

[논문] 태양에너지
Solar Energy
Vol. 15, No. 3, 1995

화학열펌프에 있어서의 무기수화물계 축열시스템에 관한 연구 (I)

—탈수 축열 성능연구—

박영해 · 김종식

계명대학교 공과대학 화학공학과

A Study on the Heat Storage System for Chemical Heat Pump Using Inorganic Hydrates (I) —Heat Storage Characteristics—

Young-Hae Park, Jong-Shik Kim

Dept. of Chem. Eng., Keimyung Uni.

요 약

본 연구는 화학열펌프 개발을 목적으로 비교적 고온영역에서 화학축열에 응용 가능 할 것으로 판단되는 무기수화물계 $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{CaO}$ 가역 반응사이클을 이용한 수화·탈수반응에 따른 충전층 내 열이동에 대하여 실험적 검토를 행하였다. 그 결과 본 실험에서 얻은 열교환특성은 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 열분해 탈수반응시 반응기 내의 시료층 상단부가 하단부에 비해 탈수반응이 느리게 진행되었으며 이러한 현상은 탈수반응이 하부에서 상부로 진행됨을 알 수 있었다. 또, 반응기내 반경방향에서의 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 열분해 탈수반응에 따른 온도변화는 시료 중심부에서 상·하단부로 나타났으며 이는 열전도도에 의한 온도 강하로 중심부의 축열온도가 높음을 알 수 있었다.

Abstract

The heat-storage characteristics accompanied by exothermic reaction at the regeneration of Ca(OH)_2 in the heat-storage mode of a chemical heat pump system using a $\text{Ca(OH)}_2/\text{CaO}$ reversible thermochemical reaction was examined in a lab-scale unit.

In this heat-storage mode, the particle bed of CaO could be regenerated by heating the Ca(OH)_2 packed bed to the higher temperature at which the equilibrium pressure in the reactor is greater than the water vapor pressure in the condenser.

The results are i) the dehydration, thermal decomposition, rate of Ca(OH)_2 was higher at the lower part of particle bed than at the upper part, ii) in the reactor, the dehydration was proceeded along radial and axial direction, from inner part to the outer part, which explains heat transfers from the center to wall and from the center to lower or upper part of reactor.

s : solid

Nomenclature

P : partial pressure of water vapor or water vapor pressure [atm]

P_e : equilibrium pressure of water vapor [atm]

P_s : saturated water vapor pressure [atm]

R : gas constant [KJ. mol⁻¹. k⁻¹]

or radial distance form the center to wall of reactor[mm]

r : radial distance from the center of reactor to temperature measuring point [mm]

T : absolute temperature[K]

T_s : setting temperature of reactor wall [K]

z : axial distance in the cylindrical coordinate [mm]

Z : total height of bed [mm]

Subscript

g : water vapor or gas

I. 서론

최근 에너지소비량이 급증함에 따라 이산화탄소의 대량배출등으로 지구환경문제가 심각히 대두되고 있는 가운데 종래의 에너지원에서 태양에너지 혹은 원자력에너지등에 높은 관심을 갖고있는 실정이다.

이러한 관점에 새로운 열 에너지 이용기술의 하나로 화학반응열을 이용한 축열시스템의 개발이 제안 되었으며, 특히 부존자원이 부족한 우리나라에서 대체에너지원(energy sources)으로 큰 관심의 대상이 되고 있는 과제라 할 수 있다.

높은 열 에너지의 고도 이용 기술 개발에 있어서 기본적으로 고 효율 축열 기술의 연구 개발이 시급한 실정이다. 축열 연구를 행할 때 최근 특히 주목되고 있는 것은 화학반응열을 이용한 화학축열 장치 내 축열부의 열분해 특성을 기본적으로 검토하고, 또 축열밀도 및 축열효율이 큰 경우에 있어서는 히트펌프의 적용이 가능하므로 이에 따른 축열 승온 기술이 주목되어 현재 각국에서 화학반응열을 이

용한 히트펌프 개발연구가 진행 중에 있다.

특히 개발 이유로는 화학방식에 의한 축열 승온은 일반적으로 현열, 잠열 축열방식에 비해 축열밀도가 크고 장기간 열 저장을 행할 수 있으며 반응의 선택에 따라 각각의 온도 영역에서 작동이 가능하고 더욱이 종래의 압축식 및 흡수식 히트펌프에 비해 기계적 작동이 필요치 않으므로 이런 장점에서 히트펌프 가능성에 대해 더 큰 관심을 가지고 있으며, 열 에너지 이용의 효율적인 실용화가 기대되는 유망 분야이다. [1]

화학반응열을 이용하기 위해 화학 열펌프 적용 가능 축열물질로는 금속 수소화물, 흡착제, 암모니아화물, 수화물, 수산화물, 유기화합물질 등이 검토되고 있다. [3]

본 연구는 이런 관점에서 화학반응열 이용을 위한 축열물질로 소석회(Ca(OH)₂)와 생석회(CaO)를 사용하였으며 이는 우리나라의 부존자원인 석회석(CaCO₃)을 열분해하여 생석회로 쉽게 만들 수 있기 때문이다. 생석회에 물을 가하면 소석회가 만들어지며 생석회가 소석회로 되는과정에서 발생하는 열은 400

kcal/kg 으로 대체 에너지원으로도 만족할 만한 열을 발생한다. 또한 축열밀도, 반응속도, 반응의 가역성 등에 대해 뛰어난 특성을 가지고 있으며 실용화의 관점에서 볼 때 반응속도가 800 K 이상 승온이 가능하고, 독성과 부식성의 문제가 없다는 잇점이 있다. [2,3]

연구는 열화학 반응에 있어서의 에너지 이용에 관한 연구로 밀폐계(closed-system)에서의 Ca(OH)₂/CaO 계 가역반응 사이클을 이용한 수화·탈수반응에 따른 충전층 내 열 이동에 대하여 실험적 검토를 통해 유효 에너지 이용을 위한 실용화 가능한 최적의 화학 열펌프 시스템 개발연구에 기초적 자료로 활용하고자 한다.

II. 이론

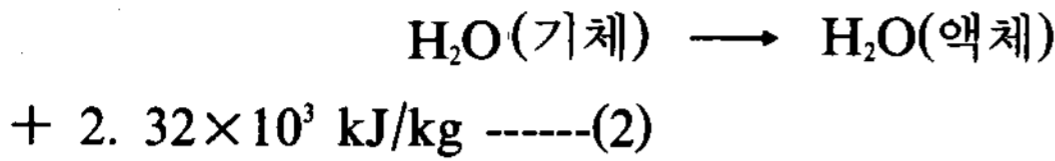
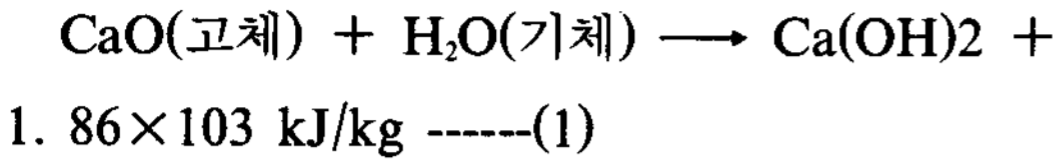
1. 화학 열펌프의 작동원리

화학 열펌프는 Table 1에 나타낸 기체-고체 반응 가운데 무기수화물계인 Ca(OH)₂/CaO계 가역반응과 물의 증발/응축에 의한 상변화를 일으키는 2종류의 용기로 구성된 밀폐계 내에

Table 1. Heat storage using thermochemical reaction cycle.

reaction	T[k]	ΔH° [kJ/mol]	ΔH° [Mj/m ³]
CaCl ₂ · 8NH ₃ (s) ↔ CaCl ₂ · 4NH ₃ (s) + 4NH ₃ (g)	303	166	-
Ca(OH) ₂ (s) ↔ CaO(s) + H ₂ O(g)	752	109	1960
Ba(OH) ₂ (s) ↔ BaO(s) + H ₂ O(g)	1000	150	2430
MgCl ₂ · 4H ₂ O(s) ↔ MgCl ₂ · 2H ₂ O(s) + 2H ₂ O(g)	462	135	-
CaSO ₄ · 2H ₂ O(s) ↔ CaSO ₄ (s) + 2H ₂ O(g)	362	105	-
CaCl ₂ · 2H ₂ O(s) ↔ CaCl ₂ (s) + 2H ₂ O(g)	490	123	-
CaCO ₃ (s) ↔ CaO(s) + CO ₂ (g)	1110	178	3270
MgCO ₃ (s) ↔ MgO(s) + CO ₂ (g)	670	117	-

서 각 용기에 각각의 열에너지를 부가하는데에서 작동한다.



