Journal of the KIMST, Vol. 22, No. 1, pp. 141-149, 2019
ISSN 1598-9127(print), 2636-0640(online)
DOI http://dx.doi.org/10.9766/KIMST.2019.22.1.141

Research Paper 화생방 · 환경 부문

한반도 지역의 고층대기에서 운용되는 무기체계를 위한 기온 조건 분석

김현명*,1) · 강동식1) · 양원석1)

1) 국방과학연구소 제7기술연구본부

Analysis of the Upper-Air Temperature Condition for Weapon System Operating in the Korean Peninsula

Hyun-myung Kim*,1) · Dong-sik Kang1) · Won-seok Yang1)

1) *The 7th Research and Development Institute, Agency for Defense Development, Korea*

(Received 10 July 2018 / Revised 18 October 2018 / Accepted 21 December 2018)

ABSTRACT

This study analyzed upper-air temperatures in order to make temperature conditions for weapon system operating in Korean Peninsula. One of important tasks of environmental analysis is to set-up suitable temperature conditions for successful development of weapon system. Many weapon system developers are setting air temperature conditions based on the MIL-STD-810G. However, for weapons systems that are used only in the upper-air of the Korean Peninsula, the air temperature conditions recommended by MIL-STD-810G are often not suitable. To establish the air temperature conditions for upper-air in the Korean Peninsula, the method of Percentage of Occurrence should has be built up as method of temperature analysis. Upper-air climate data of the Korea Peninsulas over the past decade is also analyzed based on this method. The study suggest upper-air temperature conditions for weapons systems that are operated only in the Korean peninsula.

Key Words : Air Temperature Condition(기온 조건), Weapon System(무기체계), Upper-Air(상공)

1. 서 론

최근 무기체계 개발에 있어 기후환경을 정확히 분석하는 것은 매우 중요하다. 21세기 군사연구소에서 발간한 ‘국방연구개발 실패사례 및 개선 연구’에 따르면 기후환경에 대한 정확한 분석 없이 개발된 무기체계가 운용단계에서 잦은 기능고장을 일으켜 사업기간 연장 또는 사업 실패로 이어지는 사례들이 보고되었다[1]. 이처럼 기후환경을 정확히 분석하여 적절한 환경요구도를 수립하는 것은 성공적인 무기체계 개발을 위한 중요한 과정이다. 환경요구도와 무기체계 개발의 관계는 Fig. 1에서 명확하게 확인할 수 있다. 환경요구도는 단순히 설계과정에만 사용되는 것이 아니라 제

* Corresponding author, E-mail: khm1308@gmail.com
Copyright ⓒ The Korea Institute of Military Science and Technology

작 후 시험평가와 전력화 이후에도 지속적으로 영향을 미치는 사항이다. 이 때문에 합리적인 환경요구도를 설정하려는 노력들이 있었다.

국내에서 많이 참고 하는 자료는 미군에서 발간한 MIL-STD-810G이다. MIL-STD-810G는 무기체계의 환경요구도를 설정할 때 고려해야 할 주요 검토 사항과 항목별 추천 요구도 등을 자세하게 기술하고 있으며, 더불어 설정된 환경요구도에 대한 입증시험 방법론까지 체계적으로 다루고 있다. 이에 국내의 많은 연구기관과 방산 업체들이 MIL-STD-810G를 활용하여 무기체계를 개발할 때 환경요구도 설정과 무기체계 환경시험 입증 계획을 수립하고 있다.

한반도 지역에서만 제한적으로 운용되는 무기체계의 경우 MIL-STD-810G를 기반으로 환경요구도를 설정하면 실제 운용환경보다 가혹한 환경요구도가 수립되는 경우가 발생한다. 이것은 MIL-STD-810G에서 제시되는 환경요구도 추천 값들이 전 세계를 3가지 권역으로 나누어 분석한 결과를 기반으로 환경요구도 추천 값을 제시하고 있기 때문이다. MIL-STD–810G에서는 이런 문제점을 보완하고자 무기체계의 운용환경에 따라 적합화(Tailoring)을 수행하여 환경요구도를 설정하도록 권장하고 있다[2]. 따라서 한반도 지역에서만 운용될 무기체계의 환경요구도는 MIL-STD-810G에 제시된 적합화(Tailoring) 지침을 기반으로 한반도 지역의 기후환경 자료 분석하고 이 기반으로 환경요구도을 수립해야 한다.

환경요구도를 수립하는데 있어 적합화(Tailoring)는 중요한 요소인 만큼 이와 관련된 연구가 수행되었으며, 기온조건 설정 분야에 연구가 집중적으로 이루어졌다. 한국에서 처음으로 육군이 한반도 지역에 운용되는 무기체계에 대해서 적합한 작전운용성능을 설정하기 위해서 지표의 기온조건에 대한 연구를 수행하였다[3]. 이후 한반도 지역에서 운용되는 유도무기 체계의 기후환경요구도를 수립하는 과정에서 보다 합리적인 기온조건을 수립하기 위해서 연구가 수행되었다[4-6]. 최근의 연구는 한반도 지역에만 운영되는 무기체계의 환경요구도와 더불어 환경시험의 입증까지 고려한 기온조건을 수립하려는 연구가 수행되었다[7].

