

사용후핵연료 집합체 수중 관찰용 카메라시스템 개발

권인찬, 유병욱, 김기하, 손영준, 전용범, 김도식, 장정남, 서항석
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
ickwon@kaeri.re.kr

1. 서론

사용후핵연료 집합체는 노내에서 연소 중 냉각수에 의한 부식, 부유물에 의한 손상 등으로 인하여 표면의 결함 또는 변형이 발생할 수 있다. 이와 같은 손상의 발생 현황을 파악하기 위하여 사용후핵연료 집합체의 수중 관찰용 카메라시스템이 필요하며, 이를 위하여 CCD 카메라, 차폐체, 조명등, 수중 취급틀 및 제어기로 구성된 수중 카메라 시스템을 개발하였다.

2. 본론

2.1 수중 관찰용 카메라시스템 설계

수중 관찰용 카메라시스템을 구성하는 각 부품의 설계요건은 아래와 같다.

- 카메라시스템 본체는 수중에서의 다양한 관찰이 가능하도록 헤드부분이 상/하로 조절가능해야 함.
- CCD 카메라는 수중에서 피사체의 초점 및 줌 기능이 원활해야 하며, 초점거리도 긴 것을 선정함. 해상도는 1024×768 pixels 이상으로 함.
- 차폐체는 집합체의 수중 방사선량을 기준으로 두께를 결정함(30 mm 이상 납 차폐). 피사체의 상을 반사시켜 카메라로 전달하는 거울(mirror)은 수중에 적절하게 작동하며, 물에 대한 저항성을 가져야 함. 카메라 전단에는 납 차폐 창(lead window)을 설치함.
- 방수는 조사후연료시험시설의 수조 깊이를 고려하여 최대 20 m를 기준으로 방수함.
- 조명등은 수중에서 어두운 부분도 관찰이 가능한 밝기로 선정함.
- 수중 취급틀은 조사후연료시험시설의 수조 깊이를 고려하여 최대 20 m를 기준으로 제작함. 조립 및 분해가 용이해야 하며, 사용 후 제염 및 보관이 간편하도록 제작함.
- 시스템을 제어하기 위한 제어기는 PC를 기본으로 화상관찰용 소프트웨어를 사용하여, 작업 중

화상의 연속적인 관찰 및 촬영이 가능하도록 함. 정지화면 및 동영상 촬영이 가능해야 함.

수중 관찰용 카메라시스템의 핵심 부품인 CCD 카메라의 확정 설계요건에 부합하는 상용 카메라의 주요사양을 표 1에 정리하였다.

Table 1. Specification of CCD camera.

Content	Specifications
Image sensor	1/3" SONY Progressive Scan Color
Signal system	IEEE 1394
Resolution	1024×768 pixels
Focal length	46 mm
Size	114×50.6×50.6 mm
Focus	Auto/Manual
Video format	30 .15.7.5 fps

2.2 수중 카메라시스템 제작

본 카메라시스템은 조사후연료시험시설의 저장 수조에 저장되어 있는 집합체 또는 절단한 핵연료 집합체의 지지격자 및 피복관의 외관검사용으로 활용하였다. 수중 카메라 본체는 CCD 카메라를 방사선으로부터 차폐하기 위한 납으로 제작한 차폐부에 삽입하고, 방수기능을 가지도록 상/하부 덮개를 조립하였다. 수중에서 카메라의 방향을 조절하기 위한 각도조절용 브라켓을 본체에 결합시키고, 수중 조명등 및 거울(미러판)을 설치하였다. 이상과 같은 절차로 제작한 수중 카메라시스템은 그림 1과 같다.

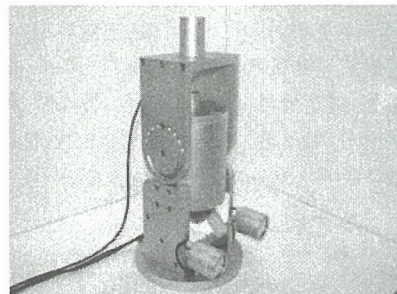


Fig. 1. Underwater CCD camera system.

