

A study on the factors affecting shelf-life for 60, 81mm mortar ammunition

SooHee Jang^a · Heuiju Chun^{b,1} · Inho Cho^a · KeunSig Yoon^c · MinJung Kang^c · DongSoo Park^c

^aTheIMC; ^bDepartment of Statistics and Information, Dongduk Women's University;

^cDefense Agency for Technology and Quality

(Received July 23, 2018; Revised August 19, 2018; Accepted September 30, 2018)

Abstract

Limitations on human and material resources make it difficult to conduct Ammunition Stockpile Reliability Program (ASRP) tasks for the entire ammunition. Stockpile ammunition life prediction studies can contribute to efficient ASRP tasks. This study assess the shelf-life of ammunition, using survival analysis based on ASRP results for 60mm and 81mm mortar ammunition from 2003 to 2016. Traditional assessments often use solely storage duration as the only main independent variable; however, this assessment used other factors such as ammunition magazine shape and weather factors with the stockpile shelf-life as independent variables to conduct a Cox's proportional hazard model analysis. This was then followed by an assessment of ammunition magazine type, maximum temperature and rainfall factors influence on the shelf-life of 60mm and 81mm mortar ammunition. As a result, the type of ammunition magazine, maximum temperature and the rainfall influence the shelf-life of 60mm and 81mm mortar ammunition.

Keywords: ASRP, mortar ammunition, shelf-life, Cox's proportional hazard model, storage environment

1. 서론

탄약은 중요한 전투 긴요 품목으로써 유사시를 대비하여 장기간의 저장이 불가피하다. 전시에 필요한 탄약의 소요량을 충분히 확보하는 것만큼이나 현재 저장 중인 탄약의 성능 및 안전성을 평가하는 것 역시 중요하다. 동일 로트라 하더라도 저장과정에서 신뢰성의 차이가 발생하는데, 이는 온도, 습도 등 저장환경에 따른 물리적, 화학적 반응의 차이 때문이다. 따라서 저장탄약의 성능과 안전성을 주기적으로 확인하는 신뢰성평가가 필요하며, 이러한 업무가 저장탄약신뢰성평가(Ammunition Stockpile Reliability Program; ASRP)이다 (Yoon과 Park, 2014).

국내에서는 국방기술품질원이 ASRP 업무를 주관하고 있으며, 우리 군이 보유한 저장탄약에 대하여 주기적으로 비기능, 기능, 저장분석 시험 등을 수행하여 탄약의 신뢰성, 사용가능성, 안정성, 성능을 통계적으로 분석·평가한다 (Lee, 2010). 그리고 국방부에서는 이를 근거로 계속저장, 제한사용, 우선불출, 정비, 개수, 폐기 등 탄약의 상태를 결정한다. 하지만 인력 및 비용 문제로 보유 중인 모든 탄약에 대

¹Corresponding author: Department of Statistics & Information Science, Dongduk Women's University, 33, Samyangro, 144-Gil, Dobong Gu, Seoul 02748, Korea. E-mail: hjchun@dongduk.ac.kr

해 저장탄약신뢰성평가를 주기적으로 수행하기는 어려운 실정이다. 탄의 수명을 예측한다면 ASRP 업무 효율적으로 수행할 수 있을 것이며, 이를 위해 저장탄약의 수명예측을 위한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다.

기존의 선행연구에서는 단일 탄종에 대해 저장기간에 따른 안정제한량의 감소 추세 또는 불량 수의 증가 추세를 분석하여 저장탄약의 수명을 예측하였다. 주로 저장기간을 독립변인으로 활용하였으며, 가속수명시험(노후시험)에서 온도를 활용하는 등 독립변인의 활용은 제한적이었다.

본 연구에서는 탄약고형태, 기상 등 탄약의 저장환경이 저장탄약의 수명에 영향을 미치는지에 대해 연구하고자 한다. 탄의 특성과 수명이 유사한 60, 81mm 박격포탄의 ASRP 업무 데이터를 확보하여, 이를 토대로 분석을 수행하였다. 본 논문은 제 1장 서론에 이어 2장은 선행연구 및 분석방법, 3장은 실제 데이터에 의한 실증분석을 다루며 4장 결론으로 구성되었다.

