

## ACGIH TLV가 전면 개정된 알루미늄 화합물의 노출기준 관리

박승현\* · 김세동

한국산업안전보건공단 산업안전보건연구원

## Management of OELs for Aluminum Compounds with Completely Revised ACGIH TLVs

Seung-Hyun Park\* · Se-dong Kim

Occupational Safety and Health Research Institute(OSHRI),  
Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA)

### ABSTRACT

**Objective:** The purpose of this study was to provide technical information about the management of occupational exposure limits(OELs) for substances with completely revised ACGIH TLVs.

**Methods:** The history of ACGIH TLVs for aluminum compounds, the reason for the complete revision of the related ACGIH TLV in 2008, and OELs for them in respective countries were reviewed. In addition, the results of a 2019 work environment assessment for aluminum compounds in Korea were reviewed.

**Results:** In 1979, the ACGIH set up the TLVs for aluminum compounds considering types of compounds such as metal dust, pyro powders, welding fumes, soluble salts, alkyls, and aluminum oxide. However, in 2008 the ACGIH withdrew the TLVs for all types of aluminum and its compounds and adopted new TLVs for aluminum metal and insoluble compounds. This can cause confusion in many countries in the management of exposure to aluminum compounds because they adopt or refer to the ACGIH TLVs.

**Conclusion:** Although Korea is setting occupational exposure limits by referring to the ACGIH's TLVs, it is necessary to sufficiently review whether it is necessary to accept the TLVs as they are if a TLV is completely changed, like took place with the revision of aluminum compounds in 2008.

**Key words:** ACGIH TLV, aluminum compounds, complete revision, occupational exposure limits

### I. 서 론

고용노동부는 화학물질 및 물리적인자의 노출기준을 설정함에 있어 미국 산업위생전문가협회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH)의 TLV(Threshold limit values)를 참고하여 1986년에 처음으로 우리나라의 직업적 노출기준을 제정하였다. 이후 ACGIH의 TLV와 차이가 있거나 선진 외국에는 기준이 있으나 국내 기준이 없는 물질, n-헥산, 트리클로로에틸렌, 2-브로모프로판 등과 같이 직업병 발생으로 국내에서 이슈가 되었던 물질 등 노출기준

의 제·개정이 필요한 유해인자에 대해서는 각국의 노출기준 현황, 유해성, 관련 산업의 실태, 규제영향 등을 연구하여 노출기준을 개정하여왔다(Chung, 2007; Jeong et al., 2010; MoEL, 2020). 다만 우리나라는 ACGIH처럼 매년 TLV를 개정하고 있지 못한 관계로 일부 ACGIH TLV와 차이가 있는 경우가 있다. 특히 TLV 값의 변화가 큰 경우라면 노출기준 개정을 위해 충분한 연구와 검토가 필요하다. ACGIH에서는 역학연구, 동물실험 연구결과 등을 통해 발암성 등 새로운 건강영향에 대한 자료가 확인되거나 관련 자료가 보강되는 경우 기준에 설정되어 있는 TLV 값을 개정하여 왔

\*Corresponding author: Seung-Hyun Park, Tel: 052-7030-880, E-mail: sh903park@kosha.or.kr  
400, Jongga-ro, Jung-gu, Ulsan 44429

Received: August 12, 2020, Revised: August 28, 2020, Accepted: September 15, 2020

