

# 관련 보고 및 논의 사항

# 보고 사항

- 2018년 LAMPS 회의
  - 총 4회 : 7월 31일, 9월 11일, 10월 12일, 11월 9일
- 2018년 12월 29일 과제 운영위원회
  - 12/18 1차년도 연차실적계획서 평가 : LAMPS 학생 파견, LAMPS와의 관련성
  - 12/20 연차 워크숍 : 학생 참여 저조, 토론 부족
  - 각 세부그룹 주요 활동 상황
- 2019년 1월 15일, 2월 8일
  - 두 개의 간단한 양식 제출 : 2차년도 추진방향 및 민간위원 간담회 용
- 2019년 2월 21일 (목)
  - 과기정통부 과제 착수보고회

## 국제공동연구기획과제 2차년도 추진방향

<‘19.1.18(금), 기획총괄과>

LAMPS		일본 SPring-8, J-PARC	일본 1명 파견	1&2 단계 동시 진행
	<b>연구내용</b>			
KoBRA	해외 중이온가속기 시설을 이용한 실험 수행을 통해 KoBRA 활용 전문인력 양성 및 국제 경쟁력 있는 활용연구 발굴			
	일본 RIKEN CRIB, SAMURAI 그룹 등과 공동 실험 및 실험 주관 빔 모니터링 검출기(PPAC) 개발 시작하여 시스템 구축 (JINR과 공동 진행) 솔레노이드 기반 하전 입자 검출기 설계 완성 후 proto-type 제작 KoBRA 활용 제안서 및 Day-1 실험 상세 설계			
LAMPS	해외 중이온가속기 시설을 이용한 실험 수행을 통해 LAMPS 활용 전문인력 양성 및 국제 경쟁력 있는 활용연구 발굴			
	LAMPS 정기 진도점검 회의 개최를 통한 연구주제 발굴 해외 가속기 실험시설(KEK, J-PARC, Spring-8, GANIL) 방문 연구 LAMPS 참여 학생 대상 검출기 및 가속기 기초학교 SRC와 공동 개최			
MMS	국제 협력을 통해 MR-ToF 개발 및 이를 이용한 희귀동위원소 특성 연구 및 전문 인력 육성			
	국내외 공동연구 네트워크 구축 중고등학생 대상 대중강연 개최, MR-TOF 활용 제안서			

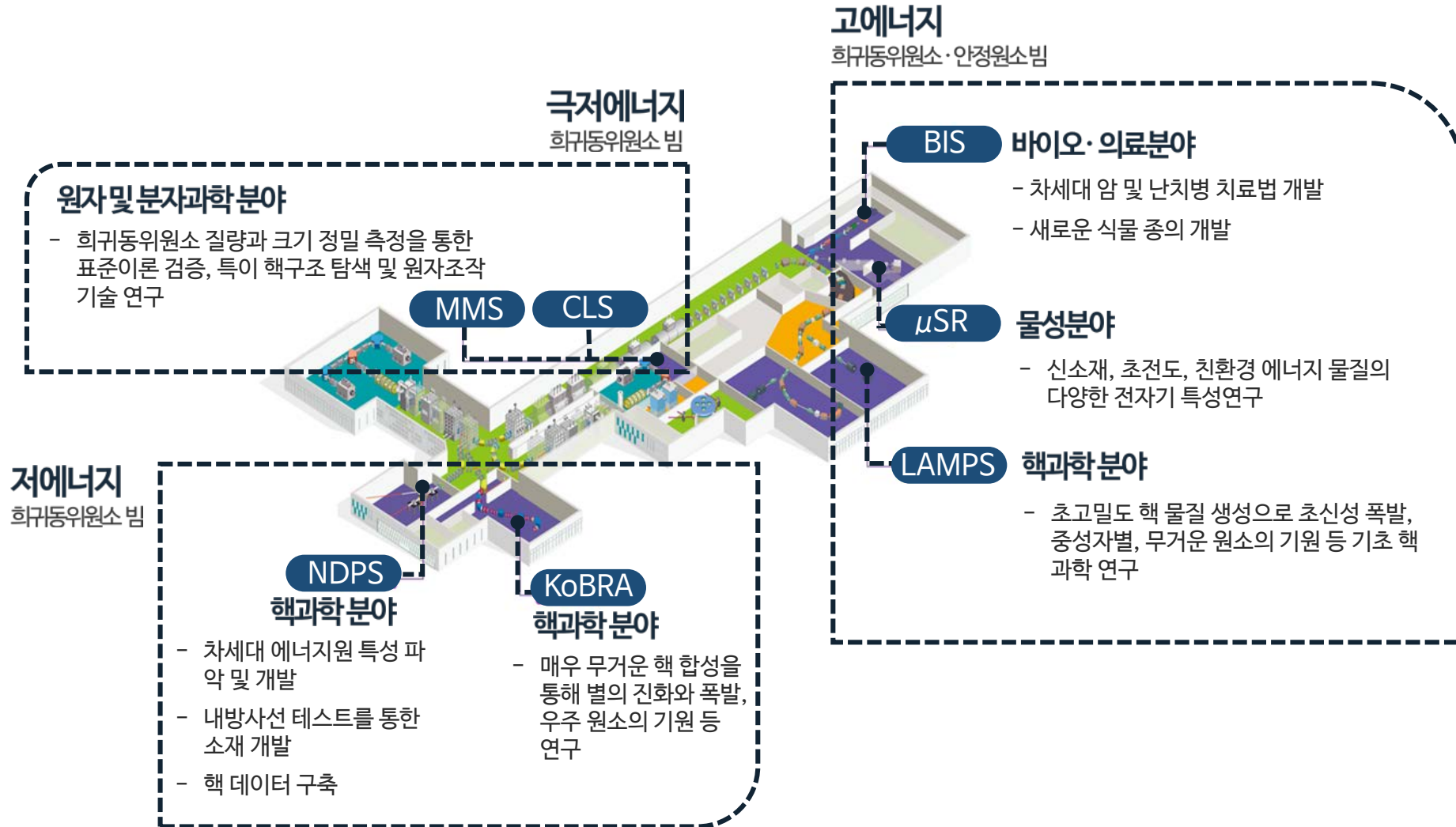
	연구내용		
<p>장치별 로드맵</p>	<p>1단계(국제협력, 네트워크 구축 및 과제 발굴-제안 단계) 필요한 장치 설계, 분야별 국제협력 파트너 발굴, 공동기획 과제 사전 조사, <b>빔타임</b> 확보 등</p>	<p>2단계(실질적인 공동연구 단계) 관련 검출기를 이용한 테스트, 효율적인 실험 설계 구상 가능한 연구과제명</p>	<p>3단계(최종 <b>연구목표</b>를 위한 대표 <b>연구주제명</b>) 공동연구 최종 목표 or 21년 라온 구축 후, 대표 과제명</p>
	<p>(검출기, 세부 장비 설계·제작) 중성자 검출기 성능 점검('19년 9월), 솔레노이드 자석, 시간투영검출기 제작('20년 6월) 및 성능점검('20년 12월), Target System, 빔 진단 검출 시스템 설계 및 제작('20년 9월), Trigger &amp; TOF 검출기 설계 및 제작 ('20년 8월)  (국제협력) He가스 시간투영검출기 (오사카대), J-PARC, SPring-8, KEK, BNL, GANIL 등 해외연구소와의 국제협력, 공동연구 추진</p>	<p>He가스 시간투영검출기를 이용한 (<math>\alpha, \alpha'</math>) 반응 연구</p>	<p>중이온충돌 실험을 통한 핵물질 대칭에너지 연구</p>

