

# 미 공군의 이중모드 램제트 (DMR) 및 미 해군의 이중연소 램제트 (DCR) 개발 동향

최정열\* · 노진현\*\* · 원수희\*\*\* · 신재렬\*\*

## Research Activities of Dual-Mode Ramjet (DMR) by USAF and Dual-Combustion Ramjet (DCR) by US Navy

J.-Y. Choi\* · J. Noh\*\* · S.-H. Won\*\*\* · J.-R. Shin\*\*

### ABSTRACT

Present paper introduces the concepts and R&D activities on the hypersonic vehicles, X-51A by USAF using Dual-Mode Ramjet (DMR) and HyFly by US Navy using Dual-Combustion Ramjet (DCR) both sponsored by DARPA.

### 초 록

본 논문에서는 DARPA의 지원하에 미공군이 이중모드 램제트를 이용하여 개발하고 있는 X-51A와 미 해군이 이중연소 램제트를 이용하여 개발하고 있는 HyFly 의 개념 및 연구 개발 활동에 대하여 소개한다.

Key Words: Dual-Mode Ramjet (DMR), X-51A, Dual-Combustion Ramjet (DCR), HyFly, Hypersonic Vehicles

지난 수년간, 러시아, 호주 미국 등에 의한 비행 시험이 성공한 이후 스크램제트 엔진은 공상 속의 물건이 아닌 현실이 되었으며 멀지 않은 미래에 실용화 될 것으로 예상된다. 스크램제트 엔진의 가장 기본적인 문제는 극초음속 영역에서만 작동한다는 것이며, 극초음속 영역까지 가속하기 위해서는 러시아의 Kholod, 호주의 HyShot, 미국 NASA 의 X-43 프로그램에서 보듯이 민수용은 물론 군용으로 실용화하기에는 곤란한 정도의 매우 큰 보조 추진 장치(부스터, 로켓)가 필요하다는 것이다. 따라서 유도 무기

등으로 실용화할 수 있는 크기가 되기 위해서는 작은 크기의 부스터를 이용하여 극초음속까지 가속할 수 있어야 한다. 그러나 총 임펄스가 부족한 작은 크기의 부스터만을 이용하는 경우, 스크램제트 엔진 자체가 극초음속 영역이 아닌 초음속 영역에서부터 작동하여 하며, 이는 램제트 엔진으로의 작동을 의미한다. 따라서 초음속 영역에서 램제트 엔진으로 작동하고 극초음속 영역에서는 스크램제트 엔진으로 작동하는 엔진을 넓은 의미에서 이중 모드(dual mode) 엔진으로 규정할 수 있다. 이중 모드 램제트는 동일한 연소기 경로 상에서 아음속과 초음속 연소가 가능하여 초음속과 저극초음속 비행을 가능하게 하는 공기흡입식 추진기관이다. 최근 극초음속 유도무기 개발을 위한 선진국(미국, 프랑스, 러시아 등)의 연구가 이중 모드 램제트에 집중되고 있

\* 부산대학교 항공우주공학과

\*\* 부산대학교 대학원 항공우주공학과

\*\*\* 서울대학교 대학원 기계항공공학부

연락처, E-mail: aerochoi@pusan.ac.kr

다. 이러한 목적의 추진 기관 개념은 크게 이중 모드 램제트 (Dual Mode Ramjet, DMR)와 이중 연소 램제트 (Dual Combustion Ramjet, DCR) 방식으로 대별되어 연구 개발이 진행되고 있으며, 최근 미국에서는 DARPA의 지원하에 공군이 DMR 엔진을 이용하는 X-51A 프로그램, 그리고 해군이 DCR 엔진을 이용하는 HyFly 프로그램을 통하여 이중 모드 스크램제트 엔진의 개발 및 비행 시험 프로그램을 진행하고 있다. 본 보고에서는 미 방위고등연구계획국 DARPA에서 후원하고 있는 DMR과 DCR의 개발현황을 살펴보고자 한다.

