

# 의약품 사용기간 평가 기법을 활용한 원샷시스템의 최초시험 연수 결정\*

박지명<sup>1</sup> · 이홍철<sup>2</sup> · 장중순<sup>1</sup> · 박상철<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>아주대학교 산업공학과, <sup>2</sup>한국건설기술연구원

## Determination of the Initial Test Year for One-Shot System using Validity Assessment of Drugs\*

Ji M. Park<sup>1</sup> · Hong C. Lee<sup>2</sup> · Joong S. Jang<sup>1</sup> · Sang C. Park<sup>1†</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, Ajou University

<sup>2</sup>Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

**Purpose:** This study aims at omitting the initial testing of the ASRP by determining the initial test year.

**Methods:** This study is to determine of the initial test year for one-shot system using validity assessment of drugs.

**Results:** Procedures for determining the initial test duration of the one shot system and examples of omitting the tests are presented.

**Conclusion:** Using this method, the time and labor required for testing can be saved by omitting the initial testing of ASRP.

**Keywords:** One-shot System, Drug Shelf-life, Shelf-life, Inspection Period, Storage Reliability

### 1. 서론

원샷시스템(one-shot system)은 생산되고 나서 장기간 저장된 뒤 단 한 번의 임무수행으로 소모되는 일회성 무기체계이기 때문에, 일반적인 운용 시스템과 같이 반복적으로 사용하고 수리하면서 고장 데이터를 분석하는 방식으로 시스템의 신뢰도를 평가할 수 없다. 또한 제조 당시 동일한 품질을 가진 탄약이라도 저장

온도, 습도 등의 저장조건에 따라 저장 기간 신뢰성이 서로 다르게 나타나기 때문에 제품 별로 수명을 정할 수 없다[1-3]. 따라서 각 군과 국방기술품질원은 시스템 종류에 따른 최초시험 시기 및 시험주기에 따라 로트 단위의 샘플링 시험으로 원샷시스템의 신뢰도를 평가하고 있으며, 평가 결과에 따라 상태를 분류하여 관리하고 있다. 이러한 업무를 ASRP(Ammunition Stockpile Reliability Program)라고 부른다[4]. 국방기술품질원의

\* 본 연구는 국토교통부 플랜트 연구개발사업(No.16IFIP-B091004-03)과 한국연구재단(NRF-2015R1A2A2A01005871) 및 방위사업청(UD150042AD)과 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신-방송 연구개발사업(R-20150505-000691)의 지원으로 수행되었습니다.

† 교신저자 scpark@ajou.ac.kr

2016년 11월 22일 접수; 2017년 2월 16일 수정본 접수; 2017년 2월 27일 게재 확정.

**Table 1** Inspection cycle information of Each system[5]

Category	Initial test year	Subsequent test cycle
◦ Direct shot, non-rebound shot	10	5
◦ guided missile	10	3
◦ Propellant charges, chemical bullets	10	5
◦ Fuses, flares flow	10	5
◦ Howitzer tanks, mortars, rockets	15	5
◦ cannonball, underwater missile	15	5
◦ Small diameter bullet(40MM or less)	15	5

저장신뢰성 평가 업무요령에서는 <Table 1>과 같이 시스템 종류에 따라 최초시험 시기 및 시험주기를 결정하고 있다[5]. 직사포류, 무반동총탄류, 유도탄류, 추진장약류, 화학탄류, 신관류, 조명탄류는 최초시험 연수가 10년이고 곡사포탄류, 박격포, 로켓탄류, 함포탄류, 수중탄류, 소구경탄류는 최초시험 연수가 15년으로 시스템 종류에 따른 특성이 거의 반영되어있지 않고, 시험주기 또한 유도탄류를 제외하고는 일괄적으로 5년마다 시험을 수행하고 있다. 현재 ASRP에서 원샷시스템의 최초시험 연수와 시험주기를 결정할 때 시스템의 특성 또는 시스템 종류의 특성을 충분히 반영하고 있지 않기 때문에 필요 이상의 시험을 수행하고 있고, 이는 ASRP 업무에서 가장 큰 업무 부하를 차지하고 있는 저장기능시험의 비효율을 초래하고 있다.

