

Technical Paper

DOI: <https://doi.org/10.6108/KSPE.2021.25.5.027>

소련/러시아의 초음속 대함유도탄

김기언^a · 이호일^{a,*} · 황유준^a

Supersonic ASCMs of Soviet/Russia

Ki-Un Kim^a · Ho-Il Lee^{a,*} · Yoojun Hwang^a^aThe 1st R&D Institute, Agency for Defense Development, Korea*Corresponding author. E-mail: hilee@add.re.kr

ABSTRACT

A technical review of Soviet/Russian supersonic anti-ship cruise missiles is presented. The supersonic anti-ship cruise missiles is one of the weapons for asymmetric power. The supersonic speed of the missiles is very useful both for attacking a time critical target and for improving target-penetration characteristics of the missile. The survivability of the missiles has also been increased by the improved concept of operation. Supersonic cruise missiles is greatly affected by the evolution of propulsion technology. Early supersonic cruise missiles adopt turbojet engines and rocket motors. The use of the integrated rocket-ramjet engine reduced the size of the supersonic missile, so today's supersonic cruise missiles are suitable to be deployed in various platforms. Nowadays, export versions of the missiles are actively being developed.

초 록

소련/러시아의 초음속 대함유도탄에 대하여 살펴보았다. 초음속 대함유도탄은 항공모함 전단에 대한 비대칭전력의 하나이다. 유도탄의 초음속 비행은 긴급표적의 타격에 매우 유용하며, 유도탄이 표적의 방공망을 돌파하여 표적을 타격할 수 있는 능력 개선에도 유용하다. 초음속 대함유도탄의 운용 개념 개선으로 생존성도 향상되었다. 초음속 대함유도탄의 발전은 추진기관 기술의 발전에 힘입은 바 크다. 초기의 초음속 유도탄들은 고체추진기관 또는 터보제트엔진을 사용하였다. 통합 로켓-램제트 엔진의 사용으로 유도탄 크기는 줄어들 수 있었으며, 소형화된 유도탄은 다양한 플랫폼에서의 운용을 가능하게 되었다. 최근에는 수출용 초음속 유도탄 개발도 활발하다.

Key Words: Supersonic ASCM(Supersonic Anti-Ship Cruise Missile, 초음속 대함유도탄), Ramjet Engine(램제트 엔진), IRR(Integrated Rocket Ramjet, 통합 로켓-램제트)

1. 서 론

초음속 순항유도무기는 1950년대에도 미국과 소련에 의하여 다수 개발된 바 있다. 미국의 초음속 순항유도무기는 주로 대지공격용으로 개발되고 있었으나 탄도탄(ballistic missile) 개발이 확장되면서 이후에는 중단되었다. 소련의 대함용

Received 5 December 2020 / Revised 11 August 2021 / Accepted 18 August 2021

Copyright © The Korean Society of Propulsion Engineers
pISSN 1226-6027 / eISSN 2288-4548

[이 논문은 한국추진공학회 2020년도 추계학술대회(2020. 11. 25-27), 파라다이스호텔 부산 발표논문을 심사하여 수정·보완한 것임.]

순항유도무기(Anti-Ship Cruise Missile, ASCM)가 세계의 이목을 끈 것은 일명 Styx인 P-15 Termit 아음속 순항유도무기 때문이지만, 소련은 대함용 초음속 순항유도무기도 다수 개발하였으며 지금까지도 계속하고 있다. 세계적으로 가장 많은 초음속 순항유도무기를 개발한 나라가 소련/러시아이기 때문에 소련/러시아를 빼 놓고 초음속 순항유도무기를 논할 수는 없다.

소련 시절에 활발하던 순항유도무기 개발은 소련이 붕괴되는 1990년대에 침체기를 겪는다. 소련이 붕괴되면서 Kh-31 초음속 순항유도무기는 미국에 MA-31 표적기로 판매되는 모순적인 상황이 발생하기도 하였다. Yakhont의 지상발사형인 Bastion이 중동국가로 수출되거나, 수출명 Yakhont를 기반으로 하는 BrahMos를 인도와 공동 개발하는 등 해외시장으로 진출한 사례도 있다. 최근에는 중국이 공개한 CX-1과의 유사성으로 인하여 기술 제공 여부가 이슈가 되기도 하였다.

2006년에 램제트와 스크램제트에 대한 기술동향과 소요기술 분석이 수행된 바 있다. 이 연구에서는 통합부스터 관련기술, 연소 안정화 기술, 가변노즐 기술 및 열차폐기술 등 엔진 관련 유용한 정보를 제공해주고 있다[1,2]. 반면, 유도무기에 초점을 두고 초음속 유도무기의 발전을 살펴본 자료는 찾아보기 어렵다.

