



# 할로겐화합물 소화약제(HCFC-123)에 의한 독성간염 발생사고 검토

## 서론

2017년 8월 경기도 안성에 있는 소화기 제조사업장에서 소화약제 충전 업무를 하는 근로자 2명이 소화약제(HCFC-123)에 노출되어 급성 독성 간염이 발생(추정)하였다. 안전보건공단의 발생경보<sup>1)</sup>에 의하면 재해발생 원인은 환기가 불충분한 약제충진 공정에서의 작업과 개인보호구를 미착용했기 때문이라고 한다. 약제충진 공정에 환기장치가 미설치되어 있어 HCFC-123 증기가 작업장 내부로 확산·체류하였고, 호흡용보호구(방독 마스크)를 미착용하여 HCFC-123 증기를 직접 흡입하였다고 한다.



성균관대의대 강북삼성병원  
직업환경의학과 교수  
**김수근**

고용노동부는 해당 사업장에 대해 전면 작업중지 명령을 내렸고, 역학조사를 통한 업무관련성 규명 및 사업장 감독을 실시할 예정이며, 동종 사업장에 대해서도 안전보건관리 실태를 불시 점검할 계획이라고 하였다. 지금쯤 점검 결과도 나왔을 것이고 재발방지 대책도 사업장에 전달되었을 것이다. 또한, 이번 사고가 제조업체의 공정 과정에서 발생했기 때문에 고용노동부 차원에서 HCFC-123의 노출 기준을 마련하고 정밀재해조사 결과에 따라 관리 대상 물질 등으로 법제화하는 방안을 추진할 방침이라고 한다. “관리 대상 물질이 되면 사업장과 노동자를 대상으로 한 보호구 착용이나 환기장치 설치 등 안전장치 관리가 강화된다”며 “이는 사업장에서 물질을 취급하거나 사용하는 노동자의 안전과 건강을 예방하기 위한 것으로, 환경부에 유독물로 지정해 달라는 의견을 보낸 상태다”라고 밝혔다.<sup>2)</sup> HCFC-123은 실제 산업용 냉각기 파열로 노출된 40명의 노동자에게서 현기증이나 두통 등 중추신경 관련 증상이 보고된 바 있고, 드라이클리닝 관련 종사 근로자가 해당 물질을 포함한 용제에 노출돼 급성 간염이 발병된 사례도 있다.

## HCFC-123의 특성과 용도

### 1. 물리·화학적 특성

HCFC-123(1,1-Dichloro-2,2,2-trifluoroethane)은 CAS No. 306-83-2이고, 분자식은  $C_2HCl_2F_3$ , 분자량(MW)은 152.93이다. 끓는점은 28 °C로 상온에서

비가연성 휘발성 무색 액체이며 독특한 냄새가 난다. HCFC-123은 물에 약간 용해된다. HCFC-123의 물리적 및 화학적 데이터는 <표 1>에 나와 있다.

<표 1> HCFC-123의 물리·화학적 특성

특성	값	특성	값
끓는점	27.6 °C	증기밀도	6.4 (공기=1)
어는점/녹는점	-107 °C	비중	1.5 (물=1)
증기압	14 Pa (at 25 °C)	n-옥탄올/물분배계수	2.17 (추정치)
용해도	0.21 g/100 mL (at 25 °C)	점도	0.0111 cP (at 35 °C)

## 2. 생산

HCFC-123 생산을 위한 가능한 경로는 테트라클로로에틸렌(tetrachloroethylene)의 하이드로플루오르화(hydrofluorination) 및 1,1,1-트리클로로-2,2,2-트리플루오로에탄(1,1,1-trichloro-2,2,2-trifluoroethane, CFC-113a)의 하이드로 탈염소 반응(hydro-dechlorination)이다. 현재 전 세계에서 상업적으로 이용 가능한 HCFC-123의 생산량은 예측할 수 없지만 총 배출량은 2010년까지 최대 2.5 kt/yr로 추정된다.