2. 선행연구 및 분석방법

2.1. 선행연구

기존의 선행연구에서 활용된 방법론은 주로 회귀분석으로 안정제한량의 감소나 불량수의 증가를 이용하는 방법을 통해 수명을 추정하였다. 구체적으로 안정제한량을 분석한 연구를 살펴보면, 안정제한량 시간이 지남에 따라 일정하게 감소하며 0.3 이하가 되면 매우 불안정한 상태로 개수정비 혹은 폐기하게 된다. 회귀분석을 통해 안정제한량의 한계지점인 0.3 이하가 되는 저장년도를 추정하고, 이를 탄의 수명으로 추정하였다. 또한, 고장 수를 분석한 연구를 살펴보면, 고장 수에 대한 분포를 가정하고 저장기간에 따른 누적고장 수를 추정하였다. Table 2.1은 선행연구를 요약한 표이다.

2.2. 분석방법

2.2.1. 거리역산가중기법 역거리 가중치법(inverse distance weighting method; IDW method) (Yun 등, 1999)이란 인접한 기지 관측소 좌표와 추정하고자 하는 미지 관측소 좌표까지의 거리에 따라 비선형적으로 변화하는 경중률을 계산하며, 기본 가정은 서로 다른 기지 관측소 좌표가 하나의 미지 관측소 좌표에 미치는 영향은 미지 관측소 좌표로부터 기지관측소 좌표까지의 거리에 따라 감소한다는 것으로 관측 값의 추정 값은 다음 식으로 표현할 수 있다.

$$P_X = \frac{\sum_{i=1}^n P_i d_i^{-m}}{\sum_{i=1}^n d_i^{-m}}$$

여기서, P_X 는 미지 관측소 좌표에서의 관측값, d_i 는 미지관측소 좌표에서 주변의 기지관측소 좌표 i 까지의 거리, P_i 는 기지관측소에서의 관측값, m 은 가중치, n 은 추정을 위해 사용된 자료의 총 개수이다. 위의 식을 정리하면 $P_X = \sum_{i=1}^n P_i \lambda_i$ 이며, 경중률 $\lambda_i = d_i^{-m} / \sum_{i=1}^n d_i^{-m}$ 이다.

본 연구에서는 677개 기상청 관측지점에서 1973년부터 2015년까지 43년간의 온도, 최저온도, 최고온도, 습도 데이터를 수집하였고, 역거리 가중치법을 활용하여 탄약고 위치에 대하여 기상정보를 추정하였다. 또한 탄약고 내 실측 온·습도 추정은 기상청 기상데이터를 독립변수로 하는 회귀분석을 사용하였다.

2.2.2. 생존분석 생존분석(survival analysis)은 어떠한 현상이 발생하기까지 걸리는 시간에 대해 분석하는 방법이다. 생존자료는 어떤 정해진 시작점으로부터 사건의 발생시점까지의 기간으로 구성되며, 이 시간을 생존시간이라 한다. 다른 연속형 변수를 다루는 분석방법과 달리 생존자료는 생존시간과 사건발생이라는 개념을 동시에 다루며, 사건의 발생 여부에 대한 불확실한 자료인 중도절단 자

