방사선안전관리를 위한 Process Mapping 개발

이용식*, 이진우*, 이윤종*,†
*한국원자력연구원, †조선대학교 원자력공학과

2013년 7월 24일 접수 / 2013년 8월 23일 1차 수정 / 2013년 9월 11일 2차 수정 / 2013년 9월 16일 채택

최근 국내 방사선이용기관 수의 증가와 시설의 다양한 투자로 운영 및 안전관리가 복잡해지고 있다. 그러나 작업종사자 수와 방사선 시설증가에도 불구하고 방사선안전관리자 인력은 증가되지 않고 있는 실정이며, 소수의 방사선안전관리자에 의해 방사선작업종사자 등록 및 관리, 선원관리, 방사선량 감시, 배기 및 배수 등의 많은 업무가 관리되고 있다. 이러한 문제점은 방사선 사고발생의 직·간접적인 사고의 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 방사선을 이용하는 시설의 효율적인 안전관리와 사고예방을 위한 방사선안전관리 업무절차를 도식화(Process Mapping)하였다. Process Mapping 개발을 위해 방사선안전관리 현안요건을 분석하고, 개별 절차상의 업무분석을 통해 방사선안전관리 체계를 정비하였다. 개발한 Process Mapping을 바탕으로 각 기관에 적합한 업무절차의 흐름을 명확히 구성함으로써 방사선을 이용하는 시설의 안전 위해 요인을 줄이고 방사선안전관리 체계를 개선할 수 있으며, 필요에 따라 Process Mapping을 수정 보완하여 방사선안전관리에 효과적으로 사용할 수 있다.

중심어: 방호대상, 방호요건, 방사선안전관리, 업무분석, Process Mapping

1. 서론

방사선 이용기술은 현대 산업의 발전과 더불어 적용범위가 다양해지고 있으며, 그 적용기술도 발전하고 있다. 이러한 방사선의 이용은 의료, 농업, 공업 분야 등에서 지속적으로 다양화되고 확대되고 있으며 방사선 기술은 국민 보건 향상, 국토 환경감시, 국방기술 등 국가 과학 기술 발전의 핵심요소로 자리 잡고 있다[1].

방사선 이용이 매년 빠르게 증가함에 따라 방사선 안전규제의 수요가 지속적으로 증가하고 있으며, 사고발생 가능성도 증가할 것으로 예상되고 있다. 이에 따라 방사선 안전에 대한 시스템 분석이나 기관별 가이드라인이 많이 제시되고 있으며[2,3], 방사선 이용의 다양화 및 양적 증대에 효과적으로 대응하기 위해 방사성동위원소 안전규제 합리화 등과 같은 규제제도 개선을 위한 연구개발이 적극적으로 추진되고 있다[4,5]. 그러나 방사선을 이용하는 시설의 현실적인 지원조직과 방사선안전관리의 지원 예산이 부족하고, 방사선안전관리는 이익을 창출한다는 생각보다는 소모적 개념이 강해 실질적 투자가 미흡하다. 또한, 대부분 허가받은 방사선을 이용하는 시설과 방사선 작업종사자가 증가하여도 1~2명의 방사선안전관리자로 다수의 방사선작업종사자와 시설에 대해 안전과 방호를 수행함에 따라 방사선 사고예방과 방지에 있어서 적절한 조치를 취하기 어렵게 만들고 있다. 이러한 방사선 사고는 각 기관에 업무절차 및 규정이 미비한 원인도 있으나 대부분 규정과 업무절차 미준수의 원인에 의해 발생하는 경우가 많다[6].

따라서 본 연구는 소수의 방사선안전관리자로 효율적인 안전관리와 불필요한 업무량을 최소화하기 위한 표준형 절차서를 개발하기 위해 방사선을 이용하는 시설의 방사선안전관리 운영조직 분석, 안전 위해요인, 방호대상 및 방호요건을 분석하고 원자력안전법[7], 동법 시행령[8], 동법 시행규칙[9], 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙[10] 및 고시[11] 등에서 정한 규정과 절차에 근거하여 Process Mapping을 개발하였다. 제시한 Process Mapping은 개별 업무 분석에 필요한 방사선안전관리 업무의 흐름을 복잡하지 않고 합리적으로 절차화 하였으며, 필요에 따라 업무절차의 재분석 및 수정·보완이 용이하도록 구성하였다. 이는 소수의 방사선안전관리자로 하여금 각 기관에 적합한 방사선 방호업무의 효율성과 편의성을 극대화하기 위한 필수적인 절차서 개발에 도움이 될 것으로 사료된다.

2. 방사선안전관리 대상 및 요건 분석

방사선안전관리를 위한 절차서 및 규정을 작성하기 위해서는 원자력안전법, 동법 시행령, 동법 시행규칙, 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 및 고시 등을 근거로 산재된 개별 충족 요건들을 세밀히 파악한 후 각 기관의 성격에 맞게 작성되어 운영되어야 한다. 그러한 과

교신저자 : 이윤종, yjlee@kaeri.re.kr
전북 정읍시 신정동 1266

Table 1. Classification of the Work Process.

