



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0009794
(43) 공개일자 2012년02월02일

(51) Int. Cl.

G01W 1/00 (2006.01) *G01N 5/04* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0070488

(22) 출원일자 2010년07월21일

심사청구일자 2010년07월21일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내

(72) 발명자

변희룡

부산광역시 남구 분포로 111, LG아파트 142동 803호 (용호동)

(74) 대리인

특허법인다울

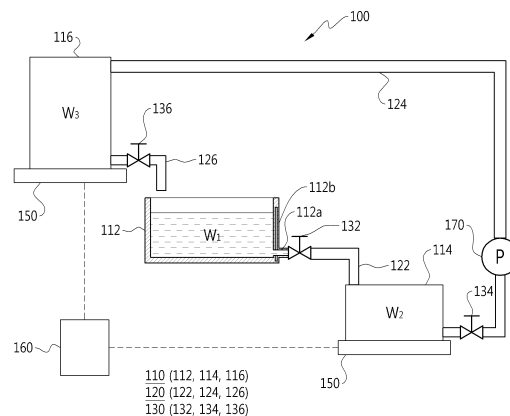
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 증발량, 결빙량, 해빙량 측정장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 담수가 자연 상태에서 증발, 결빙 및 해빙되는 양을 정밀하게 측정할 수 있는 측정장치 및 방법에 관한 것으로, 담수가 저장되는 제1수조와, 상기 제1수조보다 낮은 위치에 설치되는 제2수조와, 상기 제1수조와 상기 제2수조를 연결하는 제1배관과, 상기 제1배관에 설치되는 제1개폐밸브와, 상기 제2수조의 중량을 측정하는 로드셀과, 상기 제1개폐밸브 개방시 상기 로드셀에서 측정된 상기 제2수조의 중량을 이용하여 담수의 증발량, 결빙량 및 해빙량을 산출하는 제어부를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 CATER 2006-2306

부처명 기상청

연구관리전문기관

연구사업명 기상기술개발사업

연구과제명 가뭄의 특성 및 주기성과 원격 상관성에 관하여

기여율

주관기관 재단법인 기상지진기술 개발사업단

연구기간 2010년 03월 01일 ~ 2011년 02월 28일

특허청구의 범위

청구항 1

담수가 저장되는 제1수조;
 상기 제1수조보다 낮은 위치에 설치되는 제2수조;
 상기 제1수조와 상기 제2수조를 연결하는 제1배관;
 상기 제1배관에 설치되는 제1개폐밸브;
 상기 제2수조의 하부에 설치되어 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량을 측정하는 제1로드셀; 및
 상기 제1수조의 담수 중량과 상기 제1로드셀에서 측정된 상기 제2수조의 담수 중량을 이용하여 증발량, 결빙량, 해빙량을 산출하는 제어부를 포함하는 측정장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,
 상기 제2수조에 저장된 담수를 상기 제1수조로 공급하기 위한 제2배관;
 상기 제2배관 상에 설치되는 펌프; 및
 상기 제2수조와 상기 펌프 사이에 설치되는 제2개폐밸브를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 3

청구항 2에 있어서,
 상기 제1수조보다 높은 위치에 설치되고, 상기 제2배관을 통해 공급된 담수가 저장되는 제3수조;
 상기 제3수조와 상기 제1수조를 연결하는 제3배관;
 상기 제3배관에 설치되는 제3개폐밸브; 및
 상기 제3수조의 하부에 설치되어 상기 제1수조로 배출되는 담수의 중량을 측정하는 제2로드셀을 더 포함하고,
 상기 제어부가 상기 제2로드셀에서 측정된 상기 제1수조의 담수 중량과 상기 제1로드셀에서 측정된 제2수조의 담수 중량을 이용하여 증발량, 결빙량, 해빙량을 산출하는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 4

청구항 3에 있어서,
 상기 제1 내지 제3개폐밸브는 상기 제어부에 의해 작동이 제어되는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 5

청구항 3에 있어서,
 상기 제1수조 중 상기 제1배관과 연결되는 배출구 측 벽면에 열선이 설치되는 것을 특징으로 하는 측정장치.

청구항 6

청구항 3에 따른 측정장치를 이용한 측정방법에 있어서,
 상기 제3수조의 담수 중량(W_3)을 측정하는 단계;
 상기 제3수조의 담수를 상기 제1수조로 배출하는 단계;
 상기 제1수조를 외부에 노출시켜 담수를 증발시키는 단계;
 상기 제1수조의 담수를 상기 제2수조로 배출하는 단계;

상기 로드셀을 이용하여 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량(W_2)을 측정하는 단계; 및

상기 제3수조의 담수 중량(W_3)과 상기 제2수조의 담수 중량(W_2)을 비교하여 증발량(E)을 산출하는 단계를 포함하는 증발량 측정방법.