Table 2.1. A summary of previous research

Article	Data	Independent variables	Dependent variables	Method
(Kim <i>et al.</i> , 2009)	80 lots based on the ASRP evaluation data	storage duration	fuze function, muzzle velocity, storage stability, accuracy	regression analysis, finding suitable life distribution of reliability
(Lee <i>et al.</i> , 2011)	111 lots of KD541 based on report from ASRP of the 155mm	storage duration	storage stability	time series analysis
(Lee and Hong, 2012)	33 lots of KD541 and 17 lots of KD676 based on ASRP data, 111 lots of KD541 based on report from ASRP of the 155mm, report from ASRP between 2005 and 2009 year	storage duration	storage stability, dud probability of ammunition	regression analysis, time series analysis, cross table
(Yoon and Lee, 2012)	50 lots based on the ASRP evaluation data from proximity fuse	storage duration	failure probability of test	Fisher's exact test
(Yoon and Park, 2014)	22 lots of KM4A2 based on the ASRP between 2005 and 2013 year	storage duration	broken charge bag rate, storage stability	ML estimation, regression analysis
(Choi <i>et al.</i> , 2014)	result for KM1 ASRP from 2003 to 2012 year (obs:668)	storage duration	storage stability, year of manufacture, year of analysis	decision tree, clustering, linkage analysis, regression analysis, reliability analysis
(Lee <i>et al.</i> , 2015)	11 to 12 single-base propellants per temperature	storage duration, storage temperature	storage stability	kinetic model of n-th order
(Jung and Lee, 2017)	guided missile stored for more than 10 years (obs:788)	storage duration	failure rate	ML estimation, survival function, hazard function, reliability analysis

료(censored data)가 포함된다는 특징을 가진다. 생존분석은 생존기간을 분석하여 생존함수(survival function) 또는 생존곡선(survival curve)을 추정하는 기법이며, 생존함수는 다음과 같다.

$$S(t) = P(T > t)$$

여기서, T 는 사망에 이르는 시점이다. 즉, 생존함수는 특정한 시간 t 보다 오래 생존할 확률이다. 일반적으로 $S(0) = 1$ 이며, 단조감소함수($S(u) \leq S(t)$ if $u \geq t$)이다.

본 연구에서는 평균 생존기간을 추정하기 위해 카플란-마이어 추정법 (Kaplan과 Meier, 1958)을 사용하였으며, 생존함수를 추정하기 위해 Cox (1972)의 비례위험모형(proportional hazards models)를 사용하였다.

카플란-마이어 추정법은 모든 데이터의 생존시간 또는 중도절단 시간이 관찰되었을 때, 모든 자료의 생존시간 또는 중도절단 x_1, x_2, \dots, x_n 을 순서대로 배열한 것을 $t_1 < t_2 < \dots < t_n$ 이라고 하고, 중도절단인 경우 $\delta_i = 0$, 그렇지 않은 경우 $\delta_i = 1$ 로 정의한다. t_i 시점에서 위험에 노출된 인원수, 즉 t_i 바로 직전까지 중도절단되거나 사망하지 않고 생존해 있던 인원수를 n_i 라 하고, 사망한 사람의 수를 d_i 라고 했

Table 3.1. Status of data collection

Title	Contents	Source
Results of ASRP evaluation	('99-'16) lot, year of manufacture, year of analysis, function test grade	Defense Agency for Technology and Quality
Non-functional test results	('03-'16) storage army unit, shape of ammunition magazine	Defense Agency for Technology and Quality
Weather data	('73-'15) temperature, humidity, rainfall	Korea Meteorological Administration
Evaluation report storage environment of ammunition magazine	('03) 06/14-12/05 temperature and humidity from a ground type ammunition of 7 ammunition	Ammunition Support Command
Measurement result of temperature and humidity from MLRS ammunition	('07) 01/01-06/21, 07/17-12/31 temperature and humidity from a igloo type ammunition of 512ASP	Defense Agency for Technology and Quality

을 때, 생존함수 $S(t)$ 의 누적한계추정치는 다음과 같다.

$$\hat{S}(t) = \prod_{t_i \leq t} \left(1 - \frac{d_i}{n_i}\right)^{\delta_i}.$$

두 번째로, Cox의 비례위험모형은 생존시간을 T 라 하고, 이에 영향을 주는 k 개의 공변량 x_1, x_2, \dots, x_k 가 있을 때, 위험함수(hazard function)는 아래와 같다.

$$h(t) = h_0(t) \exp(\beta_1 x_1 + \dots + \beta_k x_k),$$

여기서 $h(t)$ 는 공변량을 고려했을 때의 위험함수이고, $h_0(t)$ 는 기저위험함수(baseline hazard function)로 이를테면 공변량의 값들이 모두 0일 때의 위험함수 값이다. “비례위험모형”이라는 말은 어느 환자의 위험률과 다른 환자의 위험률의 비가 시간에 대해 일정하다는 것을 의미하는데, 예를 들어 i 번째 환자와 j 번째 환자의 위험함수의 비는 다음과 같다.

