

CO₂ 소화설비 방사시 정보저장장치의 저온손상에 관한 연구

An Experimental Study on the Damage of the Data Process Equipment When CO₂ is Discharged

이 수 경* · 김 중 훈** · 김 영 진** · 최 중 운**

Lee, Su Kyung · Kim, Jong hoon · Kim, Young Jin · Choi, Jong Won

Abstract

CO₂ extinguishing system is the most popular among the gas extinguishing system . CO₂ is usually stored with liquified state. But, it gasifies at the tip of nozzle when CO₂ was released through the pipe and head. A room temperature is very low when CO₂ was released . So electrical instrument, magnetic storage equipment and memory semiconductor are electrically or physically injured by cooling effect in a few minutes . So, we intend to find out temperature profile and electrical damage in compartment area, and supply basic data for research and making standards and code through the full scale experiment. As result of experiment on the damage due to cooling effect from CO₂ extinguishing system, instantaneous discharging temperature. was -82.5°C in average. An average temp. in the compartment after discharging CO₂ was -40°C .

국문 요약

이산화탄소 소화설비는 가스계 소화설비 중 비용의 저렴함과 작동후의 청결함, 그리고 절연성 등의 특성으로 인하여 통신기기실, 전산실, 전기실 등에 많이 사용되고 있다. 이산화탄소는 저장시 액체이다가 방출과 동시에 가스상태로 기화되는 데 이때 온도가 급격히 내려간다. 이러한 냉각효과에 의하여 반도체장비나 정보저장장치에 손상을 줄 수 있다. 본 연구는 이산화탄소 방사시 구획내부의 온도분포와 손상정도를 규명하여 차후 연구의 기초자료를 제공하고 CO₂소화설비 설계나 관련규정의 정비에 도움이 되고자 시행했다. CO₂ 소화설비의 방사시 노즐부분의 순간 방출온도는 -82.53°C 까지 내려갔다. 소화약제가 모두 방사되는 1분경의 실내평균온도는 -40°C 이며 이는 충분히 정보저장 장치류에 피해를 입힐 수 있는 온도이다. 플로피 디스켓을 설치하고 실험한 결과 70%의 고장율을 보였다. 컴퓨터를 넣고 실제 화재를 일으켜 실험한 결과, 특별한 고장은 없었으나, 작동으로 인한 내부의 열과의 온도차이에 의하여 수증기가 응결되고 녹아 흐르는 현상을 보여 Water Damage의 발생가능성을 발견할 수 있었다. 또한 저온지속시간(-5°C 기준)이 각 시나리오에서 평균 5분이상 나타났으며, 만약 실내의 단열과 밀폐조건이 더욱 좋은 경우라면 더 장시간 지속될 수 있다.

* 서울산업대학교 안전공학과, ** (주)영진기공, *** 서울산업대학교 재료공학과

1. 서론

현재 소방법 기술기준 소방대상물 및 위험물별 소화설비의 적용성에 의하면 전산실, 전기실, 통신기기실에 모두 설치가 허용된 소화설비는 이산화탄소 소화설비, 할로겐화 소화설비 및 가스계 소화설비 뿐이다. 이러한 이유에서 불연성 가스인 이산화탄소 소화설비는 설치비용이 저렴하고 소화 후 증거 보존이 양호하고 그 청결성 등으로 인하여 화재의 소화뿐만 아니라 화재예방, 인화폭발의 예방에도 적당한 것으로서 많이 이용되고 있다. CO₂ 소화설비는 저장상태가 액체상태이고 화재 시 배관과 노즐을 통하여 분사되는 과정에서 기화가 일어나 방호대상물에 분사된 후에는 가스상태로 소화작용을 하게된다. 이때 액화탄산가스가 기화되는 과정에서 온도가 저온으로(약 -83℃) 급강하하게 되는데 수십 초 동안에 중요한 반도체 장비 및 데이터에 손실을 초래할 수가 있으며, 이러한 손실은 그 피해 규모가 엄청날 수도 있다. 본 연구는 실제 실험을 통해 CO₂ 방사시 구획내부의 저온에 따른 온도분포와 손상정도를 알아보려고 했다.

