

알루미늄 칼륨 플루오라이드

(Aluminum potassium fluoride)

산업화학연구실

2020. 08

산업재해예방

안전보건공단

산업안전보건연구원



요약(Summary)

알루미늄 칼륨 플루오라이드(Aluminum potassium fluoride)는 흰색의 무취인 고체로 주로 알루미늄 및 철강업에서 납땜이나 브레이징(brazing)의 플럭스(flux)로 사용되며, 용접봉과 연마지, 세라믹 안료나 유약, 타일 제조시 다양하게 사용되는 물질이다.

국내 유통량은 2016년 기준으로 연 3,843톤, 제조량 3,570톤 수입량 885톤, 사용량 1,592톤으로 약 23,000여명의 근로자가 노출되고 있는 것으로 알려져 있으며, 유럽 내에서 연간 100 - 10000톤 제조/수입 되고 있고, 2014년 자료에 따르면 미국 내에서의 수입량은 103.8톤으로 집계되었다.

산업현장에서 해당 물질을 취급하는 노동자를 대상으로 한 인체 연구에서, 알루미늄 칼륨 플루오라이드는 직업성 천식과 비염에 영향을 주는 것으로 보고되었으며, 또 다른 연구에서는 호흡기 및 안구에 영향을 주는 것으로 나타났다.

동물실험으로 랫드를 이용한 급성독성 연구에서는 경구투여 하였을 때 반수치사량(LD50)은 2150 mg/kg으로 나타났으며, 에어로졸 형태로 흡입노출 시켰을 때 반수치사농도(LC50)는 4.92 mg/L 이상으로 나타났다. 또한 랫드를 이용하여 에어로졸 형태로 90일간 비부노출시킨 결과, 국소영향의 NOAEC은 1.21 mg/m³으로 전신영향의 NOAEC은 3.08 mg/m³으로 보고되었다.

생식독성으로 랫드의 실험결과 NOAEL 600 ppm 으로 보고되었으며 포유류 림프구 세포를 이용한 소핵실험 결과 대사활성계 유무와 관계없이 양성으로 판정되었다.

알루미늄 칼륨 플루오라이드는 GHS 분류 유해성·위험성 분류에 따라 특정 표적장기(호흡기) 독성이 구분 1로 분류되어있으며, 그 외 인체 사례연구 및 동물실험 결과들을 참고하여 활용할 수 있으므로 추가적인 흡입독성 연구는 필요하지 않을 것으로 판단된다.

중심단어 : 알루미늄 칼륨 플루오라이드, 호흡기, 직업성 천식, 용접

차례(Contents)

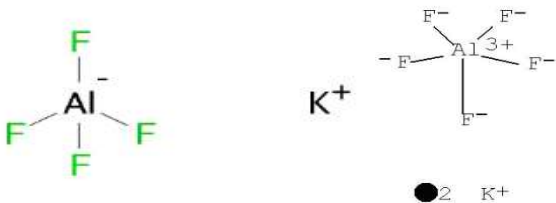
요약(Summary)	2
약어(Abbreviations)	4
1. 서론(Introduction)	5
1.1. 구성(Composition)	5
1.2. 사용(Uses)	6
2. 인체 연구(Human Studies)	7
2.1. 사례 연구(Case Reports)	7
2.2. 역학 연구(Epidemiologic Studies)	7
3. 독성 연구(Toxicological Studies)	8
3.1. 흡수, 분포, 대사, 배설(ADME)	8
3.2. 급성 독성(Acute Toxicology)	8
3.3. 아급성 독성(Subacute Toxicology)	8
3.4. 아만성 독성(Subchronic Toxicology)	9
3.5. 만성 독성·발암성(Chronic Toxicology/Carcinogenicity)	9
3.6. 생식·발생 독성(Reproductive/Developmental Toxicology)	9
3.7. 유전 독성/변이원성(Genotoxicity, Mutagenicity)	10
3.8. 그 외 독성 정보(Others)	10
4. 유해성 분류(Hazard Classification)	12
5. 결론(Conclusion)	13
참고문헌(References)	14