본 논문에서는 소련/러시아의 사례를 통하여 초음속 순항유도무기가 어떻게 발전되어 왔는지 그 일면을 살펴보았다. 소련/러시아는 가장 활발하게 초음속 순항유도무기를 개발하였으며, 다른 나라로도 완제품을 수출하고, 공동개발을 통한 기술 수출을 하는 나라이기 때문에 초음속 유도무기 발전 방향을 살펴보기에 적합한 나라이다.

2. 소련/러시아의 초음속 순항유도무기

2.1 세계의 초음속 순항유도무기

독일이 2차 세계대전 때 최초의 유도탄인 V-1을 개발한 이래, 다양한 순항유도무기들이 여러 나라에서 개발된 바 있다. Fig. 1에는 미국, 프랑

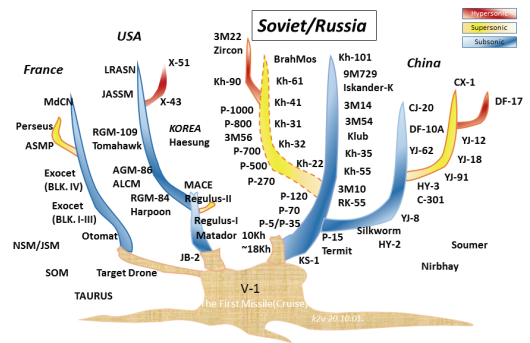


Fig. 1 Cruise missile tree.

스, 중국 및 소련/러시아가 개발한 순항유도무기들이 나무줄기와 잎사귀처럼 제시되어 있다.

소련/러시아는 다른 나라들에 비하여 많은 순항유도무기를 개발하였다. Fig. 1의 중앙부에 점선으로 그려진 가지가 소련/러시아가 개발한 초음속 순항유도무기들이다. 미국과 프랑스도 초음속 순항유도무기를 개발하기는 하였지만 그 숫자는 극히 소수이다. 소련/러시아의 유도무기 명명법에 따르면, '3M'은 해상발사형을 의미하며, '9M'은 지상발사형이다. 그리고 'Kh'는 공중발사형에 사용된다. 3M56과 Kh-61의 순항비행형상은 'Oniks'계열로 동일하다는 점이 있기는 하지만 초음속 순항유도무기도 다른 나라들보다 훨씬 많이 개발하였음을 알 수 있다. 따라서 초음속 순항유도무기 개발 역사는 소련/러시아 사례를 통하여 그 흐름을 살펴볼 수 있다.

2.2 소련/러시아의 초음속 순항유도무기별 특징

소련/러시아가 개발한 주요 초음속 순항유도무기들을 시대 순으로 Table 1에 수록하였다. 각 유도무기별 중량(W), 사거리(R), 비행속도(V) 및 추진기관이 주요 항목으로 제시되어 있다. 유도무기에 대한 제원은 자료마다 다소의 차이는 있지만 이 Table에 제시된 자료는 전반적인 특징을 파악하기에 충분할 것으로 판단된다.

Table 1의 하단에 있는 BrahMos와 BrahMos-NG는 러시아와 인도의 합작으로 개발되는 체계이지만 러시아 초음속 순항유도무기의 연장선상에 있는 체계인 만큼 함께 표에 수록하여 비교

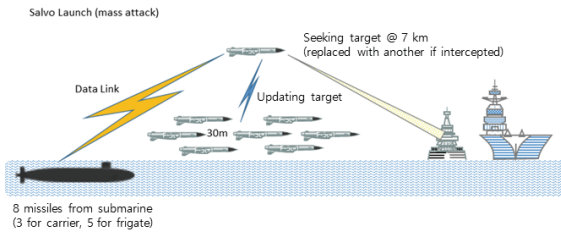


Fig. 2 P-500 operation concept: mass attack.

Table 1. Soviet/Russia's supersonic ASCMs.

Name	Year	W (kg)	R (km)	V (M)	Propulsion
Kh-22	1962	5820	400	4.6	Liquid-Rocket
P-120 Malakhit	1972	2953	110	2.9	Turbojet
P-500 Bazalt	1975	4500	550	2.5	Liquid-Rocket
P-700 Granit	1983	7000	625	2.1	Turbojet and Ramjet Probable
Kh-41 3M80 Moskit	1984	4500	250	3.0	Ramjet
P-1000	1985	6300	1000	2.5	Solid-Rocket
Kh-31	1988	610	200	2.1	Ramjet
3M54	1993	2300	660	2.9	Turbojet & Solid Rocket
P-800 3M56 Oniks	2002	3000	600	2.9	Ramjet
P-10 BrahMos	2006	3000	290	3.0	Ramjet
BrahMos -NG	2024	1500	290	3.0	Ramjet

할 수 있도록 하였다.

Kh-22는 소련의 MKB Raduga 설계국에서 개발한 공중발사형 유도무기이다. 터보제트 엔진으로 마하 2.0으로 비행하는 Kh-20으로는 NATO

의 방공망 돌파가 어렵다고 판단하여, 이를 대체하기 위해 개발되었다. 이들은 모두 핵탄두를 탑재하였다. Kh-22의 액체연료 로켓에 사용하는 연료는 독성 및 부식문제가 있었으며, 티타늄합금을 구조재로 사용하였다.