원샷시스템과 같이 생산 이후에 장기간 보관되는 제품으로 일상생활에서 사용되는 의약품이 있다. 의약품은 병을 치료하거나 증상을 완화하는데 쓰이는 제품으로 식품과 같이 복용하거나 인체에 직접 주사하기 때문에 제품의 신뢰도 관리가 매우 중요하다. 따라서 의약품은 출시되는 제품마다 저장수명의 인증이 필요하다. 원샷시스템의 최초시험 연수와 시험주기를 결정할 때 시스템의 특성 또는 시스템 종류의 특성을 충분히 반영하지 않는 것과는 달리, 의약품의 저장수명 평가는 개발단계에서 제품마다 일정 샘플의 가속시험을 통해서 저장수명을 결정하기 때문에 제품의 특성에 따른 열화 속도의 차이를 반영할 수 있다. 본 연구에서는 의약품의 저장수명 평가 방법을 활용하여 원샷시스템의 제품 특성에 따른 열화 속도의 차이를 반영할 수 있는 최초시험 연수 결정방법을 제안하였다. 제 2장에서는 의약품과 원샷시스템의 특성과 열화 메커니즘을 확인하여 의약품의 저장수명 평가 방법을 활용할 수 있는지 확인하고, 제 3장에서는 의약품의 저장수명 평가 방법을 설명한다. 제 4장에

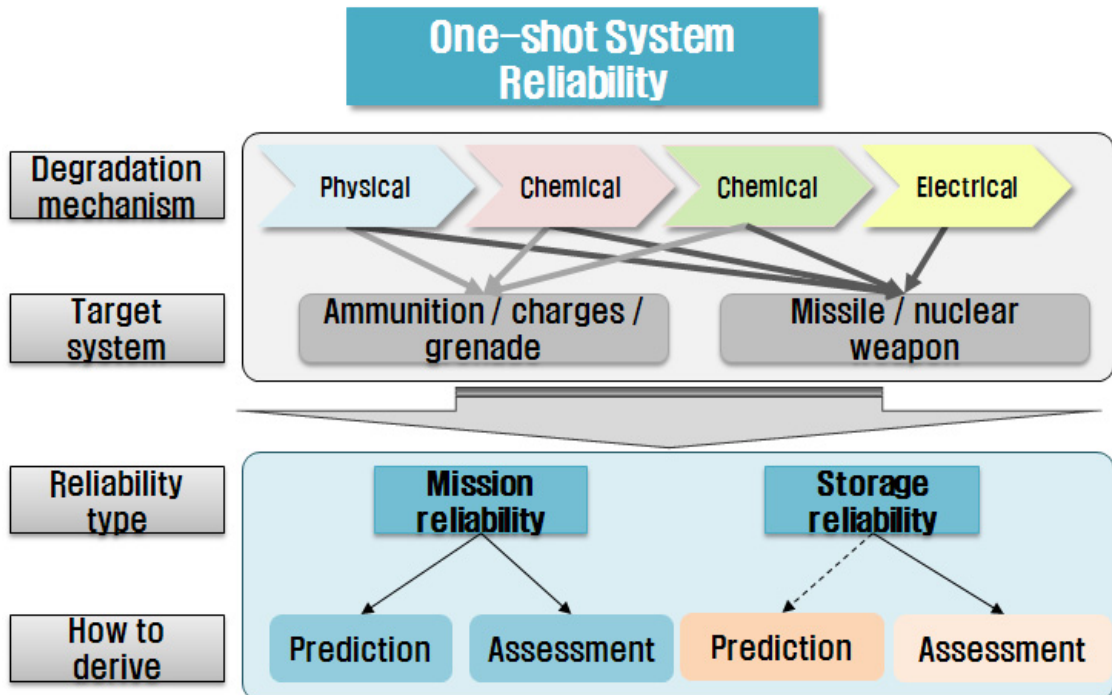
서는 의약품의 저장수명 평가 방법을 활용한 원샷시스템의 최초시험 연수 결정 방법을 설명하고 제 5장에서 결론을 낸다.

