

관외착빙형 제빙관의 형태 및 관경 변화에 따른 제빙 특성 Ice Making Characteristics according to Shape and Diameter on Ice-on-Coil Tube

박기원*† · 정은호** · 황성수***

K. W. Park*†, E. H. Jeong** and S. S. Hwang***

(접수일 : 2012년 02월 27일, 수정일 : 2012년 07월 24일, 채택확정 : 2012년 08월 06일)

Key Words : Oval tube(타원형관), Circular tube(원형관), Small diameter tube(세관), Mass of ice(제빙량)

Abstract : The study experimented to understand ice-on-coil type ice making characteristics on to 3 kinds of circular tube, oval tube and small diameter tube using ice maker. The experiment were carried out under various conditions, that used brine temperature(-10℃, -6℃), brine flow rate(1.0m/s, 1.8m/s) and inlet water temperature (6℃, 12℃) etc.

Mass of ice per ice making area increased according to the decrease of the brine temperature and inlet water temperature, but that was increased according to the increase of the brine flow rate.

Oval ice making tube produced ice 1.11 to 2.46 times that of 9mm circular ice making tube, and 3mm small diameter ice making tube produced ice 1.06 to 1.51 times that of 9mm circular ice making tube.

1. 서 론

최근 산업의 발달과 국민 생활의 향상에 따라 쾌적성을 추구하기 위한 냉방장치의 사용에 의한 전력 수요가 전력공급의 한계점에 도달하는 최대전력 부하상태가 자주 발생하고 있다. 따라서 국가적인 에너지 관리 차원에서 전력 수급 안정화 및 전력 피크 부하의 평준화를 위한 방법의 일환으로 축냉 시스템의 도입 필요성이 크게 증대되고 있다¹⁾.

그 중 빙축열 시스템은 제빙방식에 따라 정적형과 동적형으로 나눌 수 있는데, 정적형은 장치구성이 간단하고 유지관리가 용이하며, 수위측정으로 축열조 내 제빙량 추정이 가능하고, 오랜기간 동안의 사용실적을 통하여 신뢰성이 충분히 입증되었다^{2,3)}. 반면 두꺼운 얼음형성으로 인해 제빙 및 해빙 성능이 저하될 수 있고, 얼음층의 두께가 증대함에 따라 냉동기의 성적계수가 감소하기도 한다.

이러한 정적제빙방식의 대표적인 시스템인 관외착

빙형은 축열조 내에 코일을 설치하여 그 주위에는 물을 채우고, 코일의 내부에는 브라인 또는 냉매를 순환시켜 코일주위에 착빙시킨 다음, 부하의 발생으로 인한 방냉시에는 축열조 내의 물 또는 브라인을 부하측에 압송시키는 시스템이다.

관외착빙형에 대한 국내·외에서의 많은 연구 중 제빙과 관련한 것을 살펴보면 다음과 같다. Min 등의 축냉코일의 배열에 따른 축냉모델에 관한 연구⁴⁾, Lee 등의 빙축열시스템에서 냉방부하를 담당하는 방법에 대한 연구⁵⁾와 Jang 등의 축냉운전시 냉매코일 주위의 제빙현상에 대한 연구⁶⁾, Ahn 등의 관외착빙형 시스템에서의 운전특성에 관한 연구⁷⁾도 있으며, Park 등의 제빙물질에 관해 수용액에 계면활성제를 첨가한 제빙특성에 관한 연구⁸⁾나 Peck 등의 기능성 물질의 첨가에 의한 제빙현상에 관한 연구⁹⁾ 등도 있고, Myers 등의 내부 과냉각액적으로부터의 빙-수액막 성장에 대해 살펴본 연구¹⁰⁾, Wakamoto 등의 제빙기에서의 과냉각수 안정성에 관한 연구¹¹⁾ 등이

*† 박기원(교신저자) : 전남대학교 냉동공조공학과

E-mail : pkw@jnu.ac.kr, Tel : 061-659-7274

**정은호 : ㈜LG디스플레이

***황성수 : 전남대학교 대학원

*† K. W. Park(corresponding author) : Department of Refrigeration Engineering, ChonNam National University.

E-mail : pkw@jnu.ac.kr, Tel : 061-659-7274

**E. H. Jeong : LG Display Co. Ltd.

***S. S. Hwang : Graduate School, JeJu National University

있다.

그러나 관외착빙형 제빙관에서의 제빙특성에 영향을 미치는 요소들에 대한 명확한 분석이 이루어지지 않은 상태일 뿐만 아니라 지금까지의 관외착빙형에서는 관의 재질이나 관경 등의 영향에 관해 연구되어 왔으며, 타원형 등 제빙관의 형태에 따른 제빙특성에 대해서는 아직까지 연구된 바가 없는 것으로 파악된다.

