

북한의 핵, 미사일 능력과 대응방안

이춘근 (과학기술정책연구원 명예연구위원)

북한은 6차례의 핵실험을 통해 기본형 원자탄과 수소탄을 개발하였고, 근래에는 이를 다양한 투발수단에 탑재하면서 능력을 고도화하고 있음. 장기간 지속된 국제 제재도 이러한 북한의 추세를 되돌리기는 어려울 것으로 보임.

북한은 2017년에 핵 무력 완성을 선언하고 헌법에 핵 보유를 명시하였으며, 최근에는 법령을 통해 공세적인 핵무기 사용원칙을 천명하였음. 북한 핵능력이 우리에게 주는 위협은 폭발위력 증가, 수량 확대, 투발수단 다양화, 핵전술 고도화 등임.

이에 대한 대응 방안으로는 북한의 핵기술 개발경로 파악과 경로 차단 및 고도화 방지, 경로 파괴, 탄도미사일 방어망 확충, 민방위체제 개선과 훈련 강화 등이 있음.

- I. 서론
- II. 사회주의 핵기술 개발 경로와 북한의 선택
- III. 북한의 핵, 미사일 능력
- IV. 북한의 핵, 미사일 위협과 대응 방안

북한의 핵과 미사일 능력이 우리의 예상과 대응을 뛰어넘는 수준으로 발전하고 있음.

장기간 지속된 국제 제재도 이러한 북한의 추세를 되돌리기는 어려울 것으로 보임. 이는 북한이 오래 전부터 추진해 온 사회주의계획 경제와 자력갱생 정책을 통해 상당한 자생력과 체제 유지 능력을 축적해 왔기 때문임.

I. 서론

- ◆ 북한의 핵과 미사일 능력이 우리의 예상과 대응을 뛰어넘는 수준으로 발전하고 있음. 중단 없이 지속되는 북한의 핵, 미사일 실험들은 최고 권력자로 등극한 김정은 위원장이 이를 총괄하면서 자신의 주요 업적으로 삼고 있다는 것을 보여 줌.
 - 장기간 지속된 국제 제재도 이러한 북한의 추세를 되돌리기는 어려울 것으로 보임. 이는 북한이 오래전부터 추진해 온 사회주의 계획경제와 자력갱생 정책을 통해, 상당한 자생력과 체제 유지 능력을 축적해 왔기 때문임.
- ◆ 북한은 국제 제재에도 불구하고 핵능력을 발전시켜 2017년에 핵 무력 완성을 선언하고 헌법에 핵 보유를 명시하였으며, 최근에는 법령을 통해 공세적인 핵무기 사용 원칙을 천명하였음.
 - 북한의 핵을 둘러싸고 한반도의 안보 정세가 크게 악화되면서 한미일 한보 협력과 체계적 대응이 강조되고 있음. 따라서 현시점에서 북한의 핵, 미사일 개발 경과와 능력, 우리에게 주는 위협과 대응 방안을 정리할 필요가 있음.
 - 즉, 국방 분야의 인공지능 도입은 기술혁신과 국제규범적 쟁점을 함께 살펴봐야 하는 사안으로서 안보와 책임성의 조화를 위한 접근이 필요함을 시사

II. 사회주의 핵기술 개발 경로와 북한의 선택

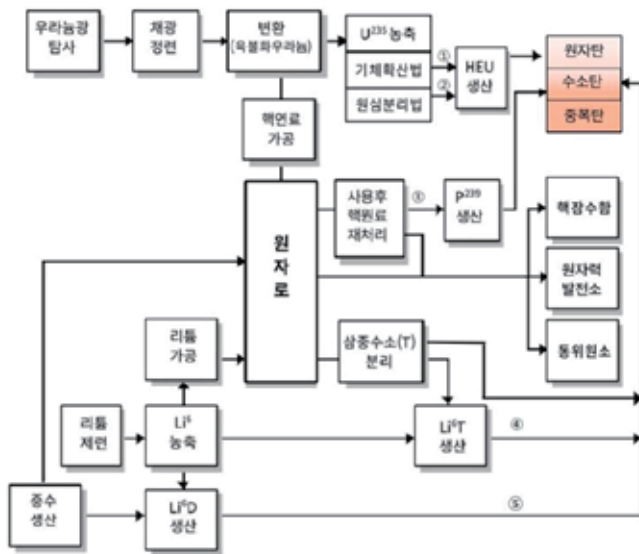
1. 사회주의 핵기술 개발경로와 특성

- ◆ 핵무기와 같이 고도로 정보가 통제되는 무기체계에는 뚜렷한 경로의존성(path dependency)이 존재함. 이는 한 번 일정한 기술 개발 경로를 개척하면 나중에 그 경로가 비효율적이라는 사실을 알아도 여전히 그것을 벗어나지 못하는 경향을 뜻함.
 - 냉전 시기 미국과 소련은 자국의 정보를 철저히 통제하면서 상대보다 우위를 점하기 위한 경쟁을 벌였고, 이 과정에서 양국이 서로 다른 독특한 핵기술 개발 경로를 가지게 되었음.
 - 소련의 핵기술 경로는 중국을 포함한 사회주의 국가들에 상당 부분 전수되었음. 북한도 소련이 주도하는 연합핵연구소(JINR, 드부나연구소)에 참여했고 교육과 연구 개발체제도 소련을 답습했으므로, 소련의 핵기술 경로를 따라갔을 것으로 생각됨.
- ◆ [그림 1]은 원자력산업과 핵무기 개발경로를 간략히 정리한 것인데, 이 안에서 5개의 주요 핵무기 생산 경로를 찾아낼 수 있음¹⁾.

1) 國防科學技術工業委員會(1999), “核能”, 北京: 宇航出版社, pp.26-27을 수정.

- 즉, ① 천연우라늄을 기체확산법으로 농축해 얻는 고농축 우라늄(HEU) 원자탄, ② 천연우라늄을 원심분리법으로 농축해 얻는 HEU 원자탄, ③ 우라늄을 원자로에서 태워 얻는 플루토늄(Pu) 원자탄, ④ 리튬을 원자로에서 분열시켜 삼중수소(T)를 얻고 이것과 리튬6(Li⁶)를 결합시켜 활용하는 증폭탄이나 수소탄, ⑤ 천연 리튬을 농축해 Li⁶를 얻고, 이것을 중수소(D)와 반응시켜 고체 상태의 중수소화리튬-6(Li⁶D)를 만들어 사용하는 증폭형이나 수소탄임.

