

| [포름알데히드]                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 물리·화학적 특성 <sup>1)2)3)4)</sup>                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                              |
| 미량이 인간을 포함한 대부분의 생물의 물질대사의 부산물로 만들어진다. 폼알데하이드에 노출되지 않은 사람도 혈액 중에 폼알데하이드 농도가 2.61±0.14 μg/g (약 2.6ppm)이라는 보고가 있다. 새집 증후군의 원인 물질 중 하나이다. 아토피성 피부염의 원인 물질 중 하나이며, 메탄올을 잘못 마셨을 때, 실명이나 사망을 일으키는 원인 물질이다. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                              |
| 물질명                                                                                                                                                                                                  | 국문 : 포름알데히드<br>영문 : Formaldehyde                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                              |
| 관리정보                                                                                                                                                                                                 | CAS 번호 : 50-00-0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                              |
| 성상                                                                                                                                                                                                   | 기체, 무색 무취 심한 자극성 냄새                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                              |
| 분자식                                                                                                                                                                                                  | (CH <sub>2</sub> O) <sub>n</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                              |
| 분자량                                                                                                                                                                                                  | 30.03 g/mol                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                              |
| 끓는점                                                                                                                                                                                                  | -19.5℃ (760 mmHg)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                              |
| 녹는점                                                                                                                                                                                                  | -92℃                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                              |
| 비중                                                                                                                                                                                                   | 0.815 (-20℃)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                              |
| 밀도                                                                                                                                                                                                   | 1.46 g/cm <sup>3</sup> at 15℃ (고체), 1.46 g/cm <sup>3</sup> at 20℃                                                                                                                                                                                                                                                                   |                              |
| 증기밀도                                                                                                                                                                                                 | 1.03 (air =1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                              |
