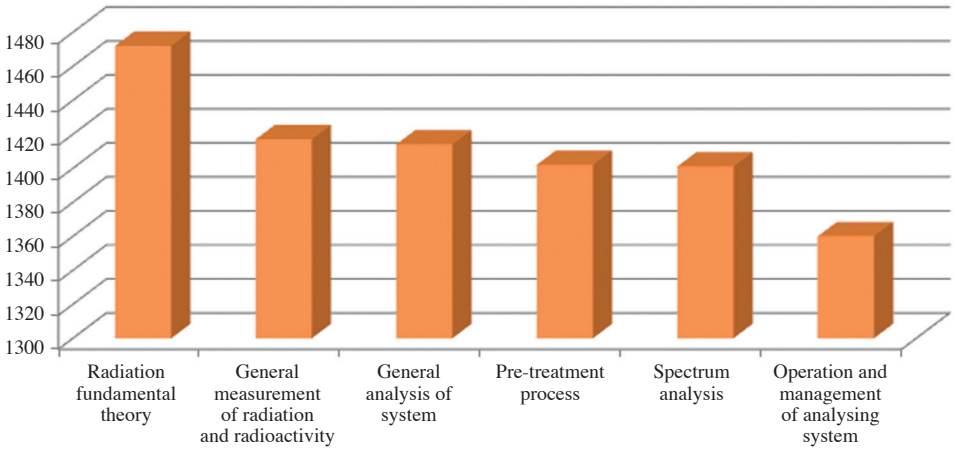

Fig. 1. Average necessity per training module.

Table 2. Average necessity per detailed module

Detailed module	Average necessity	Ranking
Handling of radioactive material	1,546	1
Type and characteristics of radioactive material	1,486	2
Interaction of radiation with matters	1,477	3
Instruction and method for managing radioactive waste	1,473	4
Understanding background radiation and shielding	1,461	5
Results analysis and their application	1,458	6
Maintenance	1,434	7
Pre-treatment by sample and nuclide	1,423	8
Spectrometry for alpha, beta, gamma	1,418	9
Type and characteristics of detectors	1,417	10
Instruction for managing pre-treatment facility and methodology	1,413	11
Chemical treatment by sample	1,410	12
Calibration procedure	1,407	13
Routine and non-routine check processes	1,406	14
Measurement statistics and error analysis	1,405	15
Neutron measuring theory and its spectrometry	1,403	16
Calibration	1,397	17
Absolute and relative measurements	1,394	18
Principles of detectors	1,380	19
Processing radiographic images	1,380	20
Fundamental principles of radiation and nuclear physics	1,380	21
Processing measurements signals and their application	1,366	22
Writing operational manuals	1,363	23
Overview of nuclides analyzing systems and principles of their operations	1,347	24
Classification of analysing program	1,329	25
Principles of operating the measurement circuits and their function	1,303	26
Principles of SCA and MCA	1,301	27

론」모듈에 대한 가중치를 높일 필요가 있다고 판단된다. 또한 세부적인 모듈에 대한 조사 결과는「방사선 기초이론」중

Table 3. Ranking for requirement values by task

Tasks	Average importance	Average retention capacity	Needs of value	Ranking
Pre-treatment of sample	3.7	2.6	1.0	1
Measurement	3.8	2.7	1.0	2
Operational management	3.7	2.7	0.9	3
Result analysis	3.8	2.8	0.9	4
Operation of system	3.7	2.8	0.8	5
Technical analysis	3.9	3.1	0.7	6

'방사성물질의 취급'이 1,546점으로 1순위로 나타났으며, '방사성물질의 종류 및 특성' 1,486점, '방사선과 물질의 상호작용' 1,477점, 그리고「분석시스템 운영 및 관리」의 '방사성폐기물 관리 지침 및 방법'이 1,473점으로 4순위로 나타났다.

이와 관련하여 교육훈련 모듈별 평균 필요도의 결과를 Table 1, Fig. 1에 나타내었고, 또한 세부적인 모듈별 필요도 결과를 Table 2에 나타내었다.

