



마하 15 극초음속 비행

서울~ LA ,극초음속비행 1시간 주파



鄭仁碩
서울대학교 항공우주공학과

인류비행역사 100주년

지난 1903년에 세계최초로 라이트형제가 제작한 쌍발복엽기가 약 50초간 동력비행에 성공한 후 100년이 지나는 동안 항공우주기술의 발전은 인류의 생활을 매우 윤택하게 하였다. 항공우주기술의 본산인 미국에서는 인류비행역사 100주년이 되는 내년 2003년에 대비한 각종 행사와 항공우주관련 계획이 진행되고 있다. 그 중에서 한 예로서 미항공우주연구소(NASA), 미공군, 보잉, PW엔진회사, Aerojet엔진회사 등이 참여하는 극초음속 비행시험기 Hyper-X-43C 계획을 들 수 있다. 길이 5 m인 극초음속 비행시험기는 대기권 내에서 공기를 흡입하여, 길이 2.3 m의 초음속 연소 램제트엔진 (Supersonic Combustion Ramjet Engine, 약칭 SCRamjet Engine)내에서 초음속으로 연료를 태워서 4분간 Mach 5~Mach 7 (Mach 수는 공기 중에서의 음파의 전파 속도에 대한 비행속도의 비를 표시하고, 그러므로 음속의 5~7배에 해당하는 비행속도를 의미한

다.) 가속비행을 예정하고 있다. 이 비행속도로 시속8000Km로 순항비행하면 서울-LA는 1시간정도에 주파할 수 있을 것이다. 실제로 항공사에 의한 상업비행에서는 이륙기간, 착륙기간 각각 30분정도를 합하여 2시간대일 것이며, 이론적인 최대 비행속도 Mach 15에서는 지구 어느 곳도 2시간이내에 도착할 수 있을 것으로 예측하고 있다.

물론 극초음속비행은 이미 1963년 8월 22일 미국 X-15 로켓엔진 비행기로 Mach 7 비행을 수립한 바 있었으나, 로켓엔진을 사용하므로, 산화제를 싣고 비행하여 경제성 측면에서 실용성이 없었다. 이에 1950년대부터 대기중의 공기를 흡입하고 엔진의 연소실에서 초음속 (Mach 2~2.5)으로 연소하는 SCRamjet Engine을 연구하여 왔으나 실제 비행에 이른 경우가 전무하였다.

인류가 지난 19세기부터 20세기까지 100여 년 동안 이룩한 육상과 해상 및 항공우주 운송수단이 급진적으로 발전되어 인적교류와 이에 병행된 지식 및 정보교류와 대량의 물자교류가 이루어질

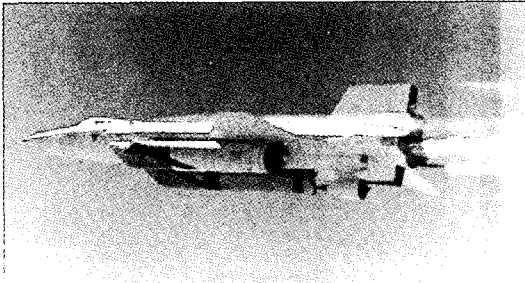


그림 1 미국의 극초음속 유인비행시험기 X-15

수 있었기 때문이었으며, 20세기 후반부터 21세기 초고속 정보교류가 더욱 발전되고 있다.

즉 인류의 문명발전은 크게 고속대형 운송산업과 고속대용량 정보산업이 그 축을 이루며, 각각의 발전이 상호상승작용을 하며 지속적으로 기하급수적으로 발전하여 왔다. 19세기부터 20세기까지는 고속대형 운송수단이 발전되며 산업발전의 추진력이 되었고, 20세기 후반부터 현재의 21세기에는 IT산업으로 지칭되는 지식정보산업이 또 다른 산업발전의 추진력을 발휘하고 있다.

21세기에 초반에는 지식정보산업이 인류문명 발전을 주도할 것으로 예상되나, 중반기로 접어들면서 다시 초고속 운송산업이 baton을 넘겨받아 또 한 단계 발전된 인류문명을 주도할 것이다.

21세기의 세계 항공우주산업

21세기동안에 크게 3가지 형태의 항공우주산업의 발전을 기대할 수 있을 것이다. 즉 첫 번째로 마하수 0.9정도의 아음속 초대형 여객기분야에 있어서는 유럽의 에어버스사A380기종

의 550인승 초대형 여객기나 미국 보잉사B747X 기종이 처녀비행을 하는 2005년, 2006년경으로부터 2010년까지 약 800인승 초대형 여객기가 실용산업 운항사업에 진출할 것이며, 우리나라의 인천신국제공항도 이 발전추세에 부합될 수 있는 공항운영시설을 갖추고 있다.

