

냉동 · 냉장 설비의 발전

고대에서부터 산업사회의 획기적인 발전을 거쳐 현재에 이르기까지 냉동 · 냉장 기술의 변천사를 살펴본다.

오 후 규

부경대학교 냉동공조공학과(headam@pknu.ac.kr)

김 대 희

부경대대학원 냉동공조공학과(kurt9@mail1.pknu.ac.kr)

서론

냉동은 고대 인류가 겨울에 자연적으로 생산되는 얼음이나 눈을 사용한 것에서부터 시작되어 현재의 가정용 냉장고와 에어컨을 비롯한 전자제품에 이르기까지 우리 생활주변에서 폭넓고 다양하게 활용되고 있다. 최근에는 생활주변에서의 활용뿐만 아니라 농수산물의 저온저장 냉장창고, 산업제조 및 공정 설비, 의학설비, 전자, 항공우주분야에 이르기까지의 산업전반에 걸쳐 활용도가 더욱 증가하면서 우리들의 생활을 윤택하게 하고 있다. 이러한 냉동산업은 산업사회에서부터 오늘날까지의 기간에 이르러 비약적으로 발전하게 되었으며, 앞으로의 발전 및 응용 가능성 또한 무궁무진한 분야이다. 본 고에서는 고대에서부터 산업사회의 획기적인 발전을 거쳐 현재에 이르기까지 냉동 · 냉장 기술의 변천사를 간단히 살펴보고자 한다.

냉동설비기술의 변천

고대~18세기의 냉동설비

인류는 선사시대부터 열을 이용하며 살아왔다. 추운 계절에는 불을 피워 따뜻하게 했고, 더운 계절에는 열을 식히기 위해 시원한 곳을 찾았을 것이다. 이러한 선사시대의 인류는 동굴의 차가운 곳이나 얼음 속에 사냥물을 저장함으로써 보관기간을 늘릴 수 있

다는 것을 체험으로부터 알고 있었을 것이다. 물론 이에 대한 기록은 아직 발견되지 않았지만 아마 소위 자연냉동을 이용하였을 것으로 짐작할 수 있다.

자연에 존재하는 얼음을 냉동에 이용하였다는 최초의 기록은 고대 중국의 문헌에서 찾아볼 수 있다. 중국의 고대 시집 Shi Ching에 의하면, 기원전 1000년경 겨울에 생기는 얼음을 풀이나 흙으로 싸서 빙고에 보관하였다가 여름에 사용하였다는 내용이 보인다. 이 뿐만 아니라 히브리서에는 그리스와 로마에서 많은 양의 눈을 나무와 짚을 단열재처럼 사용하여 땅 속에 보관했다는 기록이 있다. 좀 더 적극적인 방법으로, 고대 이집트인들은 증발이 냉각작용을 한다는 것을 발견하고 이러한 원리를 식품의 냉각에 이용하였다. 그들은 술이나 음료수를 다공질 토기 속에 채운 후, 일몰 후 높은 지붕에 두면 야간의 서늘한 바람이 토기의 다공질을 통하여 스며 나온 수분을 증발시키기 때문에 토기속의 음료수를 냉각시킬 수 있음을 알았다.¹⁾ 15세기 이전까지의 냉동응용 기술은 고대인이 이용했던 수동적 자연냉동에서 크게 벗어나지 않았으나 이 이후부터는 적극적 수단에 의한 냉동기술이 나타나기 시작하였다. 예를 들면 1600년대 경 프랑스에서 질산나트륨 혹은 질산칼륨을 물에 용해하여 와인을 냉각하는 방법이 사용되는 등 인공적으로 냉동효과를 얻을 수 있는 방법을 고안하기 시작하였고, 이어서 점차 대규모 해상위로 발전하기 시작하였다.



