

## Development and Performance Evaluation of Environmentally Safe Foam Agents for Wildfire

Sung Yong Kim<sup>1#</sup>, Hee Young Ahn<sup>1</sup>, Won Ho Cho<sup>2</sup>, Jae Seong Lee<sup>2</sup>, Chun Guen Kwon<sup>1</sup>, Byung Doo Lee<sup>1+</sup>

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

<sup>2</sup> Sooa R&D Center, 519 HANSIN S-MECA, 65, Techno 3-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea

### Abstract

This study aims at developing environmentally friendly foaming agents with high fire-fighting performance by using natural surfactant compositions, and evaluating its basic property, environmental friendliness and extinguishing performance. The basic property test was carried out on the newly-developed agent in accordance with standards outlined by the Ministry of Public Safety and Security in Korea. As for environmental friendliness, the toxicity tests were conducted with water fleas and earthworms. An independently developed device testing wildfire suppression performance was used to assess extinguishing capability. The results showed the foaming agent met all required properties in both experiments before and after the property change. In the toxicity test on water fleas, immobilization occurred with 48.854mg/l foaming agent, but in the test on earthworms, even the 1,000mg/kg foaming agent did not cause any fatal effect. Its extinguishing performance was found to be 1.6 times greater than water.

**Key words:** wildfire, foam agent, environment- friendly, firefighting

### 1. 서론

최근 기후변화에 의한 지구온난화로 전 세계적으로 산불의 발생환경이 변화하고, 빈번한 대형산불로 인명 및 재산적 피해가 증가하고 있다. 국내에서도 대형산불이 발생할 수 있는 환경이 조성되면서 언제든지 재난성 산불로 인해 국민의 생명과 재산에 피해가 증대되고 있다. 실제로 2013년 3월 9일 전국적으로 32건의 산불이 동시다발적으로 발생하여 포항 도심지역에서 사망 1명, 부상

29명, 가옥 111채가 전소되었다(Ryu, *et. al.*, 2014).

산림청에서는 헬기가 산불 현장에 30분 내 도착하는 골든타임제를 실시하고 있다. 그러나 진화헬기 가용능력 범위 이상의 동시다발성 산불이 발생할 경우 초기 진화에 어려움을 겪을 가능성이 있다. 또한 가뭄에 의해 진화용수가 부족한 상황이 빈번하여 이에 대한 예방적 차원에서의 대책이 필요하다. 따라서 물만을 이용한 공중진화로 동시다발 산불을 효과적으로 대처하기에는 한계가 있으므로 성능이 좋은 소화약제의 사용으로 공중진화

<sup>#</sup> The 1st author: Sung Yong Kim, Tel. +82-2-961-2686, Fax, +82-2-961-2699, e-mail, kitaco1@korea.kr

<sup>+</sup> Corresponding author: Byung Doo Lee, Tel. +82-2-961-2696, Fax, +82-2-961-2699, e-mail, byungdoo@korea.kr

효과를 극대화하여야 한다(Kim, *et. al.*, 2007).

과거에는 소화약제는 잔류성유기오염물질에 대한 규제가 없어 PFOS(Perfluorooctanoic Sulfonate)를 5% 이상 함유하는 제품이 유통되었다(Kim, *et. al.*, 2010). 그러나 2009년 5월 제네바에서 개최한 스톡홀름협약 총회에서 PFOS의 사용을 금지하는 데 합의하면서 더 이상 잔류성유기오염물질을 사용할 수가 없게 되었다. 이에 따라 국내 소방분야의 경우 잔류성유기오염물질을 포함하지 않은 포 소화약제가 개발되었으며, 이에 따른 약제 승인 기준도 마련되었다(Ministry of Public Safety and Security, 2016). 그러나 자연생태계의 영향을 판단할 수 있는 독성에 대한 기준이 없어 제품의 친환경성을 판단하기에는 무리가 있다.