HCFC-123 및 기타 하이드로클로로플루오로카본(hydrochlorofluorocarbons)의 제조, 수입 및 수출은 오존층을 고갈시키는 물질에 관한 몬트리올 의정서에 따라 규제된다. 이는 모든 서명국에서 2020년까지 몬트리올 의정서에 대한 코펜하겐 수정안을 비준한 국가에서 사실상(1996년 기준 95.5%) 단계적으로 폐기되어야 한다.

## 3. 사용

HCFC-123의 주요 용도는 기체 상태의 소화기, 거품 발포제, 에어컨, 상업용 및 산업용 공조 설비, 금속 및 전자제품·부품 세척에 사용되는 트리클로로플루오로메탄(trichlorofluoromethane, CFC-11)의 대체 냉매이다. 이는 주로 1987년 몬트리올 의정서에 따라 단계적으로 폐기되는 클로로플루오로카본(chlorofluorocarbons) 및 브로모플루오로카본(bromofluorocarbons)을 일시적으로 대체하는 용도로 사용된다.

HCFC-123은 또한 트리플루오로아세틸 클로라이드(trifluoroacetyl chlo-

ride), 다양한 농업용 화학제품(various agricultural chemicals), HCFC-124 및 HFC-125의 생산에서 화학 중간체로 사용될 수 있다.

할로겐화합물 소화기에 사용되는 소화약제에는 여러 종류가 있다. 보편적으로 HCFC BLEND B(HALOTRON), HFC-236fa, FK-5-1-12(Novec 1230) 등이 주로 쓰이는 것으로 알려져 있다.

2016년도 한국소방산업기술원을 통해 검사를 받은 가스식 소화기의 현황을 보면 HCFC-123 소화기가 96,694개로 가장 많다. 그 다음이 이산화탄소 소화기(68,108개), HFC-236fa(5,709개), 하론1301(2,615개), 하론1211(2,480개), HCFC Blend B(2,450개) 순이다. 비율로 따져보면 54% 정도이다. 그러나 이산화탄소를 제외한 할로겐화합물로만 치면 국내 보급 가스소화기의 88%에 육박한다.<sup>2)</sup> 93%의 HCFC-123에 끓는점이 -121 °C로 낮은 CF4(사불화탄소)를 4% 첨가하고 안정된 압력을 확보하기 위한 조치로 Ar(아르곤) 3%를 섞는다. 이게 바로 HCFC-BLEND B다. 이 약제는 타 물질의 혼합으로 HCFC-123에 비해 오존층파괴지수(ODP)를 조금 낮춘 것으로도 알려져 있다.

#### 4. 변환 계수(Conversion factors)

표준 조건에서 공기 중의 HCFC-123 농도에 대한 변환 계수(25 °C 및 1,013 hPa)는 다음과 같다.

- 1ppm=6.251 mg/m<sup>3</sup>
- 1 mg/m<sup>3</sup>=0.160ppm

공기 중의 증기 농도에 대한 환산 계수가 유럽 표준조건(20 °C 및 1,013 hPa)에서는 1ppm=5.573 mg/m<sup>3</sup> 및 1 mg/m<sup>3</sup>=0.157ppm이다.

#### 직업적 노출(Occupational exposure)

직업적 노출은 주로 흡입을 통한 가능성이 있으며, HCFC-123 제조 및 HCFC-123을 함유한 제품의 제조 또는 사용할 때 일어난다. 여기에는 HCFC-123을 이용하여 작동하는 에어컨의 설치 및 유지 보수, 소방 시스템에서 배출되

는 경우 및 금속과 전자 부품의 세정작업용 액체로 사용하는 것이 포함된다.

캐나다의 HCFC-123 제조 공장에서 2명의 작업자가 4일 간격으로 480분 동안 HCFC-123의 시간가중호흡구역노출수준(time-weighted breathing-zone levels)은 1.16~8.94ppm(7.25~55.9 mg/m<sup>3</sup>)이었다. 한편, 드럼채움랜스불량(drum-filling lance failure)으로 33ppm(206 mg/m<sup>3</sup>)을 초과하는 수준을 나타냈다.<sup>3,4)</sup> HCFC-123을 함유한 제품의 제조에 대한 모니터링 데이터는 없었다.

