

## 탄도 미사일 방어체계 기술 현황 (2)



李 圭 滄

國科研 책임연구원  
공학 박사

탄도 미사일의 요격은 로켓 모터가 연소 중인 부스트 단계에서 이루어지는 경우, 대기권 밖의 고층(고고도)에서 이루어지는 경우, 그리고 대기권에 재돌입한 후 저층(저고도)에서 이루어지는 경우를 생각할 수 있는데 이와 같은 방어 개념을 다층 방어라고 한다.

다층 방어에서는 탄도 미사일을 요격할 수 있는 기회가 많이 주어지기 때문에 탄도 미사일의 공격으로부터 자국 영토를 안전하게 방어하기 위해서는 꼭 필요한 시스템이라고 할 수 있다.

---

### 주요 방어 시스템 개발 현황

---

#### • THAAD 시스템

**THAAD** (Theater High Altitude Area Missile)는 美 국방

부의 BMDO(Ballistic Missile Defense Organization) 주관으로 Lockheed Martin사가 주계약 업체가 되어 개발되고 있는 TMD(Theater Missile Defense) 시스템의 고고도 요격 미사일 시스템으로, 이란의 Shahab 3, 북한의 대포동, 파키스탄의 Gauri 미사일과 같은 중

거리 탄도 미사일 공격으로부터 중요 시설 및 군부대를 보호하고자 하는 방어 시스템이다.

이 시스템은 지난해 3월까지만 해도 6회에 걸친 발사 시험에서 모두 표적을 요격하는데 실패하였으나, 6월 10일과 8월 2일에 실시된 요격 시험에서는 2회 연속 성공한 바 있다.

이와 같은 성공적인 시험 결과로 인해서 THAAD 시스템의 개발 계획은 더욱 가속화 될 것이며, 배치 시기도 美 육군의 원래 계획인 2010년보다 앞당겨 2006~2007년경에 실용화 될 것으로 예상된다.

THAAD 미사일은 표적에 직접 충돌하여 요격하는 직격 파괴(hit-to-kill) 방식을 채택하고 있다. 이 방식은 재래식 파편형 탄두에 비해서 우수한 장점을 갖고 있다. 즉, 요격 미사일이 표적에 직접 충돌했을 경우 파편형 탄두보다 월등한 파괴력을 나타낼 수 있는 것이다.

파편형 탄두의 경우 표적에 명중된다 해도 표적 미사일의 탄두는 완전히 파괴되지 않을 수도 있다. 특히 Scud와 같은 미사일에 화학, 생물 및 핵 탄두가 탑재되었을 경우, 탄두를 완전히 격파할 수 있는 직격 파괴 방식을 사용하지 않으면 적의 탄두가 우군 지역에 떨어져 피해를 입을 수도 있다.

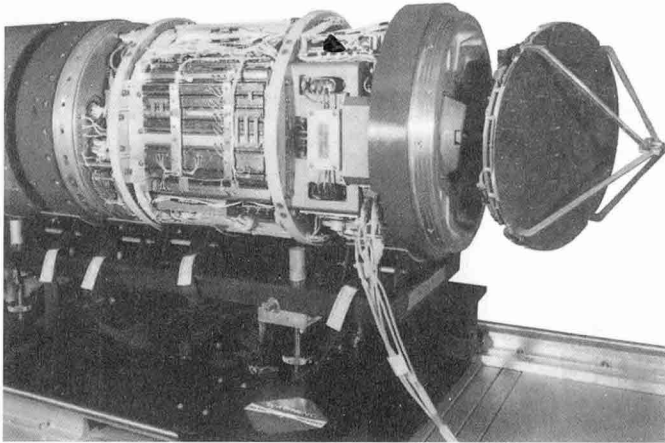
#### • Patriot PAC-3

Patriot PAC-3는 TMD 시스템의 저고도 방어 시스템으로 중·단거리 탄도 미사일과 순항 미사일, 헬기 및 고정익기 등의 위협으로부터 부대와 시설물을 보호할 수 있는 방어 시스템이다. 다른 국가의 무기 시스템과도 상호 운용이 가능하도록 개발되고 있다.

PAC-3 미사일 역시 기존의 폭풍 파편형 탄두를 사용하는 미사일과는 다른 직격 파괴 방식의 미사일이다. 기존의 Patriot 미사일은 1개의



THAAD 시스템이 목표물을 타격하는 장면



PATRIOT PAC-3의 내부 구성품

발사대에 4기의 미사일이 탑재되지만 PAC-3 미사일은 16기의 미사일을 탑재할 계획이다.