# 참고

## 분과별 목표 및 2019년 연구수행 계획

		연구내용																																																		
장치별 로드맵	<p><b>1단계(국제협력, 네트워크 구축 및 과제 발굴-제안 단계)</b></p> <p>필요한 장치 설계, 분야별 국제협력 파트너 발굴, 공동기획 과제 사전조사, <b>빔타임 확보</b> 등</p>	<p><b>2단계(실질적인 공동연구 단계)</b></p> <p>관련 검출기를 이용한 테스트, 효율적인 실험 설계 구상 가능한 연구과제명</p>	<p><b>3단계(최종 연구목표를 위한 대표 연구주제명)</b></p> <p>공동연구 최종 목표 or 21년 라온 구축 후, 대표 과제명</p>																																																	
LAMPS	<p>(key 공동연구)</p> <p>LAMPS와 검출기 디자인이 유사한 일본 SPring-8(Dr. Yosoi)와 J-PARC(Dr. Sako)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 공동연구를 위해 박사과정 1명 1년 파견</li> </ul> <p>GANIL 연구소의 FAZIA 실험 공동연구 모색 (Dr. Remi Bougault)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 공동연구를 위해 석사과정 1명 두 달 파견, 교수 1명 한 달 파견</li> </ul> <p>(Key 일반 인력양성)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>* 매년 석박사 과정 8명~10명 이상 수시 단기 파견 예정</li> </ul> <p>(로드맵)</p> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #002060; color: white;"> <th colspan="4">'19년</th> <th colspan="4">'20년</th> <th colspan="4">'21년</th> <th colspan="4">'22년</th> </tr> <tr style="font-size: small;"> <th>1Q</th><th>2Q</th><th>3Q</th><th>4Q</th> <th>1Q</th><th>2Q</th><th>3Q</th><th>4Q</th> <th>1Q</th><th>2Q</th><th>3Q</th><th>4Q</th> <th>1Q</th><th>2Q</th><th>3Q</th><th>4Q</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">← 1 단계 →</td> <td colspan="8" style="text-align: center;">← 2 단계 →</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">← 3 단계 →</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>(예산) '18년(5천만원), '19년(17천만원), '20년(12천만원), '21년(12천만원)                      (참여연구자 현황) 교수 7명, 박사후연구원 3명, 박사과정 8명, 석사과정 6명</p>				'19년				'20년				'21년				'22년				1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	← 1 단계 →				← 2 단계 →								← 3 단계 →			
'19년				'20년				'21년				'22년																																								
1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q																																					
← 1 단계 →				← 2 단계 →								← 3 단계 →																																								

# RAON 활용 연구 분야



# 01 사업 일반현황 연구 결과사업 개요 및 내용

## 1그룹 : KOBRA

- 희귀동위원소의 특이 구조 및 핵 반응 연구로 핵물리, 천체물리부터 응용 분야까지 연구 지평 확대
- KOBRA 빔라인에 대한 설계, 검출기, 전자회로 등 제작으로 실험 장치 기반 구축 및 사업화 활용

## 2그룹 : LAMPS

- 핵 물질 및 핵 반응 연구를 통한 핵의 상태방정식·구조 및 중성자별의 구조 이해
- LAMPS 실험에 사용되는 검출기, 소프트웨어 등의 국내 제작으로 실험 장치 기반 구축 및 사업화 활용

## 3그룹 : MMS

- 동위원소의 정밀한 질량 측정으로 원자핵 물리학 및 천체 물리학의 기초자료로 활용 가능
- 반도체 및 유전체 물질 효율 향상 탐구, 검출기, 환경, 안전, 원자력 분야 등 다양한 분야에 적용 가능

## 4그룹 : CLS

- 원자, 핵 구조 및 핵 정보 연구 등이 가능한 레이저 분광 정밀 측정 분석 기술 확보
- 응집물리, 의학, 핵물리 응용 분야 및 산업 분야에 기여 가능

## 5그룹 : $\mu$ SR

- 뮤온 빔을 이용한 신 물질, 신 에너지 및 비파괴 검사 기술 등 차세대 물질 및 기술 개발
- 뮤온 빔을 이용한 핵 구조 및 핵 반응 연구로 기초과학 이해도 증진

## 6그룹 : NDPS

- 기초 핵반응 데이터 생산 및 기술 개발을 통한 신물질, 에너지 원천 개발
- 의료 동위원소 및 영상 장치, 중성자 영향 연구, 사용 후 핵연료 문제 등 다양한 산업분야 응용 가능

