

[Research Paper]

산불진화대원용 안전장갑에 대한 성능평가 기준 연구

김해형 · 이선영* · 정재한** · 권춘근*** · 안희영**** · 홍승태*****†

한국소방산업기술원 기술관리부 차장, *한국소방산업기술원 소방기술연구소 연구원,
한국소방산업기술원 소방기술연구소 수석연구원, *국립산림과학원 산림방재연구과 연구사,
****국립산림과학원 산림방재연구과 연구원, *****한국소방산업기술원 소방기술연구소 선임연구원

A Study on Performance Evaluation Criteria for Safty Gloves for Forest Firefighting Crews

Hae-Hyung Kim · Seon-Yeong Lee* · Jae-Han Jeong** · ChunGeun Kwon*** · Heeyoung Ahn**** · Seung-Tae Hong*****†

Deputy General Manager, Technology Management Department, Korea Fire Institute,
*Researcher, R&D Lab. Korea Fire Institute, **Principal Research Engineer, R&D Lab. Korea Fire Institute,
***Junior Scientist, Dept. of Forest Conservation, National Institute of Forest Science,
****Researcher, Dept. of Forest Conservation, National Institute of Forest Science,
*****Senior Research Engineer, R&D Lab. Korea Fire Institute

(Received September 28, 2018; Revised November 5, 2018; Accepted November 26, 2018)

요 약

산불진화대원의 안전 확보와 작업능률 향상을 위해 안전장갑에 대한 성능평가 기준을 개발하였다. 산불진화대원용 안전장갑에 대한 기준이 현재 국내에 없기 때문에 한국소방산업기술원(KFI)에서 운용중인 소방대원용 안전장갑에 대한 기준을 기초로 하여 연구를 시작하였다. 관계자 의견 수렴 및 외국 기준의 검토를 통하여 17개 시험항목 중 5개 시험항목을 제외하고 12개 시험항목을 선정하였다. 시료는 산불진화대원들이 사용하고 있는 2 종류의 일반 안전장갑과 하나의 소방대원용 장갑에 대해 KFI 기준을 적용하여 시험하고 그 결과를 비교하였다. 시험 결과 불에 약한 나일론이나 폴리우레탄 등의 재질은 산불진화대원용 안전장갑에 적합하지 않음을 확인하였다. KFI 기준과 ISO 16073, NFPA 1977, NFPA 1971 및 BS EN 659의 판정기준을 비교하여 우리나라 산불진화대원들의 작업 환경에 적합한 12개 시험항목과 판정기준들을 최종 선정하였다.

ABSTRACT

In order to secure safety and improve work efficiency of forest firefighting crews, performance evaluation criteria for safety gloves were developed. Since the standard for forest firefighting safety gloves is not available in Korea, we started the study based on the standard for firefighting safety gloves operated by KFI. 12 test items were selected excluding 5 test items out of the 17 test items through the consultation of stakeholders and the review of foreign standards. Two types of general safety gloves used by forest firefighting crews and one firefighting gloves were tested by applying KFI standard and the results were compared. Materials such as nylon or polyurethane which are weak to fire are not suitable for forest firefighting safety gloves. We compared the criteria of KFI, ISO 16073, NFPA 1977, NFPA 1971 and BS EN 659, and finally selected 12 test items and acceptance criteria suitable for the work environment of forest firefighting crews in Korea.

Keywords : Safety gloves, Performance evaluation criteria, Forest firefighting crews

† Corresponding Author, E-Mail: blue5to7@kfi.or.kr, TEL: +82-31-289-2956, FAX: +82-31-287-1067

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

1. 서론

산림청의 산불관리통합규정 안전수칙에는 산불진화대원에게 안전장비를 최대한 지급하여야 한다고 규정하고 있다⁽¹⁾. 이에 따라 각 자치단체에서는 산불진화 안전장비 13종을 지정하여 산불진화대원들에게 보급하고 있다.

국내에는 산불 진화용 장갑이 별도로 지정되어 있지 않으며, 산불진화대원들은 일반 안전장갑을 사용하고 있다. 한 지방자치단체에서 산불진화 안전장갑을 구매하기 위해 사용했던 규격서의 일부를 Table 1에 나타내었다. 현재 산불진화복을 제외한 나머지 안전장비들은 품질에 대한 세부 규격이 없다. 안전장갑을 예로 들면 간단한 특징과 재질만 제시하고 있다. 특히 ‘내열성과 땀 흡수 용이’와 같은 용어는 정확히 계량적으로 어느 정도의 성능인지 알 수가 없다. 품질 관리를 위해서는 안전장갑이 어느 정도의 열에 견디는지, 땀 흡수는 어느 정도인지 필요한 성능을 명확하게 제시할 필요가 있다.

