

Safety Evaluation Criteria of Safety Shoes for Forest Fire Safety

Sun Joo Lee^{1#}, Sung Yong Kim¹, Kyung Won Seo¹, Ye-Eun Lee¹, Seung Tae Hong², Chun Geun Kwon¹⁺

¹ Division of Forest Disaster Management, National Institute of Forest Science, 57 Hoegi-ro, Dongdaemun-gu, Seoul, Korea

² R&D Lab, Korea Fire Equipment Inspection Corporation, 331, Jisam-ro, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea

Abstract

This study aims to develop performance evaluation criteria for safety shoes to secure safety and improve work efficiency of forest firefighting crews. Currently there are no standards for safety shoes of forest firefighting crews in South Korea, this research was based on the criteria for safety shoes of firefighters operated by the Korea Fire Equipment Inspection Corporation (KFI). Ten items were selected and tested out of 20 test items through the collection of relevant opinions and review of foreign standards. The test results show that safety shoes and hiking boots had excellent thermal protection performance on the soles. Some of the included polyurethane and shambles fiber materials were found to be not heat resistant. By comparing the judging criteria of ISO 16073, NFPA 1977, NFPA 1971, and BS EN ISO 20345, ten test items and criteria were found suitable for the work environment of firefighting workers in South Korea. This research is expected to contribute to the prevention of human casualties and the improvement of work efficiency of forest firefighters by preparing standards for personal protective equipment.

Key words: forest fire safety, forest firefighting crews, safety shoes, performance evaluation criteria

1. 서론

1996년 4월 정부수립 이후 최대 규모의 강원 고성 산불발생으로 산림청에서는 산림보호와 산불의 예방 및 진화업무를 수행하는 산불 통제관을 신설하였다 (Lee, *et. al.*, 2012). 산불방지종합 대책수립을 통해 산 불진화대 조직이 처음 운용되어 잔불 정리 및 뒷불 감 시 등 현장에서 활발한 진화활동을 하고 있으나, 이에 수반한 안전사고가 끊임없이 발생하고 있다. 지난

2018년 2월에 발생한 강원 삼척 산불진화 현장에 투입 된 산불진화대원 중 13명 대원이 미끄러움 및 낙석에 의한 부상, 추락 등 안전사고가 발생함에 따라 산불진 화대원을 보호할 수 있는 규정 및 장비 등의 필요성이 대두되었다.

산불진화대원에게 안전장비를 최대한 지급해야한 다는 규정에 따라 각 자치단체에서는 산불진화안전장 비 13종을 지정하여 산불진화대원들에게 보급하고 있 다(KFS, 2012). 그러나, 본 안전수칙은 소방대원용 안

The 1st author: Sun Joo Lee, Tel. +82-2-961-2924, Fax. +82-2-961-2699, e-mail. lsj419@korea.kr

+ Corresponding author: Chun Geun Kwon, Tel. +82-2-961-2685, Fax. +82-2-961-2699, e-mail. chunggeun@korea.kr

전수적으로 소방대원과 산불진화대원의 업무 특성 및 환경에 차이가 있기때문에 그 기준을 산불진화대원용 개인보호장비에 그대로 적용하기에는 어려움이 있다 (Hong, *et. al.*, 2019). 개인보호장비는 업무 중에 발생할 수 있는 사고 및 위험 요소로부터 작업자의 생명을 지켜주고 부상을 방지해주는 중요한 장비로 개인보호 장비의 규정 및 품질은 관리되어야 한다. 그러나 산림청의 산불관리통합규정 안전수칙에서는 산불지역에서의 고립, 불에 의한 약해진 입목, 낙석, 항공기에 의한 돌발적 상황, 안전하지 못한 개인의 행동을 진화위험 요소로 명시되어있을 뿐(KFS, 2004), 실질적으로 산불진화대원을 보호할 수 있는 보호장비에 대한 기준이 현재 국내에서는 마련되어있지 않다.