## 2. 의약품과 원샷시스템의 특성 및 열화 메커니즘

의약품은 천연 의약품과 합성 의약품으로 분류된다. 천연 의약품은 자연에서 산출되어 그대로 쓰거나(생약) 간단히 가공해서 약으로 사용되는 것(추출약)으로 동물, 식물, 광물 등이 사용된다. 천연 의약품이 계절이나 지역에 따라 공급과 운반 및 보관이 어렵기 때문에 생약의 한정성과 자원의 고갈로 인한 문제를 해결하기 위해 생약의 분자 구조를 밝혀내고 인공적으로 제조하는 합성 의약품이 개발되었다. 논란의 여지는 있지만 원샷시스템의 주성분인 화약은 기원전부터 중국에서 불로장생의 선약을 연구하던 연단술사에 의해 발명된 뒤 중국에서 무기를 목적으로 처음 사용되었다고 한다. 원샷시스템과 의약품의 특성은 <Table 2>와 같은데, 같은 제조방식에 의한 화학적 합성물이기 때문에 합성물의 특성에 따라 열화 속도가 다를 뿐 열화 메커니즘, 열화에 영향을 주는 주요 환경인자는 유사하다. 원샷시스템을 열화(고장) 메커니즘에 따라 분류하면 <Fig. 1>과 같이 물리·화학·생물학적인 메커니즘의 영향을 받는 탄약·장약·수류탄류와 추가적으로 전기전자적인 메커니즘의 영향을 받는 유도탄·핵무기류로 분류할 수 있다. 의약품의 열화 메커니즘은 탄약·장약·수류탄류와 같이 물리·화학·생물학적인 메커니즘의 영향을 받는다. 따라서 본 연구에서는 의약품의 열화 메커니즘과 동일한 탄약·장약·수류탄류를 대상으로 의약품의 사용기간 평가 방법을 활용하여 원샷시스템의 최초시험 연수를 결정하는 방법을 제안한다.

**Table 2** Characteristics of drug and one-shot system

Category		One-shot system	Drugs
major components		chemical substance, fiber, rubber, metal, electric parts	chemical substance
Failure mechanism	Physical	Diffusion, Intermetallic Growth, Hydrogen Embrittlement	Diffusion
	Chemical	Corrosion, Dendrite Growth, Depolymerization, Scission	Corrosion, Depolymerization, Scission
	Biological	Microorganism, Bacterium, Fungus	Microorganism, Bacterium, Fungus
	Electrical	Electromigration, TDDB(Time Dependent Dielectric Breakdown), Hot electrons, CFF, Slow trapping	-
Major environmental factors affecting degradation		Temperature, Humidity, Light, Acid(pH)	Temperature, Humidity, Light, Acid(pH)
How to determine the shelf life		Consumption or disposal in Lot unit after periodical inspection of lot unit by weapon system	Determination of lifetime based on results of long-term storage test and acceleration test at development stage
Periodic reliability estimation		O	X
Shelf life		Years to decades	Months to years



**Fig. 1** Characteristics and degradation mechanism of one-shot systems

### 3. 의약품 사용기간 평가 방법

국내의 의약품 사용기간 평가 방법은 식품의약품 안전처의 ‘의약품 등의 안전성시험 기준’에 정의[6]되어 있고 이 기준은 의약품 관련 국제기구인 ICH(International Conference on Harmonization of Technical Requirements for Registration of Pharmaceuticals for Human Use) 가이드라인을 따르고 있다[7]. ICH는 미국, 일본, 유럽의 규제당국 및 제약단체가 주축이 되어 의약품 관련 표준을 정함으로써 의약품이 국제적으로 사용될 수 있도록 지원 또는 규제하는 협의기구이다. 의약

품의 사용기간을 평가하기 위해서 수행하는 안정성 시험의 종류는 장기보존시험, 가속시험, 중간조건시험이 있고 그 정의는 <Table 3>과 같다. 각 시험에 대한 로트 선정 방법, 보존조건, 시험기간, 측정시기, 시험목은 <Table 4>~<Table 6>과 같다. 주성분의 종류와 제형이 동일한 제제는 브래케팅 디자인(Bracketing design) 또는 매트릭스 디자인(Matrix design)으로 시험하는 경우 시험의 일부를 생략할 수 있다. 브래케팅 디자인은 주성분 분량이 다른 3개 이상의 제제가 주성분과 첨가제의 원료약품의 분량이 비율적으로 유사한 경우 또는 농도가 동일하나 용기 충전량만 다를 경

**Table 3** Types of drug stability tests[6]

Test type	Definition
Long term test	Stability studies under the recommended storage condition for the re-test period or shelf life proposed (or approved) for labeling.
Accelerated test	Studies designed to increase the rate of chemical degradation or physical change of a drug substance or drug product by using exaggerated storage conditions as part of the formal stability studies.
Intermediate test	Studies conducted at 30°C/65% and designed to moderately increase the rate of chemical degradation or physical changes for a drug substance or drug product intended to be stored long term at 25°C.

