



低温化学蓄熱を目指した 無機水和物反応系に関する研究

*Study on Reversible Reaction of Inorganic Hydrates
for Low-temperature Chemical Heat Storage*

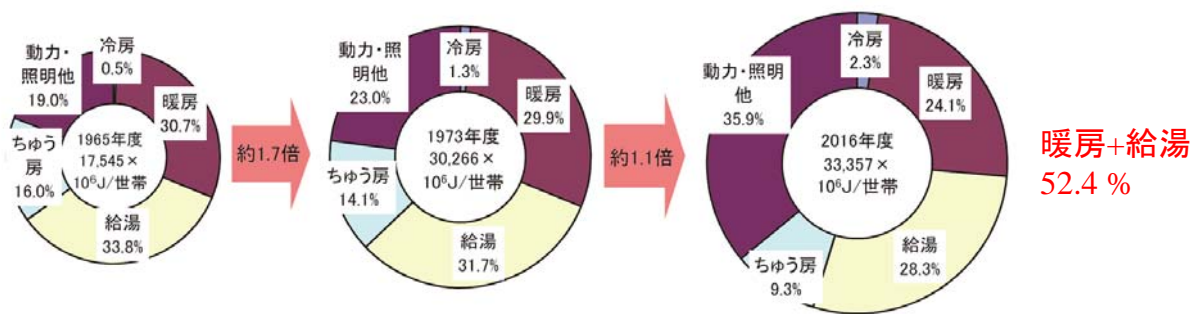
名古屋大学 大学院工学研究科 化学システム工学専攻

窪田 光宏

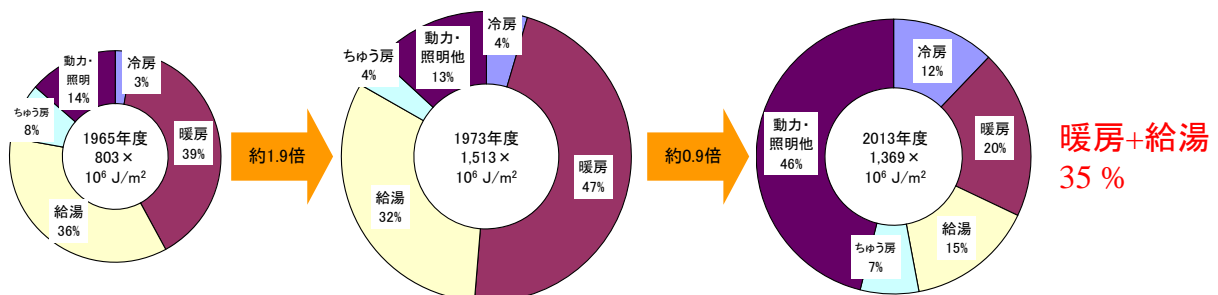


低温蓄熱 (~100 °C) の必要性 ~家庭・業務他部門のエネルギー消費~

世帯当たりのエネルギー消費原単位と用途別エネルギー消費の推移



単位床面積当たりのエネルギー消費原単位と用途別エネルギー消費の推移



低温蓄熱の実現に向けて

◆ 低温化学蓄熱の実現に向けて

100 °C以下の低温熱エネルギーの高度利用が必須

蓄熱・ヒートポンプ技術

顕熱蓄熱 (物質の温度変化を利用)
潜熱蓄熱 (物質の相変化を利用)
化学蓄熱 (化学反応熱を利用)

⚠ 蓄熱密度が小さく、装置サイズが大

高い蓄熱密度を持つ蓄熱材料の開発が不可欠
(500 kJ/kg ~ 1,000 kJ/kg)