| 독성정보 <sup>1)2)3)4)5)6)7)</sup>                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                              |
| 독성                                                                                                                                                                                                   | 종 (species)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 결과                           |
| 급성 경구독성                                                                                                                                                                                              | Rat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DNEL = 4.1mg/kg/day          |
| 급성 흡입독성                                                                                                                                                                                              | Rat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DNEL = 3.2 mg/m <sup>3</sup> |
| 급성 경피독성                                                                                                                                                                                              | Rat                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | DNEL = 102mg/kg/day          |
| 인체 영향 <sup>1)2)3)4)8)9)10)</sup>                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                              |
| 흡입 노출                                                                                                                                                                                                | 0.1-0.2 ppm의 낮은 농도에서도 기침 등 호흡기 자극 증상 및 흉부 압박감이 발생하며 0.5 ppm 이상의 농도에서는 천명음이 나타날 수 있다. 낮은 농도에서도 기관지, 인두 등에 염증을 일으킬 수 있으며, 10-20 ppm에서는 호흡곤란이 발생한다. 더 높은 농도에서는 기도에 손상을 입힐 수도 있으며, 폐부종 및 폐렴, 사망에까지 이를 수 있다.                                                                                                                             |                              |
|                                                                                                                                                                                                      | 3 ppm에서 짧은 시간 노출되어도 감각된 사람에게 후기 천식 반응을 야기할 수 있다는 보고도 있다.                                                                                                                                                                                                                                                                            |                              |
|                                                                                                                                                                                                      | 흡입 시 호흡기의 과민성과 자극을 유발하여 인후통, 기침, 숨참을 나타내며 25-30ppm의 농도에서 폐부종 및 폐렴을 일으킬 수 있는 심각한 호흡기 손상이 유발된다. 고농도에서 치명적일 수 있으며, 일반적인 취급과정에서 발생하는 증기나 에어로졸(미스트, 흙)을 흡입할 경우 심각한 독성 영향을 일으킬 수 있다. 상대적으로 낮은 농도에서의 증기를 흡입할 경우 코나 상부 호흡기계에 저린 감각을 유발할 수 있으며, 중간 농도의 경우 타는 듯한 느낌 및 두통이 발생한다. 높은 농도의 증기는 흉부의 수축, 기관지 경련, 삼킴 곤란, 부종, 후두의 경련, 호흡곤란을 유발할 수 있다. |                              |
| 피부, 눈, 비강, 인두 노출                                                                                                                                                                                     | 포름알데히드는 강한 자극제로 보통 2-3 ppm에서 눈, 코 등에 염증을 일으키며, 10-20 ppm에서는 심하게 눈물이 나며 코와 목의 작열감 등 자극 증상을 일으킨다. 눈에 들어간 경우에는 각막에 심한 손상을 입는다.                                                                                                                                                                                                         |                              |