산불진화대원의 인명 피해 방지와 작업 효율 향상을 위해서 개인보호장비에 대한 표준 규격이 반드시 필요하다. 이번 연구에서는 산불진화대원의 주요 업무 및 작업 환경에 대한 검토를 거친 후, 산불진화대원의 필수 보호 착용도구 중 안전장갑에 대한 성능평가기준을 개발하였다. 여기서 기준이란, 어떤 품목에 대해 성능 평가방법과 적합부적합 판정 방법을 규정한 것을 말한다.

2. 시험 항목 선정

2.1 KFI 기준(소방용 안전장갑의 KFI 인정기준)

산불진화대원용 안전장갑에 대한 기준이 현재 국내에 없기 때문에 한국소방산업기술원(KFI)에서 운용중인 「소방

용 안전장갑의 KFI 인정기준⁽²⁾을 기초로 하여 연구를 시작하였다. 산불진화대원이든 소방대원이든 작업 현장에서 부상을 방지하고 작업효율을 향상시키기 위한 목적으로 개인보호장비를 사용하기 때문에 개인보호장비가 갖추어야 할 요구사항들은 비슷하다. 그러나 산불진화대원과 소방대원은 주요 업무와 작업 환경이 많이 다르기 때문에 차이점들을 고려하여 시험항목들을 선정해야 하며 성능에 대한 요구 수준에 차이를 두어야 한다.

「소방용 안전장갑의 KFI 인정기준」에 있는 17개의 시험항목을 기본으로 하여 관계자(산불진화대원) 의견 수렴 및 자료 검토를 통하여 관계가 없는 시험항목들을 걸러내었다. 열통과 시험은 복사열성능 시험과 중복되어 제외하였다. 방수성능 시험과 투습도 시험은 산불 진화작업에서 완전한 방수성능까지는 필요하지 않기 때문에 현장의 의견을 수렴하여 제외하였다. 전단응력 시험과 박리강도 시험은 벨크로에 대한 시험이므로 제외하였다. 이렇게 17개 시험항목 중 5개 시험항목을 제외하고 12개 시험항목을 1차로 선정하였다. 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

2.2 외국 기준

산불진화대원용 안전장갑에 대한 시험항목을 선정하기 위해 2차로 외국의 기준에 있는 시험항목들을 검토하였다. 검토한 외국 시험기준을 Table 3에 나타내었다.

2.3 국내외 기준 비교 및 선정

1차로 걸러진 12개의 시험항목들과 외국 기준들의 시험항목을 비교하여 Table 4에 나타내었다. 내수축성 시험은 세탁에 의한 장갑의 수축 영향을 평가하는 시험으로 외국 기준에는 없었지만 품질 유지를 위해 필요한 시험이므로 제외하지 않았다. 발수도 시험과 관련해서는 NFPA 1971에

Table 1. Specification of Forest Fire Fighting Safety Equipment

Portable Equipment Set	Portable Water Bottle	Characteristic: Easy to Carry, Move and Use Material: PE, Ceramic Standard: 700 ml
	Rake · Shovel	Characteristic: 2-stage Folding, Simultaneous use of Shovel and Rake Material: Carbon Tool Steel Standard: Handle (2-stage) 700 × 550 mm Shovel 150 × 115 mm Rake (4 foot) 85 × 105 × 8 mm
	Safety Gloves	Characteristic: Heat Resistance, Easy to Absorb Sweat Material: Dobbles Chamois Velcro
	Goggles	Characteristic: Prevent the Penetration of Gas or Foreign Matter Material: Acryl Standard: Maintain Elasticity and Robustness
	Flashlight	Characteristic: ⊏ Shape with Battery
	Saw	Characteristic: Foldable and Portable Material: Special steel Standard: Sawtooth 350 mm

Table 2. Test Items First Screened for Safety Gloves

KFI Test Items	Acceptance	Reason for Exclusion
1. Structure and Appearance	○	-
2. Heat Penetration	×	Duplicate to Radiant Heat Resistance Test
3. Heat Resistance	○	-
4. Burning Behaviour	○	-
5. Cut Resistance	○	-
6. Puncture Resistance	○	-
7. Waterproof Performance	×	No Waterproof Performance Required
8. Dexterity	○	-
9. Corrosion Resistance	○	-
10. Cleaning Shrinkage Resistance	○	-
11. Shear Stress	×	Not Applicable for Testing on Velcro
12. Peel Strength	×	
13. Resistance of Glove Material to Water Penetration	○	-
14. Moisture Permeability	×	No Waterproof Performance Required
15. Thermal Protective Performance (TPP)	○	-
16. Radiant Heat Resistance	○	-
17. Abrasion Resistance	○	-

Table 3. Foreign Test Standards for Safety Gloves

Standards	Title
ISO 16073 ⁽³⁾ (2011)	Wildland Firefighting Personal Protective Equipment Requirements and Test Methods
NFPA 1971 ⁽⁴⁾ (2013)	Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting
NFPA 1977 ⁽⁵⁾ (2016)	Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting
BS EN 659 ⁽⁶⁾ (2003)	Protective Gloves for Firefighters

액체 침투시험이 있으며, BS EN 659 기준에는 선택 시험항목으로 되어있다. 발수도는 천의 수분 흡수에 대한 저항성을 측정하는 시험이다. 발수도는 일반 작업 때 사용자의 쾌적성 유지를 위해서 필요한 성능이므로 제외하지 않았다. 따라서 12개의 시험항목을 그대로 안전장갑에 대한 시험항목으로 선정하였다.