Seung-Hyun Park <https://orcid.org/0000-0002-6515-4428>

Se-dong Kim <https://orcid.org/0000-0001-8691-3545>

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

는데 주로 TLV 권고 농도 값을 낮추는 방향으로 개정이 이루어져 왔다고 할 수 있다. 그런데 일부 물질의 경우는 노출기준 설정근거가 완전히 바뀐 경우가 있다. 그 대표적인 사례가 알루미늄 및 그 화합물이라 할 수 있다. 알루미늄 및 그 화합물의 경우 기존에는 가용성화합물, 알킬화합물, 용접흄 등과 같이 화합물의 형태에 따라서 TLV를 설정하여 권고하여 왔었다. 그러나 ACGIH의 TLV 개정 이력을 살펴보면 2008년 ACGIH는 기존 TLV에 대한 관련 증거가 적절하지 않다고 보고 TLV를 철회하고 기존과는 다른 새로운 TLV를 마련하였다(ACGIH, 2019a, 2019b). 이렇게 기존에 유지 하였던 TLV가 전면적으로 개정된 경우 관련 물질에 대한 작업환경 관리를 어떻게 하는 것이 좋을지 고민해 봐야 할 것이다. 우리나라의 경우는 노출기준 고시에 “이 고시에 유해인자의 노출기준이 규정되지 아니하였다는 이유로 법, 영, 규칙 및 안전보건규칙의 적용이 배제되지 아니하며 이와 같은 유해인자의 노출기준은 ACGIH에서 매년 채택하는 노출기준(TLV)을 준용한다”라고 규정하고 있다(MoEL, 2020). 따라서 ACGIH의 TLV 설정근거의 큰 변경이 있을 경우에 우리나라는 관련 노출기준을 검토하여 우리나라 노출기준에 반영할 필요가 있다. 다만 노출기준의 농도수준을 낮추는 정도가 아니고 기존에 노출기준을 설정하여 관리하던 화합물의 형태가 전면적으로 변경된 경우는 노출기준 개정이 간단치 않을 것으로 여겨진다. 따라서 본 연구에서는 ACGIH가 알루미늄 화합물의 TLV를 전면적으로 개정 한 이유가 무엇인지를 살펴보고, 기존에 ACGIH의 TLV와 유사하게 직업적 노출기준을 권고하였던 기관들은 개정된 ACGIH의 TLV를 고려하여 이들 기관의 직업적 노출기준을 개정하였는지 등을 검토하여 우리나라의 노출기준 관리 방향을 살펴보고자 한다.

## II. 연구방법

알루미늄 및 그 화합물에 대한 ACGIH의 TLV 제·개정 이력과 2008년도에 TLV를 전면적으로 개정된 배경 그리고 우리나라를 비롯하여 미국 국립직업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, NIOSH)과 직업안전보건청(Occupational Safety & Health Administration, OSHA), 영국 보건안전부(Health and Safety Executive, HSE)의 알루미늄 화합물 노출기준 설정현황을 비교 고찰하였다. 그

리고 2019년도 알루미늄 및 그 화합물에 대한 우리나라 사업장에서의 작업환경측정 실시현황을 분석하였다.

### 1. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 ACGIH TLV 제·개정 이력

알루미늄 및 그 화합물에 대한 ACGIH의 TLV 제·개정 이력을 우리나라 직업적 노출기준과 비교하여 고찰하였다(ACGIH, 2002, 2019a, 2019b; MoEL, 2020).

### 2. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 ACGIH TLV 전면개정 배경

2008년 ACGIH가 알루미늄 및 그 화합물에 대한 TLV를 전면적으로 개정한 이유를 살펴보기 위해 ACGIH의 TLV documentation을 고찰하였다(ACGIH, 2019a).

### 3. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 각 기관의 노출기준 설정현황

알루미늄 및 그 화합물에 대한 각 기관의 노출기준 설정현황을 비교 고찰하기 위해 우리나라를 비롯하여 ACGIH TLV, NIOSH 권고기준(Recommended exposure limit, REL), OSHA의 허용기준(Permissible exposure limit, PEL), HSE의 직업적 노출기준(Workplace exposure limit, WEL)을 비교 고찰하였다(MoEL, 2020; ACGIH, 2019b; NIOSH, 2020; OSHA, 2020; HSE, 2020).

### 4. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 작업환경측정 실시현황 (2019년도)

2019년도에 알루미늄 및 그 화합물에 대한 우리나라 작업환경측정 실시현황을 파악하기 위해 한국산업안전보건공단에서 보유하고 있는 우리나라 작업환경측정 DB를 검색하였다.