<그림 1> 원자력산업과 핵무기 개발경로



- ◆ 기술이 우수하고 자원이 풍부한 미국은 경로 ①과 ③을 기반으로 하는 원자탄과, 경로 ④를 기반으로 하는 증폭탄, 수소탄에 집중하였음.
 - 근래에는 에너지 소모가 극심한 경로 ①을 경제적인 경로 ②로 전환하고 있음. 경로 ④보다 경제적인 경로 ⑤는 상대적으로 소홀히 하였음.
- ◆ 소련은 경로 ②를 제외한 나머지를 모두 시험하다가, 원심분리기 기술진보와 경제성, 야전에서서의 운용 편의성 등을 고려해 신속하게 경로를 수정하였음.
 - 즉 원자탄은 염가의 원심분리법에 의존하는 경로 ②에 치중하고, 증폭탄과 수소탄은 Li⁶D를 기반으로 하는 염가형의 경로 ⑤와 T를 같이 사용하는 고가형의 경로 ④를 병행하였음.
- ◆ 원자탄에서는 원심분리법의 도입 시기에 커다란 차이가 있음. 미국이 오랫동안 경로 ①의 기체확산법에 의존한 반면, 소련은 빠른 시기에 경제성이

뛰어난 원심분리법 개발에 성공하고 경로 ②를 핵심 경로로 채택하였음.

- 소련은 Fuchs²⁾의 간접행위로 미국의 내폭형 기폭장치 설계를 입수하고 Pu로 최초 핵실험을 수행했으나, 2번째 실험에서는 같은 내폭형에 열가 생산이 가능한 HEU를 사용하였음

- ◆ 증폭탄과 수소탄에서도, 미국은 풍부한 자원과 기술력을 바탕으로 폭발 효율이 좋은 T를 생산하고 이를 적용해 위력이 큰 수소탄을 개발하였음. 즉, 경로 ④에 집중하고 경로 ⑤는 상대적으로 소홀히 하였음.

- 반면 소련은 기체 상태 T 대신 경제성과 야전운용 편의성이 우수한 고체 상태의 Li⁶D에 주목하였음. 즉, 경로 ⑥에 집중하면서 이를 대량 생산하고, 소량의 경로 ④를 병행하였음
- 중국 역시 원자탄은 경로 ①에서 ②로 전환하고, 증폭탄과 수소탄은 소련과 유사하게 경로 ④와 ⑥를 병행했다고 보임.

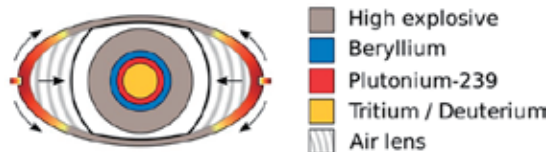
- ◆ 1950년대 이후 미사일과 야포, 어뢰 등의 다양한 투발수단에 핵을 탑재 하면서, 핵탄두 소형화가 가속화하였음. 소형 전술핵 관련 기술은 위력 조절이 가능한 핵탄두와 수소탄 소형화, 중성자탄 등의 특수 목적 핵탄두 등에 적용되고 있음.

- 핵탄두 소형화를 위해 1) Linear Implosion, Two point implosion 등의 기폭장치 개선과, 2) 고성능 폭약 사용, 3) Pu/HEU 복합 피트 채택, 4) 핵융합 물질(D, T, Li⁶D 등) 첨가 등이 활용되었음.

- ◆ 미국이 첨단 기계전자 장비를 활용하는 기폭장치와 수많은 원자료를 활용하는 T 생산 등에서 소련을 앞서, 장기간 핵탄두 소형화를 선도하였음.

- 1987년의 미·러 단·중거리 미사일 폐기 협정으로 미국의 퍼싱-2와 육상 토마호크, 러시아의 SS-23과 SSC-X-4 등이 퇴역하면서 미국의 전술핵 우위가 희석되었고, 최근 러·중이 단중거리 미사일을 확장하면서 미국이 대응하고 있음.

[그림 2] Two point implosion³⁾



2) Klaus Fuchs(1911~1988)는 독일 태생으로 영국 국적을 취득한 후 미국의 맨하탄계획에 참여하였고, 귀국 후 핵무기 관련 정보를 구 소련에 제공하였음.

3) 자료 : 春雷(2000), “核武器概論”, 原子能出版社, pp.107 ~ 116

2. 북한의 핵기술 개발경로

- ◆ 북한은 오랫동안 5Mwe 원자로를 이용해 Pu를 생산하는 경로 ③에 의존해 왔고, 근래 들어 원심분리기 기술 수준이 높아지면서 경제성과 대량생산에 유리한 경로 ②로 전환하고 있음.
 - 21세기 초입에 HEU의 대량생산에 성공하면서, 이를 적용한 원자탄과 증폭탄, 수소탄 개발을 병행한 것임. 제3차 핵실험 이후 실험 주기가 짧아진 것도 HEU 생산량 증가와 관련이 있다고 보임.
- ◆ 원자탄의 기폭장치는 Pu에 적용한 내폭형을 HEU에도 적용한 것으로 보임. 북한이 핵실험 발표문에서 “핵물질 이용 결수”, 즉 핵물질 이용률이 높다고 한 것이 이를 시사해 줌.
 - 이는 소련의 2번째 핵실험과 중국의 최초 핵실험에서 사용한 방법과 동일함. 염가의 HEU와 고효율의 내폭형 기폭장치를 결합해, 핵물질 이용률을 높이면서 핵탄두 대량 생산의 길을 연 것임.
- ◆ 증폭탄과 수소탄에서는 경로 ⑤에 의존하면서 점진적으로 T에 의한 경로 ④를 개발할 것이라 생각됨. 다만, T 대량생산에 성공하더라도, 상당 기간 경로 ⑤에 주력하면서 경로 ④를 보조로 사용할 것으로 보임
 - T를 사용하면 폭발 효율이 크게 높고 탄두 소형화에도 유리하지만, 생산이 어렵고 고가이며 기체 상태라 운전 운용도 불편함. 2000년대 초반의 북한 국가과학기술 계획에서 Li⁶와 D 연구가 보이지만 T는 보이지 않는 것도 이 때문이라 생각됨.
- ◆ 북한의 이러한 핵무기 개발 경로는 소련과 상당히 유사함. 이는 북한이 일찍부터 소련에 인력을 파견해 기술 경로를 학습하고, 필요한 설비들을 도입해 왔기 때문이라고 할 수 있음.
 - 북한 주요 대학 원자력 관련 학과들의 학제와 교과과정도 사회주의 소련의 교육체제와 상당히 유사함. 사회주의 교육철학에 따라 교육과 연구, 생산의 연결을 강조하고 대학 졸업 후 바로 직장에 배치되므로, 교육 및 연구 성과의 생산 전이도 빠름.

