대한설비공학회 2009 하계학술발표대회 논문집 pp. 0514 ~ 0519

09-S-093

해외 사례분석을 통한 '눈 이용 냉방시스템'의 도입 방안

엄 태 윤†, 홍 민 호, 전 재 홍*, 권 대 성*
(주)한일엠이씨 부설기술연구소, *현대건설 건축사업본부

A Study on the Method of Applying Snow Thermal Storage System through the Analysis of Foreign Cases

Tae-yun Aum†, Min-ho Hong, Jae-hong Chun*, Dae-sung Kweon*
R&D Institute, Hanil M.E.C, Seoul 150-103, Korea
**Division of Building Works, Hyundai Engineering and Construction, Seoul 110-920, Korea*

ABSTRACT: The purpose of this study is to show the method of applying snow thermal storage system through the analysis of the cases in Japan. The results were as follows. (1) The systems in Japan were installed at the location whose annual mean air temperature was 14.6 ℃ or below and annual snowfall was 59 cm or above. (2) By analyzing the characteristics of the systems, meltwater circulation system with a backup chiller was confirmed to be most suitable for Korea. (3) For the first time in Korea, the system with the snow storage of 500 ton was designed at Muju after analyzing regional climate characteristics.

Key words: New and renewable energy(신재생에너지), Cooling System(냉방시스템) Snow storage(저설), Case study(사례 분석), Japan(일본)

기 호 설 명

A_{all}	:	저설고 겉면적 [㎡]
A_r	:	냉방면적 [㎡]
A_s	:	저설고 수평면적 [㎡]
C_f	:	눈 융해열 [W/kg]
c_w	:	물 비열 [W/kg·℃]
d	:	단열재 두께 [m]
F_{water}	:	필요 순환수량 [㎥/h]
h_{all}	:	저설기간 [h]
h_{cool}	:	냉방시간 [h]
H_{soak}	:	침수높이 [m]
Q_{peak}	:	최대냉방부하 [W/㎡]
Q_{mean}	:	평균냉방부하 [W/㎡]
Q_x	:	저설기간 중 저설고 취득열 [W/㎡]
R_{iw}	:	유효 저설율
R_u	:	유효 이용율
R_w	:	열교환기 효율
t_{si}	:	저설고 온도 [℃]
t_{so}	:	저설고 외부온도 [℃]
t_{wr}	:	환수 온도 [℃]
t_{ws}	:	공급수 온도 [℃]
W	:	저설고 규모 [Ton]
W_{cool}	:	필요저설량 [Ton]
λ	:	전도율 [W/㎡·℃]
ρ_w	:	물 밀도 [kg/㎥]
τ_{soak}	:	저설고 체류시간 [h]

† Corresponding author
Tel.: +82-2-6340-3052; fax: +82-2-6340-3039
E-mail address: taeyun.aum@himec.co.kr

1. 서 론

최근, 정부에 의해 '저탄소 녹색성장'이라는 국가비전이 제시되어 사회 전반적으로 에너지 절약을 위한 노력이 필요한 실정이다. 특히, 건물부문은 국내 전체 에너지의 1/4를 소비하고 있으므로, 국가전체 에너지 소비량을 줄이기 위한 건물부문의 대응은 매우 중요하다 하겠다.

현재, 건물부문의 에너지 절약을 위한 대응의 일환으로, 정부는 신·재생에너지개발 및 이용·보급 기본계획을 수립하여 신·재생에너지 개발과 보급의 활성화에 힘쓰고 있다. 이를 통해, 다수의 건물들에 태양광발전, 태양열급탕, 지열이용 히트펌프 등이 계획·설치되어 건물부문의 에너지 절약에 기여하고 있는 반면, 아직까지 과다한 초기투자비로 정부지원 이상의 효과를 기대하기는 힘든 실정이다. 이러한 경향의 개선을 위해서는 기존시스템과 같은 고가의 장치 설치비를 필요로 하지 않고, 우리나라의 기후적 조건을 효과적으로 이용할 수 있는 새로운 신에너지의 발굴이 절실히 필요하다고 생각한다.

