Journal of RADIATION INDUSTRY
Vol. 18, No. 1, pp. 95-100, 2024
https://doi.org/10.23042/radin.2024.18.1.95

Technical article

중저준위 방사성폐기물 전주기 이력관리체계 구축 및 개선

이진우[1,*] · 이 준[1] · 은희철[1] · 정지영[1]
[1]한국원자력연구원

The Establishment and Improvement of Full Cycle History Management System for Low- and Intermediate-level Radioactive Waste

Jin-Woo Lee[1,*], Jun Lee[1], Hee-Chul Eun[1], and Ji-Young Jeong[1]
[1]Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI), 111, Daedeok-daero 989 beon-gil, Yuseong-gu, Daejeon, 34057, Republic of Korea

ABSTRACT To establish a radioactive waste life cycle history management system, a series of processes including waste generation, classification, packaging, storage, transportation, and disposal were reflected in the information management system. A preliminary review process was introduced to reduce the amount of radioactive waste generated and manage it efficiently. Through this, the amount of radioactive waste generated must be checked from the beginning of the research, and the generated radioactive waste must be thoroughly managed from the stage of generation to final disposal. In particular, in the case of radioactive waste data generated during nuclear facility operation and each experiment, a radioactive waste information management system must be operated to receive information from the waste generator and integrate it with processing information at the management stage. The application process for small-package containers was reflected so that information such as the generation facility of radioactive waste, generation facility, project information, types of radioactive waste, major radionuclides, etc. In the radioactive waste management process, the preceding steps are to receive waste history from the waste generators. This includes an application for a specified container with a QR label, pre-inspection, and management request. Next, the succeeding steps consist of repackaging, treatment, characterization, and evaluating the suitability of disposal, for a process to transparently manage radioactive wastes.

Key words: Radioactive waste, Life cycle history management, Nuclear facility

1. 서 론

한국원자력연구원은 2017년 발생된 중저준위 방사성폐기물 무단폐기 사건 등 연이은 방사성폐기물 관리 부재 사건 및 사고를 겪은 바 있다.

그 결과 원자력에 대한 안전관리 이미지를 많이 실추시켰고 방사성폐기물 관리의 안전성과 신뢰성을 확보하라는 국민의 요구 또한 강하게 받은 바 있다.

연구원 안전관리 미흡의 결과로 방사성폐기물에 관한 총 4번의 사건, 사고를 겪었고 이에 대한 재발방지대책 수립후 이를 이행 완료하였다.

재발방지대책 주요 내용중 연구원에서는 방사성폐기물의 전주기 이력 관리의 중요성을 다시 한 번 인식하고 새롭게 이력관리 체계를 구축한 후 이를 운영하고 있다.

방사성폐기물 전주기 이력 관리체계 구축을 위해 폐기물의 발생, 분류, 포장, 저장, 운송 및 최종 처분 등 각각의 프로세스에 대해 다시 정의하였고 관리상의 개선 사항을 발췌하여 이를 방사성폐기물 정보관리시스템에 반영하여 운영 중이다. 방사성폐기물 이력관리의 중요성이 커짐에 따라 소포장 기반의 이력관리를 추진하며, 폐기물 이력의 다양한 정보를 유기적으로 연결하여 관리할 수 있도록 개선하였다.

본 논문에서는 방사성폐기물 전주기 이력관리체계 중 개선사항을 중심으로 운영 사례 및 그 효과를 소개하고자 한다.