## III. 결 과

### 1. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 ACGIH TLV 제·개정 이력

ACGIH에서는 알루미늄 화합물에 대한 TLV를 설정함에 있어 화합물 형태에 따른 건강영향을 고려하여 알루미늄 금속분진(10 mg/m<sup>3</sup>), 피로파우더(5 mg/m<sup>3</sup>), 용접흄(5 mg/m<sup>3</sup>), 가용성염(2 mg/m<sup>3</sup>), 알킬화합물(2 mg/m<sup>3</sup>),

**Table 1.** History of ACGIH TLVs for aluminum compounds

Aluminum & compounds	ACGIH TLV(mg/m <sup>3</sup> )			MoEL <sup>†</sup> OEL <sup>§</sup> (mg/m <sup>3</sup> )
	1979-1987	1988-2007	2008~	
Metal dust, as Al	10	10	1(R) <sup>*</sup>	10
Pyro powders, as Al	5	5	1(R) <sup>†</sup>	5
Welding fumes, as Al	-	5	1(R) <sup>†</sup>	5
Soluble salts, as Al	2	2	withdrawal	2
Alkyls, NOS, as Al	2	2	withdrawal	2
Aluminum oxide	10	10	1(R) <sup>†</sup>	10
Insoluble compounds			1(R) <sup>*</sup>	

<sup>\*</sup>(R): Respirable, <sup>†</sup>1(R): The substances fall into the category of aluminum metal & insoluble compounds, <sup>†</sup>MoEL: Ministry of Employment and Labor, <sup>§</sup>OEL: Occupational exposure limit.

산화알루미늄(10 mg/m<sup>3</sup>) 등과 같이 여러 가지 형태의 알루미늄 화합물에 대해 각각 TLV를 설정하였다. 그러나 2008년에 기존에 있었던 여러 가지 형태의 알루미늄 화합물에 대한 TLV를 전면적으로 철회하고 알루미늄 금속에 대한 TLV만을 남겨두었다. 그리고 알루미늄 불용성화합물에 대한 노출기준을 추가하였다. 그리하여 최종적으로 알루미늄 금속 및 불용성화합물(aluminum metal and insoluble compounds)에 대한 노출기준을 1 mg/m<sup>3</sup>으로 설정하였다(ACGIH, 2019a, 2019b). Table 1은 알루미늄 화합물에 대한 ACGIH의 TLV 제·개정 이력을 정리한 것이다. ACGIH는 1979년부터 1987년까지 알루미늄 금속분진, 피로파우더, 가용성염, 알킬화합물, 산화알루미늄 등 5가지 화합물 형태에 대한 TLV를 권고하였으며, 1988년에는 알루미늄 용접흡에 대한 기준을 추가하여 2007년까지 6종의 화합물형태에 대한 TLV를 권고하여왔다. 그러나 2008년에 호흡성입자를 기준으로 알루미늄 금속 및 불용성화합물에 대한 TLV로 전면 개정하였고, 수용성염이나 알킬화합물의 경우는 독성학적 자료가 적절하지 않아 TLV에서 제외하였다. 여기서 금속분진, 피로파우더, 용접흡, 산화알루미늄의 경우는 금속 및 불용성화합물의 범주에 포함된다 할 수 있다.

## 2. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 ACGIH TLV 전면개정 배경

ACGIH가 이렇게 알루미늄 화합물에 대한 TLV를 전면적으로 변경하게 된 배경을 살펴볼 필요가 있다. ACGIH의 TLV documentation에 의하면, 알루미늄 금속과 불용성화합물의 경우는 장기간 노출 시 인체에