청구항 7

청구항 3에 따른 측정장치를 이용한 측정방법에 있어서,

상기 제3수조의 담수 중량(W_3)을 측정하는 단계;

상기 제3수조의 담수를 상기 제1수조로 배출하는 단계;

상기 제1수조를 외부에 노출시켜 담수를 결빙시키는 단계;

상기 제1수조의 담수를 상기 제2수조로 배출하는 단계;

상기 로드셀을 이용하여 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량(W_2)을 측정하는 단계; 및

상기 제3수조의 담수 중량(W_3)과 상기 제2수조의 담수 중량(W_2)을 비교하여 결빙량(F)을 산출하는 단계를 포함하는 결빙량 측정방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 결빙량(F)은,

$$F = W_1 - (W_2 + E_m) \text{ 이고,}$$

상기 E_m 은 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 증발량인 것을 특징으로 하는 결빙량 측정방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 증발량(E_m)은,

$$E_m = E_w + E_i \text{ 이고,}$$

상기 E_w 는 제1수조의 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 담수의 증발량이며, E_i 는 제1수조의 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 얼음의 증발량인 것을 특징으로 하는 결빙량 측정방법.

청구항 10

청구항 3에 따른 측정장치를 이용한 측정방법에 있어서,

상기 제3수조의 담수 중량(W_3)을 측정하는 단계;

상기 제3수조의 담수를 얼음이 존재하는 상기 제1수조로 배출하는 단계;

상기 제1수조의 얼음을 외부에 노출시켜 해빙시키는 단계;

상기 제1수조에서 해빙된 담수를 상기 제2수조로 배출하는 단계;

상기 로드셀을 이용하여 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량(W_2)을 측정하는 단계; 및

상기 제3수조의 담수 중량(W_3)과 상기 제2수조의 담수 중량(W_2)을 비교하여 해빙량(M)을 산출하는 단계를 포함하는 해빙량 측정방법.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 해빙량(M)은,

$$M = W_2 - (W_3 + E_m)$$

상기 E_m 은 담수가 해빙되는 과정에서 발생하는 증발량인 것을 특징으로 하는 해빙량 측정방법.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 증발량(E_m)은,

$$E_m = E_w + E_i \text{ 이고,}$$

상기 E_w 는 상기 제1수조의 얼음이 해빙되는 과정에서 발생하는 담수의 증발량이며, E_i 는 제1수조의 얼음이 해빙되는 과정에서 발생하는 얼음의 증발량인 것을 특징으로 하는 해빙량 측정방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 증발량, 결빙량, 해빙량 측정장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 담수가 자연 상태에서 증발, 결빙 및 해빙되는 양을 정밀하게 측정할 수 있는 측정장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 기상청 산하 기상관측소에서는 기상관측과 계절관측을 규칙적으로 실시한다. 기상관측은 기압, 습도, 풍속 등을 측정하여 대기의 상태를 파악하고, 구름, 안개, 비와 같은 여러 가지 기상현상을 관측하는 것이다. 반면, 계절관측은 계절의 빠르고 늦음, 지역적인 차이 등을 합리적으로 관측함으로써 기상상황이 변하는 것을 총괄적으로 파악하기 위한 것이다.

[0003] 이 중에서 계절관측은 크게 생물계절, 생활계절 및 기후계절 관측으로 구분된다. 생물계절 관측은 계절을 대표하는 여러 가지 동식물을 관측하는 것이고, 생활계절 관측은 단풍 시기나 해수욕장 개장 또는 폐장 시기를 조사하는 것이다. 또한 기후계절 관측은 눈, 서리, 얼음, 관설 및 강하천의 결빙 또는 해빙을 관측하는 것인데, 계절관측 중 가장 객관적인 자료이다.

[0004] 이러한 기후계절 관측방법 중 본 발명과 관련된 얼음의 결빙 또는 해빙 관측방법에 대해 설명하면 다음과 같다. 관측소의 노장에 설치된 증발계에 담수를 담아 담수가 자연 상태에서 결빙 또는 해빙되는 것을 관측한다. 이때, 담수가 처음으로 결빙되었을 때를 결빙 시작일이라 하고, 결빙된 얼음이 해빙되어 더 이상 결빙되지 않을 때를 마지막 해빙일이라 하며, 결빙 시작일과 마지막 해빙일 사이에는 여러 번의 결빙과 해빙이 있을 수 있다.

[0005] 이와 같이, 관측소는 얼음이 언제 얼고 언제 녹는지만 관측할 뿐 결빙량 및 해빙량에 대해서는 측정하지 않는다. 예를 들어, 2010년 6월 1일 대관령에서는 여름임에도 불구하고 얼음이 얼었으나 결빙량이 어느 정도인지에 대해서는 측정되지 않았다.

[0006] 상술한 결빙량과 해빙량은 각종 재해방지 및 기후연구에 사용되는 중요한 자료이며, 지구의 기후변화에 편승하여 그 중요성이 더욱 커지고 있다. 따라서 결빙량과 해빙량을 정밀하게 측정할 수 있는 장치 및 방법이 요구되고 있으나, 아직 개발되지 않은 상태이다.

