집중기획 II

일본 산업냉동분야의 자연냉매 전환 현상에 대하여

지구환경 보호에 관한 의식이 향상됨에 따라 최근 프레온 배출 억제법을 시행하고 자연냉매 전환 촉진을 위한 대형 보조사업을 실시하고 있는 일본 산업냉동분야의 현황에 대해 소개한다.

아사노히데요
(Asano Hideyo)
(주)마에카와제작소 이사
hideyo-asano@mayekawa.co.jp

머리말

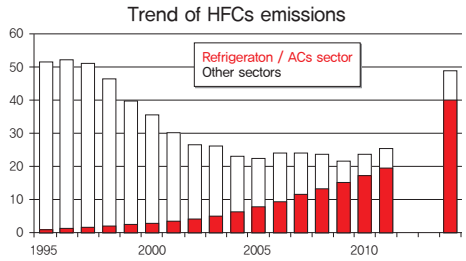
지구 환경보호에 관한 토론은 오존층파괴 방지에서 온난화 방지책으로 이행되고 있으며, 선진국뿐만 아니라 개발도상국을 포함한 글로벌 과제로 대두되고 있다. 이러한 흐름 속에서, 일본의 산업냉동분야에서는 2014년부터 새로운 움직임의 일환으로 자연냉매로의 전환이 시작되고 있다.

국가 정책

지구온난화에 대하여 일본에서 직면하고 있는 큰 과제로는 **그림 1**에서 나타내는 것과 같이 냉동・공조분야에서 HFC가스 배출량이 급증하고 있으며 향후에도 계속되는 것을 볼 수 있다. 이에 따라, 환경부(MOE)에서는 2014년부터 새로운 시책을 실시하고 있다.

프레온 배출억제법 시행

프레온 가스 제조에서 사용, 그리고 폐기까지의 모든 공정에 대하여 라이프사이클 전반에 걸쳐 엄격한 규제를 적용하는「프레온 배출 억제법」



[그림 1] 가스 배출량 경향(MOE)

이 2015년 4월부터 시행되고 있다. 구체적으로는 아래의 5개 항목에 대하여 제조회사, 사용자 등에게 엄격한 규제가 가해지고 있어 프레온 냉매 사용이 점차 어려워지고 있다.

1. 프레온 가스의 신규 제조량 삭감
2. 논 프레온, 저 GWP 냉매로의 전환
3. 냉동기기의 냉매 누설 방지를 위한 적정 관리
4. 프레온 가스의 적절한 충진과 회수
5. 프레온 가스의 적절한 재생과 파괴

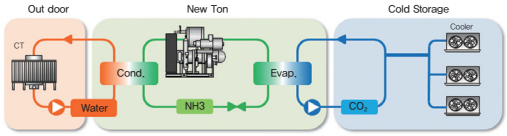
자연냉매화 촉진을 위한 보조사업

산업용 냉동분야에 자연냉매로의 전환을 촉진하기 위하여 환경부의 「선진기술을 이용한 에너지 절약형 자연냉매기기 보급 및 촉진사업」이 2014년부터 3개년 사업으로 시작되었다. 이 보조사업의 예산은 1차년도 2014년은 약 50억 엔(￥), 2015년은 약 62억 엔(￥)이며, 대상기기와 보조율은 다음과 같다.

1. 냉동·냉장창고(보조율 : 50%)
2. 식품소매점포/냉장 쇼케이스(보조율 : 33%)
3. 식품제조공장/2015년부터(보조율 : 33%)

에너지절약형 자연냉매기기

환경부의 보조사업으로 채택된 에너지 절약형 자연냉매기기의 개요를 소개한다.



[그림 2] NH_3/CO_2시스템 컨셉(Mycom)

NH_3/CO_2 시스템(NewTon)

1차 냉매를 NH_3(암모니아)로 하고, 2차 냉매인 CO_2(이산화탄소)를 브라인으로 하여 순환시키는 시스템이 냉장창고나 프리저의 냉각에 이용되고 있다.

그림 2는 대표적인 NH_3/CO_2 냉동기인 NewTon의 개요를 나타낸다.

1차 냉매로는 가장 높은 효율의 자연냉매 NH_3를 사용하고 냉동 사이클 부분은 패키지로 되어있어 완전자동으로 운전된다. 압축기는 스크류 이단기로, 반밀폐식 IPM모터(영구 자석식)를 사용하고 있으며, 효율이 높고 냉매누설의 위험도 적다.