○ 本研究では

無機水和物の融解・化学反応 に着目

- ◎ 比較的低温で融解・脱水を生じる
- ◎ 水、有機物に比べて単位重量当たりの吸・発熱量が大きい
- ◎ 水、有機物に比べて密度が高い ⇒ 高密度化が容易



低温化学蓄熱用材料の探索

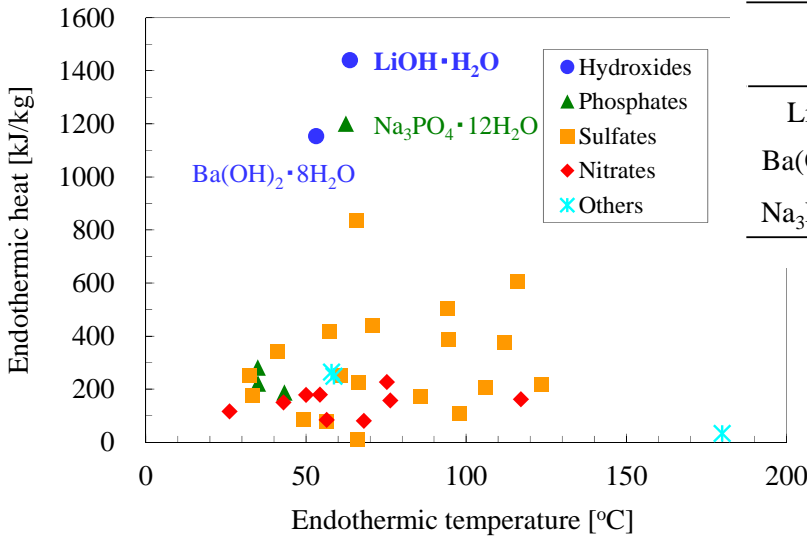
探索手法: 示差走査熱量計 (DSC)により各種水和物(硫酸塩, 硝酸塩, 炭酸塩, リン酸塩, 水酸化物塩)の吸熱温度・吸熱量を測定