III. 북한의 핵, 미사일 능력

- ◆ 핵능력은 크게 연관 산업 지원 능력과 기술적 능력, 전술적 능력으로 대별할 수 있음. 연관 산업은 자주적인 핵연료주기 완성과 고도화 수준을 말함.
 - 기술적 능력은 핵무기의 크기와 폭발 위력, 핵물질 이용률, 신뢰성과 안전성, 수명, 정비 용이성 등임.
 - 전술적 능력은 주로 투발수단의 성능을 말함. 즉, 미사일 탑재 여부와 투발수단의

사거리, 정확도, 발사 준비 시간, 생존성과 기동성, 방어 돌파 능력 등임.

**북한은 자체 원료로 순환하는
원자력주기를 완성하고
기술적 기반을 구축한 후,
점차 전술적 성능 고도화로
이전하고 있음.**

- ◆ 북한은 자체 원료로 순환하는 원자력주기를 완성하고 기술적 기반을 구축한 후, 점차 전술적 성능 고도화로 이전하고 있음.

1. 핵연료주기와 핵물질 생산 능력

- ◆ 북한은 국내산 원료로 자체 순환하는 핵연료 주기를 완성하였음. 우리나라 원광 자원이 2천만 톤을 넘고, 정련시설로 연 290만 톤 정도의 옐로우 케익(yellow cake, U_3O_8)을 생산할 수 있다고 함.
 - 생산된 옐로우 케익은 영변의 핵연료생산공장에서 핵연료로 가공되어 5MWe 원자로에 장입되고 있음.
- ◆ 원자로는 1965년에 가동하기 시작한 IRT-2000 원자로와 1986년에 가동을 시작한 5MWe 흑연감속로가 있음. 5MWe 원자로는 핵연료봉을 8,000개 장입하고, 1년 정도의 가동으로 무기급 Pu 6~7kg(핵무기 1개 분량)을 생산할 수 있음.
 - 원자로에서 연소한 사용 후 핵연료는 방사화학실험실에서 재처리함. 이 공장은 5MWe 원자로의 핵연료 1회분을 약 100일 안에 재처리할 수 있다고 함. 도중에 중단되었던 확장 공정이 완성되면 재처리 능력이 2배 이상으로 증가하게 됨.
- ◆ 5MWe 원자로에서 생산되는 북한의 Pu 잔존량은 전문가들 사이에 큰 차이 없이 30~50kg 정도로 추산되고 있음.
 - 다만, 원심분리기를 통해 생산되는 HEU는, 1) HEU 생산 개시 시기, 2) 현 P2 기준인 원심분리기의 성능과 총량, 3) 탄소섬유 등의 개량형 원심분리기 개발 여부 등에 따라 크게 달라질 수 있음.
- ◆ 1) 북한의 HEU 생산 개시 시기를 2010년 이전으로 하고, 2) P2 기준의 원심분리기 수를 영변 4,000대, 강선 등의 기타 합계 10,000대 이상으로 추산하며, 3) 탄소섬유를 기반으로 하는 고성능 원심분리기 개발 가능성을 고려할 수 있음.
 - 이를 기준으로 하면, HEU 누적생산량은 1) 영변 단독으로 약 760kg, 2) 강선 등의 기타 포함 1,400~2,400kg, 3) 개량형 원심분리기 개발 성공과 채택시 3,000kg 이상으로 추계할 수 있음
- ◆ 핵탄두 수량은 1) 통상적으로 적용되는 기준량(HEU 20~25kg, Pu 5~7kg) 과 2) Pu와 HEU의 복합 피트를 사용했을 경우, 3) 기술 진보를 통한 소형화로 탄두당 핵물질 사용량을 줄였을 경우를 모두 고려할 필요가 있음.

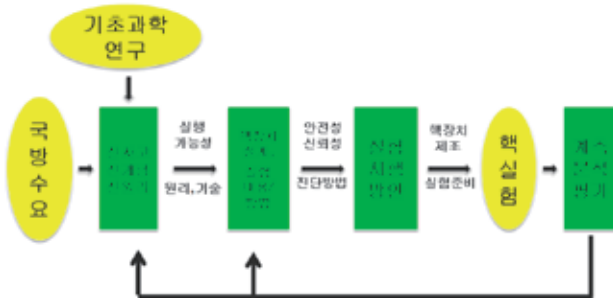
- 통상 기준으로 하면, 1) 영변 단독으로 약 30개, 2) 강선 등의 기타 포함 70~100개, 3) 개량형 고려시 약 200개까지로 볼 수 있으나, 투발수단에 결합해 배치된 것은 많은 전문가들이 30~100개로 추산함.

2. 핵실험과 기술적 능력

가) 핵실험 목적 : 단계적 발전

- ◆ 핵실험은 국방 수요와 핵기술 진보를 토대로 추진함. 국방 수요에 맞추어 개념을 정립하고 필요한 핵실험 장치와 실험 방법을 설계하며, 핵실험 후에는 계측과 분석을 통해 실험결과를 얻고 이를 피드백 함.
 - 따라서 북한의 6차례 핵실험에서 이들이 무엇을 목표로, 어떤 방법을 동원했는지를 추정할 수 있음.
- ◆ 북한이 위력 증가만을 계속 추구하지 않았을 것이 분명함. 북한의 발표는 제1차가 폭발 실험, 제2차가 폭발위력 개선, 제3차가 소형화와 경량화, 제4차가 수소탄, 제5차가 표준화된 핵탄두의 위력판정, 제6차가 대륙간 탄도미사일(ICBM)용 수소탄이었음.

[그림 3] 핵실험 목적과 절차



- 이를 역면 그대로 받아들인다면, 제3차까지에서 각종 요소기술을 개발했으니, 제5차에서는 기본형 핵탄의 실전배치를 염두에 둔 표준화를 추진하고, 제4차와 6차에서는 위력을 대폭 확장한 증폭형과 수소탄을 개발한 것이 됨.
- ◆ 실험은 국방 수요와 핵기술 진보를 토대로 추진함. 국방 수요에 맞추어 개념을 정립하고 필요한 핵실험 장치와 실험 방법을 설계하며, 핵실험 후에는 계측과 분석을 통해 실험 결과를 얻고 이를 피드백 함.
 - 따라서 북한의 6차례 핵실험에서 이들이 무엇을 목표로, 어떤 방법을 동원했는지를 추정할 수 있음.

