

민간 방사선 측정장비 기술분석을 통한 군적용 방안 연구

Research on Military Applications through Technical Analysis of Civilian Radiation Measurement Equipment

이정대^{*1)}, 김병직²⁾, 박승우³⁾,

Jungdae Lee^{*1)}, Byeongjik Kim²⁾, Seungwood Park³⁾,

[초 록]

북한이 핵미사일 능력 발전을 지속적으로 추진하여 고도화되고 있지만, 군은 핵 공격 대응 시 가장 중요한 방사선 측정장비와 기술 발전이 부족한 실정이다. 이 논문에서는 방사선 측정의 목적과 방사선의 종류 및 에너지를 고려하여 적절한 방사선 측정기가 필요하다는 것과 함께, 지난 20년간 군에서 현재 운용 중인 군 방사선 측정기의 운용상 한계점을 NukeMap을 활용한 시뮬레이션과 방사선 탐지 시간 측정 등을 통해 도출하였다. 도출한 한계점을 극복하기 위해 민간에서 연구하고 운용하는 방사선 측정 장비 기술을 분석하여 적용 방안 6가지를 제시한다.

[ABSTRACT]

North Korea continues to advance its nuclear missile capabilities, but the military is lacking in the development of radiation measurement equipment and technology, which are crucial for responding to nuclear attacks. This paper emphasizes the need for appropriate radiation detectors, considering the purpose of radiation measurement and the types and energies of radiation. Additionally, it identifies the operational limitations of the current military radiation detectors used over the past 20 years by using simulations with NukeMap and measuring radiation detection times. To overcome these limitations, the paper analyzes the technologies of civilian radiation measurement equipment and proposes six application methods.

Key Words : Nuclear(핵), Radiation(방사선), Radiation Meter(방사선 측정기), Radioactive Contamination(방사능 오염)

1. 서론

2011년 3월 11일, 일본 도호쿠 지역에 대지진과 함께 거대한 쓰나미가 도시를 덮쳤다. 순식간에 일어난 자연의 놀라운 힘 앞에 많은 피해가 발생하였다. 대지진이 몰고 온 쓰나미에 의해 건물의 붕괴와 많은 인명피해, 재난에 대한 극한 공포뿐 아니라 예상치 못한 후쿠시마 원자력 발전소 폭발이라는 사고가 발생되었다. 그에 따라 방사성물질 누출에 따른 피해가 누구나 예외가 없음을 알게 해 주었다. 일본의 원자력 발전소 폭발로 인해 많은 사람들이 방사선 측정기에 대해 관심을 가지기 시작했다. 그 결과 민간과 유관기관에서는 다양한 방사선 측정기술을 연구하여 방사선 측정기술이 발전되었다.

또한 북한은 6차 핵실험 이후 날로 고도화되고 있으며, 전시 핵 공격 시 상황뿐만 아니라 평시 핵 및 방사능 테러 가능성도 상존하고 있다. 특히 북한은 핵사용을 공언하고 있으며, 2022년 9월 8일 핵무력정책법¹⁾에 이어 핵무력을 지속적으로 고도화하여 2023년 9월 27일 헌법²⁾에 포함하기도 했다.

원자력 발전소 폭발에 따른 방사성물질 누출 및 핵폭발 시 발생하는 초기효과 이후 낙진, 중성자에 의한 감응방사선 오염 지역 등 방사성물질로 인한 방사선 피폭이 발생한다. 이러한 방사선의 특징은 무색, 무취로 오감으로 존재여부를 알 수 없으며 얼마나 피폭되었는지 알 수 없다. 만약 방사선 피폭 수준을 평가하지 않으면 사람들이 죽어가는 이유에 대해 알 수 없고 다음 대응 계획을 수립할 수 없다. 따라서 방사성물질 존재 여부를 확인하기 위해서는 방사선 측정 장비가 필요하다.

1) 송실대학교 안전보건융합과 박사과정(Soongsil University Safety and Health Convergence Engineering)

2) 송실대학교 안전보건융합과 교수(Professor, Soongsil University Safety and Health Convergence Engineering)

3) 송실대학교 안전보건융합과 박사과정(Soongsil University Safety and Health Convergence Engineering)

* Corresponding author, E-mail: ijsfc99@naver.com

Copyright © The Korean Institute of Defense Technology

Received : May 31, 2024

Revised : June 27, 2024

Accepted : June 30, 2024

1) 출처 : 이동섭, 북한 핵무력 정책법의 전략적 함의, 안보군사학 연구, p56, 2022.

2) 출처 : 한국경제, 北 핵무력 고도화 헌법 명시 핵 대응 실효성 높아, 오피니언, p23, 2023.10.2.