산불이 발생하였을 때 포 소화약제를 사용하기 위해서는 약제 살포 후 친환경성이 보장되어야 한다. 특히 산림은 수자원의 최상류에 위치하고 있기 때문에 생태계 내 포 소화약제가 대량으로 사용될 경우 화학물질 조성에 따라 동식물에 대한 피해와 지하수 오염 등의 2차 피해, 잔류성 물질에 의한 인간의 3차 피해를 양산할 수 있는 위험성이 존재한다. 따라서 미국 USDA 산하 산림청에서는 2007년부터 포 소화약제에 의한 산림의 피해를 최소화하기 위해 형식승인 기준을 마련하여 이 기준을 통과한 제품만을 사용할 수 있도록 규제하고 있다(USDA, 2007). 승인 기준은 기초물성, 친환경성, 소화성능 등 총 21개 항목으로 구성되어 있으며, 약제 관리, 유통에 관한 권고사항까지 포함하고 있다. 이러한 노력들은 미국 내 친환경성이 보장된 산불진화 포 소화약제가 유통될 수 있는 환경을 조성하였을 뿐 아니라, 관련 산업의 발전을 가져왔다.

그러나 국내 소방분야의 경우 산불진화용 포 소화약제 개발이 제한적으로 이루어졌고, 산불진화용 약제의 형식 승인 기준이 마련되어 있지 않은 실정이다.

본 연구에서는 산불진화용으로 사용 가능한 환경친화적이고, 소화성능이 우수한 포 소화약제를 개발하는 것을 목표로 하였다. 또한, 개발된 포 소화약제의 친환경성 분석 및 소화성능을 측정하고, 기존에 국내 및 해

외에서 유통되고 있는 약제와의 성능 비교를 통해 적용성을 파악하고자 하였다.

## II. 산불진화용 친환경 포 소화약제의 개발

### 1. 포 소화약제의 정의

산불진화 시 사용되는 포 소화약제는 산소와의 접촉을 차단시키는 주원료에 계면활성제, 포 안정제 및 기타 약제를 물과 일정한 농도로 혼합하고, 공기 또는 불활성 기체를 자연적, 기계적으로 혼입시킴으로써 발생되는 거품을 소화에 사용하는 제제이다(Henry, 2004).

### 2. 기포제

기존 제품에서의 기포제는 Sodium laurylsulfonate, Cocoabetaine 등 화학조성물을 이용하였으나, 본 연구에서는 유동성이 좋고, 소화속도가 빠르며, 빙점을 낮추어 추운 날씨에도 기포 생산을 가능하게 해주는 아자유에서 추출한 천연계면활성제를 주원료로 사용하였다. 최종 교반은 아자유에서 추출한 천연계면활성제 95%와 에틸렌옥사이드 및 소듐라이릴설페이드를 포함하는 미량성분 5%로 하여 제조하였다.

### 3. 연화제 및 산소차단제

계면활성제에 의해 기초물성이 변화하는 것을 최소화하기 위하여 제 2인산나트륨을 연화제로 사용하였다. 그러나 연화제만을 사용하게 되면 산불의 질식 효과가 떨어질 수 있기 때문에 제 1인산암모늄보다 저렴하고, 친환경성이 보장된 황산암모늄을 배반하여 화염의 질식효과를 보일 수 있도록 하였다.

### 4. 동결 방지제

산불진화용 포 소화약제는 겨울철에도 활용이 가능하여야 하므로 동결을 방지할 수 있어야 한다. 따라서 본 연구에서는 독성이 강한 에틸렌글리콜, 글리세린을 대신하여 생분해성, 금속부식성이 보장된 프로필렌글리콜을 사용하였다. 또한, pH를 조절, 화염차단 효과와

더불어 별도의 어는점을 낮출 수 있는 제 3인산나트륨을 포 소화약제에 첨가하였다.