- ◆ 북한이 위력 증가만을 계속 추구하지 않았을 것이 분명함. 북한의 발표는 제1차가 폭발 실험, 제2차가 폭발위력 개선, 제3차가 소형화와 경량화, 제4차가 수소탄, 제5차가 표준화된 핵탄두의 위력판정, 제6차가 대륙간 탄도미사일(ICBM)용 수소탄이었음.
- ◆ “탄도미사일에 장착할 수 있게 탄두를 표준화, 규격화했다”는 것은 핵탄두 기폭장치를 표준화했다는 의미로 보임. 이는 북한이 2016년에 공개한 내폭형 기폭장치와 이를 탄두 안에 장착한 화면을 통해 판단할 수 있음.
 - 즉, 이전에 Pu용으로 개발한 내폭형 기폭장치에 대량생산한 HEU를 장입해, 표준형 기폭장치를 새로 개발했다는 것임.
- ◆ 제6차 핵실험에서는 ICBM용 수소탄이라고 발표하였고, 당일 오전에는 2단(2 stage) 형태의 기폭장치와 탄두 모형을 공개하였음. 이 형태는, 원통형 핵융합장치를 가진 미국의 Teller-Ulam형과 달리, 원형 핵탄과 핵융합장치를 연결한 소련의 초기 기폭장치와 유사함.
 - 따라서 북한이 소련의 수소탄 개발경로를 학습하고 이를 적용한 기폭장치를 개발해 왔다고 추정할 수 있음.

나) 폭발 위력과 수소탄

- ◆ 폭발위력은 다양한 각도로 분석할 수 있음. 우리 정부에서는 제5차 핵실험 지진파 규모가 5.0이었고, 폭발위력은 10±2kt라고 발표하였고, 제6차는 5.7에 50~60kt라고 발표하였음.
 - 그러나 폭발위력은 기폭실 주위 암석 유형과 수분함량 등에 따라 크게 달라짐. 미국과 중국 등의 발표가 우리와 크게 다른 것도 이 때문임.

[표 1] 북한 핵실험의 지진파 규모와 폭발위력 추정

순(일시) 북한 발표	지진파 규모 (Mb)	위력 (kt) 국방부 발표	위력 (kt) 필자 추정
1차(2006.10.9.) 폭발	3.9	1 이하	0.4~1.5
2차(2009.5.25.) 위력	4.5	3~4	3~6
3차(2013.2.12.) 소형화	4.9	6~7	6~18
4차(2016.1.6.) 수소탄	4.8	6	6~15
5차(2016.9.9.) 표준화	5.0	10 ± 2	10~20
6차(2017.9.3.) 대형 수소탄	5.7	50~70	50~150

- ◆ 중국과학기술대학의 윈롄싱(溫 聯星, Wen Lianxing)과 장묘오(張淼, Zhang Miao)는 제6차 핵실험의 폭발위력을 $108 \pm 48\text{kt}$ 라고 발표하였고⁴⁾, 중국과학원 지질 및 지구물리연구소에서도 유사한 결론을 내린 바 있음⁵⁾.
 - 이들의 위력 판정 결과가 우리 국방부에서 발표한 것보다 높은 것을 알 수 있음. 미국 등의 핵무기 선진국들도 유사한 결론을 내리고 있으므로, 우리도 지진파 대비 폭발위력 판정 공식을 재검토할 필요가 있음.
- ◆ 우리 국방부에서 발표한 것은 단단한 암석과 기포가 거의 없는 매질을 기준으로 판정한 것임. 그러나 어느 정도의 기포나 약한 암석, 토양 등이 섞인 상황을 가정하면, 제5차 핵실험의 위력을 20kt 정도까지, 제6차는 50~150kt 까지 높일 수 있음.
 - 제5차는 히로시마 원자탄 수준이고, 제6차는 증폭형이나 소형 수소탄에 충분한 위력이라고 볼 수 있는 것임.
- ◆ 북한이 공개한 수소탄 기폭장치 형태는 소련이 50년대 중반에 개발한 2단 수소탄 형태를 보여주고 있음.
 - 이러한 장치의 장점은 핵융합물질의 사용량을 조절해 위력을 크게 줄이거나 늘릴 수 있다는 것임. 이를 반영하면, 북한이 제6차에서 핵융합물질을 적게 사용해 위력을 줄인 수소탄 실험을 했다고 볼 수 있음
- ◆ 제4차 핵실험의 폭발 위력이 작다고 북한의 수소탄 개발능력을 무시해서는 안 됨. 핵융합물질을 소량만 사용한 수소폭탄 원리실험일 경우에는, 위력이 일반 핵탄과 유사할 정도로 작을 수도 있기 때문임.
 - 제4차 핵실험을 소량의 핵융합 물질을 사용한 수소폭탄 원리실험이라고 볼 수 있는 것도 이 때문임
- ◆ 증폭형이나 수소탄 핵무기 실험은 핵폭발 없이도 레이저핵융합설비를 이용해 실험실에서 수행할 수 있음.
 - 1980년대에 중국과학원이 북한과학원과의 협력 차원에서 은정구역에 있는 이과대학에 레이저핵융합 설비를 제공한 바 있으므로, 이를 활용할 수 있는 것임.

북한은 제5차 핵실험에서 소형화, 경량화된 핵탄두를 개발했다고 주장하였음. 소형화와 경량화는 북한이 제3차 핵실험에서도 성공했다고 주장한 바 있음.

3. 투발수단과 전술적 능력

가) 핵탄두 소형화와 미사일 탑재 능력

- ◆ 북한은 제5차 핵실험에서 소형화, 경량화된 핵탄두를 개발했다고 주장하였음.

4) Miao Zhang and Lianxing Wen, "Seismological Evidence for a Low-Yield Nuclear Test on 12 May 2010 in North Korea", Seismological Research Letters, Vol. 86, No. 1, January/February 2015

5) 赵连锋, 谢小碧, 范娜, 姚振兴, "2013年2月12日 朝鲜地下核试验的区域地震特征", 中国地球物理2013, p.351

*2014년에 스캐퍼로티
(Curtis Scaparrotti) 당시
주한미군사령관 등이 북한
핵무기 소형화 가능성을 제
기하였고, 전문가들도 이에
동의하게 되었음.*

소형화와 경량화는 북한이 제3차 핵실험에서도 성공했다고 주장한 바 있음.

- 제5차 시험에서 추가된 것은 타격력이 높고 표준화, 규격화되었으며, 대량생산에 성공했다는 것임. 이는 3차 때 소형화를 위한 요소기술을 시험했고, 5차에서는 소형화된 표준 탄두를 종합적으로 시험했다는 의미로 보임.

◆ 미사일 탑재를 위한 핵탄두 소형화는 모든 핵 보유국들이 핵실험과 함께 주력하는 핵심 기술임. 많은 전문가들은 북한이 2006년 제1차 핵실험 이후 소형 핵탄두를 개발하는데 상당한 시간이 걸릴 것이라 예측하였음.

- 그러나 2014년에 스캐퍼로티(Curtis Scaparrotti) 당시 주한미군사령관 등이 북한 핵무기 소형화 가능성을 제기하였고, 전문가들도 이에 동의하게 되었음. 그 근거는 다음과 같음.

