

정밀유도탄의 발달: 1918~2010

문장렬* · 문 권**

1. 서 론
2. 유도폭탄
3. 순항미사일
4. 탄도미사일
5. 유도포탄
6. 결 론

1. 서 론

무기의 발달사에서 화약의 발명은 흔히 ‘혁명’으로 일컫는다.¹⁾ 그러나

* 국방대 군사전략학과 부교수 ** 국방대 석사과정 졸(육군 대위)

1) 화약의 발명으로 초래된 전쟁양상의 혁명적 변화에 대한 논의는 Max Boot, *War Made New: Technology, Warfare, and the Course of History 1500 to Today*(New York: Gotham Books, 2006) 제1부 화약 혁명(Gunpowder Revolution) 참고. 그러나 여러 연구자들은 화약의 군사적 이용이 실제로 많은 시간이 소요되었기 때문에 군사사에서 하나의 혁명적 사건으로 보지 않는 경향도 있다. 예컨대, Bernard and Fawn Brodie, *From Crossbow to H-Bomb: The evolution of the weapons and tactics of warfare*(USA: Indiana University Press, 1973), Trever N. Dupuy, *The Evolution of Weapons and Warfare*(USA: Da Capo, 1984) 등 참고.

현대에 올수록 무기의 파괴력 자체의 증대보다 사거리와 정밀도, 운용의 효율성 등이 더욱 중요해졌다. 이는 기술의 발달로 인해 파괴력의 운반과 통제 수단이 고도화되고 정치적으로 대량파괴보다는 정밀타격이 선호되고 있기 때문이다. 정밀도의 향상은 ‘유도(guidance)’라는 개념이 기술적으로 구현됨으로써 비약적인 발전이 가능하게 되었다. 유도는 파괴력(탄두)을 발사 시점이 지난 후에도 표적에 근접시키는 기술이다. 1차 세계대전 이전에는 총포의 탄자가 비행하는 경로가 발사시점에서 결정되었기에 사격술은 탄자의 물리적 속성과 사격제원에 국한되었다. 그러나 이후 기계, 전자, 광학, 컴퓨터 분야의 기술이 발달함에 따라 명실공히 유도무기(guided weapon)의 시대가 열렸다.²⁾

본 논문에서는 정밀유도탄(Precision Guided Munition: PGM)의 발달과정을 고찰하기 위해 정밀유도탄의 종류를 유도폭탄, 순항미사일, 탄도미사일, 유도포탄으로 구분한다. 이는 유도방식이나 기타 기술적인 관점에서 분류한 것이라기보다는 운용의 목적과 방식 측면에서 분류한 것으로서 무기(weapon)의 발달사 연구에 더 적합할 것으로 판단된다. 또한 각 연구대상을 다양한 구성품으로 이루어진 무기체계(weapons system)로 하지 않고 탄(munition) 자체에 국한시킨다.

유도폭탄(guided bomb)은 주로 항공기에서 투하된 후 표적으로 유도되는 폭탄을 지칭한다. 순항미사일(cruise missile)은 공기중을 비행하는 무인비행체에 폭탄을 탑재한 무기이며, 탄도미사일(ballistic missile)은 비행궤적이 대기권을 벗어난 탄도를 갖는 로켓에 폭탄을 탑재한 무기이다. 유도포탄(guided projectile)은 포에서 발사되는 탄에 유도장치를 장착한 것이다. 이렇게 구분하여 발달과정을 분석하는 것은 종류에 따라 정밀유도탄의 발달과정이 상이하고, 그 용도가 다르기 때문이다. 또한 종류에 따라 정밀유도탄의 운용개념이 상이하고,

2) 유도무기를 정의하는 유도의 개념과 방식에 대한 기술적 논의는 본 논문에서 상세히 개진하지 않지만, 일반적인 이해를 위해서는 다음 서지 등을 참고할 수 있을 것이다. 최윤대·문장렬, 『군사과학기술의 이해』, 서울: 양서각, 2003, 110~134쪽, 국방부, 『WMD: 대량살상무기에 대한 이해』, 서울: 국방부, 2007, 166~188쪽.

정밀성과 유도방식, 파괴력, 단가(單價)의 차이가 크므로 분리하여 분석하는 것이 타당하기 때문이다.

이와 같이 4개의 유형으로 분류한 정밀유도탄의 발달과정은 정밀유도탄의 본질이라고 할 수 있는 정밀성과 유도방식의 발달과정과 사실상 일치한다. 따라서 그 부분을 중점적으로 고찰하면서 아울러 일반적으로 무기의 발달은 비용-효과 측면에서 고효율을 지향하므로 정밀유도탄의 가격과 파괴력 변화를 살펴보는 것도 의미가 있을 것이다.

그리고 정밀유도탄의 발달과정의 고찰을 위해 시간적, 공간적 한계를 설정한다. 시간적 측면에서는 유도무기의 개발이 시작된 제1차 세계대전부터 현재에 이르기까지로, 공간적인 측면에서는 미국의 정밀유도탄을 위주로 발달과정을 살펴보고자 한다.

유도방식을 제외한 정밀도, 단가, 파괴력은 수치로 나타내기 위해서 별도의 지표를 필요로 한다. 이에, 정밀도는 원형 공산오차(m)를 기준으로 하고³⁾, 단가는 참고를 위해 자료의 가용성 범위 내에서 당시의 달러화로 제시한다.⁴⁾ 파괴력은 측정 방식에 따라 전혀 달리 표현될 수 있으므로 보편적인 지표화 방식을 찾기 어렵다. 본 연구에서는 파괴력을 나타낼 수 있는 탄두중량(kilogram : kg), 파괴력(mega ton : Mt), 관통력(meter : m)을 이용하여 지표화하고, 이를 통해서 발달과정을 비교·분석한다.

3) 원형공산오차(Circular Error Probable: CEP)란 통상 표적 지점을 중심으로 발사된 탄의 50%가 확률적으로 분포되는 반경을 의미한다.

4) 단가는 시대별로 물가 변동이 있고 환율도 다를 뿐 아니라 기술의 확산과 발달에 따라 향상된 성능의 무기가 오히려 더 저렴해질 수도 있기 때문에 이를 현재 가치로 환산하는 것이 큰 의미가 없다. 저자들은 당시 단가(달러)들을 미국의 노동통계청(U.S. Department of Labor)에서 제공하는 CPI 인플레이션 계산기를 이용하여 현재(2012. 9. 15)의 원화로 환산을 시도했으나 그 결과치들은 본 논문에서 제시하지 않는다.

2. 유도폭탄

길레스피(Gellespie)는 미국의 해군자문위원회(Naval Consulting Board)의 프로젝트였던 공뢰(空雷, aerial torpedo)를 세계 최초의 유도탄으로 평가하고 있다. 프로젝트를 담당하던 스페리(Elmer Sperry)와 동료 엔지니어들이 1918년 3월 6일 롱 아일랜드(Long Island)에서 성공적으로 비행시험을 하였기 때문이다.⁵⁾ 공뢰는 캐터링(Charles F. Kettering)에 의해 더욱 발전되었으며, ‘버그(The Bug)’라는 이름으로 알려져 있다. 버그는 자이로스코프(gyroscope)라는 도구를 통해 방향을 통제할 수 있는 유도방식을 갖추었다. 이처럼 초기 유도탄의 대부분은 자이로스코프에 기반을 둔 관성유도 방식을 사용하였다. 이후, 캐터링의 공뢰 기술은 1920년대에 무선 통제(radio control)와 결합하면서 유도탄의 발전에 크게 기여하게 된다. 그러나 초기의 유도탄의 정밀성이란 그다지 기대할 수 없는 것이었다.

제2차 세계대전 기간에 있었던 ‘아프로디테(Aphrodite)작전’에서 그 당시 유도탄의 유도방식과 정밀도를 살펴볼 수 있다. 1944년 6월 26일, 공군의 지휘관이었던 두리틀(James Doolittle) 장군은 영국에 있는 제3폭격사단에 아프로디테로 명명되어진 실험적 프로젝트를 수행할 것을 지시했다. 이 아프로디테 작전은 무선 통제, TV 화상(television imaging)을 포함한 다양한 기술들을 사용하여 독일의 로켓 발사 지점을 폭격하는 것이었다.⁶⁾ 낮은 정밀도를 향상시키고자 했던 기술적인 노력들이 제2차 세계대전에서 출현하게 되는 작전이였다. 하지만 그 작전은 독일의 시설에 결정적인 피해를 줄 만큼 만족스러운 결과를 얻지 못했다. 이러한 사례는 당시 유도탄의 정밀도를 가늠할 수 있게 한다.

5) Paul G. Gillespie, *Weapons of Choice: The development of precision guided munitions*(USA Alabama: The University Of Alabama Press, 2006), pp.14~16.

6) Headquarters, 3rd Bombardment Division, “Report on Aphrodite Project”, *AFHSO File Number B5529-1015*, Bolling AFB, DC(January 20, 1945), p.1.