**Table 4** Long term test contents for drugs[6]

Category	Contents
Selection of batches	Data from formal stability studies should be provided on at least three primary batches of the drug substance.
Storage Condition	General case: 25±2°C/60±5% or 30±2°C/65±5% Storage in a refrigerator: 5±3°C Storage in a freezer: -20±5°C
Minimum time period	12 months
Testing frequency	For products with a proposed shelf life of at least 12 months, the frequency of testing at the long term storage condition should normally be every 3 months over the first year, every 6 months over the second year, and annually thereafter through the proposed shelf life.

**Table 5** Accelerated test contents for drugs[6]

Category	Contents
Selection of batches	Data from formal stability studies should be provided on at least three primary batches of the drug substance.
Storage Condition	General case: 40±2°C/75±5% Storage in a refrigerator: 25±2°C/60±5%
Minimum time period	6 months
Testing frequency	A minimum of three time points, including the initial and final time points(e.g., 0, 3, and 6 months), from a 6-month study is recommended.

우 중간 분량 또는 용기 충전량의 시험을 <Table 7>과 같이 생략할 수 있고 매트릭스 디자인은 <Table 8>~<Table 9>와 같이 12개월과 시험종료 시점을 제외한 어느 한 시점에서는 한 개 이상의 로트에 대한 시험자료로 모든 로트의 시험결과를 대표하여 사용기간을 정할 수 있다[6].

의약품의 사용기간 평가 방법은 위와 같은 시험들의 결과에 따라서 사용기간을 결정하는 흐름도를 <Fig. 2>와 같이 제시하고 있다. 흐름도는 상온보관약품 또는 냉장보관약품 여부와 장기보존시험, 가속시험, 중간조건시험에서 변화가 발생한 기간에 따라 사용기간을 결정하는 기준을 정의하고 있다[6].

**Table 6** Intermediate test contents for drugs[6]

Category	Contents
Selection of batches	Data from formal stability studies should be provided on at least three primary batches of the drug substance.
Storage Condition	General case: 30±2 °C/65±5%
Minimum time period	12 months
Testing frequency	A minimum of four time points, including the initial and final time points(e.g., 0, 6, 9, 12 months), from a 12-month study is recommended.

**Table 7** Example of bracketing design for drugs[6]

Strength		50mg			75mg			100mg		
Batch		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Container size	15 mL	T*	T	T				T	T	T
	100 mL									
	500 mL	T	T	T				T	T	T

※ T: Test.

**Table 8** Example of matrix design for drugs(1/2 omit testing)[6]

Time point(months)		0	3	6	9	12	18	24	36		
Strength *	S1	Batch 1	T	T		T	T		T	T	
		Batch 2	T	T		T	T	T		T	
		Batch 3	T			T		T	T		T
	S2	Batch 1	T			T		T		T	T
		Batch 2	T	T			T	T	T		T
		Batch 3	T			T		T		T	T

※ T: Test.

**Table 9** Example of matrix design for drugs(1/3 omit testing)[6]

Time point(months)		0	3	6	9	12	18	24	36		
Strength *	S1	Batch 1	T	T		T	T		T	T	
		Batch 2	T	T	T		T	T		T	
		Batch 3	T			T	T	T	T	T	T
	S2	Batch 1	T			T	T	T	T	T	T
		Batch 2	T	T			T	T		T	T
		Batch 3	T	T	T		T	T	T		T

※ T: Test.