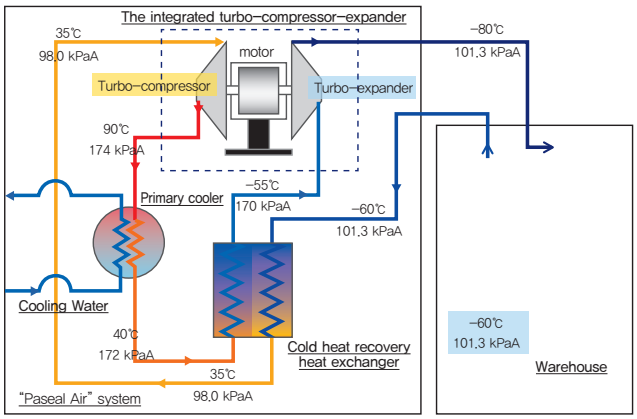
NH_3 응축기는 수냉식이며 1년에 걸쳐 에너지 절약 운전이 가능함과 동시에 냉매 충전량을 극소화하고 있다. 예를 들어, 모터 용량이 45 kW인 기종에서는 NH_3 충전량이 25 kg이다.

또한, 간접냉각식은 저온을 필요로 하는 영역에 저온의 액체 CO_2를 펌프로 공급하므로 반송동력이 작아져 설비전체의 에너지가 절약되고 만일의 누설 시에도 안전하다.

에어 사이클(Pascal Air)

초저온 냉장고용으로는 공기를 냉매로 이용한 에어 사이클식의 파스칼 에어가 채택되고 있다.

냉장창고 내의 공기를 흡입하여 열교환기를 거치며 압축과 팽창을 하고 냉장창고 내보다 20℃ 낮은 온도로 다시 투입되는 과정을 반복함으로써, 창고 내를 초저온으로 유지하는 설비이다(**그림 3**).



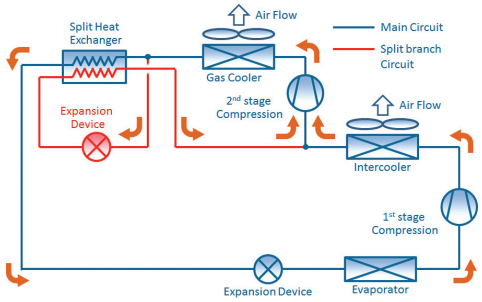
[그림 3] 파스칼 에어의 흐름도(Mycom)

이제까지의 참치보관용 초저온 냉장창고에서는 이원냉동방식(HCFC-22/23)이 채택되고 있으나, 파스칼 에어를 이용하면 보다 에너지 절약이 가능한 완전한 자연냉매로의 전환이 가능하게 된다.

CO_2 냉동 사이클

CO_2 냉매 히트펌프를 사용한 급탕기는 이미 보급되어 있으나, 최근에는 냉동 시스템이 보급되고 있다.

냉매의 특성상 에너지 효율을 높이는 것이 과제였으나 분할 시스템이 등장한 후로는 대폭 개선되었다. 고단 가스 쿨러의 출구 측 가스 일부를 중간 압력까지 팽창시켜 그때 메인 가스를 냉각시킴으로써 냉동효과를 크게 하는 시스템이다(**그림 4**).



[그림 4] CO_2 냉매 시스템(Panasonic)

이 시스템은 냉장 쇼케이스의 냉각용으로 상품화되어 편의점 또는 슈퍼마켓으로 보급되고 있다.

냉장창고 상황

일본의 냉장창고에서는 보관 상품의 종류에 따라 다음 3개의 온도대가 주로 사용되고 있다.

1) C급/야채, 과일 등(고내온도 : 0~10℃)
2) F급/냉동식품, 동결품 등(고내온도 : -25℃)
3) SF급/참치 등(고내온도 : -60℃)

일반적으로 물류형 냉장창고에서는 C급과 F급 보관창고가 각각 설치되어 있고 SF급은 초저온전용 냉장고로서 설치되는 경우가 많다.