냉동을 대규모 상행위에 이용한 것은 Frederic Tudor가 시초였다. 그는 1806년 130톤의 빙과를 화물선에 싣고 저장능력도 없는 Martinique의 St. Pierre 항구에 들어갔다. 이로 인하여 선주 Frederic Tudor는 3500 달러의 큰 손해를 보았으나 수년 후에 St. Pierre에 빙고를 건립하여 큰 이익을 취하게 되었다는 기록²⁾으로도 이 시기의 냉동냉장시설을 짐작할 수 있다. 또한 그는 호수, 하천 등에서 얻은 얼음을 남미, 페르시아, 인도 등지에 수송하여 1849년에는 그가 수송한 얼음이 15만 톤에 달하였고 1864년에는 세계 53개소의 항구에 얼음을 수송하게 되었으며, Tudor의 단열재와 빙고에 대한 연구로 수송할 때 발생하는 얼음의 손실을 66%에서 8% 미만으로 낮추었다는 기록에서도 이 시기에 이미 냉동냉장 시설이 상당한 수준이었음을 짐작할 수 있다. 비록 초보적 수준이지만 이러한 냉동 응용설비기술의 발전으로 인하여 세계 각국 사람들의 식생활습성이 크게 변화 되었으며, 1880년에 인조빙이 제조될 때까지 이러한 사업이 계속되었다.

19~20세기의 냉동설비

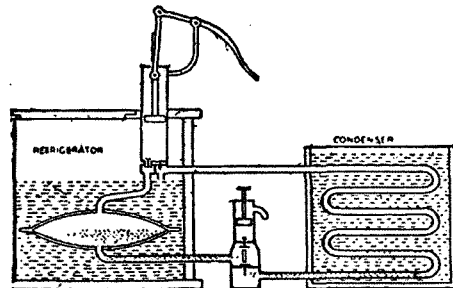
19세기 초기에는 기계에 의한 냉동산업이 시작되어, 식육가공업, 정육점, 양조업 및 여러 분야에서 기계적 냉동을 사용하게 되었다. 냉동기에 관한 최초의 특허는 1790년에 영국의 Tomas Harris와 John Long에게 발급되었다. 이 장치의 개략도와 특허내용은 그림 1과 같다. 19세기는 인류역사상 자연법칙이 가장 많이 발견된 시기인데, 이러한 시대적 배경에 힘입어 냉동분야에서도 1805년 미국 필라델피아에서 발간된 "The Abortion of Young Steam Engineer's Guide"란 잡지에 미국의 Oliver Evans가 휘발성 유체를 사용한 밀폐 냉동사이클을 제안하였다. Evans는 증기 동력 펌프를 이용하여 진공을 만들고, 에테르의 증발에 의해 제빙하는 시스템에 대해 설명하였다. 이 장치는 오늘날 사용되는 냉동시스템과 마찬가지로 펌프를 통과하면서 압축된 냉매(에테르) 증기가 물에 의해 냉각, 응축되며, 재사용될 수 있도록 고안된 시스템이었다. 이어 1834년 미국인 Jacob Perkins가 최초로 제빙장치에 관한 특허를 얻었으며, James Harrison은 1856년에 웰렌튜브형 브라인 칠러에 대해 영국 특허를 받았으며, 1859

년에는 Jacob Perkins의 냉동장치를 개량하여 스팀엔진 구동식 냉동기를 완성하였다.

19세기에서는 이 외에도 많은 냉동기술자들의 선구적 연구로 인하여 훌륭한 제빙기들이 미국, 프랑스, 독일 등에서 생산되기 시작하였고, 또한 냉동기술이 단순한 식품의 냉동에서 벗어나 의술이나 환경에까지 응용되기에 이르렀다. 1851년에 의사인 John Gorrie가 황열환자를 치료하기 위해 Florida 병원의 보건실에 압축공기를 사용하는 냉동장치의 특허를 얻고 이것을 병실에 적용하였다는 것에서도 짐작할 수 있다.

