

10. 학사논문 지도교수: 여 재 익

- 10-1. 고에너지 열유체 해석을 위한 차세대 전산해석1
- 10-2. 고에너지 열유체 해석을 위한 차세대 전산해석2
- 10-3. Matlab을 활용한 고에너지 열유체 문제 해석
- 10-4. 차세대 연료 (알루미늄 입자) 점화 특성 연구
- 10-5. 펄스에너지 기반의 소규모입자 가속 시스템 개발
- 10-6. 무통증 레이저주사기 시스템 개발
- 10-7. 그린 항공기 emission 측정기술장치 개발
- 10-8. 플라즈마 분광을 통한 달 (우주) 탐사

실험실: 고에너지 응용 연구실 XCL(eXtreme Energy Lab.)

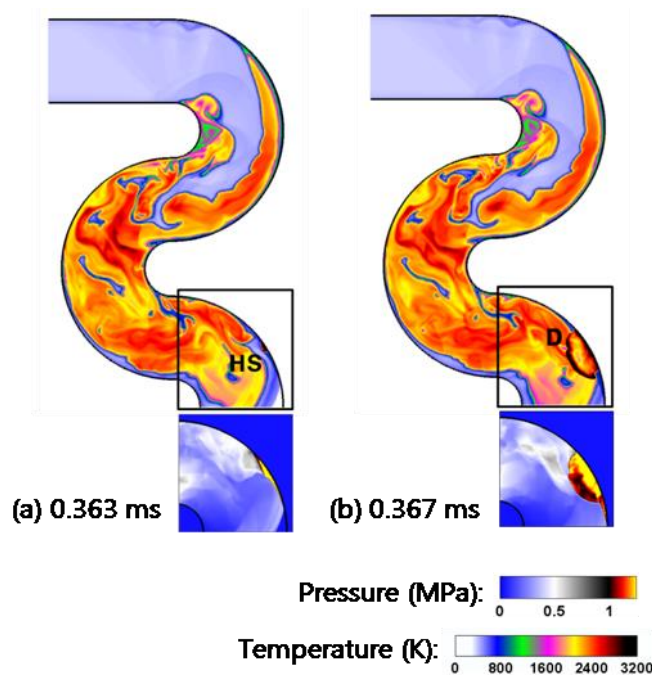
연구실 홈페이지: <http://ecl.snu.ac.kr/>

교수 연락처: (02) 880-9334, E-mail: jjyoh@snu.ac.kr

담당조교: 이석환 (02) 880-1507, E-mail: lsh84@snu.ac.kr

10-1. 고에너지 열유체 해석을 위한 차세대 전산해석1

연소 현상은 크게 정상 화염으로서의 폭연과 비정상 화염으로서의 폭굉으로 나누어 볼 수 있다. 여기서, 폭굉은 초음속 화염으로서 큰 압력과 밀도의 변화를 가지게 되어 구조물 손상 및 인명 피해를 발생시킬 수 있다. 예를 들어 자동차의 노킹의 경우, 엔진 수명 단축 및 효율 감소 현상을 유발하고 연료를 이송하는 관에서의 갑작스런 화재가 폭굉으로 발전할 경우, 이송관 뿐만 아니라 주위 구조물 및 인명에 큰 피해를 줄 수 있다. 일반적으로, 정상적인 화염 전파 조건에서 폭연이 폭굉으로 발전하기는 쉽지 않다. 하지만 연소폭발천이(DDT) 현상을 거치면서 폭굉으로 발전할 수 있기 때문에 이에 대한 많은 연구가 진행되고 있는데 본 연구 또한 DDT 현상에 관련된 기초 및 응용 연구로서 장애물을 포함하는 굽은 관을 사용하여 지형적 변화에 의해 유도되는 반사 충격파와 화염의 상호 작용에 대한 연구를 수행하고 있다. 아래의 그림 1은 굽은 관에서의 폭굉 천이에 의한 압력 상승을 확인할 수 있으며 그림 2에서는 이러한 DDT 현상을 충격파의 강도와 장애물의 크기에 따라 표로 만든 것으로서 장애물이 크고 충격파의 강도가 강할수록 DDT 촉발에 유리함을 확인할 수 있다.