◆ 먼저, 북한이 후발국 우세를 충분히 활용하기 때문임. 미국과 소련은 핵실험 당시에 신뢰할 만한 미사일이 없었기에 소형화에 5~7년이 걸렸으나, 동풍2호 미사일을 보유했던 중국은 2년 반 만에 성공하였음.

- 북한 역시 핵실험 이전에 노동과 스커드 미사일을 대량생산해 실전배치하고 있었으므로, 처음부터 이를 염두에 둔 소형 핵탄두를 개발했다고 보는 것이 자연스러움. 사실 스커드 미사일도 소련이 핵탄두 탑재가 가능하도록 설계한 것임.

◆ 둘째로, 북한이 2006년의 최초 핵실험 때 중국에 통보한 위력이 4kt였다는 점임. 후에 Pu 사용량이 2kg 정도라고 하였음.

- 이는 북한이 처음부터 소형 핵무기를 목표로 하였고 이를 천명했다는 것임. 일각에서는 북한이 구 소련 등에서 소형 핵탄두 설계도를 입수하고, 이를 복제했다고 주장한바 있음.

◆ 셋째로, 1999년에 파키스탄의 칸 박사가 북한을 방문했을 때, 직경 24in(61cm)에 뇌관이 64개인 핵탄두 3개를 목격했다고 증언한 것임. 북한에서 망명한 황장엽 비서도 북한이 소형 핵무기 개발에 성공했다고 증언한 바 있음.

- 2016년에 북한이 공개한 핵 기폭장치 모형도 북한이 보유한 노동과 스커드미사일에 탑재할 수 있는 수준임.

◆ 넷째로, 자력갱생으로 자체 생산이 가능한 대체소재를 개발한다는 점임. 과학기술이 고도로 발달하고 국가 간의 경계가 희석된 오늘날에는 수없이 많은 대체품과 차선택들이 존재할 수 있기 때문임.

- 중국은 1964년의 최초 핵실험 2년 후에 유리섬유 등의 자체개발 소재로 미사일 재진입체를 만들어 비행시험에 성공하였음. 북한 역시 이러한 경로를 채택해, 재진입 온도가 낮은 노동, 스커드 정도의 단거리 미사일에는 충분히 핵탄두를 탑재할 수 있음.

- 다만, ICBM급 핵탄두의 재진입은 성공 여부를 판단하기 어려움. 마하 20 이상의 고속 기동과 충격, 7천도 이상의 고온에 견딜 수 있는 재료의 확보와 가공에 어려움이 있고, 이를 검증하기도 어렵기 때문임.

◆ 다섯째로, 수평갱도 지하핵실험의 장점을 충분히 활용할 수 있다는 것임.

지하 갱도에서 직접 핵실험을 수행하면, 원하는 거리에 초고속 카메라와 다양한 계측 장치들을 설치해, 내폭 현상과 중성자, 감마선, X선 발생량 등의 시계열 변화를 상세하게 측정할 수 있음.

- 특정 핵 환경을 창출해 원하는 실험 결과를 얻을 수 있고, 실험 후에도 주기적으로 샘플을 회수해 중장기 효과를 분석할 수 있음. 특히 진공이 필요한 X선 열역학 효과는 수평갱도 지하핵실험에서만 성공적으로 측정할 수 있음.

- ◆ 결국 6차에 걸친 수평갱도 지하핵실험을 통해 핵무기 소형화에 필요한 내폭 원리와 수치 자료들을 충분히 얻고, 문제점을 개선할 수 있었을 것으로 생각됨.
 - 핵무기 선진국들이 지상에서 수평갱도 지하핵실험으로 이전한 커다란 이유 중의 하나도 이것이 핵무기 현대화에 유리하기 때문이었음. 따라서 북한이 HEU 개발에 성공했다면, 소형화와 앞으로의 대량생산, 실전배치를 의심하기 어려움.

나) 투발수단 현대화와 고도화 : 고체 추진제 사용

- ◆ 북한은 오랫동안 액체추진제 기반의 미사일들을 개발, 배치해 왔음. 북한의 주력인 스커드, 노동, 무수단, 액체 화성 계열 등의 미사일들이 여기에 포함됨.
 - 최근에 고추력의 비대칭디메틸히드라진(UDMH)과 사산화이질소(N_2O_4)를 사용하는 연료체계로 백두산 계열의 대추력엔진과 화성-14, 화성-15, 화성-17호를 개발해, ICBM급의 비행거리를 보여 주었음.
- ◆ 그러나 아직 ICBM의 폴스케일(전사정) 비행시험이 없어 진정한 전술적 성능 발휘 여부가 의문시되고 있음. 선진국들은 다양한 환경에서 20여 발의 전사정 비행시험을 수행해 문제점을 개선하고 신뢰성을 확보한 후에 실전배치함.
 - 북한은 이를 수행할 원거리 측정설비들을 갖추지 못했고, 국제제재 환경에서 전사정 비행시험을 감행하기도 어려움. 최근 들어 큰 진전을 보여 주었으나, ICBM 탄두의 대기권 재진입 성공 여부도 아직 미지수임.
- ◆ 액체연료는 저장과 수송이 어렵고 발사준비시간이 길어 사전 탐지와 요격이 쉬우며, 야전운용이 어렵고 복잡하다는 문제가 있음. UDMH는 독성이 강하고 폭발하기 쉬우며, N_2O_4 는 상온인 22도에서 끓고 영하 11도에서 얼어 야전 운용이 어려움.
 - 선진국들이 이 연료를 채택한 미사일들을 지하 사일로나 잠수함에서 운용한 것도 이 때문임. 따라서 북한이 이러한 연료체계를 계속 사용하면, 실제 전술적 능력 발휘에 많은 제약이 가해질 것임.
- ◆ 이를 극복하기 위해 고체추진제를 적극적으로 개발하고 있음. 대표적인 것이 고체추진제 잠수함발사탄도미사일(SLBM)과 이의 지대지미사일 개량형 '북극성 시리즈', ICBM인 화성-18호 등임.
 - 고체추진제 미사일은 발사준비시간이 짧고 장기저장과 기동이 쉬우며, 조작이 간편하다는 장점이 있음. 특히 SLBM은 잠수함의 특성을 활용해 은밀히 기동한 후 발사

하여, 우리의 미사일 방어체계에 큰 부담을 줄 수 있음.

