

금속화재 위험감소 방안에 관한 이론적 연구

남기훈¹, 이준식^{2*}

¹창신대학교 소방방재공학과, ²창신대학교 항공기계공학과

Study on the effective response method to reduce combustible metal fire

Ki-Hun Nam¹, Jun-Sik Lee^{2*}

¹Department of Fire & Disaster Prevention Engineering, Changshin University

²Department of Aeronautical & Mechanical Engineering, Changshin University

요약 금속화재는 나트륨(Na), 리튬(Li) 등과 같은 가연성 금속이 연소하는 화재이다. 일반적인 물체, 가스계 소화약제에는 적용성이 없으며 금속화재용 소화약제 또는 건조사로 화재를 진화할 수 있다. 위험물안전관리법상 가연성 금속에 속하는 2류 및 3류 위험물 화재가 최근 5년간 104건이 발생했으며, 가연성 금속을 사용하는 연료전지, 반도체 산업의 발전으로 화재 건수는 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다. 하지만 국내에는 금속화재와 관련된 법적 기준이 마련되어 있지 않아 금속화재용 소화약제 및 소화기 개발은 물론 화재 예방 및 대응 시스템 구축이 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 금속화재의 위험성을 감소시킬 수 있는 방안을 마련하기 위해 국내외 관련 법령 분석 및 금속화재 사례 11건을 분석하였다. 이를 통해 금속화재의 위험성을 감소를 위해 관련 법령 마련에 필요한 요소를 도출하였으며 금속화재 발생 시 소화약제로 사용되고 있는 건조사의 관리 및 지원방안을 제시하였다. 또한, 금속화재의 예방 및 대응에 필요한 안전교육 및 시설 관리 방안을 제시하였다.

Abstract A class D fire or combustible metal fire is characterized by the presence of burning metals. Only certain metals or metal compounds are flammable, including sodium and lithium. General fire extinguishing agents, such as dry chemical powder, water-based fire extinguish agents, and carbon dioxide, cannot be used in class D fires. This is because these agents cause adverse reactions or are ineffective. In addition, the amount of usage of combustible metals is increasing due to continuous development of the semiconductor and fuel cell industries. Despite this, Korea does not have standards and laws related to combustible metal fires. This paper suggests directions of the class D fire management policies to reduce the class D fire risk and impact by analyzing the standards and laws related to class D fires and combustible metal fire cases. The factors to make laws on class D fire prevention and response systems, and management system of dry sand were determined. These results may be used to help reduce the risk of class D fires and improve the response abilities.

Keywords : fire, class D fire, combustible metal, fire extinguish agent, fire risk reduction

1. 서론

금속화재(combustible metal fire)는 알루미늄(Al), 마그네슘(Mg), 나트륨(Na), 칼륨(K), 리튬(Li) 등과 같은

가연성 금속이 연소하는 화재이다[1]. 금속화재를 진화하기 위해서는 금속화재용 소화약제(dry powder)를 사용해야 하며 분말(dry chemical powder), 할론(halon), 물(water), 이산화탄소(carbon dioxide) 등의 소화약제는

이 논문은 2017학년도 창신대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(과제번호 창신-2017-교내-47).

*Corresponding Author : Jun-Sik Lee(Changshin Univ.)

Tel: +82-10-4322-4370 email: mechjun@gmail.com

Received August 31, 2018

Revised (1st October 4, 2018, 2nd October 10, 2018, 3rd October 22, 2018, 4th October 25, 2018)

Accepted December 7, 2018

Published December 31, 2018

금속화재에 적응성이 거의 없다. 또한, 화재 발생 초기 화재 진화가 이루어지지 않을 경우 높은 화염 온도로 인해 접근이 어려워 화재 진화가 매우 어렵다. 특히, 물계 소화약제 및 이산화탄소 소화약제는 연소 확대 및 폭발로 이어질 수 있어 사용을 금지하고 있다.

2016년 11월 11일 밀양 마그네슘 폐기물을 가공 공장 화재, 2016년 2월 17일 20시 29분에 청주·오산 산단내 마그네슘 분말 제조 공장 화재 등의 금속화재 사고 사례를 보면 화재초기 금속화재용 소화약제의 부재, 건조사 지원의 문제, 높은 화염 온도, 폭발에 대한 우려로 현장 접근이 어려워 화재 진화가 원활히 이루어지지 않으면서 큰 피해를 발생시켰다[2].