몇 가지 연구가 유지보수 및 수리 활동 중 정상 작동하고 있는 냉각기 기계실에서 HCFC-123 수준을 측정했다. HCFC-123을 사용하는 에어컨이 포함된 12개의 무인 기계실 4곳 중 3곳에서 기중 농도는 1ppm(6.25 mg/m<sup>3</sup>)(4시간 TWA) 미만이었다. 누출 지역 근처 1곳과 HCFC-123 드럼을 반쯤 비운 곳의 기중 농도는 5.9~13.6ppm(36.9~85.0 mg/m<sup>3</sup>)(20분 TWA) 수준이 기록되었다. 다른 8개 현장에서 기계실 공기 수준은 0.2~0.4ppm(1.3~2.5 mg/m<sup>3</sup>)의 검출 한계를 밑돌았다.<sup>3)</sup>

미국의 9개 시설에서 냉매 이송(refrigerant transfer)을 포함한 일상적인 냉각기(chiller) 유지보수작업 중 호흡구역의 HCFC-123 수준을 측정하였다. 5개 시설에서 2시간에서 12시간 TWA 농도는 1ppm(6.25 mg/m<sup>3</sup>) 미만이었으며, 3건에서는 2ppm(12.5 mg/m<sup>3</sup>) 미만이었으며, 1건에서는 2~5ppm(12.5~31.3 mg/m<sup>3</sup>)이었다.<sup>3)</sup>

호주에서는 4시간에서 6시간의 TWA 농도가 단일 설비에서 수리 작업 시 1ppm(6.25 mg/m<sup>3</sup>) 미만이었다. 이 연구에서 연속 지역 모니터링은 TWA 대기 농도가 1ppm(6.25 mg/m<sup>3</sup>) 이하였고 활동 관련 순간 피크가 30~500ppm(188~3,125 mg/m<sup>3</sup>)이었다.<sup>3,5)</sup>

소방관이 자급식 호흡장비(self-contained breathing apparatus)를 착용한 화재 통제연습 중 93% HCFC-123이 포함된 소화기 사용으로 인한 대기수준을 측정했다.

옥외 배출은 화재위험(fire hazard)의 유형에 따라 7~870ppm(44~5,440 mg/m<sup>3</sup>) 범위의 최대 호흡구역의 노출수준을 나타냈다.

항공기 격납고(aircraft hangar) 내부에서 휴대용 소화기(hand-held extinguishers)의 배출로 인해 배출 중 평균 20ppm(125 mg/m<sup>3</sup>)의 호흡구역 농도가 발생하며 다음 30분 동안 평균 정적 공기수준은 29~114ppm(181~713 mg/m<sup>3</sup>)을 초래하였다.

대형 반휴대용 소화기(semi-portable fire extinguisher)의 경우 배출 중 호흡구역 농도는 180~300ppm(1,125~1,880 mg/m<sup>3</sup>)이었으나, 30분 후 평균 적정 공기수준은 165~557ppm(844~3,482 mg/m<sup>3</sup>)이었다.<sup>3)</sup>

미국에서는 탈지기 운전에서 HCFC-123을 사용하는 공장의 시설 전체에서 5.5시간 TWA 수준은 5.3~12.0ppm(33.1~75.0 mg/m<sup>3</sup>) 범위를 보였다(개인 및 지역 샘플 채취). 탈지제의 충전 및 배출은 단기 호흡구역에서 160~460ppm(1,000~2,875 mg/m<sup>3</sup>) 범위를 보였다. 일부 직원은 혈청 간 효소 수치의 상승을 보였다. 이러한 영향은 HCFC-123의 사용이 중단되었을 때 역전되었다.<sup>6)</sup>

WEAL 지침서<sup>7)</sup>에서 언급된 것처럼 HCFC-123과 관련된 모든 문서화된 간 질환 사례에 대한 공통적인 주제는 인체 유해성과 산업위생관리에 대한 동시 노출 측정의 부족이다. 인용된 모든 사례에서 노출량이 일정하지 않은 기간 동안 매우 높았을 가능성이 크다. 노출 시나리오(exposure scenario)를 모델링하거나 다시 만든 경우 간 장애를 유발하는 수준은 산출하거나 측정된 노출 한계보다 높았다.

