

**LHD 중성자 진단 실물 조사를 통한 주요 설계 변수
파악과 KSTAR 중성자 진단 연구 협력 회의 진행**

2019년 11월

국 가 핵 융 합 연 구 소

목 차

I. 출장개요	1
II. 세부내용	2
III. 건의사항 및 애로사항	3
IV. 수집자료 및 참고문헌	3
V. 출장지 정보	3
VI. 정보활용	3
VII. 기 타	3

I. 출장개요

1. 출 장 국 : 일본 토키

2. 출장목적 :

- LHD 중성자 진단 실물 견학 및 데이터 해석을 통한 주요 설계 변수 파악 (KSTAR 중성자 진단 개발에의 활용 목적)
- KSTAR 중성자 진단 및 연구 협력 회의 진행

3. 출장기간 : 2019년 11월 24일 - 11월 28일 (4박 5일)

4. 보고서 작성자 : 조정민

5. 출장자 인적사항

소 속	직위(직급)	성 명 (영문)	비 고
플라즈마진단연구팀	박사후연구원(담당)	조정민 (Jungmin Jo)	

II. 세부내용

1. 출장의 배경 및 목적

- KSTAR 중성자 진단 개발에의 활용 목적으로의 LHD 중성자 진단 실물 견학 및 데이터 해석을 통한 주요 설계 변수 파악
- KSTAR 중성자 진단 및 연구 협력 회의 진행

2. 세부일정

일 자	장 소	방문기관	주요활동	비 고
11/24	인천공항 → 나고야 공항 → 토키시 (일본)		- 출국 및 이동	
11/25 - 11/27	토키시 (일본)	NIFS	- LHD 중성자 진단 실물 견학 및 데이터 해석을 통한 주요 설계 변수 파악 - KSTAR 중성자 진단 및 연구 협력 회의 진행	
11/26	토키시 (일본) → 나고야 공 항 → 인천공항		- 이동 및 귀국	

3. 접촉인물(국정원 보안감사 요청 사항, 필히 작성)

일 자	성 명	소 속	직급/직위	연락처	면담목적	비 고
11/25 - 11/27	Mitsutaka Isobe	NIFS	Professor	isobe@nifs.ac.jp	중성자 진단 협력 논의	
11/25 - 11/27	Kunihiro Ogawa	NIFS	Assistant Professor	kogawa@nifs.ac.jp	중성자 진단 협력 논의	
11/25 - 11/27	Sangaroon Siriyaporn	NIFS	Post-doc.		중성자 진단 협력 논의	
11/27	Chihiro Suzuki	NIFS			soft X-ray 및 VUV 진단 협력 관련 논의	
11/27	S. Odachi	NIFS			soft X-ray 및 VUV 진단 협력 관련 논의	

4. 주요업무수행 활동 및 결과(자유양식/ 회의일정, 내용 및 주요출장활동 내용과 결과 등 기술)

- LHD 중성자 진단 실물 조사 및 데이터 해석을 통한 주요 설계 변수 파악

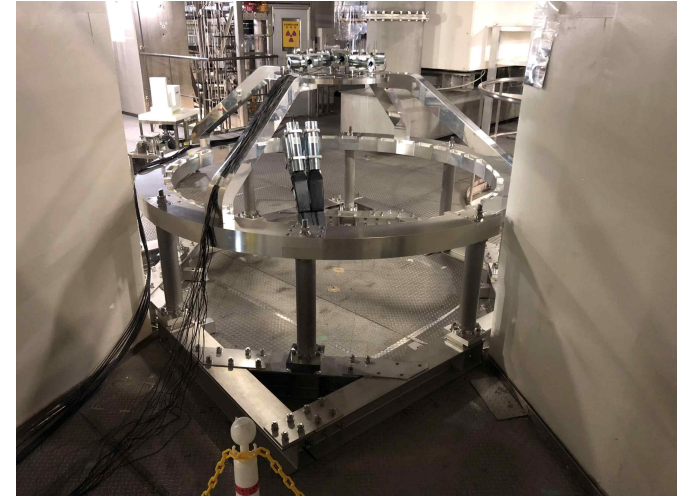
- 향후 KSTAR 중성자 진단 개발에의 활용을 위한 LHD 중성자 진단 실물 조사 진행. 총 3기의 중성자 카메라와 TOF 방식 중성자 스펙트로미터의 설치 현황을 중점적으로 확인.
- 첫 번째 중성자 카메라는 중성자 발생률 약 $10^{16} n/s$ 에서 운용하도록 설계되었고, 검출기는 1 인치 직경 사이즈의 스틸벤과 카운트 모드로 운용하는 광전자증배관을 이용한다. 검출기는 LHD torus hall 지하층에 설치되어있고, collimator로 boron doped heavy concrete를 사용한다. 스틸벤 검출기로 검출되는 중성자와 감마선 신호의 비율은 약 1:7로, 상대적으로 감마선의 신호 비율이 강하였다. 각 채널에 기록되는 감마선의 영향은 채널 위치에 상관없이 거의 일정한 모습을 보인다. 이를 통해 미루어 볼 때, 감마선의 영향은 collimator를 통해 들어오는 감마선 보다는, 차폐되어 있지 않은 검출기 옆면을 통해 들어오는 감마선 영향이 지배적인 것으로 보인다.
- 두 번째, 세 번째 중성자 카메라는 좀 더 낮은 중성자 발생률에서도 효과적으로 운용 가능하도록 collimator 구멍 사이즈와 검출기의 사이즈가 첫 번째 중성자 카메라에 비해 크게, 2 인치 사이즈로 설계 및 제작 되었다. 검출기는 NE451 섬광체와 전류 모드로 구동하는 광전자 증배관을 사용하였다. 전류모드로 운용되는 검출기에서는 배경 전자기파 및 접지 등을 통해 들어오는 노이즈를 최소화 하는 것이 중요하다. 노이즈 최소화를 위한 LHD 세팅에 대해서 확인하였고, KSTAR에의 적용 가능성에 대해서 또한 확인하였다.