이에 본 연구에서는 해외에서 이미 신에너지로 인정되어 다수 설치 운영되고 있는 눈 이용 냉방시스템에 주목하였다. 눈 이용 냉방시스템(이하, 눈냉방시스템)은 이미 일본, 스웨덴, 캐나다 등의 다설지역에 다수 설치·운용되고 있다[1)~7)]. 특히, 일본의 경우, 홋카이도와 니이가타현을 중심으로 전국 101개소[3)]에 달하는 눈냉방시스템이 설치 운영되고 있으며, 2001년부터 빙설열이 신에너지로 인정되어 설치 보조사업을 실시하고 있다.

과거, 우리나라에도 조선시대 석빙고가 있었으므로, 동절기 눈이 많이 내리는 지역의 경우, 동절기에 눈을 저장하여 하절기에 이용하는 것은 그다지 새로울 것이 없으나, 눈을 냉방에 직접 이용하는 국내사례는 아직까지 보고된 바 없다.

본 연구는 해외사례 분석 결과에 근거한 눈냉방시스템의 국내 적용 시안을 제시하여, 국내 도입을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

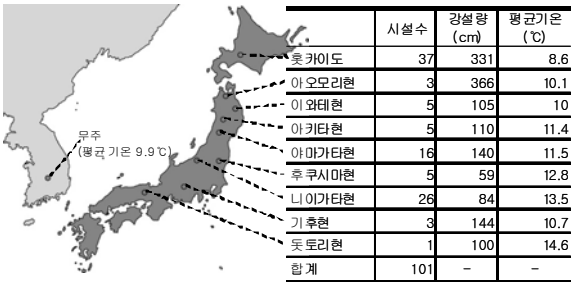
2. 연구 방법 및 범위

본 연구는 우리나라와 유사한 기후 조건을 갖고 있는 일본을 대상으로 눈냉방시스템의 사례를 조사 분석하였다. 먼저, 일본 내 지역별 눈냉방시스템의 분포와 그 설치조건을 확인하고, 시스템의 종류 및 특징을 파악하였다. 특히, 기존 시스템과 비슷하여 국내 적용이 용이할 것으로 판단되는 융해수 열교환 냉수 순환방식의 적용 사례를 통하여, 저설고 규모, 융해수조 규모, 저설고 단열 정도, 제어방법 등의 계획에 관한 구체적 사항을 확인하였다. 유지관리상 특이사항 및 문제점, 그에 대한 해결 방법에 대해서는 Table 1과 같이 현장조사 및 관리자 면담조사를 통하여 검토하였다(Table 1).

Table 1 Buildings surveyed in Japan

조사대상	조사일	냉방방식	저설규모	설치년도
눈사람 물산관	09.3.29	융해수*	1,200 Ton	1995
야스즈카 중학교	09.3.30		660 Ton	2004
야스즈카 초등학교			150 Ton	2001
호노보노장			800 Ton	2000
눈마을 미래관		냉풍**및 융해수*	300 Ton	1999
만남의 곤충관			1,500 Ton	2007

* 융해수 열교환 냉수순환방식, **직접 열교환 냉풍순환방식



	시설수	강설량 (cm)	평균기온 (℃)
홋카이도	37	331	8.6
아오모리현	3	366	10.1
이와테현	5	105	10
아키타현	5	110	11.4
야마가타현	16	140	11.5
후쿠시마현	5	59	12.8
니이가타현	26	84	13.5
기후현	3	144	10.7
돗토리현	1	100	14.6
합계	101	-	-

Fig. 1 Distribution of snow thermal storage system in Japan

일본 사례분석을 통해 얻어진 지견을 바탕으로, 국내 다설지역의 한 곳인 무주에 눈냉방시스템 적용 방안을 제시하였다. 먼저, 무주지역의 기후 특성과 계획 대상지의 건축 조건을 파악하여 눈냉방시스템의 적용 조건을 명확히 하였다. 그리고 일본 사례분석의 결과에 근거하여 눈냉방시스템을 구성하고 그 적합성을 확인하였다.

3. 눈냉방시스템의 일본 적용 사례 분석

3.1 눈냉방시스템 사례의 적용 조건

일본에서 눈냉방시스템은 고비야마[2)]의 연구에 의해 보급되기 시작하여, 2008년 기준 49개소에서 운용되어지고 있다.

Fig. 1은 일본 내 지역별 눈냉방시스템의 적용 사례수, 강설량, 연평균 기온을 나타낸다[3)]. 눈냉방시스템은 홋카이도(연평균기온 8.6℃)에서 돗토리현(연평균 기온 14.6℃)까지 분포되어 있다. 이는 우리나라 남부 일부지역을 제외한 대부분

지역이 해당되는 범위이다.