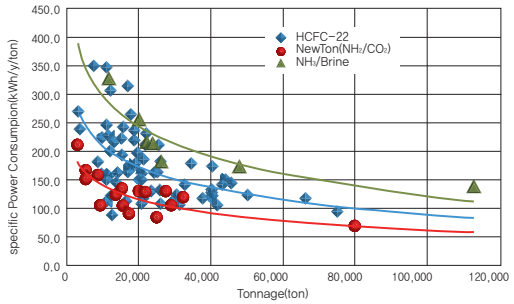
물류형 냉장창고

대부분 주요 거대 냉장창고업체에서는 NH_3/CO_2 설비(NewTon)가 채택되어 현재까지 164건에 달하고 있으며, 에너지 절약성이 높게 평가되고 있다. 신축 냉장창고의 주요 납입 예를 **표 1**에 나타낸다.

약 100개소의 냉장창고 전력 사용량을 조사하여 원 단위(kWh/톤/년)를 구하여 **그림 5**에 나타내

〈표 1〉 주요 냉장창고 실적(Mycom)

고 객	톤 수	NewTon 대수	설치 년도
Nissui Logistics/ Kawasaki	14,000	3	2008
Toyo Suisan/ Nagoya	32,000	9	2009
Housui/Atsugi	8,000	2	2010
Yokohama Ritou/ Osaka	27,000	8	2011
Coop/Onomichi	30,000	8	2012
Matsuoka/ Kawasaki	80,000	11	2012
Maruha-Nichiro/ Kawasaki	30,000	6	2014
QP Logistics/ Tokorozawa	18,000	7	2014
Nichirei Log./ Sakishima(Osaka)	40,100	11	2015



[그림 5] 냉장창고 상세 소비 전력(Mycom)

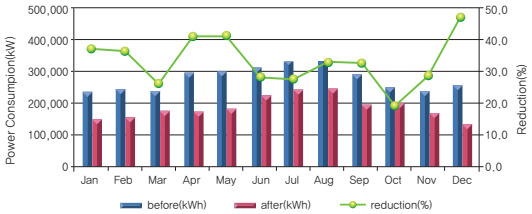
었다. 가로축은 냉장창고의 톤 수를 나타내고 세로축은 원 단위를 나타내고 있다. 또한, 3종류의 냉각 설비 종류를 비교하고 있으며 각각 HCFC-22직팽식(◇), NH_3/CO_2식 NewTon(○)과 NH_3/브라인식(△)을 나타낸다. 평균 원단위는 「NH_3/브라인식」>「HCFC-22직팽식」>「NH_3/CO_2식」 순으로 NewTon을 채택함으로써 HCFC-22보다도 약 25%의 에너지가 절약되고 있다.

초저온 냉장창고

고내온도가 -60℃인 참치 보관 전용 초저온 냉장창고에는 HCFC-22/23의 이원냉동식이 많이 사용되고 있다. 이 분야에서는 자연냉매전환으로 에어 사이클식(Pascal Air)이 상품화되었다.

파스칼 에어 1호기가 도입된 Fukazawa냉장의 8,000톤 냉장창고에서는 이전 방식에 비해 약 30%의 에너지 절약이 달성되었다(**그림 6**).

또한, 한국에서는 부산의 (주)해천글로벌 참치 전용 냉장창고에 파스칼 에어가 처음으로 도입되어 가동되고 있다.



[그림 6] SF급 냉장창고의 소비 전력(Mycom)

프리저 분야

농산물이나 수산물 동결에서부터 최근에는 냉동식품 생산에도 다수의 프리저(freezer)가 사용되고 있다. 현재까지 72개의 프리저 설비에 NH_3/CO_2식이 채택되고 있다.

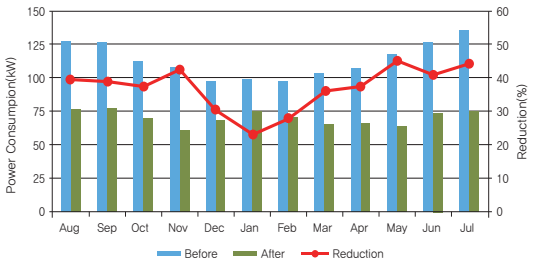
동결하고자 하는 식재료의 종류나 생산라인의 구성에 따라 다양한 타입의 프리저가 사용되고 있으나, 본고에서는 스파이럴식 프리저로 빵 반죽을 동결하는 경우를 예를 들어 소개한다.