LHD 중성자 카메라 시준기

- 비행시간 측정 방식으로 운용되는 Time of flight enhanced diagnostics (TOFED)의 일부 채널이 올해 LHD에 설치되었다. 현재 5개의 S1 섬광체와 2개의 S2 섬광체가 설치되어있다. S1 섬광체와 S2 섬광체에서의 측정신호 시간차이를 통해서 중성자의 속도를 구하고, 이를 통해 중성자의 에너지를 구할 수 있다. S1 섬광체와 S2 섬광체 사이에서의 중성자 비행 시간이 나노

초 오더로 짧기 때문에, S2 섬광체의 크기 및 모양과 설치 위치, 설치 방향을 잘 고려하여 설계하여야 한다. LHD의 TOFED는 EAST에 설치된 TOFED와 같은 설계를 사용하였다. 두 종류의 섬광체를 고정하는 지지구조체 또한 제작과 설치에 있어 정확도가 요구된다. LHD에서 지지구조를 제작하는데 있어 고려한 부분과 설치 방법, 그리고 제작 오차에 대한 보정 방법 계획에 대해 확인 하였다.



Time of flight enhanced diagnostics (TOFED) in LHD

- LHD 중수소 플라스마 방전이 진행되는 동안, LHD TOFED 운용 결과를 기록하고, 해석하여 운용 방식의 이해와 중요 설계 파라미터를 이해하는데 활용하였다. S2 검출기가 아직 2개만 설치된 상황이라 중성자 에너지 스펙트럼에 대한 유의미한 정보는 얻을 수 없었다. 하지만 데이터 획득 시스템을 어떠한 방식으로 만들어야 무의미한 데이터량을 줄이고 데이터 해석 속도를 향상시킬 수 있을지에 대한 방향을 얻을 수 있었다.

- KSTAR 중성자 진단 협력 논의

- NIFS와 협력 연구가 진행 중인 scintillating fiber 검출기의 향후 운용과 개선 방향에 대한 논의를 진행하였다. 지난 2018년 캠페인때 총 3기의 scintillating fiber 검출기를 KSTAR 플라스마 방전 환경에서 테스트 하였고, 2기는 성공적으로 운용되었다. 검출효율이 높은 나머지 하나는, 광전자증배기 자체에서 발생하는 신호의 비율이 전체 신호 중 약 절반 정도를 차지하고 있고, pulse height 또한 섬광체에서 발생하는 펄스의 pulse height와 유사하여 구분이 불가능하였다. 이러한 이유로 광전자증배기를 차폐체로 감싸 광전자증배기 자체에서 발생하는 신호의 비율을 낮추는 방향으로 시스템을 개선하였고, 돌아오는 플라스마 방전 실험에서 테스트를

계획 중에 있다.

- KSTAR soft X-ray CCD camera 및 VUV telescope 설치 관련 논의

- 현재 NIFS와 협업을 통해 설치 계획 중인 soft X-ray CCD camera와 VUV telescope 설치 관련으로 필요한 컴포넌트들과 일정에 대한 논의를 진행하였다. 진단 설치에 필요한 vacuum interface 및 KSTAR 제어 시스템 등 필요 정보들을 우선적으로 확인하고 전달하여, NIFS 쪽에서 KSTAR 쪽으로 보내야 하는 필요 컴포넌트들을 확정할 수 있도록 하는 것에 대해 논의 하였다.

III. 건의사항 및 애로사항

- 없음.

IV. 수집자료 및 참고문헌

- JET TOFOR 관련 논문: Fusion Plasma Observations at JET with the TOFOR Neutron Spectrometer

V. 출장지 정보

- 특이 사항 없음

VI. 정보활용 (해당사항에 ✓표시)

- 네트워크를 통한 원문유통
 - 소내 : 가능(✓), 불능()
 - 소외 : 가능(), 불능(✓)
- 원문열람(네트워크를 통한 원문유통이 불가능일 경우)
 - 소내 : 가능(✓), 불능()
 - 소외 : 가능(✓), 불능()

VII. 기타

- 없음