

흡수식 냉동기의 원리와 차세대응용

강 용 태

경희대학교 기계산업시스템 공학부 교수

1. 서론 - 환경문제와 자연냉매

인류 최초의 상용 냉동기는 미국의 Dr. Carrier가 개발한 흡수식 냉동기였으나 뛰어난 열역학적 성질과 안정성, 그리고 무독성이라는 장점을 갖춘 후레온(Freon)으로 명명된 할로카본(halocarbons)계 냉매가 미국의 duPont社에서 개발됨에 따라 소형화가 가능한 증기압축식 냉동기가 반세기만 주류를 이루어 왔다.⁽¹⁾ 그러나 1970년대 들어 할로카본계 냉매들이 성층권의 오존층을 파괴한다는 연구결과가 나오고 지구온난화지수(GWP)가 매우 높다는 것이 확인되어 1987년 몬트리얼 의정서에 의해 CFC계 냉매들의 생산 및 사용의 규제가 합의되었다. 오존층 파괴와 지구온난화 현상의 주범인 할로카본계 냉매는 CFC(chlorofluorocarbon)와 HCFC(hydrochlorofluorocarbon)계열의 냉매들이며 이들을 대체할 냉매로서 HFC(hydrofluorocarbon)가 개발되었다. HFC계 냉매는 오존층 파괴지수가 0으로써 대체냉매로 많은 기대를 받았으나 대표적인 HFC계 냉매인 R-134a의 지구온난화 지수가 CO₂의 약 1300배에 달함이 밝혀져 1997년 교토의정서에 의해 2030년까지 사용이 금지되도록 합의되었다.

이러한 인공냉매들의 환경독성과 과다한 전력 에너지 소모 등의 이유로 증기압축식 냉동기를 대체할

대안으로 흡수식 냉동기가 각광받게 되었다. 흡수식 냉동기는 기본적으로 자연냉매를 사용하여 환경독성이 없으며 천연가스 또는 폐열을 이용하므로 에너지 수급의 불균형을 해소할 수 있는 장점이 있고, 구동원으로 LNG, LPG, 경유 등을 사용하므로 고가의 전력에너지를 사용하는 증기압축식 냉동기에 비해 상대적으로 운전비용이 저렴하다. 또한 냉방과 난방이 한 대로 해결되므로 보일러의 추가설치가 필요없어 공간활용 범위의 확대와 기타 수전설비의 추가설치 등에 따르는 비용의 감소로 보급률이 해마다 증가추세에 있다.

세계적으로 볼 때 기술개발을 일본의 4대 메이저인 Sanyo, Hitachi, Ebara, Mitsubishi社가 이끌고 있으며 미국의 3대 메이저인 Carrier, Trane, York社가 추격하는 형국이다. 일본의 경우 빈약한 자원 상황에 비해 기후조건상 냉동공조 시스템이 다량 요구되어 이미 오래 전부터 저비용 고효율 시스템인 흡수식 시스템쪽으로 많은 연구를 해 왔다.⁽²⁾ 미국은 상대적으로 전력에너지가 싸고 풍부해 흡수식 시스템에 대한 수요가 적었으나 전세계적으로 에너지 자원이 고갈되어 가고 할로카본계 냉매에 의한 환경오염 문제 때문에 흡수식 시스템에 대한 필요성을 느껴 1980년대 후반부터 연구에 박차를 가하고 있다.⁽³⁾ 우리나라의 경우 일본과 미국에 비해 기술 수준이 많이 뒤쳐져 있는 실정이며 현재 국내의 흡

수식 냉동기 제조업체들과 대학 연구소 등을 중심으로 설계기술의 국산화와 차세대 흡수식 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다.

현재 사용되고 있는 흡수식 냉동기의 냉매/흡수제로는 물/리튬브로마이드와 암모니아/물이 있다. 대형 공조용 시스템으로 널리 쓰이고 있는 물/리튬브로마이드(H₂O/LiBr) 시스템은 물의 우수한 열역학적 특성과 무독성, 장치의 안전성 등의 장점이 있으나 증발온도가 0℃ 이하로는 불가능하며 결정화 문제로 인해 공랭화가 불가능하고 물의 비체적이 커 시스템의 용적이 상대적으로 크다는 단점이 있다. 이에 비해 암모니아/물(NH₃/H₂O) 시스템은 암모니아 자체의 독성과 작동압력이 고압이라는 약점이 있으나 환경친화적 자연냉매이며 결정화 문제가 없어 공랭화가 가능해 소형으로 만들 수 있다는 점과 최대 -70℃까지 증발온도를 얻을 수 있어 저온획득이 용이하다는 장점 등으로 기대를 모으고 있다.

따라서 본 소고에서는 환경친화형 자연냉매인 암모니아를 냉매로 사용하는 암모니아 흡수식 냉동기의 작동원리와 특성을 연구하고 다양한 분야로의 응용방법에 대해 소개하고자 한다.

