전리층 변조기술의 군사적 활용

한승조*, 김수연**, 이세호***, 배영민****, 김도헌***
*국방과학연구소, **한밭대학교, ***육군, ****김천대학교
e-mail:seungjo1651@naver.com

The Military Use of Ionosphere Modification Technique

Seung-Jo Han*, Soo-Yun Kim** ,Se-Ho Lee***, Young-Min Bae****, Do-Heon Kim***
*Agency for Defense Development, **Hanbat University,
***ROK Army, ****Kimcheon University

요 약

기상조절 기술의 군사적 활용은 20세기 중반부터 미국, 러시아, 유럽 등에서 활발히 연구되고 있으며, 대표적으로 인공 증우, 낙뢰 유도, 안개 소산, 전리층 변조가 있다. 이 중 인공 증우, 낙뢰 유도는 대기 중에 수증기가 많아야 한다는 제약사항 때문에 군사적으로 이용하는데 한계가 있고, 안개 소산은 협소한 지역에만 운용이 가능하다는 단점이 존재한다. 하지만 전리층 변조기술은 대기 상태에 의한 영향을 적게 받고, 적 통신 방해 및 아 통신 거리 증대 외에도 전리층 거울(AIM)을 이용하여 적 지역의 통신 및 전자장비를 마비시킬 수 있는 장점이 존재한다. 현재 미국, 러시아, 유럽에서는 HAARP, SURA, EINSCAT 등 전리층 변조시설을 구축하여 활용하고 있으며, 학술적인 연구목적으로 위장하고 있지만 궁극의 목적은 군사적 활용에 있다. 본 연구에서는 전리층 변조기술을 중심으로 군사 선진국의 시설 현황을 살펴보고, 우리나라도 이러한 시설을 구축할 경우 필요한 주요 요구 성능을 알아보는데 있다. 또한 이러한 시설이 구축된 이후 활용할 수 있는 군사 작전에 대해서도 논의된다.

1. 서론

기상전(Weather warfare)이나 기후전(Climate warfare)은 특정의 군사 목적 가지고 기상변조(Weather modification) 기술을 활용하여 자연의 기상을 전략적·전술적으로 이용하는 것을 말한다.[1]

1976년 UN 총회에서 “환경파괴무기금지조약”을 채택하였으며, 여기에는 환경변화기술의 군사적 이용 금지를 포함하고 있다. 하지만 화학, 생물학, 핵 무기의 보유 및 활용을 금지하는 국제적인 조약이 있더라도, 전시와 같이 국가 존망이 달린 군사적인 활동에 있어서는 일부 국가에 한하여 역사적으로 상기 무기들을 개발하거나 실전에서 활용한 바 있다.

기상조절 기술에는 인공 증우·낙뢰 유도·안개 소산·전리층 변조·인공 지진 및 해일 유도 등이 있으나, 실제적으로 군사 선진국에서 개발되어 활용하였거나, 개발 중인 기술은 인공 증우, 낙뢰 유도, 안개 소산, 전리층 변조가 대표적이다.[2]

인공 증우는 군사적인 목적 외에도 농업이나 사막화 예방을 위해 민간에서도 많이 연구되고 있으며, 안개 소산의 경우에도 안개로 인해 사고 위험이 높은 도로나 교량 주변에 장치를 설치하여 안개 소산을 이용하고 있다. 특히, 인공 증우는 전쟁에서 실제로 사용된 바 있으며, 대표적으로 베트남 전쟁 시 미군에 의해 군용 항공기 등을 이용하여 적군의 보급로 상에 인위적인 우기를 유발하여 장기전을 유리한 방향으로 이끈 바 있다.[2] 또한 중국에서는 베이징 올림픽 개최 전에 베이징 지역에 인공적인 강우를 유발하여 대기오염을 감소시킨 바 있으며, 중국의 티벳 인근 지역 중심으로 사막화를 방지하기 위해 지상연소를 통해 인공 증우를 시도하고 있다.

하지만 인공 증우는 항공·로켓·지상연소 등을 이용하여도 증우되는 비율이 평시의 20% 미만으로 그 효과가 전시에 이용할 만큼 크지 않고, 대기 중에 수증기가 충분한 시기에만 증우가 가능한 제한사항이 존재한다. 낙뢰 유도 또한 강우 시나 낙뢰가 가능한 대기 상태에서 발생될 가능성이 높은 낙뢰를 지상으로 인위적으로 유도하는 개념이기 때문에 인공 증우와 같이 수증기가 많은 우기(雨氣)나 우리나라와 같이 장마철에나 효과를 발휘 할 수 있다.