축적된다는 증거가 있다(ACGIH, 2019a). 100 mg/m<sup>3</sup> · years의 고농도의 알루미늄 분진에 노출된 근로자에게 폐 기능 변화가 관찰되었다. 이러한 농도수준은 2.5 mg/m<sup>3</sup>의 농도에서 40년간 노출된 것에 해당한다. 그리고 동물을 대상으로 한 연구에서는 알루미늄의 불용성 화합물이 호흡기계에 영향을 주는 것이 확인되었다. 2.5 mg/m<sup>3</sup>의 호흡성입자는 육아종성반응(granulomatous reactions) 및 기관지폐포세척액(bronchoalveolar lavage fluid)에서의 생화학적 변화가 있는 것이 확인되었다. 그리고 일부 연구에 의하면 장기간(40년간 1.6 mg/m<sup>3</sup>에 해당하는 신체적 부담을 초래하는 정도)의 알루미늄 흡입은 신경학적 결손을 초래할 수 있다. 100 µg/L의 요중 알루미늄 농도수준에 해당하는 공기 중 알루미늄의 농도가 신경학적 영향의 역치(threshold)를 대표할 수 있는 것 같다고 기술하고 있다. ACGIH는 호흡성 입자를 기준으로 TLV-TWA 1 mg/m<sup>3</sup>은 폐와 신경계에 있어 잠재적인 영향에 대해 보호할 수 있는 수준으로 판단하였다. 이러한 TLV-TWA는 불용성화합물 [알루미늄 금속, 산화알루미늄, 스탬프알루미늄(stamped aluminum), 보크사이트(bauxite) 광석 분진내의 알루미늄, 에머리(emery)] 등에 적용된다. 그리고 수용성 알루미늄화합물, 알킬알루미늄, 알루미늄 금속 플레이크(flake), 산화방지 오일이 코팅된 파우더에 대해서는 독성학적인 증거가 불충분하다고 판단하였다. 한편 알루미늄 화합물은 발암성 증거가 없어서 ACGIH는 발암성 구분을 A4(인체 발암성을 분류할 수 없는 물질)로 분류하고 있다.

종합적으로 살펴볼 때 ACGIH가 알루미늄 화합물의 TLV를 기존 서로 다른 농도의 여러 가지 화합물의 형

**Table 2.** Occupational exposure limits for aluminum compounds by institution

Aluminum & compounds	MoEL (mg/m <sup>3</sup> )	ACGIH (mg/m <sup>3</sup> )	NIOSH (mg/m <sup>3</sup> )	OSHA (mg/m <sup>3</sup> )	HSE (mg/m <sup>3</sup> )
Metal dust, as Al	10	1(R)*	10 5(R)	15 5(R)	10(I) <sup>†</sup> 4(R)
Pyro powders, as Al	5	1(R) <sup>†</sup>	5	-	-
Welding fumes, as Al	5	1(R) <sup>†</sup>	5	-	-
Soluble salts, as Al	2	-	2	-	2
Alkyls, NOS, as Al	2	-	2	-	2
Aluminum oxide	10	1(R) <sup>†</sup>	-	15 5(R)	10(I) <sup>†</sup> 4(R)
Insoluble compounds	-	1(R)	-	15 5(R)	-

\* (R): Respirable, <sup>†</sup> 1(R): The substances fall into the category of aluminum metal & insoluble compounds, <sup>†</sup> (I): Inhalable.

태에서 “호흡성입자의 알루미늄 금속과 불용성화합물 1 mg/m<sup>3</sup>”으로 전면적으로 개정된 이유는 첫째, 알루미늄 불용성화합물에 장기간 노출 시 인체에 축적된다는 증거가 있었고 둘째, 호흡성입자를 기준으로 1 mg/m<sup>3</sup> 농도 수준이 폐와 신경계통에 대한 건강 영향을 보호할 수 있는 수준이라고 판단하였으며, 셋째 수용성화합물, 알킬화합물 등은 TLV 설정근거가 불충분하기 때문이었다.

