

CaCl₂を用いた液固反応による移動体向け高出力 高密度蓄熱システムの放熱基礎特性

丹羽 亜衣*[†] 小林 敬幸*

* 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻 (464-8603 名古屋市千種区不老町 1)

要 約

本研究は、環境汚染物質の排出抑制と燃費向上を目的とし、蓄えた排熱を加熱対象機器に放熱する蓄熱システムの開発である。化学蓄熱で、従来用いられる蒸発器は、移動体用に装置体積を減少させるために省略した。固液反応による溶解熱を用い、溶液を熱伝達媒体として加熱部に送る。CaCl₂(s)/H₂O(l)反応に着目し、発熱量、発熱速度及び繰り返し性能を測定した。溶解熱は環境温度下で、飽和溶解度まで質量濃度に比例し上昇した。単位質量当たりの発熱量は高濃度に比べ低濃度がより高いことを示した。飽和溶解度下の出力は、初期1分間で5.06 kW/L-H₂Oを得た。50回の繰り返し反応の結果、化学組成に劣化は見られなかった。

キーワード: 蓄熱, 熱物性, 省エネ, CaCl₂, 固液反応

1. 緒 言

低炭素化社会実現に向けた化石燃料消費量の低減化が求められている中、エネルギーの最終形態である排熱の利用拡大が重要課題として挙げられる。また、排熱利用の現状として熱の需要と供給の時間・空間の不整合が問題となっており、その解決手段の一つとして蓄熱技術が考えられる。

蓄熱技術の高性能化を目的に、理論的、実験的に多くの研究がなされてきているが、最も重要な課題として装置起動後の出力最大値までの時間短縮化と装置の省体積化が挙げられる。また一方で、放熱時間と蓄熱時間が大きく異なる要件に対応することが求められる場合が多く、そのため、蓄熱システムの設計には、蓄熱材の選定が重要となる¹⁾。

化学蓄熱は、一般に高い蓄熱量を有し、多くの研究がなされてきた。中でもCaCl₂を用いた水系の化学蓄熱は、多くの報告がなされている。藤岡ら(2001,2006)によりケミカルヒートポンプの反応材としての伝熱性能や冷熱生成などの報告がされている^{2,3)}。冷熱サイクルに比べればCaCl₂の昇温サイクルシステムの報告は少ないが、ケミカルヒートポンプに江崎ら(2012)の

例がある⁴⁾。これらは、固-気反応を用いるため、蒸発器が必要であり、蒸発潜熱分、蓄熱密度が高いが、装置全体の体積が増加する。

一方、反応熱に関する基礎化学的研究に関しても、古くから盛んであり、イオンと水の構造や熱運動に関し、多くの研究がなされている^{5,6)}。CaCl₂の水和反応によるエントロピーや物性値は明らかになった部分が多いが、技術的観点による出力や蓄熱密度の観点からの報告はみられない⁷⁻⁹⁾。

そこで、本研究では、水と金属塩の水和反応を固-液反応にすることにより、蒸発器を用いないCaCl₂を用いた移動体向け高出力・高密度小型蓄熱システムの放熱特性を検討した。固-液反応を利用した蓄熱の実用化は、小型民生用以外では、蓄熱量や放熱速度に課題があるため工業的に例を見ない。小型、高出力、高密度の水和蓄熱システムが可能となれば、移動体向け蓄熱器として、その需要が見込める。たとえば、車への適用を想定すると、蓄熱走行開始後数分間に5~10kW程度¹⁰⁾の放熱することを求められるため気固反応を用いる蓄熱器では、それに応じた大きな蒸発器が必要となる。そのため、蒸発器を必要としないシステム、すなわち液固反応を用いた蓄熱システムを提案する。再生熱に対

[†]Fax:+81 52-789-5428 E-mail:ainy58@energy.gr.jp

JSRAE Annual Conference, Oct., 21-23, 2009, Tokyo, Japan

する発熱量の割合は気固反応を用いたものに比べて小さくても、現在、再利用されていない車などの排熱の利用先としては、必要な場所に、必要な時に必要な速度で供給できる移動体向けの蓄熱として液固反応は有用であると考え。

