# 전북대학교 고온플라즈마응용연구센터 Site Plan

김민호* · 최성만** · 서준호* · 최채홍* · 홍봉근*

# Site Plan of High-enthalpy Plasma Research Center in Chonbuk National University

Minho Kim* · Seongman Choi** · Junho Seo* · Cheahong Choi* · Bongguen Hong*


## ABSTRACT

The high enthalpy plasma research center in Chonbuk national university is under construction for MW class plasma wind tunnel. Four types of plasma equipment will be installed in the research center. The equipments are 1set of 0.4 MW class enhanced Huels type plasma equipment, 1 set of 2.4 MW class enhanced Huels type plasma equipment, 1 set of 60 kW RF plasma equipment and 1 set of 200 kW RF plasma equipment. And electrical, water and gas utilities to assistant plasma equipments are under construction. The research center consists of experiment building, research building, power supply building, air supply building, cooling tower foundation.

## 초 록

전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터 구축사업단에서는 MW급 초음속 플라즈마 풍동을 구축하고 있다. 구축되는 장비는 0.4MW/2.4MW급 Huels형 DC 플라즈마 장치 및 60kW/200kW급 RF 플라즈마 장치 등으로 구성되며 이러한 장비를 지원하는 공통지원설비가 별도로 구축되게 된다. 공통지원설비는 플라즈마 풍동을 구동하기 위한 수변전설비 및 가스공급설비, 냉각수공급설비, NOx 제거용 후처리 설비, 예비전원설비 등으로 구성되어 있다. 4기의 플라즈마 장치와 공통지원설비를 위한 건축물은 시험동, 연구동, 수변전동, 기체저장동, 냉각탑 기초로 구성되어 있다.


Key Words : Plasma(플라즈마), Enhanced Huels Plasma(개량 휴스형 플라즈마), RF Plasma(고주파 플라즈마)

## 1. 서 론

미국 등 항공우주 선진국에서는 높은 엔탈피 생성과 안정적인 동작이 가능한 MW급 플라즈마 발생 장치를 설계 및 제작하여 사용하고 있다. 근래에는 일본과 유럽에서도 인공위성용 로켓 및 지구 재돌입(reentry) 비행체 등의 개발 계획에 따라 플라즈마 발생 장치를 구축하여 운용중에 있다. 국내에서는 대학과 연구소를 중심으

* 전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터 구축사업단
** 전북대학교 항공우주공학과
연락저자, E-mail: minho@jbnu.ac.kr

로 수십 kW 규모의 저온 플라즈마 장치 등을 이용한 연구개발이 진행되어 왔다. 그러나 대용량 플라즈마 발생 장치는 국가 안보 기술로 분류될 수 있으므로, 원천 기술 확보 또는 기술 이전이 매우 어렵다. 이에 따라 대규모 산업화에 필요한 고온 플라즈마 장치의 설계, 제작, 관련 인프라 구축은 아직 이루어지지 않고 있다. 전북대학교에서는 고온 플라즈마 발생 장치의 국내 기술력 향상 및 원천 기술 확보를 위해 2009년부터 고온플라즈마 응용연구센터 구축사업을 추진하고 있다.

전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터 구축사업단에서는 0.4MW/2.4MW급 Huels형 DC 플라즈마 장치 및 60kW/200kW급 RF 플라즈마 장치 등 대용량 플라즈마 장비를 구축하여 신소재 및 우주항공 연구에 활용하고자 한다.

## 2. 건축 설계 현황

전북대학교 고온플라즈마 응용연구센터 구축사업단은 Table 1과 같이 4기의 플라즈마 장치와 플라즈마 장치 구동에 필요한 가스, 냉각수, 전력을 공급하기 위한 공통지원설비를 구축하고 있다.

고기능성 소재, 우주항공 재료 개발용으로 활용할 0.4MW급, 2.4MW급 Enhanced Huels 형 DC 플라즈마 발생장치 2기는 3상 60 Hz 전력을 공급받아 직류 전력 출력 제공이 가능한 DC 전원, 플라즈마 토치, 진단계측 및 재료 시험 수행이 가능한 진공챔버, 플라즈마 열유동 계측장치 및 카메라 시스템, 초고속으로 분사된 열유동의 압력을 회복시켜주기 위한 디퓨저, 디퓨저를 빠져나오는 초고온 열 유동으로부터 열을 제거하기 위한 열교환기, 챔버 전체의 진공을 유지시켜주기 위한 진공 장치, 이 외, 플라즈마 발생 가스 등을 공급하기 위한 가스 공급부, 냉각수 공급부 및 전기/계장/제어부 등이 대표적 구성부분이다.