이러한 방사선을 탐지와 측정을 위해 군에서는 20년³⁾ 전부터 휴대용 방사선 측정기 등을 운용하고 있지만 북한 핵무기 공격 시 대응과 방사능 테러 대응을 위해서 부대별 임무 특성에 맞는 다양한 방사선 측정 장비 개발 및 전력화가 요구된다.

본 논문에서는 방사선 측정의 목적과 방사선 측정기의 기본 원리, 방사선의 종류 및 에너지를 고려하여 적절한 방사선 측정기의 필요성을 고찰하였다. 또한 군에서 운용하는 방사선 측정기의 한계점을 도출하고, 이러한 한계점을 극복하기 위해 민간에서 연구 및 운용되고 있는 방사선 측정 장비의 기술을 분석하였다. 이를 바탕으로 군 방사선 측정 장비의 적용 방안을 제시하였다.

2. 방사선의 측정 목적 및 방사선 측정기 기본 원리

2.1 방사선 정의 및 측정 목적

방사선은 불안정한 방사성 물질이 보다 안정한 상태로 전환될 때 방출되는 입자 또는 전자기파 형태의 에너지로 정의된다. 방사선의 종류에는 알파(α)선, 베타(β)선, 감마(γ)선, X선, 중성자선 등이 있다.

방사선을 측정하는 목적은 특정 장소에서 방사성 물질의 존재 여부를 확인하고, 방사성 물질이 존재할 경우 그 종류와 양을 파악하는 데 있다. 방사선은 에너지를 가지고 있으며, 피폭될 경우 인체의 조직 및 기관에 손상을 초래하여 질병을 유발하거나 선량에 따라 사망에 이를 수 있다. 표 1은 γ선에 전신이 일시에 피폭되었을 때 나타나는 증상을 설명하고 있다.

표 1. γ선을 일시 전신에 받았을 때의 증상⁴⁾

Table 1. Symptoms of Acute Whole-Body Exposure to Gamma Radiation

선 량	증 상
0.25Gy	임상증상이 없음
0.5Gy	림프구 일시적 감소
1Gy	구토, 구역질, 전신권태
2Gy	장기 백혈구 감소, 5% 사망
4Gy	30일 내에 50% 사망
7Gy	사망 100%

2.2 방사선 측정기의 기본 원리

방사선은 오감을 통해 인지할 수 없으므로 '방사선 검출기'라는 장치를 이용하여 측정한다. 방사선 검출을 위해서는 측정 대상인 방사선의 종류와 에너지를 고려하여 적절한 검출기를 선택해야 한다. 방사선 측정기의 기본 원리는 전리 작용⁵⁾과 여기 작용⁶⁾으로 이용하여 전기적 신호로 바꾸어 방사선을 측정한다. 방사선 검출기의 장비 종류는 표 2와 같다.

- 3) 출처 : 박재완, 핵민방위의 방향과 과제, 2022 북핵대응연구회 세미나, p72, 2022.09.30.
- 4) 출처 : 방사선비상진료개론서 제5판, p25, 한국원자력학회원,('18.12월)
- 5) 전리작용 : 궤도전자의 들뜬상태보다 외부로부터의 에너지가 더 클 때 궤도전자가 원자를 벗어나 원자가 양이온으로 바뀌는 현상
- 6) 여기작용 : 원자핵 외에 궤도전자의 에너지 준위도 들뜬상태, 낮은 에너지 준위 궤도에 있어야 할 전자가 높은 에너지 준위 궤도로 옮겨간 것

일반 부대에서 보유한 휴대용 방사선 측정기(PDR-1K)와 화생방 부대에서 보유한 차량용 방사선 측정기(AN/VDR-2)는 화생방 정찰차가 전력화되면서 함께 보급된 장비로, 전리 방식의 GM 계수관을 활용하여 방사선을 검출한다. 군에서 GM 계수관을 사용하는 이유는 구조가 간단하고 조작하기 쉬우면서도 주로 감마선(γ선)을 측정하기에 적합하기 때문이다. 감마선은 다른 방사선에 비해 높은 투과력과 에너지를 가지고 있어 광범위한 피해를 발생시킬 수 있다.

표 2. 방사선(능) 검출기의 종류 ⁷⁾
Table 2. Types of Radiation Detectors

검출원리		검출기 명칭	측정대상 방사선
전리 작용	기체	전리함	β, γ
		비례계수관	α, β
	고체	GM관	β, γ
		HPGe	x, γ
		Si(Li)	x, γ
표면장벽형	α		
여기 작용	무기물질 섬광	NaI(Tl), Cs(Tl)	x, γ
		LiI(Eu)	중성자
	유기물질 섬광	섬광계수관	α, β
열형광	열형광선량계(TLD)	선량측정	
화학작용	물질분해	프릭셋선량계	선량측정
감광작용	필름감광	필름벤티지	선량측정

3. 군 방사선 측정기 운용의 한계점

3.1 NukeMap⁸⁾ 시뮬레이션 결과

북한 핵 공격 시 피해와 방사선 측정 소요를 평가하기 위해 NukeMap에서 제공되는 2013년 북한 핵무기 실험(10kt) 데이터를 활용하여 100m 고도에서의 공중폭발 조건으로 서울지역 평균 기상 값⁹⁾을 사용하여 시뮬레이션을 진행했다.

