

排熱利用に有効な ケミカルヒートポンプ

東京工業大学 原子炉工学研究所

エネルギー工学部門 助教 劉 醇一

E-mail: cyliu@nr.titech.ac.jp

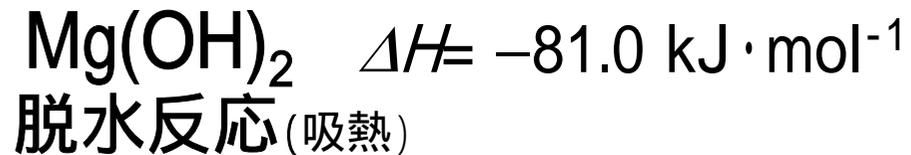
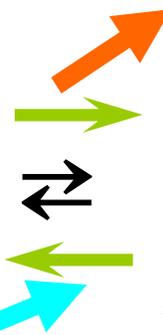
背景： 化学蓄熱によるエネルギーの貯蔵と供給

二酸化炭素排出規制や近年のエネルギー問題解決に向け、
効率的なエネルギーシステムが必要。

酸化マグネシウム/水系 ケミカルヒートポンプ

➤ 可逆的な化学反応

水和反応 (発熱)



蓄熱

に伴う発熱・吸熱現象を利用し、蓄熱・熱供給を行うシステム

長期に渡る熱貯蔵が可能

潜熱蓄熱に比べて蓄熱密度が大きい

騒音・振動がない

蓄熱操作温度は350 以上

→ 余剰排熱の有効利用・エネルギー高度利用

新規化学蓄熱材の開発

エンジンの排ガス温度, コージェネレーションシステム等の排熱温度である 100 ~ 250 の熱エネルギーを蓄熱できれば, 未利用熱エネルギーの有効利用につながる.

化学蓄熱材に求められる性能

目標温度(100 ~ 250)で脱水反応が進行

水和反応に対して活性を持つ

材料そのものの安全性

繰り返し耐久性

特許内容：新しい化学蓄熱材の特徴

～これまでの成果～

200～300 で脱水可能な材料

(1) マグネシウム - 遷移金属系複合水酸化物 (特開2007-309561)



原子レベルの複合による新たな反応性の発現に成功 (右図)

(2) 金属塩添加水酸化マグネシウム (特開2009-186119)



水酸化マグネシウム表面に塩化リチウムを添加することによる反応性の向上

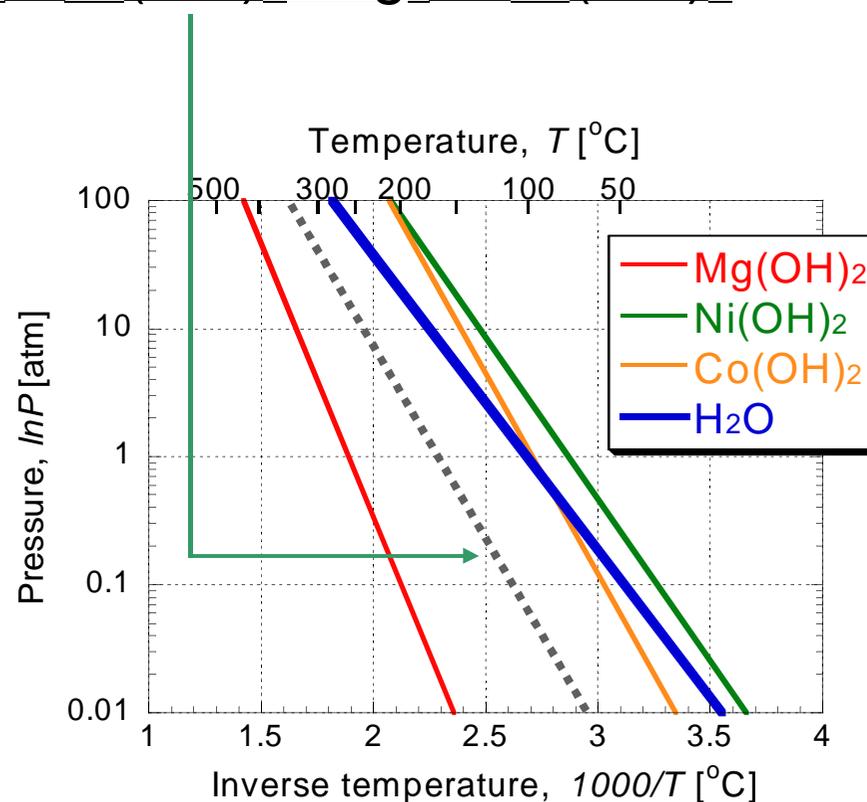
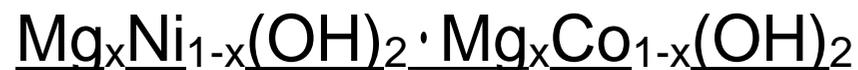