2. 암모니아의 열적 특성

암모니아(NH₃)는 가벼운 무색 기체로 대기압 상태에서 녹는점 -77.7℃, 끓는점 -33.4℃이다. 자극적인 강한 냄새가 나며, 1ℓ의 물에 1,000 cm³의 암모니아가 녹을 만큼 물에의 용해도가 뛰어나다. 암모니아가스는 공기 중에서는 타지 않지만, 산소 속에서는 노란 불꽃을 내면서 연소하여 질소와 물을 생성한다. 수용액은 알칼리성이며, 산과 반응하여 염을 만들고, 각종 금속염과 반응하여 암모니아착염을 만든다. 냉매로서의 중요한 성능지표인 증발잠열은 4℃ 포화압력에서 약 1247kJ/kg으로 물의 2492kJ/kg보다는 작다.

3. 흡수식 사이클의 원리

(1) 용어정의

- 흡수기(Absorber) : 증발기로부터 유입된 냉매증기를 흡수용액에 흡수시키는 장치
 - 발생기(Generator) : 냉매와 흡수제가 혼합된 용액에 열을 가하여 흡수제로부터 고온고압의 냉매증기를 발생시키는 장치
 - 응축기(Condenser) : 고온고압의 냉매증기를 냉각수 또는 공기로 냉각시켜 응축시키는 장치
 - 증발기(Evaporator) : 응축되어 감압된 냉매액을 증발시켜 잠열에 의해 저온의 냉수를 얻는 장치
 - 용액열교환기(Solution heat exchanger) : 흡수기에서 발생기로 가는 상대적으로 저온의 용액과 발생기에서 흡수기로 가는 고온의 용액을 열교환 시킴으로써 내부열 회수 효과로 열효율을 높여주는 장치
 - 팽창장치(Expansion device) : 응축기에서 증발기로 가는 냉매액과 발생기에서 흡수기로 가는 용액의 압력을 낮추기 위한 장치. 예) 팽창밸브, 오리피스, 모세관, U-트랩 등
 - 정류기(Rectifier) : 발생기에서 분리된 고온고압의 암모니아 냉매 증기에 포함된 수분을 제거하기 위한 장치
 - 예냉기(Precooler) : 응축기에서 증발기로 가는 냉매액과 증발기에서 흡수기로 가는 냉매증기를 열교환 시켜 플래싱 현상을 방지하고 흡수기에서의 흡수효과를 향상시켜주는 장치
 - 효율수 : 증발기에서 냉매의 발생 수를 의미
 - 성적계수(COP) :
- $$\text{냉방 COP} = \frac{Q_E}{Q_G}, \text{ 난방 COP} = \frac{Q_A + Q_C}{Q_G}$$
- 첨자설명 - E(증발기), G(발생기), A(흡수기), C(응축기)
 - 단수 : 증발기/흡수기의 용액루프 수
 - 원수 : 혼합하지 않는 용액의 수
 - 강용액(Strong Solution) : 냉매농도가 상대적으로

로 높은 용액

- 희용액(Weak Solution) : 냉매농도가 상대적으로 낮은 용액
- 예) LiBr 62% : 희용액 - LiBr 57% : 강용액
NH3 10% : 희용액 - NH3 45% : 희용액
- 온도중첩(Temperature overlap) : 흡수기/발생기 사이의 온도중첩
- 리흡선(Resorption) : 저온발생기의 증기가 응축과정 없이 흡수기에서 직접 흡수
- 하이브리드(Hybrid) : 흡수/압축 과정의 혼합 사이클

(2) H₂O/LiBr 시스템과 NH₃/H₂O 시스템의 비교

단일효용 H₂O/LiBr 시스템과 NH₃/H₂O 시스템의 비교에서 외관상의 가장 큰 차이점은 정류기(Rectifier)의 유무이다. 물/리튬브로마이드와 달리 암모니아/물은 서로간에 비점의 차이가 적어서 발생

기에서 발생된 암모니아 증기에는 소량의 수증기가 포함 된다. 이는 불응축 가스의 역할을 하여 전체 시스템의 성능을 떨어뜨리므로 응축기 유입 전에 정류기로 최대한 수분을 제거하게된다. <표 1>에 H₂O/LiBr 시스템과 NH₃/H₂O 시스템의 비교가 항목별로 정리되어 있다.

(3) 사이클구성 원리와 효용수에 따른 분류

흡수식 냉동기와 열펌프는 용해도가 높은 용액에 냉매증기를 1차 흡수시킨 다음 펌프에 의해 압력을 상승시킨 후 열을 가하여 냉매증기를 분리하는 원리로 작동된다. 이때 발생기에서 발생된 냉매증기는 응축기로 가서 열을 방출하면서 응축되고, 이 액상의 냉매는 다시 팽창밸브를 거쳐 증발압력까지 떨어진 채로 증발기로 들어가 외부의 열을 빼앗으면서 증발을 하여 흡수기로 들어간다. 이 과정이 냉매루프가 된다. 한편 발생기에서 냉매가 분리된 후 남은 용액은 팽창밸브를 거쳐 다시 흡수기로 들어가 증발