일본 내 눈냉방시스템이 설치되어 있는 지역은 연간강설량이 59 cm – 366 cm인 곳이었다. 우리나라의 경우, 영동 산간지방과 중부내륙 산간지방 일부도 이에 해당된다.

Fig. 2는 거주공간의 냉방을 위해 눈냉방시스템을 적용한 일본 사례들의 설치연도와 저설고 규모를 나타낸다. 일본의 경우, 눈을 거주공간의 냉방용 열원으로 이용한 것은 80년대 후반부터이며, 90년대 후반에 들어 보급 확대와 함께 저설 용량 또한 급격히 증가하였다. 일본은 2001년부터 빙설냉열을 신에너지로 인정하여, 설치지원사업을 실시하고 있으므로 이러한 추이는 앞으로도 지속될 것으로 보인다.

이상, 일본 눈냉방시스템 사례의 적용 조건을 근거로 국내 적용 가능지역을 검토한 결과, 영동 산간지방과 중부내륙 산간지방 일부의 경우, 눈냉방시스템 도입이 가능할 것으로 판단된다.

3.2 일본 눈냉방시스템 종류 및 특성

눈냉방시스템 방식은 Table 2와 같이 크게 직접 열교환 냉풍순환방식과 융해수 열교환 냉수순환방식이 있으며, 시스템의 구성에 따라 냉풍·융해수 혼용방식과 눈냉방시스템·열원기기 병용방식이 추가된다.

직접 열교환 냉풍순환 방식은 도입외기 및 환기를 저설고로 보내어 냉각시킨 후 그 냉풍을 실내로 급기하여 공조하는 방식으로 암모니아(NH_3), 포름알데히드(HCHO) 등의 흡착효과가 우수하다[4]. 반면, 저설량 20% 이하가 되었을 경우, 냉방을 위한 풍량 처리가 어렵고[5], 냉방대상 면적이 클 경우, 저설고 도입 풍량도 증가하여 덕트 설치 스페이스가 커지는 단점이 있다.

융해수 열교환 냉수순환방식은 눈의 융해수와 열교환시킨 냉수를 이용하여 공조하는 방식으로, 눈의 잠열 및 현열을 효율적으로 이용할 수 있다. 이 방식은 반송동력이 작은 물을 열매체로 이용하기 때문에 저설고에서 떨어진 곳의 냉방에 유리하다. 반면, 눈과 물의 열교환 방법에 따라 공극이 발생하여, 안정된 냉열공급이 불가능할 수도 있다. 이 문제점을 해결하기 위해, 이토 요시노미[6]는 저설고 침수방식을 제안하여 공극발생 없이 안정된 냉열공급이 가능하다는 것을 명확히 하였다.

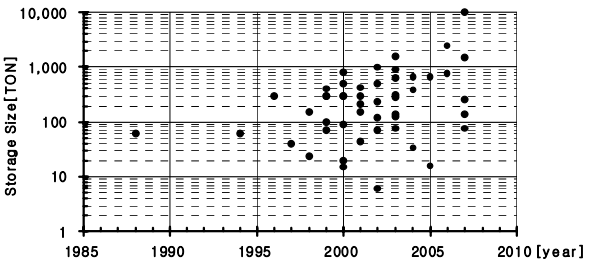


Fig. 2 Installation year and storage size of the system

Table 2 Types and characteristics of snow thermal storage system[7]

종류	장점	단점
a) 직접 열교환 냉풍순환방식	•눈에 의한 공기 정화 효과가 있음 •열교환기 불필요	•눈의 접촉면적 감소시, 설정 공기 처리 불리 •냉방대상 면적이 클 경우, 설치스페이스 큼
b) 융해수열교환 냉수순환방식	•저설고에서 떨어진 곳의 냉방에 유리 •눈의 효율적 이용 가능	•공극 발생시 안정된 열교환 불가 •이물질 등의 시스템 내부 혼입 가능
c) 냉풍·융해수 혼용 방식	•a)과 b)의 혼용 방식으로 각 장점을 적절하게 적용한 방식	•이중 설비로 초기 투자비 증가
d) 눈냉방·열원기기 병용방식	•저설량의 부족시, 기존 열원기기 운전으로 냉방 가능	•눈냉방시스템과 기존 열원기기 병렬설치로 초기 투자비 증가

냉풍·융해수 혼용 방식은 직접 열교환 냉풍순환방식과 융해수 열교환 냉수순환방식을 함께 적용한 방식으로, 각 방식의 장점을 적절하게 활용할 수 있으나, 이중 설비로 초기투자비가 증가하는 단점이 있다. 또한 눈냉방시스템과 열원기기의 병용방식은 기후변화에 의해 저설량 확보가 어려울 경우, 열원기기로 냉방할 수 있는 장점이 있으나, 초기투자비가 증가하는 단점이 있다.