미국의 경우 이러한 금속화재의 위험성 및 초기 화재 진압의 중요성을 인식하고 금속화재 발생 위험이 있는 장소에는 금속화재용 소화기를 비치하도록 강제하고 있다[3]. 하지만 국내의 경우 금속화재에 대한 관련 기준 및 법규가 마련되지 않아 건조사, 팽창질석 등의 소화약제가 금속화재에 사용되고 있다. 건조사의 경우 수분을 포함할 경우 화재를 확산시키는 요인으로 작용할 수 있어 평상시 수분에 대한 관리가 필요하다. 일부 기업에서는 금속화재용 소화기를 수입하여 현장에 비치하고 있으나 이는 형식승인 등에 대한 법적 문제로 인해 논란의 소지가 있는 실정이다.

가연성 금속에 대한 관리는 위험물안전관리법에서 일부 다루어지고 있다. 위험물안전관리법에서는 위험물을 1류부터 6류까지 구분하고 있으며 이중 1류 위험물(산화성 고체), 2류 위험물(가연성 고체), 3류 위험물(자연발화성 및 급수성 물질)에 가연성 금속인 알칼리 금속, 알칼리 토금속 등이 포함되어 있다[4].

소방청 “국가화재정보시스템(National Fire Data System)”에서도 금속화재를 별도로 구분하고 있지 않다. 단지, 위험물안전관리법상 2류 및 3류 위험물 화재와 급수성 물질 화재로 구분하고 있다. 2류 및 3류 위험물로 분류된 물질의 화재가 2013년부터 2017년까지 총 86건이 발생하였으며 급수성 물질이 물과 접촉하여 발생한 화재는 2013년부터 2017년까지 총 104건이 발생한 것으로 조사되고 있다(Table 1.)[2].

Table 1. Water reactive material fires

	2013	2014	2015	2016	2017
Water reactive material fires	12	24	13	25	32

이와 같이 금속화재의 위험성 및 화재의 지속적인 발생에도 불구하고 아직 관련 법령 및 기준 마련에 대한 논의가 아직 이루어지지 않고 있다. 더욱이 4차 산업혁명 시대를 맞이해 리튬 배터리의 사용 증가와 반도체 산업이 발전하면서 가연성 금속의 사용이 증가하고 있어 금속화재 발생은 지속적으로 증가될 것으로 예상되고 있다. 이에 본 연구에서는 금속화재에 대한 국내외 관련 법규를 분석하고 금속화재 사고사례를 분석하여 금속화재 예방 및 대응에 필요한 방안을 제시하였다. 논문의 결과는 금속화재에 대한 법적 기준을 마련하고 대응 시스템 및 대책을 마련하는데 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

2. 이론적 고찰

2.1 금속화재의 분류 및 특성

전 세계적으로 화재 분류는 일반화재, 유류화재, 전기화재, 금속화재, 가스화재, 식용유 화재로 구분하고 있으며 국내에서는 일반화재(A급), 유류화재(B급), 전기화재(C급), 주방화재(K급)로 분류하고 있다[1-2,5]. 미국과 국제 기준인 ISO 7165에서는 금속화재를 화재 분류에 포함하고 있으나 한국과 일본에서는 화재분류에 포함되어 있지 않다(Table 2.)[5,6]. 단지, 한국산업규격 KS B 6259에서 금속화재를 정의 및 분류하고 있다[7].

Table 2. Classification of fires

	Korea	Japan	NFPA 10	ISO 7165
Ordinary combustible fire	Class A	Class A	Class A	Class A
Flammable liquids fire	Class B	Class B	Class B	Class B
Electronic Fire	Class C	Class C	Class C	
Combustible metals fire			Class D	Class D
Gas fire		Class E		Class C
Cooking appliance fire	Class K		Class K	Class F

대부분의 금속화재는 약 2760℃ ~ 4,700℃ 범위의 화염온도를 나타낸다[1]. 이 온도는 물을 수소와 산소로 분해할 수 있으며 이산화탄소의 경우 탄소와 산소로 분해할 수 있다. 즉, 물계 소화약제 및 이산화탄소를 소화약

제로 사용할 경우 화재 확산은 물론 폭발로 까지 이어질 수 있어 금속화재에서 이들 소화약제의 사용을 금지하고 있으며 건조사 또는 금속화재용 소화약제를 사용하도록 하고 있다[8-9].

