

포소화약제의 어류급성독성 시험을 통한 환경독성 검증

이정운 · 강영진* · 김홍***

주식회사 글로텍 연구소 · *호서대학교 산학협력단 · **호서대학교 환경안전기술융합 대학원
(2014. 8. 28. 접수 / 2015. 7. 7. 수정 / 2015. 7. 17. 채택)

The Verify of Environmental Toxicity of Foam Extinguishing Agents by Fish-Acute Toxicity Test

Jungyun Lee · YoungJin Kang* · Hong Kim***

RnD Center of Glotech Co., Ltd.

*Industry-Academic Cooperation Foundation, Hoseo University

**Department of Convergence Technology for Safety and Environment, Hoseo University

(Received August 28, 2014 / Revised July 7, 2015 / Accepted July 17, 2015)

Abstract : There are various studies on the fire suppression process but the study on second pollution from fire products is not enough yet. Therefore, in this study verify that environmentally-friendly properties(LC₅₀) of foam extinguishing agent with increases its amount used through with Fish-Acute Toxicity Test using a fish named *Misgurnus anguillicaudatus* that is appointed by OECD Test Guideline. In conclusion, proven that environmentally friendly properties of the agent of hoseo university through 16 times of LC₅₀ than that of market.

Key Words : foam extinguishing agent, fish-acute toxicity, environment influence assessing, lethal concentration 50

1. 서론

화재의 발생은 해마다 증가하고 있으며 발생시 전파 및 열전달에 의해 그 피해와 규모가 증가하고 있다. 화재의 발생으로 인한 인적-물적 피해액은 화재발생 건수에 비해 매우 크다¹⁾.

화재진압에 사용하는 소화약제는 그 종류가 매우 다양하며 사용 용도에 따라 수계 소화약제와 가스계 소화약제로 분류된다. 화재의 효과적 소화활동을 위해 소화설비를 설치하여 사용하나 소화설비에는 주로 물과 포소화약제를 이용하거나 가스계 소화약제를 사용한 질식 효과를 이용하여 화재를 진압한다. 특히, 포소화약제는 물을 사용하는 소화약제로 효과가 미미하거나 화재가 확대될 위험성이 있는 화재에 사용하는 설비에 활용된다.

포 소화약제는 일정한 비율로 물과 혼합하여 기포의 집합체가 연소물의 표면에 점착하여 질식소화를 돕고 기포에 함유된 수분에 의해 냉각소화 효과까지 볼 수 있는 장점이 있다²⁾.

하지만 화재진압시 사용한 포소화약제는 개별적으로 처리되지 못하고 하수도나 하천 등의 수계를 통하여 방류되게 된다. 이는 화재진압에는 성공적으로 사용되었으나 2차적인 오염에 대해서는 생각하지 못하고 있다. 포는 일반적으로 화학약품의 혼합물들이며 포를 생성하는 세제는 야자유, 팜유, 미강유를 활용하여 생산되고 있는 친환경 세제를 활용하여 생산하고 있다.

본 연구는 지금까지 연구의 진행이 미흡한 포소화약제의 어독성에 관련된 어류급성독성시험을 목적으로 화재진압에 사용된 소화약제의 하천 및 하수도의 방류로 인해 생기는 오염을 미리 예측하고 판단하기 위해 시중에서 판매, 사용되고 있는 포소화약제를 대상으로 어류급성독성 시험을 실시하였다.

2. 실험

2.1. 실험 약제

본 연구에서 사용할 포소화약제는 총 5가지로 A, B,

* Corresponding Author : Hong Kim , Tel : +82-41-540-5721, E-mail : kimhong@hoseo.edu

Department of Convergence Technology for Safety and Environment, Hoseo University, 20, Hoseo-ro 79 beon-gil, Baebang-eup, Asan-si, Chungcheongnam-do 31499, Korea

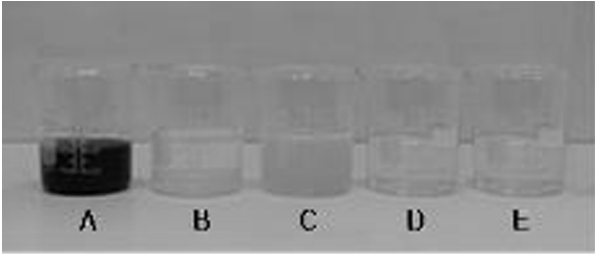


Fig. 1. Foam extinguishing agents used in this study.