이상 각 시스템 방식의 특성을 검토한 결과, 국내 도입시 고려해야 할 사항은 다음과 같다.

(1) 향후, 기후변화 대응이 용이한 방식
(2) 강설량이 적은 국내 조건을 고려하여 저설된 눈의 효율적 이용이 가능한 방식
(3) 초기 설치비를 줄이기 위해 저설고 규모를 최소화할 수 있는 방식
(4) 유지관리 및 제어가 용이한 방식

이를 기준으로 검토한 결과, 국내 도입시안은 "침수식 융해수 열교환 냉수순환방식과 열원기기의 병용방식"이 가장 적합할 것으로 생각된다.

3.3 침수식 융해수 열교환 냉수순환방식의 설계 사례 분석

본 절에서는 4장에서 국내 도입시안으로 적용

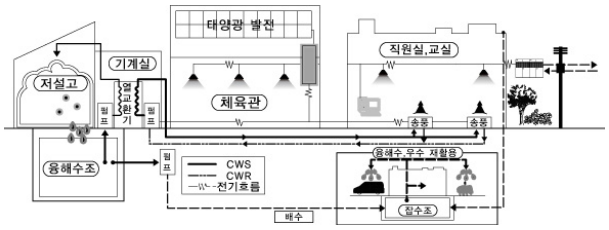


Fig. 3 System of Yasuzuka middle school

Table 3 Outline of the Yasuzuka middle school system

항목	적용사항	비고
시스템 방식	융해수 열교환 냉수순환 방식	침수식
냉방대상 면적	1,674㎡	교실, 교사실
평균냉방부하	117 W/㎡	
저설고 규모	660 Ton	필요저설량 450 Ton
단열재	폴리스틸렌 폼 150 mm (0.028 W/m・℃)	야스즈카 연평균기온 12.1 ℃
융해수조 용량	80 ㎥	소방용수 40 ㎥ 추가치
눈 침수높이	100 mm	순환수 평균체류시간 26.75 min

할 침수식 융해수 열교환 냉수 순환방식(이하, 침수식 눈냉방시스템)의 설계방법을 명확히 하기 위하여 일본 설계사례를 분석하였다. 침수식 눈냉방시스템은 안정된 냉열공급을 위해, 눈 하부층을 침수시켜 물과 눈의 열교환을 안정적으로 촉진시키는 방식이다.

Fig. 3 및 Table 3는 일본 침수식 눈냉방시스템 적용 사례인 니이가타현 야스즈카 중학교의 시스템 개요[6)]를 나타낸다. 야스즈카 중학교의 경우, 눈냉방시스템을 2004년도에 설치하여, 1,674 ㎡에 이르는 전 교실 및 교사실 등의 냉방을 눈냉방시스템만으로 담당하고 있다.

저설고 규모[3)]는 660 ton (저설 밀도 0.5 ton/㎥)으로, 이는 평균냉방부하 117 W/㎡와 각 실의 운전시간 등에 의한 냉방빈도를 고려하여 필요저설량(450 ton)을 산정하고, 유효 저설율 및 자연 융해율을 고려하여 결정되었다. 저설고의 단열은 폴리스틸렌 폼 150 mm (0.028 W/m・℃)가 설치되어 있다.

융해수조 용량은 소방용수 사용량(40 ㎥)을 포함하여 80 ㎥로 설치되어 있다. 융해수조 용량은 초기 운전시 필요수량, 즉 저설고 침수량, 융해수 배관순환량을 고려하여 결정되었다.

침수식 눈냉방시스템의 경우, 융해수 공급온도는 저설고 내 순환수의 체류시간에 의존된다. 이토 요시노미[6)]에 실험결과에 의하면, 6.5℃ 융해수 공급온도를 얻기 위한 순환수의 저설고 평균 체류시간은 15 min 이상이 필요하였다. 야스즈카 중학교의 경우, 저설량 감소 후를 고려하여, 순환수의 저설고 평균 체류시간은 26.75 min로 계획되었다. 이때 침수높이는 100 mm 이다.