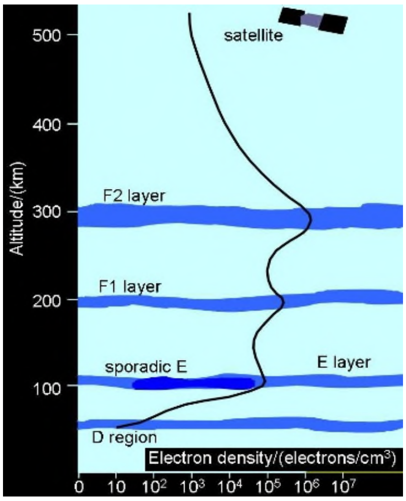
반면에 아래에서 설명할 전리층 변조(Ionospheric Layer Modification)는 대기 조건에 영향이 적기 때문에 20세기 하반에서 미국·러시아·유럽 등에서 연구가 활발히 진행되었고, 실제로 대규모의 시설이 갖추어져 있다.

본 연구의 목적은 전리층 변조기술을 이해하고 군사 강국에서의 시설을 고찰하여, 군사적으로 활용한 분야를 알아보는 것이다.

2. 전리층 변조기술 및 주요 국가의 시설현황

2.1. 전리층 및 전리층 변조기술

전리층(Ionosphere)은 아래 그림에서와 같이 대기 고도가 높아짊에 따라 공기의 밀도가 낮아진 상태에서 태양 빛으로 인해 공기 분자가 이온화되어 자유 전자가 밀집된 층을 말한다. 전리층은 전파의 진행에 영향을 주는 요소로 중요하게 작용하고 있으며, 특히 통신 등에서 중요하게 다루어지고 있다.[3]



[그림 1] 대기 고도에 따른 전리층[3]

전리층 조절기술은 지상에서 인위적으로 전리층 내의 이온화된 공기층을 만드는 것으로 주로 태양 에너지에 의해 불특정 상공에서 만들어지는 것과는 달리 운용기관에 의해 원하는 고도에 만드는 것으로 초기에는 장거리 통신을 위해 연구가 진행되었다. 하지만 전자 및 통신공학, 우주환경 분야의 공학적 기술이 21세기 중반 이후 비약적으로 발전함에 따라 장거리 통신 보장 외에 위성통신 방해, 지상에 있는 특정 지역의 전자장비 오작동 유도 등으로 활용 영역이 확대되었다.

전리층 변조는 크게 2가지로 가능하며, 하나는 원하는 지역에 전리층의 플라즈마 상태를 변화시켜 전파의 송수신에 영향을 주는 것이고, 다른 하나는 일단 인위적 전리층 거울(AIM, Artificial Ionosphere Mirror)을 생성시킨 후 생성된 AIM에 강력한 전파를 반사(Reflection)시켜 원하는 지역의 전자파 운용을 방해하는 것이다.[1]

Lewis M. Duncan 등의 연구와 Peter M. Banks의 연구에 따르면 주로 미국, 러시아, 유럽연합에서의 전리층 조절기술이 발전하였으며, 미국과 러시아는 민간분야 전리층 연구 외에도 군사적인 목적을 위해 연구가 진행되었다.[4] 우리나라도 현재 항공우주분야 군사교리 측면에서 전자전, 우주작전, 미사일방어 작전 등에서도 전리층 변조기술이 적극적으로 이용 가능한 분야이다. 하지만 국내에서는 기상조절 기술 중 인공 증우(설) 위주의 연구와 기술축척이 지속되어 왔고, 민간 차원에서의 전리층 관측 및 분석기술은 일정 수준 유지되어 왔으나 이를 미국과 러시아와 같이 군사적으로 이용하려는 시도는 없었다.