국외에서는 산불진화대원들에게 적절한 개인보호 장비를 제공할 것을 규정하고 있으며, 상황에 맞는 기준들이 법적 요건으로 제정되어 있다. 스위스 EMPA 연구소에서는 방화성능, 개인보호장비 등에 관련된 연구들이 활발하게 진행 중에 있다. 미국 방화협회(NFPA)에서는 각 상황에 따라 산불진화대원이 겪게 되는 환경적 악영향에 대해 최소한의 보호수준을 설정하기 위해 NFPA 1971, NFPA 1975, NFPA 1976,

NFPA 1977 등 기준을 규정하고 있으며, ISO 2801, ISO 6492, ISO 9151 등 개인보호장비에 대한 규정 마련을 통해 안전보호에 대해 빠르게 대응하고 있다(Ftaiti, *et. al.*, 2001; Trovi & Hadjisophocleous, 1999; Willford, *et. al.*, 1999).

따라서 본 연구에서는 산불진화활동시 보행동작을 수행할 때 가장 영향을 받으며, 필수적으로 착용하는 보호구인 안전화에 대한 관계자 의견수렴, 국내외 기준 비교 분석, 성능 테스트를 통하여 산불진화대원의 인명피해 방지와 작업 효율 향상을 위한 새로운 성능 평가시험 기준을 수립하고자 하였다.

II. 재료 및 평가기준

1. 시험항목 선정

1) KFI 기준(소방용 안전화의 KFI 인정기준)

소방대원용과 산불진화대원의 업무 차이점들을 고려하여 시험항목들을 선정해야하며 성능에 대한 요구 수준에 차이를 두어야 한다(Kim, *et. al.*, 2018). 「소방용 안전화의 KFI 인정기준」 20개의 시험항목을 기본으로 수행하였으나, 관계자 의견 수렴 및 자료 검토를

Table 1. Test items first screened for safety shoes

KFI test items	Safety standards	Acceptance
1. Structure	More than 3.0 kg weight	○
2. Material I (Leather) (KS M 6882)	Tensile strength of 12 MPa or higher, elongation rate of 10% or higher	○
5. Wear intensity (KS K 0540)	• 4,000 wear should not be completely destroyed	○
8. Corrosion resistance (KS D 9502)	• 120 hours of exposure to 5 wt saline should not cause corrosion • If painted, do not push or fall when rubbed	○
9. Heat resisting	• After 30 minutes at 260°C, the underside of the ankle shall not be separated, molten or unloaded and there shall be no abnormality in the function of all ornaments.	○
11. Heat of internal conduction	• Place shoes on a 500°C iron plate and hold for 30 seconds. • The surface temperature of the inner window is not higher than 44°C.	○
12. Anti-cutability	• Do not cut to the lining when the test specimen is pulled horizontally at a speed of 50 cm/min against the blade.	○
13. Bottom hole	• The sole shall not penetrate the iron nail when a load of 1,120 N is applied to the specified nail.	○
17. Slide (SATRA TM 144)	• Coefficient of friction 0.36 or higher	○
19. Heat resistivity	• Do not deform or break the lining when it is kept at a temperature of 260°C for 5 minutes.	○
20. Protection of radiant heat performance (KS K ISO 6942)	• Radiated heat performance value (RHIT24) for 40 seconds or more when exposed to thermal flux density of 40 kW/m ²	○

통해 관계성이 낮은 시험항목들을 1차로 선별하였다. 선정된 시험항목에 대한 문제점 파악 및 판정기준을 선정하는데 참고하기 위해 성능테스트를 하였으며, 그 결과를 검토하여 판정기준을 정하였다. 이에 따라 안전화의 재료는 고무를 제외하고 가죽만 적용하였으며, 방염성능 시험 또한 고무 재료에 대한 시험이므로 제외하였다. 산불 진화환경에서 신발의 방수기능과 전기 절연 기능은 큰 관련이 없기 때문에 투습도, 방수성능 및 전기저항 시험을 제외하였으며, 열통과 시험은 복사열방호성능 시험과 중복되므로 제외하였다. 내압박성, 내충격성 및 박리저항 시험은 산불진화대원의 작업 환경을 고려하여 제외하였다(<Table 1>).

