

## 군수품 환경시험을 위한 남한 산악 지역 고도에 따른 온도강하율 산출 연구<sup>†</sup>

김영래<sup>1</sup> · 윤재형<sup>2</sup> · 나재현<sup>3</sup> · 김장은<sup>4</sup> · 김시옥<sup>5</sup> · 김동길<sup>6</sup> · 홍연웅<sup>7</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>국방기술품질원 · <sup>6</sup>경일대학교 로봇공학과 · <sup>7</sup>동양대학교 경영학과

접수 2017년 8월 1일, 수정 2017년 9월 6일, 게재확정 2017년 9월 11일

### 요약

환경시험은 수명주기 동안 시험대상품이 겪을 수 있는 환경에 노출되었을 때 고장 또는 비정상 작동 없이 정상 기능을 수행하는지를 확인하는 과정이다. 일반적으로 민수품에 비해 군수품은 산악 지형 등 극한 환경에 노출되는 경우가 상대적으로 많다. 고도가 높아질수록 기온은 낮아지게 되므로 저고도 지역에서 사용하는 군수품과는 다른 환경시험 기준이 필요하다. 따라서 산악 지형에서 사용하는 군수품의 환경시험을 위해서는 온도강하율에 대한 고려 등 별도의 테일러링 절차가 필요하다. 국제표준기구에서 고도에 따른 온도강하율을  $-6.5^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$ 라고 발표하였으나, 국내의 고도에 따른 온도강하율 기준은 없다. 본 논문에서는 남한 산악 지역의 고도에 따른 온도강하율을 제시한다. 이를 통해, 산악 지역에서 사용하는 군수품의 저온시험 기준값을 테일러링 할 수 있는 수식을 도출한다.

주요용어: 온도강하율, 테일러링, 환경시험.

### 1. 서론

환경시험은 수명주기 동안 시험대상품이 겪을 수 있는 환경에 노출되었을 때 고장 또는 비정상 작동 없이 정상 기능을 수행하는지를 확인하는 과정이다. 일반적으로 민수품에 비해 군수품은 극한 기후에 노출되는 빈도와 사용 상 부주의가 발생할 확률이 상대적으로 높다. 그러므로 군수품의 경우 극한 조건에서 환경시험을 수행해야 한다. 특히, 군수품의 환경시험 온도 조건은 MIL-HDBK-310에 따라  $+43^{\circ}\text{C}$   $-32^{\circ}\text{C}$  범위를 주로 이용한다. 하지만, 이러한 온도조건을 한반도 또는 남한에 설치되는 군수품에 적용할 경우 과도한 설계로 인해 불필요한 비용이 다수 발생할 수 있다. 국제 환경시험 표준인 미 국방성의 MIL-STD-810과 NATO의 STANAG 4370은 수명주기프로파일 (life cycle environment profile; LCEP)에 따라 시험대상품의 환경시험 절차를 테일러링 (tailoring) 하도록 권고하고 있다. 한국적 환경에 적합한 환경시험 기준 설정을 위해 Moon 등 (2016)은 한반도 내에서 사용할 무기체계에 대한 고

<sup>†</sup> 이 논문은 2015년 민·군기술협력사업 (Civil-Military Technology Cooperation Program)의 지원으로 수행된 연구임 (No. 15-DU-UNI-04).

<sup>1</sup> (42037) 대구광역시 수성구 동원로 28길 52-8, 국방기술품질원, 연구원.

<sup>2</sup> (42037) 대구광역시 수성구 동원로 28길 52-8, 국방기술품질원, 연구원.

<sup>3</sup> (42037) 대구광역시 수성구 동원로 28길 52-8, 국방기술품질원, 연구원.

<sup>4</sup> (42037) 대구광역시 수성구 동원로 28길 52-8, 국방기술품질원, 연구원.

<sup>5</sup> (42037) 대구광역시 수성구 동원로 28길 52-8, 국방기술품질원, 선임연구원.

<sup>6</sup> (38428) 경상북도 경산시 하양읍 가마실길 50, 경일대학교 로봇공학과, 교수.