6 Determination of the Initial Test Year for One-Shot System using Validity Assessment of Drugs

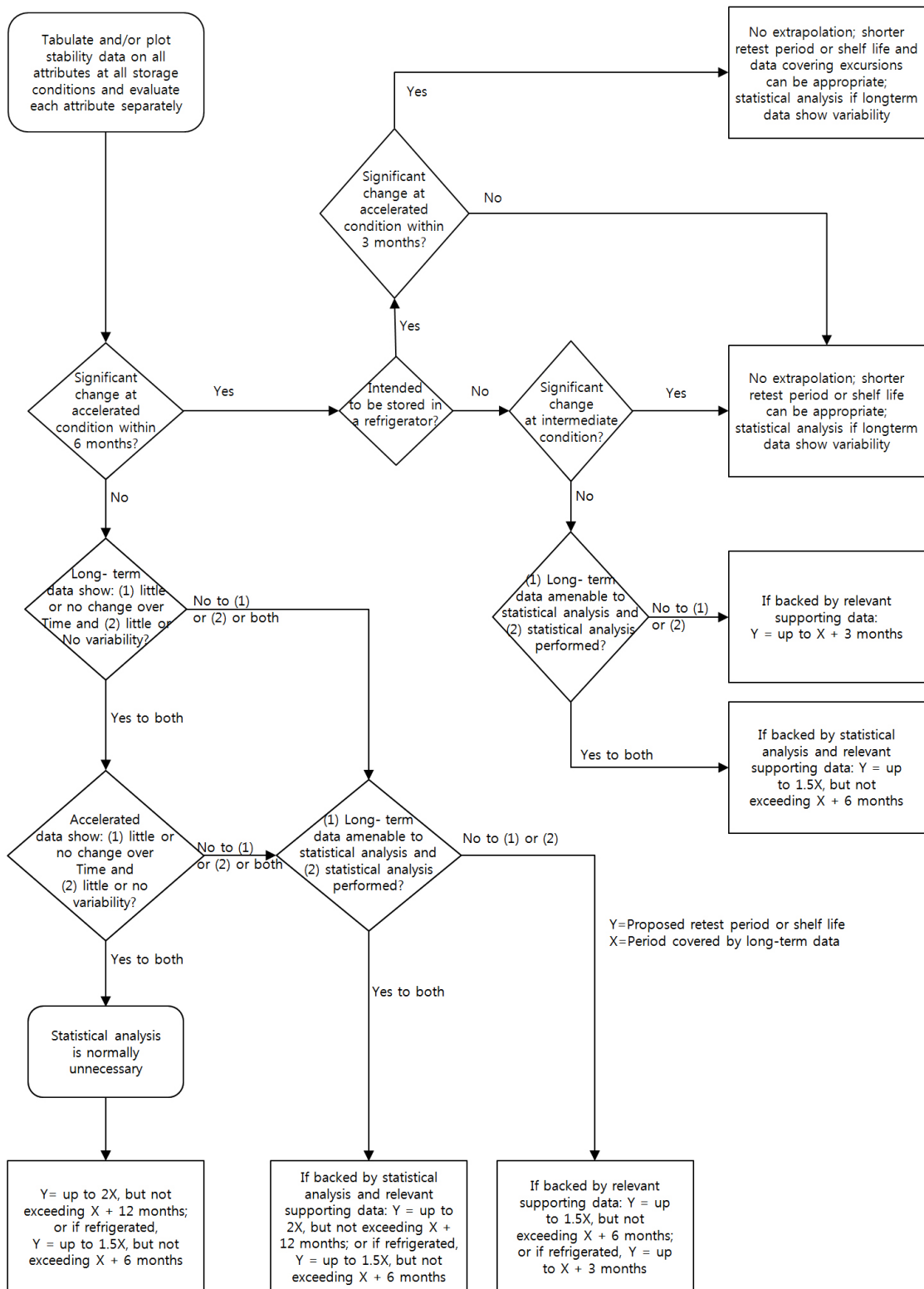


Fig. 2 Flow chart for application period for drugs[6]

#### 4. 의약품의 저장수명 평가 방법을 활용한 원샷 시스템의 최초시험 연수 결정 방법

원샷시스템의 로트별로 주기적인 시험을 수행하는 것이 많은 시간과 노력을 소모하기 때문에 원샷시스템의 하위시스템 또는 부품 중 고장에 유의한 대상을 가속시험하여 저장수명을 예측하는 연구들이 <Table 10>과 같이 수행되었다[8-17]. 이러한 연구들은 원샷시스템의 저장신뢰도에 영향을 미치는 원인을 직접적으로 단기간에 분석함으로써 예측을 가능하게 하는 장점을 가지지만 특정 제품에 대해서만 적용할 수 있기 때문에 적용 범위가 제한적이고 예측의 정확도가 낮은 한계가 존재한다. 반면에 의약품의 사용기간 결정은 동일환경에서 제품이 변한 시기를 시험을 통해서 확인하기 때문에 직접적인 열화 요인에 대한 분석이 필요하지 않고 모든 의약품에 적용이 가능하다.