ISSN 1976-2402 **http://www.ksri.kr/**

Copyright© 2024 by Korean Society of Radiation Industry

***Corresponding author:** Jin-Woo Lee
Tel: +82-42-868-2190, Fax: +82-42-868-4845, E-mail: jinwoo@kaeri.re.kr
Received 13 March 2024 **Revised** 20 March 2024 **Accepted** 20 March 2024

2. 재료 및 방법

2.1. 방사성폐기물 발생전 사전 심의 제도 도입

한국원자력연구원(이하, 연구원)은 연구로(하나로) 및 부대시설, 사용후핵연료처리 및 부대시설 등 원자력 관계시설 운영과제로부터 정부수탁 및 민간수탁 과제 등 원자력 및 방사선 관련 과제를 수행중이다. 따라서 시설 운영중 혹은 과제 수행중 필연적으로 방사성폐기물은 발생되게 된다. 이렇게 발생된 방사성폐기물의 관리 부재로 인해 일련의 사건/사고가 일어난 것이다. 이러한 사건/사고를 사전에 차단하고자 과제의 시작부터 방사성폐기물 발생량 등을 검토해보고자 연구과제 사전심의 제도를 도입하게 되었다. 사전심의는 Table 1과 같이 폐기물 발생부서에서 작성된 과제 계획서에 대해 다음의 사항을 검토하게 된다.

사전심의는 방사선안전관리부서 및 방사성폐기물 총괄부서를 중심으로 진행하게 된다. 먼저 방사성폐기물 발생시설의 원자력안전법 허가 내역에 따라 사용 핵종 및 연간 사용량 등의 적정여부 검토를 시작으로 발생된 방사성폐기물의 보관 방법이 적정한지를 확인한다. 또한 방사성폐기물 처리방법, 방사성폐기물 예상 발생량 산정, 방사성폐기물 처리비용 확보여부 및 최종 처분비용 등이 과제 기획단계에서 반영되었는지 등의 여부를 검토하게 된다.

검토결과 보완이 필요한 과제와 재심의가 필요한 경우 최종 과제 심의를 유보하고 과제계획서 수정 등의 과정을 거치도록 개선하였다.

2.2. 방사성폐기물 전주기관리시스템 운영

상기의 사전심의를 거쳐 확정된 과제로부터 발생된 방사성폐기물은 원자력관계시설내 방사선관리구역에서 발생단계에서부터 최종 처분까지의 철저히 관리되어야 한다. 특히 원자력 시설 운영중 및 각 실험에서 발생되는 방사성폐기물 데이터의 경우 폐기물 발생부서 혹은 발생자의 발생 정보로부터 폐기물 관리부서의 처리 정보 등을 통합하여 관리하기 위해서는 방사성폐기물 정보관리시스템이 필수적으로 운영되어야 한다. 연구원에서는 방사성폐기물의 전체 수명 주기중 발생, 처리, 최종 처분 등 폐기물의 정보와 처분 정보를 통합하여 관리하고 있다.

방사성폐기물은 공정 및 연구에 따라 서로 다른 출처, 발생 시기, 이동이력 정보를 가지고 있기 때문에, 폐기물 분류에 따른 다양한 속성 정보를 효율적으로 관리하는 일은 쉽지 않은 일이다. 따라서, 방사성폐기물 발생단계에서부터 방사성폐기물 정보관리시스템(RAWINGS: Radioactive Waste Information Management System)을 활용하여 Fig. 1과 같이 방사성폐기물 수집용 소포장 발급 및 지급체계를 구비하였다[1].

방사성폐기물 이력 관리는 발급된 소포장을 기반으로 발생 시설 및 과제 단위로 발생하는 방사성폐기물 기초 데이터베이스 관리를 위해 소포장에 대해 QR (Quick Response) 코드가 부착되고 관리될 수 있도록 설계후 운영하게 된다[1,2].

2.3. QR 코드 적용 소포장 관리체계 운영

시설별로 방사성폐기물 처리시설로 수거 대상이 되는 방사성

Table 1. Main contents of radioactive waste preliminary review

Key review items	Detailed review items	Good effect
Estimated amount of radioactive waste generated Radioactive waste storage location Radioactive waste management manager Annual plan for radioactive waste processing plan	• Review of linkage with KAERI's R&R (Role & Responsibility) • Adequacy of calculating the expected amount of radioactive waste generated • Adequacy of radioactive waste storage and disposal methods • Adequacy of calculating treatment/disposal costs compared to the amount generated	• Minimize waste from project or facility unit • Forecast the annual amount of waste generated by each nuclear facility and establish a management plan