本研究は、安全で容易に利用することが可能な水と CaCl_2 の水和熱を利用することにより、環境に配慮した新たな蓄熱エネルギーシステムを提案するものである。

本研究は、放熱モードにおいて伝熱速度及び発熱速度が速いシステムを想定し、従来にない固液反応を用いた蓄熱システムによる CaCl_2 の放熱特性を報告する。

記号

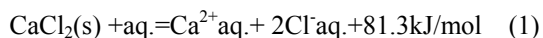
C_p	Specific heat	J/kg/K
F	Flow rate	m^3/s
Q	Quantity of heat	J
T	Temperature	K
T_a	Ambient temperature	
$\Delta T_{\text{out-in}}$	Water temperature differential between the inside and the outside of a reactor	
V	Volume	m^3
ギリシャ記号		
θ_{in}	Temperature of heat exchange fluid at inlet of reactor	K
ρ	Density	kg/m^3
略号		
HEX	Heat exchanger	
TC	Thermocouple	

2. 蓄熱材料の基礎特性

2.1 CaCl_2 の熱サイクル

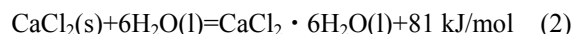
本研究では、 CaCl_2 溶質質量当たりの放熱量ではなく、体積当たりの放熱量の大きさも評価する。

式(1)に CaCl_2 の無限希釈水への溶解熱を示す¹¹⁾。



最大 100°C の溶液出熱を用い、被加熱体に熱供給をしたあと、反応容器に回収した溶液を $200\sim 400^\circ\text{C}$ の排熱を用いて、再生させる。

再生熱量を計算するにあたり、 CaCl_2 の水和エンタルピー値を Pitzer の論文¹²⁾をもとに、作成した CaCl_2 の 6 水和熱サイクル図を Fig. 1 に示す。図中の放熱過程を式(2)に示す。



その結果、式 (1) と式 (2) は、ほぼ同値となった。これは、式(1)の状態は、式(2)の状態とほぼ同じであると考え。

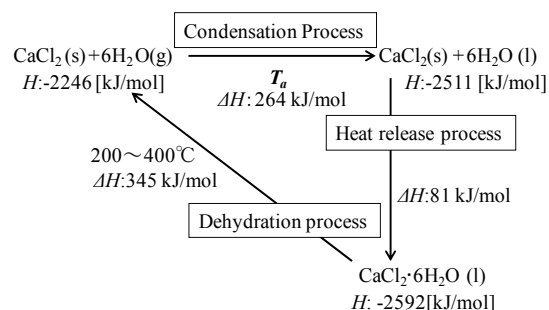


Fig. 1 Proposed hydration reaction cycle of CaCl_2 with $6\text{H}_2\text{O}$

Figure 1 より、 $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ の、無水物処理する際の再生熱に対する水和による発熱量の割合を熱効率と定義する。その結果、 $81 / 345 = 0.235$ となり、 CaCl_2 1mol 当たりの 6 水和の熱サイクルの排熱に対する熱効率は、23.5%である。

2.2 粘性の評価

Figure 2 は、計算データベース¹³⁾と文献値¹⁴⁾を用いて、濃度別に CaCl_2 溶液の粘度 [$\text{mPa} \cdot \text{s}$] と温度 T [$^\circ\text{C}$] の関係を示した。いずれも温度上昇に従い、粘度低下を示す。低温になるに従い、高濃度ほど、粘度が大きく変化することを示している。蓄熱ターゲットに、高出力、高密度を目的とした CaCl_2 の 20°C 下の飽和濃度 43 wt% の濃厚溶液を流すことを想定している本システムに関しては、Fig. 2 と後述の実験結果による Fig. 7 を合わせよむと、43wt% では、1 分後に約 50°C ・粘度 $5 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であり、放熱回収量 65% となる。2 分後は 30°C 程で粘度 $8 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ であ

ることから、高濃度であっても、ポンプの許容範囲内であると考えられる。

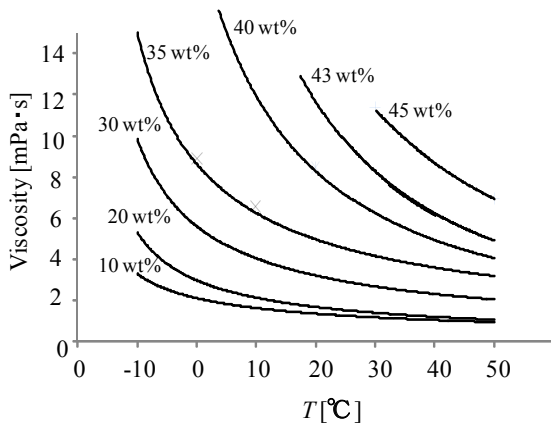


Fig. 2 Viscosity of CaCl_2 .aq concentration versus temperature

2.3 比熱の評価

Figure 3 に、 CaCl_2 の比熱を濃度別の比較として示す。2.2 節、Fig.2 と同じ計算データベースの計算値を用いた。各濃度とも温度増加に伴って、緩慢な比熱の増大が認められる。それ以上に、希薄状態 10wt% に対し、濃厚溶液 40 wt% は 30% ほどの比熱値低下が認められる。比熱が低いほど、素早く温度が上昇すると予測できる。環境温度で素早い熱の放出を目的とし、 100°C 近くまで上昇した熱を蓄熱ターゲットに放出後は、素早く溶液を反応容器に回収するシステムには、溶液の比熱が小さいほうが有利であるため、濃厚溶液を使うほうが妥当であると考えられる。

