

일본 저온물류센터의 첨단 냉각 시스템 (Advanced Cooling System for CDC)

- 박 수 석 / (주) 한국마이콤/(주) 마에카와제작소, sspark@mycomkorea.com
- 채 강 식 / (주) 한국마이콤/(주) 마에카와제작소, osajang@mycomkorea.com
- 김 동 미 / (주) 한국마이콤/(주) 마에카와제작소, kdm@mycomkorea.com

국내의 저온물류센터에서의 에너지 절감 방안으로서 일본의 저온 물류센터에 적용되고 있는 여러 가지 에너지 절약 시스템과 자연냉매를 이용한 친환경 시스템을 소개한다.

서론

물적 의미에서의 일반적인 「유통」은 상품이 생산자로부터 소비자 쪽으로 이전되는데 있어서의 시간격(gap)을 줄이고 조정해주는 역할을 일컫는 것이다. 이 중에서 특히 생산과 소비 사이의 장소적, 시간적 간격을 조정하고 해소해주는 것을 「물류」라고 하며 생산지로부터의 수송, 보관, 배송 등의 각 기능을 통해 「물적유통」이 이루어지게 된다. 이러한 물적 유통은 최근 정보화 사회로의 빠른 진전에 힘입어 「정보류」라 불리는 “물류의 IT화”로 발전되고 있다.

본 고에서는 물류의 기능 중 점차 중요성이 커져가는 저온물류 배송센터 (cold distribution center)의 도입과 최신기술인 친환경 시스템에 대해 외국의 사례를 중심으로 소개하고 우리나라의 콜드체인 시스템(cold chain system)의 향후 전개 방향을 제시하고자 한다.

저온 물류 배송 센터의 도입

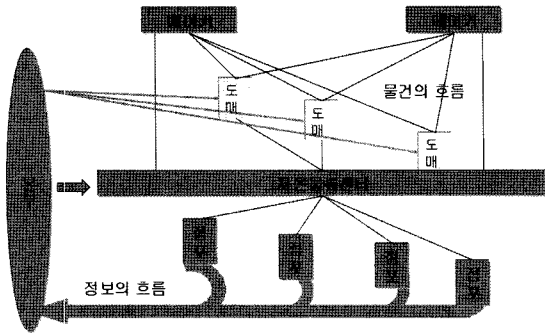
우리나라는 2008년 리먼 브라더스의 파산으로 시작된 범국제적 경제 위기와 외환위기를 다행히도

잘 극복해냈지만 글로벌한 국제 사회에서 세계 환경 변화에 따른 국내 환경 변화는 경제분야 뿐만이 아닌 각 분야에 있어서 피해갈 수 없게 된 것이 현실이다. 이는 식품의 분야에서도 마찬가지로 현재 많은 변화가 진행되고 있다. 특히 지난 10여년간 대형마트와 패밀리 레스토랑의 폭발적 증가로 인해 국내 최대 소비지인 서울을 비롯하여 전국의 주요 거점을 연결하는 유통 관련 인프라 스트럭처의 확충도 활발히 진행되고 있다.

한편, 소비자의 다양한 니즈(needs)로 취급 상품의 종류가 많아짐에 따라 식품 제조 회사들은 보다 세분화된 물류에 대응하지 않을 수 없게 되었으며, 이는 수송의 적재를 저하와 비효율로 인한 물류비용의 증가를 초래하게 되었다.

결국 기업들은 물류 비용(cost)의 절감을 목적으로 주요 소비지 근교에 물류센터를 건립하여 운영하고 있으며 이를 중심으로 콜드 체인 시스템 확립에 전력을 기울이고 있다. 또한, 대기업을 포함한 학교, 단체 등의 업무용 식자재 공급 전문 회사들의 비약적인 성장으로 인하여 신선식품의 저온 물류 시장은 더욱 확대 될 것으로 전망된다(그림 1 참조).