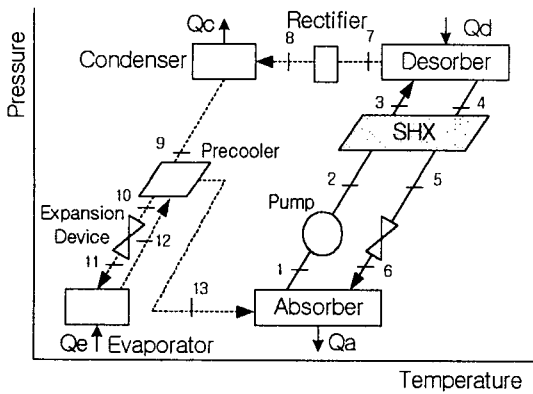
<표 18> H₂O/LiBr 시스템과 NH₃/H₂O 시스템의 비교

항 목	NH ₃ /H ₂ O	H ₂ O/LiBr
냉 매	NH ₃ (암모니아)	H ₂ O(물)
흡 수 제	H ₂ O(물)	LiBr(리튬브로마이드)
C O P	0.3~0.7 (Te: -60℃~0℃)	0.7~1.2 (Te: 5℃~10℃)
증발압력, 5℃	5.3 kg/cm ²	0.009 kg/cm ²
응축압력, 40℃	15.9 kg/cm ²	0.075 kg/cm ²
결정화 문제	없음	있음
공 령 식	가능	불가능
정지시 공회전	불필요	필요
전열관 재료	강관	동관
관 련 법 규	고입가스법 냉동보안규칙	없음
오존층 파괴	없음	없음
지구 온난화	없음	없음
냉매의 독성	있음(환경독성은 없음)	없음
가 연 성	있음(폭발성은 없음)	없음

기로부터 오는 증기를 흡수한 후 다시 발생기로 순환하여 용액루프를 형성하게 된다.

물이 리튬브로마이드 용액에 잘 흡수되는 성질을 이용한 것이 물/리튬브로마이드 시스템이며, 암모니아 증기가 물에 잘 용해되는 성질을 이용한 것이 암모니아/물 시스템이다.

- 사이클 구성원리



[그림 1] 1단 단일효용 암모니아/물 흡수식 사이클

[그림 1]에 1단 단일효용 NH₃/H₂O 사이클의 개략도가 나와 있다. 다음은 흡수식 시스템의 작동원리이다. (농도는 냉매(NH₃) 질량 기준)

Absorber : 증발기로부터 온 NH₃증기를 물에 흡수시킨다.

(→Strong Solution : 농용액)

1 → 2 : Pump에 의해 NH₃/H₂O 용액 이송

2 → 3 : 용액열교환기에서 묽은 용액과 열교환을 통해 온도 상승

Generator : 열을 공급받아 고농도의 용액에서 NH₃증기 발생

(→Weak Solution)

7 → 8 : Rectifier를 거치면서 NH₃증기 중의 수분 제거

Condenser에서 냉각수와 열교환, NH₃증기 응축

9 → 10 : 플래싱을 방지하기 위해 Precooler

를 거치면서 NH₃ 과냉

10 → 11 : 팽창밸브를 통하여 압력강하

Evaporator : 외부의 열을 흡수하며 증발

12 → 13 : NH₃증기는 Precooler를 통해 예열

13 → 1 : 예열된 NH₃증기는 흡수기로 들어가 물에 흡수됨

4 → 5 : 묽어진 용액이 용액열교환기에서 고농도 용액과 열교환을 통해 온도하강.

5 → 6 : 팽창장치를 통해 압력 하강

효율수란 한 시스템에서 발생기로 공급된 열원에 의해 발생되는 증발기에서의 냉매발생 회수이다. 성적계수(COP)를 증발기에서 흡수한 열량과 발생기로 공급된 열량의 비로 정의할 때 단일효용은 이론적으로 1이 되며, 이중효용일 경우 2가 된다. 물론 이것은 어디까지나 이론적 비교일 뿐이며 시스템 내에서의 여러 가지 비가역 요소 때문에 실제 성적계수는 훨씬 낮아진다.

(a) 단일효용

한 번 공급된 열원으로 증발기에서 냉매발생이 한번 이루어지는 사이클로써 흡수식 사이클 중 가장 간단한 구조를 가지며 작동 압력 및 온도가 낮은 편이다. [그림 2]에 단일효용 NH₃/H₂O 사이클의 During 선도가 나타나 있다.

(b) 이중효용

[그림 3]은 NH₃/H₂O 1단 이중효용 사이클로 고온의 응축기에서 저온발생기로 열이 공급되어 한번의 내부열 회수 효과를 얻을 수 있다. 단일효용 사이클에 비해 작동 온도 범위가 고온임을 알 수 있으며 실제 시스템에서는 50% 정도의 COP가 향상된다.