Fig. 各水酸化物の熱平衡線図

複合水酸化物の脱水挙動

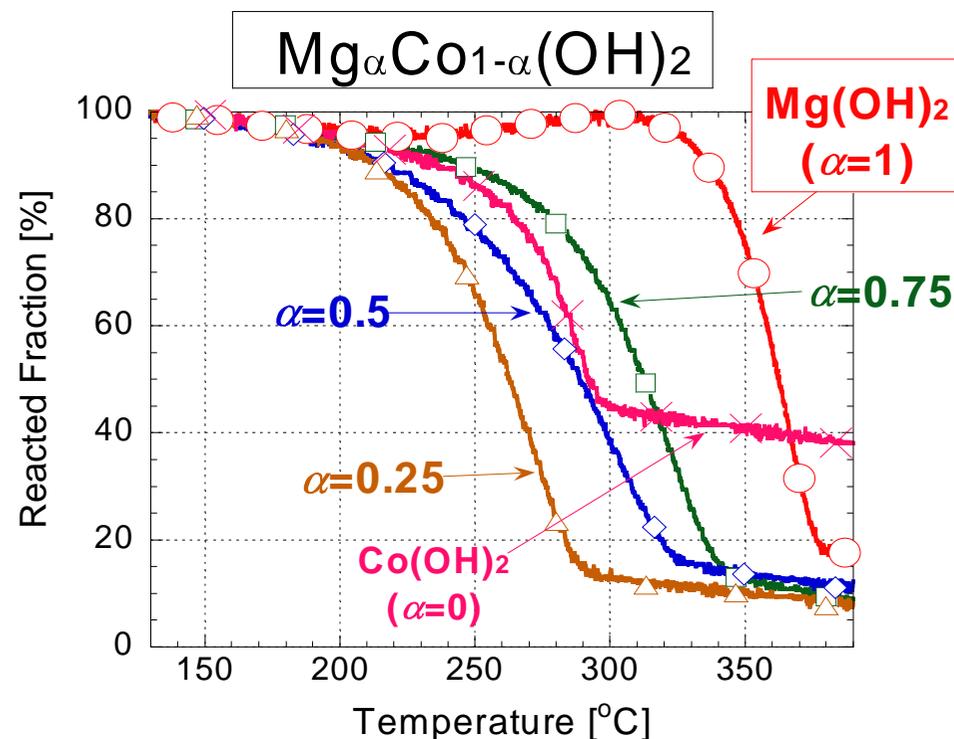
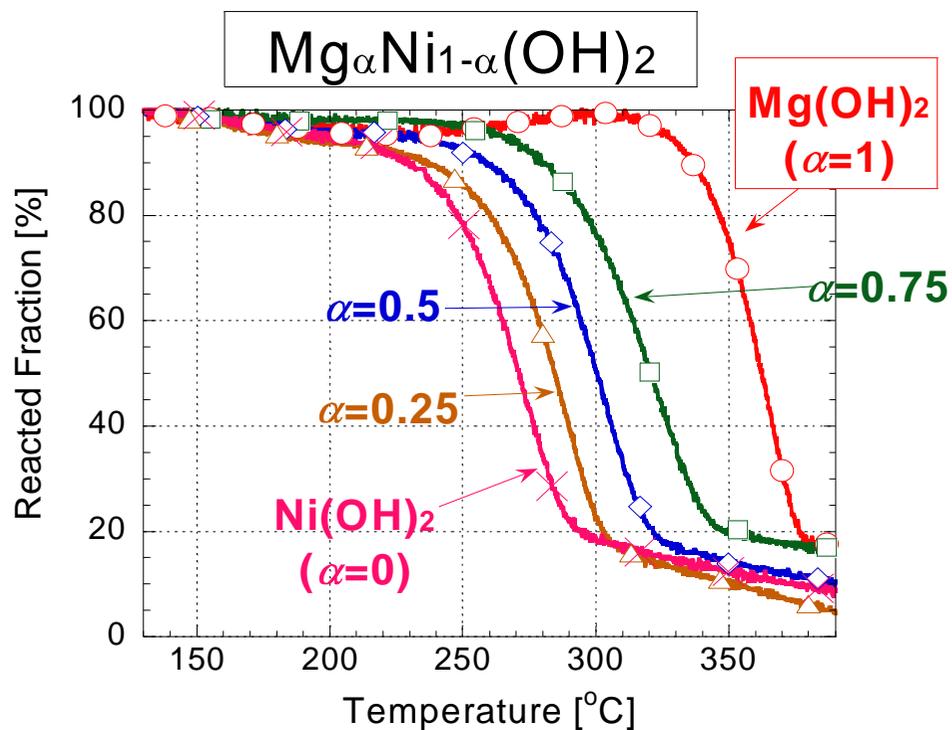
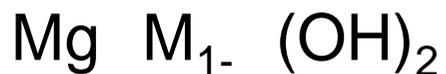
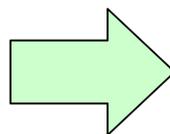


