

일본 냉동냉장설비 관련 고압가스 보안법과 자연냉매를 이용한 냉동설비

일본의 고압가스보안법은 시대적 상황과 경제 양상을 반영하여, 보다 현실화되고 안정적으로 개정이 되고있다. 더불어 자연냉매인 암모니아의 사용 활성화를 위하여 안전성을 확보하여, 규제완화를 이끌어내고 있다.

머리말

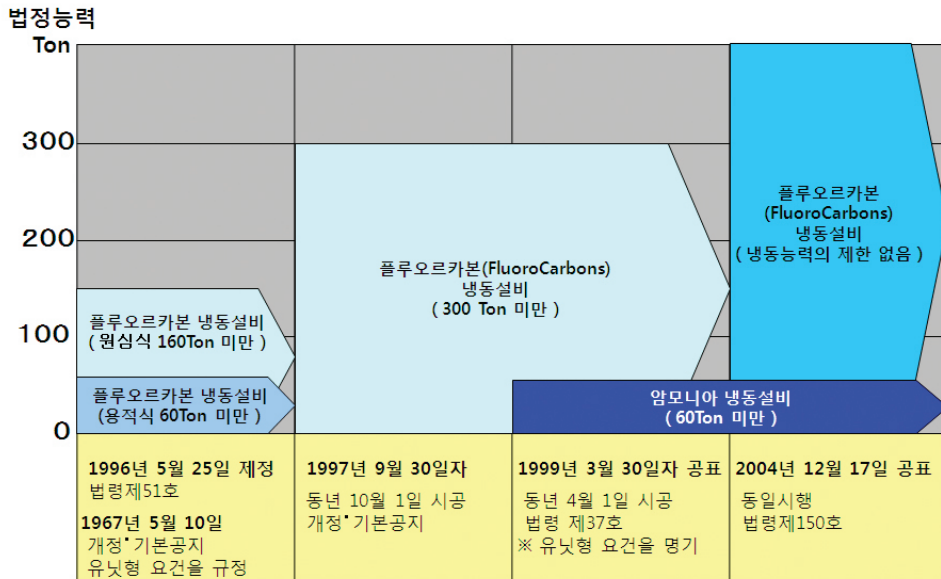
일본은 “고압가스 보안법”이 1951년 6월 제정된 이래 시대적 환경과 요구에 의해 많은 개정 작업이 계속되고 있다. 그 중에서 1966년 플루오르카본 냉동 설비(용적식 60 ton 미만, 원심식 160 ton 미만)의 유닛형 냉동설비의 규제 완화 조건 제정을 시작으로 교토의정서 이후 1999년, 자연냉매인 암모니아 냉동설비의 규제 완화 법규를 개정하였다.

본고에서는 이러한 일본의 고압가스 관련 법규의 개정추이와 자연냉매와 관련된 냉각 장치 중에서 암모니아(NH₃)와 이산화탄소(CO₂)를 이용한 냉동 공조 장치의 사례 보고를 중심으로 소개한다.

고압가스 관련 법규 변천과 현황

관련 법규와 규제의 변천

일본은 2004년 11월 중래 경제산업성 법령 별표에 따라 시행되어 온 보안 검사방법을 삭제하고 학회나 협회의 각종 민간 규격을 검사 방법으로 활용하기로 개정하였으며 이를 위해 인정 보안 검사실시자와 인증 완성 검사자의 인정 기준을 추가로 개정함에 따라 민간에서의



[그림 1] 유닛형 냉동설비에 관한 규제 의 변천사

보안 검사가 가능하도록 하였다(그림1 참조).

인정 보안 검사 실시자들의 인정 기준은 다음과 같다.

① 본사에 의한 인정사업소 및 검사관리 조직에 대한 검사의 실시 및 본사에서 법령 준수 창구의 설치

② 검사 관리 조직의 제3자(第三者) 성격의 강화를 위한 조치

③ 인정사업소 내부에서 보안 관리에 대한 PDCA (Plan-Do-Check-Action) 사이클을 실시하도록 시스템의 구축

④ 법인 대표자의 서약 확보

이 후 2004년 12월, 기술 개발에 따른 냉동설비의 다양화에 대한 현 상황을 반영, 냉동능력의 산정 기준과 냉동 보안 책임자 선임 불요 시설 확대에 대한 법령의 개정이 이뤄졌다. 그 내용으로는 첫째, 용어의 정의에 대한 개정 둘째, 자연 환기식 냉동설비 및 자연 순환식 냉동설비의 냉동능력의 산정기준에 대한 개정 셋째, 기계압축식

냉동설비 등의 냉동능력의 산정 기준의 개정 넷째, 기계 압축식 냉동설비와 자연 순환식 냉동설비를 포함한 제조 설비의 냉동능력의 산정 기준에 대한 개정 다섯째, 냉동보안 책임자의 선임 불요 시설의 개정을 끝으로, 냉동설비에 이용되는 기기의 지정이 개정의 주요 내용이다.