PAC-3 미사일은 ERINT라고 하는 소형 경량의 실험용 요격 미사일로부터 개발되었다. ERINT는 1987년에 종료된 FLAGE (Flexible Lightweight Agile Guided Experiment) 프로그램의 기술 시범용으로 제작된 것이다.

PAC-3 시스템은 지난해 3월 15일의 요격 시험에 이어 9월 16일 White Sands 미사일 시험장에서 실시된 발사 시험에서도 Coleman Aerospace사의 Hera 표적을 직격 파괴하는데 성공하였다.

이와 같이 2회 연속 발사 시험에 성공함으로써 곧 소규모 초도생산(LRIP: Low-Rate Initial Production) 단계에 들어갈 것으로 예상된다.

Raytheon사가 PAC-3 시스템의 체계 종합을 맡고 미사일 개발의 주계약 업체는 Lockheed Martin사가, 탐색기 제작은 Boeing사가 담당하고 있다.

#### • Navy Area/Navy Theater Wide

해군 TMD 시스템의 저고도 방어를 담당하

는 Navy Area 시스템에는 美 해군의 주력 대공 방어 시스템인 Standard 미사일 SM-2 Block IVA가, 고고도를 담당하는 Navy Theater Wide 시스템에는 SM-3 미사일이 사용될 예정이다.

SM-3 미사일은 Aegis 무기 시스템과 함께 탄도 미사일 방어 시스템인 Navy Theater Wide를 구성하는 핵심 구성품으로 침투하는 지구 탄도 미사일을 대기권 밖에서 요격할 수 있도록 개발되고 있는 미사일 시스템이다.

美 해군은 지난해 9월 24일 SM-3(Standard Missile-3) 함대공 미사일을 Aegis 순양함 Shiloh (CG-67)에서 시험 발사하는데 성공한 바 있다. 이 시험은 하와이의 태평양 미사일 시험장에서 실시되었으며, SM-3 미사일의 첫번째 함상 발사 시험이었다.

이번 시험의 주목적은 미사일의 공력 및 열 특성을 시험하기 위해서 SM-3 미사일을 대기권 밖으로 쏘아 올리는 것이었다. 시험 결과 SM-3 미사일 발사 단계에서의 기체 성능 및 신뢰도, 2단 및 3단 분리 과정 중에서의 기체 안정성 및 제어 성능이 확인되어 시험 목적이 모두 달성되었다.

2000년 1~3월에 실시될 예정인 발사 시험에서는 미사일에 운동 에너지 탄두를 실제로 탑재하여 대기권 밖에서 방출하는 시험을 실시할 계획이다.

실제 표적을 요격하는 것은 LEAP

(Lightweight Exoatmospheric Projectile)라고 하는 운동 에너지 탄두이며, 이것은 물체를 직접 표적에 부딪쳐 파괴하는 경량, 모듈 방식의 요격체(kill vehicle)이다.

LEAP 요격 시험은 2001년까지 7회 이상 실시될 것으로 예상된다. 처음에는 Scud C, 노동, M-9와 같은 사거리 1,000km급 탄도 미사일의 위협에 대처하기 위한 NTW Block I 시험이 주가 될 것이며, 다음의 발전 단계에서는 사거리 1,500km급의 CSS-5 및 대포동 등의 미사일 위협에 대처하기 위한 NTW Block II 시험이 실시될 예정이다. 일본은 NTW Block II 시스템부터 TMD 시스템 개발에 공동으로 참여할 예정이다.

SM-3 미사일 개발은 Raytheon사가 담당하고 Aegis 순양함에 탑재되는 NTW 무기 시스템은 Lockheed Martin Government Electronics System사가 개발하고 있다.

미국은 2000년 6월 해군의 NTW와 육군의 THAAD 시스템을 비교 검토하여 그 중 하나를

TMD 시스템의 고공 방어 시스템으로 선택할 계획이다.