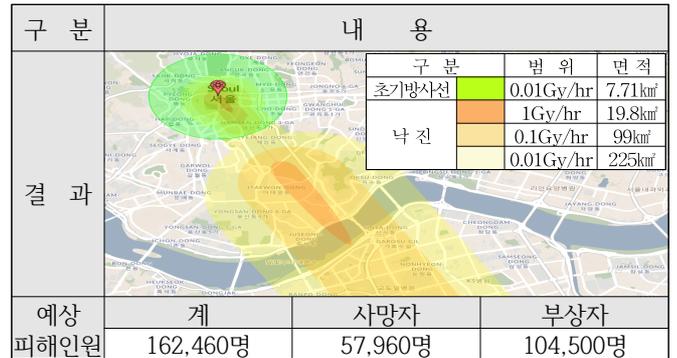


그림 1. NukeMap 시뮬레이션 결과¹⁰⁾
Fig. 1. NukeMap simulation results

- 7) 출처 : 방사선 검출기 분야 산업 동향 및 WBG 반도체 센서 분야 최신 적용기술, 과학기술정보통신부, p.26, 2022
- 8) NukeMap은 스티븐수 공과대학 Alex Wellerstein이 2012년 2월에 만들었으며 모델링한 데이터는 Samuel Glasstone 및 Philip J. Dolan, The Effects of Nuclear Weapons, 1977의 수치를 반영함 결과임
- 9) 기상청(https://sgis.kostat.go.kr/) (검색일 : 2024. 4. 17.)
- 10) 출처 : https://nuclearsecrecy.com/nukemap/, 공개 시뮬레이션 프로그램에 무기위력, 폭발고도, 기상을 입력하여 결과 획득

시뮬레이션 결과 예상되는 사상자 수는 약 16만명 으로 나타났다으며, 초기 방사선의 반경 1.57km이고 면적은 7.71km²로 확인되었다. 또한 방사성 물질의 낙진은 최대 29.3km까지 확산되며 낙진이 낙하된 면적은 225km²로 확인되었으며 그림 1과 같았다.

3.2 군 방사선 측정기 고찰 및 한계점

휴대용 방사선 측정기(PDR-1K)는 일반 부대에서 운용되며, 국내 기술을 활용하여 방사선 탐지 및 측정을 위해 개발되었으며 이 장비의 측정 대상과 범위는 그림 2과 같다. 그러나 감마선 내의 핵종 분석이 불가능하고, 방사선 방향에 따른 다른 감도와 방사성 물질의 위치 탐지가 불가능하므로, 부대 이동 판단 등에 제약이 있다.



그림 2. 휴대용방사선측정기(PDR-1K)
Fig. 2. Portable radiation meter

또한, 화생방정찰차에 장착된 차량용 방사선 측정기 (AN/VDR-2)는 휴대용 방사선 측정기와 유사한 성능을 갖추고 있다. 그러나 이 장비는 운용자가 방사능 오염지역인 낙진 낙하 지역을 직접 접촉하여 측정함으로써 방사선에 직접 노출되는 단점이 있다. 방사능 정찰의 기본 개념은 직접 접촉에 의한 탐지와 측정이지만, 핵무기 폭발 후 방사능 오염지역에 방사선 노출은 정찰 임무 수행자의 생명을 위협할 수 있어 대책이 필요하다.

3.3 핵전하 작전 시 개인별 피폭 선량 측정 장비 필요

핵무기 폭발 이전부터 임무수행을 위해 지상원점 인접 지역에 위치한 인원이나, 오염지역 작전을 위해 투입되는 장병은 주변 환경에 쌓인 낙진 등 기상과 지형적 특성에 따라 방사선에 노출되는 세기가 다르다.

방사선의 외부피폭을 최소화하는 방호 원칙은 "거리(방사성 물질로부터 가능한 한 멀리 유지할 것)", "시간(피폭 시간을 최소화할 것)", "차폐(적절한 차폐체를 놓을 것)"를 하는 것이다. 작전에 투입된 장병이 개인별로 노출되는 방사선 세기가 다르기 때문에 개인별 방사선 측정기가 필요하다.

핵무기 폭발 후 작전을 위해서 각 개인이 방사선 측정기 또는 개인 선량계를 소지해야 하지만, 임무, 운영 조직, 예산 등의 이유로 개인별 보급이 제한된다.