C는 현재 판매, 사용되고 있는 약제를 선택하였으며 D, E는 호서대가 개발한 약제를 사용하였다. D의 약제는 물과 Sodium phosphate의 혼합물이며, E의 약제의 경우 물과 Sodium phosphate, Urea, Citric acid의 혼합물이다 이는 포 효과를 내기 위해 코코넛오일로 생산된 친환경세제와 혼합하여 사용하였다. 본 실험에 사용된 포소화약제는 액체상태의 약제이며 물과 혼합하여 사용하는 약제이다.

현재, 사용되고 있는 약제인 A의 약제의 경우 고동색의 암모니아향이며, B의 약제의 경우 흰색이며 무취이다. 또한 C의 약제의 경우 노란색과 암모니아 향을 지니고 있으나 00대에서 개발한 약제의 경우 A, B, C의 약제와 달리 무색, 무취이다.

2.1. 시험 준비

포소화약제의 경우 원액을 물에 3% 희석시켜 사용하는 것을 기준으로 하여 이를 시험에 각 % 별로 희석액을 사용하였다. 시험어종으로는 OECD(Organization for Economic Cooperation and Development) Test Guidelines에서 정의 하는 잉어(Cyprinus carpio), 송어(Oncorhynchus masou), 송사리(Oryzias latipes), 미꾸리(Misgurnus anguillicaudatus) 중 국내에 고루 분포하고 있는 미꾸리(Misgurnus anguillicaudatus)를 사용하였다³⁾. 이는 한국화학시험연구원에서 제시하는 생태영향 시험분야 - 어류급성독성 시험 규격에 의거하여 환경영향을 실험하였으며, 시험에 사용한 미꾸리는 이하 공시어라 명한다.

2.2. 어류의 순화

시험 전 12일 이상 실험실의 환경에 공시어인 미꾸리를 12~16시간 조명과 21~24℃의 온도를 유지해주었다⁴⁾. 또한 용존산소량(Dissolved Oxygen)과 pH, 생물학적 산소요구량(Biochemical Oxygen Demand)는 Table 1.의 하천수질환경기준에 기인하여 공시어인 미꾸리가 생존에 필요한 3등급수에 맞추었다⁵⁻⁷⁾.

이는 미꾸리가 생존하는데 가장 낮은 급수의 수질이

Table 1. Standard of water quality of river

class	Standard			
	pH	BOD (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	DO (mg/ℓ)
I	6.5~8.5	1under	25under	7.Sover
II	6.5~8.5	3under	25under	5over
III	6.5~8.5	6under	25under	5over
IV	6.0~8.5	8under	100under	2over
V	6.0~8.5	10under	No waste	2over

*Environment white paper, 2004

며 1등급수와 2등급수에서는 생존율이 높다고 판단하여 공시어 생존에 가장 낮은 등급수를 선택하였으며 하천 등 수계에서의 평균적 수질등급이 3등급이므로 이를 어류 순화에 사용하였다.

시험개시 24시간 전까지 일일 1회의 먹이를 주었다. 순화과정 중 7일안에 치사율이 10%이상이면 사용군의 전부를 폐기하였으며 5~10%이면 다시 7일간 사육을 한 후 판정하였다. 이는 공시어가 시험에 사용될 물이 3등급수의 생존에 필요한 상태가 아니라고 판단하여 사육기간을 연장하여 순화과정을 거치게 하였으며, 치사율이 5% 이하이면 시험에 사용하였으며 외관상 상처가 없는 공시어만 사용하였다⁸⁾. Fig. 2는 공시어의 순화과정이며, Fig. 3은 순화과정을 거친 후 시험에 사용된 길이 2.0cm ~ 3.0cm의 공시어이다.

2.4. 시험방법

어류를 일정조건하에서 시험물질에 처리한 후 96시간 동안 관찰하여 처리한 어류의 50%가 치사하는 농도(96시간, LC₅₀)를 구하는 것으로써 이때 시험물질의 적절한 농도범위를 알기 위해 예비시험을 실시하고 그 결과를 기초로 하여 본 시험 실시하였다^{9,10)}. 시험환경은 공시어 무게와 시험수의 비율은 최대투여량(Maximum loading)



Fig. 2. The experiment uses for fishes.



Fig. 3. The experiment uses for fishes.

이 1.0g/ℓ를 넘지 않도록 하였으며 치사의 판정은 건드려도 움직임이 없거나 아가미 호흡이 중단된 경우 사망으로 판정하였다.