Boucher 등<sup>8)</sup>은 단기간(21분) 동안 460ppm(2,875 mg/m<sup>3</sup>)의 노출 수준을 측정하였고, 모델링은 252~1,630ppm(1,575~10,190 mg/m<sup>3</sup>) 수준을 제시하였다. 그러나 대부분의 8시간 TWA 샘플은 5~12ppm(31.2~75 mg/m<sup>3</sup>)의 범위였다.

Shin 등<sup>9)</sup>은 작업환경에서 HCFC-123에 대한 표본 추출 및 분석 방법을 개발했다. 이 방법은 NIOSH 샘플링 및 분석 기준을 충족한다. AIHA WEEL Committee에서 제시한 노출기준인 8시간 TWA인 50ppm(310 mg/m<sup>3</sup>)을 보장하기 위한 적절한 산업위생조치 및 개인보호 장비를 사용한 근로자에게서 간 독성은 보고되지 않았다.

Shin 등<sup>9)</sup>은 한국에서 대형 산업 에어컨디셔너를 제조하는 4개의 공장을 조사했다. 1998년 실시된 이 연구에서 간헐적으로 1.2~17.5년(평균 6.8±5.3)간 노출된 12명의 남성 근로자(27~47세)를 조사하였다. 제1공장과 제2공장의 8시간 TWA 기하 평균수준은 각각 2.2ppm(범위 0.89~4.2ppm)(12.5, 5.56~26.3 mg/m<sup>3</sup>) 및 32.5ppm(4.9~113.9ppm 범위)(203, 30.6~712 mg/m<sup>3</sup>)이었다. 저자들은 다른 두 공장의 수준은 처음 두 공장의 수준보다 낮다고 평가했다.

건강에 악영향을 끼치지 않았으며 모든 노출된 근로자의 간 기능(AST, ALT, γ-GT)이 정상 범위 내에 있었다. 저자들은 32.5ppm(8시간 TWA) 이하의 HCFC-123 노출 수준에서는 간 손상이 발생하지 않는다고 결론 내렸다.



### 흡입, 대사 및 배설

전반적으로 HCFC-123은 호흡 경로를 통해 쉽고 빠르게 흡수되는 것으로 보인다. 그것은 2,000ppm(12,500 mg/m<sup>3</sup>) 이상의 포화 농도의 쥐(rat)에서 2상 흡수(biphasic uptake)를 겪는다. 그것은 모든 조직과 기관에 분포되어 있으며 간에서 가장 많이 발견된다. 휘발성으로 인해 제거 속도가 빠르다. 호기성 조건(aerobic conditions) 하에서, 시토크롬 P450 2E1 매개 산화 대사는 트리플루오로아세틸 클로라이드(trifluoroacetyl chloride) 및 TFA의 형성을 초래한다. HCFC-133a로의 환원 대사(reductive metabolism)는 혐기성 조건(anaerobic conditions) 하에서만 검출될 수 있으며, 이 경로는 사람의 위해평가에 거의 관련이 없는 것으로 보인다. 제거의 주요 경로는 불변 HCFC-123의 빠른 호기이다. 쥐에서 이 경로로 약 90%가 제거되었다. 8시간 이내에 흡입물질의 98%가 혈액에서 제거되었다. 대사된 HCFC-123의 대부분은 TFA로서 소변으로 배출되었다. TFA는 또한 쥐와 원숭이의 우유에도 존재했다. 할로탄(halothane)과 유사하게, 트리플루오로아세틸화된 단백질(trifluoro-acetylated proteins)은 생체 외(in vitro) 및 생체 내(in vivo)에서 검출될 수 있다.