### 3. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 각 기관의 노출기준 설정현황

Table 2는 알루미늄 화합물에 대한 각 기관의 노출기준 설정 현황을 정리해 놓은 것이다. 현재 우리나라 고용노동부를 비롯하여 많은 기관들이 아직까지 알루미늄 화합물에 대한 ACGIH의 TLV를 채택하고 있지는 않은 상태이다(ACGIH, 2019b; HSE, 2020; NIOSH, 2020; OSHA, 2020). NIOSH의 경우 우리나라의 노출기준과 거의 유사하고 차이가 있는 것은 알루미늄 금속 화합물의 경우 충분진에 대한 기준(RELs) 이외에도 호흡성분진에 대한 기준을 권고하고 있다(NIOSH, 2020; ACGIH 2004, 2011). 전반적으로 NIOSH의 경우 알루미늄 화합물에 대해 ACGIH TLV와 유사한 기준을 채택하였으나 아직 개정된 ACGIH의 TLV를 받아들이지는 않은 상태이다. 미국 OSHA는 알파-알루미나(산화알루미늄)와 알루미늄 금속에 대한 허용기준(PEL)만을 설정하여 관리하고 있다. 허용기준은 충분진 15 mg/m<sup>3</sup> 이고 호흡성분진의 경우는 5 mg/m<sup>3</sup>이다. 그리고 다른 형태의 알루미늄 화합물에 대한 허용기준은 설정되어

있지 않다. OSHA에서 알루미늄 화합물에 대한 허용기준을 제정한 시기를 정확히 알 수는 없으나 2004년 ACGIH에서 발행한 직업적 노출기준 가이드(guide to occupational exposure values)에 의하면 현재 OSHA의 허용기준과 차이가 없다(ACGIH, 2004). 따라서 ACGIH에서 알루미늄 화합물의 TLV를 전면 개정하기 이전에도 OSHA는 알파-알루미나와 알루미늄 금속에 대한 허용기준(PEL)만을 설정하여 관리하고 있었다. 한편 2011년 ACGIH의 직업적 노출기준 가이드에 의하면 “알루미늄 금속 및 불용성화합물”에 대한 OSHA의 허용기준이 충분진 15 mg/m<sup>3</sup>, 호흡성분진 5 mg/m<sup>3</sup>으로 제시되어 있다(ACGIH, 2011). 영국 HSE는 알루미늄 화합물에 대한 노출기준을 알루미늄 금속과 산화알루미늄(흡입성입자 10 mg/m<sup>3</sup>, 호흡성입자 4 mg/m<sup>3</sup>), 가용성 염과 알킬화합물(2 mg/m<sup>3</sup>)에 대한 기준을 권고하고 있다. 피로파우더와 용접흄의 형태에 대한 별도의 기준은 없다. HSE의 경우도 NIOSH와 같이 알루미늄 가용성 염과 알킬화합물에 대한 기준을 2 mg/m<sup>3</sup>으로 유지하고 있는 것을 보면 아직 개정된 ACGIH의 기준을 받아들이지 않았다.

### 4. 알루미늄 및 그 화합물에 대한 작업환경측정 실시현황 (2019년도)

알루미늄 및 그 화합물은 작업환경측정대상 유해인자이다. Table 3은 알루미늄 및 그 화합물에 대한 2019년도 작업환경측정 실시현황을 정리해 놓은 것이다. 2019년도에 알루미늄 및 그 화합물에 대해 작업환경측정을 실시한 사업장은 23,500개소(여러 화합물에 대한

**Table 3.** Results of a 2019 work environment assessment for aluminum compounds

Aluminum & compounds	No. of enterprises	No. of samples	Range of concentration (mg/m <sup>3</sup> )	No. of samples with 10% or more of OEL	MoEL* OEL <sup>†</sup> (mg/m <sup>3</sup> )
Metal dust, as Al	8,049	34,677	ND~3.8196	42(0.12%)	10
Pyro powders, as Al	329	1,331	ND~0.5182	1(0.08%)	5
Welding fumes, as Al	6,611	48,457	ND~3.5644	73(0.15%)	5
Soluble salts, as Al	4,541	14,320	ND~0.9694	38(0.27%)	2
Alkyls, NOS, as Al	201	2,468	ND~0.1237	0(0%)	2
Aluminum oxide	3,769	31,623	ND~4.4445	39(0.12%)	10
Total	23,500 (19,479)	132,876		193(0.15%)	

\*MoEL: Ministry of Employment and Labor, <sup>†</sup>OEL: Occupational exposure limit.