따라서 본 연구에서는 관외착빙형에서 사용되는 제빙관의 능력을 향상시킬 수 있는 방안을 찾기 위한 방법의 일환으로 수행하였다. 즉, 제빙관의 제빙 능력에 영향을 미치는 것으로 파악되는 주요 파라미터인 냉각매체의 온도와 유량, 제빙대상인 축열조내 물의 온도 등에 따른 제빙능력을 파악하고자 한다. 그리고 제빙관의 형태로는 9mm 원형관을 기본으로 하고, 이와 유사한 전열면적을 가지는 타원형관으로 한 경우, 그리고 단위 길이당 전열면적은 작지만 일정한 공간 내에 9mm 원형관보다 더 많은 관을 삽입할 수 있어 총전열면적을 크게 할 수 있을 것으로 예상되는 3mm 세관으로 한 경우의 제빙능력을 비교하여 제빙특성이 우수한 제빙관의 형태 및 관경을 파악함으로써 관외착빙형 제빙관의 설계에 참조할 수 있는 기초 데이터를 확보하고자 한다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구에서 사용한 실험장치의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 장치는 크게 브라인(에틸렌글리콜 30% 수용액)의 온도를 조절하는 항온조와 브라인 순환계, 그리고 시험구간으로 동관이 삽입된 아크릴 수조로 구성되어 있다.

브라인 온도를 조절하는 항온조의 용량을 700L이고, 전자제어 온도편차는 설정온도 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 가 되도록 1HP 냉동기 유닛으로 조절하였다.

수조는 8mm 아크릴판을 사용하여 H=500mm, L=500mm, W=500mm의 크기가 되도록 제작하였으며, 시험구간은 체결부위를 제외하면 415mm이다. 수조와 모든 배관은 외부 공기와의 열교환을 억제할 수 있도록 충분히 단열하였으나, 수조 한쪽면의 일부만 보온재를 탈부착할 수 있는 구조로 하여 얼음형성과정을 확인할 수 있도록 정면과 상부에 카메라를 설치하였다. Fig. 2는 시험부와 시험부로 사용한 원관 및 타원관의 개략도를 나타낸 것이다. 원관의 관경은 9mm, 3mm로 하였으며, 타원관은 축비가 1.5

(장축 10.5mm, 단축 7mm)가 되도록 제작하였다.

기타 구성품으로는 아크릴 수조내의 물을 초기에 일정하게 유지하기 위한 수냉각기, 냉각브라인의 유량을 측정하기 위해 제빙관 출구측에 설치된 유량계, 온도를 측정하기 위해 제빙관 입구와 출구, 탱크(축열조) 입구와 출구, 탱크 내부에 설치된 T형 열전대 등이 있다.

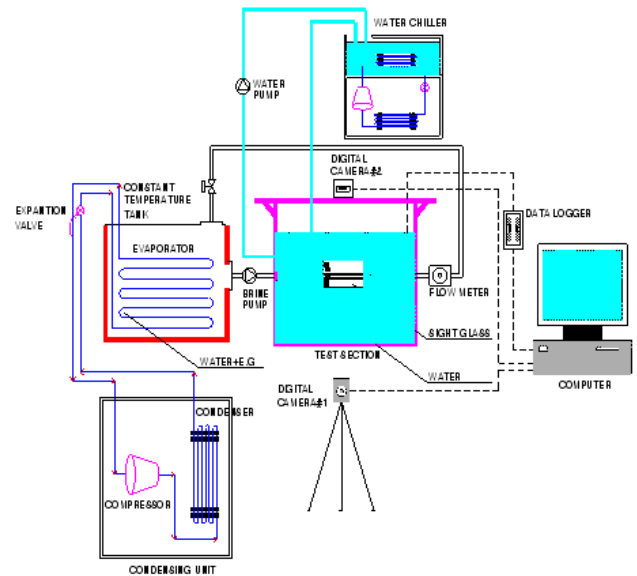


Fig. 1 Schematic diagram of ice making experimental apparatus.