약어(Abbreviations)

LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level, 최소유해용량
LOAEC	Lowest Observed Adverse Effect Concentration, 최소유해농도
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level, 최대무독성용량
NOAEC	No Observed Adverse Effect Concentration, 최대무독성농도
LD ₅₀	Lethal Dose for 50 percent kill, 반수치사량
LC ₅₀	Lethal concentraton for 50 percent kill, 반수치사농도
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labeling of Chemicals, 화학물질분류 및 표지에 관한 세계조화시스템

1. 서론(Introduction)

1.1. 구성(Composition)

구조 ^a	$x K^+ \quad Al^{3+} \quad y F^-$  (constituent 1 : AlF4.K) (constituent 2 : K2AlF5)
영문 물질명	Aluminum potassium fluoride
국문 물질명	알루미늄 칼륨 플루오라이드 (동의어 칼륨 테트라플루오로알루미늄에이트)
CAS No ^a	60304-36-1 (constituent 1: 14484-69-6) (constituent 2 :15320-26-0)
분자식	K_xAlF_y
분자량	142.073 ^b
색깔 및 성상	흰색, 고체, 무취
끓는점	19.5 °C ^c
녹는점	560~577 °C (101.3kPa)
인화점	자료없음
자연발화온도	자료없음
증기압	자료없음
밀도/비중	2.94 (g/cm ³)
점도	자료없음
옥탄올-물 분배계수	자료없음
용해도	4500 (20 degree C, mg/l)

* 안전보건공단 MSDS 상세정보 참고

^a 알루미늄 칼륨 플루오라이드는 Multi-constituent substance로서 해당 물질의 실제 구성성분은 2가지로 확인됨(ECHA)

^b ChemIDplus; ^c Johan, 2017 발췌

1.2. 사용(Uses)

알루미늄 칼륨 플루오라이드(Aluminum potassium fluoride)는 주로 알루미늄 및 철강업에서 납땜이나 브레이징(brazing)의 플럭스(flux)로 사용되며, 용접봉과 연마지, 세라믹 안료나 유약, 타일 제조시 다양하게 사용되는 물질이다(ECHA).

알루미늄 칼륨 플루오라이드는 유럽 내에서 연간 100 - 1000톤 제조 및 수입 되고 있으며, 실제 구성성분 중 하나인 AlF_4K 는 연간 1000 - 10000톤 제조 및 수입 되는 것으로 확인되며(ECHA), 미국 내에서의 국내 제조, 사용 및 수출량은 확인되지 않으나 2014년 EPA에 제출된 자료에 따르면 수입량은 103.8톤으로 집계되었다(EPA).

2016년 국내 유통량은 연 3,843톤, 제조량 3,570톤 수입량 885톤, 사용량 1,592톤으로 약 23,000여명의 근로자가 노출되고 있는 것으로 확인된다(화학물질안전원).

국가	유통량 [톤/년]	제조량 [톤/년]	수입량 [톤/년]	수출량 [톤/년]	사용량 [톤/년]	근로자 [명]
미국	-	-	103.8	-	-	-
한국	3,843	3,570	885	612	1,592	23,233

* 화학물질안전원, 2016년 국내 통계조사결과

2. 인체 연구(Human Studies)

2.1. 사례 연구(Case Reports)

이 연구는 에어컨 열교환기 생산라인에서 종사하며 100% KAlF_4 에 의해 직업성 천식과 직업성 비염이 유발되었다고 의심되는 5명의 환자를 검사한 결과, 작업장 기중 KAlF_4 의 농도는 1.7 and 2.8 mg/m^3 이었으며, 5명 중 1명은 직업성 천식, 또 다른 한명은 직업성 비염, 그 외 다른 한명은 직업성 천식과 비염의 결과를 보였다 (Lastovkova et al., 2015).