일본의 유명한 빵 제조업체인 고베야(神戸屋)의 치바공장에서는 종래의 HCFC-22직팽식을 적용한 Spiral 프리저를 NH_3/CO_2식(NewTon)으로 리뉴얼한 경우로서 **표 2**는 설비 적용 비교를 나타내고 **그림 7**은 사용전력량 비교를 나타내고 있다.

이와 같이 HCFC-22직팽식에서 자연냉매화(NH_3/CO_2)로 변경됨으로써, 연간 소비전력량은 약 38% 절감되고 있다.

〈표 2〉 적용 비교

구 분	종 래	최 신
프리저 타입	Spiral	Spiral
Compressor 타입	F1612C	NewTon F600
메인 모터	130 kW	90 kW
냉각 방식	HCFC-22 DX	NH_3/CO_2 L.P.



[그림 7] 소비 전력 비교(Kobeya)

편의점 상황

최근에는 전국적으로 보급된 편의점의 냉장 쇼케이스에도 HFC 냉매를 대신하여 CO_2 냉동방식에 따른 자연냉매로 전환이 진행되고 있다. 현재는 총 623개 점포에 채택되었으나, 향후에는 더욱 가속화될 전망이다.

그림 8은 편의점(CVS)의 쇼케이스에 사용되는 CO_2 냉동식 시스템을 나타낸다.

편의점 메이커의 데이터에 의하면, 남부보다도 북부에 적용된 CO_2 냉동식 시스템이 HFC 직팽식보다도 에너지 절약 효과가 큰 것을 알 수 있다. 예를 들면, 도호쿠 지방에 채용된 경우에는 26%, 오키나와에서는 10%의 에너지 절약 효과를 얻고 있다.

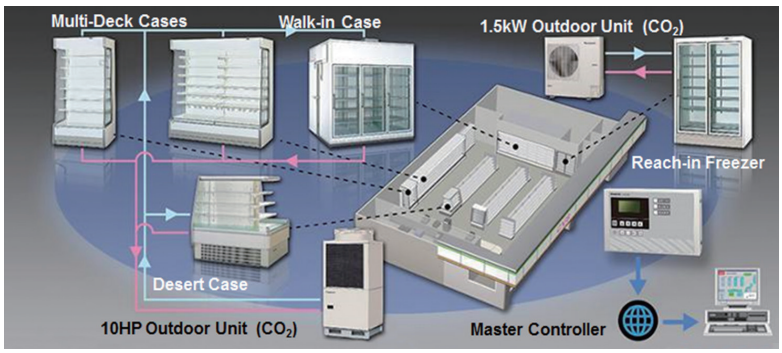
결 론

작년부터 산업냉동시장에서는 정부가 프레온가스 규제나 보조사업정책을 실시함으로써 자연냉매로 전환하는 움직임이 가속화되고 있다. 또한, 에너지절약 효과가 높은 자연냉매설비가 상품화됨으로써 사용자도 경비 절감이 가능하며 자연냉매의 보급이 촉진되고 있다.

산업냉동분야에서는 자연냉매화와 에너지절약화가 촉진됨으로써 오존층 파괴와 지구온난화에 대한 대책이 동시에 진전되고 있다.

참고문헌

1. Scheme for Prevalence of Natural Refrigerants Equipment, Mr. Motoyuki Kumakura, MOEJ(Ministry of Environment Japan), ATMOsphere Asia, Feb. 2015.
2. An Introduction of Panasonic CO_2 refrigeration system and further development, Mr.Tetsuro Homma, Panasonic Corporation, ATMOsphere



[그림 8] 편의점에 적용되는 CO_2 시스템(Panasonic)

Asia, Feb. 2015.
3. Introduction of Panasonic New CO_2 refrigeration system(Technical Part), Mr. Hidekazu Tachibana, Panasonic Corporation, ATMOsphere Asia, Feb. 2015.
4. A refrigeration system using Air as the working fluid, Mr. Nobuya Ishitsuka, Mayekawa Mfg.Co., Ltd., ACRA 2014, Korea.
5. Actual Energy Conservation by using NewTon NH_3/CO_2 in Cold Storage and Freezer, Mr. Hideyo Asano, Mayekawa Mfg.Co., Ltd., KGH 2014, Srbija.