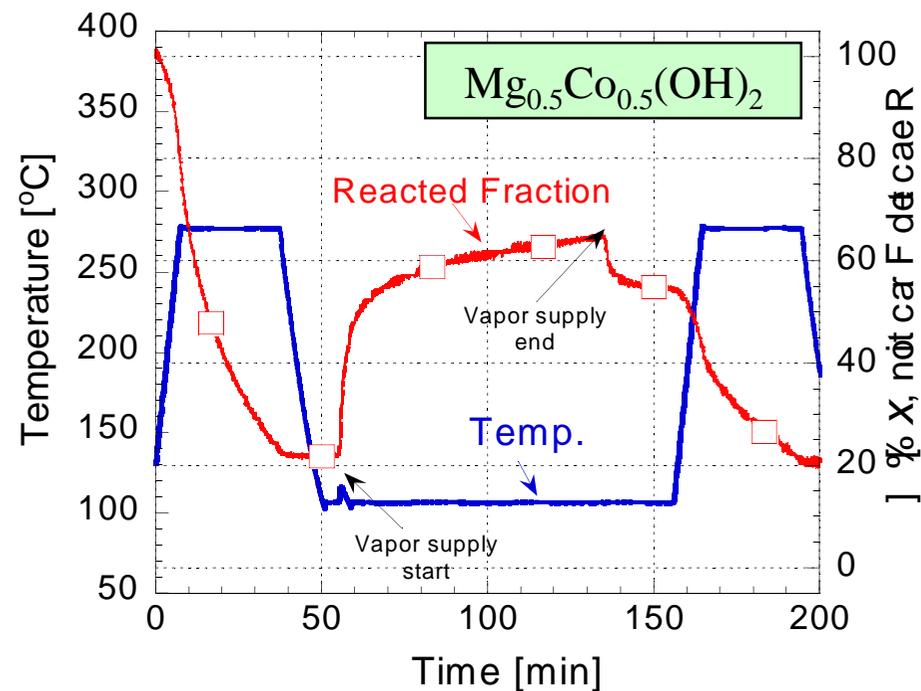
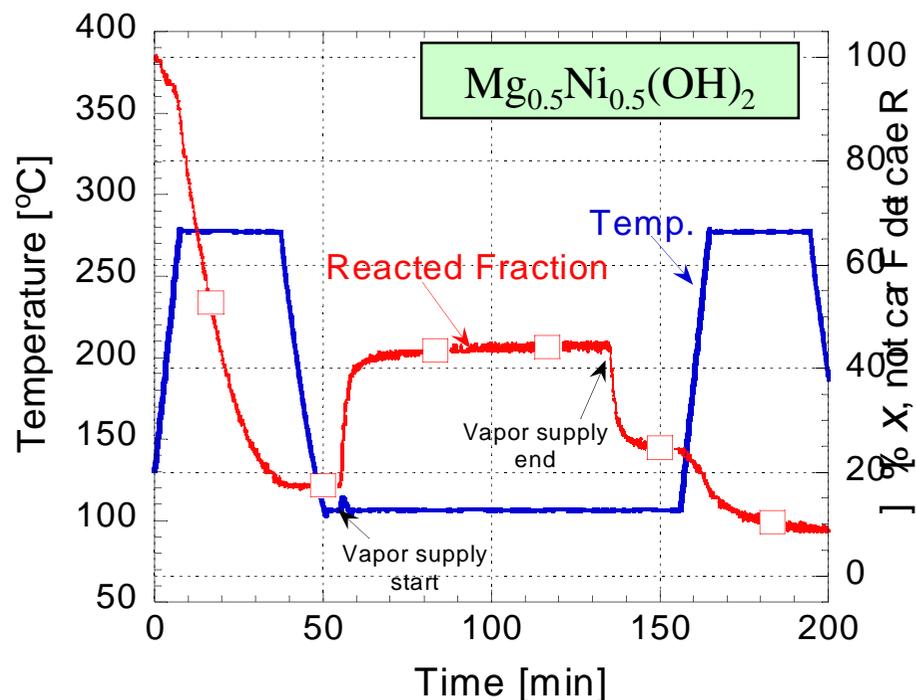
Fig. Dehydration curves of mixed hydroxides

遷移金属イオンの複合により水酸化マグネシウムの脱水開始温度が低下



複合水酸化物は、水酸化マグネシウムよりも低温条件で蓄熱操作が可能

複合水酸化物の脱水反応と水和反応

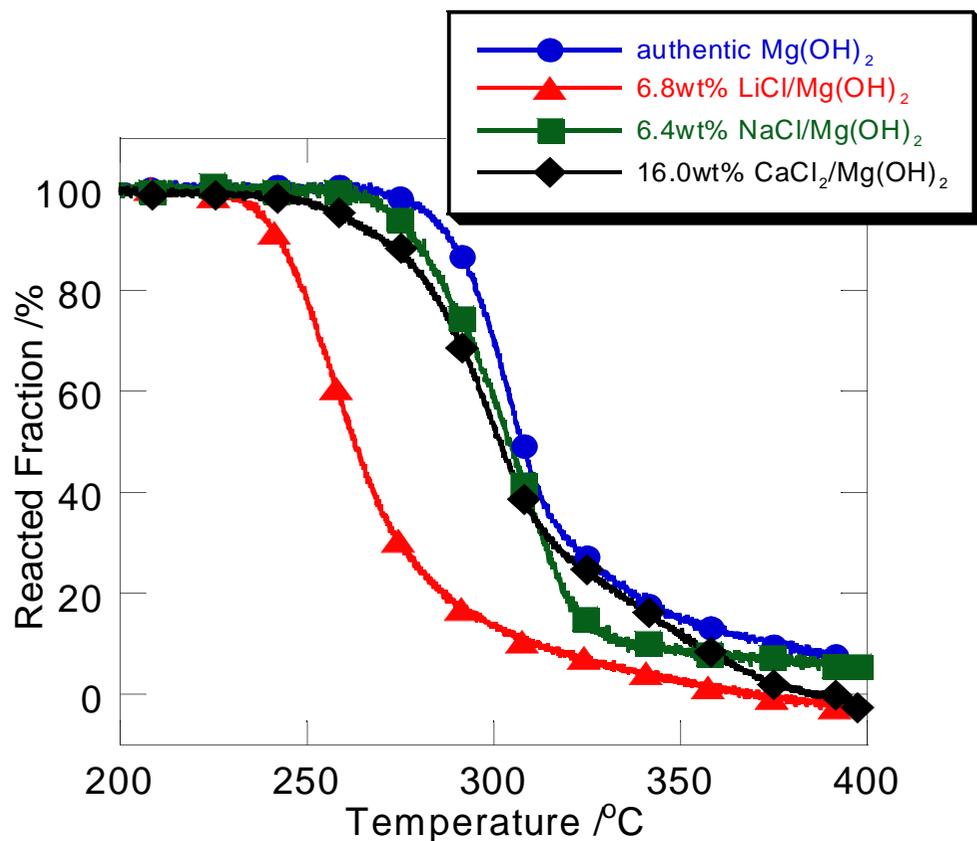


	T_d	Δx_d	Δx_1	Δx_2
$\text{Mg}(\text{OH})_2$	280	3.1%	0.3%	2.9%
$\text{Mg}_{0.5}\text{Ni}_{0.5}(\text{OH})_2$	280	82.4%	7.3%	19.1%
$\text{Mg}_{0.5}\text{Co}_{0.5}(\text{OH})_2$	280	77.9%	32.8%	9.6%