3. 시 험

산불진화대원들이 사용하고 있는 2 종류의 일반 안전장갑과 하나의 소방대원용 장갑에 대해 KFI 기준을 적용하여 시험하고 그 결과를 비교하였다. Table 4에 나타난 12개 시험항목 중에서 구조, 내식성, 내수축성 및 마모강도 시험을 제외하고 나머지 8가지 항목에 대해 시험하였다.

산불진화대원용 안전장갑의 구조는 화재진압용 안전장갑에 대한 기준인 KS K ISO 15383⁽⁷⁾의 디자인 요구 성능을 적용하였다. 내식성 시험은 금속 재질이 있는 경우에만 적용하는 시험이므로 생략하였다. 내수축성 시험은 세탁에 의한 수축성을 판정하는 시험으로 KFI 기준을 그대로 적용

해도 무방하기 때문에 생략하였다. 마모강도 시험도 같은 이유로 생략하였다. 마모강도 시험은 KFI와 ISO 16073 기준이 같은데, ISO 16073은 산불진화용 개인보호장비에 대한 기준이다.

3.1 시 료

시험에 사용된 3가지 안전장갑에 대한 특성을 Table 5에 나타내었다. 일반용 안전장갑은 사슴가죽(나일론 포함)과 나일론(폴리우레탄, PVC, 고무 등 포함) 재질이며 산불진화대원들이 현재 사용하고 있는 제품들이다. 소방용 장갑은 열보호 성능이 우수한 방향죽 폴리아미드계 섬유와 불소계 수지 필름으로 구성되어 있는 제품이다. 그러나 소방용 장갑은 일반 안전장갑에 비해 무게가 약 3배 정도 무겁다.

3.2 시험 방법

8개 시험항목 중 열방호성능 시험은 KS K ISO 9151⁽⁸⁾의 시험방법과 ISO 16073의 판정기준을 적용하였다. 나머지 7개 시험항목은 KFI에서 운용중인 「소방용 안전장갑의 KFI 인정기준」⁽²⁾에서 정한 방법과 판정기준을 적용하여 실시하

Table 4. Comparison of KFI Test Items and Foreign Standards for Safety Gloves

KFI Test Items	ISO 16073	NFPA 1971	NFPA 1977	BS EN 659
1. Structure and Appearance	○	○	○	○
2. Heat Resistance	○	○	○	○
3. Burning Behaviour		○	○	○
4. Cut Resistance	○	○	○	○
5. Puncture Resistance	○	○	○	○
6. Dexterity	○	○	○	○
7. Corrosion Resistance		○		
8. Cleaning Shrinkage Resistance				
9. Water Penetration Resistance		○		○ (Optional)
10. Thermal Protective Performance (TPP)	○	○	○	○
11. Radiant Heat Resistance	○	○		○
12. Abrasion Resistance	○			○

Table 5. Safety Gloves Used for Testing

Types of Safety Gloves			
	General Safety Gloves 1	General Safety Gloves 2	Firefighting Gloves
Material	Deer Leather, Nylon	Nylon, Polyurethane, PVC, Rubber	Aromatic Polyamide-Based Fibers, Fluorine Resin Film
Weight	102 g	96 g	297 g
Usage	General	General	Fire Safety

였다. 각 시험방법과 판정기준은 시험결과 표에 요약하여 나타내었다.

4. 결과 및 고찰

4.1 내열 시험

내열 시험은 260 °C 오븐에서 장갑을 5 min간 유지한 후 열변형이 생기는지 판정하는 시험이다. 시험 결과를 Figure 1에 나타내었다. 두 종류의 일반 안전장갑은 Figure 2에서 보는 바와 같이 용융 및 적하가 일어나 부적합 판정을 받았다. 장갑 재질 중 가죽은 열변형이 생기지 않았으나, 그 외 나일론 등의 재질은 용융 및 적하가 일어났다. 소방용 안전장갑은 열변형이 일어나지 않아 적합 판정을 받았다.

4.2 방염성능 시험

방염성능 시험은 일정한 크기의 버너 불꽃에 장갑을 12 s 동안 연소시켜 불에 대한 저항성이 있는지를 판정하는 시험이다. 장갑의 손등과 손바닥 부분에 대해서 각각 시험을

Types of gloves	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> • Test method Exposure at 260 °C for 5 min 	×
		×
	<ul style="list-style-type: none"> • Criteria Shall not separate, melt or drop Shall not shrink more than 5% in length or width 	○

Figure 1. Results of heat resistance test for safety gloves (○: pass, ×: fail).