<sup>7</sup> 교신저자: (36040) 경상북도 영주시 풍기읍 동양대로 145, 동양대학교 경영학과 교수.

E-mail: hong@dyu.ac.kr

온 및 저온시험 기준을 제시하였다. 그러나 이 논문에서 이용한 데이터는 기상청 데이터를 기반으로 하고 있으며, 대부분의 기상청 수집 장치는 인구 밀집지역에 설치되어 있기 때문에 이 조건을 산악지형에서 사용하는 군수품에 직접 적용하기에는 한계가 있다. 그러므로 남한의 산악 지형에 설치되는 군수품의 경우 Moon 등 (2016)이 제시한 저온 1% 발생빈도값 (frequency of occurrence; FOO)  $-29^{\circ}\text{C}$ 를 직접 적용하기에는 어려움이 따른다.

해외 규격을 살펴보면 국제표준기구 (international organization for standardization; ISO)는 ISO 2533:1975를 통해 대류권의 고도에 따른 온도강하율은  $-6.5^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$ 라고 발표했으며, 국제민간항공기구 (international civil aviation organization; ICAO)는 대류권의 고도에 따른 온도강하율을  $-1.98^{\circ}\text{C}/1000\text{ft}$ 라고 정의하였다.  $-1.98^{\circ}\text{C}/1000\text{ft}$ 를 SI 단위로 환산하면  $-6.496^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$  이므로 두 국제기구의 결과는 유사하다고 볼 수 있다. 하지만, 앞서 말했듯이 수명주기환경프로파일을 작성할 때 운용 지역의 기후환경을 분석하는 것이 매우 중요하므로 국제 표준이 남한 지역의 고도에 따른 온도강하율과 일치하는지 분석할 필요가 있다. 이를 통해 군수품의 품질 신뢰성 제고 및 개발 비용의 감소 효과를 불러올 수 있다.

본 연구에서는 남한의 산악 지역의 고도에 따른 온도강하율을 제시한다. 또한, 남한 산악 지역에서 사용하는 군수품의 저온시험 기준값을 테일러링 할 수 있는 수식을 도출한다. 이를 위해 관악산, 설악산, 덕유산 등 8개의 산 및 산 주변 28개 자동기상관측장비 (automatic weather system; AWS)에서 2006 ~ 2015년 까지 10년 동안 관측된 기온 자료를 분석하였다.

## 2. 산악 기온 데이터 수집

남한 지역의 고도에 따른 온도강하율 산출을 위해 수집한 정보는 계룡산, 관악산, 구덕산, 덕유산, 무등산, 설악산, 팔공산, 한라산 및 산 주변 28개 자동기상관측장비에서 측정된 기온 데이터를 이용하였다. 측정 기간은 2006년 1월 1일 1시부터 2015년 12월 31일 24시까지의 10년간 데이터이며, 총 수집된 데이터의 크기는 2,406,672건이다. 8개 산에 대한 정보와 위치는 Table 2.1, Figure 2.1과 같으며, 산 주변 28개 자동기상관측장비에 대한 위치 및 정보는 Table 2.2와 같다.

**Table 2.1** Position information for gridded points

Name	Location	Height
Gyeryongsan	Sindoan-myeon, Gyeryong-si, Chungcheongnam-do	846.4m
Gwanaksan	Sillim-dong, Gwanak-gu, Seoul	632.2m
Gudeoksan	Seodaesin-dong, Seo-gu, Busan	562m
Deogyusan	Seolcheon-myeon, Muju-gun, Jeollabuk-do	1614.2m
Mudeungsan	Jisan-dong, Dong-gu, Gwangju	1186.8m
Seoraksan	Buk-myeon, Inje-gun, Gangwon-do	1708m
Palgongsan	Bugye-myeon, Gunwi-gun, Gyeongsangbuk-do	1192.3m
Hallasan	Haean-dong, Jeju-si, Jeju-do	1947.2m