즉 본실험에서의 화학열펌프의 작동원리는 Fig. 1에 나타난것처럼 식(1)의 Ca(OH)₂/CaO계 반응에 대하여 평형수증기압 P_e 와 식(2)의 물의 증발/응축에 대한 포화수증기압 P_s 와 온도와의 관계를 기초로 하였다.

이 반응사이클에서 식(1)은 반응물질에 열량(Q)을 가해 생성물질 CaO의 형태로 반응열(ΔH)을 저장하는 축열과정이고, 역으로 식(2)는 필요할 때 축열과정에서 생성된 CaO를 발열반응시켜 축열하기 전의 Ca(OH)₂로 변화시키고 이때 반응열이 발생하는 방열과정을 나타낸 것이다. [3] 이와 같은 과정을 반복하여 사용하는 것이 화학축열의 기본원리이다.

이 방식은 현열 및 잠열을 이용하는 방식과 근본적으로 다른 점은 열화학적 화학평형이 존재함에 있다. 대부분의 기-고반응에서 화학평형은 반응에 관여하는 기체의 반응평형압(P_e)과 반응온도(T) 사이에 Gibbs-Helmholtz 식이 성립되어 ln P_e 와 1/T 사이의 관계는 반대수그래프상에서 선형으로 나타난다. 이를 그림으로 나타내면 Fig. 1 과 같다.

그림에서 나타난 Ca(OH)₂/CaO계 반응의 경우 평형선을 중심으로 저온측의 온도 영역(수화반응 영역)에서는 방열과정이 일어나며, 고온측의 온도영역(탈수반응 영역)에서는 축열과정이 일어난다. 이와 같은 화학 축열방식은 작동기체의 흐름특성에 따라 크게 개방계(open-system)와 밀폐계로 나눌 수 있다. [4,5]

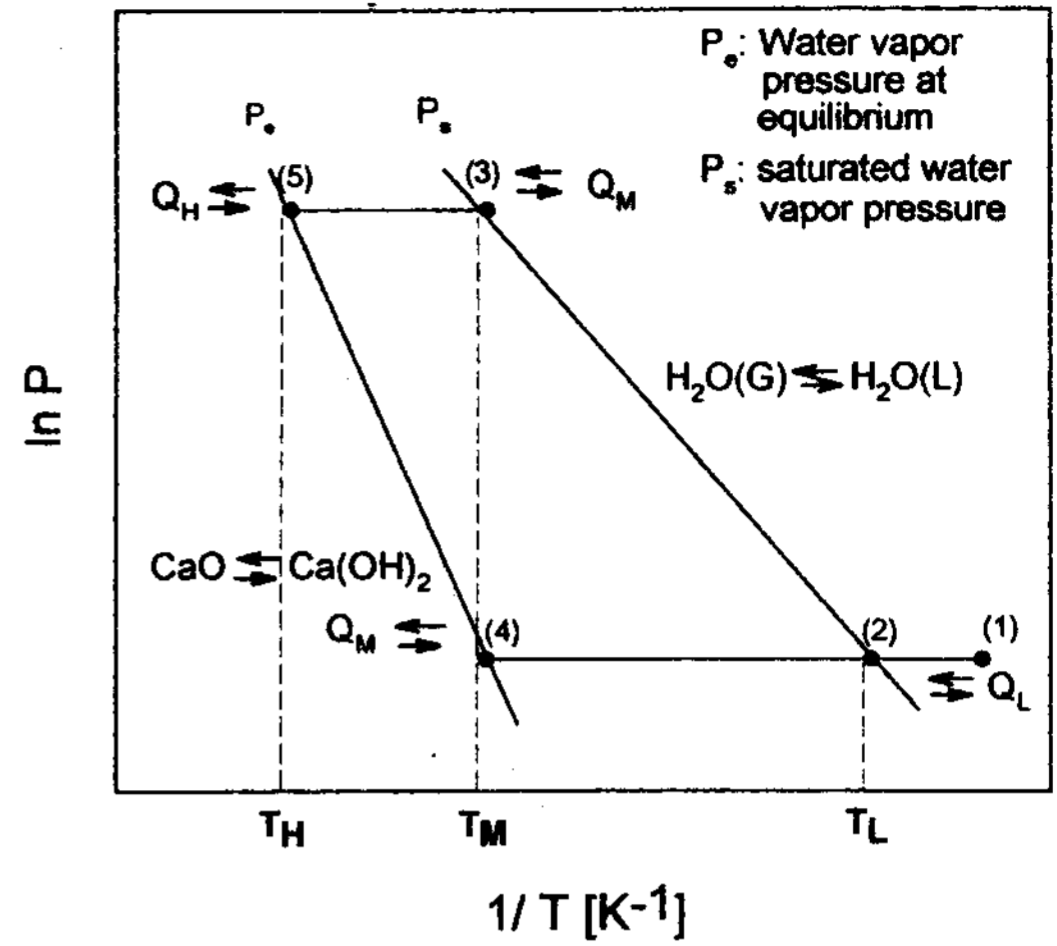


Fig. 1 Operation lines of the proposed chemical heat-pump

2. 밀폐계 축열과정

CaO 무기염으로 충전된 밀폐계 화학축열은 반응에 관여하는 수증기가 계외(係外)로 방출되지 아니하고 일정한 밀폐공간 내에 존재하는 경우로서 그 개념도는 Fig. 2 와 같다. 이 그림에서 reactor에는 고체입자의 반응물질이, evaporator에는 작동유체가 담겨져 있다. 반응물질의 반응평형(고온측 반응원) 및 작동유체의 상평형(저온측 반응원)은 열역학적으로 Gibbs-Helmholtz 식과 Clausius-Clapeyron식으로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다. [4,6]

$$\text{반응평형 : } \ln P_e = -\Delta H_H / RT + C_H \text{ (3)}$$

$$\text{상평형 : } \ln P_s = -\Delta H_L / RT + C_L \text{ (4)}$$

여기서 ΔH_H 및 ΔH_L은 각각 반응열과 증발잠열을 나타내며 C_H, C_L 은 적분상수 이다. 이 관계를 ln P 와 1/T 의 관계로 나타내면 Fig. 1 과 같이 선형으로 나타난다.

밀폐계에서의 축열과정을 Fig. 2을 통해 살펴보면 방열과정 후 생성한 Ca(OH)₂가 CaO로 재생이 가능하다. Fig 1에 있어서 반응기

Ca(OH)₂를 온도 T_M에서 가열 (Q_M)하면 동시에 응축기를 냉각해서 온도 T_L 이하로 한다.

