



Document Number IT-PD-401-23/00009  
Document Date 6-September-2023  
Version 1.0  
Revision Date 04-September-2023  
Ext. Reference

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가 기술시방서

	Name	Action	Affiliation
Author	Jo Jungmin	04-September-2023 : Signed	KODA/SED/DCTT
Reviewer	Jaemin KIM	04-September-2023 : Recommended	KODA/SED/DCTT
Reviewer	Younghwa An	04-September-2023 : Recommended	KODA/SED/DCTT
Reviewer	Changrae Seon	04-September-2023 : Recommended	KODA/SED/DCTT
Reviewer	MunSeong Cheon	04-September-2023 : Recommended	KODA/SED/DCTT
Reviewer	Hangsung Kim	06-September-2023 : Recommended	KODA/QMD
Approver	Hyun Soo Kim	06-September-2023 : Approved	KODA/TED/VVTT



### History of Revision

Rev. No.	Date	Description
1.0	04-September-2023	



**KO comment**

Name	Comment
Jo Jungmin	
Hangsung Kim	
MunSeong Cheon	
Changrae Seon	
Younghwa An	
Jaemin KIM	
Hyun Soo Kim	

# ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

## 목 차

<b>1</b>	<b>목적</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>2</b>	<b>계약범위 및 용역기간</b> .....	<b>- 2 -</b>
2.1	계약범위 .....	- 3 -
2.2	용역기간 .....	- 6 -
<b>3</b>	<b>상세 기술 사양</b> .....	<b>- 7 -</b>
3.1	장치 개요.....	- 7 -
3.1.1	상부포트 18 번 .....	- 7 -
3.1.2	중성자방사화시스템(NAS).....	- 8 -
3.1.3	자외선분광기시스템(VUV).....	- 9 -
3.1.4	ITER 의 neutronics 해석 모델.....	- 10 -
3.2	주요 해석 업무 .....	- 11 -
3.2.1	상부포트 18 번 .....	- 12 -
3.2.2	중성자방사화시스템(NAS).....	- 13 -
3.2.3	진공자외선분광기(VUV)-Core/Divertor/Edge.....	- 14 -
<b>4</b>	<b>업무추진 요구사항</b> .....	<b>- 16 -</b>
<b>5</b>	<b>특기 사항</b> .....	<b>- 17 -</b>
<b>6</b>	<b>제출 문서</b> .....	<b>- 17 -</b>
6.1	제출항목 및 제출시기 .....	- 17 -
6.2	문서 제출.....	- 19 -
<b>7</b>	<b>품질보증 요건</b> .....	<b>- 19 -</b>
7.1	일반사항 .....	- 19 -
7.2	계약이행 조직의 구성 .....	- 20 -

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

### 1 목적

본 기술시방서는 한국핵융합에너지연구원(KFE) ITER 한국사업단 (이하 "발주자") 에서 "국제핵융합실험로 (ITER) 공동개발사업"의 일환으로 추진 중인 "ITER 진단장치 핵 해석 및 평가" 용역 수행에 필요한 기술 사양과 제반 조건을 기술하고 있으며, 다음과 같은 업무 수행을 목적으로 한다.

(1 과제) ITER 상부포트 18 번 최종설계를 위한 핵 해석 및 평가

(1-1) ITER 상부포트 18 번 포트플러그 (Port Plug) 최종설계점검회의(이하 "FDR") 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행

(1-2) ITER 상부포트 18 번 포트 인터스페이스 (Port Interspace)/포트셀 (Port Cell) FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행

(2 과제) 중성자방사화시스템(NAS) 인터스페이스/포트셀 컴포넌트 최종설계를 위한 핵 해석 및 평가

(2-1) ITER NAS 중부포트 11 번 인터스페이스/포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행

(3 과제) 진공자외선분광기(VUV) Core, Divertor, Edge 최종설계를 위한 핵 해석 및 평가

(3-1) ITER VUV-Core 중부포트 11 번 포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행

(3-2) ITER VUV-Edge 상부포트 18 번 포트플러그 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행

(3-3) ITER VUV-Divertor 중부포트 11 번 포트인터스페이스/포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행

(3-4) ITER VUV-Edge 상부포트 18 번 포트인터스페이스/포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행

### 2 계약범위 및 용역기간

공급자는 본 시방서에서 언급하고 요구하는 모든 기술 사양 및 제반 조건을 만족시켜야 하며, 본 용역 수행에 필요한 기술 인력, 필요 장비 및 관련된 자료를 확보하여야 한다. 용역기간은 2.2 항에 따라 계약 후 약 12 개월이며, 발주자와 세부 일정을 조정할 수 있다.

공급자는 본 시방서에서 요구하고 있는 기술 사양 및 제반 기준에 대하여 필요 시 발주자의 승인을 취득한 후 각각의 공정을 진행하여야 하며, 발주자의 기술적인 요구 사항에 적극적으로 협조를 하여야 한다.

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

또한 공급자는 본 시방서에 명기된 요건과 발주자가 제공하는 설계자료 및 참고자료를 기반으로 하여 세부 기술 업무를 수행하여야 한다. 업무 수행시 ITER 국제기구 (이하 IO)의 가이드라인을 준용하여야 한다.

### 2.1 계약범위

본 "ITER 진단장치 핵 해석 및 평가" 용역을 통해 수행하여야 할 업무 내용 및 예상 결과물은 Table 2-1 – Table 2-3 과 같다.

**Table 2-1 세부 업무 내용: 1 과제 ITER 상부포트 18 번 최종설계를 위한 핵 해석 및 평가**

업무 내용	예상 결과물
(1) ITER 상부포트 18 번 포트플러그 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 상부포트 18 번 포트플러그 방사성 폐기물 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상부포트 18 번 포트플러그 모델 변경시 핵 해석 모델 수정</li> <li>- 상부포트 18 번 포트플러그 모델이 통합된 ITER C-model 에서 중성자 플럭스 계산</li> <li>- 계산한 플럭스를 이용하여 방사화 해석 수행 및 폐기물 평가</li> <li>- ITER 보고서 양식 기반 영문 보고서 작성 및 IO 승인</li> </ul> </li> <li>● FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정</li> </ul>	- 해석 결과 보고서 - 해석 파일
(2) ITER 상부포트 18 번 포트인터스페이스/포트셀 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행 <ul style="list-style-type: none"> <li>● ITER 상부포트 18 번 포트 인터스페이스 (Port Interspace)/포트셀 (Port Cell)의 shut-down dose rate (이하 SDDR)/occupational radiological exposure (이하 ORE)/방사성 폐기물 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- CAD simplification 작업 및 핵 해석 모델 개발</li> <li>- 상부포트 18 번 뿐만 아니라 주변 포트들도 고려하여 SDDR 계산 (포트 인터스페이스는 C-model or E-lite 사용, 포트셀은 토카막 complex 모델 사용)</li> <li>- 상부포트 18 번 유지보수 시나리오에 따른 ORE 평가</li> <li>- 중성자 플럭스 계산 후, 계산된 중성자 플럭스를 이용하여 방사화 해석 수행 및 폐기물 평가</li> <li>- ITER 보고서 양식 기반 영문 보고서 작성 및 IO 승인</li> </ul> </li> <li>● FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정</li> </ul>	- 해석 결과 보고서 - 해석 파일 - 해석 모델