5. 최종 교반

포 소화약제는 기포제, 연화제 및 산소차단제, 동결방지제를 각기 제조하였으며, 최종적으로 <Table 1>과 같은 기포제 70~80%, 연화제 및 산소차단제 15~20%, 동결방지제 1~5%의 비율로 교반하여 산불진화용 친환경 포 소화약제를 완성하였다(<Table 1>).

6. 개발 소화약제의 기초물성 평가

포 소화약제에 대한 기초물성 실험은 국민안전처 고시 제 2015-68호에 근거하여 비중, 수소이온온도(pH), 점도, 유동점, 표면장력, 포수용액 침전량, 인화점, 발포배율, 25% 환원시간 등을 측정하였다. 실험 방법은 제조된 포 소화약제를 65°C에서 216시간 보존한 후 실

온으로 냉각시키고, 다시 -18°C에서 24시간 보존하여 실온으로 상승시킨 후, 기초 물성을 평가하였다. 실험 결과에 의하면, 포 소화약제의 기초물성은 변질 전(온도변화 노출 전)이나 변질 후(온도변화 노출 후) 모두 포 소화약제로서 요구되는 물성을 모두 만족하는 것으로 나타났다. 발포배율은 1%를 기준으로 수행했을 시 변질 전 2.59배, 후 2.25배 수치를 나타내었다. 소방분야에서는 소화약제를 물에 3%로 혼용하여 사용하기 때문에 물성 측정 시 3%의 기준으로 평가를 진행하고 있으며, 발포배율의 기준을 6.00배 이상으로 제시하고 있다. 그러나 산불진화용 소화약제가 친환경성 문제로 인해 포 소화약제를 1% 내외로 적게 사용하므로 발포배율에 대한 실험 진행 방법은 1%를 기준으로 수행하였다. 이에 따라 상대적인 발포배율 비교는 본 연구에서는 수행하기 어려웠다(<Table 2>).

Table 1. Chemical substance ratio for development of eco foam concentrate

Components	Material types	Mixing ratio(%)	Mixing ratio of foam concentrate(%)
Foaming agent	Natural Surfactants (Palm Extract)	95,0	75,0~79,0
	Ethylene Oxide	2,5	
	Sodium Lauryl Sulfate	2,5	
	Total	100,0	
Softening agent and H <sup>2</sup> blocker	Sodium Phosphate Dibasic Anhydrous	56,0	15,0~20,0
	Ammonium Sulfate	44,0	
	Total	100,0	
Antifreezing admixture	Propylene Glycol	50,0	1,0~5,0
	Sodium Phosphate Tribasic Anhydrous	50,0	
	Total	100,0	

Table 2. Properties of developed foam concentrate

Components	MPSS Approval criteria	Before aging	After aging	Success or failure	
Specific gravity	0.90 ~ 1.20	1.06	1.06	○	
pH	6.50 ~ 8.50	8.37	8.03	○	
Viscosity	Under 200.0 cst	189.9 cst	136.0 cst	○	
Pour point	-10.5 °C	-11.5 °C	-10.5 °C	○	
Surface tension	-	25.5	24.5	-	
Precipitation amount	Under 0.2 vol %	Under 0.05 vol %	Under 0.05 vol %	○	
Flash point	More than 60 °C	More than 80 °C	More than 80 °C	○	
Foaming test	Foaming magnitude	3% Standard, 6.00 times	1% Standard, 2.59 times	1% Standard, 2.25 times	-
	25 % Restoration time	More than 1minute	More than 2minute	More than 2minute	○

\* Note : MPSS is Ministry of Public Safety and Security

### III. 개발 소화약제의 친환경성 검증

현재 국내 포 소화약제는 친환경 요소에 대한 규제가 마련되어 있지 않아 국민안전처 권한으로 화재진압성능을 만족하면 형식승인 검정을 부여하고 있다(Kim, et. al., 2010). 따라서 국민안전처에서 형식승인을 받은 제품이라도 산불 진화를 위해 사용하는 것은 환경적 부분에 문제의 소지가 있다. 이에 본 연구에서는 개발된 포 소화약제의 친환경성을 검증하고자 물벼룩 독성, 지렁이 독성 실험을 진행하여 검증하였다.