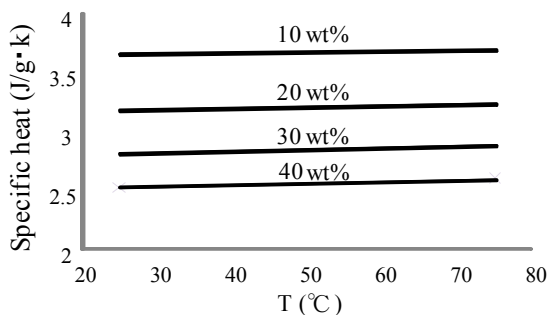
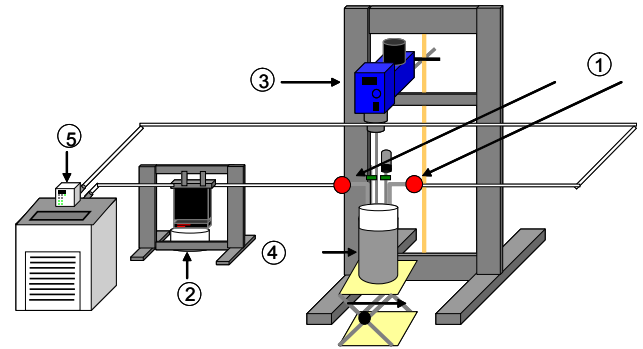


Fig. 3 Relation of CaCl_2 .aq with specific heat and concentration versus temperature

3. 実験装置及び実験方法

3.1 実験装置

発熱量を測定し、溶解熱を得る実験のために製作した装置の概要を Fig. 4 に示す。



1. Temperature sensor 2. Flow monitor
3. Screw agitator 4. Reactor 5. Thermostat bath

Fig. 4 Illustration of experiment device diagrammatic

実験条件

室温 25°C ，大気圧下

塩化カルシウム 関東化学 特級

反応容器内の熱が外部に放出することを避けるために、反応容器はステンレス製デュワー瓶真空断熱容器を用いた。反応容器内に 250°C 下で保温した未使用の CaCl_2 を充填後、密閉性に配慮して、反応容器を熱交換器、攪拌機、熱電対、水の投入管と一体型のシリコン栓で、密閉した。水の投入弁を開け、 20°C 、 100 g の水を投入した。水は水の重力のみによって供給した。熱電対は、反応容器中央に一本と熱交換器外側と反応容器の間に一本設置した。放熱測定は各濃度別におこなった。Figure 5 に反応容器詳細図を示す。

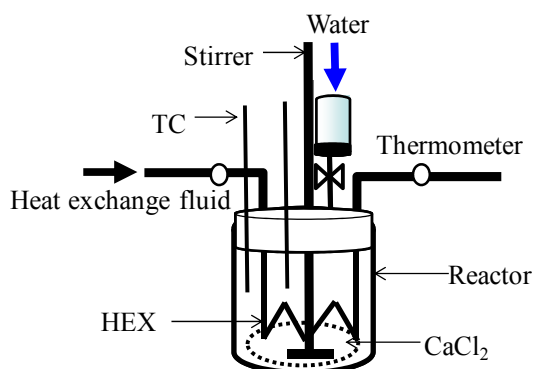


Fig. 5 Detailed drawing of a reactor

Figure 6 に反応容器を上から見た図を示す。4枚羽の攪拌器の上に熱交換器がくるように設置した。

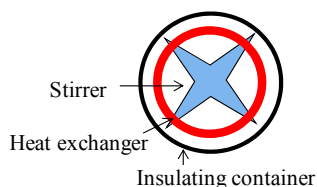


Fig. 6 Overhead view of a reactor

攪拌機の回転速度は 650 rpm で攪拌することにより反応容器内の反応熱を回収し、評価した。反応容器内には管径 3.18 mm、長さ 1 m、材質 SUS304 のチューブから成る内径 40 mm のコイル状の熱交換器内に 20°Cの水を流量約 250 mL/min で流した。熱交換器で回収した熱量は、Fig.4 中④に取り付けられた熱交換器の入口と出口に設置した①の白金測温抵抗体で測定した温度から計算した。出入り口温度差と、熱交換器流体入口に設置した流量計の値は、データロガーを用いて 1 秒毎に測定した。回収熱量は入口温度(T_{in})と出口温度(T_{out})の温度差(ΔT)が 0.1°C以下となるまでの計測値を用いて式(1)から求めた。