기상조절 기술 중 특히 전리층 변조기술은 고에너지를 이용한 비살상무기체계로 분류 가능하고, 기존 재래식 무기체계에 비해 은밀성(Covertness)을 지니며, 적은 비용으로 운용효과(Cost-Effectiveness)가 크게 나타날 수 있으며 다른 목적으로의 확장성(Expandability)이 우수한 기술이다.[1]

2.2 주요 국가의 시설현황

전리층 변조기술을 군사적으로 활용하고 있는 사례가 미국의 HAARP, 러시아의 SURA, EU의 EISCAT와 같은 시스템이며, 이에 대한 연구를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 미국의 HAARP는 1992년부터 알래스카 지역에 설치가 시작되어 규모를 확장하면서 운용되고 있으며, 초기 설치 및 군용은 주로 공군, 해군 등에서 이루어졌다. 1990년대 HAARP의 설치 및 운용은 전략방위구상(SDI, Strategic Defense Initiative)의 일환 중 하나였으며, 적의 통신과 레이다 장애를 발생시키고 전력시설이나 무기체계의 대량 무력화를 위해 은밀한(Covert) 임무수행이 가능하다고 알려져 있다. 설치 당시에는 미국이 제2차 상쇄전략을 수행하고 있는 시기로 구)러시아의 전력에 대응하기 위해 정밀유도무기, 스텔스, 정보감시정찰(ISR : Intelligence, Surveillance and Reconnaissance)에 중점을 두고 전력발전에 많은 예산이 투입되고 있었다. 이러한 전력 중에 하나가 HAARP이며, 특히 구)소련의 핵 및 탄도미사일의 위협이 중요한 시기였다. Patric G. Bailey와 Nancy C. Worthington의 연구에 의하면 HAARP 운용의 공식적인 목적은 전리층의 과학적 연구이지만 HAARP와 관련된 다수의 특허를 분석한 결과 장거리 통신 보장 외 Beam Weapon으로써의 운용임을 제시한 바 있으며, 여기에는 강한 전파로 우주 비행체 타격이나 저주파를 이용한 전자심리전과 관련된 내용이 포함되어 있다.[5]

[그림 2] 미국의 HAARP 시스템

둘째, 구)소련은 미국의 HAARP보다 앞서서 모스크바 동쪽 약 400km에 위치한 SURA 지역에 전리층 연구 시스템인 SURA 체계를 1980년대 초부터 설치하여 운용하였다. 하지만 1980년대 초에는 전리층 감시가 주요 목적으로 민간 및 군의 장거리 통신에 영향을 주는 전리층 연구와 우주비행체 발사 및 진입에 필요한 우주기상의 영향을 연구하기 위해 운용되었다. 이러한 초기 수동적인 활용에서 운용 범위를 확장하여 전리층을 인위적으로 변조하는 체계로 발전을 이루었는데,

1990년대에 확인한 결과 SURA는 전리층을 Heating하는 기능을 포함하도록 안테나 및 송출부 등을 갖추고 있다고 하였다.[6]

2000년대 SURA를 이용한 여러 실험을 확인한 결과 미국의 HAARP와 유사하게 전리층을 강한 전파로 Heating시켜 플라즈마의 밀도를 변화시키는 것으로 확인되었고,[1] 미국에 대응하기 위해 적극적으로 군사적인 용도로의 용이 활발해졌다고 볼 수 있다. SURA는 미국의 HAARP와 유사한 통제소, 다수의 안테나, 송출부, 전력시설로 구성되어 있으며, 규모나 출력 면에서는 HAARP보다는 크지 않다. 또한 군사적으로 운용된다고 직접적으로 설명된 학술자료가 없지만, HAARP와 유사한 체계 구성 및 시설을 이용한 기존 연구(전리층 Heating 등)를 통해 유추하건데 군사적으로 이용을 위해 확충되었다고 본다.

[그림 3] 초기 SURA 안테나

셋째, EU의 EISCAT의 전리층 Heater 시설은 노르웨이의 Tromso지역에 위치하며, 1970년대 후반에 시설이 설치되었으며, 전리층을 변조시키는 시설로는 미국이나 러시아보다 앞선 것이다. 주로 전리층 관측이 목적이지만, 미국과 러시아의 장비와 비교하여서 전리층을 변조시킬 수 있는 주파수와 출력을 지니고 있기 때문에 군사적으로의 이용은 어려운 것이 아니다. 미국과 러시아의 시스템과는 다르게 영국, 노르웨이, 핀란드, 스웨덴 등이 공동으로 시설을 운용하고 실험을 하고 있고, 관련된 정보가 아시아의 중국이나 일본에게까지 제공되고 있다.

3. 전리층 변조를 위한 핵심 장비 및 요구성능

3.1. 관측 장비

전리층의 현재와 변조되는 정도를 확인할 수 있는 전리층 관측 장비가 우선적으로 요구된다. 통상 전리층을 관측하기 위해 사용되는 관측 장비는 레이다, TEC(Total Electron Content) 관측기, 광학관측기 등이 있다.