U자 튜브내부에서 충격파가 에틸렌-공기 화염과 반응할 때 온도와 압력 전산해석

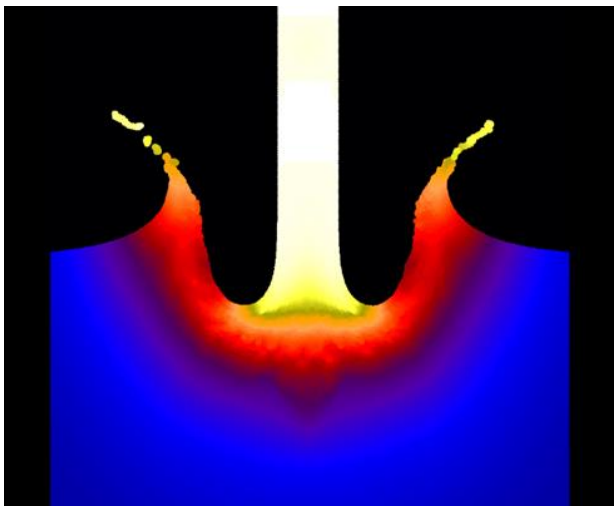
담당조교 : 박민철 (mc4444@snu.ac.kr)

10-2. 고에너지 열유체 해석을 위한 차세대 전산해석2

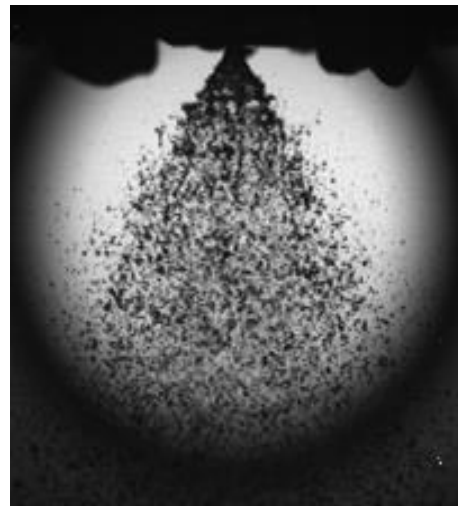
Smoothed Particle Hydrodynamics(이하 SPH)는 CFD(전산유체역학)의 한 방법론으로서 일반적으로 널리 알려져 있는 Eulerian 기법과 반대되는 Lagrangian 기법의 유체해석 방법이다. 일반적인 Eulerian 기법이 mesh와 같은 공간상에 고정되어있는 격자를 사용하여 유체 유동을 계산하는 반면 SPH는 Particle을 사용하여 유체 유동의 계산을 수행하게 된다. 이 Particle은 공간상에 고정되어 있지 않고 이동할 수 있으며, 각 Particle들이 질량을 갖고 압력과 밀도, 온도 등 열역학적 properties를 갖고 있다. 쉽게 말해 실제현상에 있어서 분자들의 거동을 예측하는 기법이라고 할 수 있다.

이러한 SPH의 특징으로 인해 서로 다른 상의 물질들이 구분되어야 할 필요가 있는 multi-phase flow등을 묘사하는데 장점을 가지며, 또한 세세한 입자들의 묘사가 중요한 물리현상(ex: 알루미늄 입자를 이용한 열폭압 폭탄, 로켓 인젝터의 연료-산화제의 atomization 현상 묘사) 등에 있어서 특화된 강점을 가지고 있다.

본 연구실에서는 이러한 SPH 기법의 전문가(박사 후 과정)와 함께 로켓 인젝터의 atomization & 그 후의 연소현상 묘사 그리고 고 에너지 열 유체의 해석을 묘사할 수 있는 툴을 개발하는 것을 목표로 하고 있다.