2. Semiconductor와 Magnetic저장장치의 온도성능 기준

이 장에서 규명하고자 하는 것은 Magnetic 저장장치 및 Semiconductor가 저온에 노출되었을 때 장치들에 저장되어 있는 Data의 손실 및 물리적 파손의 여부를 알아보려고 하는데 자료수집결과 Semiconductor의 경우 작동 불가능인 온도의 범위가 -30℃이하였으며, 마그네틱 저장장치인 Floppy Diskette의 경우 -5℃ 이하이면 저장데이터의 손실을 입을 수 있다는 것을 알았다. 이는 각 제조사들에게 문의하여 받은 결과를 통하여 얻은 결과이다.

3. CO₂ 소화설비 방사시 정보저장장치의 저온손상에 관한 실험

(1) 실험개관

이 실험은 CO₂소화설비를 주로 사용하는 전기실·컴퓨터실·통신기기실·마그네틱필름 저장소 등에서 화재가 발생 시 CO₂의 순간방사에 의한 급격한 온도강하로 Magnetic 저장장치의 자료 손실을 알아보기 위해 실시되었다. 실험은 총 3회 실시하였으며, 1차 실험은 1998년 10월 29일 실시하였고 2차 및 3차 실험은 1998년 10월 30일 실시하였다. 1차실험은 화재가 발생하지 않은 상태에서 CO₂방사에 따른 온도강하 추이를 알아보았고, 2차 실험은 화재가 발생하지 않은 상태에서 CO₂ 방사 시 온도변화와 컴퓨터의 소손 여부를 알아보았다. 그리고 3차 실험은 실제 화재 시의 온도변화 및 마그네틱 저장장치의 자료소손 여부를 알아보았다.

(2) 실험 설계

1) CO₂ 약제량 산출

연소·소화실험에 사용한 CO₂ 약제량은 NFPA Standard 12를 기준으로 개발된 CO₂약제량 계산용 프로그램인 WALTER KIDDE (Carbon Dioxide Calculation Program[®] Version 1.0)를 사용하여 계산하였다.

2) 실험장치

① 화재실

1)에서 계산된 값을 가지고, 화재실에 대한 P&ID을 작성하였다. 작성한 내용은 그림 1.과 같다. 화재실은 철재와 이중보온재로 제작되었으며 크기는 2.15m(H) × 5.85m(W) × 2.85m(D)이며, 양쪽 벽에 0.75m × 0.75m 짜리 창문이 각각 2개씩 달려 있다.

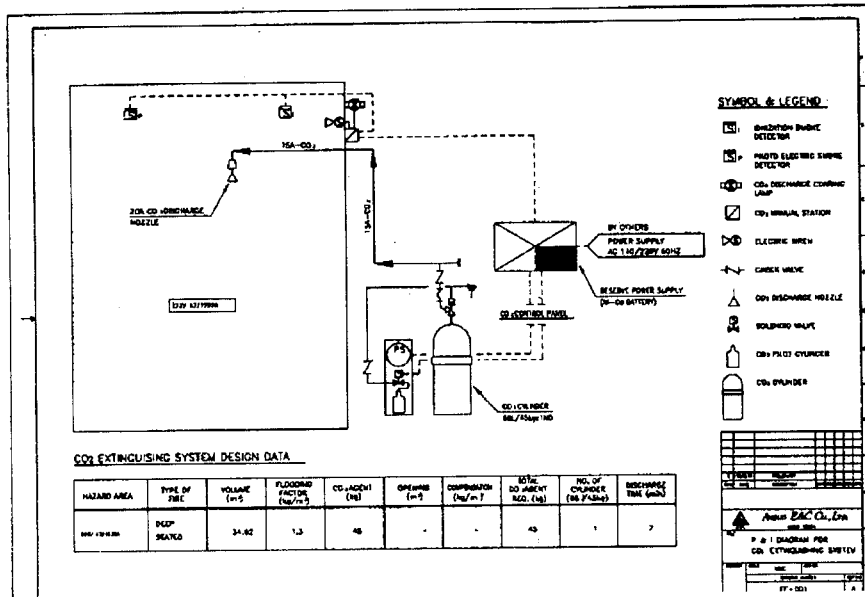


그림 1. A Layout of the Testing Room

표 1. CO₂ Extinguishing System Job Work Sheet

Project : DISCHARGE TEST FOR CO₂ EXTINGUISHING

Type of Fire : Surface Fire Deep-Seated Fire

Design Concentration : 50 (%)