## 7그룹 : BIS

- 중이온 빔 및 희귀동위원소 빔을 이용한 의·생명 기초연구 진행 및 차세대 암 치료법 개발
- 중이온 빔 이용 육종 연구 활성화 및 다양한 품종 개발
- 중이온 빔을 이용한 우주방사선 생체 영향평가 활용 가능

## 8그룹 : Theory

- 각 장치에서 활용 가능한 핵 구조·핵 합성 이론 모델 개발을 통한 이론 물리와 실험 물리 연계
- 이론 모델을 개발을 통해 RAON에서 실험 가능한 핵반응 및 데이터의 가이드 라인을 제공

## 연구목표 및 연구내용

### ■ 연구목표

중이온가속기 구축 전 **활용인력 및 전문가 육성, 국제연구그룹 형성, 글로벌 네트워크 구축** 등을 통해 활용연구 기반 마련

### ■ 성과목표

활용장치·분야별 국제공동연구팀 구성을 통한 활용도 제고 및 국제경쟁력 확보 방안 수립 및 진행

### ■ 연구내용

- 현재 개발 중인 중이온가속기 활용장치·분야 (KOBRA, LAMPS, MMS, CLS, NDPS, BIS,  $\mu$ SR, 이상 7개 장치+이론분야)별 **국제공동연구팀**을 「**라온활용협력센터**」에 구성 및 활동
- 국제공동연구팀을 통한 세계적 수준의 연구과제 발굴 및 기획
  - **국제 공동 연구과제 발굴 및 수립**
  - 연구의향서 (Letter of Intent) 수집
  - 「중이온가속기 활용연구 백서」 발간
- 중이온가속기 활용 홍보를 위한 전용 홈페이지 구축
- 국내/외 전문가 정기 워크숍 및 세미나 개최
- 세부 연구분야별 **신진연구자 국내외 연수** 추진 관리
- 해외 시설 활용 **국제공동연구** 수행 관리
- 「라온 활용연구 학교 (가칭)」 운영



# 라온활용연구학교

(2019년 2월 12-14일, IBS, 대전)

## ■ 강의 주제

- Detector and Target Systems for Nuclear Astrophysics
- Use of heavy ions for cancer treatment
- EFTs and ANCs: Introduction
- Medical Physics in Heavy Ion Therapy
- r-process network calculation and RAON
- Distorted wave analysis of direct nuclear reactions

## ■ 라온활용학교 프로그램

□ Day 1 : Feb. 12. (Tue)

시 간	제 목	발표자
10:00 ~ 10:30	Registration	
10:30 ~ 11:30	Welcome remarks	문창범 회장
11:30 ~ 12:20	EFTs and ANCs: Introduction I	박태선
12:20 ~ 14:00	Lunch	
14:00 ~ 15:00	Use of heavy ions for cancer treatment	박우윤
15:00 ~ 16:00	Detector and Target Systems for Nuclear Astrophysics I	채경욱
16:00 ~ 16:30	Break	
16:30 ~ 18:00	Particle Detectors and Data Acquisition	유인권
18:00 ~ 18:30	Move	
18:30 ~ 20:00	School dinner	

□ Day 2 : Feb. 13. (Wed)

시 간	제 목	발표자
09:30 ~ 11:00	Particle Detectors and Data Acquisition	유인권
11:00 ~ 11:10	Break	
11:10 ~ 12:20	EFTs and ANCs: Introduction II	박태선
12:20 ~ 14:00	Lunch	
14:00 ~ 15:00	Medical Physics in Heavy Ion Therapy	이세병
15:00 ~ 16:00	EFTs and ANCs: Introduction III	박태선
16:00 ~ 16:30	Break	
16:30 ~ 18:00	r-process network calculation and RAON I	김경일

□ Day 3 : Feb. 14. (Thu)

시 간	제 목	발표자
10:00 ~ 11:30	r-process network calculation and RAON II	김경일
11:30 ~ 11:40	Break	
11:40 ~ 12:50	Detector and Target Systems for Nuclear Astrophysics II	채경욱
12:50 ~ 14:30	Lunch	
14:30 ~ 15:30	Distorted wave analysis of direct nuclear reactions I	Sato Yoshiteru
15:30 ~ 16:30	Detector and Target Systems for Nuclear Astrophysics III	채경욱
16:30 ~ 17:00	Break	
17:00 ~ 18:00	Distorted wave analysis of direct nuclear reactions II	Sato Yoshiteru

■ 35명 참석

LAMPS 학생 몇 명 참여?

# RAON User Workshop 개최 준비

(2019년 4월 3- 5일, IBS, 대전)

Programs

Time	Title	Speaker
<b>Day 1: April 3 (Wed)</b>		
09:00 - 09:30	Registration	
09:30 - 09:40	Opening	
09:40 - 10:10	Overview of RAON	
10:10 - 10:40	TBD	[KOBRA] Gregory Rogachev (Texas A&M)
10:40 - 11:10	TBD	[KOBRA] L. Grigorenko (JINR)
11:10 - 11:30	Break	
11:30 - 12:00	ISOLDE Facility, physics highlights and applications in life sciences	[BIS] Maria Borge (ISOLDE, CERN)
12:00 - 12:30	TBD	[BIS] Angeles Faus-Golfe
12:30 - 14:00	Lunch	
14:00 - 14:30	TBD	[LAMPS] Bill Lynch (MSU)
14:30 - 15:00	Constraints on the symmetry energy parameters from proton scattering experiments at RCNP	[LAMPS] Atsushi Tamii (Osaka U)
15:00 - 15:30	Break	
15:30 - 18:00	Poster Session	
18:00 - 20:00	Dinner	