$$Q = \int_0^t FC_p \rho \Delta T_{out-in} dt \quad (3)$$

3.2 実験装置の熱回収能力

この装置の熱回収能力を評価するために、温度を変えた温水の熱回収実験を試みた。20°Cを基準とした場合の温水の顕熱量を投入熱量と定義する。 $\theta_{in} = 50^\circ\text{C}$, 60°C , 70°C , 80°C の温水 200 ml を用いて、その熱回収量から、熱交換効率を求めた。温水の各温度の投入熱量に対する回収熱量の比を熱交換率とし、各温度につき 3 回、熱回収実験をおこなった。投入熱量を求める式を式(4)に示す。

$$Q = VC_p\rho (\theta_{in} - 293) \quad (4)$$

この温水の顕熱を投入熱量とし、それに対する回収熱量の比を平均したところ、平均熱交換率は $93.6 \pm 3.5\%$ であった。Table 1 に、その温水熱交換実験結果の割合を示す。

Table1 Efficiency of heat exchange of hot water

Temperature of Hot water [°C]	Heat-exchange efficiency[%]
50	93.6
50	95.6
50	96.4
60	94.5
60	94.8
60	91.2
70	95.2
70	92.0
70	93.3
80	90.3
80	93.2
80	93.6
Average heat-exchange efficiency	93.6

4. 結果及び考察

4.1 CaCl₂の放熱回収量

無限希釈を対象とする CaCl₂ イオン水和の熱量は既知であるが、本研究では、工業的に利用可能な放熱値を検討するため、希薄溶液から、飽和溶解度近くまでの水体积当たりの放熱回収量、出力を測定した。数多い水和研究の中でも、飽和溶液に近い濃厚溶液中の固-液反応に伴う発熱について報告した例はない。実験は、3章に示した装置、手法でおこなった。各濃度にお

ける熱回収量を各濃度にて3点平均して、溶媒単位体積当たり、溶質単位質量当りに換算し、それぞれ Figs. 7, 8 の左軸、右軸に示す。各濃度別の本実験における熱回収量の標準誤差は希薄溶液では、0.33 であるが、飽和溶液では、3.3 となる。この値は測定値に対して十分に小さく、本実験の再現性が良いことと、熱回収量の信頼性が示されたといえる。

Fig.7 より、溶質単位質量基準の発熱量は、濃度が低いほど高くなるが、溶媒単位体積当たりの放熱回収量は、濃度が高いほど高くなるのが分かる。10 wt%における溶質単位質量基準の熱回収量は 0.78 kJ/g-CaCl₂ である。水単位体積基準に換算した発熱量は、飽和溶解度までは溶質の量に比例して増加した。

43 wt%(20°Cの水に対する飽和濃度)で、477 kJ/L-H₂O の熱回収量を得た。

Figure 8 に、CaCl₂ の水和実験による熱回収量と、理論発熱量を示す。理論発熱量は、式(2)で得られた 81 kJ/mol に 6.75 mol/L-water を乗じた値 547 kJ/L-H₂O である。CaCl₂ 濃度 10~30wt% では、熱回収量の実験値と理論発熱量がほぼ一致した。33 wt%以上では、実験値が理論発熱量をはっきりと下回った。CaCl₂ 43wt%の飽和溶解度での熱回収量値は、477 kJ/L-water と、理論発熱量に対して 87%の回収値となった。

飽和溶解度に近い濃厚溶液では、1 g 当たりの CaCl₂ の溶質の発熱量が低下し、熱回収量が理論値よりも下がるのは、イオン水和の相互作用と溶液濃度との関係によるものと考ええる。また、攪拌していても、イオン分子が水分子と完全に水和、溶解せずに 87%程度で疑定常状態となると思われる。