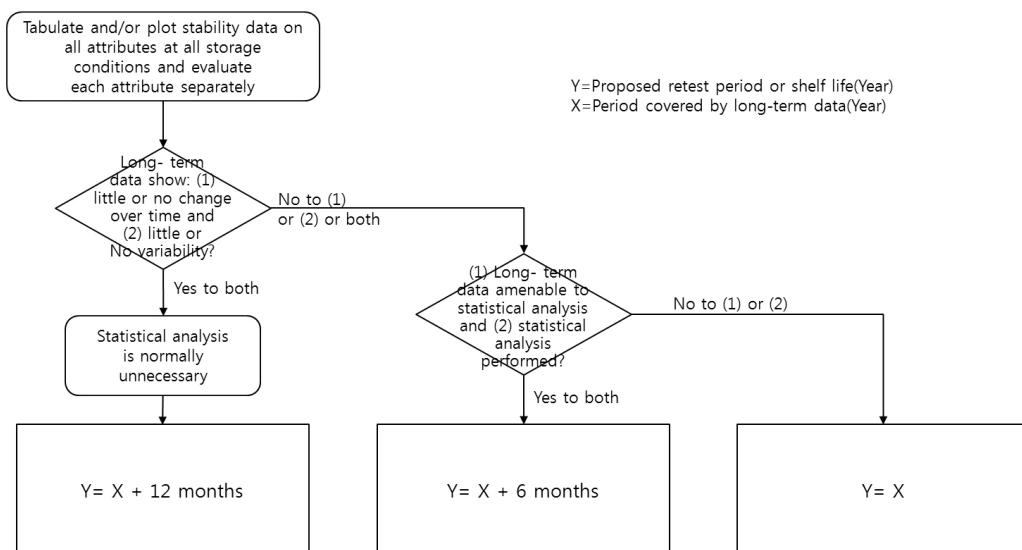
의약품의 사용기간은 의약품의 저장조건을 기준으로 한 유효기한이기 때문에 저장수명과 동일하다고 판단할 수 있다[18]. 의약품은 사람이 복용하고 제품의 성질 변화에 따라 부작용이 발생할 수 있기 때문에 제품이 변하지 않는 것을 보장하는 사용기간 이후에 폐기 처리하지만 원샷시스템은 같은 로트의 제품 중 일부 불량률이 발생하더라도 검사에 의해 예측되는 상태에 따라 <Table 11>과 같이 계속 저장 및 사용하거나 조건부 불출, 긴급 전투시 사용가능 등의 상태로 다양하게 분류하여 사용하고 있다[5].

**Table 10** Previous studies related to shelf life prediction

Research topics	Target
Life expectancy through accelerated test[8-17]	Infrared flare material[8]
	81mm illuminating projectile[9]
	Propellants[10, 15-16]
	B-KNO <sub>3</sub> ihniter[11]
	Propellant Bag[12]
	Propelling Charge[13, 17]
	Zr-Ni delay system in fuze K510 for high explosive shell[14]

**Table 11** Ammunition state symbols[5]

Ammunition state symbols	State
CC-A	Keep saving and using
CC-B	Conditional dispatch
CC-C	First out
CC-D	Special exam
CC-E	Normal maintenance target
CC-F	Number of repair objects
CC-J	Temporary dispatch stop
CC-H	Destroy target shot
CC-N	Available in emergency battles



**Fig. 3** Flow chart for initial test year for one-shot systems

**Table 12** Long term preservation test contents for one-shot systems

Category	Contents
Selection of batches	Data from formal stability studies should be provided on at least three primary batches of the one-shot system
Storage Condition	Store in a place that meets specifications based on Army Ammunition.
Minimum time period	New weapons should be tested for at least 12 years. However, depending on the characteristics of the weapon, the duration of the test may be determined separately.
Testing frequency	At the beginning of the test, every three years until 10 years, every two years up to 20 years thereafter, and once a year thereafter, the storage function test shall be carried out for as many samples as the ASRP instruction.

