

## ITER 원격조작 시스템 소개

홍권표, 안상복, 주용선, 이현곤\*, 정기정\*,  
 한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111  
 \*국가핵융합연구소 ITER 한국사업단, 대전시 유성구 과학로 113  
[kp8452@gmail.com](mailto:kp8452@gmail.com)

### 1. 서론

국제핵융합실험로(ITER) 핵심설비인 진공용기(vacuum vessel)는 유지관리를 위해 지속적으로 부품의 수리, 교체가 이루어지는데 이들 부품은 중성자에 의해 방사화되었거나 삼중수소에 오염되었으므로 원격조작의 방법으로 해체, 이송, 핫셀에서의 수리 및 교체, 진공용기에 재설치의 과정을 거친다. 그림 1은 ITER 진공용기의 부품들의 수리 개념을 보여준다. ITER의 원격조작 시스템은 8개 분야로 나누어지는데, 현재 개념설계가 완료된 주요항목 들을 소개한다.

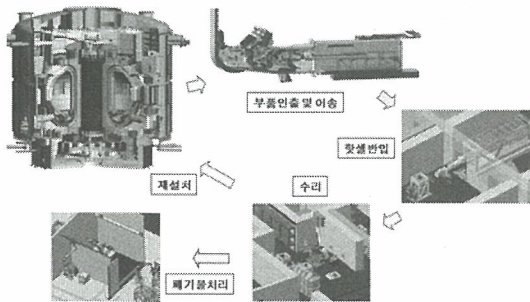


Fig. 1. Maintenance concept of vacuum vessel component in ITER.

### 2. 본론

#### 2.1 블랑킷 원격조작 시스템

블랑킷은 진공용기 내벽에 타일식으로 부착되는데, 모두 440개가 부착되며 각각은 0.9톤 정도이다. 블랑킷(blanket) 원격조작 시스템은 2011년 말에 개념설계가 종료되었으며, 블랑킷 모듈 및 일차벽(first wall)을 진공용기로부터 제거하고 교체설치하는 기능을 갖는다. 이를 위해 2년간의 운전정지기간 동안 전량을 교체할 수 있도록 설계되었다.

블랑킷을 제거하기 위해서는 그림 2의 개념도에서 보듯 중단포트(equatorial port)를 통해 삽입된 관절레일(articulated rail)이 진공용기 내부공간에

설치되고, 여기에 대차원격조종기(vehicle manipulator)가 부착되어 이를 이용하여 블랑킷 모듈을 탈부착한다. 탈착된 블랑킷은 이송용기에 실려 핫셀시설로 반입된다.

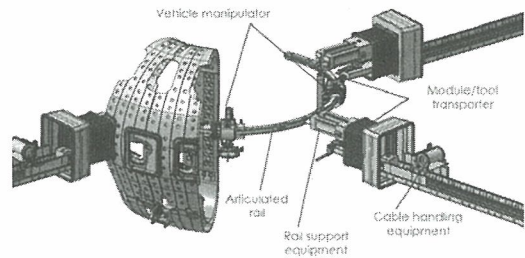
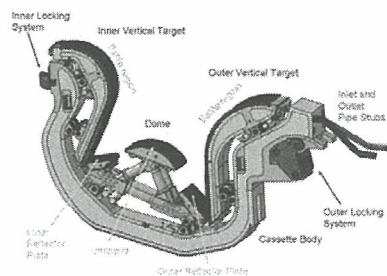


Fig. 2. Blanket RH equipment in vacuum vessel.

#### 2.2 디버터 원격조작 시스템

디버터(divertor)는 진공용기 하부에 위치하며 카세트 형태로 54개가 원주레일(toroidal rail) 위에 설치되는데 각각의 무게는 약 9톤이다. 약 5년의 수명을 갖는 디버터는 20년간의 ITER 수명기간 동안 3회 교체예정이다.

디버터를 교체할 때는 그림 3과 같이 진공용기의 하단포트를 통해 디버터 취급장치(cassette multifunctional mover)가 진입한 다음 긴팔 로봇을 이용하여 해체한다. 원주레일을 이용하여 인접한 디버터도 해체가 가능하며 3개의 하단포트를 통하여 모든 디버터를 해체한다. 해체된 디버터는 이송용기에 장입하여 핫셀로 운반된다.