구분	Step 1 (사용 전)	Step 2 (사용 중)	Step 3 (사용 후)
선원	- 구매 - 수입 및 통관 - 운반 및 설치	- 선원이력 관리 - 건전성 유지	- 선원 폐기
인력	- 방사선작업종사자 등록	- 장해방지 - 출입관리	- 퇴직 및 전출
시설	- 시운전 및 사용전 점검 - 시설검사	- 시설 운영 관리 - 사고대응 조치	- 폐지 절차
행정	- 보고, 기록		

정에서 기관별 규정 및 절차서는 통일성과 표준성을 갖기보다 각 기관별 성격에 치우쳐 작성 운영되고 있으며 이를 표준작업화 하는 과정에 있어서 적용 기관의 성격과 선원, 인력, 시설에 대한 관리 및 보호범위가 다르기 때문에 안전관리시스템을 표준절차화 하기 위한 많은 어려움이 있었다.

따라서 본 연구에서는 절차의 간편성과 효율성을 위해 방사선안전관리 대상을 크게 세 분야로 구분하여 선원, 사람, 시설로 구분하였고 이 대상을 업무적 흐름에 따라 메트릭스 형태로 분류하여 총 16개의 단위 요건을 도출하여 표 1과 같이 작성하였다. 이를 바탕으로 방사선안전관리 업무상 가장 빈번한 작업을 대상으로 14가지 업무흐름도를 만들어 그림 4부터 그림 17까지 도식화 하였다.

2.1 선원 관점에서의 방사선안전관리 업무분석

선원을 구매하여 사용하기 위해서 필요한 인·허가 신청에서부터 폐기까지 업무적 흐름에 따라 분석하였다. 대부분 방사선원의 사용이 결정된 이후 방사선안전관리자가 배제된 상태에서 구매 절차가 진행됨에 따라 수입·통관절차와 운반 시 많은 문제가 발생되고 있다. 선원 이력기록이 선원 항별로 체계적으로 관리되고 주기적인 선원 재고관리를 통한 이력관리가 철저히 되어야 한다. 또한, 밀봉선원의 경우 구매설치 후 사용에 대한 건전성뿐 만 아니라 온·습도 등 환경적 영향을 통한 건전성 확보도 필요하다. 방사성동위원소 등에 따른 종류와 농도의 형태에 따라 자체 혹은 위탁폐기로 구분되며, 선원에 대한 업무분석은 그림 1과 같다.

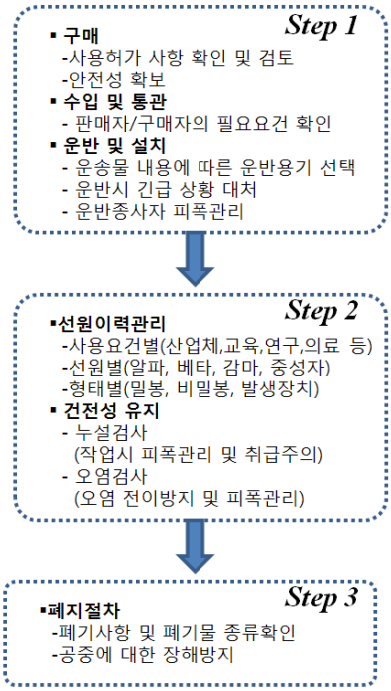

Figure 1. Management of the radiation sources.

2.2 인력 관점에서의 방사선안전관리 업무분석

방사선 작업에 종사하기 위해서 종사 전 조치사항과 퇴사 또는 전출 등으로 인한 신분변화 시 방사선작업종사자 관리를 업무적 흐름에 따라 분석하였다. 방사선을 이용하는 작업을 하기 위해서는 교육훈련 이수와 건강진단의 정상상태에 따라 종사자로 등록할 수 있으며, 종사자에 대한 관리측면은 방사선관리구역 출입부터 시작하게 된다. 방사선관리구역에 출입하여 방사선 작업을 하고자 할 때는 방사선안전관리자로부터 출입 및 작업 승인을 받은 후 작업에 종사할 수 있으며, 방사선장해방지를 위해 작업조건의 최적화, 작업시간의 단축 등의 방법에 의해 피폭선량 저감 방안을 마련해야 한다. 인력 중심에 대한 업무분석은 그림 2와 같으며, 해당기관에서의 퇴사나 방사선작업종사자의 신분변화 시 해당기록에 대한 보존이나 기록이전을 해주어야 한다.

2.3 시설 관점에서의 방사선안전관리 업무분석

방사선이용기관은 시설을 설계하고 규제기관으로부터 승인을 받은 후 방사선을 안전하게 사용하고 추후 사업의 폐지에 이르는 일련의 절차를 분석하였다. 방사선을 이용하는 시설은 기본적인 방호대책이 마련되어 있어야 하며,

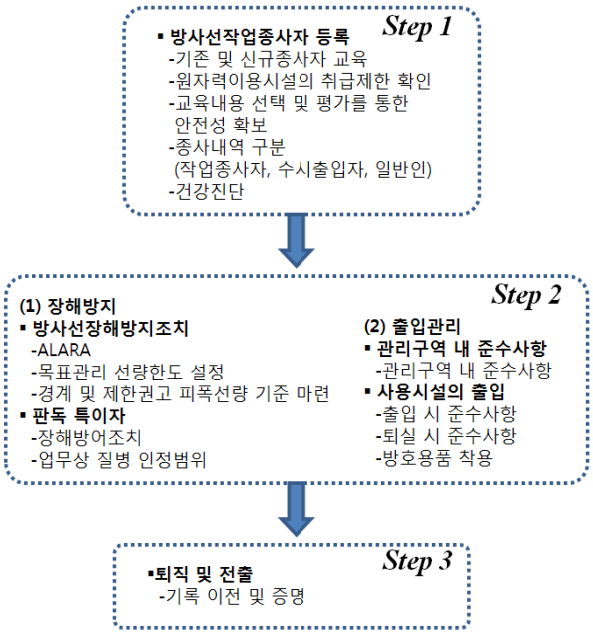

Figure 2. Management of the radiation workers.