생체 내(in vivo)에서 HCFC-123의 독성 동력학에 관한 제한된 정보가 있다. Tanaka 등<sup>10)</sup>은 HCFC-123의 농도가 6,073ppm(37,960 mg/m<sup>3</sup>)에 6시간 동

안 흡입에 노출된 4명의 지원자의 소변 내 TFA 검출을 보고했다. 대사산물은 10~27 mg/L에서 20~30시간까지 피크를 나타냈으며 노출 후 96시간 동안 비검출 가능수준(non-detectable levels)으로 돌아 왔으며 25시간의 제거 반감기를 보였다.

Williams 등<sup>11)</sup>은 HCFC-123과 HCFC-124의 주요 metabolite TFA에 대한 인간의 모델을 추론하기 위해 인간의 halothane과 쥐의 halothane과 HCFC-123에 대한 생리학 기반의 약물 동태학 모델링을 이용했다.

## 독성

HCFC-123은 급성독성이 낮고 경구의 근사한 치사량(approximate lethal dose, ALD)은 9,000 mg/kg bw이고, 4시간 흡입 LC<sub>50</sub>은 32,000ppm(200,000 mg/m<sup>3</sup>)이다. 쥐와 토끼의 경피 LD<sub>50</sub>은 >2,000 mg/kg bw이다. HCFC-123은 토끼 피부에 자극성이 없었지만 액체 형태로 경미하거나 중등도의 눈 자극을 일으켰다. 기니피그에서 피부감작제로 작용하지 않았다. 개에서 심장감작성의 EC<sub>50</sub> 값은 19,500ppm(122,000 mg/m<sup>3</sup>)이었다. 수분에서 수 시간 동안 흡입한 결과, 1,000ppm(6,250 mg/m<sup>3</sup>)에서 기니피그의 간 손상을 유발하였다. 5,000ppm(31,300 mg/m<sup>3</sup>)에서는 검사된 모든 종에서 중추 신경계(CNS) 억제 증상이 나타났고, 20,000ppm(125,000 mg/m<sup>3</sup>)에서 개의 아드레날린 유발 심장 부정맥이 나타났다. 쥐와 햄스터에서 4시간 동안 30,000ppm(188,000 mg/m<sup>3</sup>) 이상 흡입하면 심각한 CNS 억제증상과 사망을 초래하였다. 쥐, 기니피그, 개, 원숭이에서 2~39주 동안 지속되는 반복 노출 흡입 독성 연구에서 주요 표적 기관은 간, 시상 하부 뇌하수체, 생식선, 내분비계 및 중추신경계였다. 간 영향에 근거한 최소독성영향농도(LOAEL)는 30ppm(188 mg/m<sup>3</sup>)이었다. 내분비 효과와 중추신경계 영향에 대해서는 무독성농도(NOAEL)가 100ppm(625 mg/m<sup>3</sup>)과 300ppm(1,880 mg/m<sup>3</sup>)이었다. HCFC-123은 다른 진신 효과를 유발하는 노출 수준보다 낮은 노출 수준에서는 생식 독성이나 태아 독성을 유발하지 않았다.<sup>12)</sup>

## 건강영향

HCFC-123은 흡입에 의해 신체 흡수가 가능하고 공기 중 고농도 상태에서 산소 결핍을 일으켜 의식상실 혹은 사망을 일으킬 위험이 있다. 특히 간독성과 중추신경계의 이상을 일으킬 수 있다<표 2>.

<표 2> HCFC-123의 특성 및 건강영향

물 질 명	2,2-디클로로-1,1,1-트리플루오로에탄(C <sub>2</sub> HCl <sub>2</sub> F <sub>3</sub> )(CAS No. : 306-83-2)
용 도	냉매제, 소화제
일반적 특성	독특한 냄새가 나는 무색의 액체
노출경로	흡입
건강영향	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 단기 노출 : 중추신경계(혼수상태) 및 심혈관계(심장질환)</li> <li>• 반복 노출 : 간 손상</li> </ul>
유해성 · 위험성	장기간 또는 반복노출되면 간에 손상을 일으킬 수 있음. 눈에 심한 자극을 일으킴. 장기적인 영향에 의해 수생생물에게 유해함. 대기 상층부의 오존층을 파괴하여 공공의 건강 및 환경에 유해함.

