



보다 효과적인 미사일방어체계 구축을 위한 제언: 이스라엘식 방어체계

2017-26

김종우 선임연구위원

아산정책연구원

2017.9.5

1. 들어가며

지난 5월 10일 문재인 대통령 후보가 대한민국 제 19대 대통령으로 당선되면서 새 정부가 출범하였다. 이 후 북한은 유엔 제재를 보란 듯 계속 위반해가며 미사일 도발을 감행하고 있다. 특히 올 4월 열병식에서 선보인 7종의 미사일 중 대륙간탄도미사일(ICBM), 잠수함발사탄도미사일(SLBM)을 포함한 6종의 미사일을 발사해 성공시켰다. 미국 국방정보국(DIA)¹은 북한이 대륙간탄도미사일에 탑재 가능한 소형 핵탄두 개발에 성공한 것으로 잠정적인 결론을 내렸다.² 김정은의 핵·미사일 개발은 제 6차 핵실험 강행으로 그 위협 수위가 최고조에 달하고 있다.

지난 7월 북한은 두 차례의 대륙간탄도미사일 실험을 감행했으며 미국의 태평양 군사거점인 괌(Guam)을 포위 사격하겠다고 위협하였다. 8월 한·미 연합 군사훈련인 '을지프리덤 가디언' 기간 중 동해상으로 단거리 미사일 3발을 발사했으며 또 다시 일본 상공으로 중장거리탄도미사일(IRBM)을 쏘아 홋카이도 동쪽에 낙하한 것으로 추정된다. 제 6차 핵실험은 북한 핵 무기가 거의 완성단계에 진입했음을 분명히 보여 주었다. 현재 한국은 6.25 전쟁 발발 이후 매우 엄중한

¹ Defense Intelligence Agency

² 조선일보, 2017년 8월 9일자

안보상황을 맞고 있다. 우리의 대비 태세는 어떠한가? 만족할 만한 수준인가? 이번 이슈브리프는 우리와 유사한 상황에 놓였으나 세계 최고 수준의 다층 미사일 방어망을 구축하고 있는 이스라엘 사례를 통하여 한국의 미사일 방어체계를 검토해 보고자 한다.

2. 이스라엘의 사례

이스라엘은 인접한 이슬람 국가와 이들이 지원하는 무장단체로부터 미사일과 로켓 공격을 받아왔다. 특히 2006년 2차 이스라엘-레바논 전쟁 당시, 시아파 이슬람 무장단체인 헤즈볼라는 33일 동안 4,200발의 로켓공격을 북부 이스라엘에 감행하여 53명의 사망자와 수백 명의 부상자가 속출하였다.³ 여기에 충격을 받은 이스라엘은 Iron Dome이라는 하층 미사일 방어 체계를 만들어 2011년 적 로켓을 실전에서 격추시켰다.

<그림 1> 이스라엘 미사일 요격고도



출처: CSIS, Times of Israel, Jerusalem Post

³ Uzi Rubin, 'Israel Missile Defense: A Work in Progress,' Jewish Policy Center, Spring 2016.

여기에 그치지 않고 중거리 탄도미사일 사거리를 늘려나가며 핵무기 개발 의혹을 받아온 이란에 대응하기 위해 요격 고도가 외기권인 Arrow-3 미사일 방어 체계를 올해 초부터 운용 중이다. 이 두 미사일 방어체계 사이의 고도에서는 Arrow-2와 David's Sling이 방어를 맡는다. 심지어 Iron Dome보다도 더 낮은 고도로 날아오는 박격포 공격(mortar attack)에 대응하기 위해 5번째 보호막(5th missile defense layer)이 될 새로운 미사일 방어 시스템 개발을 고려하고 있다.⁴ 여기서 가장 높은 고도(Arrow-3)와 낮은 고도(Iron Dome) 미사일 방어 체계에 관해 간단히 살펴보자.

<그림 2> Arrow-3 미사일 방어시스템



출처: Israel Defense, <http://www.israeldefense.co.il/en/node/28270>

Arrow-3는 워낙 높은 고도에서 적 미사일을 요격하기 때문에 이스라엘 전체를

⁴ Uzi Rubin, 'Israel Missile Defense: A Work in Progress,' Jewish Policy Center, Spring 2016.