[0007] 관측소에서 현재 가장 쉽게 사용할 수 있는 결빙량 측정방법은 증발계에서 결빙된 얼음의 두께를 측정하는 방법이다. 그러나 직경이 약 120cm에 불과한 원통의 증발계 내에서도 얼음의 두께가 위치에 따라 차이 나므로 상술한 측정방법으로는 결빙량을 정밀하게 측정할 수 없다.

[0008] 반면, 겨울철에도 결빙된 얼음이 해빙되는 경우가 발생하지만 현재까지 해빙량에 대해 측정한 전례가 없다. 그

러나 결빙된 얼음이 해빙될 경우 축대가 무너지는 등 재해를 일으키거나 지하로 스며드는 수량이 달라지므로 이를 무시할 순 없다. 특히, 겨울 축제를 여는 지역에서는 해빙에 의한 익사의 우려가 있다.

[0009] 한편, 증발량의 측정은 결빙량 및 해빙량 측정과 달리 오래 전부터 연구되어 왔다. 규격화된 증발계에 담수를 담고 일정시간 동안 수위의 변화를 증발량으로 간주하는 자유수면 증발량(free-water evaporation)을 측정하는 방법이 일반적이다. 이러한 자유수면 증발량 측정에 사용되는 증발계로는 소형증발계(E-601 copper pan), 대형 증발계(class A pan), 콜로라도 증발계(Sunken Colorado pan) 등이 있다. 이 중에서 대형증발계는 부피가 크고 무거운 편이라서 설치와 관리가 어렵다는 단점이 있지만 측정값에 대한 신뢰도가 높아 많이 사용된다.

[0010] 증발량은 세계기상기구(World Meteorological Organization; WMO)의 관측기준에 따라 1일 1회 00 UTC(Universal Time Coordinated)에 세계적으로 동시에 관측되고 있다. 그런데 이러한 증발량 측정은 증발계 내의 수위를 측정하는 기기가 충분한 정확도 및 분해능을 가지지 못하기 때문에 1일 1회만 측정된다. 다른 대부분의 기상 요소(기온, 노점온도, 풍향, 풍속, 강수량, 운량 등)가 1분 내지 1시간 간격으로 관측되고 있는 것에 비하여 현저하게 낮은 빈도이다.

[0011] 일례로, 중위도 지역의 일 증발량은 4~8mm 범위인데 이 관측기기들은 최소 0.5mm 이상의 분해능과 $\pm 0.5\text{mm}$ 이상의 측정오차를 갖는다. 그러나 중위도 지역의 시간당 평균 증발량은 0.4mm 미만인바, 측정오차 한계를 벗어나므로 시간 단위로 세분화된 관측이 신뢰도를 가질 수 없다.

[0012] 이러한 문제를 해결하기 위해 증발량 추정 방법(evaporation estimation method; EEM)이 연구되어 왔다. 증발량 추정 방법은 증발량 외의 기상 요소(기온, 수온, 상대습도, 풍속, 일사량 등)를 이용하여 증발량을 계산해내는 방식이다. 이 외에도 MTM방법(Mass-Transfer Method), Bowen Ratio방법, BREB방법(Bowen Ratio-Energy Balance Micrometeorological Method) 등이 있으나, 직접 관측이 아니라 추측계산이라는 점에서 신뢰성에 문제가 있다.

[0013] 한편, 2001년에는 BYL-EV250 수위계가 개발되어, 0.02mm의 분해능과 ± 0.03 의 측정오차로 개선되었다. 그러나 이 수위계는 실제로 응결이 발생하지 않는대도 발생한 것으로 관측하는 문제가 있는 것으로 확인되었고, 이를 해결되고 있는 중이다. 따라서 증발량 관측에도 좀 더 정밀하고 신뢰성 있는 측정장치와 방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서 담수가 자연 상태에서 증발, 결빙 및 해빙되는 양을 정밀하게 측정할 수 있는 측정장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 의한 증발량, 결빙량, 해빙량 측정장치는, 담수가 저장되는 제1수조와, 상기 제1수조보다 낮은 위치에 설치되는 제2수조와, 상기 제1수조와 상기 제2수조를 연결하는 제1배관과, 상기 제1배관에 설치되는 제1개폐밸브와, 상기 제2수조의 하부에 설치되어 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량을 측정하는 제1로드셀과, 상기 제1수조의 담수 중량과 상기 제1로드셀에서 측정된 상기 제2수조의 담수 중량을 이용하여 증발량, 결빙량, 해빙량을 산출하는 제어부를 포함한다.

[0016] 또한, 상기 제2수조에 저장된 담수를 상기 제1수조로 공급하기 위한 제2배관과, 상기 제2배관 상에 설치되는 펌프와, 상기 제2수조와 상기 펌프 사이에 설치되는 제2개폐밸브를 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0017] 또한, 상기 제1수조보다 높은 위치에 설치되고 상기 제2배관을 통해 공급된 담수가 저장되는 제3수조와, 상기 제3수조와 상기 제1수조를 연결하는 제3배관과, 상기 제3배관에 설치되는 제3개폐밸브와, 상기 제3수조의 하부에 설치되어 상기 제1수조로 배출되는 담수의 중량을 측정하는 제2로드셀을 더 포함하여 구성될 수 있다.