2) 국내외 기준 비교

안전화에 대한 시험항목을 선정하기 위해 2차로 외국의 기준에 있는 시험항목들을 검토하였다. ISO 16073와 NFPA 1977은 산불과 관련된 개인보호장비에 대한 기준이며, NFPA 1971와 BS EN ISO 20345(Personal Protective Equipment - Safety Footwear)은 건축물 화재와 관련된 개인보호장비에 대한 기준이다(Hong, et. al., 2019). 1차로 걸러진 시험항목들과 외국기준들의 시험항목을 비교한 결과, 나머지 항목들은 모두 최소한 하나의 외국 기준에서 적용하고 있었으나, KFI의 열저항 시험만 다른 외국 기준에서 적용하고 있지 않았다.

Table 2. Comparison of domestic and foreign safety standards

KFI Test Items	NFPA 1977 (ISO 16073)	NFPA 1971	BS EN ISO 20345
1. Structure	○	○	○
2. Material	-	-	○
3. Intensity	○	○	○
4. Corrosion resistance	○	○	○
5. Heat	○	○	
6. Conductive heat	○	○	○
7. Amputation prevention	○	○	
8. Bottom hole	○	○	○
9. Skid resistance	○	○	
10. Thermal resistivity	-	-	-
11. Radiant heat protection performance	-	○	-

따라서 1개를 제외한 10개 시험항목을 안전화에 대한 시험항목으로 최종적으로 선정하였다(<Table 2>).

2. 시험 방법

현재 규격화된 산불진화대원용 안전화가 없기 때문에 산불진화대원들이 일반 등산화를 신고 작업하기도 한다. 따라서 일반 등산화와 안전화를 한 개씩 선정하여 KFI 인정기준에 따라 시험하여 그 성능을 비교하였다. 안전화에 대한 10가지 시험항목 중 구조, 재료, 마모강도, 내식성 및 미끄럼저항을 제외하고 5가지 시험을 수행하였다. 안전화의 주재료를 가죽으로 제한하였고 ISO 16073과 NFPA 1977에는 재료에 대한 인장강도 시험이 없기 때문에 재료 시험은 KFI 기준을 그대로 적용하였다. 마모강도 시험은 ISO 16073과 NFPA 1977에서 공동으로 적용하고 있는 시험방법 (ASTM D 1603)을 선정하였기 때문에 시험을 생략하였다. 내식성 시험은 금속 재질이 있는 경우에만 적용하는 시험이므로 생략하였다. 그리고 미끄럼 시험에 대한 판정기준은 KFI와 다른 외국 기준들이 동일하기 때문에 KFI 기준을 그대로 적용하였다.

3. 연구재료

시험에 사용된 두 종류의 안전화에 대한 특성을 <Table 3>에 나타내었다. 일반 안전화는 소가죽(폴리우레탄 및 고무)로 구성된 제품이며, 등산화는 합성섬유와 합성가죽으로 구성된 제품이다. 무게는 안전화가 등산화에 비해 약 1.5배 정도 무거웠다.

Table 3. Safety shoes used for testing

Type		
Material	Cowhide, Polyurethane, Rubber	Synthetic textiles, Composition leather
Weight	1087g	711g
Usage	Safety shoes	Hiking boots

III. 결과

1. 판정시험 결과

1) 내열 시험

내열 시험은 260°C 오븐에서 신발을 5분간 유지한 후 외부 층에 열변형이 생기는지 판정하는 시험이다. 두 종류의 신발은 <Figure 1>에서 보는 바와 폴리우레탄과 합성섬유에서 용융 및 적하가 생겨서 부적합 판정을 받았다.

2) 내전도열 시험

내전도열 시험은 500°C의 철판 위에 신발을 30초간 놓고 안창으로의 열전달 저항성을 판정하는 시험이다. 두 종류의 신발 모두 안창 표면온도가 44°C 이하로 나와 적합 판정을 받았다. 특히, 일반 등산화의 밑창도

내전도열 성능이 우수함을 확인하였다(<Figure 2>).

3) 절단 방지성 시험

절단 방지성 시험은 갑피 절단 시험기로 신발을 절단하여 신발의 절단 저항성을 판정하는 시험이다. 두 종류의 신발 모두 안감까지 절단되지 않아 적합 판정을 받았다(<Figure 3>).