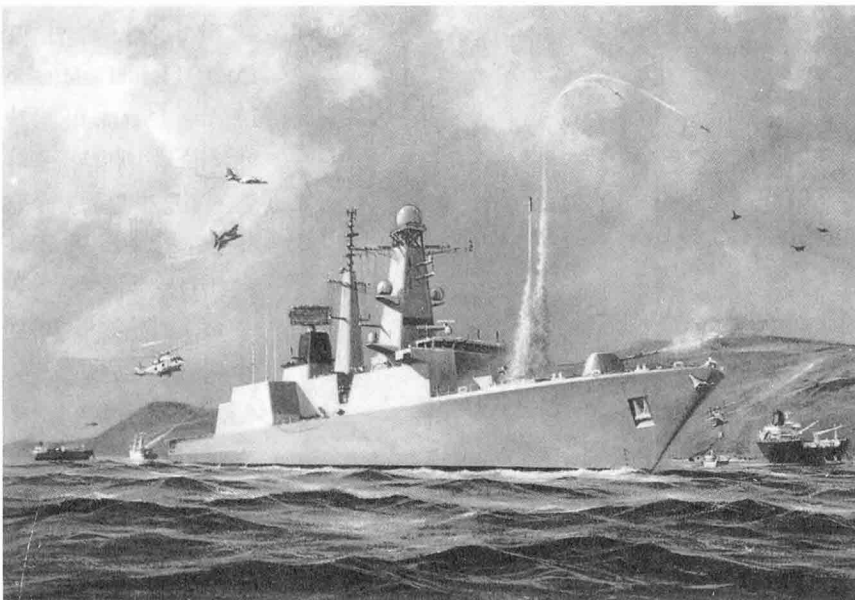
#### • Arrow

이스라엘은 Arrow 대공 방어 시스템을 1986년부터 개발해 왔으며 미국은 미사일과 발사대 개발에 관한 기술 및 자금을 지원해 왔다. 이 시스템의 개발 목적은 이란의 Shahab 3과 이라크의 Al Hussein 그리고 Scud B 및 Scud C 미사일과 같은 탄도 미사일의 위협으로부터 자국을 방어하기 위한 것이었다.

Arrow 시스템은 2단 추진의 Arrow II 미사일 및 발사대, Green Pine 발사 통제 레이더, 전투 관리용의 Citron Tree 발사 통제 센터 그리고 지휘통제 및 통신 시스템으로 구성된다.

Arrow II 미사일은 미국의 Patriot PAC-3 및 THAAD 미사일과 같이 운동 에너지를 이용한 직격 파괴 방식의 탄두가 아니고 표적에 근접했을 때 폭발하는 파편 탄두를 사용하고 있다.

이스라엘은 지난해 11월 1일 실시된 Arrow



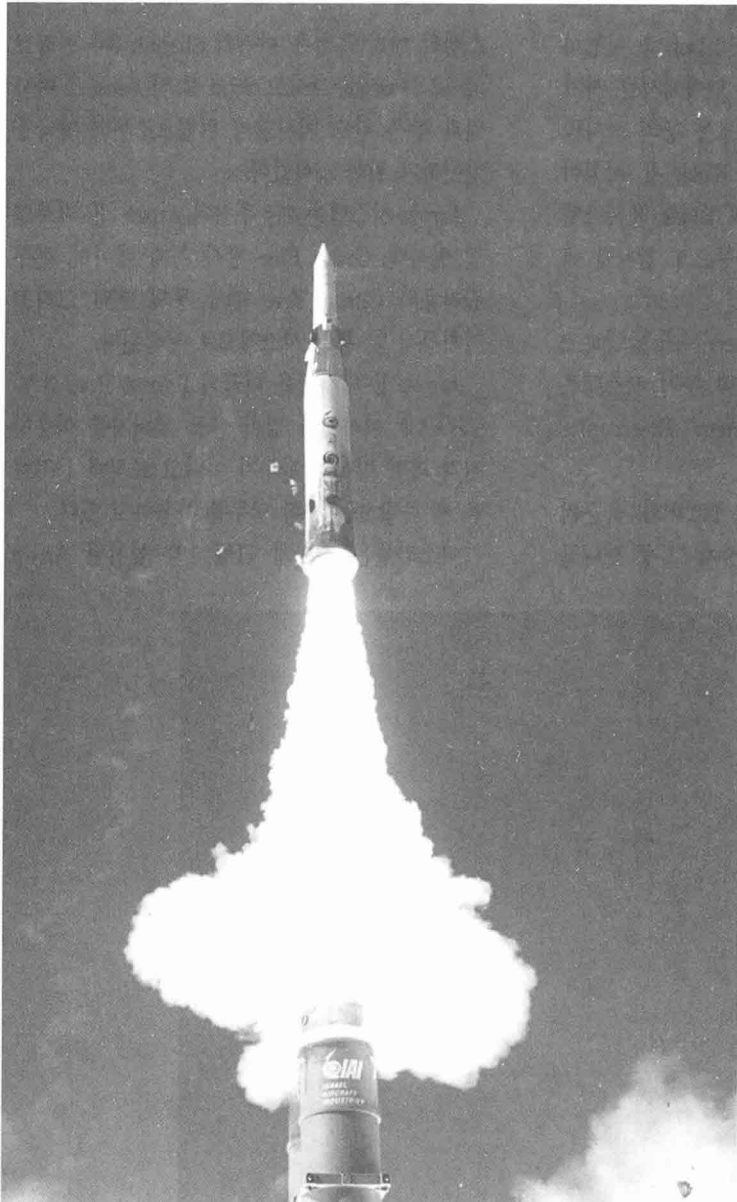
II 미사일의 발사 시험에서 지중해로부터 이스라엘 연안으로 비행하는 표적을 요격하는데 성공한 바 있다.