방어할 수 있다. 예상되는 동시 다발적 미사일 공격에도 연이어 요격할 수 있는 기회를 제공해준다. 이 방어망이 추가되어 총 4중 구조의 촘촘한 미사일 방어망이 구축되며 그 결과 leakage rate⁵은 현저히 줄어 든다.

오랫동안 구상해온 완전 방어(hermetic defense)에 근접하였다. 올해 Arrow-3 개발팀은 공로를 인정받아 이스라엘 대통령으로부터 Israel Defense Prize를 수상하였다. 초기 단계부터 Arrow-3는 비용 절감을 염두에 두고 개발되었다. 원래 Arrow-2 시스템 운용에 사용중인 장비들을 그대로 Arrow-3에도 사용할 수 있도록 만들었다. 두 단계로 구성된 Arrow-3 요격 미사일 1단에는 큰 로켓모터가 장착되어 요격체(kill-vehicle)를 외기권으로 보낸 후 요격체가 적 미사일을 직격파괴(hit-to-kill)하는 방식이다. 외기권에는 공기저항을 고려할 필요가 없어 간단한 구조를 가지며 Arrow-2에 비해 작고 가볍다.

2018년에 예정된 시험 비행은 이스라엘 국토가 좁아 미국 알래스카 주에서 진행한다고 한다.⁶ Arrow-3는 미국의 보잉사와 협력 하에 개발되었으며 요격 미사일의 절반은 보잉사에서 생산된다. Arrow-3와 Arrow-2는 작전 통제소에서 적 미사일 요격을 위한 선택의 폭을 넓혀 준다.

우리에게도 잘 알려진 Iron Dome은 2011년에 실전 배치된 후 점점 늘어나는 위협에 대비하기 위해 계속해서 업그레이드 되고 있다. 포대(battery)를 중심으로 방어가 이루어져 이동이 쉽고 견고한 미사일 방어시스템이다. 비용이 저렴하며 효율성이 매우 뛰어나 단거리 로켓과 같은 비교적 낮은 위협 수준의 공격으로부터

⁵ 적이 발사한 총 미사일 수 가운데 미사일 방어체계를 통과하는 미사일 개수의 비율을 가리킨다.

⁶ M. Patel (Director, Israel Missile Defense Organization, Ministry of Defense, Israel), Plenary Session, the 12th International Conference, 3AF Integrated Air and Missile Defence, Stockholm, Sweden. 2017.

자국민을 보호한다. 동시다발적 공격⁷에 대응하며 인구밀집지역부터 우선수위를 정하여 선택적으로 방어한다.

<그림 3> 이스라엘 남부 아슈도드시(市)에서 발사되고 있는 Iron Dome 미사일



출처: REUTERS/Baz Ratner

Iron Dome 개발도 처음에는 회의적인 시각이 있었으나 2차 이스라엘-레바논 전쟁은 로켓 공격으로부터 방어 수단이 필요하다는 것을 절실히 깨닫는 계기가 되었다.⁸ 그 후 가자 지구에서 발사된 로켓 공격으로부터 이스라엘의 도시들을 보호해 유명세를 탔다. Iron Dome 요격 미사일 자체는 Rafael사, 레이더는 ELTA사, 전투통제장치는 mPrest사가 각각 책임을 맡아 개발을 진행했다.

이스라엘은 1986년 레이건 전 미국 대통령의 전략방위구상(SDI: Strategic Defense

⁷ 'Salvo' 공격이라고도 일컬음.

⁸ Uzi Rubin, 'Israel Missile Defense: A Work in Progress,' Jewish Policy Center, Spring 2016.

Initiative)⁹ 참여를 시작으로 수십 년 동안 미사일 방어 분야를 이끌어 왔다. 수십 년간 실전 경험을 바탕으로 축적된 노하우는 이제 완전 방어라는 목표를 지향하고 있다. 예를 들면 축구 경기 중 로켓 공격을 알리는 사이렌이 울려도 대피하지 않고 축구 경기를 계속 관람한다는 것이다. 과장된 면도 있겠지만 생활의 연속성이 유지될 수 있도록 방어 수준을 갖춘다는 그들의 노력은 배울 만 하다.