각각의 개정 내용에 대해서 자세히 살펴보면 다음과 같다.

① 용어의 정의에 대한 개정

가연성 가스 중 수소가 추가되었다.

② 자연 환기식 냉동설비 및 자연 순환식 냉동설비의 냉동능력 산정기준에 대한 개정을 통해 냉매 가스로써 이산화탄소를 사용하는 경우의 Q 값이 「1.02」로 새롭게 규정되었다.

냉동능력 $R=QA$

R : 1일 냉동능력 (톤)

Q : 냉매가스의 종류에 따른 상수

A : 증발부 또는 응축기의 냉매가스에 접한

부분의 표면적(m²)

③ 기계압축식 냉동설비 등의 냉동능력의 산정 기준의 개정으로 이산화탄소를 사용할 경우의 C값이 「1.8(압축기 기통 1개의 체적이 5,000 cm³ 이하의 것」 또는 「1.7(압축기 기통 1개의 체적이 5,000 cm³ 초과인 것」으로 규정되었다.

냉동능력 R=V/C

R: 1일 냉동능력 (톤)

V: 압축기에 의한 피스톤의 압출량 (m³)

C: 냉매가스의 종류에 따른 정수

④ 기계 압축식 냉동설비에 의한 자연 순환식 냉동설비의 냉동능력 산정시에는 자연 순환식 냉동설비에 관한 냉동능력을 제외하고 기계 압축식 냉동설비의 냉동능력의 산정식으로 능력을 산정하도록 한다.

⑤ 냉동보안 책임자의 선임 불요 시설의 개정

가) 암모니아 냉동설비 관련 사항

암모니아 냉동설비에 있어서 해당 설비가 피냉각물을 브라인 이용 냉동 제조 설비에 대해서는 냉동 보안 책임자의 선임 불요시설로 지정하는 것에 대해 이산화탄소를 냉매가스로 하는 자연 순환식 냉동설비에 대해서도 선임 불요 시설로 개정하였다.

나) 가연성 및 독성 가스 이외의 가스를 냉매

가스로 하는 냉동설비 관련 사항 냉동능력 300 톤 미만의 가연성 및 독성 가스 이외의 가

스를 냉매 가스로 하는 냉동설비에 있어서 유닛형 제조 설비는 냉동 보안 책임자의 선임 불요 시설로 규정 되어 있었으나 「300 톤 미만」이라는 조건이 삭제되었다.

⑥ 냉동설비에 이용되는 기기의 지정에 있어서도 기존의 모순되는 조항을 없애기 위해 1일 냉동능력 3 톤 이상의 조건을 불활성 플루오르카본을 냉매가스로 하는 냉동기에 대해서는 냉동능력 5 톤 이상의 냉동기로 규정하였다.

〈표 1〉 냉매가스종별 규제체계일람표

냉매	구분	개정후 (시행일: 2004년 12월 17일)
제 1 그룹 플루오르카본 - 불활성 가스	통상	
	유닛형	
	지정설비	
제 2 그룹 플루오르카본 - 불활성 가스	통상	
	유닛형	
제 3 그룹 기타 불활성 가스		

관련 법규와 규제의 현황

일본은 앞서 설명한 고압가스 관련 법규의 개정을 통해 2004년 12월 17일자부터 시행되고 있는 냉매가스 중별 규제 현황은 표 1과 같다.

자연냉매와 그 사용에 따른 안전 기준

암모니아

암모니아는 냉매로서는 오랜 역사를 가지지만 유독성 가연성물질이라는 이유로 법의 규제를 엄격하게 받아왔다. 최근에는 안전성을 높인 냉각장치의 보급으로 서서히 규제를 완화하는 방향으로 흘러가고 있다. 현재 고압가스 보안법에 의한 구분을 표 2에 나타내었다.