선행연구는 한반도 지역에 운용되는 무기체계 및 군수품에 대해서 기온분야에 대한 설정기준과 추천 기온을 제시하여 보다 합리적인 기온조건을 설정할 수 있는 기틀을 마련하였다. 하지만 선행연구의 분석 범위가 한반도 지역의 지표로 한정되어 수행되어서

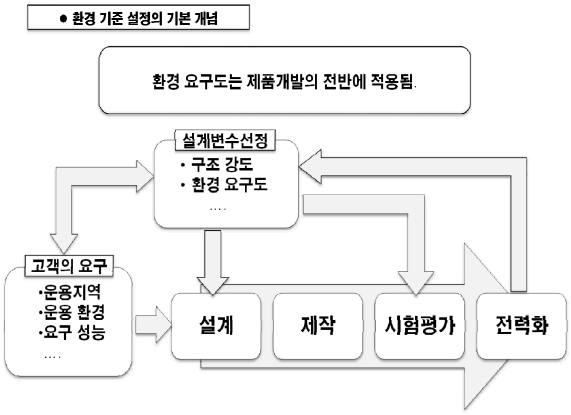

Fig. 1. Relationship between requirement and development for weapon systems

지표에서 운용되는 무기체계와 군수품에 대해서만 적용할 수 있고, 고층대기에서 운용되는 무기체계에 적용하기 어렵다. 이는 고층대기환경이 지표의 대기환경과 차이가 있기 때문이다.

이 연구는 한반도 지역의 고층대기에서 운용되는 무기체계의 합리적인 기온조건을 설정하기 위하여 연구를 수행했다. 분석 대상지역은 북한 접경지역인 선양을 포함한 5개 지역을 선정하였다. 이 연구에서는 분위값 분석법을 새롭게 정의하여 선정된 지역의 고층대기의 기온을 분석하였다. 또한 무기체계의 운용환경에 따라서 기온조건을 선택할 수 있도록 한반도 지역을 대표할 고도별 연평균 기온, 월평균 기온, 1 %, 5 %, 10 %, 15 % 및 20 % 분위값을 제시하였다.

2. 고층대기 기온분석법

2.1 빈도값 분석법 정의와 한계성

기온조건을 설정하기 위해서는 고층대기 기후자료를 분석할 적절한 기법이 필요하다. 기온조건을 설정하는데 있어서 보편적으로 많이 알려진 방법은 MIL-STD-810G에서 사용되고 있는 빈도값(Frequency of Occurrence, FOO) 분석이다. 그 이유는 MIL-STD-810G에서 기후환경요구도의 기온조건으로 권장되는 값들이 빈도값 분석으로 설정되어졌기 때문이다.

빈도값 분석으로 기온조건을 산출하는 방법은 선정된 특정 월의 기후자료에서 7.44시간 발생하는 기온을 1 % 빈도값이라고 정의하고 이를 권장 값으로 사용

한다. 한 달을 31일 기준으로 하였을 때 총시간이 744 시간이고 여기에 총시간의 1 % 해당하는 시간이 7.44 시간이기 때문이다. 추가적으로 1 % 빈도값을 선정하는 7.44시간을 산출할 때 기온의 발생시간이 반드시 연속적일 필요는 없고, 한 달 동안 발생한 총 누적시간을 기반으로 한다. 1 % 빈도값을 기온조건의 권장값으로 활용하는 것은 1년 또는 10년에 한번 정도 나타나는 기온을 기반으로 무기체계를 설계하는 것은 시간적 또는 비용적인 부분에서 비효율적이라고 MIL-STD-810G에서 언급하고 있다[2].

빈도값 분석 절차를 기온조건의 수립하는 과정을 예로 들어 설명하면 기온이 포함된 기후자료의 구조는 최소 1시간 간격으로 연속하여 측정되고 이렇게 저장된 기후자료가 최소 5년 이상 확보되어야 하다. 가능하다면 10년 정도의 자료를 확보하는 것이 권장된다. 확보된 기후 자료는 월별로 구분하여 월평균 기온을 산출하고 저온의 경우 월평균 기온이 낮은 월을 선정하여 1 % 빈도값 분석을 수행하고 고온의 경우에는 월평균 기온이 가장 높을 월을 선정하여 1 % 빈도값 분석을 수행한다. 이렇게 도출된 1 % 빈도값에 부합하는 기온을 환경요구도의 기온조건으로 선정한다.

그러나 빈도값 분석은 기후환경요구도을 설정하는데 있어서 신뢰성 있는 기법이지만 한계성이 존재한다. 분석에 활용되는 기후자료가 최소 1시간 단위로 측정되지 못한다면 빈도값 분석을 적용할 수 없다. 이에 대한 가장 대표적인 경우가 바로 고층대기 기후자료이다.

고층대기의 기후자료는 라디오존데(Radiosonde)라는 장비를 활용하여 측정된다. 라디오존데는 전 세계적으로 하루 2회 고층대기 기후자료를 수집하고 측정 시점 00 UTC와 12 UTC이다. 이는 전 세계적으로 동일한 시간대에 고층대기 기후자료를 수집하기 위한 국제 협의에 의해서 결정된 기준이다. 그러나 오산의 경우에는 공군이 군사용 목적으로 하루에 4회(00, 06, 12, 18UTC) 고층대기 환경을 측정하고 있다. 이와 같은 제한적인 측정으로 인하여 고층대기 기후자료는 빈도값 분석법으로 기후환경요구도 설정이 불가능하다. 그래서 제한적으로 획득되는 기후자료에 대해서도 기후환경요구도을 수립할 수 있는 새로운 분석법이 필요하다.