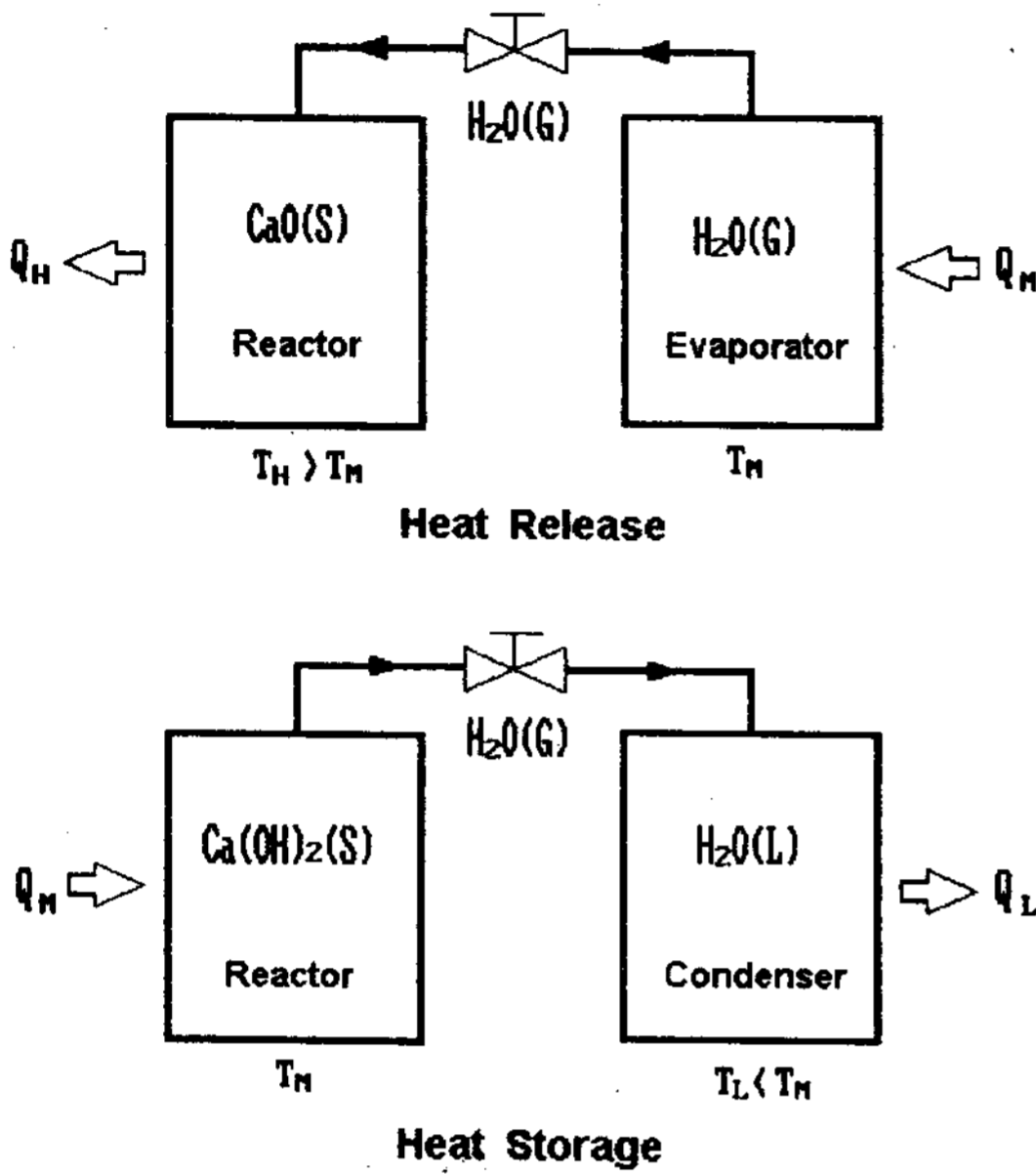


Fig. 2 Fundamental principle of the present Chemical heat-pump operation

방열경우의 역으로 Ca(OH)₂는 반응기와 응축기 내의 수증기 압력차(P_r-P_c)에 기초로 탈수흡열반응을 행해 CaO로 한다. 또 이때 반응에 따라 생성한 수증기는 응축기 측으로 이동해 여기에서 응축열(Q_L)를 방출해서 응축수가 된다.

그후 반응기와 응축기를 연결 밸브에 따라 분리해두면 반응열은 화학에너지 형태로 저장 가능하

다. 화학열펌프 작동은 먼저 양 용기 사이에 연결된 밸브를 닫고 두 용기의 온도를 T_M까지 열을 가하면 반응물질인 CaO와 작동유체(H₂O)의 온도는 Fig. 1의 평형선에서 1→2→4 및 1→2→3으로 변화한다.

이 상태에서 Fig. 2의 밸브를 열면 작동유

체는 용기(b)에서 용기(a)로 이동한다.

이때 용기(a) 내에서는 CaO수화반응이 일어나며 Fig. 1에 도시된 평형선을 따라 4→5로 이동하여 T_H까지 고온을 얻을 수 있다.[7, 8,9]

한편 수화반응이 완료된 후 용기(b)의 온도를 T₂까지 냉각시켜 용기 내 작동유체의 압력을 강하시키면 용기(a)에서는 온도 T_M에서 CaO의 수화반응으로 생성된 Ca(OH)₂가 분해되어 CaO와 수증기로 재생된다. 이와같이 온도 T₂와 T_M의 2종류의 열원을 이용하여 CaO의 수화발열반응으로 높은 온도를 얻고 낮은 온도에서 흡열탈수반응으로 CaO를 재생시키는 과정을 반복하여 화학열펌프로 이용한다.[10, 11]

III. 실험장치 및 방법

1. 실험장치

Fig. 3은 본 실험에서 사용한 화학열펌프 축열장치의 개략을 나타내었다. 그림에서 반응기는 스텐레스 강(SUS 316)으로 제작하였으며 높이 250mm, 내경 128mm의 원형용기로 되어 있다. 반응기 내 윗면은 시료입자의 비산을 방지하기 위해 400mesh 스텐레스망을 부착시켰고 반응기 내 밑면은 20mm 단열재판을 3매 부착시켜 놓았다. 반응기 외벽은 전기로를 제작 부착하여 일정온도에서 제어가능토록 제작하였으며 또 시료층 온도를 측정하기 위해 반응기 내 K-Type(CA)열전대를 설치하여 연속적으로 온도측정이 가능하도록 하였다.