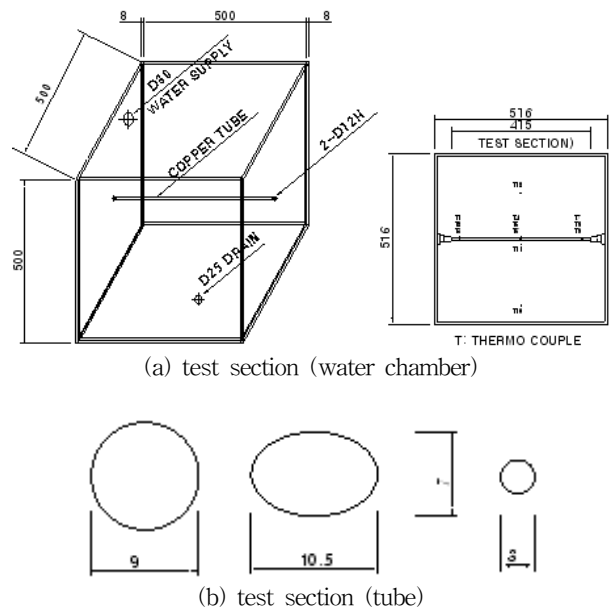


Fig. 2 Schematic diagram of test section.

실험을 시작하기 전에 항온조 내에는 에틸렌글리콜 30% 수용액을 채우고, 시험수조 내에는 제빙대상인 물을 채운다. 항온조의 수용액을 일정 온도로 냉

각할 수 있도록 냉동기를 가동하고, 시험수조 내의 물을 일정 온도로 유지할 수 있도록 수 냉각기를 가동한다. 이렇게 하여 시험조건으로 유지되면 시험관 내로 수용액을 일정 유속으로 유동시키면서 시간이 경과함에 따른 제빙상태를 확인한다.

실험제빙관이 삽입되는 탱크(축열조)의 한 면은 투명 아크릴판으로 마감하여 제빙기에서의 얼음형성과정을 확인할 수 있도록 하였으며, 생성되는 얼음의 두께를 알 수 있도록 아크릴판 외면 전면과 탱크 상부에 카메라를 설치하여 일정한 시간간격마다 촬영하여 제빙량을 확인하였다. 이때 브라인 냉각탱크에서는 일정한 온도로 유지되는 브라인을 생성시켜 제빙관 내로 유동시킴으로써 제빙관 표면의 온도를 거의 일정하게 유지할 수 있도록 하여 제빙관 표면에서의 얼음생성특성을 파악할 수 있도록 하였다. 그러나, 얼음의 성장이 상부와 측부에서 다르게 나타나므로 시험부의 전면과 상부에 설치된 카메라에 의해 촬영된 얼음의 두께로부터 타원형의 면적을 구하는 식을 이용하여 제빙량을 계산하였다. 또 제빙관 출구 측에는 유량계를 설치하여 순환되는 냉각브라인의 유량을 측정하였고, 제빙관 입구와 출구, 탱크 입구와 출구, 동관 외표면의 원주방향으로 상·중·하 3개 소씩과 길이방향으로 3개소에 T형 열전대를 설치하여 온도를 측정하였다.

모든 측정은 장치를 가동하여 브라인의 온도, 유량 등이 20~30분간 일정하게 유지되는 상태에서 측정하였으며, 실험 과정 및 결과에 대한 정보를 실시간 확인하면서 실험을 진행하였다.

본 연구에서 사용된 실험인자 및 범위를 Table 1에 정리하였다.

데이터 처리방법은 다음과 같다.

Table 1 Experimental range.

brine temperature [°C]		-10, -6
brine flow velocity [m/s]		1.0, 1.8
tube diameter [mm]	Round	9, 3
	Oval	8.32
initial water temperature [°C]		6, 12

얼음은 중력방향으로 동관 아래쪽에서 많이 생성되어 타원형의 모양이 되므로 제빙은 상부와 하부로 나누어 계산한다. 따라서 단면적 상에서 가로측의 반지름을 a, 세로측의 반지름을 b라고 했을때 얼음만의 체적 V_{ice} [m³]는 식 (1)를 사용하여 얼음 단면적

A_{ice} 와 관 단면적 A_{tube} 의 차에 관 길이 L_{tube} 를 곱함으로써 구할 수 있다. 이 때 단면적은 식 (2)와 같이 계산하였다.

$$V_{ice} = (A_{ice} - A_{tube}) \times L_{tube} \quad (1)$$

$$A = \pi \times a \times b \quad (2)$$

이렇게 계산된 얼음의 체적 V_{ice} 에 이미 알려진 0 [°C] 얼음의 밀도⁽¹²⁾ $\rho_{ice} = 920\text{kg/m}^3$ 를 곱한 후 전 열면적인 동관 외표면적 A_{os} [m²]로 나누어 제빙표면적당 제빙량 M_{ice} [kg/m²]를 식 (3)으로부터 산출하였다.

$$M_{ice} = \frac{V_{ice} \times 920}{A_{os}} \quad (3)$$

여기서, A_{ice} 는 얼음의 단면적[m²], A_{tube} 는 관의 단면적[m²]을 나타낸다. 그리고 L_{tube} 는 시험부 동관 길이[m], A_{os} 는 시험부 동관의 외표면적[m²]을 나타낸다.