また、理論値よりも実験値が上回ったのは、攪拌機による発熱が含まれていると考える。

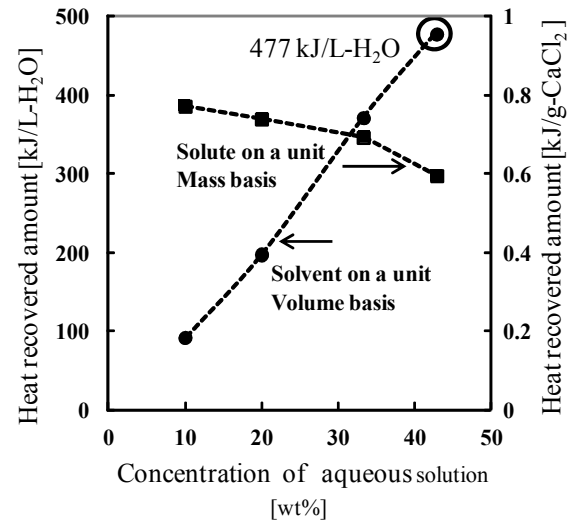


Fig. 7 Relationship between heats recovered amount and concentration

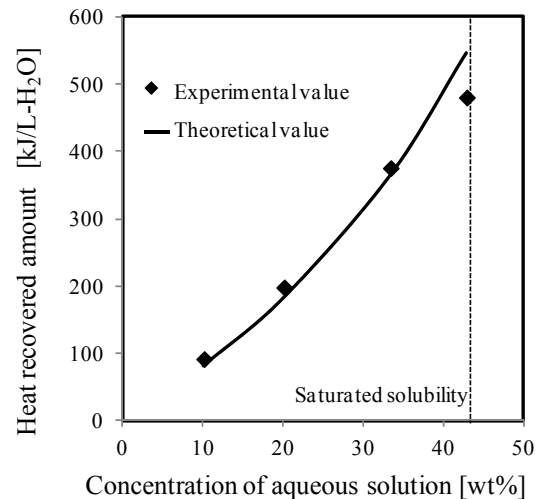


Fig. 8 Comparison of theoretic heat value per CaCl₂ / L-H₂O and experimental heat recovered amount of the system

4.2 出力特性評価

CaCl₂ の溶解熱反応の応答性を見るために、実験にて、放熱の温度の時間変化を観察した。実験は、3章に示す同一実験装置、実験条件、実験方法とした。水和による反応熱の時間経過と温度履歴の結果を Fig. 9 に示す。反応容器中央部の熱電対の温度履歴を実線、反応容器側部の熱電対を破線、熱交換器の熱交換流体の入り口、出口温度の差 ΔT_{out-in} を点線で表す。反応容器中央部は、水和反応後、約 2 秒で最高温

度 99.3°C を計測した。反応容器側部は、5 秒後、95.3 度のピークを記録し、速やかに CaCl_2 は水に溶解し、拡散し、その反応は阻害されなかったと考える。また、熱交換流体は、水を投下後、8 秒後に 38°C 上昇した。反応容器内の熱は、理論発熱量に対し、1 分で約 65 %、2 分で約 87 % を回収した。この値は、熱交換器、反応用器、攪拌翼の熱容量を含んでいる。また、この出力評価における 2 分後の発熱量の理論発熱量に対する割合は、4.1 節における飽和溶液の熱回収量の平均値の割合と同じである。

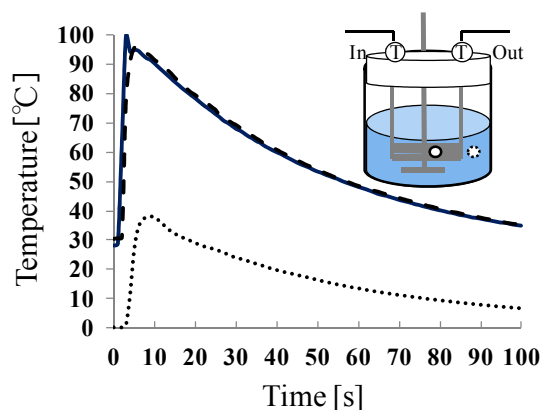


Fig. 9 Heat release temperature of CaCl_2 hydration reaction

Figure 10 には、水溶液濃度と水和開始後各濃度別の初期 1 分間の熱出力の関係を示す。熱出力は、水和開始後、1 分間の熱回収量を 60 秒で割った値である。 CaCl_2 の飽和溶解度である、43 wt% (6.7mol/L-water) での実験の値をもとに、出力を見積もると、初期 1 分間の平均出力は、最大 5.06 kW /L- H_2O となり、実用的な発熱速度が得られると考える。