기니피그의 경우 1회 흡입 노출로 간 기능 수치가 상승하고 간 변성과 괴사가 관찰되기도 했다. 반복적인 노출 시에는 간에 영향을 일으킬 수 있는 물질이다.

Hoet 등<sup>13)</sup>은 HCFC-123와 HCFC-124(1-클로로-1,2,2,2-테트라플루오로에탄, 1-chloro-1,2,2,2-tetrafluoroethane)에 노출된 근로자의 간 질환 발생을 보고했다. 냉매가 튜브에 스며들었을 때 오버 헤드 크레인의 캡으로 누출되어 작업자가 노출되었다. 6명의 근로자가 다양한 정도의 영향을 받았다. 1명의 직원을 대상으로 간 조직 생검을 실시한 결과, 간세포 3구역(pre-venular zone)에서 현저한 간세포 괴사(hepatocellular necrosis)가 관찰되었고, 간문맥 및 중엽 영역에서 국소적으로 연장되었다. 생존한 간세포에서 Trifluoroacetyl-*ad*-ducted protein이 검출되었다. 노출이 중단되었을 때 근로자들은 회복되었다. 노출 수준에 대한 추정치는 제시되지 않았다.

Takebayashi 등<sup>14)</sup>은 HCFC-123에 2개월간 노출된 근로자의 간 기능 장애를 보고했다. 14명의 근로자 중 4명이 간 기능 검사로 결정된 심각한 간 손상을 일으켰다. 다른 증상으로는 식욕 부진과 복통이 있었다. 5명의 근로자는 정상 빌리

루빈 수치와 혈청 AST와 ALT가 약간 증가하였다. 바이러스성 및 다른 원인의 간염은 배제되었다. 모든 근로자는 노출을 중단하게 되면 신속하게 회복되었다. 노출 수준에 대한 추정치는 제시되지 않았다.

급성 및 재발성 간염의 사례가 49세의 여성 드라이클리닝 관련 작업자에게 보고되었다. 사용된 드라이클리닝 용매는 n-헵탄(46.4%), HCFC-123(23.7%)과 HCFC-141b(29.7%)의 혼합물이었다. 이어서 모의로 산출한 HCFC-123 노출농도가 1,370과 1,590ppm(8,560과 9,940 mg/m<sup>3</sup>)(2개인 시료)으로 10분 동안 측정되었다. 해당 지역 HCFC-123의 평균농도는 1,360과 1,990ppm(8,500과 12,440 mg/m<sup>3</sup>)이었다(작업장의 2개 지점의 시료). 실제 노출 시 혈청 AST, ALT, ALP,  $\gamma$ -GT, LDH 및 총 빌리루빈을 포함한 높은 간 기능 매개 변수에 의해 입증된 바와 같이 급성 간염을 보였다. 그리고 바이러스 감염은 없었다. 혈청 매개 변수는 특별한 치료 없이 몇 주 내에 정상으로 회복되었다. 그녀가 드라이클리닝 작업으로 돌아왔을 때 1일 후, 환자는 동일한 증상과 임상 증상이 재발하여 만성 간염으로 진단되었다. 이전과 마찬가지로 간 기능 장애의 혈청 매개 변수는 약 1개월 이내에 정상으로 돌아왔다.