**ITER 진단장치 핵 해석 및 평가**
**Table 2-2 세부 업무 내용: 2 과제 중성자방사화시스템(NAS) 인터스페이스/포트셀 컴포넌트 최종설계를 위한 핵 해석 및 평가**

업무 내용	예상 결과물
(1) ITER NAS 중부포트 11 번 인터스페이스/포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 수행 <ul style="list-style-type: none"> <li>● ITER 중부포트 11 번 인터스페이스/포트셀에서 중성자방사화시스템의 SDDR 기여도, 방사성 폐기물 평가, 밸브박스의 차폐 성능 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중부포트 11 번 포트인터스페이스/포트셀 핵 해석 모델에 중성자방사화 시스템 모델 추가하여 핵 해석 모델 개발</li> <li>- 개발된 핵 해석 모델에서 포트인터스페이스/포트셀에서 중성자방사화 시스템의 SDDR 기여도 계산</li> <li>- 개발된 핵 해석 모델에서 인터스페이스/포트셀에서 중성자방사화 시스템의 중성자 플럭스 계산 후, 이 플럭스를 이용하여 방사화 해석 및 폐기물 평가</li> <li>- 중부포트 11 번 포트셀에서 중성자방사화시스템 밸브 박스의 차폐 설계 적용 후 중성자/감마 방사선량 계산</li> <li>- ITER 보고서 양식 기반 영문 보고서 작성 및 IO 승인</li> </ul> </li> <li>● FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정</li> </ul>	- 해석 결과 보고서 - 해석 파일 - 해석 모델

**Table 2-3 세부 업무 내용: 3 과제 진공자외선분광기(VUV) Core, Divertor, Edge**

업무 내용	예상 결과물
(1) ITER VUV-Core 중부포트 11 번 포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행 <ul style="list-style-type: none"> <li>● ITER 중부포트 11 번 포트셀에서 VUV-Core 계측기 차폐 해석                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 중부포트 11 번 포트셀 핵해석 모델에서 VUV-Core 차폐 설계 수정</li> <li>- 수정된 차폐 설계에서 디텍터 위치에서의 중성자/감마 방사선량 계산</li> <li>- ITER 보고서 양식 기반 영문 보고서 작성 및 IO 승인</li> </ul> </li> <li>● FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정</li> </ul>	- 해석 결과 보고서 - 해석 파일 - 해석 모델
(2) ITER VUV-Edge 상부포트 18 번 포트플러그 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행 <ul style="list-style-type: none"> <li>● ITER 상부포트 18 번 포트플러그에서 VUV-Edge nuclear heating/방사성 폐기물/부품(bolt) 재료 변경에 따른 SDDR 변화 평가                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상부포트 18 번 핵해석 모델에서 VUV-Edge 의 nuclear (중성자/감마) heating 계산</li> <li>- 상부포트 18 번 핵해석 모델에서 VUV-Edge 의 중성자 플럭스 계산 후, 이 플럭스를 이용하여 방사화 해석 및 폐기물 평가</li> </ul> </li> </ul>	- 해석 결과 보고서 - 해석 파일 - 해석 모델

**ITER 진단장치 핵 해석 및 평가**

<ul style="list-style-type: none"> <li>- 상부포트 18 번 핵해석 모델에서 부품 재료 변경에 따른 SDDR 변화 평가</li> <li>- ITER 보고서 양식 기반 영문 보고서 작성 및 IO 승인</li> <li>● FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정</li> </ul>	
<p>(3) ITER VUV-Divertor 중부포트 11 번 포트인터페이스/포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ITER 중부포트 11 번 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Divertor 의 SDDR 기여도/방사성 폐기물/계측기 차폐 해석</li> <li>- 중부포트 11 번 포트인터페이스/포트셀 핵해석 모델에 VUV-Divertor 모델 추가하여 핵해석 모델 개발</li> <li>- 개발된 핵해석 모델의 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Divertor 의 SDDR 기여도 평가</li> <li>- 개발된 핵해석 모델의 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Divertor 의 중성자 플럭스 계산 후, 이 플럭스를 이용하여 방사화 해석 및 폐기물 평가</li> <li>- 개발된 핵해석 모델 포트셀에서 VUV-Divertor 의 차폐 설계 적용 후, 계측기의 중성자/감마 방사 선량 계산</li> <li>- ITER 보고서 양식 기반 영문 보고서 작성 및 IO 승인</li> <li>● FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해석 결과 보고서</li> <li>- 해석 파일</li> <li>- 해석 모델</li> </ul>
<p>(4) ITER VUV-Edge 상부포트 18 번 포트인터페이스/포트셀 컴포넌트 FDR 진행 및 종료 관련 핵 해석 및 평가 수행</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● ITER 상부포트 18 번 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Edge 의 SDDR 기여도/ 방사성 폐기물/계측기 차폐 성능 평가</li> <li>- 상부포트 18 번 포트인터페이스/포트셀 핵해석 모델에 VUV-Edge 모델 추가하여 핵해석 모델 개발</li> <li>- 개발된 핵해석 모델의 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Edge 의 SDDR 기여도 계산</li> <li>- 개발된 핵해석 모델의 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Edge 의 중성자 플럭스 계산 후, 이 플럭스를 이용하여 방사화 해석 및 폐기물 평가</li> <li>- 개발된 핵해석 모델 포트셀에서 차폐 설계 적용 후, 계측기의 중성자/ 감마 방사 선량 계산</li> <li>- ITER 보고서 양식 기반 영문 보고서 작성 및 IO 승인</li> <li>● FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 해석 결과 보고서</li> <li>- 해석 파일</li> <li>- 해석 모델</li> </ul>

ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

2.2 용역기간

본 용역은 계약시점부터 FDR 이 완료되는 기간이 포함된 12 개월을 기준으로 한다. 공급자는 계약이후 용역 상세공정을 개발하되, 세부 일정은 발주처 또는 IO 일정에 따라 조정될 수 있도록 계획되어야 한다.