Discharge Time : 7 minute(s)

Application Method : Total Flooding System

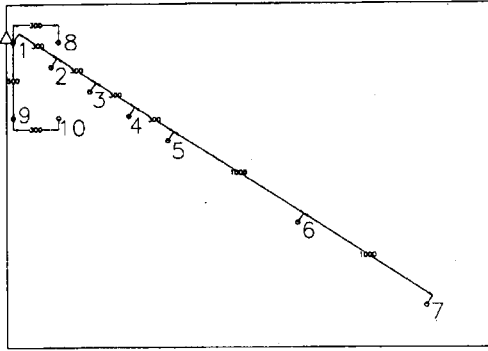
Storage Container : High Pressure

Hazard Area

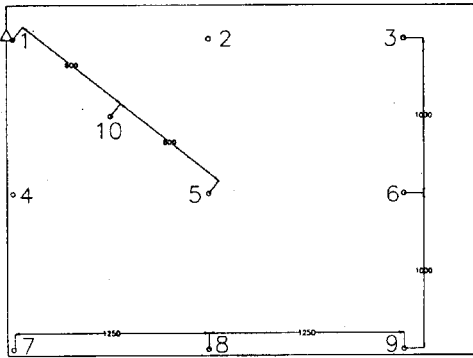
HAZARD AREA	HAZARD SIZE LxWxH(m)	VOLUME (m ³)	FLOODING FACTOR (Kg/m ³)	OPENING SIZE WxH(m)	OPENING (m ²)	OPENING COMPEN-SATION (Kg/m ²)
실험용 콘테이너	5.65 x 2.85 x 2.15	34.62	1.3	-	-	-

Cylinder Q'ty / Main Pipe Size / Nozzle Q'ty

HAZARD AREA	CO ₂ Q'TY (Kg)	CYLINDER QTY 100LBS(45Kg) (Nos)	FLOW RATE (kg/Min)	MAIN PIPE SIZE (in)	NOZZLE Q'TY (Nos)	REMARKS
실험용 콘테이너	45	1	11.93	1/2	1	



(a) Experiment No. 1.



(b) Experiment No.2 & 3.

그림 2. Setup point of Thermal couple in Experiment No. 1 (Unit : mm) & No. 2 & 3

실제 CO₂ 방사 시에는 실내가 밀폐되는 조건이므로 이번 실험에서는 창문을 폐쇄하였다.

② 계측장비

CO₂ 방사시 화재실 내부의 온도를 측정하기 위하여 열전대(Thermal Couple)을 설치하였다. 열전대는 K/A Type (CA : 크로멜-알루미늄)으로 0.65mm이고 온도의 측정범위는 -27°C ~ + 1372°C이다. 1차 실험과 2·3차 실험에서 열전대의 설치위치는 그림 2.에 나타나 있다. 열전대의 각 포인트에서 측정된 온도는 Data Logger로 기록하였다. 기기의 종류는

Tokyo Sokki Kenkyujo사의 TDS-601A이다. 3차 실험에서는 화재상황에서 CO₂가 방출되었을 때에 온도분포를 알아보기 위해 헥산(Hexane)을 사용하여 화재실내에 화재를 일으켰다. 화재가 Pool Fire를 형성하게 하기 위해 펜(Pan)은 직경 0.3m의 철판제품을 준비하였다. 가연물로 사용한 헥산의 열방출률(Heat Release Rate)은 77.57(kW)였다. 3차 실험에서는 Magnetic류 저장장치의 실제 온도성능기준을 알아보기 위해 3.5inch Floppy Diskette 10장을 열전대가 설치되어 있는 point에 설치하였다.

