

탄도미사일 방어체계 사업추진방법(구매 또는 연구개발): THAAD, SM-3 및 L-SAM의 사업추진방법 정리

박혁기* · 이진호**

해군작전사령부 · 해군사관학교 국방경영학과

《국문초록》

본 연구는 북한의 탄도미사일 위협에 대한 효과적인 방어체계 선정을 위한 비용 분석을 수행한다. 방어체계의 대안으로 THAAD, SM-3 및 L-SAM을 고려하였고, 국외구매 또는 연구개발에 따라 대안에 대한 비용 분석을 위한 요인이 다르므로 이에 대한 대안별 요인을 분석하여 제시하였다. 방어체계별 사업추진방법(구매 또는 연구개발)에 따라 획득비용, 운영유지비용, 연구개발비용으로 구분하여 30년간 운용한다는 가정 하에 대안별로 순 현재가치를 도출하여 비교하였으며, 불확실성을 내포하는 정비유지비용, 부지 비용, 연구개발 비용에 대한 민감도 분석을 통해 대안별 비용에 미치는 영향을 분석하였다. 분석 결과 전반적으로는 THAAD, L-SAM, SM-3 순으로 높은 비용이 발생하였으나 민감도 요소들의 변화에 따라 비용 순위가 달라질 수 있음을 확인하였다. 본 연구의 결과는 여러 불확실성 하에서 의사결정으로 연결되기에는 무리가 있으나 각각의 방어체계에 대한 비용 분석의 틀을 제시하고, 제시한 3가지 대안을 동시에 충족할 수 없는 상황에서 가용한 국방예산을 고려할 때 경제적인 대안의 우선순위를 결정하는데 참고자료를 제시한다.

주제어 : 탄도미사일, 비용분석, 현재가치, 민감도 분석

* 제1저자

** 교신저자, jinho7956@gmail.com

I. 서론

탄도미사일은 고체 또는 액체 연료로 구성된 로켓의 추진력에 의해 발사된 후 지구 중력보존역장에서 관성유도로 포물선을 그리며 비행하다가 종말단계에서 자유낙하로 목표에 도달하는 운동 특성을 갖는 미사일이다(석근봉 · 전제정, 2011). 탄도미사일의 비행단계는 로켓모터에 의해 미사일이 특정 고도의 탄도궤도에 진입할 때까지의 추진단계(Boost Phase), 대기권 밖의 특정고도에서 포물선과 유사한 궤적을 그리며 초음속으로 대기권과 우주공간을 비행하는 중간단계(Midcourse Phase), 지구중력에 의해 자유낙하하면서 탄두가 대기권으로 재진입하여 급강하하는 재진입단계(Reentry Phase)의 3단계로 구분된다. 따라서 탄도미사일은 통상 대기권 밖까지 상승하여 낙하하는 고고도 미사일이며, 높은 고도에서 목적지까지 자유낙하 하므로 탐지 및 요격이 매우 제한된다. 현재 북한에는 이러한 탄도미사일이 거리에 따라 중거리, 중장거리, 장거리미사일까지 실전 배치되어 있으나(박태용 · 임재성, 2016), 이러한 탄도미사일 위협에 효과적으로 방어할 수 있는 방어 수단이 제한적인 실정이다. 따라서 탄도미사일의 위협에 대비하기 위한 방어체계의 마련이 무엇보다도 시급하다고 할 수 있다.

대한민국이 현재 보유중인 미사일 방어체계 수단으로는 PAC-2(패트리어트-2)와 업그레이드 버전인 PAC-3가 있다(김영호, 2010). 그러나 보유중인 수단은 약 15km~30km에서의 방어만 가능하여 그 이상의 고도에서 비행하는 미사일에 대한 방어에 매우 취약한 실정이다. 이에 대한 대책으로 자체적인 미사일 방어체계인 KAMD(Korea Air and Missile Defense) 구축을 선언하고 준비해오고 있으며 탄도미사일의 위치와 고도에 따른 분류인 추진단계, 중간단계 그리고 종말단계, 특히 종말단계 중에서도 하층고도방어에 집중해왔다(박회락, 2016). 하지만 종말단계의 하층고도에서는 탄도미사일의 속도가 매우 빨라(음속의 6~12배) 요격이 어려울 뿐만 아니라 북한의 비대칭 전력 중 상당한 위협이 되는 생화학무기를 탄두에 탑재하여 발사한다면 요격에 성공하더라도 저고도에서 폭발하여 지상에 많은 피해를 야기할 수 있다. 따라서 미사일 방어체계도 종말단계 고고도 방어체계의 도입 및 다층 방어 개념의 방어체계 구축에 대한 요구가 증대되고 있다.

미사일 방어는 통상 적의 탄도미사일이 발사되고 난 직후부터 추진체 연소 종료 시까지 수분 내에 요격하는 추진단계(Boost Phase) 방어, 연소 종료 후 미사일 탄두가 대기권 밖에서 비행하는 동안 요격하는 중간단계(Midcourse Phase) 방어, 그리고 정점을 찍고 미사일이 자유낙하하기 시작하며 대기권으로 재진입하여 목표물에 탄착되기 전에 일정 고도에서 요격하는 종말단계(Terminal Phase) 방어로 구분된다.

본 연구는 종말단계의 상층방어를 위한 사드(THAAD: Terminal High Altitude Area Defense), 해상에서 이지스구축함 등에 탑재 가능한 SM-3(RIM-161 Standard Missile 3) 미사일 및 국내에서 자체 연구개발하기로 결정한 장거리 지대공 미사일 L-SAM(Long-range Surface-to-Air Missile)을 탄도미사일 방어체계의 대안으로 고려하며, 이 3가지 방어체계에 대한 비용 분석을 통

해 경제성 측면에서 가장 효과적인 대안을 선정함에 그 목적이 있다. 무기체계의 경우 통상 획득 및 운영유지 비용에 대한 경제적 측면보다는 그 성능을 우선적으로 고려해온 경향이 있으나, 현대전의 무기체계는 정밀화, 첨단화 되면서 획득 비용이 천문학적인 금액에 이르는 경우가 많아졌으며 경기침체, 환율폭등, 유가상승 등의 국방예산 획득여건 변화로 인해 방위력개선사업 관련 의사결정 시 획득비용 분석 및 예측의 중요성이 더욱 중요하게 고려되고 있다. 특히 무기체계 도입에 있어서는 한정적인 재원(국방비)을 보다 효율적으로 배분 및 활용함으로써 투자효율의 극대화를 통해 국방비의 경제성을 도모하여 튼튼한 안보환경을 조성하는 것이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 따라서 객관적이며 합리적인 비용분석 기준, 절차 및 방법을 적용하여 투명성을 확보하고, 비용분석에 있어서의 정확성과 신뢰성을 갖추어야 한다.