가연성 금속은 Table 3. 와 같이 알칼리 금속, 알칼리 토금속, 전이 금속, 기타 합금 및 금속의 수소화물 등으로 구분할 수 있다. 나트륨과 같은 알칼리 금속의 경우 상온에서 고체 형태로 존재하며 대기 중의 산소와 결합하여 서서히 조해되는 특성을 가지고 있다[4]. 알칼리 금속은 점화원의 종류와 상관없이 물과 접촉하여 격렬한 반응과 함께 화재를 동반한다. 공기 중에 노출될 경우 공기 중 수분과 산소에 의해 산화반응을 일으키고 이때 발생한 열에 의해 발화를 일으킨다. 비(非)화재 상황에서 알칼리 토금속, 전이금속, 기타 금속은 알칼리 금속만큼의 위험성을 내포하고 있지 않지만 화재가 발생했을 때 물을 사용할 경우 화재 대응자들에게는 극도의 위험이 유발된다. 또한 금속화재는 금속의 입자크기 및 모양에 따라 위험의 정도가 달라지며 분말 형태의 경우 분진폭발로 이어질 수 있다.

Table 3. Classification of combustible metals

Alkali metal	Alkali earth metals	Transitional metal	others
lithium, sodium, potassium, rubidium, cesium	magnesium, beryllium, calcium, strontium, radium	hafnium, Titanium, zirconium	aluminum powder, aluminum flake

2.2 금속화재의 소화

금속화재를 효과적으로 진화하기 위해서는 동시에 산소공급 차단(질식소화)과 화염의 온도를 낮춰야(냉각소화) 한다. 금속화재용 소화약제는 반드시 이 두 가지 소화원리를 동시에 충족해야 한다. 이와 함께, 금속화재용 소화약제는 높은 온도에서 견딜 수 있어야 하며 표면을 덮을 수 있어야 한다. 또한, 금속화재는 금속이 녹아 용융상태로 연소하기 때문에 액면상에 뜰 수 있어야 한다 [1,8-10].

가연성 금속의 입자의 크기에 따라 화재의 강도가 달라지는데 입자의 크기가 작을수록 화재의 강도가 강해지며 분진폭발의 위험도 증가하게 된다. 또한, 현재 소방서에서 금속화재를 진압하는 방법은 금속화재 주변의 가연물을 격리시키고 타고 있는 가연성 금속이 자연적으로

소화되는 방법을 택하고 있다. 이는 진화대원 및 진화장비가 화재 현장에 접근이 어렵고 건조사를 현장에 조달하거나 사용하는데 많은 제약이 따르기 때문이다. 또한, 화재가 진화되더라도 금속화재의 경우 표면에는 화재가 진압된 것처럼 보이지만 내부에 높은 온도의 열이 남아 있어 재발화 위험이 크다.

현재 개발되어 있는 금속화재용 소화약제는 분말형태이며 금속의 종류에 따라 소화약제의 적용성이 다르게 나타난다. NFPA 484 에 따르면 가연성 금속의 종류에 따라 소화약제의 적용성이 다르게 나타나는 것으로 알려져 있다[11]. 알루미늄의 경우 그래파이트(graphite), 구리분말(copper powder) 소화약제에는 적용성이 없으며 리튬(Li)의 경우 그래파이트 소화약제에 적용성이 있는 것으로 나타난다(Table 4.). 칼륨(K)의 경우 5가지 소화약제에 대해 적용성을 가지고 있으며 건조사의 경우 NFPA 484에서 제시하고 있는 모든 물질에 적용성이 있는 것으로 나타나고 있다.

Table 4. Class D fire extinguish agents(NFPA 484)

	Sodium Chloride	Graphite	Copper powder	Sodium Carbonate	Dry sand
Al	○	×	×	○	○
Li	×	○	-	○	○
Mg	○	×	×	○	○
Na	○	○	○	○	○
K	○	○	○	○	○
Ta	○	×	×	×	○
Ti	○	×	×	○	○

국내에서는 금속화재용 소화약제에 대한 관련 기준 및 법규가 마련되어 있지 않다. 단지, 산업안전보건공단의 KOSHA Guide G-77 에서 급수성 물질에 대한 소화약제(MET-L-X 분말, Na-X 분말, G-1 분말, TEC 분말, 보랄론(Boralon))를 제시하고 있다[12].