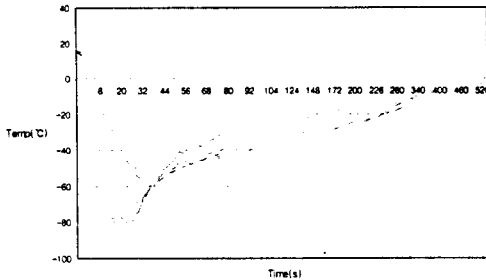
Floppy Diskette은 동일 Computer에서 같은 방법으로 Format을 실시하였고, 각 Diskette에는 한글97 중 22개의 실행파일을 압축 Program인 WinZip (Version 6.3, Unregistered)을 사용하여 Test#1.Zip이라는 1.44Mbyte짜리 파일로 압축하여 저장하였다.

4. 실험의 결과

(1) 1차 실험

실험의 결과, 방사직후에는 온도가 급강하하여, 방사 후 26초경에는 2번 Sensor의 경우 -84°C까지 온도가 강하하다가, 가스의 방사가 끝난 후 온도는 다시 상승하기 시작한다. 44초를 기점으로 화재실내의 온도분포는 -50°C를 중심으로 10°C정도의 편차를 보이며 일정하게 유지되다가, 화재실의 상층부부터 점차적으로 온도가 상승하여, 약 530초가 될 때 0°C로 올라간다. Nozzle과 Thermal Couple과의 거리에 대한 온도의 변화는 약제가 모두 방출되는 시점까지는 뚜렷한 관계를 보이지만, 약제가 모두 방출되는 60초 후에는 실내온도의 대류와 같은 원인으로 인해 온도가 대체로 균일하게 분포된다. 실내최저온도는 2번 Sensor(Nozzle부분)에서 26초경 -84°C였고, 각 Sensor별 최저온도 중 가장 높

온 도는 10번 Sensor에서 36초경에 -51.3℃였다.



T.C. 1: 0.0m
T.C. 2: 0.3m
T.C. 3: 0.6m
T.C. 4: 0.9m
T.C. 5: 1.2m
T.C. 6: 2.2m
T.C. 7: 3.2m

그림 3. Variation Temp. profile of Experiment No. 1 (comparison between Temp. and Distance)



그림 4. Discharging CO₂ in the Test Room

(2) 2차 실험

실험의 결과, 방사직후에는 온도가 급강하하여, 방사 후 30초 경에는 1번 Sensor(Nozzle위치)의 경우 -80.8℃까지 온도가 강하하다, 가스 봄베의 방사압력이 46.5kg/cm²을 기점으로 강하하기 시작하면, 다시 상승한다. 58초를 기점으로 화재실내의 온도분포는 -45℃를 중심으로 10℃정도의 편차를 보이며 일정하게 유지되다가, 화재실의 상층부부터 점차적으로 온도가 상승하여, 546초가 될 때 모든 Sensor는 0℃로 올라갔다. 이는 1차 실험에서 보여주었던 일련의 온도변화와 같은 현상을 보여준다. 실내의 온도는 CO₂방사에 직접적으로 노출되는 1번 Sensor를 제외하고는 온도분포가 거의 10℃의

편차 내에서 일정하게 상승했다. 그렇지만 CO₂ 방사 1분여 후부터 화재실을 상부, 중부, 하부로 나누어 봤을 때, 약 3~5 초 정도의 차이를 두고 상부측 온도가 먼저 상승하는 것을 알 수 있었다. 실험에는 286AT 컴퓨터를 켜놓은 상태에서 방사방향에 수직이 되게 설치하고 부팅이 되어있는 상태에서 실험을 실시하였지만, 실험결과 컴퓨터의 능력저하나 컴퓨터내에 기록된 Data가 소실되지는 않았다.