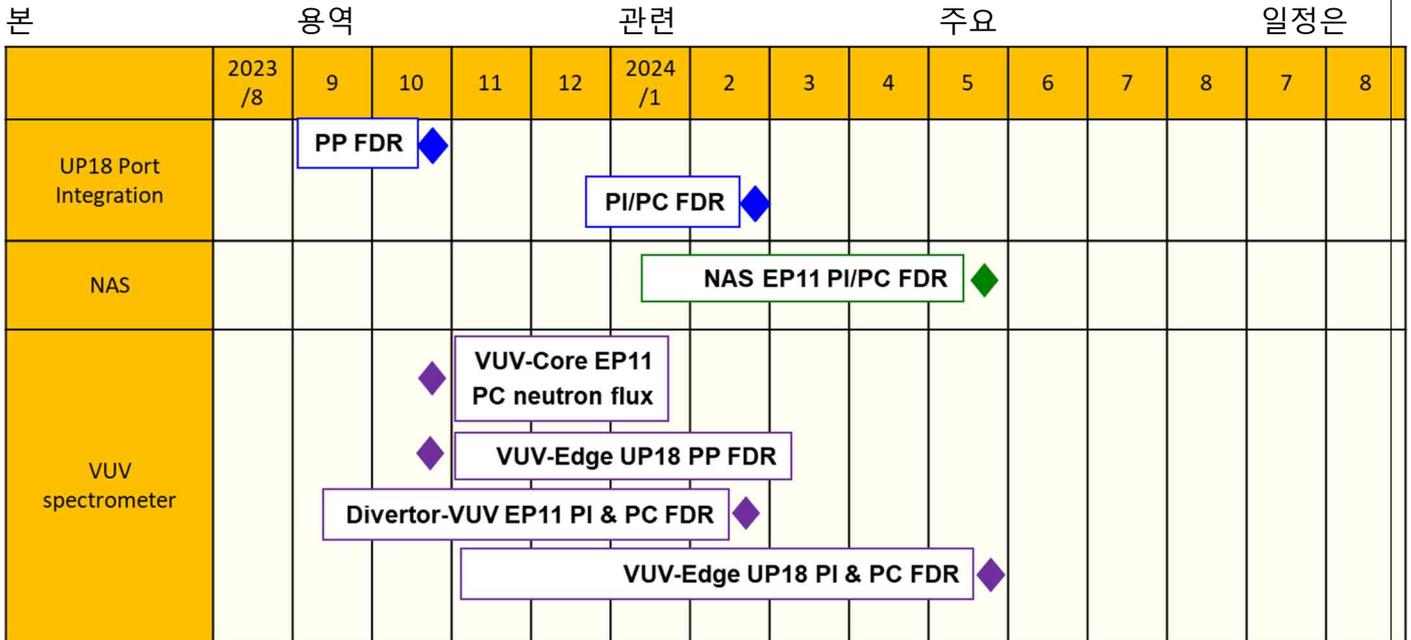


그림 2-1 과 같다.

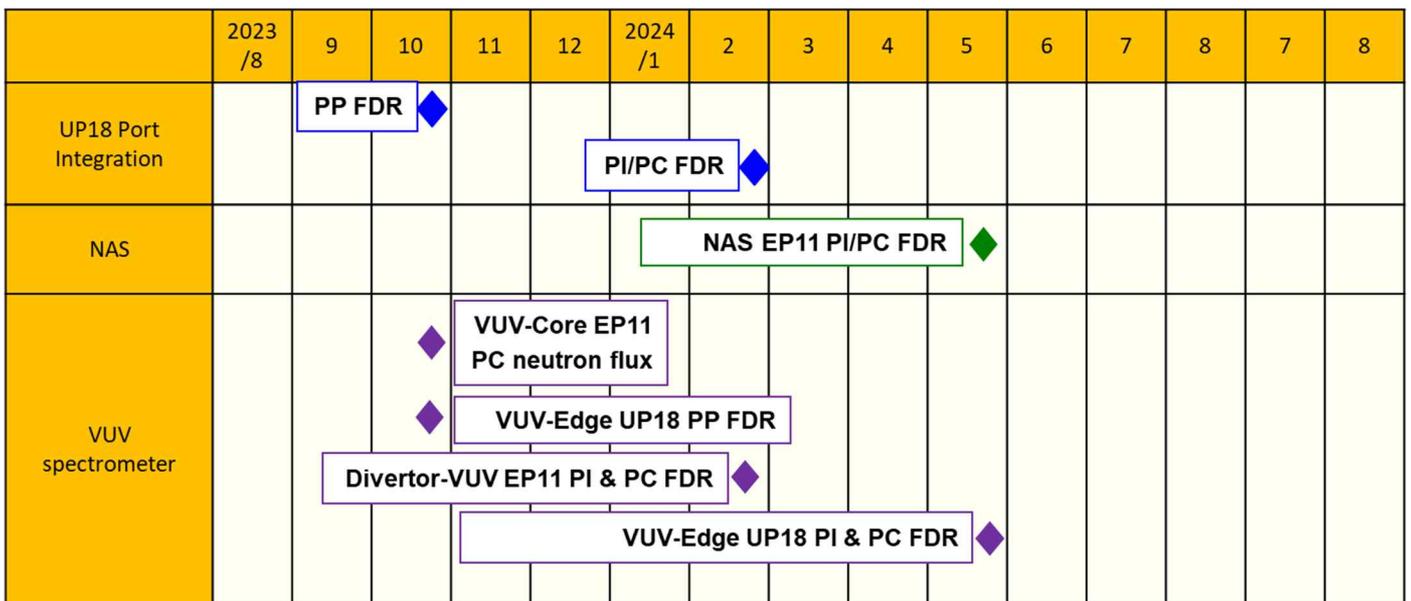


그림 2-1 주요 일정

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

### 3 상세 기술 사양

#### 3.1 장치 개요

ITER 진단장치는 그림 3.1 과 같이 진공용기 상부, 중부 및 하부에 연결된 포트를 통해 설치되고 핵융합 반응과 관련된 플라즈마의 여러가지 상태(온도, 밀도, 자기장, 불순물 등)를 측정한다. 진단장치는 측정 대상이나 방법에 따라 다양하게 설치될 수 있으며, 진공용기 및 블랭킷 모듈(Blanket Module)에 직접 설치되기도 한다.

진단포트는 그림 3-2 에서처럼, 플라즈마와 가까운 포트플러그(port plug), 포트플러그와 bio-shield 사이인 포트인터스페이스(port interspace), bio-shield 뒷편인 포트셀(port cell) 총 3 개의 영역으로 구분된다.

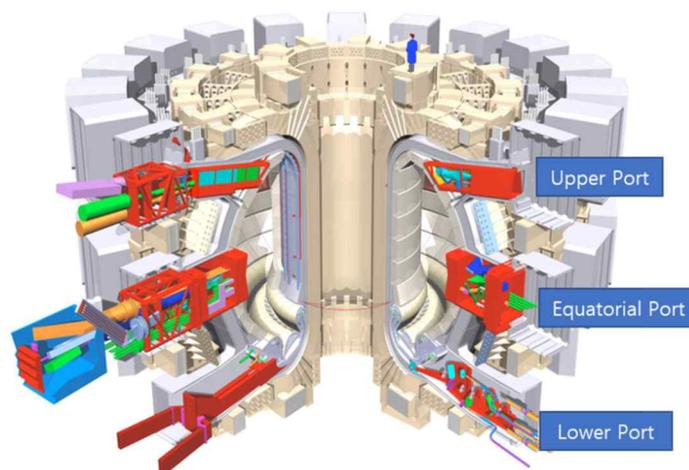


그림 3-1 ITER 상부, 중부, 하부 포트

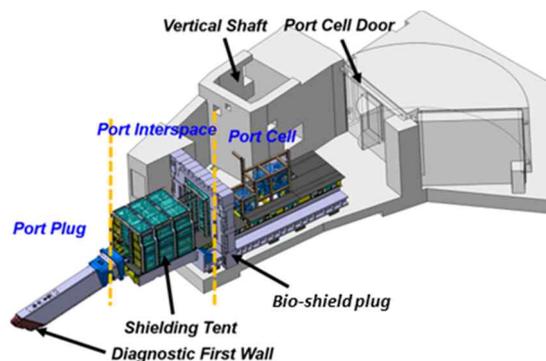


그림 3-2 ITER 상부포트 18 번 모델

#### 3.1.1 상부포트 18 번

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

상부포트 18 번에는 그림 3-3 과 같이 55.B2 UVNC, 55.B8 NAS, 55.EH VUV-Edge 총 3 개의 진단시스템이 존재하며, 포트플러그 내 빈 공간은 중성자와 감마를 차폐하기 위해 규격화된 B<sub>4</sub>C shield block 으로 채워져있다. 진단시스템들로 인해 규격화된 B<sub>4</sub>C shield block 으로 채워지지 않는 공간은 backfilling 으로 채워진다.