방위력개선사업에서의 비용은 최초 소요기획 단계에서부터 최종 폐기 시까지의 총 수명주기 비용을 의미한다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 효과적인 미사일 방어체계 대안 선정을 함에 있어 각각의 대안에 대하여 비용분석을 통해 경제적 측면을 고려한 합리적인 대안 도출과정을 제시하고자 한다.

II. 관련 연구 현황

탄도미사일 방어에 대한 연구는 한반도의 안보 상황에 따라 공학뿐만 아니라 사회과학 분야 등에 걸쳐 폭넓게 진행되어 왔으며, 공학 분야에서는 주로 탄도미사일 방어에 대한 기술적 부분을 분석하는 연구가 많았고, 사회과학 분야에서는 거시적 관점에서의 탄도미사일 방어체계에 대한 함의, 주변국 및 안보에 미치는 영향 등에 대한 논의가 주를 이루었다. 본 장에서는 주로 공학 분야에서 제시된 주요 연구 결과를 요약하고 본 연구에 바탕이 된 연구결과를 제시해 보고자 한다.

탄도미사일의 RCS(Radar Cross Section: 레이더 단면적) 특성을 탐지 레이더의 위치에 따라 분석한 결과(박태용 · 임재성, 2015) 및 RCS 특성에 따른 탐지확률을 높이기 위한 레이더의 배치 방안(박태용 · 임재성, 2016) 등은 레이더의 탐지 성능과 그에 따른 최적 배치 방안을 연구한 대표적인 사례이다. 최각규 등(2012)은 탄도미사일의 탄두를 식별하기 위한 신호 처리 기법으로서 스펙트럼 추정 방법을 제안하였고, 김석권 등(2010)은 탄도미사일의 궤적 추적 성능을 개선하기 위하여 다양한 칼만 필터링 알고리즘을 적용하였다. 이경행 등(2015)은 북한 잠수함 발사 탄도미사일(SLBM: Submarine Launched Ballistic Missile)의 비행궤적을 발사방법에 따라 분석하고, 사거리 조절에 따른 다양한 발사 방법에 대해 제시하였다.

탄도미사일의 효과적인 방어를 위한 무기체계의 최적 배치에 관한 연구도 비교적 활발히 진행되었다. 지대공 유도무기(SAM: Surface-to-Air Missile)의 최적 배치 방안을 도출하기 위한 휴리스틱 알고리즘의 제안(이재영 · 광기훈, 2008), 미사일 방어를 위한 구축함의 최적 배치 모형을 혼합

정수계획법으로 제시한 연구(이상현 · 정인철, 2006), 잠수함 발사 탄도미사일의 은밀성을 고려하여 게임이론을 적용한 구축함의 배치 방안(이진호, 2018) 등을 통해 탄도미사일의 효과적인 탐지, 추적을 공학적 기법과 최적 배치 모형을 제안하는 의사결정에 적용한 연구가 활발히 진행되어 왔음을 알 수 있다.

다음으로, 본 연구에서 다루고자 하는 비용 분석은 경제적 타당성 측면에서 공공분야 등에서 폭넓게 적용되어 왔다. 이는 비용-편익 분석, 비용-효과 분석 등을 통해 공공사업의 경제성에 대한 분석 위주로 진행되었는데, 지방자치단체의 지리공간 정보 사업 구축에 대한 비용-효과 분석(이현순 · 김은형, 2000), 치안 문제 해결을 위한 경찰 대응 비용에 대한 비용-편익 분석(박경래 · 최성락, 2011), 함정의 생존성 확보를 위한 대공방어성능 향상에 가장 효과적인 대안을 비교하기 위한 비용-효과 분석(최성린 · 박동기, 2014) 등이 그 대표적인 사례이다. 특히 오영민 · 권오성(2010)은 함대 공유도단의 비용분석을 통해 무기체계 획득 수명주기비용에 대해 분석하고 대안을 도출하였으며, 그 결과를 바탕으로 본 연구에서 고려하는 3가지 대안에 대해 비용 분석을 수행해 보고자 한다.

III. 미사일 방어체계 대안

3.1 THAAD

현재 북한의 탄도미사일 위협에 대응하기 위한 방어체계 대안으로 검토되고 있는 것으로 기존의 대한민국이 초점을 맞추고 있었던 종말단계에서의 하층방어체계와는 달리 상층방어가 가능한 대안이다(박휘락, 2016, pp.200). 종말단계의 상층방어는 탄도미사일이 자유낙하를 통해 최고속도에 다다르기 이전의 고도에서 요격을 시도하며, 높은 고도에서 요격을 할 수 있는 기회가 주어짐으로써 대공방어체계를 더욱 견고히 할 수 있다는 점에서 가능한 대안 중 하나라고 볼 수 있다.

THAAD는 사거리 200km, 요격고도는 최대 150km에 이르며 탄도미사일을 직접 타격하여 요격하는 Hit-to-Kill 방식이다(손영환, 2016). 미국의 록히드 마틴(Lockheed Martin)사에서 요격체계를 담당하고 있으며, 탄도미사일을 탐지 및 추적하는데 사용되는 AN/TPY-2 레이더는 미국의 레이시언(Raytheon)사에서 담당하고 있다. 1개의 사드 포대는 1대의 AN/TPY-2 레이더와 전술통제장비 등의 각종 보조 장비 및 6기의 발사대를 보유하며, 발사대 1기당 8발의 요격미사일을 발사할 수 있어 결과적으로 1개 포대를 도입할 시 총 48번의 요격기회를 갖는다고 할 수 있다.

3.2 해상기반 SM-3

SM-3는 THAAD와 같은 상층방어체계에 대한 필요성이 제기되면서 고려되기 시작한 탄도탄

요격미사일로서, 주로 해군의 이지스구축함에 탑재하여 운용하고 있다. 대표적으로 미국과 일본이 현재 SM-3를 실전배치하여 미 해군과 일본 해상자위대에서 운용중이며 현재는 미·일 공동으로 SM-3 미사일의 업그레이드를 통해 SM-3 Block II A의 실전 배치를 앞두고 있다(Scott, 2017).