독일의 프리츠(Fritz) X와 미국의 아존(Azimuth Only: Azon)은 제2차 세계대전 중에 상용화되고 잘 알려진 유도폭탄이다. 프리츠 X는 독일이 개발한 대함 유도폭탄으로 1943년 7월 21일 시칠리아의 오거스타(Augusta) 항구에 대한 습격에서 처음으로 사용된 이래로 연합군을 상대로 한 다양한 전투에서 활용되었다. 프리츠 X는 가시선내 수동형 라디오 지령유도방식(Manual Command to Line Of Sight: MCLOS)을 사용하였다. 이는 항공기 조종사가 점광 신호기로 폭탄의 위치를 확인하면서 라디오 원격 조종으로 낙하 궤도를 수정하여 목표물로 유도하는 방식이었다.⁷⁾ 숙련된 조종사는 프리츠 X의 원형 공산오차를 15m 이내로 줄였다.⁸⁾ 아존은 제2차 세계대전 중에 미국의 국방연구위원회(National Defense Research Committee: NDRC)의 노력으로 개발된 유도폭탄이다.⁹⁾ VB-1(Vertical Bomb 1)으로 명명된 아존은 1944년에 상용화되어 1945년 초에 버마에서 사용되었다. 아존 역시 MCLOS 유도방식을 사용하였으며, 최상의 상태에서 원형 공산오차는 6.4m에 이르렀다.¹⁰⁾ 하지만 이러한 유도방식은 상대방의 재밍(Jamming), 항공기 조종사의 숙련도, 기상, 사거리에 따라 정확도가 현저한 차이를 보였다.

프리츠 X와 아존과 같은 MCLOS 유도방식을 사용하는 AGM-12 불펄프(Bullpup)은 1959년에 미국 해군에 의해서 대량 생산되어 배치된 공대지 지령유도 미사일이었다. 불펄프는 미국 공군이 표적을 파괴시키는 데 대단한 어려움이 있었던 한국전쟁의 경험에 의해서 개발되었다.

7) 유용원·김병륜·양옥·김대영, 『무기바이블』, 플래넷미디어, 2012, 232쪽.

8) "1.JmA-Special German weapons", 1jma.dk. http://www.1jma.dk/articles/1jmaluftwaffe_gro_und_weapons.htm.(검색일: 2012. 9. 10).

9) NDRC는 근접신관, 열·빛·레이더 호밍과 같은 자체 추적 유도방식, 수동식 유도폭탄의 발전을 이끌어 냈다. Joseph C. Boyce, *New Weapons for Air Warfare: Fire-Control Equipment, Proximity Fuzes, and Guided Missiles, Science in World War II, Office of Scientific Research and Development*(Boston: Little, Brown, 1947), p.257.

10) U.S. Army Human Engineering Laboratories, "The Accuracy of the Azon Guided Bomb as Affected by Battle Conditions in World War II", *DTIC AD number 600601*(May 1964), p.9.

불펄을 발사한 후에는 정밀한 유도를 위해서 항공기 조종사는 가급적 미사일 뒤를 따라가야만 했다.¹¹⁾ 그러한 요구는 항공기와 조종사의 생존을 위태롭게 했고, 결과적으로 정확성을 낮추는 요인으로 작용하였다.

AGM-62 월아이(Walleye)는 1960년대에 마틴 마리에타(Martin Marietta)사에 의해 생산되어, 미국에 의해 사용된 대표적인 TV 유도 방식의 유도폭탄이다. 월아이는 항공기로부터 목표물까지 활공하는 동안 유도시스템을 보조하는 텔레비전을 통해 방향이 조종된다. 폭탄 앞부분에 있는 텔레비전 카메라는 이미지를 항공기 조종실로 전송하며, 조종사는 목표물의 이미지가 스크린에 나타나면 조준하고 폭탄을 투하한다.¹²⁾ 1967년 전투평가에서 월아이는 약 4.6m의 원형 공산오차를 달성한 것으로 평가되었다.¹³⁾ 그러나 월아이는 1967년 베트남의 탄호아(Thanh Hoa) 철교에 대한 직접 타격은 실패하였다.¹⁴⁾ 월아이의 당시 단가는 약 92,000달러였으며¹⁵⁾, 374kg의 탄두로 콘크리트 46cm를 관통할 수 있는 관통력을 지녔다.¹⁶⁾ 사실, 이러한 TV 유도 방식은 미국에서 제2차 세계대전부터 발전되어 왔으며, GB-4와 같은 초기 유도폭탄이 개발되기도 하였다. GB-4는 TV와 라디오 지령방식을 이용하였으며, 약 60m의 원형 공산오차를 가졌다.¹⁷⁾

1965년 베트남전쟁에서 미 해군에 의해 처음으로 사용된 AGM-45 쉬라이크(Shrike)는 대표적인 초기 공대지 대방사(anti-radiation) 미사일이다. 쉬라이크는 수동 레이더 호밍 유도방식을 사용하였다. 하지만 베트남전쟁에 참가한 많은 조종사들은 쉬라이크를 선호하지

11) http://en.wikipedia.org/wiki/AGM-12_Bullpup(검색일: 2012. 9. 10).

12) http://en.wikipedia.org/wiki/AGM-62_Walleye(검색일: 2012. 9. 10).

13) Headquarters Pacific Air Forces, "Second Generation Weaponary in Southeast Asia", *AFHSO File number CHECOK717.0413-80*, Bolling AFB, DC(September 10, 1970), pp.8, 11~13.

14) John Darrell Sherwood, *Nixon's Trident: Naval Power in Southeast Asia, 1968~1972*(Washington D.C: Naval Historical Center, 2009), pp.24~66.

15) GAO, "Weapons Acquisition: Precision Guided Munitions in Inventory, Production, and Development", *Letter Report GAO/NSIAD-95-95*(1995), pp.5~42.

16) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

17) <http://en.wikipedia.org/wiki/GB-4>(검색일: 2012. 9. 10).

않았는데, 그 이유는 약 25%의 명중률밖에 지니고 있지 않았기 때문이었다.¹⁸⁾

한편, 1950년대 후반에 출현한 레이저와 반도체 기술의 발달은 새로운 군사적 잠재력을 보여주었으며, 정밀유도탄의 정밀도와 유도방식에 중대한 변화를 이끌었다.¹⁹⁾ 1963년까지 반능동 유도방식이 당시에 현존하는 가장 뛰어난 유도방식으로 인정받았으며, 그러한 반능동 호밍방식은 목표물을 조준하는 데 레이저를 사용하였다.²⁰⁾ 레이저 유도방식은 공중이나 지상에서 목표물에 레이저 빔을 비추면 항공기 조종사가 목표 부근 상공에서 폭탄을 투하하고, 폭탄이 목표물에 반사된 레이저 빔을 감지하여 목표물로 유도되는 원리이다. 1940~1960년대 초 시기는 라디오 조종과 자이로스코프의 사용으로 구분될 수 있으나, 레이저와 반도체에 의해 정밀유도탄은 획기적으로 변화하게 된다.

정밀유도폭탄의 개시는 제2차 세계대전이었지만 그 가치를 입증한 전쟁은 베트남 전쟁이었다. 레이저 유도폭탄은 1964년 미국의 텍사스 인스트루먼트사(Texas Instruments)가 개발을 시작했다. 이러한 레이저 유도폭탄은 베트남전쟁에서 4년 동안 연 600대의 항공기가 기존의 폭탄으로 파괴하지 못한 탄호아(Thanh Hoa) 철교를 단 한 차례의 폭격으로 파괴하는 놀라운 성과를 이루어냈다.²¹⁾

레이저 유도폭탄은 1968년부터 베트남 전쟁에서 운용되기 시작했으며, 가장 유명한 레이저 유도 키트(kit)는 미국 레이시언(Raytheon)사와 록히드마틴사가 생산한 ‘페이브웨이(Paveway)’이다. 이후 개발된 페이브웨이Ⅱ는 반능동 레이저 호밍 방식에 TV 유도방식이 더해졌으며, 페이브웨이Ⅲ는 적외선 유도 방식을 사용한다. 반능동 레이저 호밍 유도방식을 사용하는 페이브웨이Ⅰ, Ⅱ의 원형 공산오차는 9m이다.²²⁾ 그리고 페이브웨이 마크(Mark) 84(페이브웨이Ⅲ)는 연장된

18) http://en.wikipedia.org/wiki/AGM-45_Shrike(검색일: 2012. 9. 10).

19) Paul G. Gillespie, op. cit., p.69.

20) *Ibid.*, p.71.

21) 유용원 · 김병륜 · 양옥 · 김대영, 앞의 책, 232~234쪽.

22) <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/smart/index.html>(검색일: 2012. 9. 13).

사거리 내에서 전례가 없던 약 6.1m의 원형공산오차를 기록했다.²³⁾ 페이브웨이Ⅱ의 단가는 1972년 당시 약 19,000달러였으며, 페이브웨이Ⅲ의 경우 1980년대에 약 56,000달러였다.²⁴⁾ 또한 페이브웨이Ⅱ는 89/202/240/428kg의 다양한 탄두를 사용하였으며, 페이브웨이Ⅲ는 240/428kg의 탄두를 사용하였다.²⁵⁾ 목표물의 성격과 요망수준에 따라 적절한 폭탄을 탄두로 사용하였던 것이다.