또한, 저온물류의 기본명제는 「신선공급」에 있으므로 저온 물류 시스템의 구축에 있어서 각 상품의 유통, 보관 시 규정 온도의 철저한 유지 및 상품의 보관, 배송기간의 단축을 염두에 두고 사전에 시스템을 구축하여야 할 것이다(그림 2 참조).



[그림 1] 저온물류센터에서의 물류의 흐름

	-50	-40	-30	-20	-10	0	10	20°C
	→							
	F4급	F3급	F2급	F1급	C1급	C2급	C3급	[가온]
	(50°C이하)							
	[초저온] 합지		[냉동]		[냉장]		[냉동]	[정온]
			어류 육류 냉동식품 아이스크림 팽생지		유제품 연유제품 선어 야채		[냉동] (-5 ~ -5°C)	마요네즈 조식 및 과자 미역류
							[냉동] (-3 ~ 0°C)	

[그림 2] Cold Chain Center의 온도대 구분

친환경 시스템의 적용

자연 냉매의 이용

저온물류센터의 냉각시스템은 코스트, 안전성, 운전의 안정성 등의 이유로 프레온계 냉매를 장기간 사용하여 왔다.

그러나 오존층 파괴 문제 및 지구의 온난화 문제가 지구적 규모의 사회문제로 크게 부각되었고, 이에 따른 프레온 냉매의 사용규제가 이미 선진국에서부터 시작되었다.

우리나라 정부도 프레온계 냉매에 대한 규제가 시행되고 있으며 2009년 12월 23일 HCFC 냉매의 소비량 규제에 대한 단계적인 로드맵을 발표하여 2013년부터 생산 수입량을 제한키로 하였다.

이렇듯 최신의 저온물류센터의 냉각시스템에 적

용되는 냉매도 지구온난화를 억제할 수 있는 자연 냉매를 이용하는 추세로 선진국을 중심으로 변화하고 있다(그림 3 참조).

에너지 절약 시스템

중래의 저온물류센터에서는 암모니아 냉매의 독성 성질로 인하여 가스 누설 시 작업원의 안전성을 확보하기 위해 브라인을 사용한 간접 냉각 시스템을 선호하여 왔다.

그러나 이 간접 냉각 시스템은 냉매의 직접 냉각 시스템과 비교하면 동력비가 증가되는 결점을 피할 수 없었다. 이에 최근 유럽, 일본 등의 저온물류센터에서는 운전 동력비가 높은 브라인을 이용한 암모니아 간접 냉각 시스템을 보완하여 탄산가스의 저온특성(저점성)을 이용한 「NH₃ / CO₂ Cooling System」을 도입하고 간접 냉각 시스템의 장점인 「안전성」과 직접 냉각 시스템에 필적하는 「에너지효율」을 동시에 만족시키는 시스템을 개발, 널리 보급하고 있다.

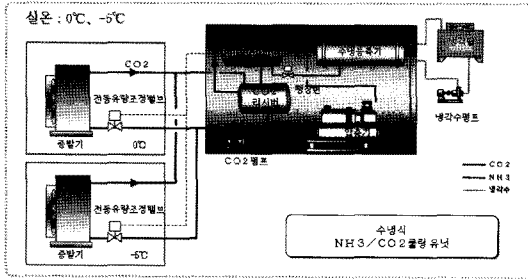
일본의 최신 저온물류 센터에 적용되는 「NH₃ / CO₂ 냉각시스템」계통도(그림 4)와 고효율 IPM 모터를 채택한 신형 냉동기의 구조는 그림 5와 같다.