DARPA는 미래에 사용될 고속 무기 개발의 필요성 때문에 1997년부터 극초음속 추진기관 개발에 참여한다. DARPA가 주도한 Affordable Rapid Response Missile Demonstrator (ARRMD) 프로그램의 일환으로 탄화수소를 연료로 하는 두 개의 개념 체계가 제안되었는데, 하나는 waverider 라는 동체에 공군 연구소가 개발하고 있는 이차원 HyTech 엔진 (DMR)을 사용하는 것이었고, 다른 하나는 Johns Hopkins 대학 응용 물리 실험실에서 제안한 둥근 동체에 축대칭 이중연소 램제트 (Dual Combustion Ramjet, DCR)을 사용하는 개념이었다. 1999년에 ARRMD 프로그램에 전자의 개념이 채택되었지만, 후자의 개념 역시 다른 프로그램에서 채택하게 된다. 제한된 예산 때문에 HySET 프로그램은 비행 가능한 이중모드 스크램제트 엔진 실증을 위한 마하수 4.5에서 6.5 사이의 지상 실험으로 수정되고 DARPA 또한 2000년에 예산의 부족으로 ARRMD 프로그램을 중단하게 된다. 하지만, 2002년에 DCR은 미해군의 관심을 받아 미해군과 DARPA의 Hypersonic Flight Demonstration (HyFly) 프로그램에 채택되었다.

X-51A 프로그램의 주목적은 흡열성 탄화수소 연료로 재생 냉각을 하는 미 공군의 HyTech 이중모드 스크램제트 엔진을 비행체에 장착하여 마하수 4.5에서부터 가속하여 마하수 6.5로 비행 실험하는 것으로서, 2009년 4차례의 비행 시험이 계획되어 있다. 이 프로그램은 몇 가지의 부수적 목표를 가지는데, 첫 번째는 능동 냉각, 자체 제어 이중모드 스크램제트 엔진의 지상 및 비행 시험이며, 여기서 얻은 데이터는 부가적으로 극초음속 물리현상을 이해하고 전산 설계 도구를 확립하는데 이용될 것이다. 두 번째 및 세 번째 목표는 실용성 있는 흡열성 연료 이중모드 스크램제트 엔진 및 순 추력을 내는 자유 비행 이중



Fig. 1 미 공군의 X-51A 와 미 해군의 HyFly

모드 스크램제트 추진 비행체의 실증이다.

DARPA와 미 해군 연구소 ONR은 DCR 엔진으로 비행하는 극초음속 순항미사일을 위한 실증기를 개발하여 실험하기 위해 2002년에 HyFly 프로그램에 착수하였다. DCR은 본래 1970년대에서 1980년대 사이에 존 홉킨스 대학의 응용 물리 실험실에서 미 해군을 위해 개발하고 있었던 엔진으로써, 아음속으로 연료 과농 상태로 예연소한 후, 초음속 주유동과 이차 연소하는 방법을 택하고 있다. HyFly는 2005년과 2007년에 미완의 비행 시험을 수행하였으며 2010년에 추가 비행 시험을 가질 예정이다.

미국 등지에서 수행된 이러한 비행 시험 성과와 실용화 프로그램은 지난 40년간의 노력에 의한 결실로써, 스크램제트 추진기술의 개발에는 장기간의 연구/개발 투자가 요구됨을 알 수 있다. 국내에서도 이러한 경향에 맞추어 근래에 들어 스크램제트 엔진에 대한 관심이 증가하고 있고, 지난 수년간 일부 기초 연구가 수행되기는 하였지만 아직 국내 기반 기술은 매우 미약한 형편이다. 그러나 선발 주자들이 겪었던 시행착오를 다시 반복할 필요는 없으며, 알려진 자료를 바탕으로 최소한의 노력으로 이들 기술을 따라잡을 수 있도록 노력하여야 하므로 이들 기술을 검토하고 요소 기술을 개발할 필요가 절실하다.

## 참고 문헌

1. 노진현, 원수희, Bernard Parent, 최정열, 변종렬, 임진식, "X-51A 스크램제트 기술 실증기 개발 프로그램 핵심 기술," 한국추진공학회지, 제12권 제5호, pp.79~91, 2008년 10월.
2. Richman, M., Kenyon, J. and Sega, R., "High Speed and Hypersonic Science and Technology," AIAA-2005-4099.
3. Mercie, R., "Hypersonic Propulsion - Transforming the Future of Flight," AIAA-2003-2732.