Potassium aluminum tetrafluoride를 납땜용제로 사용하는 산업현장에서 289명의 노출된 노동자를 조사했다. 대조군은 동일한 지역에서 노출되지 않은 118 명으로 구성되었다. 고노출군은 74명의 용광로 작업자로서, KAlF_4 의 평균 노출농도 0.33 mg/m^3 으로 노출되고 있었다. 저노출 근로자는 215명으로 평균 노출농도는 0.1 mg/m^3 이었다. 대조군 대비 저노출군과 고노출군은 모두 마른 기침, 코 막힘, 코피 및 눈 증상의 형태로 증상이 훨씬 더 빈번히 보였고, 고노출군은 증상의 형태가 크게 나타났다. 천식 증상과 코 막힘의 경우는 유의성이 있었다. 총 39 명의 노출된 노동자는 천식 증상을 보였으며 그 중 16명은 고노출군으로 나타났다(Larsson et al., 2017).

2.2. 역학 연구(Epidemiologic Studies)

자료없음

3. 독성 연구(Toxicological Studies)

3.1. 흡수, 분포, 대사, 배설(ADME)

자료없음

3.2. 급성 독성(Acute Toxicology)

OECD TG 401(급성경구독성)에 따라 조성 70 % KAlF_4 및 30 % K_2AlF_5 로 이루어진 다성분 알루미늄 포타슘 플루오라이드로 랫드를 이용하여 급성경구독성시험을 수행하였으며, 실험 결과 LD50은 암컷 2150 mg/kg, 수컷 2720mg/kg으로 확인되었다(ECHA)^a.

그 밖의 시험 결과 중 랫드를 이용해 에어로졸 형태로 1시간동안 흡입 노출시킨 결과 2마리의 수컷과 3마리의 암컷에서 위, 선상, 심장 및 소장에서 이상이 관찰되었고 LC50은 > 4.92 mg/L으로 보고되었다(ECHA)^a.

OECD TG 402(급성경피독성)에 따라 토끼를 이용하여 급성 경피독성 실험 결과 LD50은 > 2000 mg/kg으로 보고되었다(ECHA).

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
Rat	경구	LD50 : 암컷 2150 mg/kg(암컷) 수컷 2720 mg/kg(수컷)	ECHA
	흡입	LC50 > 4.92 mg/L	ECHA
Rabbit	경피	LD50 > 2000 mg/kg	ECHA

^a 알루미늄 칼륨 플루오라이드의 실제 구성성분 중 하나인 Cas No.14484-69-6 이 해당 화학물질의 같은 실험자료를 참조하고 있어 실험방법 및 수컷의 LC50 보완

3.3. 아급성 독성(Subacute Toxicology)

Wistar 랫드를 이용한 급성 흡입시험에서 에어로졸 형태로 28일간 비부노출

시킨 결과, LOAEC은 106 mg/m³으로 나타났으며 추후 2003년에 게재된 실험결과로 Wistar 랫드의 국소영향을 보기위한 에어로졸 형태로 28일간 비부노출시킨 결과 LOAEL 1 mg/m³, NOAEC 103.8 mg/m³으로 보고되었다(ECHA IUCLID).

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
Rat (Wistar)	흡입	LOAEC : 106 mg/m ³	ECHA IUCLID
	흡입	LOAEL : 1 mg/m ³ NOAEC : 103.8 mg/m ³	ECHA IUCLID

3.4. 아만성 독성(Subchronic Toxicology)

Wistar 랫드를 이용한 에어로졸 형태로 90일간 비부노출시킨 결과, 국소영향의 NOAEC은 1.21 mg/m³, 전신영향의 NOAEC 3.08 mg/m³으로 보고되었다(ECHA).