[0018] 이와 같이 구성된 측정장치를 이용하여 증발량, 결빙량, 해빙량 측정방법을 살펴보면 다음과 같다.

[0019] 증발량 측정방법은, 상기 제3수조의 담수 중량(W_3)을 측정하는 단계와, 상기 제3수조의 담수를 상기 제1수조로 배출하는 단계와, 상기 제1수조를 외부에 노출시켜 담수를 증발시키는 단계와, 상기 제1수조의 담수를 상기 제2수조로 배출하는 단계와, 상기 로드셀을 이용하여 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량(W_2)을 측정하는 단계와, 상기 제3수조의 담수 중량(W_3)과 상기 제2수조의 담수 중량(W_2)을 비교하여 증발량(E)을 산출하는 단계를 포함

한다.

[0020] 또한, 결빙량 측정방법은, 상기 제3수조의 담수 중량(W_3)을 측정하는 단계와, 상기 제3수조의 담수를 상기 제1수조로 배출하는 단계와, 상기 제1수조를 외부에 노출시켜 담수를 결빙시키는 단계와, 상기 제1수조의 담수를 상기 제2수조로 배출하는 단계와, 상기 로드셀을 이용하여 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량(W_2)을 측정하는 단계와, 상기 제3수조의 담수 중량(W_3)과 상기 제2수조의 담수 중량(W_2)을 비교하여 결빙량(F)을 산출하는 단계를 포함한다.

[0021] 또한, 해빙량 측정방법은, 상기 제3수조의 담수 중량(W_3)을 측정하는 단계와, 상기 제3수조의 담수를 얼음이 존재하는 상기 제1수조로 배출하는 단계와, 상기 제1수조의 얼음을 외부에 노출시켜 해빙시키는 단계와, 상기 제1수조에서 해빙된 담수를 상기 제2수조로 배출하는 단계와, 상기 로드셀을 이용하여 상기 제2수조로 유입된 담수의 중량(W_2)을 측정하는 단계와, 상기 제3수조의 담수 중량(W_3)과 상기 제2수조의 담수 중량(W_2)을 비교하여 해빙량(M)을 산출하는 단계를 포함한다.

[0022] 이때, 상술한 결빙량 측정방법을 이용하여 결빙량을 산출할 때 담수가 결빙되는 과정에서 증발하는 증발량을 고려해야 한다. 또한, 상술한 해빙량 측정방법을 이용하여 해빙량을 산출할 때도 담수가 해빙되는 과정에서 증발하는 증발량을 고려해야 한다.

발명의 효과

[0023] 상술한 바와 같이 구성된 본 발명은, 담수가 자연 상태에서 증발, 결빙 및 해빙되는 양을 정밀하게 측정할 수 있으므로, 증발량, 결빙량, 해빙량의 측정값을 데이터화 할 경우 이를 이용한 MTM 방법, Bowen Ratio 방법, BREB 방법 등에 의한 계산 방법을 더욱 발전시킬 수 있으며, 물과 얼음 그리고 수증기 사이의 열역학 이론을 발달시키는 근본 자료로 사용될 수 있다.

[0024] 또한, 증발량, 결빙량, 해빙량의 측정값 데이터는 각종 재해방지 및 기후연구의 자료로 사용할 수 있다. 예를 들면, 얼음의 관측을 통해 농작물의 결빙 피해를 증명하거나 예측하는데 이용될 수 있다. 또한, 한파 관련 기후의 연구에 이용되어, 결빙된 얼음 위에서 하는 각종 행사(얼음 축제 등)나 행위(도강 행위 등) 시 안전을 보장할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 도시하는 개략도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 이용한 증발량 측정방법을 도시하는 순서도.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 이용한 결빙량 측정방법을 도시하는 순서도.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 이용한 해빙량 측정방법을 도시하는 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예를 상세히 설명한다. 이하, 본 발명에 따른 실시예를 설명함에 있어, 그리고 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 부가하였다.

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 도시하는 개략도이다.

[0028] 도 1에 도시된 바와 같이, 본 실시예의 측정장치(100)는, 담수가 저장되는 다수의 수조(110)와, 다수의 수조(110)를 연결하는 배관(120)과, 배관(120)에 설치되는 개폐밸브(130)와, 담수의 중량을 측정하는 로드셀(140,150)과, 담수의 증발량, 결빙량 및 해빙량을 산출하는 제어부(160)를 포함한다.

[0029] 수조(110)는, 제1수조(112)와, 제1수조(112)보다 낮은 위치에 설치되는 제2수조(114)와, 제1수조(112)보다 높은 위치에 설치되는 제3수조(116)를 포함한다.