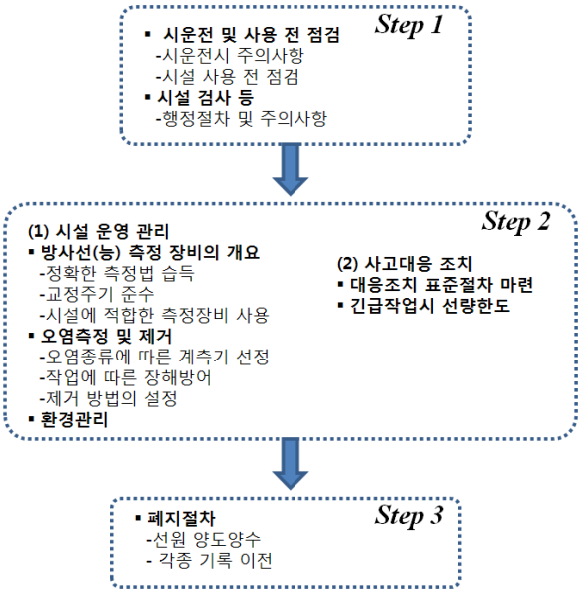

Figure 3. Management of the radiation facility.

정상적인 운영관리를 위하여 방사선 측정 장비 사용법을 습득하고, 교정주기를 준수해야 한다. 또한 대규모 방사선이용기관의 경우 소수의 방사선안전관리자로부터 업무수행을 해야 되는 문제점이 있어 시설운영의 사건 및 사고 등 비정상상태에 대한 대응을 할 수 있도록 절차 및 훈련이 되어야 있어야 한다. 시설 중심에 대한 업무분석은 그림 3과 같다.

3. 결과 및 논의

본 연구에서는 Process Mapping을 작성하기 위해 방사선안전관리업무에서 가장 빈번한 작업을 단일 절차화하여 ①방사성동위원소 등 구매, ②방사성물질 운반, ③누설검사, ④위탁폐기, ⑤종사자 교육훈련, ⑥건강진단, ⑦작업종사자 등록, ⑧방사선 작업, ⑨수시출입자 관리, ⑩일시출입자 관리, ⑪방사선량률 측정, ⑫방사선안전관리장비 검교정, ⑬방사선 시설 비정상 상태조치, ⑭정기

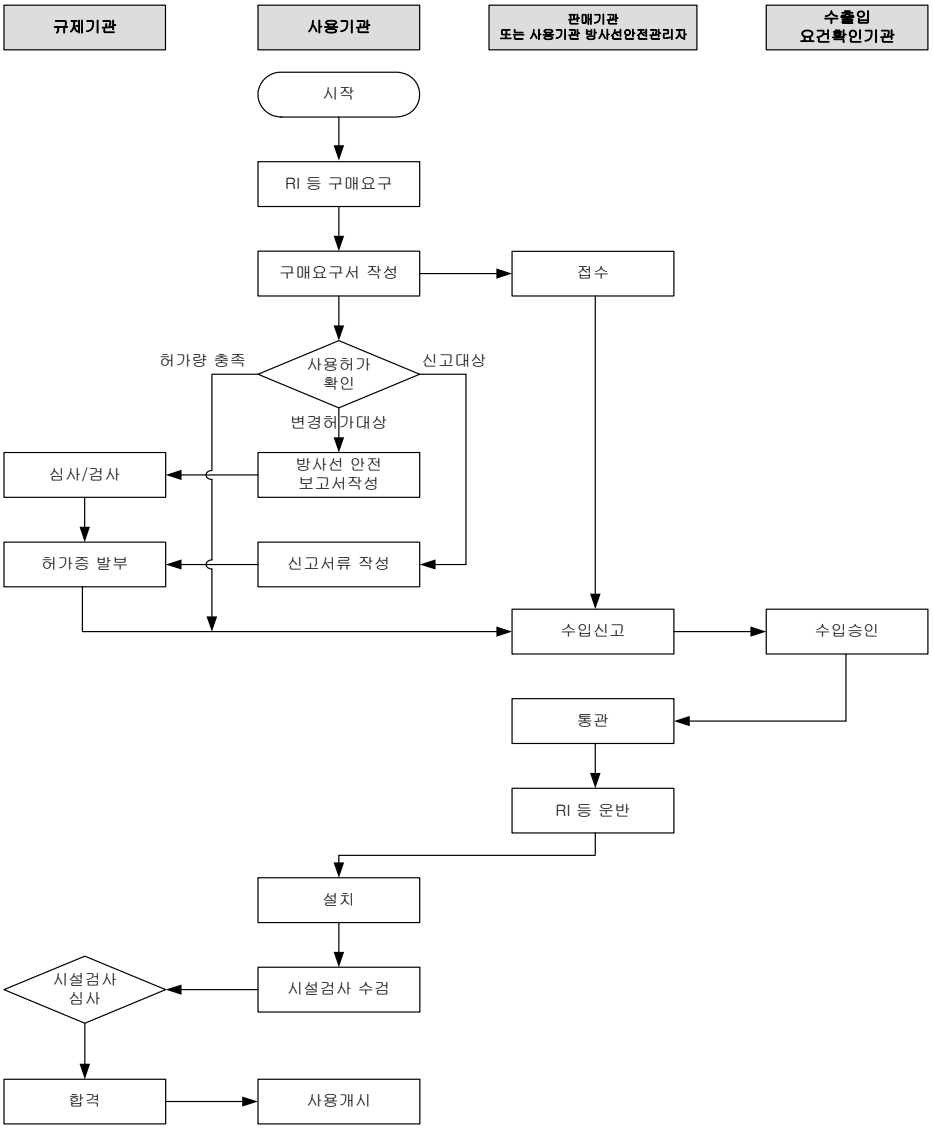

Figure 4. Purchase of the radioactive isotope.