$$\frac{h_i(t)}{h_j(t)} = \exp[\beta_1(x_{i1} - x_{j1}) + \dots + \beta_k(x_{ik} - x_{jk})].$$

위의 식과 같이 기저위험함수는 서로 상쇄되어 없어지고 위험함수의 비는 시간에 대해서 상수가 된다.

3. 실증분석

3.1. 데이터 현황

60, 81mm 박격포탄에 대한 저장환경 및 ASRP 시험 결과 데이터를 국방기술품질원과 탄약사령부로부터 제공받고, 보유 기간이 짧은 탄약고에 대한 온-습도 데이터의 보유 기간이 짧아 이를 대체하고자 기상청에서 기상데이터를 수집하였다. Table 3.1은 데이터 수집 현황표이다.

3.2. 전처리 과정

우선, ASRP 평가결과 데이터에서 로트, 제조년도, 시험년도, 등급 정보를 활용하였다. 로트번호를 이용하여 생산업체 정보를 생성하고, 제조년도와 시험년도를 사용하여 저장기간을 산출하였다. 등급은 비

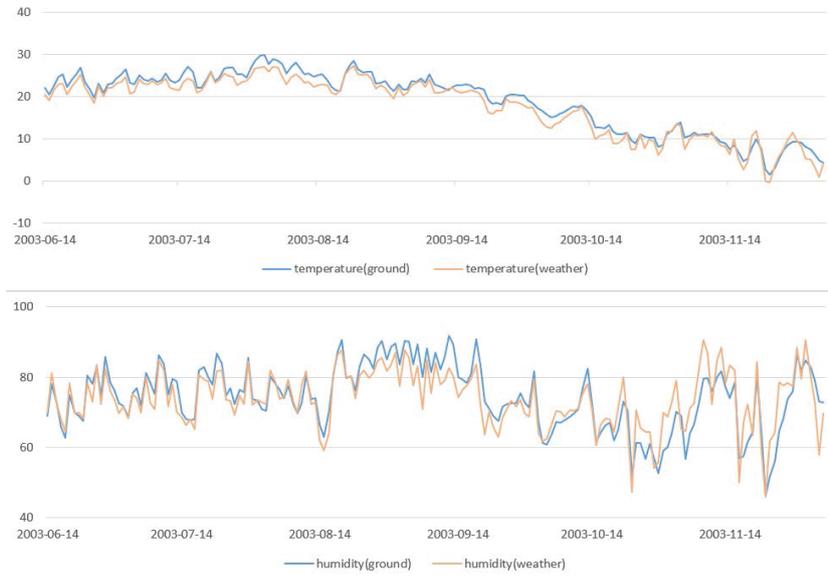


Figure 3.1. Weather and storage environment of ground magazine.

기능등급, 기능등급, 저장분석등급, 추천등급 등이 있으며, 탄의 성능을 시험한 결과인 기능등급이 탄의 수명을 대표한다고 판단하였다. 기능등급은 I, II, D등급이 존재하며, I등급 이외에는 모두 탄에 하자가 있음을 의미한다. 따라서 I등급을 생존, 그 외 등급을 사망이라고 간주하였다.

다음으로, 비기능시험 결과지 데이터에서 ASRP 시험 대상 로트 중 시료를 추출한 저장부대 정보와 탄약고형태 정보를 활용하였다. 기상청 677개 관측지점에서 온·습도 및 강수량 데이터를 수집한 후, 거리 역산가중기법을 활용하여 저장부대 위치에 대한 기상정보를 생성하였다. 탄약고 저장환경 데이터의 보유기간이 지상형 탄약고(ground magazine)가 약 6개월, 이글루형 탄약고(igloo magazine)가 약 1년으로 데이터 보유 기간이 탄약의 저장기간 대비 짧아 기상정보를 활용하여 저장환경 데이터를 대체하였다. Figure 3.1과 Figure 3.2는 각각 기상데이터와 지상형 탄약고 및 이글루형 탄약고 저장환경의 온·습도를 비교한 그림이다.

