

방사성 환경 적용을 위한 원격 취급시스템

김기호, 이종광, 이효직, 김성현, 김창희, 박병석, 김호동
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045
khkim5@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료와 같은 고방사성 물질을 취급하는 특수시험시설 또는 아르곤 가스로 채워진 특수시험시설은 셀 가동 중에 셀 안쪽으로 작업자의 직접 접근이 극히 제한되거나 불가능하기 때문에 셀 안에서 수행되는 모든 작업은 원격 취급수단을 이용하여 이루어진다. 본 논문에서는 한국원자력연구원 DFD(DUPIC Fuel Demonstration Facility)와 ACPF(Advanced spent fuel Conditioning Process Facility)에서 활용하고 있는 주요 원격 취급시스템과 PRIDE(Pyroprocess integrated Inactive Demonstration facility) 용도로 개발 중인 원격 취급시스템에 대해서 논한다.

2. 본론

2.1 DFD 원격 취급시스템

DFD는 한국원자력연구원 조사제시험시설 M6 핫셀로서 사용후핵연료를 제가공하여 DUPIC핵연료를 제조하는 시설이다. M6핫셀은 두께가 약 1m인 고탄중 콘크리트로 만들어진 직사각형의 밀폐된 공간으로서 전면에는 10개의 차폐창이 설치되어 있다. 각 차폐창 양 측면에 2쌍의 기계식 주/종 조작기(master-slave manipulator)와 원격 청소로봇 등의 원격 취급시스템이 설치되어 있다. 기계식 주/종 조작기(상용화 제품)는 셀 안쪽에 설치된 핵연료 제조공정장치의 운전 및 유지보수 작업을 수행하는 유일한 원격 취급수단으로서, 핫셀 외부에서 조작자(operator)는 주 조작기(핫셀 외측에 설치)를 통하여 종 조작기(핫셀 내측에 설치)를 조작하면서 필요한 작업을 원격으로 수행한다. 원격 청소로봇은 핵연료 제조·공정 과정에서 발생하여 핫셀 바닥에 산재해 있는 사용후핵연료 분진 및 오염분진 폐기물을 진공 흡입식으로 제거하는 원격 청소장치이다(Fig. 1).

또한, 개발이 완료되어 필요시 활용 예정인 원격 닦기 로봇 시스템과 자율주행 원격 청소로봇이 있다[1]. 원격 닦기 로봇 시스템은 진공흡입식 원격

청소로봇으로 핫셀 바닥을 청소한 후에 남아 있는 미세 분진과 얼룩 또는 고착되어 있는 오염폐기물을 제거할 수 있는 장치로서, 닦기 마스터(핫셀 바깥에 설치)와 닦기 슬레이브(핫셀 안쪽에 설치)로 구성되어 있다. 조작자는 핫셀 바깥에서 닦기 마스터를 통하여 물걸레와 유사한 기능을 가진 특수공구를 장착한 닦기 슬레이브를 제어하면서 닦기 슬레이브가 오염된 바닥면을 닦을 때 발생하는 닦기 힘을 느끼면서 제어작업을 수행할 수 있어 조작자에게 현장감을 부여할 수 있다. 자율주행 원격 청소로봇은 M6핫셀 위에 위치한 격리실에서 활용할 예정이며, 초음파 센서를 이용하여 격리실 안에서 스스로 장애물을 감지하면서 자율적으로 바닥 청소작업을 수행할 수 있는 진공흡입식 오염제거 시스템이다.