저자들은 간염이 HCFC-123에 의해 유도되었지만 요중 생체 대사물질은 확인되지 않았다고 결론지었다.<sup>15)</sup>

Boucher 등<sup>16)</sup>은 수술 시 HCFC-123을 세정제로 사용할 때 노출된 근로자에서 ALT와 AST의 현저한 상승이 관찰됨을 보고하였다. 시동 기간 동안(start-up period) 그 위치에서 수집된 작업환경의 샘플링의 농도는 375분 및 21분 동안 24-480ppm(150~3,000 mg/m<sup>3</sup>) 범위로 보고되었다. 간장 이상이 확인된 후 현장에서 수집한 개인 및 지역 샘플은 5~12ppm(31~75 mg/m<sup>3</sup>)이었지만, 이상이 의심되는 시기에는 노출 데이터를 얻을 수 없었다. 저자는 모니터링 기간 동안 노출량을 산정하기 위해 개발된 두 가지 모델을 설명하였다. 한 모델은 공장을 하나의 균질한 상자로 취급하고 다른 한 모델은 공장을 작은 작업 구역으로 나누었다. 하나의 균질상자 모델은 10시간에서 35ppm(63~219 mg/m<sup>3</sup>) 범위의 8시간 TWA 노출을 추정했다. 작업지역 및 환기율의 추정치를 사용한 모델링은 탈지제를 사용하는 개인이 280~2,100ppm(8시간 TWA 252~1,630ppm)(1,750~13,100, 1,580~10,200 mg/m<sup>3</sup>)의 피크 수준에 노출되었을 수 있음을 제시하였다.

건물 전체의 3분의 1로 추정되는 작업환경의 모델링은 이 지역의 직원이 28~210ppm(8시간 TWA 25~163ppm)(175~1,310, 156~1,020 mg/m<sup>3</sup>)에 노출되었

다. 하루에 12건의 공기변화를 사용하는 연구자들의 예상은 탈지제 주위의 최고수준이 635~2,100ppm(8시간 TWA는 499~1,630ppm)(3,970~13,100, 3,120~10,200 mg/m<sup>3</sup>)일 수 있었고 작업 영역은 63~207ppm(8시간 TWA 50~163ppm)(394~1,290; 313~1,020 mg/m<sup>3</sup>)이었다. HCFC-123의 사용이 종료되면 모든 간기능 매개 변수가 정상으로 돌아왔다.

### HCFC-123에 의한 건강장해 예방조치

HCFC-123의 흡입 노출 제한치는 50ppm 8시간, 12시간이며, 긴급노출 제한치는 1,000ppm 1시간, 2,500ppm 1분으로 권고하고 있다.

HCFC-123에 의한 건강장해를 예방하기 위해서는 사업주는 취급 작업장 내 MSDS 게시·비치 및 교육을 실시한다. 건강장해를 예방하기 위해서는 작업장의 충분한 환기를 실시하여야 한다. HCFC-123 취급 작업장에 밀폐설비나 국소배기장치를 설치·가동하고, 근로자는 보호구를 착용하도록 한다. 착용하여야 할 개인보호구로는 유기화합물용 방독마스크, 불침투성 보호복·보호장갑 및 보안경 등을 착용한다. 또한, 간 독성 등의 건강 유해성이 낮은 화학물질로 대체품을 찾아보도록 한다.

### 결론

HCFC-123(1,1-디클로로-2,2,2-트리플루오로에탄)에 대한 독성에 대한 데이터를 정리해 보았다.

HCFC-123은 공기 조절 설비의 냉매 및 다양한 화학물질의 생산 중간체로 사용되는 휘발성 액체이다. HCFC-123은 클로로 및 브로모플루오로카본에 대한 과도기 대체품(2020년까지 단계적으로 제거됨)이다. 오존 붕괴 가능성(CFC-11, 트리클로로플루오로메탄의 2%)과 지구 온난화(이산화탄소 대비 76)는 CFC-11의 경우 4,000에 비해 낮다.

HCFC-123의 간독성은 이미 잘 알려져 있었다. 이러한 사실을 기초로 작업이 이루어졌다면 근로자의 희생을 막을 수 있었을 것이다. 또한, 취급 근로자들의 간기능 검사 결과의 관리를 통해서 조기발견과 조치가 이루어질 수 있었을 것이다. ☺