3. 결과 및 고찰

3.1 브라인 온도의 영향

Fig. 3은 브라인의 온도가 -6°C와 -10°C에서의 단위 표면적당 제빙량을 9mm 원관과 타원관 및 3mm 세관을 비교하여 나타낸 것이다. 8.32mm 타원관의 단면적은 9mm 원관에 비해 약 9%작고, 표면적은 약 1.2% 작음에도 불구하고, 단위 표면적당 제빙량은 모든 경우 타원관에서 가장 많이 생성됐다. 이는 타원관에서의 유동이 다소 난류화가 촉진되어 열전달계수가 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

(a)의 축열매체인 물의 초기온도가 12°C, 브라인 유속이 1.8m/s일 때 브라인 온도 -6°C인 경우는 -10°C의 경우에 비교해 열유속이 작아지기 때문에 얼음이 생성이 적은 것으로 판단된다. 3mm 세관에서 초기에는 열교환을 하기에 부족한 유량의 영향으로 제빙이 제대로 이루어지지 않지만, 시간이 지날수록 안정적인 열전달의 영향으로 9mm 원관에서의 제빙량보다 많아지는 것으로 판단된다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 브라인온도 -10°C의 경우 타원관에서의 단위면적당 제빙량이 약 1.33배, 3mm 세관에서는 약 1.30배 증가하였고, -6°C의 경우에는 타원관에서 약 2.11배, 3mm 세관에서는 1.23배 증가

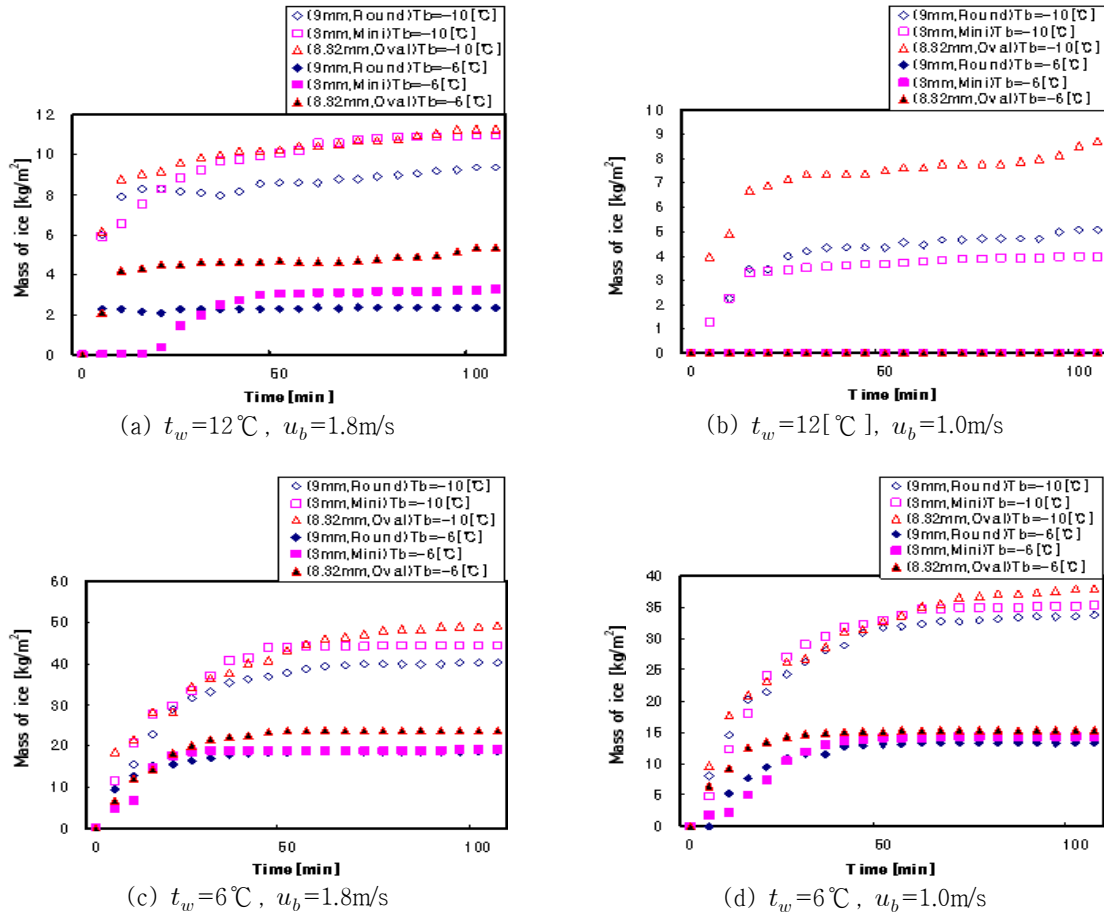


Fig. 3 Mass of ice according to initial water temperature and brine flow rate. (9mm round tube, 8.32mm oval tube and 3mm round tube)

하였다.