THAAD가 종말단계 상층방어를 가능하게 한다면, SM-3는 고도 150km~500km 대의 중간단계 비행에서도 요격이 가능하며 해상에서 함정을 기반으로 운용되므로 적의 타격으로부터 비교적 자유롭고 상당히 광범위한 사정거리와 이지스 체계의 AN/SPY-1D 레이더를 통해 넓은 범위를 탐지할 수 있다(김영호, 2010). 즉 입지 선정과 관련한 문제가 제기되지 않는다는 것이다. 특히 SM-3의 경우 THAAD보다 높은 고도에서의 요격이 가능해 향후 북한의 장거리 탄도미사일까지 방어가 가능할 것으로 기대된다. 하지만 실질적으로 북한의 대남 탄도미사일 위협에 중장거리 탄도미사일은 현실적으로 맞지 않아 과도한 옵션이라는 주장과 미국의 MD(Missile Defense) 체계에 편입하기 위함이라는 논란을 일으키는 문제점이 있으며, 또한 SM-3의 도입을 위해서는 기존의 이지스구축함의 업그레이드에 따른 추가비용 발생과, 새로이 도입예정인 이지스구축함 3척의 배치 시기까지 기다려야 한다는 점으로 인해 추가 전력화 이전까지 안보 공백이 불가피하다는 위험성이 있다.

3.3 장거리 지대공 미사일 L-SAM

장거리 지대공 미사일 L-SAM은 기존의 종말단계 하층방어에 의존하는 방공체계의 취약성을 보완하기 위해 국내에서 연구개발하기로 결정된 방어체계 수단이다. 아직 구체적인 계획은 없으나 L-SAM은 2015년 탐색개발에 착수하였으며 2020년대까지 체계개발 및 실전 배치하겠다는 것이 국방부의 방침이다(연합뉴스, 2016a). 약 40km~80km 사이의 요격고도를 갖는 L-SAM은 THAAD와 보완적으로 운용함으로써 탄도미사일 요격율을 높일 수 있을 것으로 예상되며(연합뉴스, 2017), 잠정 2조원 이상의 비용이 투입될 것으로 예상된다(김태훈, 2016).

IV. 대안별 비용 분석

4.1 비용 분석 방법

비용을 분석하는 방법은 크게 현재가치법, 자본화가치법, 연간가치법, 미래가치법 등이 있다(정승학 등, 2017). 먼저 현재가치법은 기간 중 발생하는 현금흐름을 현재시점에서의 단일금액으로 변환하는 방법이며, 자본화가치법은 현재가치법과 동일하게 현재가치를 측정하지만 무한기간에 걸쳐 반복되는 현금흐름이 발생하는 구조에서 선택하는 방법으로서 주로 장학재단 또는 공공사업 분야에서 활용된다. 연간가치법은 기간 중 발생하는 모든 현금흐름을 그것과 등가가 되는 계획기간 동

안의 연간 균일급수 현금흐름으로 변환하는 방법이며 미래가치법은 계획기간이 종료되는 미래시점에서의 단일금액으로 변환하는 방법이다.

THAAD, SM-3, L-SAM과 같은 무기체계들은 수익이 발생하는 구조가 아니며 계획단계에서 예상되는 비용을 고려하는데 가장 적절한 현재가치법(NPV: Net Present Value)을 채택하였으며, 식 (1)과 같다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

여기서 C_t 는 t 시기의 발생 비용, r 은 사회적 할인율, n 은 현금흐름이 발생하는 전체 기간을 의미한다. 순 현재가치법은 현금의 흐름이 일정기간에 걸쳐 여러 번 나누어 발생하는 것을 고려하여 투입되는 자금 즉 비용과 유입되는 자금인 편익을 현재가치로 환산하여 합계하는 방식이다. 즉 사회적 할인율을 고려하여 미래에 발생이 예상되는 현금 흐름을 현재가치로 환산한 것에서 지출이 예상되는 금액들도 할인율을 적용하여 현재가치로 환산한 뒤 차감하여 경제성을 분석하는 방법이다. 이 때 사회적 할인율에 따라서 비용과 편익 분석 결과가 달라지므로 사회적 할인율의 결정은 매우 중요하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 KDI에서 발표한 사회적 할인율을 참고하여, 국내 각종 조사사업부터 공공사업의 예비타당성 조사에 적용되고 있는 5.5%의 실질 사회적 할인율을 적용하였다(오영민 · 권오성, 2010).

무기체계의 획득을 위한 사업추진방법은 크게 구매 또는 연구개발을 통해 이루어지며, 구매를 통한 획득 시 구매비용(초기도입비용)과 운영유지비용으로 구분하여 비용을 산출할 수 있다. 연구개발을 통한 획득 시에는 획득단계별로 구분하여 비용이 발생하게 되며, 크게 개념연구, 탐색개발, 체계개발, 생산, 운영유지 단계로 구분한다(강성진, 2009). 따라서 연구개발을 통한 획득 시에는 연구개발 비용, 양산비용, 초기도입비용 및 운영유지비용으로 구분하여 비용을 산출할 수 있다. 본 연구에서 고려하는 무기체계의 특성을 고려할 때 현금의 유입이 발생할 만한 상황이 존재하지 않고 무기체계 초기 도입비용, 연구개발 비용 및 운영유지비용과 같은 비용의 지출 측면에서만 고려하므로, 예상 가능한 현금이 유출되는 비용들을 현재가치로 환산하여 각 대안들의 비용의 순 현재가치가 적을수록 더욱 경제적이라고 할 수 있다.

각 대안들의 비용 분석에 있어서는 THAAD와 SM-3의 경우 무기체계 획득방법이 해외 구매에 해당되므로 초기 획득비와 운영유지비의 두 가지 측면에서 비용을 분석하였으며, THAAD의 경우 함정 기반인 SM-3와 달리 육상에서의 포대 가동을 위한 부지가 필요하여 토지구입비용을 추가로 고려하였다. L-SAM의 경우 국내 개발을 목표로 하고 있기에 연구개발비, 투자비 및 운영유지비의 측면에서 분석하였다. 또한, L-SAM의 국내 자체 연구개발 시 운영유지비 등의 미래 비용 상승을 추정하기 위해 국내 물가상승률 1.78%를 선행연구를 통해 확인하고 적용하여 계산하였으며, 해외

구매 시 미국의 무기가격 상승률 추정을 위해 2.65%의 미국 물가상승률을 적용하였고(오영민 · 권오성, 2010), 환율은 2017년도 평균을 적용하여 1180원/\$로 책정하였다.