|                                                                                                                                                                                                      | 포름알데히드 증기는 발적, 통증 및 흐릿한 시야와 함께 안구의 자극을 유발하며, 높은 농도에 노출 시 돌이킬 수 없는 안구 손상을 유발할 수 있다. 직접적으로 접촉 시 눈에 화학적 화상을 입게 되며, 증기나 미스트는 극심한 자극을 주어 눈물과다가 나타날 수 있다.                                                                                                                                                                                 |                              |
|                                                                                                                                                                                                      | 포름알데히드는 직업성 피부질환의 가장 흔한 원인증의 하나이다. 자극성 접촉성 피부염(irritant) 및 알레르기성(allergic) 접촉성 피부염 모두를 유발한다. 급성 노출 시에는 얼굴을 직접 자극하여 눈 주변의 부종 (periorbital edema)을 야기한다. 또한                                                                                                                                                                           |                              |

|       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | <p>7-10일의 induction period를 거쳐 손이나 팔에 피부염(chronic eczema)을 일으키는 데 이는 피부의 과민반응을 발생시키는 과정을 통하여 이루어진다.</p> <p>포름알데히드는 심한 피부 자극제 및 민감제로서 피부 발적, 통증, 화상이 나타나며 백변색, 따가움, 갈라짐, 낙설을 유발한다. 피부 접촉만으로도 독성이 나타날 수 있으며 흡수된 후 전신에 영향을 초래할 수 있다. 베임, 찰과상 또는 환부를 통하여 혈액속에 들어갈 경우, 유해한 영향과 함께 전신 손상을 유발할 수 있다. 직접적인 접촉 후 또는 시간이 경과된 후에 중증도의 염증을 유발한다. 병원, 포름알데히드수지, 선유산업, 샴푸 및 합판으로 된 가구의 생산에서 포름알데히드에 노출된 노동자 사이에 접촉성피부염이 보고되었다.</p>                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 신경계   | <p>흡입 시 두통, 쇠약 등의 증상이 나타났으며, 섭취 시 어지러움, 의식 소실, 경련 등의 증상이 발생했다는 보고가 있다.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 위장관계  | <p>섭취 시 메스꺼움, 피가 섞인 구토, 설사, 복통 등의 증상이 발생할 수 있다.</p> <p>경구를 통한 섭취 시 심한 복통, 외인성 구토, 두통 및 설사가 유발되며 많은 양의 섭취는 체온 하강, 얇은 호흡, 약하고 불규칙한 맥박, 무의식 및 사망을 일으킬 수 있다. 사고로 포름알데히드를 섭취할 경우 독성 증상이 초래되며 구강과 위장관의 화학적 화상을 일으킬 수 있다.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 간담도계  | <p>섭취 시 황달이 나타났다는 보고가 있다.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 비뇨기계  | <p>섭취 시 단백뇨, 혈뇨, 무뇨 및 산증이 나타날 수 있다.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 급성 영향 | <p>급성 증상은 주로 호흡기, 피부, 안구로 노출되어 발생하며, 눈, 코, 목, 호흡기의 자극감, 눈물, 기침, 천명음 등이 나타난다. 주 표적기관은 안구와 호흡기계이다.</p> <p>저농도에서는 경미한 안구 자극 증상이 가장 먼저 나타나게 된다. 이러한 증상을 자각하는 것은 농도에서의 상기도 손상을 막기 위한 일종의 경고로 여겨진다.</p> <p>사람에서 Oral lethal dose는 0.5-5g/kg 또는 1온스에서 1과인트 사이이다. 1ppm 이하에서는 냄새를 자각할 수 있으며, 2-3ppm에서는 안구 자극감이 나타난다. 4-5ppm에서는 불편감이 증가하며, 눈물이 나기도 한다. 10ppm에서는 다량의 눈물이 나며, 10-20ppm에서는 기침, 코와 목의 화끈거림과 함께 숨쉬기가 힘들어진다. 50-100ppm에서는 급성 호흡기계 자극으로 인해 심각한 손상을 입게 된다. 안구에 급성 노출되었을 때, 심한 경우 각막 혼탁과 시력 손실이 나타나기도 하였다. 호흡기계 증상으로는 호흡곤란, 기침, 폐렴, 폐부종이 있으며, 감각된 사람들의 경우 천식과 같은 증상이 나타날 수 있다. 심혈관계 증상으로는 저혈압, 저체온증, 심부전이 있으며 신경계 증상은 무기력, 어지럼증, 발작, 혼수가 있다. 혈뇨, 신염, 간독성도 보고된 바 있다.</p> |
| 만성 영향 | <p>인두, 기관, 기관지 등의 염증을 야기하고 냄새를 잘 맡지 못하게 된다. 조직학적으로는 코 점막의 염증반응을 일으켜 비염증상을 발생시키고, 섬모의 소실, goblet cell 과증식, 편평상피화생(squamous metaplasia) 및 경증의 이형 증식증(dysplasia)을 보인다. 이형 증식증은 암의 전단계이다.</p> <p>피부의 경우 처음에는 단순한 자극감으로 시작되나, 만성적으로 노출되는 경우 감각성 피부염이 나타난다. 피부를 통한 반복 노출은 홍반, 부어오름, 수포 등의 접촉성 피부염을 유발한다.</p> <p>3 ppm이하의 노출에서도 폐활량의 감소를 가져오고, 만성적으로 폐쇄성 기도 혹은 만성기관지염을 발생시킨다. 반복된 노출은 과민성 반응을 일으켜서 천식을 유발하거나 후두 염증 또는 부종을 일으키기도 한다.</p> <p>저농도의 포름알데히드에 만성적으로 노출된 경우 두통, 기억력 저하, 수면장애 등의 발생이 증가했다는 보고가 있다.</p> <p>여성에게서 월경 장애와 2차적 불임을 유발한다는 보고가 있다.</p>                                                                                                                    |