2.2 분위값 분석법 정의

분위값(Percentage of Occurrence, POO) 분석법은 빈도값 분석을 적용할 수 없는 고층대기 기후자료 또는 제한적으로 수집될 수밖에 없는 기후자료를 분석하기 위해서 만들었다. 분위값 분석법은 기존의 연구에서 활용되어져 왔던 정규분포를 활용한 통계학적 접근법을 바탕으로 했다. 여기에 기존 연구에서 부족했던 기후자료의 정규성 검토와 분석에 필요한 최소 자료 개수에 대한 부분을 보강하여 분위값 분석법을 만들었다. 그리고 분위값 분석을 수행하기 위한 분석에 대한 절차가 필요했고 이와 관련된 절차는 빈도값 분석 절차를 참고하여 일련의 절차를 수립했다.

분위값 분석법이 빈도값 분석법의 대안책으로 제시하는 이론적 근거는 다음과 같다. 빈도값 분석법에서 1 % 빈도값 산정할 때 1개월을 31일로 기준하여 기후요소가 발생할 수 있는 전체 시간이 744시간이고 여기에서 7.44 시간이 발생하는 값을 의미한다. 즉 시간을 배제한 확률적인 관점에서 보면 어떤 기후요소의 측정주기가 일정하다면 시간은 자료 개수와 관계가 있고, 여기에 시간당 측정되는 기후 요소가 측정되는 시간에 물리적으로 1개의 측정값만 존재하기 때문에 빈도값의 7.44 시간 발생한 것은 확률적으로 보면 한 시간 주기로 한 달간 측정된 기후자료 744개 중 7번 정도 나타난 기후값으로 볼 수 있다. 이와 같은 내용을 Fig. 2에서 보다 쉽게 확인할 수 있다.

분위값 분석을 수행하는 절차에서 가정 먼저 확인해야 하는 것은 기후자료의 구조이다. 하루 단위 기후자료는 일정한 주기성을 가지고 최소 2회 이상 측정하여 만들어져야 한다. 그리고 이 하루 단위의 기후자료는 매일 연속적으로 측정되어 연간 기후자료로 만들어져야 한다.

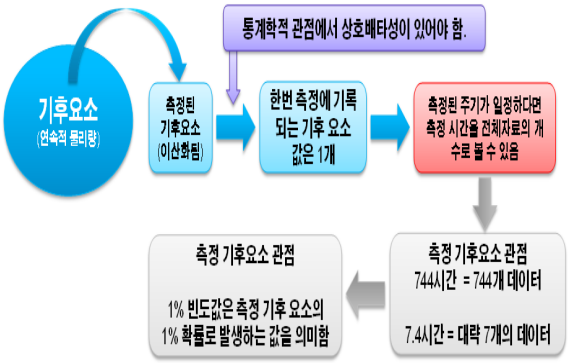

Fig. 2. Correlation between 1 % FOO and 1 % POO

기후자료의 구조가 확인되면 분위값 분석을 위한 다음 단계로 연간 기후자료를 월별 기후자료로 분리하는 작업을 하고 정규성 검정을 수행한다. 분위값 분석은 표준정규 확률밀도함수를 기반으로 산출되기 때문에 월별 기후자료가 정규성을 가지는 것을 반드시 확인해야 한다. 이 연구에서 정규성 검증을 위해서 Anderson-Darling test 기반으로 신뢰도 99 %의 가설검정을 수행하였고, Anderson-Darling test 식은 다음과 같다[8].

$$W_n^2 = -n - \frac{1}{n}\sum(2i-1) \left\{\log F^*(X_i) + \log\left(1 - F^*(X_{n+1-i})\right)\right\} \quad (1)$$

여기서 $F^*(x_i)$는 정규분포 함수이고, x_i는 측정된 기온 또는 기후요소 그리고 n는 자료 총 개수이다.

기후자료의 정규성 검정법으로 Anderson-Darling test을 선택한 이유는 통계학에서 많이 사용되는 4가지 종류의 정규성 검정법에 대해서 비교 연구한 결과에서 Anderson-Darling test가 다른 정규성 검정법 보다 적은 자료 수에서도 자료의 정규성을 정확히 판정할 수 있다고 기술하고 있다. 또한 Anderson-Darling test를 기반으로 정규성 검정을 수행하기 위해서는 최소 자료 개수가 250개가 필요하다고 기술하고 있다[8]. 이 연구에서 분위값 분석을 위한 월별 기후자료의 최소 개수를 250개 이상으로 정했다. 만약하루에 2회 정도 측정되는 기후자료이라면, 최소 10년 정도의 기후자료를 확보해야 한다. 이에 대한 대표적인 사례가 한반도 지역의 고층 기후자료 이다. 그리고 고층대기의 고도별 분석을 수행할 때는 고층대기 기후자료를 측정 고도에 대해서 월별 기후자료를 분류한 후에 분석을 목표로 하는 고도에 대한 기후자료 한 번 더 분류하여야 한다.