위 그림을 살펴보면, 지상형 탄약고의 저장환경과 기상데이터의 온·습도는 큰 차이가 없는 것으로 나타나 기상데이터를 저장환경으로 대체함에 있어서 타당성을 가진다. 그러나 이글루형 탄약고의 경우 저장환경과 기상데이터의 차이가 크게 나타나 보정이 필요할 것으로 판단하였다.

온도의 경우 일별 변화가 없어 3일 이동평균을 사용하였다. 습도의 경우 겨울철에는 이글루형 탄약고의 습도가 기상데이터보다 낮게 나타나며, 여름철에는 이글루형 탄약고의 습도가 기상데이터보다 높게 나타나 여름과 겨울로 구간을 나누어 회귀분석을 진행하였다. Figure 3.3은 이글루형 탄약고의 습도와 기상데이터의 습도를 보정한 그래프이다.

위와 같이 이글루형 탄약고의 경우 이동평균과 회귀분석을 통해 보정된 값을 저장환경으로 대체하였으며, 지상형 탄약고의 경우 기상데이터를 사용하여 대체하였다. 보정된 저장환경 데이터는 특정 지점 기준으로 이상, 이하가 되는 연평균 일수를 산출하여 활용하였는데, 기준이 되는 지점은 시행착오법(trial & error method)에 의해 선정되었다. 습도의 경우 상대습도가 60% 이상이면 금속의 부식속도가 빠르게 증가하며, 공기 중에 염화물이나 산화물이 존재할 때 더욱 가속화되기 때문에 (Yoon 등, 2004) 60%

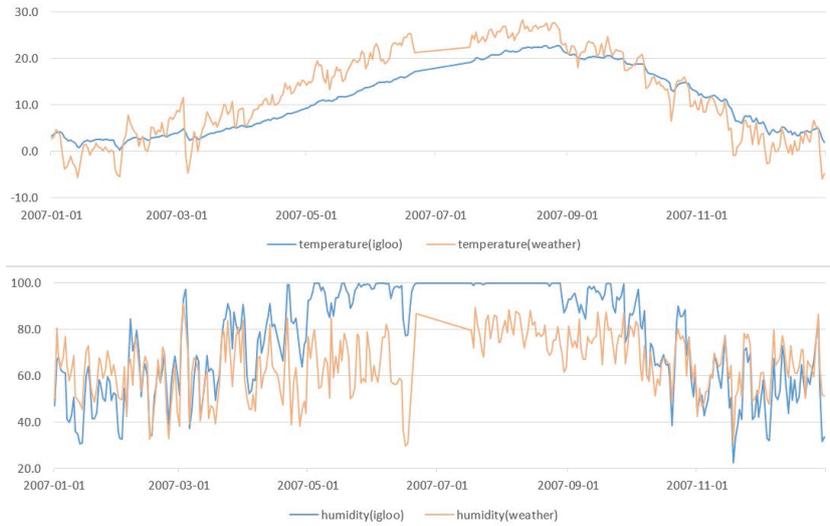


Figure 3.2. Weather and storage environment of igloo magazine.