분말 합성 및 신소재 개발용으로 활용할 60kW, 200kW ICP(RF) Type 플라즈마 발생장치 2기는 RF 전원부, RF 유도결합형 플라즈마 토치, RF 플라즈마 분말합성부, RF 플라즈마 코팅 및 반응성 증착부, 가스 공급부, 냉각수 공급부, 전기/계장/제어부 등으로 구성된다. 또한 분말 합성부는 분말 합성을 위한 반응 챔버부, 원료공급부, 합성분말 수거를 위한 포집부, 가스 재순환 장치를 가진 배기부 등으로 구성되며, 코팅부는 별도의 용사코팅 및 반응성 증착을 위한 반응 챔버부, 원료 공급부, 코팅기판 및 기판조작부, 코팅 되지 않은 분말의 수거를 위한 포집부, 배기부 등의 시설이 포함된다.

구축할 플라즈마 장치와 공통지원설비에 대한 개략적인 규격은 Table 1과 같다.

Table 1. 장비 구축 계획

| 장비 | 규격 |
|---|---|
| 0.4MW급 DC 플라즈마 | • 출력 : ~0.4 MW<br>• 플라즈마 엔탈피 : ≥13 MJ/kg @Air 10 g/s<br>• 노즐 : Mach 2, Mach 3 각 1식<br>• 가스공급부 : Air(5~12g/s), Ar(0.5~1.2 g/s)<br>• 냉각수 공급부 : ≤1200 lpm @ 80 bar<br>• 진공공급부 : 900 ㎥/min @ 1 atm, |
| 2.4MW급 DC 플라즈마 | • 플라즈마 출력 : ~2.4 MW<br>• 플라즈마 엔탈피 : ≥20 MJ/kg @ Air 0.05 kg/s<br>• 플라즈마 전압력 : 1~4 atm |
| 60kW 다목적 RF 플라즈마 | • RF 전원 : Plate Power( ~ 60 kW), Frequency(1~4 MHz )<br>• 분말합성부 : SnO2 기준, D50 : ≤ 100nm, 입도분포 (D99/50):≤2.5, 생산량 : ≥ 200g/hr<br>• 플라즈마 코팅부 : SOFC electrolyte coating 기준, coating speed :≥2 ㎛/min, porosity :≤5% |
| 200kW RF 플라즈마 | • 고주파 출력 : 200 kW 이상<br>• 주파수 : 1~5 MHz, 자려식,<br>• Nano Poweder 합성 성능 : SnO2 기준, D50 :≤100nm,입도분포 (D99/50):≤2.5 생산량 : ≥600g/hr |
| 공통지원설비 | • 가스공급설비 : Air (350 bar, 10 N㎥, ~0.2 kg/sec) 외<br>• 냉각수 설비 : Water (4 bar, 1800 RT, ~5600 lpm) 외<br>• NOx 후처리 설비 : ≤100 ppm @ 88g/s (Air+Ar), 암모니아 환원+SCR<br>• 수변전 설비 : 9.9 MVA<br>• 예비전원 설비 : 1 MVA |

위와 같은 대형 플라즈마 장비와 공통지원설비를 구축하기 위해 연구센터는 32,085㎡부지에 연면적 5,388㎡의 시험동, 연구동, 수변전동, 기체저장동, 냉각탑을 건축할 계획이다.

시험동은 0.4MW급, 2.4MW급 Enhanced Huels 형 DC 플라즈마 발생장치 2기와 추후 구축할 4MW급 플라즈마장치를 운용하기 위한 건축물이다. 시험동은 각 장치별 실험실과 제어실, 공통지원장비를 위한 진공펌프실, 전원제어실, 가스 및 공기 공급실, 배기가스처리실로 구성되어 있다.

연구동은 60kW, 200kW ICP(RF) Type 플라즈마 발생장치2기를 운용하고 연구 및 계측을 위한 사무를 위한 건축물이다. 연구동은 RF 플라즈마 장치별 실험실과 가스 및 공기 공급실, 냉각수공급실이 있으며, 분말 및 소재 개발에 필요한 계측장비 운용을 위한 계측실과 연구실, 행정실로 구성되어 있다.

수변전동은 9.9MVA의 전력을 공급하기 위한 수전 및 변전 시설과 1MW의 비상발전기, 용수공급시설을 위한 건축물이다. 또한 10N㎥의 공기저장탱크실과 최대 320bar 유량 1600lpm의 압축공기 제조실로 구성되며, 냉각탑 기초동에는 플라즈마 토치용900 RT(밀폐형), 구성장치 냉각용 900 RT(개방형) 냉각탑과 30 ton 냉각수 저장탱크, 최대유량 5600 lpm ( 2800 lpm × 2식)의 냉각수를 공급하기 위한 배관 및 공급 장치를 위한 기초시설물이다.