2.3 수중 카메라 성능시험

사용후핵연료 집합체의 수중 관찰용 카메라시스템의 성능시험을 위하여 먼저 공기 중에서 비조사 PLUS7 중간 지지격자에 대한 외관검사를 수행하였고, 이로부터 검사화질 및 줌기능이 정상적으로 작동함을 확인하였다(그림 2~3).

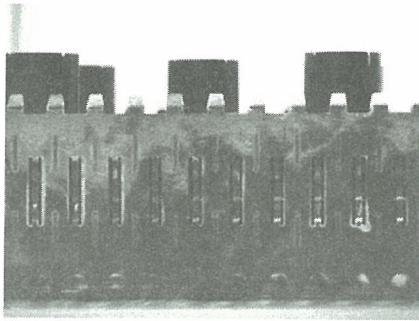


Fig. 2. Image of PLUS7 mid grid strap in old lab.

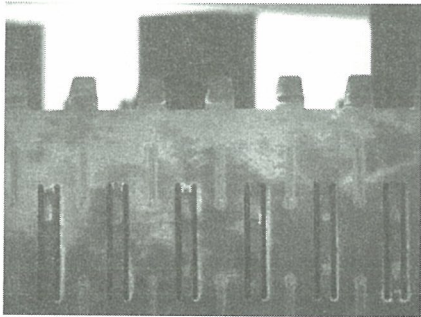


Fig. 3. Zoom image of PLUS7 mid grid strap in cold lab.

공기 중에서 성능시험을 성공적으로 마치고 조사후핵연료시험시설 저장수조에 보관 중인 실제 사용후핵연료 집합체를 대상으로 외관검사를 수행하였다. 수중 카메라 본체를 취급틀에 장착한 후 크레인을 사용하여 수조 내로 인입하고, 관찰할 대상 핵연료집합체까지 이동하였다. 수조 내 저장되어 있는 집합체의 측면 관찰을 통하여 최대 줌까지 깨끗한 화질의 영상을 얻을 수 있음을 확인하였다(그림 4~6).

3. 결론

본 연구에서 개발한 사용후핵연료 집합체 수중 카메라시스템을 통해 사용후핵연료 집합체의 고

화질 외관검사 자료를 획득할 수 있게 되었으며, 또한 구조부품 시편을 채취하는데 고화질 실시간 영상을 제공할 수 있게 되었다.

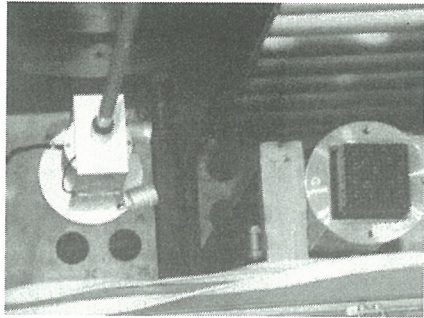


Fig. 4. Underwater CCD camera system installed in spent fuel storage pool.

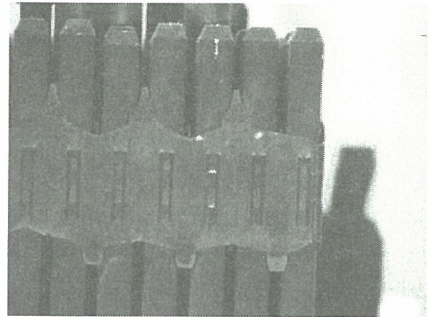


Fig. 5. Image of spent fuel assembly obtained from CCD camera system.

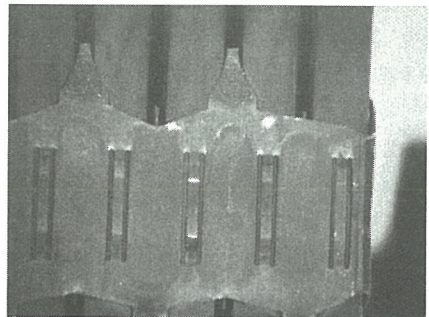


Fig. 6. Zoom image of spent fuel assembly obtained from CCD camera system.

4. 감사의 글

본 연구는 지식경제부가 시행한 전력산업연구 개발사업의 일환으로 수행되었습니다.