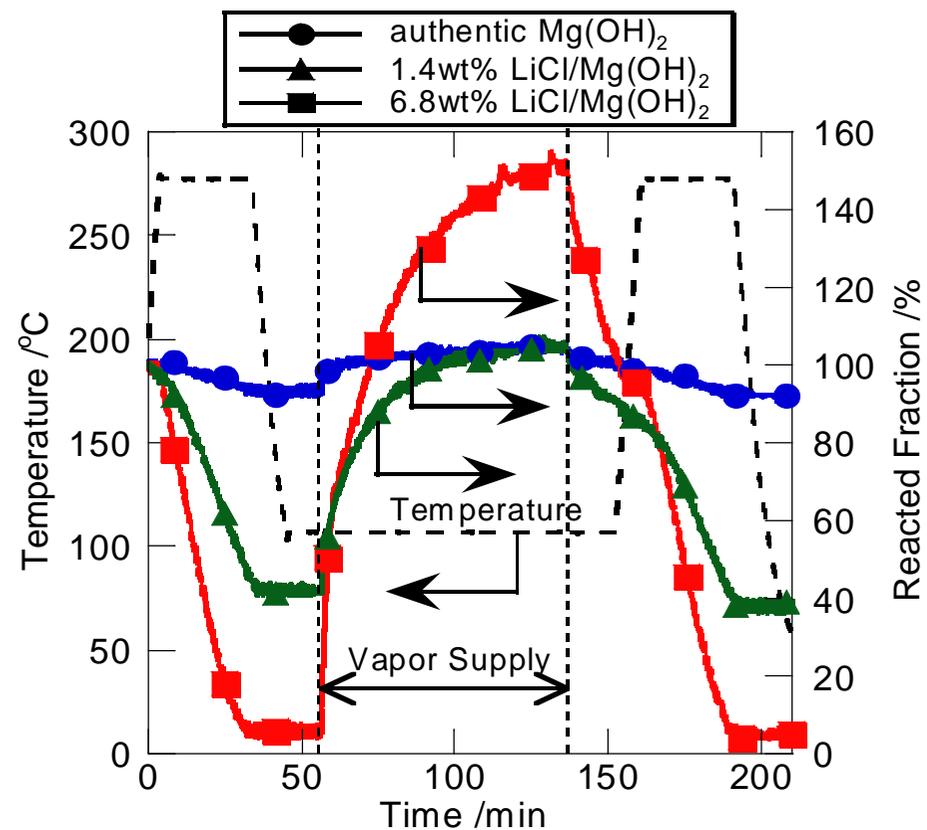
✓ $\text{Mg}_{0.5}\text{Co}_{0.5}(\text{OH})_2$ は、280 で蓄熱操作が可能な新たな化学蓄熱材

Higher than authentic $\text{Mg}(\text{OH})_2$ and $\text{Co}(\text{OH})_2$

金属塩添加水酸化マグネシウムの反応性



金属塩添加水酸化マグネシウムは、水酸化マグネシウムよりも低温条件下で蓄熱操作が可能



塩化リチウム添加水酸化マグネシウムは、280 で蓄熱操作を行なった後に、水和反応活性を持つ

これまでに開発した化学蓄熱材の蓄熱密度

～ 反応条件 ～

蓄熱操作 (脱水反応): 280 , 30分

熱出力操作 (水和反応): 110 , 80分, 水蒸気圧57, 8 kPa

Sample	Heat storage capacity	
	/kJ kg ⁻¹	/MJ m ⁻³ (a)
authentic Mg(OH) ₂	126	75.6
1.4 wt% LiCl/Mg(OH) ₂	742	445
6.8 wt% LiCl/Mg(OH)₂	1360	816
Mg(OH) ₂	24.5	14.7
Mg _{0.5} Ni _{0.5} (OH) ₂	165	99.0
Mg _{0.5} Co _{0.5} (OH) ₂	358	215

(a) Density of samples were assumed as 0.6 g cm⁻³

他の蓄熱技術との比較

蓄熱方法	蓄熱材(反応式)	蓄熱操作温度	単位体積当たりの蓄熱密度
潜熱蓄熱	氷 (氷 水)	0	0.34 GJ/m ³
	パラフィンC ₁₈ ~ C ₃₀ (固体 液体)	30 ~ 60	0.20 GJ/m ³
	キシリトール (固体 液体)	94	0.39 GJ/m ³
	エリスリトール (固体 液体)	121	0.48 GJ/m ³
化学蓄熱	MgO + H ₂ O Mg(OH) ₂	350	1.0 ~ 1.5 GJ/m ³
	CaO + H ₂ O Ca(OH) ₂	500	
	Mg _{0.5} Ni _{0.5} O + H ₂ O Mg _{0.5} Ni _{0.5} (OH) ₂	300	0.3 ~ 0.5 GJ/m ³
化学蓄熱 (目標)	MgO + H ₂ O Mg(OH) ₂	100 ~ 250	1.5 ~ 3.0 GJ/m ³
	CaCl ₂ + nH ₂ O CaCl ₂ •nH ₂ O		

ビジネスシナリオ

新蓄熱材の特性

- ・100～300 程度の温熱で脱水吸熱反応を起こし、かつ水蒸気暴露により水酸化発熱反応を起こすことにより蓄熱することができる水蒸気収脱着型蓄熱材(化学反応型)
- ・可蓄熱温度の選択は水酸化マグネシウムを化学的に修飾することにより達成

