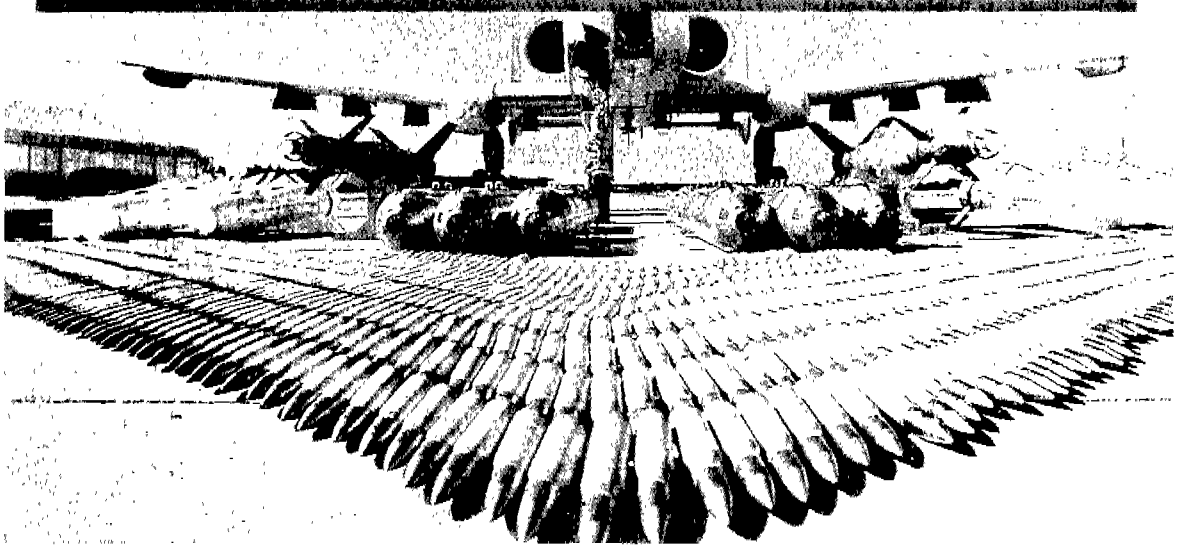
열화 우라늄 탄이란 어떤 것인가?



주일 미해병대의 AV-8B기가 평상시 미국외에서는 사용이 금지되어 있는 열화 우라늄 기관포탄을 오끼나와의 사격장에서 잘못 사용한 일이 금년 2월 일본의 신문지상에 보도되었다.

열화 우라늄 탄이라는 낯선 단어에 대하여 열화 우라늄이라는 물질이 왜 항공기 탑재 기관포에 쓰이는지 그것이 어떤 것인지에 대하여 알아보았다.

열화 우라늄이란?

항공기에 탑재하여 쓰이는 무기 가운데 공대공 미사일이나 공대지 또는 공대함 미사일등이나 스마트 폭탄같은 것에 대해서는 가끔 해설이 나오지만 기관포탄에 대해서는 이렇다할 해설이 거의 없다.

그런데 일본에서 주둔 미해병대가 열화 우라늄 기관포탄을 연습용으로 사격한 사실이 보도 되었다. 내용인 즉 오끼나와 본섬의 서쪽 약 90km거리에 있는 무인도 조도(鳥島)의 사격·폭격 연습장에서 미해병대의 AV-8B 헤리어기가 사격 연습을 실시한 것은 1995년 12월부터 1996년 1월 사이로 3회에 걸쳐 도합 1,520발의 열화 우라늄 25mm기관포탄이 발사 되었던 것이다.

이 사실이 미군측에서 일본 외무성에 알려진것은 1997년 1월의 일이며 사건이 공표되어 보도된 것은 한달후인 2월 10일이었으며 오끼나와 현당국에 통보된것도 같은 날이었다. 그러니까 사격 연습이 있은지 1년이 지나 사실이 알려진 것이다.