3. 국내외 관련 기준 및 법규

3.1 국내 관련 기준 및 법규

국내의 화재와 관련된 주요 법령은 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률과 위험물안전관리법이 있다. 소방시설 설치·유지 및 안전관리에 관한 법률에서는 금속화재에 대한 정의 및 기준은 물론 소방시설 등의

관련 기준을 제시하고 있지 않다[4,10]. 위험물안전관리법 상 금속화재에 관련된 물질은 1류 위험물 중 무기와 산화물, 2류 위험물 중 철분, 마그네슘, 금속분, 3류 위험물 중 칼륨, 나트륨 등과 같은 금속성 물질이다(Table 5.). 이러한 물질의 관리 상 주의사항으로 수분 및 화기의 접촉을 금지하고 있다. 또한, 화재 발생 시 물계 소화약제 및 이산화탄소 소화약제의 사용을 금지하고 있다. 이와 함께 위험물안전관리법 시행규칙 제41조의 위험물 종류별 소화설비 적용성을 보면 제1류 위험물 알칼리금속의 과산화물, 2류 위험물의 철분, 금속분, 마그네슘, 제3류 위험물 금속성 물질에 사용할 수 있는 소화설비로 탄산수소염류 등의 분말소화설비를 사용하도록 하고 있으며 그 외 건조사, 팽창질석, 팽창 진주암을 사용하도록 하고 있다.

Table 5. Combustible metals in Act on the safety control of hazardous substance

Classification	Class name	Combustible metals
Class 1	Oxidizing solid	Na ₂ O ₂ , K ₂ O ₂ , BaO ₂
Class 2	Flammable solid	Al, Zn, Ti, Mg
Class 3	Pyrophoric and water reactive material	K, Na, Alkylaluminuim

KOSHA Guide G-77 “물반응성 물질의 취급·저장에 관한 기술 지침”을 통해 금속성 물질에 대한 재해를 방지하기 위한 정보 및 기술을 제공하고 있다. 위험물안전관리법 상 2류 위험물과 3류 위험물로 구성되어 있다. 기술지침에서는 물반응성 물질의 화재·폭발 특성, 물반응성 물질의 저장·취급시 안전대책, 물반응성 물질의 화재·폭발 시 소화방법, 금속화재용 소화약제를 제시하고 있다(Table 6.).

Table 6. Water reactive materials and Fire extinguish agents of KOSHA Guide G-77

Class	Material	Fire extinguish agents
Class 2	Al, Mg	MET-L-X, Na-X, G-1, TEC, Boralon etc.
Class 3	Na, K, Li, Ca, (C ₂ H ₅) ₃ Al, C ₄ H ₉ Li, (CH ₃) ₃ Al, (iso-C ₄ H ₉) ₃ Al, LiH, NaH, CaH ₂ , LiAlH ₄ , Al ₄ C ₃ , CaC ₂ , AIP	

3.2 국외 관련 기준 및 법령

미국의 Occupational Safety and Health Administration(OSHA) 에서는 29 CFR 1910.157을 통해 금속화재용 소화기에 대한 기준을 제시하고 있다(Table 7.). 금속화재용 소화기 또는 금속화재용 소화약제가 들어 있는 용기를 현장에 비치하도록 규제하고 있으며 가연성 금속을 사용하는 작업장으로부터 22.9m 이내에 설치하도록 되어 있다. 또한, NFPA 484에서는 7개 가연성 금속의 화재예방, 대응, 소화약제 등에 관한 기준을 제시하고 있다(Table 7.). NFPA 10과 ISO 7165는 휴대용 소화기에 관한 기준으로 금속화재의 기준과 금속화재용 소화기의 성능테스트, 설치, 검사, 유지관리 등을 제시하고 있다.

일본의 경우 금속화재와 관련해 국내와 비슷한 관련 법령 체계를 가지고 있다. 소방관련 법령 및 위험물관련 법령에 금속화재에 대한 기준이 제시되지 않았다. 위험물의 규칙에 관한 법령에 따르면 제3류 위험물 금속성 물질의 소화설비는 분말소화설비(탄산수소염류 등), 소화분말을 방사하는 소화기(탄산수소염류 등), 건조사, 팽창질석, 팽창진주암으로 구분하고 있다.