레이저 유도방식은 매우 정밀했지만 레이저 빔을 직접 비추어야 했으므로 상당부분 시각에 의존해야 했다. 또한 악천후에는 사용이 불가능할 때가 많았다. 산악 지형의 특성으로 안개가 짙게 깔리면 레이저 유도폭탄은 반사된 레이저 빔을 찾지 못해 오폭이 발생하기도 하였다.²⁶⁾ 걸프전쟁과 보스니아전쟁의 경험으로 미군은 정밀도의 향상과 악천후 극복 능력, 사거리 증대, 자동 유도방식 등을 요구했다.²⁷⁾

이러한 요구에 응하기 위해, 미군은 걸프전쟁에서 사용된 유도탄과 GPS(Global Positioning System) 위성을 이용한 목표물 탐색 장치를 조합한 최첨단 유도폭탄의 개발을 계획하였다.²⁸⁾ 마침내 1996년 7월 GPS지원폭탄(GPS Aided Munition: GAM)인 GBU-36이 개발되었다. GBU-36은 관성유도 장치와 GPS유도 장치를 통해 목표물로 접근하기 때문에 별도의 목표물 탐지 장치가 없는 공격용 정밀유도 폭탄이었다. GBU-36은 286/428kg의 탄두를 사용하였으며²⁹⁾, 극히 소량만 생산되어 아프가니스탄전쟁과 이라크전쟁에서 전량 사용되었다. 이후 1996년부터 미국의 보잉사에서 합동직격탄(JDAM: Joint Direct

23) Headquarters 7th Air Force, "Pave Way Utility and Cost Effectiveness in Southeast Asia", AFHSO File number K7725506, Bolling AFB, DC(September 15, 1968), pp.18~19.

24) <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/smart/index.html>(검색일: 2012. 9. 14).

25) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

26) 유용원·김병륜·양욱·김대영, 앞의 책, 234~235쪽.

27) Paul G. Gillespie, op. cit., p.142.

28) John A. Tirpak, "The State of Precision Engagement", *Air Force Magazine* (March 2000), pp.28~29.

29) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

Attack Munition)이라는 GPS유도폭탄이 본격적으로 생산되었다. JDAM은 고도 1만 4,000미터에서 투하되면 사거리가 약 28km에 달하며, 원형 공산오차는 13m이다. 그러나 상대의 전파방해로 GPS 수신이 불가할 경우에 관성항법장치(Inertial Navigation System: INS)에 의해 유도되어 원형 공산오차는 30m로 커지게 된다.³⁰⁾ JDAM은 240/428kg의 탄두를 사용하며, 콘크리트 2.4m를 관통할 수 있는 능력을 보유하고 있다.³¹⁾ GAO(Government Accounting Office)의 1995년도 자료에 따르면, GBU-36의 당시 예상단가는 약 231,000달러였던 반면에, JDAM의 당시 예상단가는 현재 약 56,000달러였다.³²⁾ 미국의 보잉사에서 제작하고, 2006년에 전력화된 GBU-39 역시 INS/ GPS 유도방식을 활용하여 약 3m의 원형 공산오차를 구현하고 있다. GBU-39의 단가는 약 50,000달러(약 0.64억원)이며³³⁾, GBU-39는 93kg이라는 소형 탄두로 콘크리트 1m를 관통할 수 있다.

미국에서 개발되었던 주요 정밀유도폭탄의 정밀성과 유도방식 발달 과정을 요약하면 <표 1>과 같다. 정밀유도폭탄은 개략적으로 관성유도, 라디오 원격 조종을 통한 수동 지령유도, TV 유도, 수동 레이더 호밍유도, 레이저를 이용한 반능동 호밍, 적외선(IR) 유도, GPS 유도방식의 순서로 발달하였다. 또한 이러한 유도방식들은 기존 유도방식에 새로운 기술을 접목시키고, 상호 조합을 이루면서 정밀도를 높이고, 각종 변수들에 대한 신뢰성을 높이는 방향으로 발달하게 되었다.

30) 유용원·김병륜·양욱·김대영, 앞의 책, 235~236쪽.

31) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

32) GAO, op. cit., pp.5~42.

33) 합동참모본부, 「세계 주요 무기체계: 공대지 유도폭탄」, 「합참」 제49호(2011년 10월), 129쪽.

〈표 1〉 주요 정밀유도폭탄의 정밀성과 유도방식 발전과정

정밀유도폭탄	상용연도	원형공산 오차(m)	유도방식	당시 단가(\$)	
Azon	1944	6.4	수동형 라디오 지령		
AGM-62 Walleye	1966	4.6	TV	92,188	
Paveway	I	1968	9	반능동 레이저 호밍	
	II	1972	9	TV+반능동 레이저 호밍	19,000
	III	1980	6.1	적외선	55,600
GBU-36(GAM)	1996	6	INS / GPS	231,250	
JDAM	1996	13	INS / GPS	62,846	
GBU-39	2006	3	INS / GPS	50,000	

* 기타 참고자료

- Kettering bug(1918): 관성유도방식, 단가 약 12,000달러
- Fritz X(1943): 원형공산오차 15m, MCLOS 유도방식
- AGM-45 Shrike(1965): 수동 레이더 호밍 유도방식, 명중률 25%

〈표 1〉에서 보는 바와 같이 정밀유도폭탄의 정밀도는 시대가 지나도 크게 변화하지는 않았다. 하지만 항공기에서 폭탄을 투하하는 방식에 있어서 항공기와 조종사의 생존성과 작전의 효율성을 높이기 위해 폭탄의 투하고도는 높아졌고, ‘발사 후 망각(fire and forget)’ 시스템을 발전시켜야 했다. 이를 위해서는 필연적으로 정밀도가 낮아질 수밖에 없으나, 표에서 보는 것처럼 최근 유도폭탄의 정밀도는 이전에 비해 비슷하거나 오히려 더 높다. 이는 기술의 진보에 따라 정밀유도폭탄의 유도방식이 발달함으로써 항공기와 조종사의 생존성 향상에 부수되는 정밀도 저하 요인을 극복할 정도로 정밀도 자체가 향상되었음을 의미한다.

미국의 주요 정밀유도폭탄의 단가는 전체적으로 낮아지고 있지만 종종 높아지기도 하였다. 이러한 이유는 무기체계의 단가가 근본적으로 기술력의 희소성, 개발비용, 탄두구성, 재료, 생산규모, 군사적 효과와

가치 등에 영향을 받기 때문이다. 게다가 최근 개발된 정밀유도폭탄이 대량으로 생산되어질 경우 그 단가는 더욱 낮아질 전망이다.

〈표 2〉 주요 정밀유도폭탄의 파괴력

정밀유도폭탄	상용연도	탄두중량(kg)	관통력(m)	비 고
AGM-62 Walleye	1966	374(191)	콘크리트 0.46	·
Paveway	Ⅱ	1972	89, 202, 240, 428	·
	Ⅲ	1980	240, 428	·
GBU-28	1991	272	콘크리트 6m	벙커버스터
GBU-36(GAM)	1996	286, 428	·	·
JDAM(GBU-31)	1996	240, 428	콘크리트 2.4m	·
GBU-37	1997	286, 428	콘크리트 6m	·
GBU-39(SDB)	2006	93	콘크리트 1m	·
GBU-43(MOAB)	·	8,482	콘크리트 18m	2004년 중단

* 출처: <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16); 합동참모본부, 「세계 주요 무기체계: 공대지 유도폭탄」, 『합참』 제49호, 2011, 128~130쪽 참고 후 재구성.

〈표 2〉에서는 미국의 주요 정밀유도폭탄의 파괴력 변화를 살펴볼 수 있다. 탄두중량과 관통력을 기준으로 파괴력을 비교해 보면, 정밀유도폭탄의 파괴력은 일정한 패턴을 보이지는 않는다. 이는 탄두중량을 전적으로 늘리거나 줄이는 형태로 발전한 것이 아니라 정밀유도폭탄의 표적 성질, 임무, 전술 및 전략적 효과에 따라 적정한 규모의 파괴력을 창출하도록 조절하였다는 것을 의미한다. 그러나 한 가지 주목할 것은 월아이의 관통력이 46cm에 그쳤으나, 1990년대 이후에는 작게는 1m에서 크게는 18m까지 크게 증가한 것이다. 이는 정밀유도폭탄의 초기 모델에 비해서 최근 모델들이 지하에 있는 상대의 시설물도 파괴할 수 있을 정도로 관통력이 증대했다는 것을 의미한다. 즉, 파괴력을 정밀하게 집중할 수 있는 방향으로 진화하였다.

3. 순항미사일

세계 최초의 순항미사일은 제2차 세계대전시 1944년 6월부터 독일이 영국 폭격에 약 10,000기, 벨기에 폭격에 약 6,000기를 사용했던 V-1미사일이다.³⁴⁾ V-1미사일의 유도방식은 자이로스코프를 이용한 관성유도였으며, 원형 공산오차는 12.8km로 알려졌다. 이러한 V-1미사일은 850kg의 아마톨(Amatol) 폭약³⁵⁾을 사용하였다.

독일의 V-1에 충격을 받은 미국은 곧바로 V-1을 역설계하여 1944년 8월 8일까지 JB-2 룬스(Loons)를 만들어냈다. 또한 LST(Landing Ship Tank)에서 발사되는 해군용 순항미사일인 KGW-1을 개발했으며, 차후 잠수함에서 발사되도록 개발되었다.³⁶⁾ JB-2와 KGW-1은 910kg의 고폭탄을 사용하였으며, MGM-1 마타도어(Matador)와 MGM-13 메이스(Mace)로 발전하는 데 중요한 역할을 한다.³⁷⁾ JB-2와 KGW-1은 1945년부터 1950년까지 사용되었으며, 라디오 지령유도를 통해서 160km의 사정거리에서 약 400m의 원형 공산오차 범위에 이르렀다.³⁸⁾

마타도어와 메이스는 모두 1Mt의 폭발력을 지닌 핵탄두를 탑재한 순항미사일이었다.³⁹⁾ 마타도어는 1952년에 레이더에 의한 라디오 지령 유도시스템을 지닌 A형, 1957년에 새니클(Shanicle) 유도시스템⁴⁰⁾을 갖춘 C형이 상용화되었다. 그러나 마타도어는 1962년 도태되고

34) Thomas G. Mahnken, "The Cruise Missile Challenge Overview", *CSBA Backgrounder* (November 9, 2004), p.2.