이 시험은 Arrow 시스템을 구성하는 주요 구성품 즉, 미사일, 레이더 및 발사통제 시스템이

체계 종합된 최초의 발사 시험이었다.

이 시험은 Arrow II 미사일의 4번째 요격 시험이며, 1996년 8월과 1997년 3월에는 2회에 걸쳐 Scud 미사일과 유사한 표적 미사일을 요격하는데 성공하였고 1997년 8월 시험에서는 실패한 바 있다.

1999년 11월 모의 탄도 미사일을 정확히 요격한 ARROW 미사일



이스라엘은 Arrow 시스템을 제한적으로나마 2000년 초에 배치할 예정이며, 이 시스템이 배치된다면 이것은 세계 최초의 전구탄도 미사일 방어 시스템이 되는 것이다.

이스라엘은 현재 운용 중인 Patriot PAC-2 시스템과 함께 다층 탄도 미사일 방어 시스템을 갖추게 되는 셈이다.

이스라엘의 IAI(Israel Aircraft Industries)사가 Arrow 시스템 개발의 주계약업체이며 IMDO(Israel Missile Defense Organization)가 이 시스템 개발의 관리 및 시험평가 업무를 주관하고 있다. 미국의 BMDO는 미국측 업무 및 자금 지원을 담당하고 있다.

Arrow 시스템은 3단계로 개발되고 있다. 처음의 Arrow Experiments Program 단계에서는 개념 정립 및 시스템 개발

의 가능성 확인과 Arrow 미사일의 시제품 및 발사대를 개발하였다.

두번째의 Arrow Continuation Experiments 단계에서는 1단 추진의 Arrow I 미사일을 개발하여 요격 시험에 성공하였으며 그후 2단 추진의 Arrow II 미사일 개발에 착수하였다.

세번째의 Arrow Deployability Program 단계에서는 추가 발사 시험과 체계 종합을 통해서 시스템 개발을 마무리짓는 것이다. 그 외에 미국의 TMD 시스템과의 상호 운용성에 관한 연구가 계속되어 질 것으로 보인다.

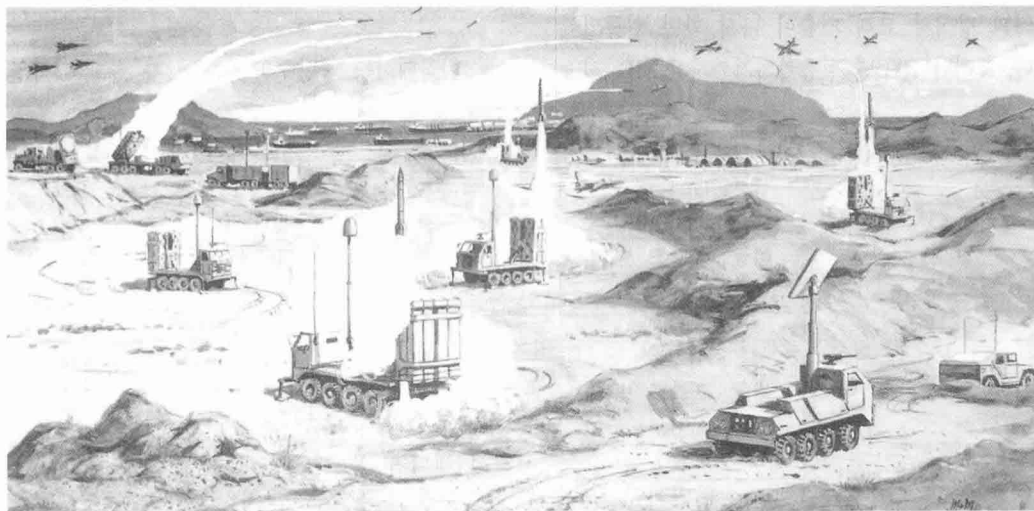
Arrow는 지상으로부터 고도 10~40km의 표적 미사일을 사거리 16~48km에서 요격할 수 있는 시스템이다.