주일 미군은 1996년 3~4월에 걸쳐 현지에서 발사된 열화 우라늄탄을 192발 회수했으나 아직 1,328발이 그냥 남아있는 셈인데 1발에 150g의 열화 우라늄이 들어 있으니까 도합 200kg가량의 열화 우라늄이 조도 사격장 근처에 널려 있다는 계산이다.

그렇다면 대체 열화 우라늄이란 무엇인가에 대하여 좀더 구체적으로 알아야 할 필요가 있는 것이어서 그 내용을 알아보기로 한다.

열화우라늄(Depleted Uranium)은 흔히 DU라고 약기되며 감손 우라늄, 고갈 우라늄등으로도 불리는데 그 실체는 거의 순수한 우라늄 238이라고한다.

우라늄에는 234, 235, 238의 세가지 동위원소가 천연으로 존재한다. 동위원소란 원자번호(양자수)가 같고 질량수(양자와 중성자의 합계수)만 다른 원자를 가리키는 말인데 우라늄의 원자번호는 92이

다. 즉 우라늄 234의 원자핵은 양자가 92개, 중성자가 142개로 구성되며 우라늄 235의 원자핵은 양자는 같지만 중성자수가 143개로 되고 마찬가지로 238은 중성자가 146개 있는 것이다.

천연에서 산출되는 우라늄 즉 천연 우라늄(Natural Uranium)에는 우라늄 234가 0.0056%, 우라늄 235가 0.718%, 우라늄 238이 99.276% 함유되어 있다. 그래서 보통때는 양이 극히 적은 우라늄 234는 무시한 채 천연 우라늄의 함유율을 235가 0.7%, 238이 99.3%라고 말한다.

그런데 중성자 수만 다른 동위원소는 화학적 성질은 거의 같지만 물리적으로는 다른 성질을 나타내게 된다. 이런 성질의 전형적인 예가 바로 우라늄 235와 238로 우라늄 235의 원자핵에 중성자가 부딪치면 원자핵이 분열하여 두개의 서로 다른 원자핵이 생긴다. 이 원자핵이 분열할때 생기는 에너지가 바로 원자력이라고 불리는 핵에너지로 원자폭탄(핵폭탄)이나 핵발전 즉, 원자력발전은 이 에너지를 이용한 것이다.

한편 우라늄 238은 중성자가 부딪쳐도 핵이 분열하지 않고 그대신 우라늄 238이 중성자를 흡수하여 중성자 2개가 양자로 변화해 버린다. 이렇게 되면 원자핵은 양자 94개 중성자 145개의 구성으로 변하는데 이것은 전혀 다른 원소 즉 포로토늄(Pu)239가 탄생하게 된다. Pu239는 천연으로는 없는것으로 인공으로 만들어지는 원소이다. 이것은 우리가 알듯 원자폭탄의 원료가 된다. 즉 원자 폭탄은 우라늄 235와 238이 변형된 포로토늄(Pu)의 두가지에 의해 만들어지는 것이다.

농축 후 찌꺼기

일반적으로 말해 핵폭탄을 만들거나 원자력 발전소의 원자로를 가동하려면 천연 우라늄을 정제하여 농축 우라늄을 만들어 핵 분열용 연료로 만들게 되는데 열화 우라늄이란 쉽게 말해 우라늄을 농축한 찌꺼기를 말하는 것으로 이해하면 틀림없다.

농축우라늄(Enriched Uranium)은 천연 우라늄을 가공하여 우라늄 235의 함량을 많게 만든 것이다.

우라늄 235의 함유율을 높이는 농축 방법은 여러가지가 있다. 그 중 가장 일반적인 방법은 원심분리법이다. 이 방법으로 우라늄을 농축하려면 먼저 천연에서 채광한 우라늄 원광석을 제련하여 불순물을 제거한 예로우 케익(U_3O_8)이라고 부르는 화합물로 만든다. 여기에 다시 불소(F)를 섞어 불소화합물인 6불화 우라늄(UF_6)로 만든다. 이것은 비교적 낮은 온도에서 기체로 변한다.