35) 질산암모늄과 T.N.T의 혼합 폭약.

36) George Mindling and Robert Bolton, *US Air Force Tactical Missile, 1949~1969, The Pioneers, Raleigh*(North Carolina: Lulu.com, ISBN 978-0-557-00029-6, 2009).

37) http://en.wikipedia.org/wiki/V-1_flying_bomb(검색일: 2012. 9. 10).

38) http://en.wikipedia.org/wiki/Republic-Ford_JB-2(검색일: 2012. 9. 10).

39) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

40) Shanicle: Short Range Navigation Vehicle, 사거리와 발사 각도를 위한 네트워크를 형성하기 위하여 마이크로웨이브 방사체를 사용하는 유도방식이다.

메이스가 생산된다. 메이스는 마타도어를 기본으로 하였으며, 자동지형인식항법(Automatic Terrain Recognition And Navigation: ATRAN)을 갖춘 순항미사일이었다.⁴¹⁾ 자동지형인식항법은 탑재된 영상지도와 실제 레이더를 통해 얻어지는 지형정보를 비교하면서 항로를 수정해 가는 유도방식 시스템이다. 이후 사거리를 증가시키고 관성유도시스템을 추가시킨 시리즈 B가 생산되기도 하였다. 그러나 1959년 도입된 메이스는 1970년대 초기에 도태된다. 마타도어와 메이스의 원형 공산오차는 약 520m로 알려져 있으며, 개발 당시의 단가는 각각 89만 달러, 45.2만 달러였다.⁴²⁾

미국의 지속적인 순항미사일 개발과 함께 이루어진 중요한 성과로서 SM-62 스나크(Snark)와 레굴러스(Regulus)가 있다. 3.8Mt의 위력을 지닌 핵탄두를 탑재한 스나크는 대륙간 순항미사일의 초기 모델로 천측유도방식을 적용한 미사일이었다.⁴³⁾ 그 프로젝트는 1946년에 시작하였으나, 1955년 아이젠하워 대통령이 대륙간 탄도미사일에 우선 순위를 두는 등의 논란 끝에 1959년부터 1961년까지만 상용화되었다. 스나크의 원형 공산오차는 1957년 시험에서 31.5km, 1958년 시험에서 7.4km였다. 기술적 노력의 결과, 약 10,200km 사거리에서 발사되는 스나크의 원형 공산오차는 2.4km로 줄어들게 되었다.⁴⁴⁾ 1955년에 예상되었던 스나크의 단가는 약 147만 달러였다.⁴⁵⁾ 0.5Mt의 핵탄두를 탑재한 레굴러스는 미 해군이 잠수함에서 발사될 수 있는 미사일을 개발하기 위한 프로젝트를 통해 제작되었으며, 1955년부터 1964년까지 운용된 순항미사일이다.⁴⁶⁾ 레굴러스의 유도방식은 라디오 지령유도시스템의 일종인 ‘트라운스(Trounce)’라는 유도방식을 사용하였으며,

41) http://en.wikipedia.org/wiki/MGM-13_Mace(검색일: 2012. 9. 11).

42) http://en.wikipedia.org/wiki/MGM-13_Mace(검색일: 2012. 9. 11).

43) 천측유도방식이란 미사일의 비행고도가 대기권을 벗어나면 중간에도 별을 관측할 수 있으므로 중요한 별자리를 이용하여 자체의 위치를 측정하여 유도하는 방식이다.

44) http://en.wikipedia.org/wiki/SM-62_Snark(검색일: 2012. 9. 11).

45) <http://www.astronautix.com/lvs/snark.htm>(검색일: 2012. 9. 15).

46) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

원형 공산오차는 약 4.65km였다. 또한 레굴리스의 1958년 단가는 약 27만 달러였다.⁴⁷⁾ 이후 SSM-N-9 레굴리스Ⅱ가 관성유도방식으로 개발되었으나 폴라리스(Polaris) 잠수함발사 탄도미사일 개발에 치중한 나머지 예산상의 이유로 양산되지 못했다.

미국은 1960년대 운용이 간편한 고체 추진 방식의 탄도미사일이 등장하면서, 순항미사일의 개발과 운용을 포기했었다. 반면, 위협적인 미국의 항공모함에 대응해야 했으나 그러한 무기체계를 갖출 여력이 없었던 소련은 그 대안으로 순항미사일의 개발에 치중했다. 1967년, 이집트 해군이 발사한 소련제 스틱스(Styx) 함대함미사일에 이스라엘 해군의 구축함이 격침당하는 사건이 발생하자, 미국은 1970년대에 들어 대함순항미사일 개발에 주력했다. 1977년 하푼(Harpoon) 대함 미사일을 해군에 배치하고, 1983년 성능을 더 향상시킨 다목적 순항미사일인 토마호크(Tomahawk) 순항미사일을 개발했다.⁴⁸⁾ 이렇게 순항미사일의 성능 향상이 있을 수 있었던 이유는 1950년부터 1980년 사이에 엔진, 재료, 연료, 유도기술의 꾸준한 발전이 있었기 때문이었다.

하푼은 맥도넬 더글라스(MacDonnell Douglas)에 의해 개발되고, 221kg의 탄두로 강철 1~2m를 관통시킬 수 있는 전천후, 비가시적 대함 미사일이다.⁴⁹⁾ 하푼의 유도방식은 중간 순항단계에서 레이더에 의한 고도측정과 관성유도, 종말단계에서 능동 레이더 호밍유도를 사용한다. 하푼은 이러한 유도방식을 통해서 약 5m의 원형 공산오차를 달성한다. 또한 하푼 블록(block)Ⅱ와 같은 시리즈가 기술력의 발전과 함께 개발되었다. 블록Ⅱ의 유도방식은 관성유도방식에 GPS 유도방식을 더한 INS / GPS 유도방식으로 더욱 정밀도를 높였다.⁵⁰⁾ 차후 하푼 시스템은 원거리대지공격미사일(Stand-off Land Attack Missile: SLAM)로 더욱 발전되었으며, 246kg의 탄두로 콘크리트 1~1.5m를

47) <http://www.astronautix.com/lvs/regulus1.htm>(검색일: 2012. 9. 15).

48) 유용원 · 김병륜 · 양욱 · 김대영, 앞의 책, 215~216쪽.

49) [http://en.wikipedia.org/wiki/Harpoon_\(missile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Harpoon_(missile))(검색일: 2012. 9. 11).

50) BlockⅢ 프로그램은 미 해군에 의해서 2009년 4월에 취소되었다.

관통할 수 있다. SLAM 미사일은 중간단계에서 INS/GPS 유도방식, 종말단계에서는 영상적외선(IIR: Imaging Infra-Red)과 데이터 링크(Data Link)를 이용한 유도방식을 사용하여 사거리 130km에서 원형 공산오차 3m 이하를 달성했다.⁵¹⁾ 하푼의 1977년의 단가는 약 53만 달러였으며, SLAM-ER(Extended Response)의 2000년도 단가는 약 79만 달러였다.⁵²⁾

1983년부터 지금까지 사용되고 있는 토마호크 순항미사일은 450kg의 고폭탄과 0.2Mt의 핵탄두를 탑재할 수 있으며 INS, 지형대조유도(Terrain Comparison: TERCOM), 디지털영상대조유도(Digital Scene Matching Area Correlation: DSMAC), GPS 유도방식을 사용한다.⁵³⁾ 토마호크는 일단 발사되면 미리 입력된 진로를 따라서 관성유도, 혹은 GPS에 의해 유도되며, 지상으로 접어들면 TERCOM에 의해 유도시스템이 지원을 받는다. 종말단계에서는 DSMAC 혹은 GPS에 의해 목표물로 유도된다.⁵⁴⁾ 이러한 유도방식을 통해 450~2,500km 사거리를 가진 토마호크 순항미사일은 원형 공산오차 10m 이내의 정밀도를 확보했다. 토마호크의 초기 개발단계에서의 당시 단가는 247만 달러였으나⁵⁵⁾ 1999년에는 약 57만 달러로 떨어졌다.⁵⁶⁾ 2003년에 새롭게 등장한 전술토마호크(Tactical Tomahawk: TACTOM)는 기존의 토마호크 미사일에 비하여 스텔스 성능과 네트워크 기능이 강화되었다. 따라서 생존성이 증가했을 뿐만 아니라, 기존의 토마호크 미사일이 사전에 입력한 목표물만 공격할 수 있었던 데에 비해 전술토마호크는 강화된 네트워크를 이용하여 비행 도중에 입력된 목표물 외의 다른 임의의 목표물을 지정해 타격할 수 있다.⁵⁷⁾ 전술토마호크의

51) 합동참모본부, 「세계 주요 무기체계: 공대지 유도폭탄」, 『합참』 제47호, 2011, 124쪽.