측정으로 인한 중복 제외 시 19,479개소)이었다. 이를 세부 유해인자별로 구분해 보면 알루미늄 금속분진 8,049개소, 피로파우더 329개소, 용접흄 6,611개소, 가용성염 4,541개소, 알킬 201개소, 산화알루미늄 3,769개소이었다. 이들 사업장에서 2019년도 한해에 작업환경측정을 통해 시료를 측정된 건수는 132,876건이었다. 이를 세부 유해인자별로 구분해보면 용접흄이 48,457건으로 가장 많았으며 다음으로는 알루미늄 금속분진 34,677건, 산화알루미늄 31,623건, 가용성염 14,320건, 알킬 2,468건, 피로파우더 1,331건이었다. 유해인자별 노출농도 평가결과를 살펴보면 알루미늄 용접흄을 제외하면 우리나라 노출기준의 50% 농도 수준 이상으로 측정된 시료는 없었다. 따라서 알루미늄 및 그 화합물의 농도수준은 노출기준에 비해 전반적으로 낮은 수준인 것으로 여겨진다. 전체 측정시료 중에서 노출기준의 10% 농도 이상으로 측정된 건수는 금속분진이 42건으로 전체 금속분진 측정건수의 0.12% 정도이었고, 피로파우더는 0.08%, 용접흄 0.15%, 가용성염 0.27%, 산화알루미늄 0.12%이었고 알킬화합물의 경우는 노출기준의 10% 농도 이상으로 측정된 시료는 없었다.

#### IV. 고찰 및 결론

고용노동부에서 우리나라의 직업적 노출기준을 설정함에 있어서 주로 참고하는 것이 ACGIH의 TLV이다. 그리고 관련 노출기준 고시에 의하면 “이 고시에 유해인자의 노출기준이 규정되지 아니하였다는 이유로 법, 영, 규칙 및 안전보건규칙의 적용이 배제되지 아니하며 이와 같은 유해인자의 노출기준은 ACGIH에서 매년 채

택하는 노출기준(TLV)을 준용한다”라고 규정되어 있을 정도로 ACGIH의 TLV를 우리나라의 직업적 노출기준의 기초로 삼고 있다. 우리나라는 1986년 ACGIH의 TLV를 참고하여 직업적 노출기준을 제정한 이후 ACGIH의 TLV와 차이가 있거나 선진 외국에는 기준이 있으나 국내 기준이 없는 물질, 직업병 발생으로 국내에서 이슈가 되었던 물질 등 노출기준의 제·개정이 필요한 유해인자에 대해서는 각국의 노출기준 현황, 유해성, 관련 산업의 실태, 규제영향 등을 연구하여 노출기준을 개정하여왔다(Chung, 2007; Jeong et al., 2010; MoEL, 2020). 다만 우리나라는 ACGIH처럼 매년 TLV를 개정하고 있지 못한 관계로 일부 ACGIH TLV와 차이가 있는 경우가 있다. 노출기준에 대한 주요 개정 사항은 ACGIH와 우리나라 모두 인체에 미치는 영향을 최소화하기 위해 TLV 또는 노출기준의 농도 수준을 낮추는 방향으로의 변경이다. 그런데 일부 물질의 경우는 ACGIH의 TLV 설정근거가 완전히 바뀐 경우가 있다. 그 대표적인 사례가 알루미늄 및 그 화합물에 대한 TLV일 것이다. 알루미늄 및 그 화합물의 경우는 ACGIH에서 TLV 농도를 낮추는 정도가 아니고 모든 형태의 화합물에 대한 TLV를 전면적으로 철회하고 “알루미늄 금속 및 불용성화합물”에 대한 TLV를 1 mg/m<sup>3</sup>(호흡성분진)으로 신설하였다. ACGIH는 개정 이유로 “알루미늄 금속과 불용성화합물”의 경우는 장기간 노출 시 인체에 축적된다는 증거가 있고 장기간의 알루미늄 흡입은 신경학적 결손을 초래할 수 있기 때문이라고 관련 자료에 기술하고 있다(ACGIH, 2019a). 그래서 알루미늄 금속 및 불용성화합물로 인한 폐와 신경계의 잠재적인 영향을 고려하여 호흡성 입자를 기준으로