(b)의 축열매체인 물의 초기온도가 12°C, 브라인 유속이 1.0m/s 일 때 브라인 온도가 -6°C의 경우는 열전달계수가 작아 제빙이 이루어지지 않았으며, 브라인 온도 -10°C의 경우에는 3mm 세관에서 충분한 열교환이 이루어지지 못하여 9mm 원관에서보다 적은 제빙량을 나타내었다. 또 운전시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 타원관에서는 1.91배, 3mm 세관에서는 0.86배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었다.

(c)의 축열매체인 물의 초기온도가 6°C, 브라인 유속이 1.8m/s일 때에는 전반적으로 (a)의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 물의 초기온도가 (a)의 경우보다 낮아 3mm 세관에서도 운전시작과 함께 9mm 원관에서의 제빙량보다 증가하는 경향을 보였다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 브라인온도 -10°C인 경우 타원관에서는 1.27배, 3mm 세고, 브라인온도 -6°C인 경우에는 타원관에서 1.43배, 3mm 세관에서 1.12배의 제빙량을 나타내었다.

(d)의 축열매체인 물의 초기온도가 6°C, 브라인 유

속이 1.0m/s일 때에는 (c)의 경우와 같이 전반적으로 (a)의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 브라인온도 -10°C인 경우 타원관에서는 1.15배, 3mm 세관에서는 1.06배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었고, 브라인온도 -6°C인 경우에는 타원관에서 1.15배, 3mm 세관에서 1.06배의 제빙량을 나타내었다.

3.2 브라인 유량의 영향

Fig. 4는 브라인 유속이 1.0m/s인 경우와 1.8m/s에서의 단위 표면적당 제빙량을 9mm 원관과 타원관 및 3mm 세관을 비교하여 나타낸 것이다. 단위 표면적당 제빙량은 모든 경우 타원관에서 가장 많이 생성됐으며, 이는 타원관에서의 유동이 다소 난류화가 촉진되어 열전달계수가 증가하였기 때문인 것으로 사료된다.

(a)의 축열매체인 물의 초기온도가 12°C, 브라인온도 -10°C일 때, 브라인유속 1.0m/s인 경우는 1.8m/s의 경우에 비교해 열유속이 작아지기 때문에 얼음이