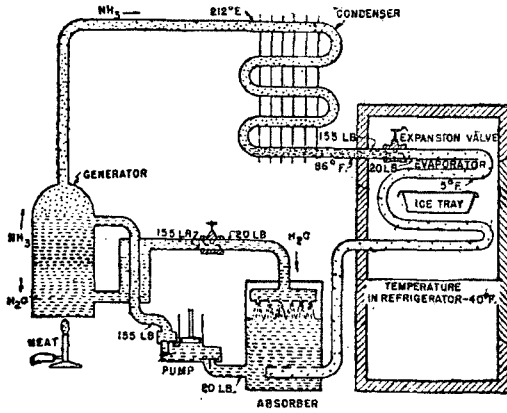
한편, 1810년에 스코틀랜드의 John Leslie가 최초로 흡수식 냉동기를 제작한 이후 1859년 프랑스의 Ferdinand Carré가 그림 2와 같은 연속식 흡수냉동기를 개발하여 1860년에는 미국에서 특허를 받았다. Carré의 냉동기는 널리 사용되었지만, 비용과 규모, 시스템의 복잡성 및 암모니아의 독성 등의 단점으로 일반 가정에서의 사용이 금지되었다. 당시 대부분의 가정에서는 지역 냉동공장에서 공급된 얼음을 아이스박스에 보관하여 사용하였다.

19세기에 접어들면서 공업용 뿐 만 아니라 가정용으로도 얼음의 용도가 크게 증가하였다. 그러나 당

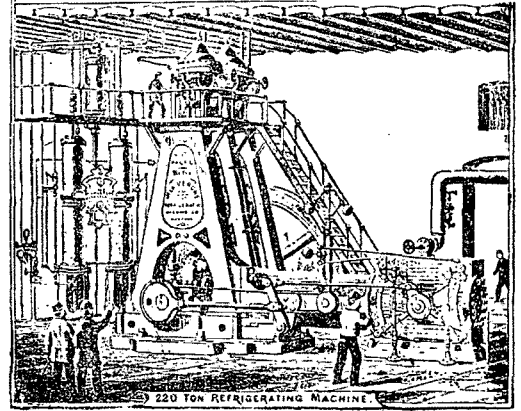


BRITISH PATENT #6,662
to
JACOB PERKINS, GRANTED 1834.
What I claim is an arrangement whereby I am enabled to use volatile fluids for the purpose of producing the cooling or freezing of fluids, and yet at the same time constantly condensing such volatile fluids, and bringing them again and again into operation without waste.

[그림 1] 1834년 영국에서 발급된 가장 오래된 냉동기의 특허



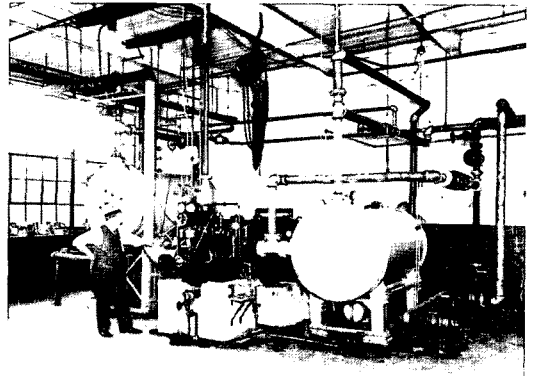
[그림 2] Carré의 흡수식 냉동장치



[그림 3] De La Vergne 냉동기

시에는 냉동의 응용이 일상생활에 크게 필요함에도 불구하고 기계적인 냉동에 관해서는 생각조차 하지 못하고 있었다. 그러나 1876년 독일의 Dr. H. Meidinger에 의해 냉동공업 분야에서 가장 선구적인 연구라 할 수 있는 암모니아 압축식 냉동장치가 개발됨으로써 1890년도 초부터 증기분사식 냉동장치와 기계적 냉동장치가 보급되고 흡수식 냉동장치가 사용되었다. 이후 1900년 까지는 수많은 공업시설이 자연빙을 인조빙으로 전환하는데 사용되었고, 19세기 말까지는 증기원동기로 운전되는 압축기를 사용하였으며 큰 장치에서는 회전속도가 50 rpm이내였다. 그림 3은 1890년 경의 220톤 용량을 가진 De La Vergne 냉동기를 나타낸 것이다.