#### 1. 물벼룩 독성 실험방법 및 결과

본 실험에서는 물벼룩(*Daphnia magna*)이 포 소화약제에 48시간 노출되었을 시 유영 저해를 유발하는 정도를 관찰하였다. 시험물질은 유효성분 기준으로 10, 16, 26, 41, 66, 100mg/L로 조제하여 실험을 진행하였다. 각 비커에 100mL씩 혼합액을 담은 후 5마리의 물벼룩을 약제 수용액에 노출하였으며, 각 농도별로 4개의 반복구를 처리하여 시험농도당 20마리의 물벼룩을 노출하였다. 시험조건은 배양과 동일한 조건으로 실시하였으며, 시험용액을 교환하지 않는 지수식 방식으로 수행하였다. 노출기간 동안 먹이를 공급하지 않았고, 유해저해의 판단은 48시간 후 용기를 살며시 흔들고 약 15초 후에 관찰하여 촉각, 후복부 등은 움직이나 유영하지 못할 경우 저해로 판단하였다. 양성대조 물질로는 생태적 영향의 표준물질로 활용되는 Potassium dichromate를 이용하였다. 급성독성 시험은 OECD 시험지침 202에 준하여 시행하였으며, 반수영향 농도(EC<sub>50</sub>)의 산출은 미국 EPA에서 제공하는 Probit analysis program을 이용하여 산출하였다(Lee, 2013). 본 실험 결과에 의하

면, 48시간 경과 시 10 및 16mg/L 처리군에서 유영저해가 관찰되지 않았다. 그러나 26, 41, 66 및 100mg/L 처리군에서는 각 15%, 30%, 65%, 100%의 유영저해가 발생하였다. 즉, 48.854mg/L가 반수유영저해 농도로 분석되어 표준물질(Potassium dichromate)의 1.198mg/L에 비해 약 40.7배 가량 차이가 있었다(〈Table 3〉). 기존 국내에서는 건물화재에 활용되는 친환경 고발포 소화약제를 개발한 바 있고, 친환경성을 검증하기 위해 어독성, 물벼룩 독성 실험 등을 진행한 사례가 있다. 이 연구에서는 어독성의 경우 약 64mg/L의 농도에서 어류가 살아남았으나, 물벼룩은 모두 치사가 발생했다고 보고한 바 있다(Kim, et. al., 2010).

#### 2. 지렁이 독성 실험방법 및 결과

지렁이 독성 실험은 토양 1kg에 포 소화약제를 1, 10, 100, 500, 1,000mg을 살포한 후, 지렁이(*Eisenia foetida*)를 14일간 사육하여 치사 여부를 관찰하였다. 생체중 300mg에서 600mg의 지렁이를 사용하였으며, 시험개체수는 농도당 40마리(10마리, 4반복)로 하였다(OECD, 1984). 노출환경은 온도 18~22°C, 습도 30~40%, 조도 400~800Lux, 광조건 24시간으로 유지하여 실험을 진행하였다. 양성대조 물질로는 생태적 영향의 표준물질로 활용되는 2-Chloroacetamid를 이용하였고, 지렁이 체중, 토양의 pH, 수분변화를 별도로 체크하였다(Moon, 2012). 본 실험 결과에 의하면, 지렁이의 체중은 음성대조군에서 실험시작 전 평균 (0.498 ± 0.055)g (n=40), 실험종료 후 평균 (0.448 ± 0.055)g (n=40)이었고, 약제 처리군에서는 실험시작 전 평균 (0.496 ± 0.054)g (n=40), 실험종료 후 평균 (0.458 ± 0.060)g (n=40)이었다. 실험기간 중 지렁이의 체중 변화는 음성대조군에