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
Rat (Wistar)	흡입	NOAEC : (local effect) 1.21 mg/m ³ (systemic effect) 3.08 mg/m ³	ECHA, 2009

3.5. 만성독성·발암성(Chronic Toxicology/Carcinogenicity)

해당 물질에 대해 IARC, NTP 및 USEPA에서 발암성 등급이 분류되지 않았다.

IARC	NTP	USEPA
해당 자료 없음	해당 자료 없음	해당 자료 없음

3.6. 생식·발생 독성(Reproductive/Developmental Toxicology)

암수 SD 랫드의 경구(식이)투여를 통한 생식독성 실험에서 NOAEL 600 ppm

으로 확인되었다(ECHA IUCLID).

동물종	투여경로	시험 결과	참고문헌
Rat (SD)	경구(식이)	NOAEL : 600ppm	ECHA IUCLID

3.7. 유전독성/변이원성(Genotoxicity/ Mutagenicity)

OECD TG 487(Draft proposal)에 따라 In vitro 포유류 림프구 세포(Human Lymphocytes)를 이용한 소핵시험결과, 대사활성(metabolic activation) 유무와 관계없이 양성으로 판정되었다(ECHA).

시험법	시험계(종)	시험 결과	참고문헌
소핵시험 (TG 487)	포유류 림프구 세포	양성	ECHA

3.8. 그 외 독성 정보(Others)

3.8.1. 특정 표적장기 독성

OECD TG 413(90일 반복흡입독성시험) 및 GLP(Good Laboratory Practice)에 따라 랫드를 대상으로 90일간 반복흡입독성 시험 결과, 고농도에 노출될 경우, 암컷에서는 호중구의 절대 수치가 통계적으로 유의하게 증가했고, 림프구 비율의 감소를 수반하였으며 또한 폐포 대식세포의 축적 및 조직반응이 일어난 것으로 보고되었다. 표적장기는 호흡기로 분류되었다(ECHA).

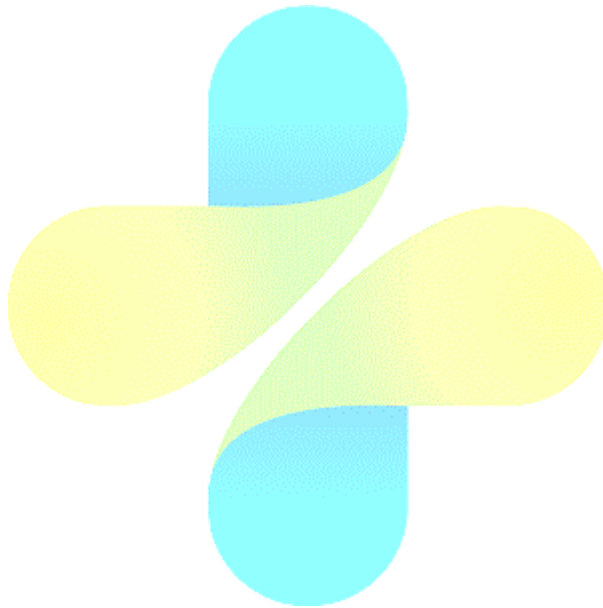
3.8.2. 안자극

OECD TG 405(급성 안자극/부식성시험) 및 GLP(Good Laboratory Practice)에 따라 토끼의 안구를 이용하여 눈손상/자극성 시험을 실시한 결과, 경미한 공막의 충혈

이 발견되었으나, 21일 이후에는 모두 치유된 것으로 보고되었다(ECHA).

3.8.3. 피부과민성

OECD TG 406(피부과민성시험) 및 GLP(Good Laboratory Practice)에 따라 기니피그 암컷을 대상으로 피부과민성 시험 결과, 암컷을 대상으로 피부과민성은 없는 것으로 판정되었다(ECHA).