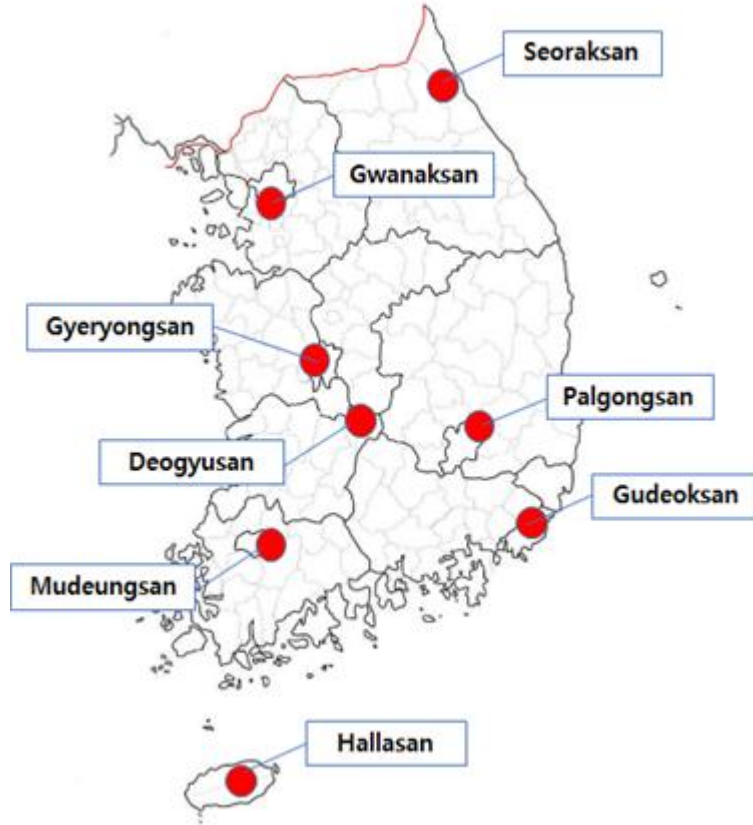


Figure 2.1 Location of the mountains

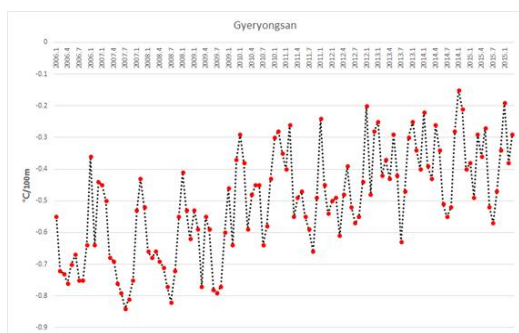
### 3. 산악 기온 데이터 분석

고도 100m당 온도강하율을 구하는 방법은 식 3.1과 같으며, 이 식을 이용하여 8개의 산 및 28개 자동 기상관측장비에서 10년간 측정된 온도데이터를 분석하였다. 8개 산의 온도강하율에 대한 월별 시계열 도는 Figure 3.1 ~ 3.8과 같다.

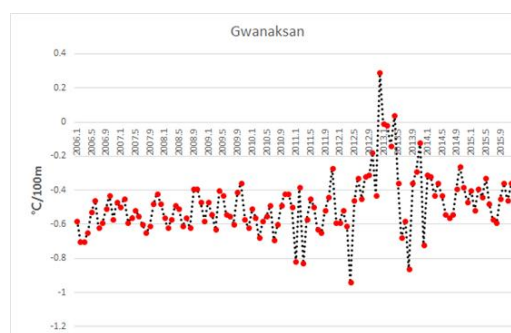
$$\text{Coefficient} = \frac{\text{Temp. of high altitude} - \text{Temp. of low altitude}}{\text{High altitude} - \text{Low altitude}} \times 100 \text{ (}\% \text{)}.$$