보안책임자 불필요의 냉동설비가 유닛형 60 ton미만까지 완화된 99년 4월 이후, 암모니아 냉각설비의 도입이 확산되었으며, 안전성을 향상시키기 위해 누설검지기의 설치를 의무화하여 누설 발생 시 경보를 울려 장치를 정지시키도록 한다 (표 3 참조).

이상, 법적인 규제를 열거하였고 독성의 인적인 영향과 물리적인 가연성을 표 4 및 표 5에 정리하여 나타내었다.

암모니아는 미량의 누설에도 악취를 느낄 수 있기 때문에 누설 검지기가 감지하기 전에 인식이 가능하여 조기에 대응이 가능하다. 더욱이 누설한 암모니아가 확산되어도 착화·연소되기에는 의도적인 화력이 필요하다. 암모니아 장치의 전기 설비가 방폭 사양이 아니더라도 암모니아는 불이 붙기 어려운 가연성 가스임이 분명하다.

어찌됐든 암모니아 냉매의 안전성은 누설에 대한 대응이 중요하다고 할 수 있다.

이산화탄소

이산화탄소는 고체화한 드라이아이스가 냉각

〈표 2〉 허가·신고 및 냉동보안책임자의 유무

법정능력 (ton)	허가·신고	냉동보안 책임자	
		일반형	유닛형
60 ton 이상	허가	필요	필요
60 ton 미만			불필요
50 ton 미만	신고		
20 ton 미만			
5 ton 미만	불필요	적용제외	
3 ton 미만			

〈표 3〉 암모니아 누설 검지기의 설정치

옥외 설치 장치	100 ppm 이하
옥내 설치 장치	200 ppm 이하

〈표 4〉 암모니아의 농도와 인적인 영향

농도	인적인 영향
5~10 ppm	후각으로 느낀다
50 ppm	불쾌감을 느낀다
100 ppm	점막계에 자극을 느낀다
200~300 ppm	눈이나 목을 자극한다
300~500 ppm	30분~1시간은 견딜수 있다

〈표 5〉 암모니아의 착화 조건

①	공기 중의 가스농도가 15~25% 일 것
②	공기 중의 누설가스가 혼합되어 있음
③	착화 에너지가 클 것
④	착화를 어느 정도 연속 시킬 것

제로서 잘 알려져 있다. 대기 중의 이산화탄소 증가가 온난화를 촉진하는 것으로 문제시되지만 냉매로 사용하는 이산화탄소는 본래 대기 중에 방출된 것을 밀폐 사이클에 대응한 장치로서 크게 추천되어야 할 것임에 틀림없다. 최근에는 에코큐트(이산화탄소를 냉매로하는 히트펌프식 전기급탕기)라고 부르는 급탕기의 보급이 늘어났고 업무용 냉열, 온열의 이용이 진행되고 있다.

〈표 6〉 이산화탄소장치의 허가·신고 및 냉동보안 책임자의 유무

법정능력 (ton)	허가·신고	냉동보안 책임자	
		일반형	유닛형
300 ton 이상	허가	필요	필요
300 ton 미만			불필요
50 ton 미만			
20 ton 미만	신고	불필요	불필요
5 ton 미만			
3 ton 미만			

〈표 7〉 이산화탄소의 농도와 인적피해

농도	인적인 영향
0.04%	정상공기(대기)
0.5%	장기안전한계(TLV)
1.5~2.0%	작업은 가능하지만, 신체에 영향이 나타나는 경우가 있다.
3.0~4.0%	작업성이 저하하고, 상당한불쾌감이 있다.
5.0%이상	대부분 사람이 견디기 힘든 상태 30분경과 후 중독 상태에 이름

법의 분류에서는 플루오르카본과 같이 분류되지만 작동압력이 높고, 압력과 온도의 관계가 종래의 냉매와 다른 점이 특징이라 할 수 있다.

누설 정보 장치와 환기 장치를 설치할 경우에는 이산화탄소 농도를 0.5%로 설정하도록 일본 산업 위생학회에서는 권고하고 있다(표 6, 표 7 참조).

냉매 누설 사고에 대한 유의점

냉매 누설사고는 어떠한 냉동장치를 설치하더라도 최소화 하도록 하며, 이를 위해서는 반드시 일상의 보수 점검을 완벽하게 실시하도록 한다.