- ◆ 고체추진제 SLBM을 지대지로 전환한 것은 중국이 최초의 SLBM인 “취량-1(JL-1)”을 지대지미사일로 전용해 “동풍-21(DF-21)”을 개발한 것과 유사함. 등소평은 이를 “하나의 탄을 두 가지 용도로 사용하는”방안이라며 적극 개발을 지시하였음.
 - 북한도 김정은 위원장이 유사한 지시를 한 바 있음. 중국이 “동풍-21”을 항공모함 공격용으로 개량한 것도 주목할 부분임.
- ◆ 북한이 근래 들어 지속적으로 발사시험을 하고 있는 고체추진제 단거리 미사일과 초대구경 방사포들도 주목됨.
 - 단거리 미사일들은 다양한 고도와 기동 특성을 보여 주었고, 초대구경 방사포는 외국에서도 사례를 찾기 힘든 600mm 정도의 구경을 가져, 북한의 발표처럼 핵탄두 탑재 여부가 주목되고 있음.
- ◆ 북한의 고체추진제는 HTPB(Hydroxyl Terminated Polybutadiene) 기반의 복합고체추진제로 판단됨. HTPB는 점도가 낮아 생산성이 좋고 고체함량이 높아 역학적 성능이 우수하며, 연소속도 조절범위가 넓고 기술적 성숙도가 높음에다 생산 가격이 저렴하므로, 구미 각국에서 넓게 사용함.
 - 여기에 HTPB가 비닐론 생산과 유사한 점이 많아, 북한 화학공업 체계로 생산이 가능할 것으로 보임.
- ◆ 최근에는 고체추진제 미사일의 사거리를 대폭 연장해 ICBM을 개발하고 있음. 북한은 2022년 말에 서해위성발사장에서 신행 고체로켓 연소시험을 하면서 그 추력이 140tf 라고 발표하였고, 2023년 2월의 열병식에서는 고체추진제 ICBM 목업을 공개하였음.
 - 2023년 3월 13일에는 북한이 고체추진제 ICBM 이라고 주장하는 3단의“화성-18”을 고각으로 발사해 약 1,000km를 비행하였음. 정상 각도로 발사하면 5,000km을 넘어 ICBM이라 지칭할 수도 있음.
- ◆ 북한이 미국과 중국이 사용하는 NEPE 등의 새로운 고성능 고체추진제를 개발해 여기에 적용했는지의 여부가 주목되는 것도 이 때문임. 과도기로 기존 HTPB 추진제에 RDX를 넣어 성능을 개선하거나, 알루미늄 대신에 Alane(AlH₃)을 사용할 수도 있음.
 - 러시아-우크라이나 전쟁으로 북·러 관계가 긴밀해지고 있으므로, 향후 동향을 예의 주시하면서 분석할 필요가 있음.
- ◆ 한반도의 중심이 짧고 고체추진제를 통한 미사일 현대화와 전술적 효용성이 크므로, 북한이 계속해서 고성능 고체추진제 개발과 대량생산을 시도하고 있음.
 - 고체추진제 SLBM의 사거리 연장도 중요한 변수로 작용할 수 있음. 북한이 발사 플랫폼

한반도의 중심이 짧고 고체추진제를 통한 미사일 현대화와 전술적 효용성이 크므로, 북한이 계속해서 고성능 고체추진제 개발과 대량생산을 시도하고 있음.

확대와 공격력 강화를 위해 대형 잠수함 건조를 진행하는 것도 이 때문이라고 할 수 있음

다) 핵전술 고도화 : 고공폭발과 탄두 기동 등

- ◆ 북한은 단·중거리 미사일과 ICBM, SLBM 등으로 투발수단을 다양화하고, 잠수함과 이동식 발사차량(TEL) 개량 등으로 이를 고도화하고 있음.
 - 근래에는 목표 선별과 항법 및 유도체계를 정비하고 타격계획을 수립해 교육, 훈련하며, 전략군을 창설해 기술군 육성과 핵전술 고도화를 추진하고 있음.
- ◆ 고공 핵폭발은 우리가 주목해야 하는 핵전술임. 핵탄두가 30km 이상의 고공에서 폭발하면, 인명 피해가 거의 없는 대신 강력한 X-선과 전자기펄스(EMP)가 발생해 아래 넓은 지역의 레이더와 통신망, IT기기들을 무력화하고, 폭발지역을 반복 통과하는 인공위성 수명을 크게 단축시킬 수 있음.
 - 고공 핵폭발은 탄두 재진입시의 발열이 적고 정확도가 낮아도 무방하므로, 낮은 성능의 미사일도 사용할 수 있음. 고공 방어망이 취약한 우리에게 특히 위협적인 전술이라고 할 수 있음⁶⁾.
- ◆ 2019년 이후 북한이 시험 발사한 일부 탄도미사일들이 다양한 “부스트-(풀업)-활공(boost-(pull-up)-glide)” 기동을 하는 것도 주목할 부분임.
 - 부스트-풀업-활공은 2차대전 시기 독일 Sanger가 제안한 것으로, “고속으로 낙하하는 탄도미사일이 대기권에 진입할 때, 외기와 대기의 밀도 차이를 이용해 이른바 “물수제비 효과”를 일으켜 사거리를 연장하는 것”이었음.
 - 후에 미국과 소련 등이 MIRV⁷⁾탄두나 달 탐사선의 대기권 재진입시 속도와 발열 감소 방안으로 이를 활용하였음.
- ◆ 탄두 기동은 탄도미사일의 장점인 속도와 순항미사일의 장점인 기동성을 어느 정도 겸비할 수 있다는 것을 보여줌. 따라서 현대전에서 그 전술적 활용 범위가 크게 확대되고, 기동수단도 다양해지고 있음.
 - 러시아가 우크라이나와의 전쟁에서 사용하고 있는 이스칸데르 미사일과 중국의 동풍-17(DF_17) 등이 사회주의 국가 미사일 탄두 기동의 전형적인 사례라고 할 수 있음.
 - 그러나 현대적인 미사일 방어망은 고고도와 저고도가 긴밀히 연동되어, 양자의 구분 돌파를 잘 허용하지 않음. 저고도방어망의 요격 고도가 위아래로 확장되고 정확도가 높아져, 그 아래를 파고드는 전술도 사용하기 어려움.
- ◆ 북한이 최근 시험하는 고체추진제 단거리 미사일 중 상당수가 30~40km 고도로 기동한 후 낙하하고 있음. 중국 전문가들은 이를 “저고도 요격용 패트리엇과 고고도 요격용 사드의 중간으로 기동하는” 전술이라 하였음⁸⁾.

북한은 단·중거리 미사일과 ICBM, SLBM 등으로 투발수단을 다양화하고, 잠수함과 이동식 발사차량(TEL) 개량 등으로 이를 고도화하고 있음.

6) 이춘근, 김종선(2016), “고고도 핵폭발 피해유형과 방호 대책”, STEPI Insight 제189호

7) 다탄두 각개목표 재돌입체(Multiple Independently Targetable Re-entry Vehicle)를 말함.

8) 薛军楼, 赵斌, 陈友龙, “朝鲜KN-25 超大型火箭炮”, 『兵器知识』, 2020年4期

- 그러나 우리나라처럼 산악 지형이 많고 방공망이 촘촘하게 짜인 곳에서는 탄두 기동의 전술적 활용이 크게 줄어들 수 있음.