뿐만 아니라 두 번째로는 인류의 고속여행에 대한 매력을 충족시킬 수 있는 음속의 2.5배 속도 에아음속 초대형 여객기와 가격경쟁력도 충분히 지닌 200인승 급 초음속여객기가 프랑스, 영국의 콩코드를 대체하여 신기종도 2010년대에는 초도 비행을 할 수 있을 것이며, 이 무렵부터는 마하수 3정도로 비행하여 태평양, 대서양을 5시간 내에 횡단할 수 있어서 2020년경에는 진정한 의미에서 전 세계는 일일생활권 시대로 진입할 것으로 예측된다.

그러면 더 빨리 갈 수는 없을까? 세 번째로 미국, 러시아, 영국, 프랑스, 독일, 일본, 호주 등에서는 태평양, 대서양을 2시간에 주파할 수 있는 Mach 10 속도의 극초음속 항공기의 개발연구를 수행하고 있었다. 고도 32km부터 64km 동안의 1/4주기동안 로켓복합사이클 초음속연소 램제트 엔진 (Rocket Based Composite Cycle Scramjet Engine)을 동력비행하고, 남은 3/4주

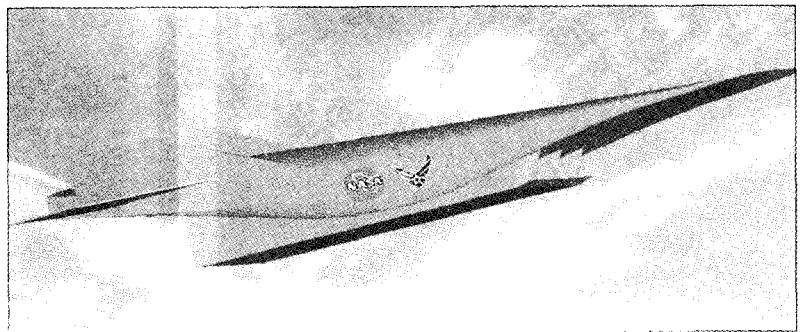


그림 2 미국의 극초음속 무인비행시험기 Hyper-X-43C 비행속도 Mach 7

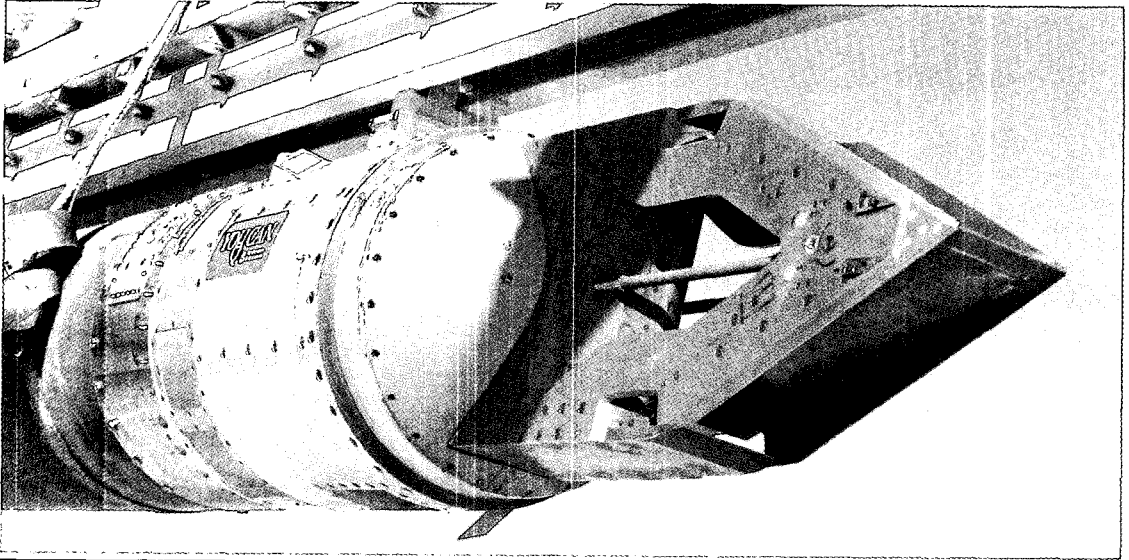


그림 3-1. 로켓엔진(Sho엔진)