레이다는 세계적으로 가장 보편적으로 사용되고 있으며 정밀관측이 가능한 장점이 있지만, 설치 규모가 크고 비용이 높게 요구되는 단점이 있다. 지상에서 송신기를 통해 전파를 발사하여 전리층 내의 전하밀도에 따라 반사되어 수신되는 신호의 반사(세기, 신호대 잡음비 등)를 분석하는 것으로, 운영 주파수 및 파장 등에 따라 HF 레이다(Ionosonde), 간섭 산란레이다(HF~VHF), 비간섭 산란레이다(VHF~UHF)로 구분하여 운영한다.

TEC 관측기는 GPS 등 GNSS이 상공에서 지상으로 송출하는 신호가 전리층을 거치면서 감쇄, 왜곡, 지연, 굴절 등의 영향을 받는 정도로 전리층의 상태를 관측하는 방식을 이용한다. 하지만 레이다가 보내는 신호 대비 수신하는 신호를 분석하는 것과는 다르게 GNSS의 인공위성이 보내는 송신 신호만을 분석하기 때문에 제한적인 전리층의 상태만 알 수 있다는 단점이 있지만, 상대적으로 매우 저렴한 비용으로 운용이 가능한 장점도 있다.

광학 관측기는 광학기술을 접목한 장비로 관측시야가 확보된 지상에서 전리층 등을 확인하는 장비로 저렴하고 어떤 지점에서도 광역의 전리층을 관측할 수 있는 장점이 있다. 하지만 관측시야 확보되지 않는 환경(짙은 구름 등)에서는 운용이 제한되는 단점이 있다.

3.2. 주파수

앞서 설명한 전리층 관측용 안테나를 이용하여 전리층의 일부 변조가 가능하지만 관측용 안테나의 송출 출력은 크지 않아서 군사적으로 이용하기 위해서는 별도의 안테나를 통해서 강력한 전력을 송출해야 한다.

주파수의 특성상 300~3,000kHz의 MF 대역 이하는 상대적으로 3~300MHz의 HF 대역보다 회절의 특성이 강하여 직진성이 낮아지는 관계로 전리층 변조를 위해서는 주로 고주파 대역의 직진성이 좋은 HF 이상의 대역을 이용하는 것이 세계적인 추세이다.[1]

[표 1] 전리층 변조 주파수 비교

구 분	사용 주파수	비 고
미국 HAARP	3~8MHz	HF
러시아 SURA	5~10MHz	HF
EU EISCAT	3.85~8MHz	HF

이미 군사과학기술 선진국에서 활용되고 있는 전리층 변조 시스템의 주파수를 살펴보면 [표 1]과 같다. 국내에서도 전리층 변조 시스템을 개발하기 위해서는 3~10MHz 수준의 주파수를 활용한 송출 안테나 개발이 필요할 것으로 판단된다.

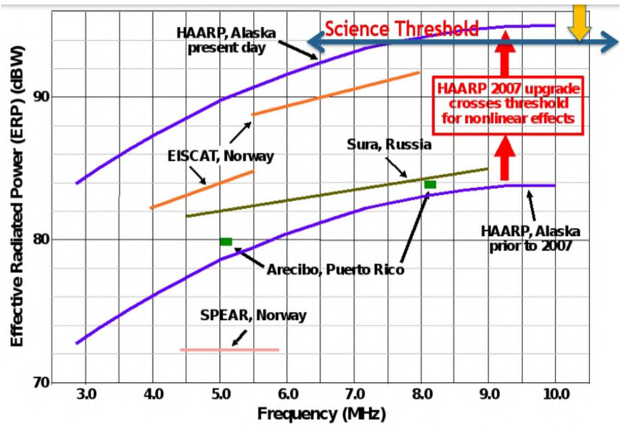
3.3. 유효방사출력(ERP)

전리층 변조를 위한 송출 출력 중 중요한 요소가 유효방사출력(ERP, Effective Radiated Power)으로 이는 송신기 출력에서 일부 손실(Loss)을 뺀 안테나의 이송 전력과 송신 안테나 이득(Gain)과의 곱으로 정의된다. 송신기 출력이 높고 안테나 이득이 좋을수록 ERP가 높게 나온다. 여기서 이득(Gain)은 전파가 특정방향으로 쏠려서 진출될 수 있는 정도로 빔폭(Beamwidth)과는 반비례 관계를 지니고 있다.

