



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2020년 2월

2020년 2월  
박사학위논문

북한 비핵화 과정의 기술적 검증  
적용방안에 관한 연구

박사학위논문  
북한 비핵화 과정의 기술적 검증  
적용방안에 관한 연구  
문성준

조선대학교 대학원

군사학과

문성준

# 북한 비핵화 과정의 기술적 검증 적용방안에 관한 연구

A Study on the Application of Technical Verification  
for Denuclearization Process in North Korea

2020년 2월 25일

조선대학교 대학원

군사학과

문 성 준

# 북한 비핵화 과정의 기술적 검증 적용방안에 관한 연구

지도교수 김 범 현

이 논문을 군사학 박사학위신청 논문으로 제출함


2019년 10월

조선대학교 대학원

군사학과

문 성 준


## 문성준의 박사학위논문을 인준함

위원장 한남대학교 교수 이승철 인 

위 원 조선대학교 교수 장상국 인 

위 원 조선대학교 교수 장영호 인 

위 원 국민대학교 교수 박재완 인 

위 원 조선대학교 교수 김범권 인 

2019년 12월

조선대학교 대학원

표 목차

그림 목차

ABSTRACT

제1장 서론 .....	1
제1절 연구의 배경 및 목적 .....	1
제2절 연구의 범위 및 방법 .....	4
1. 연구의 범위 .....	4
2. 연구의 방법 .....	6
제3절 선행연구 검토 .....	8
제2장 이론적 배경과 분석의 틀 .....	19
제1절 비핵화 이론 .....	19
1. 비핵화 개념 .....	19
2. 비핵화 과정 .....	24
3. 비핵화 방식 .....	27
제2절 검증 이론 .....	32
1. 검증 개념과 정의 .....	32
2. 검증 구성 요소 .....	38
3. 기술적 검증 .....	44
제3절 분석의 틀 .....	46
제3장 리비아 핵검증 사례분석 .....	48
제1절 검증 과정 .....	49
제2절 검증 대상 .....	56
제3절 검증 수단 .....	58
제4절 검증 방법 .....	60
제5절 시사점 .....	62

<b>제4장 북핵 기술적 검증 분석</b> .....	<b>65</b>
<b>제1절 검증 과정</b> .....	<b>65</b>
1. 협상 단계 .....	65
2. 정보수집 및 분석 단계 .....	74
3. 판단 및 대응 단계 .....	78
<b>제2절 검증 대상</b> .....	<b>84</b>
1. 핵물질 .....	84
2. 핵무기 .....	90
3. 핵시설 .....	94
4. 핵투발수단 .....	103
<b>제3절 검증 수단</b> .....	<b>108</b>
1. 국가·국제기술수단 .....	108
2. 국제기구 .....	112
3. 검증기구 .....	115
<b>제4절 검증 방법</b> .....	<b>120</b>
1. 감시 .....	120
2. 사찰 .....	125
3. 시료채취 및 분석 .....	130
<b>제5절 소결론</b> .....	<b>133</b>

<b>제5장 북한 비핵화 기술적 검증 적용방안</b> .....	<b>137</b>
<b>제1절 검증 과정 : 상호협력적 검증</b> .....	<b>139</b>
1. 협상 단계 .....	139
2. 정보수집 및 분석 단계 .....	140
3. 판단 및 대응 단계 .....	143
<b>제2절 검증 대상 : 정밀화 검증</b> .....	<b>147</b>
1. 핵물질: 우라늄농축프로그램 검증 .....	148
2. 핵무기: 연구·제조·저장 체계 검증 .....	152
3. 핵시설: 핵심시설 검증 .....	155
4. 핵투발수단: 탄도미사일 검증 .....	158
<b>제3절 검증 수단 : 첨단화 검증</b> .....	<b>161</b>
1. 영공 개방을 통한 국가·국제기술수단 .....	161
2. 기술적 협력 체계 .....	164
3. 국제공동검증단 .....	169
<b>제4절 검증 방법 : 기술집약적 검증</b> .....	<b>173</b>
1. 상주감시소 운영 .....	173
2. 통합적 현장사찰 .....	175
3. 과학적 시료채취 및 분석 .....	179
<b>제6장 결 론</b> .....	<b>183</b>
<b>참고문헌</b> .....	<b>187</b>



## 표 목 차

<표 2-1> 비핵화의 기술적 단계.....	25
<표 2-2> 비핵화 단계 관련 용어 정의.....	26
<표 2-3> UN총회에서 채택한 16개 검증원칙.....	37
<표 3-1> 리비아 핵검증 활동 주요 일지.....	54
<표 3-2> 리비아의 핵관련시설 신고 목록.....	56
<표 3-3> 검증 추가 제출 요구 자료 목록.....	60
<표 3-4> 리비아 핵검증 시사점.....	64
<표 4-1> 북·미 양국의 제네바 합의문(요약).....	68
<표 4-2> 6자회담 합의문 주요 내용.....	72
<표 4-3> 검증의정서 초안.....	73
<표 4-4> 핵시설 불능화 현황(2009년 4월 기준).....	76
<표 4-5> 핵시설 불능화 기술적 수준 .....	77
<표 4-6> 북한의 우라늄 함량 기준 가채매장량(추정) .....	85
<표 4-7> 북한의 플루토늄 생산량(추정) .....	86
<표 4-8> 북한의 핵물질 검증 대상 .....	89
<표 4-9> 핵무기의 기술적 분류.....	90
<표 4-10> 신고 및 공개된 북한 핵시설.....	94
<표 4-11> 국내·외 전문기관의 북한 핵실험 지진탐지 결과.....	95
<표 4-12> 북한의 핵실험 위력 판단.....	96
<표 4-13> 미확인된 북한 핵시설.....	102
<표 4-14> 북한 미사일 종류 및 채원.....	104
<표 4-15> 검증 참여 가능한 국가에 대한 미국 CSIS 평가 .....	116
<표 4-16> 미국 CSIS 분석을 수정한 검증 참여 가능한 국가에 대한 평가.....	116
<표 4-17> 검증 주체 유형.....	117
<표 4-18> UN의 대북제재와 WMD 관련 제재 현황.....	122

<표 4-19> IAEA 추가의정서..... 126  
 <표 4-20> 북한 핵의 기술적 검증 분석 시사점..... 135  
 <표 5-1> 기술적 정보수집 및 분석 활동 세부중점..... 143  
 <표 5-2> 기술적 관점의 북한 비핵화 로드맵..... 145  
 <표 5-3> 우라늄-235 농축도에 따른 등급 구분..... 147  
 <표 5-4> 우라늄농축프로그램 세부 검증 대상..... 151  
 <표 5-5> 북한 핵무기 연구·제조·저장 체계 세부 검증 항목..... 154  
 <표 5-6> 북한 핵시설의 검증 우선순위..... 157  
 <표 5-7> 핵군비검증 국제파트너십 주요추진 성과..... 168  
 <표 5-8> 검증 참여 가능한 국가 및 기구에 대한 평가..... 171  
 <표 5-9> 핵물질 정밀분석 장비 및 방법..... 182

## 그림 목 차

<그림 2-1> 검증과정에서 정치적·기술적 과정의 상호관계 .....	39
<그림 2-2> 분석의 틀 .....	47
<그림 5-1> 북한의 핵무기 제조 프로그램 중 신고·미신고 시설 .....	150
<그림 5-2> 한국의 핵검증 가능 분야 및 검증 제한 분야 .....	170
<그림 5-3> 기술집약적 검증 개념도 .....	178

## ABSTRACT

### A Study on the Application of Technical Verification for Denuclearization Process in North Korea

Moon, Sung Joon

Advisor : Prof. Kim, Beob Heon, Ph.D.

Department of Military Science

Graduate School of Chosun University

The purpose of this study is to explore the technical verification aspects of systematically identifying all nuclear programs which including nuclear materials, nuclear weapons, nuclear facilities and delivery means, and their application in the process of achieving the North Korea denuclearization.

Since North Korea's nuclear issue began to be known to the international community in the early 1990s, the South and North Korea parties, as well as the U.S., China, Russia, Japan and the U.N. and the IAEA, have made a lot of efforts to achieve North Korea's denuclearization but failed as a result. There will be various causes and backgrounds, but most diplomatic and security experts analyzed that the biggest reason for the North's failure to denuclearize was that it failed to pass the "wall of verification," and predicted that the biggest difficulty in achieving the North's denuclearization in the future is "verification."

In studying the technical verification of North Korea's nuclear program, I started with the following awareness of the problem: First, what obstacles and difficulties have been in the process of pushing for the denuclearization of North Korea over the past three decades? Second, what factors affect the verification of North Korea's denuclearization? Third, what is the effective application of technical verification?

From these problems, the focus of research was placed on the technical area

among the political and technical areas of verification. The political and technical aspects of verification are complementary and inseparable. Through the development of verification technology, the means and methods for nuclear verification can be diversified to facilitate political negotiations and responses, thereby facilitating trust relations among treaty parties. This study has focused on the research of the technical area of verification that has been lacking in research rather than on political aspects with relatively many research results.

On this study, we analyzed in terms of technical verification using the framework of criteria which has the theoretical background of the theory of denuclearization and verification deemed useful in the denuclearization of North Korea. Based on the case analysis of Libya's nuclear verification case, the North's failed nuclear verification process over the past 30 years was analyzed from a technical verification perspective and problems were drawn out and the technical verification application method was presented to be applied to the North's denuclearization process in the future.

Three small independent variables of technical verification were considered to be subject to verification, means of verification and methods of verification. First, verification means were divided into National Technical Means(NTM), Multinational Technical Means(MTM), international organizations, and verification organizations, and verification methods were divided into monitoring, inspection, sampling and analysis, and the subject to verification were classified into nuclear materials, nuclear weapons, nuclear facilities, and deliveries of nuclear weapon. We considered that the verification means affect decisions about the subjects of verification, and the subjects of verification mutually affect the choice of the verification means. We also assumed that the verification method affects the choice of the subjects of verification, and the subjects of verification interacts with the application of the verification method. We assumed that in technical verification, as the verification process progresses, three small independent variables of the subjects of verification, the means of verification and the verification method affect each other. If the elements that make up the technical verification work organically and complement each other, it could lead to higher chances of the North's denuclearization and, on the other hand, lower chances

of achieving the North's denuclearization if it doesn't work well.

From this study, we were able to derive significant findings on technical verification as follows. First, this paper provided a fundamental and objective answer to the cause of the failure of North Korea's denuclearization process for more than three decades. The crucial point of the breakdown of North Korea's denuclearization was the verification issue. North Korea's denuclearization was bound to fail because North Korea had never acknowledged the technical verification results by monitoring, inspection and scientific scrutiny, and rejected to give further clarification by the international community on the allegations.

Second, this paper provided criteria and direction to the subject of verification, the priority of verification, and access to effective verification means and methods through technical analysis of North Korea's nuclear program. It is believed that the technical assessment of the verification priority has provided criteria for verification means and methods by checking exactly what the verification targets are to achieve North Korea's denuclearization.

Third, the paper confirmed that the more effective national technical means(NTM) and multi-national technical means(MTM) are used in accordance with the development of science and technology, the more information imbalances can be addressed in the implementation of nuclear verification. Monitoring by satellites, which are products of technological development, allowing aerial reconnaissance to be conducted without a human being due to the opening of the airspace, and the use of multi-domain surveillance and detection equipment in the underground & ground, sea and air will enable the acquisition of information on the verification of North Korea's nuclear weapons to be easily achieved. Monitoring by satellites, which are products of technological development, allowing aerial reconnaissance to be conducted with or without a human being due to the opening of the airspace, and the use of surveillance and detection equipment in the ground, sea and air will enable the acquisition of information on the verification of North Korea's nuclear so that these help to be easily achieved of the purpose of the verification.

Fourth, this paper confirmed that it was possible to verify that various technical methods were applied to the monitoring, on-site inspection, sampling and analysis

methods in nuclear verification to dispel mutual misunderstanding and distrust and achieve confidence building. In the Libya's nuclear verification, various verification methods were applied to achieve nuclear and missile dismantlement and denuclearization. On the other hand, for the verification of North Korea's nuclear program, the international community was failed to properly apply technical verification methods such as monitoring, on-site inspections, sampling and analysis methods so that it was failed to verify its nuclear program.

The implications of this study are as follows. First, this study looked at denuclearization verification cases on the basis of verification theories based on the theory of denuclearization and the theory of verification based on arms control and attempted to apply them to verification of North Korea's denuclearization. Many studies have been done on the theory of denuclearization and arms control, and proving the theory through actual case studies on it, but there has been little evidence of the theory of verification through the study of verification and the actual case studies of it.

Second, this is the first study to attempt a study of technical verification. Most of the research involved general processes and analyses on verification, research on verification issues in nuclear negotiations, and effective verification strategies for the denuclearization in North Korea. but this paper is the only one that has studied technical evaluation and verification methods for the entire North Korean nuclear program.

Third, the research was done by linking scientific and technological fields to sociological research. Existing studies have taken a largely political approach to verification and ended with an analysis from a view of it. In this study, we tried to incorporate scientific thinking and analysis to prove objective facts and theories in terms of the verification process, verification subject, verification means, and verification methods, which are the most important aspects of North Korea's denuclearization.

Fourth, the research on technological verification is a research product that can actually contribute to realizing a nuclear-free Korean Peninsula by carrying out mutually reliable verification by applying it to the Korean Peninsula in the future. I

believe that North Korea's denuclearization without verification is nothing more than verbal entertainment. It is expected that academic research can be used in the process of verifying North Korea's nuclear program by agreeing in principle to negotiate the denuclearization of North Korea.

The limitations and future directions of research are listed below.

First, this study began with the assumption that the biggest hurdle to achieving North Korea's denuclearization was the verification field. I failed to consider and include all the various arguments because the study assumed the most dominant and difficult challenges in achieving the denuclearization of Nuclear Korea have been limited to the areas of verification. Thus, I hope that there will be studies that will not only affect verification but also include all of them.

Second, I believe that there has been insufficient research on the technical and political areas of verification. Verification is a process of intersecting political and technological domains. Moreover, given that diplomatic, economic and sociocultural situations and factors clearly influence verification, this study of the technical verification field may be the result of studies on limited areas. Therefore, I hope that in the future, there will be a series of studies demonstrating the verification theory by incorporating technical, political, diplomatic, economic and sociocultural factors that affect verification.

Third, it was very difficult to collect objective information to make a technical assessment of North Korea's nuclear and missile programs and to materialize technical verification targets, means and methods. It is true that specific information on North Korea's nuclear and missile programs is an area of military security and that it is difficult to trust objectively with the North's unilateral announcement and assertion alone. In this context, I hope that future access to military information will be the starting point for the people's right to know, to some extent, to come together to find an alternative solution to the problem.

**Key Words** : Denuclearization, Technical Verification, Verification Theory, National & Multinational Technical Means, On-Site Inspection, Monitoring & Interpretation, Analysis.



# 제1장 서론

## 제1절 연구의 배경 및 목적

북한의 핵문제가 국제사회에 알려지기 시작한 지가 30년이 넘게 지났지만, 북한 핵 개발 저지를 위해 남·북한 당사국은 물론 미국, 중국, 러시아, 일본 등과 국제연합(UN: United Nations), 국제원자력기구(IAEA: International Atomic Energy Agency) 등이 많은 노력을 해왔으나 결과적으로 실패해 왔다. 1992년 한반도 비핵화 공동선언 및 1994년 북·미 제네바 합의와 2005년부터 2007년까지 6자회담 합의의 산물인 9·19 공동성명, 2·13 합의, 10·3 합의 등 북한의 비핵화를 위한 많은 선언·성명·합의들이 이행 과정에서 매번 무산되고 말았다. ‘합의-파기-제재-위기-대화’ 등이 반복되면서 북한은 여섯 차례의 핵실험과 대륙간탄도미사일(ICBM: Inter-Continental Ballistic Missile)급으로 평가받는 화성-15형 발사 시험을 한 이후 2017년 11월 29일에 핵 무력을 완성했다고 선언하였다.

북한의 핵·미사일 개발과 핵무장을 위한 무모한 질주는 2018년 초 북한 김정은 국무위원장의 신년사를 계기로 급반전하여 한반도에 대화와 협력의 분위기가 지배하였다. 2018년 한 해에 남·북한 정상은 세 차례나 만나고 북·미 정상도 역사적인 첫 만남을 가졌다. 2018년 4·27 판문점 선언에서 남·북한은 ‘비핵화를 통해 핵 없는 한반도 실현을 공동 목표’로 하여 남북공동연락사무소를 설치하고 9·19 남북 군사합의서에 의한 군사적 적대 행위를 중지하면서 북한 핵에 대한 해결 방안에 기대와 낙관이 지배적이었다. 남·북한, 북·미정상회담의 가장 중요한 의제도 단연 비핵화에 관한 것이었다. 그러나 세계의 이목을 집중시켰던 2019년 2월 28일 하노이 북·미 2차 정상회담이 결렬되면서 북한의 비핵화에 관해 다시 우려와 비관적인 전망이 우세해지고 있다. 북한은 영변 핵시설 폐기를 조건으로 UN과 미국이 북한 인민 생활에 관련되는 경제제재를 해제하는 ‘단계적 이행’ 방안을 주장하고 있고, 미국은 북한이 영변을 포함하는 모든 핵 리스트 신고와 핵검증을 받아들이고 완전한 핵폐기에 합의를 요구하는 ‘포괄적 합의’를 주장하면서 핵협상은 교착상태에 빠지게 되었다. 하노이 2차 북·미정상회담 결렬 이후 7개월 만인 2019년 10월 5일 스웨덴에서 북·미 비핵화 실무협상이 개최되었으나 또다시 결렬되었다.

한편 북한은 2019년 5월 4일부터 11월 28일까지 KN-23 신형단거리탄도미사일, KN-25 신형대구경방사포, 선군 ATACMS(Army Tactical Missile System), 잠수함발

사탄도미사일(SLBM: Submarine Launched Ballistic Missile) 북극성-3형 등 13차례의 미사일과 방사포를 발사하였다. 2019년 연말에 북한은 평안북도 철산군 동창리 서해위성발사장에서 ‘중대한 시험’을 연이어 진행했다고 밝히면서 “믿음직한 전략적 핵전쟁억제력을 더한층 강화하는데 적용될 것”이라고 위협하며 한반도 위기를 한껏 고조시키고 있다. 북한 비핵화 달성에 대한 전망은 다시 비관적으로 돌아서고 있다.<sup>1)</sup>

지금까지의 북한 비핵화 추진 과정에서 무엇이 문제였을까? 많은 안보 및 외교 전문가들은 북한 비핵화 협상 및 이행 과정에서 ‘검증의 벽’에 막혀 실패를 거듭하였다고 진단을 내리고 있다. 검증 문제는 핵무기뿐만 아니라 재래식 무기 감축 협상에서도 항상 논란의 대상이 되어 왔다. 1988년 UN 군축위원회가 채택한 16개의 검증원칙 중 첫 번째 조항에서 “적절하고 효과적인 검증은 모든 군비제한 및 군축합의의 기본요소이다”라고 명시하고 있다. 이는 완전하고 절대적인 검증이 당사국간에 합의도 쉽지 않고 합의한 내용을 이행하는 과정도 쉽지 않다는 것을 단적으로 보여주고 있다.<sup>2)</sup>

2018년 통일연구원 주관으로 실시한 한반도 비핵화·평화체제 환경에 관한 인식조사에서도 국내 및 해외 전문가들은 북한 비핵화 과정 중 가장 어려운 과제로 48.3%가 ‘사찰과 검증’을 23.8%가 ‘북한 체제 안전 보장 방안’을 14.5%가 ‘비핵화의 수준과 범위’를 10.6%가 ‘이행의 단계별 보상 수준’을 각각 지목하였다.<sup>3)</sup> 대부분의 국내·외 전문가들이 북한 핵에 대한 ‘사찰과 검증’을 가장 어려운 과제로 전망을 하고 있다.<sup>4)</sup>

검증에 대한 연구는 정치적 측면(political aspect)과 기술적 측면(technical aspect)으로 구분할 수 있다. 정치적 측면에 관한 검증 연구는 검증 역사, 검증 정책의 변화와 발전과정, 국내·외 정치적 환경과 검증의 관계, 검증에 영향을 미치는 요소, 검증의 수용 범위 및 한계 등에 관한 연구이다. 반면에 기술적 측면에 관한 검증 연구는 검증 대상에 대한 기술적 평가와 대상 지정, 검증에 사용되는 기술적 장비를 포함하는 수단,

1) 북한의 미사일에 대한 명칭 부여는 미국은 KN(Korea North)에 식별된 순서에 따라 부여하고, 한국은 주로 미사일이 식별된 지역의 이름으로 하고 있다. 북한은 우주 발사체는 백두산, 은하, 광명성 등으로 전략군 화성 포병부대에서 운용하는 미사일은 화성으로 잠수함발사탄도미사일(SLBM)은 북극성으로 다양하게 명칭을 부여하고 있다. 박재완, “북한의 완전한 비핵화를 위한 폐기 및 검증 대상 분석,” 『2018년 합동화생방기술정보』, 2018(B), p. 59.

2) 남만권, 『군비통제 이론과 실제』, 서울: 한국국방연구원, 2004, p. 42.

3) 통일연구원, 한반도 비핵화·평화체제 환경에 관한 한국·해외 전문가 인식조사, 2018.

4) 검증(verification)은 ‘기술적, 제도적 수단에 의해서 얻어진 증거나 정보에 의해서 조약의 준수 여부를 증명하는 행위’이고 사찰(inspection 또는 on-site inspection)은 검증 방법의 하나로써 ‘현장에서 조사하여 확인하는 행위’이다. 전성훈, 『북한 핵사찰과 군비통제 검증』, 한국 군사·사회연구소 연구총서(94-2), 서울: 사단법인 한국 군사·사회연구소, 1994, p. 10.

검증 기술의 채택 및 적용, 과학적 측정 및 분석에 의한 검증 방법 등에 관한 연구이다. 1988년 UN 총회에서 채택한 검증 원칙 중의 하나로 ‘적절하고 효과적인 검증’이 있는데 적절하다는 것은 정치적 측면의 검증을 의미하고, 효과적인 검증은 기술적 측면의 검증을 의미한다고도 볼 수 있다. 그렇다고 학술적으로 검증의 정치적 측면과 기술적 측면을 명확히 구분하기도 어려우며 실제적으로는 검증은 정치적 영역과 기술적 측면이 교차하는 분야라고 보고 있다. 즉, 검증의 정치적 측면과 기술적 측면은 상호보완적이며 불가분의 관계라 할 수 있다.<sup>5)</sup> 검증 기술의 발전을 통해 핵검증에 대한 수단과 방법을 다양화하여 정치적 협상과 대응을 촉진시켜 조약 당사국 간의 신뢰 관계를 촉진시킬 수 있다. 본 연구에서는 그동안 비교적 많은 연구 결과가 있는 정치적 측면의 검증보다는 연구가 미진한 기술적 검증 분야에 대한 연구에 중점을 두고자 한다.

북한 핵에 대한 기술적 검증을 연구함에 있어 다음과 같은 문제의식으로부터 출발하였다. 첫째, 지난 30여 년 넘게 북한 비핵화를 추진하는 과정에 어떤 장애물과 난관이 있었는가? 둘째, 북한 비핵화 검증에 영향을 미치는 요소는 무엇인가? 셋째, 기술적 검증의 효과적인 적용방안은 무엇인가? 라는 측면에서 접근하였다.

북한의 검증은 국무위원장이 2019년 신년사에서 언급한 ‘핵무기를 만들지도 시험하지도 않으며 사용하지도 전파하지도 않겠다’고 한 말을 막연한 기대와 근거 없는 신뢰로 국가 안위를 담보할 수는 없다고 본다. 남·북한 정상회담, 북·미 정상회담을 통해 북한의 비핵화가 눈앞에 다가설 듯이 보였지만 2019년 세모(歲暮)에 한반도는 다시 북·미 사이에 대화와 협상보다는 비난과 대결 구도가 심화되고 있다. 그럼에도 불구하고 북한의 비핵화를 달성하여 한반도의 항구적인 평화를 이루어내야 하는 것이 시대적 소명이라고 볼 수 있다. 한국은 물론 관련국들은 북한의 과거, 현재, 미래의 핵프로그램에 대해 어떻게 검증하고 확실하게 폐기하여 비핵화를 달성할 것인가에 대한 진지한 성찰과 준비가 필요한 시점이라 생각한다. 따라서 본 연구의 목적은 북한 비핵화 달성에 최대 난관이 되고 있는 검증 과정에 영향을 미치는 요인과 첨단과학기술을 적용한 기술적 수단과 방법으로 북한의 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단 등 모든 검증 대상에 대해 효과적으로 확인하는 기술적 검증 측면의 분석과 그 적용방안에 관한 연구이다. 본 연구를 통해 30여 년 넘게 해법을 찾지 못하는 북한 비핵화 과정의 검증 달성을 위한 새로운 출발점이 되기를 기대해 본다.

5) 전성훈, 『군비통제 검증 연구: 이론 및 역사와 사례를 중심으로』, 서울: 민족통일연구원, 1992, pp. 5-6.

## 제2절 연구의 범위 및 방법

### 1. 연구의 범위

본 연구는 시간적으로 북한의 핵 개발 의혹이 국제사회의 현안으로 제기된 1989년부터 2019년 북한의 비핵화 범위와 단계, 경제제재 해제 문제로 협상이 난관에 봉착한 시기까지를 망라하고 있다.<sup>6)</sup> 특히 북한의 비핵화 과정에서 난항을 겪은 검증에 대한 사례 분석은 1992년 1월 한반도 비핵화 공동선언부터 2019년 10월 북·미 실무회담 시기까지를 중점적으로 검토하였다.

공간적으로 주로 한반도와 주변국인 미국, 중국, 러시아, 일본 등을 포함하고 있다. 다만 북한의 비핵화는 국제사회의 주요 관심분야로서 UN, IAEA와 핵확산금지조약(NPT: Nuclear non-Proliferation Treaty) 가입국과도 관련이 있다고 볼 수 있다. 또한 비핵화 성공 사례 국가인 리비아 등을 포함하고 있다.

연구의 구체적인 대상으로는 북한 비핵화에 관련된 검증 분야에 관한 것이다. 먼저 비핵화에 대한 개념에 대해서도 한국과 미국, 북한이 주장하는 정의가 다르다. 한국과 미국이 주장하는 한반도의 비핵화는 북한의 핵개발 중단 및 핵무기 폐기가 핵심이고, 북한이 주장하는 비핵화는 미국의 핵우산 저지, 주한미군의 한반도 철수와 한·미동맹의 와해가 핵심이다.<sup>7)</sup> 따라서 본 연구에서는 북한이 주장하는 한반도의 비핵화에 대한 개념은 연구 대상에서 제외하고 한국과 미국이 주장하며 UN 회원국들이 대부분 지지하고 있는 북한의 핵개발을 영구적으로 포기하고 모든 핵무기를 폐기하는 비핵화 개념을 ‘북한의 비핵화’로 정의하고 이를 달성하기 위한 검증에 관해 논의를 하고자 한다.

이론적인 배경으로는 비핵화 이론과 검증 이론이 될 것이다. 먼저, 비핵화 이론은 비핵화 개념과 정의, 비핵화 과정, 비핵화 방식에 관한 이론들을 살펴보고 북한 비핵화를 달성하는 데에 가장 유용하고 적실한 이론을 모색하고자 한다. 즉, 비핵화에 관한 용어의 정의와 비핵화를 달성하는 데에 영향을 미치고 촉진할 수 있는 요소들이 무엇인지를 이론적 토대 위에서 살펴보고, 비핵화의 과정은 어떠한 순서 또는 단계로 이루어지는 것이 비핵화 목표를 달성하는 데에 효과적인지를 논해 본 후 비핵화의 방식의

6) 북한의 핵개발 의혹은 1989년 프랑스의 한 상업위성이 북한 영변 핵시설 사진을 공개함으로써 국제사회에 제기되었다. 그러나 미국은 그보다 7년 전인 1982년부터 북한 영변을 극비리에 감시해 오고 있었다. 이상철·김옥준, 『국제협상: 이론과 실제』, 대구: 계명대학교 출판부, 2016, pp. 279-280.

7) 전성훈, “북한의 ‘비핵화’와 韓美의 ‘비핵화’는 다르다,” 『한국군사문제연구원』 제3차 KIMA FORUM, 아산정책연구원, 2018, p. 1.

합리적인 접근에 대해 연구하고자 한다.

둘째, 검증 이론은 검증의 개념과 정의, 검증 구성 요소, 기술적 검증에 관한 이론들을 살펴보고자 한다. 검증은 정치적인 분야와 기술적인 분야가 서로 민감하게 교차하는 영역이지만 지금까지 검증에 관한 연구들이 대부분 정치적 분야에 관한 연구가 주류를 이루어 왔다. 즉, 국제관계 속에서 정치적·외교적 측면의 검증에 관한 연구, 비핵화 협상 과정에서의 검증에 관한 연구, 해외 검증 사례를 비교분석한 검증 방안에 대한 연구, 협력적위협감소프로그램 등을 중심으로 검증방안에 대한 연구, 검증을 위한 정책적 고려에 관한 연구 등이 있어 왔다. 북한의 비핵화는 전 세계가 주목하고 한반도는 물론 국제 평화에도 중대한 영향을 미칠 수 있는 문제이다. 북한의 비핵화를 목표로 정치적 협상과 결심을 하는데 보다 중요한 것은 기술적으로 매우 민감하고 핵심적인 검증에 관한 내용들을 이해하고 협상에 참여해야 한다는 것이다. 북한의 비핵화를 위한 지난 30여 년을 반추해 보면 결정적으로 북한이 반발하고 협상을 결렬시킨 배경은 현장 특별사찰과 시료 채취 및 분석 등 기술적인 검증에 의해 과거와 현재, 미래의 핵이 모두 노출될 위험성을 인식하였기 때문이라고 판단된다. 비핵화를 위한 검증 과정에서 과학기술에 기반하여 검증 대상의 범위를 어떻게 기술적으로 선정할 것인지와 검증 대상에 어떠한 기술적인 수단과 방법들을 사용할 것인지에 대한 상호 함의를 통해 검증을 실시하여 서로 신뢰를 구축하고 목표를 달성하는 것이 무엇보다 중요하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 정치적 검증 분야는 배제하고 기술적 검증 분야에 집중하고자 한다.

관련 사례 분석은 2003년 핵검증을 받아들이고 핵폐기를 성공적으로 완료한 리비아 비핵화 사례를 포함하고 있다. 리비아 사례는 북한이 공개적이고 적극적으로 반대하는 비핵화 사례이다. 그러나 정치적, 외교적, 경제적 측면 뿐 만이 아니라 기술적 검증에 대한 접근 및 해결 방안이 북한 비핵화에 참고하고 준용할 부분들이 적지 않음을 발견할 수 있다. 남아프리카공화국 비핵화 사례는 자체적으로 핵폐기를 주도한 사례이고, 우크라이나를 포함한 구소련에서 독립한 국가들의 비핵화 사례는 소련에서 개발한 핵무기를 보유하고 있다가 다시 러시아에 대부분 반환한 사례로 북한 비핵화에 적용하기는 다소 적실성이 부족하다고 판단하였다.

북한의 비핵화를 위한 기술적 검증 방안에 대한 연구는 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법으로 한정하였다. 첫 번째로 검증 과정은 협상과정, 정보수집 및 분석 과정, 판단 및 대응 단계로 구분하여 연구하였다.<sup>8)</sup> 두 번째로 검증 대상은 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단 등으로 구분하여 연구하였다.<sup>9)</sup> 세 번째로 검증 수단은 국가

및 국제 기술수단, 국제 기구, 검증 기구 등으로 구분하여 연구하였다. 네 번째로 검증 방법은 감시, 사찰, 시료채취 및 분석 등으로 구분하여 연구하였다. 본 연구에서는 기술적 측면의 검증을 적용한 사례분석을 통하여 북한 핵에 대한 검증 과정을 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 등 기술적 검증 측면에서 분석하고 문제점을 도출하여 향후 적용방안을 제시하고자 한다.

## 2. 연구의 방법

본 논문에 적용한 연구방법은 북한 비핵화와 검증에 관련된 국내·외 문헌과 대학 및 연구기관에서 발표된 학술자료, 정책보고서, 연구보고서, 기술보고서 등을 활용한 문헌연구 방식이다. 특히, 통일부, 외교부, 국방부, 원자력안전위원회 등 정부기관과 정부기관 산하 통일연구원, 국립외교원, 한국국방연구원, 국방부 군비통제검증단, 한국원자력통제기술원, 한국원자력연구원 등에서 제공하는 공신력 있는 정책 자료 및 연구보고서와 민간 연구소인 세종연구소, 아산정책연구원 등의 국가안보 현안 진단 보고서 등을 활용하여 객관성과 논리성을 도모하였고, 외국문헌과 언론보도 자료 등을 활용하여 국내문헌의 미흡한 점을 보완하고자 하였다.

연구의 목적에서 제시한 세 가지 문제 제기에 대한 접근을 위해 기존의 연구 논문, 학술지, 정책연구서, 연구보고서, 기술보고서 등의 선행연구 결과를 제시하고자 한다. 그리고 본 연구는 북한의 비핵화를 위한 기술적 검증 방안을 모색하고자 아래와 같은 연구방법을 설정하였다. 첫째, 국제사회의 핵검증을 수용하고 핵폐기에 성공한 국가의 비핵화 사례 분석방법을 적용하였다.

둘째, 본 연구는 북한의 비핵화 검증을 위한 특정 현상에 대한 심도 깊은 이해와 분석을 통해 해결 방안을 찾는 질적 연구방법을 적용하였다.

셋째, 북한의 핵개발 과정, 핵검증에 실패한 지난 30여 간의 핵검증 과정, 핵보유와 검증에 관한 이론 등은 기존의 연구문헌 등을 참고하여 제시하는 문헌 연구방법에 의존하였다.

넷째, 북한의 비핵화를 위한 핵프로그램과 검증 대상에 대한 구체적이고 기술적인 분석 자료는 국방부 산하 군비통제검증단, 원자력안전위원회 산하 한국원자력통제기술

8) 전성훈, 앞의 책(1992), pp. 18-21.

9) 박재완, “북한의 비핵화를 위한 효과적인 북핵검증 방안 연구,” 『한국동북아논총』 제23집 제3호(통권 88호), 2018(A), p. 6.

원, 한국원자력연구원 등 공신력 있는 기관의 공개된 자료를 활용하였다.

다섯째, 핵검증에 관해서는 국방부, 원자력안전위원회 주관 하에 실시하는 민·관·군 정례 세미나 및 심포지엄에 참가하여 다양한 의견을 수렴하였고, 외교부, 국방부, 원자력안전위원회 등 주요직위자와 실무자들의 의견을 직접 수렴하여 핵검증을 위한 해법을 모색하는 실증적 접근방법을 적용하였다.

특히 본 연구가 기존 연구와의 차별성을 위해 기존 북한의 비핵화를 위한 다른 국가들의 사례연구, 모델 제시, 협상 방안 등의 일반적인 연구방법의 한계에서 벗어나 북한의 비핵화 달성에 가장 난관과 장애가 되었던 검증 분야의 기술적 측면을 집중적으로 연구하고 기술적 검증 적용방안을 제시하여 향후 북한 비핵화 과정에 접목하여 북한 비핵화를 성공적으로 달성하고자 한다.

전개 과정으로 본 논문은 총 6장으로 구성되어 있다. 제1장 서론으로 연구의 배경과 목적, 연구의 범위와 방법, 선행연구를 포함하였다. 이어 제2장은 이론적 배경과 분석의 틀로 핵검증의 사례와 현상을 개념화하고 가설을 입증할 수 있는 이론으로 비핵화 이론, 검증 이론 등을 살펴보고 이 이론적 토대위에서 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 측면에서 비핵화를 이루는 인과 관계를 살펴보는 분석의 틀을 제시하였다. 제3장은 사례분석으로 리비아의 핵검증 수용 및 비핵화 성공 사례를 기술적 검증 측면에서 분석하여 시사점을 도출하였다. 제4장은 리비아 핵검증 사례분석을 토대로 북한의 검증 과정을 1992년 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’과 1994년 ‘북·미 제네바 합의’, 2003년부터 진행된 ‘6자회담’을 중심으로 분석하였다. 이를 통해 북한의 모든 핵프로그램에 대해 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 측면에서 기술적 분석을 하고 문제점을 도출하여 향후 적용방안에 대한 방향을 제시하였다. 제5장은 북한 비핵화 달성을 위한 검증과정에서 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법에 대한 기술적 검증 적용방안을 제시하였다. 제6장은 결론으로 연구 결과의 의미, 학문적 함의, 정책적 제안사항, 연구의 제한사항과 향후 연구 방향에 대해 제시하였다.

### 제3절 선행연구 검토

지난 30여 년 넘게 많은 정치·외교·안보·군사전문가들은 북한의 비핵화와 관련하여 많은 연구를 하여 왔다. 1990년대에는 북한이 핵개발을 한 동기와 국제 비확산 체제를 훼손하는 북한의 행태 분석과 이에 대응하려는 미국의 대응과 협상전략 등에 관한 연구들이 주로 이루어졌다. 이후 2002년에 북한의 농축우라늄 문제가 표면화되고 6자회담이 진행되면서 6자회담의 유용성과 성과 등에 관한 연구와 특히 중국과 미국의 역할을 국제관계 이론 안에서 분석하는 연구들이 많이 있었다. 2008년 12월 이후 6자회담이 더 이상 이루어지지 않고 북한의 지속적인 핵실험과 탄도미사일 발사로 대화와 협상을 통한 해결에 회의적인 시각이 지배적으로 되면서 북한의 핵과 미사일 능력에 대한 억제와 방어력을 구축하고 대북제재와 고강도 압박 정책에 관한 연구들이 주류를 이루었다. 또한 비핵화에 성공한 국가들과 실패한 국가들의 사례분석을 토대로 북한의 비핵화 해법을 찾으려는 노력도 병행되었다. 2017년 출범한 한국의 문재인 정부가 ‘북핵 문제의 평화적 해결 및 항구적 평화정착’을 국가안보 목표의 하나로 제시하고 이를 실천하기 위한 국가안보전략과제로 ‘한반도 비핵화 및 항구적 평화정착 추진’을 제시하면서 대화와 협상을 통한 북핵 문제의 해결과 군비통제, 평화체제 구축에 관한 연구들이 활발하게 진행되고 있다.<sup>10)</sup>

본 논문에서 북한의 비핵화와 검증에 관련된 선행연구는 크게 4가지로 분류하였다. 첫째, 북한의 비핵화에 관한 이론적인 배경과 관련된 선행연구이다. 둘째, 핵 포기를 하거나 핵검증을 수용하여 비핵화를 이룬 국가들의 사례연구에 관한 선행연구이다. 셋째, 북한 핵검증에 관한 선행연구이다. 넷째, 북한의 핵프로그램에 대한 기술적 접근 및 검증에 관한 선행연구이다.

첫째, 북한의 비핵화에 관한 이론적인 배경과 북핵 문제를 해결하기 위한 전략, 방안 등에 관련된 선행연구는 매우 광범위하게 진행되어 왔다. 본 논문에서는 비핵화에 관한 많은 연구 분야 중에서 비핵·평화체제 관점에서 북한의 비핵화를 위한 연구들을 주로 검토해 보고자 한다.

김열수는 『국가안보: 위협과 취약성의 딜레마』에서 국제관계의 이론을 일목요연하게 정리를 하였다. 국제관계 이론 중 자유주의적 시각은 국제관계에서 항상 갈등과 대결만이 있는 것은 아니라 대화와 협력도 있다는 것이다. 국제관계 속에서 국가 간의

10) 국가안보실, 『문재인 정부의 국가안보전략』, 서울: 국가안보실, 2018, p. 21.



협력이 위협을 감소시키고 상호 이익을 창출함으로써 서로 다른 분야로 확대(spill-over)되고 상호 의존하게 되어 위협을 감소시킬 수 있다는 것이다. 국가 간에 합의한 조약 등 국제규범도 국가들의 분쟁을 제약할 수 있다는 것이다. 이러한 자유주의적 시각의 안보 대안은 국제법, 집단안보, 군비통제, 통합 등이 될 수 있다고 보고 있다. 국가안보를 “국가이익을 보존하고 향상시키기 위해 국내·외의 위협을 감소시키고 취약성을 감소시키는 행위”라고 정의하고 있으며 국가안보를 연구하는 이들에게 유용하게 참고 되고 있다.<sup>11)</sup>

이상현 등 11명은 “북한 비핵화 관철을 위한 추진전략” 연구에서 기존의 북한 비핵화를 위한 연구들이 많이 있어 왔지만 결국에는 북한의 핵문제를 해결하지 못하고 북한의 핵능력을 고도화시키는 우를 범하고 말았다는 것이다. 즉 기존의 연구들은 북한의 핵·미사일 위협에 대비하여 대북 억지태세를 강화하면서 협상력을 강화해 비핵화를 추진하는 연구, 북한의 핵개발 동기에서 비핵화 해법을 찾는 연구, 국제정치나 국제관계의 틀 속에서 비핵화 해법을 찾는 연구, 대북 제재를 통한 비핵화 추진에 관한 연구들이었으나 결과적으로 실효성 있는 정책대안으로 적용이 되지 못하였다는 반성에서 출발하였다. 북한의 비핵화 해법을 단순히 사회과학적 시각에서 접근하기보다는 심리학, 경제학, 커뮤니케이션, 핵공학 등의 다학제적(interdisciplinary) 접근을 시도하였다. 효과적이고 적실성 있는 북한의 비핵화 추진 전략을 도출하기 위해 좀 더 포괄적이고 다층적인 학문적 접근을 시도하였다는 점에서 기존의 연구와 차별성이 있다고 판단된다.<sup>12)</sup>

전봉근은 “북핵 시나리오 분석과 한반도 비핵·평화체제 추진체계” 연구에서 북핵 시나리오와 북핵 정책 옵션을 분석하여 비핵·평화체제 구축 필요성을 제기하고 비핵·평화 체제 구축을 위한 환경과 기회 요인을 평가하여 한반도 비핵·평화체제 구축 체계와 전략 로드맵을 제시하였다. 한반도 비핵·평화체제를 달성하기 위한 전략 로드맵은 동결 예비협상 단계인 사전 단계, 비핵·평화공존체제 기반 조성 단계인 북핵 동결 단계, 비핵·평화공존체제 심화 단계인 북핵 불능화 단계, 비핵 평화·공존체제 완성 단계인 비핵화 완성 단계 등 총 4단계로 구분하였다. 핵심 프로세스로 비핵화, 평화협정, 북·미관계, 남북관계 및 군비통제, 한·미동맹, 동북아 안보협력 및 평화체제, 경제·에너지 협력 등 7개를 선정하여 제시하였다. 이는 한반도 비핵·평화 체제 구축의 핵심인 비핵화 단계를 동결과 폐기로 구분하고 이를 다시 동결은 사전 준비 단계와 북핵 동결

11) 김열수, 『국가안보: 위협과 취약성의 딜레마』, 서울: 박영사, 2017, pp. 3-63.

12) 이상현 등 11명, 『북한 비핵화 관철을 위한 추진전략』, 세종연구소, 2016, pp. 66-207.

단계로 구분하고 폐기 단계를 불능화 단계와 최종적인 비핵화 완성 단계로 세분하여 포괄적, 다원적 전략 로드맵을 제시한 것으로 평가할 만 하다.<sup>13)</sup>

조성욱은 “한반도 비핵화의 단계적·포괄적 해법 연구: 평화체제 구축과 군비통제 관점” 연구에서 북핵 문제 해결을 한반도 평화체제의 구축과 군비통제의 실행문제와 연관시켜 단계적·포괄적 차원으로 접근하는 해결방안을 연구하였다. 북한의 핵문제 해결을 위하여 3단계의 접근 방법을 제시하였다. 즉, 1단계는 평화적인 준비·신뢰 구축 단계로 ‘현재 핵문제’를 해결하기 위하여 군사적 긴장완화와 신뢰 구축이 최우선적으로 요구된다는 것이다. 2단계는 평화체제 구축·운용적 군비통제 단계에서는 ‘미래 핵문제’ 해결을 위해 운용적 군비통제가 필요하다는 것이다. 3단계는 평화체제 정착·구조적 군비통제 단계에서는 ‘과거 핵문제’를 해결하기 위해 구조적 군비통제가 필요하다는 것이다. 북핵 문제에 대한 단계적·포괄적 접근방법은 군비통제의 실행을 통해서 남·북한의 평화공존뿐 아니라 동북아의 항구적인 평화 달성에 도움을 주는 이론적 토대를 제공하는 면에서 가치가 있다고 평가할 만 하다. 다만 북한의 비핵화를 달성하는 데에 평화체제 구축에 중점을 두고 제재가 핵 포기의 결정적 요소가 아니라는 주장에 대해서는 논란의 여지가 있다고 평가된다.<sup>14)</sup>

둘째, 비핵화를 달성한 국가들에 대한 사례연구를 통해 비핵화 모델을 제시한 연구들이다. 핵문제의 해결과정에서 일반적이고 공통적인 해법은 없을 것이다. 국가마다 처한 안보상황과 국가가 추구하는 이익이 다르고 정치지도자의 의지와 신념에 따라 차이가 크기 때문이다. 비핵화에 성공한 국가들의 사례를 통해 북한의 비핵화 촉진에 적용해 보는 것은 매우 의미가 있을 것으로 보인다.

주한 우크라이나 대사를 지낸 볼로디미르 벨라쇼프는 “우크라이나 비핵화: 한반도 비핵화에 주는 교훈” 연구에서 우크라이나의 경험에서 북한의 비핵화를 달성하는 데에 적용할 수 있는 부분이 많다고 하였다. 우크라이나 비핵화 과정이 주는 시사점은 국가 차원에서 핵 보유 시 국가이익보다 핵을 포기할 시 얻을 수 있는 국가이익이 더 크다고 판단하였고 이에 미국과 러시아가 안전보장과 적절한 경제적 보상, 평화적 핵 이용에 대한 기술적 지원 등을 제공한 것이 비핵화 과정을 성사시킨 중요한 요인이라고 보았다. 여기에 비핵화를 원하는 국가지도자의 정책 의지와 신념, 이를 지지하는 국민과 여론의 역할 등이 추가적인 비핵화 성공 요인이었다고 보았다. 북한의 비핵화는 무엇

13) 전봉근, “북핵 시나리오 분석과 한반도 비핵·평화체제 추진체계,” 『IFANS』 2017-46, 2017, pp. 1-30.

14) 조성욱, “한반도 비핵화의 단계적·포괄적 해법 연구: 평화체제 구축과 군비통제 관점,” 북한대학원대학교 박사학위 논문, 2018, pp. 21-59.

보다 북한 정권의 정치적 결단이 필요하고 북한 핵 상황에 맞는 맞춤형 접근법과 국제 사회의 공조가 중요하다고 결론을 제시하였다.<sup>15)</sup>

박병인 등은 “글로벌 핵 비확산 레짐과 소련 3국 핵 포기 촉진 요인 연구”에서 1991년 소련연방 해체 이후 우크라이나, 카자흐스탄, 벨라루스 등 소련 3국의 핵 포기 요인을 분석하였다. 소련 3국의 비핵화는 NPT 체제하 강대국들의 집단안전보장의 실현, 핵 포기에 따른 대규모의 경제적 보상과 지원이라는 국제적 요인과 자국이 핵을 안정적으로 관리할 수 있는 기술적, 재정적 한계의 인식, 핵 보유 보다 핵 포기 시에 국가이익의 증대라는 정권 지도부의 상황인식 등 국내적 요인에 기인한다고 보았다. 이를 통해 북한에 주는 시사점은 북한의 체제 변화를 모색해야 한다는 것이다. 소련 3국은 사회주의체제와 결별하고 서방과의 협력 속에서 국가를 재건하고자 하였다. 그러나 북한은 체제 보장을 무엇보다 강하게 원하고 있어 국제사회와 함께 북한 체제 붕괴에 대한 두려움을 해소시키면서 체제 변화를 유도해야 한다는 것이다. 또한 북한의 비핵화를 위해서 기존의 적대적 동북아 안보구조가 상호 협력적 안보구조로 변화되어 북한의 변화를 유도해야 한다고 주장하고 있다.<sup>16)</sup>

박휘락은 “핵폐기 사례의 분석과 북핵 문제에 대한 함의” 연구에서 핵무기 폐기 사례를 분석하였다. 핵무기 개발 동기, 핵개발의 결과와 투입, 협상의 시작과 조건, 폐기 이행 등 4가지 기본 범주에 세분화된 10가지 비교요소를 적용하여 남아프리카공화국, 우크라이나, 리비아, 이란 등 4개국에 대해 분석하였다. 남아프리카공화국 등 4개국의 핵무기 개발 동기는 다양하지만 핵포기를 결정하게 되는 가장 주된 이유는 안보상의 문제이고 안보의 문제가 해결되었거나 핵무기를 보유 시 안보가 더 불안할 때 핵포기 결정을 스스로 내린다는 것이다. 핵포기를 유도하기 위해서는 해당국의 안보불안을 해소해주면서 해당국의 정치 주체가 합리적인 판단을 하도록 지속적으로 설득해 나가는 것이 중요하다고 분석을 하고 있다. 따라서 북한 핵포기에 대한 필요한 동기를 부여하여 북한 스스로 핵포기를 하도록 유도하는 것이 무엇보다 중요하다고 주장하였다. 또한 한국은 남·북한 간의 군사적 긴장완화 조치를 통해 지속적인 신뢰구축을 하여 북한의 안보적 불안감을 줄여주고 핵을 계속 보유할 경우 견딜 수 없는 고통이 배가된다는 사실을 인식시켜 북한 스스로 핵포기의 전략적 결단을 내리도록 해야 한다고 제안하고

15) 블로디미르 벨라쇼프, “우크라이나 비핵화: 한반도 비핵화에 주는 교훈,” 정책포럼, 제주평화연구원, 2009, pp. 1-15.

16) 박병인·이수혁, “글로벌 핵 비확산 레짐과 소련 3국 핵포기 촉진요인 연구,” 『유라시아 연구』 제10권 제 3호, 2013, pp. 61-72.

있다. 그러나 북한의 경우 핵무기에 대한 집착과 간절함이 어느 국가보다 크고 북한 정권의 독특한 폐쇄성으로 인해 자발적인 핵포기를 유도하는 것이 어느 정도 효과를 보일 수 있는지에 대해서는 논란의 여지가 있다.<sup>17)</sup>

김근식은 “비핵화 모델의 사례와 교훈: 문재인 정부의 ‘코리아 모델’은 성공 가능할까?” 연구에서 비핵화 성공사례와 실패사례 모델을 제시하면서 한국 문재인 정부의 비핵·평화 프로세스에 관한 성공 전망을 하였다. 비핵화 주요 성공 요인으로 리비아는 국제제재의 효과, 우크라이나는 핵을 보유하고 운용할 핵 기술의 취약성, 남아프리카공화국은 국내적 정권 교체로 인한 대통령의 결단으로 보았다. 비핵화 실패사례로 파키스탄 모델에서는 실패의 요인으로 인도·파키스탄의 오랜 적대관계 속에서 미국과 소련 등 강대국의 전략적 필요성 때문에 핵무기를 용인한 결과라고 보았다. 그러나 비핵화 성공, 실패 사례 국가를 분석해 보면 정치적, 외교적, 군사적, 경제적, 기술적 요인들이 상호 연관되고 복잡한 국가이익의 판단 하에 이루어진 결정임을 간과하고 있다고 판단된다.<sup>18)</sup>

셋째, 북핵문제 해결을 위한 검증에 관한 연구이다.

전성훈은 『군비통제 검증 연구: 이론 및 역사와 사례를 중심으로』에서 검증의 이론과 역사적 사례를 체계적으로 제시하였다. 검증의 정의와 국제 레짐과 검증의 관계, 검증의 역사와 사례를 토대로 남·북한 검증 정책의 발전방향에 대해 논리적이고 실증적으로 제시하였다. 또한 한국군사·사회연구소에서 펴낸 『북한 핵사찰과 군비통제 검증』<sup>19)</sup>에서 북한 핵문제에 대한 사찰 개념과 추진 상 제한사항, 이를 극복하기 위한 검증 정책에 대한 추진방안에 대해 제시를 하고 있다. 특히 북한이 거부감을 갖고 있는 현장사찰과 상주감시소 운영 등에 대한 대안으로 남·북한 영공개방에 대한 협정 체결이 가장 경제적이고 효과적인 검증방법이 될 것이라고 제안을 하였다. 후학들이 검증과 검증의 핵심 분야인 사찰에 대한 개념을 이해하고 접근 및 추진 정책을 수립하는데 매우 가치가 높은 연구서적 이라고 평가된다. 그러나 검증의 영역 중 정치적 측면에 초점을 맞추고 기술적 측면에 대해서는 연구를 제외한 점이 한계로 보인다.<sup>20)</sup>

문주현·박병기는 “북핵프로그램의 성공적 검증·폐기를 위한 고려사항” 연구에서 소

17) 박휘락, “핵폐기 사례의 분석과 북핵 문제에 대한 함의,” 『한국군사학논집』 제74집 제3권, 2018, pp. 190-211.

18) 김근식, “비핵화 모델의 사례와 교훈: 문재인 정부의 ‘코리아 모델’은 성공 가능한가?,” 『한국과 국제정치』 제35권 제1호, 2019, pp. 33-66.

19) 전성훈, 앞의 책(1994), pp. 3-114.

20) 전성훈, 앞의 책(1992), pp. 5-104, 125-177.

련과 이라크의 WMD 검증 및 폐기 과정에서의 문제점을 토대로 정책적으로 고려해야 할 사항을 제시하였다. 즉 북한 핵 신고에 대한 완전성을 판단할 수 있는 기준 마련, 검증 분쟁 조정기구 설치, 핵폐기 대상의 순차적인 확대 도모, 검증 요원들에 대한 사전 교육 및 훈련 프로그램 마련, 범정부적 검증기구 발족 및 예산 마련 등 정책적 제안을 하였다. 소련에 대한 분석은 협력적 위협감소 프로그램(CTR: Cooperative Threat Reduction)에 대한 분석과 이라크에 대한 분석은 UNSCOM(United Nations Special Commission)과 UNMOVIC(United Nations Monitoring, Verification and Inspection Commission) 조직에 대한 편성과 소속 직원의 훈련 상태, 기술적 역량에 대해서만 부분적으로 이루어졌다는 점이 논문의 한계로 보인다.<sup>21)</sup>

박동형은 “북한 핵협상시의 검증 문제 연구”에서 1992년 남북비핵화공동선언, 1994년 북·미 제네바 합의, 2005년부터 2007년까지 6차회담 결과 9·19 공동성명, 2·13 합의, 10·3 합의 등이 있었지만 이를 이행하는 과정에서 실패한 과정을 주로 분석하였다. 실패한 원인을 북한이 핵검증 협상에 본질적으로 부정적인 태도를 보여 왔으며 핵협상 과정에서 과거 핵에 대한 검증을 허용하지 않았고 한국 및 미국 정부도 합의 이행에 필요한 검증의정서 합의에 소홀했기 때문으로 분석을 하였다. 최초신고서 제출과 이를 검증하기 위한 현장사찰, 시료채취 및 분석, 핵관련 인원들에 대한 인터뷰, 문서 확인 등의 방법이 이루어져야 한다고 주장하고 있다. 이 연구 논문은 북핵 협상에서의 검증 논란에 대해 남북비핵화공동선언 이행 등 세 단계로 구분하여 검증 실패에 대한 핵심적인 분석은 잘 하였으나 북한 핵검증에 대한 실제적이고 구체적인 방안 제시가 없는 점이 한계로 보인다.<sup>22)</sup>

최강은 “다시 완전한 핵폐기에 집중할 때다”에서 미국과 한국의 일부 관료와 안보 전문가들에 의해 영변 핵시설과 장거리 미사일 발사 동결, 부분적 신고를 주요 내용으로 하는 부분 비핵화 주장이 제기되고 있다고 보고 있다. 이런 해법은 사실상 북한을 핵보유국으로 인정하고 앞으로의 협상을 비핵화가 아닌 핵군축으로 성격이 변질될 우려가 높아질 것이라고 우려를 나타내고 있다. 또한 이러한 주장은 북한의 핵·미사일 위협에 한국이 그대로 노출된 상태가 되고 한반도에 불가역적인 평화가 아닌 북한의 선의에 의존하는 불안정한 평화가 지속될 것이라고 지적하면서 북한으로부터 비핵화의 개념과 범위, 로드맵 등과 같은 근본적이고 핵심적인 문제에 대한 명확한 입장을 요구

21) 문주현·박병기, “북핵프로그램의 성공적 검증·폐기를 위한 고려사항,” 『방사선폐기물학회지』 겨울호 Vol. 7/No. 3, 2009, pp. 143-151.

22) 박동형, “북한 핵협상시의 검증 문제 연구,” 『국제정치논총』 제50집 1호, 2010, pp. 120-139.

하고 이행을 얻어 내야 한다고 주장하고 있다.<sup>23)</sup>

김병권은 “북한 핵문제와 핵검증에 관한 연구: ‘협력적 위협감소’ 방안을 중심으로”에서 북한 핵 문제의 근원적인 해결책을 대화를 통해 해결하기 위한 검증방안을 연구하였다. 핵검증의 이론적 배경으로 군비통제 개념을 적용하면서 운용적 군비통제인 신뢰구축 사례로 헬싱키 최종합의서, 비엔나 협약, 스톡홀름 협약 등을 살펴보고 구조적 군비통제의 사례로 유럽상호감군협상과 유럽재래식전력감축협상을 연구하였다. 소련 해체 이후 적용되어 성과를 보인 협력적 위협감소 방안(CTR)을 북한 핵검증의 적용방안으로서 제시한 것이 특징적이고 북한 핵문제의 정치적 접근과 검증이라는 공학적 관점을 종합했다는 데에 학문적 의미가 있다. 그러나 북한 핵문제 해결을 위한 핵검증의 정확성과 완전성을 달성하는 방법론적인 측면에서 구체적인 제시가 미흡하다고 판단된다.<sup>24)</sup>

박재완은 “북한의 비핵화를 위한 효과적인 북핵검증 방안 연구”에서 북한의 핵포기와 핵폐기를 통한 북한의 비핵화를 달성하기 위해서는 북한 핵 리스트에 대한 진정성 있는 신고와 검증이 관건이 될 것이라고 보았으며 검증이 비핵화 전체 단계에서 필요하다는 점을 강조하고 있다. 북핵 폐기의 효과적인 검증방안으로 북한의 핵폐기에 대한 진정성 확인 및 실행 가능한 검증의정서 세부 조항 등에 합의를 하고, 지속가능한 북한 비핵화 추진을 위한 신뢰구축 조치 등이 병행되어야 함을 주장하였다. 특히 북한 핵폐기에 검증단의 일원으로 한국의 참여를 주장하였는데 이는 핵확산금지조약(NPT) 검토가 필요한 사항이지만 한국이 북핵 폐기의 핵심당사국으로 검증 참여 명분을 설득하고 그 능력을 구비하는 데에 타당한 제안이라 평가된다.<sup>25)</sup>

김일기·안제노는 “북한의 완전한 비핵화를 위한 검증 전략”에 관한 연구 결과를 제시하였다. 검증 협상은 ‘포괄적·일괄 타결’ 방안을 모색해야 하며, 이행 과정은 ‘단계적이고 점진적으로 추진’해야 한다고 주장하고 있다. 검증 목표는 과거와 현재, 미래의 모든 핵무기와 핵프로그램의 폐기이며 검증 주체는 미국이나 IAEA로 주로 구성될 수 있으나 당사자인 한국의 참여를 정부 차원에서 추진해야 하며 검증 절차는 핵 신고서를 제출하고 현장사찰 및 시료분석, 추가사찰 등으로 진행해야 하고 핵심 검증 대상에

---

23) 최강, “다시 완전한 핵폐기에 집중할 때다,” 『THE ASAN INSTITUTE for POLICY STUDIES』, 2019, pp. 1-3.  
 24) 김병권, “북한 핵문제와 핵검증에 관한 연구: ‘협력적 위협감소’ 방안을 중심으로,” 단국대학교 박사학위 논문, 2016, pp. 7-51, pp. 126-158.  
 25) 박재완, 앞의 논문(2018, A), pp. 161-179.

대해 최대한 검증 절차를 축소, 단축해야 한다고 주장하고 있다. 이 논문은 북한 비핵화에 대한 검증 전략을 검증 협상, 검증 목표와 주체, 검증 범위와 절차 등에 관해 일반적인 북한의 비핵화 검증 방안을 제시하는 수준으로 검증 전략 수준의 검증 목표와 수단과 방법에 대해 논리적으로 제시하지 못한 점이 한계로 평가된다.<sup>26)</sup>

최정현은 “북한 핵폐기와 검증의 딜레마” 라는 논문을 통해 북한의 핵문제도 더 이상 추상적인 수사(rhetoric)를 교환하는 단계가 아닌 검증에 대해 본격적으로 논의할 단계라고 하였다. 북핵 검증에 대해 향후 핵심적으로 대두될 문제로 검증 주체, 검증 수단, 현장사찰 방식, 검증의 지역적 범위, 검증 기간, 분쟁 조정 및 협의기구 설치 등을 열거하였다. 북한의 핵검증에 있어 미국은 신뢰할만한 정보가 매우 부족하다는 사실과 북한에게는 매우 민감한 군사 정보가 상호 상반되는 관계에 있다는 것이 매우 딜레마적 현실이라고 보고 있다. 북한 핵문제에 대해 북·미 사이에 벌어지는 일괄타결(package deal)과 단계별 비핵화 사이에 벌어지는 치밀한 밀당은 최종적인 합의에 도달하기 위한 불가피한 과정이라 보고 효과적인 검증 단계로 신고 및 서류검증, 현장사찰 및 시설 검증, 핵무기 및 운반체 검증 등 3단계 방안을 제시하였다. 그러나 향후 핵 검증 협상과 이행에 나타나게 될 문제점 위주로 열거하여 실효적이고 구체적인 검증 방안이 결여된 제한사항을 가지고 있다.<sup>27)</sup>

김영준 등 5명은 한국원자력통제기술원의 학술용역보고서 『해외 검증사례 비교연구 및 검증방안 개발』 연구에서 향후 추진될 북한 비핵화 과정에서 최대 외교안보 및 과학기술 현안으로 부각될 것으로 보이는 검증 문제에 관하여 해외 검증 사례를 비교 연구하고 이를 통해 북한에 적용할 검증 방안을 제시하고 있다. NPT 체제하에서의 IAEA의 안전조치 체제, 리비아 모델과 남아프리카공화국 모델, 구소련 3국(우크라이나, 카자흐스탄, 벨라루스) 모델, 미국과 구소련의 핵군축 협정에서의 검증 등을 비교 분석하고 있다. 이를 통해 북한의 비핵화 과정에서의 신고, 검증, 폐기 등에 관한 분석과 대응전략 제시, 핵폐기의 유형과 방법을 비교 분석하여 북한 적용 모델, 검증 레짐 구성 요소와 대북 검증 방안 등을 제시하고 있다. 그러나 리비아, 남아프리카공화국, 구소련 3국 등 해외 분석 사례가 일반적인 비핵화 과정에서의 정치적·외교적·경제적 상황에 대한 분석이 주를 이루고 있어 검증 과정, 검증 대상, 검증 주체, 검증 수단, 검증 방법 등에 관한 세밀한 연구가 미흡한 것으로 판단된다.<sup>28)</sup>

26) 김일기·안제노, “북한의 완전한 비핵화를 위한 검증전략,” 『INSS 전략보고』 2018-19, 국가안보전략연구원, 2018, pp. 3-12.

27) 최정현, “북한 핵폐기와 검증의 딜레마,” 『KIMS Periscope』 제124호, 2018, pp. 1-4.

넷째, 북한의 핵검증을 위한 기술적 접근과 평가에 관한 연구이다.

백승혁은 “북한 우라늄농축프로그램 동결 및 기술적 검증” 연구에서 북한의 우라늄 농축프로그램의 기술적 검증에 대해 전문적이고 객관적인 시각으로 분석하고 향후 다가올 검증 시행을 위한 대비방향에 대해 제시했다. 즉, 북한이 우라늄농축프로그램에 대해 동결해야 할 사항과 북한이 신고 목록에 포함해야 할 사항을 기술적으로 제시하였고, 검증의 단계를 ‘당사국과 검증기구와의 최초회의’로부터 ‘검증기구의 결과 발표’까지 12단계로 구분하여 제시했다. 북한의 플루토늄 핵프로그램에 비해 상대적으로 정보가 부재한 북한의 우라늄농축프로그램에 대한 기술적 평가와 검증 방향에 대해 연구하였다는 점에서 학문적 성과와 의의가 있다고 하겠다. 그러나 북한의 우라늄농축프로그램에 대한 동결과 검증에 국한되어 있어 북한의 플루토늄 재처리와 핵무기, 핵 투발 수단 등 핵프로그램 전반에 관한 검증을 이해하고 대안을 찾기에는 한계가 있다.<sup>29)</sup>

함형필은 “핵무기 개발과정의 기술적 이해” 연구에서 핵물질 획득과정, 핵무기의 종류와 원리에 대해 제시했다. 우라늄농축 기술, 재처리 관련 기술, 핵무기 제조 기술, 핵융합 물질 생산기술 등에 대해 핵공학적 관점에서 기술적으로 분석하여 북한의 핵물질 획득과 이를 기반으로 원자탄, 증폭핵분열탄, 수소폭탄 등을 제조하는 기술들을 구분하고 이해하는 데에 큰 도움을 주고 있다. 즉 북한의 핵문제에 대해 우선적으로 기술적으로 정확히 이해하고 정치적, 외교적 분야로 지식을 확장시켜 나가는 데에 유익한 기본 지식을 제공해 주고 있다.<sup>30)</sup> 또한 “북핵 신고와 불능화 그리고 검증” 연구를 통해 북핵 신고의 중요성, 불능화 개념, 검증과 사찰, 폐기 등에 대해 기술적 사항을 중심으로 6자회담 후속 조치 추진 방향에 대한 모색을 하였다. 비핵화 단계를 폐쇄·봉인 단계, 신고·불능화 단계, 검증·폐기 단계로 3단계로 구분하였는데 검증이 폐쇄, 불능화, 폐기 단계 뿐만 아니라 전반적인 비핵화 과정에 필요하다는 측면에서 논리적 결함이 있다고 판단된다.<sup>31)</sup>

전성훈은 “북핵폐기 한반도 모델: 기본원칙과 추진방향” 연구에서 ‘위협중심 접근’과 ‘신속성과 완전성 추구’라는 2가지 기본원칙 아래 핵폐기 4단계를 제시하였다. 핵폐기 4단계는 불능화·신고 단계, 핵폐기 협상 단계, 핵폐기 실시 단계, 핵폐기 완료 이후 단계로 구분하였다. 비핵화의 대상인 북한의 핵능력을 세 개의 분야와 네 개의 요소로

28) 한국원자력통제기술원, 『해외검증사례 비교연구 및 검증방안 개발』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2019(B), pp. 1-13.

29) 백승혁, “북한 우라늄농축프로그램 동결 및 기술적 검증,” 『한반도 군비통제』 34호, 2003, pp. 241-274.

30) 함형필, “핵무기 개발과정의 기술적 이해,” 『한반도 군비통제』 군비통제자료 40, 2006, pp. 224-268.

31) 함형필, “북핵 신고와 불능화 그리고 검증,” 『STRATEGY』 제20호(가을·겨울호), 2008, pp. 66-84.



세분하였다. 즉 세 분야는 플루토늄을 추출하는 재처리 활동, 고농축우라늄(HEU: Highly Enriched Uranium)을 생산하는 활동, 이미 제조했거나 제조중인 핵무기이고 네 개의 요소는 핵무기, 핵물질, 핵무기의 제조를 뒷받침하는 하부구조, 핵 전문인력으로 보았다. 이 논문은 북핵 폐기에 대한 모델을 정책적, 기술적으로 균형감 있게 논리적으로 제시하였으나 핵무기 투발수단에 대한 분석이 생략된 것은 한계로 보인다.<sup>32)</sup>

이정현·박일진·안진수는 『북한의 핵프로그램과 검증』 연구에서 북한 비핵화를 달성하기 위해 꼭 필요한 절차인 북핵 검증에 관해 논하였다. 북핵 검증 대상, 검증 프로세스, 검증 조직, 검증 방법 등에 관해 제시하고 있다. 특히 북한의 핵프로그램 중 검증의 주요 대상으로 플루토늄 프로그램 검증, 우라늄농축프로그램 검증, 핵무기 관련 사항 검증, 핵 실험장 검증 등 네 분야로 구분하고 각각의 검증 분야에 물질, 장비 및 기구, 시설 등에 관해 검증 방법을 구체적으로 제시하고 있다. IAEA의 플루토늄 재처리 시설, 원자로 시설, 우라늄농축 시설, 우라늄 전환 및 가공 시설 등에 관한 검증기기 목록 등에 관해서도 한국의 능력과 비교하여 과학기술적인 검증 방법을 제시하고 있는 측면에서 실제 다가올 북핵 검증의 실무자 및 책임자들에게 전문 지식과 기술적인 이해를 주기에 유용하다고 판단된다.<sup>33)</sup>

김진무는 “북한 비핵화 추진을 위한 대안적 방안 모색: 비핵화 협상 사례와 기술적 측면 분석”에서 북한의 비핵화는 다른 국가의 비핵화보다 기술적으로 매우 복잡하고 어렵다고 주장하였다. 리비아, 이란, 우크라이나 등의 비핵화 협상 사례로부터 함의를 도출하였고, 특히 이란과 P5+1(미국, 영국, 프랑스, 중국, 러시아, 독일) 국가는 이란의 핵 농축 물질의 양, 농축시설, 중수로, 핵연구개발센터에 대해 과학기술적으로 10년에서 15년까지 점진적 시간 계획에 따라 줄여 나가고 검증 및 보상도 단계적으로 해 나가도록 협상하였다고 제시하였다. 북한의 경우에 핵능력과 미사일이 고도화되었고 비핵화 대상이 핵물질 생산시설, 연구 및 실험시설, 핵무기 저장 및 생산시설, 핵무기 투발시설 등이 북한 전역에 산재해 있어 핵신고, 검증 등이 장기간 소요되고 북한이 비핵화 과정에 저항, 은폐, 거부를 할 시 결과를 낙관하기 어렵다는 것이다. 이에 북한 비핵화 추진을 위한 범위와 개념, 고려사항, 기술적 단계 등에 관해 세부적으로 논하였다. 특히 북한의 비핵화를 위한 기술적 단계를 6단계로 구분하여 제시한 것은 주목할 만하다.<sup>34)</sup>

32) 전성훈, 『북핵폐기 한반도 모델: 기본원칙과 추진방향』, KINU 정책연구시리즈 2007-08, 2007, pp. 13-50.

33) 한국원자력통제기술원, 『북한의 핵프로그램과 검증』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2011, pp. 1-130.

장철운은 “북한의 핵·미사일 과학기술발전과 비핵화 프로세스 전망”연구에서 북한의 핵·미사일 관련 과학기술 발전 과정을 분석하고 과학기술적 관점에서 ‘완전한 비핵화’ 프로세스를 전망하였다. 북한은 무기급 플루토늄을 생산할 수 있는 일련의 주기를 보유하고 있고, 무기급 고농축우라늄을 생산할 수 있는 공정도 갖고 있으며 핵무기연구소 등에서 무기화되고 있는 것으로 추정을 하고 있다. 또한 북한은 20개 내외 수준의 핵 보유고를 빠른 시일 안에 100개 정도로 증가시켜 ‘제2격(second strike)’ 능력을 확보하여 ‘실존억제전략’에서 ‘최소억제전략’을 추구할 가능성이 높다고 전망하고 있다. 향후 북한의 비핵화 프로세스는 미국의 상응하는 조치에 따라 ‘신고 → 동결 → 불능화 → 폐쇄 → 폐기’의 순서에 따라 추진될 것으로 제시하였다. 그러나 북한의 핵분열탄 뿐만 아니라 핵융합탄, ICBM을 포함하는 핵투발수단 등에 대한 과학기술적 분석이 구체적으로 포함되지 않은 상태에서 일반적인 비핵화 프로세스를 제시하여 논문의 완성성이 결여된 것으로 보인다.<sup>34)</sup>

지난 30여 년간 북한의 비핵화 추진 및 달성을 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. 이 연구들을 토대로 본 연구에 대한 방향을 제시하면 아래와 같다. 첫째, 북한의 비핵화 과정에서 지금까지 여러 번의 합의를 이루고도 결정적으로 실패와 파국의 원인이 된 ‘검증(verification)’에 관한 연구가 필요하다고 본다. 지금까지의 북한의 비핵화에 관한 연구가 많이 있었음에도 불구하고 비핵화에 결정적인 난관이 되었던 검증에 관한 연구는 상대적으로 많지 않았다.

둘째, 기술적 검증 분야에 대한 연구가 심층적으로 필요하다고 판단된다. 검증은 정치적 영역과 기술적 영역이 민감하게 교차한다. 검증에 영향을 미치는 분야 중 정치적 분야에 대한 연구는 일부 있어 왔으나 북한의 모든 핵프로그램에 대한 기술적 검증에 관한 연구는 매우 미흡한 실정이다.

셋째, 기술적 검증을 구성하는 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법에 대한 연구를 통해 그 적용방안을 모색하고자 한다. 협상과 정보수집 및 분석, 판단 및 대응 단계로 이루어지는 검증 과정을 개관하면서 검증 대상에 대한 기술적 평가를 통해 검증의 범위와 한계를 명확히 하고자 한다. 또한 검증 수단으로 국가기술수단과 국제기술수단 등의 적용, 국제기구의 레짐 준수와 검증전문단의 편성과 검증 방법으로 감시, 사찰, 시료채취 및 분석 등이 비핵화 달성에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하고 그 구체적인 적용방안을 제시하고자 한다.

34) 김진무, “북한 비핵화 추진을 위한 대안적 방안 모색: 비핵화 협상 사례와 기술적 측면 분석,” 세종연구소, 2018(A), pp. 1-29.

35) 장철운, “북한의 핵·미사일 과학기술발전과 비핵화 프로세스 전망,” 『통일문제 연구』 제30권 제2호, 2018, pp. 81-115.

## 제2장 이론적 배경과 분석의 틀

### 제1절 비핵화 이론

#### 1. 비핵화 개념

비핵화 개념은 1950년대 후반부터 과학기술의 발전과 더불어 핵무기 보유국이 증가하면서 핵무기로 인해 인류가 공멸할 수 있다는 위기감에서 출현되었다. 즉, 핵전쟁을 예방하고자 하는 국제 사회의 이상과 기대에 부응하여 비핵화 개념이 대두되기 시작하였다. 당시의 비핵화 개념들을 살펴보면 첫째는 핵보유국의 수적 증가는 고의든 과실 이든 핵무기 사용 가능성을 높인다는 것이다. 둘째는 과학기술의 발달로 핵무기 보유국도 점차 늘어날 것이다. 셋째는 핵무기의 가공할 파괴력과 잔인성이 인류에 큰 위협이 될 것이다. 넷째는 미국과 소련 등 핵보유국에 의한 핵무기 경쟁이 다른 국가들의 핵무장을 촉발시킨다는 것이다. 이러한 핵무기 위협에 대한 심각한 위기감으로부터 핵 확산 방지를 위한 여러 개념들은 뒤에 핵확산금지조약(NPT)의 기본적인 토대가 되었다.<sup>36)</sup>

핵능력을 제거하는 모든 행위를 ‘핵 비무장화(nuclear disarmament)’ 또는 ‘비핵화(denuclearization)’라는 용어로 사용하고 있다. 핵 비무장화는 보유하고 있는 핵무기를 제한, 감소, 폐기하는 의미이고 비핵화는 핵무기의 생산에 필요한 시설과 물질을 제거한다는 의미이다.<sup>37)</sup> 비핵화의 개념을 ‘핵과 관련된 물질, 무기, 시설 등을 해체·폐기·반출하고 핵시설을 평화적 이용으로 전환하며 핵전문가 인력을 재교육·재배치 하는 것’으로써 정의하기도 한다.<sup>38)</sup> 여기에서 해체·폐기·반출 대상은 플루토늄, 농축우라늄, 삼중수소, 리튬 등을 포함하는 핵물질, 핵분열무기와 핵융합무기를 포함하는 핵무기, 핵무기 연구개발·생산·저장 시설, 핵무기를 미사일과 항공기 등으로 공격할 수 있는 핵투발수단을 포함하고 있다.<sup>39)</sup> 핵무기와 핵시설의 해체를 강조하는 측면에서 ‘핵폐기(nuclear dismantlement)’라는 용어가 사용되기도 하나 강요의 의미가 강해 비핵화 협

36) 송인진, “한반도 비핵화 정책의 이론과 실천에 관한 연구,” 충남대학교 박사학위 논문 2001, pp. 1-5.

37) ZN Gastelum, "International Legal Framework for Denuclearization and Nuclear Disarmament: Present Situation and Prospects," A Report Prepared for the U.S. Department of Energy, PNNL-220929, 2012, p. 4.

38) 김진무, 앞의 논문(2018, A), pp. 20-21.

39) 국회도서관, 『북한 비핵화와 한반도 평화』, FACT BOOK Vol.70, 서울: 국회도서관, 2018, p. 84.

상에서 자제하는 추세이다.<sup>40)</sup>

핵무기를 개발하여 보유한 국가가 핵무기를 스스로 폐기한 국가는 남아프리카공화국 정도이기 때문에 비핵화에 관한 이론화는 미흡한 상태이다. 다만 핵무기 비확산 국제체제하에서 핵무기를 개발한 국가들의 핵개발 동기를 분석하여 그 동기 요인을 해결하여 핵무기를 포기하게 하는 연구들이 주류를 이루고 있다.