- ◆ 특히 북한의 일부 미사일처럼 부스트 정점 고도가 낮으면 재진입시의 에너지가 충분치 않고, 탄두와 본체의 분리 없이 재진입하면 기동이 둔탁하고 속도가 더 크게 저하되어 요격이 쉬워질 수 있음.

- 따라서 북한의 미사일 기동 특성을 예의 주시하면서 중고도방어망을 강화할 필요가 있음.

4. 향후 전망

가) “화산-31”과 주요 투발수단 분석

- ◆ 북한이 최근 공개한 화산 31의 직경이 40~50cm 정도로 추산되는데, 과거에 공개한 구(원)형 기폭장치에 비해 10~20cm 축소되었으므로, 여기에 어떤 기술과 장치를 적용했는지를 추정할 필요가 있음.

- 핵 선진국들의 핵탄두 소형화에 적용한 1) Linear implosion 등의 개량형 기폭장치 채택, 2) 고성능 폭약으로의 대체를 통한 사용량 감축, 3) Pu/HEU 복합피트 채택, 4) 핵융합물질 첨가 등을 생각할 수 있음.

- 이 중 1), 2), 3)일 경우에는 북한의 기술 수준에서 극한에 가까운 설계를 했을 것으로 보이고, 4)일 경우에는 다량의 T 확보가 어려워 차선택으로 Li6D를 활용할 것으로 추정됨.

나) 향후 전망

- ◆ 기존 원심분리기의 성능 개량과 생산량 확대를 통해 HEU 생산능력을 지속 확장하고, 원자료를 통한 Pu 생산도 지속할 것임.

- 소형 전술핵 개발에 가장 유리한 삼중수소(T) 확보와 유연한 활용체제를 구축하고, 보완적으로 Li6D의 활용 최적화도 추구할 것임.

- ◆ 지속적인 기폭장치 개량과 고성능 폭약 활용, 핵융합물질 첨가 등을 통해 더욱 소형화된 차기 전술핵을 개발하고, 이를 적용한 소형 수소탄과 다탄두도 개발할 것임.

- 차기 소형 핵탄두 개발에 성공하면, 이를 적용하는 투발수단을 아포와 로켓, 소형 미사일, 지뢰, 휴대용 핵탄 등으로 더욱 다변화할 수 있음.

- ◆ “화산 31”의 신뢰성 검증과 대량생산을 위해, 이의 폭발실험을 1회 혹은 복수로 수행할 수 있음.

- 아울러 핵융합물질을 첨가한 소형 전술핵의 폭발실험과 이를 적용한 소형 수소탄 폭발 실험도 수행할 수 있음.

IV. 북한의 핵, 미사일 위협과 대응 방안

1. 북한의 핵, 미사일 위협

- ◆ 먼저, 탄두 폭발위력이 증가하고 있음. 북한은 10~20kt 정도의 표준형 원자탄을 대량생산하고, 100~200kt 정도의 증폭탄 또는 수소탄을 개발한 것으로 보임. 북한이 2000년대 초반부터 Li⁶와 D 등의 핵융합 물질을 개발해 왔고 제4차와 제6차 핵실험에서 수소탄을 언급한 것을 보면, 이미 위력이 큰 핵탄을 실전 배치했을 가능성도 있음.
 - 일반 원자탄이 중소도시나 군사목표를 타격하는 전술핵무기라면, 100~200kt 정도의 증폭핵탄은 어지간한 대도시를 무력화할 수 있는 전략핵무기로 사용할 수 있음⁹⁾. 인구 밀집도가 특별히 높은 우리나라 대도시에 5~10발 정도의 위력이 큰 핵탄이 떨어지면, 국가 존망의 위기에 직면할 수 있음.
 - 이는 우리가 북한의 핵탄을 매 한발, 한발마다 사활을 걸면서 방어해야 한다는 것을 의미함. 증폭탄을 넘어 수소탄이라면 더 말할 나위도 없을 것임.
- ◆ 둘째로, 탄두 수량이 증가하고 있음. 북한이 Pu에 의존했을 때는 그 수량이 많지 않았으나, 이제는 원심분리기를 이용해 HEU를 대량으로 생산할 수 있게 되었음. 국내외의 많은 전문가들은 북한이 이미 30~100개의 원자탄을 보유했을 것이라 추정하고 있음.
 - 탄두 수량의 증가와 표준화는 북한이 다양한 투발수단을 상호 전환하면서 사용할 수 있다는 것을 의미함. 아울러 다수의 예비 탄두를 보유해, 선제공격을 당해도 살아남은 투발수단으로 반격할 수 있다는 것을 의미함.
 - 이는 우리가 북한의 현존 투발수단을 철저히 파괴해도, 또 다른 공격 수단이 있을 가능성에 대비해야 한다는 것을 의미함.
- ◆ 셋째로, 투발수단이 다양화, 고도화하면서 방어돌파능력이 향상되고 있음. 북한은 이미 대량 배치된 노동이나 스커드미사일 정도의 소형화된 핵탄두를 개발했다고 판단되며, 최근에는 고체추진제 미사일들을 개발하고 발사 플랫폼을 다양화하면서 우리의 대응을 어렵게 하고 있음.
 - 이로 인해 발사준비시간이 단축되고 전방위 공격이 가능해져, 우리의 방어 체계를 보완해야할 필요성이 부상하고 있음.
- ◆ 넷째로, 최근의 미사일시험들은 북한이 핵전술 고도화에도 상당한 노력을 기울이고 있다는 것을 보여줌. 고고도 핵폭발과 풀업 기동 등이 그 예인데, 우리와 같이 대도시 집중도가 높은 IT 대국에 특히 위협적인 전술임.

최근 북한의 핵, 미사일 위협은 탄두 폭발위력이 증가하고 있고, 탄두수량이 증가하고 있으며, 투발수단이 다양화, 고도화하면서 방어돌파능력이 향상되고 있는 특징을 보여주고 있음. 더불어, 최근의 미사일시험들은 북한이 핵전술 고도화에도 상당한 노력을 기울이고 있다는 것을 보여줌.

9) 오펜하이머(Oppenheimer)는 수소폭탄 개발을 반대하면서, "100kt 정도의 핵탄으로 대부분의 전술, 전략적 목적을 달성할 수 있다."고 주장하였음.

- 이는 미사일 방어에 치열한 두뇌싸움이 존재하고, 사전에 치밀한 준비와 학습이 필요하다는 것을 말해줌.