Table 3. EC<sub>50</sub> values of *Daphnia magna* test

Substance	EC <sub>50</sub> (mg/L) <sup>1)</sup>	
	24h	48h
Foam Concentrate	75.397 (62,167-100,084)	48,954 (41,807-57,546)
Potassium dichromate <sup>2)</sup>	1,605 (1,280-2,064)	1,198 (0,957-1,511)

\* Note : 1) 95% confidence interval  
2) KTR study number : TGW-0413-15

Table 4. Change of *Eisenia foetida* body weight and soil characteristics

Components	Negative control		Foam Concentrate	
	0 day	14 day	0 day	14 day
Concentration (mg/kg, dry weight)	–	–	1,000	1,000
<i>Eisenia foetida</i> Body weight (g)	0.498 ± 0.055	0.448 ± 0.055	0.496 ± 0.054	0.458 ± 0.060
Soil pH	5.97	6.07	6.10	5.98
Soil water contents (%)	38.1	41.4	35.0	36.0

Table 5. Lethal concentration 50% values

Substance	LC50 (mg./kg, dry weight)	
	7days	14days
Foam Concentrate	>1,000	>1,000
2- Chloroacetamid	29.61 (26.31–32.87)	23.49 (21.18–26.07)

서 평균 10.0% 감소하였고, 약제 처리군에서는 평균 7.7% 감소하였다. 인공토양의 pH는 음성대조군에서 실험시작 전 5.97, 실험종료 후 6.07이었고, 약제 처리군에서는 실험시작 전 평균 6.10, 실험종료 후 평균 5.98이었다. 수분함량은 음성대조군에서 실험시작 전 38.1%, 실험종료 후 41.4 %이었고, 약제 처리군에서는 실험시작 전 35.0% 실험종료 후 36.0%이었다(〈Table 4〉).

포 소화약제의 지령이 급성독성 실험을 지수식으로 실시한 결과, 7일 및 14일 -LC50은 1,000mg/kg 이상으로 나타나 실험 기관 중 결과에 영향을 미칠 수 있는 요

인은 전혀 발생하지 않는 것으로 나타났다(〈Table 5〉).

#### IV. 개발 소화약제의 소화성능 검증

##### 1. 소화성능 시험 방법

본 실험에서는 산불진화용 소화약제 성능을 파악하기 위해 〈Figure 1〉과 같이 표준장치를 개발하였다. 산불진화용 포 소화약제는 헬기에서 분사됨을 감안하여 고발포 장치를 사용하지 않고 스프링클러 이용해 저발포 형식으로 약제를 분사하도록 설계하였다. 스프링클