두 번째, 각 직무의 중요도 및 현재 자신이 보유한 역량수준을 5점 척도로 조사 및 분석한 결과 전체 6개 대분류(소분류 28개) 항목 중「시료 전처리」직무가 GAP차이 418점과 요구도값 1로서 1순위,「측정」직무가 GAP차이 384점과 요구도값 1, 2순위로 분석되었으며,「운영관리 및 결과 분석」은 요구도값 0.9,「시스템운영 및 기술분석」항목은 각각 0.8, 0.7로 분석되어 그 뒤를 이었다. 따라서 본 수요 조사의 결과 교육프로그램 개발 시 직무의 중요도와 보유역량 사이의 GAP이 크고 요구도값이 높은 직무를 우선적으로 강화할 수 있도록 프로그램의 구성에 반영할 필요가 있다고 판단된다.

이와 관련하여 직무별 요구도값에 따른 우선순위 결과를 Table 3, Fig. 2에 나타내었다.

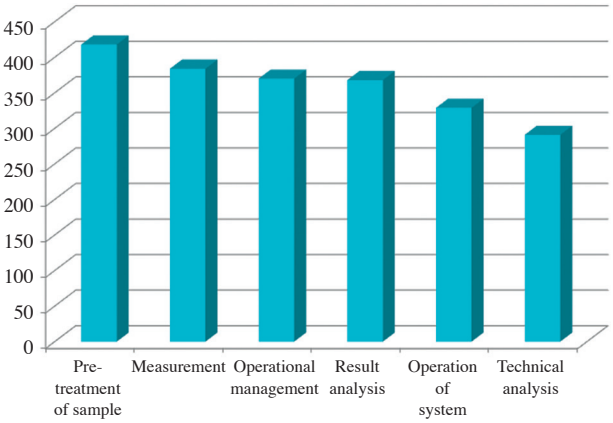

Fig. 2. Average necessity for requirement values by task.

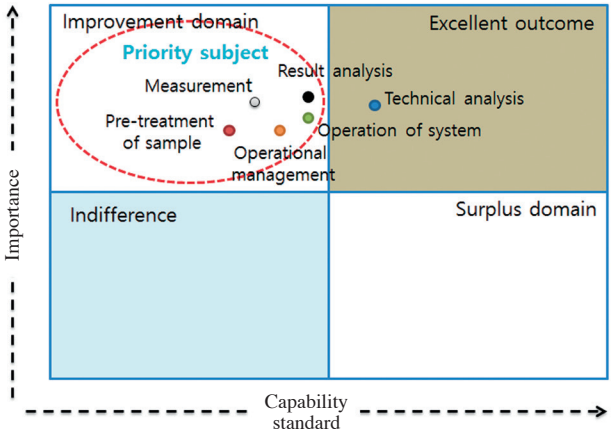

Fig. 3. IPA(Importance-Performance Analysis) for demand survey result.

또한 탁월한 성과 및 무관심, 과잉영역, 개선영역을 구분하여 IPA분석 결과 기술분석 직무를 제외한 시료 전처리, 측정, 운영관리, 결과 분석, 시스템 운영 모듈이 Fig. 3과 같이 개선영역으로 도출되었다.

2. 방사선 측정 분야 인터뷰 결과

인터뷰 결과 분석은 각 문항별 대표 응답을 선별하고, 빈도분석을 활용하여 분석하였고, 전문가를 활용하여 의견을 다음과 같이 종합하여 나타내었다.

첫 번째, '귀 기관의 방사선 기술인력 채용 시 고려하는 사항/필수요건은 무엇입니까?' 에 대한 질의 답변 결과는 다음과 같다.

답변 요약
- 관련 분야 전공자(원자력, 방사선, 물리학 등)
- 관련 분야 경력자(원자력, 방사선, 비파괴, 방사선 분석 등)
- 방사선 관련 자격 소지자
- 관련업종 기초지식 보유자
- 방사선 종사자 교육 이수자

종합 의견
- 방사선 기술관련 인력의 충원 시 전공지식, 경력, 관련 자격 소지 유무, 관련업종 기초지식을 요구함.