월별 기후자료에 대한 정규성이 확인되면 표준정규 확률밀도함수를 활용하여 월별 분위값을 산출하게 된다. 위 함수를 사용하기 위해서 기후자료를 z점수(z scale)로 변환하여 표준화하였다. 표준화 작업을 수행하게 되면 측정된 기후자료가 표준정규분포로 표현되어 누적확률값을 명확하게 산출할 수 있게 되어 특정 분위값을 쉽게 산출할 수 있다. 기후자료의 기온을 z 점수(z score)으로 변환하기 위한 공식은 다음과 같다[9].

$$z = \frac{x-\mu}{\sigma} \quad (2)$$

여기서 z는 z 점수이고, x는 기온측정값이고, σ는 월평균 기온표준편차 그리고 μ는 월평균 기온이다.

z 점수로 표준화된 기온을 표준정규 확률밀도함수를 대입하여 월별로 기온에 대한 1 % 분위값을 산출한다. 예로 저온 1 % 분위값의 경우 $f(z)$ = 0.01 지점의 기온을 산출하고 고온 1 % 분위값의 경우 $f(z)$ = 0.99 지점의 기온을 각각 산출하여 월별 1 % 분위값으로 선정한다. 표준정규확률 밀도 함수는 다음과 같다[9].

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-z^2/2} \quad (3)$$

여기서 z는 z 점수이고 $f(z)$는 월 기온분포 확률밀도함수이다.

월별로 기온의 1 % 분위값의 분석이 완료되면 월별로 산출된 특정 기후요소의 1 % 분위값 중 가장 극값을 가지는 1 % 분위값을 무기체계의 기후환경요구도 권장 값으로 사용한다. 그러나 기온의 경우 무기체계의 특성에 따라 개발자가 5 %, 10 %, 15 % 그리고 20 % 분위값도 산출하여 적용할 수 있다.

3. 고층대기 기온조건 설정

3.1 고층대기 분석방향 및 기후자료 구성

한반도 지역 고층대기에서 운영되는 무기체계의 기온조건을 수립하고자 고층대기의 기온분석을 수행하였다. 고층대기의 기온분석 대상지역은 선양, 백령도, 오산, 속초, 광주 그리고 포항으로 총 6개 지점을 선정했으며 Fig. 3에 나타냈다. 선정된 지역은 한반도에서 고층대기 기후자료는 획득할 수 있는 유일한 지역이다. 고도에 따른 기온분석 범위는 5 ~ 20 km 구간으로 선정하고 기온분석은 1 km 간격으로 수행했다. 고도는 기하학적 고도로 표현하였다. 라디오존데는 측정지점으로 입력된 고도별 압력 지점에서 기온과 함께 여러 기후요소를 측정하고, 이 때 기하하적 고도값도 같이 측정이 된다. 이에 이 연구에선 기하학적 고도에 따른 기온분석을 수행할 수 있었고, 1 km 간격은 고층대기 자료에서 분석을 목표로 하는 고도의 수직 방향으로 ±100 m 영역의 자료를 추출하여 분석했다. 그리고 한반도 지역의 고층대기의 기온분포를 연구한 결과에서 고도가 3 km 이상이 되면 연중 영하의

기온을 가진다고 분석되었다. 이 연구에서는 저온 영역에서만 고층대기 기온분석을 수행하였다[10].

고층대기 기온분석은 분위값 분석법을 사용하였고, 고층대기의 기온분석 목표는 고도에 따라서 연평균 기온, 월평균 기온, 1 %, 5 %, 10 %, 15 % 및 20 % 분위값을 분석하여 제시하였다. 분석에 사용되는 고층대기 기후자료는 와이오밍 대학교에서 운영하는 전 세계고층 기후자료를 공유하는 웹사이트를 통해서 확보했다. 사이트는 대한민국 기상청을 포함한 전 세계의 기후를 측정하는 기관들이 고층기후 연구목적으로 기후자료의 데이터베이스를 구축하여 공유하고 있다.

고층대기 기후자료에 측정되는 기후환경 요소는 기압(hPa), 습도(%), 고도(gpm), 풍속(knot), 풍향(°), 기온(℃) 및 이슬점온도(℃)가 측정된다. 관측주기는 라디오존데(Radiosonde)의 운영 특성상 6시간 또는 12시간 단위로 측정된다. 분석에 사용된 자료의 수는 분위값 분석을 적용하기 위한 2003년 1월부터 2012년 12월까지 10년간의 고층대기 기후자료를 확보했다.