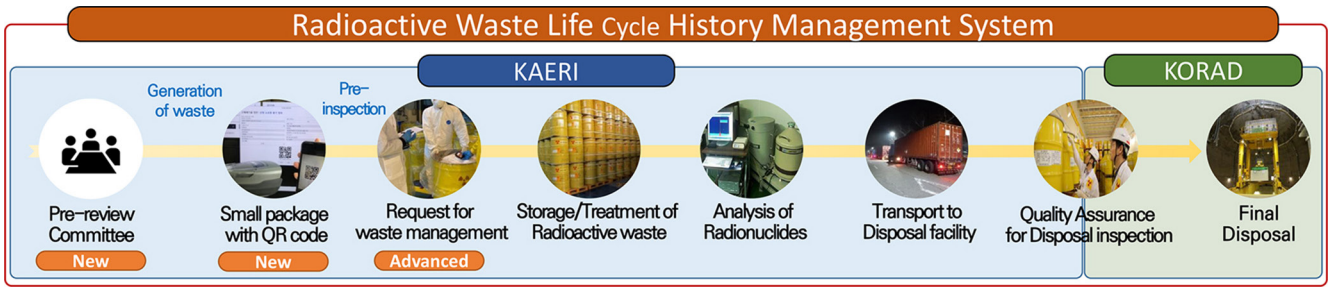

Fig. 1. Radioactive waste life cycle history management system of KAERI

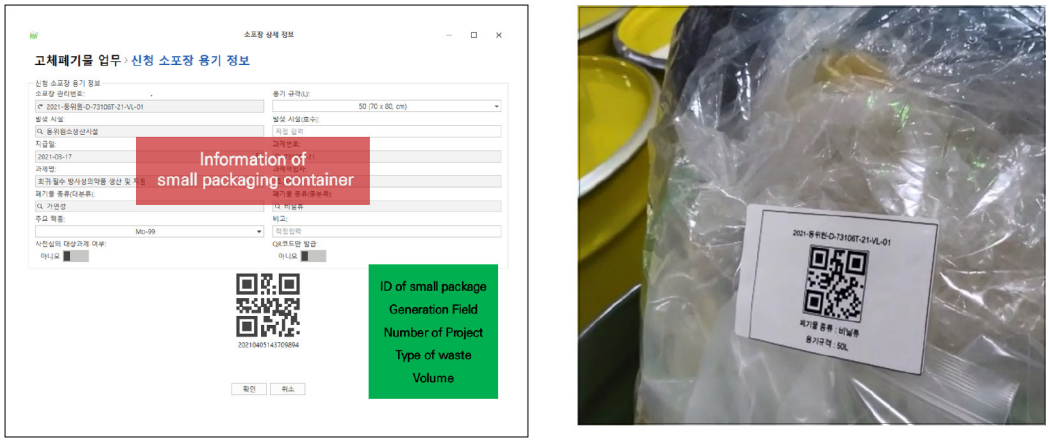

Fig. 2. Radioactive waste management system using QR code

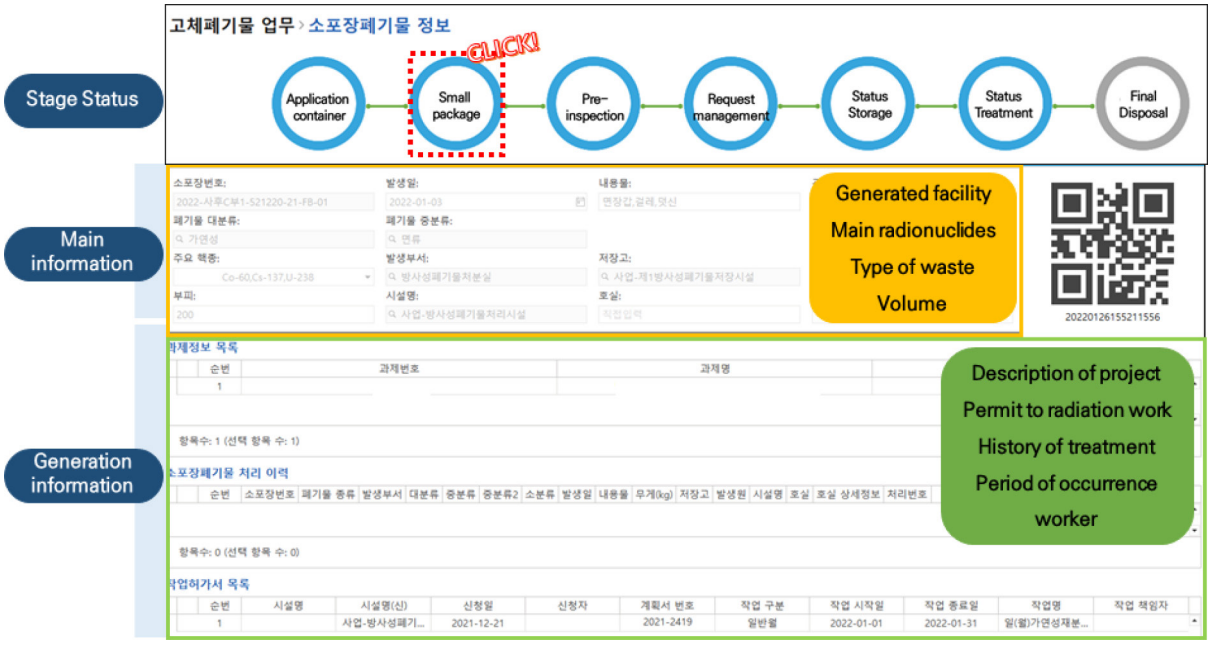

Fig. 3. The main information of small package waste management system

폐기물의 발생정보 즉, 발생시설, 과제정보, 방사성폐기물 종류, 주요 오염 방사성핵종 등을 정보시스템에 입력가능하도록 소포장 신청 절차가 시행중이다. Fig. 2와 같이 방사성폐기물 소포장 신청 결재 완료 후 소포장 용기에 부착될 방사성폐기물 정보가 담긴 QR코드 출력을 포함한 소포장 지급 및 신청자 소포장 수령 및 부착을 개시하게 된다. 발생부서에서는 동일한 특성의 폐기물을 수집하기 위하여, 동일 과제 및 공정에서 발생한 폐기물을 분리하여 수집한다. 최종적으로 Fig. 3과 같이 QR코드 기반 소포장의 주요정보 및 발생정보가 후행 관리체계까지 유기적으로 연결될 수 있도록 방사성폐기물 정보관리시스템에 연계하였다.

이는 소포장 재분류 과정에서 오염 여부, 내용물 혼재 등의 경우를 고려하여 소포장 처리기능을 통해 폐기물 관리범위를 확장하고자 함이다.

또한 재분류 결과 방폐물로 관리되던 폐기물이 자체처분이 가능한 경우를 대비하여 해당 이력을 관리할 수 있는 기능을 설계 및 구현하였다.

2.4. 방사성폐기물 처분 등 후행 관리체계 연계

방사성폐기물 정보관리시스템을 이용한 전주기관리 체계 도입에 따라 운영중인 소포장 관리, 사전검사, 관리의뢰, 처리·처분 등을 지원할 수 있도록 데이터베이스의 설계 및 구축을 수행하였다.