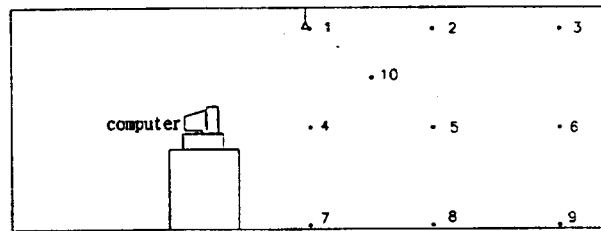


그림 5. Profile of the Testing Room

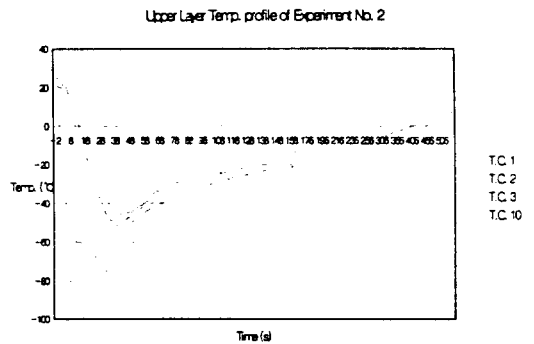


그림 6. Upper Layer Temp. profile of Experiment No. 2

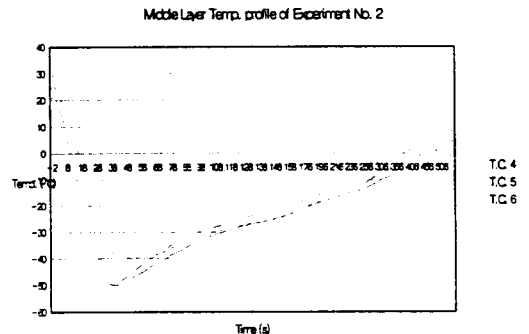


그림 7. Middle Layer Temp. profile of Experiment No. 2

Lower Layer Temp. profile of Experiment No. 2

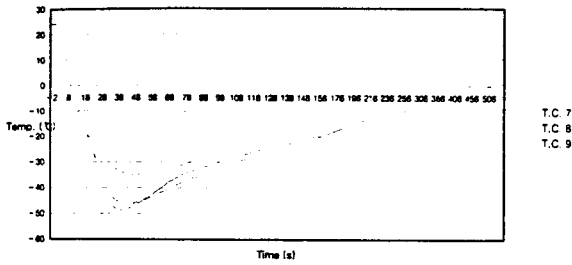


그림 8. Lower Layer Temp. profile of Experiment No. 2

Middle Layer Temp. profile of Experiment No. 3

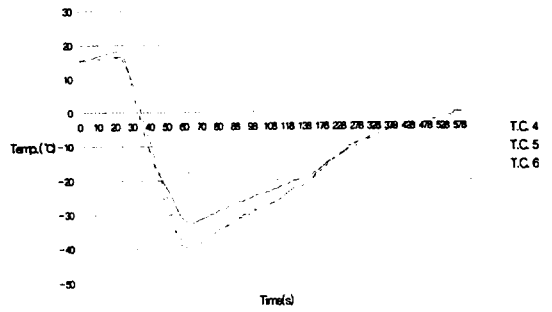


그림 10. Upper and Middle Layer Temp. profile of Experiment No. 3

(3) 3차 실험

실험의 결과, 화재가 발생한 후 방사전까지 (지연시간 20초) 온도가 약 10°C 상승하다가 방사직후에는 온도가 급강하하여, 방사 후 28 초 경에는 1번 Sensor(Nozzle위치)의 경우 -82.5°C까지 온도가 강하하다, 가스의 방출이 완료된 후 다시 상승하기 시작하였다. 64초를 기점으로 화재실내의 온도분포는 -30°C를 중심으로 10°C정도의 편차를 보이며 일정하게 유지되다가, 화재실의 상층부부터 점차적으로 온도가 상승하여, 588초가 될 때 모든 Sensor는 0°C로 올라갔다.