하였고 그 결과를 Figure 3에 나타내었다.

두 종류의 일반 안전장갑은 Figure 4에서 보는 바와 같이



General safety gloves 1



General safety gloves 2



Firefighting gloves

Figure 2. Conditions of safety gloves after heat resistance test.

Types of gloves	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> • Test method Burning for 12 s with a flame size of 38 mm 	×
		×
	<ul style="list-style-type: none"> • Criteria Afterflame time ≤ 2 s Char length ≤ 10 cm Shall not melt or drip 	○

Figure 3. Results of burning behavior test for safety gloves (○: pass, ×: fail).

Types of gloves	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> • Cut resistance test Applying a force of 82 N using a cutter 	×
	<ul style="list-style-type: none"> • Criteria Shall not cut at load of 82 N 	×
	<ul style="list-style-type: none"> • Puncture resistance test Applying a force of 60 N Using a perforator 	×
	<ul style="list-style-type: none"> • Criteria Shall not be punctured at load of 60 N 	○

Figure 5. Results of cut and puncture resistance test for safety gloves (○: pass, ×: fail).



General safety gloves 1



General safety gloves 2



Firefighting gloves

Figure 4. Conditions of safety gloves after burning behavior test.

손등 부분에서 심각하게 용융 및 적하가 일어나 부적합 판정을 받았다. 손등 부분에는 나일론과 폴리우레탄 등 불에 약한 재질이 상대적으로 많기 때문이다. 소방용 안전장갑은 용융 및 적하가 일어나지 않았으며 기준을 충족하였다.

4.3 절단 및 천공 방지성 시험

절단 방지성 시험은 장갑에 절단기로 82 N의 힘을 가해 절단 여부를 판정하는 시험이며, 천공 방지성 시험은 장갑에 천공장치로 60 N의 힘을 가해 뚫어지는지 여부를 판정하는 시험이다. 젖은 시료와 건조 시료 각각의 손등과 손바닥 부분에 대해서 시험을 하였고 그 결과를 Figure 5에 나타내었고 건조시료의 시험 결과 사진을 Figure 6에 나타내었다.

일반 안전장갑들의 손바닥은 절단되거나 뚫어지지 않았으나, 손등은 절단되었고 구멍도 뚫렸기 때문에 부적합 판

정을 받았다. 손등 부분의 나일론과 폴리우레탄 재질이 가죽에 비해 절단 및 천공에 대한 저항성이 약하기 때문이다. 소방용 안전장갑은 양쪽 모두 절단되거나 뚫어지지 않아서 적합 판정을 받았다.

4.4 유연성(손놀림) 시험

유연성 시험은 장갑을 끼고 작업했을 때의 소요시간을 맨손으로 작업했을 때의 소요시간과 비교하여 장갑의 작업 수월성을 판정하는 시험이다. 맨손 작업시간은 2 min 7 s가 걸렸다. 사슴가죽 장갑(노랑색)은 2 min 14 s (1.06배), 나일론 및 폴리우레탄 장갑(검정색)은 2 min 21 s (1.11배), 소방용 장갑은 2 min 45 s (1.30배) 걸렸다. 세 종류의 장갑 모두 맨손 작업 때보다 2배 이상의 시간이 걸리지 않았기 때문에 적합 판정을 받았다. 시험 결과를 Figure 7에 나타내었다.



Figure 6. Conditions of safety gloves after cut and puncture resistance test.

Types of gloves	KFI standard	Result
	• Test method Working with dexterity tester 	○
		○
		○
	• Criteria The time it takes to work with a glove should not be more than twice the amount of time it takes to work with a bare hand	

Figure 7. Results of dexterity test for safety gloves (○: pass, ×: fail).

Type of gloves	KFI standard	Result
	• Test method KS K 0590 	×
		×
		○
	• Criteria Level 3(80) or more before washing	

Figure 8. Results of water penetration resistance test for safety gloves (○: pass, ×: fail).



General safety gloves 1



General safety gloves 2



Firefighting gloves

Figure 9. Conditions of safety gloves after water penetration resistance test.

4.5 발수도 시험

발수도는 장갑 재료의 수분 흡수에 대한 저항성을 측정하는 시험이다. 시험 결과를 Figure 8에 나타내었고 시험 후의 사진을 Figure 9에 나타내었다. 두 종류의 일반 안전장갑은 수분 침투 정도가 기준을 초과하여 부적합 판정을 받았다. 특히 손등 부분의 나일론 재질에서 수분 침투가 더 잘 일어났다. 소방용 안전장갑은 적합 판정을 받았다.

4.6 열방호성능 시험

열방호성능 시험은 80 kW/m²의 불꽃 열원에 장갑을 노출시켜 온도가 24 °C 상승하는데 걸리는 시간(HTI₂₄)을 측정하는 시험이다. KS K ISO 9151⁽⁸⁾의 시험방법을 적용하였고 판

정기준은 ISO 16073을 적용하였다. 장갑의 손등과 손바닥 부분에 대해서 각각 시험을 하였고 그 결과를 Figure 10에 나타내었다.