[0030] 제1수조(112)는 담수의 증발, 결빙 및 해빙을 관측하기 위한 수조이며, 자연 상태에서 담수가 증발, 결빙 및 해빙될 수 있도록 관측소의 노장 등과 같은 옥외에 설치된다. 그 형상을 살펴보면, 제1수조(112)는 상면이 개방되

고 하면이 밀폐된 원통형상으로 형성된다. 제1수조(112)의 일측에는 배출구(112a)가 형성되고, 배출구(112a)가 형성된 벽면에는 배출구(112a)의 결빙을 방지하기 위한 열선(112b)이 설치된다.

- [0031] 이때, 제1수조(112)는 저장된 담수의 증발, 결빙 및 해빙이 용이하도록 직경에 비해 깊이가 얇은 대형 증발계(직경: 약 120cm, 깊이: 약 25cm)와 같은 형상인 것이 바람직하다. 또한, 열선(112b)은 해빙시 얼음의 표면에 존재하는 담수(해빙수)가 배출구(112a)를 통해 배출될 수 있도록 제1수조(112a)의 벽면을 따라 상하로 길게 형성되는 것이 바람직하다.
- [0032] 제2수조(114)는 제1수조(112)에서 증발되지 않은 담수, 결빙되지 않은 담수 및 해빙된 담수가 유입되는 수조이다. 이러한 제2수조(114)는 기온이 영하로 떨어지는 겨울철에 담수가 결빙되는 것을 방지하기 위하여 공조실 등과 같은 옥내에 설치되는 것이 바람직하다. 또한, 기온이 높은 여름철에 담수가 증발하는 것을 방지하기 위하여 밀봉된 형태인 것이 바람직하다.
- [0033] 이때, 제2수조(114)는 상술한 바와 같이 제1수조(112)보다 낮은 위치에 설치된다. 따라서 제1수조(112)에 저장된 담수가 중력에 의해 제2수조(114)로 자연스럽게 이송될 수 있다.
- [0034] 한편, 제2수조(114)의 하부에는 제2수조(114)로 유입된 담수, 즉 증발되지 않은 담수, 결빙되지 않은 담수 및 해빙된 담수의 중량을 측정하기 위한 제1로드셀(140)이 설치된다. 본 실시예에서는 제2수조(114)가 제1로드셀(140)의 상면에 안착된 것으로 예시되어 있으나 반드시 이에 한정되는 것은 아니며, 통상의 승강수단을 통해 제2수조(114)를 승강시켜 제1로드셀(140)과 접촉시키는 구조가 적용될 수도 있다.
- [0035] 제3수조(116)는 제1수조(112)로 배출되는 담수의 중량을 정확하게 측정하기 위한 수조이다. 즉, 제2수조(114)의 담수를 제1수조(112)로 직접 배출할 경우 담수를 압송하기 위한 펌프(170)에 의해 측정오차가 발생할 수 있기 때문이다. 이러한 제3수조(116)의 하부에는 제2로드셀(150)이 설치된다. 이 제2로드셀(150)을 이용할 경우 제3수조(116)에 저장된 담수의 중량을 측정하여 제1수조(112)로 배출되는 담수의 중량을 정확하게 측정할 수 있다.
- [0036] 이때, 제3수조(116)는 제2수조(114)보다 높은 위치에 설치된다. 좀 더 상세하게는, 제3수조(116)가 제1수조(112)보다 높은 위치에 설치된다. 따라서 제2수조(114)에 저장된 담수를 제3수조(116)로 이송하기 위해 제2수조(114)와 제3수조(116)를 연결하는 제2배관(124) 상에는 펌프(170)가 설치된다.
- [0037] 배관(120)은, 제1수조(112)와 제2수조(114)를 연결하는 제1배관(122), 제2수조(114)와 제3수조(116)를 연결하는 제2배관(124), 그리고 제3수조(116)와 제1수조(112)를 연결하는 제3배관(126)으로 이루어진다.
- [0038] 제1배관(122)은 제1수조(112)에 저장된 담수(증발되지 않은 담수, 결빙되지 않은 담수 및 해빙된 담수)를 제2수조(114)로 이송하기 위한 관로이다. 제1배관(122)에는 제1개폐밸브(132)가 설치된다. 이 제1개폐밸브(132)를 개방할 경우 제1수조(112)에 저장된 담수가 중력에 의해 제2수조(114)로 자연스럽게 이송된다.
- [0039] 제2배관(124)은 제2수조(114)에 저장된 담수(증발량, 결빙량 및 해빙량 측정에 사용된 담수)를 제3수조(116)로 이송하기 위한 관로이다. 이 제2배관(124) 상에는 제2개폐밸브(134) 외에 상술한 바와 같이 펌프(170)가 설치된다. 따라서 제2개폐밸브(134)를 개방한 상태에서 펌프(170)를 작동시키면 제2수조(114)에 저장된 담수가 제3수조(116)로 압송된다.
- [0040] 제3배관(126)은 제3수조(116)에 저장된 담수를 제1수조(112)로 이송하기 위한 관로이다. 제3배관(126) 상에는 제3개폐밸브(136)가 설치된다.
- [0041] 한편, 제어부(160)는 제2로드셀(150)을 이용하여 측정된 제1수조(112)의 담수 중량(W_1)과 제1로드셀(140)에서 측정된 제2수조(114)의 담수 중량(제2수조로 유입된 담수의 중량, W_2)을 측정하고, 그들을 비교하여 담수의 증발량, 결빙량 및 해빙량을 산출한다. 이외에 제1 내지 제3개폐밸브(132, 134, 136)를 개폐시켜 담수의 이송을 제어한다.
- [0042] 상술한 바와 같이 구성된 본 실시예의 측정장치(100)를 이용한 증발량, 결빙량 및 해빙량 측정방법을 살펴보면 다음과 같다.
- [0043] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 이용한 증발량 측정방법을 도시하는 순서도로, 도 1과 도 2를 참조하여 증발량 측정방법을 살펴보면 다음과 같다.
- [0044] 우선, 제2로드셀(150)을 이용하여 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)을 측정하고(S11), 제3개폐밸브(136)를 개방하여 제3수조(116)에 저장된 담수를 제1수조(112)로 배출시킨다(S12).