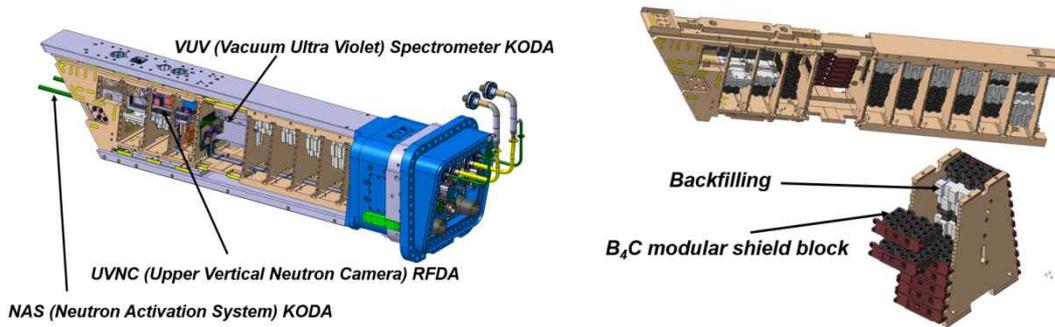


그림 3-3 상부포트 18 번 포트플러그

그림 3-4 는 상부포트 18 번의 포트인터스페이스와 포트셀로, 두 영역은 유지보수 기간에 사람의 출입이 예상되기 때문에 선량 설계 제한치가 존재한다. 포트인터스페이스에서는 shut-down 이후 10<sup>6</sup> 초 냉각 후 SDDR 이 100 μSv/hr 이하, 포트셀에서는 shut-down 이후 10<sup>5</sup> 초 냉각 후 SDDR 이 10 μSv/hr 이하를 만족해야한다. 그러므로 두 영역에는 선량을 차폐하기 위한 별도의 차폐 설계가 필요하다. 포트인터스페이스는 shielding tent 개념의 차폐 구조가 설계되어있으며, 포트셀에는 레일의 바닥 부분에만 차폐체가 설계되어 있다.

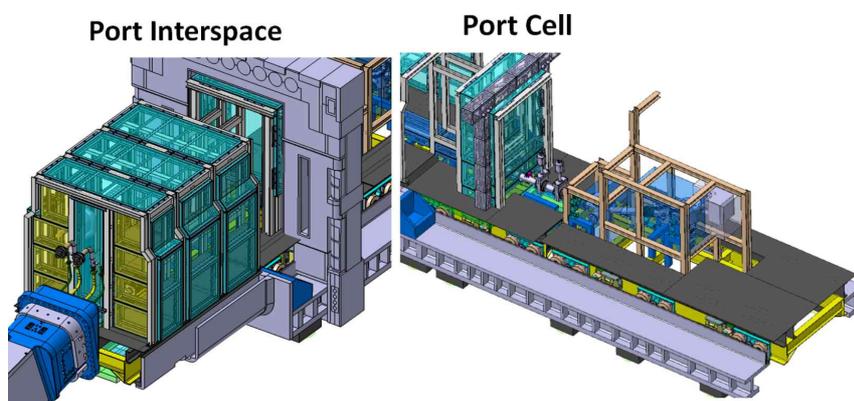


그림 3-4 상부포트 18 번 포트인터스페이스와 포트셀

### 3.1.2 중성자방사화시스템(NAS)

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

그림 3-5 은 중부포트 11 번 포트인터페이스와 포트셀로, 중성자방사화시스템의 전송선 및 밸브 박스가 설치될 위치가 자홍색(마젠타색)으로 나타나 있다. 전송선은 튜브, 피드쓰루, 클램프들로 구성되어 있고 밸브 박스 내부에는 차폐밸브 및 제어 용 전자기기 들이 위치한다.

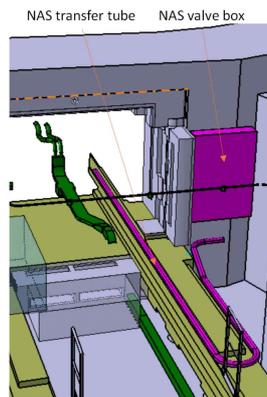


그림 3-5 중성자방사화시스템 중부포트 11 번 포트인터페이스와 포트셀 컴포넌트 모델

### 3.1.3 자외선분광기시스템(VUV)

그림 3-6 은 상부포트 18 번에 있는 VUV-Edge 로, 포트플러그에는 광학 빔 전송을 위한 광학 칸막이 구조(baffle structure)와 빔을 반사시키는 거울이 존재한다. 포트인터페이스에는 포트플러그를 통해 전달된 빔을 포트셀로 전달하는 통로인 빔 파이프와 차폐 밸브들이 설계 되어 있다. 이 빔들은 최종적으로 포트셀에 위치한 계측기에서 계측 된다. 이러한 계측기는 방사선 환경에서 운용되기 때문에 별도의 차폐 구조가 설계 될 예정이다.

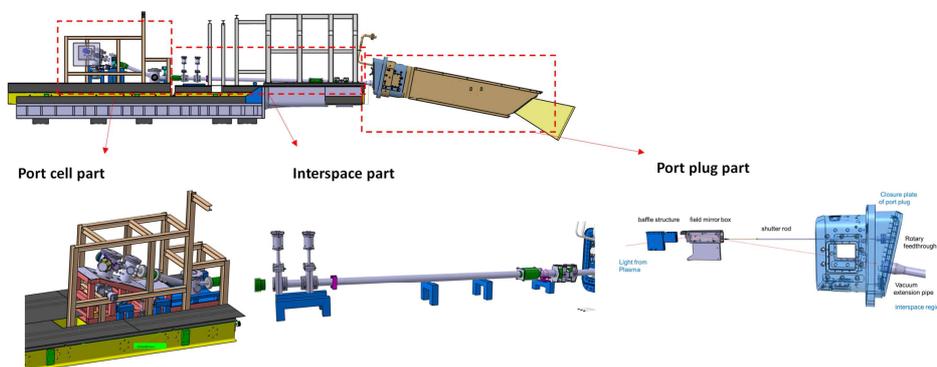


그림 3-6 상부포트 18 번 VUV-Edge

### ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

그림 3-7 은 중부포트 11 번 포트인터스페이스와 포트셀에 있는 VUV-Core 및 VUV-Divertor 이다. VUV-Core 의 경우에는 별도의 거울 없이 바로 관측 대상을 바라보고 있고, VUV-Divertor 의 경우 VUV-Edge 와 동일하게 포트플러그 영역에 거울이 위치한다. VUV-Core, VUV-Divertor 두 분광기의 검출기들은 포트셀 영역에 위치하고, 검출기 주변에는 차폐체가 설치 된다.

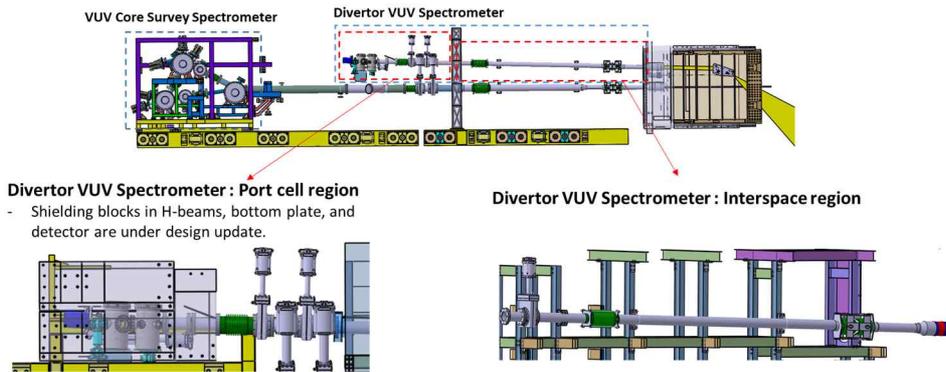


그림 3-7 중부포트 11 번 VUV-Core 및 VUV-Divertor

#### 3.1.4 ITER 의 neutronics 해석 모델

그림 3-8 은 ITER C-model 로 전체 토카막에서 40 도만 나타낸 모델로 bio-shield 앞부분 포트인터스페이스 까지만 구현 되어 있다. 하부, 중부, 상부 포트들을 포함하여 블랭킷 등의 모델 내 모든 컴포넌트들이 block structure 로 구성되어 있다. 포트들에는 각 포트의 설계 모델이 아닌 차폐 모듈이 있기 때문에, 진단장치 해석 시에는 해당 포트 위치의 universe 옵션을 이용해 핵해석 모델을 통합하여 계산을 수행한다.