사슴가죽 재질의 장갑은 손등의 HTI₂₄ 값이 10.1 s, 손바닥에 대해서는 27.7 s가 나왔다. 양쪽 면 모두 기준에 적합하였지만 보호성능에 차이가 많이 났다. 손바닥은 가죽 재질이지만 손등의 경우 중간에 나일론 재질이 존재하기 때문에 차이가 나는 것이다. 나일론과 폴리우레탄 재질의 장갑은 손등의 HTI₂₄ 값이 7.7 s, 손바닥에 대해서는 13.4 s가 나왔는데, 손등에 대한 결과 때문에 부적합 판정을 받았다. 소방용 장갑은 손등의 HTI₂₄ 값이 21.4 s, 손바닥에 대해서는 20.1 s가 나와서 적합 판정을 받았다.

Types of gloves	ISO 9151 standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> • Test method ISO 9151 Heat flux density 80 kW/m² 	○
		×
	<ul style="list-style-type: none"> • Criteria RHTI₂₄ ≥ 9 s 	○

Figure 10. Results of thermal protective performance test for safety gloves (○: pass, ×: fail).

Types of gloves	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> • Test method ISO 6942 Heat flux density 40 kW/m² 	○
		○
	<ul style="list-style-type: none"> • Criteria RHTI₂₄ ≥ 18 s 	○

Figure 11. Results of radiant heat resistance test for safety gloves (○: pass, ×: fail).

Table 6. Comparison of Main Characteristics of Forest Firefighting Crews and Firefighters

	Forest Firefighting Crews	Firefighters
Main Work	<ul style="list-style-type: none"> • Build a Fire Fighting Line • Mop-up and Patrol 	<ul style="list-style-type: none"> • General Fire and Building Fire Suppression • Disaster Site Life-saving
Transportation	• On Foot (Long Distance Walk)	• Move to Fire Scene by Fire Truck
Working Time	• Long Time (It Takes Days or Months)	• The fire is Suppressed Within One Day Unless it is a Particularly Large
Professionalism	<ul style="list-style-type: none"> • Contract Worker (Lack of Expertise) • Aging 	<ul style="list-style-type: none"> • Public Official • Expert Firefighters Trained
Requirements	<ul style="list-style-type: none"> • First: Lightweight, Comfort • Second: Thermal Protection Performance 	<ul style="list-style-type: none"> • First: Thermal Protection Performance • Second: Lightweight, Comfort

4.7 복사열성능 시험

복사열성능 시험은 40 kW/m²의 복사 열원에 장갑을 노출시켜 온도가 24 °C 상승하는데 걸리는 시간(RHTI₂₄)을 측정하는 시험으로 KS K ISO 6942⁹⁾의 시험방법을 적용하였다. 장갑의 손등과 손바닥 부분에 각각 시험을 하였고 그 결과를 Figure 11에 나타내었다.

사슴가죽 재질의 장갑은 손등의 RHTI₂₄ 값이 19.0 s, 손바닥이 39.9 s 나왔다. 열방호성능 시험과 마찬가지로 손바닥의 보호성능이 월등히 우수하였다. 나일론과 폴리우레탄 재질의 장갑은 RHTI₂₄ 값이 양쪽 모두 18.9 s로 기준을 통과하였다. 소방용 장갑은 손등의 RHTI₂₄ 값이 21.5 s, 손바닥이 22.7 s로 적합 판정을 받았다.

4.8 고찰

산불진화대원용 안전장갑에 대한 시험 항목은 앞서 12개로 정해졌다. 이어서 산불진화대원의 작업 환경과 안전에 대한 요구사항을 고려하여 12개 시험항목에 대한 판정 기준을 정하여야 한다. 일반적으로 일반 개인보호장비에 대한 기준보다 소방대원용 개인보호장비에 대한 기준이 더 엄격하다. 한국소방산업기술원에서는 소방대원용 개인보호장비에 대한 기준을 운용하고 있으나, 그 기준을 산불진

화대원용 개인보호장비에 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 소방대원과 산불진화대원의 업무 특성 및 환경에 차이가 있기 때문이다. Table 6에 산불진화대원과 소방대원의 업무특성을 비교하여 나타내었다.

산불진화대원은 산불에 맞서 직접 진화하기보다는 잔불 정리 및 뒷불 감시가 주요 임무이다. 산불은 그 특성상 진화작업이 장기화되는 경우가 많으며, 산불진화대원은 장거리를 도보로 이동해야하기 때문에 장비의 경량성과 쾌적성이 우선적으로 요구된다. 반면 소방대원은 화재 현장까지 소방차를 타고 이동하여 현장에서 직접 화재 진압을 해야하므로 장비의 열방호성능이 우선적으로 요구된다. 소방대원은 공무원으로서 훈련을 통해 숙달된 전문 화재진압 대원인에 비해 산불진화대원은 대부분 계약직이고 고령화로 인해 작업에 대한 전문성이 떨어지므로 장비의 경량성에 대한 요구는 더 크다.