수증기 발생기(증발기/응축기)는 스텐레스 강(SUS 316)으로 제작하였으며 높이 250mm, 내경 128mm의 원통용기로 제작하였고

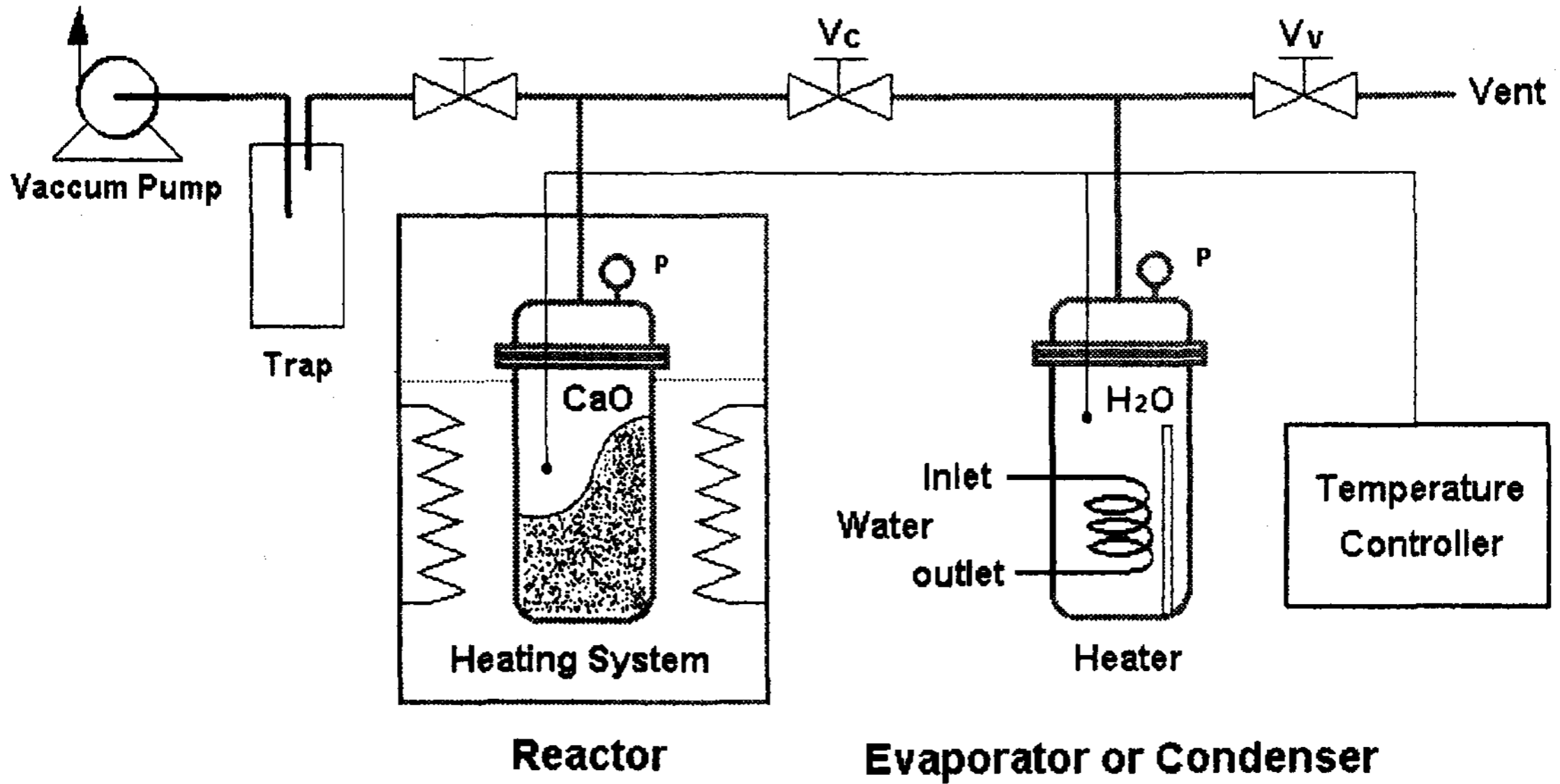


Fig. 3 Schematic diagram of the Chemical heat-pump unit employed

내부에는 전기히터 및 탈수반응시 발생하는 수증기를 응축할 수 있도록 열교환코일을 넣어 설치하였다. 또 상부에는 압력계, 온도제어용 열전대가 설치되어있으며 반응기 및 증발기/응축기의 온도변화는 Data Logger (Molytek Recorders/Data Logger/RTU Instruments)에 의해 기록하였다.

2. 실험방법

2.1 시료

시료는 시판중인 생석회(경북 영일산 H사)를 구입하여 사용하였다. 먼저 생석회분말을 물과 반죽하여 200℃의 건조기에서 약 10시간 건조하여 CaO덩어리로 만들었다. 다음 분

쇄기를 이용 분쇄한다음 시료를 16-20mesh체로 체질하여 평균입경 0.7에서 1mm정도의 생석회 입자를 분리한 다음 반응관에 넣고 수화반응시켜 얻은 Ca(OH)₂를 출발반응고체입자로 하였다. 사용한 생석회 시료의 조성은 Table 2와 같다.

2.2 실험

Ca(OH)₂/CaO계 탈수반응을 이용한 화학열펌프의 축열특성 실험은 먼저 반응기 내 생석회 시료(#16~#20 크기) 250mm의 높이로 채우고 setting 하였다. 다음에 Fig. 3의 Vc 밸브를 열고 반응기 내에 설치된 전기히터의 전원공급 스위치를 on 하여 반응평형 온도보다 높은 온도까지 열을 가해주어 공기 중의 수분

Table 2. Constituent analysis of limestone

Component	CaO	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	I.g loss
Wt(%)	91.4	1.6	0.82	0.29	0.25	5.64

에 의해 생성된 Ca(OH)_2 를 CaO 로 만들어 준 다음 Vc 밸브를 닫고 수화반응의 설정 초기 온도(200, 300℃)까지 방열시켜주었다.

수증기 발생기는 적당한 양의 물을 채운 다음 전기히터의 setting 온도를 130℃로 하고 on-off 제어에 의해 일정한 온도를 유지하도록 하여 열을 가하면서 Vv 밸브를 열어 수증기를 일정 시간 밖으로 유출시켜 수증기 발생기 내의 공기를 없애준 후 Vv 밸브를 닫고 Vc 밸브를 열어 수증기를 반응기로 보내 수화반응시켰다. 다시 반응기 내 시료를 가열하여 평균온도가 400℃ 정도가 되면 열교환기에 냉각수를 흘려보내어 반응기에서 생성되는 수증기를 응축시키면서 가장 낮은 부위의 온도가 반응평형 온도 보다 높은 온도가 될 때까지 계속열을 가하였다. 응축기의 물 유량은 0.3 m³/h 이상으로 조절이 가능하므로 유량은 일정하게 setting하고 증기발생기 열교환장치 입,출구의 온도를 측정하여 탈수반응에 의한 축열특성을 실험하였다.

반응기 내의 시료가 반응이 완료되면 즉 수증기 발생기의 수주 높이가 수화반응 전의 높이로 환원되었거나 반응기 내의 온도중 가장 낮은 반응평형 온도 보다 높게 되었을 때 시료가 소석회에서 생석회로 변화하였음을 알 수 있다.

IV. 실험결과 및 고찰

$\text{Ca(OH)}_2/\text{CaO}$ 계 반응의 축열특성을 알아보기 위해 Ca(OH)_2 열분해 탈수반응에 있어서 충전층 내의 온도변화를 다음과 같이 검토하였다.

4-1 반응기 내 시료 깊이에 따른 열분해 특성

탈수반응의 축열특성 실험에 있어서 Fig. 5에서 Fig. 10까지는 $\text{Ca(OH)}_2/\text{CaO}$ 계 탈수반응에서의 축열특성을 나타낸 그래프 이다. Fig. 5는 반응기 내 시료층 초기 온도가 평균 200℃에서 탈수를 시작하여 각 부분 모두 탈수반응이 끝나면 반응기 평균온도가 초기 온도 200℃가 될 때까지 방열을 계속하여 온도 강하를 나타 내었다. 이 그래프에서는 시료깊이 (Z=25mm, 75mm, 125mm, 175mm)에서 중심축 반경방향으로(R=0mm, 20mm, 40mm) 세 지점의 평균온도를 나타 내었다. 이 그래프로부터 열분해 탈수반응 특성은 시료상단 부분이 하단 부분에서 반응된 수증기의 영향에 의하여 탈수반응이 가장느리게 진행되었고 다른 세지점에서는 별차이 없이 비슷하게 진행됨을 알 수 있었다.