우라늄 235와 238의 무게는 238쪽이 약 1.3%정도 조금 무겁다. 이 성질을 이용하여 기체로 변화시킨 6불화 우라늄을 원심분리기에 넣고 아주 고속으로 돌리면 약간이나마 무거운 우라늄 238은 밖에 모이고 가벼운 235는 중심부근에 모이게 된다. 이렇게 하여 중심부근에 모인것을 다시 고속원심분리기에 넣고 돌리는 식으로 원심분리 작업을 1,000회이상 되풀이하면 우라늄 235가 2~4%, 238이 94~98%로 분리된 농축우라늄이 만들어진다. 어느정도의 농축도로 하는가는 원자로나 원자무기의 설계에 따라 다르다.

여기까지 읽은 독자들은 대강 알겠지만 우라늄 235를 농축해 만드는 과정에서 찌꺼기로 남은 UF_6는 대개 우라늄 238이 남게 되는데 이 금속이 바로 문제의 「열화 우라늄(DU)」인 것이다.

감손 우라늄이라거나 고갈 우라늄등으로 불리는 마이너스 이미지의 열화 우라늄이란 우라늄 235를 농축한 부산물 즉 찌꺼기인 것이다.

농축도에 따라 수율도 달라지지만 가령 발전소용 원자로에 쓰이는 우라늄 235농축물이라면 1,000톤의 UF_6에서 농축 우라늄이 270톤, 열화 우라늄이 730톤으로 된다.

예를들어 휜콩을 우라늄 광석이

라고 친다면 두부는 농축우라늄이고 비지는 열화 우라늄이 되는 셈이다. 이렇게 분리된 열화 우라늄은 금속으로 몇가지 특이한 성질을 지니고 있다. 우선 비중이 매우 무겁다. 온도에 따라 결정구조가 변하여 밀도도 달라지는데 실온에서 668℃까지의 정사방 결정인 우라늄은 비중이 19.04로 철의 7.86보다 월등히 무겁고 금의 19.3과 비슷하다.

이렇게 무거운데다 금속우라늄은 매우 단단하고 강하다. 인장 강도는 35~140kg/mm, 항복 강도 44kg/mm인것과 비교해 보면 알 수 있다. 무겁고 단단하다는 열화 우라늄의 특성 때문에 한때 항공기의 꼬리날개 등에 무게의 균형용으로 쓰였으나 지금은 취급이 힘들어 쓰이지 않는다.

철갑탄에 응용

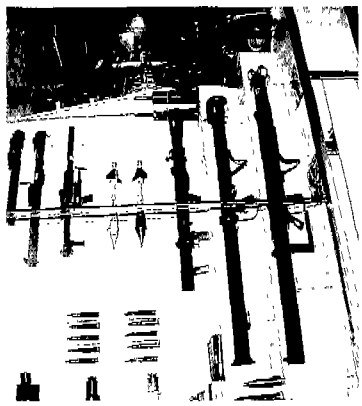
단단하고 무거운 열화 우라늄의 특성은 탱크의 장갑탄을 뚫는데 아주 적합한 사실이 발견되었다. 탱크의 두꺼운 장갑판을 뚫자면 먼저 장갑보다 더 단단한 성질이어야할 것은 물론 밀도가 높아야한다. 밀도가 높다는 것은 같은 단면적에 집중되는 무게가 무거워져 그만큼 강력한 에너지를 장갑판에 집중하게 되기 때문이다.

대전차용 철갑탄으로는 2차대전 중에는 거의 고장력강철이 쓰였으나 대전후에는 텅스텐 화합물이 주로 이용되었다. 텅스텐 탄화물(Tungstem Carbide)는 밀도가 14.3~16.3정도이며 텅스텐 닉켈철 화합물은 밀도가 17.6정도이다. 열화 우라늄의 밀도가 19.04이니까 얼마나 이들 철강 제품보다 우수 한지 알수 있다.