P-500/4K80 Bazalt은 P-5 대체용으로 NPO Mashinostroyeniya(NPO-M) 설계국에 의하여 개발되었다. P-5는 최초의 잠수함 발사 대함순항유도무기였지만 발사 시 잠수함이 수면에 부상하여 발사할 때까지 30여 분 동안 노출된다는 단점이 있었다. 이러한 단점을 개선하고 수중에서 발사 가능하도록 개발하였으며 사거리는 500 km를 상회하였다. 외형상으로는 P-5/P-35와 유사하지만 내부는 변화되었으며, 저고도 종말비행능력을 보유하고 있다.

P-500의 운용개념이 Fig. 2에 제시되어 있다. 한 척의 잠수함에서 8발이 발사되며, Data Link로 플랫폼인 잠수함과 교신한다. 비행 중에는 1발만 7 km 수준으로 비행하면서 표적을 찾으며, 나머지는 낮은 고도로 비행한다. 높은 고도로 비행하는 것은 표적 탐색에 유리하지만, 표적함에 탐지되기도 쉬어 격추될 가능성이 높다. 이 탄이 요격당하면, 저고도로 비행하던 다른 탄이 높은 고도로 상승하여 임무를 대신하면서 표적까지 접근한다. 이 체계를 개발할 때까지도 항모전단 타격에 핵탄두 유도무기 2~4발이 필요한 것으로 판단하고 있었다.

P-1000 Vulkan은 P-500을 대체하기 위하여 개발되었으며, 티타늄을 구조재로 사용하여 중량은 감소하였으며 사거리는 증대된 바 있다.

P-700 Granit는 P-500 후계 사업으로 추진되었다. 동시교전능력이 크게 향상된 것이 P-700의 주요 특징의 하나이다. Fig. 3에 P-700 형상이 제시되어 있지만, 추진기관이 터보제트인지 램제트 인지는 명확하지 않다.

P-500의 경우, 데이터링크(Data Link)의 한계로 인하여 한 척의 잠수함에서 12발만 발사 가능하였지만, P-700의 경우에는 5척의 잠수함에서 24발씩 발사할 수 있었다. 이렇게 다량의 유도무기를 사용하여 교전할 수 있게 됨에 따라 재래식 탄두만으로도 항모전단을 타격할 수 있게 되

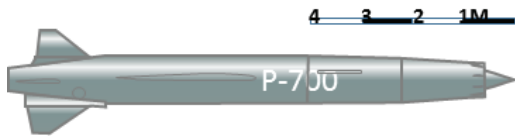


Fig. 3 P-700 granit.

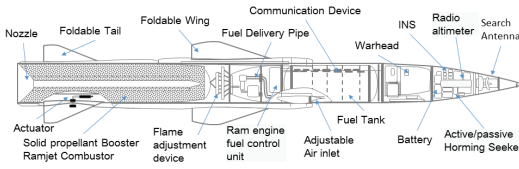


Fig. 4 Kh-41/3M80 moskit.

었다.

Kh-41은 MKB Raduga 설계국에서 개발한 공중발사형 유도무기이다. P-15 Termit, 일명 ‘Styx’가 실전에서 처음으로 이름을 날리기는 했지만, 1970년대에 들어서면서 사거리가 짧고 방공망 돌파 능력이 떨어지는 등 문제점이 노출되었다. 이에 사거리를 늘리고, 방공망을 빠른 속도로 돌파할 수 있는 등 능력을 향상시킨 대함 유도무기 체계가 필요하게 되었다. MKB Raduga 설계국은 Ramjet 추진체계를 사용하는 Kh-41/3M80 Moskit를 개발하였으며, 내부 형상 그림이 Fig. 4에 제시되어 있다.

Fig. 4에 제시된 형상에서 주목할 점은 ‘고체 추진제 부스터와 램제트 연소실이 동일 공간에 있다’는 점이다. 즉, IRR(Integral Rocket Ramjet) 개념이 적용된 것이다. 흡입관이 동체 중앙부 날개 앞쪽에 4개 있는데 이러한 유형은 IRR 개념 중에서도 ADR(Air Ducted Rocket) 형태로 분류되며[3], 순항 비행 시 항력이 작은 유형에 속한다[4,5]. 이러한 IRR 개념의 적용은 직렬로 장착하거나, 동체 외부에 장착하는 고체 추진제 소요를 제거할 수 있게 한다. 결과적으로 유도무기의 공간 효율성 등이 크게 개선하여 크기를 줄일 수 있게 된다고 하였다[6].