4) 내바닥 구멍 시험

내바닥 구멍 시험은 못으로 밑창에 1,120N의 하중을 가해 관통되는지 여부를 판정하는 시험이다. 일반 안전화는 못이 관통되지 않아서 적합 판정을 받은 반면, 등산화는 못에 뚫려 부적합 판정을 받았다(<Figure 4>). 못이 관통되지 못한 이유는 안전화의 안창 아래에 ‘내답판’ 깔려있기 때문이다. 내답판이란 안전화의




Type of safety shoes	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> Test method - exposure at 260°C for 30 min 	×
	<ul style="list-style-type: none"> Criteria - Shall not separate, melt or unload - Shall not abnormality in the function of all ornaments. 	×

Figure 1. Condition of safety shoes after heat resistance test

Type of safety shoes	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> Test method - Exposure at 500°C for 30 min 	○
	<ul style="list-style-type: none"> Criteria - The surface temperature of the semelle is not more than 44°C 	○

Figure 2. Results of internal heat test on safety shoes




Type of safety shoes	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> Test method - Upper cut-off tester 	○
	<ul style="list-style-type: none"> Criteria - Shall not cutting to lining. 	○

Figure 3. Results of anti-cut test on shoes


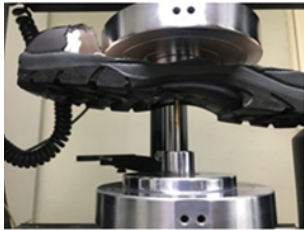

Type of safety shoes	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> Test method - Apply a 1,120N load vertically to the nail outer 	○
	<ul style="list-style-type: none"> Criteria - Shall not penetration 	×

Figure 4. Results of bottom bole test on shoes

앞 밑창과 안창사이에 위치하여 외부의 날카로운 물체로부터의 찢림 위험을 방지하기 위한 얇은 금속으로 산불진화활동시 안전성에 기여하는 것으로 판단된다.

5) 복사열성능 시험

복사열성능 시험은 신발의 복사열에 대한 저항성을 판정하는 시험이다. 시료는 신발의 앞부리, 혀 및 옆면을 절개하여 사용하였다. 40kW/m²의 열유속밀도를 시료에 노출시켜 시료 안쪽 면의 온도가 24℃ 올라가는데 걸리는 시간을 측정하였다. 이 시험 결과를 <Figure 5>에 나타내었다. 일반 안전화는 옆면에 대한 RHTI24 값이 40초를 초과하였고 앞부리와 혀는 40초

미만으로 나왔다. 등산화는 옆면과 혀는 40초를 초과하였고 앞부리 면은 40초 미만으로 나왔다. 두 종류의 신발 모두 용융 및 적하가 생겨서 부적합 판정을 받았다. 가죽 부분은 열보호 성능이 우수하였지만 폴리우레탄과 합성섬유는 열에 취약함을 보여주었다. 또한, 등산화의 경우 앞부리에 통기 구멍이 있어서 열보호 기능이 상당히 낮게 나타났다.

2. 안전화 성능평가 판정기준 결과

산불진화대원의 작업환경과 안전 요구사항을 고려하여 10개 시험항목에 대한 판정기준을 조절하였다. 안전화에 대한 성능시험의 판정기준을 검토하기 위해 앞에서 시험했던 항목들에 대해 KFI 기준과 외국의 기준들을 비교하여 <Table 4>에 나타내었다. 내열시험과 내바닥구멍 시험은 산불진화대원의 작업환경에 더 잘 맞는 NFPA 1977(ISO 16073)의 판정기준을 수용하였다. 내전도열 시험은 KFI와 NFPA 1977(ISO 16073) 기준이 같으므로 KFI 기준을 그대로 수용하였다. 절단방지성 시험의 판정기준은 각 기준마다 차이가 있었지만 안전장갑의 경우와 마찬가지로 KFI 기준을 수용하였다. 복사열 성능 시험은 ISO 6942를 적용하고 있는 KFI 기준을 수용하였다. 안전화의 구조는

Type of safety shoes	KFI standard	Result
	<ul style="list-style-type: none"> Test method - Exposure at 500°C for 30 min 	×
	<ul style="list-style-type: none"> Criteria - PHTI₂₄ more than 40 seconds 	×