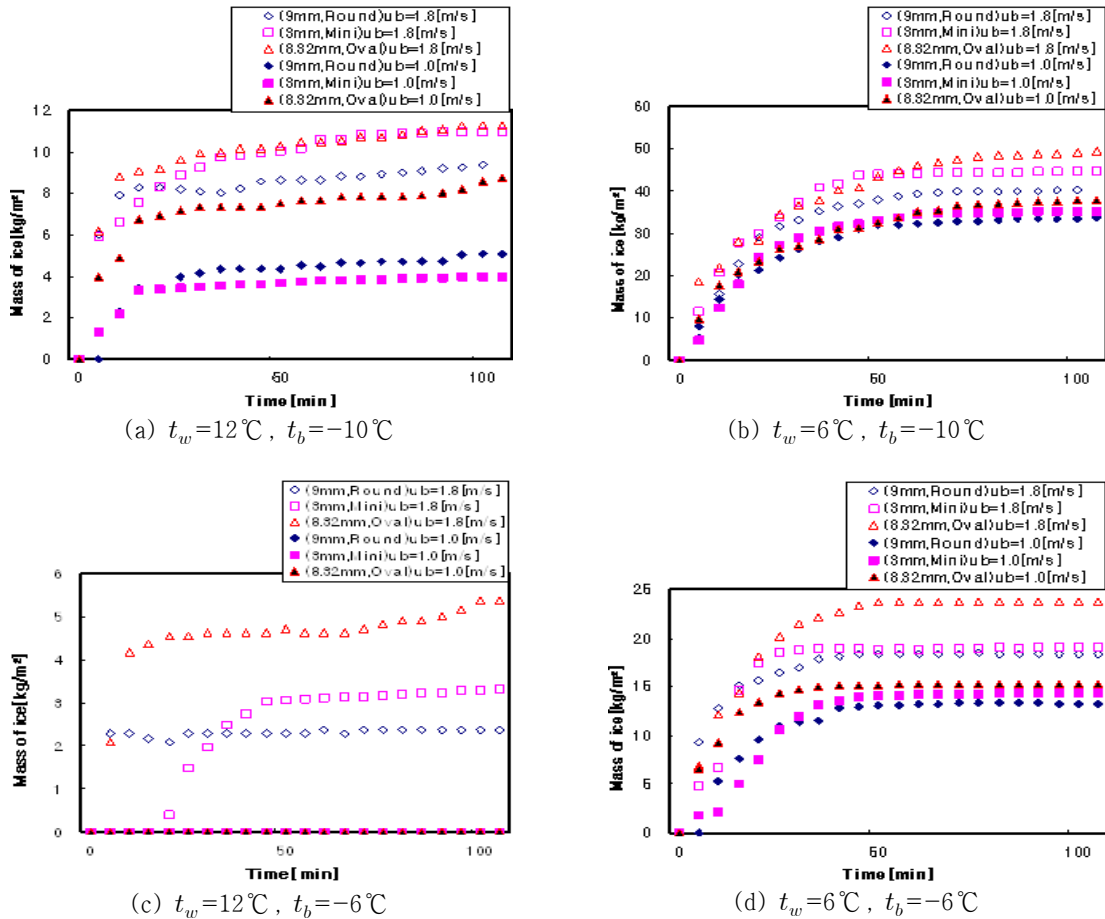


Fig. 4 Mass of ice according to initial water and brine temperature. (9mm round tube, 8.32mm oval tube and 3mm round tube)

생성이 적은 것으로 판단된다. 3mm 세관에서 초기에는 열교환을 하기에 부족한 유량의 영향으로 제빙이 제대로 이루어지지 않지만, 시간이 지날수록 안정적인 열전달의 영향으로 9mm 원관에서의 제빙량보다 많아지는 것으로 판단된다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 브라인유속 1.8m/s의 경우 타원관에서 단위면적당 제빙량이 약 1.25배, 3mm 세관에서는 약 1.22배 증가하였고, 1.0m/s의 경우에는 타원관에서 약 2.13배, 3mm 세관에서는 1.25배 증가하였다.

(b)의 축열매체인 물의 초기온도가 6°C, 브라인온도 -10°C 일 때에는 전반적으로 (a)의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 물의 초기온도가 (a)의 경우보다 낮아 3mm 세관에서도 운전시작과 함께 9mm 원관에서의 제빙량보다 증가하는 경향을 보였다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 브라인유속 1.8m/s인 경우 타원관에서는 1.23배, 3mm 세관에서는 1.13배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었

고, 브라인유속 1.0m/s인 경우에는 타원관에서 1.15배, 3mm 세관에서 1.06배의 제빙량을 나타내었다.

(c)의 축열매체인 물의 초기온도가 12°C, 브라인온도 -6°C 일 때, 브라인유속 1.0m/s의 경우는 다른 경우에 비해 브라인의 온도도 높고, 제빙매체인 물의 온도가 높은데다 브라인 유속까지 빨라 제빙이 이루어지지 않았는데, 이는 온도경계층이 두터워졌기 때문으로 판단된다. 브라인유속 1.8m/s의 경우 3mm 세관에서 운전시작 약 15분까지는 열교환을 하기에 부족한 유량의 영향으로 인해 9mm 원관보다 적은 제빙량을 나타내다가 약 30분 경과시부터는 안정적인 열전달의 영향으로 9mm 원관에 비해 높은 제빙량을 나타냈다. 또 운전시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 타원관에서는 2.46배, 3mm 세관에서는 1.51배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었다.

(d)의 축열매체인 물의 초기온도가 6°C, 브라인온도 -6°C 일 때에는 (b)의 경우와 같이 전반적으로 (a)의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 운전 시작 100

분 후에는 9mm 원관에 비해 브라인유속 1.8m/s인 경우 타원관에서는 1.41배, 3mm 세관에서는 1.05배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었고, 브라인유속 1.0m/s인 경우에는 타원관에서 1.19배, 3mm 세관에서 1.06배의 제빙량을 나타내었다.

3.3 제빙매체 온도의 영향

Fig. 5는 제빙매체인 물의 초기온도 6°C 인 경우와 12°C 에서의 단위 표면적당 제빙량을 9mm 원관과 타원관 및 3mm 세관을 비교하여 나타낸 것이다. 단위 표면적당 제빙량은 모든 경우 타원관에서 가장 많이 생성됐으며, 이는 타원관에서의 유동이 다소 난류화가 촉진되어 열전달계수가 증가하였기 때문인 것으로 사료된다. 또한 수조 내 물의 초기온도가 낮을수록 제빙량이 증가함을 알 수 있는데, 이는 동관과 수조사이에 존재하는 온도경계층이 얇아지기 때문이라 생각된다.