1981년 초기 전력화시점에서의 사거리는 100 km 수준이었으며, 1984년 성능개량 후에는 사거리가 160 km 수준으로 증대되었다. 저고도로 비

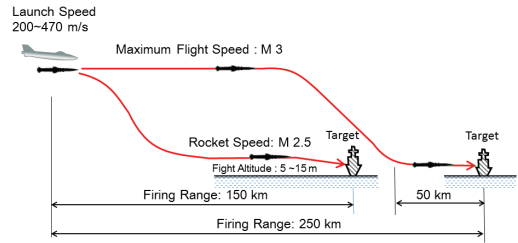


Fig. 5 The combat use of the Kh-41 missile.

행하는 경우에는 고고도로 비행하는 경우보다 사거리가 많이 짧아지게 된다. 특기할 사항은 초음속으로 해면밀착비행(Sea Skimming)이 가능하며, 종말 비행고도가 낮기 때문에 방어하는 측에서는 탐지뿐만 아니라 대응에도 적지 않은 어려움을 겪게 된다.

Fig. 5에는 공중발사되는 Kh-41의 운용개념이 제시되어 있다[7]. 고고도 비행 방식의 사거리는 250 km로 저고도 비행방식의 사거리 150 km와 비교하여 100 km 정도 더 길다. 해면밀착비행 고도는 5~15 m이며, 표적으로부터 50 km 전방에서부터 해면밀착비행이 가능하다는 점은 특히 주목할 만하다.

Kh-31은 TMC(Tactical Missiles Corporation)에서 개발한 초음속 공중발사형 순항유도무기이다. Kh-31A와 Kh-31P는 각각 대함용(Anti-Ship)과 대방사용(Anti-Radiation)을 의미이다. Fig. 6에서 볼 수 있듯이, Kh-31은 Kh-41 Moskit의 축소형으로 불리기도 하는 등 그 크기는 상대적으로 작다.

미국의 패트리엇과 AN/SPY-1 이지스(Aegis)에 대한 대응체제로 개발되었음에도 불구하고 소련이 붕괴된 이후 한동안은 미국으로 수출되어 MA-31이라는 이름으로 초음속 표적기로 사용되는 아이러니한 상황이 있기도 하였다. 지금은 수출이 중단된 상태이며, 미국은 Coyote라는 표적기를 대신 사용하고 있다. TMC사는 수출용 유도무기를 주로 다루는 회사이며, Kh-35와 같은 아음속 대함 유도무기를 판매하는 회사이기도 하다. 중국이 보유하고 있는 YJ-91는 대방사용인 Kh-31P의 중국형이며, YJ-91A는 중국이 대함용으로 개량한 것으로 알려져 있다.



Fig. 6 Kh-31 missile.

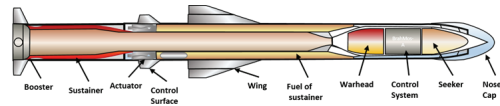


Fig. 8 a BrahMos-A missile.

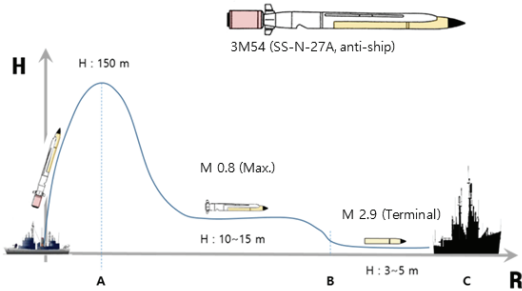


Fig. 7 A Flight profile of 3M54.



Fig. 9 BrahMos and BrahMos-M(NG)[8].

Club 또는 Klub 계열의 대함유도무기에는 다섯 종류의 유도무기가 포함되어 있는데 3M54는 3단으로 구성된 대함용 순항유도무기이다. 3M54 유도탄의 운용개념은 Fig. 7에 제시되어 있다.

함정에서 발사된 3M54는 부스터(1단)의 힘으로 고도 약 150 m까지 상승하게 된다. 이후 부스터를 제거하고 아음속으로 순항단계로 진입하는데, 순항에는 터보제트 엔진(2단)이 사용된다. 종말단계가 되면 순항비행을 하던 비행체 본체로부터 전방부분만 분리되어 표적으로 진입하는데, 이때의 추진력은 고체추진기관(3단)이 사용되어 M2.9 수준의 초음속으로 표적함을 타격하게 된다. 이러한 운용개념을 갖는 대함유도무기는 3M54가 유일하다고 할 수 있다.

P-800/3M56 Oniks 체계는 NPO-M 설계국에서 개발하였으며, 인도와 공동 개발한 BrahMos의 모체이다. 1970년대 후반, 소형함정용 중거리 ASCM의 필요성이 대두되면서 개발을 추진하게 되었다. 그러나 소련 국방부는 1985년 12월에야 Oniks의 개발을 승인하였다. 1991년 소련 붕괴로 예산이 감축되면서 개발은 중단의 기로에 서게 된다. 이후 수출시장에 Yakhont라는 이름으로 등장하였고, 1998년 인도와의 BrahMos 개발에 합의하면서 개발에 탄력을 받게 된다. 러시아용인 Oniks의 사거리는 600 km 수준으로 알려져 있지만, 인도와 공동 개발되는 BrahMos의

사거리는 MTCR(Missile Technology Control Regime, 미사일기술통제체제)을 고려하여 290 km으로 알려져 있다. Fig. 8에는 BrahMos-A의 항공기 탑재 형상이 제시되어 있다.