SPH를 이용한 액체 제트 현상 및 Blast Wave 묘사



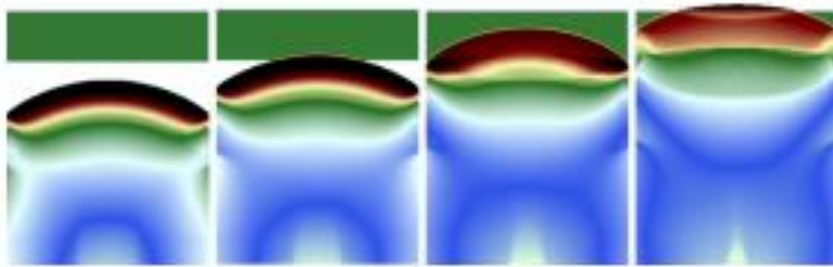
로켓 인젝터의 연료/산화제 고압 분무시 atomization

10-3. Matlab을 활용한 고에너지 열유체 문제 해석

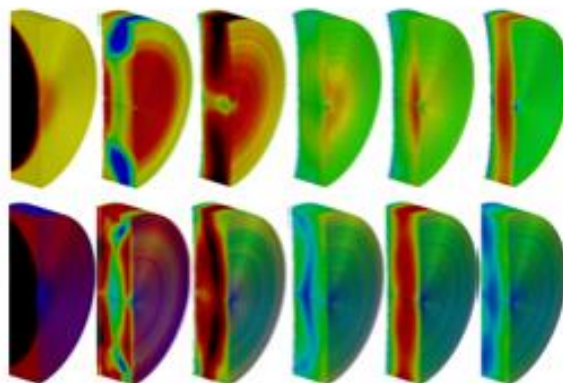
서울대학교 익스트림 에너지 연구실에서는 고에너지 열유체 문제 해석을 위해 hydrocode를 자체적으로 개발 및 연구하고 있다. C언어로 만들어진 이 프로그램은 여러 상황에 적용 가능하며 실제 실험 결과와 유사한 수치를 얻을 수 있을 만큼 발전해 왔다. 하지만 이것은 C 컴파일러 상에서 실행시켜야 하기 때문에 일반인은 사용이 힘들고, 물체의 크기 등을 바꾸려면 코드 상에서 해당 구문을 직접 찾아 변경해야 하는 등 직관적이지 않기 때문에 배포가 어렵다는 단점이 있다. 이것을 보완하기 위한 방법으로 해당 코드를 matlab 상에 구현하는 동시에 보다 개선시키는 연구가 진행 중이다.

Matlab으로 쓰여진 코드는 보다 직관적이어서 이해하기 쉽고, 필요할 경우 그래픽 유저 인터페이스(GUI)를 활용하여 간편한 프로그램을 만드는 것이 가능하다. 이를 위해서 C 소스 파일을 matlab 파일로 변환해야 하는데, 여러 기호와 구문을 조정하는 과정을 체계적으로 정리해 두어야 한다. 한편 matlab의 계산 속도가 상대적으로 느린 것을 보완하기 위해 벡터화 등의 최적화 방법을 고안할 필요가 있다.

본 연구실에서는 고에너지 열유체 문제를 광범위하게 분석할 수 있는 GUI Solver를 개발 및 배포하는 것을 목표로 하고 있다.