Table 7. Standard of Class D fire

Act/Standard	Class	Contents	
OSHA 29 CFR 1910.157	Class D	Class D fire portable fire extinguishers · installation · inspection · maintenance · recharging · performance test	
			NFPA 10
			ISO 7165
NFPA 484	Class D	7 combustible metals(Al, Li, Mg, Na, K, Ta, Ti) · fire extinguish agents · hazards · training · maintenance · portable fire extinguishers · inspection	

4. 사고사례분석

금속화재 사고사례는 최근 발생한 2016년 2월 17일에 청주에서 발생한 화재, 2016년 11월 11일 밀양에서 발생한 화재와 2012년부터 2017년까지 김해 지역에서 발생한 금속화재 9건, 총 11건을 분석하였다[2].

4.1 청주 마그네슘 분말 제조 공장 화재

2016년 2월 17일 20시 29분에 청주·오산 산단내 마그네슘 분말 제조 공장에서 화재가 발생하였다. 화재가 발생하자 인근 소방대에서 출동하였으나 금속화재용 소화약제가 없어 지자체에 건조사를 요청, 약 90분후 모래가 도착하였으나 제설용 모래로 수분이 포함되어 있어 사용하지 못하였다. 이후 인근 군부대로부터 지원받은 건조사로 22시 40분경 화재를 진압하였다.

청주 마그네슘 분말 제조 공장 화재는 금속화재용 소화약제 부재, 지자체와 소방서 간 건조사 지원체계 부재가 여실히 드러나 사고이다. 특히, 가연성 금속의 경우 화학물질 사고 대응 체계에 포함되어 있는 사항이며 재난 및 안전관리 기본법상 화학물질사고 발생시 소방서를 지원하도록 명시되어 있으나 금속화재에 대한 이해 부족과 소화약제(건조사) 지원에 대한 시스템이 구축되지 않는 등 금속화재 대응 측면에서의 문제점을 여실히 드러낸 사고이다.

4.2 밀양 마그네슘 폐기물 재활용 공장 화재

2016년 11월 11일 09시 57분 밀양시 마그네슘 폐기물 재활용 공장에서 화재발생 신고가 관할 소방서로 접수되었다. 화재로 인해 사망 3명, 부상 1명, 486,081천원의 재산피해가 발생하였다. 화재는 용접 작업 불티가 인근 마그네슘에 옮겨 붙어 발생하였으며 폭발 발생 후 화재가 확산되었다(Fig. 1). 화재로 인해 화재가 발생한 공장 외에 인근 2개 공장으로도 확대되어 재산피해를 발생시켰으며 화재가 진화되는데 약 30시간이 소요되었다.



Fig. 1. The scene of magnesium fire in Miryang city[2]

관할 소방본부에서는 10시 41분 지자체에 건조사를 요청하였고 12시 13분 건조사가 현장에 도착하였다. 최종적으로 건조사 1,000톤을 사용하여 진화하였으며 진화 과정 중 11월 11일 18시 40분에 2차 폭발이 발생하였다.

밀양 마그네슘 폐기물 재활용 공장 화재는 용접 불티에 의한 폭발 및 화재, 진화 과정 중 2차 폭발 등 초기 상황에서의 대피, 대응 과정에서의 폭발의 위험 등 금속화재 발생 시 대응 측면에서 위험을 여실히 드러낸 사고이다. 또한, 건조사 수급에 많은 시간이 소요됨으로 인해 초기 진화가 어려워지고 현장 접근이 어려워지면서 화재 진화에 많은 시간이 소요되었다.

4.3 김해지역 금속화재 9건

김해지역에서 발생한 금속화재 조사 결과를 보면 9건 모두 폐기물(금속)을 용융하여 재활용하는 업체에서 금속화재가 발생하였다. 물질로는 아연(Zn), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al)이었으며 물 접촉에 의한 화재가 5건, 기계 및 용접 불티에 의한 화재가 2건으로 나타났다. 화재 발생 시 소화약제를 사용한 화재는 1건이었으며 건조사 2건, 나머지 6건은 가연물이 완전연소에 의한 진화로 나타났다(Table 8.).