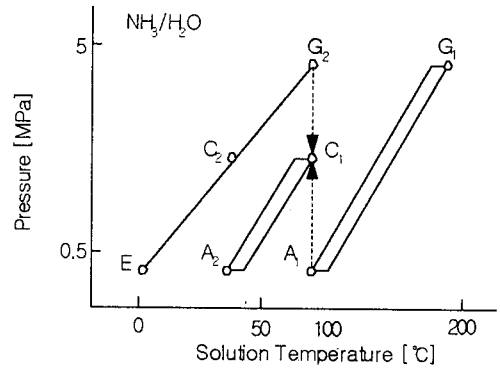
(c) 3중효용

[그림 4]는 NH₃/H₂O 2단 3중효용 사이클로 고온 응축기와 고온 발생기의 열이 저온발생기로 공급되어 두 번의 내부 열 회수 효과가 있다. 내부 열 회

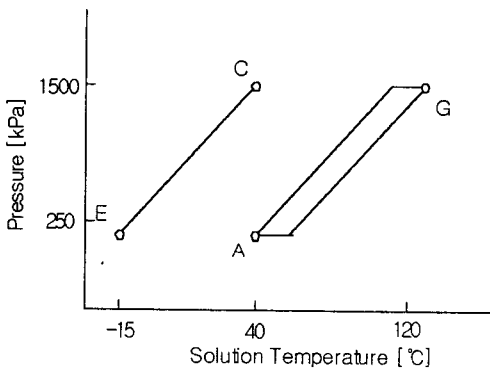
수가 두 번인 만큼 성적계수가 향상을 기대할 수 있으나 작동압력이 매우 높다는 단점이 있다.

(d) 7중효용

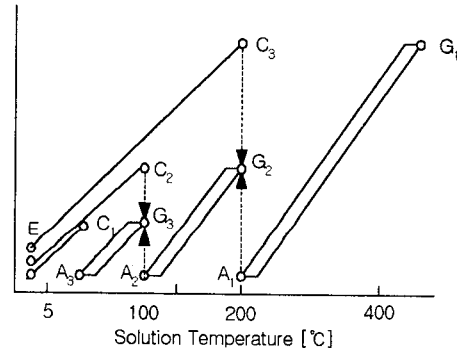
[그림 5]는 현재 제안된 흡수식 사이클 중 최고 효율수를 갖는 사이클로 4회의 내부 열 회수로 1회 공급된 열량으로 7번의 냉매증기 발생 효과를 볼 수 있고 작동유체는 NH₃-NaOH가 이용된다. 그러나 작동온도가 매우 높아 고온에서의 부식 문제를 해결해야 하는 난점이 있다.



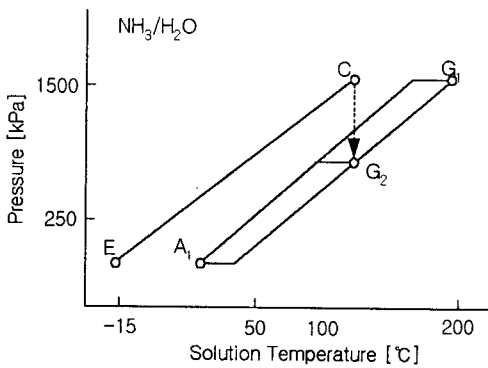
[그림 4] NH₃/H₂O 2단 3중효용



[그림 2] NH₃/H₂O 단일효용 사이클



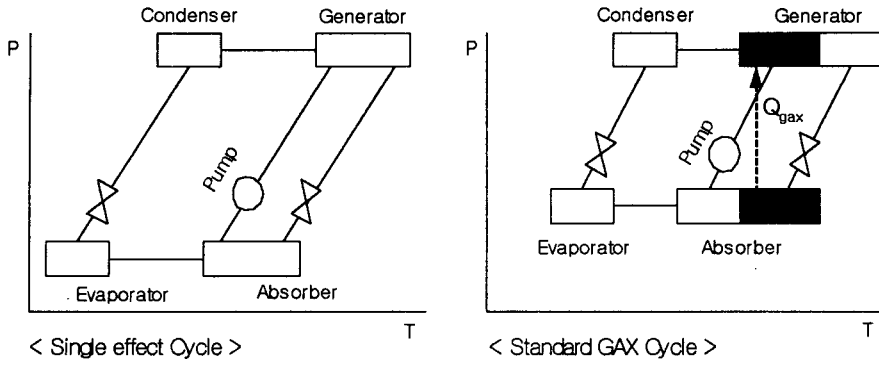
[그림 5] NH₃/H₂O 3단 7중효용



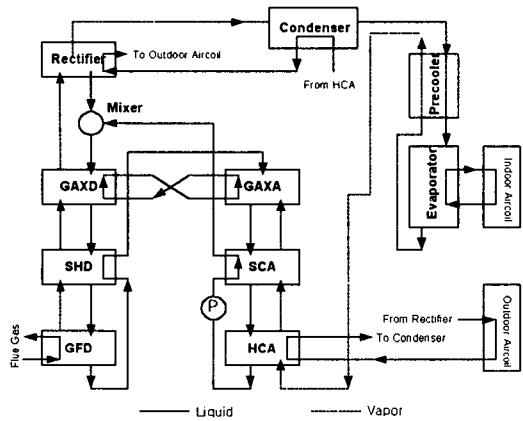
[그림 3] NH₃/H₂O 1단 이중효용

(e) GAX 사이클

GAX(GeneratorAbsorber heatExchange)⁽⁴⁾ 사이클은 암모니아 증기가 물에 흡수될 때 발생하는 반응열을 이용한 사이클로써 NH₃/H₂O 시스템에서만 실현 가능한 사이클이다. 흡수기에서 암모니아 증기가 물에 흡수될 때 발생하는 흡수 반응열에 의해 흡수기와 발생기 간에는 온도중첩 구간이 생기게 된다. 이 때에 흡수기 고온부분의 열을 발생기의 저온부분으로 공급해 내부 열 회수 효과를 얻을 수 있다. 이 사이클의 특징은 단일효용 사이클처럼 한쌍의 발생기-흡수기 루프를 가지면서 성능향상 효과는 이중효용 사이클 이상이라는 것이다. 때문에 장치의 소형화가 용이하며 미국과 일본에서는 수년전에 가정용 제품이 상용화 되어 보급되고 있다.