대표적으로 스콧 세이건(Scott D. Sagan)은 핵확산의 동기를 안보모델(security model), 국내정치모델(domestic politics model), 규범모델(norm model) 등 세 가지의 모델로 유형화하였다. 안보모델은 특정 국가가 안보 불안을 해소하기 위한 목적으로 핵무기를 개발한다는 모델이다. 국내정치모델은 특정 국가의 정치 지도자 또는 일부 정치 세력들이 정치적 목적으로 자신들의 가치와 이익을 위해 핵무기를 개발한다는 모델이다. 규범모델은 현 시대적 상황과 인식이 특정국가의 핵무기를 개발을 허용하는 방향으로 변화하고 있다는 모델이다.<sup>41)</sup> 핵무장을 결정하는 국가는 이러한 세 가지 모델이 독립적으로 각각 동인이 되기보다는 안보 불안, 국내 정치 환경의 필요성, 정치지도자의 핵개발 및 보유 의지, 핵능력 개발 및 지속 여건, 핵개발 기술의 정도, 핵 비확산 국제 레짐(regime)<sup>42)</sup>의 영향 등 다수 요인이 복합적으로 작용함으로 이 다양한 동인들을 동시적으로 변화시킬 때 비확산의 성공 가능성도 높아진다고 보았다.<sup>43)</sup>

스테펜 메이어(Stephen M. Meyer)는 핵확산에 관련한 기존 이론들을 ‘핵확산의 동학(The Dynamics of Nuclear Proliferation)’이라는 그의 저서에서 기술이론과 동기이론으로 설명하였다.<sup>44)</sup> 기술이론은 ‘어느 특정 국가가 핵무기를 생산할 수 있는 능력이 있으면 필연적으로 그 국가는 핵무기를 보유하게 된다’는 가설에서 출발한다. 이러한 가설이 성립하려면 첫째, 경제력 향상을 위한 국가적인 노력, 산업 및 기술 발전을 위한 노력이 뒷받침되어야 하며 둘째, 핵무기 제조를 위한 기술적·산업적 토대가 마련되

40) 박휘락, “북한 비핵화를 위한 우크라이나 사례의 교훈: 비핵화 과정을 중심으로,” 『평화학연구』 제20권 1호, 2019, pp. 159-160.

41) Scott D. Sagan, “Why Do States Build Nuclear Weapons?: Three Models in Search of Bomb,” *International Security* Vol. 21, No.3, 1997, pp. 54-86.

42) 레짐(regime)이란 ‘국제관계의 특정 영역에서 행위자의 기대가 수렴되는 명시적 혹은 묵시적 원칙(principles), 규범(norms), 규칙(rules), 그리고 의사결정과정(decision making procedures)’이다. Stephen D. Krasner, *International Regimes*, Ithaca: Cornell University Press, 1983, p. 3.

43) 전봉근, 앞의 논문(2017), p. 30.

44) Stephen M. Meyer, *The Dynamics of Nuclear Proliferation*, Chicago: The University of Chicago Press, 1984, pp. 1-3.

면 곧바로 핵무장으로 나아간다는 것이다. 셋째, 궁극적으로 모든 국가는 핵무장 잠재력을 실제적인 핵무장으로 전환하게 된다는 것이다. 이 이론은 핵개발이 다른 조건보다도 기술적 능력이 중요한 계기가 된다는 것인데 국내·국제적 환경 요인에 대한 진지한 분석이 미흡하다는 비판이 있을 수 밖에 없다. 즉, 핵개발을 할 수 있는 기술적 능력을 보유하고 있는 독일, 일본과 같은 국가에 대해서 설명이 제한되는 논리적 결함이 있다. 동기이론은 국제정치적·국내정치적·군사안보적 요인에 의해 핵무기를 개발한다는 이론이다. 즉, 핵무장은 불가항력적인 힘에 의해 결정되는 것이 아니라 선택의 문제라는 것이다. 동기이론에서 설정하고 있는 가설은 ① 결정의 주체는 유사한 국제관을 갖고 있는 독립된 개인의 실체이다 ② 결정 단위는 정해진 상황에 존재한다 ③ 정책결정자는 상황과 변화를 인식하고 반응한다 ④ 유용한 대안이 존재한다는 것이다. 안보를 위협하는 상대 국가가 핵능력을 보유하고 있다면 이것을 위협으로 인식할 것이며 이에 대한 여러 가지 대비책을 국내정치적·외교적·경제적·군사적인 관점에서 판단하여 핵잠재력을 핵 운용능력으로 전환하는 결정을 하게 된다는 것이다. 이를 핵무장 선택권(nuclear option)이라 한다.<sup>45)</sup>

에릭 가츠케(Erik Gartzke)는 핵무기 개발의 기회(opportunity: 경제적 능력, 핵무기 잠재적 생산 능력, 핵 지식 정도)와 의지(willingness: 핵위협 정도, 외교적 문제, 민주주의 정도, 국내 정치 불안정도, NPT 가입 여부)를 독립변수로 보고 비확산 방안을 연구하기도 하였다.<sup>46)</sup>

김태우는 핵확산 유인요소를 국가안보, 잠재적 적국의 억제, 국제 관계에서 위상 강화, 협상력 제고, 국내위기, 정치적 리더십의 정당성 확보, 기술, 평화적 이용과 군사적 이용의 불분명, 경제력, 국방비 절감 등으로 보고 이 요소들을 정치적·안보적 결정요인과 기술적 결정요인으로 구분하여 이론화하였다.<sup>47)</sup>

비핵화에 관해 연구한 학자들의 대부분은 핵개발을 하고 있거나 핵무기를 보유한 국가들이 핵무장을 한 동기를 파악하여 해소해 줌으로써 비핵화를 달성할 수 있다고 보고 있다.<sup>48)</sup>

핵확산에 대한 비판적 견해와 낙관적 견해가 있다. 스콧 세이건(Scott D. Sagan)은

45) 송인진, 앞의 논문(2001), pp. 30-33.

46) Erik Gartzke, "Determinants of Nuclear Weapons Proliferation," *The Journal of Conflict Resolution* 51(1), 2007, p. 187.

47) 송인진, 위의 논문(2001), pp. 27-28.

48) 박휘락, 앞의 논문(2019), p. 161.

핵확산에 대한 비관론(more will be worse)을 케네스 왈츠(Kenneth N. Waltz)는 핵확산에 대한 낙관론(more may be better)을 각각 주장하였다. 세이건은 국가는 일원적이거나 비합리적이어서 계산 착오와 판단 착오를 할 수가 있고, 군사 조직의 편견과 이기주의로 인하여 고의적 또는 우발적 전쟁을 일으킬 확률이 높아 핵확산이 국제관계의 불안정성을 초래한다고 하였다. 이에 반해 왈츠는 국가는 합리적이고 자기 방어적이며 핵무기 억제효과로 인하여 핵전쟁의 가능성을 줄이며 협상을 통해 자발적인 핵 포기 유도가 가능하다고 주장하였다.<sup>49)</sup> 핵확산을 방지하고 핵무기를 포기하게 하는 효과적인 구체적인 방안은 아래와 같다. 첫째, 핵확산을 유발하는 가장 큰 원인은 자국의 안보불안 때문이다. 이 안보불안을 해소해 주기 위해 동맹국에 의한 안전 보장, 핵보유국으로부터 안전보장, 적대 국가 간에 불가침 조약, 평화 협정 등을 체결할 수가 있다. 둘째, 핵확산 방지를 위한 기술적인 장벽을 높이는 방안이다. 핵무기 관련 기술의 유출을 방지하고 핵에너지의 평화적 이용을 위한 핵 기술의 이전 시에도 군사적 전용을 막도록 감시와 통제가 필요하다. 셋째, 국제 비확산 레짐을 통해 핵확산을 방지하는 것이다. NPT와 같은 국제적인 조약, 핵물질의 수출입 통제, 위반 시 제재 등의 수단을 강구하여 비핵화를 추진하는 것이다.<sup>50)</sup>

그러나 비핵화의 이론이 핵개발을 추진하는 과정에 있는 국가들에 대해서는 적용 가능하지만 핵무기를 완성한 국가들에 대해 적용하기가 쉽지 않다는 견해도 존재한다. 일단 핵무기 개발에 성공하게 되면 그동안에 투입한 예산과 자원을 고려하지 않을 수 없고, 국내 정치 세력들의 핵 포기에 대한 반발을 무마하는 것이 어려워질 수 있으며 핵무기를 보유하게 되면서 인접 및 강대국들 사이에서 달라진 국가의 위상을 포기하는 것이 쉽지 않기 때문에 비핵화의 길은 멀고 가능성이 멀어질 수 있다는 것이다. 핵무기 보유의 동기를 해소해 준다 해도 핵무기를 포기하기 어렵다는 것이다. 예외적으로 남아프리카공화국처럼 스스로 핵무기를 포기한 사례가 있지만 일반적으로 국제정치이론에서는 핵개발에 성공한 국가에 대해 억제와 강요 즉, 인접 및 이해 관련 대상 국가들이 압박하여 핵무기를 포기하게 할 수 밖에 없다는 주장도 있다.<sup>51)</sup>

비핵화에 대한 이론 중 한 부류는 비핵화를 달성하거나 실패한 국가들에 대한 사례

49) 임종화, “핵비확산 국제레짐과 한국의 핵안보 정책연구,” 경기대학교 박사학위 논문, 2014, p. 30.

50) 박재완, “북핵문제 해결을 위한 미·중의 역할과 한국의 군사적 대응전략 연구,” 조선대학교 박사학위 논문, 2016, pp. 27-28.

51) Gary Schaub, Jr., "Deterrence, Compel, and Prospect Theory," *Political Psychology* 25(4), 2014, p. 391.

분석을 통해 비핵화에 대한 모델을 정립하여 제시한 연구들이다. 핵무기를 실제 개발했던 남아프리카공화국, 핵무기를 소련 연방 해체로 물려받게 된 우크라이나, 벨라루스, 카자흐스탄이 있다. 이들 국가는 핵무기를 자발적으로 폐기하거나 러시아로 핵무기를 반출하여 폐기하였다. 핵무기 개발 단계에서 비핵화를 이룬 국가들이 있다. 패전으로 포기한 일본, 독일, 이라크 등이 있으며 동맹국의 핵우산 제공으로 포기한 한국, 스웨덴, 대만이 있다. 양국의 합의로 비핵화한 아르헨티나, 브라질이 있고 경제적·기술적 한계로 핵개발을 포기한 유고와 루마니아가 있으며 유엔 안보리 상임이사국(미국, 영국, 프랑스, 러시아, 중국)과 독일 등 6개국(P5+1)과 포괄적 공동행동계획(JCPOA: Joint Comprehensive Plan of Action)을 체결한 이란이 있다.<sup>52)</sup>

비핵화에 성공한 리비아, 우크라이나, 남아프리카공화국, 카자흐스탄, 벨라루스 등에 대한 비핵화 성공 사례와 인도, 파키스탄 등에 대한 비핵화 실패 사례에 대한 분석을 통해 비핵화 모델, 단계와 해법을 제시하는 연구들이 많이 있어 왔다. 핵을 개발하고 있거나 핵을 보유한 국가들에 대한 정치적·외교적·경제적·군사적·기술적 측면에서 분석하여 교훈을 얻고자 하는 것이다. 김근식은 비핵화 성공사례로 꼽히는 리비아는 제재의 효과, 우크라이나는 핵 기술의 취약성, 남아프리카공화국은 국내 정권 교체 등을 비핵화의 주된 성공 요인으로 각각 보았고, 비핵화 실패사례인 인도, 파키스탄 모델에서는 인도, 파키스탄의 오랜 적대관계에 미국, 소련 등 강대국들의 전략적 필요성에 따라 핵 보유를 인정받게 되었다고 보았다.<sup>53)</sup>

최근 핵문제를 바라보는 관점에서 비핵화에 대한 접근을 단순하게 사회과학적 이론만으로 부족하다는 시각도 있다. 이는 통섭(統攝)적 시각의 중요성이 강조되는 학문적 추세에 부응하는 접근 방법이다. 즉, 사회과학적으로 정치적·외교적·군사적 분석 외에 공학적인 관점에서 핵능력에 대한 기술적 평가와 심리학적인 관점에서 정치지도자의 성향 분석, 경제학적인 관점에서 게임이론의 적용, 커뮤니케이션 관점에서 핵협상 등

52) 정일성, “북한의 핵·미사일 위협에 대비한 한국의 군사적 대응전략,” 조선대학교 박사학위 논문, 2017, p. 27.

53) 인도가 1974년 핵실험을 하자 파키스탄 역시 중국의 지원으로 핵개발을 시작하였다. 이에 미국 주도로 제재에 나서지만 1979년 소련이 아프카니스탄을 침공하자 파키스탄은 미국과의 관계 개선이 이루어졌다. 파키스탄은 1988년 6차례의 핵실험으로 핵보유를 하게 되었고 국제사회가 제재에 나섰지만 2001년 9.11 테러 이후 미국이 대테러전쟁과 아프카니스탄 전쟁 수행을 위해 파키스탄과 관계 개선을 도모하고 경제군사 원조를 제공하면서 파키스탄의 핵보유를 사실상 묵인하게 되었다. 김근식, 앞의 논문 (2019), pp. 39-47.

다학제적(多學制的)인 접근을 통한 비핵화 이론도 연구되고 있다.<sup>54)</sup>

비핵화의 정의를 포함한 개념에 관한 이론적 토대는 아직은 확고하게 정립되어 있지 않은 것이 사실이다. 다만 여러 전문가들의 견해를 종합해 보면 비핵화의 정의는 ‘핵무기와 핵무기를 제조하는 데에 필요한 핵물질, 핵무기 연구·개발·제조·저장 시설과 핵무기를 투발할 수 있는 수단과 제반시설 등에 대해 해체·불능화·폐기·반출 등을 실시하고 핵무기 관련 종사 전문 인력들과 전문 지식, 시설 등을 평화적 목적으로 전환하여 상대국과 주변국에 대한 위협을 제거하는 활동’이라고 볼 수 있다.

또한 비핵화를 달성하기 위해서는 핵무장 국가의 핵개발 및 핵보유 동기를 해소시켜 주는 것이 가장 중요하다고 본다. 북한의 비핵화를 촉진하기 위해서 북한의 핵개발 및 핵보유 동기에 대한 분석은 다양하지만 본고에서는 스테펜 메이어가 주장한 ‘기술 이론’에 주목하고자 한다. 이 기술 이론을 북한에 적용해 보면 ‘북한은 핵무기 원료 물질인 우라늄 원광을 풍부하게 보유하고 있고, 구소련, 중국, 파키스탄 등으로부터 핵무기 개발에 관한 기술과 지식, 부품과 설비들을 제공받아 기술적 능력을 오랜 기간 동안 축적하면서 김일성·김정일·김정은 3대 세습 지도자의 강력한 의지를 바탕으로 핵무장을 필연적으로 이루게 되었다’고 볼 수 있다. 특히 핵무장을 지속 유지하는 것이 유리하다는 일부 정권지지 세력과 그중에서도 7천여 명에 달하는 추정되는 핵전문인력들의 편향적 이익 추구 때문이라고 볼 수 있다. 노동당의 군수공업 부서, 인민무력부 예하의 전략군, 핵무기 연구 및 개발 부서 등의 특수 이익 집단 등이 자신들의 생존과 미래 보장을 위해 핵무장 존속을 강력히 주장하고 지지하고 있다고 볼 수 있다. 따라서 지속적인 협상과 촘촘한 제재를 통해 이러한 북한의 핵무장 동기를 이해하고 해소해 줌으로써 핵협상에 나오게 하고 비핵화 과정에 가장 난관이 되는 핵검증을 수용하도록 유도해 나가야 한다고 판단된다.

## 2. 비핵화 과정

비핵화의 과정 또는 단계에 대한 구분은 학자들의 보는 시각에 따라 상이하다. 박휘락은 비핵화 과정을 핵무기 개발을 다시 추진하지 않도록 핵무기 개발 동기 제거도 이루어져야 함을 주장하면서 비핵화 결심, 협상, 보유 핵무기 폐기, 핵무기 생산능력

54) 이상현 등 11명, 앞의 논문(2016), pp. 1-4.



제거, 핵무기 개발 동기 제거 과정으로 구분하였다.<sup>55)</sup> 김진무는 비핵화 과정을 ‘동결(freezing)-신고(declaration)-사찰(inspection)-검증(verification)-폐기(dismantlement)-폐기 후 사찰 및 감시(inspection and monitoring after dismantlement)’ 등으로 구분하고 비핵화의 기술적 단계를 아래 <표 2-1>와 같이 6단계로 구분하였다.

<표 2-1> 비핵화의 기술적 단계

단계	세부 내용
1	핵확산금지조약(NPT) 복귀 및 전면안전조치 이행 의정서 체결
2	국제원자력기구(IAEA) 전면안전조치 이행 합의서 체결
3	핵프로그램에 대한 포괄적이고 정확한 신고서 제출
4	사찰 및 검증을 위한 검증의정서 체결 및 실시
5	핵무기 폐기 및 관련시설 해체
6	비핵화 감시 : 해체 이후 비핵화 상태 지속 여부 사찰과 감시

\* 출처 : 김진무, 『북한 비핵화 추진을 위한 대안적 모색: 비핵화 협상 사례와 기술적 측면』, 2018(A), p. 21 내용을 참조하여 재인용.

전봉근은 비핵화 단계를 크게 동결과 폐기 단계로 구분하고 이를 다시 동결 단계는 동결로 가기 위한 사전준비 단계와 동결 이행 단계로 구분하였고 폐기 단계는 핵시설 불능화 단계와 핵무기 완전 폐기 단계로 구분하였다.<sup>56)</sup> 조성욱은 비핵화 단계를 군비통제 관점에서 3단계로 제시하고 있다. 신뢰구축 및 평화체제 준비 단계에서 핵포기 선언과 현재 핵을 동결하고, 운용적 군비통제 및 평화체제 구축 단계에서 미래의 핵을 해체하며 구조적 군비통제 및 평화체제 정착 단계에서 과거 핵을 폐기하는 단계별 접근을 제시하고 있다.<sup>57)</sup>

함형필은 비핵화 추진단계로 폐쇄·봉인 단계, 신고·불능화 단계, 검증·폐기 단계로 구분하였다. 폐쇄·봉인 단계는 가동중단(shutdown), 봉인(sealing), 감시(monitring)로 신고·불능화 단계에는 신고(declaration), 불능화(disablement)로 검증·폐기 단계는 검증(verification), 해체(dismantlement), 제염(decommission)으로 세분하였고 아래 <표 2-2>와 같이 비핵화 단계와 관련된 용어를 정의하였다.<sup>58)</sup>

55) 박휘락, 앞의 논문(2019), p. 162.

56) 전봉근, 앞의 논문(2017), pp. 21-22.

57) 조성욱, 앞의 논문(2018), p. 38.

<표 2-2> 비핵화 단계 관련 용어 정의

구 분		내 용	가역성 여부
폐쇄 (closing)	가동중단 (shutdown)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설의 가동을 일시적으로 중단하는 것</li> <li>• 연료 교환이나 정비를 위해 수시로 가동중단 가능</li> <li>• 언제든지 재가동이나 재사용 가능</li> </ul>	○
	봉인 (sealing)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 잠금장치를 사용하여 시설을 가동하지 못하도록 하는 것</li> <li>• 가동 중단 상태를 지속적으로 유지</li> <li>• 재가동을 위해서는 반드시 잠금장치를 해제해야 함</li> </ul>	○
불능화 (disablement)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설의 외관을 유지한 상태에서 핵심부품을 분리하거나 일부분을 파손하여 즉각적인 재사용이 불가능하도록 함</li> <li>• 최종적인 해체나 폐기를 위한 임시조치</li> </ul>	△
폐기 (elimination/ abandonment)	해체 (dismantlement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대상시설이나 설비를 구성품 단위로 분리하는 것</li> <li>• 각각의 기계장치는 분해하고 핵물질은 물질별로 구분</li> <li>• 중요 부품을 파괴하거나 국외 반출을 하지 않는다면 기술적으로 복구 가능</li> </ul>	△
	제염 (decommission/ decontamination)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설 내·외부 방사능 오염을 제거하는 것</li> <li>• 통상 오염 물질과 부품을 제거하고 물을 이용하여 세척</li> <li>• 막대한 비용과 장기간 소요</li> </ul>	X
	폐기 (elimination/ abandonment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 비핵화의 궁극적인 최종 단계</li> <li>• 부품·설비의 파괴와 핵물질의 반출과 변환 등 근본적으로 재사용을 방지하는 조치를 수반</li> </ul>	X

\* 출처 : 함형필, 『북핵 신고와 불능화 그리고 검증』, 2008, p. 70 내용을 참조하여 재인용.

조성렬은 비핵화의 단계로 폐쇄(shutdown)·봉인(sealing), 신고(declaration)·불능화(disablement), 검증(verification)·폐기(dismantlement) 단계로 구분하고 있다.<sup>59)</sup> 박재완은 비핵화의 단계로 신고(declaration), 사찰(inspection), 불능화(disablement), 폐기(dismantlement) 단계로 구분하고 있다.<sup>60)</sup>

비핵화 단계와 과정에 대한 학자들의 주장이 다소 상이하나 가동중단(shutdown), 봉인(sealing)은 동결(freezing)과 폐쇄(closing)를 포함하는 의미로 보는 것이 적절하다

58) 함형필, 앞의 논문(2008), p. 67.

59) 조성렬, “2·13 합의 이후 북핵문제의 로드맵과 향후 과제,” 『군비통제자료집』 제41호, 2007, p. 18.

60) 박재완, 앞의 논문(2018, A), p. 165.

고 판단되며 사찰(inspection)과 감시(monitoring)는 검증의 한 방법으로 보는 것이 타당하겠고, 검증은 비핵화의 전 단계에 적용되는 과정으로 볼 수 있다. 또한 신고(declaration)를 가동중단(shutdown) 및 봉인(sealing) 단계 이전에 하느냐 이후에 하느냐에 대한 논란이 있는데 비핵화 약속의 출발은 핵시설의 가동중단(shutdown) 및 봉인(sealing) 조치를 먼저하고 관련되는 모든 핵시설을 신고(declaration)하는 것이 일반적이라고 판단된다. 추가하여 NPT 체제하에서 비핵 보유국은 플루토늄과 농축우라늄, 핵무기 등을 보유할 수 없기 때문에 핵보유국으로 반출(taking out)하는 조치가 폐기(dismantlement) 조치와 같이 이루어져야 한다. 따라서 비핵화의 과정은 ‘가동중단(shutdown) 및 봉인(sealing) → 신고(declaration) → 불능화(disablement) 및 해체(dismantlement) → 폐기(dismantlement) 및 반출(taking out)’ 단계로 보는 것이 타당하다고 판단되며 이 모든 과정의 시작과 종료 단계까지 검증이 필요하다고 볼 수 있다.

### 3. 비핵화 방식

한국에서 비핵화(denuclearization)라는 용어는 1991년 11월 8일 노태우 대통령이 남·북한의 핵개발 포기에 중점을 둔 ‘한반도 비핵화와 평화 정착에 관한 선언’에서 처음으로 등장하게 되었다.<sup>61)</sup> 북한은 1950년대 중반부터 미국이 한반도에 배치한 전술핵에 대해 조선반도 비핵지대화(NWFZ: Nuclear Weapons Free Zone)를 주장하였고, 1980년 10월 제6차 당 대회에서 김일성은 조선반도의 비핵·평화지대를 고려연방제통일방안의 구체적 실천조치 방안의 하나로 제시하였다. 1991년 10월에 제4차 남북고위급회담에서 북한은 조선반도의 비핵지대화에 관한 선언을 제시하면서 한·미동맹 와해에 중점을 둔 7개항을 요구하였다.<sup>62)</sup> 이러한 북한의 조선반도 비핵지대화 공세에 대응하기 위

---

61) ① 원자력을 평화적 목적으로만 이용, ② 한국은 핵무기를 제조·보유·저장·배비·사용하지 않는다는 비핵 5원칙 준수, ③ 핵연료 재처리 시설과 농축우라늄시설의 보유 금지, ④ 한국 내 핵시설과 핵물질에 대한 NPT와 IAEA 안전조치 협정의 준수, ⑤ 기타 대량살상무기 폐기에 관한 국제협력에 동참을 약속하면서 북한도 이에 상응하는 조치를 취할 것을 촉구하였다.

62) ① 핵무기의 실험·생산·반입·보유·생산 금지, ② 핵무기 투발이 가능한 비행기·함선의 한반도 출입 금지, ③ 한반도에 핵무기 저장·배치 금지 및 핵우산 보장 철회, ④ 핵무기 군사훈련 금지, ⑤ 주한·미군 철수, ⑥ 북한의 남한 군사기지 사찰과 IAEA 북한 핵시설 사찰 동시 실시, ⑦ 핵보유국들의 위협 금지 및 조선반도의 비핵지대 지위 보장이다.

해 나온 한·미 양국 정부의 구체적인 방안에서 비핵화라는 용어가 나오기 시작한 것이다.<sup>63)</sup> 1991년 12월에 제5차 남북고위급회담에서 한국은 노태우 대통령의 ‘한반도 비핵화와 평화 정착에 관한 선언’을 보완하여 한반도 비핵화 등에 관한 선언을 제안하였다. 이에 남·북한은 몇 차례의 협상 끝에 북한이 기존 조선반도 비핵지대화 주장을 철회하고 1991년 12월 31일에 ‘한반도 비핵화 공동선언’을 하였다. 이는 북한의 김일성이 정권수립 이후 최대의 위기에 봉착하여 한국과 국제사회의 비핵화 요구와 기대에 잠시 손을 내민 생존을 위한 전술적 후퇴였다. 이를 입증하는 것이 2009년 2월 2일 북한 외무성 대변인은 “조선반도의 비핵화는 남조선에서의 핵무기의 생산과 반입, 그 배비와 이용, 남조선과 그 주변지역에서의 조선에 가해지고 있는 모든 핵위협에 대한 근원적인 청산을 목표로 하고 있는 조선반도 전역에 대한 비핵화”라고 주장하였다.<sup>64)</sup> 다시 북한은 조선반도 비핵지대화를 주장한 것이다. 2018년 12월 20일 조선중앙통신 논평에서도 “6·12 북·미공동성명에는 ‘조선반도 비핵화’라고 명시돼 있지 ‘북한 비핵화’라는 문구는 눈을 씻고 봐도 찾을 수 없다”면서 미국이 조선반도 비핵화를 북한의 비핵화로 어물쩍 간판을 바꾸고 있다고 비판하였다. 비핵화라는 용어를 남·북한이 사용하고 있지만 많은 전문가들은 북한이 사용하는 ‘한반도 비핵화’ 또는 ‘완전한 비핵화’는 과거 북한이 주장한 ‘조선반도 비핵지대화’와 동일하다고 보고 있다.

한편 북한은 2018년 4월 21일 노동당 전원회의 결정서를 통해 ‘핵실험 중지는 세계적인 핵군축을 위한 중요한 과정이며 우리 공화국은 핵실험의 전면 중지를 위한 국제적인 지향과 노력에 합세할 것이다’라고 주장하면서 비핵화가 아닌 ‘핵군축’이란 표현을 사용한 바 있다.<sup>65)</sup> 완전한 비핵화 보다는 향후 핵군축을 협상카드로 활용하겠다는 의도라고 볼 수 있다.<sup>66)</sup> 이에 태영호 전 영국주재 북한공사도 “북한이 완전한 비핵화가 아닌 핵위협을 감소시키는 핵군축을 추구할 가능성이 매우 높다”고 언급하면서 “완전한 의미의 비핵화는 북한 정권이 붕괴한 후에나 가능할 것이다”라고 전망하기도 하

63) 전성훈, “북한의 ‘비핵화 국가전략’과 한·미의 ‘비핵화 외교’: 북핵 장기화에 대비한 중장기 국가전략의 필요성,” 『국가전략』 제25권 1호, 2019, pp. 93-94.

64) 김진환, “북한의 안보 전략 변화: ‘핵무기-안보 교환 전략’의 등장, 진화, 전환,” 『동북아연구』 제28권 1호, 2013, p. 99.

65) 『조선중앙TV』, 2018년 4월 21일.

66) 군축(disarmament)은 ‘군비의 축소 또는 제한’을 의미한다. 즉, 보유중인 군사력 전반 또는 특정 무기 체계를 감축 또는 폐기하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 핵군축은 ‘핵무기를 포함하는 핵프로그램에 대한 축소, 제한, 폐기를 의미한다’고 볼 수 있다. 이용호, 『현대 국제군축법의 이론과 실제』, 서울: 박영사, 2019, pp. 3-7.

였다. 2019년 2차 북·미정상회담이 결렬이 된 배경에 대한 분석에서 북한과 미국의 비핵화 개념에 상당한 이견을 보였다고 볼 수 있다. 협상에 임한 북한의 비핵화 개념은 핵보유 상태에서 핵을 줄여 나가는 것이다. 즉, ‘핵군축’으로 볼 수 있는 것이다. 북한 스스로 핵보유국이기 때문에 핵군축 협상 차원에서 영변 핵시설의 ‘부분적인 비핵화’만 내놓아도 통 크게 양보하였다는 주장이다. 반면에 미국의 비핵화 개념은 북한의 영변 핵시설은 물론이고 기타 북한의 모든 핵프로그램에 대한 신고, 검증, 폐기 등이 이루어져야 한다고 보는 것이다. 북한의 핵군축 시도에 미국이 완전한 비핵화가 아니면 동의할 수 없다는 점을 분명히 했다고 볼 수 있다는 것이다. 2019년 9월 17일 덴 스미스 스톡홀름국제평화연구소(SIPRI: Stockholm International Peace Research Institute) 소장도 북한이 향후 미국과의 협상에서 핵폐기가 아닌 핵군축을 주장할 가능성이 충분히 있다고 전망을 하기도 하였다.

만약 북한이 주장하는 핵군축은 한국의 핵과 북한의 핵을 상호 축소, 제한하는 것이 아닌 북한의 핵과 미국의 핵을 상호, 축소하자는 의미이기 때문에 한반도 비핵화는 요원해지고 계속하여 북한의 핵위협에 노출되어 항구적인 평화체제하고는 더욱 더 멀어질 수 있다. 따라서 한국과 미국은 북한의 ‘부분적인 비핵화’ 또는 ‘핵군축’ 추진은 한반도 비핵화를 추진하면서 경계해야 할 개념이다.

남·북한 정부가 각각 주장하는 비핵화의 개념에는 분명한 차이가 있다. 한국 정부가 주로 사용하는 ‘한반도 비핵화’에 북한이 주한미군 철수와 핵전력의 한반도 전개 및 훈련 금지 등을 요구하는 ‘조선반도 비핵지대화’ 개념이 포함되어 혼란을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 6차례의 핵실험과 대륙간탄도미사일과 잠수함발사탄도미사일 발사 시험을 하고 지속적으로 플루토늄과 농축우라늄을 생산하면서 핵무장을 고도화하고 있는 북한의 모든 핵프로그램을 비핵화 대상으로 하는 ‘북한 비핵화’라는 용어를 사용하고자 한다.

그렇다면 ‘북한 비핵화는 어떠한 방식으로 추진해야 할 것인가?’가 매우 중요하다고 볼 수 있다. 북핵 문제가 한반도는 물론 국제사회의 중요한 안보 이슈가 된 이래 30여년의 시간이 흘렀다. 미국이 주장하는 북한의 비핵화 방식에 대한 용어는 세 가지 정도가 거론되어 왔다. 첫 번째, ‘완전하고 검증가능하며 불가역적인 폐기(CVID: Complete Verifiable, Irreversible Dismantlement)’이다. 2003년 5월 5일 미국 국무부 대변인이 정레브리핑에서 북한 비핵화에 대해 CVID가 미국이 추진하는 방식이라고 처음 언급한 바 있다.<sup>67)</sup> 이후 폐기(dismantlement)에 대한 북한의 거부감이 커지면서

‘완전하고 검증가능하며 불가역적인 비핵화(CVID: Complete Verifiable, Irreversible Denuclearization)’로 통용되었다. 두 번째, ‘영구적이고 검증가능하고 돌이킬 수 없는 폐기(PVID: Permanent Verifiable Irreversible Dismantlement)’이다. 2018년 5월 3일에 마이크 폼페이오(Mike Pompeo) 미국 국무장관이 취임사에서 “우리는 PVID에 전념하고 있다”고 하면서 PVID라는 용어를 처음 사용하기도 하였다. PVID가 CVID 보다 더 강화된 북한 비핵화에 대한 미국의 입장이라고 보는 견해도 있으나 비슷한 수준의 방식으로 보는 견해도 있다. 세 번째, ‘최종적이고 완전하게 검증이된 비핵화(FFVD: Final, Fully Verified Denuclearization)’이다. 북·미정상회담 이후 2018년 7월 4일 패트릭 크로닌(Patrick Cronin) 미국 신안보센터 아시아태평양 안보담당 선임국장이 로이터 통신과의 인터뷰에서 “핵과 미사일 주요 프로그램에 대한 검증이 현재 기대할 수 있는 최선이기 때문에 미 행정부는 조용하게 FFVD를 강조하기 시작하였다”고 언급하였다. 이어 폼페이오 장관은 방북 전 북한의 비핵화 방식으로 ‘최종적이고 완전하게 검증된 비핵화(FFVD)’를 언급하기도 하였다. 미국의 트럼프 행정부 입장에서는 북한이 극도로 싫어하는 CVID 용어 사용을 피하고 북한 비핵화의 관건인 검증의 성과를 거두기 위한 일보 후퇴라고 볼 수 있다.<sup>68)</sup>

2018년 6월 12일 역사적인 북·미정상회담을 앞두고까지 미국의 북한 비핵화에 대한 방식은 CVID 또는 PVID이었다. 이에 대해 북한은 CVID 또는 PVID는 ‘패전국에나 적용하는 방식’이라며 강하게 반대를 하였다. 결국 북·미는 2018년 1차 북·미정상회담 공동성명에 CVID, PVID란 용어를 포함하지 않고 ‘완전한 비핵화(CD: Complete Denuclearization)’란 용어를 사용하였다. 6·12 북·미정상회담 하루 뒤 마이크 폼페이오 미국 국무장관은 검증가능한(V)와 불가역적인(I)가 빠져 있다는 언론 기자들의 질문에 ‘완전한 비핵화(CD)는 검증가능한(V)와 불가역적인(I)를 다 아우르는 내용이다’고 불편한 마음으로 답변을 하였다. 그러나 북한은 미국의 폼페이오 장관이 이틀간 비핵화 협상을 마치고 평양을 떠난 2018년 7월 7일 외무성 대변인 담화를 통해 “미국은 CVID 요, 신고요, 검증이요 하면서 일방적이고 강도적인 비핵화 요구만을 들고 나왔다”고 강하게 불만을 표시했다. 미국은 CVID를 염두에 두고 다른 표현을 했을 것으로 예상되나 북한은 PVID나 FFVD를 모두 CVID와 동일 시 하는 것으로 볼 수 있다.<sup>69)</sup>

67) 이수혁, 『전환적 사건』, 서울: 중앙북스, 2008, p. 285.

68) 박재완, “남북·북미 정상회담의 함의 분석을 통한 북한 비핵화 방안,” 『군사발전연구』 제12권 제1호, 2018(C), pp. 3-9.

69) 「비핵화 용어의 정치학...CVID·FFVD에 담긴 남북·미일 ‘속내」, 『연합뉴스』, 2018년 7월 9일.

UN의 북한 비핵화에 대한 원칙적인 방식도 CVID 이다. 2018년 10월 13일에 UN 안전보장이사회 상임이사국인 프랑스의 에마누엘 마크롱(Emmanuel Macron) 대통령도 한국의 문재인 대통령과 정상회담 시 “북한이 CVID 수준의 비핵화를 추진할 시 제재를 완화할 수 있다”고 입장을 표명하였다. 이러한 입장은 이탈리아, 덴마크 정상회담 시에도 그대로 유지되었다. 이어서 동년 10월 19일 벨기에 브뤼셀에서 열린 아시아유럽정상회의(ASEM: Asia-Europe Meeting) 의장 성명에서도 “북한은 UN 안보리 결의에 따라 모든 핵무기, 여타 대량살상무기, 탄도미사일 및 관련 프로그램과 시설을 CVID 해야 한다”고 촉구하기도 하였다.

한국의 문재인 정부는 비핵화 방식 용어 자체에 집착할 필요는 없다는 주장을 하고 있다. 이는 북한이 공개적으로 반대하고 불만스러워 하는 용어 사용을 자제하면서 북한과의 비핵화 협상 모멘텀 유지에 고심하고 있다고 볼 수 있다.

북한의 핵 신고에서 부터 핵폐기 완료에 이르는 전 과정을 관통하는 문제가 검증이다.<sup>70)</sup> 미국은 북한 비핵화 방식을 CVID, PVID, FFVD로 혼용해서 사용해도 ‘검증(verification)’에 방점이 모두 찍혀 있다.

‘검증’이란 조약 상대국과 상호 합의한 대상에 대해 허용한 수단과 방법으로 상대국의 조약 준수 여부에 대한 정보 불균형을 해소하는 과정이다. 이 과정에서 화려하고 수사적인 정치적인 행위보다 과학적 사실과 근거에 기반한 기술적 검증이 무엇보다 중요하다. 예를 들어 ‘북한은 핵탄두를 몇 기를 생산하여 어느 장소에 저장하고 있을 것인가?’ 하는 사실을 확인하기 위해서는 우라늄 원광에서 채광, 정련, 변환, 금속화 과정에서 플루토늄과 농축우라늄 획득 과정, 이를 무기화하는 조립 및 생산과정, 투발수단과 연계하여 작전배치 및 저장과정 등에 대한 기술적 검증이 없이는 조약 준수 여부를 정확히 판단할 수 없을 것이다.

따라서 북한 핵에 대한 비핵화 방식은 ‘완전한 기술적 검증이 보장되는 비핵화’가 이루어져야 할 것이다. 완전한 기술적 검증에 돌이킬 수 없고, 검증 가능하고, 영구적인 비핵화의 의미가 모두 포함될 수 있기 때문이다. 어떠한 북한의 비핵화의 방식도 검증은 반드시 포함되고 실천적으로 이행되어야 할 것이다. 특히 전 검증 과정에서 기술적 평가에 의한 검증 대상 선정과 기술적 검증 수단과 기술적 검증 방법이 완전히 보장이 되는 비핵화 방식이 이루어지도록 하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

---

70) 핵문제 해법으로 완전하고 검증가능하며 빠른 비핵화(CVFD: Complete Verifiable Fast Denuclearization)를 주장하기도 하였다. 정육식, “북·미 비핵화 협상: CVID아닌 CVFD가 대안,” 『통일한국』 6월호, 2018, p. 14.

## 제2절 검증 이론

### 1. 검증 개념과 정의

국가안보는 한 국가의 ‘국력’과 국가 외부의 ‘위협’이라는 변수와 상관관계가 있다고 볼 수 있다. 즉, 국가안보는 국력에 비례하고 위협에 반비례한다는 것이다. 따라서 국가안보를 위해서 국력을 증대시키고, 국가의 위협을 줄여나가야 한다. 전통적으로 대부분의 국가에서는 국력의 핵심을 이루는 국방력을 향상시키기 위해 군비증강에 노력을 집중하여 왔다. 그러나 군사력의 건설과 병행하여 안보환경을 개선하는 노력을 통해 위협을 감소시키면서 국가안보를 증진하려는 노력을 하게 되었는데 이것이 바로 ‘군비통제(arms control)’의 개념이다. 군사력 건설이 적대국 위협에 대응하기 위해 국방전력을 확보하여 전쟁을 억제하려 하는 것이고, 군비통제는 협상과 국제 규범을 통해 적대국의 위협을 감소시킴으로써 전쟁을 억제하려는 것이다.<sup>71)</sup>

군비통제는 일반적으로 군축(disarmament), 군비축소(arms reduction), 군비제한(arms limitation), 군비동결(arms freeze), 신뢰구축(confidence building) 등을 모두 포함하는 광의의 개념으로 보고 있다. 군비통제의 개념은 핵억제이론의 일부분으로 등장하였다. 억제에 필요한 군비 확보라는 개념의 ‘군비경쟁의 안정화(arms race stability)’와 선제공격 위협을 제거하는 개념의 ‘위기의 안정화(crisis stability)’를 달성하여 핵전쟁을 막을 수 있다는 것이 바로 핵억제이론이다. 과학기술의 급속한 발달로 인한 무기체계의 발전은 핵·미사일과 같은 막대한 살상력과 정교함을 구비하여 피·야간에 전쟁의 승패에 관계없이 막대한 손실을 입히게 됨으로써 군비통제의 개념이 국가안보의 주변적인 위치에서 핵심적인 위치로 자리매김을 하게 된 것이다.

군비통제 협상 및 이행 과정에 있어서 가장 핵심적인 분야는 검증이다. 검증(verification)의 사전적인 의미는 ‘검사하여 증명하는 것’ 또는 ‘법관이나 수사관이 자기의 감각으로 어떤 대상의 성질이나 상태 따위를 인식하여 증거를 조사하는 것’이다. 알란 크라스(Allan S. Krass)는 검증을 ‘다양한 기술적, 제도적 수단에 의해서 얻어진 증거나 정보를 토대로 조약의 준수 여부를 증명하는 행위’라고 정의하였다.<sup>72)</sup> 안드르제이 칼코스츠크(Andrzej Karkoszka)는 ‘군비통제조약 체결 당사국 간에 조약에 명시한 이행 정도를 결정하기 위해 당사국 또는 국제기구에 의해 인적, 기술적 방법으로 확인하

71) 남만권, 앞의 책(2004), p. 9.

72) Allan S. Krass, *The Soviet View of Verification*, in *Verification and Arms Control*, William C. Potter, ed, Lexington: Lexington Books, 1985, pp. 37-62.



는 과정'이라고 정의하였다.<sup>73)</sup> 단 콜드웰(Dan Coldwell)은 검증을 '조약 당사자들의 행동이 조약 내용과 일치하는가를 결정하는 정치적인 과정'이라고 하였다.<sup>74)</sup> 엘리스 모리스(Ellis Morris)는 '조약 대상 국가의 행위가 군비통제조약과 일치하는가에 대한 정치적 판단을 내리는 과정'이라고 하였다.<sup>75)</sup> 이반 올리치(Ivan Oelrich)는 '다양한 기술적 감시 시스템에 의해 얻어진 정보와 상대방의 의도와 진실성에 대한 추측에 근거한 판단이다'라고 정의하였다.<sup>76)</sup> 미국의 군비통제협회(The Arms Control Association)는 검증을 '국가기술수단(NTM: National Technical Means), 국제기술수단(MTM: Multinational Technical Means), 현장사찰(OSI: On-Site Inspection), 기타 감시체계 등을 활용하여 합의 내용의 준수 여부를 확인하는 일체의 행위'라고 정의하였다. 또한 노엘 게이러(Noel Gayler)는 검증의 종류를 적용 차원에서 사법적, 정치적, 군사적 검증 등 세 가지로 분류하였다. 사법적인 검증(judicial verification)은 합의 사항에 대해 이행하는 여부를 법적인 측면에서 확인하는 것이고 정치적 검증(political verification)은 적절한 정치적 보장과 합의에 의해 이행 여부를 확인하는 것이며 군사적 검증(military verification)은 합의사항에 대해 군사적 조건과 위배되는 사항을 확인하는 것이라고 보았다.<sup>77)</sup>

검증의 목적은 다음 세 가지 정도로 볼 수 있다. 첫째, 협정의 위반 사항을 확인하는 데 있다. 협정 체결국인 상대국의 협정 위반은 자국의 안보에 심대한 영향을 미칠 수 있는 정치적, 외교적, 군사적으로 매우 중요한 의미를 가진다. 상대국의 어떠한 이점도 거부하기 위해 조기에 위반 사항을 확인하여 적시적인 대응을 하는 것이 무엇보다 중요하다. 둘째, 협정 위반 가능성을 사전에 억제하는 데에 있다. 주관적 판단에 의존하는 정성적(定性的) 평가가 아니라 과학적 기술과 데이터에 의한 정량적(定量的) 평가에 의해 상대국가가 협정의 위반이나 회피를 어렵게 하는 것이다. 셋째, 협정 당사

73) Andrzej Karkoszka, *Strategic Disarmament, Verification and National security*, SIPRI Yearbook 1976, Stockholm: SIPRI, 1977, pp. 13-14.

74) Dan Coldwell, "The Standing Consultative Commission: Past Performance and Future Possibilities," in William Potter, ed., *Verification and Arms Control*, Los Angeles: Center for International and Strategic Affairs, UCLA, 1985, p. 220.

75) Ellis Morris, *Comparison of United States and Soviet Approaches to Verification*, in John O'Manique, ed., *A Proxy for Trust*, Ottawa: Carleton University, 1985, p. 45.

76) Ivan Oelrich, "The Changing Rules of Arms Control Verification: Confidence is Still Possible," *International Security*, Vol. 14, No. 4, 1990, p. 177.

77) Noel Gayler, *Verification, Compliance, and the Intelligence Process*, in *Arms Control Verification: The Technologies That Make It Possible*, Kosta Tsipic, et al., N.Y.: Pergamon-Brassey's Publishers, 1986, pp. 3-7.

국의 상호신뢰를 구축하는 데 있다. 서로 상대방에 대해 합의한 사항을 성실하게 준수하고 있다는 확신과 믿음은 쌍방 간의 상호 신뢰를 구축하는 데 기본적인 요소이다. 상대방에 대한 믿음이 부족해서 검증이 필요하다는 부정적 인식보다 과학적인 검증을 통해 상호 신뢰 증진이 배가 될 수 있다는 긍정적 인식이 있어야 한다는 것이다.<sup>78)</sup>

검증의 기능은 아래와 같이 네 가지 정도로 볼 수 있다.<sup>79)</sup> 첫 번째로 검증의 신뢰 구축 기능이다. 검증의 신뢰구축 기능에는 두 가지로 구분할 수 있다. 먼저 국가 간 신뢰구축 기능(international confidence building function)으로 검증을 통해 상대국가의 조약 준수에 대한 확신을 가짐으로써 국가 간에 상호 신뢰감을 증진시키는 기능을 말한다. 다른 하나는 국내 신뢰구축 기능(domestic confidence building function)으로 적절한 검증을 통해서 자국 국민들이 국가 안보에 대한 확신을 갖게 하는 대국민 설득 기능을 의미한다.

두 번째로 조약 위반을 탐지하는 안전장치 기능이다. 조약 위반 사항을 탐지하고 분석하는 활동 자체에도 조약 상대국은 조심을 하게 되어 조약 위반의 가능성을 감소시켜 국가 안보가 상대국의 조약 위반으로 위협을 받지 않도록 하는 안전장치 기능을 수행한다.

세 번째로 위반을 억제하는 유도 기능이다. 기술적이고 객관적인 검증 방법을 적용하여 조약 상대국의 조약 위반 가능성을 억제하고 조약 준수를 유도해 나가는 유도 기능을 수행한다.

네 번째로 새로운 안보구축 기능이다. 비공개와 비밀에 기초한 안보 개념에서 탈피하여 공개와 투명성에 기초한 안보 개념을 적용하여 새로운 평화체제 구축과 건설적인 안보관계를 수행하는 기능이다.

검증에 영향을 미치는 요소에 관해 살펴보면 아래와 같다. 첫 번째는 국제관계와 검증의 함수관계이다. 국제관계의 좋고 나쁨이 검증에 직접적인 영향을 미친다는 것이다. 적대적인 국제관계에서는 검증은 협상의 걸림돌이 되었지만 우호적인 국제관계에서는 많은 군비통제 조약이 체결되어 검증이 이행되었다. 역사적으로 살펴보면 미·소 냉전시기에 미국이 핵 기술 독점 포기를 약속하며 제안한 ‘바루치 계획(Baruch Plan)’이나 서로의 영토를 공중조사하고 군사시설에 대한 정보교환을 하자는 ‘영공개방제안’도 핵기술과 국력에 있어 열세였던 소련의 거부로 합의를 이루지 못했다.<sup>80)</sup> 반면에 소

78) 남만권, 앞의 책(2004), pp. 43-44.

79) 전성훈, 앞의 책(1992), pp. 21-22.

80) ‘바루치 계획’은 1946년 ‘핵시설을 군사적으로 사용하지 못하도록 국제통제기구가 감시와 통제 하에

련의 미하일 고르바초프(Mikhail Gorbachev) 서기장이 등장하면서 미·소 간 협력관계가 형성되면서 군비통제 협상 및 검증에 큰 진전이 있었다. 군축협상 역사상 최초로 미·소 간에 단일 무기의 한 종류인 중거리핵미사일을 전면 폐기하는 1987년 12월 INF 조약(Intermediate-range Nuclear Forces Treaty)이 체결되어 성과를 거두었다. 그 후 더욱 우호적인 국제관계 속에서 ‘유럽 재래식무기감축조약(CFE Treaty: Treaty on Conventional armed Forces in Europe)’과 ‘전략무기감축협정(START: Strategic Arms Reduction Talks)’이 체결될 수 있었다.

두 번째는 사회체제와 검증의 관계이다. 국가의 사회체제가 개방적일수록 검증에 대한 거부감이 없이 검증을 필수불가결한 군비통제의 과정이라고 수용하는 반면에 국가의 사회체제가 폐쇄적일수록 검증에 대한 거부감이 크고 국가 통치 체제에 큰 위협으로 인식하여 가급적 회피하려 한다.

세 번째는 전략적 균형과 검증의 관계이다. 군비통제 협상에서 협상 국가 간의 전략적 상호 균형이 이루어졌을 때 조약 체결 가능성이 높아진다는 것이다. 전략적 균형이 군비통제조약 체결 요건이라는 사실은 미국과의 핵전력이 열세에 있었던 소련이 1970년대에 미국과의 핵전력 균형에 도달하면서 ‘전략무기제한협정(SALT: Strategic Arms Limitation Talks)’ 체결이 입증해 주고 있다.

네 번째는 정치지도자와 검증의 관계이다. 국가 정책결정 최고책임자의 의지가 군비통제 협상과 검증에 지대한 영향을 미친다. 미국 리처드 닉슨(Richard M. Nixon) 대통령은 1969년 ‘SALT I’ 협상 대표에게 지침을 하달하여 ‘적절검증기준’을 구체화하여 협상을 가능하게 했다. 또한 소련의 미하일 고르바초프는 개혁과 개방을 표방하며 소련 체제를 변화시키고 미국과의 군비통제협상에 적극적으로 나서 검증방법으로 침투성이 강한 현장사찰(OSI)을 수용하여 획기적인 군축방안과 검증을 실현하였다.

다섯 번째는 과학기술과 검증의 관계이다. 검증 문제는 인간의 불완전한 속성 때문에 기인한다고 볼 수 있다. 인간은 눈으로 직접 보거나 과학기술적 수단에 의해 확인되지 않으면 불신할 수밖에 없기 때문이다. ‘조약을 준수할 것이다’는 수사적 표현만으로 상대방의 대한 조치나 행위를 믿기 어려울 뿐만 아니라 적대적인 관계인 상대국과의 거래는 더욱 불신할 수밖에 없다는 것이다. 국가의 안보 문제는 국가 이익 중 가장 우선하며 조그만 실수도 허용할 수 없기 때문이다. 따라서 과학기술의 발전에 따른 수

---

자유로운 검사를 하고 위반 시 제재를 가할 수 있다면 미국이 핵기술 독점 포기를 하겠다’는 제안이었다. 그러나 소련은 미국에 열세한 핵무기 개발 기술 수준을 하루빨리 미국에 대등한 수준으로 향상시키고 싶었기 때문에 반대하였다. news.joins.com/article/1656972(검색일: 2019. 9. 16.).

단과 방법을 사용하여 객관성과 신뢰성을 제고시켜 조약 당사국 간의 검증의 추동력을 잃지 않게 하는 것이 더욱 중요해지는 추세이다.

여섯 번째는 국제사회의 인식과 검증의 관계이다. 군비통제 협상의 초창기에는 당사국 간의 불신과 긴장관계, 포괄적 군축 제안의 비현실성, 검증 제도 및 절차의 불완전성 등으로 검증에 관해 국제사회의 호응은 미미하였다. 그러나 데탕트 시대에 많은 군비통제조약들이 체결되어 검증 제도가 확립되어 검증이 군비통제조약 이행과정에 필수불가결하다는 국제사회의 인식이 높아졌다. 검증에 관한 국제인식은 아래 <표 2-3> 1988년 UN 총회에서 채택한 16개 검증원칙에 잘 나타나 있다.<sup>81)</sup>

위의 정의들로부터 검증의 정의를 정리해 보면 아래와 같다. 첫째, 안드르제이 칼코스츠키와 단 콜드웰이 정의한 바와 같이 검증은 연속성이 중요한 ‘과정(process)’으로 규정하였다는 사실이다. 비핵화의 일반적인 단계로 거론되는 ‘가동중단(shutdown) 및 봉인(sealing) → 신고(declaration) → 불능화(disablement) 및 해체(dismantlement) → 폐기(dismantlement) 및 반출(taking out)’의 연속적 과정이 검증이라고 볼 수 있다. 둘째, 앨런 크라스의 검증의 정의에서 입증 또는 증명의 측면을 강조하고 있다. 입증은 ‘사실을 확인 한다’라는 사전적 의미에서 더 나아가 자발적인 정보교환이나 협력검증방안(CVM: Cooperative Verification Measures) 등에 의해 수행될 수 있다.<sup>82)</sup> 검증의 역사와 경험이 초보적인 단계에서는 수동적인 검사가 주요 수단일 수 있으나 검증의 과정이 성숙되고 조약 당사국간에 신뢰가 구축됨에 따라 능동적인 입증이 확대되어 갈 수 있을 것이다. 셋째, 단 콜드웰과 엘리스 모리스가 검증의 정치적인 과정을 언급함으로써 검증이 정보수집과 분석이라는 기술적 과정 뿐만 아니라 정치적인 판단을 내리는 매우 복잡한 문제임을 부각하고 있다. 넷째, 앨런 크라스와 이반 올리치의 정의에서와 같이 검증은 기술적, 제도적 수단에 의해서 얻어진 정보와 증거를 토대로 판단하는 과정이라는 것이다. 판단의 근거가 될 수 있는 것은 기술적 감시와 조사 등에 획득할 수 있는 객관적이고 정량적인 자료, 정보 등이 중요함을 강조하고 있다고 볼 수 있다. 결론적으로 검증이란 ‘기술적, 제도적 수단과 감시, 정보수집 등 다양한 방법으로 조약 상대국의 합의사항 이행 여부를 입증하는 정치적이고 기술적인 과정’이라고 볼 수 있다.

81) Department for Disarmament Affairs, *Verification and Compliance*, The United Nations Disarmament Yearbook, New York: United Nations, 1989, pp. 132-134.

82) 전성훈, “유럽의 신뢰구축방안: 경험과 그 의미,” 『한반도 군비통제』 제2집, 1990, pp. 54-57.

<표 2-3> UN총회에서 채택한 16개 검증원칙

- 적절하고 효과적인 검증이 군비통제조약의 필수요건이다.
- 검증은 그 자체가 목적이 아니지만 군비통제과정의 필수적인 요소이다.
- 검증은 군비통제조약의 이행을 촉진시켜야 하며 신뢰를 구축하고 조약이 모든 당사자에 의해 준수되고 있다는 확신을 주어야 한다.
- 적절하고 효과적인 검증을 위해서는 국가기술수단, 국제기술수단, 기타 국가적 절차 및 현장검사와 같은 다양한 방법이 사용되어야 한다.
- 군비통제 검증은 사회가 개방화될수록 많은 도움을 받을 수 있다.
- 군비통제조약에는 합의된 검증방법, 절차, 기술이 방해받지 않도록 명확한 조항이 명시되어야 한다.
- 군비통제조약에는 검증을 방해하는 계획적인 은폐장치를 사용하지 못하도록 하는 조항이 포함되어야 한다.
- 검증 시스템의 지속적인 적절성과 효율성을 검토하고 평가하기 위한 절차와 장치가 군비통제조약에 포함되어야 한다.
- 검증에 관한 논의는 특정 군비통제조약 협상 시작부터 매 단계에서 논의되어야 한다.
- 모든 국가는 그들이 체결한 조약의 국제적 검증 과정에 참여할 수 있는 동등한 권리를 가진다.
- 적절하고 효과적인 검증은 적시에 준수여부에 대한 확실한 정보를 줄 수 있어야 하며 준수에 관한 지속적인 확신은 신뢰를 쌓아 나가는데 필수적인 요소이다.
- 특정 검증 방법의 적절성, 효율성, 수용 가능성에 대한 결정은 개별 군비통제조약의 내용 안에서만 이루어질 수 있다.
- 검증은 군비통제조약 체결국에 의해 혹은 체결국 동의하에 관련기구의 요청에 의해 행해지는 행위이며 조약 체결국의 주권의 표시이다.
- 군비통제조약에 의거하여 검사의 실시나 정보를 요청하는 것은 검증 과정의 정상적인 구성요소로 간주되어야 하며 이러한 요청은 조약 준수 여부의 결정에만 사용되어야 하며 남용되어서는 아니 된다.
- 검증은 조약 체결 대상국에 대해 차별 없이 행해져야 하며 조약 체결 대상국의 내정에 간섭해서는 아니 된다.
- 적절하고 효과적인 검증이 되기 위해서는 특정 군비통제조약에 채택된 검증 제도가 모든 관련 무기, 장소, 설비 및 행위를 남김없이 다루어야 한다.

\* 출처 : 전성훈, 「북한 핵사찰과 군비통제 검증」, 1994, pp. 81-82에서 재인용.

## 2. 검증 구성 요소

검증을 이루는 구성 요소에는 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 등이 있다. 검증 과정은 검증의 시작부터 종료에 이르기까지의 모든 절차와 경로를 의미하며 검증 대상은 검증 과정에서 확인하고 분석하고자 하는 목표물과 범위로 볼 수 있다. 검증 수단은 검증 대상을 어떠한 장비와 기기, 기구 등을 사용할 것인가에 대한 것이고 검증 방법은 정보 수집을 위해 감시하고 직접 현장에서 확인하고 검사하며 분석하는 방식에 관한 것이라 볼 수 있다.

### 가. 검증 과정

검증 과정은 여러 전문가들에 의해 다양하게 제시하고 있으나 일반적으로 다음과 같이 세 단계로 진행된다.<sup>83)</sup>

첫 번째 단계는 협상 단계이다. 적대적 군사 관계에 있는 국가들 간에 또는 국제기구 내에서 여러 국가들 간에 검증의 대상(object), 범위(scope), 수단(mean), 방법(method) 등에 관해 논의를 하는 것이다. 이 단계는 정치적 협상과 거래가 많이 오고 간다. 검증 대상이 많은 국가들이 오히려 검증을 회피하고 검증을 최소화하려고 하기 때문에 정치적 판단 하에 경제적 유인책을 많이 제공하면서 검증 조항을 관철시키는 노력을 하고 있다. 예를 들어 미국과 소련 간에 중거리핵미사일폐기조약은 총 1, 2부로 구성되었는데 1부는 100페이지 가량의 본문 조약에 관한 것이고, 2부는 200페이지 가량의 검증에 관한 내용이다. 이를 관철시키기 위해 미국은 소련에게 전략핵무기 검증 및 폐기 비용을 지원하는 것에 합의하였다.

두 번째 단계는 정보수집과 분석의 단계이다. 이 단계는 다양한 수단과 방법으로 검증에 관한 정보 수집을 하고 획득한 정보를 과학적이고 객관적인 방법으로 분석하여 신뢰성 있는 검증 결과를 제시하는 단계이다. 이를 첫 번째 협상 단계와 비교하여 기술적 과정이 주가 된다고 볼 수 있다. 이 단계에서는 검증에 합의한 당사국들이 기술적 검증 능력을 최대한 발휘하여 합의 이행 여부를 철저히 확인하는 단계이다. 예를 들어 국제원자력기구가 핵사찰 수검국가에게 원자로 주변과 핵물질 재처리 시설 등에 설치하는 감시카메라, 시료채취 및 분석, 핵물질 사용량 분석, 현장 상주 감시단 운영 등은 엄격하고 과학적인 기술적 과정이라고 볼 수 있다.

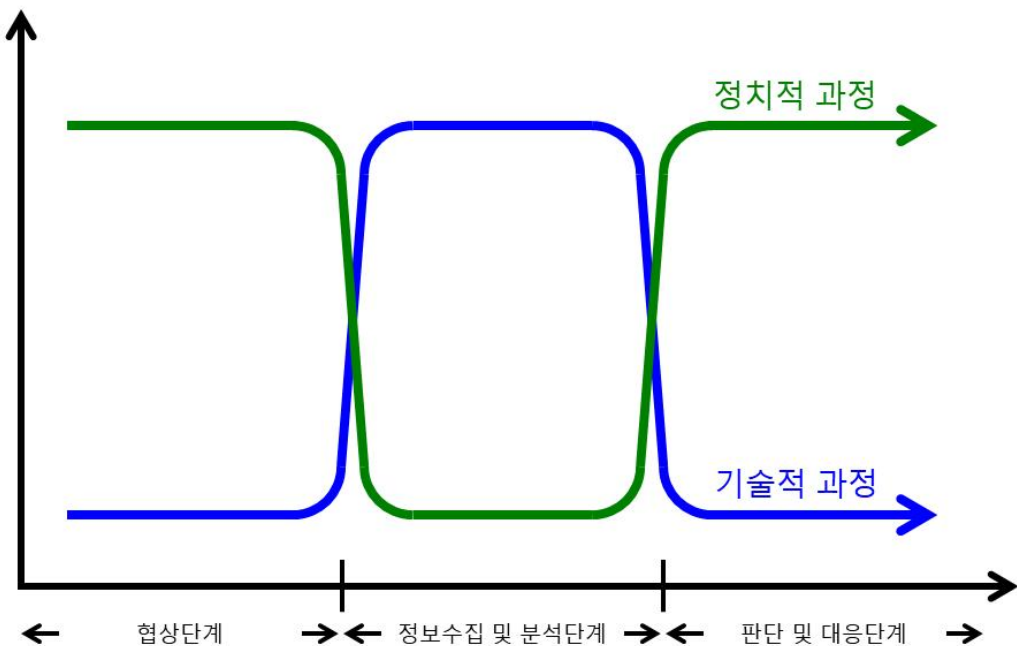
세 번째 단계는 검증 결과의 판단 및 대응과정이다. 즉 검증의 결과가 합의 이행을

83) 전성훈, 앞의 책(1994), pp. 22-24.

충실히 하고 있는지 또는 합의에 대한 위반사항이 있는지를 공식적으로 제기하고 대응하는 과정이다. 만일 위반 행위가 있을 경우에 어느 정도 수위를 갖고 대응할 지를 결정하는 것은 고도의 정치적 판단 및 결심 과정이다. 예를 들어 카터 전 미국 대통령은 소련이 전략핵무기제한협정의 위반사례를 발견하고도 미·소 간의 신 데탕트를 후퇴시키지 않으려고 묵인하기로 결정한 반면 레이건 미국 대통령은 소련의 위반 행위를 문제 제기한 바 있다. 또한 미국은 이라크가 대량살상무기 생산 및 확산에 관한 중대한 위반 행위를 했다고 공표하고 군사적 응징까지 가한 바 있으며 북한이 북·미 제네바 합의에 대한 중대한 위반을 했다고 문제 제기를 하여 북·미 제네바 합의도 결국 파기한 바 있다.

검증 과정을 협상, 정보수집 및 분석, 판단 및 대응 단계로 구분하여 각 단계에서 정치적 영역과 기술적 영역의 상호 관계를 도식으로 나타내면 아래 <그림 2-1>과 같다.

<그림 2-1> 검증 과정에서 정치적·기술적 과정의 상호 관계



\* 출처 : 필자가 종합 정리한 내용임.

즉, 협상 단계에서는 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법에 관한 상호 논의와 합의가 이루어지는 단계로 기술적 과정보다는 정치적 과정이 주가 된다고 볼 수 있다. 두 번

제 정보수집 및 분석 단계에서는 조약 준수 여부에 관련된 모든 정보를 수집하고 판단하는 단계로 정치적 과정보다는 기술적 과정이 주가 된다. 이 단계는 국가기술수단(NTM)과 국제기술수단(MTM)에 의해 감시되고 현장사찰을 실시하여 과학적 사실과 근거가 있어야 상호간에 신뢰성을 가질 수 있다. 세 번째 판단 및 대응 과정에서는 기술적이고 객관적인 검증 결과에 대해 상대방에게 문제를 제기하거나 조약 준수에 따른 신뢰를 구축하여 검증 목표에 접근하는 최종적인 단계로 기술적 과정보다는 정치적 과정이 주가 된다고 볼 수 있다.

검증 과정의 세부 단계에서 가장 중요하고 핵심적인 단계는 정보수집 및 분석 단계로 다양한 기술적 수단과 방법으로 검증 대상에 관한 객관적인 정보 수집을 하여 획득한 정보를 과학적인 방법으로 해석하고 신뢰성 있는 검증 결과를 제시하여 검증의 목표에 접근하고 달성하는 것이라 할 수 있다.

## 나. 검증 대상

검증 대상에 관한 학자들의 견해는 다양하다. 전봉근은 북한의 비핵화 검증 대상을 핵탄두, 핵물질, 핵시설, 핵지식, 미사일 등 5개 분야로 분류하였다.<sup>84)</sup> 김진무는 북한의 비핵화 대상을 핵무기와 미사일 분야로 구분하여 핵무기 분야는 핵물질, 연구 및 실험 시설, 제조 및 부품 시설, 핵무기, 설계도, 인력 등으로 미사일 분야는 연구 및 발사 시설, 생산·저장·부품공장, 미사일, 설계도, 인력, 전략군 등으로 분류하였다.<sup>85)</sup> 박재완은 북핵폐기 대상으로 핵탄두, 핵물질, 핵시설, 미사일 등 투발수단, 핵정책과 기술, 문서, 핵 과학자 등의 핵프로그램 등으로 제시하였다.<sup>86)</sup> 김일기는 북핵 검증 대상으로 플루토늄 생산 프로그램, 우라늄농축프로그램, 핵무기 개발 프로그램, 미사일 개발 프로그램 등으로 제시하였다.<sup>87)</sup> 정성장은 북한 비핵화 대상으로 핵물질과 핵무기, 핵무기 제조장치와 시설, 핵무기 운반수단(미사일), 핵 과학자와 기술자 등 관련 인력 등을 제시하였다.<sup>88)</sup> 2011년 한국원자력통제기술원은 ‘북한의 핵프로그램과 검증’에서 북한의 핵 검증 대상을 플루토늄 프로그램, 우라늄농축프로그램, 핵무기, 핵실험장 등으로 구분하

84) 전봉근, “북·미정상회담 평가와 한반도 비핵·평화체제 추진 전략,” 『세종정책총서』 2018-10, 2018(A), p. 77.

85) 김진무, 앞의 논문(2018, A), pp. 19-20.

86) 박재완, 앞의 논문(2018, A), p. 166.

87) 김일기·안제노, 앞의 논문(2018), p. 11.

88) 정성장, “한반도 비핵화 협상의 조건: 비핵화의 대상, 방법, 일정표와 상응조치에 대한 포괄적 합의,” 『세종논평』 2019-22, 2019, p. 1.



여 제시하였다. 2018년 미국의 스탠포드 국제협력센터는 북한의 비핵화 대상을 핵무기, 핵개발 인력, 핵실험, 미사일, 플루토늄, 농축우라늄, 핵융합연료, 금수조치사항 등으로 구분하였다.<sup>89)</sup>

이를 분석해 보면 비핵화 대상, 폐기 대상, 검증 대상으로 혼용하여 사용하고 있고, 대상의 세부적인 분류도 보는 관점에 따라 다소 상이함을 알 수 있다. 비핵화의 대상이 곧 검증의 대상이 될 수는 있으나 폐기 대상은 제한적인 대상이 될 수 있을 것이다. 즉 핵 관련시설이 평화적 목적으로 전환이 될 수도 있고, 핵물질과 핵무기의 일부는 반출되는 대상이 될 수도 있기 때문이다. 핵탄두(nuclear warhead)와 핵무기(nuclear weapon)를 혼용하여 사용하고 있는데 핵탄두는 ‘미사일이나 어뢰와 같은 추진력을 가진 무기에 결합해서 사용하게 되는 핵이 장치된 탄두’이며 핵무기는 ‘핵분열(핵분열, 핵융합 등)에 의해 발생하는 에너지를 직접 파괴, 살상의 목적으로 이용하는 무기의 총칭’으로 핵탄두는 핵무기의 일부분으로 보는 것이 적절하다고 본다.<sup>90)</sup> 또한 북한의 비핵화 또는 검증의 대상 중 핵시설 검증에서 핵실험장과 핵 전문인력에 대한 검증이 포함되어야 한다고 생각한다. 북한은 여섯 차례의 핵실험을 모두 함경북도 길주군 풍계리에서 실시했기 때문에 핵 실험장은 북한 핵개발의 역사를 모두 갖고 있는 사람의 지문(指紋)과 같은 시설이며 북한의 핵개발에 참여한 전문인력들에 대한 인터뷰를 통하여 북한의 핵무기의 종류 및 특성, 핵개발 기술 수준, 과거·현재·미래 북한 핵에 대한 전모를 파악할 수 있기 때문이다. 따라서 본 논문에서는 상기 학자들과 기관들의 공통분모를 최대한 취합하여 북한의 비핵화를 위한 검증대상으로 4가지로 구분하고자 한다. 즉 핵물질, 핵무기, 핵실험장 및 핵전문인력을 포함하는 핵시설, 핵투발수단 등으로 구분하여 기술적인 분석을 하고자 한다.

## 다. 검증 수단

검증 수단에는 알란 크라스가 검증을 ‘다양한 기술적, 제도적 수단에 의해서 얻어진 증거나 정보를 토대로 조약의 준수 여부를 증명하는 행위’라고 정의한 바와 같이 수단은 기술적 수단과 제도적 수단으로 구분할 수 있다.

먼저 기술적 수단에는 국가기술수단(NTM) 및 국제기술수단(MTM)과 기타 부수적

89) 핵프로그램은 핵무기, 핵물질, 핵시설, 핵인력, 핵교리 및 지휘통제체계, 핵설계정보 등 핵개발과 관련된 포괄적인 개념이다. 박재완, 앞의 논문(2018, B), p. 50.

90) 두산백과, <http://www.doopedia.co.kr>.(검색일: 2019. 11. 9.).

인 정보수집 활동 등이 있다. 국가기술수단(NTM) 및 국제기술수단(MTM)에는 조약 당사국이나 제 3국, 국제기구 등이 보유하고 있는 군사 및 상업용 인공위성, 항공 정찰기, 무인 정찰기, 레이더, 원격 감시장비, 지하·지상·해상·공중 탐지장비, 시료채취 및 분석에 사용되는 정밀 측정 장비 및 기기 등이 포함이 된다. 기타 부수적인 정보수집 활동은 조약에 의해 조약 체결 당사국이 자발적으로 제공해 주는 검증에 관련된 핵심 고서를 포함하는 자료와 인적 정보, 국내·외 언론보도, 국내·외 전문 연구 기관의 정보, 대외적으로 공개된 각종 조약 상대국의 간행물, 외교관 및 무관 첩보, 인터넷 등을 통해 이루어진다.

제도적 수단에는 먼저 국제 레짐과 이를 준수하고 이행하기 위한 국제기구가 있다. 국제 레짐 개념은 1975년 존 러기(John Ruggie)가 제시하였는데 그는 레짐을 “상호 국가들이 수용하는 규정과 규칙, 상호 기대, 계획, 조직적 에너지와 재정적 공약의 집합”이라고 정의하였다.<sup>91)</sup> 즉 국제관계의 특정한 분야에 대한 참여 국가들의 기대가 수렴되는 묵시적 혹은 명시적 원칙(principles), 규정(rules), 규범(norms), 의사결정절차(decision making procedures) 등을 포함하는 개념이라 할 수 있다. 원칙이란 여러 현상이나 과정에 적용하는 근본적인 원리이며 규정은 준수해야 할 것과 금지해야 할 것에 대한 기준이다. 규범은 권리와 의무로 정의된 행동 기준이며 의사결정절차는 참여 국가들이 공동으로 선택하고 이를 실천하는 절차라고 할 수 있다.<sup>92)</sup> 핵 비확산 레짐에는 대표적으로 핵확산금지조약(NPT), 포괄적핵실험금지조약(CTBT: Comprehensive Test Ban Treaty) 등이 있다. 핵 비확산 레짐을 이행하는 대표적인 국제기구로는 국제원자력기구(IAEA)가 있다. 두 번째는 검증의 주체가 되는 검증 기구와 검증을 시행하면서 발생하는 문제점과 이견들을 조정 및 통제하기 위한 검증 협조기구 등이 있다. 먼저, 핵을 검증하기 위한 검증 기구에는 상호 국가 간에 구성이 될 수도 있고, 기술적 능력과 재정적 능력을 구비한 국가, IAEA와 같은 국제기구가 공동으로 참여할 수도 있다. 또한 핵검증 이행 과정에서 첨예한 문제들이 발생할 수 있는데 핵검증 피수검국가와 핵검증을 하는 주체 사이에 상시 협조기구를 설치하여 문제점과 제한사항, 추가적으로 요청하고 상대방의 협조와 지원이 필요한 현안들을 해결하고 조정해 나가야 한다.

---

91) John Ruggie, "International Responses to Technology: Concept and Trends," *International Organization*, 1975, p. 570.

92) 전성훈, 앞의 책(1992), p. 24.

## 라. 검증 방법

남만권은 검증 방법으로 ① 특정 감시 장소에 대한 원격 감시 ② 제 3자에 의한 상주 감시소 운영 ③ 대기 감시 및 분석 ④ 주기적이고 불규칙적인 인공위성 정찰 ⑤ 시료채취 및 정밀 분석 ⑥ 정기, 불시, 강제 사찰 등 다양한 현장사찰 방법 등으로 구분하였다.<sup>93)</sup>

검증 방법 가운데 가장 중요하고 확실한 방법은 현장사찰(OSI: On-Site Inspection)이다. 현장사찰은 ① 지진탐지기, CC TV 등에 의한 원격 감시 형태인 원격 현장사찰(Remote OSI), ② 특정 감시 대상에 대한 제한된 사찰 형태인 제한적 현장사찰(Limited OSI), ③ 정기적으로 방문하여 사찰하는 형태인 정기적 현장사찰(Interval OSI), ④ 특정 감시 지역에 상주감시단을 운영하는 상주 현장사찰(Residential OSI), ⑤ 특정 감시 대상에 무제한적으로 사찰을 실시하는 무제한적 현장사찰(Unlimited Zonal OSI) 등이 있다.<sup>94)</sup> 이외에 검증 대상에 관련된 시설의 장부 검사, 전문 종사 인력들에 대한 인터뷰 등은 현장 사찰에서 시행할 수 있는 구체적인 검증 방법으로 볼 수 있을 것이다. 국가기술수단(NTM)과 국제기술수단(MTM)에 의한 감시와 원격 감시를 포함하는 현장사찰 방법은 국가의 정보획득 기술 수준에 크게 영향을 받는다. 다양한 감시 수단을 활용하고 기술적 수준이 높은 감시 및 확인 방법을 적용한 여러 가치있는 자료를 획득하여 검증 결과에 대한 신뢰도를 높이는 것이 점점 더 중요해 지고 있다. 핵·미사일을 포함하는 첨단 무기체계의 비약적인 발전은 더욱 과학적이고 효과적인 검증 방법을 요구하고 있다.

최근 군사 과학 기술의 혁신과 발전은 인공위성을 활용한 전천후 감시, 구름·우천·야간 등의 악기상 조건을 극복하고 해상도 높은 영상자료 획득하는 유·무인 항공정찰 기술 보유, 극미량의 핵물질을 핵시설과 핵시설 주변에서 채취하고 정밀분석하여 핵물질의 구성 성분, 핵물질의 농축도, 재처리 시설 횡수, 핵물질의 획득 과정 등을 매우 정확하게 판단하는 것을 가능하게 하고 있다.<sup>95)</sup>

향후 국가기술수단(NTM)과 국제기술수단(MTM)을 활용한 지하·지상·해상·공중·사이버·우주 영역에서의 다양하고 입체적인 감시, 현장사찰, 시료채취 및 분석을 하는 기술적 검증 방법이 더욱 중요해지고 확대되어 나갈 것으로 전망된다.

93) 남만권, 앞의 책(2004), pp. 49-51.

94) 남만권, 위의 책(2004), p. 48.

95) 동위원소(同位元素)란 원자번호는 같으나 질량수가 다른 원소로 양성자의 수는 같으나 중성자의 수가 다른 원소를 의미한다. 김창호, 『물리·화학 핵심용어사전』, 서울: 시공사, 2010, p. 224.

### 3. 기술적 검증

기술(技術)의 사전적 정의는 ‘과학이론을 실제로 적용하여 사물을 인간 생활에 유용하도록 가공하는 수단, 어떤 일을 효과적으로 할 수 있는 방법이나 능력, 만들거나 짓거나 하는 재주 또는 솜씨’이다.<sup>96)</sup>

남만권은 ‘검증은 기본적으로 기술적 변수나 수치 변수로 명확히 정의된 정량적 요소들에 의해서 다루어져야 하며 미래의 검증 체계는 현장사찰을 다양한 검증 기술과 통합시키는 것이 중요하게 부각될 것이다’라고 주장하였다.<sup>97)</sup> 전성훈은 ‘기술적 측면의 검증 연구는 검증에 사용되는 기술적 장비나 방법의 종류, 능력 및 비용 등을 포함한다’고 기술하였다.<sup>98)</sup> 한용섭은 ‘기술적 검증은 검증의 목적을 달성하기 위해 검증 전문가들이 기술적 수단을 가지고 검증을 실시하는 과정이며 100% 완벽하면서도 효과적인 검증을 목적으로 한다’라고 정의를 내렸다.<sup>99)</sup> 백승혁은 ‘북한 우라늄농축 프로그램 동결 및 기술적 검증’ 논문에서 ‘기술적 검증’이라는 용어를 처음 사용하였는데 기술적 검증의 정의는 내리지 않고 북한의 농축우라늄 프로그램의 특성과 신고, 동결, 현장사찰, 폐기 등의 검증 과정에 관해 과학 이론에 근거하여 기술적 접근과 분석을 하였다.<sup>100)</sup> 함형필은 ‘다차원적인 핵문제를 이해하기 위해서는 우선적으로 기술적인 이해를 바탕으로 정치적·외교적 문제로 나아가야 한다’고 주장하였다.<sup>101)</sup> 알란 크라스(Allan S. Krass)는 ‘검증이란 다양한 기술적, 제도적 수단에 의해서 얻어진 증거나 정보를 토대로 조약의 준수 여부를 증명하는 행위’라고 정의하였다.<sup>102)</sup> 이반 올리치(Ivan Oelrich)는 ‘검증은 다양한 기술적 감시 시스템에 의해 얻어진 정보와 상대방의 의도와 진실성에 대한 판단이다’라고 주장하였다.<sup>103)</sup>

상기 기술한 국내·외 검증 관련 전문가들의 의견을 종합해 보면 기술적 검증은 ‘첨단과학기술을 적용하여 효과적인 수단과 방법으로 검증 대상을 체계적으로 확인하는 과정’이라고 할 수 있다. 즉, 북한 핵에 대한 기술적 검증은 과학적 이론을 바탕으로 설계·제작되어 극미량의 핵물질도 탐지·식별·분석할 수 있는 장비와 기기, 악조건의 기

96) 민중서림, 『민중 엡센스 국어사전』, 경기 파주: 민중서림, 2013, p. 395.

97) 남만권, 앞의 책(2004), pp. 44-45.

98) 전성훈, 앞의 책(1992), p. 5.

99) 한용섭, 『한반도 평화와 군비통제』, 서울: 박영사, 2015, p. 180.

100) 백승혁, 앞의 논문(2003), pp. 241-274.

101) 함형필, 앞의 논문(2006), pp. 224-268.