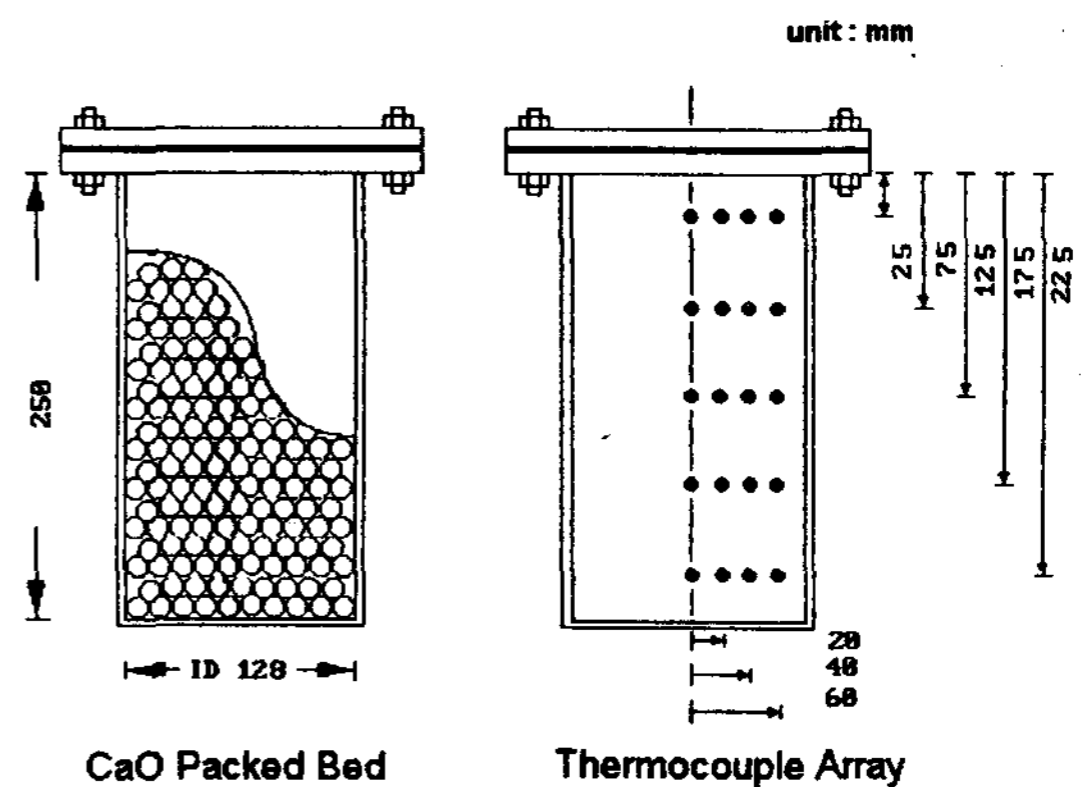


Fig. 4 Detail drawing of the reactor

이 그림으로 부터 대기압 하에서 반응평형 온도가 약 670℃에서 Peak 온도가 나타남을 알 수 있다. 이는 Halstead[12]에 의해 보고된 반응평형온도와 잘 일치함을 알 수 있다.

실험은 가열과 동시에 충전층의 온도가 상승하여 반응평형온도에서는 수증기만 발생하는 것을 노점습도로 확인할 수 있었고, 또한 Ca(OH)_2 충전층의 탈수반응은 반응이 시작되

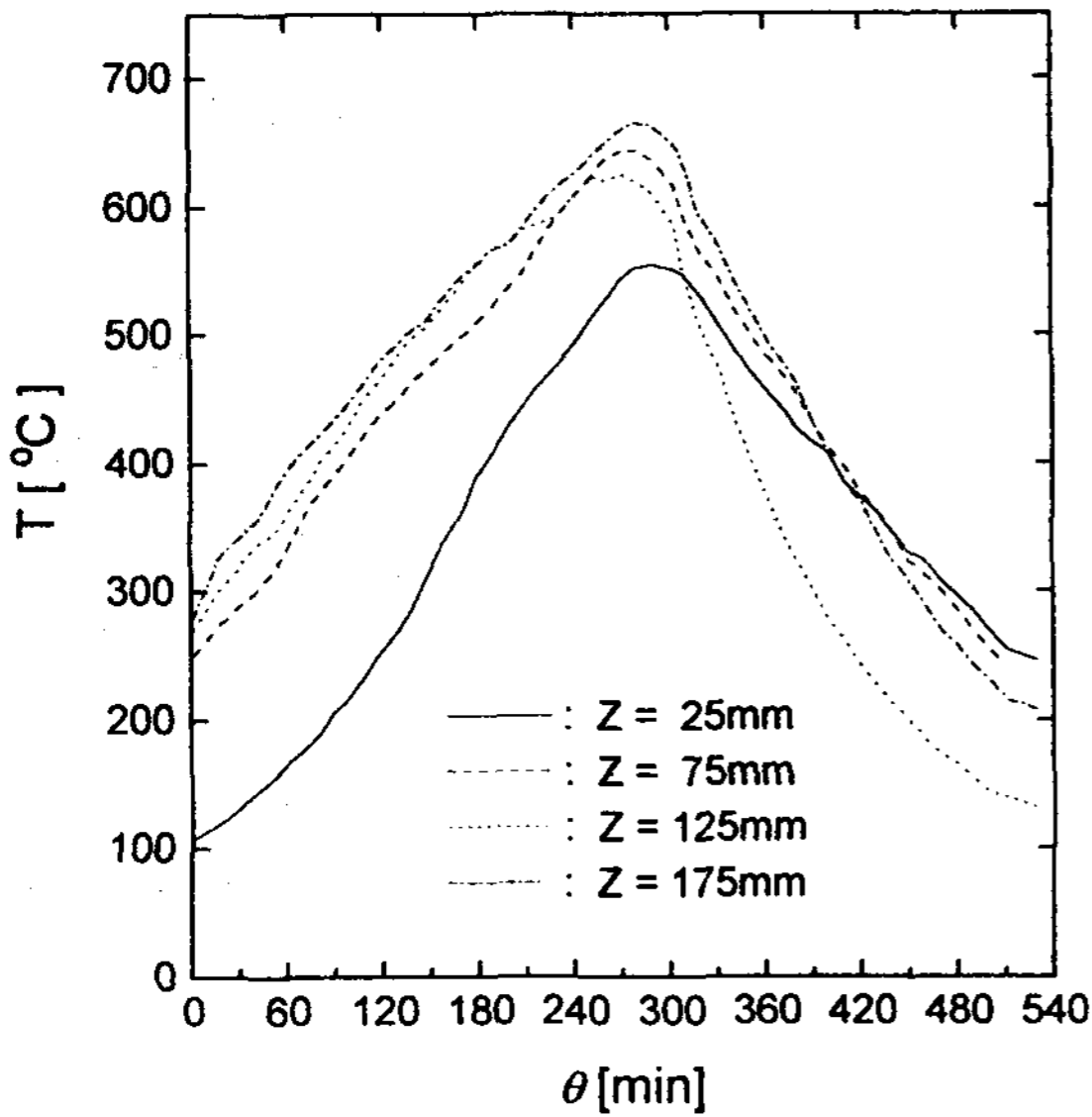


Fig. 5 Temperature profiles in the axial direction of the bed with time(Air flowrate : $80\text{m}^3/\text{h}$, initial temperature of the bed : 200°C)