Gap 테스트에서의 폭굉 화염 전파



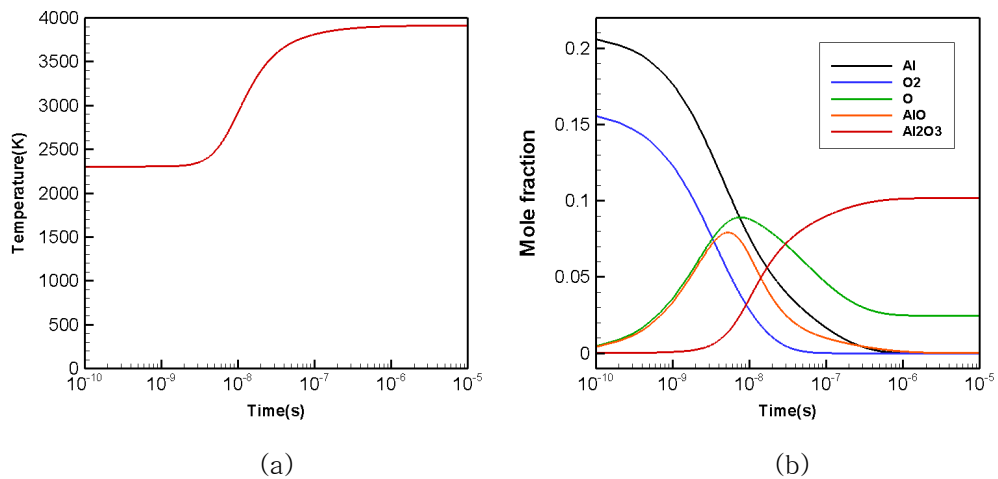
Gap 안에서의 밀도장

담당조교 : 이웅현 (fjfjfjf92@snu.ac.kr)

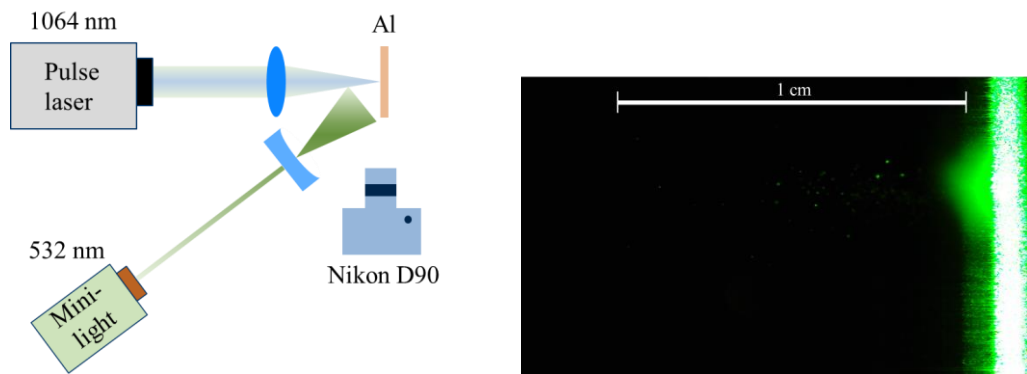
10-4. 차세대 연료 (알루미늄 입자) 점화 특성 연구

알루미늄은 부피, 중량 대비 가지는 발열량이 크기 때문에 로켓의 추진제나 화약에 입자 형태의 첨가물로 널리 사용되고 있다. 때문에 알루미늄 입자의 점화 및 연소 특성에 대한 연구가 수행되어야 한다. 본 연구실에서는 알루미늄과 산소의 화학 반응식을 이용한 알루미늄 입자의 점화 특성 해석 연구가 수행 중이며 아래 그림 1은 해석을 통한 알루미늄 입자의 온도와 반응 화학 종의 몰 손실을 나타낸 것이다.

또한 레이저 착마 기술을 이용한 알루미늄 입자의 생성과 연소를 가시화하며, 분광기 기법을 통한 점화 및 연소시간 측정을 수행중에 있다.



알루미늄 입자 점화 해석 모델 결과 : (a) 온도, (b) 화학반응 종의 몰 손실.



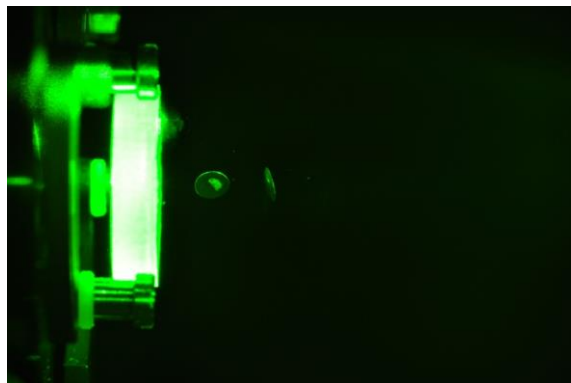
알루미늄 입자 생성 실험 장치 설정과 가시화 결과.