즉, NH₃ / CO₂ 유닛은 기계실에 설치하고 작업원이 근무하는 보관, 분류 작업장에는 CO₂ 브라인만을 순환시킴으로써 안전성을 확보하였으며 이에 따른 고성능 컴프레서의 개발로 에너지 효율을 극대화시켰다. 에너지 절약과 관련하여 표 1에서

냉매의 종류	자용오래온 (HCFC)				자용오래온 (HFC)				자연냉매 (Natural Five)		
	R11	R12	R152	R22	R134a	R404A	R407C	R410A	R717	R744	R600a
오존층 파괴계수 (ODP)	1.0	1.0	0.354	0.055	0	0	0	0	0	0	0
온난화계수 (GWP)	4760	18800	450	1810	1430	3900	1950	1990	1	1	4
특징	- 오존층 파괴 계수 높음 - 냉매고 기화압력 높음 - ODA 간섭 (1995년)				- 온난화 계수 낮음 - 온난화 계수 낮음 - 오존층 파괴 계수 낮음 - 고온고압에서 온난화계수가 낮음				- 자연냉매 종류 암모니아, 탄화수소, 불소가, 이산화탄소		

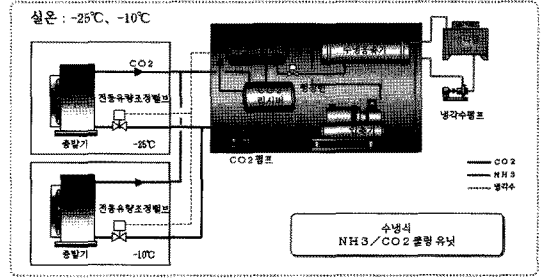
[그림 3] 지구온난화 문제에 대한 냉매의 동향 - 선진국의 경우

(2) NH₃/CO₂ 방식 (수냉) <C급, 전설계용>



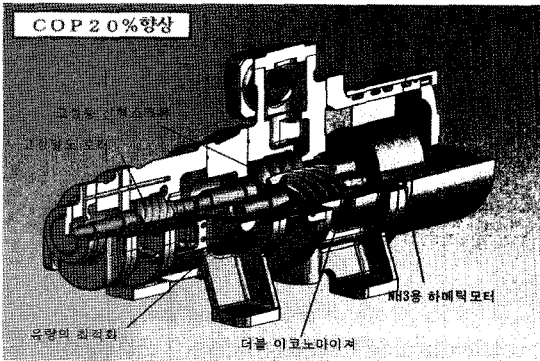
a) 「NH₃ / CO₂ 냉각시스템」 C급 계통도

(1) NH₃/CO₂ 방식 (수냉) <F급 계통>



b) 「NH₃ / CO₂ 냉각시스템」 F급 계통도

[그림 4] 「NH₃ / CO₂ 냉각시스템」계통도



[그림 5] 신개발 암모니아 전용 냉동기 구조도

는 「NH₃ / CO₂ 냉각 시스템」과 「R404A 직팽 시스템」의 특성 및 장단점을 비교하였다.

결론적으로 「NH₃ / CO₂ 냉각 시스템」은 기존의 간접 냉각 방식의 단점을 보완함에 따라 안전하면서도 COP와 런닝코스트 면에서도 우월한 시스템으로 인정받으면서 유럽과 일본 등 선진국에서 차세대 냉각기술로 각광받는 시스템이다.

결로 대책

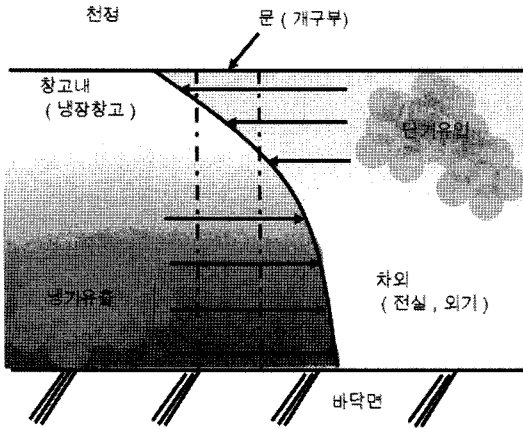
저온 환경을 유지하는 공기는 산소를 21% 포함한 혼합 기체이다. 그리고 수증기를 포함하고 있는