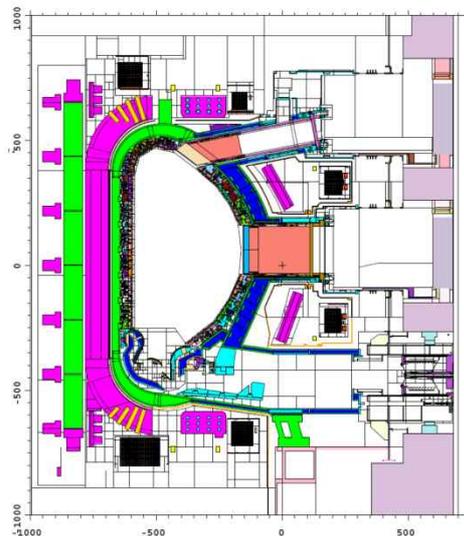


그림 3-8 ITER C-model

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

그림 3-9 는 ITER 토카막 360 도를 모두 나타내는 E-lite 모델로, 이 모델도 C-model 과 마찬가지로 포트플러그와 포트인터페이스까지만 나타낸다. E-lite 모델에는 모델을 만들 당시의 모든 포트들의 설계안이 포함되어 있기 때문에 주변 포트 영향을 고려할 때 사용된다.

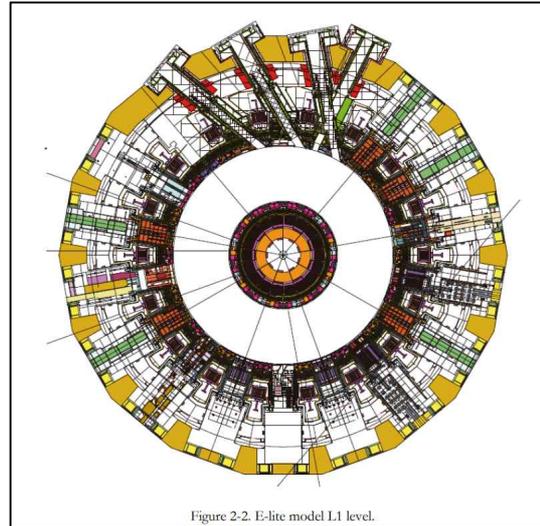


그림 3-9 ITER E-lite 모델

그림 3-10은 토카막 컴플렉스 모델로 bio-shield 이후 영역도 포함되어 있기 때문에 포트셀 해석을 할 때 사용된다.

MCNP

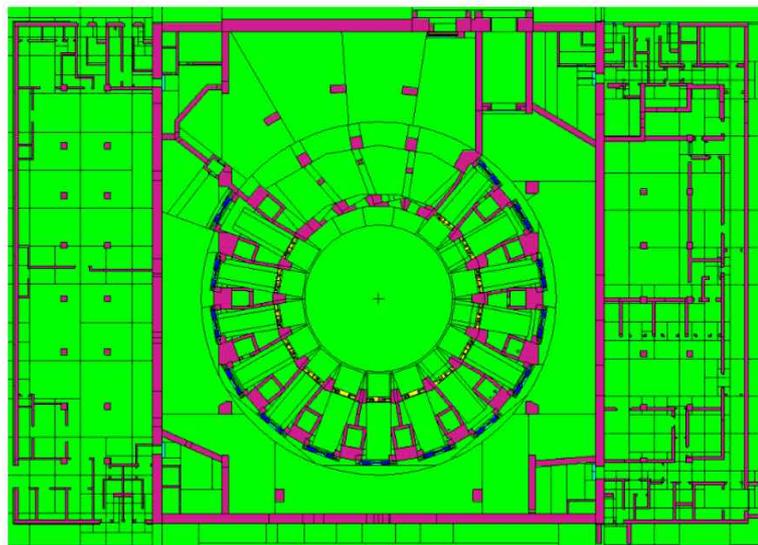


그림 3-10 Tokamak complex 모델

### 3.2 주요 해석 업무

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

공급자는 발주자가 제공하는 자료 및 문서를 바탕으로 “ITER 진단장치 핵 해석 및 평가” 업무를 계약기간 동안 수행/완료 하여야 한다. 해석은 D1S-UNED, SRC-UNED, FISPACT 와 같이 ITER 에서 규정하는 코드들을 활용하여 수행하도록 한다. 공급자의 상세 업무 범위는 아래에 기술되어 있으며, 발주자와 공급자의 사정에 따라 계약 상세사항 및 업무 범위는 상호 협의하에 변경 할 수 있다. 공급자는 발주자가 제공하는 3D CAD 모델(STP file)과 중성자 조사 시나리오 등을 사용하여 계약범위에 해당하는 핵해석을 수행한다. 공급자는 아래의 ITER 해석 지침서에 따라 해석을 수행하며 필요시 발주자와 협의를 통해 해석 방식을 결정하도록 한다.

- Instructions for Nuclear Analyses, ITER\_D\_R7XRXB
- Instructions for verification of input for radiation transport calculations, ITER\_D\_TP4LL9
- Guideline for nuclear analysis of diagnostic ports, ITER\_D\_W4WNU5
- Standard tallies for neutronics for ITER Diagnostics Division, ITER\_D\_RLMBUV
- Guidelines for solid radwaste routing and classification, ITER\_D\_PULGCW
- Guidelines to establish systems decommissioning plan, ITER\_D\_TYHA8S

해석 및 평가 결과는 아래의 ITER 지침서 및 작성 양식에 따라 보고서를 작성하도록 한다. 보고서 제출시에는 아래의 각 해당 분야의 체크리스트를 작성하여 같이 제출한다. 공급자는 제출한 보고서에 대해 IO의 검토 및 승인을 받을 것이며, 수정요구사항이 있을 경우 공급자는 검토의견을 반영하여 1개월 이내에 IO의 승인을 받을 수 있도록 보고서를 수정/제출 하도록 한다.

- Check list for Review of Nuclear Analyses, ITER\_D\_VP6G35
- Check list – Nuclear Analysis Reports Technical Checker, ITER\_D\_RSJ9CS
- Check list – Nuclear Analysis Independent Review, ITER\_D\_T8K5CG
- Guidelines for solid radwaste routing and classification, ITER\_D\_PULGCW
- Guidelines to establish systems decommissioning plan, ITER\_D\_TYHA8S

또한, 공급자는 neutronics 과정에서 해석결과로부터 문제가 예상되는 부분(선량 설계 제한치, 차폐 설계)에 대해 설계 개선안을 제안한다.

### 3.2.1 상부포트 18 번

#### ITER 상부포트 18 번 포트플러그 (Port Plug)의 방사성 폐기물 평가

- 1) 발주자가 제공하는 상부포트 18 번 포트플러그 모델에서 방사성 폐기물 평가를 위해 포트플러그 부품들의 중성자 플럭스를 계산한다. 이 때, 방사성 폐기물 평가 방법과 중성자 플럭스를 계산하는 부품들은 발주자와 협의하여 정하며, 발주자가 제공하는 선원을 사용한다.
- 2) 발주자가 제공하는 중성자 조사 시나리오를 이용하여 방사화 해석을 수행한다.