102) Allan S. Krass, op. cit.(1985), pp. 37-62.

103) Ivan Oelrich, op. cit.(1990), p. 177.

상과 지형 조건을 극복하며 전천후로 핵활동을 확인할 수 있는 수단을 활용하여 감시, 현장사찰, 시료채취 및 분석 등의 다양한 방법을 통해 부족한 정보를 획득하여 해석하는 전문적 능력으로 사실 관계를 확인하는 과정'이라고 할 수 있다.

검증은 두 가지의 특성을 갖고 있다. 첫째는 '감시(monitoring)'이다. 이는 상대국의 협정 준수 여부에 대해 정보획득을 위한 총체적인 기술이다. 둘째는 '해석(interpretation)'이다. 이는 획득한 자료로부터 필요한 자료를 선별해 내는 자료처리(data processing) 과정을 거쳐 상대방의 협정 준수 여부에 대한 객관적이고 과학적인 증거 자료를 제시하는 전문적인 기술을 요하는 절차이다. 검증의 두 가지 특성 면에서도 과학적 이론을 바탕으로 하는 기술적 수단과 방법이 긴요함을 알 수 있다.

검증 문제는 인간이 불완전한 존재이기 때문이란 단순한 사실에서 기인한다. 인간이 서로 간에 약속을 하거나 단체와 국가를 대표하여 협정이나 조약을 체결하고 이행 여부를 완벽한 정보체계 또는 초인적인 능력으로 이를 확인하거나 알아낸다면 검증이란 문제는 애당초 거론되지 않을 것이다.<sup>104)</sup> 그러나 인간이란 시간적, 공간적 제약을 구속받는 존재라서 상대방의 은밀한 곳에서 일어나는 일들을 눈으로 직접 확인하거나 기술적 수단과 방법에 의해서 검사하지 않고서는 약속 이행 여부를 신뢰할 수 없기 때문이다.

국가 안보 분야에서의 검증은 국가의 존망에 관련되는 사활적 국가이익과 관련이 있어 조그마한 실수도 허용이 될 수 없는 문제이고 어느 정도의 검증이 적정 수준인가에 대한 불확실성이 있기 때문에 검증 문제는 매우 중요하게 인식하고 신중하게 접근해야 할 필요가 있다는 것이다. 신뢰 관계가 충분히 형성되지 못한 국가 관계, 더 나아가 적대적인 국가 관계에서는 조약의 위반 여부를 확인할 수 있는 기술적 검증이 더욱 중요하게 부각될 것이다. 특히 핵문제와 같은 국가 안보 분야의 검증 문제는 안보상 중대성과 우선성, 정보 획득의 어려움과 비밀성, 상대국의 조약 위반 시 안보 취약성 등의 제반 문제 때문에 기술적 검증은 향후에도 매우 중요시 될 수밖에 없을 것이다.

104) 조약(treaty)은 '국제법 주체 간에 국제법률관계를 설정하기 위한 문서에 의한 명시적 합의'를 의미하며 특정 조약 보안을 목적으로 의정서(protocol)를 채택하기도 한다. 협약(convention)은 '국제회의에서 성립된 다수 국가 간의 입법적 성격의 조약'의 성격이며 협정(agreement)은 '행정부가 주도하여 체결하는 국제적 합의'의 의미로 사용된다. <http://www.doopedia.co.kr>(검색일: 2019. 11. 14.).

### 제3절 분석의 틀

북핵 문제가 남·북한의 문제뿐만 아니라 세계의 평화와 안정을 위협하는 문제로 부각된 지 30여 년이 지나왔다. 북한 비핵화를 달성하기 위해 남북 협상, 북·미 협상, 한반도 주변국을 포함하는 6자회담, UN과 IAEA 등 국제기구의 참여 등으로 해결하고자 부단히 노력했으나 결국 검증의 벽을 넘지 못하고 실패해 왔다. 특히 검증 과정 속에서 검증의 핵심인 검증 대상에 대한 제한과 통제, 국가기술수단 및 국제기술수단 등 검증 수단의 사용 제한, 미신고 시설과 의심되는 시설 등에 대한 현장 특별사찰과 시료채취 및 분석 등의 검증 방법을 제대로 적용하지 못하는 등 기술적 검증이 제대로 적용되지 못하면서 북한의 핵무장 완성 선언을 지켜보아야만 했다.

본 연구의 주제는 「북한 비핵화 과정의 기술적 검증 적용방안에 관한 연구」이다. 본 연구에서는 지난 30여 년간 실패를 거듭해 온 북한 비핵화 과정을 진단 및 분석하고 가장 난관이 되었던 검증에 주목하였다. 특히 검증 분야 가운데서도 연구가 거의 없어 왔던 기술적 검증의 측면에서 진단 및 분석하고 향후 북한 비핵화 과정에 기술적 검증 적용방안을 모색하는 것이 목적이다.

앞서 연구의 목적에서 언급한 바와 같이 북한의 비핵화를 달성하기 위해 3가지 문제 제기를 하였다. 첫째, 지난 30여 년 넘게 북한 비핵화를 추진하는 과정에 어떤 장애물과 난관이 있었는가? 둘째, 북한 비핵화 검증에 영향을 미치는 요소는 무엇인가? 셋째, 기술적 검증의 효과적인 적용방안은 무엇인가? 에 관한 것이다.

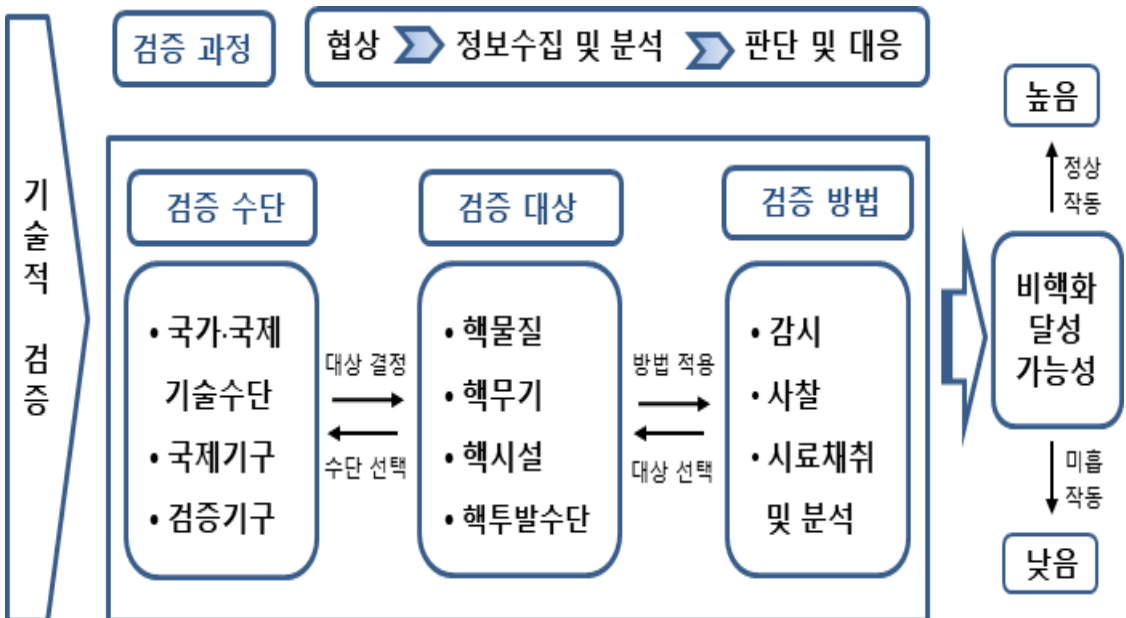
상기 문제를 해결하기 위해 본 연구에서 설정한 분석의 틀은 아래 <그림 2-2>와 같다. 첫째, 기술적 검증을 독립변수로 북한의 비핵화를 종속변수로 고려하였다. 기술적 검증은 검증 과정이 진행되면서 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법의 세 가지 독립변수들로 구성되어 상호 연관성과 영향을 미친다고 보았다. 기술적 검증을 구성하는 요소들이 서로 유기적이고 상호보완적으로 작동이 잘 되면 북한의 비핵화 달성 가능성이 높아지고 반대로 작동이 잘 되지 않으면 북한 비핵화 달성 가능성이 낮아질 수 있다는 것이다.

둘째, 기술적 검증에서 검증 과정은 협상, 정보수집 및 분석, 판단 및 대응의 세 단계로 진행이 된다. 협상 단계에서 검증의정서, 비핵화 검증 로드맵, 검증 세부 실시방안에 대한 기술적 조언이 제공되면서 합의를 촉진시킨다. 정보수집 및 분석 단계에서는 상호 합의한 검증 수단과 검증 방법을 적용하여 핵검증 대상에 대한 정밀한 분석을 실시한다. 판단 및 대응 단계에서는 검증 결과가 합의한 사항들을 정상적으로 이행하고

있는지 여부를 확인하여 상대방에게 통보하고 약속 이행에 대한 강제성을 부여하는 단계이다.

셋째, 기술적 검증의 독립변수는 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 등 세 가지로 보았다. 먼저 검증 수단은 국가기술수단(NTM)·국제기술수단(MTM), 국제기구, 검증의 주체가 될 수 있는 검증 기구로 구분하였고 검증 방법에는 감시, 사찰, 시료채취 및 분석으로 구분하였으며 검증 대상에는 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단 으로 각각 구분하였다. 검증 수단은 검증 대상에 대한 결정에 영향을 미치고 검증 대상은 검증 수단의 선택에 상호 영향을 미친다고 보았다. 또한 검증 방법은 검증 대상에 대한 선택에 영향을 미치고 검증 대상은 검증 방법 적용에 대해 상호 영향을 미친다고 보았다. 본 연구는 이론적 배경은 북한 비핵화를 위해 유용하다고 판단한 비핵화 이론, 검증 이론 등을 준거의 틀로 삼아 기술적 검증 측면에서 분석하고자 한다. 리비아의 핵검증 사례분석을 토대로 북한의 지난 30여 년간 핵검증 실패 과정을 기술적 검증 관점에서 분석하고 문제점을 도출하여 향후 북한의 비핵화 과정에 적용할 기술적 검증 적용방안을 제시하고자 한다.

<그림 2-2> 분석의 틀



\* 출처 : 필자가 종합 정리한 내용임.

## 제3장 리비아 핵검증 사례분석

북한 비핵화를 달성하기 위한 핵검증에 적용할 수 있는 적절한 사례로 리비아 핵검증 사례를 분석하고자 한다. 일부에서는 리비아 무아마르 카다피(Muammar Gaddafi) 정권의 몰락이 핵을 포기했기 때문이라고 주장하고 이러한 리비아 핵포기 사례는 북한이 극도로 기피하고 있기 때문에 북한에 적용하는 비핵화 모델로는 적절하지 않다고 생각할 수 있다. 그러나 카다피 정권의 몰락은 핵포기가 아닌 독재 체제의 내부 문제라고 보는 것이 더 정확한 분석이다. 카다피 통치하의 리비아는 아사드의 시리아, 후세인의 이라크, 살레의 예멘과 함께 북아프리카와 중동의 대표적인 폐쇄적 독재국가였다. 1969년에 쿠데타로 왕정을 몰아내고 정권을 잡은 카다피는 이슬람과 사회주의를 혼합한 인민대중(Jamahiriyah) 체제를 표방하였으나 국가 운영을 위한 체계적인 제도와 틀을 확립하지 못하고 정치적인 자유를 억압하는 공포정치를 자행하였다.

카다피는 30년 넘게 추진해 오던 핵무기 개발을 단념하고, 2003년 핵포기를 선언하면서 2006년 미국과 국교 정상화를 하였으나 리비아는 정치 자유화와 경제 발전을 견인할만한 국가 역량을 구비하지 못하고 사회혼란이 가중되었다. 폭압정치, 빈부격차, 부정부패, 빈곤 등의 구조적인 사회문제가 지속되면서 국민들의 불만은 커져만 갔다. 2010년 12월 튀니지의 시디부지드에서 야채 노점상을 하던 청년 부아지지가 부패한 단속공무원에 항의해 분신을 기도했고 이를 계기로 전국적으로 번진 반정부 시위는 주변 국가들로 빠르게 확산되었고, 2011년 아랍 민주화 혁명의 도화선이 되었다. 리비아를 포함한 튀니지, 이집트, 예멘의 장기 독재자들이 물러나게 되었던 것이다.<sup>105)</sup> 카다피가 반군에 생포되면서 최후를 맞게 된 것은 미국에 일방적으로 핵을 넘겨주어 일어난 것이 아니라 장기간의 독재와 탄압으로 인한 성난 민심이 폭발하여 일어난 것이라고 보는 것이 타당하다.

리비아식 핵포기 사례는 핵신고를 하고 핵검증을 수용하여 핵물질과 핵개발에 사용된 핵무기 설계도, 장비, 설비, 부품 등을 미국에 넘겨주고 경제제재 해제와 국교 정상화의 보상을 받는 것이었다. 리비아와 북한은 핵무기 연구 및 개발, 장기 독재 체제, 중국과 러시아의 지원, 경제제재 해제와 체제 보장 요구, 미국과의 국교정상화 희망 등 많은 공통점을 갖고 있다. 따라서 북한의 비핵화 과정에서 핵검증에 번번이 실패한 교훈을 얻기 위해 리비아 핵검증 사례분석을 검토해 보는 것이 적절하다고 판단된다.

105) 장지향, “리비아식 비핵화 모델의 오해와 진실,” 『ISSUE BRIEF』 2018-17, 2018, pp. 1-5.



## 제1절 검증 과정

리비아의 핵검증 과정에 대한 분석은 협상 단계, 정보수집 및 분석 단계, 판단 및 대응 단계로 구분하여 제시하고자 한다. 먼저, 협상 단계에 대해 살펴보면 아래와 같다. 리비아의 핵개발 동기는 두 가지 측면으로 볼 수 있다. 첫 번째는 핵무장이 자국의 안보 불안에 대한 대안으로 보았다. 1969년 카다피는 쿠데타로 집권하여 리비아 국가 원수가 되었다. 카다피는 1, 2, 3차 중동전쟁에서 아랍권이 이스라엘에게 참패하는 것을 지켜보면서 자국의 안보 위협에 대한 대안을 고민하게 되었다. 이스라엘의 일방적인 승리 원인을 미국의 적극적인 군사지원으로 판단하고 반미, 반이스라엘 노선의 길을 걸으면서 서구 진영의 반대 세력에 대한 지원을 적극적으로 하였다. 1979년에 미국은 리비아를 테러지원국 명단에 올려놓았고, 1981년에는 미국 레이건 정부가 출범하면서 리비아와 단교를 선언하였다. 1986년 1월에 미국은 미국 내 리비아 자산동결, 무역제한 등 경제 제재 조치를 단행하였고 동년 4월에는 리비아 수도 트리폴리와 뱅가지 등을 폭격하였다.<sup>106)</sup> 이에 안보불안을 느낀 카다피는 핵무기 개발에 더욱 박차를 가하기 시작했다. 두 번째는 리비아는 아프리카와 중동 지역에서 아랍권의 맹주가 되기를 자처하면서 핵무기 개발을 하기 시작했다. 미국과 이스라엘에 맞서는 군사력을 보유하여 아프리카와 중동 지역에서 아랍 국가들에게 주도권을 행사할 수 있는 선택지로 핵무기 개발을 하게 되었다. 카다피는 핵무기 보유가 아랍국가권에서 국가의 위상도 높이고 과학과 기술의 발전을 견인할 수 있다고 보았다. 그는 ‘핵클럽 가입(nuclear club)’이 국가의 명운을 좌우한다고 본 것이다.

1990년대 들어 리비아는 외부적으로는 국제 비핵화 레짐에 참여하는 모습을 보였다. 1995년 리비아는 핵무기비확산연장검토회의(NPT Review and Extension Conference)에 이스라엘이 참여하지 않는다고 하여 최초에는 서명을 거부했으나 뒤에 연장에 동의하였다. 1996년에 리비아는 아프리카비핵지대조약(African Nuclear-Weapon-Free Zone Treaty)에도 서명하였다.<sup>107)</sup> 그러나 내부적으로는 파키스탄의 지원을 받으며 핵무기를 지속적으로 개발하고 있었다.

106) 조명철·김지연·홍익표, “핵포기 국가에 대한 국제사회의 경제개발 지원 경험이 북한에 주는 시사점,” 대외경제정책연구원, 2010, p. 35.

107) 이 조약은 아프리카 48개 국가가 참여하여 핵폭발 장치의 연구, 개발, 실험, 제조, 보유 등을 금지하고 핵폐기 물질의 투기도 금지하고 있으며 IAEA와 안전조치 협정을 체결해야 한다고 규정하였다. Gawdat Bahgat, "Proliferation of Weapons of Mass Destruction: The Case of Libya," *International Relations*, Vol. 22, 2008, p. 109.

2003년 3월에 미국, 영국 등 서방 국가의 리비아 핵개발 의혹 제기에 대해 리비아 외무기관부장 무사 쿠사(Musa Kusa)는 영국의 정보기관 MI6를 통해 자국의 핵개발에 대한 해명을 하고 미국에 핵포기 의사를 전달하였다.<sup>108)</sup> 이에 미국은 리비아에 대해 ‘빈틈없는 검증’을 요구하였으며 리비아는 미국과 비밀 협상을 진행하면서 자국의 핵프로그램에 대한 공개를 하기 시작하였다.

2003년 10월 3일에 원심분리기 부품을 실은 리비아행 독일 국적 선박(The BBC China)이 이탈리아 타란토 항구에 억류되자 영국과 미국은 리비아를 압박하였고, 이에 리비아는 결국 미·영 핵·WMD 전문가팀 현장방문을 수용하였다. 2003년 10월 19일부터 동월 29일까지 미·영 핵·WMD 전문가팀이 1차 현장방문을 실시하였고, 동년 12월 1일부터 동월 12일까지 2차 현장방문을 실시하였다. 이때 리비아의 핵무기 설계 자료와 농축우라늄을 위한 중간물질 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)<sup>109)</sup> 등과 신경작용제와 수포작용제 등 독성 화학작용제 등을 확인하였다.

2003년 12월 16일에 미국과 영국은 리비아와 핵프로그램 폐기를 위한 협상을 개시하였다. 리비아는 미국의 경제제재 해제를 요구하였고, 미국과 영국은 리비아가 핵프로그램 보유를 공식적으로 인정하고 관련 시설, 물질, 장비 등의 폐기에 합의할 것을 요구하였다. 리비아는 협상 3일전 이라크 후세인 대통령이 체포되고 미국의 군사 행동에 불안감을 느끼면서 협상에 긍정적으로 임하였다. 동년 동월 18일에 영국의 토니 블레어(Tony Blair) 총리가 리비아의 카다피 원수와 통화하면서 ‘합의 시 미국은 리비아를 공격하지 않을 것’임을 설득하였고, 동년 동월 19일에 리비아는 대량살상무기 해체를 전격적으로 선언하였다. 핵무기를 포함하는 대량살상무기(WMD: Weapons of Mass Destruction) 프로그램의 모든 요소 제거, NPT에 복귀하여 IAEA와 안전조치협정을 체결하여 신고와 감시 및 사찰 수용, 사거리 300km 초과, 탑재 중량 500kg 초과 탄도미사일 제거 등을 포함하였다.

리비아가 핵무기를 포기하고 협상에 임한 요인을 살펴보면 아래와 같다. 첫 번째, 정치적 측면에서 국외 상황을 살펴보면 미국은 2002년도에 핵태세검토보고서(NPR: Nuclear Posture Review)에 리비아를 선제 핵 공격 대상국에 포함하였으며 2003년도에는 대량살상무기 제거를 위해 이라크를 공격하여 리비아의 카다피 정권에 큰 불안과

108) MI6는 ‘Directorate of Military Intelligence Section 6’의 약자이며 영국 외무장관의 직속 비밀정보기관으로 런던에 본부를 두고 있다. <http://ko.wikipedia.org/wiki/영국비밀정보부>(검색일: 2019. 11. 11.).

109) 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)은 우라늄정광(U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, 일명 엘로우케이크)을 핵연료에 적합하도록 불순물을 제거하고 우라늄 235의 비율을 높인 중간물질을 말한다.

부담이 되었다. 반면에 영국의 블레어 총리와 영국의 정보기관이 미국과 리비아 사이에 적극 개입하여 중재자 역할을 수행하여 카다피의 마음을 결정적으로 돌려놓게 되었다. 또한 국내 정치적인 측면에서 심각한 경제 파탄과 부정부패의 만연, 국가 경제에 과도한 국가 개입정책과 부실 운영 등으로 국민들의 불만은 극에 달해 카다피도 핵프로그램의 전면 포기를 선언할 수밖에 없었다.<sup>110)</sup>

두 번째, 외교적 측면에서 리비아는 1980년대 이후 핵개발 의혹과 테러 조직의 배후로 지목이 되면서 외교적으로 고립이 되었다. 1980년도에 리비아와 수교국은 83개국 이었고 미수교국은 149개국 이었다. 그러나 1985년도에는 수교국이 68개국으로 줄었고, 미수교국은 160개국으로 증가하였다. UN과 미국의 제재가 강화된 1995년도에 수교국은 86개국으로 소수 늘어났지만 미수교국도 186개국으로 다수 증가하였다. 2003년도에 이라크 전쟁이 발발하면서 ‘핵을 포기하지 않으면 다음 차례는 리비아다’라는 세계 외교가의 전망에 리비아는 더 공포감이 팽배해졌다. 더욱이 동년 10월에는 원심분리기를 적재하고 리비아로 향하던 선박이 나포되어 핵개발 의혹을 부인하기 어려워졌고, 외교적 고립은 심화되어 핵 포기를 결심하게 되었다.<sup>111)</sup>

세 번째, 경제적인 측면에서 UN과 미국의 30여 년간 지속된 경제제재의 영향이 매우 컸다. 리비아는 1960년대 이후 석유 수출로 북아프리카에서 가장 국민소득이 높은 국가였다. 1980년대에는 두 차례의 세계 석유 파동 시 고유가로 인한 높은 경제성장을 이루기도 하였다.<sup>112)</sup> 그러나 1988년 미국 팬암 항공기 폭발사건<sup>113)</sup>과 1989년 프랑스 UTA 항공기 폭발사건<sup>114)</sup>으로 UN과 미국은 리비아에 대한 경제제재를 단행하였다. UN은 1992년에 안보리결의안 731호와 748호를 채택하여 리비아의 항공운항 금지 및 항공부품 수출입 금지, 무기 판매 및 수출입 금지 조치 등을 취했고, 1993년에는 안보리결의안 883호 채택으로 리비아 정부 및 민간 기업의 해외자산 동결, 석유장비 수입 금지 조치 등을 취하여 리비아 경제를 고립시켰다. 미국은 UN 제재 외에 독자적으로 더욱 강도 높게 리비아에 대한 경제제재를 가하였다. 리비아에 대한 금융거래 중단, 해

110) 합동참모본부, 『비핵화에 대한 이해 I』, 서울: 국방부, 2018, p. 67.

111) 정육식, 『글로벌 아마겟돈: 핵무기와 NPT』, 서울: 책세상, 2010, pp. 247.

112) 조동준, “리비아의 비핵화 선택 연구,” 세종연구소, 2007, p. 39.

113) 1988년 12월에 뉴욕행 팬암 항공기가 스코틀랜드 남부에 위치한 로커비 마을 상공에서 리비아 테러 집단에 의해 폭발한 사건이다. 이 사건으로 미국인 189명을 포함하여 탑승객 259명 전원과 로커비 마을 주민 11명 등 370명이 사망하였다. 일명 로커비사건(Lockerbie bombing)이라 한다.

114) 1989년 9월에 프랑스 UTA 항공기가 아프리카 니제르 상공에서 리비아 테러집단에 의해 폭발하여 프랑스인 54명을 포함한 탑승객 총 170명이 사망한 사건이다.

외자산 동결 등의 조치를 취하였고 리비아 석유산업에 4천만 달러 이상의 투자를 하는 외국 기업에 대해 불이익을 가함으로써 리비아 경제에 치명타를 가하였다. 이러한 경제체제로 인하여 리비아는 장기간의 마이너스 경제성장을 나타내었고, 30%가 넘는 실업률과 살인적인 물가 상승 등으로 국민들의 생활고가 가중되었다. 석유산업 외에는 별다른 산업 기반이 없었던 리비아는 UN과 미국의 강도 높은 경제체제에 핵 포기를 결심할 수밖에 없었다.<sup>115)</sup>

네 번째, 기술적인 측면에서 리비아는 핵무기 개발에 관한 기술과 능력의 한계로 핵무기를 포기할 수밖에 없었다. 1969년 리비아는 카다피가 정권을 잡고 핵개발을 위해 핵물질, 핵시설 부품, 핵기술 도입 등을 부단히 추구했지만 2003년 핵 포기를 선언할 때 까지도 초보적인 수준이었고 리비아 핵개발은 파키스탄에 의존하고 밀접히 연관되어 있었다.<sup>116)</sup> 2004년 IAEA 사찰관들과 미국과 영국의 핵·WMD 전문가팀 등이 리비아의 핵검증을 직접 실시할 때에 리비아의 핵개발 수준은 초기단계였으며 완전한 핵무기 보유를 달성하기 위해서는 약 3~7년 정도의 시간이 더 필요하다고 평가하였다. 리비아는 수입한 핵관련 부품을 조립하고 핵탄두 제작에 필요한 고도의 기술력도 부족하였을 뿐만 아니라 핵관련 프로그램을 유지할 전력조차 부족하였다. 이러한 이유로 인하여 리비아의 핵프로그램 진행은 더디게 진행되었고, 핵개발 인프라 부족에 막대한 예산조차 투입할 수 없는 형편에 이르게 되어 핵개발을 단념할 수밖에 없었다.

두 번째, 정보수집 및 분석 단계에 대해 살펴보면 아래와 같다. 리비아의 핵무기 보유 구상은 카다피가 정권을 잡은 1969년부터 시작되었다. 1970년대 들어와서 중국, 인도, 프랑스 등으로부터 핵무기 제조에 관한 기술을 전수 받으려 했으나 국제 사회의 반대로 실패를 하였다. 1977년도에 소련과 44만 kW 원자력발전소 건설에 합의하여 3억 3천만 달러를 지불하였다. 1979년에는 소련으로부터 연구용 핵 반응로를 도입하여 타주라(Tajura) 지역에 설치하였다.<sup>117)</sup>

리비아는 핵무기 제조에 관한 기술을 전수받기 위해 1977년도부터 파키스탄과 협력 관계를 유지하기 시작하였다. 1978년에는 나이지리아로부터 우라늄을 수입하기 시작하였다. 1985년에는 ‘핵무기 보유국’ 중 한 국가로부터 우라늄 처리 공장 설비를 도입하

115) 정형곤·나승권·박철형, “우크라이나 및 리비아 WMD 해체 사례와 북핵 문제 해결에의 시사점,” 『오늘의 경제』 제07-17호, 대외경제정책연구원, 2007, pp. 3-4.

116) "Warhead Blueprints Link Libya Project to Pakistan Figure," *New York Times*, February 4, 2004, p. 1.

117) Gawdat Bahgat, op. cit.(2008), p. 109.

였고 해당 국가에 미처리 우라늄 100kg을 주고 한 달 뒤에 다시 처리한 우라늄 39kg을 돌려받았다.<sup>118)</sup> 1980년대 후반부터 타주라 지역의 원자력연구소에서 35~38kg 정도의 우라늄 처리 능력을 구비하였고 대량 우라늄 처리 시설을 도입하려고 하였다.<sup>119)</sup>

1990년대 후반부터 본격적으로 파키스탄과 핵 거래가 이루어지기 시작하였다. 1997년에는 파키스탄의 압둘 카디르 칸(Abdul Qadeer Kahn) 박사로부터 L-1 원심분리기 20대를 수입하였고, 200대 제조에 소요되는 부품을 추가 구매하였다. 2000년에는 L-1 원심분리기보다 더 발전된 형태의 L-2 원심분리기 2대를 파키스탄으로부터 제공받았고, 이후 L-2 원심분리기 1만 대를 주문하여 2002년부터 인도되었다. 2001년부터 2002년까지 파키스탄으로부터 핵무기 제조에 관한 기술과 디자인, 부품 제조에 관한 기술 등이 포함된 문서를 제공받았다.<sup>120)</sup> 또한 2011년 IAEA 종합보고서에 의하면 2001년도에는 북한산 농축우라늄 연료인 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 1.7톤을 수입하였다고 한다.

리비아는 카다피가 집권한 1969년부터 2003년 비핵화를 발표할 때 까지 핵무기 제조에 관련된 기술과 장비, 물질 등을 획득하기 위해 부단한 노력을 경주하였으나 핵무기 개발 수준은 초보적인 단계에 머물러 있었던 것으로 평가받고 있다.

리비아는 2003년 12월 19일에 ‘핵무기·화생무기·미사일 개발 및 도입 포기 선언’을 하였다. 이후 2003년 12월 27일부터 2004년 9월 30일까지 약 10개월간 IAEA 사찰단 및 미국·영국의 핵·WMD 전문가팀으로부터 핵검증을 받았다. 특히 2004년 3월 10일에는 IAEA와 추가 의정서(additional protocol)에 서명하여 모든 핵활동에 관한 사찰을 허용하고 특정 장소에 대한 환경 시료채취, 사찰관 접근 허용시간 단축 등을 전면 허용하였다.

IAEA 사찰단 및 미국·영국과 리비아가 합의한 검증 중점은 농축우라늄 및 전환 관련 활동에 두었고, 검증 범위는 수입한 핵물질, 우라늄 전환, 농축우라늄, 핵무기 개발, 핵물질 조사(照射) 및 재처리 등으로 하였다. 리비아의 핵검증 관련 주요 내용을 시간 순으로 정리하면 아래 <표 3-1> 핵검증 활동 주요 일지와 같다.

118) IAEA는 이 ‘핵무기 보유국’이 어느 나라인지 명시하지 않았지만 소련 또는 중국으로 추정된다.

Nuclear Threat Initiative, Country Profiles: Libya Nuclear, 2011.

119) 조동준, 앞의 논문(2007), pp. 33-34.

120) Sharon A. Squassoni and Andrew Feickert, *Disarming Libya: Weapons of Mass Destruction*, CRS Report for Congress: The Library of Congress, 2004, p. 3.

<표 3-1> 리비아 핵검증 활동 주요 일지

년. 월. 일	주요 활동
2003. 12. 19	카다피 국가원수가 전략적으로 WMD를 개발해 왔음을 시인하고 이를 완전히 폐기하고 IAEA 사찰 수용 선언
2003. 12. 20	리비아 고위급 대표단, WMD 폐기 합의를 위해 IAEA 방문
2003. 12. 27 ~ 12. 29.	IAEA 사무총장 리비아 첫 방문, 기술 및 법률전문가 등과 동행하여 미신고 핵활동 관련 9개 시설 방문
2003. 12월 ~ 2004. 1월	우라늄 전환시설(UCF: Uranium Conversion Facility) 현장사찰, 환경시료채취
2004. 1. 18	미국과 영국의 핵·WMD전문가팀이 리비아를 방문하여 WMD 설계 정보 및 비축분의 제거 및 반출 활동 개시
2004. 1. 20 ~ 1. 29	핵무기 및 원심분리기 농축기술 관련 전문가가 포함된 IAEA 사찰단이 리비아의 핵무기 개발 능력에 대한 사찰 실시
2004. 1. 27	리비아의 핵 및 탄도미사일 프로그램 관련 자료와 물품 약 25톤을 미국으로 반출
2004. 2. 25	리비아, 러시아, IAEA 는 고농축우라늄을 리비아에서 러시아로 반출 하는 것을 골자로 하는 3자 협약에 서명
2004. 3. 10	리비아 추가 의정서에 서명(2006. 8. 11. 발효)
2004. 4. 18 ~ 4. 22	IAEA 사찰단이 리비아 방문, 농축우라늄, 전환 프로그램 관련 논의, 옐로우케이크 저장시설인 Site F(Sabha)를 방문하여 비파괴 검사와 시료채취
2004. 4. 23	미국은 리비아에 대해 18년간 유지해 온 경제제재 해제
2004. 4. 28	IAEA는 리비아에게 Tajura 연구로 및 R&D 시설의 핵물질 계량 보고서와 설계 정보 자료 제출 요구
2004. 5. 26	리비아, 추가 의정서에 의한 초기 신고서 제출
2004. 6. 28	리비아 수도 Tripoli에 미국 연락사무소 개소
2004. 7. 25 ~ 28	Sabha의 신고된 옐로우케이크 비축량 검증
2004. 8. 2	리비아, 추가의정서에 의한 개정판 초기 신고서 제출
2004. 8. 13	IAEA는 환경시료 분석 결과를 리비아 당국자에게 송부
2004. 9. 14	IAEA는 리비아를 핵개발 관련 특별조사 대상국에서 제외
2006. 6. 15	미국은 리비아를 테러지원국 명단에서 지정 해제

\* 출처: 한국원자력통제기술원, 「북한의 핵프로그램과 검증」, 2011, pp. 166-167를 참고하여 재정리.

세 번째, 판단 및 대응과정에 대해 살펴보면 아래와 같다. 리비아의 핵 해체 과정은 3단계로 이루어졌다. 첫 번째 단계에서는 2004년 1월에 리비아의 핵무기 설계정보와 핵무기, 탄도미사일에 관한 서류와 부품들이 미국 측에 전달되었다. 두 번째 단계는 2004년 3월에 리비아는 IAEA의 추가의정서에 서명하고 포괄적 사찰을 허용하였다. 추가적으로 화학무기금지협약(CWC: Chemical Weapon Convention)에도 가입하여 화학무기금지기구(OPCW: Organization for the Prohibition of Chemical Weapons)의 사찰까지 허용하였다. 원심분리기 부품, 미사일, 미사일 발사대 등을 미국으로 반출하였고, 타주라 핵연구센터에서 취급한 농축우라늄까지 러시아로 이송하였다. 마지막 단계는 2004년 9월부터 2005년 11월까지 핵을 포함한 모든 대량살상무기 프로그램을 완전히 폐기하는 단계였다. 2004년 9월에 IAEA는 리비아를 핵개발 관련 특별조사 대상국에서 제외를 하였고, 2005년 11월에 미국 국무부는 리비아내 핵프로그램과 관련된 모든 물질, 무기, 시설 등이 제거되고 검증 활동이 종료되었음을 발표하였다.<sup>121)</sup>

2006년 3월에는 리비아는 프랑스와 평화적 핵에너지 합의에 서명하였고, 동년 5월에는 미국 정부는 리비아 주재 연락 사무소를 대사관으로 승격하면서 외교관계를 정상화하였다. 동년 6월에는 영국은 리비아에게 군사적 핵프로그램을 평화적 핵프로그램으로 전환하는데 지원을 하기로 하였고, 미국은 리비아를 테러지원국에서 제외하였다. 2007년 4월에는 러시아가 리비아의 평화적 핵에너지 사용에 협력할 것을 발표하였고, 2008년 5월에는 우크라이나도 리비아의 원자로 건설 지원을 약속했다. 2009년 7월에는 리비아는 캐나다와 평화적 핵 협력에 대한 양해각서를 체결하였다.

리비아의 비핵화 과정은 카다피가 2003년 12월 19일에 핵을 포함한 대량살상무기 해체를 선언한 이후 약 10개월 정도의 단기간에 IAEA와 미국과 영국의 검증을 받았다. 이에 미국을 비롯한 세계 여러 국가들이 신속하게 외교관계를 복원하고 경제제재 해제를 통한 지원을 하여 리비아 정상화를 도모하였다. 2003년 4,650달러에 머물렀던 리비아의 1인당 국민총생산(GDP)는 핵포기로 인한 경제제재 해제 이후 2005년 7,670달러, 2008년에는 15,520달러로 가파른 상승세를 기록하며 국가사회주의를 벗어 던지고 시장경제체제로 진입을 하며 정상국가로 전환을 추진하였다. 결론적으로 2011년 카다피의 비극적 몰락이 핵검증을 통한 핵포기 때문이 아니라 장기 독재정권에 반발한 시민들을 무차별적으로 학살하여 민심을 거역한 결과라고 보는 것이 타당하다고 판단된다.

---

121) Sharon A. Squassoni and Andrew Feickert, op. cit.(2004), p. 9.

## 제2절 검증 대상

검증 대상 시설은 리비아가 핵 신고서에 포함한 시설과 핵 신고서에 포함되어 있지 않은 핵무기 프로그램 관련 의심시설도 포함되었다. 리비아의 핵 신고서에 포함된 시설은 2003년 12월 이전에 신고한 시설과 2003년 12월 27일에 신고한 시설로 구분할 수 있다. 2003년 12월 이전 신고시설은 10 MWt IRT 연구로와 100W 임계시설 등이 있었다. 2003년 12월 27일에 신고한 시설은 아래 <표 3-2> 리비아의 핵관련시설 신고 목록과 같다.<sup>122)</sup>

<표 3-2> 리비아의 핵관련시설 신고 목록

구분	지역	시설 용도	비고
A	Al Hashan	원심분리기 R&D 구지역	
B	Al Fallah	원심분리기 R&D 신지역	
C	Al Khalla	우라늄 전환시설(UCF) 구지역	UCF: Uranium Conversion Facility
D	Salah Eddin	우라늄 전환시설(UCF) 신지역	
E	Janzour	원심분리기 제조를 위한 기계 조립공장	
F	Sabha	엘로우케이크 저장시설	
G	Sawani	초기에는 우라늄 전환시설(UCF) 지역, 1980년대 이후부터 원심분리기 장비 보관지역	
H	Al Karamia	건설자재 저장지역	
I	Tajura	담수화 원자로	
J	NBSR	National Board of Scientific Research 본부	
K	Al Ezeizia	건설자재 저장 구지역	
L	TNRC	Tajura 원자력 연구센터	기신고 시설

\* 출처 : 합동참모본부, 「비핵화에 대한 이해 I」, 2018, p. 254에서 재인용.

122) MWt는 열 생산량을 나타내는 단위이고 MWe는 전기 생산량을 나타내는 단위이다.



핵무기 관련 의심시설은 미사일 프로그램 주관 기관(COER: Central Organization for Electrical Research), 관련대학으로 Al-Fateh University, Nassr Nations University, 핵무기 프로그램 주관 기관(NBSR: National Board of Scientific Research) 산하의 주물(casting), 고분자(polymer), 용접(welding) 등 전문 생산시설 등이 있었다. 이 시설에 대해서는 2004년 추가 사찰을 통해 검증을 실시하였다.

핵물질 검증 대상은 수입한 핵물질과 우라늄을 전환한 중간물질, 농축우라늄 유무 등에 집중이 되었다. 먼저 수입한 핵물질은 1978년부터 1981년까지 구입한 약 1,500톤의 우라늄이 함유된 엘로우케이크 2,263톤, 2002년 실험실의 standards 용으로 수입한 16kg의 우라늄 화합물, 1985년부터 2002년까지 수입한 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 등에 대해 검증이 이루어졌다. 두 번째로 우라늄 전환시설에서 획득한 우라늄 중간물질에 대한 검증이 이루어졌다. 세 번째로 리비아는 2003년 이전에 신고한 시설가운데 10MWt IRT 연구로에서 80% 이상의 고농축우라늄을 사용한 전력이 있었고, 원심분리기 등이 존재하고 있었기 때문에 농축우라늄 존재 유무에 관한 검증이 이루어졌다.<sup>123)</sup>

핵무기에 대한 검증은 리비아의 핵개발 기술 수준이 낮아 핵탄두 자체는 존재하지 않았고 핵탄두 설계를 위한 연구 및 개발 정보 수집에 중점을 두었다.

핵투발수단에 대한 검증 대상은 주로 미사일에 국한되었다. 리비아는 핵무기 개발에 완전히 성공한 단계가 아니어서 주로 스커드 계열의 단거리탄도미사일 등 투발수단에 대한 특성과 능력에 대한 검증이 이루어졌다.

추가적인 검증 대상은 핵관련 연구 및 개발시설에 대한 정보, 핵관련 시설의 설비 및 부품, 핵관련 시설의 관련 가동일지 및 장부, 핵관련 시설에 종사하는 기술 인력, 화생무기 관련 물질 및 무기 등이었다.

리비아의 핵검증은 비교적 단기간에 신속하게 종료되었다. 즉, 검증 기간은 2003년 12월 27일부터 2004년 9월 30일까지 약 10개월간 이었다. 그 이유는 리비아는 핵개발 기간이 30년 넘게 진행되었지만 핵무기 개발 기술 수준이 낮은 단계였기 때문이다. 따라서 완성된 핵무기가 없었으며 핵물질 획득 경로도 원자로의 연료봉을 재처리하는 플루토늄프로그램이 없었고 우라늄농축프로그램(UEP: Uranium Enriched Program)만 추진하였다. 전체적으로 핵검증 대상도 그리 많지 않아 수입한 우라늄 중간물질, 우라늄 농축프로그램 관련 시설, 연구 개발 중인 핵탄두 설계 정보, 핵투발수단인 탄도미사일 등에 중점을 두었다.

123) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2011), pp. 163-167.

### 제3절 검증 수단

검증 수단으로 국가기술수단(NTM) 및 국제기술수단(MTM) 활용, 국제기구와 비확산 레짐, 검증 기구 등을 고려할 수 있다.

1989년 미·소 중거리핵미사일 폐기조약에서 가장 획기적인 사항은 군비통제 역사상 최초로 국가기술수단(NTM) 활용에 미국과 소련 양국이 합의한 사항이었다. 특히 국가기술수단(NTM)인 인공위성, 정찰기, 감시 장비 등의 효과적인 사용을 보장하기 위해 부수방안을 검증의정서에 포함하여 상대방이 요구하면 6시간 내에 자국의 미사일 발사대의 고정구조물 상단 지붕을 12시간 동안 개방하도록 하였고 연간 6회씩 요청하여 인공위성의 정찰을 용이하도록 하였다.

리비아의 핵검증에서는 IAEA와 미국과 영국의 핵·WMD 검증팀에 의한 리비아에 대한 일방적인 검증이 실시되었기 때문에 국가기술수단(NTM) 및 국제기술수단(MTM) 등에 관한 상호 합의의 필요성이 없었다. 그러나 검증에 참여한 IAEA와 미국과 영국의 핵·WMD 검증팀에 의한 검증 범위는 수입한 핵물질, 우라늄 전환 및 농축, 핵물질 조사 및 재처리, 핵무기 연구개발 등에 두었기 때문에 다양하고 정밀한 과학기술 수단이 사용되었다.

리비아가 수입한 핵물질은 엘로우케이크, 육불화우라늄 등이 있었다. 우라늄 원광에서 추출한 우라늄 성분을 1차 정제한 중간 제품인 엘로우케이크 확인은 시료채취용 sample kit와 방사선계측기 장비 등을 이용하여 비파괴검사를 통해 이루어졌고, 농축우라늄에 사용되는 육불화우라늄은 감마선 측정기와 중성자 측정기를 활용하여 확인하였다. 우라늄 전환 및 농축에 대한 검증은 Hand-held Assay Probe 기기를 이용하여 우라늄 동위원소의 존재에 대한 정량적인 측정을 하고, 소형다채널분석기(MMCA: Miniature Multichannel Analyser) 기기를 이용하여 농축우라늄도를 측정하였으며 능동형중성자동시계수기(AWCC: Active Well Coincidence Counter) 기기를 이용하여 고농축우라늄 시료내의 우라늄-235를 확인하였다. 또한 신고된 핵활동과 미신고 핵활동을 검증하기 위해서 환경시료에 대한 분석도 추가적으로 시행되었다. 2003년 12월과 2004년 1월 사이에 우라늄 관련시설에 대한 환경시료를 채취하여 분석을 하였다. 환경시료는 입자시료(swipe)와 일반 환경시료(bulk)로 구분하여 입자시료는 핵관련 시설과 의심 시설 내부의 설비, 기기, 바닥, 창틀, 건물 벽 등에서 채취하고, 일반 환경시료는 핵관련 시설과 의심 시설 주변의 토양, 물, 대기, 동식물체 등에서 채취하여 열이온화 질량분광분석기(TIMs: Thermal Ionization Mass Spectrometry), 이차이온질량분광계

(SIMS: Secondary Ion Mass Spectrometer) 기기 등을 활용하여 분석하였다.<sup>124)</sup>

리비아는 핵무기뿐만 아니라 화생무기와 미사일까지 포함하는 대량살상무기 개발에 대한 사실을 인정하고 NPT 이행을 위해 IAEA와 추가의정서(additional protocol)에 서명은 물론 화학무기금지협약(CWC)에 가입하고 미사일기술통제체계(MTCR) 지침도 준수하기로 하여 모든 대량살상무기에 대한 국제 비확산 레짐에 의해 통제받게 되었다. 리비아는 추가의정서에 의해 모든 핵활동에 관한 감시와 포괄적인 사찰을 허용하였다. 핵관련시설 중에 우라늄 물질에 관한 핵물질재고변동보고서, 핵물질계량보고서 등과 원심분리기 시설에 관한 정보, 핵시설 설계 정보, 핵무기 설계 정보 등을 지속적으로 요구하고 제출받아 확인하였다. 또한 핵 전문 및 종사 인력에 대한 인터뷰 등을 통하여 리비아에서 제출한 핵 신고서와 제출 서류에 대한 질의 답변을 통해 확인을 하기도 하였다.

리비아 핵검증 주체에 대한 논란이 있었다. 핵검증 주체가 IAEA와 협상 주체인 미국과 영국의 핵·WMD 검증팀이 서로 주도권을 갖기 위해 갈등과 상호 견제가 있었다. 리비아는 영국을 통해 간접적으로 미국에게 핵포기 의사를 전달했으며 리비아가 전면 핵포기 선언을 하기 이전에 미국과 영국의 일부 핵·WMD 검증팀이 리비아에 입국하여 리비아 핵프로그램에 대한 확인을 하기도 하였다. 이어 카다피가 2003년 12월 19일 핵 포기 선언을 하고 리비아는 IAEA 주도의 핵검증을 제시하였으나 미국과 영국은 자체 핵·WMD 전문가팀 주도의 검증을 결정하였다. 이는 IAEA 사찰관 중에는 비핵국가의 사찰관도 포함하고 있었기 때문에 핵보유국인 미국과 영국은 IAEA 사찰에 대해 경계와 불신을 갖고 있었기 때문이다. 이에 IAEA가 미국과 영국에 리비아의 핵 신고서에 대한 검증은 IAEA 주도로 이루어져야 한다고 미국과 영국에 강력히 항의하였다. 결국 미국과 영국은 리비아의 핵프로그램에 대해 물리적으로 해체만 하고 핵프로그램 전체에 대한 해체는 국제기구인 IAEA에서 주도하는 것으로 양보를 하였다.

리비아의 핵검증에서 IAEA 및 미국과 영국의 기술적 장비와 기기 등이 투입되어 수입한 핵물질, 우라늄 전환 공정, 농축우라늄 등에 대한 시료채취 및 분석, 비파괴 검사 등의 과학적 분석이 이루어졌다. 또한 리비아는 핵을 포함한 대량살상무기 전반에 대해 감시와 포괄적 사찰을 수용하면서 국제기구의 통제를 받았으며 핵검증의 주체로 IAEA 사찰단 및 미국과 영국의 전문 검증팀의 사찰을 승인 및 수용하여 객관적이고 투명한 검증이 가능하게 되었다고 볼 수 있다.

---

124) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2011), pp. 46-66.

## 제4절 검증 방법

리비아는 모든 핵활동에 관한 감시, 사찰, 시료채취 및 분석을 허용하였다. 즉, 검증 대상에 포함된 모든 시설에 대한 접근 및 조사, 핵관련 시설에 대한 장부검사, 주요 의 심시설 현장 확인, 시료채취(sampling) 및 분석, 시료에 대한 비파괴 검사, 시설 종사 자에 대한 인터뷰, 추가접근 및 불시 사찰 허용 등이었다.

핵검증 대상 문서는 핵 신고서와 추가 제출 요구자료 등이 있었다. 핵 신고서는 2003년 12월 29일에 'Time Line'을 IAEA에 비공식 문서 형태로 제출하였다.<sup>125)</sup> 2004 년 5월 26일에는 IAEA에 제출한 추가의정서에 따라 초기신고서를 제출하였고, 2004년 8월 2일에는 IAEA에 초기신고서를 보완하여 제출하였으며 2004년 8월 16일에는 IAEA에 추가 개정판 초기신고서를 제출하였다. 검증이 진행되면서 IAEA는 리비아에 게 핵물질재고변동보고서, 핵물질계량보고서, 핵시설 설계정보 등을 요구하였다. 세부 적인 검증 추가 제출 요구 자료 목록은 아래 <표 3-3> 과 같다.

<표 3-3> 검증 추가 제출 요구 자료 목록

- 1985년, 2000년, 2001년도 UF<sub>6</sub> 수입에 관련된 핵물질재고변동보고서 초안
- 1985년, 2002년도 기타 우라늄 물질 수입에 관련된 핵물질재고변동보고서 초안
- Tajura 우라늄 전환 실험과 관련된 필수 계량 보고서
- Tajura 우라늄 전환 실험장소 및 우라늄 전환 시설(UCF)에 관련된 설계 정보
- Al Hansan 지역의 pilot 원심분리기 시설에 관한 정보
- Tajura 우라늄 조사 시료 제조, 조사(irradiation), 재처리에 관련된 핵물질재고 변동보고서, 핵물질계량보고서
- 조사된 우라늄 시료의 재처리된 Tajura 연구로와 관련된 핫셀의 설계 정보
- REWDC(Renewable Energies and Water Desalination Center) 시설의 우라늄 전환 R&D에 관련된 핵물질 계량보고서 수정본

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「북한의 핵프로그램과 검증」, 2011, p. 165에서 재인용.

시료채취는 2003년 12월부터 2004년 7월까지 이루어졌다. 먼저 수입한 핵물질에 대 해서 1978년도부터 1981년까지 구입한 약 1,500톤의 우라늄이 포함된 엘로우케이크

125) 'Time Line'은 1980년대 초부터 2003년 12월 이전까지의 리비아의 미신고 핵 활동을 요약한 4쪽의 문건이었다.

2,263톤에 대해 시료를 채취하였고, 2002년 16kg의 우라늄 화합물을 화학실험실의 기준 용도로 수입한 건에 대해 시료채취를 하였다. 농축우라늄에 대한 시료채취는 L-1 원심분리기에서 환경 시료를 채취하였고, L-2 원심분리기에서 관련 시료를 채취하여 고농축우라늄(HEU)으로 오염된 흔적을 발견하기도 하였다. 또한 Tripoli 지역의 용접회사를 방문하여 환경시료를 채취하였고, Target 용해, 처리 및 플루토늄 분리가 이루어진 Tajura 연구로 시설 핫셀(hot cell)<sup>126)</sup>에서 환경시료를 채취하였다. 우라늄 전환시설에서 시료채취는 REWDC(Renewable Energies and Water Desalination Center) 시설을 방문하여 초기 우라늄 전환 작업과 관련이 있는 2개의 방사화학실험실에서 환경시료를 채취하였다.

비파괴 검사는 먼저 1978년도부터 1981년까지 구입한 약 1,500톤의 우라늄이 포함된 엘로우케이크 2,263톤에 대해 실시하였고, 2000년 9월 작은 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 실린더 2개, 2001년 2월 큰 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 실린더 1개를 각각 수입한 건에 대해 실시하였다.

2004년 1월 20일 미국과 영국의 핵·WMD 전문가팀은 리비아의 핵무기 설계도를 입수하였다. 이 설계도는 중국이 1960년대 개발한 핵탄두와 유사하였으며 SCUD-C 미사일에 탑재는 불가능하였다. 미국 본토로 후송을 위한 봉인은 IAEA 사찰관이 시행하였고, 동년 동월 22일에 리비아의 핵무기 설계도를 미국으로 후송하였다. 이어서 동년 동월 26일에는 핵·미사일 프로그램 핵심자료와 구성품 25톤 분량을 미국의 테네시 주 녹스빌로, 핵물질은 미국의 오크리지 국립연구소로 각각 반출하였다. 세부 품목 내용은 수개의 2톤 분량 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 용기, 원심분리기 2개, 원심분리기 부품·장비·문서, SCUD-C 유도장치 5세트 등이었다. 이어서 동년 3월에는 잔여 4,000개 분량의 원심분리기, 마레이징강(maraging 鋼) 38톤, SCUD-C 5발, 미사일 부품, 미사일 발사대, 유류형성 장치 등을 미국의 테네시 주 녹스빌로 후송하였고, 1980년대 구소련이 공급한 연구로용 80% 농축우라늄은 러시아로 반출하였다.<sup>127)</sup>

리비아의 핵검증에는 핵물질과 핵시설에 대한 감시와 신고 외 시설에 대한 광범위한 사찰, 수입한 핵물질과 농축우라늄에 시료채취 및 비파괴 검사 등 기술적 분석과 검증이 이루어져 검증 결과에 대한 국제적인 공신력을 얻게 되었다고 평가할 수 있다.

126) 강한 방사선 물질을 취급할 수 있도록 충분한 차폐 시설을 한 구역이다. 한국과학기술단체총연합회, 『과학기술대사전』, 서울: 아카데미서적, 2005, p. 878.

127) 마레이징강(maraging steel)은 니켈에 코발트, 몰리브덴, 알루미늄, 티탄 등을 섞어 만든 매우 강한 재질로 항공기 제트 엔진, 우라늄 원심분리기 제작에 사용된다. 한국과학기술단체총연합회, 위의 책 (2005), p. 1105.

## 제5절 시사점

역사적으로 핵검증을 통해 비핵화에 성공한 리비아 사례를 살펴보았다. 핵협상 과정에서 국가 간에 조약을 체결하여 국제기구인 IAEA의 안전조치협정을 준수하고 기타 비확산 국제 레짐에 가입하여 핵프로그램의 폐기를 주도하는 집단은 정치가 및 외교관들의 영역이지만 이들이 정치적 판단과 결심을 하도록 만드는 집단은 전문 과학기술인력들이었다. 전문 과학기술인력들은 기술적 분야에 대한 검증을 통하여 객관적이고 정량적인 판단 자료를 정치·외교 협상가들에게 제공한다. 핵물질, 핵무기 설계 정보, 핵시설, 투발수단 등을 반출하고 폐기에 이르는 모든 과정에서 검증 대상 선택, 검증 수단과 검증 방법 적용 등이 기술적 검증을 통해서 이루어졌음을 알 수 있다.

리비아 핵검증 사례에서 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 측면에서 살펴보면 아래와 같다.

첫째, 검증 과정에 대한 분석이다. 먼저 핵검증 협상 과정에서 검증에 관한 원칙, 검증 대상에 관해 기술적 판단과 조언이 반드시 필요하다. 국가 간에 기본합의문이나 조약 본문에 포함하지 못하는 검증에 관한 세부적인 내용들을 검증의정서(verification protocol)에 포함시켜야 한다.<sup>128)</sup> 또한 검증 수단 및 방법 면에서 합의한 내용 등에 관해 검증의정서에 포함시키는 것도 중요하다. 리비아는 IAEA와 추가의정서(additional protocol)에 서명하여 모든 핵 활동에 관한 접근을 허용하였다. 리비아의 핵검증도 영국 총리의 설득과 중재 외교 노력으로 인한 카디피의 최종 결단 때문에 가능했다고 본다. 정치·경제적인 국내 안정성면에서 리비아는 아프리카에서 가장 부유한 국가에서 UN과 미국의 강도 높은 경제제재로 국민들의 불만이 최고조에 도달하며 불안정성이 지속되고 있었다. 사회 체제의 안정성면에서 리비아는 폐쇄적인 사회주의 체제에 대한 국민 불만과 저항이 거세어졌다. 특히 리비아는 핵개발에 국가 역량을 집중하였지만 핵물질, 핵무기 개발에 대한 기술 수준이 낮고 지속적인 국가 차원의 지원을 할 수 없다고 한계를 자인하고 있었다.

둘째, 검증 대상에 대한 분석이다. 검증의 세부적인 대상을 결정하는 매우 중요하다. 시간과 예산과 검증 국가 및 국제기구, 인력 및 장비의 소요를 결정하는 근거가 될 수 있다. 리비아 사례에서는 리비아의 국가원수 카다피가 2003년 12월 19일에 ‘핵무기·화생무기·미사일 개발 및 도입 포기 선언’을 한 이후에 IAEA와 미국·영국의 핵·WMD검증팀

128) INF 조약은 1, 2부로 되어 있으며 1부는 100페이지 분량의 조약 본문이고, 2부는 200페이지 분량의 세부 검증에 관한 내용이다.

이 참여하면서 검증 대상이 세부적으로 확정되었다. 리비아가 사전 신고한 시설과 그 외의 의심시설도 검증 대상에 포함되었다. 세부적으로 수입한 우라늄 중간물질과 고농축 우라늄을 포함하는 핵물질, 핵무기 연구개발의 산물인 설계 정보, 우라늄 전환 및 농축 관련 시설, 투발수단에 추가적으로 화생무기 관련 물질 및 무기 등이 검증 대상이 되었다.

셋째, 검증 수단에 대한 분석이다. 검증 수단으로 국가기술수단(NTM) 및 국제기술수단(MTM) 활용, 국제 비확산 레짐, 검증 기구 등을 고려할 수 있다. 리비아는 IAEA와 미국과 영국의 핵·WMD전문가팀에 의해 다양한 기술수단이 투입되어 활용되었다. 또한 국제기구의 비확산 국제 레짐 안에서 해결하려는 노력이 성과를 거두었다. 리비아 핵검증 사례에서 리비아와 협상을 주도한 미국과 영국이 검증의 주도권을 행사하려 했다. 미국과 영국의 핵·WMD 전문가 팀이 IAEA 사찰관보다도 먼저 리비아에 입국하게 된 것이다. 이에 IAEA가 이의를 제기하여 미국과 영국은 리비아의 핵프로그램에 대해 물리적으로 해체만 하고 핵프로그램 전체에 대한 해체는 IAEA에서 주도하는 것으로 서로 합의를 하였다. 핵검증의 주체를 국제기구인 IAEA가 주도할 것인지 협상국가의 전문가팀도 검증 참여를 보장할 것인지를 결정하는 것도 중요한 사항이다.

넷째, 검증 방법에 대한 분석이다. 리비아 검증 방법에는 감시, 사찰, 시료채취 및 분석 등으로 구분할 수 있다. 먼저 감시는 주요 핵시설과 의심시설에 대한 감시를 하였다. 사찰은 핵검증의 가장 핵심적이고 중요한 검증 방법의 하나이다. 자발적 또는 협상에 의해 신고한 핵 신고서 및 제공된 자료와 국가기술수단 등에 의한 감시 결과를 갖고 조약 준수에 대한 완전성과 정확성을 최종적으로 판단할 수 있는 단계는 현장사찰이라고 할 수 있다. 리비아 핵검증 사례에서도 현장사찰을 약 10개월 동안 실시하면서 자진 신고한 핵시설뿐만 아니라 추가적으로 핵 의심시설에 대한 검증도 실시하였다. 시료채취 및 비파괴 검사 등은 핵 신고서, 상호 교환한 자료, 검증 수단에 의해 축적된 정보, 감시와 사찰을 통해 획득한 자료 등과 종합되었다. 이를 통해 객관적이고 신뢰성 있는 검증 결과를 제공하여 불과 10개월 만에 검증을 종료할 수 있었다.

핵검증 분야에서 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법을 포함하며 상호 작용하는 기술적 검증을 적용하여 완전한 비핵화에 성공한 리비아 등의 성공적인 사례들은 30여 년 넘게 비핵화의 길에서 멈추어 있는 북한의 비핵화에 많은 시사점을 줄 수 있다고 본다. 특히 북핵 검증 대상에 대한 명확한 식별과 상호 합의, 검증 수단으로 과학기술의 발달에 따른 국가·국제기술수단 운용, 국제 비확산 레짐 준수, 검증 주체 및 검증 협조기구 결정과 검증 방법으로 감시, 사찰, 시료채취 및 분석 등을 적용하여 완전하고 검

증가하고 되돌릴 수 없는 영구적인 북한의 비핵화를 달성하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

리비아 핵검증 사례를 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 측면에서 분석하여 아래 <표 3-4> 리비아 핵검증 시사점에 제시하였다.

<표 3-4> 리비아 핵검증 시사점

구 분	내 용
검증 과정	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 핵개발에 대한 기술적 능력과 국가 차원의 지원에 대한 한계에 봉착하여 IAEA 및 미국과 영국에 의한 핵검증 수용</li> <li>● IAEA와 추가의정서를 체결하여 핵관련 활동에 대해 기술적 감시와 포괄적 사찰 허용</li> <li>● 검증 중점 및 범위에 수입한 핵물질, 우라늄 전환, 농축우라늄, 핵무기 개발과정, 핵물질 조사(照射) 및 재처리 등으로 합의</li> </ul>
검증 대상	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 농축우라늄, 핵무기 설계 정보, 농축우라늄 관련시설, 투발수단</li> <li>● 핵관련 주요 물질, 장비 및 부품, 핵 설계도 등은 미국으로 농축우라늄은 러시아로 각각 반출</li> <li>● 핵 신고서에 포함되지 않은 의심시설에 대한 추가 검증과 화학무기 관련 물질 및 무기도 포함</li> </ul>
검증 수단	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 수입한 핵물질, 농축우라늄, 우라늄 전환 및 농축관련 시설 등에 대해 IAEA와 미국과 영국이 보유한 정밀분석 기기 및 장비 사용</li> <li>● 화학무기, 핵투발수단 까지 포함하는 비대칭전력을 전면 포기하면서 국제기구와 국제 비확산 레짐에 협력</li> <li>● IAEA 사찰단 및 미국과 영국의 핵·WMD 전문가팀이 검증의 주체로 참여</li> </ul>
검증 방법	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 수입한 핵물질까지도 감시 대상에 포함, 전문 기술인력과 인터뷰, 핵관련시설 장부, 가동일지 등 확인</li> <li>● 신고 외 시설과 의심시설에 대한 현장 불시사찰 수용</li> <li>● 환경 시료채취 분석, 비파괴 검사 등 과학기술적 분석 방법 적용</li> </ul>

\* 출처 : 필자가 종합 정리한 내용임.



## 제4장 북핵 기술적 검증 분석

북한의 핵문제가 한반도는 물론 전 세계의 안보 이슈가 된 이래 지난 30여 년간 남북, 북·미, 6자회담 참여국 간에 많은 협상과 합의가 있어 왔다. 그러나 북한핵에 대한 ‘검증의 벽’을 번번이 넘지 못하고 북한의 핵능력은 고도화되어 버렸다. 국제사회가 북한의 핵보유를 공식적으로 인정하지 않고 있지만 북한의 핵보유는 기정사실화되어 미국과 북한의 정상회담으로 해결하려 하고 있다. 그동안의 북한 비핵화 과정에 대한 분석을 기술적 검증 측면에서 하고자 한다. 즉 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 측면에서 분석하여 그 문제점을 도출해 보고자 한다.

### 제1절 검증 과정

북한 핵에 대한 검증 과정을 협상 단계, 정보수집 및 분석 단계, 판단 및 대응 단계 등 세단계로 구분하여 분석하고자 한다.

#### 1. 협상 단계

북한 핵문제를 해결하기 위한 협상 단계에 대한 분석은 1992년 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’과 1994년 ‘북·미 제네바 합의’, 2003년부터 진행된 ‘6자회담’을 중심으로 하고자 한다.

1991년도에 한반도 핵 안보환경에 큰 영향을 미치는 선언이 2건이 있었다. 첫 번째는 1991년 9월 27일 미국의 조지 부시(George H.W. Bush) 대통령이 한반도와 유럽에 있는 전술핵무기를 철수한다는 선언이었다. 두 번째는 1991년 11월 8일 한국의 노태우 대통령이 ‘한반도 비핵화와 평화구축을 위한 선언(Declaration for Denuclearization of Korean Peninsula and Peace Construction)’을 발표하면서 한국은 우라늄농축 시설과 핵재처리 시설을 보유하지 않겠다는 것과 핵무기를 제조, 생산, 저장, 배치, 사용하지 않겠다는 내용을 포함하고 있었다.<sup>129)</sup> 한·미 양국이 이러한 선제적인 조치를 한 배경

129) 한반도 비핵화 실현을 위한 발판을 마련하였다는 긍정적인 평가와 NPT에서도 보장하는 평화적 원자력 활동의 일환으로 핵연료 주기의 완성에 필수적인 우라늄농축 시설과 재처리 시설을 너무 일찍 포기하였다는 부정적인 평가가 상존한다. 한국원자력통제기술원, 『2018 북핵 총서』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2018, p. 65.

은 북한에게 비핵화에 동참하여 NPT 체제하에서 IAEA 안전조치협정을 받아들이고 핵검증을 수용하라는 전략적 판단에 있었다.<sup>130)</sup>

이러한 한·미 양국의 노력 결과로 남·북한은 1991년 12월 13일에 ‘남북 사이의 화해와 불가침 및 교류·협력에 관한 합의서’에 서명하였다.<sup>131)</sup> 이어서 남·북한은 핵협상에 임하여 1992년 1월 20일에 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’에 서명하였다. 이 공동선언문에는 남·북한이 핵무기의 시험, 제조, 생산, 접수, 보유, 저장, 배비, 사용하지 않겠다는 것과 남·북한이 한반도의 비핵화를 검증하기 위하여 상대측이 선정하고 쌍방이 합의하는 대상들에 대하여 남북핵통제공동위원회가 규정하는 절차와 방법으로 사찰을 실시한다는 조항을 포함하였다. 남·북한은 이 공동선언문에 따라 ‘남북핵통제공동위원회 구성·합의에 관한 합의서’에 1992년 3월 18일에 서명하고 동년 동월 19일 부로 발효가 되어 남북핵통제공동위원회를 발족하였다. 이 합의서에는 남북핵통제공동위원회의 협의 및 추진해야 할 업무로 “한반도의 비핵화를 검증하기 위한 정보(핵시설과 핵물질 그리고 혐의가 있다고 주장하는 핵무기와 핵기지 포함) 교환에 관한 사항, 한반도의 비핵화를 검증하기 위한 사찰단의 구성·운영에 관한 사항, 한반도의 비핵화를 검증하기 위한 사찰대상(핵시설과 핵물질 그리고 혐의가 있다고 주장하는 핵무기와 핵기지 포함)의 선정, 사찰 절차·방법에 관한 사항, 핵사찰에 사용될 수 있는 장비에 관한 사항, ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’ 이행과 사찰활동에서 발생하는 분쟁의 해결에 관한 사항” 등을 포함하였다.

남·북한은 1992년 3월부터 1993년 1월까지 남북핵통제공동위원회를 구성하여 13차례 회의를 하였다. 이 회의에서 남·북한이 가장 큰 견해차를 나타낸 것은 다음과 같다. 첫째, 핵검증을 위한 사찰의 원칙 면에서 큰 차이가 있었다. 한국은 ‘상호주의 원칙’을 주장하였고 북한은 ‘의심동시 해소 원칙’을 고수하였다. 한국은 북한의 영변뿐만 아니라 평산, 순천, 박천, 태천 등과 의심되는 군사시설 등을 포함하는 상호동수 원칙에 따라 사찰을 실시하자고 하였으나 북한은 영변시설과 의심되는 주한미군의 모든 기지를 사찰하는 비대칭사찰을 주장하였다. 북한은 1992년 5월 4일 IAEA에 제출한 북한의 핵관련 시설 현황에서는 16개의 핵시설을 포함하고 있었다. 북한은 영변뿐만이 아니라 평산과 순천에 우라늄 광산, 평산과 박천에 우라늄 정련공장, 태천에 200MWe 원자력

130) 한용섭, 『북한 핵의 운명』, 경기 파주: 박영사, 2018, pp. 72-73.

131) 약칭으로 ‘남·북한 기본합의서’이다. 1991년 12월 13일에 한국은 국무총리 정원식, 북한은 정무원 총리 연형묵이 대표로 서명하였고, 발효는 1992년 2월 19일 부이다. 주된 내용은 1장에 남북 화해, 2장에 남북 불가침, 3장에 남북 교류·협력에 관한 합의서였다.

발전소 등이 있음을 문서로 시인하면서도 영변 이외의 핵시설을 사찰 대상에 포함하는 것을 극구 반대하였다.<sup>132)</sup>

둘째, 사찰의 여러 종류 중 특별사찰(special inspection)에 관한 견해 차이였다. 한국은 의심되는 핵시설에 대해 24시간 전에 통보하고 사찰을 실시하는 특별사찰을 북한에 요구하였다. 미국 정부 또한 한국정부에게 연 48회 정도의 사찰을 반영하고 그 중에 24회 정도는 특별사찰을 관철시켜 달라고 요구했었다. 한·미 양국은 북한이 의도적으로 은폐가 예상되는 핵시설에 대해 ‘언제, 어느 시설이든지 사찰을 실시한다’는 입장을 관철시키려 했다.<sup>133)</sup> 이에 대해 북한은 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’ 4항에 위배된다고 끝까지 주장하였다. 즉, 북한은 ‘남·북한이 한반도의 비핵화를 검증하기 위하여 상대측이 선정하고 쌍방이 합의하는 대상들에 대하여 남북핵통제공동위원회가 규정하는 절차와 방법으로 사찰을 실시한다’는 4항에 특별사찰은 정면으로 위배된다는 것이었다. 남·북한 쌍방이 사전에 합의하지 않는 시설에 대한 사찰은 강력히 반대를 하였다. 한국은 남북핵통제공동위원회에서 사찰의 방법에 대해 세부적으로 합의하면 가능하다고 주장하였지만 북한은 끝까지 이를 수용하지 않았다.

북한은 1992년 1월 30일에 IAEA의 안전조치협정에 서명하고 동년 5월 4일에 최초의 핵 신고서를 IAEA에 제출하였다. 이어서 동년 5월 25일부터 1993년 2월 6일까지 총 6차례의 임시사찰을 받았다. 북한은 IAEA의 임시사찰 결과 미신고 시설 2개소에 대한 특별사찰을 수용하라는 UN 요구에 강력히 반발하고 NPT 탈퇴선언을 하자 미국을 비롯한 핵보유국들과 UN에서는 비상사태가 발생하였다. 1995년 4월 뉴욕에서 NPT 회원국 전원이 모여 ‘NPT를 무기한 연장할 것인가? 아니면 개정이 필요한 것인가?’ 등에 관한 총회를 하기로 예정되어 있었다. 따라서 NPT를 주도했던 미국은 그 이전에 북한의 돌발 행동에 대한 원인 파악과 대응할 필요성이 있었다. 또한 북한은 “미국과 협상을 하면 핵문제를 해결할 수 있다”고 주장하면서 한국을 배제한 가운데 북·미 간 양자협상을 요구하였다.<sup>134)</sup>

서로 대화의 필요성이 있었던 미국과 북한은 모두 세 차례에 걸친 양자협상을 하였다. 첫 번째 협상은 1993년 6월 2일부터 11일까지 미국 뉴욕에서, 두 번째 협상은 1993년 7월 14일부터 19일까지 스위스 제네바에서, 세 번째 협상은 1994년 8월 8일부터 13일까지와 9월 23일부터 10월 17일까지 스위스 제네바에서 각각 실시하였다. 그런데 세

132) 박동형, 앞의 논문(2010), pp. 124-125.

133) 한용섭, 『북한 핵의 운명』, 경기 과주: 박영사, 2018, p. 75.

134) 한용섭, 위의 책(2018), p. 82.

번째 협상을 진행하기 전 1994년 5월에 북한은 돌연 영변 5MWe 원자로에서 8,000여 개의 연료봉을 꺼내기 시작하는 중대한 도발을 감행하였다. 이것은 미국과 IAEA에서 절대 허용할 수 없는 선을 넘은 것이었다. 이에 북·미 협상은 급격히 냉각되었고 미국의 대북정밀 공습방안과 한반도 전쟁설이 파다하게 퍼지게 되었다.

1994년 6월 15일부터 18일까지 미국의 전직 대통령 지미 카터(Jimmy Carter)가 대북특사 자격으로 방북하여 김일성 주석과 전격적으로 면담한 뒤 김일성 주석이 핵동결 의사를 밝혔다고 발표하였다. 그런데 북한의 김일성 주석이 1994년 7월 8일 갑자기 사망하자 북한의 내부 수습기를 거친 후에 동년 10월 21일에 ‘미합중국과 조선민주주의 인민공화국 간의 제네바 기본 합의문’에 북한의 외교부 제1부부장 강석주와 미국의 국무부 차관보 로버트 갈루치(Robert L. Gallucci)가 상호 서명하였다.<sup>135)</sup> 주요 내용은 아래 <표 4-1> 북·미 양국의 제네바 합의문(요약)과 같다.

<표 4-1> 북·미 양국의 제네바 합의문(요약)

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>● 양측은 북한의 흑연감속 원자로 및 관련 시설을 경수로 원자력 발전소로 대체하기 위해 협력함. 이를 위해 흑연감속 원자로 동결에 따른 상실 될 에너지를 보존해 주기 위해 첫 번째 경수로 완공 시 까지 연간 50만톤 규모의 중유를 공급함.</li> <li>● 양측은 정치적, 경제적 관계의 완전 정상화를 추구함.</li> <li>● 양측은 핵이 없는 한반도 평화와 안전을 위해 노력함.</li> <li>● 양측은 국제적 핵확산금지체계 강화를 위해 노력함.</li> </ul> |
|--|

\* 출처 : 북·미 제네바 합의문을 필자가 정리함.

북·미 제네바 합의 협상 단계 시 검증 측면에서 논란이 되었던 점은 다음과 같다. 첫째, 북한의 과거 핵에 대한 규명을 하지 못한 상태에서 과거의 핵 개발을 묵인해 주는 우(愚)를 범하였다. 과거의 핵에 대한 명확한 검증이 핵시설 동결에서 해체로 넘어가는 징검다리 역할을 할 수 있고, 과거의 핵에 대해서 알아내기 위해서는 사찰을 통해서 이루어 질 수 있는데 사찰 방법도 IAEA에 의한 임시 및 일반사찰로 한정시키고

135) 북·미 제네바 합의는 공개된 합의문과 비공개 양해각서, 그리고 클린턴 미국 대통령이 북한의 김정일 국방위원장에게 보낸 경수로 건설 보장 각서 등이 있다. 국가 간 권리와 의무를 포함하는 ‘협정’ 양식으로 하지 않은 것은 의회의 비준 동의 절차를 피하기 위함이었다.

특별사찰을 포함시키지 못하였다. ‘과거 핵에 대한 사찰을 하기 위해서 북한과 IAEA 사이에 협의를 한다’라고만 되어 있어 협의 과정에서 북한이 여러 사유를 들어 사찰을 지연시키거나 제한시키는 빌미를 제공하였다. 엄밀하게 말해 사실상 검증의 강도와 범위를 제한시킨 실패한 합의라고 평가받고 있다.<sup>136)</sup>

둘째, 북한 핵을 검증함에 있어 불가역성(irreversibility)을 보장하지 못했다는 것이다. ‘북한의 흑연감속로 및 관련 시설의 해체는 경수로 사업이 종료되었을 때 완료 한다’라고 합의하여 북한의 핵개발을 계속해서 용인해 주는 결과를 낳았다. 실제로 북한은 이러한 합의의 맹점을 최대한으로 활용하여 지속적인 핵개발을 할 수 있었다. 황장엽의 증언에 의하면 북·미 제네바 합의 이후 첫 번째로 열린 북한 노동당 비서국 회의에서 북한군수공업부장 전병호는 “조·미 제네바 합의로 6~7년의 시간을 벌었다. 영변에 있는 핵시설들을 타 지역으로 이동할 시간을 벌었다”고 하였다고 한다. 북한은 북·미 제네바 합의라는 보호막 아래 플루토늄 핵개발을 계속하였고, 파키스탄과 거래하여 우라늄농축을 통한 핵개발을 추진하였으며 핵무기 투발수단인 탄도미사일을 개발하고 1998년 8월 31일에는 대포동 1호 미사일 발사까지 하였다.<sup>137)</sup>

셋째, 북한의 핵동결에 중점을 둔 잠정적 합의였다. 쉬운 것부터 해결하고 어려운 것으로 나아가는 점진적이고 단계적인 합의였다. 1단계는 핵동결 단계이다. 핵동결 중점 대상은 5MWe 원자로, 건설 중이던 50MWe 원자로와 200MWe 원자로, 핵재처리 시설, 핵연료봉 가공공장, 8,000개에 이르는 사용 후 핵연료봉 등과 관련된 시설 등이었다. 2단계는 1호 경수로용 주요 비핵(non-nuclear) 부품이 들어오는 시기부터 핵심 핵(nuclear) 부품이 들어오는 시기까지로 과거 핵에 대한 규명 단계이다. 3단계는 1호 경수호가 완공되는 단계로 북한의 폐연료봉을 해외로 반출하는 것이었다. 마지막 4단계는 2호 경수호가 완공되는 단계로 원자로, 핵재처리 시설, 핵 연료봉 가공공장 등 핵심시설을 해체한다는 것이었다. 미국과 서방의 경제적, 기술적 지원에 대해 상응하는 북한의 선의를 기대하는 것이었다. 그러나 경수로 건설은 최초 2003년을 완공을 목표로 하였으나 북·미 제네바 합의 후 8년이 지난 2002년에야 함남 신포에 첫 콘크리트를 부을 정도로 지원은 더디게 진행이 되었으며 급기야 같은 해에 북한의 우라늄농축 프로그램 개발에 미국이 문제 제기를 하면서 북·미 제네바 합의는 서서히 종말을 고하게 되었다.<sup>138)</sup>

136) 한용섭, 앞의 책(2018), p. 91.

137) 전경만·임수호·방태섭·이한희, 『북한핵과 DIME 구상』, 서울: 삼성경제연구소, 2010, p. 121.

138) 전경만·임수호·방태섭·이한희, 위의 책(2010), pp. 118-124.