Lower Layer Temp. profile of Experiment No. 3

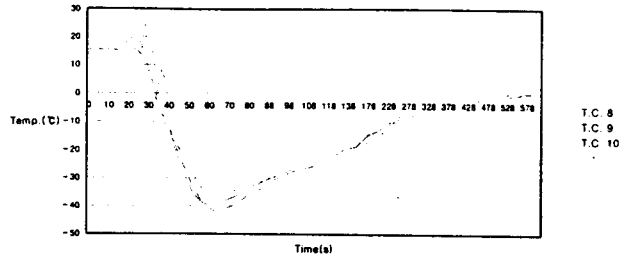


그림 11. Lower Layer Temp. profile of Experiment No. 3

표 2. A Result of Testing For 3.5" floppy diskette

구분	수량	비고	
합격	3	사용가능	
불합격	부분파손	4	Data의 손실
	완전파손	3	Format정보의 손실
수율	30 %		

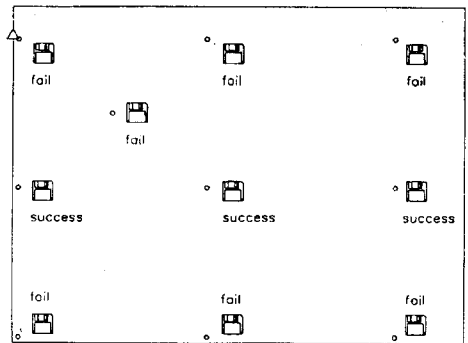


그림 12. A Result of Testing for 3.5" floppy diskette

실내의 온도는 CO₂방사에 직접적으로 노출되는 1번 Sensor를 제외하고는 온도분포가 거의 10°C의 편차 내에서 일정하게 상승했다. 그렇지만 CO₂방사 1분여 후부터 화재실을 상부, 중부, 하부로 나누어 봤을 때, 약 3~5초 정도의 차이를 두고 상부측 온도가 먼저 상승하는 것을 알 수 있었다. 실험에는 286AT 컴퓨터를 켜놓은 상태에서 방사방향에 수직이

Upper Layer Temp. profile of Experiment No. 3

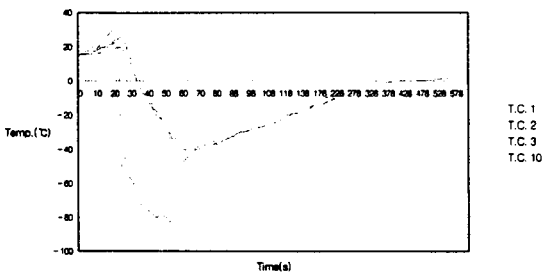


그림 9. Upper Layer Temp. profile of Experiment No. 3

되게 설치하고 부팅이 되어있는 상태에서 실험을 실시하였지만, 실험결과 컴퓨터의 능력 저하가 발생하거나, 기록된 Data가 소실되지는 않았다. 3차 실험에서는 Magnetic류 저장 장치의 실제 온도성능기준을 알아보기 위한 3.5inch Floppy Diskette 들의 온도성능에 관한 실험도 실시하였는데 그 결과는 표 2.에 나타나 있다. 각 실험의 결과 화재실내의 수증기는 급격한 온도변화에 의해 얼음으로 되어 Nozzle이나 화재실 내부에 있는 모든 장비들의 표면에 달라붙었다. 이는 그림 13.에서 보는 바와 같다.

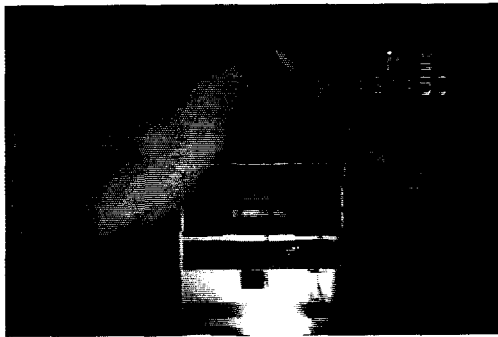


그림 13. Discharging CO₂ and Ice on the Equipment (Computer, Concent, Head)

5. 결과 및 분석

1) 실험결과

(1) 3회의 실험결과 CO₂의 순간방출시 -83℃ 까지 내려가며, 소화약제가 모두 방사되

는 1분에 실험실 내부의 평균온도 약 -40℃ 주변에서 형성된다. 이는 체적에 대한 CO₂가 모두 방사되어 규정농도에 이른 후 서서히 상승하는 온도이다.