두 번째, '방사선 분야 자격/면허 소지자의 현장실무 능력에 대해 만족하십니까? 이유는 무엇입니까?' 에 대한 질의 답변 결과는 다음과 같다.

답변 요약
- 자격/면허가 실제 방사선 기술 및 측정 능력과는 무관한 경우가 많음.
- 방사선 분야 안전 및 관리능력은 대체로 만족
- 현장실무능력은 초기 만족도는 높지 않으나 해당업무 경험이 쌓일수록 높아짐.

종합 의견
- 자격/면허가 실무 능력과는 거리가 있고, 업무경험에 의해 만족도가 높아진다는 의견이 우세하나, 전문 자격/면허 분야인 안전 분야에서는 대체로 만족하는 것으로 응답함으로서 자격/면허를 세분화하고 전문화하는 것이 필요하다고 파악됨.

3. 수요 조사 결과에 따른 시사점

방사선/능 측정분석 분야의 경우 교육과정이 활성화되어 있지 못하며 그에 따른 교육프로그램 개발이 필요하다는 인식이 90% 이상으로 매우 높게 나타났으며, 교육프로그램 개발의 필요 이유는 실무능력을 배양하여 전문 인력을 양성하기 위함이라는 응답과 인력의 전문기술소양 평가지표로 사용될 수 있기 때문이라는 응답이 높은 비중 차지하였다. 또한 설문에 응답한 대상자가 요구하는 교육프로그램의 교수방법은 이론 및 실습을 병행하는 것을 희망하고 있는 것으로 조사되었다.

4. 방사선 측정분석 프로그램 설계

방사선 측정평가 분야는 방사선 및 방사능 연구, 기술개발 시 요구되는 분석과 측정에 관한 방사선 계측 원리 및 계측 시스템 운영 절차를 이해하고, 방사선원별 요구되는 시료 전처리 과정, 검출기 및 계측방법의 효율적 선정, 결과분석 등의 실무 검증을 수행해야 하는 분야로서 이러한 사항을 고려한 방사선 측정평가 분야의 직무영역은 Fig. 4와 같다.

1) 직무모형 설계

방사선 측정분석 분야에 대해 직무조사 및 분석을 실시하

고 결과를 반영하여 Fig. 5와 같이 직무모형을 설계하였다. 직무모형은 방사선 · 능 측정분석 분야에 대한 '책무'와 '작업'으로 세분화하였다.

보다 강화된 직무모형 설계를 위해서 기초지식으로써 방사선 기초이론 이외에 지수, 대수함수 등과 같은 공업수학과 통계를 설계에 반영할 필요가 있고, 해석적인 접근 방식의 측정 평가 이외에도 필수 공학 소프트웨어 (C++ 프로그래밍, 스프레트시트 활용, 그래픽 등)의 활용에 관한 역량 강화 또한 설계에 반영해야 할 것으로 판단된다. 그리고 방사능 측정 실무 관점에서 고방사능을 포함하는 폐기물 관리를 위한 측정분석과 핵종 분리 등의 화학적 처리 방법, 대표시료 채취와 채취 기법에 대한 자세한 언급이 필요할 뿐만 아니라 직무분석의 정확도 향상을 위해 핵심 작업명세서 추가 작성 등 full set의 직무분석 연구가 추가로 필요하다.

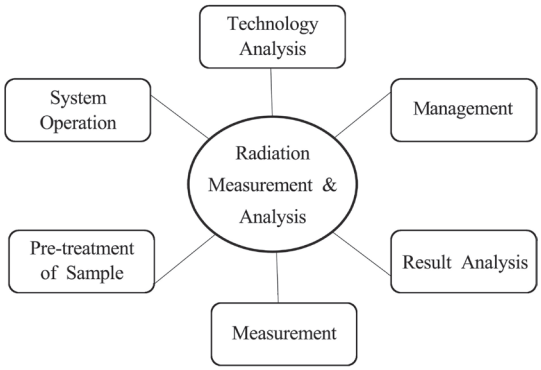

Fig. 4. Duty section of radiation measurement & analysis.