(a)의 브라인유속 1.8m/s, 브라인온도 -10°C 일 때, 제빙매체인 물의 온도 12°C 인 경우는 6°C 의 경우와 비교해 앞서 말한바와 같이 동관과의 온도경계층이

두텁기 때문에 얼음이 생성이 적은 것으로 판단된다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 제빙매체인 물의 온도 6°C 인 경우 타원관에서의 단위면적당 제빙량이 약 1.33배, 3mm 세관에서는 약 1.05배 증가하였고, 12°C 의 경우에는 타원관에서 약 2.20배, 3mm 세관에서는 1.40배 증가하였다.

(b)의 브라인유속 1.0m/s, 브라인온도 -6°C 일 때, 제빙매체인 물의 온도 12°C 의 경우는 열전달계수가 작아 제빙이 이루어지지 않았으며, 물의 온도 6°C 의 경우에는 운전시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 타원관에서는 1.11배, 3mm 세관에서는 1.06배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었다.

(c)의 브라인유속 1.0m/s, 브라인온도 -10°C 일 때에는 전반적으로 (a)의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 제빙매체인 물 온도 12°C 인 경우 타원관에서는 1.15배, 3mm 세관에서는 1.06배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었고, 제빙매체인 물 온도 6°C 인 경우에는 타원관에서 1.88배, 3mm 세관에서 1.38배의 제빙량을 나타내었다.

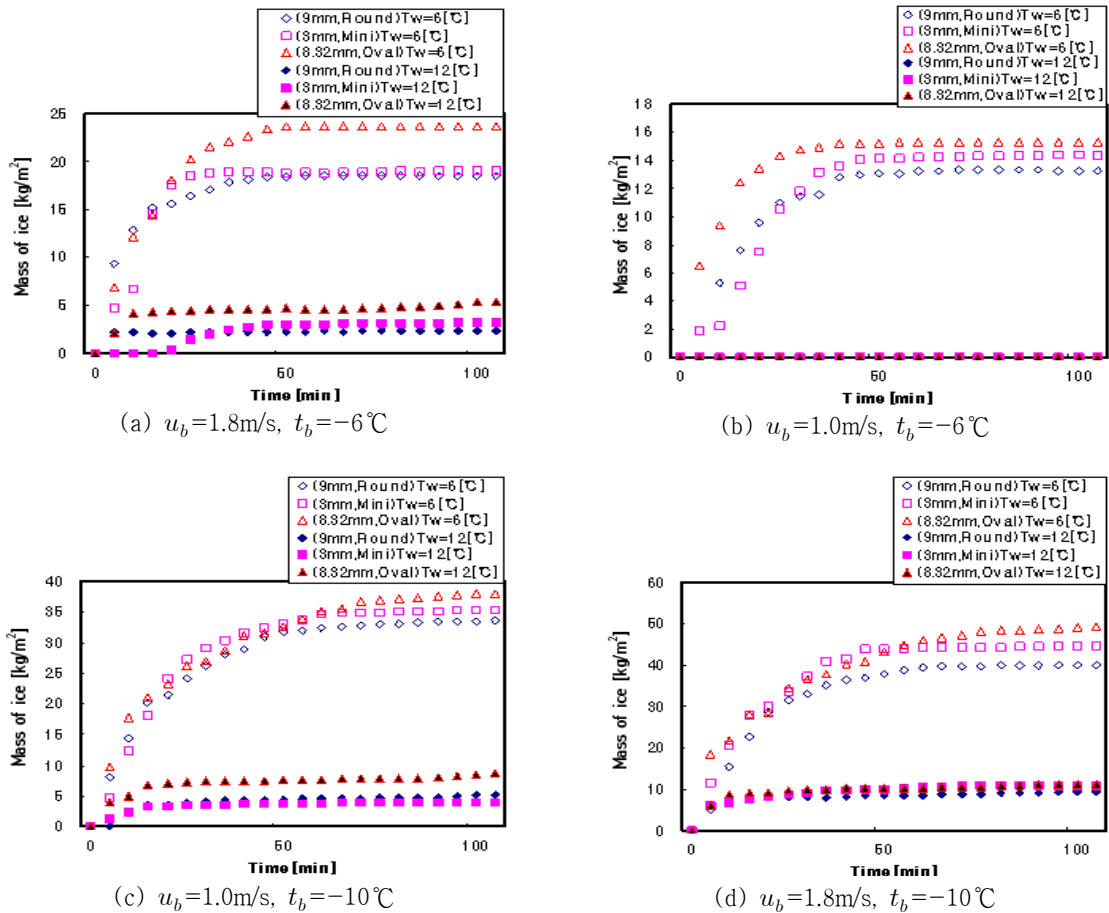


Fig. 5 Mass of ice according to brine flow rate and temperature. (9mm round tube, 8.32mm oval tube and 3mm round tube)