Programs

Time	Title	Speaker
<b>Day 2: April 4 (Thur)</b>		
09:00 - 9:30	TBD	[MMS] Maxime Brodeur (University of Notre Dame)
09:30 - 10:00	TBD	[MMS] Yuhu Zhang (IMP)
10:00 - 10:30	TBD	[CLS] Bruce Marsh (ISOLDE)
10:30 - 11:00	TBD	[CLS] Klaus Kwendt (Mainz)
11:00 - 11:30	Break	
11:30 - 12:00	TBD	[Theory] T. Kajino (U. of Tokyo, NAOJ, Beihang U.)
12:00 - 12:30	TBD	[Theory] C. A. Bertulani (Texas A&M U.)
12:30 - 14:00	Lunch	
14:00 - 14:30	TBD	[NDPS] TBD
14:30 - 15:00	TBD	[NDPS] TBD
15:00 - 15:30	Break	
15:30 - 18:00	Parallel sessions for in-depth discussions	
18:00 - 20:00	Dinner	

Programs

Time	Title	Speaker
<b>Day 3: April 5 (Fri)</b>		
09:30 - 10:00	TBD	[ $\mu$ SR] E. Morenzoni (PSI)
10:00 - 10:30	TBD	[ $\mu$ SR] Y. Miyake (J-PARC)
10:30 - 12:00	break & parallel sessions	
12:00 - 13:30	Lunch	
13:30 - 14:30	Plenary session to share outcomes from parallel discussions and for wrap-up	
14:30 - 18:00	Tour to RAON site	
18:00 - 20:00	Dinner	

- ❖ 사업단의 SPAC 회의 (4/1~2)와 연계 개최
- ❖ 국내외 전문가, 학생 등 90여명 참석 예상
- ❖ 장치 별 Day 1 실험 주제 논의 등 진행 예정

## 2차년도 총괄계획

- **운영위원회:** 세부별 진도 점검. 과제 전반 운영 및 의사 결정
- **자문위원회:** 2월, 11월 경 개최
- **홍보 및 저변확대**
  - 국립중앙과학관과 주기율표 150주년 기념 전시회 개최 (원소의 기원)
  - **소식지 발간**
  - 홈페이지 관리
  - 중이온가속기 활용 유관 학회 홍보
- **해외중이온가속기시설학부생 파견**
  - 신진 인력 양성 목적
  - RIKEN (일본), JINR (러시아) 등과 국내 대학생 대상 맞춤 교육 프로그램 협의 예정
  - 국내 대학생을 해외중이온가속기 시설에 1~2주 파견하여, 이론강의, 실험 및 견학을 통한 희귀동위원소과학분야 전공선택 동기 부여
- **RAON User Workshop 개최:** (4월 3~5일) 실험 계획 검증 및 해외 전문가 섭외
- **라온활용학교:** 년 2회 이상 개최 (분야 별로 별도 개최)
- **중이온가속기 활용연구 백서:** 초안 작성
- **ibs 활용연구단** 추진
- **연차워크숍:** 세부별 연구 결과 공유 및 토의

## 전체 예산

(단위: 천원)

세목			2018	2019	2020	2021	합계	
직접비	인건비	내부인건비	미지급	171,416	439,644	439,644	439,644	1,052,984
			지급		30,000			
		외부인건비	미지급					
			지급	14,572	93,328	154,533	154,533	478,171
	학생인건비							
	인건비 소계			14,572	123,328	154,533	154,533	478,171
	연구장비·재료비			3,000	239,100	85,350	68,750	242,450
	연구활동비	연구활동비	307,305	492,754	589,427	542,614	2,029,322	
		부가가치세	45,454	109,091	109,091	100,000	363,636	
	연구과제추진비			66,973	85,257	111,129	96,172	384,853
	연구수당							
	연구비소계			437,305	1,049,530	894,997	807,536	3,020,262
간접비			62,695	150,470	150,470	137,931	501,567	
연구비 총액			500,000	1,200,000	1,200,000	1,100,000	4,000,000	

## 그룹 별 예산

(단위: 천원)

세목			KOBR A	LAM PS	MM S	CLS	μSR	NDP S	BIS	Theor y	총괄	합계		
직접비	인건비	내부 인건비	미지급	22,320	37,368	8,460	14,400	172,800	22,116	52,020	110,160		439,644	
			지급					30,000					30,000	
		외부 인건비	미지급											
			지급	3,780	5,208	1,848	36,300	1,152	1,944	1,596	41,500		93,328	
	학생인건비													
	인건비 소계			3,780	5,208	1,848	36,300	31,152	1,944	1,596	41,500		123,328	
	연구장비·재료비			60,000	102,200			8,300	33,400	35,200			239,100	
	연구 활동비	연구활동비		60,000	48,000	62,610	53,400	50,200	61,900	82,200	53,000	21,444	492,754	
		부가가치세		15,286	20,742	8,624	10,672	10,672	11,802	15,196	12,992	3,105	109,091	
	연구과제추진비			8,000	23,400	9,890	2,300	2,348	4,500	12,000	17,500	5,319	85,257	
	연구수당													
연구비소계			147,066	199,550	82,972	102,672	102,672	113,546	146,192	124,992	29,868	1,049,530		
간접비			21,085	28,609	11,896	14,720	14,720	16,279	20,959	17,920	4,282	150,470		
연구비 총액			168,151	228,159	94,868	117,392	117,392	129,825	167,151	142,912	34,150	1,200,000		