<표 1> 「NH₃ / CO₂ 냉각 시스템」과 「R404A 직팽 시스템」의 비교 : 일본

		NH ₃ / CO ₂ 방식(수냉)	R404A 직팽방식(수냉)
성능면	COP 냉각능력/동력	1.19	1.00
	냉동보안책임자	불필요	불필요
런닝코스트비		0.85	1.00
부대설비		중화수조	없음
장점	① NH ₃ / CO ₂ 방식은 공장 생산 유닛으로 NH ₃ 보유량이 적고 누설의 우려가 적다	② 2차냉매는 오일프리이므로 증발기의 냉각효율의 저하가 없다.	① 사용재료의 제한이 적으므로 이니셜 코스트가 저렴하다.
	② 냉매 연결 배관의 관경이 작아지므로 공시기간의 단축과 배관 코스트 절감이 가능하다.		② 열교환기가 적으므로 이니셜 코스트가 비교적 저렴하다.
	③ 2차냉매는 오일프리이므로 증발기의 냉각효율의 저하가 없다.		③ 직접냉매를 굴러 보내기 때문에 냉각효율이 좋다.
단점	① 간접 방식이므로 구성기기가 많아 기기의 이니셜 코스트가 고가이다.	② 암모니아 중화 설비가 필요하다.	① 프레온계 냉매이기 때문에 GWP=3850으로 높고, 장태 법 규제나 세금 부과 대상이 될 가능성이 크다.
	② 암모니아 중화 설비가 필요하다.		② 혼합냉매이기 때문에 누설시는 냉매의 전량 교체가 필요하다.
			③ 프레온 회수 파괴법의 대상 냉매이다.

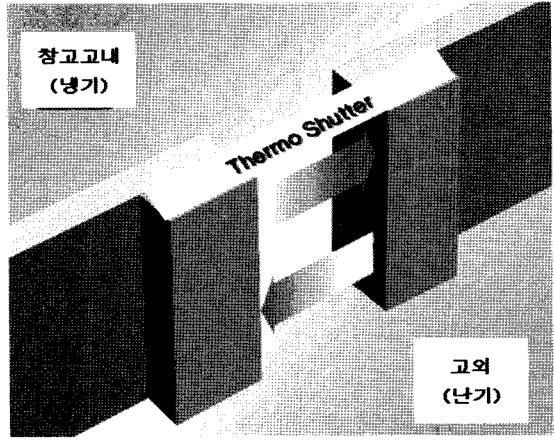


개구부에서의 열 손실



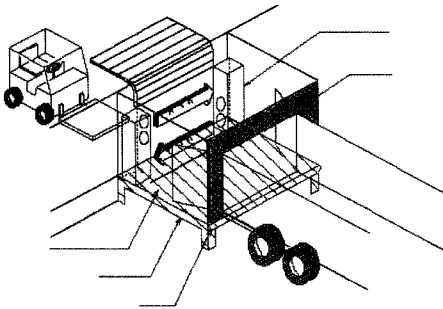
[그림 6] 개구부에서의 결로 발생 원인

Thermo Shutter - 가로 송풍 순환방식

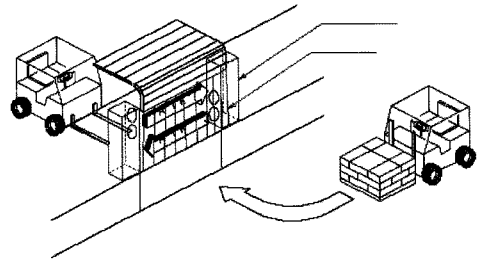


[그림 7] 가로송풍순환형 Air Curtain Thermo Shutter

<에어 바리어형 접차셀타방식>
(접차 이미지)



<에어 바리어형 독셀터-방식>
(포크 하역 이미지)