- [0045] 이때, 제3수조(116)에 저장된 담수가 제1수조(112)로 모두 배출될 경우 제1수조(112)의 담수 중량(W_1)과 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)이 동일하게 되므로, 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)을 측정함으로써 제1수조(112)의 담수 중량(W_1)을 알 수 있다.
- [0046] 제3수조(116)의 담수가 제1수조(112)로 모두 배출되면 제1수조(112)를 일정 시간 동안 외부에 노출시켜 담수를 자연 상태에서 증발시킨다(S13).
- [0047] 그 후, 설정된 시간이 경과하면 제1개폐밸브(132)를 개방하여 제1수조(112)의 담수(일부가 증발한 담수)를 제2수조(114)로 배출시킨다(S14). 그리고 제1로드셀(140)을 이용하여 제2수조(114)의 담수 중량(W_2)을 측정한다(S15).
- [0048] 마지막으로, 제어부(160)가 제2로드셀(150)에서 측정된 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)과 제1로드셀(140)에서 측정된 제2수조(114)의 담수 중량(W_2)을 대비하여 증발량(E)을 산출한다(S16).
- [0049] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 이용한 결빙량 측정방법을 도시하는 순서도이다.
- [0050] 도 1과 도 3을 참조하여 결빙량 측정방법을 살펴보면, 제2로드셀(150)을 이용하여 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)을 측정하고(S21), 제3개폐밸브(136)를 개방하여 제3수조(116)에 저장된 담수를 제1수조(112)로 배출시킨다(S22).
- [0051] 이때, 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)은 상술한 바와 같이 제1수조(112)의 담수 중량(W_1)과 동일하다.
- [0052] 제3수조(116)의 담수가 제1수조(112)로 모두 배출되면 제1수조(112)를 일정 시간 동안 외부에 노출시켜 담수를 자연 상태에서 결빙시킨다(S23).
- [0053] 그 후, 설정된 시간이 경과하면 제1개폐밸브(132)를 개방하여 제1수조(112)의 담수(결빙되지 않은 담수)를 제2수조(114)로 배출시킨다(S24). 그리고 제1로드셀(140)을 이용하여 제2수조(114)의 담수 중량(W_2)을 측정한다(S25).
- [0054] 마지막으로, 제어부(160)가 제2로드셀(150)에서 측정된 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)과 제1로드셀(140)에서 측정된 제2수조(114)의 담수 중량(W_2)을 이용하여 결빙량(F)을 산출한다(S26).
- [0055] 상술한 결빙량(F) 산출시 제1수조(112)에 결빙된 얼음이 존재하는 경우와 존재하지 않는 경우를 각각 산출해야 한다. 또한, 제1수조(112)에 저장된 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 증발량(E_m)을 고려해야 한다.
- [0056] 우선, 제1수조(112)에 얼음이 존재하지 않는 경우 제3수조(116)의 담수 중량(W_3), 제2수조(114)의 담수 중량(W_2) 및 증발량(E_m)을 이용하여 결빙량(F)을 산출할 수 있다.
- [0057] 이를 수식화하면, 결빙량(F)은 아래의 수학식1과 같다.

수학식 1

[0058]
$$F = W_3 - (W_2 + E_m)$$

- [0059] 이때, 증발량(E_m)은 MTM법의 증발량 계산식에 적용하면 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 증발량(E_m)을 산출할 수 있다.
- [0060] 즉, 증발량(E_m) 계산식은 아래의 수학식2와 같다.