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

- 3) 방사화 해석 수행 결과를 가지고 ITER의 방사성 폐기물 분류 기준을 적용하여 폐기물 준위를 분류한다.
- 4) 본 해석에 대한 결과보고서를 ITER 양식에 맞게 작성하고, IO 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 1개월 이내에 수정한다.
- 5) FDR에 참석하여 결과를 발표하며, 수정 요구 사항이 있을 경우 1개월 이내에 수정한다.

### ITER 상부포트 18번 포트 인터스페이스 (Port Interspace)/포트셀 (Port Cell)의 SDDR/occupational radiological exposure (ORE)/방사성 폐기물 평가

- 1) 형상 단순화를 수행하여 핵해석 모델을 개발한다. 최종 해석 형상은 발주자와 협의하여 결정한다.
- 2) 발주자가 제공하는 ITER 운전 시나리오를 적용하여 포트인터스페이스와 포트셀에서의 SDDR을 계산한다. 이 때 포트 인터스페이스의 계산은 주변 포트들의 설계안도 포함해야 한다.
- 3) SDDR 계산 후, 선량 설계 제한치를 만족하지 못할 경우, 설계 제한치를 만족하기 위한 설계 개선안을 제안하며 재계산을 수행한다.
- 4) 발주자가 제공하는 유지보수 시나리오에 따라 SDDR 평가를 계산하며, 이 때에도 선량 설계 제한치를 만족하지 못할 경우, 설계 제한치를 만족하기 위한 설계 개선안을 제안하며 재계산을 수행한다.
- 5) 방사성 폐기물 평가를 위해 포트인터스페이스/포트셀 부품들의 중성자 플럭스를 계산하고, 이 플럭스를 이용하여 방사화 평가를 수행한다. 이 때, 방사성 폐기물 평가 방법과 중성자 플럭스를 계산하는 컴포넌트들은 발주자와 협의하여 정하며, 발주자가 제공하는 선원을 사용한다.
- 6) 발주자가 제공하는 중성자 조사 시나리오를 이용하여 방사화 해석을 수행하며, 방사화 해석 수행 결과를 가지고 ITER의 방사성 폐기물 분류 기준을 적용하여 폐기물 준위를 분류한다.
- 7) 본 해석에 대한 결과보고서를 ITER 양식에 맞게 작성하고, IO 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 1개월 이내에 수정한다.

### ITER 상부포트 18번 FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정

FDR 진행 시 나온 핵 해석 관련 검토 의견을 해결을 위해, 필요시 모델 수정 및 재계산을 진행하고 수정 사항에 대한 내용을 보고서 상에 반영한다.

### 3.2.2 중성자방사화시스템(NAS)

#### ITER 중부포트 11번 인터스페이스/포트셀에서 중성자방사화시스템의 SDDR 기여도/방사성 폐기물/밸브 박스의 차폐 성능 평가

- 1) 중부포트 11번 인터스페이스/포트셀 핵해석 모델에 중성자방사화시스템의 최종 설계를 추가한다.
- 2) 해석 모델링을 위한 형상 단순화를 수행하여 핵해석 모델을 개발한다. 최종 해석 형상은 발주자와 협의하여 결정한다.

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

- 3) 중부포트 11 번 인터스페이스와 포트셀에 있는 중성자방사화시스템의 SDDR 기여도를 계산한다. 이 때 발주자가 제공하는 ITER 운전 시나리오를 적용한다.
- 4) 방사성 폐기물 평가를 위해 포트인터스페이스/포트셀 부품들의 중성자 플럭스를 계산하고, 이 플럭스를 이용하여 방사화 평가를 수행한다. 이 때, 방사성 폐기물 평가 방법과 중성자 플럭스를 계산하는 컴포넌트들은 발주자와 협의하여 정하며, 발주자가 제공하는 선원을 사용한다.
- 5) 방사화 해석 수행 결과를 가지고 ITER의 방사성 폐기물 분류 기준을 적용하여 폐기물 준위를 분류한다.
- 6) 중부포트 11 번 포트셀에 있는 중성자방사화시스템의 밸브 박스의 차폐 설계를 적용한 뒤 중성자/감마 방사선량을 계산한다. 이 때, 설계 조건을 만족하지 못하는 경우, 조건을 만족할 수 있는 설계를 제안하며 재계산을 수행한다.
- 7) 본 해석에 대한 결과보고서를 ITER 양식에 맞게 작성하고, IO 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 1 개월 이내에 수정한다.

### FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정

FDR 진행 시 나온 핵 해석 관련 검토 의견을 위해, 필요시 모델 수정 및 재계산을 진행하고 수정 사항에 대한 내용을 보고서 상에 반영한다.

### 3.2.3 진공자외선분광기(VUV)-Core/Divertor/Edge

#### ITER 중부포트 11 번 포트셀에서 VUV-Core 계측기 차폐 해석

- 1) 발주자가 제공하는 중부포트 11 번의 포트셀 핵해석 모델에 VUV-Core의 차폐 설계를 적용하여 핵해석 모델을 개발한다. 이 때, 최종 해석 형상은 발주자와 협의하여 결정한다.
- 2) 발주자가 제공하는 ITER 운전 시나리오를 적용하여 VUV-Core 계측기의 중성자/감마 방사선량을 계산한다. 이 때, 설계 조건을 만족하지 못하는 경우, 조건을 만족할 수 있는 설계를 제안하며 재계산을 수행한다.
- 3) 본 해석에 대한 결과보고서를 ITER 양식에 맞게 작성하고, IO 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 1 개월 이내에 수정한다.

#### ITER 상부포트 18 번 포트플러그에서 VUV-Edge의 nuclear heating/방사성 폐기물/부품(볼트) 재료 변경에 따른 SDDR 변화 평가

- 1) 발주자가 제공하는 상부포트 18 번 포트플러그 핵해석 모델에서 VUV-Edge 부품의 구조해석에 필요한 데이터를 제공하기 위해 nuclear heating(중성자/감마) 계산을 수행한다. 이 때, 계산 방법은 발주자와 협의한다.

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

- 2) 방사성 폐기물 평가를 위해 포트플러그 부품들의 중성자 플럭스를 계산하고, 이 플럭스를 이용하여 방사화 평가를 수행한다. 이 때, 방사성 폐기물 평가 방법과 중성자 플럭스를 계산하는 부품들은 발주자와 협의하여 정하며, 발주자가 제공하는 선원을 사용한다.
- 3) 방사화 해석 수행 결과를 가지고 ITER의 방사성 폐기물 분류 기준을 적용하여 폐기물 준위를 분류한다.
- 4) 부품(볼트) 재료 변경에 따른 SDDR 변화를 평가한다. 이 때, 발주자가 제공하는 ITER 운전 시나리오를 적용하여 계산한다.
- 5) 본 해석에 대한 결과보고서를 ITER 양식에 맞게 작성하고, IO 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 1개월 이내에 수정한다.