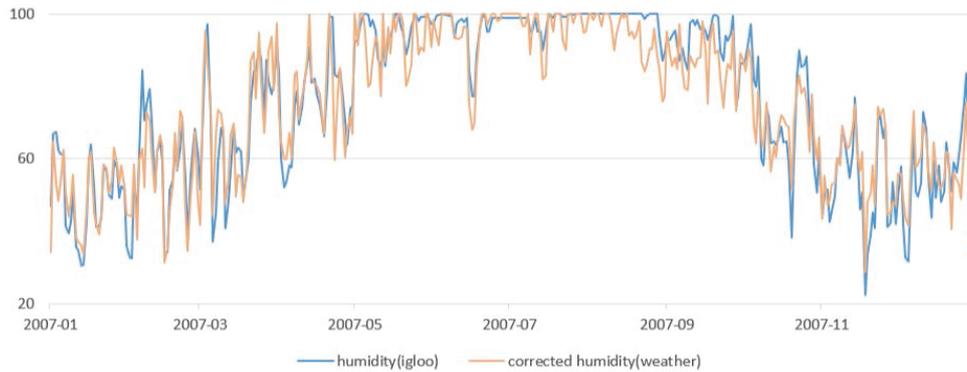


Figure 3.3. Corrected weather and storage humidity of igloo ammunition data.

기준도 함께 사용하였다. Table 3.2는 저장환경 데이터의 기준 지점으로 고려된 기상요인 목록이다.

3.3. 모델링 결과

60, 81mm 박격포탄약에 대하여 탄약고형태, 생산업체, 기상요인을 독립변수로 하고, 탄두형태를 층화 변수로 하여 Cox의 비례위험모형 분석을 진행하였다. Table 3.3은 Cox 비례위험모형 분석 결과이다. Table 3.3을 보면, 통계적 유의수준 0.05 하에서 유의한 요인은 탄약고형태, 온도 요인인 최고온도가 31도 이상인 연평균 일수, 강수 요인인 강수량이 20.5mm 이상인 연평균 일수, 그리고 탄두형태 순으로 나타났다.

유의하게 나타난 요인을 각각 자세히 살펴보면, 탄약고 형태의 추정계수는 1.814로 지상형 탄약고 대비 이글루형 탄약고에 저장된 탄약의 위험률이 6.135배($= \exp(1.814)$) 높다. 최고온도가 31도 이상인 연

Table 3.2. List of considered weather factors

weather factors
Average annual number of days with a minimum temperature of -9.6°C or less
Average annual number of days with a maximum temperature of 31°C or more
Average annual number of days with a daily variation of 16.2°C or more
Average annual number of days with precipitation of 20.5mm or more
Average annual number of days with humidity of 60% or more
Average annual number of days with a humidity of 88.6% or more

Table 3.3. Result of Cox's proportional hazard model analysis

Number of total data	Number of failure	Number of censored	
260	131	129	
Variable	Estimate	p-value	Hazard ratio
Warhead type : high explosive(smoke and flare)	-0.6663	0.0099	0.514
Shape of ammunition magazine : igloo(ground)	1.8140	0.0003	6.135
Average annual number of days with a maximum Temperature of 31°C or more	0.0789	0.0009	1.082
Average annual average number of days with Precipitation of 20.5mm or more	0.2274	0.0077	1.255

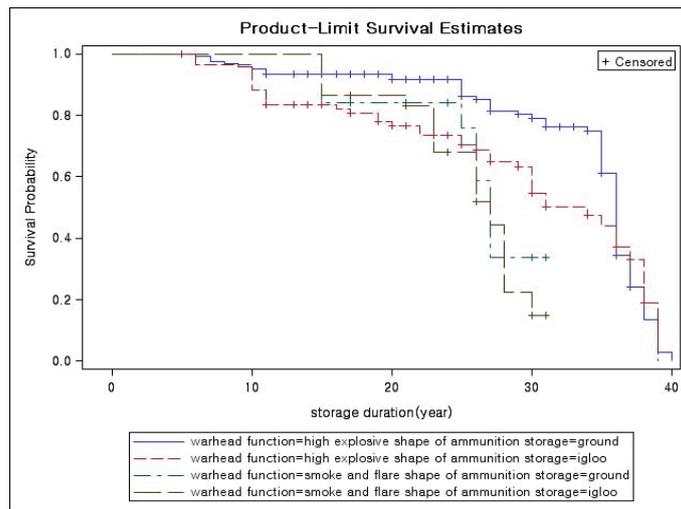


Figure 3.4. survival curve for 60, 81mm mortar ammunition using categorical variables.