이후 6자 회담 추진은 북·미 제네바 양자 합의에 부정적인 견해를 갖고 있었던 미국의 조지 부시(George W. Bush) 대통령은 북한의 핵과 관련이 있는 동북아 국가들에 동등한 책임과 부담을 지우려는 의도가 있었다. 또한 중국은 동북아 지역에서 북한의 핵무장에 따른 한국과 일본의 핵개발 도미노 현상을 우려하였고 동북아 지역에서 핵 비확산체제 유지가 중국의 국가이익에도 부합된다고 판단하고 러시아까지 참여를 주장하며 다자간 협상에서 의장국으로서 역할에 주도적으로 나서게 되었다. 즉, 6자 회담은 미국과 중국의 이익균형의 추구로 출발했다고 보는 견해가 설득력이 있다.<sup>139)</sup>

6자 회담은 크게 세 단계로 구분할 수 있다. 1단계는 2003년 8월 1차 6자 회담에서 2005년 9·19 공동성명이 합의된 시기까지이다. 2단계는 9·19 공동성명 직후부터 2007년 2·13 합의가 이루어진 시기까지이고 3단계는 2·13 합의 이후부터 2007년 10·3 합의를 거쳐 2008년 말 6자 회담이 유명무실해질 때까지로 볼 수 있다.<sup>140)</sup>

6자 회담은 1단계부터 순조롭지 못했다. 북한은 북·미 제네바 합의를 복원하는 입장에서 ‘先 에너지 지원, 後 핵동결’을 주장하였고, 미국은 북핵의 완전한 폐기가 우선되어야 하고 그 방식으로 CVID(Complete Verifiable Irreversible Dismantlement)를 주장하였다.<sup>141)</sup> 북·미간에 첨예한 대립에서 중국과 한국의 중재로 북한과 미국이 조금씩 양보하여 9·19 합의를 이끌어냈다. 9·19 공동성명에는 6자 회담의 목표를 ‘한반도의 검증 가능한 비핵화를 평화적인 방법으로 달성하는 것’으로 명시하였고, 북한은 ‘모든 핵무기와 현존하는 핵 계획을 포기할 것과 조속한 시일 내에 핵확산금지조약(NPT)과 국제원자력기구(IAEA)의 안전조치에 복귀할 것’을 포함하였다. 미국은 ‘한반도에 핵무기를 갖고 있지 않으며 핵무기 또는 재래식 무기로 북한을 공격 또는 침공할 의사가 없다’고 약속하였다. 또한 한국은 북한에 대해 2백만 kW의 전력공급 지원을 약속하였다.

6자 회담의 2단계는 북·미간의 갈등과 위기가 고조된 기간이었다. 6자 회담의 첫 산물인 9·19 공동성명을 위한 협의가 진행되고 있던 와중인 2005년 9월 15일에 미국 재무부는 마카오 소재 방코델타아시아(BDA: Banco Delta Asia) 은행을 북한의 돈세탁 주요 우려 기관으로 지정하여 언론에 보도 자료를 배포하였다.<sup>142)</sup> 북한은 미국의 금융

139) 한용섭, 앞의 책(2018), p. 96.

140) 9·19 공동성명과 그 후속합의들을 ‘9·19 프로세스’라 명명하였다. 전경만·임수호·방태섭·이한희, 앞의 책(2010), pp. 124-125.

141) CVID 용어가 처음 사용된 것은 2003년 5월 5일 미 국무부 대변인이 정레브리핑에서 북핵 프로그램의 ‘완전하고(complete) 검증가능하며(verifiable) 불가역적인(irreversible) 폐기(dismantlement)’가 미국의 방식이라고 하였다. 이수혁, 앞의 책(2008), p. 285.

142) 방코델타아시아(BDA) 은행에는 52개의 북한 계좌가 있었던 것으로 알려지고 있다. 6자 회담 협상 장

제재에 강력히 반발하면서 동년 12월 11일에 6자회담 무기한 연기 선언을 하였다. 이후 북한은 2006년 7월 5일에 대포동 2호 미사일 발사를 포함해 총 7기의 미사일을 발사하였고, 동년 10월 9일에는 1차 핵실험을 강행하였다. 미국과 중국을 포함한 국제사회는 대북제재의 수위를 놓고 격론을 벌이고 북·미간에는 서로 책임을 전가하였다. 한 동안 위기가 고조되고 북한의 ‘先 BDA 문제 해결, 後 회담 재개’ 입장을 미국이 수용하면서 2007년 제5차 6자회담 3단계 회의에서 2·13 합의를 이끌어 내었다. 2·13 합의는 ‘9·19 공동성명 이행을 위한 초기 조치’이다. 북한은 “궁극적인 핵 포기를 목적으로 재처리 시설을 포함한 영변 핵시설을 폐쇄·봉인하고 IAEA 와의 합의에 따라 필요한 감시 및 검증 활동을 수행하기 위해 IAEA 요원을 복귀시키며 사용 후 핵연료로부터 추출된 플루토늄을 포함한 9·19 공동성명에 명기된 모든 핵프로그램의 목록을 다른 참가국들과 협의 한다”고 약속하였다. 이에 미국은 “북한을 테러지원국 지정에서 해제하고 대적성국 교역법 적용을 종료한다”고 약속하였다. 다른 참가국들도 “북한에 대해 초기 단계에서 중유 5만 톤 상당의 에너지를 지원하고, 모든 핵시설에 대한 불능화 단계에서는 중유 100만 톤 상당의 에너지를 지원한다”고 약속하였다.

6자회담의 3단계에서는 2007년 6월 25일에 BDA 자금이 북한에 넘어 갔고 이에 북한은 동년 7월 5일에 5MWe 원자로, 핵연료공장, 재처리시설 등 3개 시설을 동결조치하고 IAEA 사찰관 복귀를 허용하였다. 이후 ‘9·19 공동성명 이행을 위한 2단계 조치’인 10·3 합의가 이루어졌다. 10·3 합의에서 북한은 “영변의 5MWe 실험용 원자로, 재처리시설(방사화학실험실), 핵연료봉 제조시설의 불능화를 2007년 12월 31일까지 완료할 것이다”라고 약속하였다. 참가국들은 기전달한 중유 10만 톤을 포함해서 중유 100만 톤 상당의 에너지 지원을 재차 약속하였다.

2008년 6월 26일에 북한은 6자 회담 의장국인 중국에 핵 신고서를 제출하였고, 다음 날 미국 국무부 차관보 크리스토퍼 힐(Christopher Hill)을 초청하여 영변의 원자로 냉각탑을 폭파하는 장면을 연출하였다. 그러나 2008년 7월 10일부터 12일까지 실시한 제6차 6자회담 2차 수석대표회담에서 북한의 신고서에 대한 검증 주체, 검증 대상, 검증 방법 등에 있어서 큰 견해차를 보이기 시작했다. 2009년 1월 20일 미국의 버락 오바마(Barack Obama) 대통령이 취임하면서 ‘검증 가능한 비핵화가 이루어져야 북·미

---

에 있었던 김계관 북한 외무성 부상은 방코델타아시아(BDA) 계좌 내용과 미 재무부의 대북 제재에 대해서 잘 모르고 있었던 것으로 보였다. 이러한 원인은 북한의 당, 외무성, 군부, 비서실 간의 폐쇄적이고 비밀주의에 기인하는 업무 체계 때문인 것으로 분석되었다. 왕선택, 『북핵위기 20년 또는 60년』, 서울: 선인, 2013, p. 179.

관계 정상화가 가능하다'고 주장하자 북·미 관계는 다시 어긋나기 시작했다. 북한은 2009년 4월 5일에 장거리로켓 은하 2호를 발사하였고 동년 5월 25일에는 2차 핵실험을 강행하여 6자회담은 끝내 종말을 고하였다. 6자회담에서 합의된 주요 내용들은 아래 <표 4-2> 6자회담 합의문 주요 내용과 같다.

<표 4-2> 6자회담 합의문 주요 내용

구 분	주요 내용
9·19 공동성명 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 6자회담 목표가 한반도의 검증가능한 비핵화임을 재확인               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 북한은 모든 핵무기와 현존 핵프로그램 포기, 조속한 NPT 및 IAEA 안전조치 복귀 약속</li> <li>- 미국은 한반도내 핵무기 부재 및 북한에 대한 공격 또는 침공 의사 부재 확인</li> <li>- 여타국은 북한의 핵이용권 존중 및 적절한 시기에 경수로 제공 문제 논의에 동의</li> </ul> </li> <li>● 6개국은 에너지, 교역, 투자 분야에서 경제협력 증진 약속               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 대북 에너지 지원 제공 용의 표명, 한국은 2백만kW 전력공급 제안</li> </ul> </li> <li>● 6개국은 동북아의 항구적 평화를 위해 노력할 것을 표명</li> </ul>
2·13 합의 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 북한 내 핵시설의 폐쇄·봉인, IAEA 요원 복귀, 모든 핵프로그램의 목록작성 협의(60일 이내)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 60일 이내 중유 5만톤 상당의 긴급에너지를 북한에 제공</li> </ul> </li> <li>● 미국과 북한, 북한과 일본의 관계정상화를 위한 양자 대화 개시 (60일 이내)</li> <li>● 대북 에너지 지원               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 모든 핵계획 완전 신고, 모든 현존하는 핵시설 불능화 기간 중 중유 100만 톤 상당의 에너지 제공</li> </ul> </li> <li>● 6자회담 내 실무그룹(Working Group) 구성(30일 내 회의 개최)               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 주요 의제: 한반도 비핵화, 북·미 관계 정상화, 북·일 관계 정상화, 경제·에너지 협력, 동북아 평화·안보체제 구축</li> </ul> </li> </ul>
10·3 합의 (2007)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 북한은 연내 모든 현존하는 핵시설 불능화 및 모든 핵프로그램의 완전하고 정확한 신고 완료</li> <li>● 북한의 핵물질, 기술, 노하우를 이전하지 않는다는 공약 재확인</li> <li>● 미국은 북한을 테러지원국 지정 해제과정 개시 및 대적성국 교역법 적용 종료 과정 진전에 대한 공약 상기</li> <li>● 중유 100만톤 상당 대북 에너지 지원 제공</li> </ul>

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, “북한의 핵프로그램과 검증,” 2011, p. 28에서 재인용.

6자회담 과정에서 북한 핵에 대한 검증 측면에서 논란이 되었던 점은 다음과 같다.



첫째, 6자회담에서 북한 핵에 대한 침투성이 강하고 엄격한 검증이 이루어지지 못하였다. 미국은 6자회담 초기에는 북한 핵에 대해 ‘완전하고 검증가능하며 돌이킬 수 없는 폐기(CVID)’라는 목표를 갖고 있었으나 중간에 입장이 바뀌어 버렸다.<sup>143)</sup> 9·19 공동성명에서는 ‘한반도의 검증 가능한 비핵화를 평화적인 방법으로 달성 한다’고 6자회담의 목표 수위를 낮춰 합의해 버렸다. 북한 핵에 대한 검증 주체, 검증 수단, 검증 방법에 대한 세부 방안이 포함되지 않은 선언적 조치만을 담게 되었던 것이다.

둘째, 핵검증을 위한 검증의정서(verification protocol)에 대한 합의를 이루지 못했다. 미국은 북한 핵에 대해 ‘합리적인 검증원칙을 적용하여 참가 6개국이 수용 가능한 검증의정서에 합의하고, 감시기재(monitoring mechanism)를 설치하여 검증활동을 시행하게 될 것이라고 밝혔다.<sup>144)</sup> 2008년 7월 미국은 협상전문가들이 작성한 아래 <표 4-3>와 같은 검증의정서 초안을 북한에 전달하였다.<sup>145)</sup>

<표 4-3> 검증의정서 초안

- 6개국 전문가로 검증단을 편성하며 ‘한반도 비핵화 추진반’에 책임을 부여한다.
- 핵무기화 관련 검증 활동은 핵무기 보유국의 전문가가 수행한다.
- 검증에 필요한 시료채취(sampling)와 과학적 수사(forensic) 분석, 인터뷰를 실시한다.
- 시설 방문, 문서 검토, 기술 인력 인터뷰 등은 참가국 만장일치로 한다.
- 어떤 사이트나 시설, 장소에서 검증 가능해야 한다.
- 핵물질 및 장비 샘플, 환경시료채취, 핵폐기물 샘플 채취를 한다.
- 어떤 불일치 사항이나 의문이 있을 경우 특정 사이트에 체류할 수 있다.
- IAEA는 검증을 위한 자문을 제공한다.
- IAEA는 핵물질 산정, 핵연료 주기 감시, 시료 분석 등에 관한 지원을 한다.

\* 출처 : 박동형, 「북한 핵협상시의 검증 문제 연구」, 2010, p. 12에서 재인용.

143) 2003년 8월부터 2004년 말까지 6자회담의 미국 측 대표를 맡은 제임스 켈리(James Kelly)는 CVID 목표를 고수하였다. 2005년 1월에 새로 6자회담 미국 대표로 임명된 크리스토퍼 힐(Christopher Hill)은 CVID 목표를 고수하기 보다는 합의 가능한 방법으로 6자회담에 임하였다.

144) Larry A. Niksch, "North Korea's Nuclear Weapons Development and Diplomacy", *CRS Report Congress*, 2009, p. 3.

145) Glenn Kessler, "Far-reaching U.S. Plan Impaired N. Korea Deal: Demands Began to Undo Nuclear Accord," *Washington Post*, September 26, 2008.

이에 대해 북한은 6자회담 전문가들로 검증단 구성, 신고한 핵시설에 대한 방문과 문서검토, 기술인력 인터뷰 등은 허용하지만 다른 사항들은 6자회담에서 만장일치로 합의해야 한다고 주장했다. 특히 북한은 시료채취(sampling)에 관련되어서는 강하게 거부하여 검증의정서를 채택하지 못하였다. 이는 북한이 기술적 검증에 의한 과거, 현재, 미래 핵에 대한 비밀이 노출되는 것을 원치 않고 있다는 것을 방증하고 있는 것이다.

검증 과정의 협상단계에서 문제점을 토대로 향후 주요 관심사항은 아래와 같다. 첫째, 검증의 원칙에 합의하는 것이 무엇보다 중요하다고 볼 수 있다. 한국이 주장하는 ‘상호주의 원칙’과 북한이 주장하는 ‘의심동시 해소원칙’이 충돌하여 더 이상의 진전을 이루어내지 못하였다. 북한은 한국 내에 핵무기 개발을 위한 핵물질, 핵시설이 없고, 주한미군의 핵무기를 1991년도 전량 미국으로 반출한 사실을 주지하고 있음에도 불구하고 한국의 모든 미군 기지에 대한 확인을 해야 한다는 무리한 주장을 고집하여 협상이 실패할 수 밖에 없었다.

둘째, 북한과 특별사찰에 관한 합의가 관건이다. 북한은 특별사찰에 대해 반대 입장을 분명히 하고 있다. 북한은 IAEA의 임시사찰은 수용하면서도 추가적인 의심 시설이나 미신고 시설에 대한 특별사찰은 절대 수용하고 있지 않고 있다. 북한은 소극적인 입장에서 사전에 자체 신고한 시설, 공개가 되어도 큰 문제가 되지 않을 시설에 대한 접근만을 허용하고 있기 때문에 향후에도 이 특별사찰 문제를 어떻게 협상 단계에서 합의를 도출해 내느냐가 가장 중요한 협상 의제라고 판단된다.

셋째, 검증 측면에서 시료채취 및 분석에 관한 합의가 중요하다. 북한이 6자회담의 10. 3 합의 이후에 미국이 제시한 검증의정서에 대부분의 내용은 합의하였는데 유독 시료채취(sampling)와 과학적 분석(forensic)은 거부를 하였다. 이는 IAEA와 미국 등의 과학적 검증 기술 수준이 북한의 핵개발에 대한 전모를 확인할 수 있는 단계로 발전해 있는 것을 북한이 잘 알고 있기 때문이다. 시료채취 및 분석 방법은 북한이 결사 반대하는 검증 방법이지만 이 또한 향후 협상 단계에서 합의를 이루어 내야 하는 중요한 협상의제 중의 하나라고 본다.

## 2. 정보수집 및 분석 단계

북한은 1985년 12월 12일에 NPT에 가입하고 무려 7년이 지난 1992년 1월 30일에 IAEA의 안전조치협정에 서명하고 동년 5월 4일에 최초의 핵 신고서를 IAEA에 제출

하였다. 시기적으로 남·북한 간에는 ‘한반도 비핵화에 관한 공동선언’ 이후 남북핵통제 공동위원회를 구성하여 비핵화에 관한 논의를 한창 진행하고 있던 시기였다. 북한의 최초 핵 신고서에는 플루토늄 보유량을 90g, 7개의 핵시설을 포함하고 있었다. 1992년 5월 25일부터 최초의 임시사찰을 수용하여 1993년 2월 6일까지 총 6차례의 임시사찰을 받았다. IAEA는 북한의 방사화학실험실에서 시료채취 및 분석을 통해 북한이 신고한 플루토늄 추출량, 추출 장소, 추출 시기 등에 관해 중대한 차이를 확인하였고, 핵폐기물 장소라고 추정되는 미신고 시설 2개소에 대해 문제를 제기하고 특별사찰을 추가적으로 요구하였다.

1994년 북·미 제네바합의 시 북한은 경수로 제공에 대한 이행사항으로 핵연료가공 시설, 방사화학실험실, 5MWe 원자로, 50MWe 원자로, 200MWe 원자로 총 5개 시설에 대한 동결 조치를 실시하고 감시(monitring)를 허용하였다. 감시 주요 사항은 ① 5MWe 원자로, 핵연료가공시설, 방사화학실험실 3개 시설에 대해 IAEA 사찰관의 상주를 허용하며 감시, 봉인 및 감시카메라의 장비를 사용하게 하였고, ② 5MWe 원자로에서 인출되는 폐연료봉의 보관 및 처리를 위해 미국 에너지부의 주관으로 미국 NAC(Nuclear Assurance Company)사에 의해 사용 후 핵연료를 스테인리스 통(canister)에 밀봉시키는 작업을 허용하였으며, ③ 50MWe 원자로, 200MWe 원자로 건설 부지에 대한 방문을 허용하여 육안감시 및 사진 촬영을 허용하였다. 이 감시(monitring) 활동은 1994년 11월 23일부터 2002년 12월까지 진행되었으며 북한이 핵동결 해제를 선언한 2002년 12월 12일에 종결되었고 그해 연말에 북한은 IAEA 사찰관들을 일방적으로 추방하였다.<sup>146)</sup>

북한은 6자회담 2·13 합의 조치사항으로 핵연료가공시설, 방사화학실험실, 5MWe 원자로, 50MWe 원자로, 200MWe 원자로 총 5개 시설에 대한 폐쇄조치를 2007년 7월 14일에 실시하였다.

이어서 북한은 2007년 10·3 합의 후속조치로 5MWe 원자로, 방사화학실험실, 핵연료가공시설 3개 시설에 대한 12개 불능화 조치 중 8개 조치를 이행하였다. 2009년 4월 14일 6자회담 파기 선언 이후 북핵 시설에 대한 불능화 조치는 중단되었다. 주요 북한

---

146) 북한이 핵동결을 하는 대신 100만kW급 경수로 2기를 건설해 주는 대북 경수로 제공 사업은 북·미 제네바합의 후 3년이 지나 1997년 8월 19일 착공식을 북한 금호지구에서 하였다. 2002년에는 공사 현장에 우즈베키스탄, 한국 국적의 외부 공사인력도 1,500명을 웃돌았다. 그러나 2006년 1월에 한반도에너지개발기구(KEDO)가 건설 진도 30%가 진행된 상태에서 사업 종료 선언을 하였다. 『우여곡절의 11년 KEDO 경수로사업』, 『한겨레』, 2006년 1월 8일.

핵시설에 대한 불능화 현황은 아래 <표 4-4>와 같다.

<표 4-4> 핵시설 불능화 현황(2009년 4월 기준)

시설명	불능화 주요조치사항	완료 여부
5MWe 원자로	2차 냉각 계통 무력화(냉각탑 철거)	완료
	사용 후 핵연료 인출(8,000개 중 6,500개 인출)	미완료
	핵연료 제어봉 구동기구 및 사용 후 핵연료 인출기 제거	미완료
방사화학 실험실	신연료 장진기 사용불가 조치	미완료
	사용 후 핵연료 적재 운반차량 구동장치 제거 및 보관	완료
	사용 후 핵연료 적재 기중기 및 차폐문 작동기 제거 및 보관	완료
	총 4개의 증기라인 중 2개 라인 분리	완료
핵연료 가공시설	핵연료봉 절단기 제거 및 보관	완료
	주요 우라늄 용해조 제거 및 보관	완료
	5톤 UO <sub>3</sub> 저장 및 감시, 신연료 처리	미완료
	우라늄 금속변환로 제거 및 보관, 단열 벽돌과 모르타르 모래 보관	완료
	우라늄 금속 주조로 제거 및 보관, 선반기기 제거 및 보관	완료

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「북한의 핵프로그램과 검증」, 2011, p. 30 내용을 재인용.

10·3 합의 후속조치로 5MWe 원자로, 방사화학실험실, 핵연료가공시설 3개 시설에 대한 불능화 조치를 일부 시행하였는데 기술적 수준으로는 낮은 수준과 일부 중간 수준으로 평가하고 있다. 핵시설에 대한 불능화 조치를 기술적 수준을 고려하여 도표로 나타내면 아래 <표 4-5>과 같다.

<표 4-5> 핵시설 불능화 기술적 수준

시설명	불능화 기술 수준		
	낮은 수준	중간 수준	높은 수준
5MWe 원자로	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵연료봉 제거</li> <li>• 냉각용 이산화탄소 탱크 제거</li> <li>• 2차 냉각계통 파이프 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원자로 제어봉 구동장치 제거</li> <li>• 1차 가스냉각펌프/파이프 제거</li> <li>• 열교환기 제거</li> <li>• 연료봉 장전장치 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 원자로 노심 제거</li> <li>• 원자로 노심에 콘크리트 충전</li> <li>• 감속용 흑연블록 제거</li> <li>• 원자로통제실 제거</li> </ul>
방사 화학 실험실	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연료봉 이동통로 폐쇄</li> <li>• 주요 장비 조종장치 제거</li> <li>• 재처리에 사용되는 화학물질 제거</li> <li>• 전원 및 스팀공급장치 파괴</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연료봉 절단장치 제거</li> <li>• 연료봉 피복제거장치 제거</li> <li>• 연료봉 이동크레인 제거</li> <li>• 핵연료봉 용해로 제거</li> <li>• 주요 연결파이프 제거</li> <li>• 핫셀 원격조정기 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵폐기물 처리장치 제거</li> <li>• 분리장치 제거</li> <li>• 핫셀과 글로브 박스 콘크리트 충전</li> </ul>
핵연료 가공 시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 용해로, 반응로 등 주요장치에 대한 봉인 및 각종 우라늄 원료물질 제거</li> <li>• 보관중인 핵연료봉 제거</li> <li>• 핵연료 제조에 필요한 화학 물질 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 우라늄 금속화장치 제거</li> <li>• 연료봉 성형장치 제거</li> <li>• 피복관 제조장치 제거</li> <li>• UO<sub>2</sub> 생산로, U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> 환원로 제거</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 질산염 공정 파이프 및 탱크 제거</li> <li>• UO<sub>2</sub> 용해로, UF<sub>4</sub> 침전로 및 건조로 제거</li> </ul>

\* 출처 : 함형필, 「북핵 신고와 불능화 그리고 검증」, 2008, p. 79 내용을 필자가 재정리.

북한은 6자회담 10·3 합의에 의거 2007년 연말까지 모든 핵프로그램에 대한 신고를 하기로 한 약속을 무려 6개월 정도 경과한 2008년 6월 26일에 6자회담 의장국인 중국에 60쪽에 달하는 핵 신고서를 두 번째로 제출하였다.<sup>147)</sup> 북한이 제출한 핵 신고서에는 ① 핵관련 시설목록, ② 플루토늄 추출량, 사용처, 보유량(37kg), ③ 우라늄 재고량 등 세 부분으로 작성되어 있었다. 그러나 북한은 핵무기 보유량, 핵무기 생산 및 실험 시설에 관한 정보, 핵무기 보관시설, 농축우라늄프로그램, 시리아와 핵협력 및 핵확산에 관한 사항 등에 관한 중요한 내용들은 대부분 포함시키지 않았다. 이는 북한의 진정성이 없는 매우 형식적인 핵 신고서 제출이었다.<sup>148)</sup>

검증 과정의 정보수집 및 분석단계에서 향후 주요 관심사항은 아래와 같다. 첫째,

147) 10·3 합의에는 북한은 모든 핵프로그램에 대해서 완전하고 정확한 신고를 2007년 12월 31일까지 하기로 되어 있었다.

148) 박동형, 앞의 논문(2010), p. 127.

북한이 자체 공식적으로 두 차례 신고한 핵신고서의 내용이 매우 부실하였다는 사실이다. 1992년 IAEA에 제출한 핵신고서의 내용도 플루토늄의 추출량, 추출시기, 추출장소 등에 사실과 틀리는 사항들이 포함되어 있었고, 2008년 6자회담 의장국인 중국에 제출한 핵신고에도 농축우라늄프로그램, 핵무기 보유량, 다른 국가와의 핵거래 등에 관한 내용은 포함하지 않았다. NPT 체제하의 IAEA 검증은 당사국의 신고를 바탕으로 검증이 시작되는데도 불구하고 북한의 과거 핵신고의 내용이 부실하였고 진정성이 부족하였다. 따라서 향후에 북한이 자체 신고하는 핵신고서에 핵프로그램에 대한 모든 사항이 포함되도록 유도해 내는 것이 중요하다고 본다.

둘째, 정보수집 및 판단에 있어 현장에 접근하여 감시, 사찰, 시료채취 및 분석 등을 하는 것이 가장 효과적인 방법일 것이다. 북한은 IAEA와 미국의 일부 인원에 대해 핵시설에 대한 접근을 허용한 바 있다. 그런데 이는 매우 제한된 시설에 제한된 인원에 대한 접근을 허용한 것이었다. 향후에는 의심되는 시설과 미신고 시설에 대한 신속하고 자유로운 접근이 가능하게 되어 정보수집에 제한사항이 없어야 할 것이다.

### 3. 판단 및 대응 단계

1992년 한국은 남·북한 협상에서 남·북한 핵검증을 위한 사찰에 상호 합의가 이루어지지 못할 경우에 1993년도 팀스피리트 연습을 재개할 수밖에 없다고 하면서 북한을 압박하였다. 1992년 10월 8일에 한·미 양국은 제 24차 한·미 연례안보협의회의에서 ‘남·북한 상호 핵사찰에 관한 진전이 없을 시 1993년도 팀스피리트 연습을 하기 위한 준비를 한다’고 발표하자 북한은 격렬하게 반대를 하였다. 북한은 ‘先 팀스피리트 연습 철회, 後 남·북한 핵협상’을 주장하였고 한국은 ‘先 상호 핵사찰 합의, 後 팀스피리트 철회’를 각각 주장하면서 남북핵통제공동위원회 회담은 더 이상 진전이 없었다. 이에 한·미 양국이 1993년 1월 26일 팀스피리트 연습 재개를 선언하자 북한은 핵협상을 중단시켰다.

‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’은 실패로 끝났지만 한반도의 비핵화를 이루기 위한 측면에서 평가를 하면 다음과 같다. 첫째, 남·북한이 최초로 핵무기를 시험, 제조, 생산, 접수, 보유, 저장, 배비, 사용하지 않겠다는 8가지 원칙에 상호 합의하고 한반도의 비핵화를 검증하기 위하여 남북핵통제공동위원회를 구성 및 운영하여 핵시설 사찰에 대한 논의를 최초로 시작하였다는 점에 의의가 있었다.

둘째, 북한의 핵검증에 대한 진의를 파악해 볼 수 있었다. 북한의 침투성이 약한 입시사찰은 수용을 하려 했으나 침투성이 강한 특별사찰에는 강한 거부감을 표시했다. 즉 보여줘도 무방한 시설이나 국제 사회에 노출이 되어 있는 시설에는 사찰을 허용하였으나 과거 핵개발에 대한 증거가 될 수 있거나 현재와 미래의 핵능력이 공개될 수 있는 결정적인 핵시설에 대해서는 끝까지 사찰을 허용하지 않았다.

셋째, 남·북한 상호 핵협상 목표가 서로 다를 수 있음을 확인할 수 있었다. 한국은 북한의 비핵화를 달성하기 위하여 북한의 핵물질 재처리 시설과 핵개발 프로그램에 대한 검증을 하며 이 수단으로 강력한 특별사찰까지 언어내려 했다. 그러나 북한은 완전한 비핵화 보다는 한·미 연합연습인 팀스피리트 연습을 영구적으로 중단시키는 것과 한반도에 미국의 핵우산 제공과 핵전력의 한반도 전개를 금지하는 것을 확약 받고 싶어 했을 뿐이었다. 따라서 남·북한이 핵검증에 대해서 논의는 하였으나 진전이 있을 수 없었다.

넷째, 한국 정부는 미국과 사전 협의 하에 특별사찰을 관철시키려고 노력하였으나 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’에 관해 북한이 자의적으로 해석하여 특별사찰을 언어내지 못하였다. IAEA의 사찰은 피사찰국가에 반대하면 특별사찰을 할 수가 없다. 한국은 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’보다 남북핵통제공동위원회에서 사찰의 세부적인 방법에 대해 합의하면 가능하다고 주장하였다. 그러나 상위 근거인 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’에 ‘남·북한이 한반도의 비핵화를 검증하기 위하여 상대측이 선정하고 쌍방이 합의하는 대상들에 대하여 남북핵통제공동위원회가 규정하는 절차와 방법으로 사찰을 실시한다’라고 되어 있기 때문에 남·북한이 상호 합의하지 않은 시설에 대해 특별사찰은 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’에 위배된다는 북한 주장을 설득하지 못하였다.<sup>149)</sup> 따라서 합의의 출발인 기본합의문에 포함하는 내용에 대한 정교한 검토가 필요하다는 점을 교훈으로 주고 있다.

1993년 북한은 IAEA의 미신고 시설 2개소에 대한 대북 특별사찰을 수용하라는 UN 요구에 사찰을 부당하게 강요하면 전쟁도 불사할 것이라고 협박을 하였다. 북한은 1993년 3월 8일에 준전시상태를 선포하고 동년 동월 12일에 NPT 탈퇴 서한을 UN 안전보장이사회에 제출하였다. 이는 NPT가 1970년 발효된 이래 국제 핵 안보 질서에 정면으로 도전하는 첫 사례가 되었다. 이른바 ‘1차 북핵 위기’가 발발한 것이다.<sup>150)</sup>

‘1차 북핵 위기’를 해소하기 위한 북한과 미국과의 협상 산물인 북·미 제네바 합의 이행과정은 순탄하지 않았다. 북·미 제네바 합의 후 2주 뒤에 실시된 미국의 중간선거

149) 한용섭, 앞의 책(2018), pp. 75-76.

150) 송민순, 『빙하는 움직인다』, 경기 파주: 창비, 2016, pp. 37-38.

에서 야당인 공화당이 승리하여 미국은 여소야대(與小野大) 정국이 되었다. 다수당이 된 공화당은 북한에 중유 제공을 반대하고 북한의 경수로 건설에 필요한 핵심부품을 제공해 줄 수 있는 북한과의 원자력협정 체결에도 반대함으로써 북·미 제네바 합의는 서서히 동력을 상실해 가기 시작했다. 미국의 빌 클린턴(Bill Clinton) 행정부는 북한에 중유 제공을 위해서 유럽, 일본, 호주 등에 손을 벌려야 하는 입장이 되었다. 2001년 조지 부시(George W. Bush) 대통령이 취임한 후 전임 클린턴 대통령의 정책을 전반적으로 부정하면서 북·미 제네바 합의도 정치적 고아 신세가 되어 버렸다. 여기에 2002년 미국이 북한이 우라늄농축 개발을 비밀리에 시도하고 있다고 발표하면서 북·미 제네바 합의도 파기되었다고 선언하였다.<sup>151)</sup>

북·미 제네바 합의는 비록 실패하였지만 이 합의의 의의를 평가 해 보면 아래와 같다. 첫째, 북한의 철저하고 교묘한 통미봉남(通美封南)의 전략에 말려들었다고 볼 수 있다. 북한은 한국과 직접 핵협상을 회피하면서 미국과 양자 협상을 통해서 막대한 경제적 이익을 챙겼다. 경수로 제공에 있어 총비용 45억 달러 중 70%에 달하는 32억 달러를 한국이 부담하기로 한 것은 회담 과정에는 핵위협의 직접 당사국이 참여하지도 못하고 막대한 비용만을 떠안게 된 것이다. 생색은 미국이 내고 대부분의 경제적 부담을 한국이 떠안은 형국이었다.

둘째, 북·미 양자 회담의 한계를 노정시켰다고 평가할 수 있다. 미국이 북한과 협상을 하면서 한국과의 일정한 공조는 하였다고 하지만 여기에는 분명한 한계가 있다는 점이다. 북·미 제네바 합의 과정에서 한국, 일본, 중국, 러시아 등이 소외되면서 북한의 합의 불이행에 대해 무관심할 수밖에 없었다는 것이다. 따라서 북·미 제네바 합의의 실패는 북한의 핵에 관련된 국가들의 다자간 협상의 필요성이 제기되게 되었다.

셋째, 북한의 핵 활동을 근원적으로 제거하기보다는 상황 악화 방지를 위한 현상유지적 합의였다. 북·미 제네바 합의는 어느 쪽도 합의 이행에 법적 의무가 없는 ‘합의된 이행구도(agreed framework)’에 불과하였다는 것이다.<sup>152)</sup> 어느 한쪽이 합의 이행을 하지 않더라도 자신의 의무 이행을 중단할 권리만 갖고 있을 뿐 상대방의 의무 이행을 강제할 권한이 없었다는 것이다. 북한의 핵문제를 원천적으로 해결하려 노력하기 보다는 핵동결에 중점을 두고 더 이상의 상황 악화를 방지하는데 그 목적이 있었기에 북

151) 송민순, 앞의 책(2016), pp. 44-47.

152) 미국은 북한과의 협상 최종 결과물을 ‘골격 합의(framework agreement)’라 하지 않고 ‘합의 골격(agreed framework)’으로 고집하였다. 이는 의회의 비준 동의 절차를 우회하기 위한 고려였다. 송민순, 앞의 책(2016), p. 44.



한 의 핵검증은 경수로 완공이 될 때까지라는 머나먼 시간표에 묻히면서 더욱 요원하게 되었다.<sup>153)</sup>

2002년 1월 29일 미국의 조지 부시(George W. Bush) 대통령이 국정연설에서 북한을 악의 축(axis of evil)으로 지목하고 동년 3월 9일에 미국 국방부는 핵태세보고서(NPR)에서 핵 선제사용 가능성이 있는 7개국에 북한을 포함시켰다.<sup>154)</sup> 2002년 10월 3일부터 동년 동월 5일까지 미 국무부 차관보 제임스 켈리(James Kelly)가 북한 방문을 마치고 귀국 후 동년 동월 16일 미 국무부는 “북한이 고농축우라늄 핵프로그램 존재를 시인했다”라고 발표를 했다. 이른바 ‘2차 북핵 위기’를 알리는 공개적인 자리였다. 동년 11월 8일에 한·미·일 3자 대북정책조정감독그룹(TCOG: Trilateral Coordination and Oversight Group)은 대북 중유 제공 중단 방침에 합의하였고, 한반도에너지개발기구(KEDO: Korean Peninsula Development Organization) 집행위원회가 개최되어 고농축우라늄 프로그램 해체를 위한 구체적이고 실질적인 조치가 있을 때 까지 대북 중유 지원은 12월 선적 분부터 중단한다고 발표하였다.

이에 북한은 동년 11월 21일 중유 공급이 중단되면 1994년 북·미 제네바 합의가 파기될 수 있음을 경고하고 이어서 12월 12일에는 핵시설 재가동을 선언하였다. 이는 ‘2차 북핵 위기’ 전개 과정에 있어서 매우 중대한 북한의 발표였다. 후속 조치로 12월 21일에는 원자로 봉인과 감시카메라를 제거하고 12월 26일에는 핵 연료봉 1,000개를 원자로에 새로 장전하였다고 발표하고 12월 31일에는 IAEA 사찰단을 북한에서 추방시켰다. 다음 해 2003년 1월 10일에 북한은 NPT 탈퇴를 선언하고 IAEA 안전조치협정 파기를 선언하며 ‘2차 북핵 위기’가 정점으로 올라가 전 세계에 큰 파장을 불러왔다. 이후 북핵 문제에 대한 돌파구를 찾지 못하다가 남북을 포함하는 다자간 협상에 미국, 일본, 중국, 러시아가 동의하여 2003년 8월 27일부터 29일까지 중국의 베이징에서 역사적인 6자회담이 개최되었다.

6자회담의 의의를 살펴보면 아래와 같다. 첫째, 북한의 핵검증에 관한 기본 입장을 확인할 수 있었다. 북한은 핵신고와 검증에 시차를 두고 협상에 임하였다. 북한의 깊은 치부를 드러낼 수 있는 검증 문제는 정권과 체제의 생존에 관련되는 것이라 인식하고 최대한 뒤로 미루려 했다. 특히 북한은 특별사찰과 현장에서의 시료채취에 대해서는 과거의 핵능력 뿐 만 아니라 현재 및 미래의 핵능력까지도 노출될 수 있기 때문

153) 이상철·김옥준, 앞의 책(2016), p. 285.

154) 미국이 핵 선제사용 가능 대상국으로 본 7개국은 북한, 중국, 러시아, 이라크, 이란, 시리아, 리비아이다. 왕선택, 앞의 책(2013), p. 129.

에 끝까지 수용하려 하지 않았다.<sup>155)</sup>

둘째, 북한 핵시설에 대한 일부 기술적 접근을 하였다는 점이다. 2·13 합의 이후 핵연료가공시설 등 3개 시설에 대한 폐쇄 조치를 하였고, 10·3 합의 이후 5MWe 원자로 등 3개 시설에 대해 일부 불능화 조치를 하면서 북한의 핵시설에 대한 능력과 기술 수준을 확인할 수 있었다는 점이다.

셋째, 9·19 공동성명, 2·13 합의, 10·3 합의 등은 6개국이 합의한 사항이라는 점에서 북·미 제네바 합의에 비해서 정치적 구속력이 높았다. 북한이나 미국이나 그 외 참가국들이 합의 내용을 일방적으로 지키지 않는 것은 상당한 정치적 부담을 갖게 만들었다.<sup>156)</sup>

6자회담 파기 이후 북한은 2009년 4월 25일 영변의 재처리시설의 복구를 완료하고 5MWe 원자로의 폐연료봉 재처리를 착수하였다고 선언하였다. 또한 경수로 자력 건설을 결정하고 그 첫 공정으로서 핵연료를 자체적으로 확보하기 위한 기술개발에 돌입한다고 발표하였다. 이어서 동년 5월 25일에는 2차 핵실험을 감행하기도 하였다. 북한은 2차 핵실험에 대한 UN 안보리의 대북제재 결의안 제1874호에 반발하여 2009년 6월 13일에는 외무성 성명을 통해 ‘실험단계의 우라늄농축 작업에 착수 하겠다’고 선언하였다. 이어서 동년 9월 3일에는 ‘우라늄농축 시험을 성공하여 결속 단계에 돌입하였다’는 내용의 서한을 UN 안보리 순회의장에게 통보하였다. 이것은 북한이 그동안 강력하게 부인해 오던 우라늄농축프로그램 개발에 관해 국제사회에 대한 최초의 공식적인 시인이었다.<sup>157)</sup> 이후 2010년 11월 북한을 방문한 지그프리드 해커 박사에게 약 2,000개의 원심분리기로 구성된 우라늄농축 시설을 공개하였다.

북한은 2013년 4월 2일 조선중앙통신을 통해 ‘핵시설의 용도를 조절 변경해 나가겠다’고 밝히고 ‘2007년 10·3 합의에 따라 가동을 중지하고 무력화하였던 5MWe 원자로를 재정비, 재가동하는 조치를 포함 한다’고 발표했다. 북한 핵관련 정보 사이트인 ‘38노스’는 2013년 9월 11일 북한 영변의 5MWe 원자로에 인접한 건물에서 2개의 증기가 올라오는 것을 위성사진으로 확인하였다고 공개하였다. 이는 증기터빈과 발전기가 설치된 보조 건물에서 원자로 재가동에 따라 발생한 증기가 배출된 것으로 분석되었다. 또한 동년 10월 2일 이 사이트는 5MWe 원자로의 온배수가 영변 구룡강으로 배출되는

155) 송민순, 앞의 책(2016), pp. 472-481.

156) 임수호, “실존적 억지와 협상을 통한 확산: 북한의 핵정책과 위기 조성 외교,” 서울대학교 박사학위 논문, 2007, pp. 288-293.

157) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), p. 5.

것으로 추정되는 위성영상을 공개하였다. 북한 영변의 원자력 단지 내에 있는 방사화학실험실(재처리시설)은 질산을 활용한 습식재처리(PUREX: Plutonium Uranium Recovery by Extraction) 방식이다.<sup>158)</sup> 이 시설은 1986년에 착공되어 1990년부터 소규모로 재처리를 하였으며 1994년 동결 당시에는 일일 처리 용량이 400kg 정도의 사용 후 핵연료를 처리할 수 있는 제1라인을 갖고 있었다. 그 후 2003년에서 2005년까지 제2라인을 설치하고 제1라인과 연결하여 처리 용량이 일일 500~550kg으로 증가하였다.<sup>159)</sup> 동결 조치의 하나인 방사화학실험실(재처리시설)의 불능화는 시설에 공급하는 배관을 제거하고 일부 장비를 분해하여 따로 보관하여서 이를 기술적으로 복구하는 것은 간단하고 시간도 많이 소요되지 않았을 것으로 판단된다. 북한이 5MWe 원자로를 약 20~22개월 동안 운전한 후 폐연료봉을 재처리했던 사례로 볼 때 2015년 말에서 2016년 초 사이에 5MWe 원자로에서 핵연료를 인출하여 2016년에 재처리를 하였을 것이라 추정된다. 북한은 6자회담 파기 이후에 지속적으로 핵능력을 확장하면서 협상에서 최대한 유리한 입장을 취하려고 하고 있다.

검증 과정의 마지막 단계인 판단 및 대응단계에서 향후 주요 관심사항은 아래와 같다. 첫째, 북한은 기술적인 검증 결과에 대해 수용하고 있지 않다는 사실을 직시해야 한다. 1992년에 IAEA의 임시사찰 결과 플루토늄 추출량, 추출 시기, 추출 장소에 대해 자체 핵신고서와 상이한 점을 과학적으로 제시하고 추가적인 사찰을 요구하자 거부한 바 있다. 북한은 불리하면 상대방을 외면하고 협상의 문을 닫아 버린다는 사실을 알아야 한다.

둘째, 핵검증에 임하는 북한의 의도를 정확히 파악하고 대응해 나가야 한다. 북한은 핵검증에 대한 문제는 정권과 체제의 생존에 관련되는 문제라고 인식을 하고 있다. 북한은 단계적으로 핵검증 대상과 범위를 제한하면서 자신들에게 최대한의 이익을 추구하고 이익 충족이 되지 않으면 언제든지 위기 상황을 다시 조성하고 몸값을 키우는 패턴을 반복하고 있음을 주지해야 한다.

158) 사용 후 핵연료를 물리적·화학적 방법으로 처리하여 핵연료로 활용 가능한 물질인 플루토늄과 우라늄을 추출하는 공정을 의미한다. <http://wacid.kins.re.kr/SNF/snf04.aspx>(검색일: 2019. 11. 26.).

159) 한국원자력통제기술원, 위의 책(2018), p. 12.

## 제2절 검증 대상

### 1. 핵물질

핵물질(nuclear materials)의 사전적 정의는 일반적으로는 ‘원자력산업에 필요한 물질’이다. 국제원자력기구 헌장 제20조에는 핵물질을 모든 핵원료 물질과 특수 핵분열성 물질로 분류하고 핵원료 물질에는 천연우라늄, 토륨 등을 특수 핵분열성 물질에는 플루토늄 239, 우라늄 235, 우라늄 238, 농축우라늄 등으로 각각 구분하고 있다.<sup>160)</sup>

평화적으로 원자력을 이용하는 외에 핵무기 개발을 시도하는 측면에서 핵물질 중에 중요하게 보아야 하는 대상은 우라늄 원광, 원자로의 연료봉을 재처리하여 획득하는 플루토늄, 우라늄 원광으로부터 중간 공정을 거쳐 획득하는 고농축우라늄, 수소폭탄에 사용되는 중수소, 삼중수소, 리튬(Li-6) 등이 있다.

북한은 천연 우라늄 원광을 풍부하게 보유하고 있다. 북한의 우라늄 광산은 황해북도 평산, 평양남도 순천 등에 위치하고 있다. 북한의 우라늄 매장량 관련하여 신성택은 2001년 ‘북한 핵개발의 현황과 아국의 대응방향’이란 연구에서 “북한은 홍남, 평산, 응기 등에 2,600만 톤에 달하는 양질의 우라늄이 매장된 것으로 알려지고 있으며 가채량은 400만 톤에 이르는 것으로 추정된다”고 하였다. 박재완도 동일한 주장을 하고 있다.<sup>161)</sup> 2004년 미국 과학자연맹(FAS: Federation of American Scientists)도 “북한의 가채 우라늄 매장량이 약 400만 톤에 달한다”고 추정하였다.<sup>162)</sup> 북한의 주장도 우라늄 가채 매장량은 원광 기준으로 약 400만 톤이다.

전 세계의 총 우라늄 가채매장량은 우라늄 함량 기준으로 약 500만 톤으로 알려져 있어 종종 원광 기준의 매장량과 단순 비교되어 북한을 세계 최대의 우라늄 매장 국가로 과대평가하고 있다. 그러나 일부 전문가들은 북한이 보유하고 있는 우라늄의 함량 기준만으로 볼 때 약 20~30만 톤 정도라고 추정하고 있기도 하다.<sup>163)</sup>

북한의 우라늄 원광의 상대 즉, 원광의 품위에 대해 공개된 정보가 없기 때문에 우라늄 함량 기준의 가채 매장량을 정확하게 판단하는 것은 제한된다. 우라늄 품위는 원

160) 우라늄 235, 우라늄 238의 차이는 중성자 수의 차이가 있다. 우라늄 235의 235는 질량수이고 이는 양성자 92개에 중성자가 143개 이고 우라늄 238의 238는 질량수이고 이는 양성자 92개에 중성자가 146개이다. 즉, 질량수는 양성자수와 중성자수를 더한 것이다. <http://www.kaif.or.kr>.(검색일: 2019. 12. 13.).

161) 박재완, 앞의 논문(2016), p. 65.

162) 『New York Times』, 2004년 5월 23일.

163) Hui Zhang, "Assessing North Korea's uranium enrichment capabilities," 2009.

광에 우라늄 함량에 따라 극저 품위, 저 품위, 평균 품위, 고 품위 등 4가지로 구분한다.<sup>164)</sup> 북한의 주장대로 우라늄 원광이 고품위라고 가정해도 8만 톤 정도이고, 전문가들이 추정하는 고품위 가채매장량은 약 5천 톤 정도이다. 북한은 2004년도 북한연감에 우라늄 원광의 평균품위를 4,000ppm 이라고 공개한 바 있다. 북한의 우라늄 함량 기준 가채매장량(추정)은 아래 <표 4-6> 와 같다.

<표 4-6> 북한의 우라늄 함량 기준 가채매장량(추정)

구 분	우라늄 품위(단위: 톤)			
	극저 품위	저 품위	평균 품위	고 품위
북한 주장 가채 매장량: 400만 톤	1,600	4,000	16,000	80,000
전문가 주장 가채 매장량: 25만 톤	100	250	1,000	5,000

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「2018 북핵 총서」, 2018, p. 39 에서 재인용.

북한은 핵물질의 양에 대해 외부에 공개한 것은 두 차례 있다. 첫 번째는 1992년에 IAEA에 제출한 최초보고서에서 영변의 5MWe 원자로의 86개의 파손된 사용 후 핵연료봉과 172개의 신연료봉을 재처리하여 90g의 플루토늄을 추출하였다고 신고하였다.<sup>165)</sup> 두 번째는 6자회담 10·3 합의사항의 후속조치로 2008년에 6자회담 의장국인 중국에 제출한 핵 신고서를 통해서였다. 이 핵 신고서에 플루토늄을 추출하고 사용하고 남은 보유량이 37kg이라고 적시하였다.<sup>166)</sup>

북한은 2006년 1차 핵실험 시 플루토늄 사용량이 2kg 정도라고 했으나 전문가들은 약 3~4kg 정도 사용했을 것이라고 추정하고 있다. 따라서 2008년 까지 3차례 5MWe 원자로를 가동하고 재처리하여 추출한 플루토늄의 양을 약 40kg 정도라고 추산하고 있다.<sup>167)</sup>

북한은 6자회담 파기에 따른 비핵화 조치를 원상 복귀하겠다고 선언하고 2009년에

164) 원광에 우라늄 함량이 400ppm(parts per million: 어떤 양이 100만분의 몇을 차지하는가를 나타낼 때 사용하는 단위) 정도는 극저 품위, 1,000ppm 정도는 저 품위, 3,000~5,000ppm 정도는 평균 품위, 20,000ppm 정도는 고품위로 각각 구분하고 있다.

165) 한국원자력통제기술원, 『북핵 인프라 관리 핸드북』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2015, p. 28.

166) 박동형, 앞의 논문(2010), p. 127.

167) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), p. 39.

5MWe 원자로의 폐연료봉을 4번째 재처리를 하였다. 2013년도부터 2015년까지 5MWe 원자로를 5번째 가동하고 2016년에 재처리를 하였고, 2016년도부터 6번째 5MWe 원자로에 새로운 핵연료를 장전하여 가동 중인 것으로 추정된다.<sup>168)</sup> 2008년 이후 추가적으로 2회의 재처리를 하여 약 20kg 정도의 플루토늄을 추가적으로 확보한 것으로 추정하고 있다. 북한의 플루토늄 추정 생산량은 아래 <표 4-7>와 같다.

<표 4-7> 북한의 플루토늄 생산량(추정)

운전 주기	가동기간	재처리 시기	플루토늄 생산량(kg)
1	1986년~1989년	1990년 초	27~28
2	1989년~1994년	2003년	
3	2003년~2005년	2005년	14~19
4	2005년~2007년	2009년	8~16
5	2013년~2015년	2016년	10 내외
6	2016년~현재	미 실시(추정)	-
총 계			60

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『2018 북핵 총서』, 2018, p. 40 에서 재인용.

북한은 2006년 1차 핵실험을 시작으로 총 6차례의 핵실험을 하였다. 2010년도에 농축우라늄 시설을 공개한 이후에는 3차 핵실험부터 4차례의 핵실험을 하였다. 1, 2차 핵실험은 플루토늄을 사용하였다고 추정하고 있으나 3차 핵실험부터 핵물질을 플루토늄을 사용했는지 농축우라늄을 사용했는지는 불분명하다. 1회 핵실험 시 플루토늄 약 3~4kg 정도가 사용됨으로 6회의 핵실험 시 모두 플루토늄을 사용하였다고 가정하면 최대 18~24kg 정도의 플루토늄이 사용되었을 것이다. 따라서 2018년 현재 북한의 플루토늄 보유량은 약 40kg 내외일 것으로 예상하고 있다.<sup>169)</sup> 2018 국방백서에서는 북한은 수차례의 폐연료봉 재처리 과정을 통해 핵무기를 생산할 수 있는 플루토늄을 50여 kg 보유하고 있다고 추정하고 있다.<sup>170)</sup>

북한의 고농축우라늄 보유량을 추정하는 것은 플루토늄보다 훨씬 어렵다. 플루토늄의 경우에는 영변의 5MWe 원자로와 재처리시설 등의 위치, 설비시설, 생산능력 등이

168) 38노스(Pabian. et. al., 2018)와 ISIS(David Albright et. al., 2018)는 2018년에 5MWe 원자로의 가동을 중단하고 재처리를 했을 가능성을 제시하기도 하였다.

169) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), p. 40.

170) 국방부, 『2018 국방 백서』, 서울: 국방부, 2018, p. 25.

분명하고 가동 여부도 온배수 유출, 가동 공장의 증기 배출 위성사진과 대기 중의 핵물질 분석 등 다양한 감시수단으로 확인할 수 있기 때문에 어느 정도 파악이 가능하나 농축우라늄의 경우에는 대부분 가정에 근거하여 추정하고 있기 때문에 오차가 클 수밖에 없다.

2010년 당시 영변 우라늄농축 시설은 무기급인 농축도 90%의 고농축우라늄을 연간 40kg 생산할 수 있다고 판단되었고 이는 소형핵무기 약 2개를 생산할 수 있는 양이었다. 그러나 영변 우라늄농축 시설이 2013년 약 2배로 확장되었고, 추가적으로 영변 지역 외에 농축우라늄 시설이 존재할 가능성이 높아 연간 생산할 수 있는 농축우라늄의 양은 더욱 증가할 것으로 판단된다.

북한이 2013년 6월 조선중앙TV를 통하여 김정은 국무위원장이 강계 공장을 시찰하였을 때 유동성형기기(Flow Forming Machine)가 공개되었는데 이 기기는 농축우라늄에 사용되는 연간 1,000개 정도의 원심분리기를 생산할 수 있는 것으로 추산하고 있다.<sup>171)</sup> 6자회담이 결렬되고 2008년도부터 2018년까지 약 10년간 매년 1,000개의 원심분리기를 대량생산하였다면 원심분리기 수량은 약 10,000개 이상으로 추산할 수 있다. 이러한 가정을 하면 연간 최대 200kg 정도의 90% 고농축우라늄을 생산할 수 있고, 최대 누적된 농축우라늄 생산량은 약 980kg 정도로 추산할 수 있다.

이러한 농축우라늄 생산 및 보유량 추정에 불확실성이 존재한다. 가장 불확실성이 큰 이유는 영변외의 농축우라늄 시설이 어느 정도의 농축우라늄 생산 능력을 보유하고 있는 지에 대한 정확한 정보가 없기 때문이다. 또한 예상보다 농축우라늄 생산 및 보유량이 적을 가능성이 있는 이유는 원심분리기 자재의 각국 수출입 통제로 원심분리기 한해 최대 생산량이 1,000여개 보다는 적을 수 있다는 것이고, 좋지 않은 북한의 경제사정과 농축 시설을 운용해 본 기간도 짧아 농축우라늄 공장의 가동률도 100%가 되지 못할 것이라는 가정 때문이다. 반면에 예상보다 농축우라늄이 많을 가능성이 있는 사유는 북한이 원심분리기의 형태를 마레이징강 회전자를 기반으로 하는 P2형 형태에서 보다 개선된 형태로 제작하였다면 농축우라늄의 생산량을 증가시켰을 가능성도 있기 때문이다.<sup>172)</sup> 따라서 2018년 말 북한의 고농축우라늄 보유량은 수백 kg 정도로 예상하

171) 농축시설의 원심분리기 핵심 부품인 회전자(rotor) 생산에 필수적인 기기로 북한 자체 생산이 불가능하고 수출통제 품목이다.

172) 원심분리기 지름이 P1형(파키스탄 구형)은 100mm이고, P2형(파키스탄 신형)은 150mm이며 회전자(rotor)가 P1형은 알루미늄이고, P2형은 마레이징강(합금)을 사용한다. 김동수·안진수·이동훈·전은주, 『2013년 북한 핵프로그램 및 능력 평가』, KINU 연구총서 13-11, 서울: 통일연구원, 2013, p. 35.

고 있다.<sup>173)</sup> 한편 2018 국방백서에서는 고농축우라늄(HEU)을 상당량 보유한 것으로 평가하고 있다.<sup>174)</sup>

수소폭탄이나 증폭핵분열탄을 만들기 위해서 꼭 필요한 물질이 중수소, 삼중수소, 리튬(Li-6)이다. 먼저 중수소를 얻기 위해서는 중수(heavy water)가 필요하다.<sup>175)</sup> 북한은 암모니아 합성공장(비료공장)과 대규모 전기분해공장(가성소다와 염소 생산) 등에서 비교적 쉽게 중수를 생산하고 있을 가능성이 높다. 삼중수소 생산에 관해서 지그프리트 헤커(Siegfried S. Hecker) 박사는 2017년 6월 27일 개최된 제14차 코리아포럼-북핵 문제 국제학술회의에서 ‘북한은 원자로나 리튬(Li-6) 중 하나를 이용해 삼중수소를 생산하였다’고 발표하였다. 2008년 이후에 북한이 IRT-2000 연구용 원자로 부근에 몇 개의 건물을 신축한 것으로 위성영상에서 확인이 되었는데 이중 일부가 IRT-2000 또는 5MWe 원자로에서 생산한 삼중수소를 분리 및 정제하는 시설일 가능성이 높다고 보고 있다. 마지막으로 리튬(Li-6) 농축시설이 필요하다. 북한은 대량의 리튬 매장량을 보유하고 있다. 함경북도 수성과 강원도 노탄리 등이 대표적인 리튬 매장지로 알려져 있다. 북한은 제2차 과학기술발전 5개년 계획(2003년~2007년)중 국가과학원 연구과제에 ‘리튬(Li-6)을 천연 리튬에서 분리하는 연구’ 등을 포함하여 연구를 진행한 바 있다. 리튬(Li-6)은 핵무기에서 수소화리튬의 형태로 사용되며 스스로 필수적인 핵융합연료로 사용될 수도 있다. 수소화리튬은 핵무기에서 중성자 차폐제로 사용이 되기도 한다. 또한 핵융합 연료의 효율성을 높이기 위해서 리튬(Li-6)을 농축하여 사용한다. 리튬의 농축 시설은 여러 종류가 있지만 통상 아말감이라는 금속 수은에서 금속 리튬 용액과 리튬 수산화 용액 사이에 리튬의 교환에 의해 농축이 이루어진다.

북한의 플루토늄과 농축우라늄, 수소폭탄 제조에 사용되는 물질에 대한 검증 측면에서 문제점을 분석해 보면 다음과 같다. 첫째로 정확한 플루토늄 보유량 추정이 제한된다. 플루토늄 생산량은 원자로의 특성과 열출력과 가동률에 따라 다를 수 있다. 북한이 가동 가능한 원자로는 5MWe 원자로와 IRT-2000 연구로가 있다. 5MWe 원자로는 열출력이 20~25MWt로 가동률을 최대 70%에서 최소 30%로 가정할 시 연간 최대 6.4kg에서 최소 2.2kg의 플루토늄을 생산할 수 있고, IRT-2000 연구로는 열출력이 2~8MWt로 가동률을 최대 30%에서 최소 10%로 가정할 시 연간 최대 0.3kg에서 최소 0.1kg의 플루토늄을 생산할 수 있다.<sup>176)</sup> 북한의 플루토늄 생산량은 원자로 가동, 재처

173) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), pp. 41-43.

174) 국방부, 앞의 책(2018), p. 25.

175) 중수(D<sub>2</sub>O)는 보통의 물(H<sub>2</sub>O)보다 분자량이 큰 물을 말한다.



리시설 가동 등의 징후로 판단이 가능하다. 북한의 5MWe 원자로는 1986년 가동되어 노후화가 진행되고 있고, IRT-2000 연구로는 생산량이 미미하여 향후 지속적인 플루토늄 생산에는 제한사항이 있을 수 있다.

둘째로 무기화 가능한 농축우라늄의 정확한 생산 능력과 보유량을 추정하기가 더욱 제한된다는 사실이다. 영변 농축우라늄 시설의 농축 능력 근거가 북한의 주장과 위성 영상을 토대로 한 추정치이기 때문이다. 북한은 영변 외에 제2, 제3의 시설에서 비밀리에 농축우라늄을 생산하고 있을 가능성이 매우 높다. 영변의 농축우라늄 시설이 제대로 가동될 경우 연간 40~80kg의 무기급 농축우라늄을 생산할 수 있으며 제2, 제3의 비밀 농축우라늄 시설도 영변에 상응하는 수준을 유지하고 있을 것으로 예상된다. 북한이 자체적으로 원심분리기 생산이 가능하고 시간이 갈수록 무기급 농축우라늄의 생산 및 보관량도 증대할 것으로 전망된다.

셋째로 수소폭탄 제조에 필요한 물질 중 생산 공정이 비교적 어려운 삼중수소 획득에 관한 정보가 부족하다. 북한이 삼중수소를 획득 가능하다고 보는 경로는 2가지이다. 원자료를 이용하는 방법과 동위원소 리튬(Li-6)을 이용해 생산하는 방법이다. 북한은 주로 5MWe 원자로에서는 연간 최대 25g, IRT-2000 연구용 원자로에서는 연간 최대 3g 정도의 삼중수소를 생산할 수 있다고 추정하고 있을 뿐이다.<sup>177)</sup>

결론적으로 향후 북한에 대한 핵물질 검증 중점은 플루토늄 획득 체계, 농축우라늄 획득 체계, 수소폭탄을 제작하는 데에 필요한 중수소, 삼중수소, 리튬(Li-6) 획득 체계에 대해 두어야 한다. 북한의 핵물질 검증 대상에 대해 아래 <표 4-8>에 제시하였다.

<표 4-8> 북한의 핵물질 검증 대상

구분	예상보유량(kg)	장소	비고
플루토늄	40~50	영변	5MWe 원자로, 재처리시설
농축우라늄	수백~980	영변, 제2, 3의 장소	
중수소, 삼중수소, 리튬(Li-6)	미상	영변, 미상	미확인

\* 출처 : 필자가 종합 정리한 내용임.

176) 한국원자력통제기술원, 『북한 및 이란 핵문제 현안 분석 총서』 Vol. 3: 북한의 재처리/농축 현황 및 특성, 대전: 한국원자력통제기술원, 2019(A), pp. 18-20.

177) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), p. 6, pp. 20-21.

## 2. 핵무기

핵무기(nuclear weapon)는 원자핵의 분열반응 또는 융합반응으로 발생하는 방대한 에너지를 살상 및 파괴효과에 이용하는 무기를 총칭한다.

핵무기는 사용 목적, 폭발 위력, 투발 수단 등에 따라 전략핵무기와 전술핵무기로 구분할 수 있다. 전략핵무기는 전쟁 목적과 전략 목표를 달성하기 위해 사용되며 메가 톤급 위력을 갖고 있으며 전략핵폭격기, SLBM, ICBM의 3축체계(nuclear triad)에 의해 투발된다. 전술핵무기는 주로 전술적인 목적을 달성하기 위해 사용되며 폭발 위력은 15kt의 표준탄급 또는 그 이하이며 투발수단으로 항공기, 미사일, 야포 등이 사용된다.<sup>178)</sup>

또한 핵무기는 기술적으로 원자폭탄(atomic bomb), 증폭핵분열탄(boosted fission bomb), 수소폭탄(hydrogen bomb), 코발트탄, 중성자탄 등으로 구분한다. 핵무기의 기술적 분류는 <표 4-9>과 같다.

<표 4-9> 핵무기의 기술적 분류

구 분	특 징
원자폭탄	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플루토늄탄 : 핵물질로 플루토늄(Pu-239)를 사용</li> <li>• 우라늄탄 : 핵물질로 고농축우라늄(U-235)를 사용</li> </ul>
증폭핵분열탄	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵분열 폭탄의 핵분열 물질 중심부에 소량(수십~수백 g)의 핵융합 물질(중수소와 삼중수소 또는 중수소와 리튬(Li-6))을 채워 핵분열반응으로 인한 고온으로 핵융합 반응 유도</li> <li>• 핵융합 반응으로 생성된 다량의 고에너지 중성자가 주위의 핵분열 물질과 반응하여 핵분열탄 위력의 2~5배의 폭발력을 가짐</li> </ul>
수소폭탄	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기폭형 원폭(1차 폭탄)에서 핵분열 시 발생된 X선이 방사 내폭(Radiation implosion)이라는 과정을 통해 핵융합 연료 패키지(2차 폭탄)를 압축시키면 2차 폭탄의 중앙에 있는 핵분열 물질이 폭발하여 생기는 고온(5천만~1억 ℃)을 이용해 핵융합 반응 유도</li> </ul>
코발트탄	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 코발트-59가 중성자를 흡수하여 코발트-60이 되고, 다시 안정된 핵종 니켈 60으로 붕괴되면서 방사선을 방출하는 탄</li> <li>• 코발트탄의 반감기가 5.27년으로 장시간 방사능 피폭 야기</li> </ul>
중성자탄	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 수소폭탄 자폭용으로 사용되는 원자폭탄 대신 고폭탄두를 사용하고 핵물질을 제거한 형태의 탄</li> <li>• 투과성이 높은 중성자를 통해 시설 내부의 인원살상에 효과적임</li> </ul>

\* 출처 : 신인균, 「북한 핵개발의 성격 규명과 군사적 대응의 적실성」, 경기대학교 박사 학위 논문, 2014, p. 177 참조하여 제작성.

178) 박재완, 앞의 논문(2016), pp. 53-54.

핵무기는 핵반응의 방식에 따라 핵분열무기와 핵융합무기로 구분하기도 한다. 원자 폭탄은 핵분열무기로 증폭핵분열탄과 수소폭탄은 핵융합무기로 각각 구분할 수 있다.<sup>179)</sup> 핵분열무기는 핵폭발 구동장치에 따라 포신형(gun type)과 내폭형(implosion type)으로 각각 구분한다. 1945년 일본 히로시마에 투하된 핵무기는 포신형 이었으며 나카사키에 투하된 핵무기가 내폭형 이었다. 핵융합무기는 중수소(deuterium)와 삼중수소(tritium)가 융합 반응을 하여 헬륨과 중성자를 생성하면서 막대한 에너지를 발생시킨다. 증폭핵분열탄과 수소폭탄의 차이는 중수소와 삼중수소 또는 중수소와 리튬(Li-6) 사이의 핵융합 반응에서 발생하는 중성자만을 이용하는 것이 증폭핵분열탄이고 핵물질의 융합 반응으로 생성되는 대량의 에너지를 이용하는 것이 수소폭탄이다.

핵무기 제조 기술은 일반적으로 세 가지로 구분할 수 있다. 첫째는 핵무기 설계 기술이고, 두 번째는 핵무기 부품 제조 기술이며 세 번째는 안전·장전·신관·점화(SAFF: Safing Arming Fusing Firing) 체계 기술이다.<sup>180)</sup>

첫 번째, 핵무기 설계 기술이다. 고폭장약 및 추진체의 특성과 설계, 중성자원(neutron source) 설계, 적절한 시간에 연쇄반응을 유도하는 설계, 핵분열 무기와 핵융합 무기의 설계, 고폭장약 점화를 위한 기폭장치 설계, 전기 신호를 동시에 발생시키는 점화장치 설계 기술 등이 필요하다.

두 번째, 핵무기 부품 제조 기술이다. 핵물질 이외에도 수천 종류의 많은 비핵 부품을 제조하는 기술이다. 즉, 핵무기를 통합적으로 조립하는데 필요한 장비, 핵무기 외형을 가공하는 금속 가공장비, 원심분리기를 가공하는 기계, 티타늄·니켈·알루미늄 등의 금속을 얇게 가공하는 성형 장비, 플루토늄과 농축우라늄의 가공에 필요한 초고온 히터, 방사성 물질을 안전하게 취급할 수 있는 로봇 공정, 기타 고열 프레스, 원심 모터, 고속 엑스레이 카메라 시스템 기술 등이 필요하다. 핵부품을 생산하는 공정은 매우 정확하고 정밀한 크기와 중량, 측정값을 요구하므로 자동화 체계에서 작동되는 가공 및 조립 공정에서 대부분이 이루어진다.

세 번째, 안전·장전·신관·점화(SAFF) 체계 기술이다. 핵무기는 안전하게 저장되고 필요시에는 저장 장소로부터 의도하는 장소로 이송되어 요망하는 시간과 장소에서 정확히 폭발해야 한다. 세부적으로 살펴보면 안전(safing) 기술은 핵탄두가 어떠한 환경의 조건하에서도 핵폭발 없이 안전하게 저장 및 관리되도록 하는 기술이다. 장전(arming) 기술은 핵무기를 원하는 시간과 장소에서 폭발시킬 수 있도록 사용가능한 동

179) 권태영·노훈·박휘락·문장렬, 『북한 핵·미사일 위협과 대응』, 경기 성남: 북코리아, 2014, p. 60.

180) 함형필, 앞의 논문(2006), pp. 250-258.

작 상태에 위치시켜 두는 기술이다. 신관(fusing) 기술은 핵무기 기폭을 위한 조건을 탐지하여 핵무기의 위력을 최대한 발휘하도록 해주며 고폭 장약의 기폭을 시작으로 점화 장치에 신호를 제공해 주는 기술이다. 점화(firing) 기술은 핵 기폭장치로 전기 또는 열에너지를 정확한 타이밍에 전달함으로써 기폭이 일어나도록 하는 기술이다.

북한의 핵무기 위협과 이로 인한 검증 측면에서 분석을 해보면 다음과 같다. 첫째로 북한이 보유하고 있는 핵무기의 종류에 관한 정보 부족이다. 북한의 코발트탄이나 중성자탄에 대한 개발 정보는 없다. 북한이 6회의 핵실험을 통해 원자폭탄, 증폭핵분열탄까지는 개발 및 보유하고 수소폭탄은 기술적 완성도를 높이고 있는 단계로 보고 있다. 북한이 2016년 1월 6일 4차 핵실험에서 증폭핵분열 기술을 적용한 것으로 보이며 2017년 9월 3일 6차 핵실험에서 수소폭탄 시험을 성공적으로 실시했다고 자평은 하였으나 북한의 수소폭탄 개발 성공 여부에는 여전히 회의적인 평가들이 지배적이다.<sup>181)</sup>

둘째로 북한의 수소폭탄 개발 및 보유에 관한 정보도 매우 제한적이다. 북한은 6차 핵실험 당일인 2017년 9월 3일에 장구 모양의 수소폭탄 모형을 공개한 바 있다. 유사한 형태를 갖고 있는 미국이 실전 배치한 수소폭탄(W-88) 설계를 토대로 북한이 공개한 수소폭탄 모형을 분석해 보면 증폭 가스 용기(canister), 1차 폭탄(1단계), 2차 폭탄(2단계)으로 구성되어 있는 것으로 보인다. 증폭에 사용되는 핵융합 가스용기(중수소 및 삼중수소 기체혼합물)에는 삼중수소의 반감기가 12.3년으로 짧아 매년 5.5%가 자연 붕괴되므로 주기적으로 보충을 해야 하는 구조로 보인다. 또한 북한은 수소폭탄에 필요한 중수소, 삼중수소, 리튬(Li-6)을 생산할 수 있는 기반을 구축하고 있는 것으로 평가되고 있다. 중수소는 바닷물을 전기분해하여 비교적 쉽게 획득할 수 있다. 삼중수소는 원자로에 리튬 타겟을 조사(照射)하여 생산이 가능하다. 영변의 5MWe 원자로와 IRT-2000 연구로에서 연간 최대 약 20~30g의 삼중수소를 생산할 수 있을 것으로 추정되고 있다.<sup>182)</sup>

셋째로 북한이 보유하고 핵무기의 수량 및 저장시설에 관한 정보는 매우 불확실하다. 북한의 핵무기 기술적 수준에 따라 핵무기 제조 기술 수준이 높으면 적은 핵물질(플루토늄, 농축우라늄)로 핵무기를 제조할 수 있을 것이다. 북한의 핵무기 제조 기술 수준에 대해 정확히 알려진 것이 없기 때문에 추정할 수밖에 없다. 2017년 말에 지그 프리드 헤커 박사는 북한이 한해 6~7개의 핵무기를 생산할 능력이 있으며 총 25~30개의 핵무기를 보유하고 있을 것으로 예상하였다.<sup>183)</sup> 2018년 데이비드 올브라이트

181) 김진무, “북한의 6차 핵실험과 핵개발 전망,” 『세종논평』 2017-34, 2017, p. 88.

182) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), p. 6, pp. 11-12.

(David Albright) 박사는 북한이 2개의 농축우라늄 시설을 가동할 경우에 평균 47개(가능성은 26~80개)이고 핵물질의 손실분을 고려하면 평균 33개(가능성은 18~57개)로 예상하였다.<sup>184)</sup> 2018년 김진무는 북한이 재처리한 플루토늄으로 최대 20개, 농축우라늄으로 약 40~50개 제조할 수 있는 능력을 구비하고 있는 것으로 평가하고 있다.<sup>185)</sup> 미국 정보기관들은 북한이 약 60개 내외의 핵무기를 보유하고 있는 것으로 추정하고 있다.<sup>186)</sup> 스웨덴 스톡홀름국제평화연구소(SIPRI)의 새년 카일 핵무장·군축·비확산 프로그램 본부장은 ‘2019년 6월 발간한 세계군사연감에는 북한이 20~30개의 핵탄두를 보유할 것으로 추산하였는데 차기 세계군사연감에는 10개 정도 증가한 30~40개의 핵무기를 보유한 것으로 반영할 것’이라고 언급하기도 하였다.<sup>187)</sup> 여러 북한 안보전문가와 관련기관들의 예측을 종합해 보면 2019년 말 북한은 최소 18개에서 최대 80여개의 핵무기를 보유하고 있는 것으로 추정할 수 있다. 이러한 추정도 20kt 핵무기를 제작하는 데에 통상 플루토늄은 3~4kg, 고농축우라늄은 13~20kg 정도 소요되는 것으로 판단하고 있으나 핵무기 제조 기술 수준에 따라 소요되는 핵물질의 양도 달라질 수 있기 때문에 정확한 핵무기의 수량을 예측하는 것은 더욱 어렵다고 볼 수 있다.

향후 핵무기에 대한 검증 중점은 아래와 같다. 첫째, 핵무기의 연구 개발 기술 수준에 대한 검증이 필요하다. 즉, 핵무기 설계 기술과 핵무기 부품 제조 기술, 안전·장전·신관·점화(SAFF: Safing Arming Fusing Firing) 체계 기술에 대한 확인이 필요하다. 이를 통해 북한의 핵무기 능력 수준을 전체적으로 평가하고 정보를 획득하는 데에 큰 도움이 될 것이다.

둘째, 핵무기의 종류 및 수량을 검증하는 것이 무엇보다 중요하다. 북한이 원자폭탄은 물론 증폭핵분열탄 수준을 넘어 수소폭탄까지 개발하여 보유하고 있는지를 확인하고, 실제 운용할 수 있는 핵무기를 어느 장소에 어느 수량을 저장하고 있는지를 확인하는 것이 매우 중요할 것이다. 북한은 30년 넘게 이 분야에 대해 철저히 비밀로 하고 외부에 공개한 적이 없다.

183) Siegfried S. Hecter, "What We Really Know About North Korea's Nuclear Weapons and What We Don't Yet Know for Sure," *Foreign Affairs*, 2017.

184) David Albright, "On the Question of Another North Korean Centrifuge Plan and the Suspect Kangsong Plant," *Institute for Science and International Security*, 2018, pp. 19-21.

185) 김진무, "북한의 핵능력 평가와 비핵화 협상 전망," 『세종정책총서』 2018-10, 2018(B), p. 88.

186) 홍우택·박창권, 『북한의 핵전략 분석』, KINU 연구총서 18-14, 서울: 세일포커스, 2018, p. 67.

187) 「북 핵탄두 10개 늘어 30~40개...비핵화 명확한 정의부터 해야」, 『동아일보』, 2019년 9월 16일.

### 3. 핵시설

북한이 2018년 12월까지 외부에 공개한 핵관련시설은 아래 <표 4-10>과 같다. 북한은 1992년에 IAEA와 안전조치협정에 따라 IAEA에 신고하였거나 북·미 제네바 합의에 따라 추진할 경수로 건설을 위해 외부 인원의 상주 허용과 미국의 헤커 박사 방북, 풍계리 핵실험장 폭파 현장 등을 외신기자 들에게 각각 공개하였다.

<표 4-10> 신고 및 공개된 북한 핵시설

순번	시설명	위치	비고
1	연구용 원자로(IRT-2000)	평북 영변	IAEA에 신고한 시설(1992년)
2	입계시설	평북 영변	
3(★)	5MWe 원자로	평북 영변	
4(★)	방사화학실험실(재처리시설)	평북 영변	
5(★)	핵연료봉 제조 시설	평북 영변	
6	핵연료 저장 시설	평북 영변	
7	준입계시설	평양	
8(★)	50MWe 원자력발전소	평북 영변	
9(★)	200MWe 원자력발전소	평북 태천	
10	우라늄 정련공장	황북 평산	
11	우라늄 정련공장	황북 박천	
12	우라늄 광산	황북 평산	
13	우라늄 광산	평남 순천	
14	우라늄농축 시설	평북 영변	
15	100MWe 실험용경수로	평북 영변	
16	1,000MWe 경수로	함남 신포	북·미 제네바 합의에 따라 착공(1997년)
17	핵실험장	함북 길주	외신기자 초청, 갯도 입구 및 부속건물 폭파(2018년)

(★) : 1994년 북·미 제네바 합의에 의거 동결된 핵시설<sup>188)</sup>

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「2018 북핵 총서」, 2018, p. 57 내용을 필자가 재정리.

188) 한용섭, 앞의 책(2015), p. 405.

영변 핵시설 단지는 북한의 평안북도 남쪽에 위치하고 있으며 891만㎡ 부지에 약 400여 개의 건물들이 있고 구룡강이 흐르고 있다. 북에서 남으로 연구용 원자로 및 연구시설 구역, 원자로 시설 구역, 방사화학실험실 구역, 핵연료 가공시설 구역 등으로 배치되어 있고 중심부의 북동쪽에는 지원시설이 위치해 있다. 영변 핵연구소를 중심으로 한 북한의 플루토늄 프로그램과 관련된 시설은 대부분 외부에 알려져 있다. 북한의 이용호 외무상과 최선희 외무부 부상은 2019년 제2차 북·미정상회담 결렬 후 3월 1일 새벽 1시에 하노이 멜리아 호텔에서 긴급 기자회견을 하면서 ‘영변 핵 단지 전체 안에 있는 모든 플루토늄 시설, 모든 우라늄 시설을 포함한 모든 핵시설을 통째로 미국 전문가들의 입회하에 영구적으로 폐기하겠다는 역사적으로 한 번도 제안하지 않았던 제안을 이번에 처음으로 했다’고 강조하였다. 이것은 영변의 핵관련 시설들은 대부분 공개되어 있어 협상 테이블에 올려도 북한 입장에서는 큰 영향이 없다는 사실을 말해 주고 있다. 영변은 기본적인 검증의 대상이며 영변 이외의 핵관련 시설에 대해 주목을 해야 하며 검증의 대상에 포함이 되어야 하는 이유이기도 하다.

북한은 2006년 1차 핵실험을 한 이후 2017년까지 총 6회의 핵실험을 강행하였다. 국내·외 전문기관의 북한 핵실험 지진탐지 결과는 아래 <표 4-11>과 같다.

<표 4-11> 국내·외 전문기관의 북한 핵실험 지진탐지 결과

[단위: mb]

기 관	1차 (2006.10.9.)	2차 (2009.5.25.)	3차 (2013.2.12.)	4차 (2016.1.6.)	5차 (2016.9.9.)	6차 (2017.9.3.)	거리 보정방식
한국기상청 (KMA)	3.9	4.5	4.9	4.8	5.0	5.7 <sup>189)</sup>	Veith/ Clawson 방식 (핵실험에 특화)
포괄적핵실험 금지조약기구 (CTBTO)	4.1	4.5	4.9	4.8	5.0	6.1	
미국 지질조사국 (USGS)	4.3	4.7	5.1	5.1	5.3	6.3	Gutenbera/ Richer 방식 (자연지진)
독일 지질연구소 (BGR)	4.2	4.8	5.2	5.1	5.3	6.3	
중국과학원 (IGCAS)	3.9	4.5	4.9	4.7	4.8	5.6	-

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「2018 북핵 총서」, 2018, p. 57 에서 재인용.