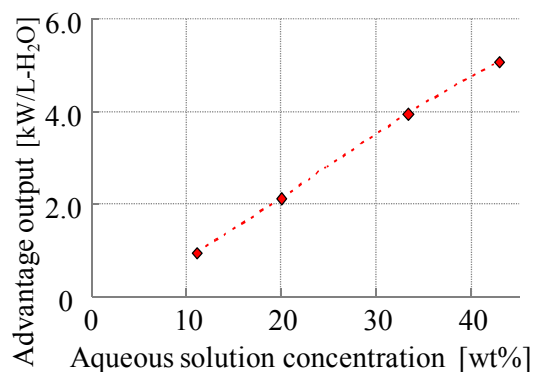


Fig. 10 Advantage output versus aqueous solution concentration during first 1 minute

4.2.1 温水蓄熱システムと化学蓄熱システムの出力評価

Table 2 に、実用化された温水貯蔵システム¹⁰⁾を想定した温水評価実験と CaCl_2 を用いた化学蓄熱の装置体積当たりの蓄熱密度と平均出力の比較評価結果を示す。この評価は、温水、 $\text{CaCl}_2\cdot\text{aq.}$ ともに Fig. 4 と同じ実験装置、実験条件とした。温水蓄熱システムの評価は、温水は 80°C、100 ml を投入し、熱回収することで、温水の放熱性能を評価した。本評価では温水蓄熱システムと化学蓄熱システムは共に水 1 L を利用する蓄熱システムとして実験値を換算した。上述の 3L のタンクを持つ蓄熱装置は総体積 5.5L であることから、1 L のタンクを持つ温水蓄熱装置の総体積はタンク容量に比例すると仮定して 1.8L 程度と試算した。

対して、本稿で提案する化学蓄熱装置は、水 1 L を納めるタンクと水 1 L のときの CaCl_2 飽和水溶液体積 1.26L を納める反応容器との合計 2.26L を装置体積として仮定した。その結果、本研究で得られた CaCl_2 を用いた溶解反応による蓄熱密度に対し、温水蓄熱システムの装置体積当たりでみた蓄熱密度は 1.4 倍となった。また、初期 1 分間の平均出力は温水蓄熱の出力の 1.5 倍となった。結果より、本システムは温水顕熱蓄熱に対し、体積基準では優れた性能を有すると評価した。

Table 2 The comparison of chemical storage and hot water storage of CaCl_2

	Storage density [kJ/L- equipment]	First 1min output average per device size [kJ/L-equipment]
CaCl ₂ .aq	191	2.24
Hot water	136	1.31

4.3 繰り返し性能

CaCl₂ の水和時の放熱量の繰り返し性能について、実験した結果を Fig.11 に示す。水 200ml に 50g の CaCl₂ を反応させ、溶解状態の CaCl₂(s)/H₂O(l)を 250℃下で 24 時間加熱をした。50 回の繰り返し実験を行ったところ、放熱量の低下は認められなかった。変動範囲は、5%以内であった。また、Fig. 12 に示すように XRD による成分分析でも実験前と繰り返し実験後に成分の変化も認められなかった。

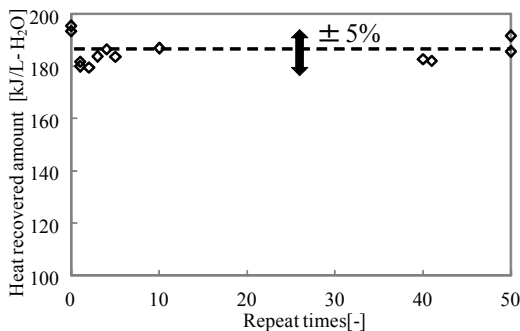


Fig. 11 Replayed heat recovered amount of CaCl₂

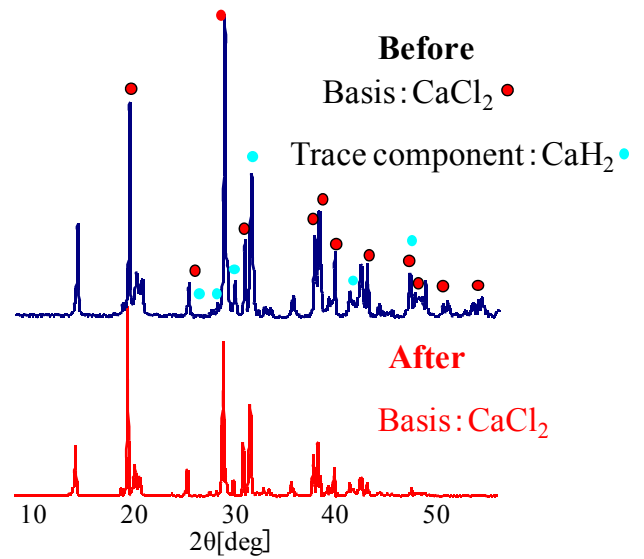


Fig. 12 XRD assay of fresh CaCl₂ and CaCl₂ after 50 cycles

5. システム検討

Figure 13 に提案する移動体向け蓄熱システム概略図を示す¹⁵⁾。本研究では、小型高出力・高密度の装置をめざすが、ここでの検討では、簡単のため凝縮器や配管などの付属設備の体積は考慮せず、反応器の体積のみを装置体積として考える。