# 세부그룹 연차별 연구 계획

	1차년도	2차년도	3차년도	4차년도
<b>RAON-1 KOBRA</b>	- 국제공동연구 확대 - MSU 및 Notre Dame 협력관계 구축 - BLTP 협력관계 구축	- KOBRA collaboration 확대 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - KOBRA Day 1 실험 주제 정립	- KOBRA collaboration 확대 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 검출기 및 관련 장비 제작 계획 수립	- KOBRA collaboration 확대 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 검출기 및 관련 장비 제작 계획 수립 - 실험 데이터 분석
<b>RAON-2 LAMPS</b>	- RIKEN, MSU/NSCL 공동연구 지속 및 협력관계 구축 - SPring8, JPARC 협력 관계 구축	- The LAMPS collaboration 구성/확대 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 첨단 검출기 및 관련 장비 제작 계획 수립	- The LAMPS collaboration 구성/확대 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 첨단 검출기 및 관련 장비 제작 계획 수립	- The LAMPS collaboration 구성/확대 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 첨단 검출기 및 관련 장비 제작 계획 수립
<b>RAON-3 MMS</b>	- KEK 협력관계 구축 - 국내 MR-TOF 그룹 구축 - 연구인력 양성 프로그램 구축	- 국제 공동연구 네트워크 확장 - 연구 주제 발굴 및 수립 - 신진 연구인력 양성 프로그램 운영	- 해외 시설의 국제 공동연구 네트워크 확장 - 연구 주제 발굴 및 수립 - 신진 연구인력 양성 프로그램 운영	- 실험 결과 발표 - 연구 주제 발굴 및 수립 - 신진 연구인력 양성 프로그램 운영
<b>RAON-4 CLS</b>	- 6개국 방문 협력 모색 - 해외 CLS에서 출판된 자료 수집 및 분석 - 대학원생 파견 공동연구 결정	- CLS collaboration 구성 및 해외 가속기 연구소와의 구체적인 교류협력 방안 수립 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 해외 연구소에 연구원 파견을 통한 CLS 실험 수행	- CLS collaboration 구성 및 해외 가속기 연구소와의 구체적인 교류협력 방안 수립 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 해외 연구소에 연구원 파견을 통한 CLS 실험 수행	- CLS collaboration 구성 및 해외 가속기 연구소와의 구체적인 교류협력 방안 수립 - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립 - 연구인력 양성 프로그램 추진 - 해외 연구소에 연구원 파견을 통한 CLS 실험 분석 수행 후 논문 출판
<b>RAON-5 μSR</b>	- 위상 초전도체 물질에 관한 μSR 실험 - 해외 유은 연구소와 협력관계 구축 및 신진 연구인력 장단기 파견	- 국제공동연구 실험 수행 - 해외가속기 연구소와의 교류협력 방안 수립 - 해외 대형 연구소에 인력 파견 - 미래 연구 주제 발굴 및 유은 빔라인 효율 개선	- 국제공동연구 실험 수행 - 해외 대형 연구소에 인력 파견 - 미래 연구 주제 발굴 및 유은 빔라인 효율 개선	- 국제공동연구 실험 수행 - 해외 대형 연구소에 인력 파견 - 미래 연구 주제 발굴 및 유은 빔라인 효율 개선
<b>RAON-6 NDPS</b>	- $^{103}\text{Rh}(n, \gamma)$ 분석 - 큐슈대 협력관계 구축 - GANIL 협력관계 구축	- $^{103}\text{Rh}(n, \gamma)$ 공명 분석 - GELINA 인력 파견 - HIMAC 가속기 Xe 빔 충돌 실험 및 분석 - GANIL 공동연구	- $^{140}\text{Ce}(n, \gamma)$ 실험 및 데이터 분석 - GELINA 인력 파견 - HIMAC 가속기 충돌 실험 및 분석 - SBS의 상세설계	- $^{140}\text{Ce}(n, \gamma)$ 실험 및 데이터 분석 - GELINA 인력 파견 - HIMAC 가속기 충돌 실험 및 분석
<b>RAON-7 BIS</b>	- BIS관련 외국 시설 파악 및 기존 성과 분석 - BIS이용 연구계획 수립 - 외국시설이용실험준비 - 인력양성 계획 수립	- BIS 장치 설치 및 활용 체계 구축 지원 - BIS 활용 연구를 위한 과제 기획 및 발굴 - 중이온빔 이용 예매 연구 수행 - 인력 양성	- BIS 장치 설치 및 활용 체계 구축 지원 - BIS 활용 연구를 위한 과제 기획 및 발굴 - 중이온빔 이용 예매 연구 수행 - 인력 양성	- BIS 장치 설치 및 활용 체계 구축 지원 - BIS 활용 연구를 위한 과제 기획 및 발굴 - 중이온빔 이용 예매 연구 수행
<b>RAON-8 Theory</b>	- 특이 중이온 핵구조 연구 모델 연구 - 대학원생 해외 파견 연구	- 중이온 생성 특이 핵구조 연구 - 중이온 열핵반응 연구 - 중이온 핵반응 응용 연구 - 신진 연구 인력 양성	- 중이온 생성 특이 핵구조 연구 - 중이온 열핵반응 연구 - 중이온 핵반응 응용 연구 - 신진 연구 인력 양성	- 중이온 생성 특이 핵구조 연구 - 중이온 열핵반응 연구 - 중이온 핵반응 응용 연구 - 신진 연구 인력 양성

## RAON-2 : LAMPS (Large Acceptance Multi-Purpose Spectrometer)

### ■ 연구개발목표

해외 중이온가속기 시설을 이용한 실험 수행을 통해 LAMPS 활용 전문인력 양성 및 국제 경쟁력 있는 활용연구 발굴

### ■ 성과목표

고에너지 핵물리 분야에서의 LAMPS 활용 전문인력 양성 및 활용 분야 국제 경쟁력 확보 방안 마련

### ■ 연구내용

- 해외 중이온가속기 시설을 이용한 실험의 수행을 통해, 향후 LAMPS를 이용한 핵물질의 대칭에너지, 상전이, 핵반응 연구 관련 국제 경쟁력 확보
  - 해외가속기 연구소와의 교류협력 방안 수립
  - 국제공동연구 과제 발굴 및 수립
- LAMPS Collaboration 구성 및 확대
- 대학원생, 박사후연구원 등의 신진 연구 인력의 해외 기관 파견을 통한 연구인력 육성 및 확대
  - 국제공동연구 과제를 통한 대학원생 및 박사 후 과정 인력 양성
- 첨단 검출기 제작 계획 마련