**Table 2.2** Information of the automatic wether systems

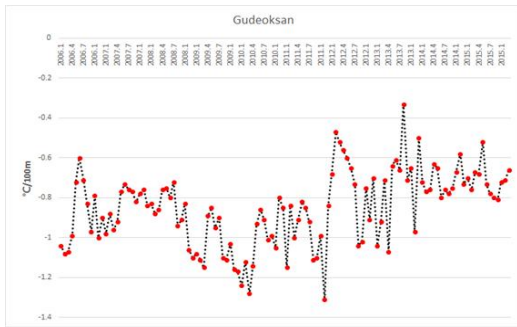
No.	Area	AWS Name	No. AWS	Height (m)	Latitude	Longitude
1	Gyeryongsan	Gyeryongsan	659	831.7	36°20′	127°12′
2		Gyeryong	636	132	36°18′	127°14′
3		Sejong Geumnam	496	30.3	36°27′	127°16′
4	Gwanaksan	Gwacheon	590	44.4	37°26′	127°00′
5		Gwanak	509	145.1	37°27′	126°57′
6		Namhyeon	425	87.1	37°27′	126°59′
7		Gwanak (Radar)	116	622.4	37°26′	126°57′
8	Gudeoksan	Busan (Radar)	160	518.5	35°07′	128°59′
9		Saha	950	127	35°05′	128°59′
10		Busanjin	938	114	35°09′	129°01′
11	Deogyusan	Deogyubong	314	1518.3	35°51′	127°44′
12		Donghyang	758	320.2	35°50′	127°34′
13		Buksang	946	324.9	35°46′	127°49′
14		Muju	701	205.8	36°00′	127°40′
15	Mudeungsan	Mudeungsan	316	911.8	35°06′	126°59′
16		Hwasun	741	93.9	35°03′	126°59′
17		Josundae	722	107.9	35°08′	126°55′
18		Hwasunbuk	755	190.4	35°09′	127°05′
19	Seoraksan	Seoraksan	875	1595.7	38°07′	128°27′
20		Osaek	596	237	38°04′	128°29′
21		Seorak-dong	520	135	38°10′	128°31′
22		Wontong	321	253.7	38°06′	128°11′
23	Palgongsan	Gasan	824	121.6	36°05′	128°32′
24		Sinnyeong	826	126.2	36°02′	128°47′
25		Palgongsan	853	571.6	36°01′	128°37′
26	Hallasan	Jindallaebat	870	1489.4	33°22′	126°33′
27		Jungmun	328	60.9	33°14′	126°24′
28		Yousuam	727	422.9	33°24′	126°23′



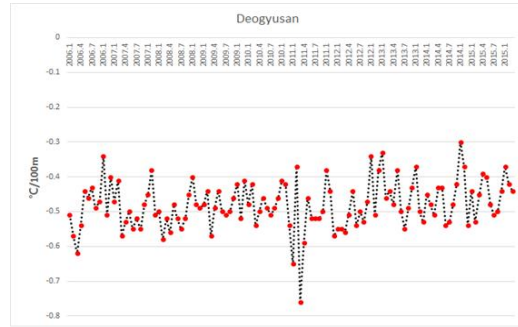
**Figure 3.1** Time series of temperature drop Gyeryongsan



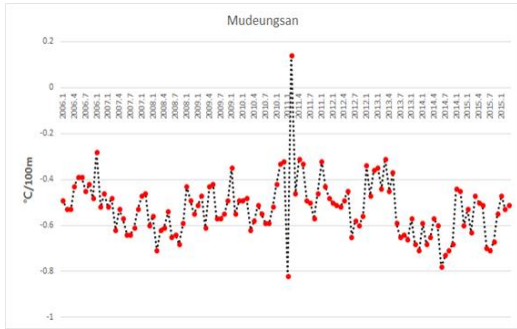
**Figure 3.2** Time series of temperature drop Gwanaksan



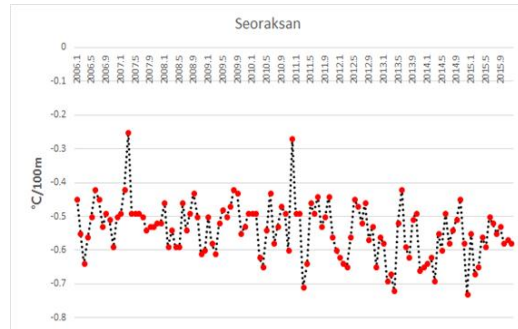
**Figure 3.3** Time series of temperature drop Gudeoksan