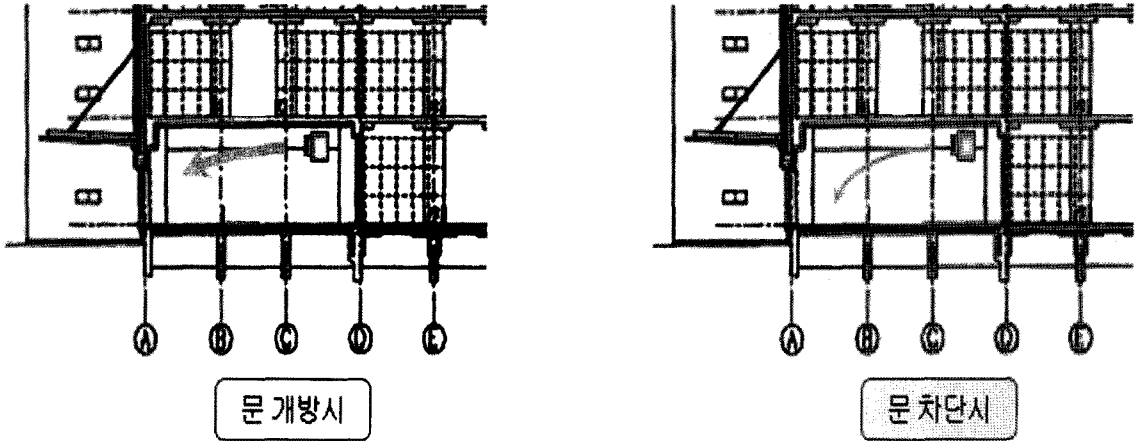
[그림 8] Thermo shutter의 하역장 설치 예

공기를 습공기라고 하며 이 습공기가 냉각되어지면 일정 온도에 이르러서 공기 중의 수증기량이 수분 보유 가능량을 초과하게 되어 결로가 되며 이 온도를 공기의 노점온도라고 한다.

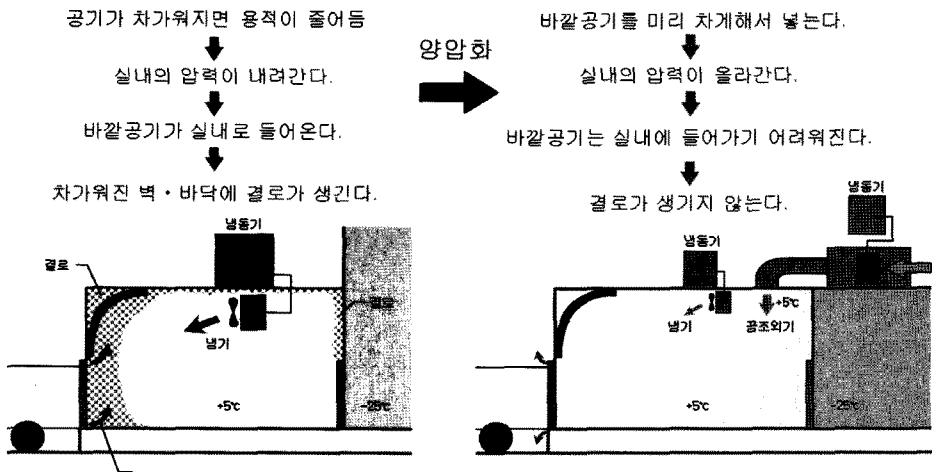
저온물류센터의 하역장인 전실에 습한 외기가 침입하여 결로가 발생하는 것이 바로 이 원인이기도 하다. 또한 전실의 공기가 영하의 창고내에 공기와 접촉하게 되면 역시 결로현상이 발생하고 결국 얼음상태로 결빙하게 된다(그림 6 참조).

결로 발생 현상을 전부 방지하는 것은 불가능하지만, 결로의 발생을 사전에 방지하여 극도의 냉동효과 저하를 막으며 안전사고로 이어지지 않도록 관리할 수 있는 방법들이 있다. 다음과 같이 결로 방지 대책의 몇가지 방법들을 소개한다.