※ T: Test.

본 연구에서는 의약품의 사용기간을 정하는 흐름도에서 상온저장약품과 장기보존시험에 대한 내용을 참고하여 개발단계의 시험에 의해 탄약·장약·수류탄류의 최초시험 연수를 결정하는 흐름도를 <Fig. 3>과 같이 정의하였다. 원샷시스템의 평균 저장기간은 의약품에 비해 수 배에서 수십배에 달하기 때문에 시험의 기본적인 조건은 <Table 12>와 같이 설정하였다. 시험 조건을 간단히 요약해보면 3개 이상의 로트에 대해서 탄약고를 기준으로 최소 12년 이상을 시험하고 측정시기는 10년 단위로 점차 세분화한다. 원샷시스템을 위한 장기보존시험은 ASRP에서 수행하는 저장기능시험의 절차와 동일하며 대상 로트들의 샘플들이 모두 시험을 통과하는 이상 계속 수행할 수 있다. 최초시험 연수가 결정되기 전까지는 대상 로트들만을 대상으로 ASRP 저장기능시험을 수행하며, 결정 이후에는 최초시험 연수에 따라 로트 별로 시험을 수행한다. 신제품을 여러 규격으로 동시에 개발하거나 차후에 중간 규격의 제품을 개발할 경우 <Table 13>와 같이 브래케팅 디자인으로 중간 규격 제품(예: 81 mm 조명탄)의 시험을 생략할 수 있으며, 시험하

는 60mm와 155mm 조명탄의 경우 매트릭스 디자인을 통해서 <Table 14>, <Table 15>와 같이 시험 중 1/2 또는 1/3을 생략할 수 있다. 제안된 방법과 현행 ASRP, 기존연구와의 차이는 <Table 16>과 같이 정리할 수 있다.

**Table 13** Example of bracketing design for one-shot systems

Product specification(diameter)	Batch	Test	
Flare	60mm	1	T
		2	T
		3	T
	81mm	1	
		2	
		3	
	155mm	1	T
		2	T
		3	T

※ T: Test.

**Table 14** Example of matrix design(1/2 omit testing) for one-shot systems

Time point(months)		0	3	6	9	12	14	16	18	20	22	24	25	26	
Flare	60mm	Batch 1	T	T		T	T	T		T	T	T		T	
		Batch 2	T		T		T		T		T		T		T
		Batch 3	T		T		T		T		T		T		T
	155mm	Batch 1	T		T		T		T		T		T		T
		Batch 2	T	T		T	T	T		T	T	T		T	
		Batch 3	T		T		T		T		T		T		T

※ T: Test.



**Table 15** Example of matrix design(1/3 omit testing) for one-shot systems

Time point(months)		0	3	6	9	12	14	16	18	20	22	24	25	26	
Flare	60mm	Batch 1	T	T		T	T		T	T		T	T		T
		Batch 2	T	T	T		T	T		T	T		T	T	
		Batch 3	T		T	T		T	T		T	T		T	T
	155mm	Batch 1	T		T	T		T	T		T	T		T	T
		Batch 2	T	T		T	T		T	T		T	T		T
		Batch 3	T	T	T		T	T		T	T		T	T	

※ T: Test.

**Table 16** Differences between existing and proposed methods

	ASRP	Accelerated test	Proposed method
Initial test years	Inaccuracy	Inaccuracy	Accuracy
Storage reliability management cost	Busy	Chip	Chip
Test period	Short term	Short term	Long term

## 5. 결 론

의약품은 사람이 복용하거나 직접 인체에 투여하기 때문에 제품의 성질 변화에 따라 사용자에게 부작용이 발생할 수 있기 때문에 사용기간(유효기간)을 정하는 저장수명의 관리가 필수적이다. 국제기구 ICH는 미국, 일본, 유럽의 규제당국 및 제약단체의 협의를 토대로 작성한 가이드라인을 바탕으로 저장수명 결정을 체계적으로 수행하고 있다. 본 연구에서는 의약품의 특성과 원샷시스템의 특성을 비교하여 공통적인 특성을 갖는 원샷시스템에 대해서 의약품의 사용기간 평가 방법을 활용하여 원샷시스템의 최초 시험 연수를 결정하는 방법을 제안하였다. 본 연구의 최초시험 연수 결정 방법을 ASRP 업무에 적용하면 시스템 양산 후 초기 저장단계에서 수행하는 불필요한 시험을 생략함으로써 ASRP 업무에 소요되고 있는 시간 및 노동력을 줄일 수 있다.