발생 현장에 지급된 소포장은 계획에 맞춰 적절하게 관리되고 있는지, 주기적으로 현장 검사를 진행한다. 또한, 수집이 완료된 소포장은 사전검사를 통해 일련의 발생 정보를 관리부서에게 인계한다. 사전검사에서는 발생공정, 주요 오염 핵종과 이력과 동

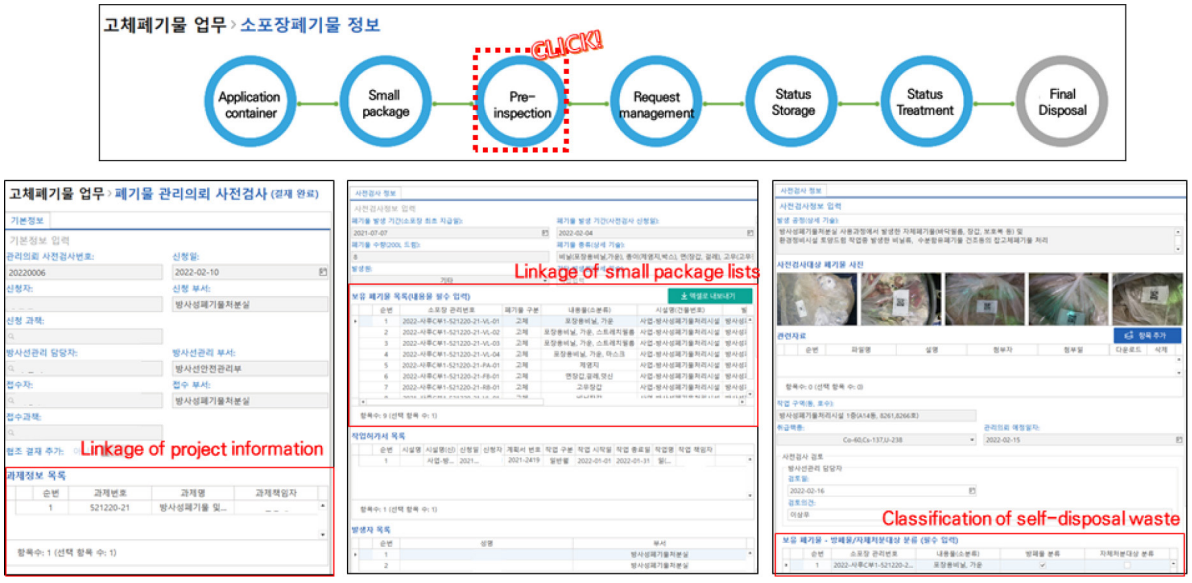

Fig. 4. A pre-inspection information of radioactive waste in generation field

Table 2. List of main functions of radioactive waste information management system

Classification	System function
1. Application for container	1) Application for small packaging container 2) QR code distribution
2. Pre-inspection	1) Application for pre-inspection of packaging container 2) Check for radioactive materials during pre-inspection
3. Request for waste management	1) Application for management request for small packages that have completed pre-inspection 2) Linkage of waste transport information and generation information 3) History tracking management for each waste container
4. Waste history management	1) Facility and loading location movement history management 2) Repackaging processing function 3) Small packaging processing function 4) Disposal history management
5. Characterization	1) Characterization (physical, chemical, radiological characteristics) 2) Disposal suitability evaluation
6. Total quantity management and statistical functions	1) Total amount of waste management 2) Solid waste statistical status 3) Internal and external reporting data

일한지 여부를 확인하는 작업을 진행함과 동시에 자체처분 대상 폐기물로 분류를 수행하여, 불필요한 방사성폐기물 발생을 저감하는 효과를 얻으며. 사전검사가 완료된 소포장은 관리의뢰를 통해 저장시설로 운반 및 저장하게 된다.

방사성폐기물 처리 과정에서는 최종 처분을 위하여 분류, 압축, 재포장 등의 작업을 진행하게 된다. 해당 과정들을 통해 재포장된 폐기물에 대한 특성규명 정보즉, 물리적, 화학적, 방사선학적 정보 등을 입력하여 처분 적합성 평가에 필요한 정보들을 수집 및 관리하게 된다[3,4].

방사성폐기물 최종 처분시 처분사업자에 의해 시행되는 검사업무에 대해 방사성폐기물 처리 업무중 시행된 결과를 정보관리시스템에 반영하였다. 자세히 살펴보면 정보관리시스템에는 방사성폐기물 영구처분을 위해 처분사업자가 제시한 인수기준(WAC: Waste Acceptance Criteria)에의 충족 여부 확인을 위해 폐기물별 특성 정보 관리 및 조회 기능을 포함하였다. 인수기준은 크게 일반요건, 물리적 특성, 화학적 특성, 방사선학적 특성으로 나뉘며, 각 특성을 분석하는 주기가 상이하다[4].