각 시설은 지하공동구를 통하여 냉각수, 고압공기의 배관과 전력선으로 연결되도록 설계하였다. 각 건축물들의 배치와 공동구의 형태는 효율성과 사용자의 편의성 등을 고려하여 최적 배치된 연구센터의 평면도는 Fig. 1과 같다.

Table 2. 건축 계획

| 건물 | 내용 |
|---|---|
| 시험동 | • 용도 : DC 플라즈마 발생장치 실험<br>• 주요 실: 2.4MW실, 0.4MW실, 전원제어실, 진공펌프실, 배기가스처리실, 가스공급실, 냉각수 공급실, 제어실<br>• 연면적 : 1,872㎡ |
| 연구동 | • 용도 : RF 플라즈마 발생장치 실험, 계측 및 연구실<br>• 주요 실: 60kW RF실, 200kW RF실, 가스실, 공기실, 냉각수 공급실, 계측실, 연구실, 행정실<br>• 연면적 : 2,681㎡ |
| 수변전동 | • 용도 : 수전 및 변전, 용수공급 시설<br>• 주요 실: 수변전실, 비상발전기실, 용수공급실<br>• 연면적 : 689㎡ |
| 기체저장동 | • 용도 : 고압공기 제조 및 저장 시설<br>• 주요 실: 고압공기압축기실, 저장탱크실<br>• 연면적 : 144㎡ |
| 냉각탑 | • 용도 : 냉각수 냉각탑 시설<br>• 연면적 : 321㎡ |

## 참 고 문 헌

1. Maher I. Boulos, Pierre Fauchais, Emil Pfender, "Thermal Plasmas", Plenum Press·New york and London, 1994

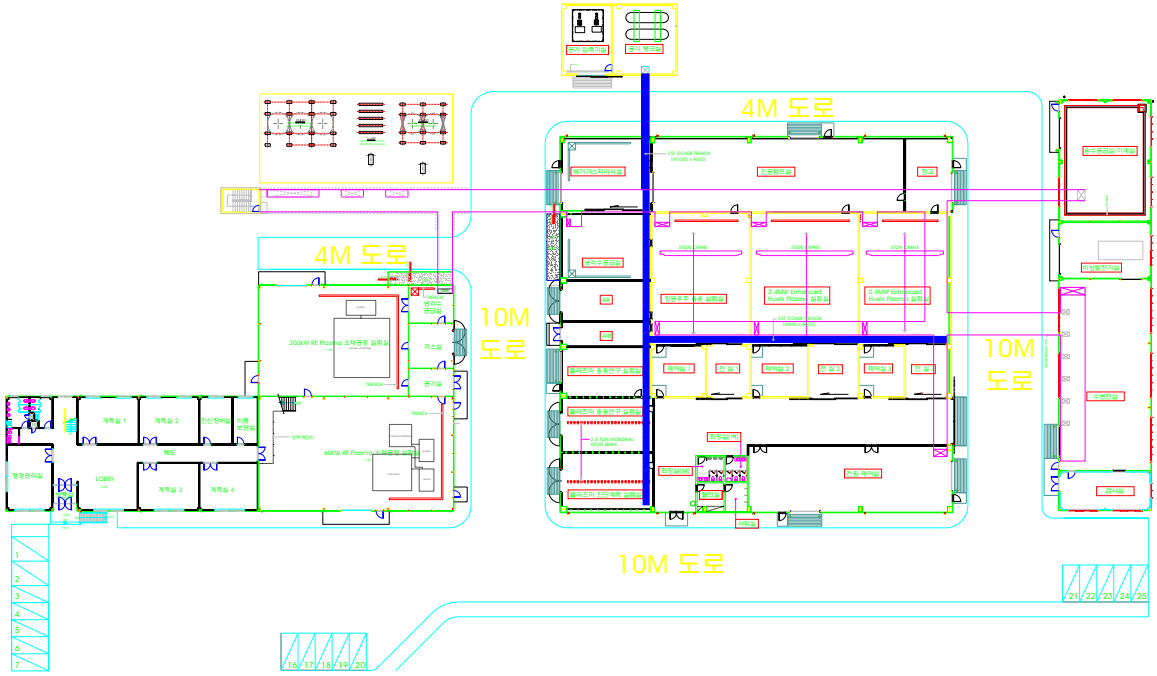


Fig. 1 고온플라즈마 응용연구센터 건축 평면도