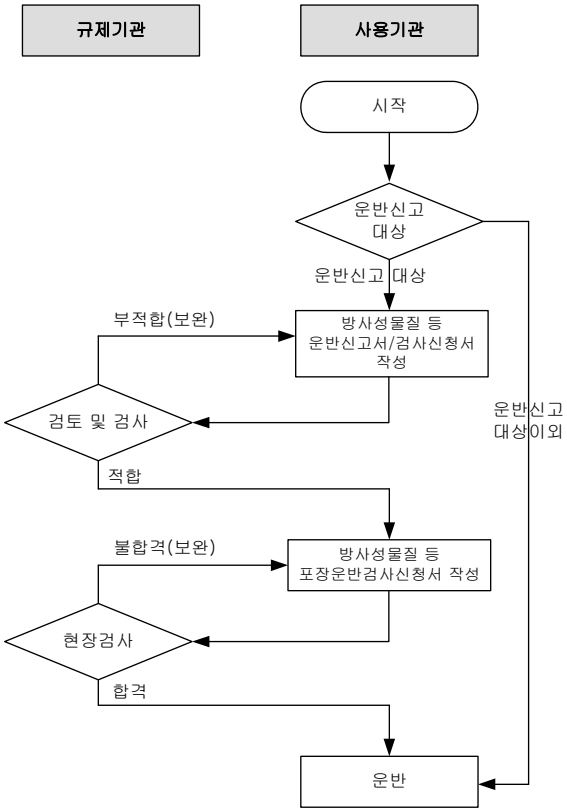

Figure 5. Transportation of the radioactive material.

검사의 14가지 업무로 구분하여 업무흐름도를 작성하였다.

미 허가 선원의 구매방지, 구매자와 방사선안전관리자의 역할에 따른 선원보안 절차고려, 선원분실 및 도난 등의 사고를 방지하기 위한 업무절차를 원자력안전법 제53조, 동법 시행령 제79조, 제81조, 동법 시행규칙 제60조, 제61조 및 제67조 의거하여 그림 4와 같이 도식화하였다. 다만, 사용기관이 해당선원에 대한 판매허가를 갖는 경우와 이미 검사받은 선원의 교체가 필요한 경우 허가범위 내에서 동일 선원으로 직접 구매가 가능하다.

방사성물질 운반은 원자력안전법 제71조, 제75조, 동법 시행령 제108조, 제111조 제4항, 동법 시행규칙 제98조 및 101조에 의해 흐름도를 그림 5와 같이 작성하였으며, 운반검사 대상인 경우 운반신고와 검사신청이 동시에 이루어져야 한다.

선원관리에 있어서 먼저 밀봉선원의 누설점검에 대한 사항을 방사선안전관리등의 기술기준에 관한 규칙 제43조 및 고시 제2012-38호에 의해 도식화하여 선원점검에 따른 절차서 작성기반을 마련하였고, 선원검사 후 비정상 상태 시 행동절차와 함께 그림 6과 같이 작성하였다. 해당선원에 대한 오염측정 및 누설검사가 가능한 계측장비를 보유하고 계측장비가 정상적으로 유지되는 경우에 한하여 사용기관이 직접 누설검사가 가능하다.

원자력안전법 제70조 제4항, 동법 시행령 제107조, 동법 시행규칙 제94조 내지 제96조, 제100조, 고시 제2013-29호 및 제2013-33호에 의한 선원의 사용이후 폐기에 대해 증명서 확인, 폐기물 운반을 위한 포장 및 운반에 대한 절차를 정리하여 그림 7과 같이 도식화하였다.

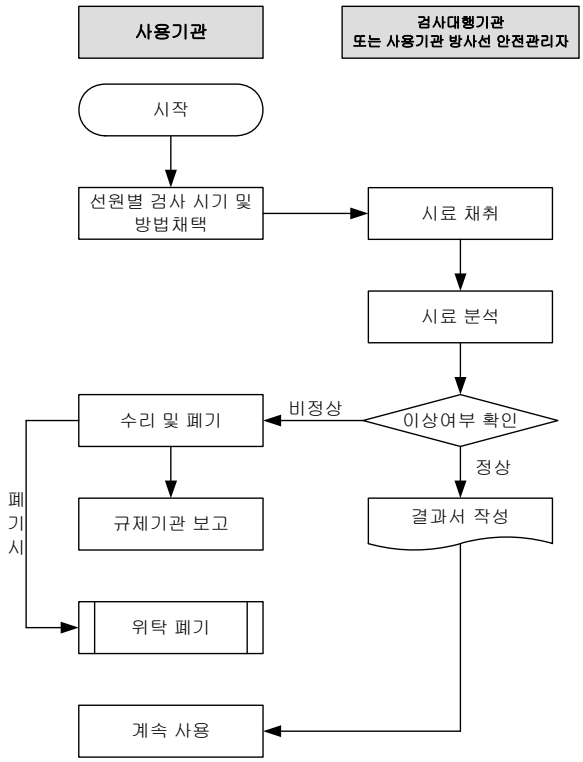

Figure 6. Leakage test of the sealed source.