따라서, 휴대성이 우수하고 가격이 저렴하여 개인이 간편하게 부착/휴대할 수 있는 방사선 측정 장비 혹은 물자가 필요하다.

3.4 방사능 오염 인원에 대한 신속한 방사선 탐지 및 측정 제한으로 피해 가중

핵폭발로 인한 방사선 및 낙진 등으로 대규모 방사능 오염이 발생할 경우, 신속하게 개인별 방사능 오염 여부를 확인해야 한다. 그러나 휴대용 방사선 측정기를 사용하여 그림 3와 같이 인원을 탐지하는 방법으로 탐지해야 하기 때문에 탐지 시간이 증가하고, 제염 작업에 소요되는 시간이 확대될 것으로 예상되며 이로 인해 인원 피해가 증가할 것으로 예상된다.



그림 3. 방사성물질 오염 인원 탐지 방법 및 모습¹¹⁾
Fig. 3. Method for detecting radioactive contaminated personnel

표 3은 그림 3의 탐지 방법으로, 방독마스크 등 보호장구를 착용한 5명의 탐지 인원이 10명을 대상으로 한 결과이며 평균적으로 4분 19초가 소요되었다.

NukeMap 시뮬레이션 결과 나타난 약 16만 명의 사상자를 그림 5 방법대로 휴대용 방사선 측정기 1대로 탐지한다면, 약 11,643시간(485일)이 소요된다.

휴대형 방사선 측정기 1,000대를 동시에 투입해도 약 11시간이 소요되고 1,000명이 방사선 측정 임무에 투입되어야 한다. 따라서 방사선 피폭을 최소화하기 위해서는 신속한 방사능 오염 여부를 확인할 수 있는 장비가 필요하다.

표 3. 인원에 대한 방사성물질 탐지 시간 측정결과¹²⁾
Table 3. Types of Radiation Detectors

구 분	정찰1	정찰2	정찰3	정찰4	정찰5	평균
인원1	4분34초	4분21초	5분59초	4분59초	5분16초	4분19초
인원2	5분16초	4분34초	5분02초	4분50초	5분2초	
인원3	4분59초	6분7초	4분51초	4분34초	4분37초	
인원4	4분32초	4분21초	5분	4분31초	5분9초	
인원4	4분50초	4분34초	4분34초	4분42초	4분34초	
인원6	4분31초	4분59초	4분5초	4분50초	3분59초	
인원7	4분23초	4분50초	3분40초	4분23초	3분54초	
인원8	3분23초	5분38초	3분56초	4분59초	3분48초	
인원9	4분10초	4분59초	3분44초	4분59초	3분23초	
인원10	3분58초	4분34초	3분43초	4분50초	3분20초	
* 평균 측정결과는 가장 긴 시간 값과 짧은 시간 값은 제외						

11) 출처 : 국가방사선비상진료센터, 2018 현장방사선비상진료소 운영 행동 매뉴얼, p.37, 한국원자력학원
12) 정찰인원 10명은 화생방정찰 관련 교육을 이수한 인원으로 선정하였으며 피측정자 20명은 신장을 고려하여 선정 하였음.

3.4 방사능오염 지역 정찰 인원에 대한 방사선 피폭 최소화 제한

핵폭발 시에는 낙진이 발생하여 지상으로 떨어지게 되며, 이로 인해 그림 1과 같이 방사능 오염 지역 형성이 예상된다. 방사선 오염 한계선은 0.01Gy/hr을 기준으로 하며 오염 면적은 225km²이다. 또한 낙진이 집중적으로 낙하 되는 지역은 1Gy/hr 이상의 높은 방사선 수준을 보일 것으로 예상되며 면적은 19.8km²이다. 이러한 경우, 방사선 측정 등의 활동이 제한될 수 있다.

그러나 현재 작전부대에서는 낙진이 실제 낙하 되어 방사능 오염 지역이 어떻게 형성되었는지 확인하기 위해 정찰 인원이 화생방 정찰차에 탑승하여 낙진 오염 지역에 대한 방사능 정찰을 실시한다. 이런 상황에서는 차량이 제공하는 일정 부분의 차폐가 가능하겠지만, 방사선 피폭은 누적 선량을 기준으로 하기 때문에 방사능 작전 노출 지침(Operation Exposure Guide, OEG)¹³⁾을 초과하여 방사능 오염 지역에서의 지속적인 작전이 제한된다.

3.5 실시간 방사능 오염지역에 정찰 결과 획득 제한

낙진 오염지역의 방사성 물질은 반감기를 가지는 특성을 갖는다. 반감기로 인해 방사선량이 절반으로 줄어드는 시간이 존재하며, 이로 인해 방사선 세기는 시간이 지남에 따라 감소한다. 그림 4은 핵폭발 후 낙진이 지상으로 떨어진 경우, 초기 1시간 동안 에너지의 절반을 방출하고, 7시간마다 10배씩 감소되는 것을 보여준다.