이 그림을 보면, BrahMos의 흡입관은 유도무기의 최전방에 있으며, 공중발사형이기 때문에 덮개(nose cap)로 감싸져 있다. Kh-41과 Kh-31의 경우에는 동체 중앙부가 돌출되어 있기 때문에 단면적이 커지게 되어 플랫폼의 탑재공간이 상대적으로 많이 필요한 반면, BrahMos의 탑재 소요공간은 상대적으로 줄어들게 된다. 또한, 부스터(Booster)가 램제트 엔진의 연소실 공간에 탑재되는 IRR 개념이 적용되어 있어서 공간 효율성도 커진다. 전반적으로 유도탄 단면적 및 길이 증대 요인이 최소화되었으며, 순항 시 항력도 낮은 편이라고 할 수 있다.

수중발사장치를 이용하여 BrahMos 잠수함 발사형을 세계 최초로 시험하는 기록을 세웠지만, 이를 탑재할 수 있는 적합한 잠수함은 마땅치 않았다. BrahMos-A가 많은 첨단기술이 적용되고, 상대적으로 소형화되었다고는 하지만 항공기 탑재에 적지 않은 어려움을 겪고 있었다. 이러한 상황 속에 Fig. 9와 같이 전시회에 BrahMos-M이 등장하기 시작하였다. 명칭에 붙은 'M'은

‘Mini’를 의미하며, BrahMos 축소형이라고 볼 수 있다. Fig. 9에서 볼 수 있듯이, BrahMos와 비교하여 길이 및 직경이 많이 축소되었음을 알 수 있다[8].

이후 BrahMos-M은 차세대(Next Generation, NG)라는 의미를 갖는 BrahMos-NG로 이름이 변경되었으며, 전력화 시점도 2020년대 중반으로 예상되고 있다.

2.3 소련/러시아 초음속 순항유도무기들의 개발 추세

본 항에서는 앞서 살펴본 초음속 순항유도무기들의 주요 특성들을 종합적으로 비교하여 살펴보았다. Table 1에 제시된 초음속 순항유도탄들의 개발 추세는 고속화와 생존성, 소형화 및 수출로 설명할 수 있다.

냉전시대에래 서방국가들의 항공모함 전단에 대한 소련/러시아 측의 비대칭전력의 하나는 대함순항유도탄(ASCM)이었다. 항공모함 전단은 소련에게는 대단한 위협이었으며, 가용기술을 총동원하여 대응방안을 강구해야 되는 사안이었다. 이러한 비대칭전력의 중심에는 잠수함이 있었다. 잠수함의 최대 장점이 은밀성이지만 수면에 부상하는 위험도 불사하면서 ASCM을 발사하기도 하였다. 항공모함 전단으로부터 100 km 이내에서의 ASCM 발사는 자살행위와 같기 때문에 사거리 증대도 중요한 문제였다. 이후 수중발사 능력이 확보되고 유도탄이 장사정화 되면서 플랫폼인 잠수함의 생존성은 개선되어 갔다. 유도탄의 정확도 부족은 핵탄두 사용으로 보상하다가 점차 재래식 탄두만으로도 충분히 타격할 수 있는 수준으로 발전되었다.

유도탄의 생존성은 고속화를 통하여 확보해 갔다. 초음속 순항유도무기들의 비행속도들은 Fig. 10에 제시되어 있다. 1990년 이전에는 마하수가 2.0 수준에서 4.6 수준까지 넓은 분포를 보인다. 반면에 1990년대 이후의 초음속 순항유도무기들은 대부분 마하 3.0 수준이다. 이러한 변화는 Fig. 11에 제시된 추진기관의 주요 특징인 비추력(Specific Impulse, I_{sp})과 연계하여 살펴볼

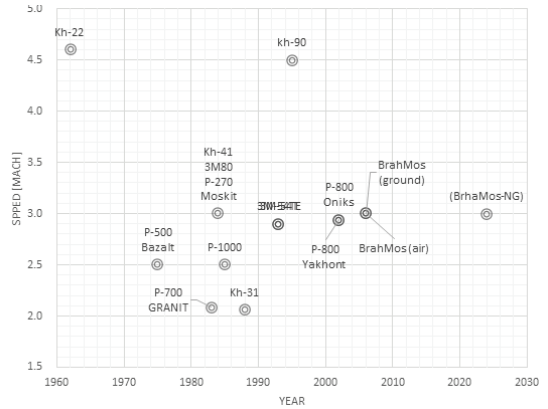


Fig. 10 Soviet/Russia's supersonic CMs: speed.