따라서 정보관리시스템에서는 각 특성을 나누어 입력 및 관리 가능하도록 설계 및 구현하였다. 최종적으로 방사성폐기물 영구처분을 위한 인수기준 만족 여부를 평가하기 위한 처분적합성 평가 기능과 방사성폐기물 영구처분 시 요구되는 보고서 생성 기능을 설계 및 구현하였다.

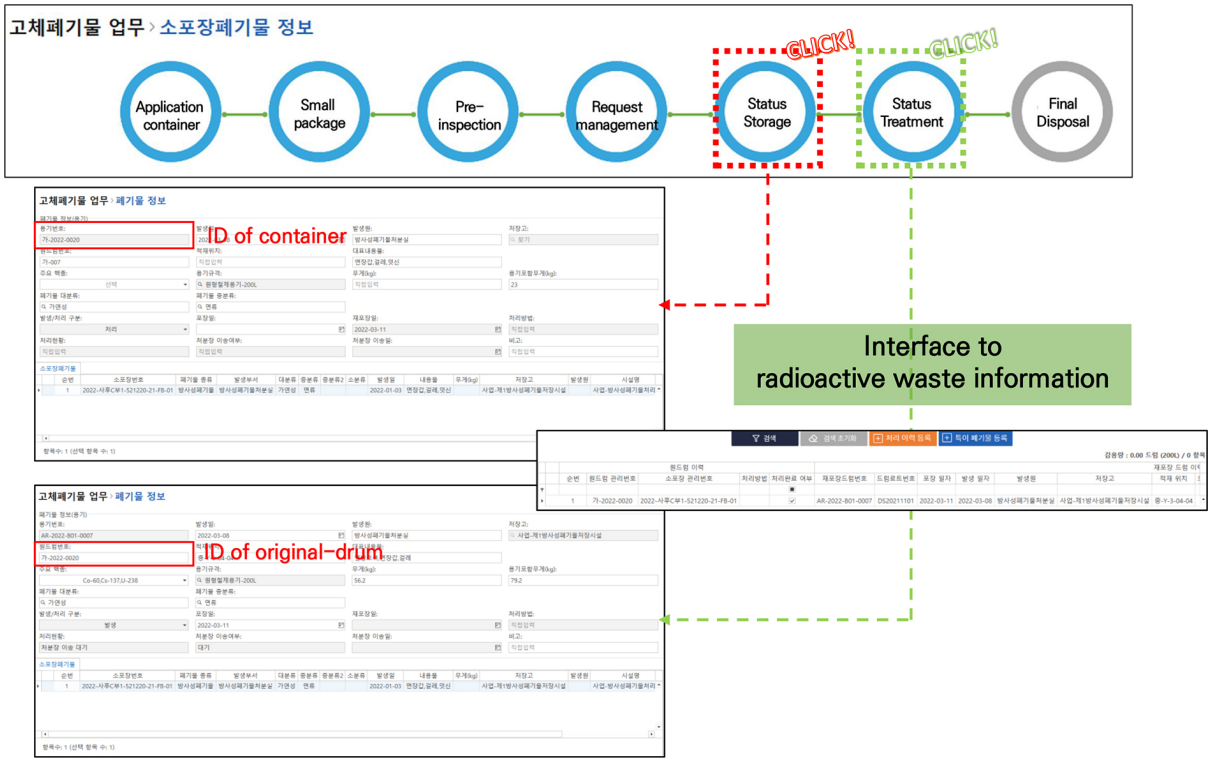

Fig. 5. The interface information of radioactive waste process history

또한 인수기준 정립 전에 발생된 방사성폐기물 이력 관리범위 확장을 꾀하고자 과거 폐기물에 기본 관리 단위인 소포장화를 진행하는 소포장 처리기능을 신규 설계 운영중이다..