Figure13 は、蒸発器を排除し、物質を充填した反応容器に水を投入し、イオン結晶 (CaCl₂) を溶解させ、水溶液をポンプで被加熱物に送り込み放熱させるシステムである。

水槽から H₂O(l)を、無水 CaCl₂(s)を設置した反応容器へ供給し、溶解させる。2 分程度で溶解熱を回収し、排熱 (200~400℃) を用い、20 分での再生をおこなうことを目標とする。溶解熱は熱媒体として蓄熱ターゲットに直接供給する。その後、反応容器まで、CaCl₂ 溶液を戻す。戻った溶液は、排熱によって、無水 CaCl₂ にまで再生させる。

このとき、CaCl₂.aq は無水 CaCl₂(s)と H₂O(g) に分離し、H₂O(g)は環境下で液体まで凝縮させる。環境温度によって凝縮させるため、凝縮エネルギーを必要としない。凝縮した液体を、再生した無水 CaCl₂(s)に投下することで、高い溶解出力を得る。排熱と環境温度による凝縮を利

用し、溶解熱を取り出すことにより、熱の有効利用となる。反応して生じた水溶液自体を熱交換流体として用いるため、熱回収用の熱交換器を必要としない。故に、蒸発器の体積・熱回収用の熱交換器の体積削減によって装置を小型化することができ、かつ蒸発器の蒸発律速・熱交換器の熱交換律速に影響を受けないため出力の向上を可能にする。そして、熱交換流体として戻ってきた溶液を、排熱によって再生するシステムとした。また、本システムは、直接、被加熱物に熱媒体を送り込むため、温度低下時の溶質の析出も考えられるが、送液ポンプの工夫など素早い熱媒体回収を確保することにより、実用上問題にならないと考える。

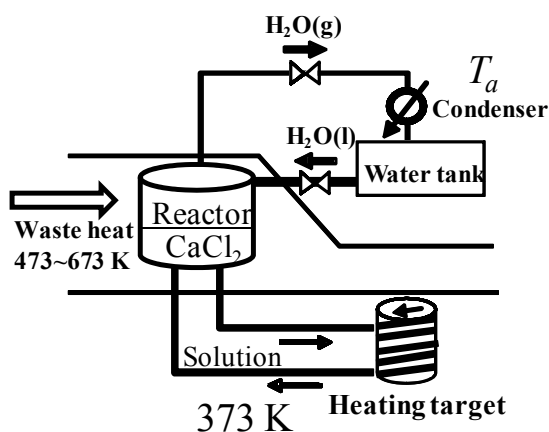


Fig. 13 Schematic drawing of the heat storage system

6. 結言

移動体用の高効率蓄熱システムとして化学蓄熱システムを提案し、 CaCl_2 水和反応の放熱特性を実験値と物性値により評価した。実験の結果、 CaCl_2 43 wt%の放熱量は5 kW/L- H_2O 以上あることが確認され、装置体積換算すると、平均出力2.24 kW/L-eq.と本蓄熱材が温水蓄熱より有効な蓄熱性能をもつことが示された。

本実験により CaCl_2 による水単位体積基準発熱量は飽和溶解度まで水溶液の濃度に比例するが、単位質量当たりの発熱量は低下することを示した。また、本システムで用いた縦型反応器

による出力評価では蓄熱材の熱的応答性は2秒であった。さらに、50回の繰り返し実験後、溶質の材料劣化は確認されなかった。43 wt%の飽和溶解度時に水1 L体積当たり477 kJ/L- H_2O の発熱量を見込めることが予測できた。出力特性評価としては、飽和溶解度43wt%で、初期1分間で5.06 kW /L- H_2O の平均出力が見込まれる。物性値とあわせて検討した結果、移動体向けの蒸発器のないシステムにおいての、 CaCl_2 溶解熱は、適用可能と考える。