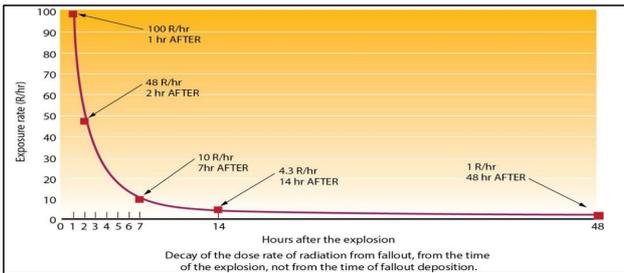


그림 4. 핵폭발시 낙진 방사능 붕괴율¹⁴⁾

Fig. 4. Fallout radioactive decay rate from nuclear explosion

따라서 군은 핵폭발 후 1시간을 기준으로 낙진 오염지역을 정찰하여 방사능 오염 지역을 확인하고 방사능 오염 투명도를 작성하며 오염지역을 지속적으로 정찰하여 최적의 이탈 시기를 판단한다. 이러한 과정에서 군은 유인 정찰 통해 방사능 오염 지역을 측정하고 보고하며, C4I 체계를 활용하여 CBRN(핵) 보고를 상급 및 인접 부대로 전파한다.

그에 따라 정찰 인원 외부 노출을 최소화하기 위해서는 방사능 오염 지역과 낙진 오염 지역의 실시간 방사선 측정 결과를 군 통신망 등을 통해 자동적으로 보고 되는 장비와 방사능

13) 방사능 작전노출지침(Operation Exposure Guide) : 방사능 오염지역 작전간 임무와 생존성을 고려하여 지휘관이 결정할 수 있는 방사선 최대 허용량을 말함

14) 출처 : FEMA, "Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation", 3Th Edition, p.33, 2022.

오염이 높은 지역을 측정할 수 있는 무인기 등 장비가 필요하다.

4. 민간 방사선 측정기 기술분석을 통한 군 적용 방안

4.1 전자 개인선량계 분대별 1대 편성

민간 방사선 종사자는 “원자력안전법 제45조 방사선 방호”, “방사선 안전관리규정 제3조 방사선 종사자의 방사선 피폭 선량 관리” 법과 규정으로 개인별로 개인선량계를 착용해야 한다. 따라서, 그림 5과 같이 개인당 1대의 개인선량계를 착용하게 된다. 그러나 전시 군의 작전 특성상 분대별로 작전을 시행하기 때문에, 군은 핵전하 작전을 위해서는 최소한 분대 단위로 개인 선량계를 편성해야 한다.



그림 5. 전자 개인선량계¹⁵⁾

Fig. 5. Electronic personal dosimeter

4.2 방사성 물질 접촉 가시화 기술을 적용하여 방사선 탐지 필름 전력화

방사성 물질 접촉 가시화를 위해서 방사선 탐지 필름이 사용된다. 이러한 필름은 방사선에 노출되면, 기능화된 기체의 반응과 같이 밴드갭이 증가하여 색 변화가 일어나는 원리를 활용한 기술이다. 그림 6은 방사선 탐지용 필름 원리 및 운용 개념을 설명한 그림으로 방사능 오염지역에서 작전 시 개인별 부착 시 색 변화를 통해서 방사선 노출 여부를 알 수 있다.

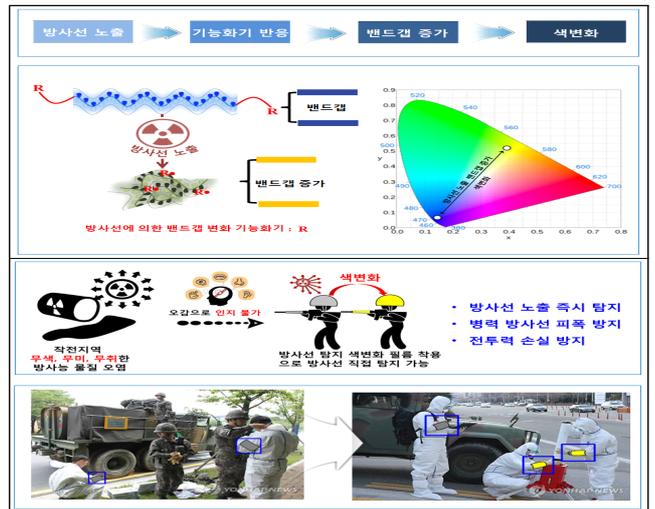


그림 6. 방사선 탐지용 필름 원리 및 운용 개념도¹⁶⁾

Fig. 6. Principle and Operational Concept Diagram of Radiation Detection Film

15) 출처 : 한국원자력의학원, “개인보호장구 권고안”, p.137, 2018.