냉매의 누설이 발생하기 쉬운 개소

- ① 통로 측에 설치한 배관

포크리프트의 포크나 화물의 충돌 등 예상치 못한 사고에 의해 누설이 발생한다. 표식이나 보호설비로 대책을 세운다.

② 플랜지 너트의 느슨함과 편조임

플랜지로부터 누설에 있어서 너트를 체결할 때에 나사산에 맞춰 똑바로 체결하는 것을 기본으로 한다. 그러나 냉동장치는 온도 변화가 큰 배관이 반드시 존재하기 때문에 플랜지부의 가스켓의 점검과 추가 조임 작업이 반드시 필요하다. 플랜지가 없는 용접형으로의 형식 변경이 이루어지는 추세이다.

③ 압축기·액펌프·스톱밸브 등의 실링부

기계적인 밀봉과 그랜드 패킹으로부터 누설에 대하여 정기적인 점검이 필요하다.

액봉의 방지

점검 보수시에 평상시 조작하지 않는 밸브를 조작하게 되는데, 이때에 냉매액을 봉입한 상태로 방치할 경우에 내부압이 비정상적으로 상승하여 배관 장치의 파손에 따른 누설사고가 발생할 수 있다. 배관 장치가 파손되는 액봉은 인명 사고를 포함한 대형 사고로 이어질 가능성이 높으므로 각별히 주의하여야 한다.

특히, 액펌프 체크밸브와 상부의 스톱밸브, 급액 전자밸브와 하부의 스톱밸브, 수액기 출구 밸브와 배관 급액 밸브 등의 액 라인을 조작할 경우에는 충분한 전처리가 필요하다.

배관 부식에 따른 누설

배관의 노후에 따른 부식이 원인이 되어 발생하는 누설에 대해서는 정기적인 점검이 필요하다. 특히 옥외의 기계 주위의 배관, 바닥에 가까운 액관과 오일회수 관, 방열한 부분과 노출 배관의 경계, 콘크리트 관통부, 액 회수 장치의 냉·온의 온도변화가 반복되는 배관 등에 대해서는 점검이

필요하다.

그 외 인위적 실수 등에 따른 사례

- ① 냉매의 펌프 아웃 · 개방 작업 중의 사고 (작업 순서의 확인)
- ② 냉매 회수시의 봄베에 과충진한 사고(봄베용 저울의 준비)
- ③ 배관의 개조 공사중에 실수로 다른 배관을 절단 (절단 개소의 명기)
- ④ 냉각관 (친장 코일)에 착상한 결빙을 떨어뜨릴 때 충돌에 의한 코일 손상 사고(서리 상태로 떨어뜨림, 정기적인 제상 작업 실시)

상한 결빙을 떨어뜨릴 때 충돌에 의한 코일 손상 사고(서리 상태로 떨어뜨림, 정기적인 제상 작업 실시)

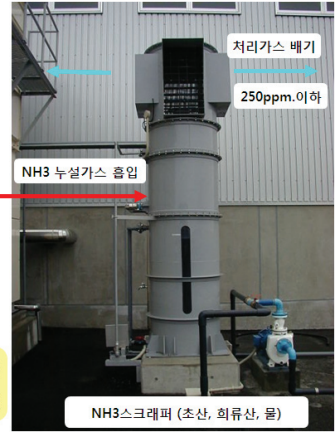
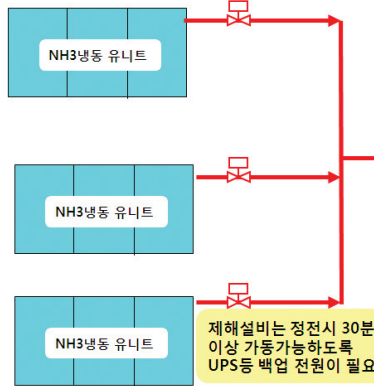
냉매 누설에 대한 안전 대책 기술