평균 일수가 하루 많으면 저장된 탄약의 위험률은 1.082배(= $\exp(0.0789)$) 높으며, 강수량이 20.5mm 이상인 연평균 일수가 하루 많으면 위험률은 1.255배(= $\exp(0.2274)$) 높음을 의미한다. 이글루형 탄약고의 지상형 탄약고 대비 짧은 수명은 추가적인 설명이 필요한 영역으로 이글루형 탄약고의 보정된 최고온도 요인에서 31도 이상인 연평균 일수는 거의 0에 가깝다. 따라서 최고온도 요인에 대한 위험률은 지상형 탄약고에 한정된다고 볼 수 있으며, 지상형 탄약고가 가지는 최고온도 요인의 위험률과 이글루형 탄약고의 위험률이 같아지는 지점은 최고온도가 31도 이상인 연평균 일수가 22.99(= $1.8140/0.0789$)일이 된다. 다시 말해서 최고온도가 31도 이상인 연평균 일수가 23일 이상이면 이글루형 탄약고보다 지상

Table 3.4. Summary table of shelf-life for 60, 81mm mortar ammunition using categorical variables

Warhead function	Shape of ammunition magazine	Number of total data	Number of failure	Number of censored	95% survival period(years)	90% survival period(years)
High explosive	igloo	86	44	42	10	10
High explosive	ground	125	60	65	11	25
Smoke and flare	igloo	30	18	12	15	15
Smoke and flare	ground	19	9	10	15	15
Total	260	131	129			

형 탄약고의 위험률이 더 높아지게 된다.

Figure 3.4는 카플란-마이어 방법으로 추정된 범주형 변수에 따른 60, 81mm 박격포탄약의 생존곡선 그래프이다.

그래프에서 이글루형 탄약고에 저장된 고평탄의 경우 95% 이상 기능등급이 I등급인 저장기간은 10년, 지상형 탄약고에 저장된 고평탄의 경우는 11년이다. 또한, 연막 또는 조명탄의 경우 95% 이상 기능등급이 I등급인 저장기간은 15년으로 나타났으나, 이는 해당 범주의 데이터 수가 작아 신뢰하기에는 어려운 결과이다. Table 3.4는 카플란-마이어 방법으로 추정된 범주형 변수에 따른 60, 81mm 박격포탄약의 생명 요약표이다.

4. 결론

저장탄약의 신뢰성, 사용가능성, 성능 판단을 위해 ASRP 평가 결과를 분석하는 저장탄약 수명 예측 연구가 지속적으로 추진되고 있다. 지금까지는 저장기간만을 고려하여 저장수명을 예측하는 연구가 대부분이었지만, 저장환경과 관련된 데이터를 구성하여 저장수명에 영향을 미치는 요인에 대한 연구를 통해 저장탄약 수명 예측에의 새로운 접근방법을 제시하였다.

본 연구에서는 2003-2016년도에 수행한 60, 81mm 박격포탄의 ASRP 평가결과 데이터와 해당 로트에 대한 저장환경 데이터를 분석하였으며, 60, 81mm 박격포탄의 저장수명에 영향을 미치는 요인은 탄약고 형태, 최고온도 요인, 강수량 요인이라는 결과를 도출하였다.

최고온도가 31도 이상인 연평균 일수가 23일 미만인 경우에는 이글루형 탄약고보다 지상형 탄약고의 위험률이 낮고, 23일 이상인 경우에는 이글루형 탄약고의 위험률이 더 낮다. 또한, 최고온도가 31도 이상, 강수량이 20.5mm 이상인 연평균 일수가 높으면 위험률이 더 높게 나타났다. 고평탄의 경우 95% 이상 기능등급 I등급이 나타나는 저장기간은 10-11년이며, 연막 또는 조명탄은 데이터의 수가 작아 분석결과에 대한 신뢰성이 낮다는 한계점이 존재한다.