市場状況

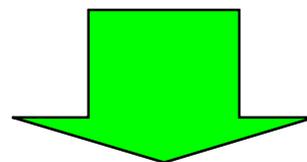
当ケミカルヒートポンプの特性を活かした想定用途から、大きな新市場が期待される

事業性

当蓄熱材の開発は、まだ実験室規模の段階であり、用途別ヒートポンプとしての実証試験が事業化への鍵である

競合相手

- ・水酸化マグネシウムを主成分とし、化学修飾した蓄熱材は他にない
- ・当ヒートポンプ想定用途の異種競合相手は多い



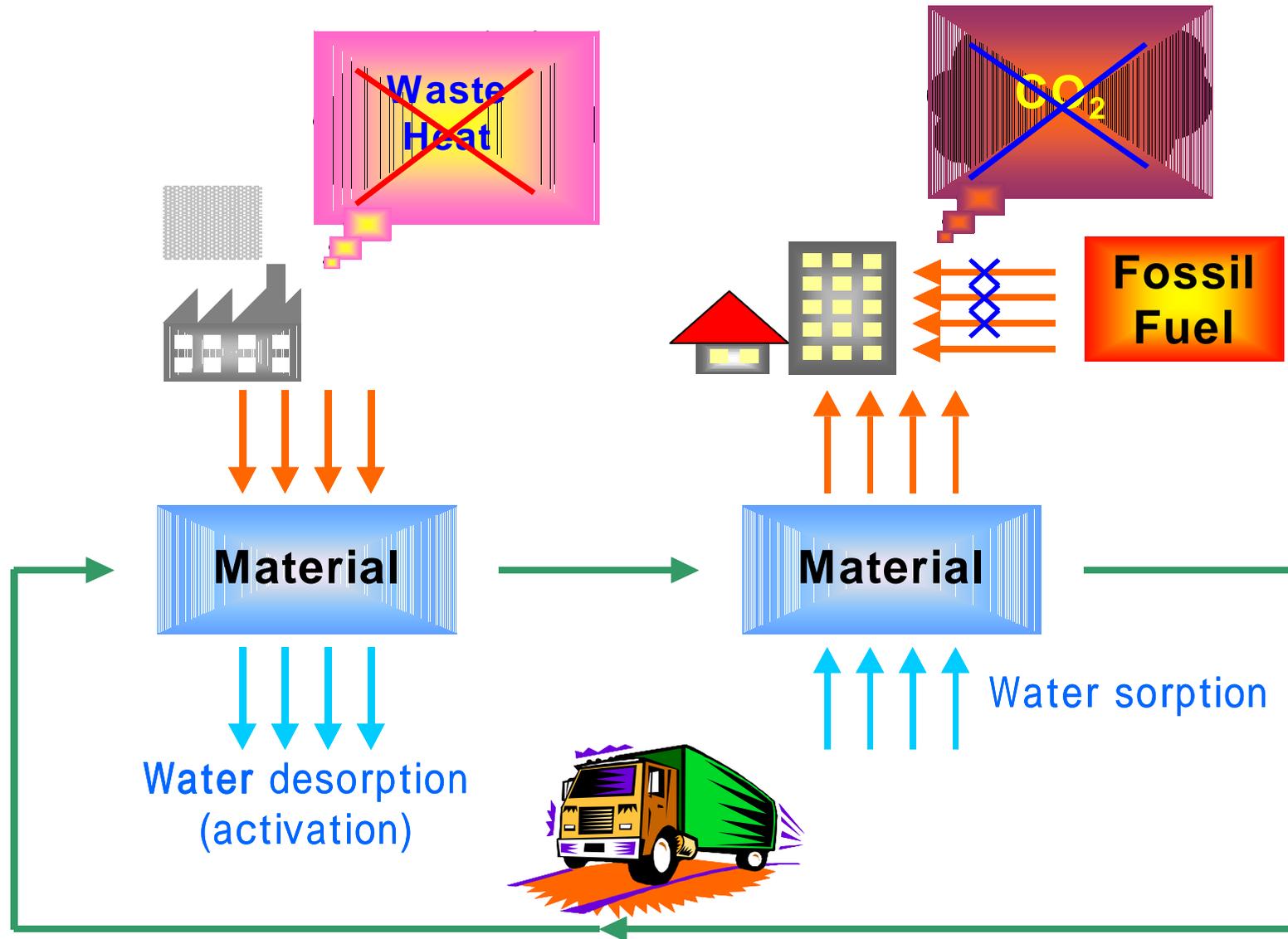
事業化の課題

権利化した特許内容、本蓄熱材の強みを広く宣伝(特許ビジネス市等を活用)、更なる情報発信とニーズの収集を行なう
用途別に、技術移転・ライセンス契約候補先企業の探索と契約締結
用途別契約企業との実証試験を含めた(共同研究)開発実施
契約先企業で試作品を製造し、経済性評価後、最終製品化