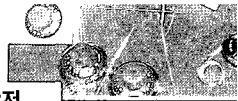
20세기 초 미국에서는 냉동공업이 급격히 발전하여 아이스크림 제조가 공업화되었으며, 인공 스케이트장, 피혁저장, 음료수 냉장, 카메라 필름 제조 및 제과공장 등까지 냉동이 응용되기 시작하였다. 또한 1904년에 450톤 용량의 냉방장치가 뉴욕의 증권거래소에 설치되었고, 독일의 극장 등에도 이와 비슷한 장치가 이용되었다. 1905년 미국의 Gradner T. Voorhees가 다효압축기의 특허를 취득하였는데, 이것은 각각 압력이 다른 2개의 증발기로부터 냉매가스를 흡입하여 1개의 압축하는 것이었다. 이러한 장치들은 1911년까지 압축기 모터의 회전속도가 100~300 rpm으로 증가되었다.⁴⁾ 1914년에는 냉방능력이 90 000 tons/day 에 이르는 암모니아 압축 방식의 냉동장치가 미국 정육공장에 설치되었으며 1915년



[그림 4] Carrier가 개발한 원심식 냉동기

에는 최초로 근대적 2단 압축기가 운전되었다. 제 1차 세계대전 후 회전식 압축기와 증기분사장치가 실용화 되었고, 정유공업에서도 냉동을 일반적으로 사용하게 되었으며, 저온냉동에서는 2단 압축식과 3단 압축식 냉동기의 실용성이 검토되었다. 1904년에 Carrier는 공기 세정기를 발명하였고, 1911년에는 이 원리를 근본으로 습공기 선도를 만들었다.⁵⁾ 오늘날 널리 사용하고 있는 공기조화 열원기기의 주요 구성요소 중 하나인 터보냉동기도 1921년 Carrier가 발명한 것이다. Carrier가 초기에 개발한 원심식 냉동기를 그림 4에 나타내었다.

이상과 같은 냉동·공조분야의 발전을 뒷받침하는 세계적인 학·협회로서는 미국 난방·공조 기술 협



회(ASHVE)가 1894년에 설립되었고, 1903년에는 미국 냉동기 협회가 형성되었는데, 이것이 이듬해 미국 냉동기 기술자 협회(ASRE)로 설립되었으며, 1959년에는 ASHVE 와 ASRE가 합병되어 오늘날의 미국 난방·공기조화 기술자 협회(ASHRAE)가 되었다. 또한 세계 각국의 냉동 기술자 모임인 국제 냉동 협회(IIR)는 1909년에 본부를 프랑스 파리에 두고 설립되었다. 일본에서는 1917년에 현재의 공기조화·위생공학회의 전신인 난방·냉장협회가 설립되었고, 1925년에는 일본 냉동협회가 설립되었다. 우리나라에서는 1963년에 현 (사)대한냉동협회가 창립되었고, 1971년에는 현재의 (사)대한설비공학회의 전신인 공기조화·냉동공학회가 창립되었다. 이러한 학·협회에서의 연구활동과 생활 수준의 향상에 따른 쾌적환경의 요구, 노동환경의 정비, 유통체계 근대화 등에 따른 냉동식품의 보급, 약품, 전자, 기계공업 등 범용공장의 설비등을 중심으로 하여 냉동의 응용과 기술은 나날이 발전하였다.