이에 따라 각 단계에서 수집된 정보가 유기적으로 연결될 수 있도록 이력관리 기능을 강화하게 되었다. 방사성폐기물 관리 단계마다 수집된 정보는 관리현황에서 통합되어 관리되며, 사용자가 원하는 시점에서 언제든지 방사성폐기물 이력 정보를 확인할 수 있도록 구현하여 이를 통해 다음과 같은 방사성폐기물 체계적인 관리가 가능하다.

3. 결 과

중저준위 방사성폐기물 전주기 이력관리체계로 QR코드 적용 소포장 관리체계를 활용하였다. 소포장 폐기물 발생 이력은 사전검사를 통해 Fig. 4와 같이 발생정보를 통해 정보의 영역이 확장되었으며, 해당 정보를 통해 재포장 및 분류 등의 이력기반 자료를 강화하였다. 소포장 번호는 시설 및 과제, 폐기물 분류에 따라 고유 식별번호로 생성되며, 용기신청 목적과 발생에 대한 정보들이 일치하여 관리가 가능하도록 폐기물 정보에는 모든 발생자 이력과 작업허가사항을 포함하게 된다. 폐기물 관리 단계별로 이력이 저장되며, Table 2와 같이 세부 정보와 시스템 기능을 가지게 된다. 발생된 소포장은 사전검사/관리의뢰 절차를 통하여 현장 폐기물 발생공정, 핵종, 사진자료 뿐만 아니라 특성규명에 필요한 이력을 제공받는다. Fig. 5와 같이 관리대상 폐기물 드럼을 이동이력을 추적하거나 재분류를 하는 과정을 고유 작업 알고리즘을 통해 계산할 수 있다. 시스템의 전반적인 기능을 통해 폐기물 드럼의 총량관리를 수행할 수 있다. 상기와 같은 방사성폐기물 이력관리체계 적용 결과 적용전과 비교하여 발생량은 획기적으로 감소되었으며 자체처분이 활성화 되어 처분시설 처분부지로 이송하는 물량 또한 줄일 수 있어 비용 절감의 부수적인 경제적인 효과가 있었다.

4. 고찰 및 결론

과제 단위로 사전심의 제도 도입과 소포장 내 발생자 실명화를 도입한 결과 무분별한 방폐물 발생 억제 및 신뢰성 있는 폐기물 관리로 인식이 개선되었다. 또한, 사전 현장점검을 통한 자체처분 활성화로 인한 방폐물 저장량 감축 및 처분비용 절감효과를 얻게 되었다.

사 사

본 과제는 과학기술정보통신부 한국원자력연구원 기본사업(방사성폐기물 전주기 관리체계 및 처리 인프라 확대 구축, 522230-24)의 지원을 받아 수행되었습니다.

References

1. Park HS, Jang SC, Kang IS, Lee DJ, Kim JG, and Lee JW. 2022. A detailed design for a radioactive waste safety management system using ICT technologies. *Progress in Nuclear Energy*, **149**:104251. https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2022.104251
2. Lee JW, Jeong JY, Kim JJ, Park HS, and Chae S. 2022. A note on the design of waste management system using QR code for radioactive waste. *Sustainability*, **14**(15):9265. https://doi.org/10.3390/su14159265
3. Lee JW, Song JS, Woo H, Lee DJ, Kang IS, Park WJ, Park HS, and Jang SC. 2023. Radioactive waste repackaging simulation based on MATLAB/Simulink. *Annals of Nuclear Energy*, **183**:109630. https://doi.org/10.1016/j.anucene.2022.109630
4. Lee DJ, Woo H, Hong DS, Kim GY, Oh SH, Seong W, Im J, Yang JH. 2022. Verification of the adequacy of domestic low level radioactive waste grouping analysis using statisical methods. *Nucl. Eng. Technol*. **54**:2418-2426. https://doi.org/10.1016/j.net.2022.01.016