TLV를 설정하였다. 알루미늄 가용성염과 알킬화합물에 대해서는 독성학적인 증거가 불충분하다고 밝혔다.

현재 알루미늄 및 그 화합물에 대해 우리나라의 직업적 노출기준이 설정되어 있는 것은 알루미늄 금속분진( $10 \text{ mg/m}^3$ ), 산화알루미늄( $10 \text{ mg/m}^3$ ), 에머리( $10 \text{ mg/m}^3$ ), 가용성염( $2 \text{ mg/m}^3$ ), 알킬화합물( $2 \text{ mg/m}^3$ ), 용접흄( $5 \text{ mg/m}^3$ ), 피로파우더( $5 \text{ mg/m}^3$ ) 등이다. 이들 화합물 가운데 알루미늄 금속분진, 산화알루미늄, 에머리, 용접흄, 피로파우더의 경우는 ACGIH의 TLV인 알루미늄 및 불용성화합물의 범주에 포함된다고 할 수 있다. 그러나 알루미늄 알킬화합물과 가용성염의 경우는 적용 가능한 TLV가 없다. 그리고 비록 알루미늄 및 불용성화합물의 범주에 포함되는 화합물의 경우에도 기존 총 분진 기준으로  $5 \text{ mg/m}^3 \sim 10 \text{ mg/m}^3$ 이던 노출기준 농도를 호흡성 분진 기준으로  $1 \text{ mg/m}^3$ 으로 변경하였을 때 수용 가능한 수준인지도 잘 살펴보아야 할 것이다. 2019년도 알루미늄 및 그 화합물에 대한 작업환경측정결과를 살펴보면 노출기준의 10%를 초과하는 측정시료수가 전체 측정시료의 0.15% 정도이었다. 노출기준이  $10 \text{ mg/m}^3$ 인 알루미늄 금속분진과 산화알루미늄의 경우 노출기준의 10%인  $1 \text{ mg/m}^3$ 의 농도를 초과하는 건수가 1000건당 1.2건이었다. 이는 총 분진 농도로 측정된 결과이므로 호흡성분진 기준으로 보면  $1 \text{ mg/m}^3$ 을 초과하는 건수는 더 적을 수 있을 것이다. 그러므로 2019년도 작업환경 측정결과를 기준으로 살펴보았을 때 ACGIH의 TLV를 도입한다고 하더라도 큰 무리가 있을 것이라 여겨지는 않는다. 다만 사업장 입장에서는 갑자기 과도한 수준의 규제에 여겨질 수 있으므로 신중한 검토가 필요할 것으로 판단된다.

고용노동부가 ACGIH TLV를 기초로 노출기준을 개정하여 국내 사업장 작업환경 관리에 적용할 수는 있겠으나 문제는 기존에 ACGIH의 기준을 참고하여 알루미늄 화합물을 관리하여왔던 체계가 완전히 달라졌다는 것이다. 과학적 증거가 추가되어서 기존의 농도보다 조금 낮은 수준으로 관리할 필요가 있는 경우라도 노출기준 개정에 신중을 기해야 한다. 그런데 알루미늄 및 그 화합물의 경우는 대상 유해인자의 종류와 그 노출기준이 대폭적으로 바뀌었다. 그러므로 어떻게 관리하는 것이 좋을지에 대한 충분한 검토가 필요할 것으로 여겨진다. 그리고 이는 비단 우리나라만의 문제는 아닐 것이다. 대부분의 국가들이 ACGIH의 TLV를 받아들여 각국의 직업적 노출기준으로 채택하고 있으므로 다른 국