금속 우라늄에는 또다른 묘한 성질이 있다. 단단한 금속인데도 대단히 불타기 쉽다. 가루모양으로 만들면 공기중에서 자연히 발화하여 마치 꽃불처럼 타버리는 성질이 있다. 이 때문에 열화 우라늄으로 만든 철갑탄으로 탱크의 장갑을 관통시키면 장갑판과의 마찰에서 불꽃이 생겨 탱크 내부를 불바다로 만들어 버려 마치 소이탄과 같아진다.

그래서 열화 우라늄탄은 철갑탄과 소이탄의 성질을 아울러 가진것으로 탱크 킬러용으로는 이보다 더 좋은 탄알이 없다고할 정도이다. 게다가 값이 매우 싼 이점도 가지고 있어 철갑탄에 많이 이용된다.

다만 불발이 아닌 덩어리 상태의 열화 우라늄은 좀체로 불붙지 않으며 타지 않는다. 그렇기 때문에 탱크의 장갑을 관통할때 생긴 분말은 곧 불붙지만 탄알 본체인 덩어리까지 불타는 것은 아니다. 탱크 내부가 불바다로 되는것은 분말상의 열화 우라늄이 불타는데 따라 탱크



대 전차포의 여러가지. 여기에 열화우라늄탄을 장전하면 적의 장갑을 관통한다고

조종실 내부의 가연성 물질이 불붙기 때문이지 덩어리가 계속 불타는 때문은 아닌 것이다.

열화 우라늄이 값이 싼 이유는 우라늄을 농축하는 과정에서 생긴 부산물이기 때문에 처치에 곤란한 것이니 싸게 구할 수 있는 것은 당연하다.

미군에서 열화 우라늄을 이용한 탄환은 먼저 탱크포로 M-1A1이나 M60형 탱크포탄에 응용하여 적 탱크를 무찌르는데 쓰였고 다음이 함선으로 대함 미사일을 요격하거나 적 함정을 격파하는데 썼다. 끝으로 해군과 해병대의 항공기들이 비행기 탑재의 기관포탄에 응용하여 탱크나 함선을 격파하는데 이용했다.

평상시의 문제

미군은 평상시에 국외에서 열화 우라늄탄을 사용하지 않으며 국내

에서도 한정된 연습장 이외에는 쓰지 못하게 규정하고 있다. 이번 오끼나와 조도사건은 미군 자체의 내규로도 규정위반인 것이다. 열화 우라늄탄의 사용이 이렇게 엄격히 제한되어 있는것은 미량이라도 우라늄이므로 방사능을 지니고 있기 때문이다. 미·영 양국 이외에는 탱크포나 항공기용 기관포탄에 열화우라늄탄을 채용하고 있지 않다.

원래가 핵물질의 농축과정에서 생긴 핵폐기물이기 때문에 엄중히 관리되어야 하며 여기서 정제된 열화 우라늄 탄도 핵물질과 같은 위험물로 취급되어야 하는 것은 지극히 당연하다.

우라늄은 235이든지 238이든지 를 막론하고 방사선을 내뿜으면서 자연히 다른 원소로 변해가는 것이 천성이다. 우라늄 238은 알파 방사선을 방출하면서 차츰 트리움(Th234)로 변화해 간다. 우라늄 235는 역시 알파선을 방출하면서 Th23으로 변화해 간다. 이렇게하여 반감기를 맞이하는데 우라늄 238의 반감기는 45억년이라는 천문학적 시간을 요한다. 즉 1kg의 우라늄 238을 방치해 두면 45억년이 지나면 0.5kg으로 된다는 뜻이다.