| 발암성   | <p>포름알데히드는 비인두암의 발생을 증가시키는 것으로 다수의 역학적 연구에서 관찰되었다. 그 외에 폐암의 발생이 증가했다는 연구들도 많이 있다. 또한 최근의 연</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                  | 구에서는 포름알데히드의 노출과 백혈병(특히 골수성 백혈병)의 발생 사이에 양적인 상관관계가 있다는 보고들도 있다.                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 환경거동                             | 수질에서 28일 후 90% 쉽게 생분해 되며, 토양에서의 잔류성은 낮다.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                  | 혈장내 포름알데히드의 반감기는 1-1.5분이므로 고농도를 흡입한 경우가 아니라면 노출 직후에도 고농도로 검출되지는 않는다.                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 노출 경로별 사고사례                      | 햇빛 아래 대기에서의 반감기는 1-2시간으로 측정되었고 OH-라디칼과의 반응에 의한 직접적 광분해 조건에서 1.71일로 나타났다.                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                  | 근시 광추출성 각막절제술 후 각막염에 걸린 3명의 환자에 대한 증례 보고가 있었다. 모든 환자들은 같은 날 치료를 받았으며, 세 경우 모두 엑시머 레이저 홍채 원추의 소독에 파라포름알데히드 제제를 사용하였다. 모든 환자들은 수술 후 각막염에 심하게 걸려 각막 혼탁이 나타났다. 첫 번째 환자의 경우, 수술 후 최소 4개월 반 동안 중심부 각막 혼탁이 지속되었다. 그는 수술 전보다 더 근시가 되었다. 다른 두 환자의 경우, 각막 혼탁은 주변부에 나타났으며, 밀도가 낮았다. 수술 후 6개월이 지난 후 혼탁은 사라졌으나, 세 환자 모두 수술 후 난시가 증가하였다.             |
|                                  | 30세 여성이 치수 염증과 통증으로 치과에 내원하였을 때 파라포름알데히드 제제를 도포하였으나, 치아와 치골 피질골의 현저한 괴사를 초래하여 치아를 상실한 원인이 되었다.                                                                                                                                                                                                                                         |
| 안전 가이드 <sup>1)2)3)4)10)11)</sup> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 응급조치 요령                          | <p>[흡입한 경우]</p> <p>환자를 침착하게 유지하고 신선한 공기가 있는 곳으로 옮기고 의사의 진료를 받으십시오. 조절/정량 흡입기에서 코르티코 스테로이드를 즉시 투여하십시오.</p> <p>[피부에 접촉했을 때]</p> <p>즉시 다량의 물로 철저히 씻고 멸균 드레싱을 바르고 피부 전문가와 상담하십시오.</p> <p>[눈에 들어갔을 때]</p> <p>즉시 흐르는 물에 눈꺼풀을 펴고 15분 이상 눈을 씻고 안과 전문의와 상담하십시오.</p> <p>[섭취]</p> <p>구토를 유도하지 마십시오. 즉시 입을 행구고 물 200-300ml를 마시고 의사의 진료를 받으십시오.</p> |
| 취급 방법                            | 증기는 공기와 폭발성 혼합물을 형성 할 수 있습니다. 정전기 방전에 대한 예방 조치를 취하십시오. 발화원에서 멀리하십시오                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 반응성                              | <p>[화학적 안정성]</p> <p>제품은 화학적으로 안정적입니다.</p> <p>[과산화물]</p> <p>제품 / 물질은 과산화물을 형성하는 경향이 없습니다.</p> <p>[유해 반응 가능성]</p> <p>제품은 규정 / 표시된대로 보관 및 취급하면 안정적입니다.</p> <p>[피해야 할 조건]</p> <p>열, 스파크, 화염 등 모든 발화원 을 피 하십시오.</p>                                                                                                                         |

[참고문헌]

1. IARC. Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemicals to Man. Vol 88 (2006).
2. Formaldehyde exposure and Leukemia: A New Meta-Analysis and Potential Mechanisms. 681 (2-3). Mutation Research/Reviews in Mutation Research. March-June 2009. pp 150-168.
3. Formaldehyde and Leukemia: Epidemiology, Potential Mechanisms, and Implications for Risk Assessment. 51. Environmental and Molecular Mutagenesis. 2010. pp 181-191.
4. Goodman, L.S., and A. Gilman. (eds.) The Pharmacological Basis of Therapeutics. 5th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc., 1975. pp 993.

5. ATSDR; Toxicological Profile (1999) Available : <http://www.atsdr.cdc.gov>.
6. Bingham, E.; Cohrssen, B.; Powell, C.H.; Patty's Toxicology. 5th ed. NY, NY: John Wiley & Sons Inc. 2001. pp 5: 980-7.
7. Gilman, A. G., L. S. Goodman, and A. Gilman. (eds.). Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics. 6th ed. New York: Macmillan Publishing Co., Inc. 1980. pp 971.
8. U.S. Environmental Protection Agency. 1998. Extremely Hazardous Substances (EHS) Chemical Profiles and Emergency First Aid Guides. Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
9. Ryan, R.P., C.E. Terry, S.S. Leffingwell (eds.) Toxicology Desk Reference 5th ed. Volumes 1-2. Taylor & Francis Philadelphia, PA. 2000, p. 714.
10. Sullivan, J.B., Krieger G.R. (eds). Clinical Environmental Health and Toxic Exposures. Second edition. Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia, Pennsylvania 1999. pp 1008.
11. The Chemical Society. Foreign Compound Metabolism in Mammals Volume 3. London: The Chemical Society, 1975. pp 339.