이 시스템은 미국의 PAC-3, THAAD 및 Navy Theater Wide 시스템과 상호 운용이 가능하도록 개발되고 있다.

Arrow 시스템의 각종 시험에서 얻어지는 데이터는 미국의 TMD 시스템 개발에 활용되고 있는 것으로 알려지고 있다.

미국은 총 개발비 20억 달러 중에서 40% 이상을 부담하고 있다.

MEADS 시스템 개념도



## • NMD 시스템

NMD(National Missile Defense) 시스템은 미국 본토를 적의 탄도 미사일 공격으로부터 방어할 목적으로 개발되고 있는 국가 미사일 방어 시스템이다.

이 시스템의 최초 발사 시험이 지난해 10월 2일 실시되어 태평양 상공의 대기권 밖에서 탄도 미사일 표적을 요격하는데 성공한 바 있다.

향후 6년 동안 약 20회가 계획되어 있는 시험 중에서 첫번째로 실시된 이 요격 시험에서, 태평양의 Marshall 군도에 있는 Kwajalein 미사일 시험장에서 발사된 NMD 미사일의 120 파운드 EKV(Exoatmospheric Kill Vehicle) 요격체가, Vandenberg 공군 기지에서 발사된 Minuteman 표적을 태평양 상공에서 격추시키는데 성공한 것이다.

이 시험에서는 NMD 시스템을 구성하는 주요 구성품들 즉, 공군의 DSP(Defense Support Program) 위성, 조기 경보 레이더 그리고 Raytheon사의 지상 설치 레이더 등이 참여하여 표적을 추적하고 데이터를 처리하는 임무를 수행하였다. 그러나 발사체 및 요격체와 데이터

탄도 미사일이 기동을  
 하지 않더라도 요격 미사일을  
 발사하여 파괴하는 것은 그리 쉬운  
 일이 아니다. 더욱이 탄도 미사일의  
 요격에서는 탄두를 꼭 파괴할 필요가  
 있기 때문에 요격 미사일을 표적에 직격하여  
 파괴시키지 않으면 안 된다. 현재의 기술 수준으로  
 탄도 미사일의 완전한 파괴는 불가능하다고  
 주장하는 사람들도 있다. 그러나 컴퓨터  
 시뮬레이션의 결과에 의하면, 탄도 미사일의  
 궤도를 빠르고 정확하게 예측할 수 있고,  
 조우 위치를 미리 알며, 요격 미사일의  
 운동성이 탄도 미사일보다도 충분히  
 빠르다면 탄도 미사일의 요격은  
 가능하다는 것을 알 수 있다

링크가 구성되지 않아 완전한 시스템 시험은 되  
 지 못했다.

이번 시험을 통하여 핵, 화학 및 생물 무기 등  
 과 같은 대량 살상 무기를 운반하는 탄두를 대  
 기권 밖에서 파괴하여 무력화시킬 수 있는 직격  
 파괴 방식의 요격 기술이 다시 한번 입증되었  
 다. 그러나 2005년 실용화되기까지 NMD 시스

템의 운용 효과도 및 신뢰도 등이 충분히 입증  
 되어야 할 것이다.

Raytheon사가 EKV 요격체를 개발하고 있으  
 며, 요격체 운반용 로켓은 Lockheed Martin사  
 가, NMD 시스템의 체계 종합 업체 및 X-밴드  
 레이더 시스템의 개발은 Boeing사가, 지휘 통제  
 시스템의 생산은 TRW사가, 그리고 시험용 표  
 적은 DESNL(Department of Energy's Sandia  
 National Laboratory)에서 담당하고 있다.

미국과 캐나다가 공동으로 운용하고 있는  
 NORAD(North American Air Defense)는  
 NMD 시스템의 조기 경보 업무를 담당하게 되  
 며, 육군의 국가 방위군은 NORAD와 美 우주  
 사령부로부터 표적 정보를 제공받아 NMD 미  
 사일을 발사하는 임무를 갖는다.