4.2 THAAD 비용 분석

THAAD는 미국의 록히드 마틴사가 생산 및 판매를 총괄하므로 국외구매를 원칙으로 하며, 비용은 크게 초기 도입비용과 운영유지비용, 그리고 THAAD 포대 부지를 위한 토지비용으로 구분하여 분석하였다. THAAD 1개 포대(battery)는 6개의 발사대로 구성되고, 각 발사대는 8기의 미사일을 발사할 수 있다. 또한 6개의 발사대는 1대의 AN/TPY-2 레이더의 자료를 바탕으로 요격하며 이러한 THAAD 시스템을 총괄하는 TSG(Tactical Station Group) 2대로 구성된다. 이들 각각의 비용은 미국 국방부의 2014년 회계연도 보고서를 바탕으로 책정하였다(Aerospace & Defense Intelligence Report, 2014). 그리고 THAAD 포대는 대한민국의 영토를 고려하였을 때 2개 포대가 도입되는 것이 적절하다는 록히드 마틴사의 시뮬레이션 결과에 따라(Klingner, 2015) 2개 포대를 도입하는 것으로 가정하였다. <표 1>은 이러한 THAAD 시스템의 수요와 단가를 바탕으로 한 비용 산출 적용 기준이다.

<표 1> THAAD 2개 포대 획득 및 운영유지비용 산출 적용기준

구 분	수량 또는 비율
인터셉터(Interceptor)	96 (\$11.02/unit)
발사대(Launcher)	12 (\$7.74/unit)
TSG	4 (\$9.27/unit)
레이더(Radar)	2 (\$172.77/unit)
수명주기(Operating duration)	30 years
정비유지비율(Maintenance rate)	3.0%
사회적 할인율(Social discount rate)	5.5%
미국 물가상승률(Inflation rate)	2.65%
THAAD 부지비용	₩50,000m ²
THAAD 부지 요구량	523,599m ²

THAAD의 운영유지비용 산출을 위해, 수명주기에 따른 지상 장비의 경제적 정비유지비율(오영민 · 권오성, 2010)을 참고하여, 30년간 운용한다는 가정 하에 3.0%의 정비유지비율을 적용하였다. 여기서 정비유지비율이란 장비가격에 대한 연간 운영유지비가 차지하는 비율을 의미한다.

THAAD 운용을 위한 부지 선정과 관련한 토지비용은 다음과 같이 고려하였다. THAAD 레이더의 적정 안전거리는 연구기관과 전문가들의 의견에 따라 다양하게 나뉘고 있지만 현재 미군과 록히드 마틴사에서 실시한 환경영향평가에 따르면 100m 이내에는 사람 진입을 반드시 금지시키고 있으며, 레이더 전자파 발사각각 5° 내의 최소 반경 3,600m 이내에는 비통제인원의 출입을 금할 것을 권하고 있다. 그러나 현재 미국, 일본 등 타국가의 운용 현황을 참고하면 해안가 또는 고지대 등에서 운용함으로써 실제 반경 3,600m의 넓은 영토로 제한하지 않고 있으며, 국내의 THAAD 배치 후보지의 부지 넓이 또한 반경 약 500m로 설정하고 있어, 본 논문에서는 반경 500m의 면적으로 설정하였다. 이를 토대로 필요한 면적은 $500^2 \pi \times (2/3) = 523,599\text{m}^2$ 로서, 이는 THAAD 1개 포대가 120°의 각을 갖는 부채꼴 형태의 입지를 필요로 함에 따라 2개 포대를 고려한 결과이다. 토지비용은 1m² 당 50,000원으로 설정하였는데, 이는 국내 토지비용의 표준이 되는 3.3m² 당 가격을 참고로 한 후보지의 공시지가를 고려하여 설정한 결과이다. 이를 바탕으로 THAAD 1개 포대에 대한 획득비용은 <표 2>에 나타나는 바와 같다.

<표 2> 1개 포대별 THAAD 획득비용

구 분	수 량	비 용 (단위: 억원)
인터셉터(Interceptor)	48	6,241.728
발사대(Launcher)	6	647.992
TSG	2	218.772
레이더(Radar)	1	2,076.8
총 계	-	9,085.292

지금까지 논의된 바를 바탕으로 THAAD 도입과 관련한 총수명주기 비용(=획득비용+운영유지비용)을 종합하여 식 (1)을 통해 순 현재가치로 도출한 결과는 ₩3,230,797(백만)으로 나타났다. <표 1>에서 제시한 요인 중 정비유지비율 및 토지비용 등은 많은 불확실성을 내포하고 있으므로, 이에 대한 민감도 분석을 추가적으로 실시할 필요가 있으며 구체적인 내용은 5장에서 제시하고자 한다.

4.3 SM-3 비용 분석

SM-3 미사일은 RIM-66 스탠더드 미사일의 개량형으로, 탄도미사일의 공중요격을 위해 미국과 일본이 공동 개발한 미사일 방어체계이다. 주로 이지스구축함에 탑재되어 장거리 탄도미사일을 요격하는 임무를 맡는데 요격고도는 150km~500km 이며 이지스구축함의 수직발사관을 통해 발사된다. 현재 한국 해군이 보유중인 이지스구축함에는 SM-2 미사일만 보유중이며, SM-3 미사일은 발사체계가 없어 SM-3 미사일의 발사를 위해서는 업그레이드가 요구된다. 업그레이드 비용은 일본

이지스구축함의 업그레이드 사례를 참고할 수 있다. 일본 해상자위대 이지스구축함의 BMD(Ballistic Missile Defense) 체계 업그레이드에 소요된 비용은 2척의 BMD baseline 5.1 개량을 위해 \$421 million의 비용 소요가 발생하였고, 이를 통해 1척당 업그레이드 비용을 도출해낼 수 있었다(Taylor & Ebner, 2012).

한편 SM-3 미사일도 날로 증가하는 탄도미사일의 위협에 대비하기 위해 꾸준히 성능개량되어 왔는데 현재 미국과 일본이 SM-3 Block II A를 국제공동 연구개발 중에 있다. 하지만 아직까지 미 해군에서 실제로 운용중인 SM-3 미사일은 Block 1B이기에 한국 해군도 SM-3 Block 1B를 도입한다고 가정하였으며 Block 1B의 가격은 미 국방부의 2011년 회계기준 비용을 고려하여 \$11 million으로 설정하였다(Missile Defense Agency, 2011). 또한 국방부에서 차기 이지스구축함에 SM-3 미사일을 1척당 20발을 도입할 가능성을 발표함에 따라(연합뉴스, 2016b), 2023년부터 이지스구축함이 1척씩 2년에 걸쳐 전력화된다고 가정하였고, SM-3 Block 1B의 평균수명은 THAAD와 마찬가지로 30년으로 설정하였다.