1) Thermo Shutter를 이용한 하역장 결로 방지
저온물류센터의 하역장에 Thermo Shutter의 적용시 다음과 같이 설치 할 수 있다(그림 8 참조).



[그림 9] 쿨러팬을 이용한 결로 방지



[그림 10] 양압공조를 이용한 결로 방지

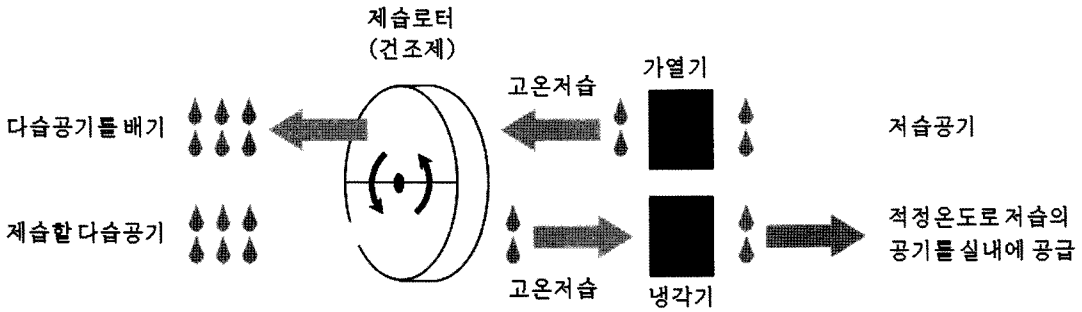
2) 쿨러팬을 이용한 독셀터 주변의 결로 방지
쿨러팬의 송풍축을 독셀터 방향으로 설치하고 독셀터를 정면으로 바라보는 쿨러는 도어의 개폐와 연동되어 동작되도록 한다. 도어가 열렸을 때에는 쿨러팬을 강제 운전시키고 도어가 닫혔을 때에는 온도에 따라 제어 운전되도록 하여 독셀터 주위의 결로를 억제할 수 있다(그림 9 참조).

3) 양압공조를 이용한 결로 방지
실내에 공급되는 공기를 냉각시켜 투입함으로써

실내 압력을 올려 외부의 따뜻한 습공기가 내부로 침입되는 것을 방지할 수 있다(그림 10 참조).

4) 데시칸트 공조

습기가 많은 공기를 제습로터를 이용하여 수분을 제거한 다음 냉각시켜 실내로 공급함으로써 실내의 습도를 제어하고 결로를 방지할 수 있으며 온도와 습도를 제어함에 따라 쾌적한 실내환경의 유지는 물론 습기에 의한 곰팡이나 녹의 발생을 억제할 수 있다(그림 11 참조).



[그림 11] 데시칸트 공조를 이용한 결로 방지

결론

오늘날 유통에 있어서 물류의 중요성이 증대됨에 따라 물류에서의 온도관리 또한 중요시되어 대형 저온물류센터의 규모와 그 수는 확대 증가되고 있는 실정이다. 따라서 저온물류센터를 건립하는 데 있어서는 저온물류센터 본연의 목적인 보관 품목의 적정한 온도관리는 물론이며 작업원과 인근 주민의 안전 보장, 나아가 지구 환경을 보호할 수 있는 시스템을 구축하는 것이 우리의 과제이다.

그에 대한 해결책으로써 먼저 탈프레온화 실현을 위한 자연냉매의 도입과 에너지 절약 시스템의

개발 및 도입을 위한 관련 법규의 개정과 규제완화의 필요성이 우리나라의 저온물류업계 전반에 시급하게 인식되어야 할 것이다.

참고문헌

1. “유통” 上原 征彦, 2004
2. “저온물류의 실무 매뉴얼 지침” 野口 英雄, 2004
3. “2010년부터 프레온 가스 및 할론, 국내생산, 수입금지” - 지식경제부 보도자료 2009. 12. 23.