新規化学蓄熱材の市場規模

	用途	想定市場	市場規模
A	排熱エネルギーのコンテナ輸送	100以上の大量の排熱を出す製鉄所、発電所、化学工場等の諸工場、ゴミ焼却場	300億円(京浜地区) (ヒートポンプコンテナ1000万円X3台X1000件)
		0の冷熱や100レベルの温熱を大量に必要とする地域の熱供給会社、ビル、商業施設、病院等	
B	非連続運転での利用		
	コジェネシステムからの排熱の貯蔵 (システムスタート時の加熱補助) (給湯器稼動時の迅速温水供給)	中・大規模ガスエンジン	200億円、2005年度のガスエンジンストックが2万台。 ケミカルヒートポンプ(1,000万円/台)
		マイクロコジェネ(ガスエンジン)	エコウィル 数年後累積100万台と推定 (2008年末実績:累積8.2万台)
	給湯器からの排熱を貯蔵 (給湯器稼動時の迅速温水供給)	ヒートポンプ給湯器(夜間電力利用)	エコキュート 数年後累計500万台と推定 (2008年度末累積170万台を突破。2020年の累計普及台数1000万台をめざして官民挙げての普及活動を展開中)
		高効率ガス給湯器(潜熱回収)	エコジョーズ 数年後累計300万台と推定 (出荷台数は2005年度が15万台、2006年度が24万台、2007年度が31万台と順調に増加)
	自動車エンジン排ガス熱の貯蔵 (エンジンスタート時の排ガス触媒の予熱)	国内乗用車搭載	国内乗用車の(普通+小型)新車販売台数は、年間約300万台で定着
	融雪ロードヒーティング (夜間電力利用による電力需要の負荷平準化)	積雪地帯道路(歩道)	歩道面積の約3%が、融雪必須場所とすると、 4320m ² となる。(雪国寒冷地の都市は北海道35市、新潟26市等、約200都市になる。都市にはアーケードのない商店街が少なくとも200mとすると歩道の面積は両側で400m×幅1.8m=144.000m ² になる)

適用例： 産業排熱のバッチ輸送による地域熱供給



事業化の道筋と課題

1. 当蓄熱材の高性能化研究の続行

装置の小型化や材料コストの観点から、蓄熱密度の増大は必須

2. 権利化した特許内容、本蓄熱材の強みを広く宣伝(特許ビジネス市等を活用)

更なる情報発信とニーズの収集を行なう

3. 用途別に、技術移転・ライセンス契約候補先企業の探索

本蓄熱材の競合相手はいない。ただ同一用途の製品を製造あるいは開発中の異種競合相手は、多く見受けられるが本蓄熱材の競合相手ではないので、むしろ技術移転・ライセンス契約候補先企業として強い味方と言える

4. 用途別ライセンス契約締結

(用途により最終製品の大きさ、デザイン、サービス、価格体系が異なる)