초기 도입비용 외에도 운영유지비용에 대해 고려하였다. 운영유지비용 산출을 위해 경제적 정비유지비용을 고려하였으며, THAAD는 지상 장비이므로 3.0%임에 비해 SM-3는 해상 무기이므로 함정 및 항공기에 대한 정비유지비용인 2.6%를 적용하였다(오영민 · 권오성, 2010). SM-3의 제조사가 미국 기업이므로 환율 및 물가상승률을 THAAD 비용분석과 동일하게 달러 및 미국 물가상승률을 고려하였다. 이상의 SM-3 비용분석을 위한 값들은 <표 3>에 제시된 바와 같으며, 식 (1)을 통한 순 현재가치를 도출한 결과 ₩2,246,329(백만)으로 나타났다. THAAD와 마찬가지로, 정비유지비용은 변동폭을 지닌 요인으로써 이에 대한 추가적인 민감도 분석 결과를 5장에서 제시하고자 한다.

<표 3> SM-3 획득 및 운영유지비용 산출 적용기준

구 분	수량 또는 비율
SM-3 미사일	120 (₩12,980M/unit)
수명주기(Operating duration)	30 years
정비유지비용(Maintenance rate)	2.6%
사회적 할인율(Social discount rate)	5.5%
미국 물가상승률(Inflation rate)	2.65%
BMD 업그레이드 비용	3 (₩248,390M/unit)

4.4 L-SAM 비용 분석

L-SAM은 고도 40km 이상에서 미사일을 요격할 수 있게 개발될 것으로 예상되며, THAAD 및 SM-3와 달리 국내에서 자체개발 예정이므로 비용분석을 위해서는 연구개발에 대한 비용 등이 중

점적으로 고려되어야 한다. 먼저, THAAD와 SM-3의 비용분석에서 미국의 물가상승률을 고려하였다면 L-SAM은 국내에서 자체개발하는 것이기 때문에 국내의 물가상승률을 고려하였다. 국내 자체 연구개발 시 운영유지비 등의 미래 비용 상승을 추정하기 위해 한국의 소비자 물가를 분석한 선행 연구를 바탕으로 한국의 물가상승률을 1.78%로 책정하였다(오영민 · 권오성, 2010).

국방부에 따르면 2023년까지 약 1조 1천억 원을 들여 연구개발하는 것으로 발표되었으며(연합뉴스, 2016a), 2020년대 중반까지 L-SAM 4개 포대를 전력화하기까지 2조 3천억 원의 비용이 들 것으로 예상된다고 한다(김태훈, 2016). 따라서 L-SAM 도입 비용으로 연구개발 비용 1조 1천억 원을 포함하여 총 2조 3천억 원으로 선정하였다. 또한 L-SAM 역시 THAAD 포대와 같이 지상 기반 발사시스템을 갖추고 있기 때문에 부지 및 시설비용을 고려해야 한다. 그러나 아직 연구개발이 완료되지 않은 체계임을 고려할 때 부지 및 시설에 관한 정확한 판단을 근거로 비용을 산출하기가 어려우며 THAAD가 지상 기반 발사시스템임을 고려하여 THAAD의 부지선정 방식을 근거로 L-SAM의 부지 및 시설비용을 산출하여 적용하였다. THAAD 1개 포대에 요구되는 부지의 넓이가 요구된다고 가정하였으며, 비용의 민감도 분석을 위해 50,000원~250,000원까지 변화를 준 것을 고려하여 평균값인 150,000원을 기준 단가로 가정하여 총 4개 포대의 비용을 산출하였다. <표 4>는 L-SAM의 획득비용 분석을 위한 요인들을 나타낸다. 비용분석을 실시한 결과, L-SAM의 총수명주기 비용에 대한 순 현재가치는 ₩2,963,163(백만)으로 나타났다. L-SAM의 비용 분석 또한 정비유지비용과 연구개발에 소요되는 비용에 불확실성이 존재하므로 이에 대한 추가적인 민감도 분석을 수행하였으며 5장에서 제시하는 바와 같다.

<표 4> L-SAM 획득 및 운영유지비용 산출 적용기준

구 분	수량 또는 비율
미사일 발사 포대	4
수명주기(Operating duration)	30 years
정비유지비용(Maintenance rate)	3.0%
사회적 할인율(Social discount rate)	5.5%
한국 물가상승률(Inflation rate)	3.05%
예산	₩2,300,000M (total)

V. 민감도 분석

효과적인 방어체계 수단의 선정을 위한 비용분석은 앞에서 제시하였다. 그러나 비용분석을 위한 요소별로 불확실성이 존재하며 이를 추가적으로 고려할 필요가 있으므로, 객관적 지표를 얻기 어려운 요소와 불확실성이 존재하는 요소에 대해서는 일정 구간을 나누어 변화를 주면서 민감도 분석을 실시하였다.

먼저 THAAD의 입지 선정을 고려할 때 THAAD 입지 예정지의 토지비용에 관한 조정이다. 523,599m²의 부지가 요구되는 만큼 THAAD의 도입 비용 중 상당부분은 토지비용에 할애되고 있다. 그러나 도시별로 토지 가격은 달라지며, 도시 내에서도 도심지역과 그렇지 않은 지역에 따라 또 달라진다. 하지만 앞서 언급되었듯이, 인적이 드문 넓은 범위의 토지를 요구한다는 점에서 도심 지역이 아닌 곳으로 범위를 좁혔고, 1m² 당 50,000원을 기준으로 50,000원씩 변화를 주어 1m² 당 50,000원~250,000원의 범위에 대하여 결과를 비교하였다. 운영유지비용을 도출하는데 요구되는 정비유지비율 또한 3.0%로 고정하는데 따르는 불확실성을 내포하고 있어 이에 대해서도 3.0~7.0%의 범위에서 1%씩 변화를 주며 정비유지비율에 따른 총수명주기 비용의 변화량도 관찰하였다.