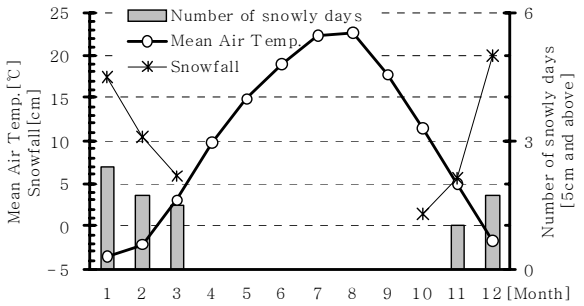


Fig. 4 The monthly mean air temperature and the annual snowfall at Muju

제어방법은 융해수측 1차 펌프를 열교환기 2차측 공급온도로 인버터 제어하고, 융해수조 온도에 따라 환수 위치(저설고, 융해수조) 및 환수량을 조절하여 필요한 냉열출력을 얻는 방식이었다. 또한 융해수량이 융해수조 용량을 초과하였을 경우, 강제 배수를 통하여 조경용수 등으로 이용 가능하도록 계획되었다.

4. "눈냉방시스템"의 국내 도입 시안

국내 눈냉방시스템의 도입 시안을 제시하기 위하여, 무주군내 건설계획안인 관람시설을 대상으로 눈냉방시스템을 계획하였다.

4.1 계획지의 기후 특성

기후와 관련된 눈냉방시스템 적용을 위한 주요 사항은 크게 냉방기간까지 저설된 눈의 보존조건과 눈의 집설조건이라고 말할 수 있다. 즉, 눈의 보존 정도는 단열과 보존기간 평균기온에 의해 크게 좌우된다.

Fig. 4는 과거 10년간(1999-2008)의 무주지역 월평균기온 및 강설량(기상청 데이터)을 나타낸다. 무주지역 연평균기온은 9.9 ℃이며, 눈 보존기간(3월-8월)의 평균기온은 15.3 ℃로 앞서 검토한 니이가타현 야스즈카의 조건보다 연평균기온이 3.2 ℃ 낮은 것으로 확인되었다.

무주지역 강설량은 기상청 데이터가 없는 관계로 무주와 인접해 있는 장수의 기상청 데이터를 이용하여 확인하였다. Fig. 4와 같이, 장수지역의

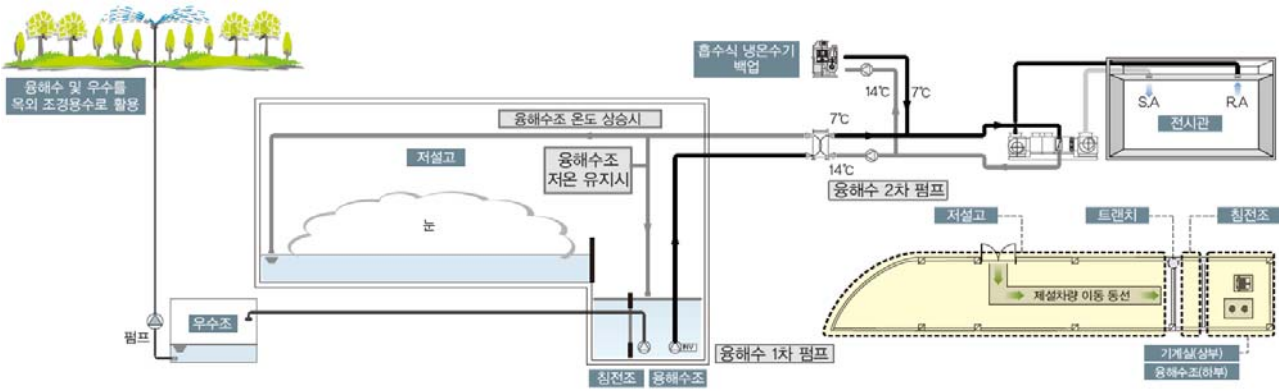


Fig. 5 Schematic diagram of the Muju snow thermal storage system

Table 4 Outline of the Muju system

항목	적용사항	비고
시스템 방식	융해수 열교환 냉수순환과 열원기기의 병용방식	침수식
냉방대상 면적	830㎡	관람시설(전시장)
평균냉방부하	68 W/㎡	7~8월 총냉방부하 32.6MW
저설고 규모	약 500 Ton	필요 저설량 364 Ton
저설고 체적	약 1000 ㎥	23(L) × 5(W) × 8.7(H)
단열재	200 mm (0.024 W/m・℃)	무주 연평균기온 9.9 ℃
융해수조 용량	25 ㎥	
눈 침수높이	100 mm	순환수 평균체류시간 38 min