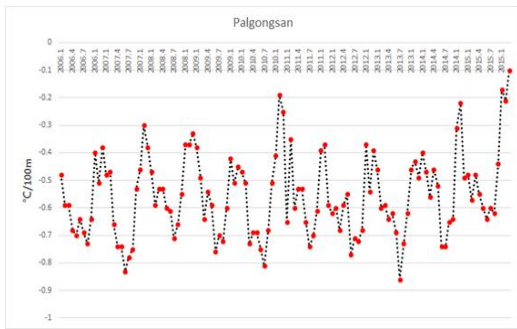
**Figure 3.4** Time series of temperature drop Deogyusan



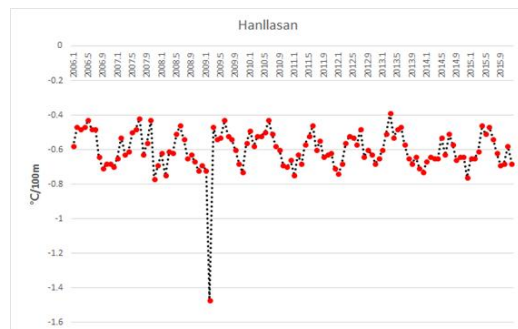
**Figure 3.5** Time series of temperature drop Mudeungsan



**Figure 3.6** Time series of temperature drop Seoraksan



**Figure 3.7** Time series of temperature drop Palgongsan



**Figure 3.8** Time series of temperature drop Hallasan

Table 3.1은 10년 동안 각 산별 온도강하율을 구한 결과이다. 또한, 각 연도별 8개 산의 평균 온도강하율은 Table 3.2와 같다.

**Table 3.1** The temperature drop statistics of the mountains for 10 years

Name	Mean (°C/100m)	Min (°C/100m)	Max (°C/100m)
Gyeryongsan	-0.50	-0.15	-0.84
Gwanaksan	-0.48	-0.29	-0.94
Gudeoksan	-0.85	-0.33	-1.31
Deogyusan	-0.48	-0.30	-0.76
Mudeungsan	-0.52	-0.14	-0.82
Seoraksan	-0.54	-0.25	-0.73
Palgongsan	-0.56	-0.10	-0.86
Hallasan	-0.60	-0.39	-1.47

**Table 3.2** The mean temperature drop of the mountains for 10 years

Year	Mean (°C/100m)	Year	Mean (°C/100m)
2006	-0.59	2011	-0.58
2007	-0.59	2012	-0.54
2008	-0.6	2013	-0.53
2009	-0.61	2014	-0.54
2010	-0.58	2015	-0.52

10년 동안 측정된 8개 산 전체의 평균 온도강하율은  $-0.57^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 이 된다. 이 온도강하율과 Moon 등 (2016)이 제시한 저온시험 기준값  $-27^{\circ}\text{C}$ 를 이용하면 남한의 산악 지역에서 사용하는 군수품의 저온 시험 기준 테일러링 수식 3.1은 아래와 같다.

$$\text{Low temperature criteria} = -27^{\circ}\text{C} - 0.57 \times \frac{\text{height}}{100} \quad (m). \quad (3.1)$$

#### 4. 결과

군수품의 경우 산악 지형 등 극한 환경에 노출되는 경우가 민수품에 비해 상대적으로 많다. 그러므로 산악 지역에서 사용하는 군수품의 경우 환경시험 기준을 테일러링 하는 절차가 필요하다. 국제표준기구에서 고도에 따른 온도강하율을  $-6.5^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$ 라고 발표하였으나, 국내의 고도에 따른 온도강하율 기준은 없다. 본 논문에서는 2006 ~ 2015년 까지 10년 간 한반도 남한 8개 산 및 그 주변 28개 자동기상 관측장비에서 수집된 기온 기온데이터를 분석하였다. 그 결과로 남한 산악 지역의 고도에 따른 온도강하율을 산출하였으며, 산악 지역에서 사용하는 무기체계의 저온시험 기준 테일러링 수식을 도출하였다. 본 연구결과를 통해 남한지역 산악지역에 설치되는 군수품에 적합한 저온 시험기준 설정이 가능할 것으로 판단된다. 이를 통해 산악지역에 설치되는 군수품의 품질 신뢰성을 제고할 수 있으며, 개발 비용 감소 효과를 불러올 수 있다. 향후 남한 지역의 더 많은 산악 온도데이터를 수집할 수 있다면, 남한 내 군수품의 운용지역을 더욱 세밀하게 구분하여 환경시험 기준 설정이 가능할 것으로 판단된다.