52) GAO, op. cit., pp.5~42.

53) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16);

[http://en.wikipedia.org/wiki/Tomahawk_\(missile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tomahawk_(missile))(검색일: 2012. 9. 11).

54) [http://en.wikipedia.org/wiki/Tomahawk_\(missile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tomahawk_(missile))(검색일: 2012. 9. 11).

55) GAO, ibid., pp.5~42.

56) [http://en.wikipedia.org/wiki/Tomahawk_\(missile\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Tomahawk_(missile))(검색일: 2012. 9. 11).

57) 유용원·김병륜·양욱·김대영, 앞의 책, 218~219쪽.

표적에 대한 유통성은 유도방식에 있어서의 획기적인 변화임에 틀림 없다.

〈표 3〉 주요 순항미사일의 정밀성과 유도방식 발달과정

순항미사일	상용 연도	원형공산 오차(m)	유도방식	당시 단가(\$)
JB-2 / KGW-1	1945	400	관성+라디오 지령	
MGM-1 Matador	1952	520	관성+라디오 지령	890,000
MGM-13 Mace	1959	520	자동지형인식	452,000
Harpoon	1977	5	레이더 고도측정, 관성, 능동레이더 호밍	527,416
Tomahawk	1983	10	INS, TERCOM, DAMAC, GPS	569,000 (1999)
SLAM-ER	2000	3	INS / GPS, IIR, Datalink	786,143

* 기타 참고자료

- V-1미사일(1944): 정밀도-12,800m, 관성유도 방식
- Regulus(1955): 원형공산오차 4,650m, 관성+라디오 지령 유도, 26.7만 달러(1958)
- SM-62 Snark(1959): 원형공산오차 2,400m, 천측유도 방식, 147만 달러(1955)

이상의 내용 중에서 정밀성과 유도방식을 종합하면 〈표 3〉과 같다. 순항미사일은 관성유도, 라디오 지령유도, 지형인식, 천측유도, 능동 레이더 호밍 방식을 결합한 레이더 및 관성유도, IIR, GPS 유도, 데이터 링크를 통한 유도 기술들의 등장과 상호 결합을 통해 정밀도를 높여왔다. 약 250km라는 비슷한 사거리를 지닌 순항미사일로서, 1944년에 독일에서 운용되었던 V-1과 2000년에 미국에서 운용된 SLAM-ER의 정밀도를 비교하는 것은 흥미롭다. V-1의 원형 공산오차는 12,800m이었으며, SLAM-ER의 그것은 3m이다. 56년 동안 순항미사일의 정밀도는 단순 비교 시 4,000배 이상 높아졌다.⁵⁸⁾

58) 이러한 단순 비교는 비슷한 사거리일 경우에 의미가 있으며 현대 순항미사일의 정밀도는 사거리보다는 종말 유도 방식에 더 크게 의존하므로 일반적인 비교의 수치적 결과는 신뢰도가 제한된다.

미국의 주요 순항미사일 단가 변화는 약간씩의 오름세를 보이기는 하나, 시간이 흐르면서 전체적으로 단가가 낮아지는 추세를 보인다. 그러나 토마호크 순항미사일의 경우와 같이 동종일 경우 모두 시간이 지나면서 단가가 떨어진다. 이는 성능이 향상되어도 단가의 변화가 작거나 오히려 낮아지는 정보통신 기술의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다.

〈표 4〉 주요 순항미사일의 파괴력

순항미사일	상용연도	탄두중량(kg)	폭파력(MT)	탄두 명칭(특성)
JB-2 / KGW-1	1945	910	·	HE
MGM-1 Matador	1952	1,360	1	핵, W-28
Regulus	1955	1,200	0.5	핵, W-27
MGM-13 Mace	1959	1,360	1	핵, W-28
SM-62 Snark	1959	2,812	3.8	핵, W-39
Harpoon	1977	221	·	강철 1~2m 관통
Tomahawk	1983	450	0.2	HE, 핵(W-80) 가능
SLAM-ER	2000	246	·	철근콘크리트 1~1.5m

* V-1미사일(1944): 850kg Amatol-39

순항미사일의 파괴력은 과거보다 더욱 효율화되었다. 〈표 4〉에서와 같이 탄두중량은 분명 감소하였다. 핵탄두 순항미사일인 마타도어, 메이스, 레굴러스, 스나크를 비교에서 제외하더라도, 1945년의 JB-2/KGW-1의 탄두중량이 910kg인 반면에 하푼과 SLAM-ER의 탄두중량은 약 220~250kg 정도이다. 그러나 탄두중량이 감소했다는 이유로 파괴력이 감소했다고 볼 수는 없다. 발달된 기술을 바탕으로 정밀도가 증가하였기 때문에 굳이 과거와 같은 효과를 얻기 위해서 중량이 큰 탄두가 필요하지 않았던 것이다. 뿐만 아니라 부수적인 피해를 최소화하기 위해 정밀타격을 추구하는 운용개념도 필요 이상의 탄두중량 증가를

피하는 데 영향을 미쳤다. 따라서 순항미사일의 파괴력은 정밀도의 향상과 더불어 효율성을 추구해 왔다고 할 수 있다.

4. 탄도미사일

최초의 탄도미사일은 독일이 제2차 세계대전시 1944년 9월부터 런던 공격에 사용했던 V-2미사일이다. V-2미사일은 관성유도방식이 사용되었으며, 자주 궤도를 벗어났고 매우 부정확하였다.⁵⁹⁾ V-2미사일의 원형 공산오차는 1943년 시험 당시 4.5km이었으며, 1944년 12월에 라디오 유도 통제 시스템이 도입된 후 2km로 줄었다. 그러나 실제 전역에서 영국을 목표로 발사된 518발의 V-2미사일 원형 공산오차는 평균 12km였다.⁶⁰⁾

1953년 소련의 열핵무기와 탄도미사일 기술의 발전에 따른 위협에 직면하여 미공군은 전략미사일발전위원회(Strategic Missiles Evolution Committee)를 설립하고, 1954년에 그 위원회는 아틀라스(Atlas) 프로젝트를 진행하게 된다.⁶¹⁾ SM-65 아틀라스 미사일은 1959년부터 1965년까지 상용화되었다. 아틀라스 A~D의 유도방식은 관성유도와 라디오 지령유도를 혼용한다. 미사일이 자체 관성유도 시스템으로부터 획득한 정보를 지상에 있는 통제소에 라디오를 통해 전달하고, 수정된 정보를 수신하는 방식으로 유도된다. 아틀라스 E, F는 완전히 독립적인 관성유도 시스템을 갖추고 있으며, 이러한 유도시스템을 바탕으로 아틀라스는 1.4km의 원형 공산오차를 달성하였다. 비록 원형 공산오차는 컸으나 아틀라스 D의 폭파력은 1.5Mt이었으며, 아틀라스 E, D는

59) Bernard and Fawn M. Brodie, *From Crossbow to H-Bomb*, p.231.

60) <http://www.astronautix.com/lvs/v2.htm>(검색일: 2012. 9. 11).

61) http://www.losangeles.af.mil/library/ballistic_missile(검색일: 2012. 9. 11).

3.75Mt이었다.⁶²⁾ 또한 800기의 아틀라스를 도입하기 위해 당시 10억 달러가 소요되었는데⁶³⁾, 이는 아틀라스의 당시 단가가 125만 달러였다는 것을 의미한다.

이후, 미공군은 타이탄(Titan)과 토르(Thor) 프로젝트를 진행하였다. 타이탄 I 은 1955년부터 개발이 시작되었으며, 아틀라스 초기 시리즈와 같은 유도방식을 사용하였다. 타이탄 I 은 관성유도를 기본으로 하되 지상 통제소와의 라디오 교신을 통해 목표물로 유도되었으며, 원형 공산오차는 1.4km였다. 타이탄 I 의 폭파력은 3.75Mt이었으며⁶⁴⁾, 1962년 단가는 약 150만 달러였다. 토르는 미 공군의 첫 번째 전술탄도미사일이었으며, 1.5Mt의 핵탄두로 무장되었다.⁶⁵⁾ 토르 미사일은 1957년에 설계되어 1959년부터 1963년까지 소련을 견제할 목적으로 영국에 배치되었다. 토르는 미국의 초기 탄도미사일 유도방식과 같이 라디오를 통한 지령유도방식을 더한 관성유도방식을 사용하였다. 토르는 1,850~3,700km 사거리와 3.2km의 원형 공산오차를 목표로 설계되었으나, 약 1km의 원형 공산오차를 달성하였다.⁶⁶⁾ 토르의 1958년 단가는 75만 달러였다.

1950년대 말부터 미 공군은 타이탄 II와 미니트맨(Minuteman)과 같은 제2세대 탄도미사일 개발에 주력한다. 1963년부터 1987년까지 운용되었던 타이탄 II는 지상 통제소의 보조를 받지 않는 자체적인 관성유도방식을 사용하였다. 타이탄 II는 자이로 센서(gyroscopic sensor)인 IMU(Inertial Measurement Unit)와 IBM ASC-15라는 미사일 유도 컴퓨터를 탑재하였으며⁶⁷⁾, 원형 공산오차는 약 900m였다.

62) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

63) Heuston Consulting, Inc., The Database of Cost References by Group-PDF #2, <http://www.Coldwarweaponsystemcosts.com>(검색일: 2012. 9. 15).

64) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

65) http://en.wikipedia.org/wiki/PGM-17_Thor(검색일: 2012. 9. 11).

66) http://en.wikipedia.org/wiki/PGM-17_Thor(검색일: 2012. 9. 11).

67) David K. Stumpf, *Titan II: A History of a Cold War Missile Program*(University of Arkansas Press, 2000), pp.63~67.

타이탄Ⅱ는 9Mt의 거대한 폭발력을 보유하고였으며⁶⁸⁾, 1969년 당시의 단가는 약 316만 달러였다.⁶⁹⁾ 1962년과 1965년에 각각 상용화된 미니트맨Ⅰ, Ⅱ는 고체 로켓 부스터와 관성유도에 사용되는 디지털 컴퓨터 사용이라는 두 가지 발전을 이루었다. 상용 반도체 및 컴퓨터 기술의 향상은 유도 기술을 한층 더 발전시켰으며, 1970년에 미니트맨Ⅲ이 등장한다.⁷⁰⁾ 미니트맨 시리즈는 약간의 기술적 진보가 있으나 관성유도 방식이 사용되었다는 공통점이 있다. 최대 사거리가 13,000km인 미니트맨Ⅲ의 원형 공산오차는 120m이었으며⁷¹⁾, 당시의 단가는 700만 달러였다.⁷²⁾ 미니트맨Ⅲ는 MIRV(Multiple Independently-targeted Reentry Vehicle) 형태로 3개의 탄두로 무장되었으며, 각각의 폭발력을 합하면 1~1.5Mt 정도가 된다.⁷³⁾

한편, 미군은 핵 보복능력의 생존을 위해 폴라리스(Polaris)와 포세이돈(Poseidon)과 같이 잠수함에서 발사되는 잠대지 탄도미사일(Submarine Launched Ballistic Missile: SLBM)을 개발하였다. 폴라리스는 1961년부터 1996년까지에 운용되었고, 관성유도방식으로 유도되었으며, 약 4,600km의 사거리를 보유하고였다. 원형 공산오차는 초기에 1.8km이었으나 차후 개선된 관성유도시스템에 의해 약 900m로 향상되었다.⁷⁴⁾ 폴라리스의 1964년 단가는 약 123만 달러였다. 1971년부터 1992년까지 운용되었던 포세이돈 역시 관성유도방식이 사용되었으나 기술의 발전과 함께 이루어진 정밀도의 향상으로 원형 공산

68) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

69) Heuston Consulting, Inc., The Database of CostHeuston Consulting, Inc., The Database of Cost References by Group-PDF #2, <http://www.Coldwarweaponsystemcosts.com>(검색일: 2012. 9. 15).

70) http://en.wikipedia.org/wiki/LGM-30_Minuteman(검색일: 2012. 9. 11).

71) Duncan Lennox Surrey, *IHS Jane's Weapons: Strategic 2012~2013*(UK Bracknell: IHS Global Limited, 2012), p.77.

72) http://en.wikipedia.org/wiki/LGM-30_Minuteman(검색일: 2012. 9. 11).

73) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

74) http://en.wikipedia.org/wiki/UGM-27_Polaris(검색일: 2012. 9. 11).

오차는 450m로 줄어들었다.⁷⁵⁾ 포세이돈의 1973년 단가는 396만 달러였다. 폴라리스는 각각 200kt의 폭발력을 갖는 3개의 탄두로 구성되었으며, 포세이돈은 각각 100kt의 10개 탄두로 구성되거나 40kt의 14개 탄두로 구성되었다.⁷⁶⁾

한편, 미국은 1972년 소련과의 전략무기제한협정으로 인해 탄도미사일의 양을 늘리는 것보다 질을 향상시키는 방향을 택했다.⁷⁷⁾ 그 결과 피스키퍼(Peacekeeper)와 미지트맨(Midgetman: 일명, Small ICBM)을 개발하였다. 1986년부터 2005년까지 배치되었던 피스키퍼는 각 475kt의 폭발력을 지닌 10개의 탄두로 구성된 MIRV 미사일이었다. 이전보다 개선된 관성유도방식으로 피스키퍼는 최대사거리 9,000km와 원형 공산오차 120m를 달성하였고, 그 단가는 약 7,000만 달러였다.⁷⁸⁾ 미지트맨은 475kt의 폭발력을 갖춘 소형 대륙간 탄도미사일로서 고정식 사일로(silo)에서 발사되는 취약성을 최소화하기 위해 이동식 발사대에서 발사하도록 고안되었다. 미지트맨은 1991년에 최초로 비행 시험에 성공했으며, 사거리가 11,000km에 달하고, INS/GPS 유도방식을 사용한다. GPS 유도방식을 더한 미지트맨의 원형 공산오차는 90m이다.⁷⁹⁾ 시카고 트리뷴(Chicago Tribune)의 1986년 기사를 보면, 500기의 미지트맨을 배치하기 위해 적어도 430억 달러가 소요된다고 예상하였다.⁸⁰⁾ 이는 미지트맨의 단가가 약 8,600만 달러였다는 것을 보여준다.

미국이 개발한 탄도미사일이 핵탄두만 탑재한 것은 아니다. 고풍탄

75) http://www.missilethreat.com/missilesoftheworld/id.92/missile_detail.asp (검색일: 2012. 9. 11).

76) http://www.missilethreat.com/missilesoftheworld/id.92/missile_detail.asp (검색일: 2012. 9. 11); http://en.wikipedia.org/wiki/UGM-27_Polaris(검색일: 2012. 9. 11); <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

77) http://www.losangeles.af.mil/library/ballistic_missile(검색일: 2012. 9. 11).

78) http://en.wikipedia.org/wiki/LGM-118_Peacekeeper(검색일: 2012. 9. 11).

79) http://en.wikipedia.org/wiki/MGM-134_Midgetman(검색일: 2012. 9. 11).

80) Stephen Chapman, "Midgetman's Price—and its value", *Chicago Tribune*, March 19, 1986.

탄두를 탑재한 미국의 대표적인 탄도미사일은 1972년에 상용화된 MGM-52 랜스(Lance)와 1991년부터 상용화된 ATACMS(Army Tactical Missile System) 시리즈가 있다. ATACMS는 지상부대의 전술적 지원을 제공하는 랜스의 후속 모델이다. 엄밀히 말하면 랜스의 경우, 화력지원을 위해 고폭탄 탄두를 사용할 뿐만 아니라 100kt의 위력을 지닌 핵탄두를 탑재하기도 하였다. 랜스는 관성유도방식을 사용하여 약 150m의 원형 공산오차를 달성하였으며, 1978년 단가는 약 21.5만 달러였다.⁸¹⁾ ATACMS 블록 I은 관성유도방식을 사용하였으나, 1998년부터 상용화된 블록 IA에서는 INS/GPS 방식을 사용하여 10~50m의 원형 공산오차를 달성하는 등, ATACMS 시리즈의 유도 방식은 계속 진보하였다.⁸²⁾ ATACMS 블록 IA의 단가는 104만 달러로 알려져 있다.⁸³⁾

〈표 5〉 주요 탄도미사일의 정밀성과 유도방식 발전과정

탄도미사일	상용 연도	원형공산 오차(m)	유도방식	당시 단가(천\$)
Titan I	1955	1,400	관성 + 라디오 지령	1,500(1962)
Atlas	A~D E~F	1,400	관성 + 라디오 지령	1,250
			관성	
Thor	1959	1,000	관성 + 라디오 지령	750
Polaris	1961	900	관성	1,230(1964)
Titan II	1963	900	관성	3,160(1969)
Minuteman III	1970	120	관성	7,000
Poseidon	1971	450	관성	3,957(1973)
MGM-52 Lance	1972	150	관성	215
Peacekeeper	1986	120	관성	70,000
Midgetman	1991	90	관성	86,000(1986)
ATACMS Block 1A	1998	10~50	INS/GPS	1,040

* V-2미사일(1944): 원형 공산오차 12,000m, 관성 및 라디오 지령 유도방식

81) NRDC, *Nuclear Weapons Databook*(1984) pp.284~285, http://docs.nrdc.org/nuclear/nuc_840_00001a_01.pdf(검색일: 2012. 9. 17).

82) http://www.missilethreat.com/missiles-of-the-world/id.74/missile_detail.asp (검색일: 2012. 9. 17).

83) GAO, op. cit., pp.5~42.

미국 탄도미사일의 정밀도와 유도방식의 발달과정을 요약하면 <표 5>와 같다. 이는 세계 모든 국가의 정밀도와 유도방식의 발달과정이라고 보기는 힘들지만 개략적인 변화의 추세를 알 수 있게 한다. 유도방식의 변화는 크지 않으나 관성유도방식 내부의 기술적 진보로 인하여 정밀도가 크게 향상된 것을 알 수 있다. 1944년 독일의 V-2미사일과 1991년 미국이 실험했던 미지트맨의 원형 공산오차를 비교하면 약 100배, ATACMS 블록 IA와 비교하면 1,000배 이상 향상되었다.⁸⁴⁾

탄도미사일 단가의 변화 추이를 살펴보면, 과거에서 현재로 오면서 일정하게 증가하고 있지는 않지만 대체로 점점 단가가 높아진다. ICBM이나 SLBM의 단가는 워낙 큰 무기체계이므로 전술 탄도미사일과 비교 자체가 사실상 불가능하나, 유사한 종류의 탄도미사일인 랜스와 ATACMS 블록 IA을 비교해 보더라도 약 2배 정도 단가가 올랐다는 점은 주목할 만하다.