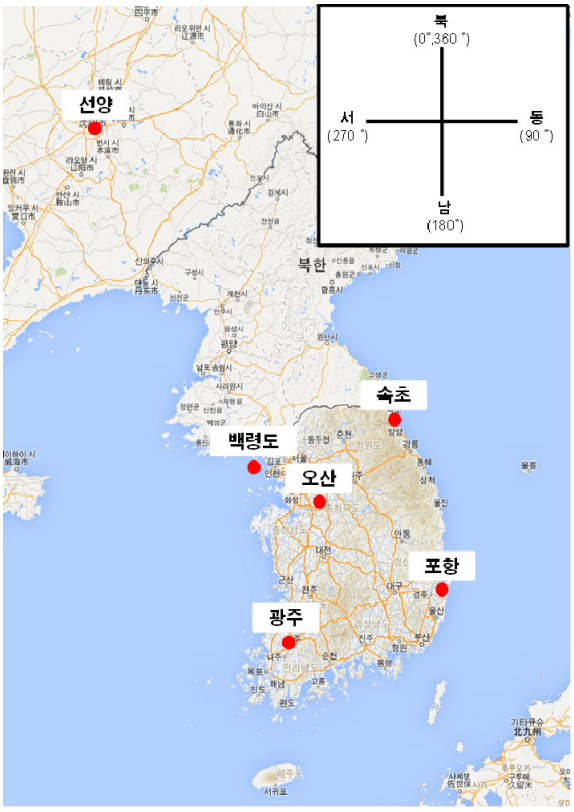

Fig. 3. upper-air observations sites used in the paper

3.2 고도별 연·월평균 기온분석

6개 지역에 대해서 10년 기후자료기반 고도별 연평균 기온을 분석하였고 그 결과는 Fig. 4와 같다. 일반적인 고층대기의 연평균 기온변화 경향은 고도 5 km에서 가장 높은 연평균 기온을 가지고 있으며 고도 17 km까지는 고도가 높아질수록 연평균 기온이 낮아지는 경향을 가진다. 그러나 고도 17 km부터는 고도 높아질수록 연평균 기온가 상승하는 것을 확인할 수 있다. 이는 일반적으로 알려진 고층대기 기온분포에서 성층권의 고도 10 ~ 20 km 구간은 기온이 일정하다는 것과 차이가 있다. 주목할 만한 특징으로 Fig. 4에 표시된 고도 13 km에서 나타나는 변곡점이다.

변곡점 이상의 고도에서 연평균 기온의 경향성을 보면 선양보다 상대적으로 위도가 낮은 지역인 광주와 포항에서 더 낮은 연평균 기온를 가지는 것을 확인할 수 있다. 변곡점이 발생하는 고도는 대류권 계면으로 보이며, 이 같은 경향으로 볼 때 대류권계면보다 높은 고도에서의 기온 경향성은 일반적으로 알고 있는 계절과 지역의 변화에 따른 양상과 다르기 때문에 무기체계의 환경 분석을 수행 할 때 주의가 필요하다.