수학식 2

$$E_m = a(e_{rw} - e_{ra})$$

여기서, a 는 증발계수(Evaporation Coefficient; EC)이고, e_{rw} 는 수온에 대한 포화수증기압이며, e_{ra} 는 대기노점온도에 대한 포화수증기압이다. 즉, $(e_{rw} - e_{ra})$ 은 공기의 포화부족분(Air Saturation Deficiency; ASD)이다.

상술한 증발량(E_m) 계산식에 본 실시예에 따른 증발량 측정방법을 통해 측정된 증발량(E_m)과, 증발량(E_m) 측정 시 수온에 대한 수증기압(e_{rw}) 및 대기노점온도에 대한 수증기압(e_{ra})을 상술한 공식에 대입하면 증발계수(a)를 알 수 있다.

상술한 수식을 이용하여 증발계수(a)를 찾아 증발량(E_m)을 계산하는 방법은 Penman(1948)의 시작으로 하여 계속 사용되어 왔으며, Lee et al.(2004), 한진수와 이부용(2005) 등이 실제로 사용한 예를 보였다. 이때, 증발량(E_m)은 결빙량(F)에 비해 매우 작은 수치이므로 결빙량(F) 산출시 고려하지 않을 경우도 있다.

반면, 제1수조(112)에 얼음이 존재하는 경우에도 제3수조(116)의 담수 중량(W_3), 제2수조(114)의 담수 중량(W_2) 및 증발량(E_m)을 이용하여 결빙량(F)을 산출할 수 있다.

이를 수식화하면, 결빙량(F)은 아래의 수학식3과 같다.

수학식 3

$$F = W_3 - (W_2 + E_m)$$

이때, 증발량(E_m)은 제1수조(112)의 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 담수의 증발량(E_w)과 제1수조(112)의 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 얼음의 증발량(E_i)의 합이다. 즉, $E_m = E_w + E_i$ 이다.

이 중에서 담수의 증발량(E_w)은 상술한 수학식2를 통해 산출이 가능하며, 얼음의 증발량(E_i)은 후술할 수학식4를 통해 산출이 가능하다.

수학식 4

$$E_i = a(e_{ri} - e_{ra})$$

여기서, a 는 증발계수(Evaporation Coefficient; EC)이고, e_{ri} 는 얼음의 온도에 대한 포화수증기압이며, e_{ra} 는 얼음 상부의 대기노점온도에 대한 포화수증기압이다. 이때, 얼음의 증발량(E_i)은 Penman(1948)의 방법으로 산출할 수 있다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 측정장치를 이용한 해빙량 측정방법을 도시하는 순서도이다.

도 1과 도 4를 참조하여 해빙량 측정방법을 살펴보면, 제2로드셀(150)을 이용하여 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)을 측정하고(S31), 제3개폐밸브(136)를 개방하여 제3수조(116)에 저장된 담수를 제1수조(112)로 배출시킨다(S32).

이때, 제1수조(112)의 내부에는 결빙량 측정과정에서 결빙된 얼음이 존재한다. 또한, 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)은 상술한 바와 같이 제1수조(112)의 담수 중량(W_1)과 동일하다.

- [0075] 제3수조(116)의 담수가 제1수조(112)로 모두 배출되면 제1수조(112)를 일정 시간 동안 외부에 노출시켜 담수를 자연 상태에서 해빙시킨다(S33).
- [0076] 이때, 제1수조(112)의 얼음은 표면에서부터 해빙될 수 있다. 따라서 얼음의 표면에 존재하는 담수(제3수조(116)에서 배출된 담수와 얼음이 해빙되어 발생한 해빙수)가 배출구(112a)를 통해 배출될 수 있도록 제1수조(112a)의 벽면을 형성된 열선(112b)을 작동시켜 유로를 만드는 것이 바람직하다.
- [0077] 그 후, 설정된 시간이 경과하면 제1개폐밸브(132)를 개방하여 제1수조(112)의 담수(제3수조(116)에서 배출된 담수와 얼음이 해빙되어 발생한 해빙수)를 제2수조(114)로 배출시킨다(S34). 그리고 제1로드셀(140)을 이용하여 제2수조(114)의 담수 중량(W_2)을 측정한다(S35).
- [0078] 마지막으로, 제어부(160)가 제2로드셀(150)에서 측정된 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)과 제1로드셀(140)에서 측정된 제2수조(114)의 담수 중량(W_2)을 이용하여 해빙량(M)을 산출한다(S36).
- [0079] 상술한 해빙량(M) 산출시 제1수조(112)에 저장된 얼음이 해빙되는 과정에서 발생하는 증발량(E_m)을 고려해야 한다. 즉, 해빙량(M)은 제2수조(114)의 담수 중량(W_2)에서 제3수조(116)의 담수 중량(W_3)과 증발량(E_m)의 합을 뺀 나머지이다.
- [0080] 이를 수식화하면, 해빙량(M)은 아래의 수식5와 같다.