Figure 5. Results of radiant heat performance test on shoes

Table 4. Comparison of performance test criteria for safety shoes

Test item	KFI	NFPA 1977 (ISO 16073)	NFPA 1971	BS EN ISO 20345
Internal heat test	<ul style="list-style-type: none"> Do not separate, melt, or sink after 30 minutes at 260°C Make sure that all decorations are functionally sound 	<ul style="list-style-type: none"> Maintain in a 60°C oven for 5 minutes, remove and do not melt All hardware features must be maintained (except shoe straps) 	<ul style="list-style-type: none"> Do not separate, melt or ignite after 5 minutes in 260°C oven All functions must be maintained 	
Heat resistance test	<ul style="list-style-type: none"> The surface temperature of the inner shall not exceed 44°C for 30 seconds at 500°C 	<ul style="list-style-type: none"> The surface temperature of the inner shall not exceed 44°C for 30 seconds at 500°C. 	<ul style="list-style-type: none"> The surface temperature of the inner shall not exceed 44°C for 20 minutes at 260°C 	<ul style="list-style-type: none"> The temperature increase on the upper side of the insoles at 500°C shall not exceed 22°C
Anti-cut test	<ul style="list-style-type: none"> Do not cut to the lining 	<ul style="list-style-type: none"> The distance of the blade at a load of 450g is not less than 20 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> The distance of the blade at a load of 450 g is not less than 20 mm 	
Bottom bole test	<ul style="list-style-type: none"> Under a constant load of 1,120 N, the sole shall not penetrate the iron nail 	<ul style="list-style-type: none"> Should not penetrate a load less than 59 N 	<ul style="list-style-type: none"> Should not penetrate a load less than 60 N 	<ul style="list-style-type: none"> Should not penetrate a load less than 1,100 N
Radiant heat performance test	<ul style="list-style-type: none"> ISO 6942 Heat flow density 40kW/m² RHTI24 40seconds or more 		<ul style="list-style-type: none"> The temperature of the skin contact surface shall not exceed 44°C upon exposure to a heat source of 1.0W/cm² for 30 seconds. 	

Table 5. Performance evaluation criteria for safety shoes of forest firefighting crews

Test item	Test method	Safety standards
1. Structure	-	· The structure of leather safety shoes in the Ministry of Employment and Labor's safety certification notice for protective gear
2. Material	KFI	· Tensile strength of 12MPa or higher, elongation rate of 10% or higher
3. Intensity	NFPA 1977 (ISO 16073)	· The relative volume reduction of the soles and heel composite is not more than 250mm ³
4. Corrosion resistance	KFI	· 120 hours of exposure to 5wt saline should not cause corrosion · If painted, do not push or fall when rubbed
5. Heat	NFPA 1977 (ISO 16073)	· Maintain in an oven of 260°C for 5minutes, remove, and do not · All hardware features must be maintained (except shoe straps)
6. Conductive heat	KFI	· The surface temperature of the inner shall not exceed 44°C for 30 seconds at 500°C.
7. Amputation prevention	KFI	· Do not cut to the lining when the test specimen is pulled horizontally at a speed of 50cm/min against the blade.
8. Bottom hole	NFPA 1977 (ISO 16073)	· Perforation resistance not less than 59N
9. Skid resistance	KFI	· Coefficient of friction 0.36 or higher
10. Radiant heat protection performance	KFI	· Radiant thermal performance value (RHTI24) for 40 seconds or more when exposed to thermal flux density with coefficient of 0.36 or higher

고용노동부의 보호구 안전인증 고시에서 규정하고 있는 가죽제 안전화에 대한 기준을 적용하였다. ISO 16073, NFPA 1977, NFPA 1971, BS EN ISO 20345의 판정기준을 비교하여 우리나라 산불진화대원들의 작업환경에 적합한 10개의 시험항목과 판정기준을 최종 선정하였다(<Table 5>).