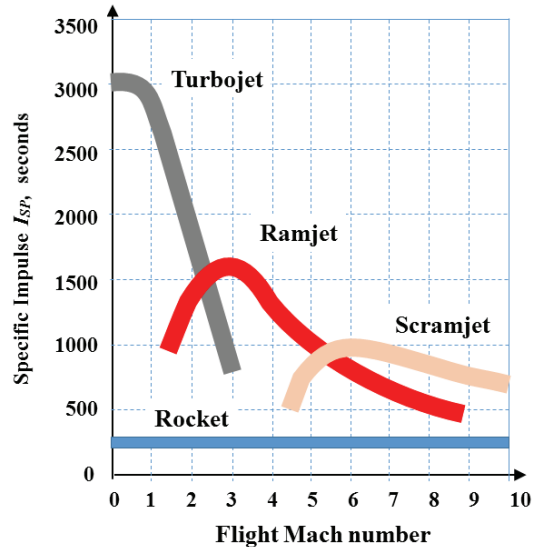


Fig. 11 Specific impulse for various propulsion systems.

필요가 있다.

마하 4.6으로 비행하는 Kh-22는 고체추진기관을 사용하였으며, 마하 2.5 수준으로 비행하는 P-500은 터보제트 엔진을 사용했다. Fig. 11을 보면, 터보엔진은 마하수 1이하인 아음속에서 가장 효율적이며, 이후 마하수가 1이상으로 증가하면서 I_{sp} 는 지속적으로 감소한다. 램제트 엔진의 경우에는 마하 3.0 부근에서 가장 효율이 좋아지며, 그때의 I_{sp} 는 터보엔진보다 더 높다. 반면 마하수가 더 증가하면 I_{sp} 는 점차 감소한다. 스크램

제트 엔진은 마하수 5이상인 구역에서 램제트 엔진보다 더 높은 I_{sp} 를 보인다. 로켓추진기관은 마하수에 무관하게 일정한 I_{sp} 를 갖고 있음을 알 수 있다.

Kh-22이 개발된 1960년대에는 전력화할 수 있는 램제트와 스크램제트 엔진은 존재하지 않았다. Fig. 11에서 이들 추진기관이 없다고 보면, 마하 4 수준의 비행속도를 달성할 수 있는 추진기관으로는 고체추진기관(Rocket)이 유일한 대안이었다고 볼 수 있다.

P-500의 경우, 마하 2 수준에 사용될 수 있는 추진기관으로는 세 종류가 있을 수 있으나 P-500 개발 당시의 추진기관 기술 수준을 고려할 경우, 터보제트 엔진과 고체추진기관(Rocket)만 후보로 볼 수 있다. 이 중에서 비추력이 더 높은 터보제트 엔진을 사용하는 것이 타당하다. 물론 터보제트 엔진은 아음속 구간에서의 비추력이 훨씬 높기는 하지만 초음속을 구현하는 조건에서도 선택이 가능하다고 볼 수 있다.

1985년대 중반에 등장한 Mk-41과 1990년대 이후에 등장한 초음속 순항유도무기들은 램제트 엔진을 사용한다.

램제트 엔진의 기술이 성숙해지면서 초음속 유도무기의 비행속도는 가장 효율이 좋은 마하 3 수준에 수렴한다. 이는 Fig. 11에서 볼 수 있듯이, 램제트 엔진의 비추력은 마하 3 부근에서 가장 높기 때문에 보다 효율적인 유도무기 개발이 가능해진다.

비추력의 증가는 사거리에 영향을 준다. 다음과 같은 Brequet's Range Eq.을 보면[9], 사거리는 비추력, I_{sp} 에 비례한다.

$$R = 2.3 \frac{L}{D} I_{sp} V \ln \frac{W_1}{W_2} \quad (1)$$

이 식에서, R 은 사거리이며, L/D 는 양항비이며, V 는 비행속도이고, W_1/W_2 는 발사직전과 타격시점의 중량비, 즉 이륙시점의 총중량과 공허중량의 비율이다. 이 Eq. 1에서 볼 수 있듯이, 다른 조건이 동일 할 경우, 비추력이 증가하면 사거리도 증가하게 됨을 알 수 있다. 따라서 사

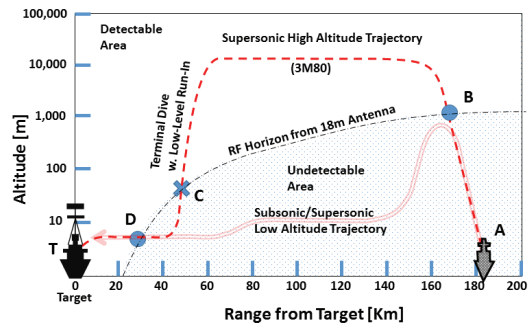


Fig. 12 Detection Scenario -RF Guided SAMs.