16) 출처 : 박재완, “화생방물질 가시화 기술동향과 개발방향”, 미래 국방 바이오폐과 4차 회의, p.9, 2023.7.19.

이 색 변화를 통해 방사선 탐지뿐만 아니라 색 변화의 강도를 추적하여 누적 선량도 확인할 수 있다. 방사선 탐지 필름은 특정 수준의 에너지에 반응하여 색 변화를 일으키는 공액 단분자¹⁷⁾의 특성과 원리를 활용한다. 이러한 방사선 탐지 필름은 임무에 따라 선량 한도를 표 4를 반영하여 부대의 전 인원 및 민간인들도 활용 가능하도록 전력화한다면 방사선 노출 사고나 핵 공격 시 방사선 피해 인원을 최소화할 수 있을 것이다.

표 4. 임무를 고려한 방사선 피폭 선량한도

Table 4. Radiation exposure dose limit considering mission

임무	선량한도	관련근거
현장대응인원	5cGy (50mSv)	원자력안전위원회 고시 제2012-29호 방사선 긴급작업시 선량제한 적용
방사능오염 외부 대응인원	2.5cGy (25mSv)	군에서 작용하는 작전노출지침에서 작전지속지원 활동시 적용하는 선량 적용
일반인	0.1cGy (1mSv)	원자력안전법 시행령 선량한도(제2조 제4호)에 일반인 선량한도 적용

4.3 방사선 비상대응용 감시기(차량형, 인원용)를 화생방 부대 및 여단급 이상 지휘소에 편성

방사능 오염 정찰 시간을 단축하기 위해, 원자력과학기술원에서 차량 및 인원용 방사선 비상 대응용 감시 장비를 운영하고 있으며 세부 제원은 그림 7과 같다. 이 장비는 국가 방사능 상황 관리 시스템(SIREN)과 연동되어 현장 및 중앙에서 실시간으로 인원과 차량의 방사능 오염 상태를 모니터링할 수 있다. 이러한 차량 및 인원용 방사선 감시 장비를 화생방 부대 및 여단급 이상 지휘소에 편성한다면 핵 전하 대응이나 방사능 테러 발생 시 방사성 물질에 오염된 인원과 비오염된 인원을 신속히 구분하여 인명피해를 줄이고 방사성 물질 제거에 소요되는 시간을 단축할 것이다.



그림 7. 차량과 인원용 방사선 비상대응용 감시기¹⁸⁾

Fig. 7. Radiation emergency response monitor for vehicles and personnel

17) 화학 반응에서 중요한 역할을 하는 분자임. 이러한 분자는 빛에 노출되면 화학적인 변화를 일으키는 능력을 갖고 있다. 방사선 탐지 필름에서는 이러한 공액 단분자가 방사선에 노출되면 그 화학적인 특성이 변화하여 색 변화를 일으키는데 활용
 18) 출처 : 한국원자력안전기술원, “방사선 사고·테러 초동대응 실무 매뉴얼”, p.20, 2016./한국원자력안전기술원 보유 장비 및 현황

4.4 무인기를 활용한 방사능 오염지역 정찰 장비 전력화

한국원자력연구원에서는 그림 8과같이 다목적 환경 방사선 탐지 시스템(Multipurpose system for environmental radiation survey: MSERS)을 개발하여 현장 적용을 위한 연구를 지속하고 있다. 소형 분광분석(Spectrometry) 기반의 방사선 측정 시스템을 무인기에 장착하여 공중 방사선 탐사 시스템을 구축하였다. 무인기에 GPS 및 레이저 고도계를 장착하여 측정 위치 정보를 동기화하였으며, 공중 방사능 탐사에서 지상과의 원활한 데이터 통신을 위해 블루투스를 기반으로 구축하였다. 최종적으로는 상용 드론(Matrice 600)에 장착하여 무인기를 활용하여 방사능 오염지역을 탐지할 수 있는 MSERS 시스템을 구축하고 연구하고 있다. 군은 한국원자력안전기술원과 연계하여 연구를 추진하여, 무인기를 활용한 방사선 측정 장비의 전력화가 필요하다.



그림 8. 다목적 환경 방사선 탐지시스템¹⁹⁾

Fig. 8. Application of multipurpose system for environmental radiation survey

4.5 이동형 방사선 감시기 편성 필요

핵 관련 사고와 같은 비상 상황 발생 시 해당 지역 내 감마선의 연속 측정을 위해 개발된 방사선 측정장비로 GM 계수관을 활용하여 고선량 방사선을 뿐만 아니라 평상시 낮은 방사선도 측정이 가능하다.