수학식 5

[0081]
$$M = W_2 - (W_3 + E_m)$$

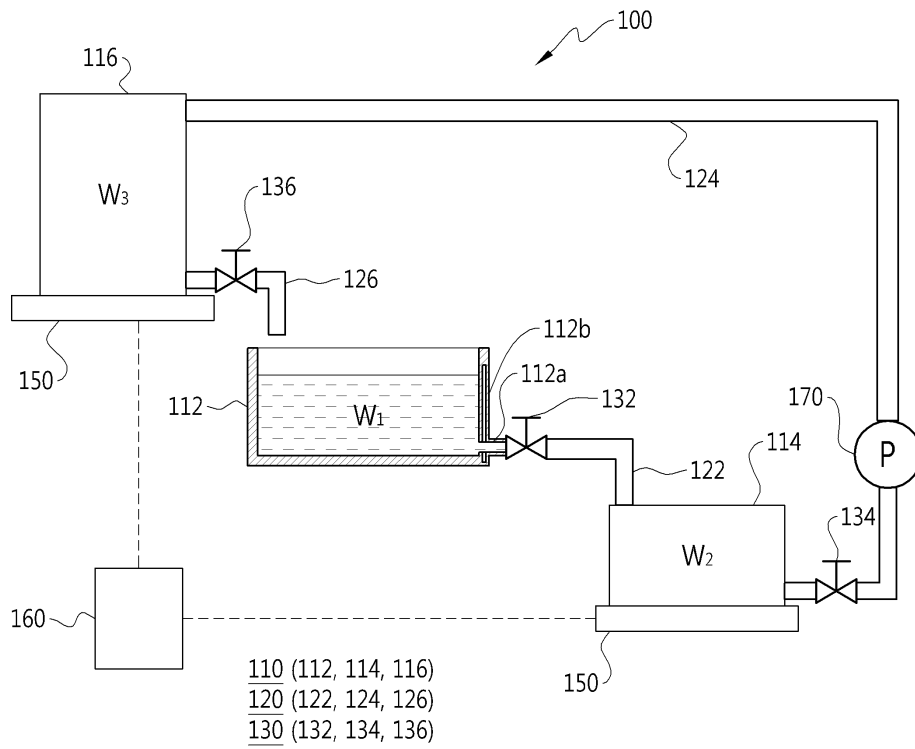
- [0082] 이때, 증발량(E_m)은 제1수조(112)의 담수가 해빙되는 과정에서 발생하는 담수의 증발량(E_w)과 제1수조(112)의 담수가 결빙되는 과정에서 발생하는 얼음의 증발량(E_i)의 합이다. 즉, $E_m = E_w + E_i$ 이다.
- [0083] 이 중에서 담수의 증발량(E_w)은 상술한 수학식2를 통해 산출이 가능하며, 얼음의 증발량(E_i)은 상술한 수학식4를 통해 산출이 가능하다.
- [0084] 이상 본 발명을 바람직한 실시예를 통하여 설명하였는데, 상술한 실시예는 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과하며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 변화가 가능함은 이 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이해할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 보호범위는 특정 실시예가 아니라 특허청구범위에 기재된 사항에 의해 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술적 사상도 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

부호의 설명

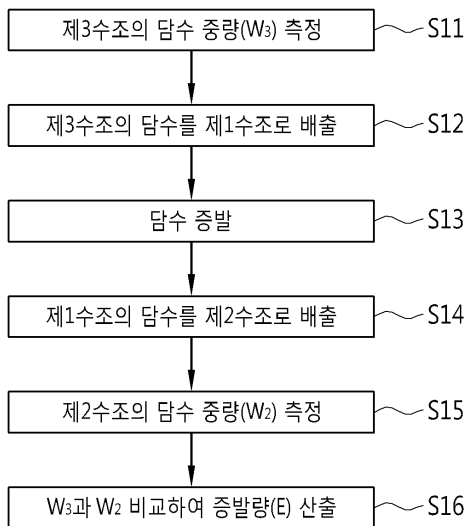
- [0085] 100: 측정장치 110: 수조
- 120: 배관 130: 개폐밸브
- 140: 제1로드셀 150: 제2로드셀
- 160: 제어부 170: 펌프

도면

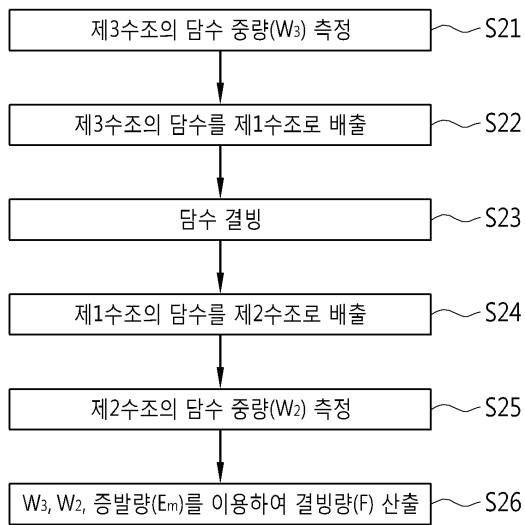
도면1



도면2



도면3



도면4