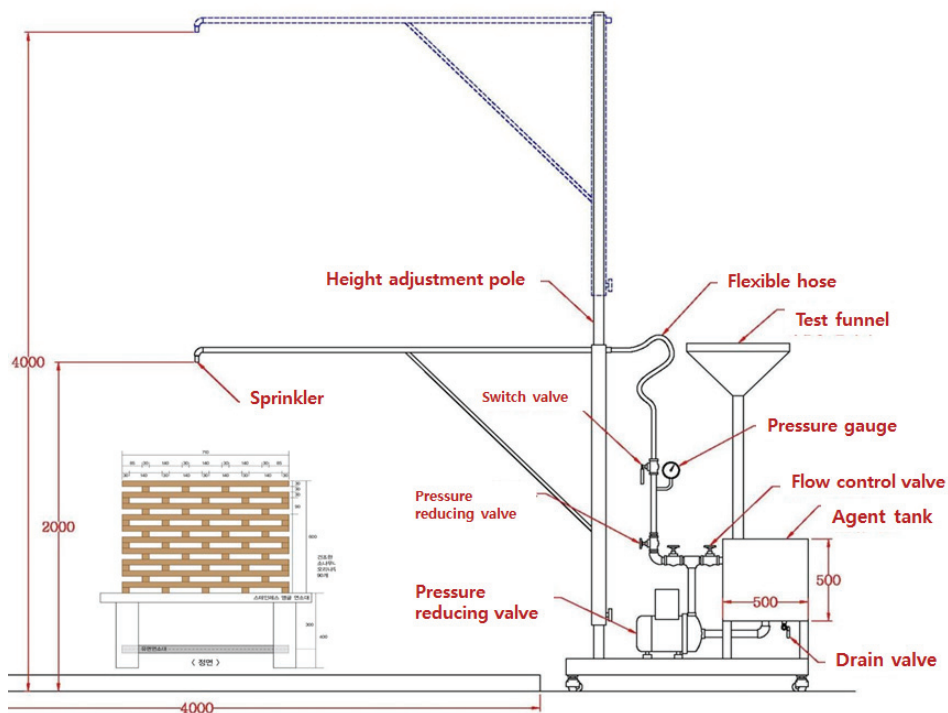


Figure 1. Wildfire suppression test on unit

Table 6. Wildfire suppression performance of foam agent

Components	No. of test	Time required for fire suppression (sec)	Standard deviations (sec)	Relationship between Foam performance and Water performance
Water	5	69.93	± 3.22	1.00
Developed foam (Korea)	5	38.51	± 4.52	1.82
E foam (korea)	5	45.62	± 6.11	1.80
K foam (Korea)	5	38.88	± 5.35	1.64
M foam (Japan)	5	38.21	± 6.37	1.83
P Foam (USA)	5	30.51	± 3.62	2.29

러와 목재부의 떨어진 거리는 살수 반경에 모두 포함할 수 있게 지면부에서 2m 높이로 설계하였다. 스프링클러 형태는 균일한 분사가 가능하도록 스파이럴 형태를 채택하였으며, 분당 20l가 살수될 수 있도록 하였다.

목재 규격은 소화능력단위 시험장치 사양에 맞게 자체적으로 설계하였다. 설계 기준은 건조한 소나무(71cm×3cm×3cm, 기성목재)를 이용하여 총 20단(90개)을 엇갈리게 쌓아 올리는 형태로 하였다. 각 약제의 희석농도는 1%를 기준으로 하였으며, 강화액은 원액을 사용하였다. 포 소화약제는 진화약제 혼합탱크에 넣은 후 물을 희석하여 분사되도록 설계하였다. 연소대에 경유 1l를 붓고 불을 붙인 후 3분 뒤 스프링클러 헤드로부터 분당 20l가 살수되도록 분사한 뒤 목재단의 화염이 제거되거나 목재단의 전체온도가 300°C 이하가 될 때 진화완료로 보고 살수를 중지하였다. 풍속조건은 무풍상태(0.5m/s 이하)에서 진행하였으며, 목재 진화가 완료된 후 2분 이내에 재발화가 진행되는지 여부를 확인하였다. 소화성능은 물로 진화하는데 걸리는 소요시간을 1로 가정하여 산출하였다.

## 2. 소화성능 실험 결과

대조구 물의 경우 목재단의 전체온도를 300°C 이하로 낮추는데 약 70초의 시간이 소요되는 것으로 나타났으나, 실험에 사용된 모든 소화약제는 30~45초 사이에 목재단의 온도가 300°C 이하로 낮아졌다(〈Table 6〉). 또한, 본 연구에서 개발된 포 소화약제는 기존 제품과 유사한 수준의 소화성능을 보이는 것으로 분석되었다.

이를 물 소화시간 대비로 환산한 결과, 본 연구에서 개발된 제품은 물에 비해 1.82배 소화시간이 빠른 것으로 분석되었고, 국내 E사는 1.80배, 국내 K사 1.64배, 일본 M사 1.83배, 미국 P사 2.29배로 분석되었다. 유사한 성능실험 설계를 통해 제시된 기존 연구의 결과에서는 물에 비해 소화약제의 성능이 약 1.98배 빠르다는 연구 결과로 본 연구 결과와 유사한 수치를 나타내었다.