2) 교육훈련과정 설계

방사선 측정분석 분야의 전문가를 양성하기 위해 직무모형에 근거하여 교육훈련과정을 설계하였다. 국가직무능력표준과 연계하여 교육훈련과정을 설계하는 것이 바람직하나 방사선 측정분석 분야와 관련된 국가직무능력표준이 아직 개발되지 못하였으므로 본 연구에서는 국가직무능력표준 체계에 따르되 자체적으로 교육훈련과정을 개발하였다. 이에 본 연구에서 개발된 교육훈련과정이 추후 개발될 방사선 측정분석 분야의 국가직무능력표준 개발에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

방사선 측정분석에 대한 교육훈련목표는 '알파선, 베타선,

Duty	Task				
A Technology Analysis	A-1 Understanding of fundamental radiation theory	A-2 Understanding of radiation measurement	A-3* Analysis of classification and principle for detector	A-4 Understanding of Electronics	A-5 Understanding of method for measurement of application
B System Operation	B-1* Composition of analysis system	B-2 Function analysis of composed devices	B-3* Calibration of system	B-4 Writing of operational manual	
C Pre-treatment of Sample	C-1 Classification of sample (type, form)	C-2* Pre-treatment of Sample	C-3 Manufacture of analysis sample	C-4 Management of sample	C-5 Disposal of stored sample
D Measurement	D-1 Check to status of devices	D-2* Operation of measurement system	D-3 Perform Monitoring	D-4 Utilization of measurement program	D-5 Acquirement of counts/spectrum
E Result Analysis	E-1* Analysis of spectrum	E-2* Analysis of errors and statistics process	E-3 Extract to needed information	E-4 Writing of Result report	E-5 Management of data
F Management	F-1* Writing of operational guideline	F-2 Writing of procedure for analysis	F-3 Maintenance of system	F-4 Deduction of check items (regular/ irregular)	F-5 Crosstabulation

Fig. 5. Duty model of radiation measurement & analysis.

Table 4. Training course of measuring

Training course	Hour	Teaching method			Sortation		Teaching level		
		Theory	Practice	Refresher training	Basics	Deepen	High	Middle	Basics
1. Radiation fundamental theory ① Fundamental principles of radiation and nuclear physics (6) ② Interaction of radiation with matters (3) ③ Type and characteristics of radioactive material (3) ④ Handling of radioactive material (3)	15	O		O ④	① ② ③	④			O
2. General measurement of radiation and radioactivity ① Measurement statistics and error analysis (5) ② Principles of detectors (3) ③ Type and characteristics of detectors (20) ④ Calibration procedure (36) ⑤ Absolute and relative measurements (3)	67	O	O	O ④	① ② ③	④ ⑤	O		
3. General analysis of system ① Principles of SCA and MCA (2) ② Principles of operating the measurement circuits and their function (3) ③ Overview of nuclides analyzing systems and principles of their operations (6) ④ Processing measurements signals and their application (3) ⑤ Processing radiographic images (3) ⑥ Understanding background radiation and shielding (3)	17	O	O		① ② ③ ⑤	① ② ③ ④ ⑤ ⑥		O	
4. Pre-treatment process ① Pre-treatment by sample and nuclide ② Chemical treatment by sample ③ Production method by sample	–	O	O	O		① ② ③	O		
5. Spectrum analysis ① Classification of analysing program ② Measuring theory and spectrometry 1) Spectrometry for alpha, beta, gamma (8) 2) Neutron measuring theory and its spectrometry (5) ③ Results analysis and their application	20	O	O	O	②	① ② ③	O		
6. Operation and management of analysing system ① Routine and non-routine check processes (3) ② Writing operational manuals (3) ③ Maintenance (3) ④ Writing calibration certificates issued (3) ⑤ Instruction for managing pre-treatment facility and methodology (3) ⑥ Instruction and method for managing radioactive waste (3)	18	O	O					O	

감마선, 중성자 계수 및 분광시스템을 이용하여 방사선을 측정분석하는 능력을 배양하고, 이를 통해 방사성물질의 특성을 규명할 수 있는 측정분석 전문가 양성'이며, 교육훈련 목표를 달성하기 위한 교육훈련내용은 Table 4와 같이 개발하였다. 크게 6개로 구분되며 각 교육훈련 내용별 세부 교육내용은 27개이다. 전체 교육시간은 137시간으로 이론과 실습을 병행하여 교육을 실시하는 것으로 개발하였다.