[그림 6] 단일효용 사이클과 표준GAX 사이클



[그림 7] GAX 사이클의 시스템 개략도

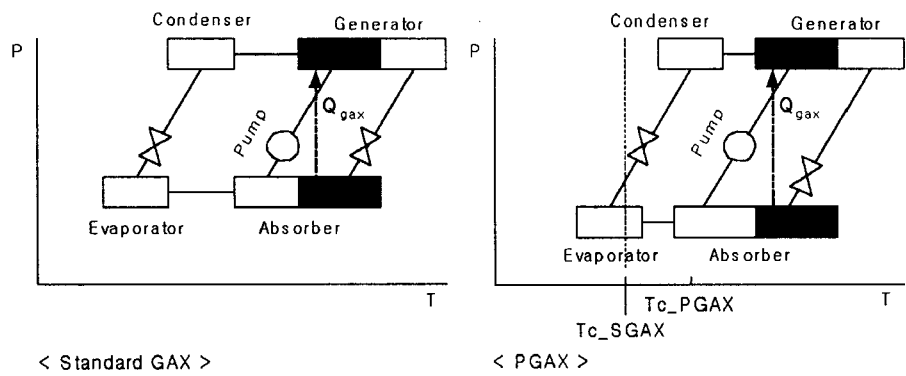
[그림 6]에 표준 GAX 사이클이 나타나 있으며 그림에서 발생기와 흡수기의 겹쳐 칠한 부분은

온도중첩 구간을 나타낸다. 현재 GAX 사이클은 작동 압력과 온도범위 조절, 유닛의 추가 등의 변화를 주어 여러 모델이 제안된 상태이고, 앞으로 그 응용범위는 더욱 늘어날 것이다. (그림 7)에 GAX 사이클의 시스템 개략도가 나타나 있다.

4. 암모니아 흡수식 냉동의 응용

(1) PGAX(Panel heating GAX) 사이클^[6]

흡수식 열펌프를 난방용으로 운전시 일반적으로 응축기와 흡수기에서 방출되는 열을 이용하게 되는데 기존의 시스템에서는 40°C 이상의 온수를 얻지 못한다. PGAX 사이클은 응축기 온도구간을 높여 응축기에서 80°C 정도의 열수를 획득하여 공간난방



[그림 8] SGAX와 PGAX

과 온돌난방을 동시에 할 수 있으며 이는 특히 우리나라의 주거문화에 적당한 사이클이다. [그림 8]에 표준 GAX 사이클과 PGAX 사이클의 비교가 나와 있다.

(2) HGAX(Hybrid GAX) 사이클^[6]

기존의 흡수식 시스템에 압축기를 추가한 사이클로 흡수식과 압축식의 장점을 취한 사이클이다. 현재까지 4가지 모델이 개발되었는데 증발기와 흡수기 사이에 압축기를 추가한 A, B형과 발생기, 응축기 사이에 압축기를 추가한 C, D형이 있다. A형은 흡수기와 발생기 간의 온도증첩 구간의 확대에 의한 성능향상을 기대할 수 있고, B형은 증발온도 하강에 의한 저온획득에 유리하다. C형은 발생기의 온도를 내림으로써 고온에서의 부식문제를 해결할 수 있고 D형은 응축기의 압력을 올림으로써 고온의 열수 획득이 가능하다. [그림 9]에 HGAX 사이클이 나와 있다.

(3) LGAX(Low temperature GAX) 사이클^[7]

LGAX 사이클은 하나의 시스템에 2개의 증발기를 갖는 사이클로써 고압부 증발기에서는 4~5℃의 공조용 냉수를 얻을 수 있고, 저압부 증발기에서는 -50℃의 저온을 얻을 수 있다. 저온이 필요함과 동시에 사무, 주거용 냉방이 필요한 산업시설 등에 적용이 가능하다. [그림 9]에 LGAX 사이클이 나와

있다.

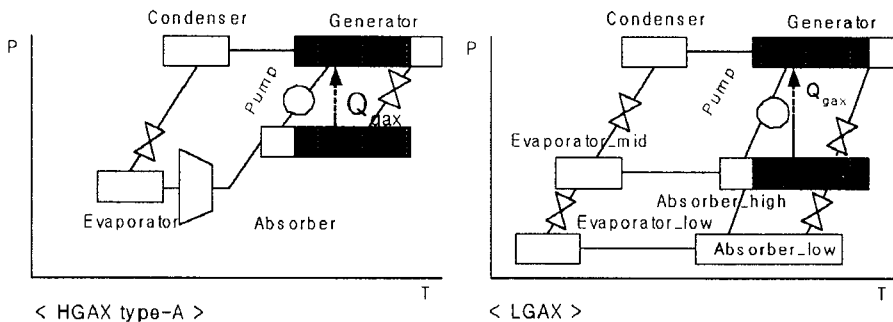
(4) WGAX(Waste heat GAX) 사이클^[8]

폐열을 열원으로 사용하는 GAX 사이클로써 100℃ 전후의 비교적 저온의 열을 열원으로 사용할 수 있는 사이클이다. 저온의 열원을 사용하므로 고온에서의 부식문제를 해결할 수 있으며 발전소나 소각장에서 버려지는 열을 이용하므로 에너지 절감효과가 클 것으로 기대되는 사이클이다.