SM-3의 경우, 해상 탑재임을 고려하여 별도의 부지는 요구되지 않으나 이 또한 정비유지비용을 2.6%로 고정하기보다는 2.6~6.6% 범위에서 1%씩 변화시켰을 때의 총수명주기 비용의 변화 추이를 확인해 보았다.

L-SAM의 연구개발비에는 앞서 언급되었듯이 2조 3천억 원의 비용과 초기 입주비용만을 고려하였다. 그러나 연구개발은 주어진 시간 내에 주어진 예산으로 정확히 완료되기는 매우 어려운 실정이므로, 이에 대한 추가 비용을 고려하지 않을 수 없으며 앞서 분석한 바와 같이 10%씩 추가비용이 늘어난다고 가정할 경우에 대하여 0~40% 추가비용 증가분에 대하여 결과를 비교하였다. 또한 다른 방어체계와 마찬가지로 정비유지비율에 대해서 3.0~7.0% 구간에서 변화를 주어 관찰하였다.

<표 5> 민감도 분석 결과

(단위: 10억원)

정비유지 비율 (%) []: SM-3	THAAD 1m ² 당 부지비용 변화 (단위: 만원)					L-SAM: 연구개발 비용 변화 (최초 비용으로부터 증가량)					SM-3
	5	10	15	20	25	0%	10%	20%	30%	40%	
3 [2.6]	3,243	3,268	3,292	3,317	3,342	2,940	3,091	3,241	3,392	3,542	2,527
4 [3.6]	3,744	3,769	3,793	3,818	3,843	3,262	3,428	3,594	3,760	3,926	2,736
5 [4.6]	4,245	4,270	4,295	4,319	4,344	3,585	3,766	3,947	4,129	4,310	2,961
6 [5.6]	4,746	4,771	4,796	4,820	4,845	3,907	4,104	4,301	4,497	4,694	3,186
7 [6.6]	5,247	5,272	5,297	5,322	5,346	4,219	4,432	4,645	4,866	5,078	3,411

<표 5>는 각 방어체계별 추가적인 민감도 분석에 대한 결과이다. 전반적으로 THAAD, L-SAM, SM-3 순으로 비용이 높게 나타나며 소요비용만을 고려할 경우 SM-3가 가장 경제적인 대안이라 할 수 있다. THAAD와 SM-3를 비교해 보면 THAAD의 정비유지비용이 3%일 때 SM-3의 정비유지비용이 높아지면(2.6%→6.6%) THAAD보다 SM-3의 비용이 다소 높게 나타남을 알 수 있다. 또한 THAAD와 L-SAM을 비교했을 때, THAAD의 정비유지비용이 3%로 고정될 경우 L-SAM의 연구개발비와 정비유지비용이 증가하면 L-SAM의 비용이 THAAD의 비용을 웃도는 것을 확인할 수 있다. 대체적으로 L-SAM의 경우 THAAD보다는 비용이 적게 소요되지만, 정비유지비용과 추가비용의 고려 여부에 따라 THAAD의 비용을 초과할 수 있다. 민감도 분석을 수행한 요인들의 평균값을 이용해 추가적인 비교가 가능하며, <표 6>은 각각의 정비유지비용에 대한 평균값 비교 및 평균값의 쌍대비교를 통한 비율을 나타낸 결과이다.

<표 6> 평균 및 비율 비교

정비유지 비용 (%) []: SM-3	평 균			비 율		
	T	S	L	T/S	T/L	L/S
3 [2.6]	3,292	2,527	3,266	1.30	1.01	1.29
4 [3.6]	3,793	2,736	3,627	1.39	1.05	1.33
5 [4.6]	4,294	2,961	3,989	1.45	1.08	1.35
6 [5.6]	4,795	3,186	4,350	1.51	1.10	1.37
7 [6.6]	5,296	3,411	4,711	1.55	1.12	1.38

* T: THAAD, S: SM-3, L: L-SAM

평균값에 대해 분석한 결과 THAAD는 정비유지비용의 증가에 따른 총수명주기 비용의 증가폭이 가장 높게 나타났다. 이는 THAAD의 획득비용이 가장 높기 때문에 그에 따라 비례적으로 증가하는 운영유지비용이 반영된 결과이다. 각 대안별 평균값에 대한 쌍대비교 결과 THAAD는 SM-3에 비해 1.3~1.5배에 해당하는 비용이 발생하며, 이는 L-SAM에 비해서는 1.0~1.1배에 해당하였다. 따라서 각 무기체계의 총수명주기 비용 측면에서 비교하였으며, 이 때 THAAD 및 SM-3는 구매에 의한 방식이므로 구매비용(초기도입비용 포함)과 운영유지비용 측면에서 분석한 결과이며, L-SAM의 경우는 연구개발에 의한 방식이므로 연구개발 비용과 운영유지비용 측면에서 분석하였다. 제시된 결과를 바탕으로, 평균적으로 SM-3 < L-SAM < THAAD의 순으로 나타나며 이는 SM-3의 비용을 1이라고 할 때, L-SAM은 1.3~1.4의 수준으로 비용이 발생하며, THAAD는 1.3~1.6의 비용이 발생한다고 할 수 있다. 그러나 이는 단순히 비율 측면에서의 비교 결과이므로, 실제 비용이 커짐에 따라 그 차이는 상당하다고 할 수 있으며 현재 고려되는 3가지 대안의 경우 모두

조 단위의 비용이 발생하므로 그 차이 또한 크다고 할 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 대체적으로 THAAD보다는 L-SAM이 조금 더 경제적이며, L-SAM보다는 SM-3가 경제적인임을 확인할 수 있었다. 또한 THAAD 포대 입지 선정 시 토지비용의 변화는 총수명주기 비용에 민감하게 작용함을 통해 입지 선정의 중요성을 인식할 수 있다. 또한 이는 부지의 면적이 더욱 넓어질 경우 그 영향이 더 크게 작용하게 될 것이다. 한편 L-SAM은 THAAD에 비해 경제적인 것으로 나타났지만 개발 자체에 대한 불확실성이 존재하는 문제점을 내포하고 있다. 그럼에도 불구하고 추가소요 없이 자체개발에 성공한다면 상당히 경제적으로 방어체계를 구축할 수 있을 것이다. 특히 이미 개발이 확정되었고 요격 고도가 SM-3, THAAD와 겹치지 않는 점을 통해서 추가 소요 없이 정해진 시일 내에 개발이 성공적으로 이루어져 실전배치가 된다면 각각의 보완적인 역할도 할 수 있을 것으로 기대된다. SM-3의 경우, THAAD 및 L-SAM에 비해 경제적인 대안임을 확인할 수 있었으나, 정비유지비용의 변화에 따라 증가하는 운영유지비용의 폭이 커 총수명주기 비용에 민감하게 작용하는 것 또한 고려되어야 할 것이다. 그럼에도 SM-3는 다른 대안들과 달리 외교적 마찰이나 추가비용 발생과 같은 불확실성이 상대적으로 낮아 경제성만을 고려할 경우 가장 적절한 대안이 될 수 있다.