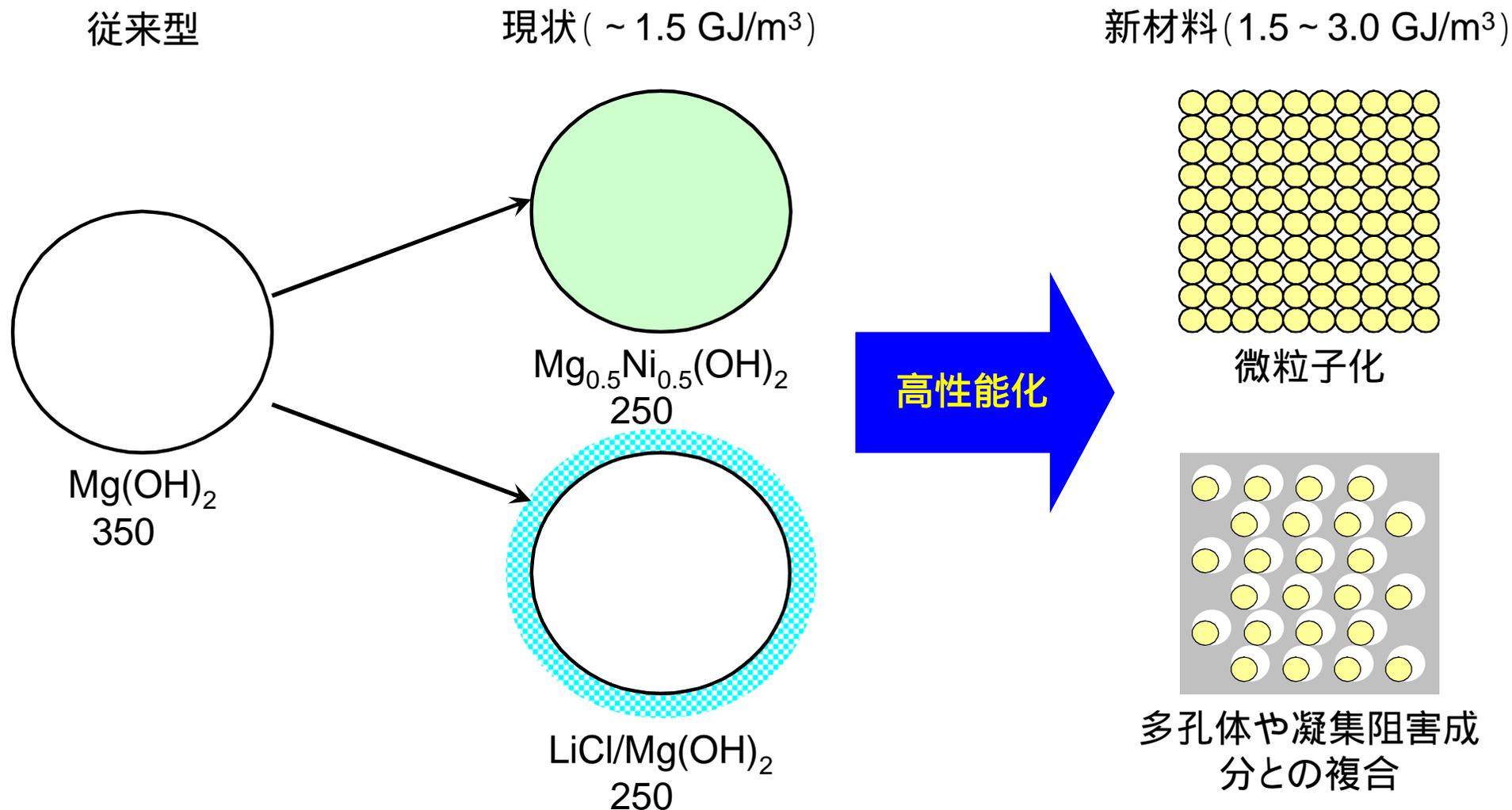
5. 用途別契約企業との実証試験を含めた(共同研究)開発実施

「製品・製造特許発生」。

6. 契約先企業で試作品を製造、経済性評価後、最終製品化・販売促進

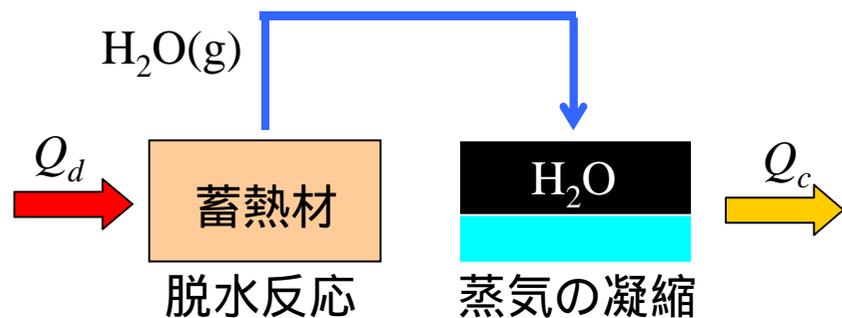
7. ライセンス譲渡(ex.独占的通常実施権、ロイヤリティ等)

実用化に向けた課題 蓄熱材の高性能化

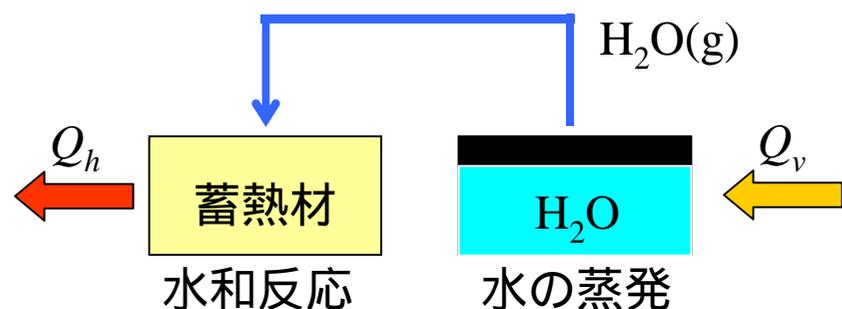


(1) 蓄熱材の組成最適化, (2) 材料の微粒子化による反応促進, (3) 多孔体 (特開2007-77199) や凝集阻害成分との複合, 等の手法を駆使することにより, 高蓄熱密度 (1.5 ~ 3.0 GJ m⁻³), 長寿命の材料を開発する.

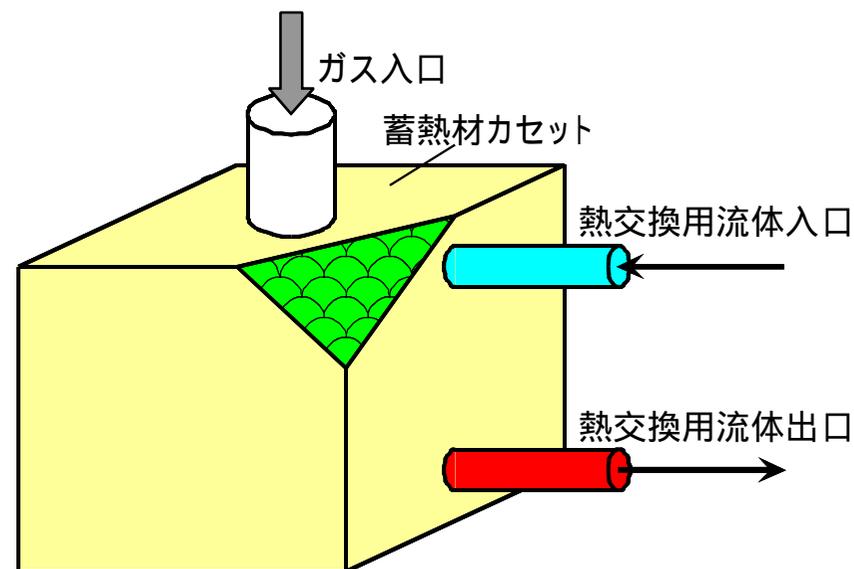
実用化に向けた課題： 化学蓄熱の実証試験



(a) 蓄熱モード



(b) 熱出力モード



左図： 化学蓄熱システムの模式図

右上図： 充填層反応器の拡大図

蓄熱材容器(充填層型反応器)内の蓄熱材, 伝熱フィン, 熱交換器(熱交換用配管)の配置を最適化する.

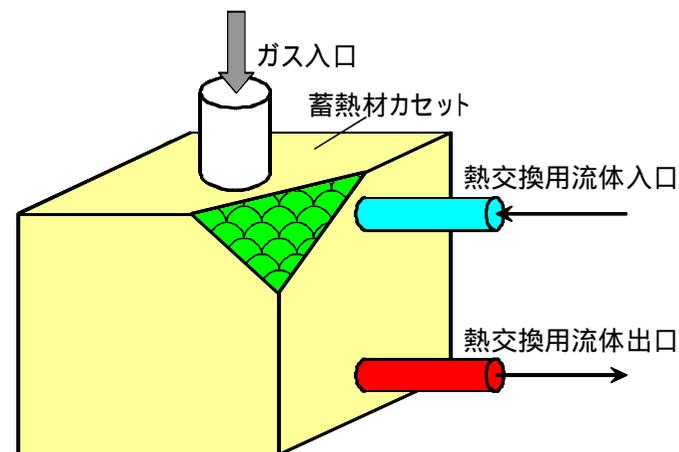
今後の展開

～ 実用化に向けて～



蓄熱材の高性能化

- ・反応性の向上
- ・長寿命化
- ・適用条件の拡大



実証試験

(企業との共同研究)