연간 강설량은 61 cm로 확인되었다. 이는 눈냉방시스템의 사례가 있는 일본 후쿠시마현(58 cm)보다 3 cm정도 많은 강설량이다.

4.2 시스템 구성 계획

2.2절에서 확인한 바와 같이, 국내 도입시안으로 가장 적절한 '융해수 열교환 냉수순환방식과 열원기기의 병용방식'을 선정하여, 830 ㎡ 규모 전시장의 하절기 냉방부하를 담당할 수 있도록 계획하였다. 전시장의 최대냉방부하는 117 W/㎡이고, 평균냉방부하는 68 W/㎡이다. 시스템 구성 및 개요는 Fig. 5와 Table 4에 나타내는 바와 같다. 각 적용사항에 대한 구체적 계획방법은 다음과 같다.

저설고 규모 500 Ton은 필요저설량(338 Ton)에 유효저설율(0.9)[7]과 유효이용율(0.8)[7]을 고려하여 식(1)과 같이 산출되었다.

$$W_{cool} = (W \bullet R_{iv}) \bullet R_u \qquad (1)$$

필요저설량은 필요냉열량에 의해 결정되며, 필요냉열량은 산간지대에 위치한 부지의 특성을 감안하여, 2개월간(7-8월) 1일 8시간을 기준으로 산출되었다(식(2)).

$$W_{cool} = \frac{Q_{mean} \bullet A_r \bullet h_{cool}}{C_f \bullet R_w} \qquad (2)$$

눈의 유효이용량(잔설량)은 저설고의 단열 정도와 외기조건에 의해 결정된다. 따라서 식(3)과 같이 일정 단열재를 가정할 경우, 그 단열재 두께가 결정된다. 무주의 경우, 최소 156 mm 두께(0.024 W/m・℃)의 단열재가 필요한 것으로 확인되었다. 이 때, 저설고 내부기온은 0 ℃, 외기온도는 눈 저장기간의 평균기온 15.3 ℃로 적용하였다. 실제 본 시안에서는 개구부 등에 의한 열손실이 고려되지 않은 점을 고려하여 200 mm 단열재(0.024 W/m・℃) 적용을 제안하였다.

$$Q_x = \frac{\lambda}{d} \bullet (t_{si} - t_{so}) \bullet A_{all} \bullet h_{all} \qquad (3)$$

필요 냉열출력을 얻기 위한 융해수 순환유량은 공급수 및 환수의 온도차에 의해 결정된다. 식(4)에 의해 공급수온 6 ℃, 환수온 11 ℃의 계획으로 277 L/min의 순환유량이 산출되었다. 본 시안에서는 배관손실 등이 고려하여 300 L/min로 계획하였다.

$$F_{water} = \frac{Q_{peak}}{\rho_w \bullet c_w \bullet (t_{wr} - t_{ws})} \qquad (4)$$

저설고 침수높이는 순환수의 저설고 내 평균체류시간(이하 순환수체류시간)을 결정하는 요소이므로, 침수높이 정도에 따라 눈과 순환수의 열교환 정도가 변화 될 수 있다. 즉, 저설고 침수높이는 융해수 순환유량, 저설고 면적, 순환수 체류시

간에 의해 결정될 수 있다(식(5)). 순환수 체류시간을 이토 요시노미[6]의 실험결과를 인용하여 15 min으로 할 경우, 침수높이는 39 mm가 된다. 여기서는 눈의 침수면적 감소시 안정된 냉열을 얻기 위해, 야스즈카 중학교 사례와 같이 침수높이를 100 mm (순환수 체류시간 38 min)로 하였다.

$$H_{soak} = \frac{\tau_{soak} \cdot F_{water}}{A_s} \qquad (5)$$

융해수조 규모는 운전초기 필요수량을 고려하여, 저설고 침수량, 배관 순환량, 펌프 융해수조 최소 저류량 등으로 결정될 수 있다. 본 시안에서는 운전초기 필요수량(16 ㎥)에 안전율을 고려하여 25 ㎥정도 규모로 계획하였다. 제어방법은 야스즈카 중학교의 방법과 동일하다.