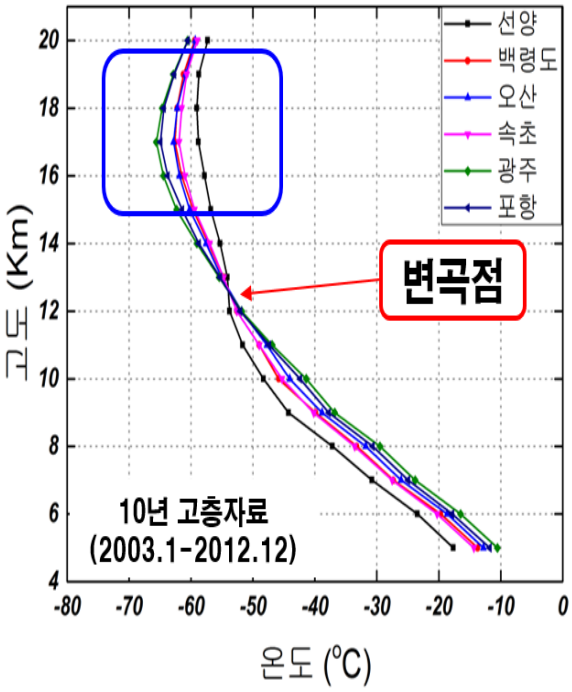

Fig. 4. Annual mean air temperature with altitude

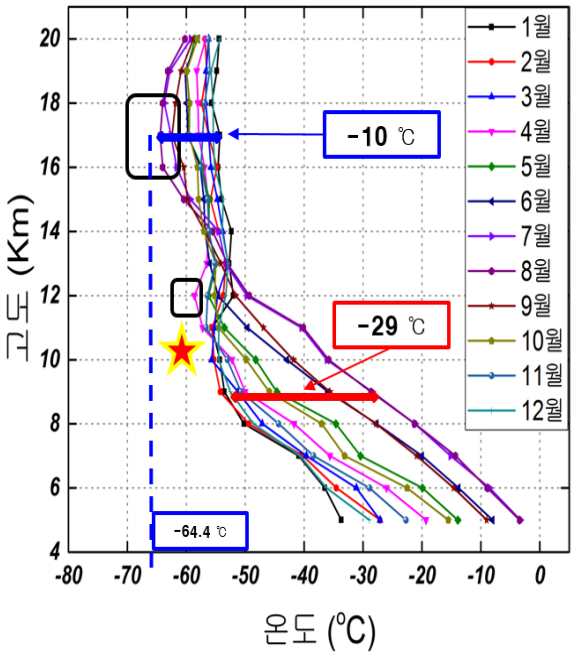

Fig. 5. Monthly mean air temperature with altitude at Shenyang

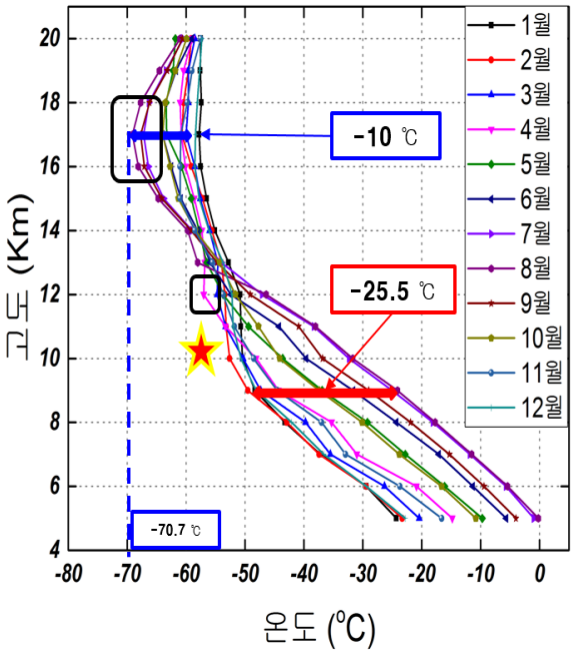

Fig. 7. Monthly air mean temperature with altitude at Osan

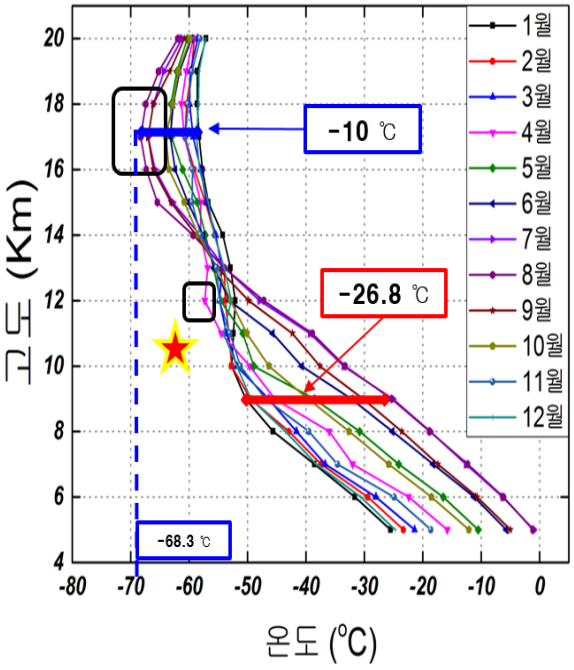

Fig. 6. Monthly air mean temperature with altitude at Baengnyeong

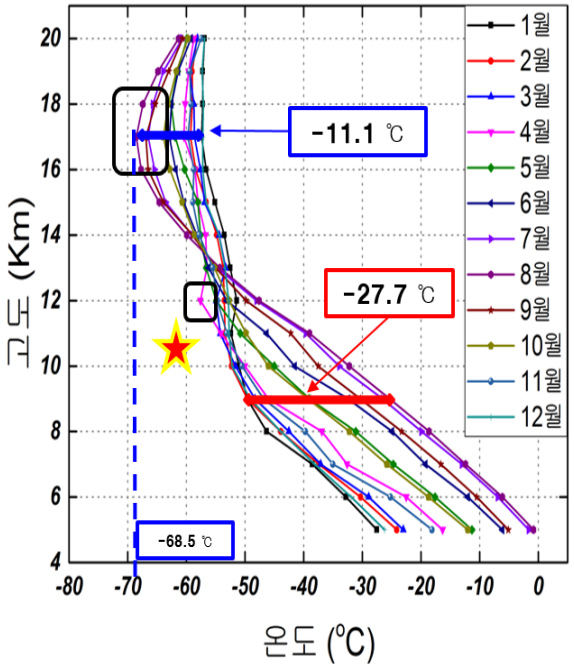

Fig. 8. Monthly air mean temperature with altitude at Sokcho

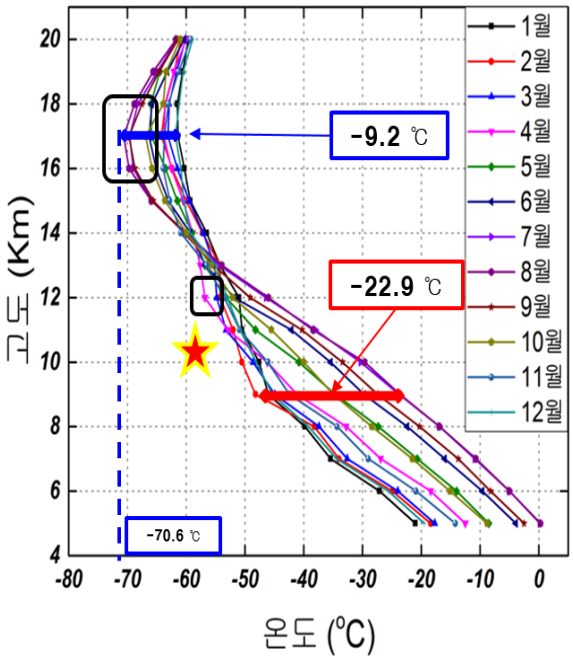

Fig. 9. Monthly air mean temperature with altitude at Gwangju

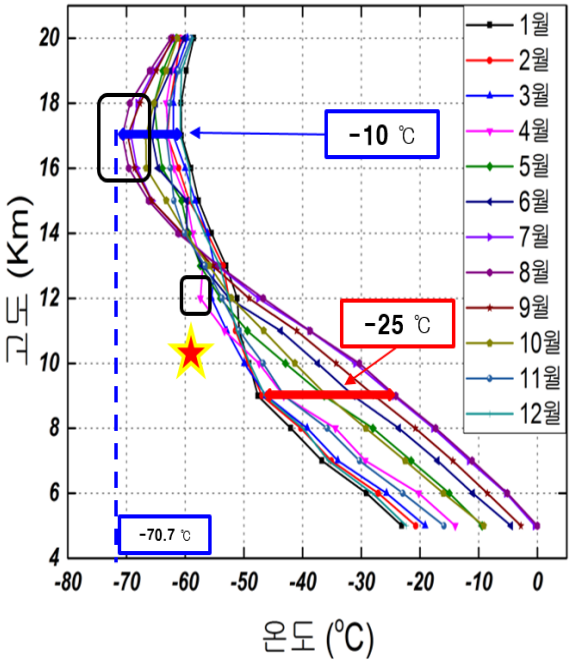

Fig. 10. Monthly air mean temperature with altitude at Pohang

연평균 기온이 가장 높은 고도는 5 km이며 광주에서 -10.5 ℃, 선양에서 -17.7 ℃로 나타나 지역에 변화에 따라 -7 ℃ 정도의 기온차이가 발생했다. 연평균 기온이 가장 낮은 고도는 17 km이였고 선양은 -58.8 ℃, 광주는 -64 ℃로 분석되었고 지역 변화에 따른 연평균 기온차이는 -6 ℃로 나타났다. 연평균 기온분석은 한반도 지역의 일반적인 고층대기 기온분포의 특성을 파악할 수 있지만, 4계절이 존재하는 한반도 지역에서는 연평균 기온만으로 무기체계 운영환경을 분석하고 운용계획을 수립하기에는 어려움이 있다. 이에 월별로 고층대기 기온분석을 수행하였다.

지역별로 고도에 따른 월평균 기온을 분석한 결과는 Fig. 5 ~ 10에 나타냈다. 분석결과를 보면 고도 13 km이하에서는 겨울철의 월평균 기온이 여름철과 비교해서 낮은 월평균 기온을 가지지만, 고도 13 km 이상에서는 여름철에 해당하는 7월 ~ 8월의 월평균 기온이 겨울철의 월평균 기온보다 낮게 나타나는 경향을 확인할 수 있다. 월평균 기온이 가장 낮은 고도 17 km를 기준으로 보면 7 ~ 9월이 12 ~ 2월보다 평균적으로 -10 ℃ 정도 낮게 나타나고 있으며 지역의 변화에 따른 기온의 변화폭은 -70.7 ~ -64.4 ℃ 나타났다. 