- ・反応器の設計, 試作
- ・蓄熱性能の評価
- ・装置の反応制御性
- ・装置の耐久性
- ・用途別製品開発と経済性の評価

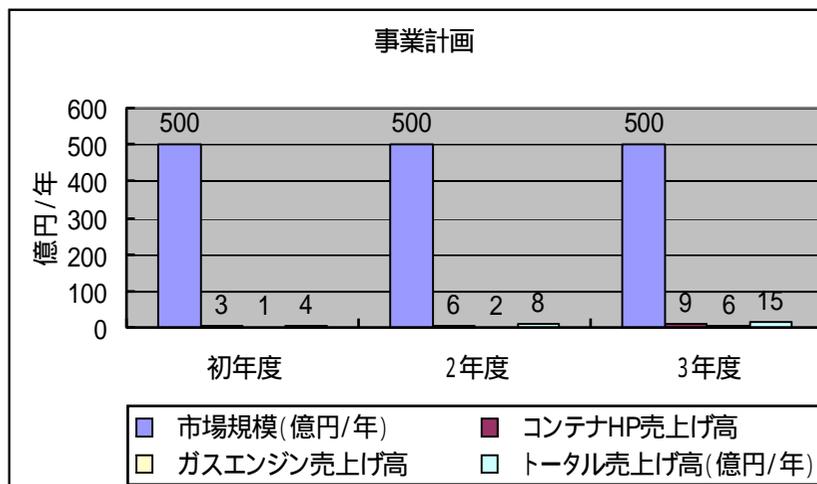
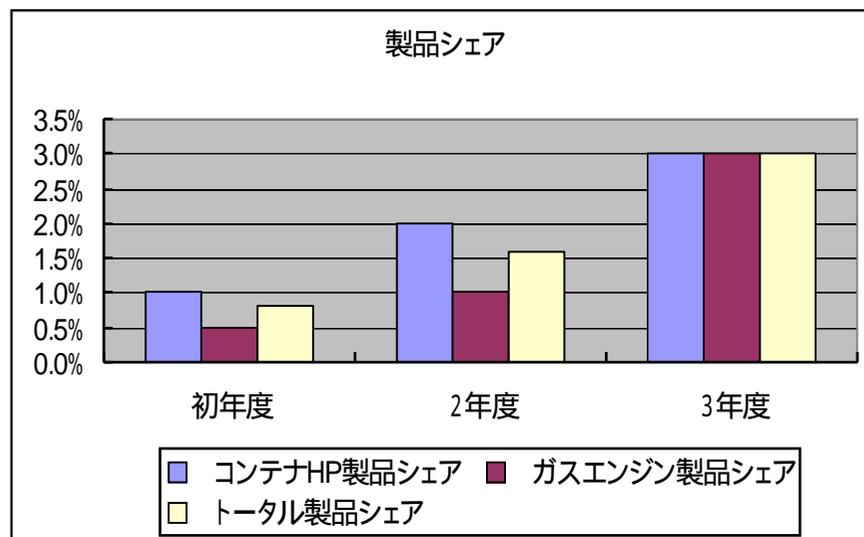
経済性の検討

当ケミカルヒートポンプに関する研究は、その殆どは実験室規模の基礎研究であり、産業分野においてケミカルヒートポンプによる熱エネルギーの高効率利用を実用化するためには、実際の製品を想定した各種ニーズ・条件を考慮に入れた実証試験を行い、その結果に基づいて試作品を製造し、経済性を再評価後、最終製品を開発する必要がある。これには少なくとも数年を要する。用途として、製品化可能性の高いと思われるコンテナヒートポンプ(HP)と中大ガスエンジンを取り上げ、最終製品販売開始後の事業計画を示す。

年度	初年度	2年度	3年度
市場規模(億円/年)	500	500	500
コンテナHP市場規模	300	300	300
コンテナHP製品シェア	1.0%	2.0%	3.0%
コンテナHP売上げ高	3	6	9
ガスエンジン市場規模	200	200	200
ガスエンジン製品シェア	0.5%	1.0%	3.0%
ガスエンジン売上げ高	1	2	6
トータル製品シェア	0.8%	1.6%	3.0%
トータル売上げ高(億円/年)	4	8	15

コンテナヒートポンプ(HP)、中大ガスエンジンの価格 = 1千万円/台

新分野への市場開拓の場合、当初の想定シェアは、(潜在)市場の3%が妥当



本技術に関する知的財産権

発明の名称 ケミカルヒートポンプ
出願番号 特開2007-309561 / 特願2006-137678
出願人 東京工業大学
発明者 加藤 之貴, 劉 醇一, 高橋 墨

発明の名称 ケミカルヒートポンプ
出願番号 特開2009-186119 / 特願2008-027868
出願人 東京工業大学
発明者 劉 醇一, 平尾 直也, 加藤 之貴

本技術に関するライセンス条件

- ・形態：非独占的通常実施権（1社許諾済）
- ・実施料：契約時金及びランニングローヤリティ（要相談）
- ・契約期間：契約日から5年間・延長協議
- ・テリトリー：日本国又は海外
- ・サンプル提供：可
- ・共同研究・技術指導・ノウ・ハウ提供：可

問い合わせ先

東京工業大学 原子炉工学研究所
エネルギー工学部門 劉 醇一 (りゅう じゅんいち)
Tel,Fax: 03-5734-2964
E-mail: cyliu@nr.titech.ac.jp

東京工業大学 産学連携推進本部
産学連携コーディネーター 鷹巣 征行
Tel: 03-5734-7634
Fax: 03-5734-7694
E-mail: takasu@sangaku.titech.ac.jp