4.3 유지 관리를 위한 확인 사항

눈냉방시스템의 유지관리상 특이사항은 크게 2가지로 집설·저설과 융해수조의 이물질 유입 처리를 들 수 있다.

저설고 규모와 필요 집설면적의 관계는 신설의 밀도 0.05 t/㎥, 저설 밀도 0.5 t/㎥로 가정하였을 때, Fig. 6와 같다. 연간강설량이 61cm 정도로 예측되는 무주지역의 경우, 500 Ton 규모의 저설고를 유지하기 위해, 집설면적은 16,000 ㎡가 필요하다. 본 계획지의 경우, 23,000 ㎡의 집설면적을 확보하고 있으므로 계획된 저설량 확보는 충분할 것으로 판단된다.

또한 눈과 함께 저장된 이물질은 냉방운전 시 배관계통 및 열교환기 등에 유입되어 운전장애 및 장치고장을 초래할 우려가 있다. 이를 방지하기 위하여, 트랜치 및 침전조를 설치하고, 융해수의 공급배관에 스트레이너를 설치하였다. 이와 동일한 시스템으로 운전되고 있는 일본 사례에 대한 현장조사에서도, 이물질의 배관유입으로 인한 고장 사례는 없었던 것으로 확인 되었다.

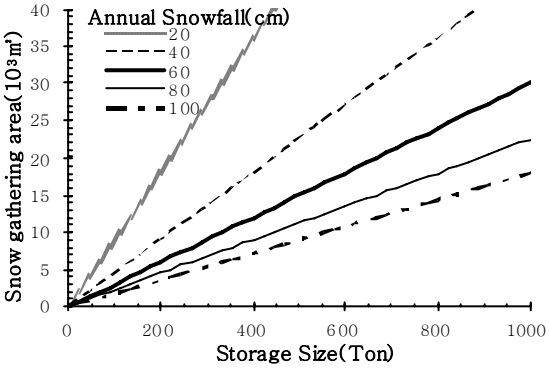


Fig. 6 The relation of snow storage size and snow gathering area

5. 결 론

본 연구는 일본사례 조사 및 분석을 통해 눈 이용 냉방시스템의 국내 적용 시안을 제시하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

(1) 눈 이용 냉방시스템은 연평균기온 14.6℃이하 연간강설량 59 cm이상인 조건을 만족하는 곳이면 도입 가능할 것으로 확인되었다.

(2) 향후의 기후변화 및 국내 연간강설량 정도를 고려하였을 때, 국내 도입 시스템방식은 '침수식 융해수 열교환 냉수순환방식과 열원기기의 병용방식'이 가장 적합할 것으로 검토되었다.

(3) 무주지역 기후 특성의 검토를 통하여 '눈 이용 냉방시스템'의 도입 가능성을 확인한 후, 대상지 조건을 고려한 저설고 500 Ton 규모의 시스템을 제시하였다.

금후, '눈 이용 냉방시스템'의 국내 도입과 확대 보급을 위해, 경제성 분석을 통한 도입 타당성 제시가 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

1) Kjell Skogsberg, Bo Nordell, 2001, The Sundsvall hospital snow storage, Cold Regions Science and Technology 32, 63-70

2) 媚山正良, 1992, 第8回寒地技術シンポジウム講論集, 35-42

3) 北海道経濟産業局, 2008, 雪氷熱エネルギー活用事例集4

4) 飯嶋和明ほか5名, 1997, 雪冷房によるアンモニアガスの吸收効果, 日本機械學會論文集(B編) 63卷614号, 190-195

5) 飯嶋和明ほか5名, 2000, 鉛直孔を有する雪塊と空氣との熱交換に關する研究 (雪塊の初期高さが冷却能力に及ぼす影響), 日本機械學會論文集 (B編) 66卷641号, 197-202

6) 伊藤親臣ほか6名, 2008, 浸水式雪冷房システムの開發とその特性, 日本雪工學會誌 24卷 2号, 3-13

7) 國土交通省大臣官房官廳營繕部設備環境課, 2008, 官廳施設における雪冷房システム計畫指針