지진과 탐지를 통한 지진 규모는 측정기관에 따라 차이를 보이고 있다. 이는 지진관 측소의 위치와 개수, 진앙과 지진관측소의 거리가 각기 다르고 분석 모델이나 방법이

189) 한국지질자원연구원은 6차 핵실험 규모를 6.1mb로 측정하였다.

국가와 측정기관마다 다소 차이가 있기 때문이다.

지진과 규모를 근거로 핵실험 위력환산도 측정기관에 따라 다소 차이가 있을 수 있다. 아래 <표 4-12>는 한국기상청(KMA: Korean Meteorological Administration) 에서 발표한 북한의 핵실험 지진규모 판단에 따른 핵 위력 판단이다.

<표 4-12> 북한의 핵실험 위력 판단

기 관	1차	2차	3차	4차	5차	6차
지진규모 (mb)	3.9	4.5	4.9	4.8	5.0	5.7
위력 (kt)	약 0.8	약 3~4	약 6~7	약 6	약 10	약 50

\* 출처 : 대한민국 국방부, 「2018 국방 백서」, 2018, p. 228 에서 재인용.

북한의 1차 핵실험은 2006년 10월 9일 오전 10시 30분경 함경북도 길주군 풍계리에 서 실시되었다. 무기위력이 약 0.8kt 으로 판단되었다. 북한은 최초의 지하 핵실험이었고 우방국인 중국의 반대에도 불구하고 강행하여 위력을 일부러 약하게 하였다고 볼 수도 있다. 6자회담에서 북한이 제출한 신고서에서 알 수 있듯이 플루토늄을 이용한 핵분열 방식이었으며 핵탄두가 아닌 핵장치(nuclear device)로 추정해 볼 수 있다.

북한의 2차 핵실험은 2009년 5월 25일 감행되었고 무기위력은 약 3~4kt 으로 1차에 비해 향상되었다. 플루토늄 사용량을 조금 더 증가시켰거나 설계의 변경 및 보완이 이루어졌을 수 있고, 플루토늄에 기반한 핵분열 방식의 핵실험이었다고 보고 있다.

북한의 3차 핵실험은 2013년 2월 12일 감행되었고 무기위력은 6~7kt 으로 향상되었다. 북한은 2010년에 농축우라늄시설을 공개한 바가 있어 플루토늄 기반의 핵능력을 확보한 후 우라늄 핵물질의 사용 가능성이 높아 보인다. 무기위력으로 보아 핵장치가 아닌 핵탄두의 형태로 소형화 핵실험을 했을 가능성이 있다.

북한의 4차 핵실험은 2016년 1월 6일 감행되었고 무기위력은 6kt 정도로 평가되었다. 3차 핵실험에 비해 위력이 다소 낮았다. 북한은 ‘시험용 수소탄’이라고 처음으로 표현하였다. 3차 핵실험 후 약 3년이 지난 뒤에 한 핵실험으로는 위력이 낮아 수소탄이라고 판단하기에는 유보적이다. 실패의 가능성도 있고 핵분열 방식에서 핵융합 전단계인 증폭핵분열탄 방식의 새로운 시도를 하면서 일부러 위력을 약하게 의도했을 수도 있다고 추정된다. 즉 4차 핵실험은 북한이 핵·미사일 고도화 과정에서 수소탄 개발을 최종 목표로 핵융합 관련 초기 기술을 확인하기 위한 실험 단계로 평가할 수 있다.<sup>190)</sup>



북한의 5차 핵실험은 2016년 9월 9일 시도되었고 무기위력은 10kt 정도로 평가되었다. 5차 핵실험의 특징은 핵폭발 위력이 향상되었고, 핵탄두 제조 공정 단계의 진전이 이루어졌다고 평가된다. 5차 핵실험 이전에 원형의 핵탄두 모형을 공개하였는데 이를 사용한 핵탄두 형태의 핵실험을 하였다고 추정된다. 핵탄두와 핵장치의 차이는 미사일에 탑재할 정도의 소형화에 성공하였는지를 판단하는 주요한 판단 기준이 될 수 있다. 5차 핵실험은 4차 핵실험의 연장선상에서 핵탄두의 규격화·표준화를 통해 핵탄두를 다양한 투발수단에 장착할 수 있는 기술적 평가를 위한 실험이었다고 평가하고 있다.<sup>191)</sup> 또한 북한은 ‘방사성 물질의 누출로 인한 생태 환경에 부정적인 영향이 없다’고 발표함으로써 핵실험 통제 능력에 대한 진전도 이루어졌다고 평가할 수 있다.

북한의 6차 핵실험은 2017년 9월 3일 시도되었고 무기위력은 최소 50kt 에서 최대 200kt 정도로 지난 5차례의 핵실험과 비교하여 폭발 위력에서 큰 차이를 보였다. 북한은 핵실험 직후 ‘대륙간탄도로켓 장착용 수소탄 시험 성공’이라고 발표하였다. 북한은 6차 핵실험을 하기 전에 핵무기연구소에서 땅콩 모양의 핵융합 방식 핵탄두 모형을 공개하였는데 이를 사용한 핵실험 가능성도 배제할 수 없다고 판단된다. 그러나 핵융합 방식인 수소탄으로 넘어가는 과정에서 핵장치가 아닌 핵탄두를 처음부터 사용하였다고 판단하기에는 가능성이 낮아 보인다.

북한의 핵실험 횟수로 보면 핵능력의 완성을 의미한다고 볼 수 있다. 인도와 파키스탄이 6회 정도의 핵실험을 하고 ‘사실상 핵보유국’으로 인정을 받았기 때문이다. 2018년 풍계리 핵실험장의 폭파는 더 이상의 지하 핵실험이 필요 없다고 북한 자체적으로 판단했을 수도 있다. 그러나 지상, 해상에서의 핵실험 가능성을 배제하는 것은 아니다. 북한의 총 여섯 차례의 핵실험을 보면 횟수가 거듭될수록 폭발위력이 증가하면서 핵능력이 갖추어졌다고 평가할 수 있다. 특히 북한은 4차 핵실험을 ‘첫 수소탄 시험’이라고 하였으며 5차 핵실험 때는 ‘핵탄두를 표준화·규격화한 것은 물론 소형화, 경량화, 다중화 하여 대량생산까지 할 수 있게 되었다’고 발표하였다.<sup>192)</sup> 북한은 6차 핵실험 직후 ‘대륙간탄도로켓 장착용 수소탄 시험 성공’이라고 발표하였다.

190) 정성윤, “북한 4차 핵실험의 의미와 과장,” 『Online Series』 16-02, 통일연구원, 2016, p. 1.

191) 김법현·이승철, “북한 핵·미사일 능력 고도화에 따른 대응전략,” 『한국동북아논총』 제80호, 2016, p. 132.

192) 표준화는 ‘여러 종류의 미사일에 탑재될 수 있도록 핵탄두를 제작하는 것’이고 규격화는 ‘대량생산이 가능토록 핵탄두와 그 부품을 제작하는 것’이며 소형화·경량화는 ‘미사일 탑재를 위하여 핵탄두의 크기와 무게를 줄이는 것’이며 다중화는 ‘군사적 목적에 따라 여러 종류의 핵무기를 만드는 것으로 핵반응 방식에 따라 원자·수소·중성자탄, 파괴력 및 사거리에 따라 전술·전략 핵무기 등으로 구분’할 수 있다. 국방부, 앞의 책(2018), p. 229.

북한은 6차 핵실험까지 시행한 후 로동신문을 통해 ‘첫 수소탄 시험(2016년 1월 6일, 4차 핵실험)을 통해 얻은 성과에 기초해서 핵탄두에 탑재할 수소탄의 기술적 성능을 향상시켰고, 타격 목표물에 따라 수십 kt 에서 수백 kt 에 이르는 핵무기를 임의로 조정할 수 있는 능력을 구축하였다. 또한 광대한 지역에 전략적 목적에 따라 전자기파(EMP: Electromagnetic Pulse)<sup>193)</sup> 공격이 가능한 다기능 핵탄두를 보유하게 되었고, 마음먹은 대로 핵무기를 팡팡 생산하게 되었다’고 보도하였다.<sup>194)</sup> 이를 평가해 보면 미사일에 탑재할 수 있는 수소탄 능력을 보유하고 있으며 전술 핵무기와 전략 핵무기를 목적과 대상에 따라 다양화시킬 수 있으며 EMP 능력까지 보유하게 되었다는 것을 과시하고 있음을 알 수 있다.<sup>195)</sup> 그러나 북한의 주장과 핵실험 위력만으로 북한이 수소탄 능력을 확실하게 보유하였다는 사실에는 객관적 증거가 부족하여 이에 대한 전문가와 기관에 따라 기술적 평가가 상이하다. 결론적으로 북한은 핵능력 고도화에 박차를 가하였으며<sup>196)</sup> 최소한 증폭핵분열탄 능력은 보유하고 있는 것으로 평가를 하고 있다.<sup>197)</sup>

북한의 핵시설에 종사하는 핵전문인력 양성을 본격적으로 시작한 시기는 1970년대 들어서면서 부터이다. 1973년 초에 김일성종합대학 화학부에 방사화학과, 물리학부에 핵물리학과가 각각 개설되었고, 김책공업종합대학에는 원자로학과, 물리공학과, 핵재료학과, 핵전자공학과, 응용수학과 등 5개 학과로 핵물리공학부를 개설하였다. 이후 원자력 분야를 전공한 전문인력들이 증가하기 시작하였다.<sup>198)</sup> 1980년대에 들어 북한은 사회주의 국가들의 개혁·개방과 함께 정권 및 체제 붕괴 우려에 대한 대안으로 원자력의 평화적 이용에서 핵무기를 개발하여 정권 및 체제를 지켜야 한다는 인식이 커져 나갔다.<sup>199)</sup> 이러한 후속 조치로 핵개발 연구 분야를 기초분야와 응용분야로 분리하여 응용분야는 대대적으로 영변으로 이전시켰다. 기초학문에 중점을 두었던 김일성종합대학은

193) EMP는 핵폭발에 의해서 생기는 전자기 충격파이다. 고공에서 핵폭발이 일어날 때 방출되는 강력한 에너지를 지닌 감마선이 대기 중으로 확산되면서 원자핵과 충돌하고 전자가 방출되면서 강력한 전자기파가 형성된다. 이 고에너지인 전자기파가 전자회로에 들어가면 일시적으로 과전류가 형성되어 모든 전자 기기, 통신망, 군사용 장비 등에 막대한 피해를 주게 된다. 장준익, 『북한 수소탄 위협과 그 대비책』, 경기 고양: 서문당, 2018, p. 24.

194) 『로동신문』, 2017년 9월 6일.

195) 이호령, “북한의 핵·미사일 능력 고도화와 남북관계 변화,” 『접경지역통일연구』 제1권 제2호·2017년 겨울(통권 제2호), 2017, pp. 83-84.

196) 국방부, 앞의 책(2018), p. 228.

197) 홍우택·박창권, 앞의 책(2018), p. 65.

198) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2015), p. 56.

199) 리석환, 『위대한 영도자 김정일 동지의 과학기술영도사』, 평양: 북한 국가과학원, 2000, p. 171.

방사화학과와 핵물리학과를 통합하여 원자력학부를 만들고 응용 분야를 하던 김책공업 종합대학은 원래 5개 학과에서 핵재료학과와 핵물리공정학과만 남겨 놓고 응용수학과와 물리공학부를 기초학부로 이전시킨 후에 핵전자공학과와 응용분야를 모두 영변에 있는 물리대학으로 이전하였다.<sup>200)</sup> 이 시기에 북한은 해외유학을 정책적으로 장려하기도 하였다.

북한이 그동안 양성한 핵전문인력은 약 7,000명이 넘을 것으로 추산하고 있다. 김일성종합대학이 1950년대부터 10명씩 20년간, 1973년 이후에는 60명씩 약 40년 양성했다고 보면 총 2,600여명이 된다. 김책공업종합대학은 80년대에 학과가 축소되었지만 초기에 5개 학과였던 점을 고려하면 70여 명씩 40년을 양성했다고 보면 약 2,800여명이다. 여기에 물리대학과 기타대학을 합해 100명씩 30년으로 해서 3,000명 정도로 하면 8,000명을 넘어서지만 그동안 은퇴한 인력을 고려하면 약 7,000여명 정도로 추산하고 있다. 또한 소련 등 동구권에 유학했던 고급인력은 약 250명에서 300명 정도로 추산된다. 핵무기 생산과 관련된 핵심 전문인력은 약 300명 정도라고 추정하고 있다.<sup>201)</sup>

북한의 핵시설에 대한 기술적 검증 측면에서 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째로 영변 이외의 추가적인 농축우라늄 시설에 대한 정보가 부족하다. 북한은 2010년 11월 미국의 지그프리드 헤커 박사에게 영변에 있는 농축우라늄 시설을 최초로 공개한 바 있다. 2016년에 IAEA 사무총장 유키야 아마노(Yukiya Amano)는 ‘북한이 영변의 제1 우라늄농축 공장 이외에 제2 우라늄농축 공장을 건설하여 가동하고 있다’고 주장하였다.<sup>202)</sup> 2018년에 데이비드 올브라이트 박사는 ‘북한은 강성 지역에 P2형 원심분리기 6,000~12,000개 규모의 비밀 우라늄농축 시설을 2000년대 중반부터 건설하여 가동 중’이라고 주장하였다.<sup>203)</sup> 많은 전문가들은 평안남도 남포 시 인근의 천리마체철소의 옛 이름이 ‘강선제강소’였다는 점으로 봐 남포 시 인근지역으로 보고 있고, 우라늄농축 시설에는 많은 전기가 필요로 하기 때문에 남포 시와 같은 산업기반 시설을 구비하고 있는 지역 인근에 제2의 농축우라늄 시설이 있을 가능성이 높다고 보고 있다.<sup>204)</sup> 또 다른 지역으로 의심받는 곳은 2019년 2차 북·미정상회담 시 미국이 영변 외에 북한 농축우라늄 지하시설로 지목한 영변 북동쪽에 위치한 분강 지구이다. 북한은 외부 노출

200) 영변지역 기술자들의 재교육과 자녀 교육을 위해 1980년에 물리학원을 설치하였고 1980년대 말에 물리학원을 확대하여 물리대학이 설치되었다.

201) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2015), p. 57.

202) 한용섭, 앞의 책(2018), p. 51.

203) David Albright, op. cit.(2018), pp. 1-23.

204) 「북한: 영변 말고 강성... 새로 제기된 북한 핵시설의 의미」, 『BBC NEWS KOREA』, 2018년 7월 3일.

을 꺼려 분강 지구 지하에 농축우라늄 시설을 구축하고 약 1만 개 이상의 원심분리기를 가동 중인 것으로 추정하고 있다. 이 시설이 지상의 어느 건물과 관련이 있는지는 확인되지 않고 있다. 이 시설이 영변과 지리적으로 가깝기 때문에 영변 핵시설로 포함하여 볼 것인가 아니면 영변외의 핵시설로 볼 것인가는 북한과 미국의 입장이 서로 다를 수 있다는 것이다.<sup>205)</sup>

둘째로 북한의 수소폭탄 개발관련 시설에 대한 위협이다. 2015년 12월 10일 북한 로동신문은 김정은 노동당 제1비서의 평천 혁명사적지 현지지도를 보도하면서 김정은이 “오늘 우리 조국은 자위의 핵탄, 수소탄의 거대한 폭음을 울릴 수 있는 강대한 핵보유국으로 될 수 있었다”고 언급하였음을 보도하였다. 2016년 1월 6일 제4차 핵실험을 예고하는 것임을 외부세계에서는 별 주목을 하지 않았었다. 북한이 제4차 핵실험을 하고 공개한 김정은의 서명 문건에 따르면 ‘첫 수소탄 시험’을 진행하라는 명령은 2015년 12월 15일에 하달되었고, 2016년 1월 3일에는 동월 6일에 핵실험을 단행하라는 최종 명령이 하달되었다. 2017년 9월 3일에 제6차 핵실험 직후 “대륙간탄도로켓 장착용 수소탄 시험 성공”이라고 발표하였다.<sup>206)</sup> 그러나 국제사회는 제4차에서 제6차까지의 핵실험을 ‘증폭핵분열탄(boosted fission weapon)’<sup>207)</sup>이라고 평가절하 하였다. 일부 전문가들은 ‘북한은 제4차, 제5차 증폭핵분열탄 핵실험을 거쳐 수소폭탄 개발에 필요한 기술정보를 획득했고, 이를 통해 제6차 핵실험에서 수소탄 실험에 성공했다’고 평가를 하고 있다.<sup>208)</sup> 최초 핵실험 후 수소폭탄 개발에 미국은 7년, 소련은 4년, 영국은 5년, 프랑스는 8년, 중국은 3년 소요된 점을 감안하면 북한은 2006년도에 최초 핵실험을 한 후 9년이 지나 수소폭탄 시험에 성공했다고 발표를 했으므로 시간적으로는 수소폭탄 개발이 충분하다고 판단된다. 이러한 수소폭탄 개발에 관련된 물질을 생산하는 시설을 포함한 정보가 매우 제한적이다.

셋째로 핵무기 제조 및 저장시설에 대한 정보 부족이다. ‘북한은 과연 핵무기를 얼마나 제조하여 어디에 보관하고 있을 것인가?’ 또한 ‘북한은 핵무기를 제조하는 공장이 어디에 존재하는 것인가?’ 이에 대한 정보는 전혀 알려진 바가 없다. 미국 랜드연구소의 브루스 베넷 선임연구원은 “북한에는 지하시설이 1만 곳 있다”고 밝힌 바 있다. 그 중 상당수는 농축우라늄 시설이나 핵무기를 보관하는 비밀 무기고로 사용하고 있을 가

205) 「미국서 찾아내 북한이 놀란 곳은 분강」, 『중앙일보』, 2019년 3월 5일.

206) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), pp. 17-18.

207) 플루토늄이나 우라늄으로 둘러싸인 폭탄의 중심부에 삼중수소와 중수소를 넣어 폭발력을 크게 높인 핵무기이다.

208) 한용섭, 앞의 책(2018), p. 52.

능성이 높다고 추정된다.<sup>209)</sup>

넷째로 북한의 핵실험만으로 핵능력 수준을 객관적으로 평가하기가 매우 제한된다는 사실이다. 북한의 6차례 핵실험으로부터 알 수 있는 것은 인공지진의 규모로 핵위력을 판단할 따름이다.<sup>210)</sup> 여기에 북한의 자화자찬식의 자평 보도뿐이다. 핵물질을 플루토늄으로 사용하였는지 농축우라늄으로 사용하였는지를 구분하기 어렵고, 원자폭탄인지 증폭핵분열탄인지 아니면 수소폭탄인지를 판단할 만한 객관적 증거도 부족하다. 따라서 북한의 핵개발에 대한 역사가 담겨 있는 풍계리 핵실험장에 대한 검증도 포함되어야 할 것이다.

다섯째로 북한의 핵시설에 종사하는 핵전문인력 규모 판단 또한 매우 불확실하다. 북한의 비핵화 검증과정 중 북한 핵전문인력에 대한 인터뷰를 필히 해야만 하는 이유이기도 하다. 핵연구시설, 핵무기 부품 생산 및 조립시설, 핵물질 플루토늄 재처리시설, 농축우라늄 생산시설, 핵투발체계 등에 종사하는 전문기술인력 등의 인력 규모를 판단하고 인터뷰 대상자를 판단하여 해당 전문 분야에 대한 기술 축적 과정, 핵무기 개발 수준, 폐기 대상 등을 판단해야 한다.

향후 북한의 핵시설에 대한 검증 중점은 아래와 같다. 첫째, 영변 농축우라늄 시설 외의 농축우라늄 시설에 대한 검증이 필요하다. 2018년 2월 북·미정상회담이 결렬된 이유 중의 하나도 제2, 제3의 농축우라늄 시설에 대한 공개와 검증이라고 볼 수 있다. 플루토늄을 획득하는 체계와 달리 농축우라늄을 획득하는 체계는 은밀하게 가동될 수 있기 때문에 북한이 쉽게 검증 대상에 포함시키려 하고 있지 않다. 따라서, 이미 공개한 영변 농축우라늄 시설 외에 제2, 제3의 농축우라늄 시설에 대해 검증이 필요하다.

둘째, 북한의 핵실험장에 대한 검증도 필요하다. 북한이 6차례의 핵실험을 통해 수소폭탄까지 개발했다고 주장하고 있다. 핵무기를 개발한 다른 국가의 사례에서 보듯이 6차례의 핵실험 정도이면 수소폭탄까지 개발할 수 있는 충분한 능력을 구비하고 있다고 볼 수 있다. 풍계리 핵실험장의 터널 입구, 폭발 지점, 각종 보조 시설의 위치, 갱도의 형상, 수직 갱도와 수평 갱도의 길이와 폭 등의 확인과 핵폭발 장치 관련된 핵실험 시 사용한 폭발장치, 사용한 핵물질의 종류와 양, 설계 폭발력과 실제 폭발 등을 현장을 확인하고 관련 연구 기록물과 장부를 대조하여 확인할 필요가 있다. 추가적으로 핵실험장 내·외부의 환경 변화, 즉 환경 방사선량, 방사선 핵종의 잔존 여부 등의 확인이

209) 「북한에 지하시설 1만 곳...핵검증하기에 최악 상황」, 『조선일보』, 2018년 5월 3일.

210) 핵실험 유무를 판단할 수 있는 지진파 탐지, 공중음파 탐지 등의 방법이 있고 인공 핵종(제논 및 크립톤)을 탐지 및 식별하여 핵물질의 사용 종류를 알 수 있다.

필요하다.

셋째, 핵관련 시설에 종사하는 7,000여 명에 달하는 전문 인력에 대한 인터뷰를 통해 북한 핵개발에 대한 전모를 확인할 수 있다. 북한의 핵관련 전문 인력들은 양질의 교육을 받고 대우도 좋은 사회적으로 엘리트 계급이라 볼 수 있다. 이들의 마음을 움직여 검증에 하는 데에 조력자가 될 수 있도록 하고 더 나아가 평화적인 핵프로그램 전환에 주역이 될 수 있도록 검증 계획에 반영할 필요가 있다.

넷째, 미확인된 북한의 핵시설에 검증 중점을 두어야 한다. 북한이 IAEA에 신고한 시설이나 북·미제네바 합의, 6자회담 합의 사항 이행을 위해 일부 외부 인원들의 접근을 허용한 시설 외의 미확인된 시설에 대한 검증이 중요하다. 미확인된 시설에 대해 핵신고서에 포함 여부를 확인하고 미 포함된 시설에 대해서는 추가적인 자료를 요구하고 현장사찰에 반영하여 검증이 필요한 시설들이다. 미확인된 북한의 핵시설은 아래 <표 4-13>에 열거하였다.

<표 4-13> 미확인된 북한 핵시설

순 번	시설명	비 고
1	고폭실험시설	분산되어 존재할 가능성이 많음
2	핵무기 연구 시설	분산되어 존재할 가능성이 많음
3	핵무기 제조 시설	
4	핵무기 저장 시설	분산되어 존재할 가능성이 많음
5	농축우라늄 연구 시설	분산되어 존재할 가능성이 많음
6	미공개 농축우라늄 시설	
7	원심분리기 및 관련 장비 제조 시설	분산되어 존재할 가능성이 많음
8	육불화우라늄 생산 시설	
9	중수 생산 시설	
10	삼중수소 생산 시설	
11	리튬-6 농축 시설	

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「2018 북핵 총서」, 2018, p. 34 에서 재인용.

## 4. 핵투발수단

핵투발수단은 일반적으로 전략폭격기(strategic bombers), 잠수함탄도미사일(SLBM), 지상발사대륙간탄도탄도미사일(Land-based ICBM) 등 세 가지로 분류한다. 이를 통상 3축체계(nuclear triad)라고 한다.<sup>211)</sup> 미국과 러시아만이 완전한 3축체계를 구축하고 있는 것으로 평가하고 중국과 인도도 핵 3축체계를 구축해 나가고 있는 것으로 평가하고 있다. 북한은 전략폭격기에 대한 능력은 알려진 정보가 없고, SLBM과 ICBM 투발 능력을 구축하기 위한 노력을 지속적으로 하고 있는 단계로 평가받고 있다.

특히 북한의 탄도미사일은 전략적 목적으로 운용할 수 있는 기술적 능력이 상당한 수준으로 평가되고 있다. 먼저, 정밀성 측면에서 2017년 7월 4일과 28일에 시험발사한 화성-14형 미사일은 다탄두 및 다단탄도탄(대형 고체 추진기관) 기술, GPS 수신기를 보조항법으로 사용하는 GPS Aided 관성항법장치(INS: Inertial Navigation System) 형태의 유도기술이 향상된 것으로 보고 있다. 두 번째, 장사정화 측면에서 소형 엔진을 묶는 클러스터링 기술을 이용하여 탄도미사일의 사거리를 증대시켰다고 판단된다. 세 번째, 적응성 측면에서 이동발사대가 다양화되면서 전략, 전술적으로 유연하게 투발할 수 있는 능력을 구축하였다고 평가받고 있다.<sup>212)</sup>

북한은 고폭탄은 물론 핵 및 화생무기를 탑재하고 장거리 투발능력을 보유하기 위해 1960년대 중반부터 미사일 개발 프로그램에 많은 인력과 자원을 투입하여 왔다. 1988년에 이집트로부터 SCUD-B를 도입하여 역설계를 통해 SCUD 자체 개발 및 생산에 성공시키고 작전배치를 하였다. 1990년대에는 노동미사일을 개발하여 작전배치를 완료하였고, 이를 토대로 1998년에는 대포동 1호와 2006년, 2009년, 2012년, 2016년에는 대포동 2호를 위성발사라고 주장하면서 발사하였다. 2016년 8월에는 소련의 잠수함발사탄도미사일(SLBM) 기술을 도입하여 고래급 잠수함에서 SLBM 북극성을 시험 발사하고 2017년에는 이를 지상형으로 개조한 북극성-2형을 2차례 시험 발사하였다. 2016년 9월에는 신형 고출력 미사일 엔진인 백두산 엔진 개발에 성공하여 핵탄두 탑재가 가능한 탄도미사일 발사 체계 기반을 구축하였다. 2017년 5월과 8월, 9월에는 중거리탄도미사일급으로 평가되는 화성-12형을 시험 발사하였고, 2017년 7월과 11월에는 대륙

211) Michael Frankel et al., *The New Triad: Diffusion, Illusion and Confusion in the Nuclear Mission*, National Security Perspective, Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, NSAD-R-16-036, 2016, pp. 2-13.

212) 윤대엽·엄정호, “동북아의 탄도미사일 위협과 BMD 체계 구축 전략을 통한 KAMD 발전방안 연구,” 『공군본부 용역과제 최종보고서』, 2018, pp. 11-13.

간탄도미사일(ICBM)급으로 평가되는 화성-14형과 화성-15형을 각각 시험 발사하였다.<sup>213)</sup> 북한 미사일 종류 및 제원은 아래 <표 4-14>와 같다.

<표 4-14> 북한 미사일 종류 및 제원

구분	SCUD - B/C	SCUD - ER	노동	무수단	대포동 2호	북극성 /북극성 -2형	화성- 12형	화성- 14형	화성- 15형
사거리 (km)	300- 500	약1,000	1,300	3,000 이상	10,000 이상	약1,300	5,000	10,000 이상	10,000 이상
탄두중량 (kg)	1,000	500	700	650	500~ 1,000	650	650	미상	1,000
비고	작전배치	작전배치	작전배치	작전배치	발사	시험발사	시험발사	시험발사	시험발사

\* 출처 : 대한민국 국방부, 「2018 국방백서」, 2018, p. 230 에서 재인용.

북한의 핵투발수단에 대한 개발과 시험발사 등에 의한 위협과 이로 인한 검증 측면에서 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째로 북한은 국제사회의 수많은 반대와 제재에도 불구하고 핵·미사일 개발에 집중하여 결국 SLBM, ICBM급에 이르는 군사적 능력을 구축하게 되었다.<sup>214)</sup> 특히 북한은 김정은 국무위원장 체제하에서 핵·미사일 능력이 고도화되고 한 단계 도약한 것으로 평가를 받고 있다. 추가적인 핵실험을 4회 하고, SLBM 발사시험, ICBM 급으로 평가 받는 화성-14, 화성-15형의 발사 등으로 보면 그러한 평가가 타당하게 보인다. 그러나 SLBM, ICBM의 시험 발사 성공은 김정은 국무위원장 집권 이후 단기간에 이루어 낼 수 있었던 것이 아니라 김일성, 김정일 선대부터 소련과 이집트, 동구권에서 기술을 도입하여 전문 인력을 양성하고, 예산을 집중적으로 투입한 토대위에 이루어진 결과라고 평가해야 할 것이다.

둘째로 북한의 핵·미사일 군사적 위협은 미국까지 위협을 느낄 정도가 되었다. 2019년 4월 3일 미국의 북부사령관 테렌스 오셔너시(Terrence J. O'shaughnessy) 장군은 미국 상원이 주관한 미사일 방어 관련 청문회에 제출한 답변서에서 '지난 2017년 북한의 김정은 국무위원장이 ICBM 연구와 개발의 종료를 선언하였는데 이는 ICBM의 생산과 실전 배

213) 국방부, 앞의 책(2018), p. 229.

214) 김법현·이승철, 앞의 논문(2018), p. 143.



치를 의미하는 것'이라고 하면서 '한반도에서 갈등이 분출할 시 북한이 미국 본토를 공격할 계획을 갖고 있음이 분명하다'고 밝혔다.<sup>215)</sup> 이는 미국이 북·미 2차 하노이 회담 결렬 후 북한의 핵·미사일 능력에 대해 평가하는 시각을 단적으로 나타내고 있는 것이다.

셋째로 북한의 ICBM 핵심기술에 대한 접근이 매우 빠르게 진전되고 있다는 것이다. ICBM 핵심기술은 엔진, 단 분리, 유도조종 기술, 대기권 재진입 기술 등 네 가지로 볼 수 있다. 먼저, 북한의 엔진 기술은 2017년 3월 18일 공개한 '백두산 엔진' 지상 분출 시험에서 알 수 있다. 액체 연료임을 알 수 있는 촛불 모양과 주 엔진 1개와 보조 엔진 4개를 사용하는 대출력 엔진임을 알 수 있다. 이 신형 엔진을 사용하여 2017년 5월 4일에 화성-12형 발사에 성공하였고, 2017년 7월 4일에 화성-14형 발사에 각각 성공하여 ICBM 개발의 원동력이 되었다고 평가할 수 있다. 두 번째로 단 분리 기술은 연소가 끝난 로켓이 일정간격으로 떨어져 나간 뒤 다음 추진체가 이어서 점화되는 기술이다. 북한은 화성-14형 발사를 통해 단 분리 기술과 대기권 재진입 기술을 확인했다고 밝힌 바 있다.<sup>216)</sup> 이 공개된 영상을 보면 화성-14형에서 1단 추진체와 페어링이 떨어져 나간 것은 확인이 되나 2단 분리 장면은 포함되어 있지 않다. 그러나 이 화성-14형은 두 달 전에 시험 발사한 화성-12형에 3단 추진체를 탑재한 뒤 사거리를 증가시켜 정상 각도로 발사하였다면 10,000km 까지 이를 것으로 보인다. 따라서 단 분리 기술도 ICBM급 미사일을 개발하는데 보유하고 있는 것으로 평가된다. 세 번째로 유도조종 기술이다. 유도조종기술이란 표적과 유도탄에 대해 측정된 상대적 위치와 거리, 유도탄의 속도, 가속도 등의 정보를 이용하여 유도탄이 표적에 명중되도록 유도탄의 비행경로를 수정하는 일련의 기술을 의미한다. 즉, 유도탄이 안정되게 비행하면서 빠르게 조종할 수 있도록 조종명령을 산출하여 조종날개의 위치 또는 추력(推力)방향을 제어하여 표적에 명중되도록 하는 고도의 작동 기술을 말한다. 이러한 유도조종기술은 유도탄의 두뇌와 같은 역할을 담당함으로써 유도무기체계의 성능을 좌우하게 되는 중요한 요소인 것이다. 유도조종장치는 유도장치, 조종장치, 구동장치, 레이더 또는 탐색기 관성항법 장치 등으로 구성되어 있다. 북한의 유도조종기술 수준도 상당한 수준으로 평가받고 있다. 북한이 2019년 5월 4일에 발사한 신형전술유도무기를 북한판 이스칸데르(Iskander, SS-26)로 추정하고 있다. 러시아의 이스칸데르 미사일은 단거리 미사일이다.

215) 「美 사령관 “北 ICBM 생산·배치 임박...美 본토 공격용 거의 분명”」, 『연합뉴스』, 2019년 4월 4일.

216) 『조선중앙TV』, 2017년 7월 4일.

나 뛰어난 성능으로 회피 비행하여 현존하는 대부분의 미사일 방어 체계를 무력화시킬 수 있다는 것이다. 유도방식 면에서 관성항법장치(INS)외에도 위성항법시스템(GPS: Global Positioning System)을 사용할 수 있으며 비행 중 조기경보기나 UAV로부터 정보를 받아 표적 변경도 가능하고 종말단계에서는 광학 방식의 영상유도를 하는 등 초정밀 유도조종이 가능하다. 비행궤적 정보를 알 수 없는 상태에서 논란의 여지는 있으나 북한이 러시아의 최신 유도조종기술 등을 도입하여 초정밀 유도조종기술 구축에 박차를 가하고 있는 단계로 평가받고 있다.<sup>217)</sup> 네 번째로 대기권 재진입 기술 보유 여부에 대한 판단은 유보적이다. 장거리를 비행해야 하는 탄도미사일은 대기권 밖으로 나갔다가 다시 대기권 안으로 재진입해야 하는데 마하 20~30의 초고속으로 진입한 탄두부가 7,000~8,000 도씨에 달하는 마찰열을 견딜 수 있게 하는 기술이 핵심이다. 이를 확인하는 방법에는 탄두가 떨어지는 예상탄착점 지점에 함정, 항공기 등을 이용하여 영상으로 확인하거나 탄두에 낙하산을 달아 탄두를 회수하는 방안 등이 있다.<sup>218)</sup> 북한은 ICBM의 대기권 재진입을 입증할 수 있는 실거리 발사 시험을 하지 않아 대기권 재진입 기술이 실제로 입증된 바가 없다. 2017년 11월 29일에 북한은 화성-15형을 발사하고 ‘국내 기술로 초대형 핵탄두를 탑재하고 미국 본토 전체를 공격할 능력을 확보하여 핵무력을 완성했다’고 밝힌 바 있으나 실제 미사일에서 핵탄두를 실험한 적은 없다.<sup>219)</sup> 북한의 ICBM이 실제 정상궤도에서 비행하면서 대기권 재진입체 핵탄두의 원형이 압력, 속도, 온도에 견딜 수 있는 직접적이고 객관적인 입증 자료는 아직 없다.<sup>220)</sup>

넷째로 북한은 핵무기 투발수단 3축 체계 중에서 전략폭격기는 제한되고, 지상발사 탄도미사일과 SLBM 핵투발 능력을 구축하고 있는 것으로 평가된다. 지상발사탄도미사일은 1,000여 기 이상을 보유하고 있는 것으로 평가받고 있다. SLBM은 특히 현존 무기체계 중에서 가장 고도의 기술을 요하는 무기체계 중의 하나이며 북한이 궁극적으로 달성하고자 하는 핵무기 체계라 볼 수 있다. 현재 SLBM 능력을 구비하고 있는 국가는 미국, 러시아, 영국, 프랑스, 중국, 인도 등 6개국이다.<sup>221)</sup> 북한은 2015년 5월에

217) 「북한 미사일 ‘초정밀 유도’ 러시아 최신기술, ‘싸드 방어’ 무용지물」, 『중앙일보』, 2019년 5월 9일.

218) 미국, 중국, 러시아 등은 ICBM 탄두에 낙하산을 단 뒤 탄두가 떨어지는 탄착 지점에 함정을 보내 회수하여 성공 여부를 확인했다.

219) 실제 탄도미사일에 핵무기를 장착하여 실험한 것은 1980년 10월 중국이 마지막이었다.

220) Jonathan D. Pollack, “North Korea’s Nuclear and Missile Programs: Strategic, Directions and Prospects,” 『한국국가전략』 제3권 제1호(통권 6호), 2018, p. 168.

SLBM 수중사출 시험을 처음으로 하여 세계를 놀라게 하였다. 2016년 8월 24일에는 2,000톤 급의 신포급(고래급) 잠수함에서 북극성-1형을 수중 시험 발사에 성공하였다. 2017년 2월 12일에는 고체 연료 기반의 지상형으로 개조한 냉 발사(cold launch)<sup>222)</sup> 방식을 이용한 북극성-2형 시험발사에 성공하였다.<sup>223)</sup> 2018년에는 미국 정보기관이 SLBM 3발 이상을 장착할 수 있는 신형잠수함을 신포 조선소에서 건조중인 것으로 확인하고 ‘신포-C급’으로 명명하였다. 이 잠수함은 전장 11m, 약 3,000톤 급 이상으로 북한이 보유하고 있는 잠수함 가운데 가장 큰 잠수함이 될 것으로 예상하고 있다.<sup>224)</sup> 이 신형잠수함이 완성되면 SLBM을 3발 이상 탑재하여 은밀성과 파괴력을 동시에 갖추고 미국의 괌, 하와이는 물론 본토까지도 기습적으로 공격할 수 있는 전략적 가치가 높은 핵투발체계이다.<sup>225)</sup> 북한은 2019년 10월 2일 북극성-3형을 발사하였다. 북극성-1, 2형보다 단을 추가하여 3단 고체 추진체로 사거리가 늘어나면서 기술이 진일보한 것으로 평가를 받고 있다. 북한의 SLBM 능력은 미국이나 러시아 수준에는 못 미치는 수준이나 한국은 물론 일본, 미국에도 충분한 위협을 주는 수준이며 SLBM 능력을 더욱 확대시켜 나가고 있는 것으로 평가된다.<sup>226)</sup>

향후 핵투발수단에 대한 검증 중점은 아래와 같다. 첫째, 탄도미사일 능력에 대한 기술적 검증이 중점적으로 이루어져야 한다. 북한 탄도미사일의 정밀성, 장사정화, 즉 응성 측면에서의 기술적 능력에 대한 검증이 필요하다. 둘째, ICBM의 핵심기술인 엔진, 단 분리, 유도조종 기술, 대기권 재진입 기술 등에 대한 검증이 필요하다. 셋째, SLBM에 대한 검증이 중요하다. 북한은 SLBM 자체로는 임무 수행이 안 되고 미사일을 발사할 수 있는 플랫폼 개발이 중요하다. 수중에서 미사일 발사 시 충격을 견디어 낼 수 있는 원자력 추진 잠수함 보유를 위한 기술 개발 수준을 검증해야 한다.

---

221) 하태영, “북한 SLBM 위협 증대와 한국군의 대비방향,” 『국방정책연구』 제33권 제3호·2017년 가을(통권 제117호), 2017, p. 75.  
 222) 미사일을 발사하는 잠수함의 손상을 막기 위해 발사관에 내장된 가스발생기를 이용하여 미사일을 일정 높이 이상으로 쏘아 올린 후 공중에서 추진기관을 점화하여 비행시키는 방식으로 SLBM의 핵심 기술로 꼽힌다. 『한경 경제용어사전』 <http://dic.hankyung.com>(검색일: 2019. 4. 5.).  
 223) 박재완, 앞의 논문(2016), pp. 58-59.  
 224) Sebastien Roblin, “Comming Soon: North Korea’s Nukes Could Go Underwater,” *The National Interest*, July 29, 2018.  
 225) 조성욱, 앞의 논문(2018), p. 68.  
 226) 미국의 오하이오 급 잠수함은 수중톤수가 19,000톤, SLBM 탑재 수량은 24발, 사정거리는 12,000km이고, 러시아의 타이푼 급 잠수함은 수중톤수가 26,925톤, 사정거리는 8,300km, SLBM 탑재 수량은 20발이다. Jane’s Fighting Ship 2014-2015.

## 제3절 검증 수단

### 1. 국가·국제기술수단

역사적으로 냉전(cold war) 시대에 동·서 양 진영이 군비통제조약을 협상함에 있어 침투성이 강한 현장검사를 허용할 정도의 신뢰관계는 부족하였다. 1950년대 말부터 인공위성의 개발은 상대국의 영공, 영해, 영토를 침범하지 않으면서 정보를 수집할 수 있게 됨으로써 군비통제조약을 촉진하는 촉매 역할을 하게 되었다.<sup>227)</sup>

캐나다 정부의 주도하에 1988년 UN총회에서 채택된 16개의 검증원칙 가운데 한 가지는 “적절하고 효과적인 검증을 위해서는 국가기술수단(NTM), 국제기술수단(MTM), 기타 국제적 절차 및 현장검사와 같은 다양한 방법이 적용되어야 한다”는 것이다.<sup>228)</sup>

전성훈은 국가기술수단이란 한 국가가 군비통제조약 준수 여부를 확인하기 위해서 국가가 보유하고 있는 정보감시수단으로 인공위성, 항공기, 무인정찰기, 함정 및 지상 레이더 등이 포함될 수 있으며 국제기술수단이란 조약 당사국외에 다른 국가들이 보유하고 있는 정보감시수단이라고 정의하였다.<sup>229)</sup> 남만권은 국가적 검증 수단이란 상대국의 동의를 요하지 않는 모든 형태의 수단을 말하며 국제적 검증 수단은 협조적 수단으로 쌍방 간 협조가 필요한 수단이라고 정의하였다.<sup>230)</sup> 검증의 수단으로 한 가지 방법만을 고집하기 보다는 여러 가지 방법을 함께 적용하는 것이 효과적이다. 이는 각 수단의 취약점을 상호보완 함으로써 상승효과(synergistic effect)를 가져와 검증 효과를 극대화 할 수 있기 때문이다.

1987년 중거리핵미사일폐기조약(INF Treaty)에서 미국과 소련은 국가기술수단 사용에 최초로 합의를 하였다. 국제법의 원칙에 따라 국가기술수단의 자유로운 사용을 허용하고 국가기술수단에 의한 검증을 방해하는 은폐장치를 사용하는 것을 금지하였다. 이어서 1990년 유럽재래식무기감축조약 I (CFE I Treaty) 에서도 조약 참가국은

227) 최초의 인공위성은 1957년 10월 4일에 소련이 발사한 스푸트니크 1호이다. 직경 57cm, 무게 82.8kg의 금속구에 4개의 안테나를 장착하고 900km 상공에서 지구를 1시간 36분마다 한 바퀴씩 돌았다. <https://www.scienceall.com>(검색일: 2019. 4. 10.). 대한민국 최초의 인공위성은 1992년 8월 11일에 발사한 우리별 1호이다. <https://ko.m.wikipedia.org>(검색일: 2019. 11. 27.).

228) Department for Disarmament Affairs, op. cit.(1989), pp. 132-134.

229) 전성훈, 앞의 책(1992), p. 19.

230) 남만권, “남북한 군비통제의 감시 및 검증방안,” 『국방논집』 제4호 여름호, 1991, p. 2.

국가기술수단과 국제기술수단의 사용권한을 갖고, 이러한 기술적 수단을 방해하거나 은폐물을 설치하는 행위도 금지하도록 한 바 있다. 또한 1991년 전략무기감축조약(START Treaty)에서도 미국과 소련은 국가기술수단 사용권한을 서로 인정하고 조약 체결 쌍방은 ‘일반적으로 인정되는 국제법의 원칙에 따라 국가기술수단을 사용하며 이를 방해하지 않고 은폐장치를 사용하지도 않는다’고 합의하였다.

상호협력적 검증방안(CVM: Collaborative Verification Measures)은 독자적 검증방안과 구분되는 개념으로 군비통제조약의 검증을 보장하기 위해 조약 체결국의 합의하에 실시되는 것이다. 이러한 상호협력적 검증방안(CVM)은 수동형(passive) CVM, 능동형(active) CVM, 자문형(consultative) CVM 등으로 구분할 수 있다.

수동형 CVM은 국가기술수단(NTM)에 의한 검증을 용이하게 하기 위한 검증 방안이다. 세부적으로 국가기술수단(NTM)이 감시 및 정찰해야 할 시설과 지역을 사전 정하는 지정(designation) CVM, 국가기술수단(NTM)의 식별능력을 향상시키기 위해 검증 대상 무기 및 장비들의 식별가능한 차이점을 두도록 하는 투명(transparency) CVM, 검증을 어렵게 하는 의도적이고 계획적인 은폐를 금지하는 비 은폐(no concealment) CVM, 상호 합의된 검증 방법, 절차, 기술 운용 등을 방해하지 말자는 불간섭(noninterference) CVM, 금지된 행위와 허용된 행위를 구별하는데 도움을 주는 부수(collateral) CVM 등이 있다.

능동형 CVM은 현장검사(OSI)를 의미한다. 현장검사(OSI)는 검사 대상과 검사 실시 시점에 의해 정규검사(regular inspection), 임의검사(random inspection), 특별검사(challenge inspection)로 구분할 수 있다. 정규검사는 검사 대상과 검사 시점이 사전 합의에 의해 통보되어 피검증국이 인지하고 있는 현장검사(OSI)이며 임의검사는 검사 대상은 사전 합의가 되어 있으나 검사 시점은 단기간의 통보로 기습효과가 있는 현장검사(OSI)이고 특별검사는 검사 대상과 시점을 전혀 알 수 없는 현장검사(OSI)이다.

자문형 CVM은 조약을 체결하면서 상호 검증에 관한 협조기구를 설치하여 조약 이행과 관련된 제반 문제를 토의하고 해결하여 조약의 원만한 이행을 보장하는 방안이다.

국가기술수단과 국제기술수단 가운데 핵심 수단은 인공위성이라 할 수 있다. 2016년 현재 한반도 상공에 정지하고 있는 인공위성은 91개, 한반도 상공을 지나가는 인공위성은 228개로 총 319개였다. 이 가운데 한국의 위성은 8개로 2.5%에 불과했다. 8개의 위성 가운데 군사위성은 없었고, 지구관측용 4개, 통신용 1개, 과학기술용 1개, 기상 관측용 1개였다. 반면에 미국은 120개, 러시아는 55개, 중국은 46개, 일본은 20개, 국제

기구는 15개의 인공위성을 운용하고 있었다. 미국은 한반도 상공에 주로 통신위성 80개를 띄어 놓고 있지만 러시아는 군사위성 25개를 집중적으로 띄어놓고 있었다. 한반도 상공에서 군사위성을 띄어놓고 있는 나라는 러시아 25개, 중국 3개, 미국 1개, 독일 1개로 4개국이었다.<sup>231)</sup> 군사용 위성에는 광학 위성(optical imaging satellite), 레이더 영상 위성(radar imaging satellite), 적외선 감시 위성(infrared satellite), 통신/감청 위성(communication satellite) 등이 있다. 미국은 KH(Key-Hole) 1호기를 1960년에 성공적으로 발사한 이래 1976년에 KH-11호는 디지털 카메라를 장착하고 지상의 차량번호판까지 식별이 가능하며 필름 대신 전자광학 카메라를 장착하여 실시간으로 영상을 전송하게 되었고, 2013년에는 해상도 15cm에 적외선 카메라를 탑재한 KH-12호를 10여기 발사하였다. 그 후 미국은 해상도가 1~4cm로 추정되고 있는 KH-14호의 핵심기술을 미공개하고 발사하여 운용 중에 있다.<sup>232)</sup> 한국은 독자 정찰 능력을 확보하기 위한 자체 정찰위성 개발사업(425사업)을 추진하면서 2023년에 전천후 군용 정찰위성을 발사하고 2025년까지 4기의 정찰위성을 도입할 예정이다.<sup>233)</sup> 이와 관련하여 2019년 3월 18일 한국의 방위사업청은 합성개구레이더(SAR: Synthetic Aperture Radar) 위성설계 검토회의를 2021년부터 시작한다고 국회에 업무보고를 한 바 있다.<sup>234)</sup>

항공기를 이용한 항공정찰은 광학 영상, 레이더 영상, 적외선 영상 등의 탐지 센서를 항공기에 탑재하여 영상, 신호 등의 정보를 수집할 수 있다. 한국은 백두·금강 정찰기, RC-16 정찰기 등으로 영상과 신호 정보를 수집하고 있다. 미국의 U-2 정찰기는 기상의 영향을 받지 않는 합성개구레이더 포트를 사용하여 고해상도 영상을 획득한 뒤 위성 데이터링크 장비를 이용해 실시간으로 영상을 전송할 수 있는 능력을 보유하고 있으며 RC-135S 정찰기는 탄도미사일의 발사 징후와 궤적을 추적할 수 있다.<sup>235)</sup>

무인정찰기로 대표적인 것은 미국이 보유하고 있는 고고도 무인정찰기 글로벌 호크(global hawk)이다. 최대 체공시간이 42시간으로 한국에서 북한의 신의주까지 감시가 가능하고 직경 30cm의 크기의 지상물체도 식별할 수 있다. 북한의 주요 핵시설에 대한

231) 미래창조과학부 중앙전파관리소, 『한반도 상공을 지나는 위성의 국적별·종류별 현황』, 2016년 국회 국정감사 답변 자료, 2016.

232) 문정균, “킬체인이 천리안, 국방 정찰위성의 현주소와 미래,” 『재난 안전, Disaster & Safety』 겨울호 Vol. 19/No. 4, 2017, pp. 7-11.

233) 「저작권 조기전환 한다는데...2025년까지 美 정찰에 의존」, 『매일경제』, 2019년 4월 2일.

234) 합성개구레이더(SAR)는 구름이 끼거나 야간에도 지상 목표물을 촬영할 수 있다. 한국과학기술단체 총연합회, 앞의 책(2005), p. 1595.

235) RC-135S(일명 코브라블) 정찰기는 적외선 센서와 광학카메라, 첨단 통신장비를 갖추고 탄도미사일의 발사 징후와 궤적을 추적한다.

감시가 가능하다. 한국도 미국으로부터 글로벌 호크를 2019년 도부터 순차적으로 도입하고 있다.

핵물질을 분석하는 정밀분석 장비들은 IAEA와 미국과 한국을 비롯한 주요 국가들에서도 보유하고 있어 핵검증에 참여가 가능하다고 판단된다. 핵물질이 붕괴하면서 방출되는 감마선이나 중성자를 측정하여 우라늄과 플루토늄의 성분을 분석할 수 있는 정밀분석 장비, 모든 시료의 정밀한 원소분석과 동위원소비를 측정하여 플루토늄과 우라늄의 비율, 플루토늄의 재처리시기, 농축우라늄도 판단 등을 할 수 있는 정밀분석 장비, 극미량의 환경 시료를 분석하여 미신고 핵시설과 핵활동을 판단할 수 있는 정밀분석 장비 등이 있다.

북한의 핵검증 수단에서 국가·국제기술수단 적용 면에서 분석해 보면 다음과 같다. 첫째로 북한의 핵프로그램을 검증하기 위해 인공위성이나 항공기 등의 국가적, 국제적 기술수단을 적용 해 보지 못하였다. 지금까지 주로 현장감사에 대한 논의에 초점을 맞추었기 때문에 국가·국제기술수단인 인공위성, 항공기, 무인기, 레이더 등을 적용하는 데에 논의나 협의를 구체적으로 하지는 못하였다. 남·북한이 상호 인공위성에 의한 국가기술수단을 자체 적용하여 핵시설 등에 관한 핵검증을 하기에는 여러 가지 제한사항을 갖고 있으나 항공기, 무인기, 레이더 등에 의한 핵시설에 대한 감시는 향후 일정 부분 가능할 것이다.<sup>236)</sup>

둘째로 북한의 핵시설에 대한 국가·국제기술수단을 적용한 것은 IAEA에 의한 카메라를 이용한 감시 정도가 유일하였다. IAEA가 북한의 5MWe 원자로에 감시카메라를 설치하여 연료봉 사용에 대한 감시 정도를 하는 수준이었다. 이 감시카메라도 북한은 핵협상이 결렬되면서 임의로 철거하여 버렸다.

셋째로 북한은 과학기술적으로 한국에 열세하여 핵에 관련된 일체의 시설이나 무기체계 등의 검증에 국가·국제기술수단을 적용하는 데에 소극적이었다. 북한은 핵물질 획득과정이나 핵무기 생산 및 보관 시설, 투발수단 등이 군사기지와 밀접한 연관이 되어 있기 때문에 이에 대한 국가·국제기술수단을 적용하게 되면 모든 핵개발 프로그램이 노출될 수 있기 때문에 영토, 영공, 영해 등을 침범하지 않는 독자적인 검증방법은 물론이고 상호 동의나 협조가 필요한 협력검증방법에도 매우 부정적인 입장을 견지해왔다.<sup>237)</sup>

향후 국가·국제기술수단에 대한 검증 중점은 다음과 같다. 첫째, 북한의 핵검증에

236) 전성훈, 앞의 책(1994), p. 87.

237) 전성훈, 앞의 책(1992), p. 164.

다양하고 정밀한 국가·국제기술수단이 활용될 수 있도록 상호 합의를 이루어 내야 한다. 북한이 외부 인원의 직접적인 현장사찰에 대해 거부감을 갖고 검증을 회피하고자 하는 대안으로 국가·국제기술수단을 활용한 기술적 검증이 유용하기 때문이다. 첨단과학기술로 개발이 되어 있는 정밀 감시 장비 등을 이용하여 상대방을 직접적으로 압박하지 않으면서 검증의 목적을 달성할 수 있을 것이다.

둘째, 영공개방 등의 협정을 통해 국가·국제기술수단이 효과적으로 운용이 될 수 있도록 여건을 보장해야 한다. 인공위성과 유·무인 정찰기 등이 복합적이고 상호보완적으로 운용되기 위해서 영공개방에 대한 합의는 물론 정기적이고 주기적으로 약속된 시간에는 핵관련시설의 지붕 개방 등을 허용하는 부수적인 사항에도 합의가 이루어져야 할 것이다.

## 2. 국제기구

핵은 양면성을 갖고 있다. 평화적으로 이용할 때에는 인류에 막대한 에너지를 제공해주지만 군사적으로 이용할 때에는 인류에 심대한 피해를 줄 수 있다. 문제는 평화적 이용과 군사적 이용의 개발 의도를 구분하기 불분명하다는 것이다. 핵의 평화적 이용과 군사적 이용에는 정치적 의도의 차이가 있을 뿐이다. 예컨대 총기 소지가 호신용인지 범죄용인지 구분하기 어려운 것과 마찬가지로이다. 이러한 핵의 양면성으로 인해 평화적 목적의 핵 이용이 군사적 목적으로 전용되는 것을 감시하고 통제할 필요성이 요구되었다. 이에 핵무기의 확산을 방지하는 핵 비확산 개념이 등장하기 시작하였다.<sup>238)</sup>

핵 비확산을 위한 국제적인 기구와 협약들을 살펴보면 아래와 같다.

국제원자력기구(IAEA)는 1957년 10월 9일 UN총회의 승인을 받아 핵의 평화적 이용을 목적으로 설립되었다. 주요 업무는 세 가지로 첫 번째는 원자력 기술(nuclear technology)을 회원국들의 이익과 요구를 충족시키는 방향으로 발전시키는 것이고, 두 번째로 원자력 안전(nuclear safety)으로 포괄적이고 효과적인 원자력 안전체계를 구축하는 것이고, 세 번째로 검증 및 안보(verification and security)로 핵물질이 평화적 목적으로만 이용되도록 보장하는 것이다.<sup>239)</sup> 또한 IAEA의 안전조치(safeguard)는 평화적 목적으로 이용되는 핵물질, 장비, 시설 등이 핵무기나 기타 핵폭발장치의 제조에 전용되지 못하도록 검증하는 일련의 활동을 말한다. 이러한 안전조치(safeguard)에는 부분안전조

238) 이상철·김옥준, 앞의 책(2016), p. 273.

239) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2019, B), p. 274.



치협정(Item-Specific Safeguards Agreement), 전면안전조치협정(Comprehensive Safeguards Agreement), 자발적 안전조치협정(Voluntary Offer Safeguards Agreement) 등이 있다.<sup>240)</sup> 또한 1997년 5월에 IAEA 특별이사회는 강화된 안전조치 체제(Strengthened Safeguards System) 이행을 위한 추가의정서(Additional Protocol)을 채택하였는데 검증 기능이 크게 강화되었다.<sup>241)</sup>

핵확산금지조약(NPT)은 1968년 3월 미국과 소련이 공동으로 NPT 초안 작성에 착수하여 그해 6월에 UN총회에서 NPT가 가결되었고 1970년 3월 5일부터 효력이 발생한 레짐이다. 2019년 6월 현재 191개국이 가입되어 있다. 핵 비확산 체제의 기반이라 할 수 있는 NPT는 핵무기 비확산, 핵의 평화적 이용, 핵군축 이라는 3개 원칙을 기본 축(three pillars)으로 하고 있다.<sup>242)</sup> NPT의 주요 내용은 첫째, 핵확산의 방지이다. 핵보유국들에 의한 핵비보유국으로 확산 방지이다(수평적 확산 금지). 이러한 일에 IAEA가 검증을 책임지도록 하였다. 둘째, 핵무기 보유국에 대한 군축이다. 핵보유국은 핵무기 경쟁을 중지하고 완전한 핵군축 조약 체결에 성실히 임한다는 것이다(수직적 확산 금지).<sup>243)</sup>

포괄적핵실험금지조약(CTBT)은 대기권, 외기권, 수중 및 지하에서 일체의 핵실험을 금지하는 레짐으로 1996년 9월 UN총회에서 조약안이 채택되었으나 아직 발효되고 있지 못하다. 2019년 현재 CTBT 가입국은 184개국이 되고 발효되려면 최소 44개국이 비준을 해야 하나 미국, 중국, 이스라엘, 이란, 이집트 등이 비준을 하지 않아 효력을 발휘하고 있지 못하다. 북한도 가입하고 있지 않다.

미사일기술통제체계(MTCR: Missile Technology Control Regime)는 핵을 포함한 대량살상무기를 운반할 수 있는 로켓, 무인비행체와 관련 장비 및 기술의 확산을 통제하는 레짐이다.<sup>244)</sup> 1950년대까지는 핵무기를 직접 실어 나를 수 있는 수단으로 폭격기만이

240) 부분안전조치협정(Item-Specific Safeguards Agreement)은 핵무기를 보유하고 있으나 NPT에 가입하지 않은 인도, 파키스탄, 이스라엘에 적용중이고, 전면안전조치협정(Comprehensive Safeguards Agreement)은 NPT에 가입한 모든 핵비보유국에 해당되고, 자발적 안전조치협정(Voluntary Offer Safeguards Agreement)은 핵보유국 5개국(미국, 영국, 프랑스, 중국, 러시아)에 대해 적용하고 있다. 한국원자력통제기술원, 위의 책(2019, B), pp. 21-22.

241) 강화된 주요 내용은 ① 원자력 전체 활동에 대한 국가의 확대신고 의무, ② 원자력 활동에 관한 IAEA 사찰 권한 강화, ③ 환경 샘플링 권한의 확대, ④ 사찰관 접근 시간 단축(48시간에서 24시간으로) 등이다.

242) 장동희, “국제 핵 비확산 체제의 맹점 및 개선방안: 이란 및 북한의 경험을 중심으로,” 『국제법학회논총』 제63권 제4호(통권 제151호), 2018, p. 93.

243) 이상철·김옥준, 앞의 책(2016), pp. 274-275.

244) 국방부, 앞의 책(2018), p. 290.

있었으나 탄도미사일의 개발과 핵무기의 소형화로 핵투발수단인 미사일에 대한 통제가 필요하게 되었다. 주요 내용으로 탄두중량 500kg, 사거리 300km 이상의 탄도미사일과 그 부품, 관련 기술 등에 관해 비회원국에 이전을 금지하고 있다. 고도의 미사일 기술을 보유하고 있는 35개국만이 가입되어 있는 폐쇄적 레짐이다. 그 외 쟁거위원회(ZC: Zangger Committee)는 NPT 미가입 핵비보유국에 대한 핵관련 물자 수출시 IAEA 안전 조치를 이행하는 조건으로 수출해야 하는 레짐이고, 핵공급그룹(NSG: Nuclear Suppliers Group)은 핵물질, 장비, 기술, 이중용도 품목에 대한 수출 통제를 하는 체계이다.<sup>245)</sup>

국제기구의 비확산 레짐 측면에서 북한의 핵무기 개발과 핵포기를 위한 검증 과정의 문제점을 분석해 보면 다음과 같다. 첫째로 북한은 1970년 NPT 출범 이후 NPT를 탈퇴한 유일한 국가이다.<sup>246)</sup> 북한은 IAEA의 특별사찰 요구에 반발하여 1993년 3월 12일 NPT 탈퇴를 선언하였다가 미국과의 협상을 통해 탈퇴 발효 하루 전인 6월 11일에 “탈퇴 발효를 정지시킨다(suspend the effectuation of the withdrawal)”고 선언하고 위기 상황을 진정시켰다. 2002년 북한은 우라늄농축프로그램이 문제화되고 한반도에너지개발기구(KEDO)가 북·미 체네바 합의에 의거 지원해 오던 중유 공급을 중단한다고 발표하자 2003년 1월 10일에 “자동적이고 즉각적인 NPT 탈퇴”를 선언하였고 3개월 후인 4월 10일부로 탈퇴가 인정되었다. NPT 탈퇴에 대한 심의나 아무런 제재 없이 회원국의 자유의사에 맡기는 것은 세계 평화를 위협하는 매우 우려스러운 일이라 아니할 수 없다.

둘째로 북한은 핵확산 방지를 위한 검증 체계 수용을 결정적인 순간마다 거부하여 왔다. 먼저, 북한은 1992년 IAEA와 안전조치(safeguard) 협정을 체결한 이후 그 이행을 성실히 하지 않았다. 1992년 임시사찰을 수용하고 최초보고서(initial report)와 불일치사항이 발생하여 특별사찰을 요구하자 1993년 NPT 탈퇴를 선언하였다. 또한 2008년 6자 회담 검증의정서 합의에서 환경시료채취에 대해서는 극구 반대를 하면서 위기를 조성하였다. 북한은 침투성이 강한 특별사찰과 시료채취 및 분석에 대해서는 무조건적인 거부를 하여 왔다.

셋째로 NPT 체제의 한계가 다분히 있다는 점이다. 1985년에 북한은 소련의 압박으

245) 국방부, 앞의 책(2018), p. 290.

246) 북한은 2차 북핵 위기가 발발한 직후 2003년 1월 10일에 NPT 탈퇴를 선언하였고 3개월이 경과한 4월 10일부로 탈퇴가 인정되나 미국을 중심으로 한 NPT 가입국들은 북한의 도전으로 NPT 체제가 유명 무실해 질 수 없다는 입장을 유지하고 있다. NPT는 회원국의 자유의사에 따라 탈퇴 3개월 전에 UN 안보리와 회원국들에 탈퇴 의사를 통보하기만 하면 된다.(NPT 10조 3항)

로 마지못해 NPT에 가입하였으나 가입 후 18개월 안에 IAEA의 안전조치협정을 체결해야 하나 한국내의 핵무기 철수와 연계하여 미루다가 무려 7년이 지난 1992년 1월 30일에 체결을 하였다. 그 후 북한은 정치적 목적 달성을 위해 필요에 따라 IAEA 사찰관 추방, 영변 핵시설의 봉인 및 감시 장치 훼손, 5MWe 원자로 가동, 우라늄농축프로그램 개발 등으로 NPT체제를 무력화시키는 행위들을 지속적으로 해 왔으며 NPT를 기반으로 하는 국제사회는 북한의 핵무장을 저지하는 데에 실패하였다. 이는 NPT 체제의 맹점과 한계를 여실히 보여주고 있는 것이다.<sup>247)</sup>

향후 기술적 검증 측면에서 국제기구의 중점적인 역할과 책임에 대해 제시하면 다음과 같다. 첫째, NPT 체제의 한계를 보완해야 한다. 핵보유 5대 강대국만의 지위를 선택적으로 보장하는 불평등한 조약이라는 한계, NPT 탈퇴국에 대해 무기력하다는 한계 등을 보완하고 UN 회원국 모두가 핵 비확산 국제체제에 참여하도록 하는 노력이 필요하다.

둘째, IAEA를 포함한 국제기구는 북한을 NPT 체제에 즉각 복귀시키고, 강화된 안전조치 이행을 위한 추가의정서에 서명을 하도록 하며 이에 따라 투명하고 기술적인 검증을 실시해 나가야 할 것이다.

### 3. 검증기구

검증을 주도할 기구는 두 가지 측면에서 고려해 볼 수 있다. 하나는 검증을 주관하는 주체에 관한 것이고, 다른 하나는 검증 이행을 하는 과정에서 조약 당사국간의 협조기구에 관한 것이다.

북한 핵검증을 주관하는 기구로 고려할 수 있는 주체는 IAEA, 미국, 한국, 6자회담 당사국, 핵보유 5개국 등이 있다.

북핵 검증 주체에 관해서는 전문가들에 따라 다양한 의견들이 있다. 미국의 국제전략문제연구소(CSIS: Center for Strategic & International Studies)는 IAEA 참여를 필수적인 검증 기구로 전제하고, 다른 나라들의 참여 정도를 분석하였다. 북핵 검증에 참여할 수 있는 국가의 능력을 ① 기술적 능력(technical skills), ② 재정적 능력(financial capacity), ③ 정치적 의지(political will), ④ 협력적위협감소프로그램 경험(CTR experiences) 등 4가지로 구분하여 분석하였다. 그 연구 결과를 제시하면 아래 <표 4-15> 와 같다.

247) 장동희, 앞의 논문(2018), pp. 99-103.

<표 4-15> 검증 참여 가능한 국가에 대한 미국 CSIS 평가

국 가	기술적 능력	재정적 능력	정치적 의지	CTR 경험
미국	매우 높음	보통	보통	매우 높음
한국	보통	높음	높음	낮음
중국	높음	보통	보통	낮음
일본	높음	높음	보통	보통
러시아	높음	낮음	낮음	높음
유럽연합	높음	낮음	낮음	보통

\* 출처 : 한국원자력연구원, 「북핵폐기와 검증에 관한 연구」, 2007, p. 71 에서 재인용.

전성훈은 상기 기술한 미국 CSIS 연구를 토대로 문화적 친밀성(cultural affinity)과 법적 정당성(legal justification)이란 두 가지 기준을 추가하여 아래 <표 4-16>와 같이 검증의 주체가 될 수 있는 국가들의 역량을 비교평가 하였다.

<표 4-16> 미국 CSIS 분석을 수정한 검증 참여 가능한 국가에 대한 평가

국가	기술적 능력	재정적 능력	정치적 의지	CTR 경험	문화적 친밀성	법적 정당성
미국	매우 높음	보통	보통	매우 높음	낮음	보통
한국	보통	높음	High	낮음	매우 높음	매우 높음
중국	높음	보통	보통	낮음	보통	보통
일본	높음	높음	보통	보통	보통	보통
러시아	높음	낮음	낮음	높음	낮음	보통
유럽연합	높음	낮음	낮음	보통	낮음	보통

\* 출처 : 한국원자력연구원, 「북핵폐기와 검증에 관한 연구」, 2007, p. 71에서 재인용.

이와 같이 분석을 통해 전성훈은 한국원자력연구원 연구보고서에서 검증 주체의 기본적인 편성을 아래 <표 4-17>과 같은 다섯 가지로 구분하여 제시하였다.

<표 4-17> 검증 주체 유형

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• IAEA</li> <li>• IAEA + 미국</li> <li>• IAEA + 미국 + 한국</li> <li>• IAEA + 미국 + 한국 + 중국, 러시아, 일본(6자회담 5개국)</li> <li>• IAEA + 6자회담 5개국 + EU, 캐나다, 호주, 카자흐스탄, 남아프리카공화국 등 북핵 폐기에 재정적, 기술적으로 기여하길 원하는 모든 국가</li> </ul> |
|--|

\* 출처 : 한국원자력연구원, 「북핵폐기와 검증에 관한 연구」, 2007, p. 70에서 재인용.

백승혁은 우라늄농축프로그램을 검증할 수 있는 기구로 ① IAEA 단독, ② 남·북한 합동, ③ 미국 단독, ④ IAEA PLUS(예, IAEA+미국, IAEA+ 5대 핵보유국), ⑤ 다국적 지역 검증기구(6자 회담 참여국)을 제시하였다.<sup>248)</sup> 한용섭은 북핵 검증을 맡을 주체로 IAEA와 6자회담 당사국을 포함하는 ‘국제공동검증단’ 편성 방안을 제안한 바 있다. 역사적으로는 미·소간의 INF 조약에서 당사국 간에 검증단을 편성하여 상호 검증을 통해 약속한 핵·미사일을 폐기하는 데에 성공하였다. 반면에 북·미 제네바 합의 이행과정에서 IAEA만 사찰단을 편성 및 운용하여 사찰 정보를 한국 및 미국과 공유할 수 없었고, IAEA 사찰 권한 또한 매우 제한적이어서 사찰의 목적을 제대로 달성할 수가 없었다는 것이다. 따라서 당사국과 협상 대상국인 한국과 미국을 포함하면서 한반도 주변국이고 과거 북핵 협상에 참여하였던 중국, 일본, 러시아를 포함하는 6자회담 대상국과 기술적 능력과 국제적 참여 명분을 갖고 있는 IAEA를 포함하는 국제공동검증단이 북한 핵검증의 주체로 활동하는 것이 적절하다고 주장하고 있다.<sup>249)</sup>

홍민은 북한이 핵리스트를 신고하게 되면 국제 컨소시엄 형태의 ‘신고검증단’이 구성될 것으로 보고 있다. 이 ‘신고검증단’은 미국이 중심이 될 수밖에 없고 P5(미국, 러시아, 영국, 프랑스, 중국), 국제원자력기구(IAEA), 포괄적핵실험금지기구(CTBTO: Comprehensive

248) 백승혁, 앞의 논문(2003), pp. 264-270.

249) 한용섭, 앞의 책(2018), pp. 120-121.

Test Ban Treaty Organization), 핵군비검증국제파트너쉽(IPNDV: International Partnership for Nuclear Disarmament Verification) 등이 참여하게 될 것이라고 보았다. 아울러 핵무기 통제 모니터링·검증, 핵군축·검증, 핵탄두 해체·검증, 군비통제 기술협력 등의 프로그램을 만들어 훈련해온 각국의 실무그룹, 연구소, 전문가들이 추가적으로 합류할 수 있을 것이라고 전망하였다.<sup>250)</sup>

검증 협조기구에 대한 논의는 많이 이루어지지 않아 왔다. 다만 검증 협조기구는 INF 조약에서 설치 및 운용이 되었던 특별검증위원회(SVC: Special Verification Commission)와 핵위험감소센터(NRRC: Nuclear Risk Reduction Center) 2개 기구를 주목할 필요가 있다. 특별검증위원회(SVC)는 미·소 양국이 조약을 이행하는 과정에서 발생하는 이견들을 조정하고 조약 이행의 완전성과 효율성을 높이기 위해 설치되었다. 핵위험감소센터(NRRC)는 INF 조약을 포함하여 미·소 양국의 원활한 의사소통 기구로 설치하였었다.

북한의 핵검증을 위한 검증기구에 관한 그동안의 과정을 분석해 보면 다음과 같다. 첫째로 북한은 핵검증을 위한 외부 기관이나 국가의 전문가팀이 북한에 입국하여 활동하는 것에 대한 강한 거부감을 보여 왔다. 북한은 남북, 북·미, 6자회담 간 핵협상을 진행해 오면서 핵검증에 대한 강한 거부감을 보여 왔다. 그 이유를 살펴보면 북한은 자신의 핵능력을 매우 중대한 외교적·군사적 자산으로 인식하고 최대한 ‘핵 모호성’을 유지해야 한다는 입장이고 2003년 4월 10일 이후로는 NPT 회원국이 아니므로 NPT 회원국들의 전통적 절차인 ‘先 신고 後 검증’이라는 절차를 준수할 의무가 없다고 주장하고 있다. 무엇보다도 외부 기관이나 국가의 검증은 주권에 대한 심각한 도전으로 판단하고 외세 투쟁의 시각으로 간주하고 있기 때문이다.<sup>251)</sup> 또한 북한이 2018년 이후 ‘주동적 비핵화’를 추진하면서 일방적인 비핵화를 추진하는 것에 대한 우려의 시각이 제기되고 있다.<sup>252)</sup> 북한은 남·북한 정상의 판문점선언 후속조치의 하나로 2018년 5월 24일에 북한은 풍계리 핵 실험장 폭파를 단행했다. 이때에 한국, 미국, 중국, 러시아, 영국 등 5개국 취재진만을 현장으로 초청하였다.<sup>253)</sup> 핵전문가들을 초청하여 검증을 받기보다는 5개국 언

250) 홍민, “북한의 자발적 비핵화와 정치-기술적 과정,” 『Online Series』 CO 18-29, 2018, pp. 5-6.

251) 전봉근, “북·미 핵협상의 핵심 쟁점과 대응전략,” 『IFANS』 2018-40, 2018(B), p. 23.

252) ‘주동적 비핵화’란 북한의 자주적이고 일방적인 비핵화 방법으로 비핵화 로드맵, 신고, 검증, 구체적인 실행방안 등에 관한 명시적 합의 과정을 무시하면서 북한 스스로 북·미, 남북 관계의 진전에 따라 단계적으로 비핵화를 추진하겠다는 것으로 추정된다. 정성장, “한반도 비핵·평화의 길: 북한의 협상 수용 배경과 한국의 전략,” 『세종정책총서』 2018-10, 2018, p. 55.

253) 「북한, 풍계리 핵실험장 폭파 실시」, 『BBC NEWS 코리아』, 2018년 5월 24일.

론 기자만을 초청하여 북한이 보여주고 싶은 것만을 보여준 형식적인 절차였다고 보는 견해가 우세하다. 또한 9·19 평양공동선언에서도 ‘동창리 엔진시험장과 미사일발사대를 유관국 전문가들의 참관 하에 우선 영구적으로 폐기하기로 하였다.’고 포함하였으나 외부의 적절한 검증을 받겠다는 것이 아니라 ‘참관’이라는 방법을 일방적으로 제시하고 있다.

둘째로 핵검증을 위한 협조기구 편성 및 운영에 관한 문제이다. 남·북한에는 1992년 1월 20일에 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’에 서명하고 이 공동선언문에 의거하여 ‘남북 핵통제공동위원회 구성·합의에 관한 합의서’에 1992년 3월 18일에 서명하고 동년 동월 19일 부로 발효가 되어 ‘남북핵통제공동위원회’를 발족한 바 있다. 이 위원회의 주요 업무는 한반도의 비핵화를 검증하기 위한 핵물질, 핵시설, 핵무기에 관한 정보교환, 검증을 위한 사찰 원칙, 방법, 운영에 관한 사항, 비핵화 이행과정에서의 발생하는 이견들을 조정하기 위한 것이었다. 남·북한은 1992년 3월부터 1993년 1월까지 13차례의 ‘남북핵통제공동위원회’ 회의를 하였다. 그러나 남·북한은 비핵화 검증을 위한 사찰의 원칙 면에서 의견 차이, 특별사찰 수용 문제 등으로 끝내 합의를 이루어내지 못하였다. 그 이후에는 남·북한 간에 핵검증을 위한 협조기구가 실질적으로 운영이 되질 못하였다.

셋째로 북핵 검증을 위한 국제검증단이 조직될 경우에 한국이 참여할 수 있는 핵검증 범위가 제한될 수 있다는 점이다. 한국은 핵무기 비보유국이고 우라늄농축 기술과 시설을 보유하고 있지 않기 때문에 우라늄의 채광, 정련, 변환, 금속화 과정 등에는 참여할 수가 있을 것으로 보이나 농축우라늄 시설과 핵무기 생산 및 저장시설에 대한 접근은 NPT 체제하에서 핵보유국들에 의해 제한받을 수 있다는 사실이다.<sup>254)</sup>

향후 핵검증의 주체 측면에서 고려해야 할 중점은 다음과 같다. 첫째, 북한의 핵검증을 주도할 검증단의 편성에 대해 심층적인 연구가 필요하다. 검증을 수행할 수 있는 기술적 능력의 구비, 핵검증과 폐기 과정에 소요되는 재정적 부담 능력, NPT 체제 등 국제 핵 비확산 레짐의 준수, 북한의 거부감 등을 고려하여 검증 대상 국가와 국제기구의 참여 여부 등을 고려해야 할 것이다.

둘째, 검증의 원활한 수행을 위한 협조기구 편성에 관한 문제이다. 특히 검증의 핵심 과정인 현장사찰에 많은 문제점과 난관으로 협조해야 할 사안들이 대두될 것이다. 이를 해결하기 위한 북한과의 검증 협조기구에 대한 연구가 필요할 것이다.

254) NPT 제2조에 ‘핵무기 비보유 당사국은 어떠한 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치 또는 그러한 무기 또는 폭발장치의 관리를 직접적으로 또는 간접적으로 어떠한 양도자로부터도 양도받지 않을 것과, 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치를 제조하거나 또는 다른 방법으로 획득하지 않을 것과 또한 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치를 제조함에 있어서 어떠한 원조를 구하거나 또는 받지 않을 것을 약속한다’고 명시되어 있다. <https://www.peoplepower21.org/Peace/566908>(검색일: 2019. 10. 8.).

## 제4절 검증 방법

### 1. 감시

감시(監視)는 사전적 의미로 ‘경계하여 지켜 봄’ 이라고 되어 있다.<sup>255)</sup> 검증 측면에서 감시는 ‘상대방에 대한 전반적인 정보수집 활동’을 의미한다. 감시는 상대국과의 조약 합의 사항에 관련된 정보를 수집하기도 하고, 더 범위를 확대하여 상대국의 군사 활동, 무기 연구개발 및 시험 동향, 무역 및 교류 활동 등에 관해 정보 수집활동을 하는 기술적인 행위로서 매우 포괄적 개념이기도 하다.<sup>256)</sup>

킨카데(W. Kinkade)는 과학기술 발전이 감시를 포함하는 검증과정을 어렵게 할 가능성으로 아래와 같이 여섯 가지 측면을 제시하였다.<sup>257)</sup> 첫째, 용도의 다양성(versatility)으로 무기와 재료의 양면성(dual-capable)은 군비통제 조약에서 어느 한쪽만을 규제할 경우 조약 미 준수 분쟁이 일어날 수 있다. 둘째, 은폐성(concealability)으로 시설, 장비, 무기 등의 소형화로 감시가 제한될 것이다. 셋째, 기동성(mobility)으로 탑재 무기, 장비 등의 기동성으로 감시를 어렵게 할 것이다. 넷째, 종류의 다양성(diversity)으로 무기 종류의 다양화는 구분을 어렵게 할 것이다. 다섯째, 양적 확산(quantity)으로 무기 수량의 양적 증가는 감시를 어렵게 할 것이다. 여섯째, 실험의 모호성(testing obscurity)으로 무기 실험 장소나 무기 시험이 은밀하게 이루어져 무기 감시에 관한 판단을 어렵게 만들 것이다.