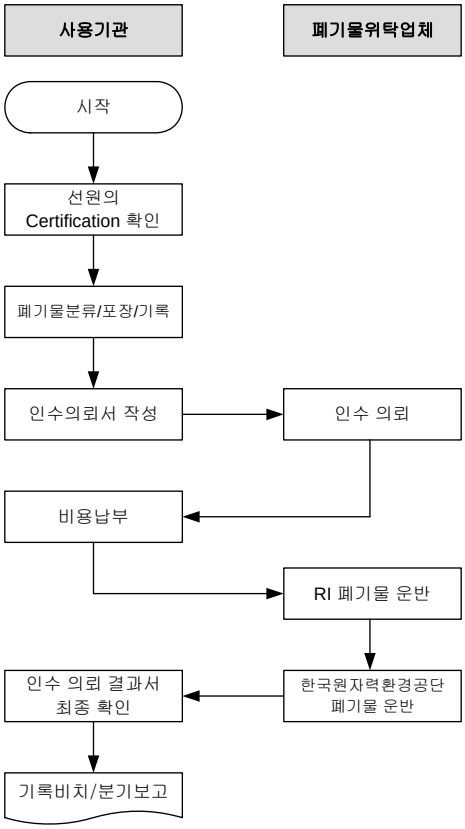

Figure 7. Consignment processing of the radioactive waste.

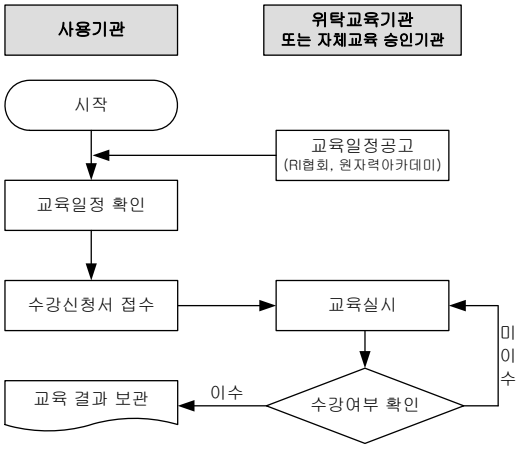

Figure 8. The procedure of a radiation worker's education

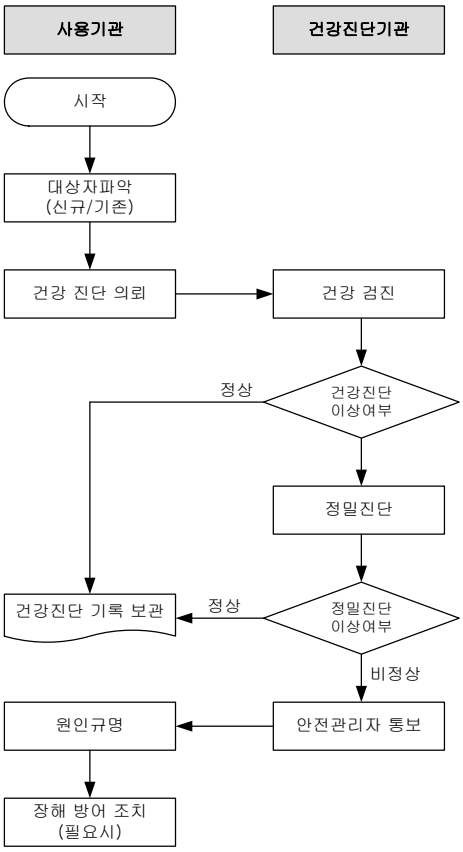

Figure 9. Health examination.

다음으로 인력에 대한 관리 흐름도로서 원자력안전법 제106조, 동법 시행령 제148조 및 동법 시행규칙 제138조에 의거한 교육훈련 이수와 원자력안전법 제91조 제1항, 동법 시행령 제132조 및 동법 시행규칙 제121조에 의거한 건강진단 절차를 그림 8과 그림 9와 같이 도식화하였다. 두 가지 사전 절차를 마무리 한 후 방사선작업종사자 등록절차를 수행할 수 있도록 그림 10과 같이 작성하였다. 단, 그림 8에서 자체교육을 실시할 수 없는 원자력관계사업자는 위원회의 지정을 받은 기관에 위탁하여 교육·훈련을 실시할 수 있으며, 그림 10의 작업종사자 등