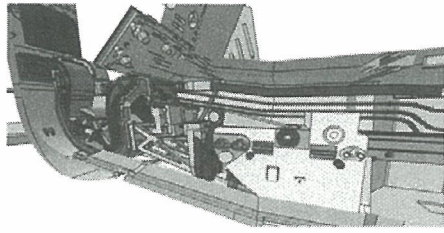


Fig. 3. Shape of divertor(up) and CMM access(low).

### 2.3 이송용기 및 플러그 취급시스템

이송용기(transfer cask system)는 진공용기 부품을 핫셀시설로 운반하기 위한 운반용기로서 그 외형 및 내부구조는 그림 4와 같다.

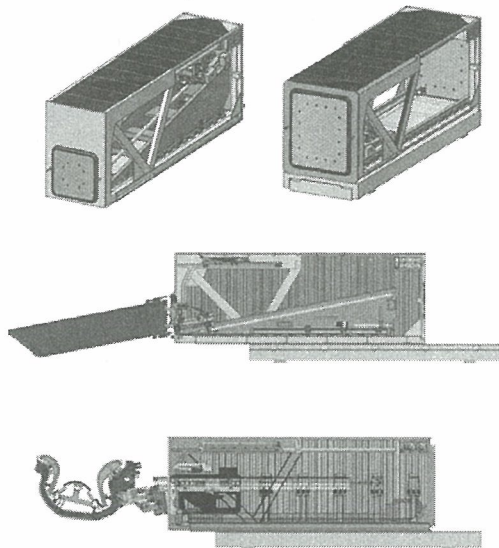


Fig. 4. Various casks and their structures.

이들 이송용기는 운반효율을 극대화하기 위해 방사선 차폐기능이 없으며(운반시에는 경로구역이 적색구역이 됨) 삼중수소 등 방사성물질의 가둠 기능만 있다. 또한 운반물을 자체적으로 취급할 수 있도록 내부에 원격조작장치를 갖추고 있다. 운반물의 형태에 따라 각각 전용이송용기가 있는데 ITER에는 모두 7개 종류, 21개의 이송용기가 있다. 크기는 8.5 m(길이)이고 자체 무게는 약 50톤이다.

이송용기는 공기부양방식으로 운반되는데 이를 위해서 바닥부분에는 공기이송장치(air transfer system)가 부착되어 있다.

### 2.4 진공용기 내부카메라 시스템

플라즈마 운전에 의한 진공용기 내벽의 손상여부를 확인하기 위한 관찰장치로 내부관찰 뿐 아니라 진공용기 내 각 부품의 제원을 측정하는데 쓰인다.

10 MGy의 방사선 환경에서 2,000시간 사용이 가능하며, 5 m 거리에서 제원측정시 0.5 mm의 정밀도를 갖도록 설계되었다.

그림 5와 같이 진공용기의 IVVS 포트를 통해 내부로 진입되는데 진공용기 둘레로 모두 6개의 포트가 준비되어 있다.

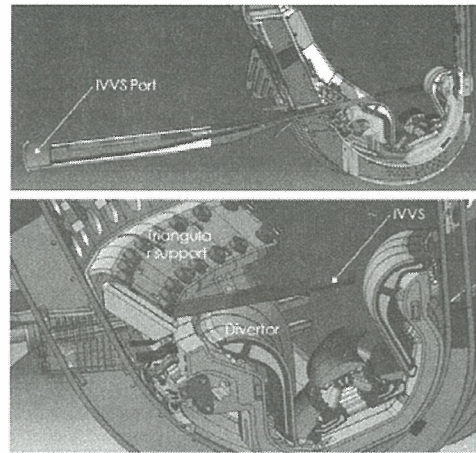


Fig. 5. In-vessel viewing system(IVVS).

## 3. 결론

ITER 진공용기 구조부품들의 유지관리를 위한 원격조작장치들을 조사하여 각각의 기능 및 작동에 관하여 분석하였다. ITER의 원격조작 장치들은 우리나라가 조달하지 않는 품목들이므로 장차 우리나라의 핵융합기술 확보를 위해서는 반드시 갖추어야 할 기술들이다. 본 연구결과는 향후의 핵융합 원격조작기술 확보연구에 활용될 예정이다.

## 4. 감사의 글

이 연구는 국가핵융합연구소 ITER 한국사업단의 지원을 받아 수행되었습니다.

## 5. 참고문헌

[1] ITER Remote Maintenance Management System (ITER\_D\_2FMAJY V 1.6), Feb. 2009.