	Sample		Endothermic temperature [K]	Endothermic heat [kJ/kg]	Density [$\times 10^{-3}$ kg/m ³]	Heat storage density [MJ/m ³]	
	Starting material	Product material					
	H ₂ O (s)	H ₂ O (l)	273.15	333.00	0.92	306.36	
Sulfates	1	Li ₂ SO ₄ ·H ₂ O	Li ₂ SO ₄	385.03	374.08	2.22	830.84
	2	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O (s)	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O (l)	306.53	174.89	1.46	255.34
	3	BeSO ₄ ·nH ₂ O	BeSO ₄	339.62	224.88	1.71	385.23
	4-1	MgSO ₄ ·7H ₂ O	1st MgSO ₄ ·6H ₂ O	322.28	86.71	1.68	145.67
	4-2		2nd MgSO ₄ ·H ₂ O	348.75	305.23	1.68	658.46
	5	CaSO ₄ ·0.5H ₂ O	CaSO ₄	379.15	206.05	-	-
	6	CaSO ₄ ·2H ₂ O	CaSO ₄	389.18	606.89	2.32	1407.98
	7-1	Al ₂ (SO ₄) ₃ ·14-18H ₂ O	1st Al ₂ (SO ₄) ₃ ·nH ₂ O	329.49	77.73	-	-
	7-2		2nd Al ₂ (SO ₄) ₃ ·nH ₂ O	372.60	343.18	-	-
	8	Cr ₂ (SO ₄) ₃ ·nH ₂ O	Cr ₂ (SO ₄) ₃ ·nH ₂ O	370.93	109.59	-	-
	9	MnSO ₄ ·5H ₂ O	MnSO ₄ ·H ₂ O	343.97	439.29	-	-
	10-1	FeSO ₄ ·7H ₂ O	1st FeSO ₄ ·4H ₂ O	314.26	342.85	1.90	651.42
	10-2		2nd FeSO ₄ ·H ₂ O	351.31	280.51	1.90	1184.38
	11	Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·nH ₂ O	Fe ₂ (SO ₄) ₃ ·4H ₂ O	358.86	170.64	-	-
	12-1	CoSO ₄ ·7H ₂ O	1st CoSO ₄ ·6H ₂ O	333.86	249.12	1.95	485.79
	12-2		2nd CoSO ₄	398.49	331.13	1.95	1131.49
	13	NiSO ₄ ·6H ₂ O	NiSO ₄ ·H ₂ O	367.24	504.93	2.03	1025.52
	14-1	CuSO ₄ ·5H ₂ O	1st CuSO ₄ ·3H ₂ O	330.59	417.35	2.28	951.57
	14-2		2nd CuSO ₄ ·H ₂ O	372.84	433.23	2.28	1929.33
	15	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	ZnSO ₄ ·H ₂ O	338.89	834.54	1.97	1644.04
16	Y ₂ (SO ₄) ₃ ·8H ₂ O	Y ₂ (SO ₄) ₃	339.19	585.75	-	-	
17	La ₂ (SO ₄) ₃ ·9H ₂ O	La ₂ (SO ₄) ₃ ·5H ₂ O	367.57	385.21	-	-	
18	Ce ₂ (SO ₄) ₃ ·nH ₂ O	Ce ₂ (SO ₄) ₃ ·4H ₂ O	396.80	216.48	-	-	
Nitrates	19	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	Mg(NO ₃) ₂ ·2H ₂ O	348.48	226.14	1.64	370.87
	20	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O (s)	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O (l)	316.13	149.20	1.86	277.52
	21	Al(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	Al(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O	349.52	157.04	-	-
	22	Mn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O (s)	Mn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O (l)	299.29	116.04	1.82	211.19
	23	Fe(NO ₃) ₂ ·9H ₂ O (s)	Fe(NO ₃) ₂ ·9H ₂ O (l)	323.23	178.31	1.68	299.56
	24	Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O (s)	Ni(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O (l)	327.54	178.86	2.05	366.66
	25	Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O (s)	Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O (l)	390.27	161.29	2.05	330.64
	26	La(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O	La(NO ₃) ₃ ·3H ₂ O	341.25	79.94	-	-
	27	Ce(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O	Ce(NO ₃) ₃ ·3H ₂ O	329.63	83.61	4.37	365.38
	28	Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	Na ₃ PO ₄ ·2H ₂ O	335.65	1200	1.62	1944.00
Phosphates	29	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O (s)	Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O (l)	308.23	220.98	1.52	335.89
	30	NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O (s)	NaH ₂ PO ₄ ·2H ₂ O (l)	316.42	187.13	-	-
Hydroxides	31	LiOH·H ₂ O	LiOH	336.82	1440	1.51	2174.40
	32	Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O	Ba(OH) ₂ ·H ₂ O	326.32	1153	2.18	2514.27
Others	33	MnCO ₃ ·nH ₂ O	MnO	453.11	32.74	3.13	102.31
	34	CH ₃ COONa·3H ₂ O (s)	CH ₃ COONa·3H ₂ O (l)	331.89	248.11	1.48	367.20



低温化学蓄熱用材料の探索

探索手法: 示差走査熱量計 (DSC) により各種水和物 (硫酸塩, 硝酸塩, 炭酸塩, リン酸塩, 水酸化物塩) の吸熱温度・吸熱量を測定



	吸熱温度 [°C]	吸熱量 [kJ/kg]
LiOH·H ₂ O	64.13	1,440
Ba(OH) ₂ ·8H ₂ O	53.17	1,153
Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O	62.50	1,200