기동안 탄도비행, 활공비행을 10여 차례 정도하면 현재의 아음속 항공기보다 더 긴 항속거리와 더 많은 화물을 7배~8배정도 더 빨리 비행하여 태평양횡단을 2시간이내에 할 수 있을 것으로 예측하고 2030년대 후반부로부터 2040년대 전반부 사이에 현실화할 것으로 추정된다. 30분 정도의 이륙비행 및 착륙비행동안 순항비행속도까지 가속, 감속을 하므로 초음속전투기 조종사가 겪는 것 같은 고중력가속도 비행기분은 느낄 수 없고, 순항비행동안 꼭 시소를 타고있는 것과 마찬가지로이지만, 한 주기동안 450Km를 비행하기 때문에 비행기내의 승객은 크게 오르락내리락하는 것을 감지할 수 없지만, 탄도비행의 정점부근 얼마동안은 무중력상태를 체험하게 될 것이다.

상업화를 위해서는 아직도 냉각문제, 내구성문제 등의 각종 기술적인 문제점을 해결하여야 하고 또한 상업적 경제성이 따라야하기 때문에 아마도 2020년~2030년대까지 당분간은 극초음속

미사일등의 국방분야와 지구저궤도 위성발사의 제1단, 2단을 현재의 고전적인 로켓 발사체를 대체하는 분야에 응용될 것이며, 이와 같은 무인극초음속비행을 경험하며 축적된 기술과 운영기술로부터 민간항공기로 발전하게 될 것으로 예상되며, 빠르면 2030년대 말, 2040년대에는 일반인들도 극초음속비행의 여행을 즐길 수 있고 어쩌면, 대기권 외부, 우주의 초입부 정도까지 여행을 하지 않을까 조심스럽게 짐작한다.

마하 15 극초음속 비행

이상에서 설명한 바와 같이 인류의 꿈은 바로 지구를 탈출할 수 있을 만큼의 고속비행을 꿈꾸고 있으나, 현재로서는 수많은 기술적인 난제와 경제성 측면에서 이를 실현하기 위해서는 상당한 시간이 소요될 것으로 예측된다. 첫째로 이와 같은 비행속도로 가속하기 위해서는 현재의 아음속

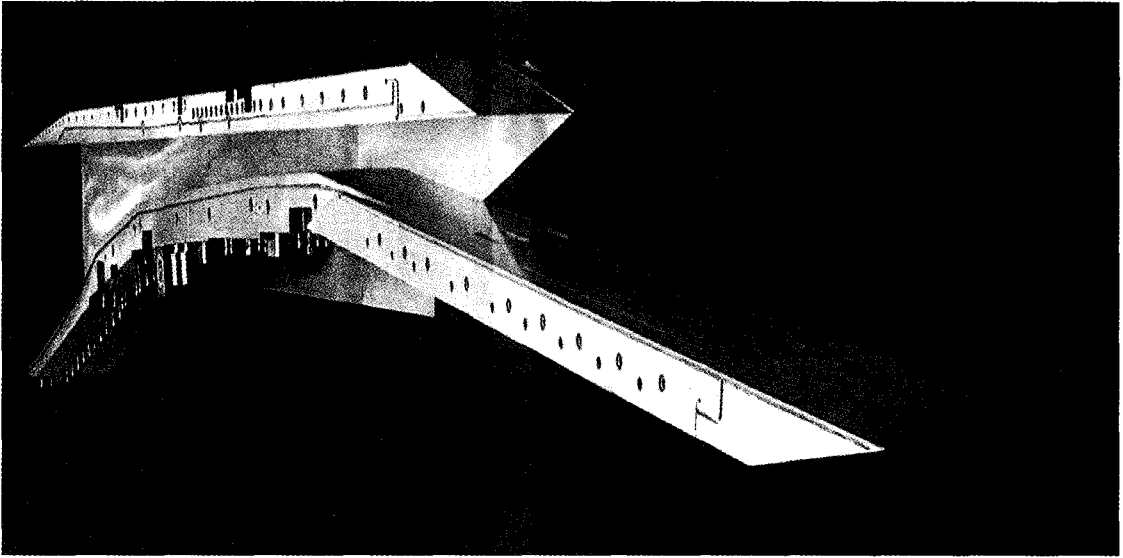


그림 3-2-1 미국 HyTech 엔진

항공기와 같은 크기의 극초음속 항공기를 생각하면, 공기저항이 약 230배정도 될 것이고 요구추력은 가속성을 포함하여 약 300배 이상을 충족하여야 할 것이다. 말하자면 현재의 엔진에 비하여 300배 성능이 좋은 엔진이 요청된다는 것이다. 이러한 엔진은 초음속연소 램제트엔진과 같은 성능일 것이라고 생각하고들 있다. 그리고 공기저항에 의한 공기력 가열현상으로 정체점 부근은 2000~3000 K를 쉽게 초과하여 공기역학, 고열재료역학, 최첨단 구조역학, 선행 지능적 비행 제어 등의 최선단연구가 수행되어야 할 것이다.