### ITER 중부포트 11 번 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Divertor 의 SDDR 기여도/ 방사성 폐기물/계측기 차폐 성능 평가

- 1) 발주자가 제공하는 중부포트 포트인터페이스와 포트셀의 핵해석 모델에 VUV-Divertor 의 최종 설계를 추가한다.
- 2) 해석 모델링을 위한 형상 단순화를 수행하여 핵해석 모델을 개발 한다. 최종 해석 형상은 발주자와 협의하여 결정한다.
- 3) 중부포트 11 번 포트인터페이스와 포트셀에서 VUV-Divertor 의 SDDR 기여도를 계산한다. 이 때 발주자가 제공하는 ITER 운전시나리오를 적용한다.
- 4) 방사성 폐기물 평가를 위해 포트인터페이스/포트셀 부품들의 중성자 플럭스를 계산하고, 이 플럭스를 이용하여 방사화 평가를 수행한다. 이 때, 방사성 폐기물 평가 방법과 중성자 플럭스를 계산하는 부품들은 발주자와 협의하여 정하며, 발주자가 제공하는 선원을 사용한다.
- 5) 방사화 해석 수행 결과를 가지고 ITER의 방사성 폐기물 분류 기준을 적용하여 폐기물 준위를 분류한다.
- 6) 중부포트 11 번 포트셀에 있는 VUV 검출기 차폐 설계를 적용한 뒤 중성자/감마 방사선량을 계산한다. 이 때, 설계 조건을 만족하지 못하는 경우, 조건을 만족할 수 있는 설계를 제안하며 재계산을 수행한다.
- 7) 본 해석에 대한 결과보고서를 ITER 양식에 맞게 작성하고, IO 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 1개월 이내에 수정한다.

### ITER 중부포트 18 번 포트인터페이스/포트셀에서 VUV-Edge 의 SDDR 기여도/ 방사성 폐기물/계측기 차폐 성능 평가

- 1) 발주자가 제공하는 상부포트 포트인터페이스와 포트셀의 핵해석 모델에 VUV-Edge 의 최종 설계를 추가한다.
- 2) 해석 모델링을 위한 형상 단순화를 수행하여 핵해석 모델을 개발해야 하며 최종 해석 형상은 발주자와 협의하여 결정한다.

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

- 3) 상부포트 18 번 포트인터페이스와 포트셀에서 VUV-Edge 의 SDDR 기여도를 계산한다. 이 때 발주자가 제공하는 ITER 운전시나리오를 적용한다.
- 4) 방사성 폐기물 평가를 위해 포트인터페이스/포트셀 부품들의 중성자 플럭스를 계산하고, 이 플럭스를 이용하여 방사화 평가를 수행한다. 이 때, 방사성 폐기물 평가 방법과 중성자 플럭스를 계산하는 부품들은 발주자와 협의하여 정하며, 발주자가 제공하는 선원을 사용한다.
- 5) 방사화 해석 수행 결과를 가지고 ITER 의 방사성 폐기물 분류 기준을 적용하여 폐기물 준위를 분류한다.
- 6) 상부포트 18 번 포트셀에 있는 VUV 검출기 차폐 설계를 적용한 뒤 중성자/감마 방사선량을 계산한다. 이 때, 설계 조건을 만족하지 못하는 경우, 조건을 만족할 수 있는 설계를 제안하며 재계산을 수행한다.
- 7) 본 해석에 대한 결과보고서를 ITER 양식에 맞게 작성하고, IO 검토 후 수정 요구 사항이 있으면 1 개월 이내에 수정한다.

### FDR 종료를 위한 핵 해석 관련 검토 의견 해결 및 보고서 수정

FDR 진행 시 나온 핵 해석 관련 검토 의견 해결을 위해, 필요시 모델 수정 및 재계산을 진행하고 수정 사항에 대한 내용을 보고서 상에 반영한다.

## 4 업무추진 요구사항

공급자가 제출해야 할 모든 문서는 영어로 작성함을 원칙으로 한다. 또한 FDR 등 IO 관계자가 참석한 모든 회의는 영어로 진행되며, 회의에 참석한 공급자는 영어로 발표 및 질의응답을 수행한다. 영어 오역으로 인한 책임은 공급자가 가진다.

발주자는 공급자로 하여금 계약 범위 내에서 필요한 경우 원활한 업무 및 기술협의 등을 수행하기 위해 IO 와의 화상회의를 요구할 수 있다. 예상 회의 내용은 관련 기술회의 및 FDR 이며 IO 의 사정에 따라 변경될 수 있다.

공급자는 매주 진행상황을 발주자에게 주간회의를 통하여 보고하여야 하며, 주간회의보고서는 회의 개최 전에 전자파일 형태로 제출하여야 한다. 주간회의와 별도로 특별한 현안에 대해서 기술회의를 요청할 경우, 공급자는 이에 적극 협조하여, 회의 참석 및 발표하여야 한다. 또한 공급자는 주간회의, 기술회의 등의 공식회의에서 논의되었던 내용을 중심으로 회의록을 3 일 이내에 작성하여 발주자에 제출하고, 발주자의 검토를 받아 이를 관리하여야 한다.

계약자는 ITER 에서 규정하는 코드들을 활용하여 모델링 작업 및 해석을 수행하는 것을 원칙으로 한다. 코드 및 사용하는 버전은 상호 협의하에 결정 한다.

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

### 5 특기 사항

모든 업무는 발주자가 제공하는 기술시방서 및 발주자 공급문서를 기준으로 실행하며 공급자 임의로 변경하여 적용할 수 없다. 공급자는 Quality Plan 을 계약체결 후 2 주 이내에 영문으로 작성하여 제출하여야 한다. 또한 추가 상세 사양 및 보완사항은 공급자가 확정된 후 추후 계약범위 이내에서 발주자와 협의하여 조정한다.

공급자는 본 용역의 수행과정에서 발주자가 제공한 도면, 기술자료, 및 습득한 제반 지식을 발주자의 사전 승인 없이 국내/외 타 프로젝트에 임의로 사용하거나 반출할 수 없다. 본 기술시방서에서 언급하고 있는 용역의 산출물 (문서, 해석파일 등) 또는 용역의 수행 과정에서 공급자가 새로이 습득한 기술정보는 발주자의 소유로 한다. 또한 IO 의 전체 사업일정 변경에 따라 발주자가 요구할 경우 공급자는 계약금액의 증감 없이 용역기간 변경에 대한 요구를 최대한 수용하여야 한다.

공급자는 본 용역의 업무 중 일부를 협력업체를 통해 수행할 경우, 공급자와 협력업체와의 계약 이전에 반드시 발주자의 승인을 거쳐 협력업체를 결정하여야 한다. 또한 협력업체 선정을 위한 정보를 발주자에 제공하여야 한다.

설계변경이 요구될 경우, 전체 일정에 영향을 주지 않는 범위 내에서, 공급자는 계약 금액의 증감 없이 설계변경을 최대한 수용하여야 한다.

### 6 제출 문서

#### 6.1 제출항목 및 제출시기

공급자는 본 기술시방서에서 제시한 일정, 계획, 절차서 등을 Table 6-1 에 명기된 기한 내에 제출해야 하며, 본 용역이 시방서 요건에 따라 수행되었음을 증빙하는 문서 및 기록물을 제출하여야 한다.