- ・ 吸熱量の大小
- ・ 安全性
- ・ 反応系の単純さ

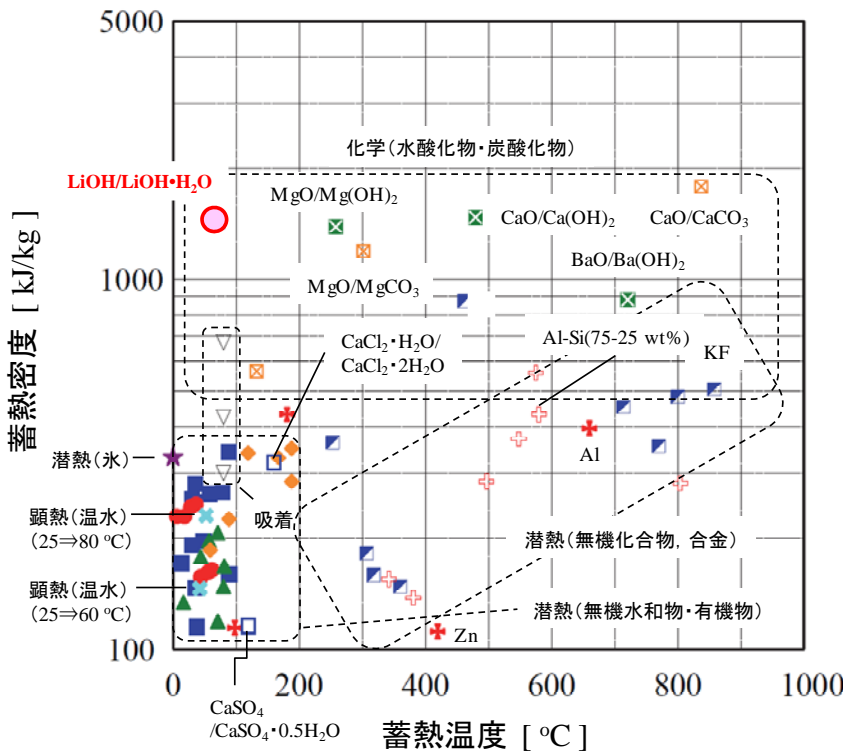


LiOH·H₂O(s)=LiOH(s)+H₂O(g)
を候補材料として選定

Relationship between endothermic temperature and endothermic heat for various inorganic hydrates



蓄熱技術のエネルギー貯蔵密度



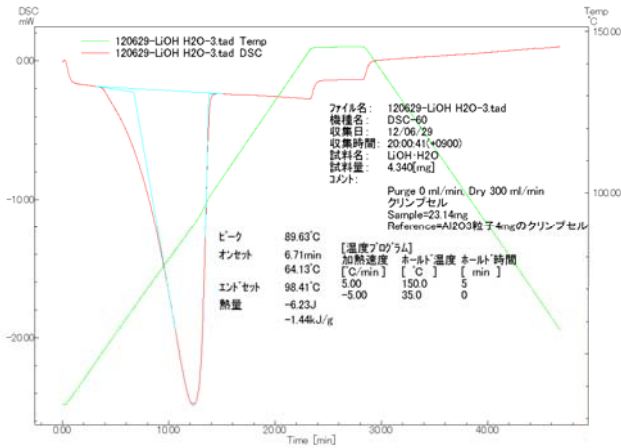
- 頭熱 * H₂O
- 潜熱 * H₂O
- 潜熱 * 無機水和物
- 潜熱 * パラフィン
- 潜熱 * 脂肪酸
- 潜熱 * 多価アルコール
- 潜熱 * 無機化合物
- 潜熱 * 金属
- 化学 * 吸着
- 化学 * 水酸化物
- 化学 * 炭酸化物

温水: 147 kJ/kg (25⇒60 °C)
231 kJ/kg (25⇒80 °C)
氷: 333 kJ/kg (0 °C)