## References

- Kim, Y. (2017). A study on the water temperature and salinity guidelines for a military product test & evaluation. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **28**, 811-818.
- MIL-HDBK-310. (1997). *Global climatic data for developing military products*, U.S. Department of Defense (DoD), Washington, DC.
- MIL-STD-810G. (2014). *Environmental engineering considerations and laboratory tests*, U.S. Department of Defense (DoD), Washington, DC.
- STANAG 4370. (2006). *Climatic environmental test*, North Atlantic Treaty Organization (NATO), Brussels.
- Moon, J. (2016). A study on the temperature guidelines for weapon system test and evaluation in the Korean peninsula. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **27**, 1593-1600.
- ISO 2533:1975 (1975). *Standard atmosphere*, International Organization for Standardization.
- DOC 7488-CD (1993). *International standard atmosphere*, International Civil Aviation Organization.

## A study on the temperature drop rate for a military product test & evaluation in the mountains<sup>†</sup>

Youngrae Kim<sup>1</sup> · Jae-Hyeong Yun<sup>2</sup> · Jae-Hyun Na<sup>3</sup> · Jang-Eun Kim<sup>4</sup> · Si-Ok Kim<sup>5</sup> ·  
DongGil Kim<sup>6</sup> · YeonWoong Hong<sup>7</sup>

<sup>12345</sup>Defense Agency for Technology and Quality

<sup>6</sup>Department of Robot Engineering, Kyungil University

<sup>7</sup>Department of Management, Dongyang University

Received 1 August 2017, revised 6 September 2017, accepted 11 September 2017

### Abstract

Environmental tests are used to verify an equipment that can withstand the rigors of harsh environments. In general, military products have lots of experiences with extreme environment compared to commercial products. Therefore, the military products used in mountains require a tailoring process about temperature drop for the environmental test. The International Organization for Standardization publishes that the coefficient of temperature drop is  $-6.5^{\circ}\text{C}/1000\text{m}$  from all around the world. However, there is no the criteria in the South Korea. In this paper, we calculate the coefficient of temperature drop. Also, an equation used as a tailoring process for a low temperature test of the products has been suggested.

*Keywords:* Coefficient of temperature drop, environmental test, tailoring.

---

<sup>†</sup> This research was supported by the Civil-Military Technology Cooperation Program funded by the Defense Acquisition Program Administration (No. 15-DU-UNI-04).

<sup>1</sup> Researcher, Defense Agency for Technology and Quality, 52-8, 28st Dongwon-ro, Suseong-Gu, Daegu 42037, Korea.

<sup>2</sup> Researcher, Defense Agency for Technology and Quality, 52-8, 28st Dongwon-ro, Suseong-Gu, Daegu 42037, Korea.

<sup>3</sup> Researcher, Defense Agency for Technology and Quality, 52-8, 28st Dongwon-ro, Suseong-Gu, Daegu 42037, Korea.

<sup>4</sup> Researcher, Defense Agency for Technology and Quality, 52-8, 28st Dongwon-ro, Suseong-Gu, Daegu 42037, Korea.

<sup>5</sup> Senior researcher, Defense Agency for Technology and Quality, 52-8, 28st Dongwon-ro, Suseong-Gu, Daegu 42037, Korea.

<sup>6</sup> Professor, Department of Robot Engineering, Kyungil University, Kyeongsan 38428, Korea.

<sup>7</sup> Corresponding author: Professor, Department of Management, Dongyang University, Youngju 36040, Korea. E-mail: hong@dyu.ac.kr