VI. 논의 및 한계점

본 연구에서는 탄도미사일 방어체제로 거론되고 있는 3가지의 대안에 대하여 경제적 측면에서의 비교를 위해 비용 분석을 실시하였다. 국외구매 또는 연구개발이라는 체계의 특성에 따라 비용을 산출하기 위한 요인들이 각각 다르게 고려되어야 함을 확인할 수 있었고, 대안들의 경제성 분석을 위해 현재가치를 이용하여 총수명주기 비용을 비교하였다. 분석 결과, THAAD, L-SAM, SM-3 순으로 높은 비용이 도출됨을 확인할 수 있었으며, 불확실성을 내포하는 요인들에 대하여 추가적인 민감도 분석을 통해 총수명주기 비용에 미치는 영향을 확인하였다. 이는 정책 의사결정 과정에서 경제성 분야의 평가를 위한 참고자료로 제공될 수 있을 것이며, 다른 공공분야의 정책 결정 시에도 활용이 가능할 것으로 기대된다.

안보 위협에 대한 효과적인 대처나 주변국과의 관계 등 정책 결정에 있어 경제성 분석 외에도 분명히 여러 가지 고려요소들이 존재하며, 단순히 경제적 측면만을 고려하여 의사결정이 이루어지는 것은 현명하지 않은 판단으로 이어질 수도 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 경제성 분석에 집중하였다는 제한점이 있는 동시에, 한편으로 정책적 논쟁이나 정치적 사안으로부터 벗어나서 경제적인 측면만을 놓고 분석하였다는 의의가 있다.

본 연구에서는 비용 분석만을 수행하였다. 그러나 제시된 3가지의 방어체계는 각각의 능력과 역할이 상이하며 이에 대한 추가 분석이 필요하다고 할 수 있다. 예를 들어, 요격능력 및 제한사항

등을 기반으로 효과 측면에서 추가 분석이 이루어진다면 제한된 국방예산 범위 내에서 특정 방어 체계를 우선적으로 도입해야 한다고 할 때 주요한 참고자료가 될 수 있을 것이다. 그러나 본 연구에서는 효과를 측정할 수 있는 척도(MOE: Measure of Effectiveness) 등의 선정에 많은 어려움이 따라 이를 시도하지 못한 한계를 분명히 지니고 있다. 뿐만 아니라 상이한 능력과 역할을 고려하여 3가지 방어체계를 적절히 혼합적으로 채택하여 운용함으로써 요격고도별 다층방어가 가능하도록 하는 대안을 제시하는 것도 향후 연구의 주요한 방향이 될 것으로 판단된다.

다음으로, 비용 산출을 위해 채택한 부지 비용, 정비유지비용, 연구개발 비용 등에는 많은 불확실성을 내포하고 있다. 이러한 불확실성을 고려하여 본 연구에서는 부지비용, 정비유지비용, 연구개발 비용의 변화를 통한 민감도 분석 결과를 제시하였으나, 이는 분명히 제한점을 내포하고 있다. 현 시점에서 미래의 어느 요소가 얼마나 많은 민감도를 가지고 변화하게 될지 예측하기 어려운 점을 사유로 더욱 풍부한 민감도 분석을 실시하지 못한 한계점에 대해서는 향후 연구에서 반드시 보완되어야 할 부분이다. 또한 이러한 민감도 분석을 바탕으로 최악의 경우에 대한 고려가 이루어져야 할 것이며, 이를 바탕으로 방어체계별 획득비용과 이에 대한 상관관계, 그리고 이들이 연계되어 작전적 효과에 미치는 영향 등 통합적 관점에서 대안들을 분석하고 이에 대해 최적의 대안을 제시하는 연구가 추가적으로 요구된다. 뿐만 아니라, 본 연구에서 제시한 무기체계는 여러 불확실성 및 관점의 차이에 따라 다양한 접근방법과 의견이 도출될 수 있으므로 이에 대한 추가적인 분석이 필요하다. 특히 구매 또는 연구개발이라는 사업추진방법의 특성에 따라 고려되어야 되는 비용의 종류와 추정방법이 다양하게 나타날 수 있으므로 그에 대한 보다 세부적인 분석이 이루어져야 할 것이다. 그리고 무기체계별로 비용 분석 시 적용한 산출 기준 및 가정하는 내용에 따라 결과가 달라질 수 있는 점 또한 고려되어야 할 것이며, 본 연구에서 적용한 국내 물가상승률, 구매 시 도입하고자 하는 국가의 물가상승률 및 환율 등의 적용 기준 또한 결과에 영향을 미치는 요소들이므로 어떠한 기준으로 제시할 것인가에 대해 추가적인 고찰이 필요하다. 마지막으로 본 연구에서 제시한 3가지의 방어체계에 대한 보다 구체적인 자료 및 기술의 한계점(특히 L-SAM의 경우 연구개발 단계에서 구체적인 시스템의 개념 미존재)에서 발생하는 요소들에 대한 타당한 가정사항을 채택하는 것도 또한 중요한 문제이다. 본 연구에서는 비록 민감도 분석을 수행하였지만 이 외 여러 가지 불확실성 및 현재까지 정확한 시스템의 개념이 존재하지 않아 가정하여 접근한 점 등은 보다 정확한 비용 분석에 제한될 수밖에 없었다.

본 연구의 이러한 한계점에도 불구하고, 현재 거론되고 있는 3가지 주요한 탄도미사일 방어체계에 대하여 획득 및 운영유지비용을 산출하는데 고려해야 할 요소들을 제시하고 이를 바탕으로 비용을 비교해 봄으로써 향후 더욱 현실적인 비용 분석을 할 수 있는 틀을 제시하고 더 나아가 추가적인 연구가 진행될 수 있는 출발점을 마련하였다는 점에서는 의의가 있다. 본 연구를 바탕으로 향후 더욱 구체적이고 현실적인 접근이 이루어지기를 기대한다.