2.4.1 예비시험

실험물질의 농도는 0.1, 1, 10, 100mg/ℓ의 4단계로 처리하고, 48시간동안 농도당 5마리를 처리하여 실험에 사용하였으며 시험기간 동안에는 먹이를 투여하지 않았다. 또한, 지수식 실험(Static test)방법을 사용하여 시험기간 동안 실험용액을 교환하지 않은 상태에서 시험을 실시하였으며 예비실험을 실시하는 도중 실험환경의 변화가 없도록 하였으며 대조군을 두어 실험환경에 따른 치사어의 유무 또한 측정하였다.

2.4.2. 본시험

예비시험을 기초로 하여 100%영향농도와 무영향 농도 사이에 적어도 5개 이상 부분의 농도를 대수등간격으로 정하는 데 공비는 2가 넘지 않는 범위에서 실시하였다. 만일 100mg/ℓ에서 50%이하의 영향이 관찰되는 경우에는 대조군과 100mg/ℓ 농도에서 시험하여 영향이 50%이하이면 LC₅₀값을 100mg/ℓ 이상으로 하였다¹¹⁾.



Fig. 4. The concentration of each placemen.



Fig. 5. The characteristics of fishes died publicly conducted experiments.

한 농도당 7마리 이상을 처리하였으며 독성시험기간 동안 24시간마다 대조군, 최저농도, 최고농도에서 수온, pH, 용존산소량을 측정하여 일정하게 유지해 주었다. 96시간동안 매일 관찰하여 치사어와 독성증상을 기록하고, 치사어는 기록 후 곧바로 제거하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1. 실험결과

예비실험과 본시험을 총 6회 실시하여 다음과 같은 결과를 도출해 내었다. 본 실험에 있어 대조군의 모든 공시어는 생존하였으며, 이는 공시어의 생존상태가 시

Table 2. Test result of Fish-Acute Toxic

A		B		C		D		E	
mg/ℓ	arrival	mg/ℓ	arrival	mg/ℓ	arrival	mg/ℓ	arrival	mg/ℓ	arrival
0.70	7	0.50	7	0.64	7	10.80	7	10.80	7
	0		7		7		7		
	0		0		0		0		3
	0		0		0		0		3
0.66	7	0.44	7	0.59	7	10.60	7	10.60	7
	7		7		7		7		
	0		0		0		0		5
	0		0		0		0		5
0.57	7	0.39	7	0.54	7	10.20	7	10.20	7
	7		7		7		7		
	6		2		7		0		7
	6		1		7		0		5
0.48	7	0.34	7	0.50	7	9.80	7	9.80	7
	7		7		7		7		
	7		7		7		7		
	6		7		7		7		7
0.39	7	0.30	7	0.30	7	9.50	7	9.50	7
	7		7		7		7		
	7		7		7		7		
	7		7		7		7		

험에 사용되는데 적합하다는 것을 의미한다. 따라서 본 연구의 결과는 공시어(미꾸리)에 의한 변수는 없는 것으로 사료된다.

사망으로 판정된 공시어의 경우 A의 약제는 아가미와 내장기관이 파열됨을 볼 수 있었으며 B의 약제의 경우 아가미 부위에 수포가 생겼으며, C의 약제의 경우 환경오염의 판단기준으로 인용되고 있는 공시어의 척추부분이 힘을 발견 할 수 있었다. D의 약제의 경우 일반적인 공시어의 분비물이 점액이 다량 발견되었으며 E의 약제의 경우 치사어의 별다른 특징은 발견되지 않았다.

Table 2는 어류 급성독성시험을 결과로써 D, E의 약제는 0.2mg/ℓ 차이를 주었을 때 치사어 수의 변동이 있었으며 A, B, C사의 약제의 경우 0.04mg/ℓ~0.09mg/ℓ의 차이를 주었을 때 치사어 수가 증가하였다. 이는 미량의 포소화약제에도 치사율이 높아질 수 있다고 사료되며 A, B, C사의 약제의 경우 공시어의 외형적 변화를 발견하였고 D, E의 약제의 경우 외형적 변화는 발견되지 않았다. 현재 판매, 사용되는 약제의 경우 환경에 대한 오염정도가 A, B의 약제에 비해 독성이 강하다고 사료된다.

3.2. 분석

본 연구에서 판매, 사용되고 있는 포소화약제 3종류와 00대에서 개발한 2종의 약제의 LC₅₀값과 실험에 사용된 공시어중 치사어의 외형을 관찰하였다.