거리 증대 측면에서도 램제트 엔진을 사용하는 초음속 순항유도탄의 순항 속도는 마하 3.0 부근이 최적의 조건이다. 이와 관련된 사례로는 Fig. 5에 제시된 Kh-41의 두 비행궤적을 들 수 있다. 고고도를 마하 3으로 비행할 경우의 사거리는 250 km이며, 저고도에서 마하 2.5로 비행한 경우의 사거리는 150 km 수준으로 제시된 바 있다.

1997년에 McEachern[9]에 따르면, 초음속 순항유도무기의 단점 중의 하나는 발사 초기에 표적함에 조기 탐지된다는 점이다. 이러한 결과는 초음속순항유도무기가 대부분의 비행을 고고도로 하고, 저고도 비행도 표적으로부터 30 km 이내라고 보았기 때문이다. McEachern[9]이 제시한 RF 유도 대공유도무기의 탐지 시나리오에 3M54와 3M80의 비행궤적을 접목하여 Fig. 12에 제시하였다. 이 그림의 궤선은 3M54의 비행궤적이며 아음속 ASCM의 궤적과 동일한 수준이기 때문에 종말단계까지도 표적함에 노출되지 않게 된다. 30 km 이내에서 탐지는 될 수 있지만 마하 2.9의 초음속으로 비행하고 있기 때문에 표적함에서 대응하기가 어려워진다. 또한 Fig. 5에 제시된 Mk-41/3M80의 고고도 비행형상은 Fig. 12에 일점쇄선으로 표시할 수 있다. Mk-41가 고고도로 비행하여 표적 50 km 정도에서부터 해면밀착비행 할 경우에는 표적함에서는 이 지점에서 탐지가 불가능한 구간이 발생하면서 방어에 어려움을 겪게 된다. 만일, Fig. 5의 저고도 비행형상처럼 저고도 비행구간이 늘어난다면 함정에서의 방어는 더욱 어려워질 것이다. 역으로

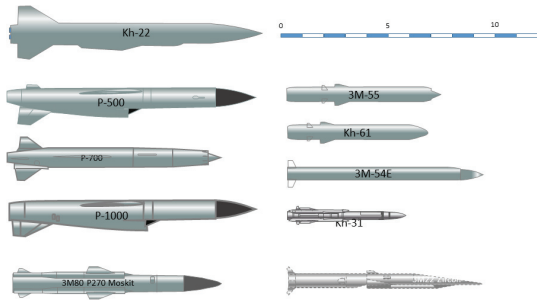


Fig. 13 Soviet/Russia's supersonic CMs: configuration.

초음속 순항유도무기가 탐지되고 요격당할 확률은 더욱 저하되어 생존성이 더욱 증대된다.

Fig. 13에는 이들 초음속 유도무기들의 형상이 제시되어 있다. 그림의 좌측에는 1990년대 이전에 개발된 유도탄들로 1990년대 이후에 개발된 우측의 유도탄들보다 대체로 크다. 앞서 살펴본 바와 같이 항공모함 전단에 대한 전력 구축이라는 측면에서, 대형 유도탄은 잠수함, 전투함 및 폭격기와 같은 대형 플랫폼으로 수용되었다.

최근에 개발된 3M55 Oniks나 BrahMos 계열들은 Kh-22, P-500, 및 Kh-41 Moskit 등과 같은 이전의 초음속 유도탄들과 비교하여 소형화되었다.

이들 유도무기의 중량을 비교한 Fig. 14에서도 경량화 추세를 확인할 수 있다. 1990년대 이전에는 4톤을 상회하는 초음속 유도무기들이 대부분이었다. 1990년대 즈음부터 개발된 초음속 유도무기들은 대체로 3톤 이하로 개발되는 등 경량화 설계가 이루어지고 있음을 알 수 있다.

앞서 살펴보았던 소련/러시아의 초음속 순항 유도무기들의 사거리를 Fig. 15에 제시하였다. 양항비 등이 서로 다르기 때문에 Eq. 1의 사거리 방정식에 의한 직접적인 비교는 어렵다. 1990년대 이전에 개발된 유도무기들의 경우, 운용 목적에 따라 사거리가 정해지고 이를 충족시킬 수 있는 형상을 만들었다고 볼 수 있다. 1990년대 이후에 개발된 유도무기의 경우에는 290 km 수준의 사거리를 갖는 유도무기들을 볼 수 있다. 이는 MTCR 규제인 300 km 미만 조건을 충족시켜서 수출이 가능하도록 한 것이다. 물론 내수용

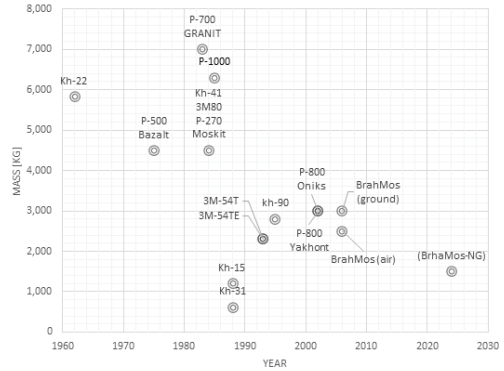


Fig. 14 Soviet/Russia's supersonic CMs: mass.