## V. 결론 및 제언

산불진화용 친환경 포 소화약제 개발 및 성능평가 연구 결과 다음의 결론을 도출하였다. 산불진화용 친환경 포 소화약제는 기포제 70~80%, 연화제 및 산소차단제 15~20%, 동결방지제 1~5%의 비율로 교반하여 개발하였다. 개발된 소화약제는 기초물성에서 변질 전, 후 모두 소화약제로서 요구되는 물성을 모두 만족하였다. 친환경성 검증에서는 물벼룩 독성의 경우 반수유영저해 농도가 48.854mg/l로 나타났으며, 지렁이 독성의 경우 약제 1,000mg을 토양 1kg에 투여하여도 치사되는 지렁이가 없었다. 포 소화약제의 진화 성능을 분석한 결과에서는 모든 약제에서 물에 비해 약 1.6배 이상 성능이 우수한 것으로 나타났다. 본 연구에서는 산림 생태계의 피해를 최소화 하면서 진화효과를 극대화할 수 있는 약제를 개발하였다. 개발된 소화약제를 실제 산불진화 현장에 활용하기 위해서는 현장 적용성 실험, 경제성 분석 등이 추가적으로 수행되어야 한다. 추후 포 소화약제가 산불 현장에 적극 활용된다면, 친환

경성이 보장되면서 공중진화 효과를 극대화 할 수 있고, 또한 동시다발성 산불을 효율적으로 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- Henry, P. 2004. Tank Fires-Review of Fire Incidents 1951-2003. *BRANDFORSK Project 513-021*. Sp Swidish National Testing and Research Institute.
- Kim, Jeong Hoon, Jeong Youn Lee, Hung Kim, Eung Sik Kim, Myung Bo Lee, Dong Hyun Kim, and Ki Chang Jung. 2007. The Development of an Environmental-Friendly Foam Extinguisher Using a Natural Surfactant. *Journal of Korean Institute of Fire Science and Engineering*. 21(1): 69-73.
- Kim, Ha Young, Joon Suk Nam, and Dong Ho Rie. 2010. Analysis of Performance and Development of Environment-friendly High Expansion Foam Concentrate. *Journal of The Korean Society of Safety*. 25(4): 25-29.
- Lee, Jae Hyun, Mi Sun Kim, Jae Goo Cho, and Kyun Kim. 2013. Acute Toxicity Test of Various Material Using Korean Fresh Water Shrimp, *Neocardina Denticulata*. The Korean Society of Environmental Agriculture. *Proceedings of KSEA Meeting*. 274.
- Moon, Yun Young. 2012. Toxicity Test and Risk Assessment of Contaminated Soils with Different Petroeum Using *Eidenia Fetida*. Master's thesis. Pusan National University.
- Ministry of Public Safety and Security. 2016. <http://www.mpss.go.kr/>.
- OECD. 1984. Earthworm, Acute Toxicity Tests. *OECD Guideline for Testing Chaemacals* 207.
- Ryu, Gye Sun, Byung Doo Lee, Myung Soo Won, and Kyung Ha Kim. 2014. Development of Crown Fire Propagation Probability Equation Using Logistic Regression Model. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*. 17(1): 1-12.
- USDA. 2007. Specification for Fire Suppressant Foam for Wildland Firefighting(Class A Foam). *Specification 5100-307a*.
- Korean References Translated from the English*
- 국민안전처. 2016. <http://www.mpss.go.kr/>
- 김정훈, 이정윤, 김홍, 김웅식, 이명보, 김동현, 정기창. 2007. 천연계면활성제를 이용한 친환경적 포소화약제 개발. *한국화재소방학회지*. 21(1): 69-73.
- 김하영, 남준석, 이동호. 2010. 친환경 고발포 소화약제 개발 및 성능 분석 연구. *한국안전학회지*. 25(4): 25-29.
- 류계선, 이병두, 원명수, 김경하. 2014. 로지스틱 회귀모형을 이용한 수관화확산확률식의 개발. *한국지리정보학회지*. 17(1): 1-12.
- 문윤영. 2012. 지렁이를 이용한 여러 가지 유류오염토양의 독성 및 위해성 평가. 부산대학교 대학원 석사학위 논문.
- 이재현, 김미선, 조재구, 김균. 2013. 국내담수새우인 새뱅이를 이용한 다양한 물질에 대한 급성독성 평가. *한국환경농학회 학술발표논문집*. 274.