탄도미사일의 파괴력은 핵탄두의 파괴력의 발전과 불가분의 관계에 있다. 탄도미사일의 개발 초기였던 1950년대부터 엄청난 위력을 지닌 수소폭탄이 시험되었기 때문에 탄도미사일의 파괴력의 발전과정을 계량적으로 논하는 것은 큰 의미가 없다. 실제로 <표 6>에서와 같이 1950년대와 최근의 탄도미사일의 폭파력은 큰 변화가 없다. 하지만 파괴력을 발휘하는 방법적인 측면에서 단탄두가 아닌 MIRV이나 자탄을 탑재한 탄두형태로 변화했다는 것은 주목할 가치가 있다. 이는 파괴력의 수준의 변화가 아니라 운용적인 측면에서의 변화를 의미한다.

84) 순항미사일의 경우(각주 57)와 마찬가지로 단순 비교 수치의 의미는 제한적이다.

〈표 6〉 주요 탄도미사일의 파괴력

탄도미사일	상용연도	폭파력(MT)	탄두 명칭(특성)	
Titan I	1955	3.75	W-38	
Atlas	1959~1965	A~D	1.5	W-49
		E~F	3.75	W-38
Thor	1959	1.5	W-49	
Polaris	1961	0.6(3×200kT)	W-58	
Titan II	1963	9	W-53	
Minuteman III	1970	1.05(3×350kT), 1.425(3×475kT)	W-78, W-87	
Poseidon	1971	1(10×100kT), 0.56(14×40kT)	W-76, W-68	
MGM-52 Lance	1972	100kT	W-70(혹은 HE)	
Peacekeeper	1986	4.75(10×475kT)	W-87	
Midgetman	1991	0.475	W-87	
ATACMS Block 1A	1998	.	160kg(단/자탄)	

* V-2미사일(1944): 1,000kg Amatol 폭약

5. 유도포탄

포에서 발사되는 유도포탄은 크게 직사화기용 유도포탄과 곡사화기용 유도포탄으로 구분할 수 있다. 직사화기용 유도포탄의 개발은 1960년대 서방 국가들이 전차포에서 발사 가능한 대전차용 유도탄의 필요성을 인식하면서 시작되었다. 곡사화기용 유도포탄은 탄착 정확도가 높은 장점으로 인해 1970년대 초 미국, 소련, 서유럽국가에서 개발이 시작되었다.⁸⁵⁾

직사화기용 포발사 유도포탄이 소련에서 다양하게 발전했기 때문에 간략히 유도방식의 발달과정을 살펴보면, 유도방식이 최초 반자동

85) 안승열, 「포발사 유도포탄(CLGP)」, 「국방과 기술」 제325호, 2006, 58~67쪽.

가시선 지령 유도방식(Semi-Automatic Command to Line Of Sight: SACLOS)에서 레이저 빔 편승 유도방식(Laser Beam Riding)으로 변화되었다. 세계 최초의 대전차용 포발사 유도포탄은 소련이 1981년에 전력화에 성공한 9K112/9M117 코브라(Kobra)였다. 코브라는 SACLOS를 사용하였다. 코브라 이후의 직사화기용 유도포탄인 베스천(Bastion), 리플렉스(Refleks), 9M117, 9M119 KASTET, SHEKSNA 모두 레이저 빔 편승 유도방식이다.

미국은 뒤늦게 1992년에 120밀리용 XM943 STAFF(Smart Target Activation Fire and Forget)의 예비 시험에 성공했다. STAFF의 표적 감지 및 추적은 전방주사 밀리미터파 센서(Forward-Scanning Millimeter Wave Sensor: FSMMWS)를 이용한다.⁸⁶⁾ 탄도비행 중 FSMMWS에 의해 표적이 탐지되면, 탄두가 표적정렬을 이루도록 탄체를 회전시킨 후 기폭하여 전차의 상부를 향해 폭발성형 관통자(Explosively Formed Penetrator: EFP)를 발사한다.⁸⁷⁾ 그러나 XM943 STAFF은 기술적 난이도로 개발이 취소되었다.

하지만 미국의 ATK사가 개발 중이던 MRM-KE(Mid Range Munition-Kinetic Energy)와 레이시온에서 개발 중이던 MRM-CE(Chemical Energy)가 2006년 시험발사에 성공하였다. MRM-KE에는 밀리미터파 탐색기(seeker)가 적용되었으며, 반능동 레이저 호밍 유도방식으로 보완되었다. MRM-CE에는 반능동 레이저, 밀리미터파 레이더 및 IIR로 구성된 다중모드 탐색기가 적용되었다. 이러한 종말단계의 호밍유도방식의 유도탄은 정확도가 높고, 위장표적의 탐지도 가능하며, 비가시선 영역의 목표물도 타격할 수 있다.⁸⁸⁾ MRM-KE와 MRM-CE의 정밀도는 현재 잘 알려지지 않고 있으나, 독일과 러시아가 합작하여 개발 중인 대전차용 포발사 유도포탄

86) 위의 글(책), 59쪽.

87) 김형규·박우동·최상경, 「120밀리 전차포용 지능탄약의 분석」, 『한국방위산업학회』 제16권 제1호, 2009, 76쪽.

88) 박우동·이정민, “지능탄약의 개발현황 및 발전방향에 대한 고찰”, 『한국방위산업학회』 제14권 제1호, 2007, 150~151쪽.

SPEAR의 원형 공산오차가 0.7m 이내라는 점을 참고할 만하다.⁸⁹⁾

미국의 곡사화기용 유도포탄에 대해서 살펴보면, 먼저, 박격포용 유도포탄으로, 탄두중량이 17.2kg인 120밀리 XM395 PGMM(Precision Guided Mortar Munition)이 있다. 박격포용 유도포탄에 사용되는 유도방식에는 종말탐색기형, 반능동 레이저 호밍 유도방식, GPS/INS 유도방식으로 구분할 수 있고⁹⁰⁾, PGMM에 사용된 유도방식은 반능동 레이저 호밍 유도방식이다. 7km 이상의 사거리에서 PGMM의 원형 공산오차는 1m일 정도로 정밀도가 매우 높다.⁹¹⁾ PGMM의 단가는 1만 5천 달러가 될 것으로 예상된 바 있다.⁹²⁾

〈표 7〉 주요 포발사 유도포탄의 정밀성과 유도방식 현황

구 분	포발사 유도포탄	상용 연도	원형공산 오차(m)	유도방식	비고
직사 화기	XM-943 STAFF	1992	·	전방주사밀리미터파	120mm 대전차
	MRM-KE	2006	·	밀리미터파 탐색기, 반능동 레이더 호밍	대전차
	MRM-CE	2006	·	밀리미터파 탐색기, IIR, 반능동 레이더 호밍	대전차
곡사 화기	M-712 Copperhead	1982	·	관성+반능동 레이더 호밍	155mm
	M-982 Excalibur	2007	5	GPS / INS	155mm
	XM-395 PGMM	2010	1	반능동 레이더 호밍	120mm 박격포

* 단가 자료(\$)

- M-712 Copperhead: 45,000(1997)
- M-982 Excalibur: 53,620(2007)
- XM-395 PGMM: 15,000(추정)

89) SPEAR는 레이저 기반의 반자동 빔 편승기술을 유도방식에 적용하고 있다. 김형규·박우동·최상경, 「120밀리 전차포용 지능탄약의 체계분석」, 77쪽.

90) 박우동·이정민, 앞의 글, 144쪽.

91) http://en.wikipedia.org/wiki/XM395_Precision_Guided_Mortar_Munition (검색일: 2012. 9. 13).

92) Greg Bischer, “Precision Guided Mortar Munition(PGMM) XM395”, 1999 *International Infantry & Small Arms Symposium*(22 June, 1999).

야포에 의해 발사되는 미국의 유도포탄으로 마틴 마리에타가 1975년부터 개발을 시작해 1982년에 배치한 155밀리 코퍼헤드(Copperhead, M-712)와 2007년부터 상용화하기 시작한 155밀리 M-982 엑스칼리버(Excalibur)가 있다. 코퍼헤드는 최초에는 자유비행을 하다 중간단계에서 관성유도를, 종말단계에서 반응동 레이저 호밍 유도방식이 사용된다. 코퍼헤드의 탄두중량은 22.5kg으로 6.69kg의 콤포지션(Composition) B폭약으로 채워져 있다.⁹³⁾ 코퍼헤드는 2003년에 이라크전쟁에서 사용되었으며, 1997년의 단가는 4만 5천 달러였다.⁹⁴⁾ M-982 엑스칼리버는 안티잼(Anti-Jam) GPS/IMU 항법장치를 탑재해 위성으로부터 위치 정보를 받을 수 있으며⁹⁵⁾, 원형공산오차 5m 이내의 시험발사를 성공적으로 수행하여 2007년 이라크에서 최초로 사용되었다.⁹⁶⁾ 관통탄, 65개의 자탄, 혹은 2개의 장갑차량 감지 및 파괴탄(Sense And Destroy Armour: SADARM)탄으로 탄두를 구성할 수 있는 엑스칼리버의 단가는 5만 4천 달러 정도이다.⁹⁷⁾ 미국을 비롯한 군사강국들은 유도포탄의 사거리 연장으로 인해 발생하는 오차를 줄이기 위해 비용대비 효과가 우수하고, 탄도수정이 가능한 1D/2D 탄도수정신관을 개발하고 있다.⁹⁸⁾ 미국은 포발사 유도포탄의 기술을 지속적으로 개발하고 있으며, 위의 내용을 종합하면 <표 7>과 같다.