본 연구에서 제안하는 교육훈련과정의 목적이 실무 현장에 적합한 전문인력 양성임을 감안하여 교육훈련내용의 적합성 검토가 지속적으로 필요할 것이며, 정규교육과정과의 커리큘럼 중복성 여부에 대한 검토, 중복성이 있을 경우의 교육과정 운영에 관한 사항이 검토되어야 할 것으로 판단된다.

결 론

방사선 기술 분야가 고부가가치를 창출하는 첨단 방사선 기기 개발, 방사선 융합기술 등과 같이 고도의 전문지식과 기술력을 요구하는 패러다임으로 급격히 진행됨에 따라 국

가 차원에서도 해당 분야 활성화를 위하여 투자 비중 확대 및 기업 지원, 제도개선 등의 육성방안을 담은 정책 등을 활발히 수립하여 시행 중에 있다. 이러한 변화에 능동적으로 대처하기 위해서는 직접적인 연구기술개발 이외에도 시행 주체가 되는 전문기술인력을 양성할 수 있는 체계가 뒷받침되어야 한다. 따라서 본 논문은 방사선 기술 분야의 국가차원의 해당 분야 실증인프라 활용도 제고에 기여하고, 원자력창조경제 실천계획의 성공적인 이행을 위한 지원 체계로 활용함을 목적으로 한다.

본 논문에서 설계한 방사선 측정분석 분야의 인력양성 프로그램은 방사선 분야의 국가직무능력표준이 개발되어 있지 않아 우선적으로 책무 (Duty)와 작업 (Task)을 중심으로 분석하였고, 직무분석을 간소화하여 시범적으로 교육과정을 도출하였다. 그러므로 직무의 중요도를 충분히 검토한 후 전체적인 직무분석에 대한 추가 개발이 요구되며, 프로그램을 구성 시 추가적으로 각각의 지식, 기술, 태도, 도구에 대한 항목도 분석이 필요할 것으로 판단된다.

현재 방사선 기술 분야별로 표준화된 직무교육 프로그램을 개발하여 현장 실무에 상시적으로 공급하는 역량은 미흡한 실정이지만 현장 실무 전문성 강화 차원에서도 직무교육 프로그램의 표준화를 위한 추가적인 연구가 반드시 필요하며, 이러한 인력양성 프로그램을 편성하여 수강함으로써 재직자 전문인력 양성 및 인력 채용 시 객관적 지표로 활용할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 전문인력의 지속적 공급을 통해서 방사선 융합기술 실용화에 기여하고 이를 통해 실증인프라의 활성화를 촉진할 수 있을 것으로 판단된다.

향후 본 논문에서 제시한 직무분석을 활용한 교육프로그램 개발 방법론을 방사선 기술 분야 및 타 분야에 적용시킴으로써 활용도가 클 것으로 판단된다.

사 사

본 논문은 미래창조과학부 원자력연구개발사업의 방사선연구기반확충사업인 ‘방사선 기술정보 통합 네트워크 구축 및 관련 전문가 양성’ 과제 (2014M2B8A4033037)로부터 지원받아 수행되었습니다.

참 고 문 헌

미래창조과학부. 2013. 원자력 창조경제 실천계획 (’14-’18).
한국방사선진흥협회. 2014. 2013년도 방사선 및 방사성동위원소 이용실태 조사.
한국방사선진흥협회. 2015. 방사선 기술 관련 전문 국가자격 제도 도입방안 연구.

Received: 12 February 2015
Revised: 26 February 2015
Revision accepted: 2 March 2015