(2) 3차 실험에서 3.5" Diskette에 대한 온도 성능에 대한 실험의 결과는 표 2.에 있으며, Floppy Diskette의 손상온도인 -5℃ 에 폭로된 시간은 표 3.과 같다.

표 3. Exposed Time and each Thermal Couple Location

열전대 번호	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
폭로시간 (sec)	244	212	200	338	350	340	312	332	318	292
파손여부 (F,S)	F	F	F	S	S	S	F	F	F	F
비 고	평균노출 시간 : 293.8 Sec, 수율 : 30%									

(3) 3차 실험에서 컴퓨터(286AT) 외부의 수분이 흐르고 있는 현상이 나타나는 것이 관찰되었다. 이로 인해 실제 소화시 결로 현상이 발생되어 자료저장 장치의 파손과 전자제물과 전기 콘센트의 누전, 자료저장장치 표면(기록면)의 오염등과 같은 2차적인 Water Damage가 발생할 가능성이 있다. 즉 이산화탄소 소화설비의 사용 목적중 Water Damage를 막기 위한 것이 있는데 이러한 목적과는 역행하는 현상을 관찰할 수 있었다.

6. 결론

3회에 걸친 CO₂의 방사실험 결과다음과 같은 결론을 내릴 수 있었다.

- (1) CO₂ 소화설비의 방사 시 냉각효과에 관한 실험을 실시한 결과, 순간방출온도는 -82.5℃까지 내려갔다.
- (2) 저온 지속시간(Exposed Time, -5℃기준)이 각각의 시나리오에서 평균 5분 정도 지속이 되는 것을 알 수 있다. 이러한 저온지속시간은 이산화탄소 소화설비의 방호대상인 전자, 컴퓨터, 통신기기, 저장장치등에 영향을 미칠 수 있는 우려가 있는데 이는 CO₂방사구역의 밀폐도나 외기 온도에 영향을 받는 인자이다.
- (3) 소화약제가 모두 방사되는 1분에 실험실 내부의 평균온도 -40℃ 주변에서 형성되며 이는 나온 전자기계기구에 대한 저온 성능기준에 비추어 볼 때 충분히 손상을 일으킬 수 있는 기준 이하의 온도이다.
- (4) 고압의 형태로 직접적인 약제의 노출시 재료의 물리적 파손을 볼 수 있었다. 즉 국내설비에서는 배관에만 신경쓰고 있는 현실에서 이러한 현상을 막기 위한 디플렉터(deflector) 또는 저장용 박스등 보호할 수 있는 설치기준이 대두되어야 한다.
- (5) 실험에서는 컴퓨터가 저온상태에서 물리적 손상이나 Data의 소실과 영향을 입지는 않았으나, 응결된 수증기에 의한 Water Damage의 징후는 발견할 수 있다.
- (6) CO₂ 방사시 근거리에서는 방사압력에 의하여 방호대상의 물리적 파손을 볼 수 있었다. 즉 국내설비에서는 이러한 영향들에 대해 규명되어 있는 자료나 기준이 미흡한 상태에서 설계되어지고 있으므로 전자컴퓨터/정보처리장치 보호에 대한 기준을 마련해야한다.

참고문헌

1. 이수경, 정용기, 고한목, "건축방화", 의제출판사, 1998.
2. "방재기술 자료집(I)", 단행본 한국화재보험협회, 1994.
3. "소방관계법규집", 技多利, 1997.
4. NFPA, "NFPA 12 Standard for The Carbon Dioxide Extinguishing System", National Fire Code, 1994.
5. 한국화재·소방학회, "핵심 화재·소방기술", 선진기획, 1997.
6. NFPA, "NFPA 75 Standard for the Protection of Electronic Computer/Data Processing Equipment", National Fire Code, 1994.
7. 한국 소방안전협회, "소방기술자료집 <제2집>", 1995.
8. Thomas J. Wysocki, "Carbon Dioxide and Application Systems", NFPA Handbook, 1997.
9. Robert H. Perry, Don W. Green, "Perry's Chemical Engineers Handbook", 7th Edition, 1992.
10. 고한목, "방재·소방설비기술 총람(상)", 도서출판 의제, 1997. 10.