산불진화대원들은 현재 일반용 개인보호장비를 사용하고 있다. 잔불 정리와 뒷불 감시가 주요 업무라 하더라도 산불 현장에선 항상 불의 위협에 노출되어 있기 때문에 일반용 개인보호장비로는 안전에 대한 요구 조건을 충족시킬 수 없다. 따라서 소방용 장비의 성능까지는 아니더라도 일반용 장비보다는 성능 수준이 높은 새로운 성능평가기준을

Table 7. Results of KFI Standard Test for Safety Gloves

Test Items (KFI)			
	General Safety Gloves		Firefighting Gloves
	Deer Leather, Nylon	Nylon, Polyurethane, PVC, Rubber	Aromatic Polyamide-Based Fibers
Heat Resistance	×	×	○
Burning Behaviour	×	×	○
Cut Resistance	×	×	○
Puncture Resistance	×	×	○
Dexterity	○	○	○
Water Penetration Resistance	×	×	○
Thermal Protective Performance (TPP)*	○	×	○
Radiant Heat Resistance	○	○	○

*Apply KS K ISO 9151 Test Method

찾고자 하였다.

2 종류의 일반용 안전장갑과 하나의 소방용 안전장갑에 대해 KFI 인정기준 및 KS K ISO 9151(열방호성능 시험)의 시험 방법에 따라 8개 항목의 시험을 수행한 결과를 Table 7에 나타내었다. Table 7에서 보는 바와 같이 사슴가죽 재질의 일반 안전장갑은 3개 항목에서 적합 판정을 받았고, 나일론과 폴리우레탄 재질의 일반 안전장갑은 2개 항목에서 적합 판정을 받은 반면, 소방용 안전장갑은 8개 시험항목에서 모두 적합 판정을 받았다.

가죽 재질의 장갑은 시험기준을 충족시켰으나 가죽에 일부 포함된 나일론이나 폴리우레탄 등의 재질로 인해 시험 기준을 충족시키지 못하는 경우가 대부분이었다. 따라서 산불진화대원용 안전장갑에 불에 약한 나일론이나 폴리우레탄 등의 재질을 적용하는 것은 바람직하지 않다. 방한족 폴리아미드계 섬유는 열방호성능이 우수하지만 무겁고 착용감과 쾌적성이 떨어지는 단점이 있다.

안전장갑에 대한 성능시험의 판정기준을 검토하기 위하여 앞에서 시험했던 항목들에 대해 KFI 기준과 외국의 기준들을 비교하여 Table 8에 나타내었다. ISO 16073과 NFPA 1977은 산불진화대원용 개인보호장비에 관한 기준이고 NFPA 1971과 BS EN 659 기준은 소방대원용 개인보호장비에 대한 기준이다. 열방호 성능과 열에 대한 내구성 관련 시험들은 소방대원과 산불진화대원의 작업환경이 다르기 때문에 판정기준에 차이가 있어야 한다. 따라서 판정기준에 차이가 있을 경우 ISO 16073과 NFPA 1977 기준을 우선적으로 수용하였다. 그러나 안전장갑의 기계적·물리적 내구성 관련 시험들은 소방대원과 산불진화대원 간의 판정기준에 크게 차이를 둘 필요가 없다.

Table 8을 참조하여 산불진화대원용 안전장갑의 성능평

가 판정기준을 선정하였다. 내열시험, 열방호성능 시험, 복사열성능 시험에 대해서는 산불진화대원의 작업환경에 더 잘 맞는 ISO 16073의 판정기준을 수용하였다. 방염성능, 천공방지성, 유연성 시험은 KFI와 ISO 16073의 판정기준이 같기 때문에 KFI 기준을 그대로 수용하였다. 절단방지성 시험의 경우 NFPA 1971과 NFPA 1977의 판정기준이 같았다. 즉 소방대원용 장비와 산불진화대원용 장비의 판정기준에 차이가 없다는 뜻이다. 절단방지성 시험에 대한 KFI의 판정기준은 BS EN 659 판정기준과 같았다. 따라서 KFI의 판정기준을 그대로 수용하였다. 발수도 시험은 천의 수분 흡수에 대한 저항성을 측정하는 시험으로 사용자의 쾌적성 유지를 위해서 필요한 성능이므로 비록 ISO 16073과 NFPA 1977에는 없는 시험항목이지만 KFI의 판정기준을 그대로 수용하였다.

5. 결 론

산불진화대원용 안전장갑에 대한 기준이 현재 국내에 없기 때문에 산불진화대원의 안전 확보와 작업능률 향상을 위해 산불 진화대원용 안전장갑에 대한 성능평가기준을 개발하였다. 한국소방산업기술원(KFI)에서 운용중인 「소방용 안전장갑의 KFI 인정기준」의 17개 시험항목을 기초로 하여 연구를 시작하였다. 그러나 산불진화대원과 소방대원은 주요 업무와 작업 환경이 많이 다르기 때문에 관계자(산불진화대원) 의견 수렴 및 외국 기준의 검토를 통하여 17개 시험항목 중 5개 시험항목을 제외하고 12개 시험항목을 선정하였다.