최근에는 큰 피해가 예상되는 지역을 유동적으로 방어할 수 있는 시스템을 개발 중이다.¹⁰ 어떤 지역을 고정된 다각형(fixed polygons) 형태로 세분화해 이 중 실시간으로 방어가 반드시 필요한 경우 'defended asset'¹¹으로 지정해 방어망을 효율적으로 운용한다는 개념이다. 출·퇴근시 교통체증이 심한 구간들이 발생하며 이와 관련된 데이터들은 대부분 이미 수집이 돼 있어 분석 가능하다. 교통체증이 심한 구간의 인구밀도는 국가 중 인구밀도가 가장 높은 모나코보다도 더 높다고 한다. 우리가 차 안에서 쉽게 볼 수 있는 네비게이션을 통해서도 실시간 교통정보를 쉽게 얻을 수 있다. 이러한 교통정보시스템과 미사일 방어시스템을 연동해 교통 체증이 심한 지역은 자동으로 'defended asset'에 포함시키고 체증이 완화되면 제외시킨다. 이외에 큰 스포츠 행사나 국가원수 방문 시에도 유동적인 방어가 가능하다.

3. 이스라엘의 미사일 방어체계 발전 방향

현재 한국이 직면해 있는 안보 상황은 매우 심각하다. 북한의 중화기들은 군사분계선(DMZ)으로부터 불과 40km 지점에 위치해 있는 서울을 목표로 전방에 배치돼 있다. 다량의 미사일도 남한을 겨누고 있으며 핵·생화학 탄두를 장착한

⁹ 우리에게 소위 '스타워즈'로도 널리 알려져 있다.

¹⁰ O. Becker, "Defense Coverage - Recalculating," WALES, Ltd., Israel. The 12th International Conference, 3AF Integrated Air and Missile Defence, Stockholm, Sweden. 2017.

¹¹ 사람을 포함해 보호 받아야 할 자산을 의미한다.

미사일도 배제할 수 없는 상황에 다가서고 있다. 한국 지형과 상황에 걸맞은 군사적 대비태세가 필요하다.

물론 한국과 이스라엘이 당면해 있는 안보 상황은 매우 다르지만 미사일과 로켓의 위협으로부터 국민과 자산을 보호해야 할 공통의 과제가 있다. 이에 이스라엘이 수십 년간 실전 경험을 바탕으로 축적한 미사일 방어 관련 노하우가 한국에 시사하는 점과 우리가 고려해야 할 사항을 파악 할 필요가 있다. 여기서는 이스라엘의 미사일 방어체계 발전 방향을 살펴 보았다.

이스라엘 방공 사령관인 Haimovitz에 따르면 공격이 예상되는 방향 위주의 미사일 방어체계만을 갖추는 실수를 범하지 말아야 한다고 강조한다.¹² 적은 늘 우리가 예상치 못한 곳에서 기습 공격을 해오기 때문이다.¹³

이스라엘의 경우 예전에는 미사일 방어가 포대를 중심으로 한 특정 지역 방어에 머물렀으나 지금은 모든 미사일 방어체계들이 결합해 국가 전체를 방어하는 형태로 진화하고 있다.¹⁴ 궁극적으로 적 항공기와 미사일 모두를 효율적으로 대응할 수 있는 고도화된 통합 방어시스템을 갖추는 방향으로 발전하고 있다.¹⁵

이스라엘의 미사일 방어체계는 비용과 기술적 측면을 모두 감안해 운용되고 있다. 고도에 따라 적 로켓이나 미사일 종류에 가장 적합한 요격 미사일을 결정해

¹² Z. Haimovitz (Commander, Air Defense Command, Israel Air Force), Plenary Session, the 12th International Conference, 3AF Integrated Air and Missile Defence, Stockholm, Sweden. 2017.

¹³ 한국의 경우 삼면이 모두 바다로 둘러 쌓여 있기 때문에 SLBM(Submarine Launched Ballistic Missile)을 사용한 기습공격에 항상 노출돼 있다.