최근 가장 큰 금속화재 2건과 김해지역에 발생한 금속화재를 분석한 결과를 보면 화재 진화를 위한 소화약제가 없어 소방장비가 현장에 출동한다 해도 화재 진화가 이루어지기 힘들며 건조사의 경우에도 수분 함유되어 있을 경우 사용하기 많은 제약이 있는 것이 현실이다. 또한, 금속화재가 확대될 경우 화염의 온도가 높아 현장의 접근이 힘들어 건조사를 사용하는 것에 많은 제약이 따른다.

밀양시에서 발생한 금속화재 사례와 같이 화재와 폭발이 동시에 발생할 경우 초기 대응이 어렵고 대응 인력이 화재 진화 시에 폭발로 인한 위험을 동반하게 된다. 또한, 금속화재 원인 대부분이 부주의에 의한 것으로 금속화재 예방을 위해 지켜야할 가장 기본적인 안전조치를 취하지 않음으로 인해 발생했다.

Table 8. Class D fire cases in Gim-hae city

Date	Material	Cause	Fire extinguish
2012.09.26	Zn	spontaneous combustion	dry sand
2012.11.01	Mg	contact water	-
2013.04.01	Al	welding spark	-
2013.02.03	Zn	contact water	Class D portable extinguisher
2015.07.09	Al	contact water	-
2016.02.14	Al	contact water	-
2017.01.04	Al	welding spark	-
2017.08.18	Al	contact water	-
2017.10.22	Al	-	dry sand

5. 고찰 및 결론

최근 고층건축물의 증가, 건축공법 및 자재의 다양화, 소방시설물의 관리 부재, 여름철 이상고온 등 사회적·환경적 요인에 의해 화재의 횡수 증가는 물론 대형화재가 증가하고 있다. 이로 인해, 사회적 관심이 증가하고 관련 법령들이 개정되고 있다. 하지만 금속화재의 경우 위험성에도 불구하고 법제화는 물론 관련 기준 마련에 대해 아직 논의 조차 이루어지지 않고 있다. 더욱이 연료 전지, 반도체 등의 산업의 발달로 가연성 금속의 사용이 증가하고 있음에도 불구하고 이에 대한 대책이 마련되고 있지 않다. 이에 본 연구에서는 금속화재의 특성 및 사고 사례 분석, 관련 국내외 기준 및 법령을 분석하였으며 이를 통해 금속화재 예방 및 대응에 필요한 방안을 제시하고자 한다.

첫째, 금속화재 정의 및 기준, 예방 및 대응을 위한 법령 마련이 필요하다. 특히, 미국과 같이 금속화재용 소화기 및 소화약제 기준 마련 및 설치에 대한 법제화를 통해 초기대응이 이루어지도록 해야 한다. 비록 위험물안전관리법상 가연성 금속의 일부를 위험물로 관리하고 있지만 화재 예방 및 대응에 필요한 소화약제, 소화기, 소화시스템에 대한 부분은 다루지 않고 있다. 이로 인해 현재 금속화재 발생 시 대응 방안은 건조사에 의존할 수밖에 없는 상황이다. 또한, 산업안전분야에서는 KOSHA Guide G-77를 통해 금속화재에 대응하기 위한 기준을 마련하고 있으나 소방 분야에서는 이에 대한 기준이 마련되어 있지 않다. 이로 인해, 비록 관련 기준이 마련되어 있더라도 소화약제 및 시스템에 대한 법적 기준이 없어 활용할 수 없는 것이 현실이다. 더불어 현재 금속화재에 대한 기준 및 정의가 없어 관련 화재 통계가 2류 및 3류 위험물 화재와 금속성 물질 화재로 구분되고 있다. 이로 인해 실제 금속화재에 대한 정확한 통계가 산출될 수 없어 화재 원인 및 확산에 대한 정확한 분석이 어렵다. 이처럼 금속화재의 예방 및 대응에 필요한 관련 법령 마련을 통해 필요한 기반 연구는 물론 기술개발이 이루어지도록 해야 한다.