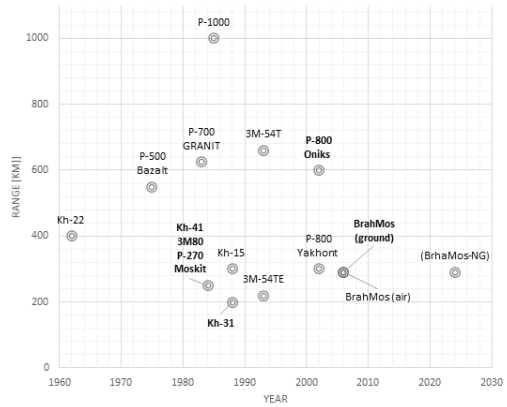


Fig. 15 Soviet/Russia's supersonic CMs: range.

의 경우에는 600 km 수준의 사거리를 갖는 등 내수용과 수출형을 구분하고 있음을 볼 수 있다. 또한, BrahMos-NG의 경우에는 직경이 500 mm 수준으로 작아졌음에도 불구하고 사거리는 290 km를 유지할 수 있게 개발하고 있는 것으로 알려져 있다. 즉, 사거리 및 비행속도와 같은 주요 성능은 BrahMos와 동일 수준을 유지하면서도 더욱 소형화할 예정임을 의미한다.

소형/경량화된 유도탄은 수출시장에서 시장 가치를 높일 수 있다. 대형 유도탄의 경우, 탑재성 문제로 인하여 탑재 가능한 플랫폼이 제한되어 플랫폼까지 함께 확보해야 유도탄 운용이 가능하다. 전반적으로 유도탄 확보 비용 및 기간이 증대되는 부담이 존재한다. 반면, 소형화된 유도탄의 경우에는 이미 확보되어 있는 플랫폼을 최

소한의 개조만 수행한 후 탑재함으로써 신속한 전력화를 이루어 비용과 시기상의 장점을 살릴 수 있게 된다.

3. 결 론

소련/러시아는 세계적으로 초음속 순항유도무기를 가장 많이 개발한 나라이다. 1980년대까지도 대형 초음속 순항유도무기가 개발되기도 하였지만, 1990년대 즈음부터는 차츰 소형 경량화되고 있으며, 앞으로도 더욱 소형화될 것으로 예상된다. 초기의 초음속 순항유도무기에는 고체추진기관(Solid Rocket)이나 터보제트 엔진이 사용되기도 하였지만 1990년대 즈음부터는 램제트 엔진 사용이 증가하고 있다. 더불어 비행속도도 효율성이 높은 마하 2.5~3 수준이다. 사거리는 내수용과 수출용이 차별화되어 있으며, 수출형의 경우에는 290 km 수준을 넘지 않게 만들어 MTCR 규제를 받지 않도록 개발되고 있다. 또한 고고도비행을 주로 하는 경우에도 종말단계에서의 저고도 비행구간이 50 km 수준은 되도록 하는 등 생존성도 증대시키고 있다.

References

1. Sung, H.-G. and Yoon, H.-G., "Technical Review and Analysis of Ramjet/Scramjet Technology I. Ramjet Engine (Liquid Ramjet, Ducted Rocket)," *Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers*, Vol. 10, No. 1, pp. 72-86, 2006.
2. Sung, H.-G. and Yoon, H.-G., "Technical Review and Analysis of Ramjet/Scramjet Technology II. Scramjet and Combined Cycle Engine," *Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers*, Vol. 10, No. 2, pp. 115-128, 2006.
3. Fry, R.S., "A Century of Ramjet Propulsion Technology Evolution," *Journal of Propulsion and Power*, Vol. 20, No. 1, pp.27-58, 2004.
4. Kinroth, G.D. and Anderson, W.R., *Ramjet Design Handbook*, Chemical Propulsion Information Agency, Columbia, Maryland, U.S.A., 1980.
5. Fleeman, E.L., *Tactical Missile Design*, 2nd ed., AIAA Education Series, Blacksburg, Virginia, U.S.A., 2001.
6. Webster, F.F., "Integral Rocket/Ramjet Propulsion-Flight Data Correlation and Analysis Techniques," *Journal of Spacecraft*, Vol. 19, No. 4, pp.326-336, 1982.
7. "Will the mosquitoes fly to Argentina?," retrieved 22 Oct. 2020 from <https://warspot.ru/2568-poletyat-li-moskity-v-argentinu>.
8. "BrahMos", retrieved 22 Oct. 2020 from <http://en.wikipedia.org/wiki/BrahMos>.
9. McEacheon, J.F., "Subsonic and Supersonic Antiship Missiles: An Effectiveness and Utility Comparison," *Naval Engineers Journal*, Vol. 109, No. 1, pp.57-73, 1997.