## References

- [1] 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". The Korean Society for Quality Management, Vol. 42, No. 3, pp. 291-300.
- [2] Policy Task Research Report (2004). "Estimation of storage capacity by type of ammunition". Daejeon University Institute for Military Affairs.
- [3] Yoon, K. S., Ko, S. K., and Ryu, S. K. (2003). "The Effect of Stabilizer(DPA, CaCO<sub>3</sub>) Addition on the Shelf Life of the Single Base Propellant". Journal of the KIMST, Vol. 6, No. 2, pp. 9-19.
- [4] Military Management Office (2012). "Storage Ammunition Reliability Assessment (ASRP)". Ministry of National Defense.
- [5] Defense Technology and Quality Policy Planning Office (2015). "Storage reliability Assessment work tip". Defense Agency for Technology and Quality.
- [6] Food and Drug Administration (2014). "Stability test standard of medicine". Ministry of Food and Drug Safety, No. 2014-59.
- [7] Choi, J. Y., Yoon, S. Y., Woo, T. S., Jun, I. G., and Jung, J. H. (2011). "Comparative Study of ICH Guidelines and Domestic Guidelines on Safety". Regulatory Research on Food, Durg and Cosmetic, Vol. 6, No. 2, pp. 29-51.
- [8] Back, S. J., Son, Y. K., Kim, N. J., and Kwon, T. S. (2016). "Storage Life Estimation of Next Infrared Flare Material", Journal of the KIMST, Vol. 19, No. 3, pp. 311-318.
- [9] Back, S. J., Son, Y. K., Lim, S. H., and Myung, I. H.

- (2015). "Storage Life Estimation of Magnesium Flare Material for 81 mm Illuminating Projectile". Journal of the KIMST, Vol. 18, No. 3, pp. 267-274.
- [10] Lee, S. B., Seo, J. Wh., 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, Vol. 16, No. 5, pp. 3633-3642.
- [11] Paik, J. G., Ryu, B. T., and Kwon, M. R. (2014). "A Study on Acceleration Aging Characteristics of B-KNO<sub>3</sub> Ihniter". Korean Chemical Engineering Research, Vol. 52, No. 2, pp. 166-174.
- [12] Park, S. H. and Kim, J. H. (2014). "Estimation of Storage Life for Propellant Bag by Using Gamma Process Model". Journal of the Korean Society of Propulsion Engineers, Vol. 18, No. 3, pp. 17-25.
- [13] Park, S. H. and Kim, J. H. (2013). "The Stockpile Reliability of Propelling Charge for Performance and Storage Safety using Stochastic Process". The Korean Society for Quality Management, Vol. 41, No. 1, pp. 135-148.
- [14] Park, B. C. et al. (2009). "Storage Lifetime Prediction of Zr-Ni Delay System in Fuze K510 for High Explosive Shell". Journal of the KIMST, Vol. 12, No. 6, pp. 719-726.
- [15] Chang, I. H. and Cho, K. H. (2007). "Research on the Storage Life of Single Base Propellant by Adding Inorganic Stabilizer CaCO<sub>3</sub>". Journal of the KIMST, Vol. 10, No. 3, pp. 200-207.
- [16] Cho, K. H. and Chang, I. H. (2006). "A Study on the Effect of Storing Temperature and Humidity upon the Self Life of Propellant KM30A1". Journal of the KIMST, Vol. 9, No. 1, pp. 13-23.
- [17] Cho, K. H. and Chang, I. H. (2005). "A Study on the Effect of Storing Temperature upon the Self Life of Propelling Charge K676 and K677". Journal of the KIMST, Vol. 8, No. 1, pp. 14-24.
- [18] Robert, C. et al. (2012). "On the Shelf Life of Pharmaceutical Products". AAPS Pharm Sci Tech, Vol. 13, No. 3, pp. 911-918.