고도 11 km 미만에서는 월평균 기온의 변화폭이 -29 ~ -22.9 ℃이며, 지역의 변화에 따라 최대 -6.1 ℃의 차이가 발생한다. 고도 12 km에서는 모든 지역이 4월에 가장 낮은 월평균 기온이 나타났고 그림에서 별도의 표시를 하였다. 봄에 해당하는 4월에 가장 낮은 월평균 기온을 보이는 것은 특이한 현상이다. 이는 대류권 계면의 이동과 관련 있을 것으로 판단하고 있다. 만약 11 ~ 13 km 지점에서 운용되는 무기체계 설계할 때 유념할 필요가 있다.

3.3 고도별 추천 기온조건 분석

분위값 기온분석은 고층에서 운영되는 무기체계의 기온조건 설정을 위해서 필수적인 분석이다. 이 연구에서는 한반도 지역의 고층대기에서 운용되는 무기체계를 위해서 고도별로 추천 분위값 분석하여 제시하였다. MIL-STD-810G에서는 환경요구도 설정 시 1 % 분위값을 사용하는 것을 권장한다. 하지만 경우 따라서 무기체계의 운영환경과 특성에 따라서 다른 분위값을 사용하는 것도 가능하다고 명시하고 있다. Table 1는 한반도 지역 고층대기의 월별 기온 1 % 분위값에서 고도별 가장 낮은 기온을 선정하여 제시하였다. 한반도 지역 고층대기 20 km 미만에서 권장 1 % 분

Table 1. Recommendation POO of air temperature with altitude in Korea Peninsula

고도	분위값				
	1 %	5 %	10 %	15 %	20 %
km	℃				
5	-47.4	-43.0	-40.8	-39.7	-38.6
6	-49.3	-45.8	-43.6	-41.8	-41.0
7	-50.9	-47.5	-45.8	-44.9	-44.1
8	-58.5	-56.2	-54.8	-54.1	-53.1
9	-60.7	-59.0	-57.8	-57.0	-56.5
10	-68.0	-64.0	-62.1	-61.1	-59.7
11	-69.9	-66.6	-63.9	-62.3	-61.4
12	-68.3	-66.1	-64.4	-63.1	-62.7
13	-69.0	-66.1	-64.0	-62.9	-62.1
14	-68.8	-66.4	-65.1	-64.5	-63.9
15	-73.0	-70.9	-69.6	-68.9	-68.1
16	-77.0	-75.9	-74.9	-73.2	-71.9
17	-78.0	-75.9	-74.6	-73.7	-73.0
18	-75.4	-73.6	-72.7	-71.9	-71.4
19	-73.2	-70.7	-69.5	-68.4	-68.0
20	-70.3	-68.0	-66.5	-65.5	-64.9