암모니아 냉동장치의 설계 개념은

- ① 냉매 보유량의 삭감 - 상용성 오일을 이용한 직팽건식 시스템
- ② 누설의 최소화 - 밀폐형 모터, 공장 생산형 유닛

<표 8> 제해 방식의 구분과 기준치

	제조설비의 냉매충전량	기준치				작동설정시간
		산포수량	보유수량	수동 산포량	회수수량	
산포식 제해 설비	300kg이상 500kg미만	40 L/min이상	1,200 L이상	400 L이상	1,600 L이상	30분
	150kg이상 300kg미만	30 L/min이상	900 L이상	300 L이상	1,200 L이상	
	85kg이상 150kg미만	25 L/min이상	750 L이상	250 L이상	1,000 L이상	
	35kg이상 85kg미만	20 L/min이상	600 L이상	200 L이상	800 L이상	
	15kg이상 35kg미만	15 L/min이상	450 L이상	150 L이상	600 L이상	
	15kg미만	10 L/min이상	300 L이상	100 L이상	400 L이상	
스크러버식 제해 설비		기준치				
	제조설비의 냉매충전량	냉매 처리량		작동설정시간	배출 농도	
	300kg이상 500kg미만	19kg				30분
	150kg이상 300kg미만	17kg				
	85kg이상 150kg미만	14kg				
	35kg이상 85kg미만	11kg				
	15kg이상 35kg미만	7.5kg				
15kg미만	3.7kg					



[그림 2] 스크러버식 제해 설비 설치 예

- ③ 안전 운전 - 제해설비 일체화 유닛, 이차 냉매(브라인)시스템의 채용, 완전 자동 운전
- ④ 고효율화 - 전 용접형 셀&디스크형 열교환기, 전자식 팽창밸브의 채용 등의 방법으로 안전 대책을 세울 수 있다.

암모니아 제해 설비

암모니아의 제해 설비에 대해서는 예시 기준에 구체적으로 기재되어 있지 않고, 각 현의 지도서에 따라 시공하도록 되어 있었다. 일본냉동공조공학회의 암모니아 냉동공조분과회는 암모니아가 기체로 누설될 경우의 누설량의 측정과 물산포에 의한 제해 실험을 실시, 「냉동 2002년 12월호」에 투고하였다. 또한 「암모니아 냉동공조설비 제해 설비 기준」을 2003년 6월 19일에 제정, 발행하였다. 이에 따라 에너지관리법령 제 36조에 대응하는 모든 60 톤 미만의 유닛형 설비에 대한 제해 설비기준을 제시하였다 (표 8 참조).

그림 2는 암모니아 제해 방식 중

스크러버식(Scrubber式)제해 설비의 설치 방법을 나타낸 것이다.

감시체제에 관한 법규

냉동 보안규칙 제 9조 (제조의 방법에 관한 기술상의 기준) 제 2호에 따라 고압가스의 제조는 제조하는 고압가스의 종류 및 제조 설비의 형태에 따라 1일에 1회 이상 해당 설비의 이상 유무를 점검하도록 되어있으나 그 해석 및 운용에 있어서 1일 1회 이상을 1회 점검만 행하여도 무방하다고 보고 있으며, 또 다음의 조건을 만족하는 제조설비에 대해서는 야간 무인 운전을 해도 지장이 없다고 해석한다.

① 자동운전에 의한 해당 냉동기의 운전 개시 및 정지가 수시로 가능할 것.

② 고장 등이 발생한 경우에 해당 냉동기의 전원이 자동적으로 차단되어 경보 장치가 작동될 것.

따라서 상기의 해석으로 자동운전이 가능한 설비를 설계하는 것으로 냉동 보안 책임자의 야간 감시는 불필요하나 단, 설비의 이상 발생시 보안 책임자가 신속하게 현장에 도착, 대응이 가능하도록 하여야 한다.

맺음말

오늘날 산업계 전반의 눈부신 기술 진보와 함께 발전해 온 냉동 기술은 다양한 산업에서 폭넓게 이용됨에 따라 친환경적이며, 효율적인 자연 냉매를 이용한 냉동 기술을 확대 보급하기 위해 학계와 산업계는 그동안 제약이 되었던 고압가스 보안법을 완화시키는 노력을 계속해 왔다. 고압가스 보안법의 규제 원인인 위험성을 해소하기 위한 학계와 산업계의 냉동기술의 개발과 안전하고 완벽한 시공이 수반됨에 따라 그 규제가 다소 완화되기는 하였으나, 범 국가·범 세계적인 차원의 지구환경 보호와 지속적인 산업 발전을 도모하기 위해서는 자연 냉매를 이용한 냉각 설비에 대한 규제의 현실화가 계속 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 일본 고압가스 보안 협회, 2005, 냉동보안 규칙 등의 일부 개정에 관하여, 냉동공조정보, vol 2P pp2~10
2. 일본 냉동공조 학회, 2006, 냉동보안 규칙관계 예시 기준, 냉동관계 법규집 