IV. 결론

산불진화대원의 안전확보와 작업능력 향상을 위해 안전화에 대한 성능평가 기준을 개발하였다. 산불진화대원용 안전화에 대한 기준은 현재 국내에 마련되어 있지 않기 때문에 한국소방산업기술원(KFI)에서 운용중인 소방대원용 안전화에 대한 기준을 기초로 수행하였다. 시험 결과에 의하면, 일반 안전화는 3개 항목에서 적합 판정을 받았고, 등산화는 2개 항목에서 적합 판정을 받았다. 안전화와 등산화 모두 밑창의 열 보호 성능은 우수하였으나, 날카로운 물체에 의한 찔림을 방지하기 위해서는 안전화에 사용된 내답판이 필요하였다. 안전화 재질인 가죽은 시험기준을 충족시켰으나 일부 포함된 폴리우레탄과 합성섬유 등의 재질로 인해 시험 기준을 충족시키지 못하였다. 이에

따라 산불진화대원 안전을 위해서는 안전화에 불에 약한 폴리우레탄과 합성섬유 등의 재질을 적용하는 것은 바람직하지 않다. 산불진화대원의 작업환경과 안전 요구사항을 고려하여 10개 시험항목에 대한 판정기준을 조절하였으며, 시험했던 항목들에 대해 KFI 기준과 외국의 기준들을 비교하여 최종적으로 국내 산불진화대원 현장맞춤 안전화 기준에 대해 정립하였다. 본 연구결과는 개인보호장비에 대한 표준규격 및 기준을 마련함으로써 산불진화대원의 인명피해 방지와 작업 효율 향상에 기여할 것으로 기대된다. 한편, 인체를 고려하지 않은 보호장비는 에너지소모율을 증가시켜 작업 시 빨리 피로하게 된다는 기존 연구(Bang, 2010)로 보아 산불진화대원 안전화 기준정립뿐만 아니라 산불진화대원작업 환경을 고려한 착용감과 무게 등 고성능·경량화에 대한 추가 기준마련 연구가 필요할 것으로 판단된다.

References

- Bang, C. H. 2010. A Study on Wearing Practice of Personal Protective Equipment for Firefighter: Focusing on Gyeongnam Province. *Korean Society of Hazard Mitigation*. 10(6): 65-71.

- British Standards Institution. 2004. Personal Protective Equipment: Safety Footwear. BS EN ISO 20345.
- Ftaiti, F., J. C. Dufflot, C. Nicol, and L. Grelot. 2001. Tympanic Temperature and Heart Rate Changes in Fire Fighters during Treadmill Runs Performed with Different Fireproof Jackets. *Ergonomics*. 44(5): 502-512.
- Hong, S. T., J. H. Jeong, S. Y. Kim, and C. G. Kwon. 2019. Performance Evaluation Criteria for Safety Helmets of Forest Firefighting Crews. *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*. 33(5): 66-77.
- International Standardization Organization. 2011. Wildland Firefighting Personal Protective Equipment-requirements and Test Methods. ISO 16073.
- Kim, H. H., S. Y. Lee, J. H. Jeong, C. G. Kwon, H. Y. Ahn, and S. T. Hong, 2018. A Study on Performance Evaluation Criteria for Safty Gloves for Forest Firefighting Crews. *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*. 32(6): 74-83.
- Korea Forest Service(KFS). 2004. Guideline for the Extinguishing of Forest Fire Fighters.
- Korea Forest Service(KFS). 2012. Code for Duplication of Fire Extinguisher Prsonnel.
- Lee, S. Y., H. Y. Yun, J. K. Sung, and H. S. Park. 2012. An Analysis and Study on the Change of Forest Fire Technique in Korea. *Korean Society of Hazard Mitigation*. 12(2): 121-129.
- National Fire Protection Association. 2013. Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting. NFPA 1971.
- National Fire Protection Association. 2016. Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting. NFPA 1977.
- Torvi, D. A. and G. V. Hadjisophocleous. 1999. Research in Protective Clothing for Firefighter: State of the Art and Future Direction. *Fire Technology*. 35(2): 111-130.
- Willford, H., W. Duey, M. Olson, R. Howard, and N. Wang. 1999. Relationship between Fire Fighting Suppression Tasks and Physical Fitness. *Ergonomics*. 42(9): 1179-1186.
- Korean References Translated from the English*
- 김해형, 이선영, 정재한, 권춘근, 안희영, 홍승태. 2018. 산불진화대원용 안전장갑에 대한 성능평가 기준 연구. *한국화재소방학회지*. 32(6): 74-83.
- 방창훈. 2010. 소방공무원의 보호장비 착용실태에 관한 연구: 경남지역을 중심으로. *한국방재학회지*. 10(6): 65-71.
- 산림청. 2004. 산불진화대원 진화지침.
- 산림청. 2009. 산불진화대원 복제지침.
- 이시영, 윤화영, 성준경, 박홍성. 2012. 우리나라 주요 산불방지 기술 변화 분석. *한국방재학회지*. 12(2): 121-129.
- 한국소방산업기술원. 2014. 소방용 안전화의 KFI 인정기준.
- 홍승태, 정재한, 김성용, 권춘근. 2019. 산불진화대원용 안전헬멧에 대한 성능평가 기준 연구. *한국화재소방학회지*. 33(5): 66-77.