가들은 어떠한 상황인지도 살펴볼 필요가 있다. 미국 NIOSH와 OSHA, 영국 HSE의 기준을 살펴본 결과 NIOSH와 HSE의 경우는 아직 ACGIH의 기준을 받아들이지 않은 상태이고, OSHA의 경우는 ACGIH 기준과는 다르게 산화알루미늄과 금속분진에 대해서만 허용기준을 설정하여 관리하여 왔다. NIOSH의 경우 알루미늄에 대한 권고기준이 설정되어 있는 화합물의 분류가 우리나라 노출기준(2008년 이전 ACGIH TLV)과 유사하고 영국 HSE의 경우는 알루미늄 알킬화합물과 가용성염에 대한 기준을 그대로 유지하고 있다. 비록 우리나라가 ACGIH의 TLV를 우리나라 직업적 노출기준의 기초로 삼고 있기는 하지만 ACGIH의 TLV가 이와 같이 전면적으로 변경되는 경우 이를 그대로 받아들일 필요가 있는지는 충분히 검토해 보아야 할 것이다. 그러므로 이러한 전반적인 국내외의 상황을 고려하여 관계 전문가회의 등을 통해 알루미늄 화합물의 노출기준 관리 방향을 논의해볼 필요가 있을 것이다.

본 연구는 알루미늄 및 그 화합물과 같이 ACGIH의 TLV가 전면적으로 개정되어 기존에 우리나라에서 관리하여 왔던 형태와 많은 차이가 생기는 경우 해당 유해인자의 노출기준을 어떻게 설정하여 관리해야 하는지에 대한 방향을 논의하는데 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

## References

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Aluminum metal and insoluble compounds. Documentations of the threshold limit values and biological exposure indices, 7th Ed. ACGIH, Cincinnati(OH); 2019a
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Threshold limit values(TLVs) for chemical substances and physical agents & biological exposure indices(BEIs). ACGIH, Cincinnati(OH); 2002. p. 13
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Threshold limit values(TLVs) for chemical substances and physical agents & biological exposure indices(BEIs). ACGIH, Cincinnati(OH); 2019b. p. 12
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists(ACGIH). Guide to occupational exposure values. ACGIH, Cincinnati(OH); 2004. p. 5-6
- American Conference of Governmental Industrial

- Hygienists(ACGIH). Guide to occupational exposure values. ACGIH, Cincinnati(OH); 2011. p. 5-6
- Chung EK. A review on chemical occupational exposure limits in Korea. J Korean Soc Occup Environ Hyg 2007;17(2):K1-K6
- Health and Safety Executive(HSE). EH40/2005 Workplace exposure limits. p. 9 [Accessed 6 August 2020] Available from: <https://www.hse.gov.uk/pubns/priced/eh40.pdf>
- Jeong JY, Choi SJ, Kho YL, Kim PG. Extensive changes to occupational exposure limits in Korea. Regul Toxicol Pharmacol 2010;58:345-348. DOI:10.1016/j.yrtph.2010.08.006
- Ministry of Employment and Labor(MoEL). Occupational exposure limits of chemical substances and physical agents. MoEL Notice of Korea 2020-48, 2020
- National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH pocket guide to chemical hazards. [Accessed 6 August 2020] Available from <https://www.cdc.gov/niosh>
- Occupational Safety & Health Administration(OSHA). Permissible Exposure Limits/OSHA Annotated Table Z-1. [Accessed 6 August 2020] <https://www.osha.gov/dsg/annotated-pels/tablez-1.html>

#### <저자정보>

박승현(실장), 김세동(연구원)