즉, 안테나에서 지향되어 전리층으로 집중될 수 있는 출력이기 때문에 일정 수준의 ERP가 보장되어야만 전리층의 변조가 이루어진다. 미국 알래스카 대학교(페어뱅크스)의 McCoy 박사 연구에 따르면 [그림 4]와 같이 ERP가 80~95dBW 수준일 경우에 HF 주파수를 이용하여 전리층 변조를 효과적으로 발생 가능하다고 제시하고 있다.[7]

4. 결 론

상기 요구 능력에 따라 구축된 시스템은 군사작전 측면에서 전자전, 우주작전, 대탄도탄 작전에 활용될 수 있다. 전자전 측면에서 비파괴적 전자공격의 일환으로 전리층 변조기술의 활용이 가능하며, 적의 전자장비와 전자기스펙트럼의 사용을 방해하는데 이용이 가능하다. 우주작전 분야에서 전리층 변조기술은 (장기적인 기술축척이 이루어진 후) 지상의 강력한 전리층 변조 전파를 직접적으로 위성 등에 투사할 수 있



[그림 4] 전리층 변조시스템의 ERP[7]

으며, 위성에서 지상으로의 통신전파를 방해하거나 차단하는데 이용할 수 있다. 대탄도탄 작전을 위해서는 변조된 전리층에 탄도탄이 진입과 재진입 시 내부의 유도조종장치에 영향을 미칠 수 있는 강력한 플라즈마 포켓을 생성하기 위한 연구(포켓 생성을 위한 전파 강도 및 주파수 등)는 더욱 필요하다.

기존의 안보를 위한 군사력 건설은 주로 지상, 해상, 저고도의 공중에서 이용할 수 있는 무기체계에 대한 연구와 투자가 이루어지고 있었다. 하지만 군사과학기술의 발전에 따라 전장이 확장되고 있으며, 특히 공중분야에 대한 미래 전력 요구가 증대되고 있는 현실이다. 공통전력으로써 군사 위성에 대한 확보가 요구되어 우리나라 자체적으로 군사용 위성을 개발하고 있다. 확대된 전장은 사이버 공간 외에도 고고도의 공중과 우주가 대표적인 분야이며, 이러한 전장의 확장은 전리층과 밀접한 관련이 있다. 전리층을 수동적으로 이용하는 것을 벗어나 적극적이고 능동적으로 활용할 수 있는 국가가 전장에서 주도권을 확보할 수 있을 것이다.

전리층 관측 및 변조기술은 앞서 설명한 군사적인 이용 목적 외에도 민간분야에서의 활용이 많은 분야이다. 즉, 개인 상용정보통신 장비의 급속한 증가, 차량 등의 GPS 시스템, 차량 및 드론 등의 자율주행 및 자율비행 기술의 필요성 증대 등은 전리층에 영향을 받을 수 밖에 없다. 따라서 전리층 관측 및 변조기술은 군과 민이 협력하여 Spin-on/off 개념으로 발전시켜야 될 분야이다.

Acknowledge

본 연구는 학술대회 논문의 저자 중 한 명에 의해 작성된 2019년 충남대 박사학위 논문 “한반도 환경에 적합한 군사적 기상조절 기술 도출과 구축방안 연구”를 기반으로 저자들에 의해 수정 및 보완된 것임.

References

[1] 한승조, “한반도 환경에 적합한 군사적 기상조절 기술 도출과 구축방안 연구”, 충남대학교 박사학위 논문, 2019.
[2] 한승조, 신진, “기상조절기술의 군사적 활용방안과 우선순위 도출에 관한 연구”, 융합보안논문지, 18(2), pp. 77-88, 2018.
[3] Australian Gov. Burean of Meteorology, "Space Weather Services", https://www.sws.bom.gov.au/Educational
[4] Lewis M. Duncan, Robert L. Showen, "View of Soviet Ionospheric Modification Research," Clemson Univ. Report, 1990. Peter M. Banks, "Overview of Ionospheric Modification from Space Platforms," Stanford Univ. Report, 1990.
[5] Patric G. Bailey, Nancy C. Worthington, “History and applications of HAARP technologies: the High Frequency Active Auroral Research Program,” IECEC-97 Proceedings of the Thirty-Second Intersociety Energy Conversion Engineering Conference, 1997.
[6] A. N. Karasbtin et al., "Radar studies using the SURA facility," Radiophysics and Quantum Electronics, 42(8), pp. 674-686 1999..
[7] J. Kasparian, et al, “Laser-assisted water condensation in the atmosphere: a step towards modulating precipitation?”, Journal of Physics D: Appl. Phys., 45, pp. 1-13, 2012.