과학기술의 발전이 핵검증 기술을 발전시켜 검증을 용이하게 할 수 있게도 하고 검증 대상에 대한 감시를 방해, 회피, 은폐시켜 검증을 더 어렵게 만들 수 있다는 딜레마(dilemma)에 봉착할 수 있다. 특히 핵관련 주요시설을 지하에 은밀하게 설치하여 운용하고 핵실험이나 고폭 실험 등을 컴퓨터 시뮬레이션 등으로 실시하고 핵물질 가공 공정에 사용되는 물질들을 산업용과 군수용 이중 용도인 물질들이 사용됨으로써 핵감시를 더욱 곤란하게 하고 있다.

검증은 상대 국가의 주권을 침해하거나 내정을 간섭해서는 아니 된다. 가장 효과적이고 침투성이 높은 현장 사찰은 서로 국력이 대등한 관계에서는 상호협력적 검증 방법으로 적용될 수 있으나 국력이 열세인 국가에 대해서는 마치 점령군의 인식을 줄 수

255) 이기문, 『동아 새국어사전』, 서울: 두산동아, 2013, p. 63.

256) 전성훈, 앞의 책(1994), pp. 27-30.

257) W. Kinkade, "Challenge to Verification: Old and New," *Arms Control*, 1982, pp. 24-26.



있기 때문에 약소국이 현장사찰 특히 불시사찰은 극구 거부할 수 있다. 따라서 검증의 여러 방법 중에 감시는 좋은 검증 방법이 될 수 있다. 영공개방을 통한 주기적인 감시, 주요 핵심 시설에 대한 원격 감시 등의 방법은 상대방을 자극하지 않으면서 검증을 해 나갈 수 있는 방법일 것이다.

북한 핵에 대한 감시는 크게 두 가지 측면에서 접근해야 한다. 하나는 북한의 자국내 모든 핵프로그램에 대한 감시와 다른 하나는 북한이 외부 국가들과 핵기술, 핵장비, 핵부품, 핵소재 등에 대한 거래 등에 감시가 효율적으로 이루어져야 한다. 북핵 검증 과정에서 감시는 우선적으로 국가기술수단(NTM)과 국제기술수단(MTM)인 인공위성, 유무인 정찰기, 레이더 등에 의해서 이루어져야 한다. 부차적으로 정보원에 의한 첩보 수집, 주재 외교관 및 무관, 국내·외 언론 보도, 국가 및 민간 안보 연구기관 등에 의해서 다양하고 중첩적인 감시가 이루어져야 한다.

북한 핵프로그램에 대한 감시를 위해 원격 감시장비와 현장 감시장비 운용은 현장사찰의 제한된 횟수와 방문으로 감시가 제한되어 지속적인 감시가 필요한 곳에 운용하도록 하여야 한다. 특히 플루토늄과 농축우라늄 등의 핵물질 생산 차단과 핵무기 생산 및 저장시설, 핵투발수단 조립 및 저장시설 등에 대한 상시 원격감시체계를 상호 합의 하에 구축할 필요가 있다. 추가하여 핵관련 시설에 방사능감시체계를 구축하여 안전과 감시체계를 병행하여 구축할 필요가 있을 것이다.

북한의 핵확산에 대한 감시는 국제사회의 제재를 통해서 이루어질 수 있다. 북한의 핵과 미사일 개발로 인한 국제사회의 제재는 2006년부터 UN과 미국의 주도하에 EU, 일본 등이 참여하고 있다. UN 안전보장이사회의 북한의 핵 및 미사일 개발에 대한 조치로 2006년 UN 안보리결의안 (UNSCR: United Nations Security Council Resolution) 제1695호와 제1718호를 시작으로 2009년 제1874호, 2013년 제2087호와 제2094호, 2016년에 제2270호, 제2321호, 제2356호, 2017년에는 제2371호, 제2375호, 제2397호에 이르기까지 총 11건의 대북 제재 결의안을 채택하여 수출통제 품목 대상 지정 및 경제 제재를 강도 높게 실시해 오고 있다. UN 안보리의 대북 제재와 WMD 관련 제재 현황은 <표 4-18>과 같다.

<표 4-18> UN의 대북제재와 WMD 관련 제재 현황

구분	배경	WMD관련 요구 및 제재 사항
제1695호 (2006.7.16.)	2006년 7월 5일 대포동 2호 발사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N회원국들에게 WMD 관련 품목과 기술이 북한에 이전 및 조달되지 않도록 요구</li> <li>• 북한에게 6자회담 복귀, NPT 복귀, IAEA 안전조치 이행, 모든 미사일 프로그램 중지 권고</li> </ul>
제1718호 (2006.10.16.)	2006년 10월 9일 제1차 핵실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 완전하고 검증가능하며 불가역적인 WMD 포기 요구</li> <li>• 품목 제재: 전략물자(핵, 미사일 관련 품목)</li> <li>• 자산 동결: 남천강무역회사(핵장비 조달) 등 8개 단체, 리제선(원자력총국장) 등 5명</li> </ul>
제1874호 (2009.6.12.)	2009년 5월 25일 제2차 핵실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• NSG(Nuclear Suppliers Group) 전략물자 통제 리스트(S/2006/814)를 2007년 11월 기준 리스트로 최신화</li> <li>• 금융제재: WMD 관련 금융자산 이전 금지 촉구</li> <li>• 화물검색 강화 : 북한행·발 화물 검색 촉구</li> </ul>
제2087호 (2013.1.22.)	2012년 12월 12일 장거리로켓 은하3호 발사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵·미사일 관련 대북 금수품목 리스트 최신화</li> <li>※ 캐치올(Catch-all) 통제 추가: 대북 금수 품목이 아니어도 무기 개발과 관련된다고 우려가 될 경우에 통제를 할 수 있음</li> </ul>
제2094호 (2013.3.7.)	2013년 2월 12일 제3차 핵실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 대북제재 품목 추가: 핵관련 품목(불소화 처리된 윤활유, 벨로우즈 쉘 밸브 등 2종), 미사일관련 품목(특수부식 저항성 강판 등 5종)</li> </ul>
제2270호 (2016.3.3.)	2016년 1월 16일 제4차 핵실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMD 관련 모든 물자 차단, 기술협력, 교육 금지</li> <li>• 석탄, 철 등 광물류 수출 금지로 WMD 자금원 차단</li> <li>※ UN 70년 역사상 비군사적 조치로 가장 강력한 조치</li> </ul>
제2321호 (2016.11.30.)	2016년 9월 9일 제5차 핵실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMD 관련 통제품목 18종 추가</li> <li>• WMD 관련 품목 자금 및 조달 10개 단체 추가 제재</li> <li>• WMD 개발 관련 인사 11명 추가 제재</li> </ul>
제2356호 (2017.6.2.)	2016년 9월 9일 이후 일련의 탄도미사일 발사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMD 관련 조선금산무역회사 등 4개 단체, 조일우(경찰총국 5국장) 등 14명 제재 대상 추가</li> <li>• UN이 최초로 중거리탄도미사일에 직접 제재</li> </ul>
제2371호 (2017.8.5.)	2017년 8월 5일 화성 14형 발사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• WMD 네트워크 차단 : 제재선박 지정 및 입항 불허, 북한과의 신규 사업 및 확대 금지, WMD 활동의 자금줄 봉쇄로 북한 연간 수출액의 1/3 감소 기대</li> </ul>
제2375호 (2017.9.11.)	2017년 9월 11일 제6차 핵실험	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 유류 제공 최초로 제한: 정유제품 연간 200만 배럴</li> <li>• 전략물자 및 캐치올 품목 추가를 대북제재위원회에 요청</li> <li>※ 외교적 고립과 경제적 압박을 통한 엄중한 경고</li> </ul>
제2397호 (2017.12.22.)	2017년 11월 29일 화성 15형 발사	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 정유제품 연간 50만 배럴, 원유 400만 배럴로 조정</li> <li>• WMD 관련 개인 16명, 단체 1개 추가</li> <li>※ 트리거(Trigger)조항 추가: 추가 핵·미사일 도발 시 자동으로 대북 유류 공급 제한</li> </ul>

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「2018 북핵 총서」, 2018, pp. 87-112 내용을 필자가 종합 정리한 내용임.

북한의 핵검증 과정에서 감시 측면에서의 문제점을 살펴보면 다음과 같다. 첫째로 북한 핵프로그램에 대해 원격 감시와 현장 감시 등의 다양한 감시 방법을 적용해 보지 못하였다. 과거 북한이 NPT를 탈퇴하기 전에 IAEA에서 북한에 사찰관을 파견하여 북한의 영변 핵시설 중 5MWe 원자로의 연료봉 봉인과 감시카메라 정도를 설치 정도를 했을 뿐이다. 1993년 11월 1일 제 48차 UN총회에서 한스 브릭스(Hans Blix) IAEA 사무총장은 영변 핵시설에 설치된 감시카메라의 필름과 배터리가 소진되어 북한의 안전 조치협정 위반 사실이 증가하고 있다고 하소연 한 바 있다. 현장 감시를 하기 위해 필수적으로 필요한 운용 요원에 대해 상황이 악화되면 운용 요원을 추방까지 시키다 보니 지속적인 감시가 제한될 수밖에 없었다.

둘째로 북한과 타 국가와의 핵기술과 핵관련 장비, 부품, 소재와 관련된 거래에 대한 감시가 적절하지 못하였다. 북한은 파키스탄, 리비아, 시리아, 이란 등과의 핵거래에 대한 의혹을 받아왔다. 먼저, 북한은 파키스탄의 핵개발 주역인 압둘 카디르 칸(Abdul Qadeer Kahn) 박사로부터 초보적이지만 효과적인 핵탄두 설계도와 농축우라늄 기술을 전수 받고, 원심분리기 등을 수입했다는 의심을 받아 왔다. 이에 관해 파키스탄 페르베즈 무사라프(Pervez Musharraf) 대통령은 자서전 ‘사선에서(IN THE LINE OF FIRE)’에 칸 박사와 북한과의 핵 거래 내용을 증언하고 있다. 칸 박사 또한 2004년 2월 4일에 북한에 대한 핵기술 유출을 시인한 바 있다.<sup>258)</sup> 두 번째로 북한과 리비아의 핵거래이다. 2003년 9월 미국은 리비아로 향해 중인 독일 선적 BBC차이나를 수에즈 운하에서 나포하여 북한산 원심분리기가 들어 있는 컨테이너 5개를 압수하였다. 또한 북한은 리비아에게 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)을 판매한 의심을 받고 있다. 2004년 5월 22일 미국 언론들은 ‘대량살상무기 폐기를 선언한 리비아가 미국에 반출한 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 1.87톤에서 북한이 리비아에게 수출한 증거를 찾아냈다’고 보도를 하였다. 세 번째로 북한과 시리아와의 핵 거래 의혹이다. 북한은 1973년 제3차 중동전쟁 시 조종사 30명, 탱크 병 200명, 미사일 요원 200명 등을 시리아에 파병하면서 북한과 시리아는 군사협력 관계를 중심으로 비교적 긴밀한 국가 우호 관계를 유지해 오고 있다. 북한은 2009년 10월 26일부터 30일까지 평양에서 시리아와 ‘제6차 상업, 경제 및 과학기술 협력위원회’를 열기도 하였다. 이후 북한과 시리아의 핵개발 협력에 대해 미국이 2007년 6자회담 10·3 합의사항 중 하나인 북한의 모든 핵프로그램 신고에 포함하기를 요구하였으나 북

258) 미국 시사주간지 타임(TIME)지는 2005년 2월 6일자에 파키스탄의 핵개발 주역인 압둘 카디르 칸(Abdul Qadeer Kahn) 박사와 북한 커넥션에 대한 특집 기사를 실었다. 이수혁, 앞의 책(2008), pp. 262-263.

한은 끝내 포함시키지 않았다. 네 번째로 북한과 이란과의 핵 거래 의혹이다. 2004년 11월 7일 일본의 산케이신문(産業經濟新聞)은 ‘육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 생산에 사용되는 북한의 불소 수십 kg이 이란의 특별기편으로 이란에 공수되었다’고 보도를 하였다.

또한 북한은 핵개발에 필요한 여러 가지 자재와 부품에 대해 수입을 시도하다가 세계 각국의 정보기관과 언론에 포착되기도 하였다. 1996년에 주 파키스탄 북한대사관 직원 강태윤이 러시아로부터 원심분리기에 사용되는 마레이징강(鋼)을 수입하려고 시도하다 영국 세관에 적발되었다고 영국 The Sunday Telegraph 지가 1998년 11월에 보도를 하였다. 농축우라늄을 획득하기 위한 원심분리기 제작 의혹은 2003년 독일에서 사실로 확인이 되었다. 2003년 9월 22일 독일의 Spiegel 지는 ‘북한이 원심분리기 제작에 사용되는 알루미늄관 200톤을 수입 시도하다 적발이 되었다’고 보도를 하였다. 북한이 수입을 시도하려 한 알루미늄관은 원심분리기를 개발한 URENCO사의 디자인 특성을 모두 충족한다고 URENCO사가 독일 법정에서 결정적인 기술소견을 제시하였다. 독일 슈투트가르트 지방법원 1심 재판은 밀수출 혐의로 수출회사 사장에게 징역 4년, 선적 및 운송업자에게는 징역 1년에 집행유예 6개월을 선고하였고, 수출회사 사장은 항소를 포기 한 바 있다.<sup>259)</sup> 2003년 9월 북한은 중국에서 플루토늄 재처리와 우라늄농축에 사용되는 트리부틸 인산(Tributyl Phosphate)이라는 화학제품을 수입하려다가 압수당했다고 2004년 2월 21일 일본의 아사히신문(朝日新聞)이 보도를 하기도 하였다.

향후 기술적 검증의 감시 측면에서 중점은 아래와 같다. 첫 번째, 첨단화된 감시 장비를 중첩되고 다양하게 운용하여 북한의 핵프로그램을 공백 없이 감시하는 것이 필요하다. 지하·지상·해상·공중 영역은 물론 사이버 영역까지 포함하는 입체적인 감시 방법을 상호 합의하여 적용해 나갈 필요가 있다.

두 번째, 상주감시소와 같은 침투성이 강한 방법을 합의하여 적용하도록 하는 시도가 필요하다고 본다. 북한이 거부감이 클 수도 있으나 상호 절대적인 신뢰 구축을 위해서는 핵심시설에 대한 상주감시소 운영을 함으로써 핵검증의 완전성을 보장할 수 있을 것이다.

---

259) 이수혁, 앞의 책(2008), pp. 265-266.

## 2. 사찰

사찰(inspection) 또는 현장검사(OSI)는 군비통제 검증에서 상대국의 조약 준수 여부를 확인하고 판단하는 데 있어서 가장 실질적이고 핵심적인 방법이다.<sup>260)</sup>

특별히 주목할 것은 1988년부터 1991년까지 3년간 미·소간의 중거리핵미사일폐기조약(INF Treaty) 이행과정에서 양국은 사찰을 기초사찰, 폐기사찰, 폐쇄사찰, 불시사찰, 상주감시소 운영(permanent continuous monitoring system) 등 다섯 가지 유형으로 구분하여 목적에 맞게 다양하게 시행한 사실이다. 기초사찰은 사찰 대상 재고목록을 작성하는 것이었고 폐기사찰은 중거리핵미사일과 발사대, 지원 장비를 폐기 기지에서 폐기하는 것을 감시하는 것이었다. 폐쇄사찰은 조약에 해당되는 모든 대상 장비, 지원 설비, 조약 관련 활동이 종료되었는지를 확인하는 것이었으며 불시사찰은 단기 통고하에 운영 중인 미사일 기지, 지원시설, 또는 발사대 생산시설에 대한 사찰을 실시하는 것이었고 상주감시소 운영은 지정된 미사일 생산시설이나 최종 조립시설 출입구에서 상주하며 감시하는 것이었다.<sup>261)</sup>

IAEA의 전면안전조치협정(comprehensive safeguards agreement) 체제에서 수행되는 사찰에는 세 종류가 있다. 임시사찰(Ad hoc inspection), 정기사찰(routine inspection), 특별사찰(special inspection) 등이다. 임시사찰은 IAEA와 안전조치협정 체결 이후에 최초로 받게 되는 사찰로 피수검국이 제출한 최초보고서를 확인하는 과정이며 불일치 사항이 발생하면 계속하여 사찰을 하게 된다. 정기사찰은 임시사찰 완료 후 보조약정서를 체결하여 정기적으로 사찰을 실시하는 것이다. 특별사찰은 피사찰국이 제공한 정보와 사찰을 통해 얻은 정보가 불일치하거나 불충분할 시에 실시하는 사찰이다. 1997년 IAEA는 사찰 기능이 대폭 강화된 안전조치체제(strengthened safeguards system) 이행을 위한 추가의정서(additional protocol)를 채택하였다. 추가의정서의 주요 내용을 살펴보면 아래 <표 4-19>과 같다.

260) ‘사찰(査察)’이라는 용어의 사전적 정의는 ‘남의 행동을 몰래 엿보아 살핌’ 또는 ‘사상적(思想的)인 동태를 조사하고 처리하는 업무’이다. 부정적인 이미지가 강하고 북한 또한 거부감이 많다. 영어의 ‘inspection’ 또는 ‘on-site inspection’은 군비통제 검증방법 중의 하나로 ‘현장검사’로 번역하는 것이 적절하다고 판단된다. 그러나 기존 연구와 혼동을 피하기 위해 본 논문에서는 ‘inspection’을 사찰로 사용하기로 하겠다. 전성훈, 앞의 책(1994), p. 10.

261) 불시사찰을 단기통고사찰, 상주감시소 운영을 출입구 감시사찰로 번역하기도 하였다. 국방부, 『INF 조약하의 현장사찰: ON-SITE INSPECTIONS UNDER THE INF TREATY』, 서울: 군비검증단, 2009, pp. 9-11.

<표 4-19> IAEA 추가의정서

- 원자력 활동 전모에 대한 국가의 확대신고 의무(발효 후 180일 이내)
  - 우라늄 광산에서부터 핵폐기물까지 핵주기 활동의 모든 부분
  - 원자력 부지내의 모든 건물
  - 핵주기와 관련된 연구개발(R&D) 활동
  - 핵관련 민감기술의 생산 및 수출입 정보
  
- 원자력 활동에 관한 IAEA 사찰 권한의 강화
  - 조건 없는 접근 허용 : 원자력 부지 내 모든 장소(핵물질 존재여부 불문), 핵물질이 관련된 모든 장소, 과거 핵물질이 사용되었던 해체된 모든 시설
  - 신고 내용에 의문이 있거나 불일치 문제 해결을 위해 접근 허용 : 핵주기 관련 R&D 활동, 우라늄농축 또는 재처리용 부품의 생산활동 정보, 원자력 전용품목 수출입 정보
  
- 환경 샘플링 권한의 확대
  - 특정 장소(specific location) 환경 샘플링
  - 광역(wide area) 환경 샘플링
  
- 사찰관 접근 허용시간 단축
  - 통상적 접근은 24시간 사전 통고 후 가능(기존은 48시간)
  - 설계검증 방문 또는 임시(ad hoc) 및 정기(routine) 사찰이 진행 중인 경우에 원자력 부지에 대한 접근은 2시간 사전 통고 후 가능

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 「해외검증사례 비교연구 및 검증방안 개발」, 2019(B), pp. 22-24 에서 재인용.

북한 핵에 대한 검증을 위해 핵사찰은 두 가지 경로로 추진해 왔다. 첫 번째는 북한을 NPT 체제하에서 IAEA와 체결한 안전협정에 의거 IAEA 사찰단이 사찰을 실시하는 방안이었다. 북한이 1992년 5월에 최초로 임시사찰을 수용하여 1993년 2월초까지 총 6차례의 임시사찰을 실시하였다. 1994년 3월에 추가적인 사찰을 실시한 바 있다. 두 번째는 남·북한이 ‘한반도의 비핵화에 관한 공동선언’에 근거하여 상호 사찰을 실시하는 방안이었다. 그러나 이 방법은 남·북한 간의 첨예한 입장 차이로 시행되지 못하였다.

북한의 최고지도자들이 핵사찰에 대해 어떻게 생각하고 있는지를 보여주는 단적인 사실이 있다. 김일성은 1991년 9월 26일 일본 이와나미(岩波) 서점 사장과의 인터뷰에서 핵사찰에 대해 아래와 같이 답변을 한 바 있다.<sup>262)</sup>

...우리는 핵사찰을 반대하지 않습니다. 우리가 반대하는 것은 핵사찰 그 자체가 아니라 일부 사람들이 국제적 정의에 배치되게 일방적으로 우리에게 대해서만 핵사찰을 강요하려고 하는 부당한 처사입니다. ...남조선에는 현실적으로 1,000개의 미국 핵무기가 배치되어 있다는 것은 비밀이 아닙니다. 그러므로 핵사찰을 공정하게 하려고 한다면 우리에게 대해서만 할 것이 아니라 남조선에 있는 핵 기지에 대해서도 응당 하여야 합니다.

김일성의 이러한 핵사찰에 관한 생각은 차후 남북 핵협상 과정에서 수령의 지침이 되어 북한 외교 관료들에게 크게 영향을 미치었고 남·북한, 북·미 간 6자회담 협상에서도 계속적으로 영향을 미치었다.

북한의 핵검증 과정에서 사찰 측면에서 실패한 과정을 분석해 보면 다음과 같다. 첫째로 핵사찰의 원칙 면에서 남·북한, 북·미간에 의견 차이를 좁히지 못하였다. 북한은 남한의 미군기지에 핵무기가 배치되어 있다는 전제하에 모든 주한 미국기지에 대한 동시사찰을 요구하였다. 한국은 북한의 영변을 포함하는 황북 평산과 평남 순천의 우라늄 광산, 황북 평산과 박천의 우라늄 정련공장, 평북 태천의 200MWe 원자력발전소 등과 의심되는 군사시설에 대한 상호 동수 원칙에 따라 사찰을 하자고 주장했으나 북한은 영변과 의심되는 남한의 주한미군 기지 모두를 사찰하자는 비대칭사찰을 주장하였다. 이에 한국은 1991년 9월 27일 미국의 부시 대통령의 ‘한반도 전술핵 철수 선언’과 동년 11월 8일 노태우 대통령의 ‘한반도 비핵화와 평화구축을 위한 선언’과 동년 12월 8일 ‘한반도내 핵부재선언’으로 한국 내에 핵무기가 없다고 주장하면서 북한이 주한 미군 기지를 사찰하고자 한다면 북한의 군사시설도 사찰해야 한다는 상호주의 원칙을 제시하였으나 북한은 자국의 군사시설을 공개할 수 없다는 입장을 확고히 하였다. 즉 한국은 ‘상호주의 원칙’을 주장하였으나 북한은 ‘의심동시 해소 원칙’을 고수하여 협상은 결렬되었다.

둘째로 북한은 핵사찰 중 특별사찰에 대해 극도의 거부감을 갖고 있다. 북한은 1992년 1월 30일에 IAEA와 핵안전조치협정에 서명하고 동년 5월 4일에 핵물질 플루토늄 보유량을 90g, 7개의 핵시설을 포함하는 최초보고서를 IAEA에 제출하였다.<sup>263)</sup>

262) 『로동신문』, 1991년 9월 26일.

이어서 북한은 남북핵통제공동위원회가 협상을 하는 기간 중 1992년 5월 25일부터 6월 5일까지 IAEA로부터 최초의 임시사찰을 받았고 1993년 2월까지 총 6회의 임시사찰을 받았다.<sup>264)</sup> 이 결과 북한이 보고한 내용 중 플루토늄 추출량, 추출장소, 추출시기 등에 관한 중대한 불일치(discrepancy) 사항과 미신고시설 2곳이 논란이 되었다. 먼저 IAEA는 북한이 자체 신고한 플루토늄 추출량을 90g 보다 훨씬 많은 수 kg으로 추정하였다. 북한은 1990년도에 손상된 폐연료봉에서 90g의 플루토늄을 1회 추출하였다고 하였으나 IAEA는 방사화학실험실에서 swipe sampling 방법 등 다양한 샘플을 채취하여 1회가 아닌 3회에 걸쳐 플루토늄을 추출하였고 플루토늄 추출장소도 손상된 연료봉이 아닌 사용 후 핵연료라고 판단하였다.<sup>265)</sup> 또한 북한이 최초 보고서에 포함하지 않은 시설 2곳을 북한은 군사시설 이라고 주장하였지만 IAEA는 핵폐기물 저장소라고 판단하였다. 미신고 시설 2곳 중 1개소는 IRT-2000 원자로에서 발생하는 폐기물을 보관했을 것이라고 추정되었으나 흙으로 덮고 이 시설에 이르는 도로에 나무를 심어 접근하지 못하도록 하였다.<sup>266)</sup> 또 다른 1개소(#500 이라고 불리는 건물)는 핵연료 재처리 과정에서 발생하는 폐기물을 보관하고 있었던 곳으로 추정되어 1992년 9월 IAEA 사찰관들이 방문하였으나 지하시설이 없고 군용 차량 작업장이라고 주장하였다.<sup>267)</sup> 이에 IAEA는 플루토늄 추출량, 추출장소, 추출시기 등에 관한 중대한 불일치 사항을 확인하기 위해서는 핵폐기물 저장시설로 의심받고 있는 2개 시설을 방문하여 핵폐기물에 대한 정밀분석이 필요하다고 특별사찰을 요구했으나 북한은 이를 끝까지 거부하였다.

셋째로 사찰의 다양한 방법을 북한에 적용하지 못하였다. 임시사찰은 실시하였지만 특별사찰과 상주감시소 운영 등은 실시하지 못하였다. 북한은 1992년 5월부터 1993년 2월 사이에 총 6회의 임시사찰을 수용했고, 특별사찰을 거부한 이후 1994년에 들어와 북한과 IAEA 간에 사찰의 범위와 종류에 대해 첨예하게 대립하였다. 1994년 2월 15일 IAEA 정기이사회를 앞두고 북한이 5MWe 원자로 등 7개 신고 핵시설에 대한 사찰을

263) 북한은 1985년 NPT에 가입하고 18개월 이내에 서명해야 하는데 7년이나 지체하여 IAEA와 핵 안전 조치 협정에 서명을 하였다. 송민순, 앞의 책(2016), p. 37.

264) 북한은 IAEA로부터 6차례의 임시 핵사찰을 수용하였다. 1차(92. 5. 25~6. 5), 2차(7. 8~7. 18), 3차(9. 19~10. 11), 4차(11. 2~11. 13), 5차(12. 14~12. 19), 6차(93. 1. 26~2.6), 왕선택, 앞의 책(2013), p. 49.

265) swipe sampling은 형겅이나 페이퍼 타올 등을 이용하여 어떤 시설 내의 연구용 테이블, 책상, 책장 등의 가구, 바닥 등의 먼지 등을 채집하여 샘플링을 하고 이 샘플을 고감도의 질량분석기를 이용하여 분석한다. 아메리슘 Am-241과 플루토늄 Pu-241의 반감기 차이를 비교하고 플루토늄 재처리 시간을 추적하여 1989년, 1990년, 1991년 3회 이상 재처리 작업을 한 것으로 밝혀냈다.

266) 북한 영변 원자력연구소에 설치된 연구용 원자로를 말한다.

267) 박동형, 앞의 논문(2010), p. 126.



수용함으로써 두 번째의 사찰이 1994년 3월 3일부터 14일까지 이루어졌다. 이때에도 북한은 방사화학실험실(플루토늄 재처리시설)에 대한 사찰은 끝내 거부하였다. 북한은 방사화학실험실내 글러브 박스(glove box)에서의 샘플 채취와 ‘감마선 지도 작성(gamma mapping)’은 거부하였다. 글러브 박스에서의 샘플 채취와 감마선 지도 작성은 1992년 임시사찰 이후 새로운 핵물질이 추가로 유입되었는지 여부를 확인할 수 있는 검사방법이었다. IAEA는 방사화학실험실에 대한 접근이 거부되어 1994년 2월 이후 핵물질의 전용이나 재처리 여부에 대한 결론을 내릴 수 없다고 IAEA이사회에 보고하고 IAEA이사회는 북한 핵문제를 유엔 안보리에 회부하였다. UN 안보리 상임이사국은 진통 끝에 1994년 2월 15일 합의한 핵사찰을 수용할 것을 촉구하는 유엔 안보리 의장 성명을 통과시켰다. 이에 북한은 1994년 5월 4일부터 IAEA의 추가 사찰을 수용하여 핵시설 감시카메라 전지 및 필름 교체, 봉인 훼손 여부 확인 등을 수용하였으며 3월 사찰에서 거부하였던 방사화학실험실의 샘플 채취와 감마선 지도 작성을 허용하였다. 그러나 북한은 5MWe 원자로의 연료봉에 대해 임의로 선택하여 분석을 주장하는 IAEA 요구를 거부하여 사찰이 중단된 바 있다. 의심된 시설 및 신고를 하지 않은 시설에 대한 특별 사찰과 핵물질과 핵무기 제조 시설, 핵투발수단에 대한 상주감시소 운영은 북한의 동의를 얻지 못하였다.<sup>268)</sup>

향후 사찰의 검증 중점은 아래와 같다. 첫 번째, 사찰의 원칙에 합의해야 한다. 핵 검증 협상에서 매우 중요하고 합의하기 어려운 분야가 사찰 분야가 될 수 있을 것이다. 핵활동에 관련된 신고의 대상 범위, 사찰관의 규모, 사찰관 접근 시간 단축, 핵관련 시설에 관련된 조건 없는 접근 허용 등에 관한 원칙적인 합의가 무엇보다 중요할 것이다.

두 번째, 검증의 목적에 맞게 사찰을 다양하게 실시해야 한다. 자발적으로 신고한 시설에 대해서는 임시사찰, 핵시설에 대한 폐쇄를 확인하기 위해서는 폐쇄사찰, 핵물질이나 핵무기의 폐기를 위해서는 폐기사찰, 미신고 되거나 의심되는 시설에 대해서는 최대한 빠른 시간에 접근하여 확인할 수 있는 특별사찰 등이 이루어지도록 해야 한다.

세 번째, 다양한 기술적 검증 수단과 통합하여 현장사찰이 중요하다고 본다. 지하에서의 핵실험과 고풍실험 확인, 지상에서 특정 핵관련시설에 대한 원격감시와 현장 확인, 대기 상에서 핵물질과 방사능 측정, 해상에서 핵시설 오염수 및 냉각수 확인, 공중에서 정밀감시 장비에 의한 핵관련 시설의 가동 여부 등을 통합적으로 확인하는 기술적 현장사찰이 이루어져야 할 것이다.

268) 전성훈, 앞의 책(1994), pp. 4-9.

### 3. 시료채취 및 분석

핵물질 검증을 위한 기술적인 방법은 크게 환경시료 분석과 비파괴 분석(NDA: Non-Destructive Assay) 및 파괴 분석(DA: Destructive Assay) 두 가지로 크게 구분할 수 있다. 환경시료 분석은 신고한 핵시설과 의심 되는 핵시설에 대한 검증의 중요한 방법이다. 시설 내부 표면의 입자 시료(swipe), 시설 주변의 토양, 대기, 강, 호수 등의 물, 동·식물체 등의 일반 환경시료(bulk)를 채취하여 분석하는 두 가지 방법이 있다. 이중 swipe 분석은 IAEA의 주요 분석 방법 중 하나이다. 비파괴 분석은 핵물질을 현장에서 물리적인 변형 없이 방출되는 방사선을 검출하여 분석하는 방법이고, 파괴 분석은 측정 대상인 핵물질을 실험실에서 화학적인 성질을 측정하여 핵물질의 양, 동위원소 조성비 등을 분석하는 방법이다. 비파괴 분석은 파괴 분석에 비해 정밀도는 떨어지나 현장에서 신속하게 결과를 확인할 수 있기 때문에 유용하게 사용되고 있다.

핵프로그램을 진행하면서 아무리 핵시설이나 장치들을 핵물질 누출 없이 완벽하게 가동하더라도 극미량의 핵물질이 공정 외부로 누출될 수밖에 없다. 이와 같이 누출된 핵물질은 핵시설 내 설비와 장비 표면과 바닥에 쌓이게 되고 이중 일부는 외부로 누출되어 토양, 식물체, 인공구조물 등에 쌓이거나 대기과 물에 의해 원거리까지 운반된다. 이와 같이 누출된 극미량의 핵물질은 사람들에게 안전에는 큰 위협을 주지 못하는 수준이다. 그러나 과학기술의 발달에 따라 극미량의 핵물질을 대기, 하천, 토양, 핵관련시설 내·외부에서 채취하여 분석하게 되면 과거 및 현재의 핵 활동을 규명할 수 있게 된 것이다. 따라서 극미량의 환경시료채취 및 분석은 신고한 핵검증과 미신고하거나 부정확한 신고를 확인할 수 있는 핵심기술이다.

환경시료는 입자시료(swipe)와 일반 환경시료(bulk)로 분류할 수 있는데 입자시료는 주로 핵관련 시설 및 의심시설 등의 건물 벽, 실험 장비 및 설비, 내부 구조물 등에서 시료를 채취하고 일반 환경시료는 의심 시설이 존재하는 지역의 대기, 토양, 동식물체, 개울과 호수의 퇴적토 또는 물 등에서 시료를 채취한다. 환경시료의 분석은 시료 전체를 분석하는 총량분석(bulk analysis)과 시료 내 핵물질 입자들을 선별하여 개별 입자를 분석하는 입자분석(particle analysis)으로 나뉘어진다. 총량분석은 채취된 시료 전체를 대상으로 분석하며 분석 결과는 시료에 포함되어 있는 물질들의 평균 특성을 나타낸다. 입자분석은 시료 내 핵물질 입자들을 선별하여 개별 입자의 동위원소비 등을 분석한다. 과거 또는 현재의 핵 활동을 규명하는 데에는 입자분석 방법이 훨씬 더 효과적으로 알려져 있다.

비파괴 분석과 파괴 분석 방법을 이용하여 핵물질을 정량적 또는 정성적으로 분석할 수 있다. 우라늄농축시설에서는 우라늄 동위원소의 함량 비를 측정함으로써 그동안 생산된 핵물질의 농축도 판단이 가능하고, 단계별 농축 공정에서 시료를 채취하여 각 단계별 농축도를 알 수 있으며 각 단계별 최고의 농축도를 확인하여 과거 설계 기준에 비해 어느 수준으로 가동하였는지를 확인할 수 있다. 또한 재처리시설에서는 우라늄과 플루토늄의 비율, 플루토늄 동위원소의 비를 측정하여 취급한 핵연료의 연소도를 추정하고, 아메리슘과 플루토늄의 비율을 측정하여 재처리의 시기 및 횟수를 판단한다.

IAEA는 핵물질의 안전한 사용을 검증하기 위한 분석네트워크(NWAL: Network of Analytical Laboratory)를 구축하고 있다.<sup>269)</sup> 사찰관들이 채취한 입자분석 시료들을 분석 목적, 분석 방법, 시료 특성 등에 따라 공인된 각국의 분석실험실에 보내져 분석이 되며 중대한 문제를 야기할 수 있는 시료들은 몇몇 국가에 동시에 보내져 교차분석을 하여 신뢰도를 향상시키고 있다.<sup>270)</sup> 2018년 현재 IAEA로부터 공인된 환경시료 분석실험실이 9개국에 18개 실험실들로 네트워크를 구축하고 있다.<sup>271)</sup>

과학기술발전에 따른 기술적 검증 측면에서 북한의 핵검증을 분석해 보면 다음과 같다. 첫째로 북핵 1차 위기가 발생하게 된 주된 이유가 시료채취 및 분석 때문이었다. 북한이 1992년에 IAEA와 안전조치협정에 서명하고 핵물질 보유량을 90g 이라고 신고를 하였다. 그 후 북한은 1992년 5월부터 1993년 2월까지 IAEA로부터 6차례의 임시사찰을 받았다. 이때 시료 분석 결과 북한이 자진 신고한 플루토늄의 추출량, 추출장소, 추출시기에 대한 중대한 불일치(discrepancy)사항이 발생하여 특별사찰을 요구하였으나 북한이 이에 강하게 반발하여 1993년 12월에 NPT 탈퇴선언을 하게 되고 한반도에서의 위기가 고조된 것이 북핵 1차 위기이다.<sup>272)</sup> 이를 분석해 보면 북한이 IAEA의 검증 능력을 과소평가 했던 것으로 보인다. 북한은 1회만 손상된 폐연료봉에서 플루토늄을 추출했다고 주장했으나 IAEA에서 환경시료를 채취 및 분석한 결과 핵연료를 재처리하여 3회 이상 플루토늄을 추출했다고 과학적 분석 결과를 내놓자 매우 곤혹스러워

269) IAEA는 오스트리아 Seibersdorf에 Nuclear Material Laboratory(NML)과 Environmental Sample Laboratory(ESL)과 일본 Rokkasho에 On site Laboratory(OSL)에 3개의 실험실을 두고 핵물질 샘플을 분석하고 있다. <https://www.iaea.org/sites/default/files/safeguardslab.pdf>(검색일: 2019. 7. 11.).

270) 교차분석이란 신뢰성 있는 분석결과를 도출하기 위하여 동일한 시험 조건과 절차에 의해 시험 결과 분석 능력을 구비한 2개 이상의 실험실에서 분석을 하는 것을 의미한다.

271) <https://www.iaea.org/sites/default/files/safeguardslab.pdf>(검색일: 2019. 11. 25).

272) IAEA는 환경시료채취 및 분석을 swipe sampling 방법을 적용하였다. 즉, 형겅이나 페이퍼 타월 등을 이용하여 핵시설 내의 연구용 테이블, 책상, 책장 등의 가구, 바닥 등의 먼지 등을 채집하여 샘플링을 하고 이 샘플을 고감도의 질량분석기를 이용하여 분석하였다.

했고 이 결과를 수용하려 하지 않았다.

둘째로 북한은 6자회담 결과 10·3 합의에 이르러 검증의정서(verification protocol)에 대한 검토 시 여러 다른 항목에 대해서는 동의를 하였지만 유독 입자시료(swipe) 채취 및 분석에 대해서는 강력하게 반대를 하였던 것이다. 핵활동을 분석하는 데에는 입자시료 분석이 탁월한 역할을 하고 있다. 북한의 재처리시설에서 채취한 시료에서는 우라늄/플루토늄, 플루토늄-240/플루토늄-239, 플루토늄-240/플루토늄 등을 측정하여 그 시설에서 취급한 사용 후 핵연료의 연소도를 추정하고, 아메리슘-241/플루토늄-241의 비를 측정하여 재처리 시기 및 횟수를 정확하게 알아낼 수 있다. 북한은 입자시료 채취 및 분석에 대한 검증이 북한 핵프로그램 개발의 전모를 밝힐 수 있는 핵심적인 기술임을 인식하고 두려워하며 수용을 거부하고 있는 것이다.

향후 시료채취 및 분석 측면에서 중점은 아래와 같다. 첫 번째, 검증의정서에 환경 샘플링 채취 및 분석에 관한 사항이 합의되어 포함되어야 한다. 원칙적으로 북한의 특정 장소(specific location)와 광역(wide area) 환경에 대한 시료채취 및 분석에 대해 제한사항이 없도록 해야 한다. 핵시설 내부와 핵시설 주변에서 환경 시료를 채취하여 정밀분석 함으로써 북한의 과거, 현재, 미래 핵능력과 기술 등을 투명하게 입증해야 할 것이다.

두 번째, 핵물질·핵무기·핵시설에 대한 과학적 분석 방법이 적용되어야 한다. 핵물질이나 핵무기의 물리적 상태에 대한 변형 없이 분석하는 비파괴 검사와 핵시설 내부의 물질, 핵물질 및 핵무기의 구성 성분을 정량적으로 정확하게 분석할 수 있는 파괴 검사 등이 허용되어 검사 결과에 대한 신뢰성을 제고시켜야 할 것이다.

## 제5절 소결론

북한의 비핵화 검증 과정을 기술적 검증 측면에서 분석하였다. 비핵화 이론과 검증 이론에 근거하여 리비아의 핵검증 사례를 토대로 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법으로 구분하여 북한의 핵검증 과정에 난관이 무엇이었고 이를 극복하기 위한 방안에 대해 연구를 하였다.

먼저, 검증 과정 측면에서 북한의 핵문제가 국제사회에 대두한 이래 남·북한 한반도비핵화선언, 북·미 제네바 합의, 6자회담 시기까지를 협상, 정보수집 및 분석, 판단 및 대응 단계로 구분하여 연구하였다. 먼저 검증 ‘협상’ 단계에서 남·북한과 미국을 포함한 6자 회담 참가국까지 북한 핵에 대한 검증의 원칙과 검증의 세부적인 시행방법 면에서 이견이 많아 접점을 찾기 어려웠다. 두 번째로 ‘정보수집 및 분석 단계’에서 북한 핵에 대한 정보가 제한되어 북한 핵에 대한 실체에 접근하기가 매우 어려웠다. 또한 북한이 전 세계의 압력과 제재에 못 이겨 임시사찰은 수용하였으나 의심시설에 대한 UN 안보리의 특별사찰 요구를 끝내 수용하지 않았다. 세 번째로 판단 및 대응과정에서 핵 신고서와 불일치되는 명백한 기술적 검증 결과에도 북한은 수용하지 않고 NPT 탈퇴를 일방적으로 선언하고 핵개발에 몰두하여 2017년 11월 29일에 핵무장을 스스로 완성했다고 전 세계를 향해 위협을 하고 있다.

두 번째, 검증 대상 측면에서 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단 등 4가지 분야로 구분하여 기술적 평가를 하였다. 북한의 핵물질은 원자로에서 연료봉을 인출하고 재처리하여 획득한 플루토늄이 40~50kg, 천연 우라늄을 농축하여 획득한 고농축우라늄(HEU)은 수백 kg 정도로 추산되고 있다. 핵무기는 원자탄과 증폭핵분열탄은 개발하였고 수소폭탄의 기술적 능력을 완성해 나가고 있다고 보고 있고 핵탄두는 최소 18개에서 최대 80개 정도를 보유하고 있는 것으로 예상하고 있다. 북한이 핵시설을 외부에 공개한 것은 1992년과 1993년 사이에 IAEA 임시사찰 수용과 1994년 북·미 제네바 합의에 의해 핵동결과 경수로 건설로 인한 외부인 출입 허가, 2007년 6자회담의 10·3 합의에 따라 불능화 조치를 위한 외부인 출입 허가, 2010년도 미국의 헤커 박사에게 농축우라늄시설 공개, 2018년도 풍계리 핵 실험장 폭파 시 외신 기자 초청 등에 불과하다. 북한은 6차례의 핵실험을 통해 수소폭탄까지 개발했다고 하고 핵시설 종사 전문인력을 체계적으로 양성하여 핵강국을 이루었다고 공언하고 있다. 따라서 미공개 및 의심시설인 영변 외의 농축우라늄 시설, 핵무기 연구·제조·저장 시설, 수소폭탄 원료 물질인 중수, 삼중수소, 리튬(Li-6) 생산 시설에 대한 기술적 검증이 필요하다. 핵투발수

단으로 ICBM, SLBM에 대한 시험발사를 하고 작전배치를 위한 고체연료 개발, 이동 발사대, 유도조종기술, 탄두 대기권 재진입 기술 등을 더욱 발전시키고 있는 단계로 평가되며 이에 대한 검증이 중요하다.

세 번째, 검증 수단 측면에서 국가·국제기술수단과 국제 기구와 비확산 레짐, 검증 기구에 대해 연구하였다. 북한 핵에 대해 기술적 수단을 사용한 것은 IAEA 사찰단이 영변 5MWe 원자로에 대한 감시 카메라 설치 정도에 불과하였다. 따라서 인공위성, 항공 정찰기, 무인 정찰기, 레이더, 원격 감시장비 등의 국가기술수단·국제기술수단을 활용한 검증이 이루어져야 한다. 국제 비확산 레짐 측면에서 북한을 NPT 체제에 복귀시키고 IAEA의 안전조치 협정(safeguard agreement)을 체결하여 모든 핵프로그램에 대하여 기술적 검증을 받아야 한다. 검증 기구로서 검증을 주관하는 주체와 검증을 진행하면서 조약 당사국 간에 협조하고 문제점을 해소할 수 있는 검증 협조기구가 필요하다. 검증 주체 기구로는 국제적 공신력을 갖는 IAEA와 검증 당사국인 한국과 협상 주체인 미국, 여기에 검증 기술력과 검증 및 폐기 예산을 부담할 수 있는 국가를 선정하여 참여시키는 방법이 합리적이라 생각한다. 검증 협조 기구는 감시와 사찰을 시행하면서 파생되는 문제들을 해결할 수 있는 검증 협조기구를 남·북한, 미국이 참여하는 형태를 구상해 볼 수 있다.

네 번째, 검증 방법 측면에서 감시와 사찰, 시료채취 및 분석 방법 등에 관해 연구하였다. 감시는 북한 내의 모든 핵프로그램에 대한 기술적 감시와 북한과 외부 국가들과의 핵거래 및 핵확산에 대한 통제와 차단이 중요하다고 본다. 특히 북한과의 핵검증에서 실패의 원인이 되었던 사찰의 한계를 극복해야 한다. 임시사찰이나 정기사찰에 대한 북한의 이견은 적겠지만 의심시설과 미신고 시설에 대한 특별사찰을 관철시키는 것이 무엇보다 중요하다. 플루토늄 재처리 시설이나 농축우라늄 시설, 핵무기 생산 및 저장시설에 대한 상주감시소 운영이나 원격 장비를 포함하는 현장 감시 장비 운용 등에 대한 합의를 하는 것이 필요하다. 환경 시료채취 및 분석 등 과학적 검증에 극도로 예민하게 반응하는 북한을 설득시켜야 한다. 6자회담에 많은 노력을 하고 9·19 공동성명, 2·13 합의, 10·3 합의 등을 했지만 결국에는 환경시료채취 및 분석에 대한 거부를 하여 결국 핵검증이 원점으로 돌아간 과거의 실패를 교훈삼아야 한다. IAEA의 추가의 정서(additional protocol)에 입각하여 의심 및 광역 환경시료채취 및 분석과 과학적 포렌식(forensic) 분석에 대한 제한사항이 없도록 하는 것은 양보할 수 없는 핵검증의 마지노선이라고 볼 수 있다.

북한 핵 기술적 검증 분석 측면의 시사점을 <표 4-20>에 검증 과정, 검증 대상, 검

중 수단, 검증 방법으로 세분하여 제시하였다.

<표 4-20> 북한 핵의 기술적 검증 분석 시사점

구 분		문제점	해결 방안
검증 과정	협상 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵검증을 위한 상호주의 원칙과 의심동시 해소원칙의 충돌</li> <li>• 특별사찰에 대한 견해 차이</li> <li>• 시료채취 및 분석 거부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵검증 원칙 합의</li> <li>• 미신고 시설 및 의심시설에 대한 특별사찰 관철</li> <li>• 과학적 검증 방법 채택</li> </ul>
	정보 수집 및 분석 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 북한 핵신고서의 내용 부실</li> <li>• 부분적 핵시설 접근               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 임시사찰 허용(1992년)</li> <li>- 북·미 제네바 합의(1994년)</li> <li>- 6자회담 후속조치(2007년)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵신고서에 대한 정밀 검증</li> <li>• 외부 공개를 허용하지 않은 우라늄 농축 프로그램과 핵무기 연구·제조·저장 시설에 대한 핵검증 반영</li> </ul>
	판단 및 대응 단계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술적인 검증 결과에 대해 수용하지 않음.</li> <li>• 핵검증 협상에 소극적</li> <li>• 침투성이 강한 검증 거부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 기술적 검증 결과에 대한 공신력을 확보하여 인정하게 유도</li> <li>• 핵검증 협상의 관철</li> <li>• 환경시료채취 및 과학적 분석 반영</li> </ul>
검증 대상	핵물질	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플루토늄 보유량 제한적 추정</li> <li>• 농축우라늄 보유량 추정 불가</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 플루토늄 생산 경로에 대한 검증</li> <li>• 농축우라늄 생산경로에 대한 검증</li> </ul>
	핵무기	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵무기 종류에 관한 정보 부족</li> <li>• 수소폭탄에 대한 정보 부족</li> <li>• 핵무기 수량에 대한 정보 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵무기 종류 및 능력 검증</li> <li>• 수소폭탄의 기술적 능력 검증</li> <li>• 핵무기 수량 검증</li> </ul>
	핵시설	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 영변 외 농축시설 미확인</li> <li>• 수소폭탄 제조 물질에 대한 정보 부족</li> <li>• 핵무기 제조 및 저장시설에 대한 정보 부족</li> <li>• 핵실험만으로 핵능력 추정 제한</li> <li>• 핵전문인력의 규모, 수준 판단 제한</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 영변 외 추가적인 농축시설 검증</li> <li>• 수소폭탄 제조 물질 및 시설 검증</li> <li>• 핵무기 제조 및 저장시설에 대한 검증</li> <li>• 핵실험장에 대한 검증 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵개발의 지문(指紋) 포함</li> </ul> </li> <li>• 핵전문인력에 대한 인터뷰 실시 및 평화적 연구분야로 전환</li> </ul>
	핵투발 수단	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 투발수단이 미국 본토까지 위협</li> <li>• ICBM 핵심기술에 접근</li> <li>• SLBM 능력 고도화</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ICBM 검증</li> <li>• 미사일 대기권재진입기술, TEL체계 검증</li> <li>• SLBM 검증</li> </ul>

구 분	문제점	해결 방안
검증 수단	국가·국제 기술 수단 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 국가기술수단, 국제기술수단 미적용</li> <li>● 원자력에 현장감시카메라 운영</li> <li>● 기술수단 적용에 소극적</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 국가기술수단, 국제기술수단 적용 필요</li> <li>● 영공개방협정 체결 검토</li> <li>● 다차원 감시정보자산 적용 필요</li> </ul>
	국제 기구 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 북한, NPT 탈퇴 유일한 국가</li> <li>● 안전조치협정 미준수</li> <li>● NPT 탈퇴에 대한 미제재</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● IAEA 안전조치 강화</li> <li>● 북한의 NPT 체제 복귀 및 안전 조치협정 체결</li> <li>● NPT 탈퇴 요건 강화</li> </ul>
	검증 전문 가팀 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 외부 국가 및 기관에 의한 검증 회피</li> <li>● 핵검증을 위한 협의기구 미운영</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 검증 주체로서 IAEA를 포함한 관련 국가 참여 보장(기술적 능력 구비)</li> <li>● 검증을 위한 협조 및 연락기구 설치</li> </ul>
검증 방법	감시 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 제한된 감시방법 적용</li> <li>● 북한의 핵확산(파키스탄, 리비아, 시리아, 이란 등과 핵물질, 핵기술 거래)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 다영역 감시체계 구축 필요               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지하·지상·해상·공중·사이버</li> </ul> </li> <li>● 타 국가와 핵확산 시도 감시 및 차단</li> </ul>
	사찰 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 핵사찰 원칙에 대한 입장 차이</li> <li>● 특별사찰에 대한 거부</li> <li>● 다양한 사찰방법 미적용</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 핵사찰에 대한 원칙 합의</li> <li>● 목적에 맞는 다양한 사찰 유형 적용 및 특별사찰 관철</li> <li>● 핵심시설에 대한 상주감시소 운영</li> </ul>
	시료 채취 및 (비)과괴 검사 <ul style="list-style-type: none"> <li>● 검증의정서 합의 거부</li> <li>● 환경시료채취 및 거부</li> <li>● 비과괴 및 과괴검사 미실시</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 검증의정서 내에 환경시료채취 및 분석 반영</li> <li>● 의심지역, 광역 환경시료에 대한 과학적 분석(forensic)</li> <li>● 비과괴 및 과괴 검사 병행</li> </ul>

\* 출처 : 필자가 종합 정리한 내용임.



## 제5장 북한 비핵화 기술적 검증 적용방안

제4장에서 지난 30여 간의 북한 비핵화 실패의 과정을 기술적 검증 관점에서 분석하였다. 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 면에서 무엇이 문제였는지를 도출하였다. 먼저 검증 과정 측면에서 남·북한 한반도비핵화선언, 북·미 제네바 합의, 6자회담 시기까지를 살펴보면 북한이 의심 시설에 대한 추가적인 특별사찰과 과학적 시료채취 및 분석 등은 결사적으로 반대하여 더 이상 앞으로 나갈 수가 없었다. 둘째, 검증 대상 측면에서 분석해 보면 북한은 제 2·3의 고농축우라늄프로그램 가동, 6차례의 핵실험을 통해 수소폭탄의 기술적 능력 확대, 핵무기 연구·제조·저장시설을 통해 핵무기 소형화·표준화·다종화 추진, ICBM·SLBM에 대한 엔진, 단 분리, 유도조종기술, 탄두 대기권 재진입 기술 등을 발전시켜 나가고 있다. 셋째, 검증 수단 측면에서 국가·국제 기술수단을 북한의 핵검증에 제대로 적용해 보지 못하였고, 국제기구와의 기술적 협력 체계, 검증 기구와 검증 협조 기구에 대한 실제적 적용 등이 이루어지지 못하였다. 넷째, 검증 방법 측면에서 북한 핵프로그램에 대한 효과적인 감시와 의심시설과 미신고 시설에 대한 특별사찰 등 목적에 맞는 다양한 사찰이 이루어지지 못하였고, 특정 장소에 대한 입자시료, 광역 환경 샘플링 등이 효과적으로 이루어지지 못하였다.

북한은 풍부한 우라늄 원광을 바탕으로 플루토늄과 고농축우라늄 핵물질 보유, 핵무기 연구·생산·저장 시설이 수많은 지하 시설과 군사 시설에 은폐되어 있고, 원자폭탄은 물론 증폭핵분열탄, 수소폭탄까지 개발하고 있으며 이를 투발할 ICBM, SLBM 등 시험발사로 한국은 물론 일본과 미국까지 위협하며 세계 평화에 도전하고 있다. 이로 인해 많은 전문가들은 다른 어떤 국가들보다 북한 핵에 대한 검증이 더 복잡하고 장시간을 필요로 하며 어려울 수 있다고 전망하고 있다.

검증은 과학적 기술을 필요로 하는 과정이다. 이러한 검증을 이행할 때 검증 원칙은 검증 과정에서는 상호협력적 검증(collaborative verification), 검증 대상에 대해서는 정밀화 검증(precise verification), 검증 수단 측면에서는 첨단화 검증(high-tech verification), 검증 방법 측면에서는 기술집약적 검증(technology-intensive verification)을 실시해야 한다고 판단된다.

먼저 검증 과정 측면에서 상호협력적 검증(collaborative verification)이 요구될 것이다. 검증은 상호주의 원칙에 따라 조약이 체결되고 상호 신뢰가 구축되고 협력적 관계로 이행이 되어야 한다. 한쪽의 일방적인 요구와 주장은 검증을 무력하게 만들 것이다. UN

총회에서 채택한 16개 검증 원칙 가운데 하나인 ‘검증은 국가 간 신뢰를 구축하고 조약이 모든 당사자에 의해 준수되고 있다는 확신을 주어야 한다’는 사실을 유념해야 한다. 검증 과정에서 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법에 대해 상호 협력적 관계가 구축되는 것이 검증의 성패를 좌우하게 될 것이다.

두 번째, 검증 대상 측면에서 정밀화 검증(precise verification)이 요구될 것이다. 북한 핵프로그램 중 플루토늄·농축우라늄·핵융합 연료 획득 체계, 핵무기 생산 및 저장 시설, 핵투발수단 등 핵심적인 검증 대상에 대한 정밀한 검증이 무엇보다 중요하다. 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단에 대한 정밀한 지식과 기술을 갖고 검증 대상에 대한 범위를 결정하여 검증을 이행해 나가는 것이 중요하다. 특히 향후에는 북한이 지금까지 공개하지 않은 영변외의 제2, 제3의 농축우라늄 생산시설과 핵무기 생산 및 저장시설에 대한 정밀한 검증이 핵심이 될 것이다.

세 번째, 검증 수단 측면에서 첨단화 검증(high-tech verification)이 요구될 것이다. 과학기술의 눈부신 발달은 검증에 사용되는 수단에도 첨단화된 체계, 장비, 설비, 기기들의 사용을 가능하게 하고 있다. 악기상을 극복하면서 지상의 핵관련시설들에 대해 해상도 높은 영상을 제공해 줄 수 있는 인공위성, 유·무인 정찰기 등이 있고, 극미량의 환경시료로부터 핵물질의 종류와 구성 성분들을 정확하게 측정할 수 있는 첨단화된 분석 장비들이 있다. 따라서 첨단화된 국가기술수단(NTM), 국제기술수단(MTM)의 사용을 보장하면서 국제기구 및 검증기구를 통해 검증의 목표를 효과적으로 이루어 나갈 필요가 있을 것이다.

네 번째, 검증 방법 측면에서 기술집약적 검증(technology-intensive verification)이 요구될 것이다. 핵검증을 위한 비파괴 분석, 파괴 분석, 환경 시료채취 및 분석 등은 과학적으로 기술집약적인 정밀분석 장비를 사용하여 정성적, 정량적 분석을 함으로써 상호 신뢰를 제고시킬 수 있을 것이다. 북한이 기술집약적인 검증 방법을 수용하여 궁지에 몰린 전력에 있어 소극적으로 나올 수 있지만 북한 핵검증에 있어 필수적으로 포함시켜야 할 방법이라고 할 수 있다. 기술집약적인 검증은 상호 조약을 이행해 나가는 데에 불신을 제거하고 신뢰구축을 위한 핵심적이고 필수적인 검증 방법이다.

향후 북한 비핵화의 최대 쟁점은 투명한 사찰 활동을 보장하는 완전한 검증에 있을 것이다. 북한 비핵화를 평화적인 방법으로 달성하기 위해 검증은 반드시 필요하다. 북한 핵에 대한 검증이 언제 실시될지는 예단하기 어렵지만 미래 북한 비핵화 과정의 기술적 검증 적용방안에 대해 제시하고자 한다.

## 제1절 검증 과정: 상호협력적 검증

### 1. 협상 단계

분단 후 2018년까지 남북정상회담은 총 5차례 개최되었다. 제1차 남북정상회담은 2000년 6월 13일부터 15일까지 평양에서 김대중 대통령과 김정일 위원장 간의 회담이었다. 제2차 남북정상회담은 2007년 10월 2일부터 4일까지 평양에서 노무현 대통령과 김정일 위원장 간 회담이었다. 2018년에 세 차례의 남북 정상회담은 4월 27일, 5월 26일, 9월 18일에 문재인 대통령과 김정은 국무위원장간의 회담이었다.

한반도 비핵화에 대한 목표를 제시한 최초의 정상회담은 2018년 4월 27일 판문점에서 개최된 제3차 남북정상회담(2018년 제1차 정상회담)이었다. 이른바 ‘4·27 판문점선언’에 ‘남과 북은 완전한 비핵화를 통해 핵 없는 한반도를 실현 한다’는 공동의 목표를 확인하고 남과 북이 각각 자기의 역할과 책임을 다하기로 한 것은 큰 의미가 있었다. 6자회담이 2007년 10월 3일 이후 개최되고 있지 않은 상황에서 남북 정상이 11년 만에 만나 ‘한반도 비핵화’를 선언한 것은 큰 진전으로 평가받을 만 했다. 2018년 5월 26일 판문점 공동경비구역 북측 구역에 있는 통일각에서 제 4차 남북정상회담(2018년 제2차 정상회담)에 이어 동년 9월 18일 제5차 남북정상회담(2018년 제3차 정상회담)이 평양에서 개최되었다. 그 결과를 ‘9월 평양공동선언문’으로 발표하였다. 9월 평양공동선언문 제5항에서 북한은 “동창리 엔진시험장과 미사일 발사대를 유관국 전문가들의 참관 하에 우선 영구적으로 폐기하기로 하였고, 미국이 상응하는 조치를 취하면 영변 핵시설의 영구적 폐기와 같은 추가적 조치를 취해 나갈 용의가 있다”고 표명하였다.<sup>273)</sup>

한편 북한의 지속적인 핵실험과 탄도미사일 발사에 미국의 버락 오바마 대통령은 ‘전략적 인내(strategic patience)’라는 대북정책으로 고강도의 경제제재를 통해 북한의 고립과 붕괴를 기대하였다. 그러나 북한의 핵능력 개발을 효과적으로 막아내는 데에는 실패를 하였다. 2017년 취임한 도널드 트럼프 대통령은 북핵 문제를 적극 해결하고자 중국에 대한 경제 압박을 가하고 북한에 대한 추가적인 군사 옵션도 경고하면서 북한을 압박하였다. 2018년 제1차 남북정상회담에서 ‘판문점 선언’을 통해 한반도 비핵화에 관한 대화와 협상의 분위기가 이어지면서 북·미정상회담은 두 차례 개최되었다. 2018년 6월 12일 싱가포르의 센토사섬 에서 제1차 북·미정상회담이 북한의 김정일 국무위원장과 미국의 도널드 트럼프 대통령 간에 열렸다. 회담의 결과로 ‘북한은 한반도의 비

273) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), p. 81.

핵화를 위해 노력할 것을 약속한다’고 합의문에 포함하였다. 이에 대해 북·미간에 70년의 대결 역사를 청산했다는 긍정적인 평가와 알맹이가 없는 형식적인 회담이었다는 부정적인 평가가 상존하고 있다. 8개월 후 2019년 2월 27일과 28일에 베트남 하노이에서 제2차 북·미정상회담이 개최되었으나 합의를 하지 못하고 결렬되었다. 회담에 임한 북·미 양국의 입장 차이는 분명했다. 북한은 영변 핵시설을 내놓고 인민생활에 영향을 미치는 경제제재를 해제해 달라는 것이었고 미국은 영변뿐만 아니라 그 외의 비밀 농축우라늄 시설을 포함하는 핵시설도 모두 신고와 검증이 이루어져야 한다는 입장이었다. 향후 비핵화 협상이 결코 순탄하지 않음을 다시 한 번 상기시켜 주고 있다고 본다.

향후 기술적 검증 적용 측면에서 협상 단계의 중점을 제시하면 아래와 같다. 첫째, 검증의정서에 관한 기술적 검토가 이루어져야 한다. 비핵화 협상의 산물인 성명, 합의, 조약 등의 내용은 매우 포괄적이고 개념적일 수 있다. 따라서 비핵화 검증의 세부적인 내용은 검증의정서에 포함되어야 한다. 검증의정서에는 검증의 원칙, 검증의 세부 대상, 검증 수단의 활용 범위, 검증 방법의 허용 범위 등이 세부적으로 논의되어 상호 합의하에 포함되어야 한다.

둘째, 비핵화 검증 로드맵에 대한 합의가 이루어져야 한다. 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단 등의 검증 대상 분류와 시간적으로 단기, 중기, 장기 등으로 구분하여 가동 중단 및 봉인, 신고, 불능화 및 해체, 폐기 및 반출 등의 검증 전 단계에 대한 비핵화 검증 로드맵 합의를 이루어내야 한다.

셋째, 검증의 핵심인 현장사찰에 대한 합의가 있어야 한다. 현장사찰의 허용 종류, 현장사찰단의 구성과 규모, 현장사찰 기간과 사찰 횟수, 미신고 시설 및 의심 시설에 대한 특별사찰과 사찰관의 신속한 시설 접근 보장, 핵심 시설에 대한 상주감시소 운영 여부, 핵관련 시설의 장부검사와 전문종사인력에 대한 인터뷰 여부, 시료채취 및 분석, 파괴 및 비파괴 검사 포함 여부 등이 논의되고 합의되어야 한다.

## 2. 정보수집 및 분석 단계

정보수집 및 분석 단계는 국가기술수단(NTM), 국제기술수단(NTM), 협력검증방안(CVM), 기타 정보 수단을 통해 상대국의 조약 준수 여부에 관련된 정보를 수집 및 분석하여 조약 당사국간의 준수 정보 불균형을 해소하는 단계이다. 이 단계는 기술적 검증 과정에서 핵심적인 단계로 검증의 객관성과 신뢰성을 보장할 수 있는 중요한 절차

라고 할 수 있다.

북한 핵에 대한 기술적 검증 측면에서 정보수집 및 분석의 중점들을 살펴보면 아래와 같다. 첫째, 북한이 자발적으로 신고한 핵신고서에 대한 분석을 실시해야 한다. 핵관련 시설의 위치, 규모, 전문종사인력, 가동 여부, 공개 여부 등을 확인해야 하고 플루토늄과 농축우라늄의 재고량과 중간물질의 사용량과 재고량, 원자폭탄·증폭핵분열탄·소폭탄 등의 핵무기 보관 수량, 탄도미사일과 SLBM 등 핵투발수단의 지휘 및 지원 체계 등에 관한 면밀한 분석이 이루어져야 한다.

둘째, 미신고 및 의심 시설에 대한 분석이 필요하다. 영상 정보, 신호 정보, 대기 분석 정보, 귀순자 진술, 외국 주재 무관 첩보, 국내·외 언론 보도, 국내·외 연구기관들의 분석 등을 종합적으로 검토하여 미신고 시설이 있는지 여부와 의심 시설에 대한 분석을 실시하여 검증 과정 가운데 추가로 문제를 제기하고 정보 수집을 관철시켜야 한다.

셋째, 북한의 핵개발 관련 수출 및 수입 품목 등을 확인하고 분석해야 한다. 북한은 파키스탄, 리비아, 시리아, 이란 등과 핵개발 관련 원료 및 중간물질, 자재, 부품, 기술, 핵투발수단 등을 거래한 전력이 있는 국가이다. 따라서 외국과의 핵관련 프로그램의 수출 및 수입 정보를 분석하여 핵확산 여부를 실제 사찰 과정에서 확인하고 제 3국과의 핵거래를 차단하여야 한다.

넷째, 국가 및 국제기술수단을 이용하여 감시활동을 하여야 한다. 인공위성, 항공기, 무인기, 레이더, 원격감시 장비 등 국가 및 국제기술수단을 이용하여 확인가능한 5MWe 원자로가동 여부, 핵연료봉 재처리 시설 가동 여부, 핵무기 관련 고폭실험, 연구 및 개발 시설의 활동 여부, 핵투발수단의 엔진 개발 시험, 연료 개발 시험, 시험 발사 확인, 작전배치 등 여부를 확인해야 한다.

다섯째, 핵관련 핵심시설에 대한 상주감시소를 운영하여 간단없는 정보수집이 필요하다. 플루토늄 생산 시설, 농축우라늄 생산 시설, 핵무기 제조 및 생산 시설, 핵투발수단 기지 등 협상을 통해 선정된 일부 핵심시설에 상주감시소를 운영하거나 원격감시 장비를 운용하여 생산 및 사용, 폐쇄, 폐기 등의 과정에 대한 조약 준수 여부를 확인해야 한다.

여섯째, 지하, 지상, 해상, 공중 등 다영역에서의 감시활동으로 정보수집을 하여야 한다. 추가적인 핵실험이나 핵무기 고폭 실험 등에 관한 지진파, 공중파 등을 감시하고 플루토늄과 농축우라늄 생산 과정에서 누출되는 핵물질에 대한 대기 포집 및 분석 활동과 환경 방사능 감시 활동을 입체적으로 실시하여야 한다.

일곱째, 목적에 맞는 다양한 현장사찰을 통해 정보수집을 하여 신뢰도 있는 분석

결과를 축적하여야 한다. 신고한 핵관련 프로그램의 사실 조사 여부를 진행하는 기초 사찰, 핵물질과 핵무기 폐기 여부를 확인하는 폐기사찰, 핵관련 시설의 폐쇄 여부를 확인하는 폐쇄사찰, 미신고 시설 및 추가 의심 시설에 대한 특별사찰 등이 다양하고 중첩적으로 이루어져야 한다. 아울러 현장사찰을 통해 핵관련 시설에 대한 시설 가동 및 운용 일지와 원료 사용량과 생산한 물질 등의 장부 검사를 하여 신고한 내용과 운영 기록의 일치 여부를 분석해야 하고, 핵관련 종사 전문인력들과의 인터뷰 등을 통해 핵관련 연구 및 개발시설의 연구 결과 산물, 핵무기 설계 프로그램 등에 대한 확인을 실시해야 한다.

여덟째, 시료채취 및 분석을 통해 과학적인 정보수집을 하여야 한다. 핵관련 시설 내부의 설비 표면 입자 시료(swipe)와 시설 주변 또는 의심 지역의 토양, 동·식물체, 물, 대기 등의 시료인 일반 환경 시료(bulk)를 채취 및 분석하여 핵활동 여부를 확인하고 정보를 분석하여야 한다. 북한의 핵개발 과정에서 아무리 핵시설이나 설비를 누출 없이 완벽하게 운영한다 하더라도 극미량의 핵물질이 핵시설 내부에 쌓이고 외부로 누출될 수밖에 없으며 고도화된 과학기술 수준으로 채취 및 분석하여 과거 및 현재의 핵활동을 정확하게 분석해 낼 수 있다.

아홉째, 비파괴 분석과 파괴 분석 기술을 이용하여 정보수집 및 분석을 하여야 한다. 핵물질이 붕괴되면서 방출되는 감마선이나 중성자, 붕괴열을 측정하여 핵물질의 종류, 양, 농축도 등을 정확히 분석하는 비파괴 검사를 실시하여야 한다. 또한 시료의 정밀한 원소 분석과 동위원소 조성비 측정을 위한 파괴검사를 실시하여 플루토늄과 우라늄의 비율, 재처리 시기, 원자로에서 연료 인출시기, 우라늄의 농축도 등을 확인하여야 한다.

위에 제시한 기술적 측면에서 정보수집 및 분석 활동의 세부중점을 도표로 정리하여 <표 5-1>에 제시하였다.

<표 5-1> 기술적 정보수집 및 분석 활동 세부중점

<ul style="list-style-type: none"> <li>● 핵신고서 확인               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵물질(Pu, U)</li> <li>- 핵무기</li> <li>- 핵관련시설</li> <li>- 핵전문인력</li> <li>- 핵투발수단</li> </ul> </li>   <li>● 미신고 및 의심시설에 대한 정보 수집               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 영상·신호·인간 정보</li> <li>- 귀순자 진술, 무관 첩보</li> <li>- 국내외 언론</li> </ul> </li>   <li>● 핵개발관련 수출 및 수입 품목 확인               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 원심분리기 재료, 제조 기술</li> <li>- 핵물질, 중간물질</li> <li>- 투발수단</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 국가 및 국제기술수단 활용               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 인공위성</li> <li>- 항공기</li> <li>- 레이더</li> <li>- 무인기</li> </ul> </li>   <li>● 상주감시소 운영 및 원격 감시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 상주 인력 배치</li> <li>- CC TV</li> <li>- 전자 카메라</li> </ul> </li>   <li>● 다영역 감시               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 지진파 감시</li> <li>- 공중파 감시</li> <li>- 대기 포집 및 분석</li> <li>- 환경 방사능 측정</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 다양한 현장사찰               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 기초사찰</li> <li>- 정기사찰</li> <li>- 폐쇄사찰</li> <li>- 특별사찰</li> <li>※ 장부검사, 인터뷰 등 포함</li> </ul> </li>   <li>● 시료채취 및 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 입자 시료(swipe)</li> <li>- 일반 환경 시료(bulk)</li> </ul> </li>   <li>● 비파괴 및 파괴 분석               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 감마선 분석</li> <li>- 중성자 분석</li> <li>- 원소 분석</li> <li>- 동위원소 분석</li> </ul> </li> </ul>
--	---	--

\* 출처 : 필자가 정리한 내용임.

### 3. 판단 및 대응 단계

2007년 6자 회담 10·3 합의 이후 북한의 추가적인 핵실험과 지속적인 중장거리 탄도미사일 발사 시험으로 대화의 단절과 고강도의 경제제재로 대결국면으로 치닫던 남북한 관계도 한국의 문재인 정부가 들어서면서 활발한 대화와 교류가 지속되었다. 그러나 2019년에 북한은 제2차 북·미정상회담 결렬 후 13차례의 단거리 미사일과 대구경방사포, SLBM 등을 발사하면서 한반도 위기를 한껏 고조시키고 비핵화 협상을 외면하고 있다.

이 기간 동안의 북한의 핵에 대한 기술적 검증 측면에서 판단해 보면 아래와 같다. 첫째, 북한의 고도화된 핵능력이다. 북한은 6차 핵실험 이후 ‘대륙간탄도로켓트용 수소탄 시험에서 완전성공했다’고 발표하였다. 미국 본토까지도 핵무기로 공격할 능력을 구비했다고 선언한 것이다. 여기에는 ICBM급 미사일에 핵무기를 장착할 소형화 기술에

대한 논란과 ICBM급 탄도미사일의 대기권 재진입 기술 등에 논란은 분명 있으나 6자 회담 당시의 북한의 핵능력과는 상전벽해(桑田碧海)의 핵능력을 구비하고 있음이 분명하다.



둘째, 북한 핵에 대한 기술적 정보가 매우 제한되어 있다는 것이다. 가장 큰 의문들은 ‘북한은 핵무기를 몇 기 정도 생산하여 어디에 보관하고 있는 것인가?’, ‘영변외의 핵시설은 어느 정도 규모인가?’, ‘수소폭탄 개발은 완성 단계에 이른 것인가?’, “EMP 능력은 어느 정도인가?’, ‘농축우라늄 제조시설은 어디에 얼마만한 능력을 추가적으로 보유하고 있는 것인가?’, ‘핵무기 투발수단인 ICBM, SLBM 능력은 어느 정도 구비하고 있는 것인가?’ 등이다. 그러나 실제 북한의 핵프로그램의 일부를 현장에서 확인한 것은 2010년도 10월에 지그프리드 해커 미국 스탠퍼드대 교수가 약 2,000개의 원심분리기로 구성된 농축우라늄 시설을 직접 확인한 것이 마지막이었다. 한국과 미국의 국가급 정보기관, 군 정보부대와 민간 연구센터 등에서 많은 정보를 수집하였지만 위 물음에 정확한 답을 주고 있지는 못하고 있다.

셋째, 북한은 핵능력의 일부에 대해서만 폐쇄, 동결, 불능화, 해체 조치를 받아들이고 경제제재 해제를 통한 경제발전을 도모하고 있다. 제2차 북·미정상회담에서 이러한 북한의 전략과 의도는 그대로 드러나고 말았다. 영변은 핵관련 시설이 많고 중요하지만 노후화되었고 북한의 핵관련 전체 능력의 최소 1/10에서 최대 5/10 정도의 능력이라고 평가를 받고 있는데 영변만을 내놓고 민생에 관련된 제재를 해제해 달라고 하는 북한의 제안을 미국은 받아들이지 않았다. 미국은 북한의 고농축우라늄 생산 시설, 핵무기 제조 및 저장 시설 등이 북한의 전역에 산재해 있는 점을 감안할 때 북한의 완전한 비핵화를 위한 모든 핵프로그램에 대한 검증은 관철시켜야 한다는 점을 분명히 하고 있다. 반면에 북한은 단계적 비핵화를 요구하며 비핵화 단계마다 상응하는 보상을 요구하면서 적절한 수준의 비핵화 또는 핵군축을 추진하겠다는 의도를 분명히 하고 있다.

넷째, 북한은 핵관련 시설에 ‘셀프 검증’으로 대화 국면을 이어 나가하고자 하고 있다. 풍계리 핵 실험장 폭파와 같이 국제기구와 협상 상대국의 전문가들에 의한 검증보다는 본인들의 의도와 계획에 따라 참관자들을 선정하여 검증받겠다는 의도가 다분해 보인다. 이에 대해 2018년 미국의 스탠퍼드 국제안보협력센터는 <표 5-2> 기술적 관점에서 본 북한 비핵화 로드맵에서 보는 바와 같이 북한은 총 66개의 비핵화 로드맵 대상 과제 중 지하터널 핵 실험장 사용 중지, 핵실험시설 가동 중지, 미사일 새엔진 실험 중지 등 불과 3개 과제만 이행하고 있다고 평가절하하고 있다.



<표 5-2> 기술적 관점의 북한 비핵화 로드맵

 일부 이행
  협상으로 난위도 높은 과제

분 류	구체적 시설 및 활동	단기 목표: 중지(1년)	중기 목표: 되돌리기(2~5년)	장기 목표: 비핵화 완료(6~10년)
핵무기	핵무기 재고	봉인	신고 및 감축	제거 및 검증 (NPT 가입)
핵개발 인력	과학자, 기술자 등	핵개발 활동 중지	핵시설 해체 지원	민간 취업 유도
핵실험	핵실험	중지	금지	핵실험금지조약 (CTBT 가입)
	지하터널	사용 중지	폐쇄	파괴
	실험시설	가동 중지	해체	검증
미사일 실험	대륙간탄도미사일	개발 중지	신고, 불능화 및 감시	파괴
	잠수함탄도미사일· 고체연료 로켓엔진	개발 중지	신고, 불능화 및 감시	파괴
	새 엔진 실험	개발 중지	개발 중단 및 감시	실험 및 개발 금지
	단거리·중거리 미사일	일단 개발 중지	추후결정(허용 가능한 한도 설정)	추후결정(허용 가능한 한도 설정)
	우주발사체	일단 개발 중지	추후 결정	추후 결정
플루토늄	플루토늄 재고	봉인	신고 및 감시	폐기
	5MWe 원자로	동결	시설 해체	폐로
	실험용 경수로	동결	시설 해체 여부 추후 결정	폐로 여부 추후 결정
	영변 연구용 원자로	동결	해체	폐로 또는 다른 시설로 대체
	사용후 핵연료 재처리 시설	가동 중지	해체	폐기
	금속연료 제조 시설 (확인 필요)	가동 중지	해체	폐기
우라늄 농축	농축우라늄 재고	봉인	신고 및 감시	폐기
	영변 농축우라늄시설	가동 중지 및 사 찰	해체 여부 추후 결정	해체 여부 추후 결정
	비밀 농축우라늄시설 (평양 인근 추정)	가동 중지	신고 및 사찰	해체
핵융합 연료	트리튬(삼중수소)	융합로 동결	융합로 해체	삼중수소연료 제거
	리튬-6	생산 중단	생산시설 해체	리튬-6 연료 제거
금수조치	핵·미사일 기술 수출	수출 금지 약속	수출 중지·미사일 기술 통제 체제 (MCTR) 가입	

\* 출처 : Siegfried S. Hecker, Robert L. Carlin and Elliot A. Serbin, "A technically-informed roadmap for North Korea's denuclearization," Center for International Security and Cooperation Stanford University, 2018, pp. 2-11를 참고하여 제작성.

향후 북한 핵에 대한 기술적 검증 측면에서 판단 및 대응 단계의 중점들을 살펴보면 아래와 같다. 첫째, 검증 결과들을 체계적이고 기술적으로 종합을 해야 한다. 전문 기술 인력들에 의한 감시 수단에 의한 감시 결과, 현장사찰에 의한 장부검사 및 인터뷰 결과, 입자 시료 및 환경 시료에 대한 분석과 핵물질의 파괴 및 비파괴검사 결과 등이 종합이 되어야 한다. 아울러 기존의 다른 정보 출처로부터 축적되어 있는 정보들과 비교 분석하는 과정도 필요하다.