Table 3은 Table 2의 결과로 96시간동안의 LC₅₀값을 도출 할 수 있었다. 이를 비교하여 분석한 결과 A, B, C사의 약제가 00대가 개발한 약제에 비해 약 16배의 차이를 관찰할 수 있었다. 치사어의 경우 실험 실시와 동시에 돌발적인 행동이나 비틀림회전 등의 행동 특이성은 발견되지 않은 것으로 보아 실험에 사용된 A, B, C의 약제는 빠른 시간 내 공시어에 피해나 손상을 입히지 않는 것으로 보이나, 행동이 둔화되거나 호흡곤란 증세를 보이는 등 회복하지 못하고 사망하는 것으로 보아 단시간에 주는 피해와 더불어 장기적인 측면에서도 이에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Table 3. LC₅₀ of fire extinguishing agent

	96Hrs LC ₅₀ (mg/ℓ)
A	0.62
B	0.37
C	0.56
D	10.10
E	10.72

4. 결론 및 토의

본 연구를 통하여 포소화약제의 어류급성독성시험을 수행하여 포소화약제의 2차적 오염을 비교 검증하였다.

공시어의 외관상 변화는 각 약제마다 다른 점을 나타내었으나 이는 소량의 실험으로 이를 입증할 수 없다고 판단되나 미량의 약제에 의해 환경오염의 지표인 외관상 변화를 발견할 수 있었다는 점에서 약제의 위험성은 입증되었다.

또한, 어류급성독성시험을 통해 시중에서 판매, 사용되고 있는 약제 보다 호서대에서 개발한 약제가 약 16배 정도의 LC₅₀ 이 확인되어 환경적인 측면에서 보다 친환경적이라는 것을 입증할 수 있었다.

포소화약제의 독성을 보다 심층적으로 분석할 수 있었으며 화재진압에 사용된 소화약제의 2차적 오염으로 인한 생태계 파괴를 예상할 수 있었다. 이에 화재진압에 사용된 포소화약제의 친환경적 처리에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

References

- 1) NEMA, "2006, NEMA Fire Statistics Yearbook", pp. 3, 2006.
- 2) H. S. Kim. and Y. J. Kim, "Thermal Characteristics of Foams and Discharge of Fire-Protection Foam Spray Nozzle", Transactions of the KSME, Vol. 29, No. 1, pp. 151-158, 2005.
- 3) OECD, "OECD Guidelines for Testing of Chemicals", 1993.
- 4) D. H. Yeom and S. K. Lee, "Acute Toxicity of Four Agrochemicals on Larval and Juvenile Oriental Weatherfish (*Misgurnus Anguillicaudatus*)" J.ENVIRON. TOXICOL, Vol. 21, No. 4, pp. 311-316, 2006.
- 5) J. S. Ryu, E. K. Kim, Y. R. Moon, H. M. Kim, H. J. Kim and K. h. Choi, "Acute Toxicity Test of Heavy Metals using Korean Freshwater Shrimp, *Neocardina denticulata*" J.ENVIRON. TOXICOL, Vol. 22, No. 2, pp. 171 -175, 2007.
- 6) Y. B. Kim, S. K. Lee, Y. H. Kim and J. K. Roh, "Selective Toxicity and Acetylcholinesterase Inhibition of Diazinon and Carbofuran to Killifish(*Oryzias Latipes*) and Loach(*Misgurnus Anguillicaudatus*)". KOR. J. Agric, Vol. 7, No. 2, 1998.
- 7) s. s. Han and h. k. Kim., "Implementation of Evaluation System of Water Quality for Branches of Geum River

- using Fuzzy Integral”, KOCON, Vol. 6, No. 10, 2006.
- 8) C. W. Lee, S. S. Choi, P. S. Choi, S. H. Lee, K. C. Lee and K. S. Park, “Stuies on The Acute Toxicity and Histological Changes in Fish Exposed to Furfural” KOR. J. ENVIRON. TOXICOL. Vol. 12, No. 3-4, pp. 55-59, 1997.
- 9) National Institute of Environmental Research, “Specifies Criteria for Toxic Substances and Observed”, 2010.
- 10) EPA, “Ecological Effects Test Guidelines OPPTS 850.1075 Fish Acute Toxicity Test. Freshwather and Marine”, EPA 712-C-96-118, 1996.
- 11) J. S. Rhu, K. H. Chung, P. S. Choi, K. C. Lee, D. I. Choi, S. S. Choi, H. I. Rhu and K. S. Park, “Effects of Humic Acid on the Cadmium - In Fish Toxicity” KOR. J. ENVIRON. TOXICOL., Vol. 13, No. 1~2, pp. 11~17, 1998.