우리나라의 냉동설비

우리나라의 냉동설비사도 중국에서와 같이 선사시대부터 있었을 것으로 짐작할 수 있으나 기록에 나타나는 것은 신라시대부터이다. 삼국사기에 의하면 신라시대 지증왕 6년(A.D 505년)에 돌로 만든 석빙고에 얼음을 저장하였다는 기록이 있으며 고려시대(충렬왕 1297년)에는 얼음의 용해열을 이용한 석빙고에 식품을 저장하였다는 것으로부터 잘 알 수 있다. 뿐만 아니라 동빙고, 서빙고 등의 지명으로부터도 우리 선조들이 냉동설비를 얼마나 적극적으로 이용하였는가 하는 것을 짐작할 수 있다. 그러나 불행히도 기계식 냉동장치에 관한 독자적 개발에 관한 기록은 찾아볼 수 없으며 서구문명의 전래를 기다려

야만 했다. 우리나라에 현대식 냉동냉장설비가 도입된 것은 1910년 부산에 현대식 제빙공장이 건립된 것이 처음이며 일일 생산량 45톤 규모로 생산을 하기 시작하였다. 그 뒤 1920년을 전후하여 마산, 충무, 목포, 원산 등지에 군소 제빙공장이 건립되기 시작하였고, 1928년에는 군산에 일산 약 100톤 규모의 대단위 제빙공장이 건설되면서 많은 제빙공장이 해안도시 주변에 설립되어 어선용으로 얼음을 공급하게 되었다. 냉동냉장설비는 지리적 여건상 특히 부산을 중심으로 건립되었는데, (구)부산시청 옆에 위치한 대한제빙이 1935년경에 설립되었다. 이어서 이 시기에 현재 부산 자갈치에 있는 동아어물센터 자리에 대한제빙보다 더 큰 규모의 냉동공장이 설립되었는데, 해방 후 부산수산물냉동이라는 이름으로 영업을 하다가 6·25 전쟁시에는 미군의 보급창고로 사용되었다. 해방 직후에 설립된 또 하나의 냉동공장으로서 현재 충무동 시장에 있는 진양수산 옆에 신흥수산(1946년경)이 있었는데, 이들 냉동냉장설비들은 대부분 냉동이나 냉장보다는 제빙이 중심이었다. 당시 부산수산 냉동의 제빙능력은 약 200톤 정도이었는데 대부분 어선용으로 사용되었다. 해방 직후 동원제빙, 문창수산, 보성실업 등이 설립되었는데 이들 냉동냉장설비도 냉동설비는 일부였으며 제빙 위주의 냉동설비였다. 1960년대에는 현재도 가동되고 있는 수산센터공장이 설립되었는데, 1970년대에 접어들면 우리나라의 원양어업 생산이 활성화되고 국가 산업도 고도성장기로 진입하면서 냉동냉장설비도 급격히 증가하였다. 1970년 한국냉장, 진양수산 등이 설립되었고, 1971년에는 오양수산, 고려냉장, 그리고 1974년에는 대림수산 등 대규모 냉동냉장공장이 설립되면서 오늘날에 이르게 되었다. 현재의 우리나라는 국민소득 수준의 향상에 의한 쾌적성

<표 1> 연도별 국내 냉동·냉장 시설 변동추이⁶⁾

구분	1994	1996	1998	2000	2002
업체수(%)	602 104.9	618 107.7	632 110.1	649 113.1	678 111.8
동결능력(%) -개소당 평균	10,539 106.8 17.5	11,032 111.8 17.9	11,850.3 120.1 18.8	11,841.2 120.0 18.2	14,424.2 146.2 21.3
냉장능력(%) -개소당 평균	1,226,343 112.2 2,037	1,348,344 123.4 2,128	1,397,131 127.8 2,211	1,554,035 142.2 2,387	1,743,642 159.6 2,572