¹⁴ 여기서 국가 전체를 방어한다는 뜻은 모든 적 미사일을 요격한다는 의미가 아니라 위협이 된다고 판단되는 미사일에 한해서만 요격한다는 의미다. 사막에 떨어지는 미사일은 격추시킬 필요가 없다.

¹⁵ 'Integrated Air and Missile Defence'로도 일컬음.

사용하고 지역적으로는 큰 피해가 우려되는 곳을 선택적으로 방어한다.¹⁶ 또한 요격 관련 교전규칙이나 배치에 변화가 생기면 신속하게 방어체계 업데이트가 가능하다. 이러한 유동성을 갖추고 있기 때문에 이스라엘은 사용할 수 있는 모든 미사일 방어시스템을 총동원하여 효율을 극대화 시켜 주어진 임무를 완수한다.¹⁷

이상적인 미사일 방어체계는 어떠한 상황에 부딪혀도 위협이 되는 목표물을 신속히 식별해내어 제때에 요격을 시키는 것이다. 하지만 상공에 무수히 많은 물체들이 떠 있을 경우 어떤 상황인지를 정확히 인지하는 것이 매우 중요한데 이를 가능케 하는 고도화된 통합 방어 시스템을 구축한다는 것은 결코 쉬운 일이 아니다.¹⁸ 미사일 방어 시스템 자체는 다른 곳으로 설치와 이동이 용이해야 한다.

적 미사일 격추를 위해서는 미사일 발사 단계별로 얻을 수 있는 정보를 최대한 활용해 미사일 종류, 특성, 발사지점, 목표지점을 정확히 예측하는 것이 중요하다. 미사일 발사 첫 단계인 부스트 단계에서는 추진체에서 뿜어져 나오는 연기와¹⁹ 발사체의 온도 변화를 토대로 유용한 정보를 얻을 수 있다.²⁰ 중간 단계에서는 적 미사일이 요격에 대비해 가짜 탄두 (dummy warhead)와 같은 대응조치를 사용할 가능성이 있다. 센서를 통해 실제로 요격해야 할 대상을 찾아내는 것이 중요하다. 요격에 성공했을 경우 폭발의 크기와 온도는 탄두의 종류와 크기를 파악하는데

¹⁶ 로켓 공격에 수 백만 불짜리 요격 미사일로 대응하는 것은 비경제적이다.

¹⁷ 방어체계의 자동화에도 불구하고 마지막 결정권은 모든 권한을 위임 받은 지역 지휘관이 행사한다.

¹⁸ 미래 미사일 방어체계와 관련 'network-centric', 'system of systems'과 같은 수식어가 붙는다.

¹⁹ Spectro-radiometry 를 이용한 성분 분석으로 미사일 연료를 파악할 수 있다. 예를 들면 고체연료에서는 고온의 거무스레한 연기 기둥이 나타나며 연기 속에는 HCl (Hydrogen Chloride) 성분이 많이 포함돼 있다. 반면 액체연료는 부스트 초기에 그을림(soot)이 많이 생성되며 HCl 성분이 거의 없다. 온도도 저온이며 연기 기둥도 없다.

²⁰ E. Levy, "How to identify the 'unknowns' in missiles flights," Linkcom Telecom, Ltd., Israel. The 12th International Conference, 3AF Integrated Air and Missile Defence, Stockholm, Sweden. 2017.

도움이 된다.

적 미사일이 격추되면 많은 미사일 잔해들이 발생하여 지상에 있는 인명을 살상할 수 있어 위협이 된다. 이러한 2차적인 피해를 줄이기 위해 잔해들의 궤도 예측이 가능한 시뮬레이터 개발 연구도 진행되고 있다.²¹ 추가적으로 미사일 방어에 필요한 모든 단계에서 잔해물 발생이 초래할 수 있는 여러 상황들도 연구 대상에 포함된다. 예를 들어 동시 다발적 공격 발생 시 후속 미사일들을 잔해들로부터 레이더가 신속히 식별해 제때 요격하지 못하면 방어망에 구멍이 생긴다. 요격 미사일이 목표물까지 유도되는 동안에도 떨어지는 잔해들은 장애가 될 수 있다. 잔해물 생성과정에서 요격 미사일이 직격파괴(hit-to-kill) 방식이었는지 아니면 폭발파편(fragmentation) 방식이었는지에 따라 충돌 후 그 형태가 달라지며 시뮬레이터를 통해 잔해물 숫자, 상대속도, 탄도계수 값들을 대략 얻어 낼 수 있다.²² 각각의 잔해들은 다양한 물리적 파라미터(parameter) 값을 가지며 여기에 부합한 궤도에 따라 움직인다.²³ 이러한 '잔해물' 관련 연구는 그 중요성이 다층 방어망 운용 시 더욱 더 강조된다.