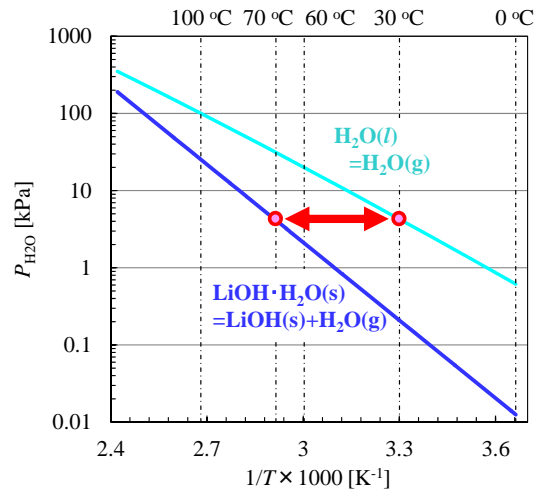
LiOH·H₂O=LiOH+H₂O反応の基礎特性

～ DSCカーブ ～



吸熱温度	オンセット	ピーク	エンドセット
	64.13 °C	89.63 °C	98.41 °C
吸熱量	1,440 kJ/kg		

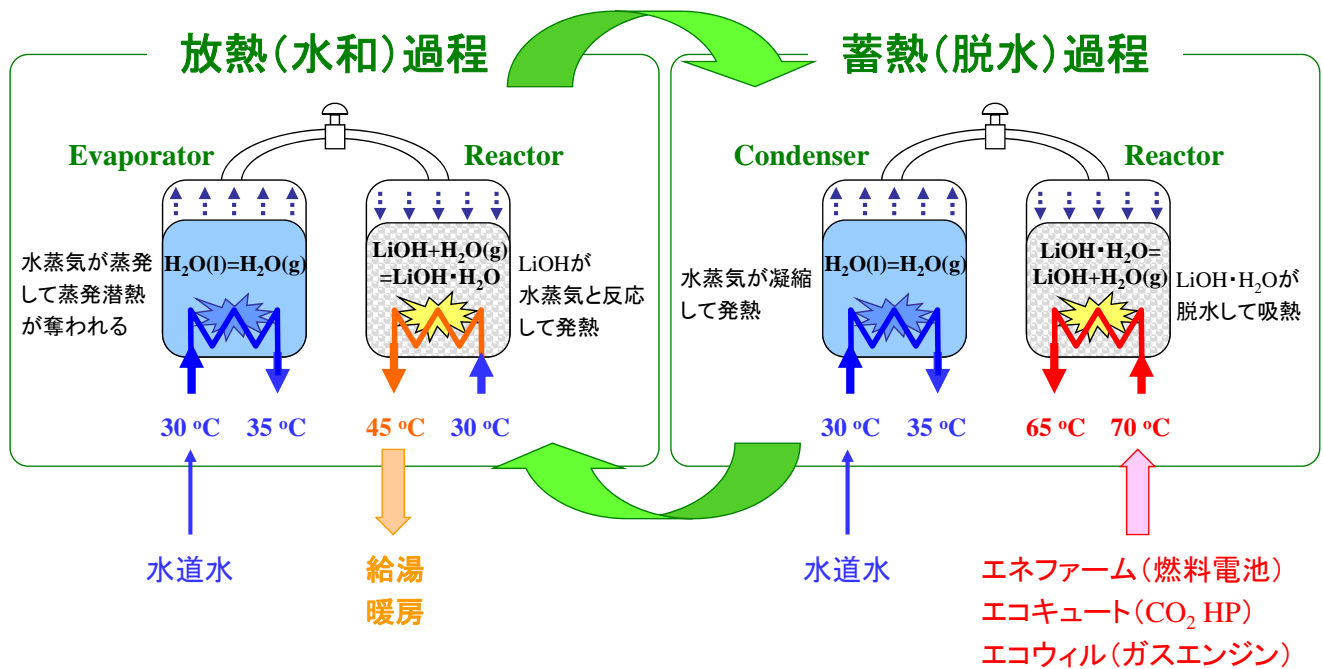
～ P-T 線図 ～



100 °C以下の低温熱の高密度
化学蓄熱材料として有望
(貯湯槽代替など)



LiOH/LiOH·H₂O系化学蓄熱の基本動作



- 放熱(水和反応)と蓄熱(脱水反応)を交互に繰り返すことによって稼動(バッチ操作)
- 連続的に冷熱出力を得るには最低2つの反応器を用いる必要がある
(1つだけの反応器では蓄熱過程中に利用熱が得られない)



ご質問・お問合せ先

名古屋大学 大学院工学研究科 化学システム工学専攻
先進化学工学システム講座 化学エネルギーシステム工学

窪田 光宏

E-mail: kubota.mitsuhiro@material.nagoya-u.ac.jp



※)本スライドは作成時の実験データの取得状況により、論文等で最終的に発表したDataと異なる可能性があることをご了承ください。