(5) 상온에너지 수송 사이클

(Solution Transportation Absorption system)^[9]

현재 대단위 지역난방은 공급지에서 장거리 수송관을 통해 수요지로 열수를 공급하는 방식으로 온도차에 의한 현열수송이다. 이 경우 수km에서 수십km에 달하는 수송관의 단열문제가 중요시되며 공급 열수의 유량도 수요량에 비례하므로 관경의 증가에 따라 펌프동력도 상승하게 된다. 실제로 현열 수송방법에서는 에너지수송/변환과정이 수요측(Demand Side) 또는 공급측(Supply Side)의 어느 한쪽에서만 이루어져서 에너지가 고온(열수) 또는 저온(냉수)의 상태로 수송된다. 따라서 실리콘 파이버글래스 등 값비싼 단열재의 사용이 요구된다. 실제로 열병합발전소에서 이용되는 지역난방시스템의 경우 직경 100cm의 수송관에 약 10cm 두



[그림 9] HGAX type-A와 LGAX

계의 값비싼 단열재가 사용되고 있어 수송관의 설치 및 유지비가 경제적이지 못하다. 이에 비해 농도차에 의한 잠열수송(STA)은 상온수송이므로 단열의 필요가 없고 현열수송에 비해 수송 매체의 유량도 적으므로 펌프동력도 적게 소요되는 장점이 있다. 수송 매체의 유량은 현열에 비해 약 1/20 수준이다.

(그림 10)은 열공급지에서 열수를 수송하여 흡수식 냉동기의 열원으로 사용할 경우의 현열수송과 잠열수송의 차이를 보여준다. a는 시스템이 열공급지에 위치하여 열을 공급받아 생산한 냉수를 수요지로 수송하는 방식이다. b는 시스템이 수요지에 위치하여 열공급지로부터 열수를 공급받아 수요지에서 냉수를 생산하는 방식이다. 이 두 경우 모두 수요지로 수송하는 냉수와 열수가 현열수송이므로 단열처리가 필요하며 수요량만큼의 유량을 수송하므로 큰 관경의 관과 펌프동력이 필요하게 된다. c는 고온부인 발생기와 응축기를 열공급지 측에 놓고 저온부인 흡수기와 증발기를 수요지에 위치시킨 상온에너지 수송 사이클이다. 열공급지에서 열을 공급받은 발생기에서 발생한 냉매증기는 응축기에서 응축되어 관을 통해 수요지에 위치한 증발기로 수송되어 냉수를 생산한다. 한편, 발생기에서 냉매

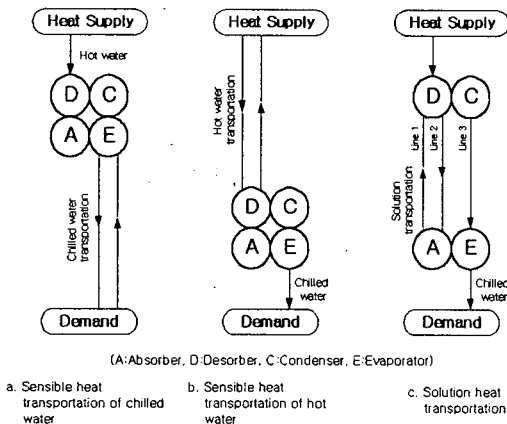
증기와 분리된 흡수용액은 관을 통해 수요지에 있는 흡수기로 수송되어 증발기에서 발생한 냉매증기를 흡수하여 다시 발생기로 돌아오게 된다. 이것이 용액 농도차에 의한 잠열수송이며 이 경우 관을 통해 수송되는 용액과 냉매액은 단열이 필요 없이 상온 상태에서 수송이 가능하다. 흡수기-발생기 측의 2개의 관과 증발기-응축기간에 1개의 관이 필요한데 이는 3중관을 사용하여 하나의 관으로 해결할 수 있으며 냉수 또는 열수의 수요량 만큼 수송할 필요가 없으므로 수송 유량이 현열수송에 비해 적고 이에 따른 펌프동력의 절감효과도 크다. 상온에너지 수송방식은 결정화 문제가 없는 암모니아/물 시스템이 적합하며 현재 국내에서도 연구가 진행되고 있다.

상온에너지 수송 방식을 사용하면 해안가나 강가에 위치한 대단위 화력, 원자력 발전소에서 버려지는 폐열을 이용하여 내륙의 도심에 집단 냉난방 시스템을 적용할 수 있어 에너지 재활용 측면에서도 많은 이점이 있다.