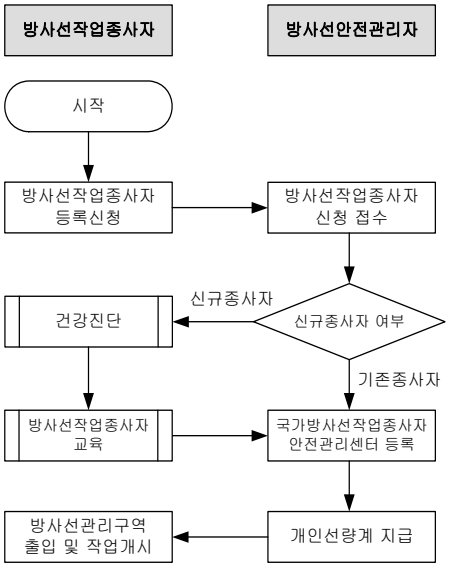

Figure 10. Registration of the radiation workers

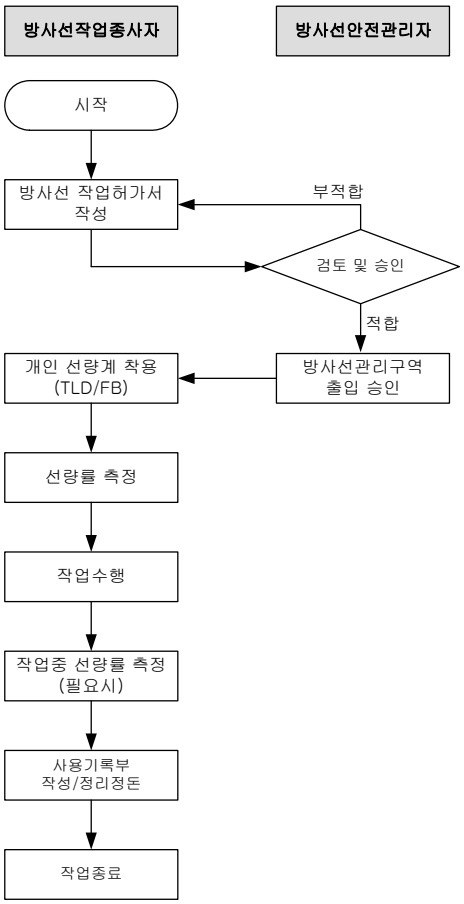

Figure 11. Processes of the radiation work.

록절차 시 건강진단과 종사자교육의 순서는 바뀔 수도 있다.

방사선 작업절차에 있어서 원자력안전법 제91조, 동법 시행령 제133조, 제135조, 동법 시행규칙 제120조 제2항, 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙 제3조 제2항 및 고시 제2013-38호 제5조에 의거하여 방사선관리구역에서의 작업계획서 작성 및 허가서와 출입 신청 및 승인,

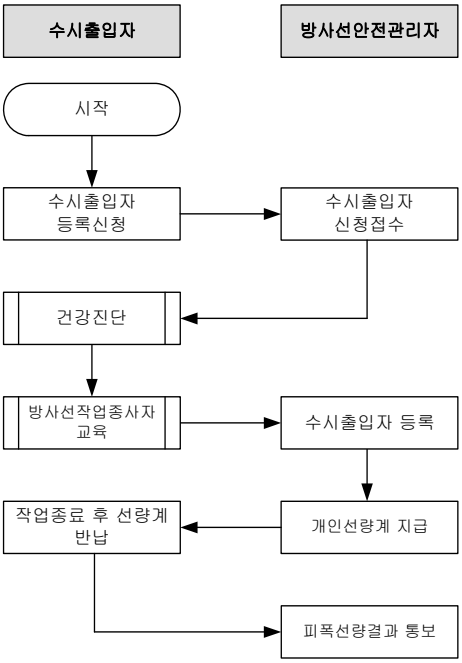

Figure 12. Management of the occasional access group.

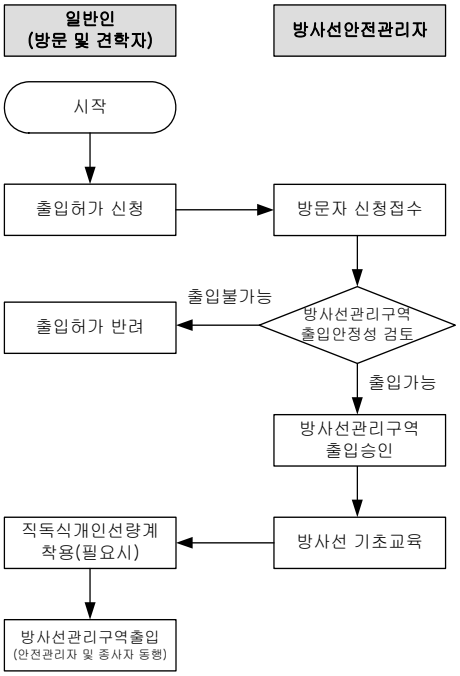

Figure 13. Management of the temporarily access group.

개인피폭선량 관리, 작업수행과 기록 등으로 구분하고 그림 11과 같이 흐름도를 작성하였다. 방사선작업종사자 이외 수시출입자에 대한 절차는 원자력안전법 제91조 제2항, 동법 시행령 제133조, 제135조, 동법 시행규칙 제120조, 제122조, 제139조 제2항 및 고시 제2013-39호 제5조에 의거하여 그림 12와 같이 도식화 하였으며, 일시출입자에 대한 절차는 원자력안전법 시행령 제135조, 동법 시행규칙 제120조 제2항 및 제139조에 의거하여 그림 13과 같이 도식화하였다.

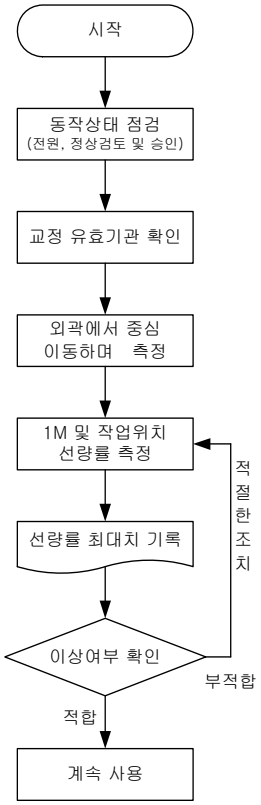

Figure 14. Measurement of the radiation dose rate in radiation management area.