담당조교 : 이경철 (lkc@snu.ac.kr)

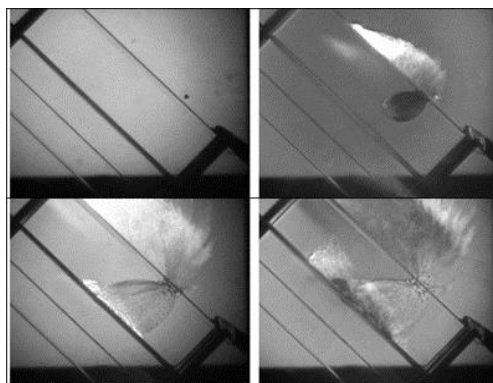
10-5. 펄스에너지 기반의 소규모입자 가속 시스템 개발

고출력 펄스 레이저 빔이 물질에 매우 짧은 시간 조사되면 물질의 일부분이 매우 빠르기 기화되고 플라즈마가 발생한다. 플라즈마는 물질의 제4의 상태로 이온핵과 자유전자로 이루어진 입자들의 집합체이다. 발생한 플라즈마는 주변으로 매우 빠르게 퍼지면서 충격파를 발생시키는데 이러한 충격파를 이용하여 macro사이즈의 작은 물체를 매우 빠르게 가속시킬 수 있다. 이 점을 응용하여 우주 공간에서 인공위성과 우주 파편과의 충돌, 금속 미세가공, 미지의 물체에 대한 상태방정식 유도 그리고 바이오 의료산업에 관련된 연구를 수행할 수 있다.

현재 본 랩에서는 소유하고 있는 펄스레이저 장비를 이용하여 위와 같은 작은 입자를 가속하고 이를 가시화하여 입자의 비행특성을 분석하고 더욱 빠른 속도를 얻기 위한 연구를 진행 중에 있다. 무궁무진한 응용가능성을 가지고 있는 기초 연구로써 레이저와 가시화 기법, shock physics등에 대해 많은 것들을 배울 수 있다.



지름 2.5mm, 두께 50um 구리 입자 가속 가시화



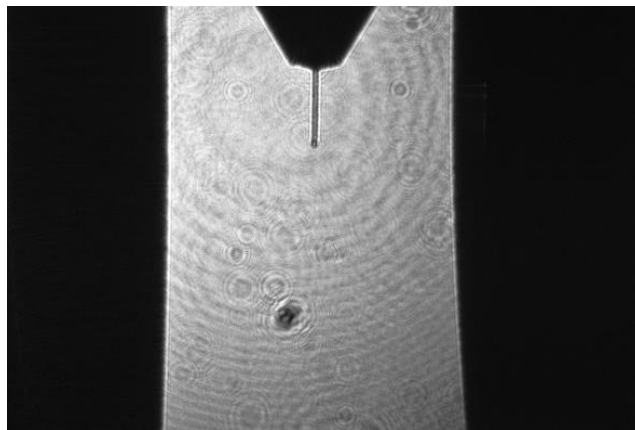
초고속 충돌 실험 장면

담당조교 : 유현주 (judeang2@snu.ac.kr)