NMD 시스템은 Alaska에 배치될 예정이며  
 이와 같이 배치될 경우 Canada의 75%가  
 NMD 시스템에 의해서 보호될 수 있는 것으로  
 알려지고 있다.

NMD 시스템은 2005년 실용화를 목표로 하  
 고 있다.

### 맺는 말

미국에서는 국방부의 BMDO가 탄도 미사일

미국이 계획중인 TMD 프로그램

임 무	시 스템 명	탄 두	방어지역반경(km)	배치시기
저 고 도 방 어	Patriot PAC-2	폭풍파편	10~15	1991
	Patriot PAC-3	직 격	40~50	1999
	해군 저고도 방어	폭풍파편	50~100	2000
	MEADS	직 격	10 이하	미정
	개량 Hawk	폭풍파편	10 이하	1995
고 고 도 방 어	THAAD	직 격	수백	2006
	해군 고고도 방어	직 격	수백 이상	미정
	Arrow	폭풍파편	수백	미정
부스트단계 방어	A B L	지향성 에너지	-	2006
	무인기	직 격	-	미정

우주배치 센서 시스템

시스템명	회전 궤도	개 수	배치시기
D S P	정지 궤도	4~5	1970년대 초부터
SBIRS High	정지 궤도	4	2002년
	지구 고궤도	2	
SBIRS Low	지구 저궤도	24	2004년

방어 프로그램의 관리, 지도 및 수행을 담당하고 있다. 미국이 가장 많은 관심을 두고 있는 것은 전구 탄도 미사일 방어 시스템이며 현재 계획 중인 개발 내용은 P.64 아래 표와 같다.

저고도 방어 시스템인 MEADS는 미국, 독일 및 이탈리아 3개국이 공동으로 개발하고 있는 시스템이다. 고고도 방어 시스템 중에서 가장 앞서 개발되고 있는 THAAD 미사일은 6회의 발사 시험에서 표적을 요격하는데 실패한 후 2회 연속 요격 시험에 성공하였다.

고고도 방어 시스템 Arrow는 미국과 이스라엘이 공동으로 개발하고 있으며, 수회의 발사 시험에서 표적을 요격하는데 성공한 바 있다.

부스트 단계 요격용의 항공기 탑재 레이저 ABL(Airborne Laser)는 축소 모델을 사용해 시험을 실시하여 요격의 가능성을 확인하였다.

또 이스라엘과 공동으로 개발하고 있는 무인기는 적의 탄도 미사일 발사 위치 부근까지 가까이 접근하여 요격 미사일을 발사하는 시스템이다. 위의 표는 우주 배치 센서, 즉 정찰 위성 에 관한 계획이다.

탄도 미사일은 대기권에 재 돌입한 후에는 큰 공기 저항을 받아서 감속되지만 지표 가까이 도 달해서도 보통 수백~1,000m/s 이상의 고속도를 유지한다.

따라서 탄도 미사일이 기동을 하지 않더라도 요격 미사일을 발사하여 파괴하는 것은 그리 쉬운 일이 아니다. 더욱이 탄도 미사일의 요격에 서는 탄두를 꼭 파괴할 필요가 있기 때문에 요

격 미사일을 표적에 직격하여 파괴시키지 않으면 안 된다.

현재의 기술 수준으로 탄도 미사일의 완전한 파괴는 불가능하다고 주장하는 사람들도 있다. 그러나 컴퓨터 시뮬레이션의 결과에 의하면, 탄도 미사일의 궤도를 빠르고 정확하게 예측할 수 있고 조우 위치를 미리 알며, 요격 미사일의 운동성이 탄도 미사일보다도 충분히 빠르다면 탄도 미사일의 요격은 가능하다는 것을 알 수 있다. 防

참 고 자 료

- ▲ 馬場順昭, 「彈道ミサイルの飛行と迎撃」, 月刊 <JADI>, 1999. 1. pp.13~21.
- ▲ 大竹隆滋, 「地對空ミサイル」, 月刊 <JADI>, 1999. 4. pp.25~32.
- ▲ <Defense Daily>, 1999. 9. 17, p.1
- ▲ BMD Monitor, 1999. 9. 17, p.1
- ▲ Inside Missile Defense, 1999. 8. 11, pp.4~8
- ▲ BMD Monitor, 1999. 8. 6, p.1~2
- ▲ <Defense News>, 1999. 5. 10, p.6
- ▲ <Jane's Defense Weekly>, 1999. 4. 7, p.6
- ▲ <Defense Week>, 1999. 10. 4, p.11