(6) 저온냉동시스템

-50℃ 이하의 저온을 얻을 수 있는 암모니아/물 사이클로는 HGAX type-B(저온취득형)와 LGAX 사이클이 있다. HGAX type-B는 앞에서 설명되었듯이 표준GAX 사이클의 증발기와 흡수기 사이에 압축기를 추가한 형태의 사이클이다. 기존 표준 GAX 사이클에 비해 상대적으로 증발기의 증발압력을 떨어뜨릴 수가 있고 증발압력을 10kPa로 설정한다면 -70℃의 증발온도를 얻을 수가 있다. (그림 9) 참조.

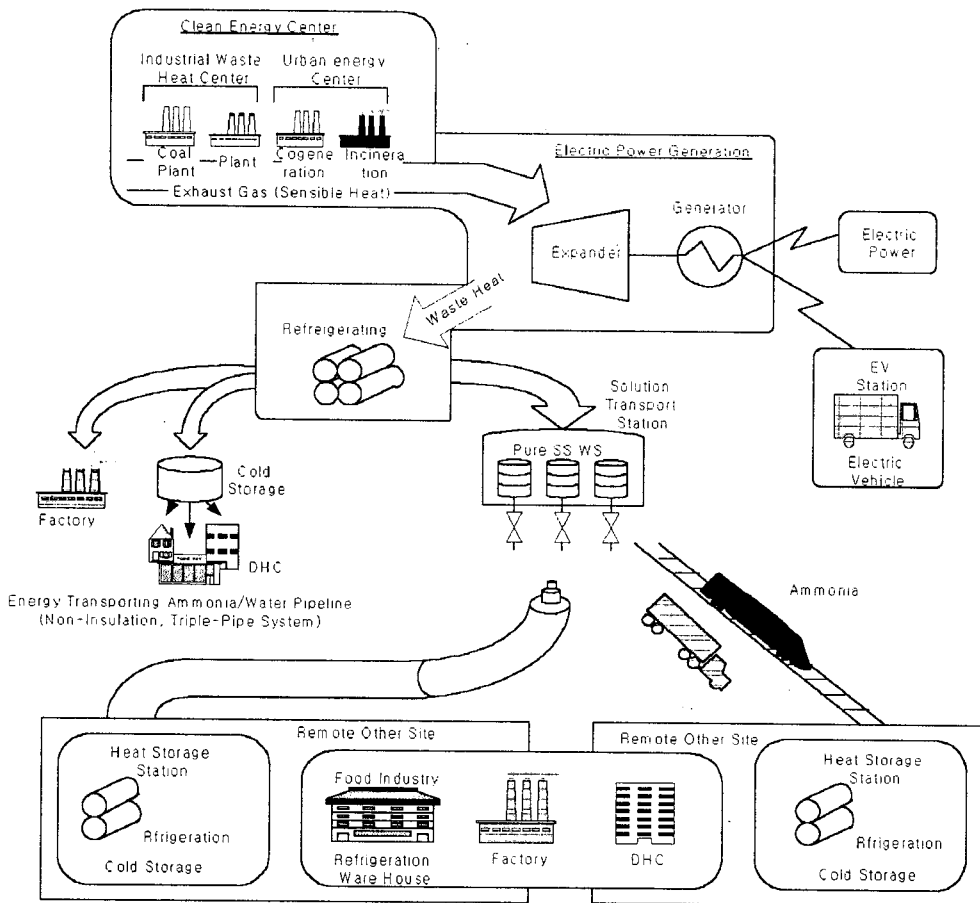
LGAX 사이클은 상대적으로 고압부와 저압부의 2개의 증발기를 갖는 사이클로서 응축기에서 액류분류기를 통해 2개의 증발기로 냉매액이 유입된다. 이 경우 고압부의 증발기는 4~5℃, 저압부는 -50℃ 정도의 증발압력이 되어 공기조화용 냉방과 저온냉동을 동시에 실현할 수 있다. 액류분류기를 통해 부하가 많이 걸리는 쪽으로 유량을 가감조절 할 수 있다.



[그림 10] 현열수송과 잠열수송

(7) 에너지 캐스케이드 (Energy Cascade)