마지막으로 적 미사일이 발사되면 '부스트-중간-종말' 단계를 거치며 궤도를 따라 비행하는데 이 중 어느 구간에서 요격을 시도해야 하는지에 대한 연구도 진행

²¹ O. Becker, "The Wide Variety of Interception Cases Treated by DBR-Sim," WALES, Ltd., Israel. The 12th International Conference, 3AF Integrated Air and Missile Defence, Stockholm, Sweden. 2017.

²² Order of magnitude 의 정확도를 갖는 것을 의미한다. 'DBR-Sim' 시뮬레이터는 NASA 에서 수집한 데이터를 기반으로 개발되었으며 미국 Missile Defense Agency 의 KIDD(Kinetic Impact Debris Distribution) 모델과도 유사한 것으로 알려져 있다.

²³ Mass, Characteristic Length, Ejection Velocity(충돌 후), Ballistic Coefficient, RCS 등이다.

중이다.²⁴ 적 미사일 요격 시 최대한 목표지점으로 멀리서 격추시킨다는 것이 통상적인 관념이다. Arrow-3와 같이 사거리가 길며 높은 고도에서 요격이 가능한 시스템은 넓은 지역을 방어할 수 있으며 여러 번의 요격 기회를 제공하고 하층 방어망이 갖는 부담을 완화시킨다. 하지만 연구에 따르면 날아오는 미사일 궤적을 충분히 관찰할 수 있다면 더욱 정확한 요격이 가능하다고 한다. 즉, 최대한 멀리서 격추를 시도하는 것이 항상 최선이 아닐 수 있으며 상황에 따라 하층에서 요격 시 의사결정과 대응에 필요한 추가적 시간이 확보되어 잘못된 목표설정을 최소화하며 부적합한 요격 미사일 선택 방지, 적 미사일 궤도의 불확실성 등을 감소 시킨다.²⁵

4. 한국 미사일방어체계의 현 주소

우리군이 현재 보유하고 있는 미사일 방어체계는 독일에서 2010년 도입된 중고 PAC-2 (Erint) 지대공 미사일 시스템을 개량시킨 PAC-2 (GEM/T) 8개 포대가 주축이 된 하층 방어망이다. 2015년에 정부는 레이더 업그레이드와 PAC-3 Erint 미사일 추가도입을 승인하였다.²⁶ 패트리엇 지대공 미사일 시스템은 보통 고도 20km 지점에서 적 미사일을 요격 시킨다. 추진중인 한국형 미사일방어체계(KAMD: Korea Air and Missile Defense)에는 국산 중거리 미사일 M-SAM²⁷(철매 2)과 장거리 미사일 L-SAM²⁸도 배치될 예정이다. 군 당국에 따르면 M-SAM은 개발이 완료되어 2018년부터 본격 양산에 들어갈 예정이며 L-SAM은 2020년대 초반 개발

²⁴ D. Cohen, "Why longer and stronger area defense isn't always the answer," WALES, Ltd., Israel. The 12th International Conference, 3AF Integrated Air and Missile Defence, Stockholm, Sweden. 2017.

²⁵ 한국과 같이 국토가 비좁은 경우 하층에서 요격을 할 시간적 여유가 있는지는 확인할 수 없다.