소방용 안전장갑에 대한 성능평가기준을 산불 진화대원용 안전장갑에 그대로 적용하기에는 요구 수준이 너무 높은 반면, 일반 안전장갑은 산불 진화용으로 사용하기에 품

Table 8. Comparison of Performance Test Criteria for Safety Gloves

Test Items	KFI	ISO 16073	NFPA 1977	NFPA 1971	BS EN 659
Heat Resistance	<ul style="list-style-type: none"> Exposure at 260 °C for 5 min Shall not Separate, melt or drop Shall not Shrink more than 5% in Length or Width 	<ul style="list-style-type: none"> Shall not Melt, Drop or Ignite at 180 °C for 5 min Shall not Shrink more than 5% in Length or Width 	<ul style="list-style-type: none"> Shall not Separate, Melt, Ignite or Drop from 260 °C Flame Shall not Shrink by more than 10% in Either Direction 	<ul style="list-style-type: none"> Exposure at 260 °C for 5 min Shall not Melt, Separate, or Ignite Shall not Shrink more than 8% in Length or Width 	<ul style="list-style-type: none"> The Lining Shall not Melt, Drop or Ignite at 180 °C for 5 min Shall not Shrink more than 5%
Burning Behaviour	<ul style="list-style-type: none"> Shall not have Any Char Length in Access of 100 mm Shall not have Any Afterflame of more than 2 s Shall not Melt, or Drip 	<ul style="list-style-type: none"> Shall not Exhibit Hole Formation in Any Layer Shall not Produce Flaming or Molten Debris Afterflame Time Shall be ≤ 2 s Any Afterglow Shall not Spread after the Cessation of Flaming 	<ul style="list-style-type: none"> Shall not have Any Char Length in Access of 100 mm Shall not have Any Afterflame of more than 2 s Shall not melt, or Drip Shall not have the Amount of Consumed Materials Exceed 5% 	<ul style="list-style-type: none"> Shall not have an Average Char Length of more than 100 mm Shall not have an Average Afterflame of more than 2 s Shall not melt, or Drip Shall not have the Amount of Consumed Materials Exceed 5% 	<ul style="list-style-type: none"> Afterflame Time Shall be ≤ 2 s and Afterglow Time Shall be ≤ 5 s Shall not Drip if the Material Melts The Seam Shall not come apart after an Ignition Time of 15 s
Cut Resistance	<ul style="list-style-type: none"> Shall not Cut at Load of 82 N 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 13997 Cut Force ≥ 7 N 	<ul style="list-style-type: none"> Shall have a Distance of Blade Travel of more than 20 mm Under a Load of 100 g 	<ul style="list-style-type: none"> Shall have a Distance of Blade Travel of more than 20 mm Under a Load of 100 g 	<ul style="list-style-type: none"> EN 388, level 2 (Index 2.5) Shall not Cut at Load of 82 N
Puncture Resistance	<ul style="list-style-type: none"> Shall not be Punctured at Load of 60 N 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 13996 Puncture Resistance ≥ 60 N 	<ul style="list-style-type: none"> Shall have a Puncture Force of not Less than 40 N 	<ul style="list-style-type: none"> Shall not be Punctured Under an Average Applied Force of 40 N 	<ul style="list-style-type: none"> EN 388, Level 3 Puncture Resistance ≥ 100 N
Dexterity	<ul style="list-style-type: none"> The Time it takes to Work with a Glove Should not be more than Twice the Amount of time it takes to work with a Bare Hand 	<ul style="list-style-type: none"> EN 420 Shall have a Performance Level of 2 or Better 	<ul style="list-style-type: none"> Shall have an Average % of Bare Handed Control not Exceeding 200% 	<ul style="list-style-type: none"> Shall have an Average % of Bare Handed Control not Exceeding 220% 	<ul style="list-style-type: none"> EN 420 Shall be at Least Performance Level 1
Water Penetration Resistance	<ul style="list-style-type: none"> KS K 0590 Level 3(80) or more before Washing 	-	-	<ul style="list-style-type: none"> Shall allow no Penetration of Test Liquids for at Least 1 hour 	<ul style="list-style-type: none"> For Leather: EN 344 For Textile: EN 20811
Thermal Protective Performance (TPP)	<ul style="list-style-type: none"> ASTM D 4108 TPP ≥ 26 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 9151 HTI24 ≥ 9 s 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 17492 TPP ≥ 20 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 17492 For Glove Body: TPP ≥ 35 For Glove Interface Component Composite: TPP ≥ 20 	<ul style="list-style-type: none"> EN 367 HTI24 ≥ 13 s
Radiant Heat Resistance	<ul style="list-style-type: none"> ISO 6942 Heat Flux Density 40 kW/m² RHTI24 ≥ 18 s 	<ul style="list-style-type: none"> ISO 6942 Heat Flux Density 20 kW/m² RHTI24 ≥ 8 s 	-	<ul style="list-style-type: none"> ASTM F 1939 Heat Flux Density 2 cal/cm² Shall have an Intersect time of not Less than 20 s 	<ul style="list-style-type: none"> EN ISO 6942 Heat Flux Density 40 kW/m² t24 ≥ 18 s