방사능을 방출한 나머지의 우라늄 238에서 생성한 트리움 Th234는 24일의 반감기로 프로토아크티늄(Pa234)으로 변하고 이 Pa 234는 겨우 1.2분의 반감기로 우라늄 234가 되는 식으로 연쇄괴변이 계속 되다가 나중에는 안정된 납으로 변하면 연쇄 괴변이 끝난다.

우라늄 238과 미량의 우라늄 235가 방출하는 방사능은 주로 알파선이기 때문에 파장이 짧아 쉽게 차단 시킬 수 있다. 그러나 가령 이 방사능 미립자가 입이나 코를 통하여 먹거나 흡입되어 인체의 장기나 뼈, 근육등에 정착한다면 알파 방사선에 쪼인 결과가 되어 백혈병이나 암의 원인이 된다. 천연 우라늄 1g의 방사능량을 25,000베크렐(Bq)인데 인체가 1년간 흡입이 허용되는 양은 1,500Bq이니까 mg단위의 우라늄이라도 인체에 충분히 위해를 가할 만한 양 인것임을 알 수 있다.

이러한 물리적 방사능의 독성 외에 화학적 독성도 아울러 지니고 있어 신장이나 신경에 해를 미치는 중금속이며 10mg이 치사량으로 되어있다. 또 우라늄이 연쇄괴변하는 과정에서 생기는 라돈(Rn)은 방사선 기체로 인체에 흡입되면 폐암의 원인이 된다.

이만하면 유럽 여러나라들이 열화 우라늄 탄을 채용하지 않는 이유를 알만하다.

열화 우라늄 탄을 실전에서 사용한 예는 이라크와의 걸프만전 때라고 한다. 미육군이 탱크포탄으로 미공군이 기관포의 철갑탄으로 미해병대가 AV-8B의 기관포 철갑탄으로 사용했으며 영국 육군도 탱크포탄으로 중동에서 사용했다.

·걸프만 전쟁후 미군의 귀환병사를 중심으로 건강 재해를 호소하는 수가 많아 소위 걸프만 전쟁 증후군으로 알려져 있다.

이런 증후가 이라크의 화학무기 산란탓도 있지만 미군의 열화 우라늄 탄 때문이 아니라는 뚜렷한 반증도 없다. 한편 이라크 국내에서도 어린이의 백혈병 증가등이 보고되고 있다.

일본에서 비록 멀리 떨어진 무인도의 사격 연습장이기는 하지만 열화 우라늄 탄을 가지고와서 연습했다는데 대해 일본내에서 반발이 만만치 않았다. 관광과 어업으로 많은 사람들이 왕래하는 해역 근처에서 대량의 열화 우라늄 탄이 쓰였다는 것이 일본인을 자극한 것이다.

미군당국은 1996년 3,4월 그러니까 연습사용후 곧 일본에 알리지 않고 현지조사를 실시해 채취한 토양 샘플을 분석한 결과 토양 1g당 0.11Bq로 미원자력 위원회의 허용기준치의 10분의 1이하였다고 금년 2월에야 발표했다. 그러나 방사능이 언제 어떤 형태로 어디를 돌아 감염할지 모르기 때문에 열화 우라늄 탄은 쓰지 않는 것이 좋은 것으로 평가되고 있다.

프랑스 최대의 항공우주기업 Aerospatiale
〈http://www.aerospatiale.fr〉

인하대학교 공기역학실험실 송병규

이번에는 어디를 돌아볼까? 현찰 생각하고 있는데 마침 걸려온 담당자님의 전화. '이 코너 연재를 시작한 이후로 에어버스사 하나 빼고는 전부 미국기업 위주였으니 이번에는 프랑스 업체쪽을 돌아보는 게 어떻겠냐는 말씀이었다. 대답은 쉽게 하고 전화를 끊었지만 한가지 걱정이 있었다. 불어라고는 '봉쥬르' 하고 '쥬뗌무' 밖에 모르는데 큰일이군 생각하면서 이번에 돌아볼 곳을 정한 곳이 바로 'Aerospatiale!' 프랑스 최대의 항공우주그룹이라고 할 수 있는 곳이었다. 일단 불어가 나오면 그 때가서 생각해봐야지 하고 여느때처럼 http://www.aerospatiale.com을 입력하고 출발!