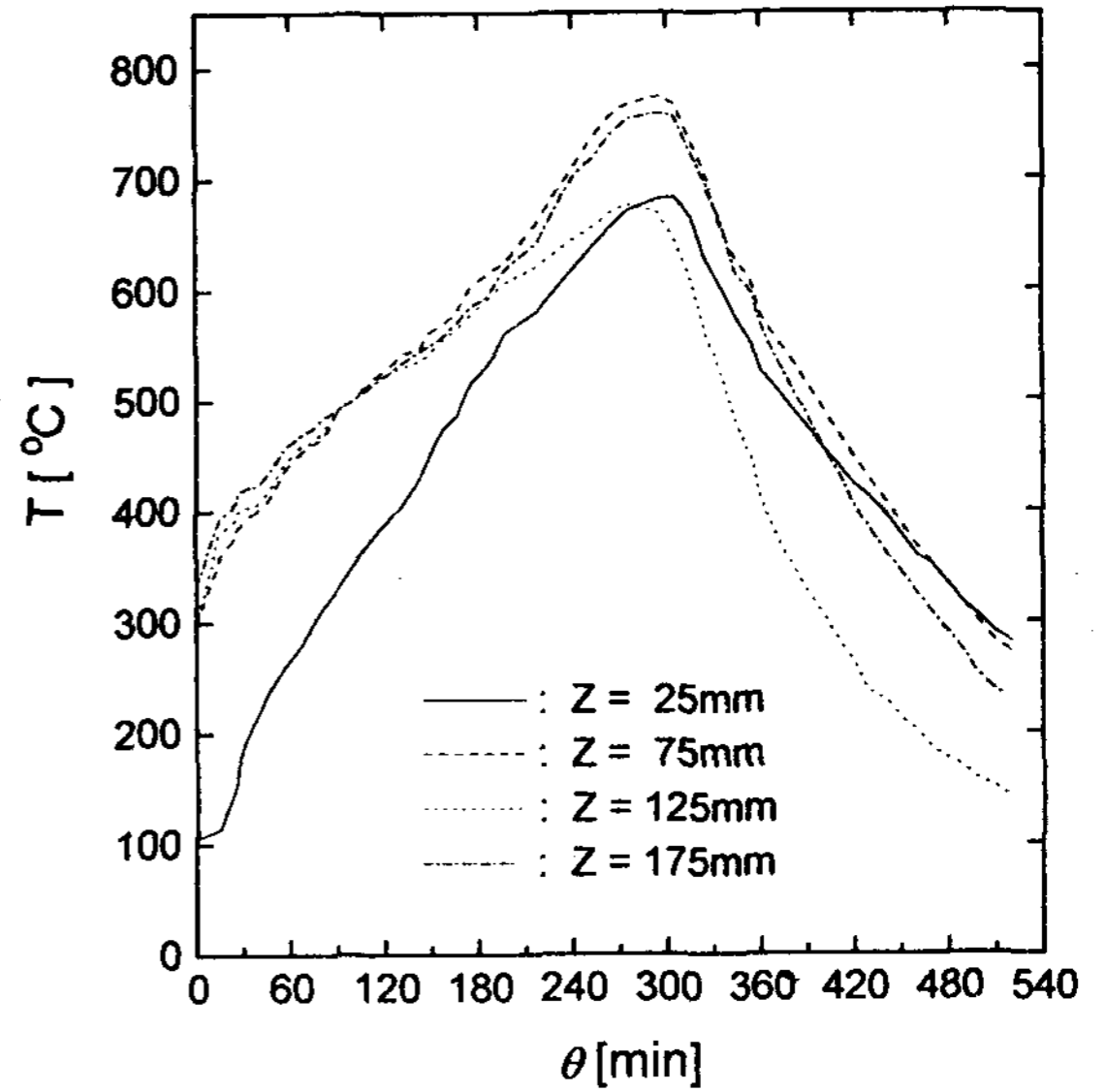


Fig. 6 Temperature profiles in the axial direction of the bed with time(Air flowrate : $80\text{m}^3/\text{h}$, initial temperature of the bed : 200°C , $R=0\text{cm}$)

면서 탈수반응에 의해 발생하는 고온의 증기가 출구로 확산되어 나가기 때문에 입구쪽 보다 출구쪽의 가열효과가 높아 열분해반응이 빨리 일어나며, 반응종료 후의 온도상승도 빠른 것을 볼 수 있다.

탈수반응 완료 후의 방열특성은 하단부에서 가장 빨리 온도가 내려가고 상단부로 올라 올 수록 온도가 서서히 하강 하였는데, 이러한 이유는 방열을 위한 공기의 흐름이 하부에서 상부로 흘렀고 또한 반응기 밀판에서 히트 보호파이프와 온도감지기 연결구의 열전도등에 의한 열손실에 의한 것으로 사료된다.

Fig. 6은 반응기 중심축($R=0\text{mm}$)에서 시료 깊이에 따른 충전층 내의 온도변화를 비교한 것으로 Fig. 5에 도시한 바와 같이 비슷한 양상을 나타냄을 알았다.

4-2 반응기내 반경방향에 따른 열분해 특성

Fig. 7은 시료 깊이 125mm ($Z=125\text{mm}$)에서의 반응기 중심축에서 반경방향의 거리변화에 따른 충전층의 온도변화를 도시한 그래프이다. 이 그래프에서 벽면으로 반응이 진행됨을 알 수 있다.

Fig. 8은 시료층 초기온도가 평균 300°C 에서 탈수반응을 시작하여 시료층 온도를 반응 평형온도 이상으로 높인 다음 방열을 시작 탈수 시작 초기온도까지 하였을 때 시료 깊이에 따른 특성을 비교한 그래프이다.

초기온도가 300°C 에서도 Fig. 5의 초기온도 200°C 와 비슷한 양상을 나타내며 시료층 상단에서 탈수반응이 느리게 진행되고 시료 밑부분이 가장 빨리 온도가 낮아졌다. 이는 반응이 하부에서 상부로 진행되고 시료 중심에서 하부 및 상부로 열전도에 의한 온도 강하로 중심 부분이 축열온도가 높음을 알 수 있다.

Fig. 9는 반응기 중심축($R=0\text{mm}$)선에서 시

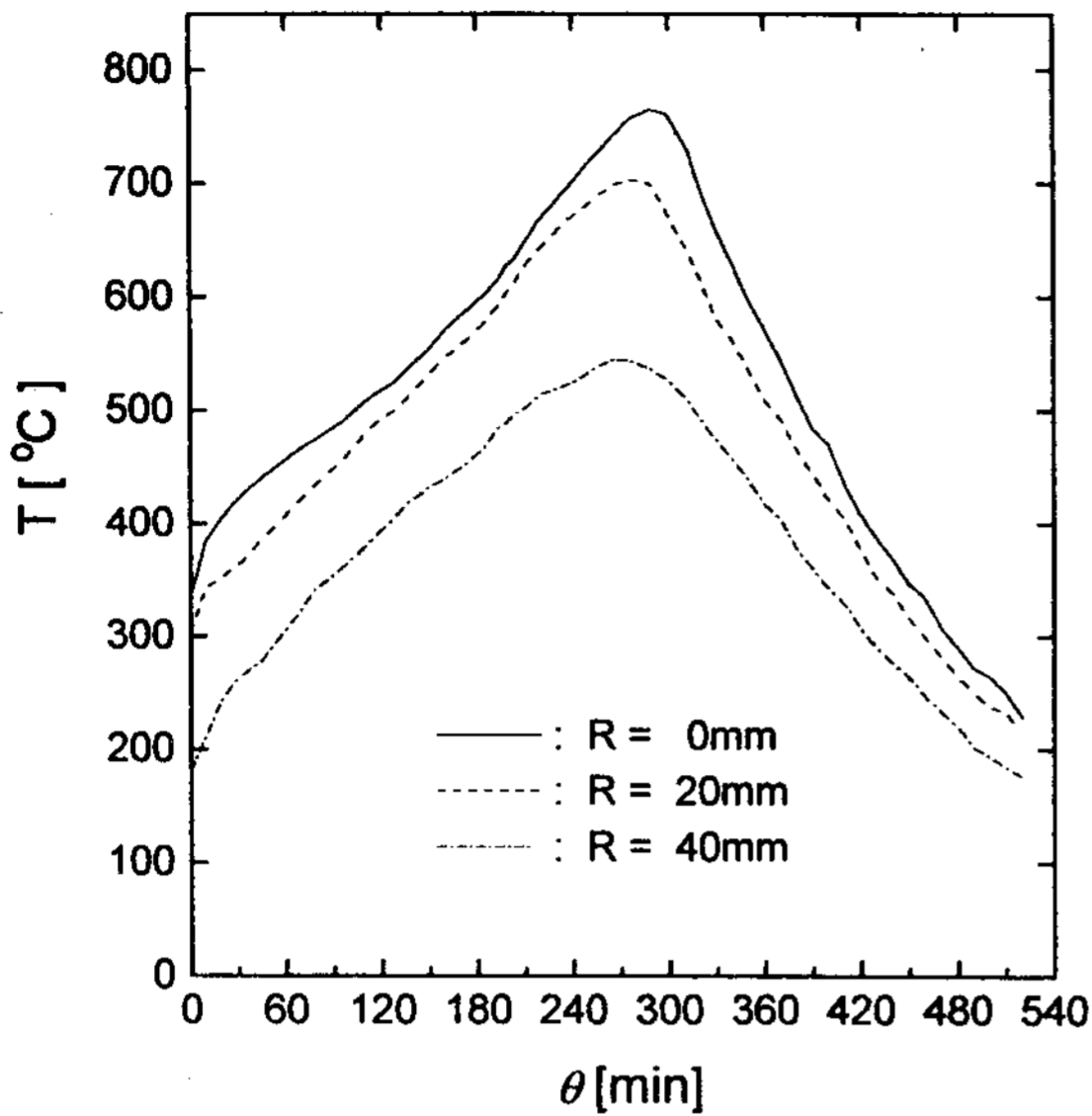


Fig. 7 Temperature profiles in the axial direction of the bed with time(Air flowrate : $80\text{m}^3/\text{h}$, initial temperature of the bed : 200°C , $Z=23\text{cm}$)