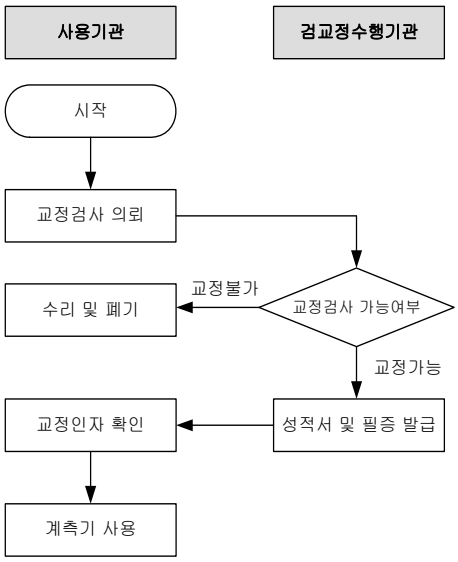

Figure 15. Inspection and correction of the device of radiation safety management.

방사선량률 측정은 원자력안전법 제91조 제1항, 동법 시행령 제131조, 동법 시행규칙 제120조 및 고시 제2013-22호 제4조에 의거하여 방사선 측정기기에 대한 동작상태 점검, 교정기간, 상태점검 및 선량측정의 과정을 업무 순서에 따라 그림 14와 같이 도식화 하였으며, 방사선안전관리장비의 검교정에 관한 업무절차를 원자력안전위원회 고시 제2013-22호 제4조에 의거하여 그림 15와

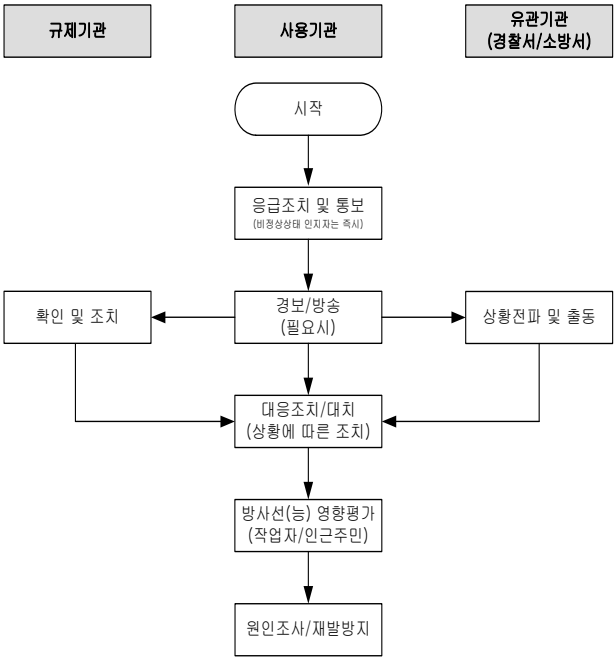

Figure 16. Abnormal state process of the radiation facility.

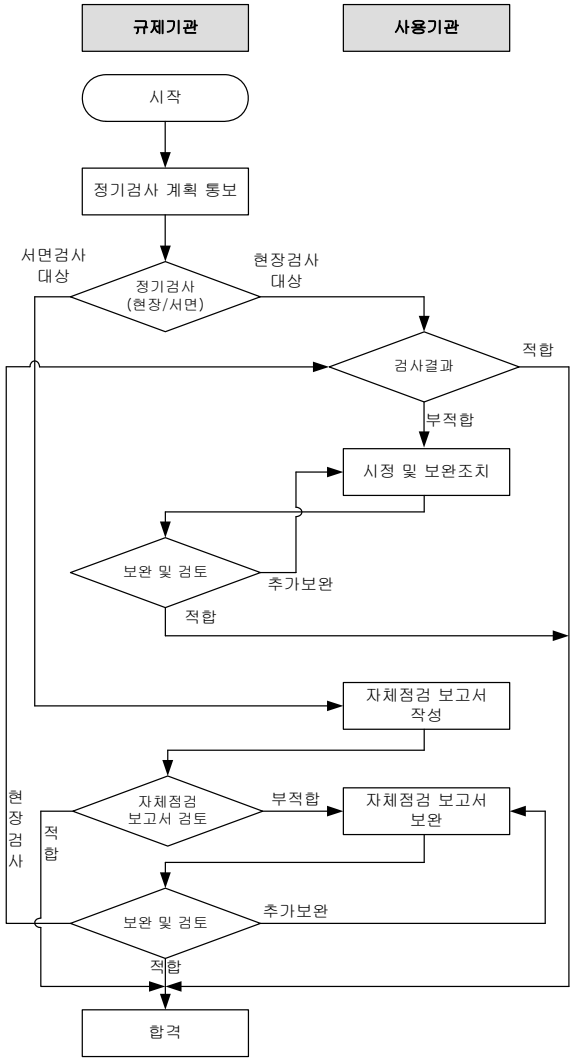

Figure 17. Regular inspection of the radiation safety management.

같이 작성하였다. 방사선 시설의 정상운전 이외에 비정상 상태에 따른 응급조치 및 통보와 상황 전파 등의 흐름을 원자력안전법 제92조, 제97조, 동법 시행령 제110조, 제136조, 동법 시행규칙 제100조, 고시 제2013-7호 제4조 내지 제13조, 및 제2013-22호 제4조에 의거하여 그림 16과 같이 작성하였다.