Aerospatiale의 구성

그런데 이게 웬 일? 그런 사이트는 없다고 나오네? 이상하다. 철자가 틀렸나? 아무리 맞춰봐도 'Aerospatiale'이 맞는데… 왜 그럴까? 나중에 생각해보니 아에로스빠시알 그룹은 프랑스 그룹이었기 때문에 맨 뒤에 'com' 대신 'fr'을 붙여준다는 생각을 안하고 있었던 것이다. 이제 실수를 깨달았으니 다시 한 번 http://www.aerospatiale.fr을 확인하고 접속해 들어갔다.

긴장하고 바라본 첫 화면에서 나를 반겨준 것은 다행히 불어가 아니고 영어였다. 다른 회사 홈페이지처럼 회사로고나 멋진 비행기 사진이 있는 것도 아니고 'The Group', 'Products & Services', 'Partnerships', 'Financial Information', 'Communication'등 5개의 메뉴만이 약간은 썰렁하게 자리잡고 있었지만 영어가 나와준 것만 해도 얼마나 반가웠는지… 물론 프랑스 기업이니까 그들의 모국어인 불어로도 전환해서 볼 수 있지만 우리나라 사람들에겐 아무래도 불어보다는 영어가 편할 테니 굳이 불어로 전환할 필요는 없으리라고 생각한다.

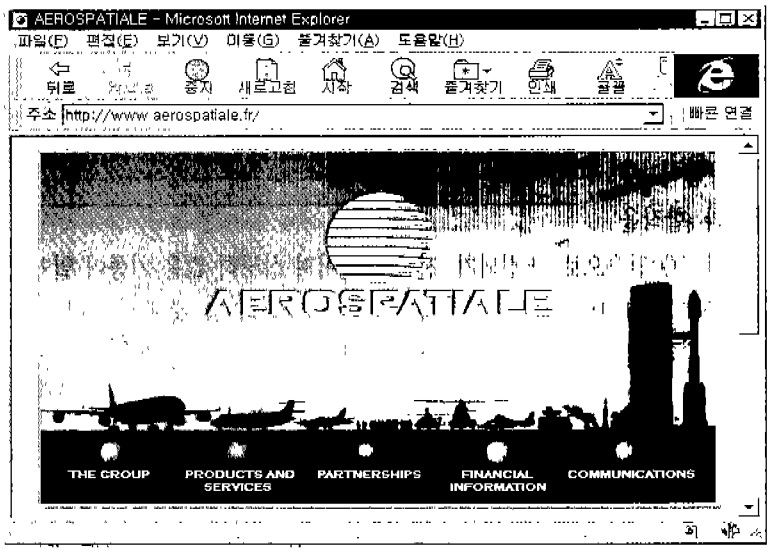
아에로스빠시알 홈페이지 전체의 구성은 특징적인 내용이 없었고 초기화면에서도 그다지 인상적인 모습은 찾아볼 수 없었다.

우선 초기화면의 첫 번째 섹션인 'The Group'섹션으로 들어가서 아에로스빠샬 그룹의 전반적인 구성을 알아보자. 아에로스빠샬 그룹은 1970년 1월 1일 프랑스정부의 주도로 'Sud-Aviation', 'Nord-Aviation', 'Sereb'의 3개 회사를 하나의 회사로 합병하면서 탄생했고 공식명칭은 'Soci Nationale Industrielle Aerospatiale'이라고 한다. 민수용과 군용 항공기, 헬리콥터, 우주개발분야와 방위산업에까지 폭 넓은 활동범위를 가지고 있는 아에로스빠샬 그룹의 1996년도 총 매출액은 510억 프랑이었고 그 중에서는 76.7%가 민수분야였고 나머지가 군 관련 매출이었다. 이정도 매출규모와 약 3만8천명의 종업원수를 감안하면 영국의 브리티쉬에어로스페이스(British Aerospace)사 다음으로 유럽 2위의 규모라고 한다. 아에로스빠샬 그룹의 사업은 크게 세 가지 고정익항공기, 헬리콥터, 우주 및 방위산업분야로 나뉘어지는데 각 분야의 비중을 보면 고정익항공기가 총 매출액의 53.9%, 헬리콥터가