**Table 6-1 제출문서 및 제출시기**

항목	내용	제출 시기	비고
용역수행계획서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 업무추진 방안 및 일정</li> <li>• 용역 공정표 등</li> </ul>	계약 후 2 주	국문
Quality Plan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ITER 가이드라인에 따라 작성</li> </ul>	계약 후 2 주	영문
UP18 PP FDR 문서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutronics report</li> <li>• Radwaste check list</li> <li>• Radwaste inventory assessment</li> <li>• Decommissioning plan</li> </ul>	용역 일정에 따라	영문
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDR 발표 자료</li> <li>• FDR 수정보완요건 답변서</li> </ul>	FDR 2 주전 FDR 후 4 주 이내	영문

**ITER 진단장치 핵 해석 및 평가**

UP18 PI/PC FDR 문서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutronics report</li> <li>• Radwaste check list</li> <li>• Radwaste inventory assessment</li> <li>• Decommissioning plan</li> <li>• ORE report</li> </ul>	용역 일정에 따라	영문
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDR 발표 자료</li> <li>• FDR 수정보완요건 답변서</li> </ul>	FDR 2 주전 FDR 후 4 주이내	영문
NAS EP11 PI/PC component FDR 문서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutronics report</li> <li>• Radwaste check list</li> <li>• Radwaste inventory assessment</li> <li>• Decommissioning plan</li> </ul>	용역 일정에 따라	영문
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDR 발표 자료</li> <li>• FDR 수정보완요건 답변서</li> </ul>	FDR 2 주전 FDR 후 4 주이내	영문
VUV-core FDR 문서 개정	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutronics report</li> <li>• Radwaste check list</li> <li>• Radwaste inventory assessment</li> <li>• Decommissioning plan</li> </ul>	용역 일정에 따라	영문
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDR 발표 자료</li> <li>• FDR 수정보완요건 답변서</li> </ul>	FDR 2 주전 FDR 후 4 주이내	영문
VUV-edge PP component FDR 문서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutronics report</li> <li>• Radwaste check list</li> <li>• Radwaste inventory assessment</li> <li>• Decommissioning plan</li> </ul>	용역 일정에 따라	영문
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDR 발표 자료</li> <li>• FDR 수정보완요건 답변서</li> </ul>	FDR 2 주전 FDR 후 4 주이내	영문
VUV-divertor FDR 문서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutronics report</li> <li>• Radwaste check list</li> <li>• Radwaste inventory assessment</li> <li>• Decommissioning plan</li> </ul>	용역 일정에 따라	영문
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDR 발표 자료</li> <li>• FDR 수정보완요건 답변서</li> </ul>	FDR 2 주전 FDR 후 4 주이내	영문
VUV-edge PI/PC component FDR 문서	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutronics report</li> <li>• Radwaste check list</li> <li>• Radwaste inventory assessment</li> <li>• Decommissioning plan</li> </ul>	용역 일정에 따라	영문
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDR 발표 자료</li> <li>• FDR 수정보완요건 답변서</li> </ul>	FDR 2 주전 FDR 후 4 주이내	영문

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

최종보고서	• 용역 세부내용의 결과	계약완료시	국문
-------	---------------	-------	----

### 6.2 문서 제출

용역 수행 중 개발된 문서 및 도면은 전자파일 형태로 ITER 한국사업단 정보관리시스템 (ITER Korea Information Management System, IKIMS)의 교신기능을 통해 발주자에게 제출하여야 하며, 이렇게 제출된 문서 및 도면은 발주자의 검토/승인 후 IO의 문서관리 시스템 (ITER Document Management system, IDM)에 등록된다. 문서 및 도면이 IKIMS 나 IDM 에서 승인되지 못하는 경우, 공급자는 미승인 문서에 대해 발생한 검토자들의 의견을 반영하여 개정본을 IKIMS 를 통해 제출하여야 한다. 문서 및 도면은 PDF 파일 형태로 제출하되, 검토 등의 목적을 위해 발주자가 요청하는 경우 Microsoft Office 파일 등 원본 파일을 전달할 수 있다.

## 7 품질보증 요건

### 7.1 일반사항

- 공급자는 업무수행 시 발주처가 제시하는 품질보증요구조건을 준수하여야 한다.
- 공급자는 발주처가 요구하는 품질보증요구조건에 대한 이행계획 및 방법을 수립하여 '용역수행계획서'에 포함시켜야 한다.
- 품질보증요건의 이행은 공급자가 수립한 지침서, 절차서 또는 지시서에 따라 수행하여야 한다.
- 공급자는 품질계획서(Quality Plan)를 ITER 한국사업 품질보증프로그램(ITER Korea Quality Assurance Program)의 해당 요건 및 IO의 Quality Plan Guideline (발주처 제공)에 따라 영문으로 작성하여 계약업무 착수 이전에 연구원 및 IO의 승인을 득해야 하고, 계약 이행에 대한 모든 업무에 적용시켜야 한다.
- 품질계획서 이외에 공급자는 작업시작 전에 표 6.1의 제출 문서들에 대한 문서제출 계획서 (Documentation Schedule)를 국문으로 작성하여 연구원의 승인을 득해야 한다. 이후, 발주자가 필요하다고 판단하여 요구하는 경우에 공급자는 영문본을 추가로 작성하여 IO의 승인을 득해야 한다.

## ITER 진단장치 핵 해석 및 평가

- 만일, 공급자가 계약의 일부를 다른 업체에 하도급 할 경우에도 계약에서 요구하는 동일한 품질요건을 적용하여야 하며, 하도급자 계약사항에 대해서는 발주처인 연구원과 IO의 동의가 필요하며, 공급자는 동의를 요청하는 문서 (Letter for Concurrence)를 발주처에 발송하고 승인을 득해야 한다. 또한 하도급 관련 내용을 추가하여 주공급자의 영문 Quality Plan을 개정하여야 하며, 개정된 Quality Plan에 대해 발주처 및 IO의 승인을 득해야 한다. 단, 하도급자의 품질계획서의 제출 여부는 연구원과 주공급자 간 협의를 통하여 조정할 수 있다.
- 공급자는 발주자의 요청 시 발주자 해당부서의 검토 또는 승인을 받아야 하며, 품질 검사 요청 시 적극 협조하고 승인된 절차에 의해서 업무를 수행해야 한다.
- 발주자는 공급자의 업무수행 중 명시된 기술시방서 요건 및 품질보증계획에 따라 이행여부 점검 및 부적합사항의 원인을 사전에 제거하기 위해 품질검사를 시행할 권한을 가진다.
- 공급자는 발주자가 제한 없이 공급자 또는 그 하도급자의 본 용역과 관련된 시설을 출입하여 검사, 감사 및 감독하며 필요시 관련된 모든 문서를 검토 및 열람할 수 있도록 조치하여야 한다.
- 공급자는 발주자의 품질보증감사 시 최대한 협조해야 한다.
- 공급자는 ITER 기준문서를 준용하여 본 용역 업무를 수행해야 하며 ITER 기준문서의 내용이 변경될 경우 이를 반영하여 수정하여야 한다. ITER 기준문서의 내용과 다르게 작업하거나 변경하는 경우 IO의 양식 (발주처 제공)에 따라 불일치처리요청서 (Deviation Request)를 발행하여 발주자에게 제출하여 승인을 받은 후 작업해야 한다.
- 본 용역 업무에서 준용하는 ITER 기술문서는 발주자가 공급자에게 제공한다.
- 발주자는 공급자가 변경하고자 하는 업무에 대한 의견을 제출하고 공급자는 10일 이내에 발주자의 요청 내용에 대한 수용여부를 회신하여야 한다.
- 종결된 불일치사항 처리요청서는 최종 제출문서에 포함되어야 한다.

### 7.2 계약이행 조직의 구성

계약이행을 위하여 다수의 조직이 관련되는 경우, 각 조직의 책임한계가 명확히 수립되어야 하고, 각 조직 간의 상호 의견교환을 위한 절차가 마련되어야 하며, 중요한 정보의 의견교환은 서류화 되어야 한다.