2. 대응 방안

- ◆ 과학기술은 원리를 알면 아주 다양한 기술개발 경로를 채택하면서 이를 은폐할 수 있으므로, 북한의 기술개발 경로를 정확히 파악하지 못한 상황에서 그들이 보여주는 것을 뒤따라가며 세우는 대안은 그리 효과적이지 못함.
- 사회주의 기술개발 경로를 추적하면서 북한이 선택할 경로를 추적하는 것도 이 때문임. 경로를 파악하면, 당장 필요한 방어 대책을 세우는 한편으로 미래를 예측하고, 앞서 나가서 장벽을 칠 수 있음.

북한의 기술개발 경로를 정확히 파악하지 못한 상황에서 그들이 보여주는 것을 뒤따라가며 세우는 대안은 그리 효과적이지 못함. 우리 약점을 보완하고 강력한 대응체계를 갖추면서 북한의 약점을 노리는 것이 피해를 줄이면서 승리하는 귀결이 될 것임.

- ◆ 북한의 핵과 미사일 역시 수많은 약점과 기술적 한계를 노출하고 있으므로, 우리 약점을 보완하고 강력한 대응체계를 갖추면서 북한의 약점을 노리는 것이 피해를 줄이면서 승리하는 귀결이 될 것임.
- 이상의 논의 결과를 토대로, <표 2>와 같이 몇 가지 대응방안을 제시할 수 있음.

[표 2] 분야별 대응 방안

분야	대응 방안
경로 파악	1) 자주적인 북한 기술개발동향 파악과 미래 예측 2) 사회주의 기술개발경로 비교연구 3) 민군 기술협력체제 구축 4) 전문가 네트워크 확충
경로 차단 및 고도화 방지	1) 북한 기술 수준과 장단점 파악 2) 맞춤형 제재 및 반확산 3) 유지비용 기중 유도 4) 비확산을 고려한 남북협력 5) 국제사회와의 공조
경로 파괴	1) 운용부대, 기지, 이동수단과 경로 파악 2) 교리 발전과 타격계획 수립 및 교육 훈련 3) 전략자산 확충과 한미공조 강화
탄도미사일 방어	1) 조기경보체계 개선 2) 다층/각군(군종) 간 복합방어망 구축 및 연동 3) 차세대 방어망 조기 개발과 배치
민방위체제 개선	1) 핵 방호기법 연구와 계획 수립 2) 민방위 관련법제와 훈련체제 정비 3) 국민행동요령 발간과 전파

- ◆ 먼저 사회주의 핵기술 개발경로와 북한의 경로를 세밀히 추적 분석해 그 장단점을 파악하고, 이를 토대로 보다 정교한 경로 차단과 핵능력 고도화 방지대책을 수립할 필요가 있음.

- “한국형 3축 체계” 등 우리의 방어 대책들도 북한의 경로와 특성을 충분히 고려하고 중장기적으로 수정해야 할 것임.
- 이와 함께 북한의 능력 개선을 뒤따라가는 대응보다는, 앞서 나가 장벽을 치는 방안을 적극 고려할 필요가 있음.
- ◆ 항공기 공격 방어 중심의 우리 민방위체제를 핵무기와 미사일방어 중심으로 개편하고, 민관군의 종합 컨트롤타워를 정비할 필요가 있음.
- 아울러 다양한 국민 안내서를 편찬 배포하고 필요한 물자들을 비축하며, 수시 훈련을 통해 북핵 대응력을 높일 필요가 있음.

참고문헌

- 박종화(2012), “지역적 경로의존성의 메커니즘”. 『사회과학연구』, 28(3): 349-374
- 알렉산드르 만소로프(2000), “북한 핵 프로그램”, 사군자
- 이춘근(2005), “과학기술로 읽는 북한 핵”, 생각의 나무
- 이춘근(2007), “지하핵실험에 대한 과학기술적 이해”, 과학기술정책연구원
- 이춘근(2009), “북한의 핵 및 로켓기술 개발과 향후 전망”, STEPI Insight
- 이춘근, 김종선(2016), “고고도 핵폭발 피해유형과 방호 대책”, STEPI Insight
- 이춘근(2017), “북한의 핵 위협 증가에 대응하는 핵방호 및 민방위체제 개선방안”, STEPI Insight
- 이춘근, 남달리, 김지은(2017), “북한의 핵무기 기술개발과 인력양성 체제”, 과학기술정책연구원
- 市川浩(2007), “冷戦と科學技術”, ミネルヴァ書房
- 石海明(2015), 「科學, 冷戦與國家安全」, 解放軍出版社
- 春雷(2000), “核武器概論”, 原子能出版社
- 梁東元(2005), “原子彈”, 解放軍出版社
- Hu Side, Sun Xiangli, Wu Jun(2003), “On the Nuclear Issue of North Korea”, The XV International Amaldi Conference, September 25~27
- Alexander Glaser(2006), “Making Highly Enriched Uranium”, Princeton University.
- Siegfried S. Hecker et. al.(2016), “North Korea’s Stockpiles of Fissile Material”, Korea Observer, Vol. 47, No. 4
- David Albright(2015), “Future Directions in the DPRK’s Nuclear Weapons Program: Three Scenarios for 2020”, U.S.-Korea Institute at SAIS

❖ 저자 약력

■ 이춘근 (과학기술정책연구원(STEPI) 명예연구위원)

- 1978~1986 서울대학교 섬유공학과(공학사)
- 1988~1993 서울대학교 섬유고분자공학과 대학원(공학박사)
- 1995~1999 중국 북경사범대학 국제/비교교육연구소 대학원(교육학박사)
- 1998~1999 중국 북경대학 과학 및 사회 연구센터 박사후
- 1986~1987 효성 동양폴리에스터(주) 중앙연구소 연구원
- 1993~1996 중국 연변과학기술대학 화공과 부교수, 부총장
- 1997~1998 중국과학원 과기정책 및 관리과학연구소 방문학자
- 2000~2019 STEPI 글로벌혁신전략연구본부 선임연구위원
- 2005~2022 통일부 자문위원
- 2007~2008 미국 스탠포드대학 Asia-Pacific Research Center 방문학자
- 2008~2010 남북교류협력추진협의회 민간위원
- 2010~2013 한중과학기술협력센터 수석대표
- 2014~2017 통일준비위원회 경제분과 전문위원
- 2020~2021 합동참모본부 자문위원
- 2021~2023 제20기 민주평통 상임위원
- 2023~현재 국방부 군비통제검증단 자문위원
- 2023~현재 화생방방호사령부 자문위원

기획 및 감수: 정승철 (제주평화연구원 연구실장)



제주특별자치도 서귀포시 중문관광로 227-24 (63546)

전화: 064) 735-6500 **팩스:** 064) 738-6522

E-mail: jpi@jpi.or.kr **http://**www.jpi.or.kr

『JPI정책포럼』에 게재된 의견은 필자 개인의 의견으로,
제주평화연구원의 공식입장과는 무관함을 알려드립니다.