둘째, 검증 과정에서 획득한 자료들을 과학적이고 전문적으로 해석하여야 한다. 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법을 통해 획득한 다양한 자료로부터 필요로 하는 결과들을 얻기 위해 자료처리 과정(data processing)을 거쳐 조약 준수 여부에 대한 객관적이고 정량적인 증거 자료들을 도출하여 과학적이고 논리적으로 판단해야 한다. 예를 들어 제2, 제3의 농축우라늄프로그램에 대한 검증도 원료 및 중간물질의 반입량과 사용량과 재고량을 장부검사를 통해 확인하고 중간 공정의 시설들에 대한 시료채취를 통해 우라늄의 동위원소 비율 분석, 고농축우라늄의 농축도 분석, 관련 종사 전문인력에 대한 인터뷰 결과 분석 등을 토대로 농축우라늄프로그램에 대한 평가 결과를 해석해 내야 한다.

셋째, 북한 핵에 대한 검증 결과를 종합하고 해석한 산물을 정치지도자에게 제공하고 북한의 수용 여부에 대한 대비를 해야 한다. 기술적 검증을 주도하는 전문기술 인력들과 협상에 직접 참여하는 외교 관료들과의 검증에 관한 인식과 이해의 차이는 분명히 존재한다. 따라서 전문기술 인력들은 외교 관료들이 검증 결과에 관한 대화와 협상에서 그릇된 판단으로 우를 범하지 않도록 지속적으로 조언하고 도움을 주어야 한다. 또한 북한은 과거에도 과학적이고 기술적인 검증 결과에 대해 시인하지 않았던 사실을 주지하여야 한다. 이에 대해 국제사회와 국제기구들과 기술적으로 협력하여 신고 내용과 불일치되는 사항, 조약 미준수 사항, 미신고 및 의심 시설에 대한 공신력 있고, 과학적인 검증 결과와 해석을 제시하여 검증 결과에 대해 인정하지 않을 수 없도록 유도해 나가야 할 것이다.

북한 비핵화 검증 과정의 협상, 정보수집 및 분석, 판단 및 대응 단계에서 근본적으로 상호협력적 검증이 무엇보다 중요하다고 판단된다. 일방적이고 한쪽의 독자적인 검증 접근은 실패를 할 수 밖에 없다고 생각한다. 검증 원칙과 검증 로드맵에 대한 합의, 검증 대상의 결정, 검증 수단의 채택, 검증 방법의 적용 등이 상호주의에 입각한 상호협력적 검증에서 출발하여 순조로운 과정과 상호 간에 만족할 수 있는 결과들을 이끌어 낼 수 있을 것이다.

## 제2절 검증 대상: 정밀화 검증

북한의 광범위하고 고도화된 핵프로그램에 대한 전문적 지식과 기술을 바탕으로 한 ‘정밀화 검증’이 필요하다. 북한의 핵프로그램은 플루토늄 기반과 농축우라늄 기반으로 크게 구분할 수 있다. 플루토늄은 원자로에서 우라늄-238이 중성자를 포획하여 플루토늄-239가 생성된다. 이 플루토늄-239는 반감기가 2만 4천년 되고 매우 강한 방사선으로 다루기 어렵고 위험한 물질이다. 또한 우라늄-235의 반감기는 약 7억년, 우라늄-238은 약 45억년이나 되고 강한 방사선을 갖고 있지 않기 때문에 작업자들이 쉽게 취급할 수도 있다.

아래 <표 5-3>과 같이 우라늄-235의 농축도에 따라 우라늄은 감손우라늄, 천연우라늄, 농축우라늄으로 구분할 수 있으며 농축우라늄은 다시 우라늄-235 농축도가 20%를 기준으로 저농축우라늄과 고농축우라늄으로 구분하고 고농축우라늄 중 우라늄-235의 농축도가 90%이상인 경우 핵무기급우라늄으로 구분한다.

<표 5-3> 우라늄-235 농축도에 따른 등급 구분

등급	우라늄-235 농축도
감손우라늄(Depleted U)	0.72% 이하
천연우라늄(Natural U)	0.72%
농축우라늄(Enriched U)	0.72% 이상
저농축우라늄(Low Enriched U)	0.72 ~ 20%
고농축우라늄(Highly Enriched U)	20% 이상
핵무기급우라늄(Weapon-grade U)	90% 이상

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『북한 및 이란 핵문제 현안 분석 총서』 Vol. 3: 북한의 재처리/농축 현황, 2019(B), p. 31 에서 재인용

우라늄의 상태는 핵관련 활동에 많은 정보를 제공해 줄 수 있다. 우라늄이 천연 상태와 다른 조성이거나 우라늄의 화학적 성분에 변화가 있을 경우에는 핵관련 활동이 있었다고 볼 수 있다. 농축 과정에서는 여러 공정 중에서 우라늄의 누출이 발생한다. 천연우라늄은 농축하는 과정에서 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)과 같은 가스 형태로 변환되어야 하는데 이 과정에서 누출된 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)이 공기 중의 수증기와 결합하여 가라앉은 UO<sub>2</sub>F는 농축우라늄의 증거가 될 수 있다. 이 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)은 우라늄 금속

으로 재변환되어야 하는데 이 과정에서도 공기 중에 누출이 발생한다.

농축 기술에는 가스확산법, 원심분리법, 공기역학적농축법, 전자기분리법, 레이저농축법, 플라즈마 분리 및 화학적 교환법 등이 있는데 상용화에 성공한 농축 기술은 원심분리법과 가스확산법 등이 있다. 북한은 가스원심분리법을 적용하고 있는데 에너지 소비 면에서 매우 경제적이거나 전기발전체계에서는 독특한 특징을 나타낸다. 원심분리는 고속회전이 필요하기 때문에 선주과수에서 고주과수로의 전환이 요구되는데 이때 주과수변환기가 전선에 특징적인 신호를 보내는데 이것이 탐지가 가능하다. 이와 같이 우라늄농축 과정에 대한 검증만을 하는 데에도 매우 정밀화된 검증이 필요하다.<sup>274)</sup>

핵무기 제작에 필수적인 물질은 플루토늄과 고농축우라늄이다. IAEA에서 정의하는 20kt 핵무기 1개를 제작할 수 있는 유의량(SQ: Significant Quantity)은 플루토늄의 경우 8kg, 고농축우라늄의 경우 25kg이다.<sup>275)</sup> 이 기준은 평화적 용도의 핵물질이 군사적 용도로 전용 유무를 확인하기 위한 것이라고 볼 수 있다.

향후 북한의 검증 대상 중 중점을 두어야 할 사항은 다음과 같다. 첫째, 핵물질 중에서 우라늄농축프로그램에 대한 검증이 중점적으로 이루어져야 한다. 둘째, 핵무기는 연구·제조·저장 체계에 검증이 이루어져야 한다. 셋째, 핵시설은 공개 여부, 중요성과 위협성 등을 고려한 핵심시설 위주의 검증이 이루어져야 한다. 넷째, 핵투발체계는 탄도미사일에 대한 검증이 중점적으로 이루어져야 한다.

## 1. 핵물질 : 우라늄농축프로그램 검증

북한은 1994년 북·미 제네바 합의로 인한 이행과정에서 플루토늄 생산이 차단되게 되자 1990년대 후반부터 우라늄농축프로그램(UEP)에 관심을 갖고 개발을 본격화하였다.<sup>276)</sup> 북한은 비밀리에 우라늄농축프로그램을 추진하고 있다는 국제 사회의 의혹 제기를 줄기차게 부인하였다. 북한이 2009년 5월 25일 2차 핵실험을 하자 이에 대해 동년 6월 12일에 UN 안보리는 북한 제재에 관한 제1874호를 의결하였다. 이에 북한은 크게 반발하면서 동년 동월 13일에 북한 외무성 성명을 통해 ‘실험 단계의 우라늄농축 작업에 착수하였다’고 선언하면서 ‘미국의 적대시 정책과 핵위협으로 인한 자위적인 대

274) 백승혁, 앞의 논문(2003), pp. 253-255.

275) 플루토늄의 경우 실제로 핵무기 1개를 제작하는 데에 필요한 양은 8kg 보다 작게 소요되며 유의량은 핵무기의 임계질량이고 볼 수 있다.

276) 함형필, “북한의 고농축우라늄 핵개발 상황과 우리의 대응방향,” 『국방정책연구』 겨울호, 2007, pp. 10-13.

응 조치의 일환으로서 우라늄농축프로그램에 착수한 것이다'고 밝히면서 우라늄농축프로그램 존재를 최초로 시인하였다. 2009년 9월에 북한은 시험 단계의 우라늄농축 작업이 마무리 단계라고 공언하였고, 동년 11월에는 미국의 핵 과학자 지그프리드 헤커 박사를 초청하여 우라늄농축시설을 처음이자 마지막으로 외부인에게 공개하였다.

북한의 우라늄농축시설은 평양북도 영변 핵 단지에 위치하고 있으며 2010년 당시에는 P-2형 원심분리기 2,000여기가 설치된 것으로 추정하고 있다. 2010년 11월에 북한은 우라늄농축시설의 용량이 8,000kg-SWU 라고 스스로 주장하였는데 이는 고농축우라늄(HEU)을 연간 40kg 정도 생산할 수 있는 능력이다.<sup>277)</sup> 2013년 7월 위성 영상을 통해 우라늄농축시설의 지붕이 기존 대비 2배 정도가 확장된 것으로 확인되어 용량이 16,000kg-SWU로 증대되었을 것이라고 추정하고 있으며 이는 고농축우라늄(HEU)을 연간 80kg 정도 생산할 수 있는 능력이다.<sup>278)</sup>

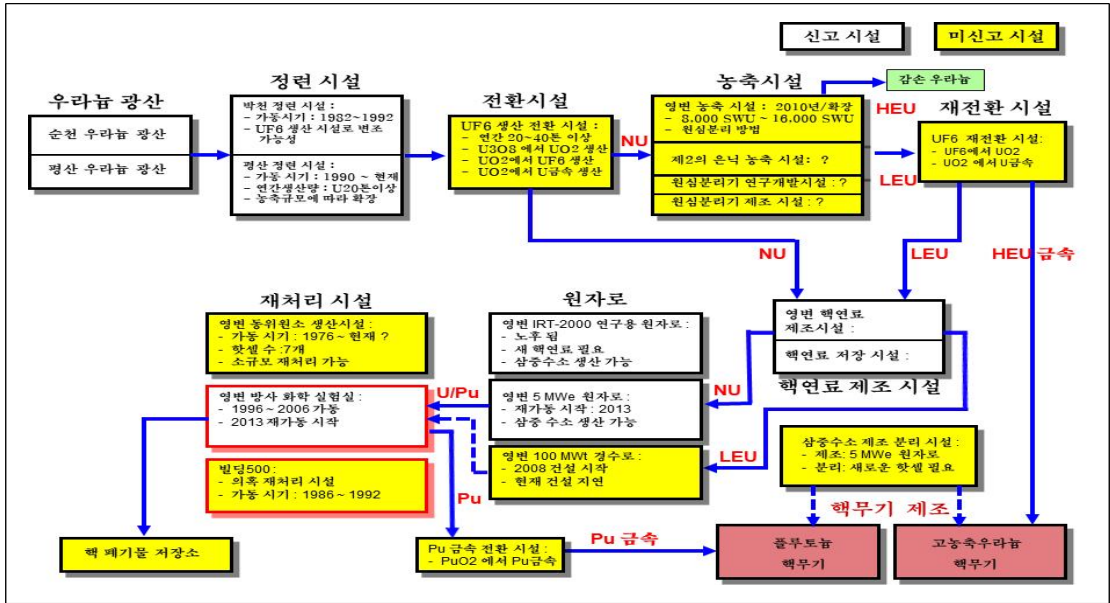
북한의 플루토늄 생산 프로그램은 위성사진에 의해 5MWe 원자로, 재처리시설 등의 가동 상황이 노출될 수밖에 없다. 또한 1992년 IAEA와 안전조치 체결 이후 임시사찰 수용 과정, 1994년 북·미 제네바 합의 이행 과정, 2007년 6자회담의 2·13 합의, 10·3 합의 이행 과정에서 감시와 현장 사찰의 대상이 되어 대부분 외부 국제사회에 알려져 있고 확인이 가능하다. 그러나 우라늄농축프로그램(UEP)은 지하 은밀한 곳에 시설 설치와 가동이 가능하기 때문에 제2, 제3의 우라늄농축시설의 존재를 확인하기가 매우 어렵고 대부분 추정에 의존하고 있어 문제의 심각성이 클 수밖에 없다. 2019년 2월 하노이 제2차 북·미정상회담에서 결렬이 난 주된 이유도 북한은 영변만을 내놓으면서 경제제재 해제를 원했으나 미국은 영변 핵시설은 물론 그 외의 핵시설도 비핵화의 대상임을 분명히 하였기 때문이다. 특히 미국은 영변 외의 제2, 제3 우라늄농축 시설도 내놓으라는 것이다. 핵무기의 원료 물질로 사용되는 플루토늄 제조 공정은 어느 정도 감시와 통제가 가능하지만 우라늄농축프로그램(UEP)은 실제 신고와 검증을 통한 직접적인 감시와 현장사찰을 하지 않고서는 확인 및 통제가 불가능하기 때문이다. 미국은 영변 외에 강선, 분강 등의 지역에 제2, 제3의 우라늄농축시설이 존재할 것이라고 추정하고 있다.

277) SWU(Separative Work Unit)는 '분리작업단위'를 의미하는데 천연우라늄을 농축할 때 필요한 일의 양을 나타내는 단위이다. 한국원자력산업회의, 『원자력용어사전』, 2011. <http://www.kaif.or.kr> (검색일: 2019. 10. 20.).

278) 한국원자력통제기술원 정책연구센터, 『북한 및 이란 핵문제 현안 분석 총서』, Vol. 3: 북한의 재처리/농축 현황 및 특성, 대전: 한국원자력통제기술원, 2019(A), pp. 6-13.

북한의 핵무기 제조 프로그램 가운데 신고된 시설과 미신고 시설을 구분하면 아래 <그림 5-1>와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 우라늄농축프로그램에 대해 미확인된 시설이 다수이다.

<그림 5-1> 북한의 핵무기 제조 프로그램 중 신고·미신고 시설



\* 출처 : 안준호, “CVID와 비핵화 검증,” 2019, p. 56 에서 재인용.

북한의 비핵화를 위해서는 우라늄농축프로그램에 대한 검증이 반드시 필요하다. 특히 우라늄농축프로그램 중에 현재까지 북한이 신고하지 않았거나 미확인되어 있는 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 생산 시설, 우라늄농축 시설, 재변환 및 금속화 시설, 농축장비 및 제조 시설, 농축관련 R&D 시설 등 5개 시설에 대한 연계된 검증이 중요하다. 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 생산 시설은 시설 소재지를 파악하여 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 생산·사용·보유량을 파악하고 불소(F<sub>2</sub>) 화합물 반입·사용량을 확인해야 한다. 우라늄농축 시설에 대해서는 영변 외에 존재하는 시설 소재지 확인, 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 반입·사용·보유량을 파악하고 원심분리기 제원 및 수량 파악, 농축우라늄 시료채취 및 분석을 통한 우라늄 함량 및 농축도 등을 확인해야 한다. 재변환 및 금속화 시설은 농축된 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)을 핵무기 또는 핵연료로 사용하기 위해 금속 우라늄이나 이산화우라늄(UO<sub>2</sub>)으로 화학적 형태를 변환시키는 시설이다. 이 시설 또한 소재가 미확인된 상태로 시설 소재지를 파

약하여 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 반입·사용·보유량 확인, 금속 우라늄 또는 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>) 생산·사용·보유량을 확인해야 한다. 농축장비 제작 및 생산 시설은 시설 소재를 파악하고, 농축 관련 장비 제작 이력·수준, 원료 반입·반출 내역 등을 확인해야 한다. 농축관련 R&D 시설은 시설 소재를 파악하고, 연구용 농축시설의 규모·이력, 관련 조직 및 전문기술 종사 인력 등을 확인할 필요가 있다. 우라늄농축프로그램 가운데 상기 5가지 시설에 대한 세부 검증 대상은 아래 <표 5-4>과 같다.

<표 5-4> 우라늄농축프로그램 세부 검증 대상

순번	시설종류	시설명(소재)	검증 항목	검증 방법
1	육불화우라늄(UF <sub>6</sub> ) 생산 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설 소재 파악</li> <li>생산시설 규모 및 생산 능력</li> <li>약품 (불소 F<sub>2</sub>) 반입 및 사용 내역</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>관련문서 검토(설계 정보, 운영 일지 등)</li> <li>기술인력 인터뷰</li> <li>육안 검사</li> <li>사진 촬영</li> <li>계량</li> <li>시료채취 (입자시료/환경시료)</li> <li>비파괴 및 파괴 검사</li> </ul>
2	농축 시설	영변 농축시설 ※ 추가 존재할 가능성이 높음	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설 소재 파악</li> <li>농축 기기 유형, 수량, 능력</li> <li>고농축우라늄(HEU), 저농축우라늄(LEU), 감손우라늄(DU) 생산량 이력</li> <li>관련 조직 및 종사 인력</li> </ul>	
3	재변환 및 금속화 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>재변환 공정</li> <li>고농축우라늄(HEU), 저농축우라늄(LEU) 재변환 이력</li> <li>UF<sub>6</sub> 반입·사용·보유량</li> <li>U-metal 또는 UO<sub>2</sub> 생산·사용·보유량</li> <li>시설 규모 및 인력</li> <li>운영 기간</li> </ul>	
4	농축 장비 제작 및 생산 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설 소재 파악</li> <li>농축 관련 장비 제작 이력·수준</li> <li>원료 반입·반출 내역</li> <li>해외 조달 및 지원, 수출 및 확산 여부</li> <li>관련 조직 및 종사인력</li> </ul>	
5	농축 관련 R&D 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>시설 소재 파악</li> <li>연구용 농축시설 존재 여부</li> <li>농축 관련 R&amp;D 목적, 내용, 연혁</li> <li>관련 조직 및 종사 인력</li> </ul>	

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『북한의 핵프로그램과 검증』, 2011, p. 92 를 참고하여 필자가 재작성.

## 2. 핵무기: 연구·제조·저장 체계 검증

북한은 핵무기 연구·제조·저장 체계에 관한 신고를 하거나 공개한 적이 없다. 그만큼 노출된 정보도 거의 없고 완전히 비밀에 가려 있다고 볼 수 있다. 북한은 개발한 핵무기를 전략군의 비밀 지하시설에 저장하고 있을 가능성이 높다고 보고 있다. 북한 체제의 특성 상 핵무기는 분산보관 되지 않고 통합보관 되어 있을 것이라고 예상하고 있다.<sup>279)</sup> 북한의 비핵화를 이루기 위해서는 향후 핵무기 연구·제조·저장 체계에 대한 검증이 반드시 포함되어야 할 것이다.

북한이 6차 핵실험을 하고 로동신문에 밝힌 내용들에 대한 검증도 우선적으로 이루어져야 한다. 4차 핵실험의 성과를 바탕으로 수소탄의 모든 구성요소들을 100% 국산화하고 핵물질 생산과 모든 부품 생산, 조립 공정들의 주체화 달성으로 수소탄의 기술적 능력 향상 달성, 핵무기 타격 대상에 따라 수십 kt에서 수백 kt까지 임의로 조정할 수 있는 능력 구비 등에 관한 북한의 주장을 확인해 보는 것이 무엇보다 중요하다고 판단된다.<sup>280)</sup> 특히 북한은 ‘전략적 목적에 따라 고공에서 핵무기를 폭발시켜 광대한 지역에 초강력 EMP 공격까지 가할 수 있다’고 주장하면서 새로운 위협 수단으로 활용하고자 하는 속내를 보이고 있다. 북한 핵무기의 EMP 위력 여부에 대한 확인도 검증에 포함되어야 할 것이다.<sup>281)</sup>

또한 북한이 핵능력을 고도화하기 위해 지속적으로 추진하고 있는 탄두 재진입 시험, 다탄두화(MRV: Multiple Re-entry Vehicle, MIRV: Multiple Independently targetable Re-entry Vehicle), 다탄두기동성재돌입탄도탄(MARV: MAneuverable Re-entry Vehicle) 개발 기술과 능력에 대한 기술적 검증도 관심을 가져야 할 분야이다.<sup>282)</sup>

북한의 핵무기 연구·제조·저장 체계에 대한 검증은 현재까지 외부에 전혀 노출이 되지 않은 4개 시설에 대한 검증이 중점적으로 이루어져야 한다. 먼저 핵무기 연구시설에 대한 검증이 필요하다. 핵무기 연구시설은 핵무기 이론 및 연구 개발, 초고압 상태에서의 핵물질 물리적 특성 및 거동 연구, 기폭장치 연구 및 개발, 핵무기 안전, 통제 시스템 연구 및 개발, 여섯 차례의 핵실험 결과 취득한 데이터 및 설계 개선 등을 수행하고 있을 것이다.

두 번째, 고폭실험 시설에 대한 검증이 필요하다. 고폭실험 시설은 폭발 충격에 피

279) 이상민, “북한의 비핵화 협상전략 전망과 우리의 대응,” 『주간국방논단』 제1710호(18-9), 2018, pp. 8-9.

280) 『로동신문』, 2017년 9월 3일.

281) 박재완, “북한의 EMP 위협과 한국의 대응방안,” 『한국군사』 제5호, 2019, pp. 100-102.

282) 이호령, 앞의 논문(2017), p. 85.



해를 주지 않기 위해서 깊은 산속이나 민가와 이격된 해변, 강변 등의 비교적 넓은 지역에 위치하고 있을 가능성이 높다. 고풍실험 시설에서는 고풍실험 횟수 및 폭발 강도, 사용한 장치와 폭발물 물질의 종류와 양, 실험시설 및 장비의 종류, 수량, 상태, 이력 등에 관한 정보 등이 축적되어 있을 것이다.

세 번째, 핵무기 및 부품 제조 시설에 대한 검증이 필요하다. 핵무기 제조에 사용되는 주요 부품 및 설비로 핵심 중심부(Core pit), 반사재 공급기(Tamper-pusher), 반사재(Reflector), 중성자 공급기(Neutron supplier), 기폭장치(Detonator), 비행금속판(Flying plate), 축전기(Capacitor), 시간설정기(Timer) 등이 있고, 안전·장전·신관·점화(SAFF)시스템, 핵무기 조립시설 등에 대한 검증이 필요하다. 특히 북한이 수소폭탄을 제조하는 데에 필요한 중수, 삼중수소, 리튬(Li-6) 생산 시설에 대한 검증이 필요하다. 중수(D<sub>2</sub>O)는 천연우라늄을 사용하는 원자로의 감속재로서 사용이 되며 삼중수소(Tritium)와 중수소화리튬(6LiD)의 필수성분인 이중수소(Deuterium)를 획득하는 데에 사용된다. 삼중수소는 증폭핵분열탄과 수소탄 핵무기 제조에 필수적인 물질로서 폭발의 효율성을 대폭 증가시킨다. 리튬(Li-6)은 기체나 액체 상태로 존재하는 이 중, 삼중수소의 기압과 온도 조절이 어렵기 때문에 고체인 중수소화리튬(6LiD) 화합물로 이용하여 다루기 쉽고 위력이 큰 핵무기를 제조하는 데에 사용된다. 북한은 리튬(Li-6)과 중수소를 결합한 중수소화리튬(6LiD)를 제조하는 시설은 충분한 전력공급이 필요하고 수은 누출에 의한 공해 우려 등을 고려할 때 수력발전소와 가까이 있는 해변 인근에 있을 가능성이 높다.<sup>283)</sup>

네 번째, 핵무기를 저장하고 있는 시설에 대한 검증이 필요하다. 북한은 완성된 핵무기를 지하시설 또는 핵 투발수단과 인접한 군사시설에 저장하고 있을 가능성이 높다. 또한 북한은 대부분 군사시설 안에 핵무기를 보관하면서 군사시설이라는 이유로 검증 대상에서 제외하려 할 것이다. 따라서 핵무기를 보관하고 있는 시설에 대해 핵리스트 신고서에 포함을 요구해야 한다. 핵검증에 매우 중요하면서 핵협상에 매우 큰 난관이 될 수 있다.

북한의 핵무기 연구·제조·저장 시설 중 우선적으로 검증이 필요한 시설에 대한 세부적이고 기술적인 검증 항목은 아래 <표 5-5>와 같다.

283) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2018), p. 36.

<표 5-5> 북한 핵무기 연구·제조·저장 체계 세부 검증 항목

순번	시설 종류	시설 소재	검증 항목	검증 방법
1	핵무기 연구 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵무기 이론 및 연구/개발</li> <li>• 핵물질의 물리적 특성/거동 연구</li> <li>• 핵무기의 EMP 연구/개발</li> <li>• 기폭장치 연구 개발</li> <li>• 핵무기 안전 system 개발 현황</li> <li>• 관리/통제system 개발 현황</li> <li>• 조직 및 인력</li> </ul>	
2	고폭실험 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 고폭렌즈(Explosive lens) 실험</li> <li>• 비행금속판(Flying plate) 실험</li> <li>• 유체역학(Hydrodynamic) 실험</li> <li>• 고폭장치 실험</li> </ul>	
3	핵무기 및 부품 제조 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵심중심부(Core pit) : 제작된 Pit의 수, 형태, 핵물질 사용량</li> <li>• 반사재 공급기(Tamper-pusher) : 사용물질, 형태</li> <li>• 반사재(Reflector) : 사용물질, 형태</li> <li>• 중성자 공급기(Neutron supplier) : 공급 방식 및 장치 형태</li> <li>• 비행금속판(Flying plate) : 형태 및 제작 수량, 사용폭약</li> <li>• 기폭장치(Detonator) : 형태 및 제작 수량</li> <li>• 축전기(Capacitor) : 형태 및 제작 수량</li> <li>• 시간설정기(Timer) : 형태 및 제작 수량</li> <li>• 안전 시스템(Safing system) : System 성능 및 제작 수량</li> <li>• 장전 시스템(Arming system) : System 성능 및 제작 수량</li> <li>• 신관 시스템(Fusing system) : System 성능 및 제작 수량</li> <li>• 점화 시스템(Firing system) : System 성능 및 제작 수량</li> <li>• 핵무기 조립시설 : 조립체 수 및 보유 부품 현황</li> <li>• 중수, 삼중수소, 리튬(Li-6) : 생산 시설 소재 확인, 생산 능력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 문서검증</li> <li>• 연구인력 인터뷰</li> <li>• 관련시설 및 장비검증</li> <li>• 제작품 확인</li> <li>• 시료채취 및 분석</li> </ul>
4	핵무기 저장 시설	소재 미확인	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵무기 보관 현황</li> </ul>	

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『북한의 핵프로그램과 검증』, 2011, pp. 100-127 를 참고하여 필자가 재작성.

### 3. 핵시설: 핵심시설 검증

리비아 비핵화 과정에서 검증 대상은 농축우라늄프로그램과 핵·미사일 관련 주요장비 및 부품, 핵설계 정보, 핵신고서에 포함되지 않은 의심시설에 대한 검증도 포함되었다. 리비아의 핵관련 기술이 높은 수준이 아니었고, 검증 대상도 많지 않아 약 10개월 정도의 단기간에 검증을 종료할 수 있었다. 그러나 북한 핵에 대한 검증은 리비아와 비교하면 검증 대상 측면에서 큰 차이가 있다. 북한은 6차 핵실험까지 실시하면서 원자탄은 물론 증폭핵분열탄과 수소폭탄까지 개발이 의심되고 있다. 또한 핵물질 획득과정에서도 원자로 연료봉을 재처리하여 획득하는 플루토늄과 우라늄을 농축하여 획득하는 과정의 두 가지 경로가 있다. 또한 핵무기 연구·제조·저장 시설은 군사기지 내부 수많은 지하시설 일부에 은닉하고 있을 것으로 추정되고 있으며 ICBM, SLBM 등의 핵투발수단도 북한 전역에 산재해 있다.

북한 정권이 와해되지 않는 한 북핵 검증은 북한의 자발적 신고와 상호협약에 의해 진행될 수밖에 없다. 이때 북한의 모든 핵시설에 대해 무제한적인 절대 검증을 수행하는 것이 제한될 수밖에 없을 것이다. 따라서 북핵 검증 대상에 대해 검증 우선순위를 분석 및 판단하여 검증을 실시하는 방안을 제안하고자 한다.

검증 우선순위를 선정할 때는 여러 평가 척도를 사용하여 객관적이고 합리적인 방법으로 선정하여야 할 것이다. 이러한 척도로 본 연구에서는 핵관련시설의 신고 및 공개 여부, 핵프로그램에서 차지하는 중요성 정도, 상대 및 인접 국가에 미치는 위협성 정도 등 3가지를 제시하고자 한다. 먼저, 북한은 외부 국가, 기관, 인원들에게 핵관련시설을 공개를 다섯 차례 실시하였다. 1992년 IAEA와 안전조치협정에 따라 5MWe 원자로 등 7개 시설에 대해 신고 및 임시사찰을 수용하였고, 1994년 북·미 제네바합의에 의거 핵연료가공시설 등 5개 시설에 대한 동결 조치를 위해 IAEA와 미국에게 공개를 허용하였다. 2007년 2·13 합의 후속조치에 의거 방사화학실험실 등 3개 시설에 대한 불능화조치를 위해 IAEA 및 6자회담 관련국에게 접근을 허용하였고, 2010년에는 미국의 해커 박사에게 우라늄농축 시설을 공개하였으며 2018년에는 풍계리 핵실험장에 대해 외신기자들을 초청하여 폭파하였다.

둘째, 북한의 핵프로그램 중에서 중요성 정도이다. 북한의 핵프로그램은 크게 플루토늄 생산 프로그램, 농축우라늄 생산 프로그램, 핵무기 개발 프로그램으로 구분하여 볼 수 있다. 각 프로그램은 다시 관련 시설, 물질, 인력 등의 세부적인 항목으로 구분해 볼 수 있다. 플루토늄 생산 프로그램 중에서 플루토늄 생산을 위해 가동되는

5MWe 원자로와 플루토늄을 추출하는 방사화학실험실, 핵무기 원료 물질인 플루토늄의 생산·사용·재고량 등은 매우 중요하게 검증해야 할 대상이다. 농축우라늄 생산 프로그램 중에서 농축우라늄에 사용되는 육불화우라늄(UF<sub>6</sub>)의 생산·재고량과 핵연료 가공시설, 원심분리기와 농축우라늄 시설, 고농축우라늄 생산·사용·재고량 등도 검증의 우선순위가 높은 대상이 될 수 있다. 핵무기 개발 프로그램 중에서 약 7,000여명에 달하는 핵전문인력과 핵폭발장치, 고품 실험시설, 핵무기 부품 및 제조시설, 핵무기 연구시설 등은 검증 가치가 높은 대상이 될 수 있다.

셋째, 북한의 핵이 한국과 주변국들의 안보에 미치는 위협성 정도이다. 북한 핵에 의해 실제적이고 직접적인 위협을 받고 있는 나라는 한국이다. 여기에 일본과 미국까지 북한의 ICBM과 SLBM 등 핵투발수단의 고도화에 따라 핵·미사일 위협을 받고 있다. 따라서 북한의 핵무기 연구·제조·저장시설, 영변 이외의 우라늄농축프로그램, 삼중수소, 리튬(Li-6) 등을 포함하는 수소탄 프로그램 등 한국과 일본, 미국 등에 직접적인 위협이 되는 검증 대상은 높은 검증 우선순위를 부여해야 할 것이다.

북한의 핵 위협을 근원적으로 제거할 수 있도록 북한 핵의 검증 대상을 상기 기술한 바와 같이 우선순위 개념에 의거하여 선정하는 것이 합리적이라 할 것이다. 북한의 모든 핵시설에 대해 100% 완전 검증이 이루어지면 최상이겠지만 여러 가지 마찰 요소와 제한사항을 염두에 두어야 할 것이다. 북한 사회가 70년 넘게 김일성·김정일·김정은 3대 세습 통치로 인한 가장 폐쇄적인 국가 중의 하나이고 선군정치의 일환으로 핵프로그램의 많은 부분을 군사적 보안 영역으로 검증에서 제외시키려는 저항, 주체사상으로 무장되어 외부 검증단에 대한 반발심 등이 거셀 수가 있을 수 있음을 유념해야 할 것이다.

북한 핵관련 시설에 대해 북한의 신고 및 공개 여부, 핵프로그램에서 차지하는 중요성 정도, 상대 및 인접 국가에 미치는 위협성 정도를 분석하여 검증 우선순위를 세 가지 형태(High, Medium, Low)로 아래 <표 5-6>에 제시하였다.

<표 5-6> 북한 핵시설의 검증 우선순위

구분	용도 / 세부 검증 사항	우선순위 판단 근거			우선순위
		공개여부	중요도	위협성	
우라늄 정련시설 (평산, 박천)	엘로우케이크(U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ) 생산/ 엘로우케이크 생산·반출·보유량	공개	Medium	Medium	Medium
우라늄 전환시설	사불화우라늄(UF <sub>4</sub> ) 생산/ 사불화우라늄 생산·반출·보유량	미공개	Medium	Medium	Medium
우라늄 금속화시설	금속 우라늄 생산/ 금속우라늄	미공개	Medium	Medium	Medium
핵연료 가공시설	핵연료 생산/ 핵연료 생산·반출·보유량	공개	High	High	High
IRT-2000 원자로	연구용 원자로/ 핵연료 반입·사용·보유량	공개	Low	Low	Medium
5MWe 원자로	플루토늄 생산을 위한 원자로/ 핵연료 반입·사용·보유량	공개	High	High	High
50MWe 원자력발전소 * 1994년 건설 중지	원자력발전소/ 건설 재개 징후	공개	Low	Low	Low
200MWe 원자력발전소 * 1994년 건설 중지	원자력발전소/ 건설 재개 징후	공개	Low	Low	Low
1000MWe 경수로 * 2003년 건설 중지	경수로/ 건설 재개 징후	공개	Low	Low	Low
방사화학 실험실	플루토늄 추출시설/ 플루토늄 추출·반출·보유량	공개	High	High	High
폐기물 처리시설	핵폐기물 처리/ 핵폐기물 반입·보유량	공개	High	High	High
원심분리기	농축우라늄/ 고강도소재(알루미늄 합금, 마레이징강, 탄소섬유 등)	부분공개	High	High	High
농축우라늄시설	농축우라늄/ 농축시설 제원, 특성, 능력	부분공개	High	High	High
핵 실험장	지하 핵실험용/ 지하터널 입구, 수량, 폭발지점	부분공개	Medium	Low	Low
핵폭발장치	핵폭발 성능 확인/ 사용 핵물질, 설계·실제 폭발력	미공개	High	High	High
핵실험 장비	핵위력 성능, 위력 확인/ 장비 종류, 성능, 수량	미공개	Medium	Medium	Medium
핵시설 종사 전문인력	핵무기 연구, 개발, 생산 인력/ 조직, 규모, 연구 결과	부분공개	High	High	High

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『북한의 핵프로그램과 검증』, 2011, pp. 9-114 를 참고하여 필자가 재작성.

#### 4. 핵투발수단: 탄도미사일 검증

고도화된 북한의 핵·미사일 검증과 관련하여 군비통제 역사 중에 획기적으로 평가 받고 있는 조약중의 하나는 중거리핵미사일폐기조약(INF Treaty)을 주목할 필요가 있다. 1987년 12월 8일 워싱턴에서 미국의 로널드 레이건(Ronald W. Reagan) 대통령과 구소련의 미하일 고르바초프(Mikhail Gorbachev) 서기장이 서명하였고 1988년 6월 1일 발효되었다. 이 조약은 사정거리 500~1,000Km인 중단거리 및 1,000~5,500Km인 중장거리 지상탄도미사일(GLBM: Ground Launched Ballistic Missile), 지상발사순항미사일(GLCM: Ground Launched Cruise Missile)과 관련 발사장치, 보조 장비와 시설, 기지들을 폐기하는 내용을 포함하고 있다. 양국은 중단거리 미사일은 조약 발효 후 18개월 이내, 중장거리미사일은 3년 이내에 각각 폐기 완료하기로 하였으며 폐기 대상 미사일의 발사실험이나 생산도 금지하였다. 이 조약의 구성은 서문과 17개 문항의 본문, 폐기 의정서, 사찰의정서, 특별검증위원회(SVC) 및 핵위험감소센터(NRRC) 설치 및 운영, 양해각서(MOU: Memorandum of Understanding)를 이용한 데이터베이스 구축에 관한 사항 등을 포함하고 있었다. 이 조약은 전 세계인의 주목을 받았다.<sup>284)</sup>

이 조약을 이행한 1988년부터 1991년까지 미국은 북대서양조약기구(NATO: North Atlantic Treaty Organization) 동맹국들에 배치되어 있던 퍼싱(Pershing- I, II)<sup>285)</sup>, BGM 109 지상발사순항미사일(GLCM)과 구소련은 바르샤바조약기구(WTO: Warsaw Treaty Organization) 동맹국들에 배치되어 있던 SS-4, SS-5, SS-12, SS-20, SS-23, SSC-X-4 등 핵·미사일 총 2,692기를 폐기하였다.<sup>286)</sup> 군비통제 조약 중에서 최초로 철저한 상호 검증으로 이루어낸 값진 성과였다.<sup>287)</sup>

북한의 고도화된 핵·미사일 능력에 대해 기술적 검증 측면에서 향후 관심을 가져야

284) 전성훈, 앞의 책(1992), p. 116.

285) 미국의 퍼싱 II 미사일은 퍼싱 I 미사일을 개량하여 최대사거리 1,800km로 2단 고체연료 로켓모터와 관성 및 종말 유도 레이더 체계를 구비하여 정확성이 높고 기동성이 좋은 지상발사 중거리 탄도미사일로 INF 조약이 서명되기 전에 서독의 작전대대에 120발과 108기의 발사대를 보유하고 있었다. 국방부, 앞의 책(2009), pp. 40-41.

286) 구소련의 SS-20 미사일은 SS-2, 4를 개량하여 사거리 5,000km(약 300m의 오차), 고체 로켓모터와 관성항법장치를 구비하고 250kg인 3개의 핵무기를 탑재하여 3개의 목표를 동시에 공격할 수 있는 능력을 갖춘 현대화된 중거리 핵·미사일이었다. 구소련은 1977년과 1987년 사이에 654기의 SS-20 핵·미사일과 509기의 발사대를 48개소의 전략 로켓군 연대에 배치하였다. Jane's Weapon System: 1985-1986, Surrey: Jane's Information Group Ltd., 1986, pp. 9-10.

287) 한용섭, 앞의 책(2015), p. 184.

할 분야는 아래와 같다. 첫째, 북한의 탄도미사일에 대한 검증이 필요하다. 북한의 탄도미사일 대부분은 핵무기를 장착할 수 있는 능력을 갖고 있다. 북한은 운용 목적에 따라 전략적, 전술적 운용이 가능하고 타격 대상에 따라 한반도와 일본, 미국 본토까지도 선택하여 타격할 수 있는 능력을 보유하고 있다는 것이다. 즉 SCUD 미사일은 한반도 전 지역에, 노동 미사일은 일본에, 화성-14형, 화성-15형은 미국 본토까지 타격을 할 수 있다는 것이다. 북한 최고지도자의 의지와 결심에 따라 핵·미사일을 다양하게 운용할 수 있는 능력을 구비하였고 이는 한미 동맹 전력을 억제하고 강압할 수 있는 태세를 구축하고 있다.<sup>288)</sup> 탄도미사일은 매우 복잡한 기술적 요소들을 포함하고 있다. 탄도미사일의 구조는 탄두, 꼬리 날개, 자동조정장치, 꼬리날개, 근접신관, 자이로스코프, 적외선 추적장치, 축전지, 로켓모터, 고정식 앞날개 등으로 수천가지의 원료, 재료, 부품 등으로 구성되어 있다.<sup>289)</sup> 북한의 탄도미사일 관련시설들은 연구개발 및 시험시설, 부품 생산시설, 조립 생산시설, 발사 시설, 보관 시설 등으로 구분하여 검증이 이루어져야 한다.

둘째, 북한은 미사일 추진연료에 대한 검증이다. 북한은 미사일 추진연료를 액체 연료에서 고체 연료로 발전시키기 위한 기술을 발전시켜 왔다. 북한이 개발한 KN-02 단거리 탄도미사일은 고체연료를 주입하고 있다. 2017년에는 고체연료 기반의 북극성-2형을 시험발사에 성공한 것으로 평가된다.<sup>290)</sup> 고체연료를 사용하는 미사일은 액체 연료를 주입할 발사대기 시간이 필요 없어 미사일 저장 시설에서 발사 장소로 바로 전개하여 발사하기 때문에 상대방이 탐지, 식별, 대응할 기회를 박탈해 버리는 것이다. 북한이 계속적으로 추진해 온 고체추진 탄도미사일 기술에 대한 검증이 필요하다.

셋째, 북한의 탄도미사일 이동발사대(TEL: Transporter Erector Launcher)에 대한 검증이다. TEL의 발사체계는 기능에 따라 ‘이동 → 기립 → 발사’ 3단계로 구분할 수 있다. 북한이 ICBM을 TEL로 발사할 수 있는 능력 구비 여부에 대한 논란이 벌어지고 있다. 2019년 11월 6일 한국의 국방정보본부장 김영환 중장은 국회 정보위원회에서 “북한이 중거리탄도미사일(IRBM: Intermediate Range Ballistic Missile)은 TEL에서 발사하는데 성공했지만 ICBM을 TEL로 발사할 능력을 갖추지 못한 것으로 판단된다”고 답변하였다. 북한이 ICBM 발사 시 TEL로 이동, 기립까지만 사용했고 사전 준비된 지상 받침대에 장착하고 차량은 현지 이탈 후 발사가 이루어졌다는 것이다. 이 발언은

288) 홍우택·박창권, 앞의 책(2018), p. 68.

289) 김진무, 앞의 논문(2018, A), pp. 98-99.

290) 박재완, 앞의 논문(2016), p. 168.

약 한달 전인 동년 10월 8일 국회 정보위원회 국정감사에서 "북한은 현재 TEL로 ICBM을 발사 가능한 수준까지 고도화되어 있는 상태"라고 한 답변을 뒤집는 것이었다. 이에 미국의 안킷 판다 과학자연맹 선임연구원은 "북한은 ICBM을 TEL에서 분리해 발사한 것은 차량 훼손을 막기 위한 것"이라고 주장하였고, 제프리 루이스 미들버리 국제학연구소장은 "북한의 ICBM이 TEL에서 발사되지 않는다는 것은 틀린 말이다"라고 한국의 판단을 정면으로 반박하였다.<sup>291)</sup> 북한의 탄도미사일 대부분은 TEL을 이용하여 미사일 보유 기지에서 발사장소로 전개하여 기습적으로 공격할 수 있는 능력을 보유하고 있는 것으로 평가된다. 대량의 미사일을 이동발사대를 이용하여 집중적인 미사일 공격을 가할 경우 사전에 이들의 발사 징후를 파악하여 효과적인 대응을 하기 곤란하여 질 수 있다. 즉 북한의 탄도미사일 위협에 대응하기 위한 한미동맹의 포괄적 미사일 대응 작전개념인 '4D 작전개념'도 크게 제한을 받을 수 있다.<sup>292)</sup>

넷째, 북한의 ICBM, SLBM에 대한 중점적인 검증이 필요하다. 북한은 '사실상의 핵보유국<sup>293)</sup>으로서 핵탄두의 경량화 가능성은 있으나 ICBM에 장착할 수 있는 핵탄두를 성공적으로 실험했는지는 불확실하고, ICBM의 사거리는 연장되었으나 대기권 재진입이나 정확도는 증명되지 않았다는 것이 일반적인 평가이다.<sup>294)</sup> 또한 SLBM 운용 능력을 극대화하려는 여러 징후들이 감지되고 있다. 북한이 SLBM의 기술적인 능력을 고도화하게 되면 한미의 대량 응징을 위협할 수 있는 제2의 타격 능력을 구비할 수 있게 된다.<sup>295)</sup> 북한은 일부 기술적으로 제한사항이 있으나 핵실험을 6차례나 실시하고 핵물질과 핵무기를 보유하고 있으며 다양한 핵 투발수단을 보유하고 최고지도자의 결심만 내리면 언제든지 전략적, 전술적으로 핵무기를 운용할 능력을 구비하고 있다고 평가된다.<sup>296)</sup> 향후 핵 검증에 있어서 북한의 핵 투발수단 즉, ICBM, SLBM 등에 대한 검증은 필수적이다.

291) 「군복입고 나와 자기 말 뒤집는 3성장군」, 『조선일보』, 2019년 11월 7일.

292) 탐지(Detect), 교란(Distrupt), 파괴(Destroy), 방어(Defend)의 모든 분야에서 탄도미사일 위협에 대한 대응 능력을 향상시킨다는 개념이다. 국방부, 앞의 책(2018), p. 52.

293) NPT에서 인정하는 공식적인 핵보유국은 미국·러시아·영국·프랑스·중국 등 5개국이다. 인도, 파키스탄, 이스라엘, 북한 등은 사실상 핵을 보유하고 있으나 NPT 체제하에서 공식적인 핵보유국으로 인정은 받고 있지 못하다. Stephen M. Meyer는 첫 번째 핵실험을 한 국가를 핵보유국의 출현을 의미한다고 하면서 2006년에 1차 핵실험을 한 북한을 사실상의 핵보유국으로 분류하고 있다. Stephen M. Meyer, op. cit.(1984), p. 1.

294) 김진아, "북핵 미사일," 대외학술활동시리즈 2018-2, 한국국방연구원, 2018, p. 3.

295) 홍우택·박창권, 앞의 책(2018), p. 73.

296) 박재완, 앞의 논문(2016), pp. 58-81.



### 제3절 검증 수단: 첨단화 검증

검증 수단에 대한 ‘첨단화 검증’이 필요하다고 본다. 첨단화된 검증 수단의 비약적인 발전으로 검증 대상과 방법 등에도 큰 영향을 미치고 있다. 예를 들어 핵물질의 동위원소 비율을 측정하는 첨단화된 분석 장비로 아래와 같이 기술적 핵검증에 정확하고 신뢰도 높은 정보들을 제공받을 수 있다.<sup>297)</sup> 첫째, 플루토늄과 우라늄의 비율을 측정하는 장비로 신고량과 물질 출입량의 일치 여부를 판단할 수 있다. 둘째, 플루토늄-240과 플루토늄의 비율을 측정하는 장비로 운전 이력과 연소도를 판단할 수 있다. 셋째, 아메리슘-241과 플루토늄-241의 비율을 측정하는 장비로 재처리 시기를 판단할 수 있다. 넷째, 세슘-134과 세슘-137 동위원소 비율을 측정하는 장비로 원자로에서 연료 인출 시기를 판단할 수 있다. 다섯째, 우라늄-235와 우라늄 비율을 측정하는 장비로 농축우라늄도를 판단할 수 있다.

북한 핵에 대한 검증에는 남·북한과 제3국이 각각 독자적으로 운용 가능한 독자 검증 수단과 남·북한과 제3국의 상호 동의와 협조가 필요한 상호협력적 검증 수단이 있을 수 있다. 독자적으로 운용 가능한 기술적 검증 수단에는 군사 및 상업용 위성, 지상·해상·공중에서의 레이더, 기타 부수적인 정보수집 등이 있을 수 있고 남·북한과 제3국의 상호 협의 및 동의가 필요한 현장 감시 장비 운용, 원격 감시 장비 운용, 국제기술수단(MTM) 운용, 영공개방협정을 통한 위성 및 항공 정찰기 운용 등이 있을 수 있다. 핵검증을 위한 가장 중요한 국가기술수단(NTM) 또는 국제기술수단(MTM)인 인공 위성은 해상도 1~4cm의 능력을 구비할 정도로 첨단화되어 가고 있다. 직경 30cm의 크기의 지상물체도 식별할 수 있는 무인정찰기도 운용이 가능하다. 전자광학, 적외선, 합성 개구레이더 등의 탐지 센서를 항공기 등에 탑재하여 선명한 영상 정보를 수집할 수 있다.

#### 1. 영공 개방을 통한 국가·국제기술수단

영공개방(open skies)이란 ‘국가 간에 체결된 협정에 근거하여 검증 사찰국의 사찰관과 감시 및 탐지장비를 적재한 항공기가 피사찰국의 영토를 사찰할 수 있도록 영공 진입을 허용하는 것’을 의미한다.

영공개방에 관한 역사적 사례를 살펴보면 아래와 같다. 1955년 7월 21일 미국, 영

297) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2011), p. 53.

국, 프랑스, 소련 간의 제네바 정상회담에서 미국 대통령 드와이트 아이젠하워(Dwight D. Eisenhower)가 소련에게 영공개방을 제안하였다. 주요 제안 내용은 자국의 모든 군사 기지에 대한 정보를 사전에 상호 교환하고 이를 근거로 상대국의 영공을 비행 정찰하여 수집된 정보를 검증 당사국이 가져간다는 것이었다. 그러나 소련은 영공개방만으로 상대방의 기습공격을 막을 수 없고 이는 스파이 행위라고 제안을 거부하였다. 34년이 지난 1989년 5월 12일 텍사스 A&M 대학교 졸업식에서 미국의 부시 대통령이 과거 아이젠하워가 주장한 영공개방을 다시 제안하였다. NATO와 WTO 가입국들에 대한 상호 영공정찰을 실시하여 상호간에 투명성을 제고시켜 신뢰증진으로 안보 위협을 감소시키자는 것이었다. 이 제안은 많은 국가들의 호응을 받았고, 1990년 2월 12일부터 13일까지 이틀간 캐나다 오타와에서 NATO와 WTO 외무장관 23명이 참석하는 제1차 영공개방 협상으로 이어졌다. 이틀간의 협상 결과 공동선언문을 발표하였는데 그 내용은 ① 가능한 최대의 영공개방과 정찰 비행에 관한 최소한의 제한, ② 연간 할당량에 준해서 정찰 허용, ③ 비무장 항공기와 탐지장비 사용, ④ 비동맹 중립국의 참여 보장, ⑤ 미래 다른 영역에서도 개방 증대 등이었다.<sup>298)</sup> 그러나 NATO와 WTO 양측은 비행 횟수, 비행경로, 감시 및 탐지장비의 종류와 성능, 사용 항공기의 국적, 수집된 자료의 배부 및 공유 문제 등 기술적인 문제에 관해서는 합의를 보지 못하고 차후 회담으로 넘겼다. 동년 4월 23일부터 5월 14일까지 헝가리 부다페스트에서 실시된 2차 회담에서도 영공개방의 침투성(intrusiveness)을 높이려는 미국과 이를 제한하려는 소련의 반대로 쉽게 합의를 보지 못하였다. 그 후 NATO와 WTO 측의 계속된 협상을 통해 의견 차이를 좁혀 드디어 1992년 3월 24일 헬싱키 CSCE(Conference on Security and Cooperation in Europe) 정상회담에서 ‘영공개방조약’이 체결되었다.<sup>299)</sup> 이 조약의 주요 내용은 ① 조약 가맹국들의 모든 영토를 공중 정찰 비행을 위해 개방 허용, ② 매년 각 조약 당사국은 영공정찰 대상 국가를 필요에 의해 변경 가능, ③ 조약 가맹국은 자국의 영토 면적에 비례하여 연간 영공정찰 수용 의무 부과, ④ 탑재 장비는 해상도 30cm의 카메라, 해상도 50cm의 적외선 탐지장비, 해상도 3m의 합성개구레이더(SAR), 비디오 등으로 허용하고 개선된 탐지장비도 추가 허용, ⑤ 항공촬영 시 2개의 테이프를

298) Jonathan Tucker, "Back to the Future: the Open Skies Talks," *Arms Control Today*, Vol. 20, No. 8, 1990, p. 22.

299) NATO 16개국과 폴란드, 헝가리, 루마니아, 불가리아, 체코, 독립국가연합에서 러시아, 우크라이나, 그루지아, 벨라루시 등 총 25개국이 가입하였다. 발효 후 6개월 이내에 CSCE 회원국 뿐만 아니라 세계 어느 나라도 가입할 수 있었다. Vertic, *Trusty and Vertic*, No. 26, 1992, p. 2.

사용하여 촬영하고 1개는 촬영국이 1개는 수검국이 보관 및 관리하며 다른 국가에서 요구 시 복사본을 제공하여 자료의 공유도 허용하였다.<sup>300)</sup>

‘영공개방조약’의 세부 시행절차는 수검국에게 영공정찰 의사를 최소 72시간 전에 통보함으로써 시작이 되었다. 검사국은 수검국에 도착하여 군사시설이나 핵시설 주변의 안전 비행을 위한 비행고도, 경로, 시간 등이 포함된 비행계획서를 제출하면 수검국은 검사국과 협의를 거쳐 8시간 내에 승인을 하도록 해야 했다. 비행계획서에 합의하면 24시간 이내에 비행을 의무화하여 수검국의 거부 권한을 제한하며 단시간 내에 영공정찰을 하도록 규정하였다. 수검국의 관련 요원들은 검사국의 항공기에 탑승하여 허가되지 않은 장비의 탑재 여부를 조사할 권한을 부여받았다. 항공정찰 비행의 시간과 거리는 조약 당사국의 영토 면적에 따라 상이하며 정찰비행 후 검사국과 수검국은 수집된 정보를 서로 공유하게 되었다.<sup>301)</sup>

또 다른 사례로 1991년 5월 11일에 헝가리와 루마니아가 ‘영공개방협정’을 체결하였다. 양국은 바르샤바조약기구의 회원국이면서도 역사적으로 오랫동안 상호 불신이 높았었는데 상호 침략 의혹을 불식시키며 신뢰구축을 위한 수단으로 인식하고 ‘영공개방협정’을 체결하였다. 주요 내용은 ① 연간 4회의 영공정찰 상호 허용, ② 정찰 비행 한도는 비행거리 1,200km나 비행시간 3시간 중에서 먼저 해당되는 것을 적용, ③ 정찰 항공기는 카메라와 비디오를 탑재할 수 있으며 기술적 능력이 향상된 탐지장비도 허용, ④ 수검국은 항공기 이륙 전에 비행계획서를 검토하고 검사를 실시하는 것이었다.<sup>302)</sup>

영공개방은 남·북한이 독자적인 인공위성 감시능력이나 원거리 감시 및 탐지 능력이 제한된 상태에서 군사적 긴장 완화와 완전한 비핵화를 추진하기 위한 효과적이면서 경제적인 검증 수단을 제공할 수 있을 것이다.

남·북한이 전면적이고 포괄적인 영공개방에 부담을 느낀다면 단계적이고 점진적인 영공개방 방안을 추진해 볼 수 있다. 첫 번째 단계에서는 항공정찰 비행고도와 횡수, 지역을 제한하면서 상대방을 자극하지 않는 정찰을 시행하는 것이다. 비행고도에 따라 상대측 감시 지역의 규모가 결정되므로 최초에는 제한을 두고 상호 군사적 긴장 완화를 조성하는 것이다. 두 번째 단계로 신고된 핵시설에 대한 제한된 영공정찰을 실시하

300) 전성훈, 앞의 책(1994), pp. 105-106.

301) Amy E. Smithson, "Open Skies Ready for Takeoff," *The Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 48, No. 1, 1992, pp. 17-21.

302) Marton Krasnai, *Cooperative Bilateral Aerial Inspections: The Hungarian-Rumanian Experience*, in *Open Skies, Arms Control, and Cooperative Security*, New York: St. Martin's Press, 1992, pp. 137-148.

는 것이다. 북한이 요구하는 주한 미군 시설과 핵 확장 억제전력이 전개될 수 있는 주  
 요시설에 대한 항공정찰과 북한이 신고한 핵시설에 대한 정찰을 교환하여 상호주의에  
 따라 항공정찰을 허용하는 것이다. 세 번째 단계로 남·북한 쌍방 영공에 대한 전면적  
 인 개방을 하여 비핵화 대상인 핵관련 연구 및 생산시설, 핵무기 저장시설, 핵투발체  
 계, 약속한 핵시설 폐쇄 및 폐기 등에 대한 항공정찰을 주기적으로 허용하여 조약 이  
 행에 대한 투명성을 제고하여 한반도 신뢰구축을 공고히 해나갈 수 있을 것이다.

궁극적으로 영공개방에 대한 합의를 통해 국가기술수단(NTM)과 국제기술수단  
 (MTM) 사용을 제한 없이 보장하여야 한다. 인공위성, 항공기 등에 합성개구레이더 영  
 상, 전자광학 영상, 레이더 영상, 적외선 영상 등의 탐지 센서를 탑재하여 영상, 신호  
 등의 정보를 상호간에 자유롭게 수집할 수 있어야 할 것이다. 또한 무인 정찰기의 감  
 시 및 탐지 성능도 괄목할 만한 발전을 보이고 있기 때문에 이러한 기술수단도 향후  
 협상에서는 포함이 되어야 할 것이다. 헬싱키 ‘영공개방협정’에서와 같이 남·북한 당국  
 은 물론 제3국의 참여도 보장하여 객관성과 공정성을 향상시킬 수 있을 것이다. 남·북  
 한에 독립적이고 인공위성 감시능력을 보유하고 기상에 제한을 덜 받고 해상도가 높은  
 탐지장비 능력을 구비한 국가들의 참여도 고려해 볼 수 있을 것이다. 미·소 중거리핵  
 미사일폐기조약(INF Treaty)에서 부수방안까지 포함하여 영공개방에 대한 항공정찰  
 시 핵미사일 저장시설의 지붕까지 개방하여 상대국에 조약 이행의 투명성을 보장함으  
 로써 성공적으로 핵·미사일 폐기까지 이루었던 역사적 사례를 주목해야 할 것이다. 영  
 공개방을 통한 국가기술수단(NTM)과 국제기술수단(MTM) 사용은 남·북한 쌍방이 비  
 핵화를 이루기 위한 신뢰구축에 대단히 유용한 시발점이 될 수 있을 것이다.

## 2. 기술적 국제협력 체계

북한의 핵검증은 국제 핵 비확산 레짐의 토대 위에서 추진하는 것이 적절하다고 판  
 단된다. 기본적으로 핵무기의 수평적, 수직적 확산을 방지하기 위해서는 IAEA 안전조치  
 (safeguard) 협정을 준수해야 할 것이다. 또한 1997년 5월에 채택된 강화된 안전조치체  
 제(strengthened safeguards system) 이행을 위한 추가의정서(additional protocol)에 북  
 한이 서명하게 하여 핵검증을 실시해야 할 것이다. 이 추가의정서는 IAEA에 신고하지  
 않은 핵관련 시설물과 신고 내용의 불일치나 의심을 해소하기 위한 접근을 조건 없이  
 허용하고 특정 장소(specific location)와 광역 환경(wide area)에 대한 샘플링을 허용하

고 있다. 또한 핵시설에 대한 통상적 접근은 24시간 전에 사전 통고 후 가능하고 임시 및 정기 사찰이 진행 중인 경우에는 2시간 전에 사전통고 후 사찰관의 접근이 가능하도록 진일보된 내용들이 포함되어 있다. 그러나 문제는 추가의정서 체결은 각국의 의무사항이 아니라는 점에서 여전히 한계를 보이고 있으나 북한의 핵검증을 이 추가의정서에 의거하여 실시하면 최상의 안이 될 것이다.<sup>303)</sup>

북한에 대해서는 NPT 체제에 즉각 복귀시키고 IAEA의 안전조치협정을 체결 및 준수하도록 하는 국제사회의 협력과 노력이 필요하다.<sup>304)</sup> 1970년 NPT 체제가 출범한 이래 북한 핵문제는 세계 평화에 심각한 위협을 주고 있다. 한국과 관련국들은 북한과의 비핵화 협상 과정에서 수사적이고 선언적인 합의보다는 NPT체제 복귀와 IAEA의 안전조치협정을 수용하는 내용이 문서로 포함되어야 한다. 또한 IAEA는 통합안전조치시스템(integrated safeguards)<sup>305)</sup>을 도입하는 등 여러 다양한 노력을 경주하고 있는데 추가의정서 미가입국에 대해서도 NPT 미가입국과 같이 핵물질, 핵장비, 핵기술을 통제하는 등 강제 방안을 적극적으로 시행하여 핵확산 방지 체계를 세계 각국이 준수해 나가도록 해야 한다.<sup>306)</sup> 향후에는 NPT 탈퇴 요건을 강화하고 탈퇴 시 엄중히 책임을 물어야 한다. NPT 탈퇴 자체를 UN헌장 39조에 따라 ‘평화에 대한 위협’으로 간주하고 UN 안보리가 UN헌장 7장의 강제 조치를 취하여야 한다. NPT 회원국으로서 핵관련 기술이나 물질, 장비를 획득한 이후에 NPT 탈퇴를 북한과 같이 허용해서는 안 된다는 것이다. 다만 NPT 탈퇴가 회원국의 허용된 권한임을 인정할 때 탈퇴국이 ‘평화를 위협하지 않을 것이다’라는 거증 책임을 스스로 보일 수 있도록 하는 방안도 고려해 볼 수 있을 것이다.<sup>307)</sup>

한편 중·장기적으로는 현재 논의되고 있는 핵무기금지조약(TPNW: Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons)과 핵군비검증 국제파트너십(IPNDV: International Partnership for Nuclear Disarmament Verification)과 기술적 검증 방안 등에 대해 협력하면서 지속적이고 미래지향적으로 나아가야 할 것이다.

303) 2019년 3월 현재, 추가의정서를 비준한 국가는 134개국이다. 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2019, B) p. 22.

304) 문정인·피터 헤이즈, 『한반도 비핵화와 평화』, 서울: 연세대학교 대학출판문화원, 2015, p. 133.

305) 통합안전조치시스템은 전면안전조치협정, 추가의정서 등을 결합하여 안전조치제도의 효과를 극대화시킨 체계이다. Jill Coody, "INTEGRATED SAFEGUARDS - CURRENT STATUS OF DEVELOPMENT," IAEA-SM-367/3/01, p. 1.

306) 장동희, 앞의 논문(2018), pp. 105-106.

307) 장동희, 위의 논문(2018), p. 109.

먼저, 핵무기금지조약(TPNW)은 핵확산금지조약(NPT)이 핵보유국들이 약속한 비확산 조치 이행 사항이 미흡하고 북한의 핵무기 위협에 대한 대응에 무력함을 느끼면서 핵확산금지조약(NPT)을 보완할 새로운 국제적 레짐에 대한 요구로부터 출발하였다.

2010년 5월에 핵확산금지조약(NPT) 평가회의의 최종 결과 문서(final document) 제6조 80항에 ‘핵무기의 비인도적 결과’에 대한 우려가 포함되었다. 이는 핵무기를 금지하는 국제법 제정을 위한 논의의 출발점이 되었다. 2014년 12월에 오스트리아 비엔나에서 개최된 핵무기의 인도적 영향에 대한 제3차 Conference에서 핵무기를 금지하는 조약을 체결하자는 ‘비엔나 선언(Vienna Pledge)’에 127개국이 서명하였다. 2016년 12월에 개최된 제71차 UN총회에서 남아프리카공화국, 오스트리아, 브라질, 아일랜드, 멕시코 등 57개국이 공동으로 발의한 ‘핵무기금지조약(TPNW)’ 수립을 위한 촉구 결의안이 123개국의 찬성으로 채택되었다. 이 결의안에 따라 2017년 7월에 122개국이 찬성하는 ‘핵무기금지조약(TPNW)’이 채택되었다.<sup>308)</sup> 이 조약은 50개국 이상이 비준한 후 90일이 지나면 발효되는데 2018년 말 현재 총 69개국이 서명하고 19개국이 비준하였다.

핵확산금지조약(NPT)은 핵보유국과 비핵국가의 의무사항이 상이하나 핵무기금지조약(TPNW)은 모든 국가가 차별 없이 의무사항을 준수하도록 하였다는 점이 특징적이다. 따라서 핵확산금지조약(NPT)의 공식적인 핵보유국 5개국인 미국, 영국, 프랑스, 러시아, 중국 등도 이 조약에 가입할 경우에는 새로운 핵무기를 개발, 제조, 보유, 획득 할 수 없게 된다. 이 조약을 반대하는 국가들은 기존의 핵확산금지조약(NPT) 체제를 무력화시킬 것이라 주장하는 반면에 찬성하는 대다수 국가들은 기존의 공식·비공식 핵보유국들의 핵무기를 통제, 감축시킬 수 있는 대안으로 받아들이고 있다.

두 번째, 핵군비감증 국제파트너십(IPNDV)은 핵군비감증 최초의 다자협약체로 미국 국무부와 민간기구인 핵위협방지구상(NTI: Nuclear Threat Initiative)의 주도로 2015년에 설립되었다. 이 기구는 모든 핵보유국 및 비핵국가의 핵 비확산을 추구하고 있다. 이를 위해 핵무기 주기(핵분열성 물질 및 핵무기 생산, 핵무기 재고, 핵무기 해체, 해체 절차에서 발생하는 핵물질의 폐기 등) 전역에 걸친 감시 및 검증 문제의 기술적 해결방안을 모색하고 있다.<sup>309)</sup>

308) 총 193개국 UN 회원국 및 참관 2개국(바티칸시국, 팔레스타인)들 중에서 공식·비공식 핵 보유국 등을 포함하는 71개국은 투표에 불참하였다.

309) 핵위협방지구상(NTI: Nuclear Threat Initiative)은 핵무기를 포함한 대량살상무기의 위협에 대응하기 위해 미국의 윌리엄 페리(William Perry) 前 국방장관과 샘 님(Sam Nunn) 前 국회 상원의원이 주도하여 설립한 민간 연구기관이다.

핵군비검증 국제파트너십(IPNDV)의 Phase I 에서는 2015년 3월부터 2017년 11월까지 총 5차례의 총회와 3차례의 Working Group 회의가 있어 왔다. Phase II 에서는 2018년 3월에 착수 회의(스웨덴 스톡홀름), 7월에 Working Group 회의(한국 서울), 2018년 12월에 6차 총회(영국 런던)를 개최하였다. 2018년 12월까지 Phase별 Working Group의 주요 추진 성과는 아래 <표 5-7>과 같다.

핵군비검증 국제파트너십(IPNDV)의 업무 추진 분야는 핵 비확산의 매우 방대한 영역이라 우선적으로 핵무기의 해체 검증에 주력하고 있다. 논의된 핵무기 해체 단계는 총 14단계로 ① 운반체계로부터 핵탄두 제거, ② 운반 지역에 핵탄두 보관, ③ 장기 저장소로 핵탄두 이송, ④ 해체 전 핵탄두 장기 보관, ⑤ 해체 시설로 핵탄두 이송, ⑥ 해체 시설 내에 핵탄두 보관, ⑦ 해체 시설 내에서 핵탄두 이송, ⑧ 핵탄두 해체, ⑨ 해체 시설 내 분리된 구성품 이동, ⑩ 해체 시설 내에 구성품 보관, ⑪ 다른 시설로 분리된 구성품 수송, ⑫ 구성품의 장기 보관, ⑬ 처분 시설로 구성품 이동, ⑭ 구성품 처분 순으로 절차를 정립하고 기술적 협력을 해 나가고 있다.

향후 북한 핵검증의 강력한 수단중의 하나는 세계 대부분의 국가가 참여하는 공식적인 국제기구와 민간 전문 기관들과 기술적 협력 체계를 구축하는 것이 중요하다고 본다. 북한 핵물질의 처리, 핵시설의 해체 및 평화적 전환, 핵무기의 안전한 폐기 등은 국제 사회가 긴밀한 협조 체계를 구축하고 첨단화된 검증 기술을 공유하여 준비하고 능력을 구비해 나가야 한다고 본다.

<표 5-7> 핵군비검증 국제파트너쉽 주요추진 성과

구 분	작업반	중 점	추진 내용 및 성과
Phase I	Working Group 1	감시 및 검증 목표	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵무기 해체 7원칙</li> <li>• 핵무기 해체 모니터링 단계별 감시·검증 평가 방안</li> </ul>
	Working Group 2	현장 사찰	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 현장사찰 핵심요소 및 핵 폭발장치의 저장과 이동</li> <li>• 해체시설과 민감 정보 방호를 위한 감시의 연속성</li> </ul>
	Working Group 3	기술적 도전과 해결책	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미·영 군비통제 기술협력 및 영·노르웨이 핵무기 해체 검증 프로그램 경험</li> <li>• 핵무기 해체 모니터링 장비 인종</li> <li>• 핵무기 해체 시 감시의 연속을 위한 절차 및 방법</li> <li>• 핵무기 해체 모니터링 및 검증을 위한 현장 적용 기술 데이터 시트</li> </ul>
Phase II	Working Group 4	신고 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 신고 및 검증 시 필요한 주요 요소 검토 (투명성, 정확성, 안전성)</li> <li>• 신고에 기반을 둔 핵탄두 검증의 목적과 역할에 대한 검토</li> </ul>
	Working Group 5	감축 검증	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵무기 해체 14단계 기술·절차에 대한 로드맵 개발</li> <li>• 검증에 대한 체계적 접근 방안을 토대로 한 사찰방안</li> <li>• 보고와 검증 결과의 일치성 평가 방안</li> </ul>
	Working Group 6	검증 기술	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 핵무기 해체 14단계에 대한 기술 적용 가능 방법론 검토</li> <li>• 핵무기 해체 14단계를 반영한 핵물질 기술표 최신화</li> </ul>

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『2018 북핵총서』, 2018, p. 127 을 참고하여 필자가 재작성.



### 3. 국제공동검증단

북한 핵에 대한 비핵화 협상이 타결되고 검증을 실시하게 된다면 검증의 주체에 대한 사전 검토가 되고 준비가 되어야 한다. 북·미간에 핵협상이 진행되고 있고 한반도 주변국인 중국, 러시아, 일본도 과거 6자회담에 참여한 경험이 있기 때문에 북한 핵검증에 직·간접적인 참여를 요구할 수도 있을 것이다. 또한 핵확산금지조약(NPT)체제하에서 IAEA도 북한 핵검증에 대해서는 적극적인 참여를 요구할 것이다. 이러한 점을 고려할 때 북핵 검증을 위한 가칭 ‘국제공동검증단’의 편성 및 운영을 고려할 수 있을 것이다. 이 ‘국제공동검증단’ 편성을 검토할 때 아래 몇 가지 측면에서 고려를 해야 할 것이다.

첫째, 핵확산금지조약(NPT)의 국제 비확산 체제 하의 제한 사항을 고려해야 한다. 본 조약 2조에 ‘핵무기 비보유 조약당사국은 여하한 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치 또는 그러한 무기 또는 폭발장치의 관리를 직접적으로 또는 간접적으로 어떠한 양도자로부터도 양도받지 않을 것과, 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치를 제조하거나 또는 다른 방법으로 획득하지 않을 것과, 또한 핵무기 또는 기타의 핵폭발장치를 제조함에 있어서 어떠한 원조를 구하거나 또는 받지 않을 것을 약속한다’고 명시되어 있다. 이 조항에 의거하여 핵보유국들은 핵 비보유 당사국들의 검증 참여 시 핵무기, 핵 폭발장치, 핵물질 등에 대한 접근을 제한시키려 할 것이다.

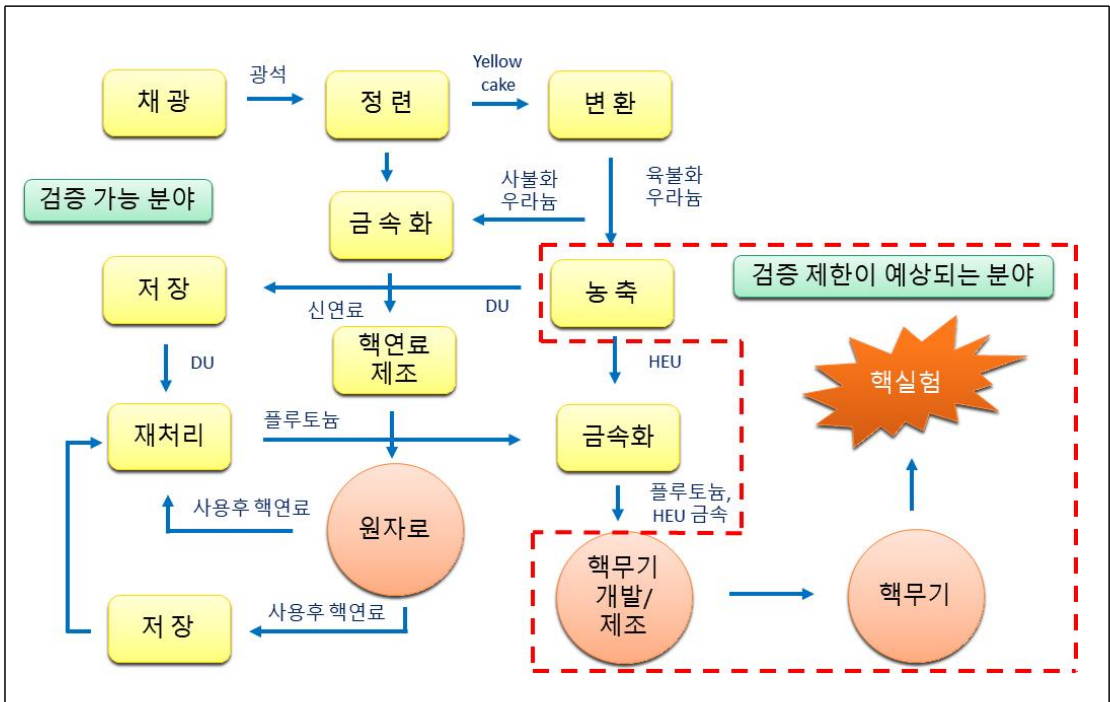
둘째, 북한 핵에 대한 검증 과정에는 많은 비용이 소요될 것이고 이러한 예산 확보에 대한 신중한 고민이 있어야 할 것이다. 검증 기구의 편성과 운영에 소요되는 예산, 핵시설을 해체하고 환경오염 방지를 위해 소요되는 예산, 핵검증과 폐기의 대가로 북한에 대한 지원과 협력에 소요되는 예산 등이 있을 수 있다.<sup>310)</sup> 과거 북·미 체네바 합의에 의거 북한에 대한 보상으로 경수로 2기 건설을 위한 국제기금을 마련하였었다. 한국, 일본, 미국, 유럽 원자력공동체, 오스트레일리아, 캐나다, 뉴질랜드 등이 참여하여 총공사비 46억 달러 가운데 15억 6천 백만 달러가 마련되어 투입된 바 있다.

셋째, 북한 핵에 대한 검증을 수행할 기술적 능력 구비 여부를 고려해야 할 것이다. 핵물질의 원료인 플루토늄과 농축우라늄의 획득 과정, 핵무기 개발·제조·저장 과정, 핵투발수단에 의한 운영 능력, 핵무기 폐기 등에 대한 검증 기술의 보유 유무가 국제공동검증단 참여 자격 유무의 기준이 될 수 있을 것이다.

310) 전성훈, 앞의 책(2007), p. 45.

한국이 단독으로 핵검증을 하기에는 현재 국제 비확산 체제하에서는 제약이 따른다. 한국은 핵무기 비보유국이고 농축우라늄과 핵무기에 관한 기술이 제한적이다. 따라서 IAEA 및 핵보유국들은 핵확산금지조약(NPT)에 의거하여 한국의 북한 농축우라늄과 핵무기 개발 및 제조, 핵무기에 대한 접근을 제한할 것이다. 아래 <그림 5-2>에 점선으로 표시된 영역은 한국의 검증 제한이 되는 분야를 나타내었다.

<그림 5-2> 한국의 핵검증 가능 분야 및 검증 제한 분야



\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『북한의 핵프로그램과 검증』, 2011, p. 44 에서 재인용.

북한의 핵검증을 위한 국제공동검증단 편성에 관한 발전방안을 제시하면 아래와 같다. 먼저, 북한의 핵검증을 위한 외부 국가와 기구에 대한 편성과 참여에 관한 사항이다. 대체적으로 핵검증의 핵심인 사찰에 대한 전문가 그룹과 첨단화된 장비 등을 보유하고 있고 기술적인 역량을 구비한 IAEA 참여는 기본적으로 고려되어야 한다. 여기에 북한의 핵이 한반도는 물론 전 세계의 관심과 이목의 집중을 받고 있기 때문에 당사국인 한국과 북한, 주요 협상국인 미국의 참여는 보장되어야 하고 검증에 관한 기술적 역량과 핵폐기에 관련하여 재정적인 지원을 할 수 있는 국가는 참여할 수 있게 하는

방안이 적절하다고 보여 진다. 아래 <표 5-8>는 검증 참여 가능한 국가 및 기구에 대한 평가를 기술적 능력, 재정적 능력, 참여 의지, NPT 체제하 검증 제한 유무, 북한의 선호도 5가지로 구분하여 제시하였다.

<표 5-8> 검증 참여 가능한 국가 및 기구에 대한 평가

구분	기술적 능력	재정적 능력	참여 의지	NPT 체제	북한의 선호도
미국	매우 높음	높음	매우 높음	제한 없음	보통
한국	보통	보통	매우 높음	부분 제한	보통
중국	높음	보통	높음	제한 없음	높음
일본	높음	높음	높음	부분 제한	낮음
러시아	높음	낮음	보통	제한 없음	높음
EU	높음	보통	보통	부분 제한	보통
IAEA	매우 높음	보통	매우 높음	제한 없음	보통

\* 출처 : 필자가 종합 정리한 내용임.

둘째로 북한의 핵검증 합의에 참여하는 당사국과 관련국이 참여하는 검증에 관한 협조기구를 설치해야 할 것이다.

미·소간의 중거리핵미사일폐기조약(INF Treaty) 이행을 위한 특별검증위원회(SVC) 및 핵위험감소센터(NRRC) 설치 및 운영을 했던 선례를 참고할 필요가 있다.

1988년 6월 1일 INF 조약이 발효되자 미·소 양국은 특별검증위원회를 발족했다. 특별검증위원회는 양국이 조약을 이행하는 과정에서 발생하는 이견들을 토의하고 조정하여 조약의 완전성과 효율성을 도모하는 역할을 수행하였다.<sup>311)</sup> 위원회 위원들이 조약 이행에 관한 문제를 제기할 수 있고, 조약 내 사찰을 수행하는 데에 필요한 절차를 합의하는 역할을 수행하였다. 미·소 양국의 선임 대표가 번갈아 가면서 위원회의 의장 역할을 수행하고 특정 문제를 제기하는 고문 그룹과 전문가로 구성된 운영 실무 그룹으로 나누어 회의를 진행하였다. 특별검증위원회의 가장 중요한 업적은 INF조약 검증 이행과 관련된 양해각서를 체결한 것이었다. 1989년 12월 21일 미국대표 스티븐 E. 스

311) 특별검증위원회(SVC)는 INF 조약을 이행하기 위한 미·소 양국의 최고의결기구로서 양국의 대표는 대사급으로 하였다.