### ■ 연구성과물:

- 국제공동연구 과제계획서, 연구의향서
- 연수결과보고서, 연구결과보고서, 출판논문
- 검출기 제작계획서



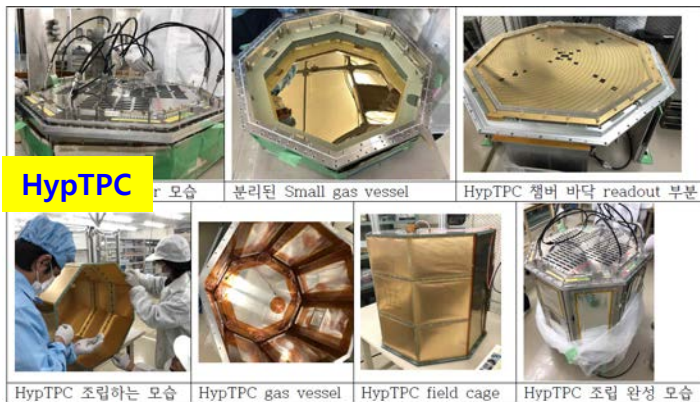
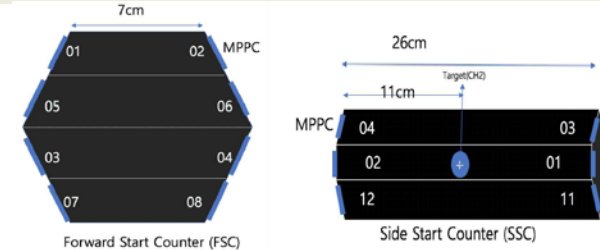
## RAON-2 (LAMPS) 연구성과

**연구참여자** 김은주(전북대), 권민정(인하대), 김용선(세종대), 문동호(전남대), 안정근(고려대), 우종관(제주대) 외 **대학원생 16명**

**연구목표**

- SPring-8 시설 이용 : LAMPS 솔레노이드와 가장 유사한 LEPS2 스펙트로미터 검출기 개발 참여와 설치 운용
- J-PARC 시설 이용 : HypTPC 스펙트로미터 이용 J-PARC E42/E45/E72 실험 준비와 참여
- 독일 GSI, 프랑스 GANIL, 미국 연구소 국제공동연구 참여 추진

- **일본 Spring-8 LEPS2 시설, 2회 방문 (2018/9 노가영, 2018/11 양현민)**
  - 솔레노이드 스펙트로미터의 TPC 데이터 해석과 RPC ToF 검출기 제작 참여
  - LAMPS ToF/Trigger Counter 개발에 직접 응용 가능함
  - LEPS 시설에서 새로운 Aerogel Cherenkov 검출기 개발에 참여
- **일본 토호쿠 대학교, 1회 방문 (2018/10 양현민)**
  - 토호쿠 대학 CYRIC의 양성자 빔을 이용한 prototype Aerogel Cherenkov Counter 테스트 참여



- **일본 J-PARC 시설 : HypTPC 실험 참여, 4회 방문 (2018/9 김신형, 2018/7, 2018/9, 2018/10 정우승)**
  - 일본 J-PARC의 E42 실험에 있는 HypTPC는 LAMPS TPC와 유사 사양을 가지고 있음
  - HypTPC HIMAC 빔 테스트 데이터 분석. LAMPS TPC 운용에 응용 가능
  - HypTPC Hodoscope용 전자장비 개발에 참여, 우주선 테스트 참여
  - LAMPS 솔레노이드 자석 안 플라스틱 섬광체 검출기의 readout 후보인 MPPC 시간 분해능 측정 실험
- **일본 J-PARC 시설 : E40 실험, 3회 방문 (2018/10 강병민, 2018/10 양현민, 2018/12 강병민)**
  - 일본 J-PARC의 E40 실험용 Large Aerogel Cherenkov(LAC) 검출기 개조 작업에 참여
  - LAC 검출기 우주선 테스트 참여

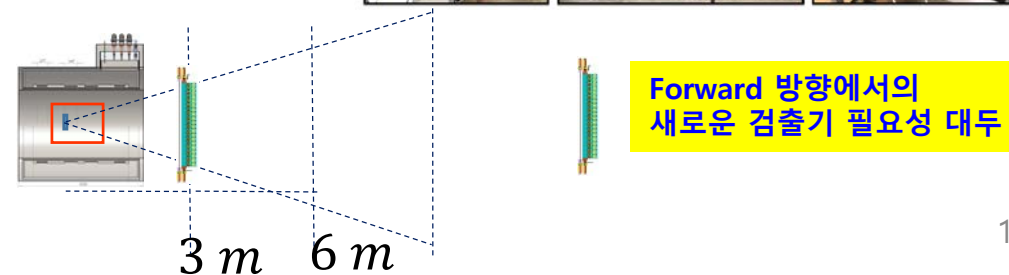


• **학술대회 발표**

- NuSYM 2018 ( 8<sup>th</sup> International Symposium on Nuclear Symmetry Energy (대한민국, 부산)
  - 이종원 (9월 11일) : An application of 500 Msps FADC DAQ system to the NSCL LANA Detector
  - 심현하 (9월 13일) : Performance of prototype neutron detectors for large-acceptance multipurpose spectrometer at RAON
- NorthEast Asian Symposium 2018 (일본 나고야)
  - 문동호 (9월 20일) : Current Status Report of Large Multi-Purpose Spectrometer(LAMPS) Facility at RAON
- 한국물리학회 2018 가을 학술논문 발표회 (대한민국, 창원)
  - 이종원 (10월 26일) : LAMPS 중성자검출기 제작과 성능측정 결과
  - 곽필준 (10월 26일) : Status report for CsI detector performance test with various radioisotopes
- ATHIC 2018 (The 7<sup>th</sup> Asian Triangle Heavy-Ion Conference) (중국, 합비)
  - 이종원 (11월 6일) : LAMPS at RAON

• **LAMPS 실험장치 검출기 현황**

- 중성자 검출기 : 제작 완료, 우주선 테스트 준비 중
- Target System : 자료 제작
- Full Analysis Package 구축의 필요성 논의 : 세종대가 하기로 함.
- 빔 진단 검출기(전남대), ToF/Trigger 검출기(고려대), Start 검출기(인하대) 연구개발의 필요성 및 시급성에 대한 논의하고, 주관참여기관을 정함. 검출기 사양을 위한 전산모사, 시제품 제작 등 본격적인 연구개발에 대한 계획 수립



## LAMPS 국제공동연구그룹 구성 상태

- 고려대학교 : 홍병식, 안정근
  - 전북대학교 : 김은주
  - 전남대학교 : 문동호
  - 인하대학교 : 권민정
  - 제주대학교 : 우종관
  - 세종대학교 : 김용선
  - 중이온가속기사업단(RISP) : 김영진
- 국제공동연구그룹을 구성하기 위한 첫 회의 : NuSYM2018 참석 해외연구자들과 회의를 함. 다음과 같은 조언을 받음.