4. 유해성 분류(Hazard Classification)

유해성·위험성 분류	특정 표적장기 독성(반복 노출) : 구분 1 급성독성 : 구분 4 ^a 심한 눈손상/안자극 : 구분 2 ^a
예방조치문구를 포함한 경고표지 항목	 - 유해·위험문구 H372 : 장기간 또는 반복노출 되면 신체 중 (...)에 손상을 일으킴 - 예방조치문구 · 예방 P260 : (분진·흙·가스·미스트·증기·스프레이)를(을) 흡입하지 마시오. P264 : 취급 후에는 취급 부위를 철저히 씻으시오. P270 : 이 제품을 사용할 때에는 먹거나, 마시거나 흡연하지 마시오. · 대응 P314 : 불편함을 느끼면 의학적인 조치·조언을 구하십시오. · 저장 자료없음 · 폐기 P501 : (관련 법규에 명시된 내용에 따라) 내용물 용기를 폐기하십시오.
유해성·위험성 분류기준에 포함되지 않는 기타 유해성·위험성	자료없음
참고문헌	공단 MSDS, ^a ECHA

5. 결론(Conclusion)

알루미늄 칼륨 플루오라이드(Aluminum potassium fluoride)는 반복흡입독성 시험 결과, 고농도에 노출될 경우, 랫드 암컷에서 호중구의 절대 수치가 통계적으로 유의하게 증가했고, 림프구 비율의 감소 및 폐포 대식세포의 축적, 조직반응이 일어남이 확인되었다. 이러한 특이적이고 비치사적으로 나타나는 독성을 근거로, GHS 분류 유해성·위험성 분류에 따라 특정 표적장기(호흡기) 독성이 구분 1로 분류된 물질이다.

또한 해당 물질에 노출되고 있는 근로자를 대상으로 인체 사례연구가 진행되었으며, 직업성 천식 등을 유발하는 것으로 확인되었다. 동물실험으로는 OECD Test Guideline에 따라 수행한 급성독성시험 및 유전독성시험이 수행되었으며, 급성독성시험의 경우 경구와 경피, 흡입의 경로에서 각각 LD50 혹은 LC50의 실험 결과가 확인 되었고 해당 결과는 GHS분류상 '구분 외'에 해당되는 낮은 결과를 보였다. 유전독성시험 중 소핵시험에서 대사활성의 유무와 관계없이 양성으로 판정되었다.

알루미늄 칼륨 플루오라이드는 산업안전보건연구원의 급성 흡입독성 후보물질이었으나 표적장기인 호흡기에 구분 1로 분류된 점과, 그 외 인체 사례연구 및 실험동물을 통한 급성, 아급성, 아만성 흡입독성실험 및 유전독성 연구가 진행되었던 결과들을 참고하여 활용할 수 있으므로 현재 추가적인 흡입독성 연구는 필요하지 않을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 안전보건공단 화학물질정보 Available from:URL:<http://msds.kosha.or.kr/>
2. 화학물질종합정보시스템(화학물질안전원). Available from:URL:icis.me.go.kr
3. Lastovkova A, Klusackova P, Fenclova Z, Bonnetterre V, Pelclova D. Asthma caused by potassium aluminium tetrafluoride: a case series. Ind Health. 2015;53(6):562-568
4. Larsson B, Karlsson JE, Nielsen J. Respiratory and ocular symptoms in workers exposed to potassium aluminium-tetrafluoride soldering flux. Int Arch Occup Environ Health. 2007;80(7):627-633.
5. Johan Montelius(Ed). "Scientific Basis for Swedish Occupational Standards XXXXIV". ARBETE & HALSA (Work & Health), 2017, p.2.
6. European Chemicals Agency (ECHA) Available from:<https://echa.europa.eu/>
7. NCBI. Available from:URL:<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>
8. ChemIDplus. Available from:URL:<https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/chemidlite.jsp>
9. Pubmed. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>
10. EPA CompTox Dashboard. Available from:URL:<https://comptox.epa.gov/dashboard>