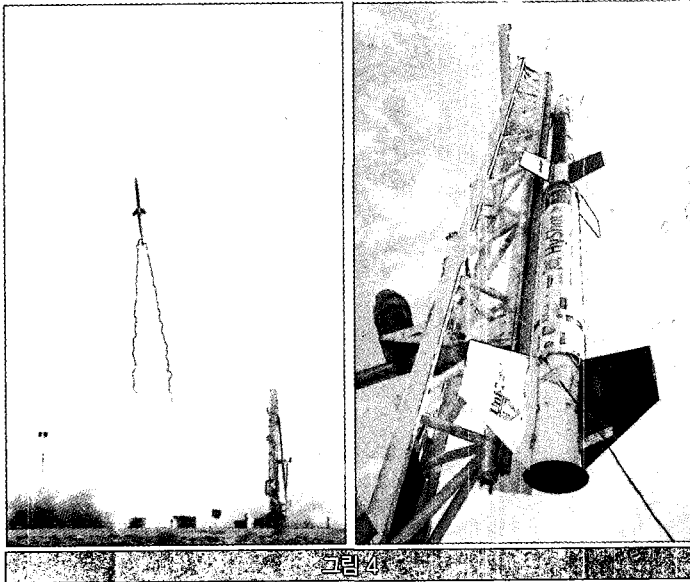
또한 이 극초음속 비행기술은 대기권내를 비행하는 항공기에도 응용되지만, 부가적인 기존의 소형로켓 추진장치와 병합하여 사용하면 저궤도 속도에 해당하는 탄도비행을 하여 지구 대기권 밖으로 탈출하여 약 200~300Km 의 지구저궤도 거리에서 지구를 관찰하며, 지구가 둥글고 푸른 별이며, 외계에서는 무중력을 느낄 수 있다는

것을 실감할 수 있는 새로운 분야로 발전할 것이며, 나아가서 현재의 우주왕복선을 대체하는 기술로 이전될 것임이 분명하다.

이와 같은 최선단 기술분야들 중에서 추진기관에 대한 부분을 좀 더 상세히 설명하도록 하겠다.

HyShot SCRamjet Engine 비행시험 국제공동연구

이 HyShot 프로그램은 1998년부터 호주의 University of Queensland(UQ)가 주도하며, 영국 국방연구소 QinetiQ (구 DERA), 미항공우주연구소 NASA Langley RC, Astrotech, 독일 항공우주연구소 DLR, 한국 SNU (서울대학교 공과대학 항공우주공학 - 정인석 교수 - 항공우주 추진 및 연소연구실), 일본 항공우주연구소 NAL 을 위시한 6개국 다수 관련 기관이 국제공동연구 형태로 참여하여 순항비행속도 최대 Mach 15 정



〈그림 4, 5 설명〉

호주 Woomera발사장의 Terrier Orion 로켓과 HyShot 초음속연소 램제트엔진 (엔진은 열보호를 위하여 두부원추 내에 밀봉되어 있으며, 로켓의 양측면에는 이 시험비행에 참여한 6개국의 국기가 부착되어 있어, 태극기가 선명하게 빛나고 있다. 다른 한편에는 참여기관의 로고가 부착되었는데, 서울대학교의 교기와 호주의 UQ 교기가 HyShot 제목의 양편에 배치되었다.)

도의 극초음속 항공기와 현재의 Space Shuttle 이나Space Launch Vehicle보다 약 1/10 정도의 저렴한 우주추진체를 위한 차세대 추진기관으로 주목받고 있는 SCRamjet Engine의 개발을 위한 비행시험 연구계획이다. 본 서울대학교는 지난 1999년 하반기부터 협의를 시작하였으며, 2000년부터 정식으로 참여하였다.

SCRamjet Engine은 비행기의 전방하부동체로 흘러가는 흡입공기와 연소실직전의 제2차 흡입공기 압축판으로 대기 중에서 연소에 필요한 압력까지 충격파에 의하여 압축되고, 즉 기존의 터보제트엔진에서 기계적 압축기 역할을 여기서 수행하며, 이후 1800~2000K의 고온 고압축된 공기가 거의 일정한 형상의 연소실을 Mach 2~2.5의 초음속으로 흘러 들어가면 분사되는 수소 연료나 탄화수소연료가 자발점화하여 지속적으로 초음속연소를 진행하고, 다시 초음속 노즐역할을 하는 엔진의 후부와 비행기의 후방하부동체의 팽

창면을 흘러나가면서 강력한 추력을 발생하여 극초음속 비행기를 가속하고 얼마 후에 Mach 7~15의 등속순항비행을 하게 된다.