참고문헌

- 강성진 (2009). 무기체계 획득단계별 비용추정 방법 연구: 연구개발 사업을 중심으로. 국방연구, 52(2), 69-98.
- 김석권 · 진승리 · 손재원 · 박동조 (2010). 전술객체 위치 모의 및 추적을 위한 필터링 알고리즘 연구. 한국시뮬레이션학회 논문지, 19(4), 199-208.
- 김영호 (2010). 탄도미사일 방어: 현황과 한국의 선택. 국제정치논총, 50(5), 151-164.
- 김태훈 (2016). L-SAM은 잊어라, 사드 배치 다음은 구매. SBS뉴스, 2016년 2월 25일.
- 박경래 · 최성락 (2011). 충북지방경찰청 주폭척결 프로그램의 비용편익분석: 경찰대응비용을 중심으로. 한국경찰연구, 10(4), 3-30.
- 박태용 · 임재성 (2015). 레이더 위치에 따른 탄도미사일의 RCS 특성. 한국통신학회논문지, 40(1), 209-216.
- 박태용 · 임재성 (2016). 탄도미사일 탐지확률 향상을 위한 레이더 배치 방안. 한국정보통신학회논문지, 20(3), 669-676.
- 박휘락 (2016). 이스라엘, 일본, 한국의 탄도미사일 방어(BMD) 비교와 한국에 대한 함의. 국제지역연구, 20(1), 195-223.
- 석근봉 · 전제정 (2011). 북한의 탄도미사일 개발동향 및 위협에 대한 우리의 대응. 국방과 기술, 386, 60-75.
- 손영환 (2016). 사드(THAAD) 체계 소개와 한반도 배치의 함의. 국방과 기술, 451, 18-31.
- 연합뉴스 (2016a). 국방부, 사드, L-SAM과 중첩 운용하면 안보에 도움. 2016년 2월 1일.
- 연합뉴스 (2016b). 신형 이지스함에 '무쇠주먹'단다, 모든 SM 계열 미사일 발사. 2016년 5월 29일.
- 연합뉴스 (2017). 한국형 MD 핵심무기 M-SAM, 5발 시험서 모두 명중. 2017년 6월 17일.
- 오영민 · 권오성 (2010). 민감도 분석을 통한 무기체계 획득 비용분석에 관한 연구: 함대공유도탄 비용분석을 중심으로. 한국국방경영분석학회, 36(2), 107-124.
- 이경행 · 서형필 · 권용수 · 김지원 (2015). 북한 SLBM의 비행특성 해석. 한국시뮬레이션학회 논문지, 24(3), 9-16.
- 이상헌 · 정인철 (2006). 미사일 방어를 위한 KDX 최적배치모형 연구. 한국시뮬레이션학회 논문지, 15(4), 69-77.
- 이재영 · 광기훈 (2008). 복합-휴리스틱 알고리즘을 이용한 지대공 유도무기(SAM) 최적배치 방안: 탄도미사일 방어를 중심으로. 산업공학, 21(3), 262-273.
- 이진호 (2018). 2인 제로섬 게임 기반의 효과적인 SLBM 탐지를 위한 구축함 배치 최적화. 한국시뮬레이션학회 논문지, 27(1), 39-49.
- 이현순 · 김은형 (2000). 지자체 GIS사업을 위한 비용효과분석 연구. 한국공간정보시스템학회 논문

- 지, 2(2), 59-74.
- 정승학 · 서순근 · 이대주 (2017). *알기쉬운 경제성공학*. 텍스트북스.
- 최각규 · 한승구 · 조희진 · 김효태 · 김경태 · 송성찬 · 나영진 (2012). 밀리미터파 탐색기에서 ESPRIT 기법을 이용한 탄도미사일 탄두 식별 신호처리 기법 개발. *한국전자파학회논문지*, 23(2), 266-269.
- 최성린 · 박동기 (2014). 대공방어성능에 대한 비용효과분석을 중심으로 한 함정생존성 확보방안 연구. *한국산학기술학회논문지*, 15(5), 2579-2586.
- Aerospace & Defense Intelligence Report (2014). About the THAAD System. October 22, 2014, available from: www.fi-aeroweb.com/Defense/THAAD.html.
- Klingner, B. (2015). South Korea Needs THAAD Missile Defense. The Heritage Foundation Report, June 12, 2015, available from: www.heritage.org/defense/report/south-koreaneeds-thaad-missile-defense.
- Missile Defense Agency (2011). Aegis BMD Procurement. February 2011, available from: www.fi-aeroweb.com/Defense/CLSS/AEGISBMD-PROC-MDA-FY12.pdf.
- Scott, R. (2017). SM-3 Block IIA missile scores hit in first intercept test. IHS Jane's 360. February 7, 2017.
- Taylor, C., & Ebner, P. (2012). Defense Security Cooperation Agency News Release. December 10, 2012, available from: www.dsca.mil/major-arms-sales/japan-aegis-weapon-systemupgrade.

원 고 접 수 일 2018년 7월 30일

원 고 수 정 일 2018년 8월 29일

게 재 확 정 일 2018년 9월 2일

Abstract

<https://doi.org/10.37944/jams.v1i1.7>

Procurements (Purchase or R&D) for Ballistic Missile Defense Systems: Focusing on THAAD, SM-3, and L-SAM

Park Hyuk-Ki · Lee Jinho

Republic of Korea Fleet Command

Department of National Defense Management, Korea Naval Academy

We perform cost analysis for evaluating alternatives to effectively defend the threat of North Korean ballistic missiles. As alternatives, THAAD, SM-3, and L-SAM are considered, and we analyze the factors affecting to the cost of acquiring alternatives depending on the way to procure them, e.g., by purchasing, or research & development (R&D). Assuming that each alternative can be operated for 30 years, the total cost, which consists of acquiring cost, operation/maintenance cost, and R&D cost, is compared using net present value. Furthermore, we perform sensitivity analysis for maintenance rate, terrain cost and increase rate of R&D cost that involve uncertainty for the future. Cost analysis results show that THAAD incurs the highest cost and SM-3 is the most economic alternative. However, sensitivity analysis shows that priority can be changed depending on uncertainty parameters. Although our results do not directly support decision-making on the best alternative due to its various uncertainties, these can provide a guideline on economic evaluation required for public policy decision-making process, especially under the situation that all the three alternatives cannot be acquired at the same time due to the limitation of defense budget.

Keywords : Ballistic Missile, Cost Analysis, Net Present Value, Sensitivity Analysis