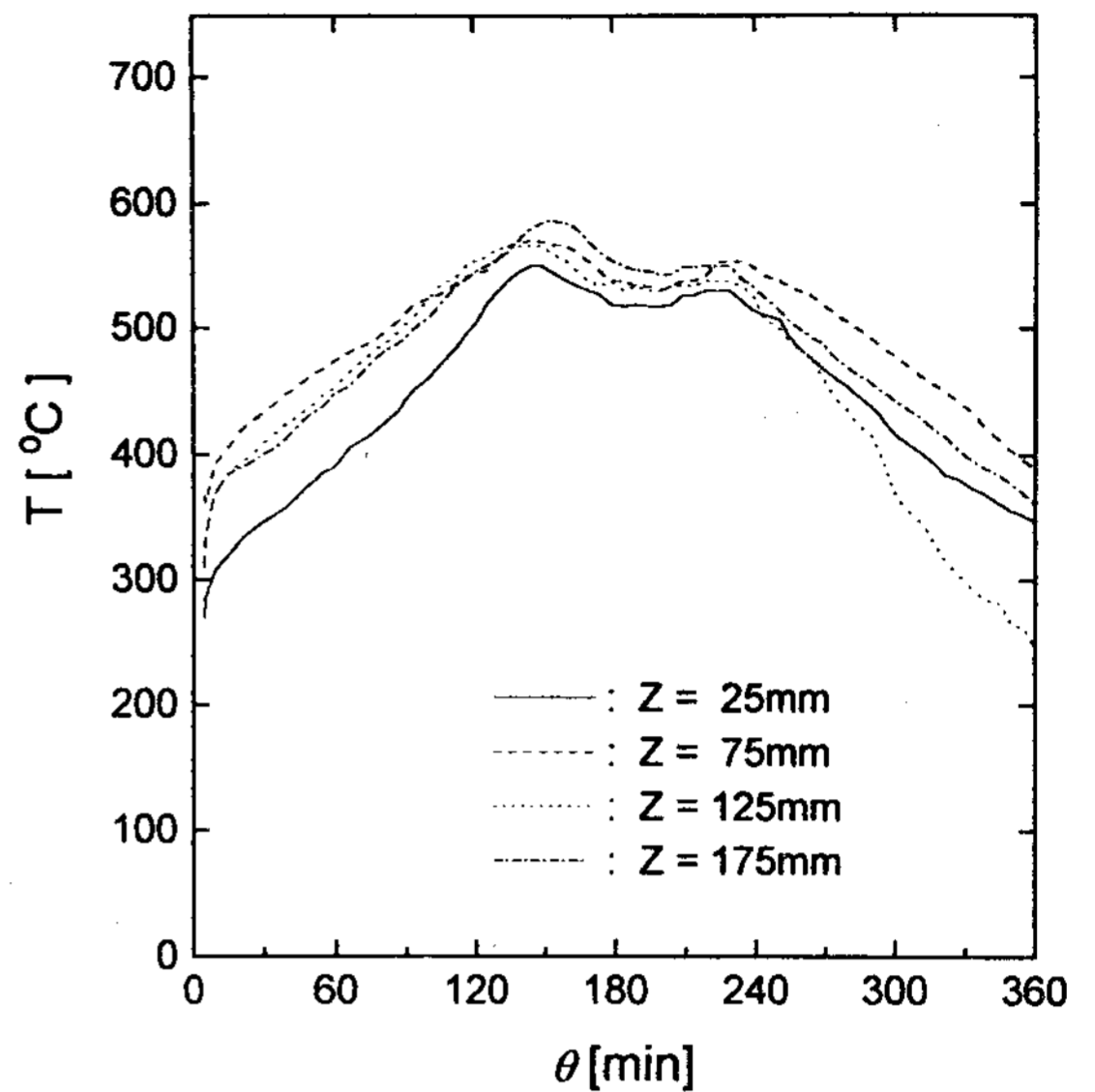


Fig. 8 Temperature profiles in the axial direction of the bed with time(Air flowrate : $80\text{m}^3/\text{h}$, initial temperature of the bed : 200°C , $Z=38\text{cm}$)

료 깊이에 따른 탈수반응 온도변화를 비교한 그래프로 Fig. 8과 비슷한 양상을 보였다. Fig. 10은 시료깊이 125mm에서 시료 중심에서 반경 방향으로 거리 변화에 따른 충전층의 온도변화를 비교한 그래프이다. 그림에서 $R=40\text{mm}$ 부분인 반응기 벽부분에서 방열 및 전도손실에 의해 반응평형온도까지 올라가지 않았으며 중심 부분의 온도가 서서히 내려감을 알 수 있다. 이는 중심부에서 벽쪽으로 열전도가 잘 안되는 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구에서는 비교적 고온영역에서의 화학축열에 응용 가능 할 것으로 판단되는 열구동형 $\text{Ca}(\text{OH})_2/\text{CaO}$ 가역 화학 반응계 화학열펌프에 있어서 탈수축열(재생반응) 특성 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 열분해 탈수반응시 축열특성은 수증기 분압에 상당하는 반응평형온도까지 유지되었으며, 반응기 내의 시료층 상단부가 하단부에 비해 탈수반응이 느리게 진행되었다. 이러한 현상은 탈수반응이 하부에서 상부로 진행됨을 알 수 있다.

2) 본 실험장치의 반응기 내 반경방향에서의 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 열분해 탈수반응에 따른 온도변화는 시료 중심부에서 상·하단부로 나타났다. 이는 열전도에 의한 온도 강하로 사료되며, 중심부의 축열온도가 높음을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Kim, J. S., et al, Solar Energy, Vol. 14, No. 2, pp.92, 1994.
2. Tomohide, W. et al, Kagaku Kogaku