둘째, 건조사 관리 및 지원 시스템 구축이 필요하다. 초기 금속화재에는 분말 형태의 금속화재용 소화약제가 적합하지만 화재가 확산될 경우 건조사를 활용한 화재진화가 적합하다. 하지만 관할 소방서에는 건조사를 보유하고 있지 못하며 지자체에 의존하고 있다. 금속화재 사

고사례를 볼 때 지자체에서 보유하고 있는 모래는 제설용으로 특별히 건조사로 관리하지 않고 있는 실정이다. 또한, 금속화재 발생 시 신속한 지원이 이뤄질 수 있는 시스템이 없어 금속화재 발생 시 현장에 필요한 건조사가 지원되는데 많은 시간이 소요되면서 화재진화에 많은 어려움을 겪고 있다. 그렇기 때문에 지자체에 가연성 금속을 취급하는 사업장에 대한 현황과학과 함께 규모에 따라 지자체에 건조사 비축, 관리에 대한 규정을 마련하는 것이 필요하다. 또한, 지역 간 연계 및 지원 시스템을 구축하여 금속화재 발생 시 신속하게 건조사를 지원할 수 있도록 해야 한다.

셋째, 예방을 위한 안전교육 및 관리 시스템을 마련하는 것이 필요하다. 반도체 및 연료전지 제작 등의 기술력을 요하는 산업 외에 가연성 금속을 취급하는 업체는 주로 가연성 금속 폐기물을 가공하여 제품화하는 업체로 대부분 영세하다. 이로 인해 대부분의 업체 인력이 비전문적인 일용직·외국인 노동자의 비율이 높다. 또한, 공장 구조물이 화재에 취약한 샌드위치 패널 등으로 이루어져 있어서 화재 확산이 빠르다. 즉, 현장 인력에 대해 가연성 금속의 취급, 관리, 화재예방에 대한 교육을 주기적으로 실시하고 가연성 금속을 저장·취급하는 장소는 면적별 구획 및 내화재료를 활용한 구획을 통해 관리해야 하는 것이 필요하다.

References

- [1] Eugene Meyer, "Chemistry of hazardous materials", Pearson Education Inc, USA, pp.308-343, 2013.
- [2] "National Fire Information Center E-Fire Statistics", 2018.
- [3] Occupational Safety and Health Administration, "OSHA 29 CFR 1910.157 Portable fire extinguishers", Occupational Safety and Health Administration, <https://www.osha.gov/>, 2018.08.
- [4] Act on the safety control of hazardous substance, 2017.
- [5] International Organization for Standardization, "ISO 7165:2017 Fire fighting-Portable fire extinguishers-Performance and construction", International Organization for Standardization, pp.10-65, 2017.
- [6] National Fire Protection Association, "NFPA 10 Standard for portable fire extinguishers", National Fire Protection Association, pp.4-24, 2018.
- [7] Korean Agency for Technology and Standards, "KS B 6259: 2017", pp.1-2, 2017.
- [8] Deukkwang An, Peter B. Sunderland, Daniel P. Lathrop,

- “Suppression of sodium fires with liquid nitrogen”,
Journal of Fire Safety, Vol. 58, pp.204-207, 2013.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2013.02.001>
- [9] Fluegeman, C., Hilton, T., Moder, K., and Stankovich, R., “Development of detailed action plans in the event of a sodium hydride spill/fire”, Journal of Process Safety Progress, Vol. 24, No. 2, pp.86-90, 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1002/prs.10064>
- [10] Hyun-Jin, Kang, “A study on the composition of fire extinguishing system through extinguishing performance evaluation of pyrophoric/water- prohibiting substance, Master’s Thesis, Seoul University of Science and Technology, 2016.
- [11] National Fire Protection Association, “NFPA 484 Standard for combustible metals”, pp.7-70, National Fire Protection Association, 2019.
- [12] Korea Occupational Safety and Health Agency, “KOSHA Guide G-77-2013”, pp.1-19, 2013.
- [13] Installation, maintenance, and safety control of fire-fighting systems Act, 2012.
-

남 기 훈(Ki-Hun Nam)

[정회원]



- 2008년 2월 : 인제대학교 일반대학원 보건안전공학과 (이학석사)
- 2014년 2월 : 인제대학교 일반대학원 재난관리학과 (이학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 창신대학교 소방방재공학과 교수

<관심분야>
화재폭발/재난안전

이 준 식(Jun-Sik Lee)

[정회원]



- 2014년 5월 : St. Louis University 항공우주기계공학 (공학박사)
- 2015년 12월 ~ 2017년 8월 : 한국기계연구원 박사후연구원
- 2017년 9월 ~ 현재 : 창신대학교 항공기계공학과 교수

<관심분야>
열/유체 유동 실험, 가스터빈 열전달