Received: Aug. 25, 2020 / Revised: Oct. 27, 2020 / Accepted: Oct. 27, 2020

산불안전확보를 위한 안전화 성능평가 기준제시에 관한 연구

국문초록 산불진화대원의 인명피해 방지와 작업효율 향상을 위해 안전화에 대한 새로운 성능평가 기준을 수립하고자 하였다. 산불진화대원용 안전화에 대한 기준은 현재 국내에 없기 때문에 한국소방산업기술원(KFI)에서 운용중인 소방대원용 안전화에 대한 기준을 기초로 하여 연구를 시작하였다. 관계자 의견수렴 및 외국기준의 검토를 통해 20개 시험항목 중 10개 시험항목을 제외한 10개 시험항목을 선정하여 시험을 실시하였다. 시험결과 일반안전화와 등산화 모두 밀창의 열보호 성능은 우수하였으나, 일부 포함된 폴리우레탄과 합성섬유 등의 재질은 열에 취약함을 확인하였다. ISO 16073, NFPA 1977, NFPA 1971, BS EN ISO 20345의 판정기준을 비교하여 우리나라 산불진화대원들의 작업환경에 적합한 10개의 시험항목과 판정기준을 최종 선정하였다. 본 연구는 개인보호장비에 대한 표준규격 및 기준을 마련함으로써 산불진화대원의 인명피해 방지와 작업 효율 향상에 기여할 것으로 기대된다.

주제어 : 산불안전, 산불진화대원, 안전화, 안전성능평가기준

Profiles **Sun Joo Lee** : She received her master's Agriculture from Kongju National University in February 2018 with her master's paper title "Development of Growth and Diameter Distribution Models for *Larix leptolepis* Stands in South Korea". She is currently working for Forest Disaster Management Division of the National institute of Forest Science as a researcher (lsj419@korea.kr).

Sung Yong Kim : He received his Ph.D. in Agriculture from Kongju National University in August 2015 with his Ph.D. paper titled "A Study on the Analysis of Fuel Characteristics for Forest Fire Hazard Assessment". He is currently working for Forest Disaster Management Division of the National institute of Forest Science as a junior researcher. His current research interest includes forest fire prediction and forest fire fuel model and fire danger assessment(kitaco1@korea.kr).

Kyung Won Seo : He received his Ph.D. in Agriculture from Korea National University in August 2015 with his Ph.D. paper titled "Estimation of Soil Carbon Storage by Urban Green Spaces". He is currently working for Forest Disaster Management Division of the National institute of Forest Science as a junior researcher. His current research interest includes forest management and forest fire fuel model(lorangetree@korea.kr).

Ye-Eun Lee : She received her master's degree in Agriculture from Seoul National University in February 2019 with her master's paper titled "An Experimental Study on the Effect of Slope on the Combustion of *Pinus Koraiensis* leaves". She is currently working for Forest Disaster Management Division of the National institute of Forest Science as a junior researcher(dldpms109@korea.kr).

Seung Tae Hong : He received his Ph.D. in engineering from Sogang University in February 1999 with his Ph.D. paper titled "Study on the active structure of the hydrode-sulfurization NiMo- γ -Al₂O₃ catalyst" He is Currently working for Korea Fire Equipment Inspection Corporation(blue5to7@kfi.or.kr).

Chun Geun Kwon : He received his Ph.D. in engineering from Kangwon National University in august 2014 with his Ph.D. paper titled "A Study on the Estimations of Forest Surface Fuel Moisture Content Change on Affecting Forest Fires- Focus on the Gangwondo Yeongdong area" He is Currently working for Forest Disaster Management Division of the National Institute of Forest Science as a junior researcher(chungeun@korea.kr).