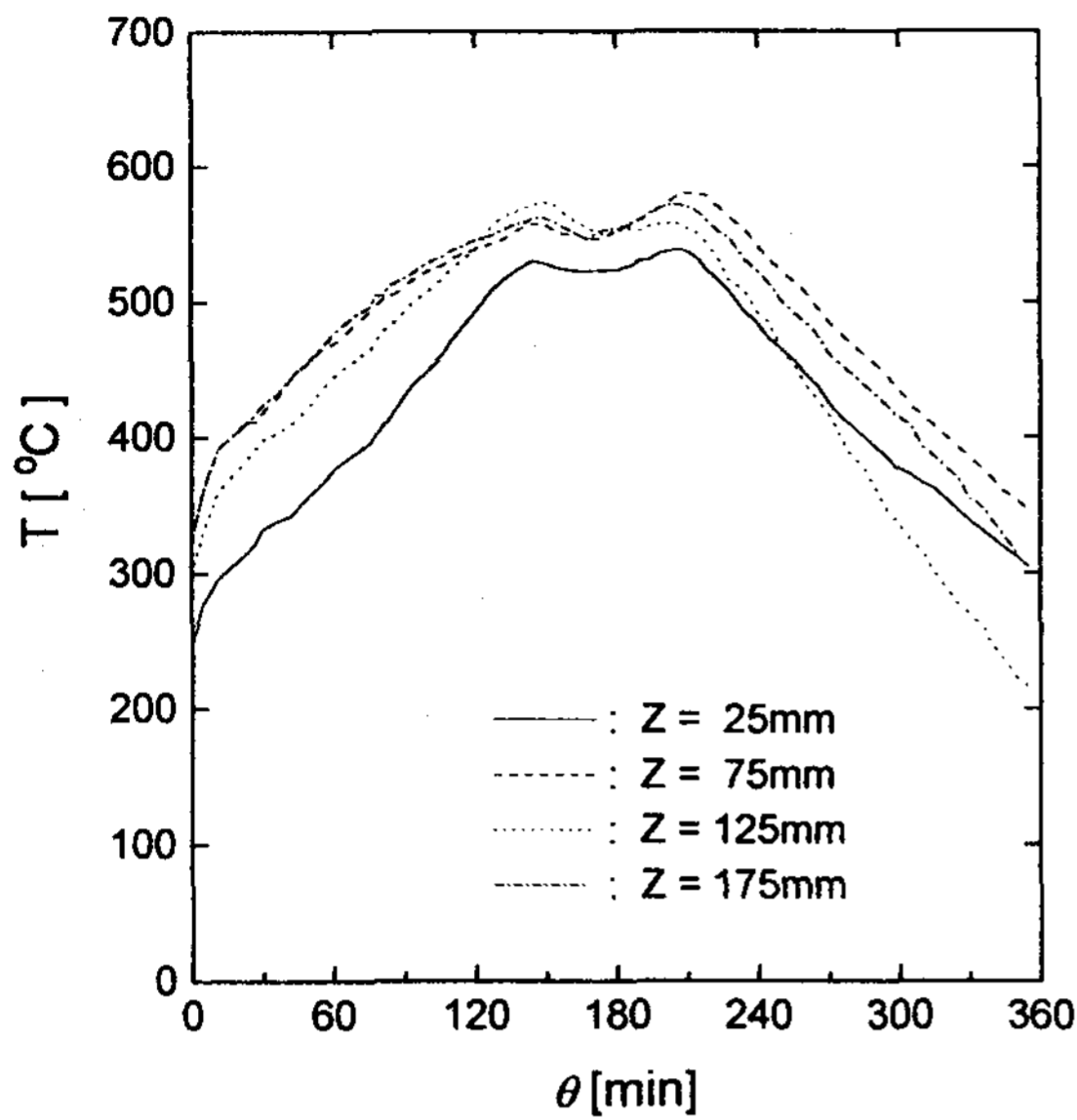


Fig. 9 Temperature profiles in the axial direction of the bed with time (Air flowrate : $80\text{m}^3/\text{h}$, initial temperature of the bed : 300°C)

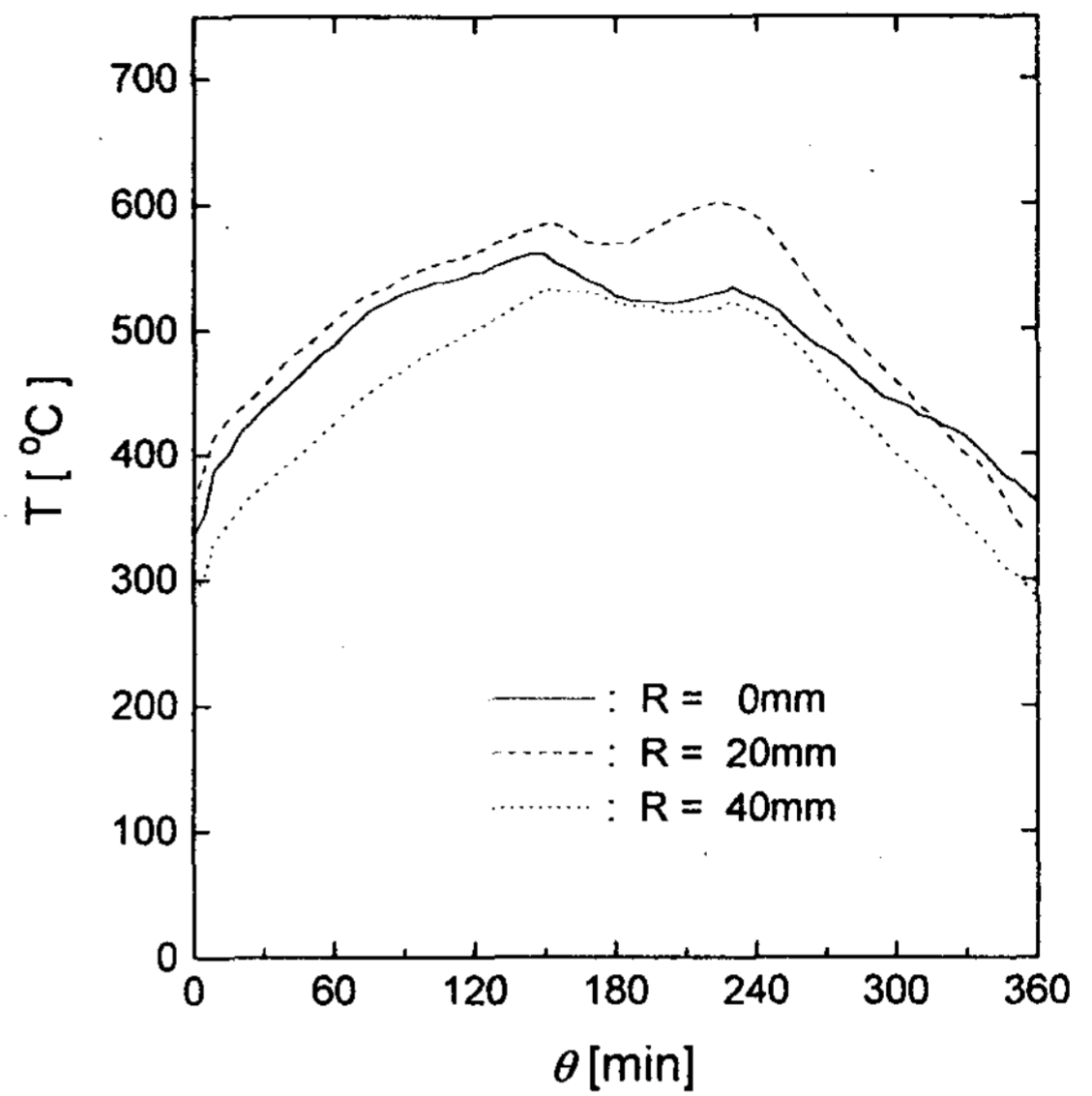


Fig. 10 Temperature profiles in the axial direction of the bed with time (Air flowrate : $80\text{m}^3/\text{h}$, initial temperature of the bed : 300°C , $R=0\text{cm}$)

Ronbunshu, Vol. 19, No. 1, pp.91, 1993.

3. Yanadori, M. et al, Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol. 17, No. 5, pp.916, 1991.
4. Hironao, O. et al, Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol. 19, No. 6, pp.941, 1993.
5. Lee, S. K., et al, Energy R&D, Vol. 10, No. 4, 1988.
6. Michio, Y., Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol. 14, No. 6, pp.770, 1988.
7. Yanadori, M. et al, Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol. 14, No. 6, pp.769, 1988.

8. Yanadori, M. et al, Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol. 19, No. 3, pp.553, 1993.
9. Ito, M. et al, Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol. 20, No 3, pp.339, 1994.
10. Kim, J. S., et al, Solar Energy, Vol. 15, No. 1, pp.73, 1995.
11. Suzuki, M. et al, Kagaku Kogaku Ronbunshu, Vol. 20, No. 4, pp.513, 1994.
12. Halstead, P. E. and Moore, A. E. : J. Chem. Soc., pp.3876, 1957.

A Study on the Heat Storage System for Chemical Heat Pump Using Inorganic Hydrates (I)

— Heat Storage Characteristics —

Young-Hae Park, Jong-Shik Kim

Dept. of Chem. Eng., Keimyung Uni.

Abstract

The heat-storage characteristics accompanied by exothermic reaction at the regeneration of Ca(OH)_2 in the heat-storage mode of a chemical heat pump system using a $\text{Ca(OH)}_2/\text{CaO}$ reversible thermochemical reaction was examined in a lab-scale unit.

In this heat-storage mode, the particle bed of CaO could be regenerated by heating the Ca(OH)_2 packed bed to the higher temperature at which the equilibrium pressure in the reactor is greater than the water vapor pressure in the condenser.

The results are i) the dehydration, thermal decomposition, rate of Ca(OH)_2 was higher at the lower part of particle bed than at the upper part, ii) in the reactor, the dehydration was proceeded along radial and axial direction, from inner part to the outer part, which explains heat transfers from the center to wall and from the center to lower or upper part of reactor.