References

- 1) Saito, Y., Proposal of A New Chemical Heat Pump, *Monthly J. Inst. of Industrial Science*, 1986, **38**(10), pp.459-465. (in Japanese)
- 2) Yoshino, H., Hidenori, I., Fujioka, K., and Hirata, Y., Development of multipurpose chemical Heat Pump for Cold-heat Generation and Low Temperature Condensation using Hydration Reaction, 2001, *J. Soc. Mechanical Eng*, No.01-9, Nov, 3-4, (in Japanese)
- 3) Fujioka, K., High Thermal Conductive Reactant for Chemical Heat Pump, 2006, *J.HTSJ*, **45**, pp.40-44
- 4) Esaki, T., Kito, K. and Kobayashi, N., Evaluation of output performance of Heat Upgrading Operation with Hydration Chemical Heat pump, 2012, Proceedings of 2012 JSRAE annual conference, Tokyo, pp. 247-248. (in Japanese)
- 5) Samoilov, O. Ya. (Translated from Russian by Uedaira, H.), "Hydration of Ions in Aqueous Solution", 1976, pp. 1,82, Chijinskyokan,
- 6) Neveu, P., and Casting, J., Solid-Gas Chemical Heat Pumps: Field of Application and Performance of The Internal Heat of Reaction the Internal Heat of the Internal Heat of Reaction Recovery Process *Heat Recovery systems & CHP*, 1993, **13**(3), pp.233-251 .
- 7) Meunier, F., A comparative thermodynamic study of sorption systems: second low analysis, *Int.J.Reflig.*, 1996, **19**(16), pp. 414-421,
- 8) Christv, C., Velikova, S. and Ivanova, K., Study of $(m_1\text{LiX} + m_2\text{CaX}_2)(\text{aq})$ where m_i denotes molality and X denotes Cl, or Br at the temperature 298.15 K, *J.Chem.Thermodyn.*, 2000, **32**, pp. 1505-1512,
- 9) Zheng, D., Wenfang, X., Voigt, W. and Yin, X., Thermodynamic study of the system $(\text{LiCl} + \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O})$ *J.Chem.Thermodyn.*, **40**, pp.1157-1165, 2008
- 10) Miyata, Y., Morikawa, T., Ito, S. and Toyoshima, T., Denso Tec. review, 2005, **10**(1), pp. 88-95, (in Japanese)

- 11) Sinke, G.C. and Mossner. E.H., Enthalpies of solution and chloride and its lower hydrates, *J.Chem*, 1985, **17**, pp. 893-8 ,
- 12) Pitzer, K.S., Thermodynamics of Calcium Chloride in Highly Concentrated Aqueous Solution and in Hydrated Crystals, *J.sol.Chem, J. Solution Chem.*, 1993, **22**, pp. 99-105,
- 13) Fukui, H., “ Physical properties of chemical substances used on Excel CD-ROM ” , 1999, Maruzen Syuppan ,
- 14) CaCl₂HANDBOOK,
[http://www.prog-univers.com/IMG/pdf/CalciumChloridHandbook.pdf#search='CaCl₂HANDBOOK+DOW](http://www.prog-univers.com/IMG/pdf/CalciumChloridHandbook.pdf#search='CaCl2HANDBOOK+DOW) (June,2014)
- 15) Fuse, T., Inoue, S., Kobayashi, N., Osaka, Y., Kito, T., Takahashi, K., and Hayase, T., “Storage System” (Chikunetsu Souchi) , 2010, Japanese Patent Publication number 2010-223575

Study on Compact and High Power Storage System by Means of a Liquid-Solid Reaction System using CaCl_2 and Water for a Motive Use

Ai NIWA^{*†}Noriyuki KOBAYASHI^{*}

^{*}Graduate School of Engineering, Nagoya University
(1 Furocho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi 464-0814)

Summary

In this study, we have developed a heat storage system, which is able to store waste heat and release it to an appropriate heating equipment elsewhere, in order to improve utility of waste heat and thus reduce environmental pollutants. The heat of solution of a solid-liquid reaction was adopted for the heat storage system. In this system, the reactant was also used as heat transfer medium and being sent to heating parts. Therefore, the evaporator that has been used in conventional chemical heat storage can be omitted to reduce the device size and for motive use. The heat value, heat release rate and cyclic performance of $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$ system were measured. The results indicated that the heat of solution was proportional to the mass concentration as far as the reaction reached its saturation solubility under ambient temperature. In addition, the heat value per unit mass was higher at lower concentration than that at higher concentration. During the first 1 minute, the heat output of 5.06kW/L- H_2O was obtained for $\text{CaCl}_2(\text{s})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ when the reaction reached its saturated solubility. It was found no degradation in chemical composition after 50 times of cyclic operation.

Keywords: Thermal storage, Thermo physical property, Energy saving, CaCl_2 , Solid-Liquid reaction