세계적으로 획기적인 가능성을 인식하고 수많은 기초연구가 지속적으로 수행되었으나, 최근까지 실물엔진 연구가 수행되지 못하고 있었으며, 특히 지상의 시험장치에서는 연소시험이 수행되었으나, 고도 25Km 이상의 고공에서의 비행시험은 수 차례 몇 가지 방식으로 미국, 프랑스, 소련의 공동연구로 시도되었고, 지난 2001년 6월에는 미국에서 B52 폭격기에 부착된 Orbital Science의 Pegasus 로켓발사체를 이용하여 Hyper-X 극초음속 비행기와 여기에 장착된 SCRamjet Engine비행시험이 시도되었으나, 모두 비행시험 실험결과를 획득함에는 실패하였다.

이 두 가지 연구사업 모두 약 1억 8천 만 불 정도의 사업비용이 소요되었다. 지난 2001년 10월 30일 본 HyShot 제1차 발사시험도 실패하였으

나 비행시험장치의 수거 및 분석, 재설계, 발사수정을 통하여 2002년 7월 30일 제2차 발사시험을 성공적으로 완료하고, 공식적으로 8월 16일에 비행시간 5초간 초음속연소가 이루어졌음을 확인하여, 세계에서 실제순항 비행고도 상에서 최초로 초음속연소를 실현한 과학적 기록을 수립하였다.

이 HyShot 비행시험은 Terrior Orion 과학로켓을 고도 314 Km 의 고공으로 거의 수직상승발사를 한 후 다시 지구대기권으로 수직강하 재진입하여 고도 35~23 Km기간동안 설계된 SCRamjet Engine 의 비행시험을 수행하는 것이다.

따라서 본 비행시험은 약 100만불 정도의 비용으로 2회의 비행시험이 가능한 계획이다. 물론 미국의 Astrotech 회사가 2개의 로켓과 발사서비스를 무상으로 제공하고, 호주의 Woomera 발사장 사용 및 관련인력, 비용을 호주 국방부와 산공자원과학부가 지원하는 것도 큰 이점이다.

이와 같은 SCRamjet Engine 비행시험은 전세계적으로 첫 번째 시도이며, 비행시험기술이 완성되면 매우 저렴한 방법으로 초음속연소 엔진 개발이 진행될 수 있어 전 세계의 주목을 받고 있다.

본 서울대학교는 이번 국제공동연구에서 초음속연소 램제트엔진의 지상시험과 비행시험에 대한 수치계산을 수행하여 이 엔진공기흡입구 유동특성과 연소실의 연소특성에 대한 기초연구와 엔진성능 예측에 대한 실물연구를 담당하였다. 아울러 SCRamjet Engine의 핵심주요기술인 초음속/극초음속 흡입공기 중의 연료분사 및 혼합방법에 대한 초음속 풍동시험을 진행하고 있으며, 장래에는 한국 독자적인 초음속 연료분사기술을 확보할 수 있을 것이다.

서울대학교가 HyShot국제공동연구에 참여함으로써 한국이 항공우주 추진기관분야의 최첨단 연구에서 국제적으로 인정을 받고 있으며, 또한 국가적으로 차세대 항공우주 추진기술을 획득할 수 있다는 점에서 주요한 의의가 있다고 본다. 본 HyShot 국제공동연구에 소요되는 연구비는 전임 공과대학 이장무 학장과 전임 정밀기계설계 공동연구소 노승탁 소장의 적극적인 지원과 BK-21 기계분야사업단의 일부연구비 지원으로 이루어졌으며 이에 감사의 말씀을 표한다.

참고 HyShot website ;

www.uq.edu.au/news/hyshot.phtml

■ 鄭仁碩

- 1) 서울대학교 항공공학과 학사, 석사, 박사
- 2) 미국 University of Minnesota, University of California-Irvine 방문연구
- 3) 미국항공우주학회(AIAA) 추진제 및 연소 기술분과 위원, 국제폭발-반응성계학술회의(ICDERS) 과학 위원, 국제충격파학술회의(ISSW) 국제지문위원
- 4) 국제논문 AIAA Journal, ASME Transaction, Proceedings of the Combustion Institute, Journal de Physique 등의 국제학술지에 "Numerical Study of Scram-Accelerator Starting Characteristics" 등의 미래 항공우주 추진관련 기술논문 발표