위값 -78 ℃이고 고도 17 km에서 산출되었다. 고층대기에서는 고도에 따른 기온변화가 크기 때문에 운영온도를 설정할 때 무기체계의 운영환경 분석을 필수적으로 수행하여 적절한 기온조건을 설정해야 한다.

4. 결 론

이 연구에서는 한반도 지역에서 운영되는 고층대기 무기체계의 합리적인 기온조건을 설정하기 위하여 한반도 지역의 고층대기 기온을 분석하였다. MIL-STD-810G에서 기온조건을 설정하는데 있어서 빈도값 분석을 추천하고 있지만, 고층대기 기후자료가 최소 1시간 단위로 측정되지 못해서 빈도값 분석을 적용할 수 없었다. 이에 기존 연구에서 누적밀도확률 함수로 도출한 1 % 분위값과 MIL-STD-810G에서 제시하는 1 % 빈도값이 유사값으로 도출된다는 연구결과에 정규성 검정하는 기법과 요구도 산출하는 세부적 절차를 추가하여 분위값 분석법을 도출하고 한반도 지역의 고층대기 기온분석에 적용하였다.

분위값 분석을 적용하는데 있어서 중요한 점은 월별 기후자료에 대해서 Anderson-Darling test 이용한 정규성 검증이 수행해야 하며 이를 위해서 월별 기후자료는 최소 개수는 250개 이상이 필요하다. 만약 하루에 2회 정도 측정되는 자료이며 최소 10년 정도의 자료를 확보하여 분위값 분석을 수행할 수 있다. 고도에 따른 기온을 분석할 때에는 월별 기후자료 분류 후에 추가적으로 분석 목표고도 자료를 한 번 더 분류하고 분위값 분석을 적용해야 한다.

한반도 지역 고층대기 기온조건 수립을 위해서 한반도 6개 지점의 10년간 기후자료를 수집하여 저온조건을 도출하였다. 분석의 범위는 5 ~ 20 km 구간에서 수행했다. 20 km 미만의 고층대기 저온 1 % 분위값은 -78 ℃로 포항에서 8월에 고도 17 km에서 나타났다. 고층대기의 경우 고도에 따른 기온변화가 크기 때문에 무기체계의 운용고도에 따른 환경 분석이 중요하다. 그래서 다양한 무기체계의 특성을 고려하여 고도에 따른 기온조건 값을 Table 1에 정리하였다.

MIL-STD-810G에서 기온조건을 설정할 때는 1 % 수준의 값을 기후환경요구도 기준으로 권장하고 있어, 본 연구에서도 1 % 수준의 값을 기후환경요구도로 제시하고 있다. 하지만 이는 어디까지나 권장이고 무기체계의 운영환경에 따라서 보다 합리적인 수준의 값을 선택하는 것이 올바르다고 판단된다. 그래서 고도별로 1 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 % 분위값을 분석하였다.

References

[1] Y. H. Cho, “A Study on Failure Case of Defense R&D and Improvement Plan,” 21st Century Military Research Institute. Korea, pp. 25~39, 2010.

[2] Military Specification, MIL-STD-810G, “Environmental Engineering Considerations and Laboratory Tests, 2008.

[3] ROKA, “Operational Performance Setting Criteria

(Establishment Process of Korean Standard Weapon System Temperature Standard),” pp. 167~206, 1998.

[4] I. S. Kim, C. W. Kang, “A Study on Generation of Operational Temperature for Weapon Systems,” KIMST Annual Conference Proceedings, pp. 675-682, 1999.

[5] I. S. Kim, C. W. Kang. “A Temperature Analysis Study of East Asia for Generatin of Temperature Specification,” Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 5, No. 3, pp. 11-22, 2002.

[6] I. S. Kim, et al. “A Temperature Analysis Study of Koreae and its Neighbor Reginons for Temperature Specification,” Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 18, No. 1, pp. 55-65, 2015.

[7] J. Moon, D. G. Kim, I. C. Sung, Y. W. Hong, “A Study on the Temperature Guidelines for Weapon System Test and Evaluation in the Korean Peninsula,” Journal of the Korean Data Information Science Society, Vol. 27, No. 6, pp. 1593-1600, 2016.

[8] N. M. Nornadiah, Y. B. Wah, “Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling Test,” Journal of Statistical Modeling and Analytics, Vol. 2, No. 1, pp. 21-33, 2011.

[9] G. S. Kang W. S. Jung, “Easy-to-Understand Statistics,” O-LE, 2013.

[10] H. M. Kim, “Analysis of Operational Environment for Aircraft in the Korean Peninsula,” KSAS Fall Conference, pp. 1629-1632, 2014.