나이더 대사와 소련대표 미하일 N. 스트렐소프에 의해 서명된 양해각서 본문과 6개의 부록은 사찰 통보, 사찰 장비, 주거 및 식사 제공, 사찰관과 사찰 장비의 수송지원 등을 포함하였다. 이 양해각서는 INF 조약 기본문서중 하나가 되었다.

핵위험감소센터는 미·소 양국이 평시에는 핵무기와 관련된 위험을 줄이기 위한 제도적이고 기술적인 방안들을 협의하여 이행하고 비상시에는 양국 간의 즉각적인 의사소통 창구로 역할을 수행하기 위하여 설치하였다. 또한 INF 조약 하에서 모든 자료교환과 검사 결과 통보는 핵위험감소센터를 통해서 이루어졌다.<sup>312)</sup> INF 조약 13조 2항에 공식적으로 조약과 관련한 문제에 관한 지속적인 ‘의사소통’에 대비하여 각국은 핵위험감소센터를 이용할 것이라고 명시되어 있다. 이 조항에는 INF 조약 이행과 관련된 세부적인 정보 교환도 포함하고 있다. 즉, 모든 현장사찰팀에 대한 입국장소 및 도착시간 통보, INF 조약 범위안의 미사일체계 이동 및 폐기 통보, 국가기술수단을 사용하기 위한 협력적 요청방안 통보, 추천된 사찰관, 항공기 승무원, 비행계획 통보, 조약의 사찰 및 폐기 의정서에 관한 설명 등이었다. 1988년 봄에 워싱턴, 모스크바, 비엔나에서 열린 일련의 미·소 INF 조약 기술회담 기간 중에 INF 조약 이행에 관련된 상호 통보 내용에 관한 목록 및 메시지에 관한 의견이 교환되었고, 동년 4월에 핵위험감소센터 양국 국장들이 워싱턴에서 만나 양국의 통신절차와 INF 조약 고유 메시지 전파 유형 36종류를 만들어 사용하는 데에 동의하였다. 조약의 효력이 발생하는 1988년 6월 1일에 미·소 양국 간의 의사소통의 메시지가 최고치에 달했고, 미국과 소련이 기초, 폐기, 폐쇄 사찰과 상주감시소를 본격적으로 운영하기 시작한 7월에서 9월까지 의사소통 횟수는 더욱 빈번해졌다. 양국의 핵위험감소센터 간에는 위성을 이용하여 상대방과 교신을 하였다.<sup>313)</sup>

검증 과정 중에서 침해한 갈등이 예상되는 현장사찰에 관한 협조기구가 중요하다. 사찰의 원칙에 합의하고 사찰의 세부 시행방안에 대한 합의와 이행과정에서 발생하는 이견을 조정하고 해결하며 조약 당사국 간의 의사소통 창구 역할을 할 수 있는 검증 협조기구가 있어야 한다. 여기에는 북한의 비핵화 검증을 위하여 협상을 하고 있는 북한과 미국에 추가하여 당사국인 한국이 참여하는 검증 협조기구가 필요하다고 판단된다.

312) 전성훈, 앞의 책(1992), pp. 208-209.

313) 국방부, 앞의 책(2009), p. 45.

## 제4절 검증 방법: 기술집약적 검증

검증 방법에 있어서 ‘기술집약적 검증’이 필요하다고 본다. 검증은 조약 상대국과의 조약 준수 여부에 대한 정보 불균형을 해소하는 과정이다. 북한이 비핵화에 관한 합의는 수차례 있었지만 이행 과정에서 파열음이 난 주된 이유는 기술집약적 검증에 대한 두려움과 거부감 때문이라고 본다. 과학기술의 고도화로 완전성(completeness)과 정확성(corretness)이 보장된 기술집약적 검증이 가능해져 북한은 이 검증 결과에 대해 무조건 부인할 수가 없기 때문에 과학적 검증 자체를 수용하려 하지 않고 있다. 그러나 북한 비핵화를 달성하기 위해서는 기술집약적 검증 방법을 관철시켜야 한다.

### 1. 상주감시소 운영

남·북한은 1992년 3월 19일 ‘남북핵통제공동위원회 구성·운영에 관한 합의서’에서 한반도의 비핵화를 검증하기 위한 정보(핵시설과 핵물질, 그리고 혐의가 있다고 주장하는 핵무기와 핵기지 포함) 교환에 관한 사항, 사찰단의 구성·운영에 관한 사항, 사찰 대상의 선정, 사찰 절차 및 방법에 관한 사항 등에 관해 협의·추진을 포함하였다. 그 후 13차례의 회의를 한 경험이 있다. 사찰의 원칙과 세부 사찰 방식에 대한 남·북한이 합의는 보지 못하였으나 상호 비핵화 검증을 위한 사찰에 대한 입장을 확인할 수 있었다.

북한이 자국 내 핵시설에 대해 외부 감시 인원들의 상주를 허용한 적은 세 차례 있었다. 첫 번째로 북한은 1985년에 NPT에 가입하여 IAEA의 안전조치협정을 1992년에 체결하여 IAEA 사찰관들의 방북을 허용하고 감시활동을 하게 하였다. 영변 원자로의 핵연료봉 봉인, 감시 카메라 설치, 방사화학실험실의 환경시료채취, 새로운 핵물질의 추가 유입을 확인할 수 있는 감마선 지도 작성(gamma mapping) 등도 수차례 거부 끝에 허용한 바가 있다.

두 번째로 1994년 북·미제네바 합의 시 북한은 경수로 제공에 대한 이행사항으로 핵연료 가공시설, 방사화학실험실, 5MWe 원자로, 50MWe 원자로, 200MWe 원자로 총 5개 시설에 대한 동결 조치를 실시하고 IAEA 사찰관들의 모니터링을 허용하였다. 모니터링 주요 사항은 ① 5MWe 원자로, 핵연료 가공시설, 방사화학실험실 3개 시설에 대해 IAEA 사찰관의 상주를 허용하며 감시, 봉인 및 감시카메라의 장비를 사용하게

하였고, ② 5MWe 원자로에서 인출되는 폐연료봉의 보관 및 처리를 위해 미국 에너지부의 주관으로 사용 후 핵연료를 스테인리스 통(canister)에 밀봉시키는 작업을 허용하였으며, ③ 50MWe 원자로, 200MWe 원자로 건설 현장에 대한 방문을 허용하여 육안 감시 및 사진 촬영을 허용하였다. 이 모니터링은 1994년 11월 23일부터 2002년 12월까지 진행되었고, 북한이 핵동결 해제를 선언한 2002년 12월 12일에 종결되었고 그해 연말에 북한은 IAEA 사찰관 들을 일방적으로 추방하였다.<sup>314)</sup>

세 번째로 6자회담을 진행하면서 2·13 합의 이행사항으로 핵연료 가공시설, 방사화학실험실, 5MWe 원자로, 50MWe 원자로, 200MWe 원자로 총 5개 시설에 대한 폐쇄 조치를 2007년 7월 14일에 실시하였고, IAEA 사찰관들의 모니터링은 2009년 4월 14일까지 허용하였다. 계속하여 10·3 합의 조치사항으로 IAEA 사찰관들에 의해 5MWe 원자로, 방사화학실험실, 핵연료 가공시설 3개 시설에 대한 12개 불능화 조치 중 8개 조치를 이행하도록 하였다. 그러나 2009년 4월 14일 6자회담 파기 선언 이후 북핵 시설에 대한 불능화 조치는 중단되었다.

핵검증을 위한 상주감시소 운영에 대해 북한은 부정적일 수 있다. 상주감시소 운영은 침투성이 매우 높은 사찰의 한 형태로 북한과 같은 권위주의적이고 폐쇄적인 사회 체제에서 쉽게 허용하지 않을 수 있다. 미·소 중거리핵미사일폐기조약에서와 같이 미국과 소련은 서로 핵심적인 핵·미사일 조립 및 생산시설에 대해 1개소씩 상호 상주감시소 운영을 하는 등가적인 거래 방식이었다. 그러나 현재 한국에 무기화 핵프로그램에 대한 시설과 물질, 설비 등이 없기 때문에 북한의 무기화 핵프로그램에 대한 상주검문소 운영 방안에 북한이 반대할 수 있을 것이다. 그러나 앞서 살펴본 바와 같이 미국과 같은 외부 국가와 IAEA 사찰단의 상주 감시를 허용한 적이 있기 때문에 상주감시소 운영을 미리 포기할 필요는 없다고 본다.

북한의 핵심적인 핵시설은 핵물질을 획득하는 플루토늄 생산시설, 농축우라늄 생산시설과 핵무기 조립 및 생산시설, 탄도미사일 생산시설 등으로 열거할 수 있다. 이 시설들 중에서 북한과의 협상을 통해 1~2개소에 한정하여 상시 출입구 감시 사찰을 실시하는 것이다. 상주감시소 운영은 원격 감시와 현장감시 두 가지 방법이 복합적으로

314) 북한이 핵동결을 하는 대신 100만kW급 경수로 2기를 건설해 주는 대북 경수로 제공 사업은 북·미 제네바합의 후 3년이 지나 1997년 8월 19일 착공식을 북한 금호지구에서 하였다. 2002년에는 공사 현장 외부인력(우즈베키스탄, 한국)도 1,500명을 웃돌았다. 2006년 1월에 한반도에너지개발기구(KEDO)가 건설 진도 30%가 진행된 상태에서 사업 종료 선언을 하였다. 『우여곡절의 11년 KEDO 경수로사업』, 『한겨레』, 2006년 1월 8일.

이루어져야 한다. 원격 감시장비는 주기적으로 일정하게 감시를 해야 하는 대상이나 방사능 안전을 고려하여 운용 요원 접근이 제한되는 지역, 시설 등에 운용할 수 있다. 현장 감시장비 운용은 핵검증 대상에 대한 지속적인 감시 및 확인이 필요한 경우에 적용될 수 있다. 예를 들어 북한의 5MWe 연료봉 교체 유무 확인, 농축우라늄 제조를 위한 원심분리기 가동 상태 등을 지속적으로 확인하기 위한 감시카메라를 설치하고 이상 징후를 인지하면 즉각 현장 운용요원이 접근하여 현장 이상 유무를 점검해야 한다. 따라서 현장 감시장비 운용은 확인 및 정비를 위한 운용 요원의 주기적인 현장방문이 보장되어야 한다.<sup>315)</sup>

상시감시소 운영을 위한 사찰단 편성은 남·북한 필수요원만이 참여하는 방안과 제3국의 참여를 허용하는 방안도 있을 것이다. 북한의 핵심 핵시설에 대해 남한의 주요 전략 무기 생산시설과 미국 핵전력 전개 시설에 대한 상주감시소 운영을 맞교환하는 방안도 검토될 수 있을 것이다. 상주감시소 운영도 단계별 시행방안을 협의하여 처음에는 상대방을 자극하지 않도록 상주감시소 운영 규모도 최소로 하고 점차 규모를 확대하고 감시 장비의 설치 및 운영도 확대해 나가는 방안도 고려해 볼 수 있을 것이다. 상주감시소 운영은 침투성이 높은 사찰이지만 핵검증의 투명성을 제고시켜 남·북한의 상호 신뢰 구축은 물론 전 세계가 지지하고 성원을 보낼 수 있는 검증의 역사적 전기를 마련할 수 있을 것이다.

## 2. 통합적 현장사찰

북한 핵에 대한 검증에 대한 합의는 2008년 7월 12일에 제6차 6자회담 수석대표회의 언론 발표문에서 확인할 수 있다. 주요 내용으로 ① 검증체제는 6자의 전문가들로 구성되며 비핵화 실무 그룹에 대해 책임을 지며, ② 검증 체제의 검증 조치는 시설 방문, 문서 검토, 기술 인력 인터뷰 및 6자가 만장일치로 합의한 기타 조치를 포함하고, ③ 필요시 검증체제는 국제원자력기구(IAEA)가 관련 검증에 대해 자문과 지원을 제공하는 것을 환영한다는 것이었다. 또한 농축우라늄프로그램과 핵확산 문제를 염두에 둔 ‘감시체제 구축’과 관련하여 6자회담의 틀 내에서 감시체제를 수립하기로 합의하였고 감시체제는 6자 수석대표들로 구성되고 적절한 당국자에게 권한을 부여할 수 있다고 하였다.<sup>316)</sup>

315) 전성훈, 앞의 책(1992), p. 167.

316) 통일연구원, 『주간 통일정세』 6월호, 서울: 통일연구원, 2008, pp. 30-31.

이후 검증의정서에 관한 협상에서 난항을 겪었다. 북한은 형식적인 검증을 내심 바라고 있었으나 미국에선 ‘허술한 북핵 검증은 안 된다’라는 강경파들의 요구가 거세어졌고, 이에 부시 미국 대통령은 ‘불시사찰’, ‘시료채취’, ‘IAEA의 검증 참여’ 제안으로 북한을 압박하였으며 북한에 대한 테러지원국 해제 조치도 지연시켰다. 북한은 동년 8월 27일에 ‘불능화 중단 및 핵시설 원상복구’라는 성명을 발표하였고, 힐 차관보가 10월 1일에서 3일까지 북한을 방문하여 비공개 협상을 진행하였다. 10월 11일 미 국무부는 “북한이 신고한 시설에 접근하고, 미신고 시설에 대해서는 상호 합의하에 접근하기로 하였으며 시료채취, 핵 감식 등 과학적 절차에 의한 검증을 추진하기로 했으며 북한을 테러지원국에서 잠정적으로 해제했다”고 발표하였으나 북한은 “우리는 시료채취에 합의한 바 없다”고 즉각 반박하였다. 이 시료채취 및 분석은 마치 나무의 나이테를 보듯 북한 핵프로그램의 과거와 현재를 꿰뚫어 볼 수 있는 검증의 핵심적인 기술이나 북한 입장에서는 치부를 드러내는 것이기 때문에 양측이 이견을 좁히지 못하고 검증의정서 채택이 불발되었다.<sup>317)</sup> 비록 검증의정서에 합의를 보지 못하였지만 6자가 의견을 모은 검증 체제의 핵심은 핵프로그램에 대한 현장 방문 즉 사찰을 의미하며 시설 가동일지, 재료 물질의 반입, 사용, 재고량 등에 관한 장부 검사, 핵관련 연구 및 개발에 관련된 문서를 확인하며 핵관련 종사자 가운데 기술 전문 인력에 인터뷰 등을 실시하고 모든 핵프로그램에 대한 감시체제를 구축해야 한다는 것이다. 합의가 6자 회담 참여국간에 이루어졌다는 사실에 주목할 필요가 있다. 여러 검증 수단과 검증 방법을 다양하고 복합적으로 적용하여 합의 사항에 대한 준수 여부를 확인하고 이행을 보장하는 것이었다. UN의 검증 원칙 가운데 하나인 ‘적절하고 효과적인 검증을 위해서는 국가기술수단, 국제기술수단, 기타 국가적 절차 및 현장검사와 같은 다양한 방법이 사용되어야 한다’는 사항에 부합하는 합의를 도출한 것이었다.

남·북한 및 미국은 북한 핵사찰에 대해 원칙적인 면에서 합의를 도출해 내야 한다. 북한의 비핵화를 위한 검증에 있어 결국에는 핵사찰 문제로 귀결되어진다고 볼 수 있다. 북한 핵문제를 해결하는 데에 가장 핵심은 핵사찰에 대한 의견 접근을 하는 것이다. 사찰은 관련 전문가들이 직접 현장을 방문하여 눈으로 보고 관련 장부, 가동 서류 및 기록들을 확인하며 관계관들과 인터뷰를 실시하고 과학적인 장비로 분석하는 과정으로 적대국 사이에 합의하기가 매우 어렵다는 특징이 있다. 북한은 과거 IAEA로부터 임시사찰을 수용한 경험이 있다. 북한은 사찰의 과학적인 접근과 분석, 그 결과가 미치

317) 김태우, “오바마 행정부의 시험대 오른 북핵검증의정서,” 『자유공론』 1월호, 2009, p. 14.



는 파급 효과를 충분히 인식하고 있을 것이다. 따라서 북한은 사찰에 대해 민감한 반응을 보이고 협상에서 회피하려고 하고 있다. 북한은 자신들이 셀프 검증하여 보여주고 싶은 핵관련 시설만을 보여주기를 원할 것이고 이를 통해 자신들이 최대한의 양보를 하였다고 주장할 가능성이 높다. 검증의 가장 중요하고 핵심적인 사찰을 어느 선에서 북한이 수용하도록 할 것인가가 문제 해결의 관건이 될 것이다. 북한이 핵사찰을 외부 국가와 기구에서 일방적으로 들어 와서 주권을 침해하며 조약 위반사항을 캐내려고 하는 것이 아닌 조약 준수를 확인하기 위한 필수불가결한 과정이라는 인식을 갖도록 하는 지속적인 노력 또한 필요하다.

사찰을 시행함에 있어 사찰 목적에 맞게 다양한 유형이 적용되어야 한다. INF 조약 이행과정에서 보는 바와 같이 기초사찰, 폐기사찰, 폐쇄사찰, 특별사찰, 상주감시소 운영 등의 방법이 적용되어야 한다. 미·소간에 INF 조약을 이행하면서 다섯 가지 사찰의 유형을 적용하였다. 즉, 기초(baseline), 제거(elimination), 폐쇄(closeout), 단기통고(short notice), 출입구 감시(portal perimeter) 방법을 적용하였다.<sup>318)</sup> 추가적으로 1997년 사찰 기능이 대폭 강화된 IAEA의 안전조치체제(strengthened safeguards system) 이행을 위한 추가의정서에 따라 북한 핵에 대해 사찰을 실시해야 한다. 미신고 시설 또는 의심 시설에 대한 특별사찰 수용, 특정 장소(specific location) 환경 또는 광역(wide area) 환경 샘플링 허용, 사찰관 접근 시간 단축 등 핵심적인 사찰 내용은 반드시 포함되도록 하여야 할 것이다.

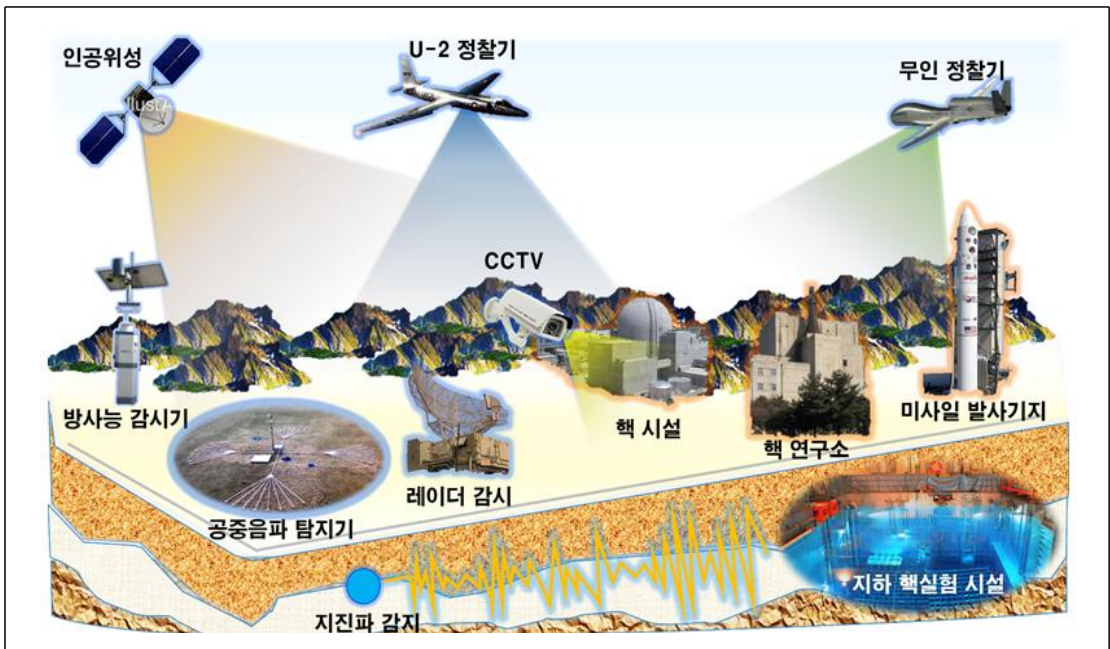
북한의 모든 핵프로그램에 대한 사찰 측면에서 발전방안은 아래와 같다. 먼저, 향후 검증은 현장사찰을 기술집약적 검증 기술과 통합시키는 검증이 요구될 것이다.<sup>319)</sup> 기술집약적 검증은 조약 상대국의 자발적 또는 강제적인 핵 리스트 신고서를 토대로 그 동안의 축적된 위성사진, 항공정찰 자료 등을 수집하여 검토하고 다양한 감시수단을 활용하여 지진파, 방사능, 핵물질, 핵관련 시설 등의 원격·환경 감시결과와 검증 전문가들로 구성된 현장사찰을 통하여 장부검사, 전문 기술인력 인터뷰와 시료채취 및 분석 등 통합적 현장사찰을 실시하여 조약의 준수 여부를 확인하는 행위라 할 수 있다. 세부적으로 운영 개념을 보면 지하에서는 고풍장치 실험과 추가적인 핵실험에 대한 지진파 감시, 지상에서는 특정 핵프로그램 관련 시설에 대한 원격 감시, 핵심 핵시설에 대한 상주감시소 운영, 목적에 맞는 다양한 현장사찰 실시, 해상에서는 핵관련 시설에서 사용되는 냉각수 감시 및 방사능 오염물 감시 및 분석, 공중에서는 대기 중 방사능

318) 국방부, 앞의 책(2009), p. 10.

319) 남만권, 앞의 책(2004), p. 45.

물질에 대한 감시 및 분석, 주기적이고 불규칙적인 인공위성 정찰과 항공기, 무인기 등에 대한 감시 등이 이루어지게 될 것이다. 즉, 향후 핵검증은 지하, 지상, 해상, 공중, 사이버 등 다영역에서 기술적 수단을 활용하고 감시, 사찰, 정밀분석 등을 실시하여 상대방의 조약 준수 여부에 대한 정보 불균형을 해소하는 기술집약적 검증이 이루어져야 할 것이다. 이를 도식으로 나타내면 <그림 5-3>와 같다.

<그림 5-3> 기술집약적 검증 개념도



\* 출처 : 필자가 정리한 내용임.

검증 대상과 세부 검증 적용 범위는 검증 수단과 검증 방법의 기술 가용성에 의해 영향을 받을 수밖에 없다. 예를 들어 북한이 6차 핵실험 직후 ‘대륙간 탄도 로켓 장착용 수소탄 시험 성공’이라고 발표한 바 있다. 이를 어떠한 수단과 방법으로 검증할 것인가? 수소탄 여부를 확인하기 위해서는 중수소, 삼중수소, 리튬(Li-6) 생산시설 등을 확인해야 한다. 또한 대륙간탄도미사일을 확인하기 위해서는 핵탄두의 소형화 여부와 대기권 재진입 여부 기술 등을 확인해야 한다. 이를 확인하기 위한 국가 또는 국제적으로 보유하고 있는 기술적 검증 수단과 이 수단을 운용하고 분석하고 해석할 수 있는 기술적 검증 전문 인력 유무에 따라 검증의 범위와 대상이 달라질 수밖에 없을 것이다.

또한 과학기술의 발달과 함께 다영역에서의 검증 기술을 지속적으로 발전시켜 나가야 한다. 기존 IT에서 취급하던 데이터가 1차원 정보라면 정지 영상은 평면으로 구성되는 2차원 데이터가 되고, 동영상 데이터는 3차원 데이터이다. 군의 정보 자산인 인공위성, 항공기, 무인기 등의 다양한 수단을 이용하여 정보를 획득할 수 있으며 획득 센서에 따라 데이터의 특성과 포맷이 다양하다. 이 MMF(Multi Model and Format) 데이터는 목표 대상물과 센서 간의 기하학적 관계, 다양한 파라미터, 센서의 특징, 기상 조건 등에 따라 다르게 얻어지고 있다. 현재 한국군이 운용하고 있는 군사정보통합처리체계(MIMS: Military Intelligence Management System)는 다차원적인 영상정보수집수단으로부터 수집되는 고용량의 영상데이터에 대한 자동화된 통합 분석 기술이 반영되어 있지 않기 때문에 이를 자동화 처리하는 표준화된 플랫폼 개발이 필요하다.<sup>320)</sup> 또한 한국은 2021년까지 합성개구레이더(SAR)위성, 전자광학(EO)·적외선(IR) 위성 등 군사 정찰위성을 보유하고자 하는 ‘425사업’을 추진 중이다.<sup>321)</sup> 그러나 이 사업도 정찰위성 운영 주체를 두고 국방부와 국가정보원, 개발 주체를 두고 국방과학연구소와 항공우주연구원 등으로 의견이 대립하여 계속 지연되고 있다. 따라서 국방부 주관으로 일원화된 개발과 운영 체계를 갖춰 운영할 수 있도록 법적 근거도 마련하여 추진함으로써 기술 집약적 검증 방법의 발전을 도모하여야 할 것이다.<sup>322)</sup>

### 3. 과학적 시료채취 및 분석

제 2차 세계대전 말부터 미국과 소련은 과학기술의 눈부신 발달로 상호 핵무기를 개발 및 보유를 하게 됨으로써 상호간의 핵무기 검증에 관심을 갖기 시작하였다. 냉전 시기에는 검증의 유일한 수단으로 현장검사를 주장할 수밖에 없었고 이를 상대방에서는 간첩행위라고 주장하면서 쉽게 검증에 관한 합의를 보지 못하였다. 그러나 1950년대 말부터 인공위성이 개발되고 감시 범위와 탐지 능력이 향상된 센서(sensor)와 장비들이 개발되면서 상대국의 영토를 침범하지 않은 가운데 상대국에 대한 정보를 수집할 수 있게 되었다. 이에 따라 미국과 소련, 북대서양조약기구(NATO)와 바르샤바조약기

320) 박찬봉·심동규, “다차원 감시 정보자산 통합 및 지능형 경계체계 기술 소개,” 『정보와 통신』, 2016, pp. 58-63.

321) SAR는 인공위성이나 비행기 등의 탑재체의 움직임으로부터 안테나 위치의 연속적 변화를 통하여 얻어지는 자료들을 조합하여 고해상도의 영상을 얻을 수 있는 방식이다.

322) 문정균, 앞의 논문(2017), pp. 12-13.

구(WTO) 가입국 간에 핵무기와 재래식 무기에 관한 군비통제조약이 체결되고 조약 준수에 대한 여부를 검증하게 되었다. 과학기술의 발달이 인류를 멸절시킬 수 있는 대량살상무기의 개발도 가능하게 하고 이에 대한 제재와 통제를 하게 하는 검증도 견인하였다는 것은 매우 아이러니한 사실이다.

핵검증의 대상이 되는 핵물질, 핵시설, 핵무기, 핵투발수단에 대한 과학적 검증 기술은 비약적으로 발전하였다. 예를 들어 설명하자면 가로, 세로, 높이 10m의 풀장 50개를 가득 채운 물 안에 눈물 1방울을 찾아내는 수준의 정밀하고 과학적인 분석기술을 IAEA와 미국 등 일부 국가들이 보유하고 있다. 먼저, 핵물질 검증을 위한 분석 기술은 비파괴 분석과 파괴 분석 기술로 구분할 수 있다.<sup>323)</sup> 비파괴 분석 기술은 측정 대상인 핵물질의 물리적 변형 없이 핵물질에서 방출되는 방사선을 검출하여 핵물질의 양, 농축도 등을 검증하는 기술이다. 핵물질이 붕괴하면서 방출되는 감마선이나 중성자 또는 붕괴열을 측정하여 핵물질을 분석하는 방법으로 정밀도는 떨어지나 사찰 현장에서 측정 결과를 즉시 알 수 있는 장점이 있어 유용하게 사용되고 있다. 비파괴 분석 방법에는 수동적 방법(passive assay)와 능동적 방법(active assay)이 있다. 수동적 방법은 핵물질 자체의 붕괴 특성에 따라 방출되는 고유 방사선(감마선, 중성자)을 직접 신호로 이용하는 방법이고, 능동적 방법은 핵물질의 외부에서 감마선이나 중성자를 조사(照射, irradiation)하여 핵분열을 유도한 후 방출되는 2차 감마선이나 중성자를 측정하는 방법이다. 감마선 측정 장비는 대부분의 핵물질에서 감마선을 방출하는데 핵물질의 종류에 따라 방출되는 감마선의 에너지와 세기의 차이가 있으며 이러한 감마선의 차이를 판독하여 핵물질의 종류, 양, 농축도, 동위원소 비율 등을 측정할 수 있는 장비이다. 중성자 측정 장비는 핵물질이 자발적인 핵분열(spontaneous fission)과 유도 핵분열(induced fission) 시 중성자를 방출하게 되는데 이 중성자를 계측하는 장비이다. 파괴 분석 기술은 측정대상의 핵물질 일부 또는 시설 주변의 환경시료를 채취하여 실험실에서 시료의 화학적 성질을 측정하여 핵물질의 양 또는 동위원소비 등을 검증하는 기술이다. 즉, 플루토늄과 우라늄의 비율로 핵물질 신고량과 핵물질 사용량의 일치 여부를 확인할 수 있고 플루토늄 동위원소의 비율로 핵 연료봉 재처리 가동 이력을 알 수 있으며 우라늄의 동위원소 비율로 우라늄의 농축도를 확인할 수 있다. 고체 및 액체 형태의 물질에 대해 적용할 수 있는 정밀한 분석 방법이다. 일반적으로 파괴 분석은 ① 시료채취, ② 화학적 상태의 안정성을 유지하기 위한 조치, ③ 포장, 봉인 및 시

323) 한국원자력통제기술원, 앞의 책(2011), pp. 46-66.

료평가 부서로 송부, ④ 공인된 시료분석기관에서 분석, ⑤ 분석 결과에 대한 평가 순으로 실시된다. 분석 기법에는 연소중량법, 엑스레이 형광분석법, 질량분석법 등이 있다.

두 번째, 환경시료 분석 기술은 신고한 핵 활동의 검증 및 미신고 핵 활동 감시에 중요한 기술이다. 특히 핵시설 및 주변시설에서 시료를 채취하여 분석하는 기술은 과거의 핵 활동을 확인할 수 있는 매우 기술집약적인 기술로 인정받고 있다. 핵관련 시설의 설비 표면, 시설 주변 또는 의심 지역의 토양, 식물, 물 등의 시료를 채취하여 분석한다. 특히 북한의 미 공개된 농축우라늄 시설의 존재 여부를 확인하기 위해서는 의심지역 또는 광역 환경시료채취 및 분석이 필수적이다. 과학기술의 발달에 힘입어 극미량의 환경시료로 핵시설의 과거와 현재의 핵 활동을 규명할 수 있게 해준다. IAEA의 안전조치(safeguard)는 환경시료로 입자시료(swipe)와 일반 환경시료(bulk)로 구분하고 있다. 입자시료는 핵관련 시설 및 의심 시설 등의 건물 벽, 창틀, 실험 장비, 내부 구조물 등에서 채취하고 일반 환경시료는 의심 시설이 존재하는 시설 주변 지역에서 토양, 동·식물체, 바다와 강의 물, 또는 퇴적물, 대기 등에서 시료를 채취하여 분석을 실시한다.

세계 핵사찰 시료 정밀분석기관인 ‘국제원자력기구 국제사찰시료분석실 네트워크 (IAEA NWAL)’에서 인증을 부여하는 3대 분석분야가 있다. 첫 번째는 전체 핵물질의 양과 동위원소비를 분석하는 총량분석이고 두 번째는 시료에 중성자를 쏜 뒤 입자의 변화를 통해 핵물질의 존재를 파악하고 재처리 여부를 알아내는 열이온화질량분석이 있으며 세 번째는 세슘 등 물질을 쬐 후속 반응을 통해 핵물질 및 동위원소비를 찾는 이차이온질량분석이 있다. 핵사찰 시료분석은 핵시설 주변에서 채취한 먼지 등의 시료에 포함되어 있는 극미량의 핵물질을 검출하고 분석하는 기술이다. 일반 가정의 공기보다 1만 배 이상 깨끗한 반도체 생산 공정 수준의 실험실을 구비한 시설에서 과학수사를 하듯 핵실험, 핵농축, 재처리 여부를 검증할 수 있는 핵심적이고 필수적인 과학적 분석 방법이다.<sup>324)</sup> 2018년 6월에 한국원자력연구원은 상기 3대 분야의 인증을 IAEA로부터 받은 바 있어 한국의 기술집약적 검증 분석 수준도 세계적인 수준을 유지하고 있다.

324) 2018년 6월 19일 한국원자력연구원(KAERI: Korea Atomic Energy Research Institute)은 프랑스 원자력 및 대체에너지 위원회, 일본 원자력연구개발기구에 이어 세계 세 번째로 핵사찰 시료분석기술 3대 분야 인증을 모두 획득하였다고 밝혔다. 「IAEA도 인정한 원자력 핵검증 능력」, 『동아일보』, 2018년 8월 20일.

과학적 시료채취 및 분석을 위한 기술집약적인 정밀분석 장비 및 분석방법은 아래 <표 5-9>와 같다.

<표 5-9> 핵물질 정밀분석 장비 및 방법

구 분	기기 명칭 또는 분석 방법	주요 용도	비 고
비 파 괴 분 석	Hand-held Assay Probe (HM-5)	우라늄, 플루토늄 및 기타 동위원소의 존재에 대한 정량적 측정	감마선 측정 장비
	I 2000 Multichannel Analyser (IMCA)	우라늄농축, 사용후 핵연료, 플루토늄 동위원소 조성 검증	
	Miniature Multichannel Analyser (MMCA)	우라늄농축 및 사용후 핵연료 검증	
	High Level Neutron Coincidence Counter (HLNC)	20~2,000g 시료내의 플루토늄 확인	중성자 측정 장비
	Inventory Sample Counter (INVS)	0.1~300g 시료내의 플루토늄 확인	
	Active Well Coincidence Counter (AWCC)	고농축 우라늄 내의 우라늄 235 확인	
	Uranium Neutron Coincidence Collar (UNCL)	저농축 우라늄 내의 우라늄 235 확인	
파 괴 분 석	NBL Davies 및 Gray 적정법	우라늄 원소분석	원소 및 동위원소 분석 방법
	MacDonald 및 Savage 적정법	플루토늄 원소분석	
	과장 분석 X선 형광분석법	우라늄, 플루토늄 원소분석	
	열이온화 매스 스펙트로 질량분석법	우라늄, 플루토늄 동위원소 분석	
환 경 시 료 분 석	Low-Background High-Resolution Gamma Spectrometry (HRGS)	세슘(134, 137), 아메리슘(241), 플루토늄(238, 239, 240, 241) 분석	입자 시료 분석 장비
	Thermal Ionization Mass Spectrometry (TIMS)	우라늄, 플루토늄과 그 동위원소 분석	
	Alpha Spectrometry	우라늄(234, 238), 플루토늄(238, 239, 240) 분석	
	Titration $\alpha$ , $\gamma$ -spectroscopy $\beta$ -counting	토양의 우라늄, 플루토늄, 세슘, 스트론튬 및 기타 방사성 핵종 분석	광역 환경 시료 분석 방법
	Gas-chromatography $\alpha$ , $\gamma$ -spectroscopy $\beta$ -counting	기체 및 분진의 방사성 핵종 분석	
	Liquid-chromatography $\alpha$ , $\gamma$ -spectroscopy $\beta$ -counting	액체 및 부유물의 방사성 핵종 분석	

\* 출처 : 한국원자력통제기술원, 『북한의 핵프로그램과 검증』, 2011, pp. 47-60 을 참고하여 필자가 재작성.

## 제6장 결 론

본 연구의 목적은 북한 비핵화 달성에 최대 난관이 되고 있는 검증 과정에 영향을 미치는 요인과 첨단과학기술을 적용한 기술적 수단과 방법으로 북한의 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단 등 모든 검증 대상에 대해 효과적으로 확인하는 기술적 검증 측면의 분석과 그 적용방안에 관한 연구이다.

북한의 비핵화를 이루는데 많은 전문가들이 가장 어려운 과제중의 하나로 검증을 지목하고 있다. 북한이 비핵화 협상에 원칙적인 합의를 했더라도 그 이행 과정은 결코 순탄하지가 않을 것이다. 먼저 검증의정서에 검증 원칙, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 등에 관한 세부적인 사항에 합의하고 진정성 있는 실천 행위가 있어야 비핵화 목표에 도달할 수 있을 것이다. 북한의 비핵화를 이루는 모든 과정에 검증이 이루어져야 한다.

본 연구의 시작은 3가지 문제의식으로부터 출발하였다. 첫째, 지난 30여 년간 북한 비핵화를 추진하는 과정에 어떤 장애물과 난관이 있었는가? 둘째, 북한 비핵화 검증에 영향을 미치는 요소는 무엇인가? 셋째, 기술적 검증의 효과적인 적용방안은 무엇인가? 이었다. 이 문제제기로부터 그동안 비교적 연구 결과가 많이 있어 왔던 정치적 측면의 검증보다는 연구가 미진한 기술적 검증 연구에 중점을 두었다.

본 연구를 통해 검증에 관한 유의미한 연구 결과를 아래와 같이 도출할 수 있었다. 첫째, 30여 년 넘게 북한 비핵화에 실패한 근본적인 원인이 검증의 벽을 넘지 못했음에 있음을 알 수 있었다. 남북 간, 북·미 간, 6자 회담 참여국 간에 수많은 합의와 성명이 이행 과정에서 중단되고 파국을 맞고 한반도의 긴장이 고조되는 상황이 왜 반복이 되어 왔는지에 대한 분석을 하였다. 북한 비핵화 달성의 결정적 난관은 검증 문제였다. 핵검증의 대상과 범위 제한, 검증 수단의 기술과 장비의 사용 제한, 검증 방법에 있어서 특별 사찰과 환경시료의 채취 및 분석에 대한 북한의 거부로 더 이상 진전이 없었다. 특히 기술적 검증 결과에 대해 북한이 전혀 인정하지 않았고, 국제사회의 추가적인 규명 의혹을 위한 검증을 거부하였기 때문에 북한의 비핵화는 실패할 수밖에 없었다는 사실을 알 수 있었다.

둘째, 검증 분야에서 기술적 검증의 효용성을 확인할 수 있었다. 본 연구에서 기술적 검증은 검증 과정, 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법으로 구성이 되어 있다고 보았다. 즉 검증 과정은 협상, 정보수집 및 분석, 판단 및 대응 단계로 구분하여 분석하고 검증 대상은 핵물질, 핵무기, 핵시설, 핵투발수단 등으로 구분하였다. 검증 수단은 국가기술수단 및

국제기술수단, 국제기구, 검증 기구 등으로 구분하였고 검증 방법은 감시, 사찰, 시료채취 및 분석 등으로 구분하여 분석하였다. 이 기술적 검증의 구성 요소가 상호 유기적으로 작동이 되면서 시너지 효과가 발휘되는 유무에 따라 비핵화 달성 성패에 영향을 미치고 있음을 사례분석을 통해 알 수 있었다. 즉, 리비아의 비핵화 달성에는 이 기술적 검증 구성요소가 순기능적으로 상호작용하여 목표를 달성한 반면에 북한의 비핵화 과정에서는 이 기술적 검증 구성요소 간 제대로 상호 작동할 수 없었기 때문에 비핵화에 실패를 할 수 밖에 없었음을 확인하였다.

셋째, 북한 핵프로그램에 대한 객관적이고 사실적인 기술적 평가를 통해 핵검증의 대상, 효과적인 검증 수단과 방법에 대한 접근에 기준과 방향성을 제공해 주었다고 본다. 북한의 비핵화를 달성하는 데에 검증 대상이 정확히 무엇이고 검증 대상에 대한 기술적 평가를 통해서 검증의 우선순위를 판단하여 선택적이고 효과적인 검증 수단과 검증 방법에 대한 기준을 제공해 주었다고 판단된다.

넷째, 과학기술의 발달에 따라 효과적인 국가기술수단(NTM), 국제기술수단(MTM)이 사용될수록 핵검증 이행에 관한 정보 불균형을 해소할 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 핵 개발 관련 기술의 발전 수준은 외부에서 가늠하기 어렵고, 핵 관련 시설과 설비들은 은폐되어 확인하기가 쉽지 않으며 핵 관련 부품과 물자들은 산업 용도와 구별하기가 어려워지고 있다. 그럼에도 불구하고 과학기술 발달의 산물인 인공위성에 의한 감시, 영공 개방에 의한 유·무인 항공 정찰의 허용, 지하·지상·해상·공중·사이버 영역에서의 감시와 탐지장비의 사용 등은 북한 핵검증에 관한 정보의 획득을 가능하게 하여 검증의 목적을 용이하게 달성하도록 해 줄 것이다.

다섯째, 핵검증에 있어서 감시, 현장사찰, 시료채취 및 분석 등에 다양한 기술적 검증 방법이 적용되어야 상호 오해와 불신을 불식시키고 신뢰 구축으로 비핵화를 달성할 수 있음을 확인할 수 있었다. 리비아 핵검증에 있어서도 핵 관련 시설에 대한 장부검사, 가동 및 운영 일지 분석, 핵무기 설계도면 분석, 전문 및 종사 인력에 대한 인터뷰, 시료채취 및 분석 등의 다양한 방법을 적용하여 비교적 단시간 내에 핵폐기, 핵물질 및 관련 부품의 해외 반출까지 소기의 목적을 달성할 수 있었다. 이러한 다양한 기술적 검증 방법에 대한 검증 결과에 대해 상호 불신과 이의 제기가 없었기에 신뢰감이 형성되어 핵·미사일 폐기와 비핵화에 성공했음을 확인할 수 있었다.

본 연구의 학문적 함의를 열거하면 아래와 같다. 첫째, 비핵화 이론에 토대를 두고 검증 이론을 중심으로 역사적 비핵화 검증 사례를 살펴보고 북한 비핵화 검증에 적용을 시도한 연구이다. 비핵화 이론과 군비통제 이론에 관한 연구와 이에 대한 실제 사례연구



를 통한 이론 증명하는 연구들은 많이 이루어졌으나 검증 이론에 대한 연구와 이에 대한 실제 사례연구를 통한 검증 이론의 증명은 거의 없었다.

둘째, 북한의 고도화된 핵에 대한 기술적 검증 분야에 집중적인 연구를 처음으로 시도하였다. 대부분 검증에 관한 일반적인 과정 및 분석, 핵협상의 일부분으로 검증 문제에 관한 연구, 북한 비핵화를 위한 일반적인 검증 전략 등에 관한 연구가 주류를 이루었다. 기술적 검증에 관한 기존 연구는 북한 우라늄농축프로그램에 관한 제한적인 분야에 대한 기술적 검증에 관한 것이 있을 뿐이다. 북한 핵프로그램 전체에 대한 기술적 평가와 기술적 검증 측면에서 연구를 시도한 점에서 학문적 가치가 있다고 할 수 있다.

셋째, 사회과학적 연구와 과학기술적 분야를 연계하여 연구를 한 점이다. 기존 연구들은 검증에 대한 접근을 대부분 정치적 측면으로 접근하였고 이에 대한 시각에서 분석을 하고 종결되었다. 본 연구에서는 북한 비핵화의 최대 관건인 검증 과정에서 검증 대상, 검증 수단, 검증 방법 측면에서 객관적인 사실과 이론의 증명을 위해 과학기술적 사고와 분석을 사회과학 연구에 접목시키기 위해 노력하였다.

넷째, 기술적 검증에 관한 연구는 향후 한반도에 적용하여 상호 신뢰성 있는 검증을 관철시켜 핵 없는 한반도를 실현하는 데에 기여할 수 있는 연구 산물이라 기대해 본다. 검증이 없는 북한의 비핵화는 언어유희에 불과하다고 본다. 남북, 북·미, 그 외의 국가가 참여하는 북한의 비핵화 협상에 원칙적으로 합의하여 이 학문적 연구가 북한의 핵을 검증하는 과정에서 긴요하게 활용될 수 있을 것이라 전망한다.

본 연구를 통해 정책적 제안을 하면 다음과 같다. 첫째, 기술적 검증의 접근 원칙에 따라 검증을 대비해야 한다. 검증 과정에서는 상호협력적 검증(collaborative verification), 검증 대상 측면에서는 정밀화 검증(precise verification), 검증 수단 측면에서는 첨단화 검증(high-tech verification), 검증 방법 측면에서는 기술집약적 검증(technology-intensive verification)을 제시하였다. 검증에 대해 국가적으로 정책이 수립되어 목표, 조직 및 편성, 검증 로드맵, 세부 이행계획, 예산 반영 등이 종합적으로 이루어져야 할 것이다.

둘째, 국제공동검증단에 주도적으로 참여할 수 있는 기술적 역량을 구비해 나가야 한다. 원자력안전위원회 산하의 한국원자력통제기술원, 한국원자력연구원, 한국원자력안전기술원과 국방부 예하의 군비통제검증단, 국방과학연구소, 국군화생방방호사령부, 외교부 예하의 국제기구국, 원자력 비확산 외교기획관실, 북핵외교기획단, 통일부 예하의 통일정책협력관실, 국정원 등의 관련 기관들이 검증에 대한 개념을 공유하고 주기적인 훈련과 연습을 통해 검증 역량을 구비해 나가야 할 것이다.

본 연구의 제한사항과 향후 연구 방향을 열거하면 다음과 같다. 첫째, 북한 비핵화를

이루기 위한 가장 큰 난관은 검증 분야라는 가정에서 출발하였다. 관점에 따라 북한 비핵화를 이루는데 가장 어려운 과제로 검증 이외에 북한 정권 및 체제 안정보장, 경제제재 해제 및 경제적 보상, 비핵화 단계와 범위 등을 주장하기도 한다. 북한 비핵화를 달성하는 데에 가장 지배적이고 어려운 난제로 검증 분야로 한정하고 다양한 주장을 모두 고려하고 포함하지 못하였다는 점은 아쉽게 생각한다. 따라서 북한 비핵화를 달성하는데 검증 이외에 영향을 미치고 해결해야만 하는 과제에 대한 연구와 이를 모두 포함하는 연구가 이루어졌으면 한다.

둘째, 검증의 기술적 분야와 정치적 분야를 통합한 검증 분야에 대한 연구가 미흡하였다고 본다. 검증은 정치적 영역과 기술적 영역인 교차하는 행위과정이다. 더욱이 외교적, 경제적, 사회문화적 상황과 요인들도 검증에 분명히 검증에 영향을 주고 있다는 점을 고려하면 기술적 검증 분야에 대한 본 연구는 제한된 분야에 대한 연구 결과일 수 있다. 따라서 차후에는 검증에 영향을 미치는 기술적, 정치적, 외교적, 경제적, 사회문화적 요소들을 통섭하여 검증 이론을 입증하는 연구들이 이어졌으면 한다.

셋째, 북한의 핵·미사일에 대한 기술적 평가를 하고 기술적 검증 대상, 수단, 방법을 구체화하기 위한 객관적인 정보 수집이 제한되었다. 북한의 핵·미사일에 관한 구체적인 정보들이 군사 보안의 영역이고 북한의 일방적인 발표와 주장만으로는 객관적으로 신뢰하기에 어려운 점들이 많은 것이 사실이었다. 이를 극복하기 위해 저명한 학술지와 국내·외 권위 있는 정부 및 민간연구소의 논문, 정책 및 연구보고서를 참고하였는데 북한의 핵·미사일에 대한 기술적 능력과 실태를 파악하는 데에는 분명한 한계가 있었다. 이러한 맥락에서 향후에는 군사 정보에 대한 접근이 국민들의 알 권리 측면에서는 어느 정도는 서로 공유되어 문제 해결의 대안을 찾는 시발점이 되었으면 한다.

기술적 검증에 관한 연구를 한 본 논문이 밑거름이 되어 그동안 UN과 IAEA 등 국제기구와 한국과 미국 등 세계 많은 국가들의 노력이 결실로 이어져 북한의 완전한 비핵화 달성에 도움이 되기를 기대한다.

## 참 고 문 헌

### 1. 국내문헌

#### 가. 단행본

- 국가안보실, 『문재인 정부의 국가안보전략』, 서울: 국가안보실, 2018.
- 국가안전기획부, 『군축조약집』, 서울: 국가안전기획부, 1989.
- 국군화생방방호사령부, 『2015년 하반기 합동화생방기술정보』, 서울: 국군인쇄창 재경지원대, 2015.
- \_\_\_\_\_, 『2018년 합동화생방기술정보』, 서울: 국군인쇄창 재경지원대, 2018.
- 국방부, 『군비통제란?』, 서울: 국방부, 1992.
- \_\_\_\_\_, 『군비통제의 이해와 남북 군비통제 방향』, 서울: 국방부, 2000.
- \_\_\_\_\_, 『INF 조약하의 현장사찰: ON-SITE INSPECTIONS UNDER THE INF TREATY』, 서울: 군비검증단, 2009.
- \_\_\_\_\_, 『2018 국방 백서』, 서울: 국방부, 2018.
- 군사학연구회, 『군사학 개론』, 서울: 플래닛미디어, 2016.
- 권태영·노훈·박휘락·문장렬, 『북한 핵·미사일 위협과 대응』, 경기 성남: 북코리아, 2014.
- 김동수·안진수·이동훈·전은주, 『2013년 북한 핵프로그램 및 능력 평가』, KINU 연구총서 13-11, 서울: 통일연구원, 2013.
- 김열수, 『국가안보: 위협과 취약성의 딜레마』, 서울: 박영사, 2017.
- 김창호, 『물리·화학 핵심용어사전』, 서울: 시공사, 2010.
- 남만권, 『군비통제 이론과 실제』, 서울: 한국국방연구원, 2004.
- 문광건, 『남·북한 군비축소 방안』, 서울: 국방연구원, 1997.
- 문정인·피터 헤이즈, 『한반도 비핵화와 평화』, 서울: 연세대학교 대학출판문화원, 2015.
- 백진현, 『군비통제 검증관련 기구 및 법령에 관한 연구』, 서울: 한국전략문제연구소, 2001.
- 서보혁 등 5명, 『대북 제재 현황과 완화 전망』, KINU 정책연구시리즈 18-03, 서울: 통일연구원, 2018.
- 송민순, 『빙하는 움직인다』, 경기 파주: 창비, 2016.
- 왕선택, 『북핵위기 20년 또는 60년』, 서울: 선인, 2013.

- 이기문, 『동아 새국어사전』, 서울: 두산동아, 2013.
- 이상우, 『국제관계이론』, 서울: 박영사, 1999.
- 이상철·김옥준, 『국제협상: 이론과 실제』, 대구: 계명대학교 출판부, 2016.
- 이수혁, 『전환적 사건』, 서울: 중앙북스, 2008.
- 이용호, 『현대 국제군축법의 이론과 실제』, 서울: 박영사, 2019.
- 장준익, 『북한 수소탄 위협과 그 대비책』, 경기 고양: 서문당, 2018.
- 전경만·임수호·방태섭·이한희, 『북한핵과 DIME 구상』, 서울: 삼성경제연구소, 2010.
- 전성훈, 『군비통제 검증 연구: 이론 및 역사와 사례를 중심으로』, 서울: 민족통일연구원, 1992.
- \_\_\_\_\_, 『북한 핵사찰과 군비통제 검증』, 한국 군사·사회연구소 연구총서(94-2), 서울: 사단법인 한국 군사·사회연구소, 1994.
- \_\_\_\_\_, 『북핵폐기 한반도 모델: 기본원칙과 추진방향』, KINU 정책연구시리즈 07-08, 통일연구원, 2007.
- 정옥식, 『글로벌 아마켓톤: 핵무기와 NPT』, 서울: 책세상, 2010.
- 찰스 프리처드, 『실패한 외교: 부시, 네오콘 그리고 북핵 위기』, 경기 파주 : 사계절, 2008.
- 통일교육원, 『2018 북한 이해』, 서울: 통일부, 2017.
- \_\_\_\_\_, 『주간 통일정세』 6월호, 서울: 통일연구원, 2008.
- 한국과학기술단체총연합회, 『과학기술대사전』, 서울: 아카데미서적, 2005.
- 한국원자력연구원, 『북핵폐기와 검증에 관한 연구』, 대전: 한국원자력연구원, 2007.
- 한국원자력통제기술원, 『북한의 핵프로그램과 검증』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2011.
- \_\_\_\_\_, 『북핵 인프라 관리 핸드북』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2015.
- \_\_\_\_\_, 『2018 북핵 총서』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2018.
- \_\_\_\_\_, 『북한 및 이란 핵문제 현안 분석 총서』 Vol. 3: 북한의 재처리 / 농축 현황 및 특성, 대전: 한국원자력통제기술원, 2019(A).
- \_\_\_\_\_, 『해외검증사례 비교연구 및 검증방안 개발』, 대전: 한국원자력통제기술원, 2019(B).
- 한용섭, 『한반도 평화와 군비통제』, 서울: 박영사, 2015.
- \_\_\_\_\_, 『북한 핵의 운명』, 경기 파주: 박영사, 2018.
- 합동참모본부, 『합동연합작전 군사용어사전』, 합동교범 10-2, 서울: 국방부, 2014.
- \_\_\_\_\_, 『비핵화에 대한 이해 I』, 서울: 국방부, 2018.
- 홍우택, 『북한의 핵·미사일 대응책 연구』, KINU 연구총서 13-09, 서울: 통일연구원, 2013.
- 홍우택·박창권, 『북한의 핵전략 분석』, KINU 연구총서 18-14, 서울: 세일포커스, 2018.

## 나. 논문

- 곽길섭, “김정은 권력공고화 과정에 관한 연구: 제도·상징·정책을 중심으로,” 건국대학교 박사학위 논문, 2012.
- 김근식, “비핵화 모델의 사례와 교훈: 문재인 정부의 ‘코리아 모델’은 성공 가능한가?,” 『한국과 국제정치』 제35권 제1호, 경남대학교 극동문제연구소, 2019.
- 김법현·이승철, “핵·미사일 능력 고도화에 따른 대응전략,” 『한국동북아논총』 제80호, 한국동북아학회, 2016.
- 김병권, “북한 핵문제와 핵검증에 관한 연구: ‘협력적 위협감소’ 방안을 중심으로,” 단국대학교 박사학위 논문, 2016.
- 김성철, “핵연구 관점에서 본 북핵과 비핵화,” 『통일과 평화』 11집 1호, 서울대학교 평화연구원, 2019.
- 김일기·안제노, “북한의 완전한 비핵화를 위한 검증전략,” 『INSS 전략보고』 2018-19, 국가안보전략연구원, 2018.
- 김종선, “북한의 비핵화 프로그램 전략을 위한 소련의 사례 연구,” 『북한연구학회보』 제14권 제1호, 북한연구학회, 2009.
- 김진무, “북한의 6차 핵실험과 핵개발 전망,” 『세종논평』 2017-34, 세종연구소, 2017.
- \_\_\_\_\_, “북한 비핵화 추진을 위한 대안적 방안 모색: 비핵화 협상 사례와 기술적 측면 분석,” 세종연구소, 2018(A).
- \_\_\_\_\_, “북한의 핵능력 평가와 비핵화 협상 전망,” 『세종정책총서』 2018-10, 세종 연구소, 2018(B).
- 김진아, “북핵 미사일,” 대외학술활동시리즈 2018-2, 한국국방연구원, 2018.
- 김진환, “북한의 안보 전략 변화: ‘핵무기-안보 교환 전략’의 등장, 진화, 전환,” 『동북아연구』 제28권 1호, 세종연구소, 2013.
- 김태우, “오바마 행정부의 시험대 오른 북핵검증의정서,” 『자유공론』 1월호, 2009.
- 남만권, “남북한 군비통제의 감시 및 검증방안,” 『국방논집』 제4호 여름호, 1991.
- 문장권, “탈냉전기 북한의 핵정책 결정요인에 관한 연구,” 경남대학교 박사학위 논문, 2016.
- 문정균, “킬체인이 천리안, 국방 정찰위성의 현주소와 미래,” 『재난 안전, Disaster & Safety』 겨울호 Vol. 19, No. 4, 국립방재연구원, 2017.
- 문주현·박병기, “북핵프로그램의 성공적 검증·폐기를 위한 고려사항,” 『방사선폐

- 기물학회지』 겨울호 Vol. 7, No. 3, 방사선편기물학회, 2009.
- 박동형, “북한 핵협상시의 검증 문제 연구,” 『국제정치논총』 제50집 1호, 한국국제정치학회, 2010.
- 박병인·이수혁, “글로벌 핵 비확산 레짐과 소련 3국 핵포기 촉진요인 연구,” 『유라시아 연구』 제10권 제3호, 서울대학교 유라시아연구소, 2013.
- 박재완, “북핵문제 해결을 위한 미·중의 역할과 한국의 군사적 대응전략 연구,” 조선대학교 박사학위 논문, 2016.
- \_\_\_\_\_, “북한의 핵전략과 잠수함발사탄도미사일(SLBM) 위협분석을 통한 한국의 대응 전략,” 『한국군사』 창간호, 한국군사문제연구소, 2017.
- \_\_\_\_\_, “북한의 비핵화를 위한 효과적인 북핵검증 방안 연구,” 『한국동북아논총』 제23집 제3호(통권 88호), 한국동북아학회, 2018(A).
- \_\_\_\_\_, “북한의 완전한 비핵화를 위한 폐기 및 검증 대상 분석,” 『합동화생방기술정보』, 국군화생방방호사령부, 2018(B).
- \_\_\_\_\_, “남북·북미 정상회담 합의 분석을 통한 북한 비핵화 방안,” 『군사발전연구』 제12권 제1호 통권17호, 조선대학교 군사학연구소, 2018(C).
- \_\_\_\_\_, “북한의 EMP 위협과 한국의 대응방안,” 『한국군사』 제5호, 한국군사문제연구원, 2019.
- 박찬봉·심동규, “다차원 감시 정보자산 통합 및 지능형 경계체계 기술 소개,” 『정보와 통신』, 2016.
- 박휘락, “핵억제이론에 입각한 한국의 대북 핵억제태세 평가와 핵억제전략 모색,” 『국제정치논총』 제53집 3호, 한국국제정치학회, 2013.
- \_\_\_\_\_, “핵폐기 사례의 분석과 북핵 문제에 대한 함의,” 『한국군사학논집』 제74집 제3권, 육군사관학교 화랑대연구소, 2018.
- \_\_\_\_\_, “북한 비핵화를 위한 우크라이나 사례의 교훈: 비핵화 과정을 중심으로,” 『평화학연구』 제20권 1호, 한국평화연구학회, 2019.
- 백승혁, “북한 우라늄농축프로그램 동결 및 기술적 검증,” 『한반도 군비통제』 34호, 대한민국 국방부, 2003.
- 블로디미르 벨라쇼프, “우크라이나 비핵화: 한반도 비핵화에 주는 교훈,” 정책포럼, 제주평화연구원, 2009.
- 손문수, “북한 핵정책의 지속성과 변화에 대한 연구(1991~2018): 실존적 억지에서 최소 억지로,” 영남대학교 박사학위 논문, 2019.

- 손용우, “신현실주의 관점에서 본 북한의 핵정책: 생존과 안보를 위한 핵무장 추구,” 북한 대학원대학교 박사학위 논문, 2012.
- 송인진, “한반도 비핵화 정책의 이론과 실천에 관한 연구,” 충남대학교 박사학위 논문, 2001.
- 신인균, “북한 핵개발의 성격 규명과 군사적 대응의 적실성,” 경기대학교 박사학위 논문, 2014.
- 안준호, “CVID와 비핵화 검증,” 19-2차 북핵검증 토의 발표 자료, 국방부 군비통제 검증단, 2019.
- 윤대엽·엄정호, “동북아의 탄도미사일 위협과 BMD 체계 구축 전략을 통한 KAMD 발전 방안 연구,” 『공군본부 용역과제 최종보고서』, 2018.
- 이상민, “북한의 비핵화 협상전략 전망과 우리의 대응,” 『주간국방논단』 제1710 (18-9), 한국국방연구원, 2018.
- 이상현 등 11명, “북한 비핵화 관철을 위한 추진전략,” 세종연구소 연구보고서, 2016.
- 이종주, “북한 핵정책의 변동성 연구(1991-2016): ‘제한적 편승’에서 ‘전면적 내부균형’으로,” 북한대학원대학교 박사학위 논문, 2018.
- 이호령, “북한의 핵·미사일 능력 고도화와 남북관계 변화,” 『집경지역통일연구』 제1권 제2호 ·2017년 겨울(통권 제2호), 2017.
- 임수호, “실존적 억지와 협상을 통한 확산: 북한의 핵정책과 위기 조성 외교,” 서울대학교 박사학위 논문, 2007.
- 임종화, “핵비확산 국제레짐과 한국의 핵안보 정책연구,” 경기대학교 박사학위 논문, 2014.
- 장동희, “국제 핵 비확산 체제의 맹점 및 개선방안: 이란 및 북한의 경험을 중심으로,” 『국제법학회논총』 제63권 제4호(통권 제151호), 대한국제법학회, 2018.
- 장지향, “리비아식 비핵화 모델의 오해와 진실,” 『ISSUE BRIEF』 2018-17, 아산정책연구원, 2018.
- 장철운, “북한의 핵·미사일 과학기술발전과 비핵화 프로세스 전망,” 『통일문제 연구』 제30권 제2호, 평화문제연구소, 2018.
- 전봉근, “북핵 시나리오 분석과 한반도 비핵·평화체제 추진체계,” 『IFANS』 2017-46, 외교안보연구원, 2017.
- \_\_\_\_\_, “북·미정상회담 평가와 한반도 비핵·평화체제 추진 전략,” 『세종정책총서』 2018-10, 세종연구소, 2018(A).

- \_\_\_\_\_, “북·미 핵협상의 핵심 쟁점과 대응전략,” 『IFANS』 2018-40, 외교안보연구원, 2018(B).
- 전성훈, “유럽의 신뢰구축방안: 경험과 그 의미,” 『한반도 군비통제』 제2집, 국방부, 1990.
- \_\_\_\_\_, “북한의 ‘비핵화’와 韓美의 ‘비핵화’는 다르다,” 『한국군사문제연구원』 제3차 KIMA FORUM, 아산정책연구원, 2018.
- \_\_\_\_\_, “북한의 ‘비핵화 국가전략’과 한·미의 ‘비핵화 외교’: 북핵 장기화에 대비한 중장기 국가전략의 필요성,” 『국가전략』 제25권 1호, 세종연구소, 2019.
- 정성장, “한반도 비핵·평화의 길: 북한의 협상 수용 배경과 한국의 전략,” 『세종정책 총서』 2018-10, 세종연구소, 2018.
- \_\_\_\_\_, “한반도 비핵화 협상의 조건: 비핵화의 대상, 방법, 일정표와 상응조치에 대한 포괄적 합의,” 『세종논평』 2019-22, 세종연구소, 2019.
- 정성운, “북한 4차 핵실험의 의미와 과장,” 『Online Series』 16-02, 통일연구원, 2016.
- 정옥식, “북·미 비핵화 협상: CVID아닌 CVFD가 대안,” 『통일한국』 6월호, 통일문제연구소, 2018.
- 정은숙, “INF레짐의 위기와 우리의 대응,” 『세종정책브리프』 2019-03, 세종연구소, 2019.
- 정일성, “북한의 핵·미사일 위협에 대비한 한국의 군사적 대응전략,” 조선대학교 박사학위 논문, 2017.
- 정형근·나승권·박철형, “우크라이나 및 리비아 WMD 해체 사례와 북핵 문제 해결에의 시사점,” 『오늘의 경제』 제07-17호, 대외경제정책연구원, 2007.
- 조동준, “리비아의 비핵화 선택 연구,” 세종연구소, 2007.
- 조명철·김지연·홍익표, “핵포기 국가에 대한 국제사회의 경제개발 지원 경험이 북한에 주는 시사점,” 대외경제정책연구원, 2010.
- 조성렬, “2·13 합의 이후 북핵문제의 로드맵과 향후 과제,” 『군비통제자료집』 제 41호, 국방부, 2007.
- 조성욱, “한반도 비핵화의 단계적·포괄적 해법 연구: 평화체제 구축과 군비통제 관점,” 북한대학원대학교 박사학위 논문, 2018.
- 최강, “다시 ‘완전한 핵폐기’에 집중할 때다,” 『THE ASAN INSTITUTE for POLICY STUDIES』, 아산정책연구원, 2019.
- 최정현, “북한 핵폐기와 검증의 딜레마,” 『KIMS Periscope』 제124호, 한국해양전략연구소,



- 2018.
- \_\_\_\_\_, “평양 정상회담 이후 북 비핵화 논의: 핵사찰의 중요성과 주요 방식,” 『KIMS Periscope』 제137호, 한국해양전략연구소, 2018.
- \_\_\_\_\_, “김정은 모델 비핵화와 북한식 핵사찰 검증,” 『KIMS Periscope』 제141호, 한국해양전략연구소, 2018.
- 통일연구원, “한반도 비핵화·평화체제 환경에 관한 한국·해외 전문가 인식 조사,” 통일연구원, 2018.
- 하태영, “북한 SLBM 위협 증대와 한국군의 대비방향,” 『국방정책연구』 제33권 제3호·2017년 가을(통권 제117호), 한국국방연구원, 2017.
- 함형필, “핵무기 개발과정의 기술적 이해,” 『한반도 군비통제』 군비통제자료 40, 국방부, 2006.
- \_\_\_\_\_, “북한의 고농축우라늄 핵개발 상황과 우리의 대응방향,” 『국방정책연구』 겨울호, 2007.
- \_\_\_\_\_, “북핵 신고와 불능화 그리고 검증,” 『STRATEGY』 제20호(가을·겨울호), 2008.
- 홍 민, “북한의 자발적 비핵화와 정치-기술적 과정,” 『Online Series』 CO 18-29, 통일연구원, 2018.
- Pollack Jonathan D., “North Korea’s Nuclear and Missile Programs: Strategic, Directions and Prospects,” 『한국국가전략』 제3권 제1호(통권 6호), 한국국가전략연구원, 2018.

## 2. 국외문헌

### 가. 단행본

- 리석환, 「위대한 영도자 김정일 동지의 과학기술영도사」, 평양: 북한 국가과학원, 2000.
- Bloomfield, Lincoln P., *Arms Control*, in Walter R. Fisher and Richard Dean Burns, (eds.), *Armament and Disarmament: the Continuing Dispute*, California, Belmont: Wadsworth Publishing Compony, Ins., 1962.
- Brodie, Bernard, *Strategy in the Missile Age*, Princeton: Princeton University Press, 1959.

- Bush, George H.W., *Public Papers of the President of the United States I*, Washington D.C.: Government Printing Office, 1990.
- Coldwell, Dan, *The Standing Consultative Commission: Past Performance and Future Possibilities*, in William Potter, ed., *Verification and Arms Control*, Los Angeles: Center for International and Strategic Affairs, 1985.
- Department for Disarmament Affairs, *Verification and Compliance*, The United Nations Disarmament Yearbook, New York: United Nations, 1989.
- Frankel, Michael. et al., *The New Triad: Diffusion, Illusion and Confusion in the Nuclear Mission*, National Security Perspective, Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, NSAD-R-16-036, 2016.
- Freedman, Lawrence, *Deterrence*, MA: Polity Press, 2004.
- Gayler, Noel, *Verification, Compliance, and the Intelligence Process*, in Arms Control Verification: The Technologies That Make It Possible, Kosta Tsipic, et al., N.Y.: Pergamon-Brassey's Publishers, 1986.
- Harahan, Joshep P., *On-site Inspection under the INF treaty*, Washington D.C.: US DOD, 1993.
- Karkoszka, Andrzej, *Strategic Disarmament, Verification and National security*, Stockholm: SIPRI, 1977.
- Krasnai, Marton, *Cooperative Bilateral Aerial Inspections: The Hungarian-Rumanian Experience*, in Open Skies, Arms Control, and Cooperative Security, New York: St. Martin's Press, 1992.
- Krasner, Stephen D., *International Regimes*, Ithaca: Cornell University Press, 1983.
- Krass, Allan S., *The Soviet View of Verification*, in *Verification and Arms Control*, William C. Potter, ed, Lexington: Lexington Books, 1985.
- Meyer, Stephen M., *The Dynamics of Nuclear Proliferation*, Chicago: The University of Chicago Press, 1984.
- Morgan, Patrick M., *Elements of General Theory of Arms Control*, in Paul R. Viotti, Third ed., *Conflict and Arms Control: An Uncertain Agenda*, Boulder, CO: Westview Press, 1986.
- Morris, Ellis, *Comparison of United States and Soviet Approaches to Verification*, in John O'Manique, ed., *A Proxy for Trust*, Ottawa: Carleton University, 1985.

Rothschild, Emma, *Common Security*, SIPRI Year Book, Stockholm SIPRI, 1984.

Squassoni, Sharon A., and Feickert, Andrew, *Disarming Libya: Weapons of Destruction*, CRS Report for Congress: The Library of Congress, 2004.

## 나. 논문

Albright, David, "North Korea's Nuclear Capabilities: A Fresh Look", 2017.

\_\_\_\_\_, "On the Question of Another North Korean Centrifuge Plan and the Suspect Kangsong Plant," *Institute for Science and International Security*, 2018.

Bahgat, Gawdat, "Proliferation of Weapons of Mass Destruction: The Case of Libya," *International Relations* Vol. 22, 2008.

Cooly, Jill, "Integrated Safeguards - Current Status of Development," IAEA-SM-367/3/01.

Gartzke, Erik, "Determinants of Nuclear Weapons Proliferation," *The Journal of Conflict Resolution* 51(1), 2007.

Gastelum, ZN., "International Legal Framework for Denuclearization and Nuclear Disarmament: Present Situation and Prospects," A Report Prepared for the U. S. Department of Energy, PNNL-220929, 2012.

Hecter, Siegfried S., "What We Really Know About North Korea's Nuclear Weapons and What We Don't Yet Know for Sure," *Foreign Affairs*, 2017.

Kinkade, W., "Challenge to Verification: Old and New," *Arms Control*, 1982.

Larry, A. Niksch, "North Korea's Nuclear Weapons Development and Diplomacy", *CRS Report Congress*, 2009.

Oelrich, Ivan, "The Changing Rules of Arms Control Verification: Confidence is Still Possible," *International Security*, Vol. 14, No. 4, 1990.

Ralles, Dee, "Last-Fired Cruise Missile Destroyed at Davis-Monthan," *Arizona Republic*, 1991.

Roblin, Sebastien, "Comming Soon: North Korea's Nukes Could Go Underwater," *The National Interest*, July 29, 2018.

Ruggie, John, "International Responses to Technology: Concept and Trends," *International Organization*, 1975.

- Russell, John, "On-Site Inspections Under the INF Treaty," *Vertic Briefing Paper*, 2001.
- Sagan, Scott D., "Why Do States Build Nuclear Weapons?: Three Models in Search of Bomb," *International Security* Vol. 21, No.3, 1997.
- Schaub, Gary Jr., "Deterrence, Compellence, and Prospect Theory," *Political Psychology* 25(4), 2014.
- Smithson, Amy E., "Open Skies Ready for Takeoff," *The Bulletin of the Atomic Scientists*, Vol. 48, No. 1, 1992.
- Squassoni, Sharon A., Andrew Feickert, "Disarming Libya: Weapons of Mass Destruction," *CRS Report Congress*, 2004.
- Tucker, Jonathan, "Back to the Future: the Open Skies Talks," *Arms Control Today*, Vol. 20, No. 8, 1990.
- Wohlstetter, Albert, "The Delicate Balance of Terror," *Foreign Affairs*, 37-1:4, 1959.

### 3. 기타 자료 : 신문, 방송, 인터넷 자료

#### 가. 국내

- 권승준, 「기술적 관점에서 본 북한 비핵화 로드맵」, 『조선일보』, 2018년 5월 30일.
- 권용수, 「북한 미사일 ‘초정밀 유도’ 러시아 최신기술, ‘짜드 방어’ 무용지물」, 『중앙일보』, 2019년 5월 9일.
- 김진명, 「북한에 지하시설 1만 곳...핵검증하기에 최악 상황」, 『조선일보』, 2018년 5월 3일.
- 신나리, 「북 핵탄두 10개 늘어 30~40개...비핵화 명확한 정의부터 해야」, 『동아일보』, 2019년 9월 16일.
- 안두원, 「전작권 조기전환 한다는데...2025년까지 美 정찰에 의존」, 『매일경제』, 2019년 4월 2일.
- 양승식, 「군복입고 나와 자기 말 뒤집은 3성장군」, 『조선일보』, 2019년 11월 7일.
- 윤신영, 「IAEA도 인정한 원자력연구 핵검증 능력」, 『동아일보』, 2018년 8월 20일.
- 정용수·백민정, 「미국서 찾아내 북한이 놀란 곳은 분강」, 『중앙일보』, 2019년 3월 5일.
- 정준영, 「우여곡절의 11년 KEDO 경수로사업」, 『한겨레』, 2006년 1월 8일.

조준형, 「비핵화 용어의 정치학...CVID·FFVD에 담긴 남북·미일 ‘속내」, 『연합뉴스』, 2018년 7월 9일.

홍국기, 「美 사령관 “北 ICBM 생산·배치 임박...美 본토 공격용 거의 분명”」, 『연합뉴스』, 2019년 4월 4일.

대한민국 미래창조과학부 중앙전파관리소, 『한반도 상공을 지나는 위성의 국적별·종류별 현황』, 2016년 국회 국정감사 답변 자료, 2016.

「북한: 영변 말고 강성... 새로 제기된 북한 핵시설의 의미」, 『BBC NEWS KOREA』, 2018년 7월 3일.

「북한, 풍계리 핵실험장 폭파 실시」, 『BBC NEWS 코리아』, 2018년 5월 24일.

## 나. 국외

『로동신문』, 1991년 9월 26일.

\_\_\_\_\_, 2017년 9월 3일.

\_\_\_\_\_, 2017년 9월 6일.

『조선중앙TV』, 2017년 7월 4일.

\_\_\_\_\_, 2018년 4월 21일.

Jane's Weapon System: 1985-1986, Surrey: Jane's Information Group Ltd., 1986.

Kessler, Glenn. "Far-reaching U.S. Plan Impaired N. Korea Deal: Demands Began to Undo Nuclear Accord," Washington Post, September 26, 2008.

Nuclear Threat Initiative, Country Profiles: Libya Nuclear, 2011.

"Warhead Blueprints Link Libya Project to Pakistan Figure," New York Times, February 4, 2004.

## 다. 인터넷

<https://www.yestrade.go.kr>(검색일: 2019. 3. 27.).

<http://dic.hankyung.com>(검색일: 2019. 4. 5.).

<https://www.scienceall.com>(검색일: 2019. 4. 10.).

<https://www.iaea.org/sites/default/files/safeguardslab.pdf>.(검색일: 2019. 7. 11.).

[news.joins.com/article/1656972](http://news.joins.com/article/1656972)(검색일: 2019. 9. 16.).

<https://www-pub.iaea.org/MTCD/publication/PDF/ss-2001/PDF%20files/Session%203/Paper%203-01.pdf>(검색일: 2019. 9. 25.).

<https://www.peoplepower21.org/Peace/566908>(검색일: 2019. 10. 8.).

<http://www.kaif.or.kr>(검색일: 2019. 10. 20.).

<http://ko.wikipedia.org>(검색일: 2019. 11. 11.).

<http://www.doopedia.co.kr>(검색일: 2019. 11. 9.).

<http://www.doopedia.co.kr>(검색일: 2019. 11. 14.).

<https://www.iaea.org/sites/default/files/safeguardslab.pdf>(검색일: 2019. 11. 25.).

<http://wacid.kins.re.kr/SNF/snf04.aspx>(검색일: 2019. 11. 26.).

<https://ko.m.wikipedia.org>(검색일: 2019. 11. 27.).

<http://www.kaif.or.kr>(검색일: 2019. 12. 13.).

## 감사의 글

육군사관학교 생도 시절에 화학 공부가 좋아서 화학 전공을 택하고 주저 없이 화학 장교로 임관하여 33년의 시간을 북한의 핵 및 화생방 위협을 분석하고 대비에 골몰하였습니다. 전역 후 만학의 길에 들어서면서도 제 머릿속에는 북한의 비핵화에 대한 해법을 연구하고자 하는 생각이 가득하였습니다. 비록 학문적으로 연구 시간이 긴 시간은 아니었지만 군 생활과 전역 후에도 관심을 갖고 고민하였던 분야였고, 앞으로도 저의 주된 연구 및 관심 분야가 될 것이라고 생각합니다.

여러 모로 부족한 제가 오늘의 영광이 있기까지 많은 분들의 사랑과 도움이 있었습니다. 먼저, 군사학 분야에 탁월한 식견과 통찰력을 갖고 계시면서 자상한 지도와 따뜻한 배려를 해 주신 김법현 지도교수님께 감사의 마음을 전하고자 합니다. 특히 바쁘신 가운데도 논문 심사위원을 승낙하시고 논문의 완성도를 높여 주신 이승철 교수님과 장상국 교수님, 장영호 교수님, 박재완 교수님께도 감사의 말씀을 올립니다. 또한 만학의 길에 들어선 저에게 용기를 주시고 학문적 토대를 마련해 주신 조선대 오수열 교수님, 김재철 교수님, 김주삼 교수님, 홍정기 교수님, 박양대 교수님께도 감사를 드립니다. 특별히 연구 분야에 대한 조언과 귀중한 자료 제공을 해 주신 백승혁 박사님, 박철균 박사님, 변기득 박사님, 류준 박사님과 군 후배 류동관 장군, 문형철 대령, 이대위 대령, 조광남 대령, 송하현 대령, 김정수 대령, 박종석 대령, 곽승협 중령, 김대수 소령, 박한승 소령에게도 깊이 감사를 드립니다.

지금까지 부족한 저에게 능력과 힘을 주시고 인도해 주신 하나님께 영광 돌립니다. 저를 키워주시고 지금은 하늘나라에 계신 사랑하는 부모님과 장인어른께 이 논문을 올려 드립니다. 무엇보다도 군생활 하는 동안에 묵묵히 내조를 해준 사랑하는 아내 조예정 권사와 딸 지현, 사위 김건일 대위, 아들 규현에게도 감사와 사랑의 마음을 전하고 싶습니다. 또한 늘 사위 기도를 해 주시는 장모님과 누나 네 분에게도 감사를 드립니다.

이제는 군문을 떠났지만 민간인으로서 미력이나마 국가와 군에 대한 보답을 하면서 살아야겠다는 생각입니다. 미미한 결실을 맺은 이 연구가 북한의 비핵화를 달성하는데 조그마한 도움이 되었으면 하는 바람입니다. 향후 북한의 비핵화에 가장 난관이 될 수 있는 ‘검증의 벽’을 넘어 한반도에 평화 통일과 민족 융성의 시대가 오기를 간절히 기대해 봅니다.

2020년 1월 조선대 군사학과 연구실에서 문성준 드림