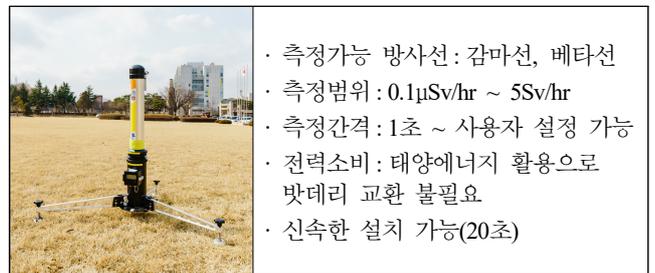


그림 9. 이동형 방사선감시기²⁰⁾

Fig. 9. Mobile radiation monitor

19) 출처 : 지영용, “무인기를 이용한 광역부지 환경방사선측정 기술 현황 및 현장 적용 연구, 한국산업정보학회 p.32, 2023.7.19.
 20) 출처 : 한국원자력안전기술원, <https://blog.naver.com/kins20> (검색일 2024.5.27.)

이동형 방사선 감시기의 세부 제원은 그림 9과 같으며, 원자력 발전소 주변에 설치된 환경 방사선 감시소²¹⁾가 지진 및 쓰나미와 같은 비상상태 발생 시 환경 방사선 감시소가 없거나 작동되지 않은 사각지대에 설치하여 운용하는 장비이다.

이 장비의 특징은 이동식 장비로 방사선을 및 선량을 LTE 무선 통신 모뎀(CDMA)을 통해 지원하는 방식으로 실시간으로 보고하고, 태양광 패널이 있어서 전원 없이도 기본 5일 이상 운용이 가능한 장비이다. 만약 군이 이동형 방사선 감시기와 같은 장비를 보유한다면 핵폭발 이후 낙진이 예상되는 지역에 설치하여 실시간 방사능 오염 여부와 방사능 오염지역의 제원 산출이 가능할 것이다. 또한 군은 무인 탐지를 실시하여 방사선에 따른 인명 피해를 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

4.6 실시간 방사선 탐지 결과가 C4I 체계로 보고 가능토록 구축 필요

KINS에서는 국가 방사능 상황 관리 시스템(SIREN)²²⁾을 활용하여 방사선 감시 장비별 측정 결과를 GPS 위치 확인을 통해 설정된 시간 간격으로 자동으로 보고 한다. 또한, 측정된 값을 웹 지도를 기반으로 실시간으로 표시하며, 방사선 선량에 따라 방사능 오염 등강도선으로 자동으로 표시되며 그림 10와 같다. 군에서는 핵폭발 시 사단급 이상 화생방방에서 낙진 오염지역 붕괴물²³⁾ 및 방사능 오염투명도(CBRN-5(핵)보고)²⁴⁾ 작성을 위해 지속적인 방사선 선을 정찰 보고가 필요하다. 따라서 방사선 탐지 결과가 현장에서 군 통신망을 통해 C4I 체계로 자동으로 보고 가능토록 통신망을 구축해야 한다.

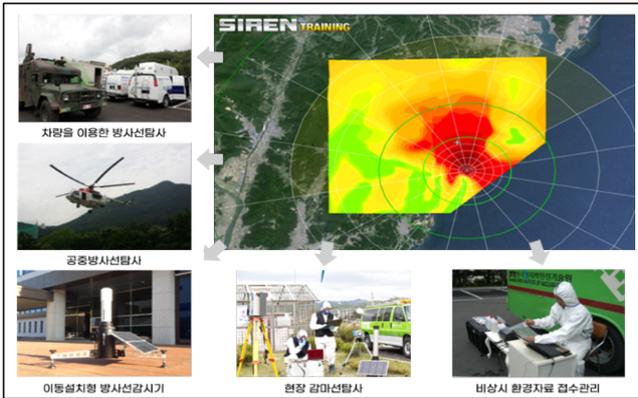


그림 10. 국가방사능상황관리 시스템운영 원리²⁵⁾

Fig. 10. National radiation situation management system operation principle

- 21) 한국원자력안전기술원에서는 환경방사선 감시를 위해 2022년 기준 전국 215개 방사선감시소에서 공간감마선량을 측정하여 방사선 변동을 감시하고 있다.
- 22) SIREN(System for Identifying Radiation In Environments Nationwide) : 국가방사능상황관리시스템, 원자력 안전기술원의 국내외의 환경방사능 감시망 통합 및 네트워크화한 시스템 이다.
- 23) 방사능오염 지역내의 선율은 시간이 경과함에 따라 감소되는 비율을 붕괴율 이라한다. 낙진오염지역에서 붕괴율은 0.2~2.0 까지 있으며 붕괴율이 판단되어야 총선량을 판단할 수 있다.
- 24) 방사능오염지역을 선율에 따라 도식한 투명도이며 오염지역 선율에 따라 1000,300,100,30,10cGy/hr로 도식한다.
- 25) 출처 : 한국원자력안전기술원, <https://blog.naver.com/kins20> (검색일 2024.5.27.)