규제기관으로부터 허가 받은 시설의 정기검사 절차와 서면검사에 대해서 원자력안전법 제56조 제1항, 동법 시행령 제88조, 동법 시행규칙 제77조 내지 제79조에 의거하여 그림 17과 같이 도식화하였다.

실무 경험이 많은 방사선안전관리자는 각종 절차서를 작성·운영하고 있으나 일부 실무 경험 없는 방사선안전관리자의 경우 업무흐름을 명확하게 규정하지 못한 채 타 기관의 절차서를 인용하여 사용하고 있는 경우가 많은 실정이다. 또한, 사건, 사고 또는 변동이 발생하였을 경우 그에 대한 보완 방법으로 해당 절차서를 수정할 경우 누락된 절차만을 추가함으로써 비효율적인 업무처리와 업무절차의 혼선을 야기한다. 따라서 본 연구에서는 모든 방사선을 이용하는 시설에 적용하거나 적합하게 수정이 가능하도록 Process Mapping을 도식화하여 보다 효율적인 안전관리를 마련하도록 하였다.

4. 결론

일부기관에서 방사선안전관리 절차서나 안전관리규정 자료를 해당업무에 대한 세밀한 업무분석이 미흡한 상태에서 타 기관의 절차서를 인용하여 만들어진 경우가 있다. 이 경우 기관마다의 행정 체계 등을 고려하여 절차서의 문제점을 수정·보완해야 하는데 사용하고자 하는 기관의 방호업무분석 없이 절차서를 개정함으로써 방사선 방호업무 진행과정이 더욱 복잡해지는 사례가 종종 발생한다.

이러한 방사선안전관리 업무흐름을 최적화하기 위해 선원, 인력, 시설로 크게 세 분야로 분류하고 각 분류에 대해서 업무적 흐름에 따라 분석하였다. 또한, 소수의 방사선안전관리 인력으로 방사선안전관리의 효율성과 편리성을 제공하기 위해 업무분석을 통한 Process Mapping을 작성하였으며, 업무절차를 방사선을 이용하는 시설마다 최적화할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 작성한 업무분석에 따른 흐름도를 이용하면 방호업무 절차를 명확히 구성하여 방사선을 이용하는 시설의 안전 위해요인을 저감하고, 제시한 Process Mapping을 필요에 따라 재분석하여 수정·보완함으로써 효율적으로 방사선안전관리 업무절차를 재구성하여 사용할 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 원자력안전위원회 방사선안전기술개발사업(No. 2011-0031069) 사업의 지원으로 수행중인 연구과제입니다.

참고문헌

1. 김창호, 김봉수. 의료계 방사선 안전관리 현황 및 개선방안. 방사선안전 심포지엄. 11th. 2012. pp. 47-48.
2. U.S. Nuclear Regulatory Commission. Final safety culture statement. NRC-2010-0282. Federal Register 2011;76:34773-34778
3. U.S. Department of Energy. Integrated safety management system guide. DOE G 450.4-1C. Washington, DC: U.S. Department of Energy, Office of Health, Safety and Security. 2011.
4. 한국원자력안전기술원. 방사선 안전규제기술개발 최종연구보고서. KINS/GR-380. 교육과학기술부. 2007.
5. 원자력안전위원회, 한국원자력안전기술원, 한국원자력통제기술원. 2012 원자력안전연감, pp. 265-267.
6. 이윤종, 이진우, 이은제, 김종수, 주용진. 2012. 복합시설의 효율적 안전관리체계 및 표준형 통합 방사선관리시스템 개발. 2011-0031069. 원자력안전위원회. 2012.
7. 원자력안전법(법률 제1171호, 시행 2013.3.23.).
8. 원자력안전법시행령(대통령령 제24431호, 시행 2013.3.23).
9. 원자력안전법 시행규칙(총리령 제1025호, 시행 2013.6.21).
10. 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙(안전위 규칙 제4호, 시행 2011.11.11.).
11. 원자력안전위원회 고시(시행 2013.7.24.).

Development of the Process Mapping for the Radiation Safety Management

Yong Sik Lee*, Jin Woo Lee*, and Yun Jong Lee*,†

*Korea Atomic Energy Research Institute, †Department of Nuclear Engineering Chosun University

Abstract - Recent domestic use of radiations has increased in the number of institutions and companies as well as operating as an investment, a variety of facilities and safety management are becoming increasingly complex. Despite the increase of radiation workers and facilities, the number of RSOs (Radiation Safety Officers) has not increased with a growing domestic radiation industry. The radiation safety management work (radiation workers management, radiation sources management, facilities management etc.) has been managed by insufficient number of the RSOs. These problems could be directly or indirectly related to causes of the radiation accidents.

In this paper, we designed the Process Mapping of radiation safety management work for an efficient safety management of the radiation facilities and protection of radiation accidents. To develop the Process Mapping, we analyzed the radiation safety requirements of management issues and the individual procedures. Based on the Process Mapping, the work procedures for an appropriate radiation safety management of each institution can be configured clearly. Through this procedures, the safety risk factors in radiation facilities can be reduced, and the radiation safety management system will be improved. Depending on your needs, the Process Mapping could be modified and could be used for an efficient radiation safety management.

Keywords : Protection subjects, Protection requirements, Radiation safety management, Analysis of work process, Process Mapping