2.2 ACPF 원격 취급시스템

ACPF는 사용후핵연료 차세대관리 종합공정을 실험하기 위한 시설로서 조사제시험시설 지하에 위치해 있다[2]. ACPF의 전면에는 5개의 차폐창이 설치되어 있으며, 각 차폐창 양 측면에 2쌍의 기계식 주/종 조작기(상용화 제품)가 설치되어 있다. 또한 셀 안쪽의 천정에는 길이 방향으로 가로지를 수 있는 천정이동 외팔 서보조작기가 설치되어 있다(Fig. 2). 셀 안쪽에서의 모든 공정작업은 기계식 주/종 조작기와 전동식 외팔 서보조작기의 협업에 의하여 이루어진다. 외팔 서보조작기는 전동식 주/종 조작기로서 기계식 주/종 조작기에 비해서 취급하중(15kgf)이 크며, 힘반영 기능이 있어 조작자에게 육체적, 정신적 피로도를 줄일 수 있는 장점이 있다.

2.3 PRIDE 원격 취급시스템

PRIDE는 아르곤 분위기에서 파이로 일관공정을 실험하기 시설로서 한국원자력연구원 변환시설 내에 건설 중에 있다. PRIDE의 전면에는 17개의 창이 설치되며, 각 창의 양 측면에는 2쌍의 대용량 기밀형 기계식 주/종 조작기(상용화 제품)가 설치된다. PRIDE에서는 사용후핵연료를 취급하지

않으므로 사용후핵연료를 취급하는 DFDF와 ACPF(취급예정)와 달리 벽의 두께(208mm)와 재료(스테인리스 스틸)가 다르다. 따라서 PRIDE에 설치되는 기계식 주/종 조작기는 PRIDE 벽에 적합하게 설계·제작된다. 또한 셀 안쪽의 천정에는 길이 방향으로 가로지러 수 있는 천정이동 힘반영 양팔 서보조작기[3]를 설치하여 기계식 조작기와 협업으로 파이로 공정장치의 운전 및 유지보수 작업을 원격으로 수행할 수 있도록 계획되어 있다. 현재 천정이동 힘반영 양팔 서보조작기 프로타입(외팔 취급하중 : 50kgf)(Fig. 3)은 개발이 완료되어 신뢰성 시험 중에 있다.

3. 결론

사용후핵연료를 취급하는 특수시험시설에서 원격 취급장치의 사용은 필수적이며, 원격 취급대상물과 원격 취급장치는 서로 밀접한 상관관계를 갖는다. 원격 작업의 생산성은 원격 취급장치를 다루는 조작자의 숙련도에 많이 의존하므로, 가능한 조작자의 역할을 줄이고, 원격 취급장치의 사용을 최소화할 수 있도록 취급대상물의 자동 및 반자동화를 꾀할 필요가 있다.

4. 감사의 글

본 연구는 정부가 지원하는 한국과학기술재단의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] K. Kim, et al., "Remote decontamination systems for a highly radioactive environment application", Proc. of 10th Int'l Conference on Environmental Remediation and Radioactive Waste Management, 2005.
- [2] 박병석 외, "사용후핵연료 원격 취급 실증장치 개발", KAERI/RR-2754/2006, 2007.
- [3] K. Kim, et al., "Development of remote handling systems for use in the PRIDE facility", Proc. of the 8th Korea-China Joint Workshop on Nuclear Waste Management and Fast Reactor Technologies, pp.58-65, 2005.

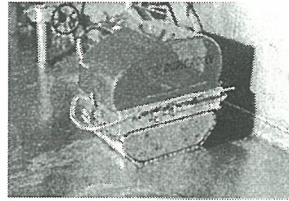


Fig. 1. Remote cleaning robot

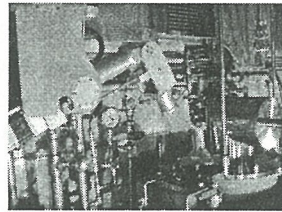


Fig. 2. Bridge Transported Servo-manipulator

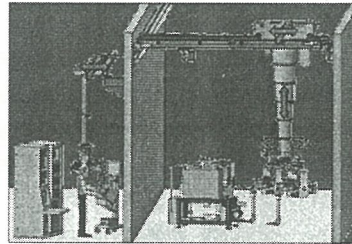


Fig. 3. Schematic of Bridge Transported Dual arm Servo-manipulator