참고문헌

1. 안전보건공단 직업건강실. 할로겐화합물 소화약제(HCFC-123)에 의한 독성간염 발생 경보. KOSHA ALERT 2017-6호.
2. 최영 기자. [최영 기자의 팩트체크] HCFC-123소화기의 안전성, 그리고 미래는? 소방방재신문. 2017/09/25 [http://www.fpn119.co.kr/sub\\_read.html?uid=84021](http://www.fpn119.co.kr/sub_read.html?uid=84021)
3. IPCS(International Programme on Chemical Safety). 2000. 2,2-Dichloro-1,1,1-trifluoroethane(HCFC-123). Concise International Chemical Assessment Document No. 23. WHO, Geneva, Switzerland [<http://www.inchem.org/documents/cicads/cicads/cicad23.htm>].
4. Du Pont. 1999. Zyron electronic gases, Fluorocompound naming convention and numbering system. Du Pont Fluorochemicals, Wilmington, Delaware, USA.
5. NICNAS. 1996. 2,2-Dichloro-1,1,1-trifluoroethane(HCFC-123), Priority Existing Chemical No. 4. Secondary Notification Assessment. Full public report, Appendix 6. National Industrial Chemicals Notification and Assessment Scheme Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia, p 2/6 [<http://www.nicnas.gov.au/publications/CAR/PEC/PEC4/PEC4s.pdf>].
6. Boucher R, Hanna C, Rusch G, Stidham D, Swan E, Vazquez M. 2003. Hepatotoxicity associated with over-exposure to 1,1-dichloro-2,2,2-trifluoroethane(HCFC-123). *AIHA Journal* 64:68-79.
7. AIHA. 2001. 1,1,1-Trifluoro-2,2-dichloroethane. Workplace environmental exposure level. 1998, revision 2001. American Industrial Hygiene Association, Fairfax, Virginia, USA.
8. Shin YC, Yi GY, Kim Y, Paik NW. 2002. Development of a sampling and analytical method for 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane in workplace air. *AIHA Journal* 63:715-720.
9. Shin YC, Yi GY, Kim TK, Sohn NS, Park J, Chung HK, Yoo C, Lee JH, Kim Y. 2002. Evaluation of exposure to 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane(HCFC-123) in air-conditioner manufacturing workers and their health effects in South Korea. *J Occup Health* 44:108-111.
10. Tanaka S, Kabe I, Takebayashi T, Endo Y, Miyauchi H, Nozi K, Takahashi K, Seki Y, Omae K. 1998. Environmental and biological monitoring of 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane(HCFC-123). *J Occup Health* 40:348-349.
11. Williams RJ, Vinegar A, McDougal JN, Jarabek AM, Fisher JW. 1996. Rat to human extrapolation of HCFC-123 kinetics deduced from halothane kinetics - a corollary approach to physiologically based pharmacokinetic modelling. *Fundam Appl Toxicol* 30:55-66.
12. ECETOC. 2005. 1,1,1,2-Tetrafluoroethane(HCFC-134a)(CAS No. 811-97-2), second edition. Joint Assessment of Commodity Chemicals Report No. XX. European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Brussels, Belgium.
13. Hoet P, Graf ML, Bourdi M, Pohl LR, Duray PH, Chen W, Peter RM, Nelson SD, Verlinden N, Lison D. 1997. Epidemic of liver disease caused by hydrofluorocarbons used as ozone-sparing substitutes of chlorofluorocarbons. *Lancet* 340:556-559.
14. Takebayashi T, Kabe I, Endo Y, Tanaka S, Miyauchi H, Nozi K, Takasahshi K, Omae K. 1998. Liver dysfunction among workers exposed to 2,2,-dichloro-1,1,1-trifluoroethane(HCFC-123). *Occup Health* 40:169-170.
15. Omae K, Takebayashi T, Tanaka S, Sasaki K, Miyauchi H, Kabe I, Taneichi K, Shibaki H. 2000. Acute and recurrent hepatitis induced by 2,2-dichloro-1,1,1-trifluoroethane(HCFC-123). *J Occup Health* 42:235-238.
16. Boucher R, Hanna C, Rusch G, Stidham D, Swan E, Vazquez M. 2003. Hepatotoxicity associated with over-exposure to 1,1-dichloro-2,2,2-trifluoroethane(HCFC-123). *AIHA Journal* 64:68-79.