미국의 주요 포발사 유도포탄 단가 현황은 직사화기용 포발사 유도포탄은 개발이 취소되었거나 개발 중이므로 신뢰할 만한 데이터를 찾기가 어려운 반면에 곡사화기의 경우 단가 변화를 제한적으로나마 살펴볼 수 있다(<표 7>). 유도포탄은 다른 유도무기에 비해 대량으로 생산하기 때문에 그에 따라 단가는 대체로 낮아지는 추세를 보인다.

93) <http://jdds.dtaq.mnd.mil/JDDS/>(검색일: 2012. 9. 16).

94) http://en.wikipedia.org/wiki/M712_Copperhead(검색일: 2012. 9. 13).

95) 안승열, 「포발사 유도포탄(CLGP)」, 67~68쪽.

96) 박우동·이정민, 앞의 글, 153쪽.

97) Leland S. Ness and Anthony G. Williams eds., *Jane's Ammunition Handbook 2011~2012*(UK Bracknell: IHS Global Limited, 2012), pp.746~748.

98) 박우동·이정민, 위의 글, 154~155쪽.

〈표 8〉은 미국의 주요 포발사 유도포탄의 파괴력 자료를 제시한다. 포발사 유도포탄이 본격적으로 개발되고 상용화된 것은 최근이므로 파괴력에 대한 데이터가 부족한 실정이다. 그러나 비교적 단조로운 탄두로 구성되어 있는 코퍼헤드에 비해서 엑스칼리버의 탄두 구성은 더욱 다양하고 다기능적이다. 뿐만 아니라 자탄을 활용하여 살상력을 증대시켰다.

〈표 8〉 주요 포발사 유도포탄 파괴력

구 분	포발사 유도포탄	상용연도	탄두중량(kg)	비고
곡사 화기	M-712 Copperhead	1982	22.5(6.69)	콤포지션 B
	M-982 Excalibur	2007	.	관통, 65개 자탄, 2개 사담 자탄
	XM-395 PGMM	2010	17.2	.

6. 결 론

이상에서 정밀유도탄의 발달과정을 유도폭탄, 순항미사일, 탄도미사일, 유도포탄으로 구분하여 각 무기의 정밀도와 유도방식, 단가, 파괴력의 측면에서 살펴보았다. 미국의 경우를 기준으로 다음과 같은 몇 가지 의미 있는 추세를 도출할 수 있다.

첫째, 최초 캐터링 버그, V-1, V-2와 같이 재래식탄으로 시작된 정밀유도탄은 핵의 등장으로 핵탄두의 발전과 운명을 같이 하였다. 그러나 최근에는 다시 재래식탄으로 형태를 바꾸고 있다. 이는 핵의 파괴력이 증대되면서 핵 사용 가능성에 대한 비판적 견해가 대두되고, 제한전과 재래전의 개념이 부각되었기 때문이다. 뿐만 아니라 국제적인 핵 감축의 노력은 정밀유도탄의 형태가 재래식 고퍽탄 형태로의 변화에

더욱 직접적인 영향을 주었다.

둘째, 정밀유도탄의 정밀도가 놀랍게 발전하였다. V-2, V-1미사일에 비해 단순 비교 시 탄도미사일의 정밀성은 1,000배, 순항미사일의 정밀성은 4,000배 이상 향상되었다. 정밀유도폭탄의 경우에는 정밀성이 크게 증가하지는 않았으나 정밀도와 밀접하게 연관된 신뢰성, 항공기의 생존성, 작전의 효율성이 높아지는 변화를 가져왔다. 이러한 발전은 기술적 능력이 뒷받침되었기 때문이다. 많은 기술의 개발과 동시에 정밀유도탄의 정밀도가 높아졌으나, 그 중에서도 레이저, 반도체, 컴퓨터, GPS의 발전이 주효했다.

셋째, 정밀유도탄의 단가는 탄도미사일을 제외하고, 대부분 낮아지는 현상을 보였다. 정밀유도폭탄, 포발사 유도포탄, 순항미사일은 일정하지는 않지만, 어느 정도 감소추세를 보이고 있다. 이는 과거에 비해 기술적 안정화로 인해 정밀유도탄의 개발비용이 크지 않고, 과거의 플랫폼을 활용하거나 변형시켜 사용하여 비용을 낮출 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라 유지 및 관리, 인원의 교육 시스템에 드는 비용이 초창기 정밀유도탄의 개발 시에 비해 줄어들었다는 점도 주목할 만하다. 또한 정밀유도탄의 단가는 동일 종류의 탄에 대해서 수요가 많을수록 낮아진다. 따라서 획기적인 기술 개발이나 생산 시스템의 변화가 없다면, 탄도미사일을 제외한 정밀유도탄은 앞으로도 지속적으로 단가가 낮아질 것으로 예상된다.

넷째, 정밀유도탄의 파괴력 측면에서 탄두중량이나 핵탄두의 폭발력은 큰 변화가 없으나, 관통력이 증가하였고, 운용의 효율성을 증대시키는 방향으로 발전하였다. 탄두중량이나 폭발력은 크게 변하지 않았으나, 정밀유도탄의 정밀성이 커짐에 따라서 같은 탄두중량이나 폭발력으로 목표물을 효과적으로 파괴할 수 있게 되었다. 또한 MIRV나 자탄을 탑재한 탄두와 같이 탄두를 분리시켜 상대의 대공방어에 대한 생존성을 높이거나 원하는 효과를 증대시켰다.

다섯째, 정밀유도폭탄은 지속적으로 발전이 이루어졌던 반면에, 순항

미사일의 경우 탄도미사일의 효용성에 밀려 1960년대에 잠시 개발이 지연되었었다. 그러나 정밀유도탄에 대한 관심은 사그라지지 않았다. 군사 이론가들은 정밀유도탄의 정밀타격력을 활용한 다양한 전술 및 전략을 개발하였다. 예컨대, ‘공지전투’, ‘정찰-타격 복합체’, ‘신시스템 복합체계’⁹⁹⁾, ‘OODA 루프(Observe-Orient-Deicide-Act Loop)’, ‘네트워크 중심전’, ‘5원 이론’, ‘병렬전쟁’, ‘효과중심작전’, ‘신속결정작전’과 같은 개념들이 제시되었다. 이러한 개념들은 이미발전하고 있는 정밀유도탄의 가능성에 의해 개발되었으며, 역으로 정밀유도탄은 이러한 개념에 의해 더욱 발전하게 되었다.

마지막으로, 포발사 유도포탄의 개발이 1990년대부터 본격적으로 이루어지고 있는 추세이다. 정밀유도탄의 정밀성이 획기적으로 증대되면서, 소부대급 전술무기체계 영역에도 정밀유도탄이 개발되어 확산되고 있다. 이는 비교적 저렴한 비유도식 포탄보다는 비싸지만 정밀성이 높은 포발사 유도포탄이 더 효율적이라는 인식이 확산되고 있음을 보여준다.

(원고투고일 : 2013. 1. 1. 심사수정일 : 2013. 2. 19, 게재확정일 : 2013. 2. 25)

주제어 : 정밀유도탄, 유도폭탄, 순항미사일, 탄도미사일, 유도포탄, 유도방식, 정밀도, 공산오차, 파괴력, 단가

99) William A. Owens, "The Emerging System of Systems", *U.S. Naval Institute Proceeding*, vol. 121, No. 5(1995), pp.36~39.

<ABSTRACT>

The Evolution of Precision Guided Munitions from 1918 to 2010

Moon, Jang-nyeol · Moon, Kwon

This paper reviews the history of development of precision guided munitions(PGMs) since the end of the World War I. We classify the PGMs into four categories: guided bombs, cruise missiles, ballistic missiles, and cannon-launched guided projectiles. For each category, the precision, the guidance system, the destruction power, and unit price are reviewed, with the factors of analysis being appropriately quantified.

The review primarily focuses on the precision and the guidance mechanism of the PGMs which comprises their essential and defining characteristics. The review covers the time period from 1918 to 2010 and analyzes the PGMs mainly developed by the United States. Precision is estimated by the circular error probable (CEP) and the destructiveness by the weight or the yield of the explosive payload. The unit prices are presented through a conversion into current values.

The overall trends are identified as following: First, the PGMs used solely the conventional explosives in the initial development stage but always tended to be combined with the nuclear warhead in the later stages. Second, the improvement in the precision was accelerated by immediately adopting the state-of-the-art technologies in such areas as mechanical, electronic, communication, and optical engineering. Third, the unit prices of the PGMs show a general decrease except for the ballistic missiles. Fourth, the destructive power of PGMs has been reinforced as the precision has improved, which means a great increase of the operational efficiency of the weapons. Fifth, the cruise missiles underwent a stalemate of development in 1960s overweighed by the strategic importance of the

ballistic missiles but have been regaining the momentum as the modernization of the new operational concepts and technologies develop, especially in the post-Cold War era.

Key Words : Precision Guided Munition (PGM), Guided Bomb, Cruise Missile, Ballistic Missile, Cannon Launched Guided Projectile, Guidance System, Precision, Circular Error Probable, Destruction Power, Unit Price