Received: Oct. 12, 2016 / Revised: Nov. 14, 2016 / Accepted: Nov. 22, 2016

## 산불진화용 친환경 포 소화약제 개발 및 성능 평가

국문초록 본 연구에서는 천연계면활성제 조성물 등을 이용하여 환경친화적이고, 소화성능이 우수한 포 소화약제를 개발하고, 기초물성, 친환경성, 소화성능 평가를 실시하였다. 개발된 소화약제는 국민안전처 기준에 따라 기초물성을 실험하고, 물벼룩과 지렁이 독성으로 친환경성을 평가하였다. 소화성능 실험은 자체적으로 개발한 산불진화용 성능시험기를 이용해 실시하였다. 그 결과, 기초물성의 경우 변질 전, 후 실험에서 모두 포 소화약제로서 요구되는 물성을 모두 만족하였다. 물벼룩 독성 실험에서는 포 소화약제 48.854mg/L 이하에서 반수유영저해 현상이 발생하지 않았고, 지렁이 독성의 실험에서는 포 소화약제 1,000mg/kg 조건에서도 치사에 영향을 미치는 요인이 발생하지 않아 두 실험 모두 친환경성 기준에 만족하였다. 소화성능 실험은 물에 비해 1.6배 이상 성능이 우수한 것으로 나타났다.

주제어 : 산불, 포 소화약제, 친환경성, 산불진화

- 
- Profiles
- 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 researcher. His current research interest includes forest fire prediction and forest fire fuel model and fire danger assessment(kitaco1@korea.kr).
- Hee Young Ahn** : She received her master's degree in arts from Korea University in february 2016 with her master's paper titled "Location of Royal Tombs of the Joseon Dynasty and its Ecological Interpretation". She is currently working for Forest Disaster Management Division of the National Institute of Forest Science as a researcher. Her current research interest includes development of forest fire suppression techniques. In particular, she is now focusing on upgrading fire occurrence location map, fire danger map, and fire vulnerability map through GIS analysis on fire data(ahnhy@korea.kr).
- Won Ho Cho** : He majored in chemical engineering at Yonsei University and worked for Hanwha and Samyang Chemical R&D centers to develop military explosives and study various explosive devices over the past three decades. He is currently working for development of extinguishing bomb using explosive power at Sooa R&D center(cwh@sooa.com).
- Jae Seong Lee** : He majored in bio-industrial mechanical engineering at Chungnam National University and worked for VSI R&D center to conduct researches on CNT-based ionizer, GM Tube and technology on atomic energy. He is currently working for development of extinguishing bomb using explosive power at Sooa R&D center(ljs@sooa.com).
- Chun Guen 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. He has conducted various research projects on forest fire and building on it, published many academic papers. His current research interest includes forest fire prediction and fuel moisture contents, and suppression techniques(chungeun@korea.kr).
- Byung Doo Lee** : He received his Ph.D. in agriculture from Seoul National University in august 2005 with his Ph.D. paper titled "Analysis of Behavior Characteristics of the 2000 Samcheok Forest Fire Using GIS/RS and Development of a Forest Fire Growth Prediction Model". He is currently working for Forest Disaster Management Division of the National Institute of Forest Science as a senior researcher. He has conducted various research projects on forest fire and building on it, published many academic papers. His current research interest includes forest fire prediction and suppression techniques and forest danger assessment(byungdoo@korea.kr).