(d)의 브라인유속 1.8m/s, 브라인온도 -10°C 일 때에는 (c)의 경우와 같이 전반적으로 (a)의 경우와 유사한 경향을 나타내었다. 운전 시작 100분 후에는 9mm 원관에 비해 제빙매체인 물 온도 12°C 인 경우 타원관에서는 1.25배, 3mm 세관에서는 1.13배의 단위표면적당 제빙량을 나타내었고, 제빙매체인 물 온도 6°C 인 경우에는 타원관에서 1.22배, 3mm 세관에서 1.11배의 제빙량을 나타내었다.

4. 결 론

본 연구는 관외착빙형 제빙기에서 제빙관의 형태와 관경을 달리 하였을 경우를 비교하여 각종 인자들이 제빙량에 미치는 영향에 대해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 관내를 유동하는 브라인의 온도가 낮을수록, 브라인유속이 빠를수록, 제빙매체인 물의 초기온도가 낮을수록 제빙량이 증가하였다.

(2) 운전시작 후 약 30~40분 정도까지 급격히 제빙이 진행되다가 이후부터는 제빙량이 상승곡선이 완만하거나 일정하게 유지되는 상태를 나타내었다.

(3) 단위표면적당 제빙량을 비교해 보면, 타원형 제빙관은 9mm 원형 제빙관에 비해 1.11배에서 2.46배 높은 제빙량을 나타냈고, 3mm 세관 제빙관은 9mm 원형 제빙관에 비해 1.06배에서 1.51배 높은 제빙량을 나타내었다.

(4) 따라서 일정 공간의 축열조 내에 삽입할 수 있는 제빙관의 길이는 3mm 세관이 9mm 원형관보다 길어질 수 있으므로 총제빙량은 3mm 세관이 9mm 원형관보다 훨씬 많을 것으로 예상된다.

참고 문헌

1. Jeong, C. S., 1993, "Outline of Ice Thermal Storage ", the Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 22, No. 2, pp. 101-108.
2. Park, S. S., Kim. Y. L, 2001, "Use of Ice Storage System", the magazine of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 30, No. 6, pp. 6-10.
3. Park, J. M., Jung, S. C., Lee, H. and Park, K. W., 2005, "Recent Domestic Research Trend on Ice Thermal Storage and Various Thermal Storage ", the 2005 Annual summer conference on the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineer of Korea, pp. 303-308.
4. Min, J. K., Yoo A. G., Kim, J. H. and Kim, S., 1993, "A Study on Real Time Model of Transfer Processes in an Ice - On - Coil Tank", the 1993 Annual winter conference on the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineer of Korea, pp. 40-46.
5. Lee, M. H., 2005, "The incentive programs of cool storage systems & energy efficient equipments for DSM", the 2005 Annual summer conference on the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineer of Korea, pp. 350-355.
6. Jang, Y. K., Heo, C. K., Kim, S. H., 2002, "An Experimental Study on the Ice Making Characteristics of an Ice - on - coil type Ice Storage System", the 2002 Annual summer conference on the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineer of Korea, pp. 84-88.
7. Ahn, Y. H., Kang, B. H., Kim, S. H. and Lee, D. Y., 2005, "The Operation Characteristics and Cost Analysis of an Ice Thermal Storage System", the Journal of Air-Conditioning and Refrigeration, Vol. 17, No. 2, pp. 156-164.
8. Park, K. W, Inaba, H., Horibe, A., 2001, "Study on Ice Making Behavior of Water Solution with Surfactant", the Journal of Air-conditioning and Refrigeration, Vol. 13, No. 12, pp. 1175-1183.
9. Seung, H., Peck J. H., Hong, H. K. and Kang C. D., 2003, "Effects of Functional Materials Adding on Adhesion of Ice Surry", the 2003 Annual winter conference on the Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineer of Korea, pp. 501-506.
10. T. G. Myers and D. W. Hammond, 1999, "Ice and water film growth from incoming supercooled droplets", Heat & Mass Transfer, Vol. 42, pp. 2233-2242.
11. S. Wakamoto, N. Tanaka, K. Nakao and H. Kimura, 1996, "Study on the stability of supercooled water in an ice generator", ASHRAE transactions, Vol. 102, No. 2, pp.

142-150.

12. Kim, M. J., 2008, "A Study on the Ice-on-coil as a Static Ice Making Type", the Journal of the Korean Society of Marine Engineering, Vol.32, No. 2, pp. 292-298.