10-6. 무통증 레이저주사기 시스템 개발

지난 20세기 중반 이후부터 의학은 레이저의 유용성에 힘입어 많은 진보를 이루었고, 레이저를 이용하여 새로운 시술법을 개발하고자 하는 노력은 계속되고 있다. 레이저 에너지를 새로운 약물 전달 시스템의 에너지원으로 이용하려는 연구도 이러한 노력 중의 하나라고 할 수 있다. 현재 많이 쓰이는 약물 전달 방법에는 주사 바늘과 패치, 섭취 등이 있다. 하지만 주사바늘을 이용한 약물 투여의 경우 통증, 출혈 및 거부감을 유발하고, 패치를 부착하거나 약물을 입으로 섭취하는 경우에는 약물 흡수 시간이 길고, 약물이 표적부위에 도달하는 동안 약물 손실이 많은 단점이 있다. 이와 같은 현 약물 전달 시스템의 단점들을 극복하고자 오래전부터 많은 연구자들이 새로운 약물 전달 시스템을 개발하고자 힘쓰고 있고, 레이저 펄스 에너지를 이용하는 연구도 그 중 하나라고 할 수 있다. 현재 연구하고 있는 바이오리스틱 약물 전달 시스템은 약물 용액을 아주 작은 크기의 젯(jet)의 형태로 만들어 가속시키는 방법을 사용한다. 용액 형태의 약물을 주사바늘의 외경보다 훨씬 작은 지름의 젯으로 만들어 적절한 속도로 가속시켜 인체에 침투시키면 주사 바늘의 단점을 보완할 수 있는 좋은 방법이 될 수 있을 것이다. 바이오리스틱 과정을 통한 약물 전달은 다른 방법보다 통증을 줄이면서, 전달 과정에서의 약물 손실이 적고 그 효과가 즉시 나타나는 등의 장점이 있다. 우선적인 적용 대상은 피부과 치료에서 마취를 위해 사용하는 리도케인(Lidocaine)으로 바이오리스틱 약물 전달 시스템에 적용하면 그 시술시간과 효율을 크게 향상시킬 수 있다.

의학/약학대학과의 공동연구를 수행하고, 여러 특허 출원 및 회사로의 기술이전을 목표로 하고 있다.



마이크로 젯(~100um) 생성 이미지

담당조교 : 장현재 (therin21@snu.ac.kr)

10-7. 그린 항공기 emission 측정기술장치 개발

최근 대기오염에 따른 지구온난화로 인해 이상기후가 발생하고 대기 중 인체에 해로운 물질로 인해 많은 질병들이 생기고 있어 대기오염에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한 생화학적인 무기의 탐색을 위해 군사적으로도 대기 중 오염물질에 대한 연구가 중요한 화두로 떠오르고 있다. 레이저는 빛의 응집성과 단일파장을 가지는 특성으로 인해 많은 영역에서 연구가 이루어지고 있고 또한 레이저를 광원으로 하여 분광기를 통해 원자와 분자를 측정하는 기법 또한 많은 연구가 이루어지고 있다. 그 중에서 LIBS(Laser-Induced Breakdown Spectroscopy) 성분 분석법은 실시간 분석, 원거리 분석, 고체, 액체, 기체, 입자에 모두 적용할 수 있는 등 대기오염을 측정할 수 있는 많은 장점을 가지고 있어서 새로운 측정기법으로 각광을 받고 있다. 대기 중에 발생하는 입자 중 아주 미세한 입자들도 LIBS를 이용하여 측정할 수 있다. 이러한 입자 중에는 중금속에서 박테리아까지 아주 다양한 해로운 입자들이 포함되어 있는데 이러한 입자의 양과 종류, 분포를 LIBS를 이용하여 측정하는 연구를 하고 있다. 이 외에 LIF(Laser Induced Fluorescence), CRDS(Cavity Ring-Down Spectroscopy) 등의 기법들도 레이저를 이용하여 정밀하게 대기의 오염 정도를 측정할 수 있는 기법이다. 본 연구실은 이러한 여러 기법들을 이용하여 대기의 오염을 측정할 수 있는 장치를 개발하고 있다. 또한 의료 진단분야에서 생체조직을 레이저 분광기를 이용하여 측정하는 연구가 세계적으로 진행 되고 있다. 이러한 연구는 앞으로의 의료 산업에 크게 영향을 미칠 것으로 생각된다. 그래서 본 연구실에서는 생체물질을 레이저분광기를 이용하여 진단하는 연구를 수행하려 한다.