<Organizing International collaboration>

Remark: Government supports funds for international networking to boost up making international collaborations. They are eager to see the first mile stone of the international collaboration.

Prof. Hong's suggestion: send a draft of the dedicated letter to the candidate of the international collaborators. If you are interested in participating in the future, you can sign and send it back to him with the expression of your interest.

Comments:

- To get really people involved, organize works not only with technical development but also with physics topics (emphasizing the uniqueness of the physics in LAMPS)
- Hold workshop dedicated to talk about the physics, and this would make easier to make a collaboration
- Organizing advisory group



- Northeast Asian Symposium 2018과 ATHIC 2018에서 LAMPS 관련 발표 : 국제학술회의에서의 적극적 LAMPS 소개 활동 중



## RAON-2 (LAMPS) 2차년도 연구계획

**연구참여자** 김은주(전북대), 권민정(인하대), 김용선(세종대), 문동호(전남대), 안정근(고려대), 우종관(제주대) 외 **대학원생 16명**

**연구목표 (2차년도)**

- SPring-8 시설 이용 : LAMPS 솔레노이드와 가장 유사한 LEPS2 스펙트로미터 검출기 개발 참여와 설치 운용
- J-PARC 시설 이용 : HypTPC 스펙트로미터 이용 J-PARC E42/E45/E72 실험 준비와 참여
- 독일 GSI, 프랑스 GANIL, 미국 BNL 연구소 등 국제공동연구 참여 및 협력체계 구축 추진
- 세부검출기별 연구개발 착수

	연구추진계획
중성자검출기	- 우주선 테스트 자료 분석
빔진단검출기	- 전산 모사 (4개월), 시제품 제작 및 DAQ 시스템 구축 (6개월), 빔 테스트 (2개월)
Barrel/ToF Counter	- 검출기 종류와 성능지표를 전산 모사 연구로 결정 - 시제품 제작, 우주선 테스트
Start Counter	- 검출기 종류와 사양을 전산 모사 연구로 결정 - R&D를 통해 제품 제작 준비
Drift Chamber (Forward Direction)	- LAMPS Forward 영역에서의 새로운 검출기가 필요 - Spring-8 / LEPS2 그룹과 개발 계획 세울 예정, 시제품 제작, 우주선 테스트 수행
AT-TPC	- 저 에너지 LAMPS 실험을 위한 AT-TPC 시제품 제작 준비, 관련 소프트웨어 초기 버전 개발 - 빔 테스트 및 성능 평가 준비
Full Analysis Package 구축	- sPHENIX Reconstruction Package 조사, Full Chain Analysis Package 개발 착수
입자 판별 및 LAMPS Physics 조사	- 입자판별법에 대한 연구 - LAMPS에서의 연구 가능한 물리 발굴

- J-PARC, Spring-8/LEPS : 1차년도와 마찬가지로 공동연구 프로젝트에 참여연구원 파견 예정
- BNL 등 : sPHENIX 소프트웨어 및 sPHENIX TPC 조사 등을 위해 방문 예정
- 검출기 연구개발과 빔 테스트 실험을 위해 일본 연구소 방문 계획 중 (RIKEN 혹은 토호쿠 대학교)
- 국제 협력 연구 체제 구축을 위해 GANIL 방문 추진 예정

# RAON-2 (LAMPS) 완공 후 연구계획

## ▪ Possible Day-1 experiment

- 가속기의 ramp-up 일정 및 전달 가능한 빔에 대한 고려가 필요
- 초기 ramp-up 일정에 따라 가능한 빔, 즉 gas ion source 를 이용한 빔, Ar 또는 O 빔을 이용한 전체 검출기 성능테스트 가능
- $^{40+x}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ ,  $x = 0, 10, 14$  실험 :  $^{40}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ 의 경우 GSI 실험데이터가 일부 존재, 비교 가능
- IF separator의 commissioning이 완료된 경우
  - Primary beam으로 Xe 요청, 이를 이용 IF separator에서 분리된 희귀동위원소 빔 사용 가능 :  $^{50,54}\text{Ca} + ^{40}\text{Ca}$ ,  $^{68,70,72}\text{Ni} + ^{58}\text{Ni}$ ,  $^{106,112,124,130,132}\text{Sn} + ^{112,118,124}\text{Sn}$  실험 수행
- IF separator의 commissioning이 완료되지 않은 경우
  - Ar 혹은 Xe 빔을 이용, 고체 표적 (예 : KCl 혹은 CsI)에 충돌시키는 실험을 고려 중 (Ar + KCl, Xe + CsI의 경우 : GSI 실험 데이터가 일부 존재하여 비교 가능)

## ▪ 대칭에너지 연구 : 핵의 상태방정식 및 천체물리학(예 : 중성자별 등)과 관련

- 다양한 빔, 에너지, 충돌시스템을 통한 실험적 관측
- Observables : charge equilibrium, particle ratio, pion ratio, collective flow, electric dipole emission