18.8%. 우주 및 방위산업분야가 27.3%를 차지하고 있었고 프랑스 국내시장이 협소한 만큼 총 매출액의 75%가 수출에 의한 것이어서 아에로스빠샬의 국제경쟁력을 나타내 주고 있었다. 여기에서 각 분야별로 아에로스빠샬 그룹내의 자회사 내지 출자 회사들을 살펴보자면 항공기분야에서는 우리가 이미 잘 알고 있는 Airbus Industrie와 우리나라와 합작으로 중형항공기를 개발하기로 한 AI(R), 에비오닉스와 항공기용 광학장비 등을 제조하는 Sextant avionique 등이 있었고 헬리콥터분야에서는 Eurocopter, 우주분야에서는 Arianespace등이 친숙한 이름들이었다.

Aerospatiale의 항공

이렇게 그냥 회사 이름만 나열하는 것보다는 여기에서 생산한 항공기나 헬리콥터를 직접 예를 드는 것이 좀 더 인상 깊게 다가오는 법이니 초기메뉴의 Products and Services 섹션으로 들어가보자. 여기에는 항공기, 헬리콥터, 우주 및 방위산업분야별로 나눠져 있었는데 처음 들어간 'Aircraft'메뉴는 다시 '에어버스계열', 앞으로 개발할 '프로젝트', 'AI(R)', '경비행기' 등으로 나뉘어져 있었다. 이 중에서 에어버스 계열은 이전에도 다룬 적이 있었고 경비행기는 우리나라 실정에서는 그다지 관심거리가 아니므로 젖혀두고 향후개발 예정인 FLA와 SST에 대해서 살펴보자.

FLA는 Future Large Aircraft의 약자로서 계속 커져만 가는 중형 수송기시장의 수요에 부응하고 중형기 시장에서의 미국의 독주를 막기 위해서 프랑스의 Aerospatiale, 이탈리아의 Alenia, 영국의 British Aerospace, 스페인의 CASA, 독일의 Daimler-Bens Aerospace등 유럽의 항공회사가 합작해서 개발하는 화물적재량 32톤급의 수송기이다. 여러 국가의 합작품인 만큼 각 회사의 최신기술이 적용되는 이 FLA는 수송기 이외에 공중급유기, 해상초계기, 전자전기등으로도 쓰일 수 있을 것으로 예상되고 있다. 현재 유럽의 수송기의 다수가 2003년 정도가 되면 노후되어 퇴역할 예정이므로 올해 안에 FLA 계획이 본격적으로 Pre-development 단계에 들어가야 하는데 각국의 이해가 얽히고 설킨 만큼 시원하게 잘 나갈지는 두고 볼 일이다.

SST는 Second Generation Supersonic Transport로서 이미 초음속 여객기 콩코드를 개발해서 운용하고 있는 British Aerospace와 Aerospatiale, Daimler-Benz Aerospace등이 합작으로 개발하고 있는 차세대 초음속여객기로서 앞으로 항공여객의 수요가 급격히 증가하면서 좀 더 빠르게 여행하고자 하는 이용자들이 생기게 되고 이들의 수요에 맞추기 위해서는 2007년에서 2025년 사이에 250석에서 300석 규모의 초음속여객기가 적어도 500대 이상은 필요할