4. 결론

국제사회의 지속적인 노력에도 불구하고 북한은 핵·미사일 능력을 계속해서 확충하고 고도화할 것으로 예상된다. 북한의 핵 위협이 고도화되고 투발수단이 다양해짐에 따라 군의 능력 확충이 필요한 점에 대한 국민적 공감대가 유지될 것으로 보이며 이는 군의 전력 증강을 위한 기회로 작용할 수 있을 것이다.

따라서 이 논문에서는 방사선 측정의 목적과 방사선의 종류 및 에너지를 고려하여 적절한 방사선 측정기가 필요하다는 것과 함께, 현재 운용 중인 군 방사선 측정기의 한계점을 분석하였다. 이에 따라 6가지의 적용 방안을 도출하였다. 첫째 분대별로 개인선량계를 편성하여 운용, 둘째로 방사성물질 접촉 가시화 기술을 활용하여 방사선 탐지 필름을 전력화 필요, 셋째로 화생방 부대 및 여단급 이상 지휘소에 방사선 비상대응용 감시기를 편성, 넷째로 무인기를 활용한 방사능 오염지역 정찰 장비를 전력화, 다섯째로 이동형 방사선 감시기를 편성하여 실시간으로 방사능 오염 상황을 확인, 여섯째로 실시간 방사선 탐지 결과가 C4I체계로 보고 가능토록 체계 구축이다.

이 중에서도 현재 유관기관에서 운용 중인 개인선량계, 방사선 비상대응용 감시기, 이동형 방사선 감시기를 국방 신속획득 사업으로 편성함으로써 북한의 핵 위협 대비를 위한 국가 핵 방호체계를 구축할 수 있다. 임무를 고려하여 1개 보병 여단 및 여단을 지원하는 화생방소대 중심으로, 개인선량계등 3종의 장비를 표5와 같이 편성할 수 있다.

표 5. 보병여단 및 화생방부대 기준 방사선 측정장비 편성
Table 5. Radiation measurement equipment composition for an Infantry Brigade

구 분		필요 수량	비 고
보 병 여 단	개인선량계	108개	분대당 1대 편성 (1개 소대 3개 분대 편성 기준)
	방사선 비상대응용 감시기	1대	인원용 1대
	이동형 방사선 감시기	4대	대대급 1대(4개 대대)
화 생 방 소 대	개인선량계	4대	분대별 1대(정찰, 제독)
	방사선 비상대응용 감시기	2대	차량용 1대, 인원용 1대
	이동형 방사선 감시기	1대	1대

또한 방사선 탐지용 필름, 무인기를 활용한 방사능 오염지역 정찰 장비, 그리고 방사능 측정 결과를 군 C4I 체계로 자동 전송하는 시스템 연구를 통해 전력화된다면 핵전하 대응 및 방사능 누출 사고 등에 효과적으로 대응할 수 있는 작전 수행체계의 밑거름이 될 것으로 예상된다.

본 연구의 한계는 국내 민간 및 유관기관에서 운용하는 방사선 측정장비 기술에 한정되어 있으며, 따라서 향후 미국 등 다른 선진국의 기술을 분석하여 발전 방향에 대한 연구가 필요할 것이다.

References

- [1] Korea Institute of Atomic Energy Medicine, "Introduction to Radiation Emergency Care", 5th edition, p25, 2018.
- [2] Ministry of Science and ICT, "Industry trends in the radiation detector field and the latest applied technology in the WBG semiconductor sensor field", p.26, 2022.
- [3] Korea Institute of Atomic Energy Medicine, "Field Radiation Emergency Clinic Operation Action Manual", p37, 2018.
- [4] FEMA, "Planning Guidance for Response to a Nuclear Detonation", Third Edition, pp.26-33, 2022.
- [5] Jaewan Park, "Technological trends and development directions for visualization of chemical, biological and radiological materials", 4th meeting of Future Defense Bio Division, p.9, 2023.
- [6] Hyeyun Ku, "A Study on Transport and Dispersion of Chemical Agent According to Lagrangian Puff and Particle Models in NBC_RAMs", Journal of the KIMST, Vol 26, No. 1, pp102-103, 2023
- [7] Korea Institute of Nuclear Safety, "Radiation Accident/Terrorism Initial Response Practical Manual", p.20, 2012.
- [8] Hyunseok Lee, "Radiation emergency response monitor and system development use case.", Nuclear Safety & Security information Conference, 2002.
- [9] Myeong-Seon Park, "Radiation measurement equipment and radiation accident situation management system" Defense & Technology, Vol402, No. 8, pp 82-91, 2012
- [10] Young-young Ji, "Technical Status of Environmental Radiation Monitoring using a UAV and Its Field Application to the Aerial Survey", Journal of the Korea industrial Information Systems Research, Vol25 No5, pp31~33, Oct. 2020