## RAON-2 (LAMPS) 완공 후 연구계획

	1단계 (~2025)	2단계 (2026~2030)	3단계 (2031~2040)
극한 핵물질 및 중성자별의 상태 연구	<b>Low-energy reaction</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cluster linear chain of <math>\alpha</math> clustering in <math>^{14}\text{C}</math> (<math>^{10}\text{Be}+\alpha</math>, <math>^6\text{He}+2\alpha</math>)</li> <li>Cluster state of <math>^{12}\text{Be}</math> (<math>^8\text{He}+\alpha</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Neutron-rich C isotopes</li> <li>Clustering dependence on molecular states using <math>^X\text{C}(a,a')</math> with <math>X = 14 - 20</math></li> <li>Study of Dipole emission with <math>^{36}\text{Ar}+^{96}\text{Zr}</math> and <math>^{32}\text{S}+^{100}\text{Mo}</math> for comparison</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Study of Dipole emission using <math>^X\text{Sn}+^Y\text{Sn}</math> with <math>X=106, 112, 124, 130, 132</math> and <math>Y=112, 118, 124</math></li> </ul>
	<b>High-energy reaction</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Study of Isospin mixing at <math>\sim 50\text{A MeV}</math> using               <ul style="list-style-type: none"> <li><math>^X\text{Ca}+\text{Pb}</math> with <math>X=50, 54, 60</math></li> <li><math>^X\text{Ni}+\text{Pb}</math> with <math>X=68, 70, 72</math></li> <li><math>^X\text{Sn}+\text{Pb}</math> with <math>X=112, 124, 130, 132</math></li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Study of Isospin mixing in <math>^{124}\text{Sn}+^{112}\text{Sn}</math>, <math>^{112}\text{Sn}+^{124}\text{Sn}</math>, <math>^{124}\text{Sn}+^{124}\text{Sn}</math>, <math>^{112}\text{Sn}+^{112}\text{Sn}</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Study of Dipole emission in <math>^X\text{Sn}+^Y\text{Sn}</math> with <math>X=106, 112, 124, 130, 132</math> and <math>Y=112, 118, 124</math></li> <li>Isospin dependence of directed and elliptic flow in <math>^{124}\text{Sn}+^{112}\text{Sn}</math>, <math>^{112}\text{Sn}+^{124}\text{Sn}</math>, <math>^{124}\text{Sn}+^{124}\text{Sn}</math>, <math>^{112}\text{Sn}+^{112}\text{Sn}</math></li> </ul>

# 논의 사항

- 4월 workshop
  - 해외초청연사 : Prof. Lynch, Prof. Atsushi
  - Parallel session (국내 연사?), poster session
- 김영진 박사님 이메일 : SPAC 관련 report (due : 3월 8일)
- 활용연구백서 준비
  - 2019년 초안 완성할 계획
  - 구체적 실험 계획이 백서에 포함되어야 함
- LAMPS homepage 구축 : 이종원 박사
  - 권민정 교수님 2월 이메일 참고
- 신규참여연구원 등록 : 3월 14일?
- 2019년도 연구비 사용 계획
- 다음 회의 날짜 및 장소

# 연구비 예산 (재료비와 국외 여비)

## 빔진단 검출기 용 DC prototype 제작 관련 비용 (전남대)

wire 구매	200,000	1m 당 2달러, 100 m role 구입
검출기 housing 및 PCB board 제작	5,000,000	
가스 시스템 제작	5,000,000	
NIM crate	5,000,000	
NIM HV module	7,000,000	4 channel
VMC crate	9,000,000	controller 포함
FADC	5,000,000	500 MHz
우주선테스트를 위한 트리거 카운터 제작	10,000,000	
	<b>46,200,000</b>	

## Barrel/ToF Counter (고려대)

prototype 제작 **20,000,000**

## Drift Counter (고려대)

prototype 제작 **20,000,000**

## AT-TPC (세종대)

prototype 제작 **10,000,000**

## Liquid Scintillator Prototype test(제주대)

액체섬광체 구입 2,000,000  
 PMT 구입 4,000,000  
**6,000,000**

**102,200,000**

제주대	미국, 유럽 : 250만원 x 2회 x 인	5,000,000
	중국 : 150만원 x 2회 x 인	3,000,000
세종대	AT-TPC 빔테스트 일본 1회	1,000,000
	software package 개발관련 미국 BNL 1회	2,500,000
	국제학회 발표 1회	1,500,000
전북대	미국/일본/유럽 연구소 방문 1회	2,500,000
전남대	미국/일본/유럽 연구소 방문 1회	2,500,000
인하대	미국/일본/유럽 연구소 방문 1회	2,500,000
고려대	학생 파견 20회 (2018년도의 경우 총 10회)	20,000,000

**40,500,000**

## 연구비 사용시

**꼭 LAMPS 활용연구와의 관련성 및 적정성을  
 한번 더 검토해 주시기 바랍니다!!**



# 11월 9일 회의록 : 기타사항

## 4. 기타사항

- 안정근(고려대) : Forward 영역에서의 새로운 검출기(DC)의 필요성을 제기함.
- 국제공동그룹의 결성 뿐만 아니라 향후 여러 상황을 고려했을 때, LAMPS 검출기에 대한 최근 정보가 포함되고, beam quality, beam parameter 등과 관련, 가능한 physics 등이 구체화된 Report(TDR???) 형태의 문서가 필요하다는 의견이 제시됨.
- 이종원(고려대) : LAMPS homepage를 구축하기로 함. (Due : 11월 30일)
  - 관련 자료, 논문, 프로시딩을 upload하기로 함.
  - LAMPS 검출기 최근 사양 등을 upload하기로 함.
  - 자료의 중요성을 판단, public, private하게 공개 여부 결정해야 함.
- LAMPS Full Simulation package 구축 : 언젠가는 해야 할 부분임
  - 김용선(세종대) : 산재되어 있으나 주로 고려대에 존재할 것으로 보이는 LAMPS simulation package (주로 TPC, 중성자검출기), 분석 software등을 파악, 작동 여부를 조사, 정리하기로 함. 즉 기존 패키지와 사용법을 한군데 (git) 모을 예정. LAMPS의 누구라도 손쉽게 사용 및 개발에 참여할 수 있는 framework 구축이 목표
- 주기적인 Physics discussion 모임의 필요성이 제기됨. 언제, 어디서, 어떻게?