본 연구의 연구방법을 직사화기탄, 곡사포탄 등 다양한 개별 품목에 영향을 미치는 요인을 분석하는데 활용할 수 있을 것이다. 그리고 본 연구에서 얻어진 결과를 바탕으로 저장수명에 영향이 있는 요인에 대한 관리를 통해 저장탄약 성능 유지에 도움이 될 것이며, ASRP 평가 대상 로트 선정 및 시험주기 설정 등 저장탄약 관련 정책 수립에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- Choi, M. J., Park, H. J., Yang, J. K., and Baek, J. H. (2014). A study on the shelf-life prediction of the domestic single base propellants ammunition: based on 105mm high explosive propellants, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, **37**, 36-42.

- Cox, D. R. (1972). Regression models and life-tables, *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, **34**, 187–220.
- Jung, S. H. and Lee, S. B. (2017). Analysis of $\triangle\triangle$ guided missile inspection period based on storage reliability, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, **18**, 592–598.
- Kaplan, E. L. and Meier, P. (1958). Nonparametric estimation from incomplete observations, *Journal of the American Statistical Association*, **53**, 457–481.
- Kim, Y. C., Na, S. E., and Yoon, K. S. (2009). The shelf-life estimation of 30mm cartridge based on the ASRP evaluation data, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, 105–111.
- Lee, J. W. (2010). *An Introduction to ASRP*, Defense & Technology.
- Lee, J. W. and Hong, Y. K. (2012). A study on the effective management of artillery ammunition using ASRP data -the case of test interval determination, shelf-life prediction, force effectiveness analysis-, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, **13**, 4349–4358.
- Lee, J. W., Kim, H. B., Kim, Y. I., and Hong, Y. G. (2011). Prediction of the shelf-life of ammunition by time series analysis, *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, **37**, 39–48.
- Lee, S. B., Seo, J. W., Choi, K. S., and Kim, S. B. (2015). The shelf-life prediction of single-base propellants by applying the Kinetic model of n-th order, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, **16**, 3633–3642.
- Yoon, K. S. and Lee, J. C. (2012). A case study on the reliability assessment of stockpile ammunition, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, **40**, 259–269.
- Yoon, K. S. and Park, S. W. (2014). A study on the estimation of shelf-life for 155mm propelling charge KM4A2 using ASRP's data, *Journal of the Korean Society for Quality Management*, **42**, 291–300.
- Yoon, Y. W., Song, G. C., Lee, J. B., and Kim, H. S. (2004). Evaluation report storage environment of ammunition magazine, Ammunition Command.
- Yun, J. I., Yi, D. S., Choi, J. Y., Cho, S. I., Park, E. W., and Hwang, H. (1999). Elevation-corrected spatial interpolation for near-real time generation of meteorological surfaces from point observations, *The Korean Society of Agricultural Information Science*, **1**, 28–33.

60, 81mm 박격포탄의 저장수명 요인 연구

장수희^a · 전희주^{b,1} · 조인호^a · 윤근식^c · 강민정^c · 박동수^c

^aTheIMC; ^b동덕여자대학교 정보통계학과; ^c국방기술품질원

(2018년 7월 23일 접수, 2018년 8월 19일 수정, 2018년 9월 30일 채택)

요약

ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program; 저장탄약신뢰성평가) 업무는 인적, 물적 문제로 인하여 모든 탄에 대해 주기적 검사 수행이 어려운 실정으로, 저장탄약 수명예측 연구는 효율적인 ASRP 업무 수행에 기여할 수 있다. 본 연구는 2003년 2016년에 수행한 60,81mm 박격포탄약에 대한 ASRP 결과를 기초로 저장수명 요인을 연구하였다. 기존의 수명예측 연구에서 저장기간을 주요 독립변인으로 분석한 연구방법과는 다르게, 탄약고형태, 기상 요인 등 저장환경을 독립변인으로 Cox의 비례위험모형을 활용하여 분석하였다. 그 결과 60, 81mm 박격포탄의 저장수명에 영향을 미치는 요인은 탄약고형태, 최고온도 요인, 강수량 요인으로 분석되었다.

주요용어: ASRP, 박격포탄, 저장수명, Cox의 비례위험모형, 저장환경

¹교신저자: (02748) 서울시 성북구 화랑로 13길, 동덕여자대학교 정보통계학과. E-mail: hjchun@dongduk.ac.kr