²⁶ 위키백과, MIM-104 패트리엇, https://ko.wikipedia.org/wiki/MIM-104_%ED%8C%A8%ED%8A%B8%EB%A6%AC%EC%96%B4%ED%8A%B8#cite_note-1

²⁷ Medium Range Surface to Air Missile

²⁸ Long Range Surface to Air Missile

완료로 목표로 하고 있다. M-SAM과 L-SAM의 요격 고도는 각각 20~30km와 40~60km이어서 종말단계 하층과 중층 방어 임무를 맡게 된다. 이 시스템들은 제한된 지역만 방어할 수 있다는 한계점이 있다. 이러한 지역방어의 한계를 벗어나기 위해서는 주한미군이 운용할 고고도 미사일 방어체계인 사드 (THAAD: Terminal High Altitude Area Defense) 시스템에 전적으로 의지할 수 밖에 없는 것이 우리의 실정이다.

5. 결론

이번 이슈브리프는 2017년 개최된 Integrated Air and Missile Defence 학회에서 발표된 연구들 중 미사일 방어에 선구자 역할을 해온 이스라엘에서 진행되고 있는 몇 가지 연구사례에 대하여 알아 보았다. 이에 비해 우리의 대비 태세는 어떠한가? 만족할 만한 수준인가? 한국은 이스라엘보다 훨씬 심각한 안보상황에 놓여져 있음에도 불구하고 필요한 방어태세를 갖추는데 무사안일 한 태도를 취하고 있다. 사드 포대가 배치되어 있는 성주 상공을 자유자재로 촬영하고 북한으로 돌아간 드론이 없다고 단정지을 수 없을 것이다.²⁹ 유사시 한반도 남쪽 지역을 방어 할 사드 포대는 '임시' 배치되어 있는 상태이며 운용에 필수적인 연료조차 공급이 순탄치 않다. 그렇다면 앞으로 한국의 미사일 방어체계가 보안해 나가야 할 부분은 무엇인가?

우선 정보, 정찰, 감시 (ISR: Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)는 시급히 강화되어야 할 분야이다. 북한 이동식 미사일 발사대를 신속히 제거하기 위해서는 북한 전역을 실시간 탐지할 수 있는 '눈'과 '귀'가 필요하다. 이를 위해 군사정찰위성과 정찰용 무인항공기를 동원한 감시정찰 능력을 대폭 보강해야 한다.

²⁹ 정부는 사드가 배치되어 있다는 사실만 알리고 적에 도움이 될 위치와 포대 수 같은 정보들은 굳이 언급할 필요가 없었다고 생각한다.

이와 동시에 2014년 한·미·일이 체결한 '3국간 정보공유약정(TISA: Trilateral Information Sharing Agreement)'을 계기로 ISR 관련된 협력도 한 차원 높은 수준으로 끌어 올려야 한다.

또한 우리군은 상층, 중층, 하층 모든 고도에서 요격할 수 있는 다층 미사일 방어체계가 필요하다. 현재 계획된 하층위주 미사일 방어체계는 방어 면적과 고도가 매우 제한적이다. 만약 핵탄두를 장착한 미사일 공격을 받는다면 상층에서 요격해 가능한 멀리서 이 위협을 제거해야 하며 실패 시 중층에서 다시 요격해 시도할 수 있어야 한다. 하층에 도달할 때까지 기다리는 것은 너무 위험하다. 다층 미사일 방어체계는 북한 방사포로부터도 도시 및 전략 요충지를 방어할 수 있어야 할 뿐만 아니라 대한민국 전체를 방어할 수 있어야 한다. 추가로 방어 시스템 중 적의 공격을 받아 일부가 제대로 기능하지 못해도 방어에 큰 지장을 초래해서는 안 된다. 다시 말해 나머지 방어 시스템을 통해 만족할 만한 수준의 방어는 지속되어야 한다. 탄력적인 운용을 통해 상황에 따라 미사일 시스템을 다른 곳으로 쉽게 이동해 설치 할 수 있다면 하나의 해결책이 될 수 있다.

국가 방어에 관련된 정책은 확고하고 명확하게 밝혀야 하며 애매모호함은 있을 수 없다. 이스라엘의 사례에 비추어볼 때 한국의 미사일 방어체계는 고도화된 통합 방어시스템과는 거리가 있어 보인다. 지금이라도 미사일 방어시스템을 적극적으로 개선해 나가야 한다. 이는 우리의 생존과 직결된 문제이다.