추구와 선진국형 고도산업구조로의 전환에 따라 단위 냉동냉장설비 능력이 수만톤급(예를 들면 감천항에 있는 동원냉장의 경우 8만톤급)의 대형설비 위주로 설비되는 등 냉동냉장설비는 해마다 급격히 증가하였다. 표 1에 1994년부터 2002년 까지 연도별 냉동·냉장시설 변동 추이를 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 2002년 국내 냉장시설 규모는 1백 74만 톤이며, 이는 1994년의 1백 22만 톤에 비해 약 1.4 배 증가한 수치이며 국민 1인당 냉장능력으로 보았을 때, 선진국의 수준에 거의 근접한 것이라 할 수 있다. 또한 업체수의 증가에 비해 동결 및 냉장 능력이 크게 신장되고 있는데 이것으로부터 업체당 저장능력이 대형화되고 있음을 알 수 있고, 이것은 냉동냉장시설이 과거의 단순한 보관 수단으로서의 기능에서 유통 중심의 시설로 전이되고 있다는 것을 짐작할 수 있다.

그리고 표 2에는 2002년 말 전국의 냉동·냉장시설 현황을 지역별로 나타내었다. 표에서 보는 바

와 같이 냉동·냉장시설의 업체는 부산, 전남, 경남 등에 집중되어 있음을 알 수 있다. 그러나 냉장능력은 부산, 경기, 경북지역에서 크고 동결능력은 경남지역이 냉장능력에 비해 매우 큰 것을 알 수 있다. 이는 각 지역별 저장물의 가공처리, 유통, 판매 등의 특성으로 인해 그 차이가 나타나는 것으로 볼 수 있다.

오늘날의 냉동설비

냉동산업 발전의 선두적 역할을 한 미국에서는 이미 1960년대에 미국 가정의 98%가 냉장고를 보유할 정도로 발전하게 되었다. 이러한 냉동산업은 세계 2차 대전의 영향과 20세기 전기산업의 발전으로 더욱 가속되어 선진국 뿐 만 아니라 개발도상국과 저개발국가에서도 다른 어떠한 산업보다 눈부시게 발전하고 있다. 우리나라의 경우 1970년대 초만 하더라도 가정용 냉장고는 특수 계층의 전유물처럼 보였으나 현재는 한 가정 2대 이상의 냉장고가 보급되었을 정

<표 2> 전국 냉동·냉장시설 지역별 현황⁶⁾

구분	2002년 12월 31일 현재				
	시설현황				
	업체수	동결(T/D)	냉장(M/T)	제빙(T/D)	제빙(T/D)
합계	679	14,424.2	1,743,936.4	5,611.7	70,913
서울	3	49.5	12,580	25	50
부산	111	4,568	1,017,862	2,024.6	10,683
대구	9	80	7,800	82	2,000
인천	18	290	54,030	305	4,590
광주	1	10	2,080		
대전	4	104	10,272	25	460
울산	5	53	7,513	145	1,310
경기	23	183	134,038	233	1,265
강원	67	588	104,009	243	4,745
충북	1	25	4,000		
충남	34	419	25,791	270	4,240
전북	27	370	26,251	212	7,800
전남	108	3,974	103,413	500	10,626
경북	68	943.8	68,547.4	470.5	9,900
경남	165	2,394.3	145,293	832	7,624
제주	35	372.6	20,457	244.6	5,620



도는 말할 것도 없고, 가정용 초저온 냉장고, 김치냉장고 등 기능별 냉장고가 점차 보편화되고 있는 실정이다. 이것은 그만큼 냉동설비가 우리들의 생활과 밀접한 관련이 있다는 것을 단적으로 말해주는 것이다. 그러나 냉동산업의 급속한 발전에는 좋은 측면만 있는 것은 아니었다. 1980년에 들어서는 가정용 소형 냉동 장치에 널리 사용되었던 프레온매체의 오존층 파괴 및 지구 온난화의 영향이 거론되었고 이로 인해 환경에 영향을 미치지 않는 대체 냉매 및 시스템 개발이 시급하게 되었다. 이러한 문제점에도 불구하고 냉동산업은 기술력의 향상 및 다른 산업분야와의 상호 작용으로 더욱 더 발전하게 되었다.