담당조교 : 이석환 (lsh84@snu.ac.kr)

10-8. 플라스마 분광을 통한 달 (우주) 탐사

LIBS 성분 분석법은 순간적으로 강력한 레이저 빔이 시료에 집중되어 nanogram 정도의 미세한 부피 내에서 붕괴현상을 야기하여 그 결과 방출되는 플라스마의 특정한 파장을 가진 빛을 수집하여 구성성분을 분석하는 방법이다. LIBS는 물질 성분의 원거리 검출, 실시간 분석, 시약의 오염 및 손실 방지, 높은 민감도, 고체·액체·기체 및 전도·비전도성 물질에 걸쳐 모든 물질의 정확한 성분분석, 시료 표면의 미세·거대 영역을 분석할 수 있고, 화학조성 분포 조사가 가능한 분석 기법이다. 우주 개발 선진국에서는 이미 우주 탐사 탑재 기술로써 LIBS 성분 분석법이 활발히 연구되고 있다. 본 연구팀은 현재까지 진행해온 선행연구에서 축적된 보유기술 및 기술적 노하우를 바탕으로 우주 원천 기술과의 접목 및 선진 기술을 보유한 Lawrence Berkeley Lab. 과의 공동연구, 그리고 우주 환경 모사를 통하여 LIBS 시스템의 최적화 연구를 진행하고 있다. 레이저 파라미터, 시료의 물리적 특성, 주변 환경 등의 조건이 성분 검출에 미치는 영향을 파악하고 행성 표면의 성분의 정확한 분석을 위해 표준 물질을 활용한 검량선 작성 및 농도의 정량화 데이터 베이스를 구축한다.

교육과학기술부 국가우주지정연구실

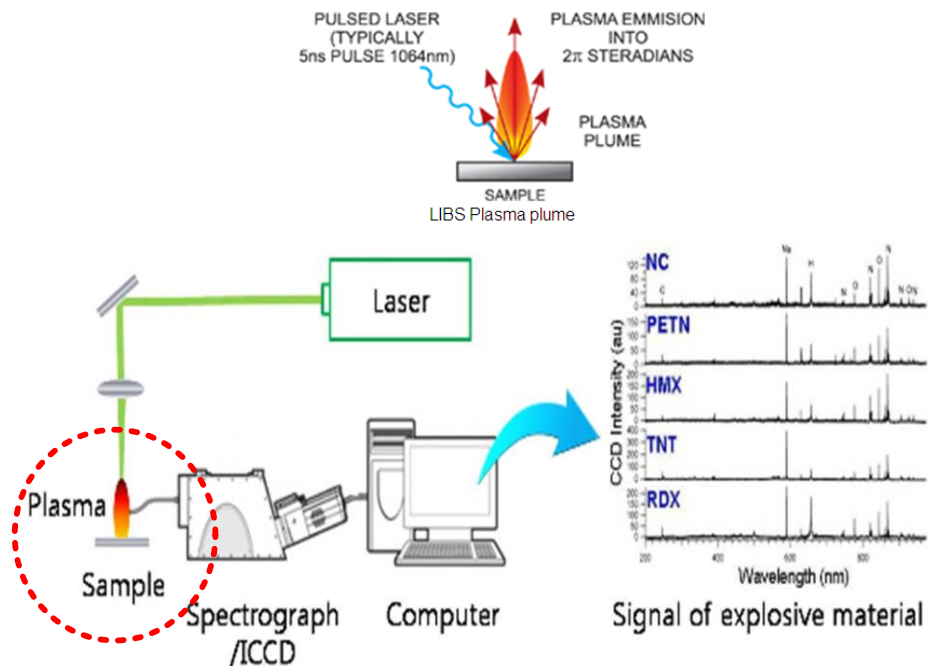


그림 1 LIBS 실험 장비 구성 및 대표적인 고에너지 위험 물질의 스펙트럼

담당조교 : 최수진 (agsky1009@snu.ac.kr)