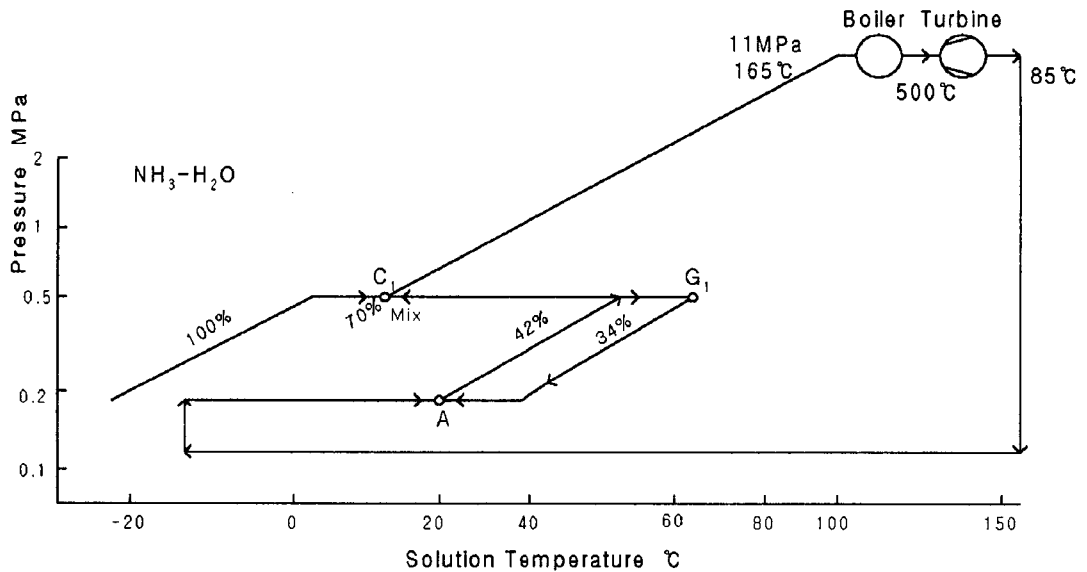
도심 부근의 소각장 또는 열병합 발전소에서 버려지는 폐열을 이용하여 흡수식 냉동기의 열원으로 사용하고 상온에너지 수송 원리를 이용하면 도심에서 냉방, 냉동, 난방 등 다양한 용도로 활용될 수 있다. 버려지는 에너지를 단계적으로 재활용함으로써 21세기 중요과제인 Energy Saving을 해결할 수 있는 대안으로 각광받고 있다. 상온에너지 수송 원리와 연계하여 지역냉난방산업, 심야전력이용을 위한 에너지 저장산업, 의료품저장산업, 식품공정산업 및 레저산업 등에 적용할 수 있다. [그림 11]에 다단계 에너지 활용의 모델이 나와 있다.



[그림 11] 다단계 에너지 활용 모델

(8) 열병합 발전사이클

[그림 12]에 보일러, 터빈, 흡수기, 발생기 및 응축기로 구성되는 열병합 발전사이클이 나타나 있다. 기존의 발전 사이클의 폐열이 본 혼합사이클의 보일러로 유입되어 회수되는 사이클이다. 암모니아/물의 이성분 혼합물이 작동유체로 이용되고, 보일러로 유입되는 암모니아의 농도는 약 70% 정도이다. [그림 12]에 나타난 혼합사이클의 열효율은 약 30%로 계산되는데 일반적인 발전사이클의 효율이 약 36% 정도이므로 본 열병합 혼합사이클을 이용하면 최종적인 열효율을 55.2% 까지 상승시킬 수 있다.



[그림 12] 열병합 발전사이클

5. 결론

지금까지 암모니아 흡수식 냉동기의 원리와 특성 및 차세대 응용분야를 고찰하였다. 암모니아 흡수식 냉동시스템은 기존 압축식 냉방시스템의 환경문제를 해결할 수 있는 사이클이다. 또한 물/리튬브로마이드 흡수식 시스템이 해결할 수 없는 저온냉동분야, 에너지 수송분야, 장치의 소형화 문제 등을 해결하여 다방면에서 응용될 수 있는 차세대 시스템이다. 본 연구에서 소개된 암모니아 흡수식 시스템은 환경친화형 자연냉매로서 국제환경협약의 규제대상에서 제외되며 다양한 열원의 활용으로 21세기 중요한 국가적 문제인 에너지 절약에도 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 민만기 외 4인, 1998, "공기조화 및 냉동", 회중당
2. Y. T. Kang, 1999, "Next generation absorption technologies in USA and Japan (2) - Next generation technologies in Japan, In Korean.", The Korean Society of air-conditioning and Refrigerating Engineers, Vol. 28, No. 4, pp. 300-314
3. 강용태, 1999. 6, "흡수식 냉동기 및 열펌프의 차세대 기술 및 응용", 흡수식 냉동기 및 열펌프 워크샵, 한국정밀화학공업진흥회
4. Y. T. Kang, Y. Kunugi, and T. Kashiwagi, 2000, "Review of advanced absorption cycles, : Performance improvement and temperature lift enhancement.", International Journal of Refrigeration, Vol. 23, No. 5, pp. 388-411.
5. Y. T. Kang, Y. Sambe and T. Kashiwagi, 2000, "An environmentally friendly

- advanced GAX cycle for panel heating - PGAX cycle.", International Journal of Refrigeration, Vol. 23, No. 5, pp.788-387
6. 강용태, 조현철, 홍희기, 2001, 하이브리드 GAX 사이클해석 - 성능향상과 저온획득, 설비공학회 논문집 제 13 권 제 10 호(2001) / pp. 923 - 929
7. Y. T. Kang and T. Kashiwagi, 2001, "Next generation absorption cycles for low temperature, hybrid and power generation applications." International Journal of environmentally Conscious Design and manufacturing, Vol. 9, No. 4, pp.17-31
8. Y. T. Kang, A. Akisawa and T. Kashiwagi, 1999, "An advanced GAX cycle for waste heat recovery : WGAX.", Applied Thermal Engineering, Vol. 19, No. 9, pp.933-947
9. Y. T. Kang, Y. Sambe, A. Akisawa, and T. Kashiwagi, 2000, "Absorption heat pump systems for solution transportation at ambient temperature - STA cycle.", Energy-The International Journal, Vol. 25, pp. 355-370