최근의 냉동은 각종 식품의 냉동에 이용될 뿐만 아니라, 건물 및 자동차의 공조, 의약품의 생산 및 의료 기술, 컴퓨터를 비롯한 IT 기술 등 산업전반에 걸쳐 이용되고 있으며 핵융합발전, 초저온, 우주산업 등 각종 첨단기술에까지 냉동기술의 바탕 하에서 발전되고 있는 실정이다. 또한 고성능화, 에너지 절약화, 저소음화, 환경친화적인 기술개발을 통하여 현대 문화생활 및 고도 산업기술에 대한 필수품으로 냉동설비의 중요성이 높아지고 있다.

결론

지금까지 냉동의 기원에서부터 시작하여 현재의 냉동·냉장 설비에 이르기까지 그 변천사를 간단히 살펴보았는데 대단히 재미있는 점을 발견할 수 있다. 이것은 인류 문명의 역사와 그 축을 같이하고 있다는 점이다. 처음에는 오직 먹는 것을 해결하기 위한 냉동설비, 다음에는 산업기술기반확보를 위한 냉동설비, 그리고 생활을 윤택하게 하기 위한 목적으로의 냉동기술로 발전되어온 것이다. 이러한 냉동기술은 다른 산업의 발전을 도모하면서 스스로의 발전을 거듭하여왔다고 보나, 초기에는 냉동기술이 다른 산업의 기술을 촉진시켰다고 보면 근대에 이르러서는 전기전자산업 등 다른 산업의 발달이 냉동기술을 촉진시키는 요인이 되고 있다는 특징이 있다.

냉동기술, 냉동냉장설비기술의 바탕은 열역학법칙

에 바탕을 둘 수밖에 없는 것이므로 그 자체기술은 어떤 획기적 발전을 기대하기 어려운 실정이다. 그러나 주변 산업과 연계되면서 그 발전은 끝없이 이어질 것이다.

본 고를 정리하면서, 다른 기계기술과 마찬가지로 기존의 세계냉동냉장설비기술사도 구미 중심으로 정립된 것이 사실이기는 하나 우리나라의 경우는 상대적으로 너무 빈약함을 느끼지 않을 수 없었다. 우리나라의 경우 일제 강점기부터 부산을 비롯한 서울, 인천 등 중요 도시에 근대식 냉동냉장설비가 생겨나기 시작하여 오늘에 이르렀다고 하더라도 고대에서부터 근대, 현대에 이르기까지의 냉동사를 보완/완성할 필요가 있다고 본다. 우리나라의 냉동사는 비록 근대사라 하더라도 분명한 기록이 남아 있지 않거나 경험자의 증언에 의존할 수밖에 없는 실정 등 여러 가지 사정상 본고에서는 자세한 조사를 할 수 없었다. 그러나 이를 계기로 더 늦기 전에 우리나라의 냉동냉장설비에 관한 고대, 근대, 그리고 현대사를 보다 체계적으로 재정립할 필요가 있음을 더욱 절감하였고, 지금부터 자료수집을 착실히 하여 스스로 보완할 것을 다짐한다.

참고문헌

1. "Ancient Refrigeration". Refrigeration Engineering, Vol. 33, No. 2(Febuary, 1937), p.94
2. Oscar Edward, Anderson, Jr., "Refrigeration in America", Princeton, N.J. The Prinston University Press, 1953, p.6
3. 오후규, 1992, 완성냉동공학, 한미출판사, pp.1-12.
4. George C. Briley, P.E., "A History of Refrigeration", ASHRAE Journal, 2004, p.32
5. Fiske, David L., "The Origins of Air Conditioning, Refrigerating Engineering", Vol. 27, No.3, (March 1934), p.123.
6. 냉동물 가공 수산업 협동조합, 2002, 전국 냉동·냉장 시설 현황. ㉔