질이 부족하다. 따라서 소방용 안전장갑만큼의 성능은 아니지만 일반 안전장갑보다는 성능이 우수하고 산불 진화작업에 적합한 성능 수준을 찾기 위해 산불진화대원들이 사용하고 있는 2 종류의 일반 안전장갑과 하나의 소방대원용 장갑을 대상으로 KFI 기준을 적용하여 시험하고 그 결과를 비교하였다.

시험 결과 불에 약한 나일론이나 폴리우레탄 등의 재질

은 산불진화대원용 안전장갑에 적합하지 않음을 확인하였다. 그리고 판정 기준을 수립하는데 참고하기 위해 KFI 기준과 ISO 16073, NFPA 1977, NFPA 1971 및 BS EN 659의 판정기준을 비교하여 우리나라 산불진화대원들의 작업 환경에 적합한 판정기준들을 최종 선정하였다.

산불진화대원용 안전장갑에 대한 12개의 성능평가 시험 항목 및 판정기준을 Table 9에 나타내었다. 안전장갑의 구

Table 9. Test Items and Criteria for Performance Evaluation of Forest Firefighting Safety Gloves

Test Items	Test Methods	Criteria
1. Structure and Appearance	KS K ISO 15383	Shall Comply with Design Requirements
2. Heat Resistance	ISO 16073	<ul style="list-style-type: none"> • Shall not Melt, Drop or Ignite at 180 °C for 5 min • Shall not Shrink more than 5% in Length or Width
3. Burning Behaviour	KFI	<ul style="list-style-type: none"> • Shall not have Any Char Length in Access of 100 mm • Shall not have Any After Flame of more than 2 s • Shall not Melt, or Drip
4. Cut Resistance	KFI	• Shall not Cut at Load of 82 N
5. Puncture Resistance	KFI	• Shall not be Punctured at Load of 60 N
6. Dexterity	KFI	• The Time it Takes to Work with a Glove Should not be more than Twice the Amount of Time it Takes to Work with a Bare Hand
7. Corrosion Resistance	KFI	<ul style="list-style-type: none"> • KS D 9502 • Show no Corrosion • Shall not Peel Paint when Rubbed by Hand
8. Cleaning Shrinkage Resistance	KFI	<ul style="list-style-type: none"> • Shall not Shrink more than 5% after 5 Successive Washing and Drying • Shall not Peel or Destroy the Coating Material
9. Water Penetration Resistance	KFI	<ul style="list-style-type: none"> • KS K 0590 • Level 3(80) or more before Washing
10. Thermal Protective Performance (TPP)	ISO 16073	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 9151 • HTI24 \geq 9 s
11. Radiant Heat Resistance	ISO 16073	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 6942 • Heat Flux Density 20 kW/m² • RHTI24 \geq 8 s
12. Abrasion Resistance	KFI	• Shall not be destroyed when the Palm is Worn 2,000 Times

조는 화재진압용 안전장갑에 대한 기준인 KS K ISO 15383의 디자인 요구 성능을 그대로 적용하였다. 내열 시험, 열보호성능 시험, 복사열성능 시험은 ISO 16073 기준을 적용하였고 나머지 시험은 KFI 기준을 적용하였다.

References

1. Forest Service Instructions 1307, "Integrated Regulation of Forest Fire Management", Korea Forest Service (2016).
2. KFI Certification 168, "KFI Certification for Firefighting Safety Gloves", Korea Fire Institute (2014).
3. ISO 16073, "Wildland Firefighting Personal Protective Equipment - Requirements and Test Methods", International Standardization Organization (2011).
4. NFPA 1971, "Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting", National Fire Protection Association (2013).
5. NFPA 1977, "Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting", National Fire Protection Association (2016).
6. BS EN 659, "Protective Gloves for Firefighters", British Standards Institution (2003).
7. KS K ISO 15383, "Protective Gloves for Firefighting - Laboratory Test Methods and Performance Requirements", Korean Agency for Technology and Standards (2008).
8. KS K ISO 9151, "Protective Clothing against Heat and Flame - Determination of Heat Transmission on Exposure to Flame", Korean Agency for Technology and Standards (2007).
9. KS K ISO 6942, "Protective Clothing - Protection against Heat and Fire - Methods of Test: Evaluation of Materials and Material Assemblies When Exposed to a Source of Radiant Heat", Korean Agency for Technology and Standards (2011).