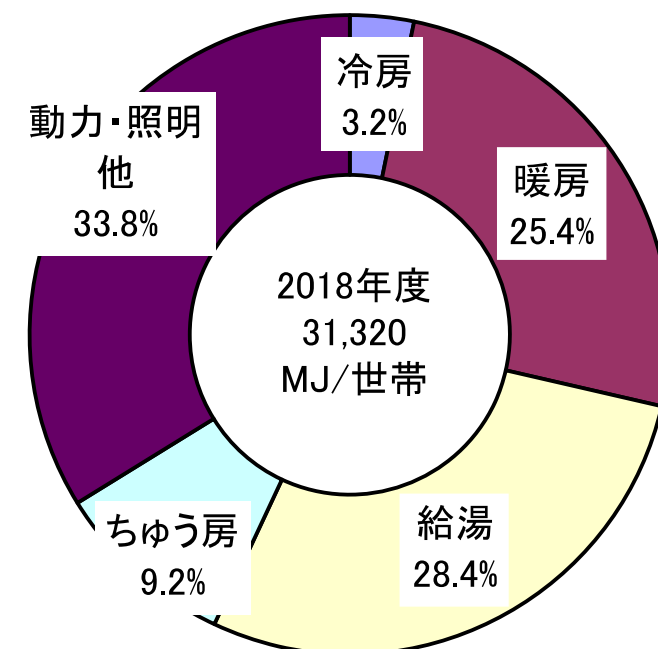
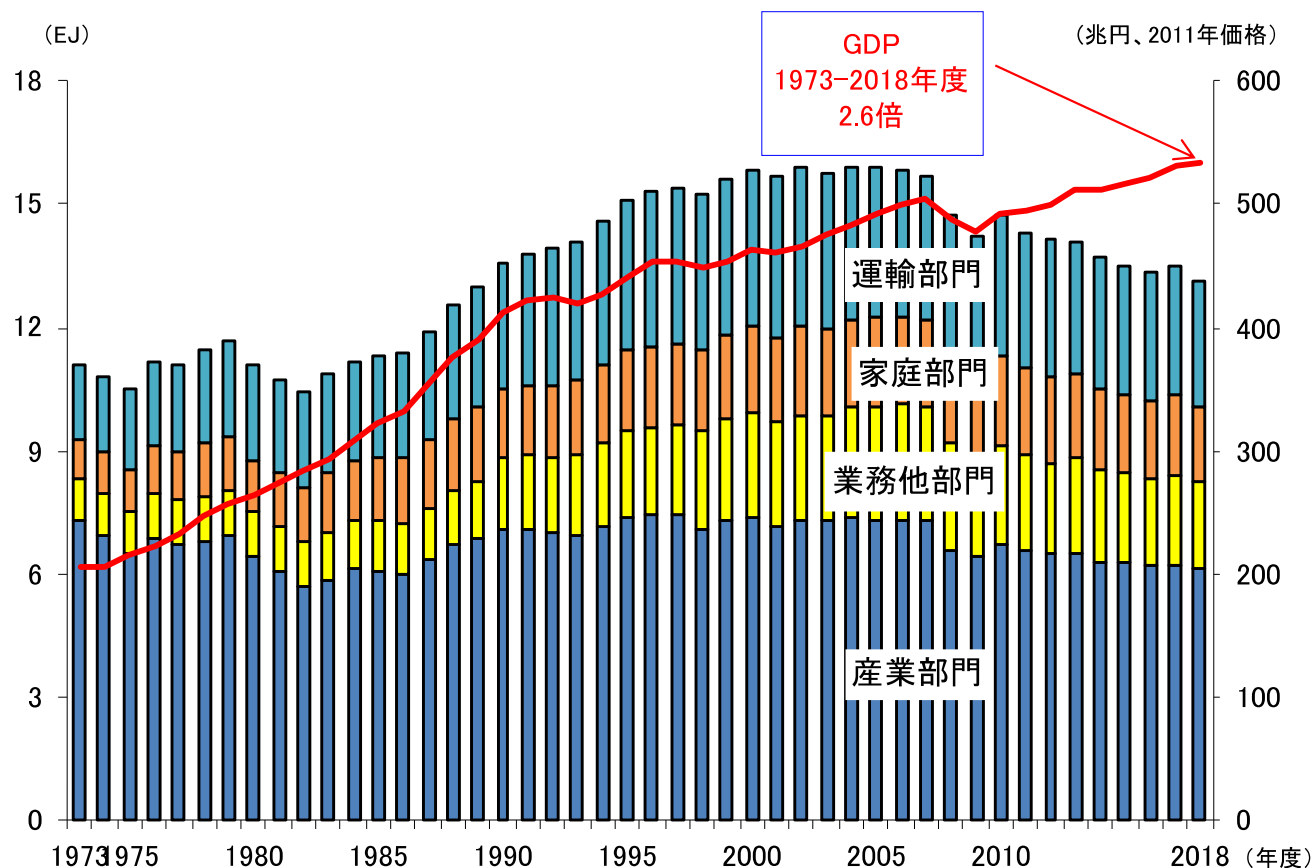


硬殻マイクロカプセル化蓄熱材が もたらす超低炭素社会の実現

神戸大学大学院工学研究科応用化学専攻
教授 鈴木 洋

2021年5月28日

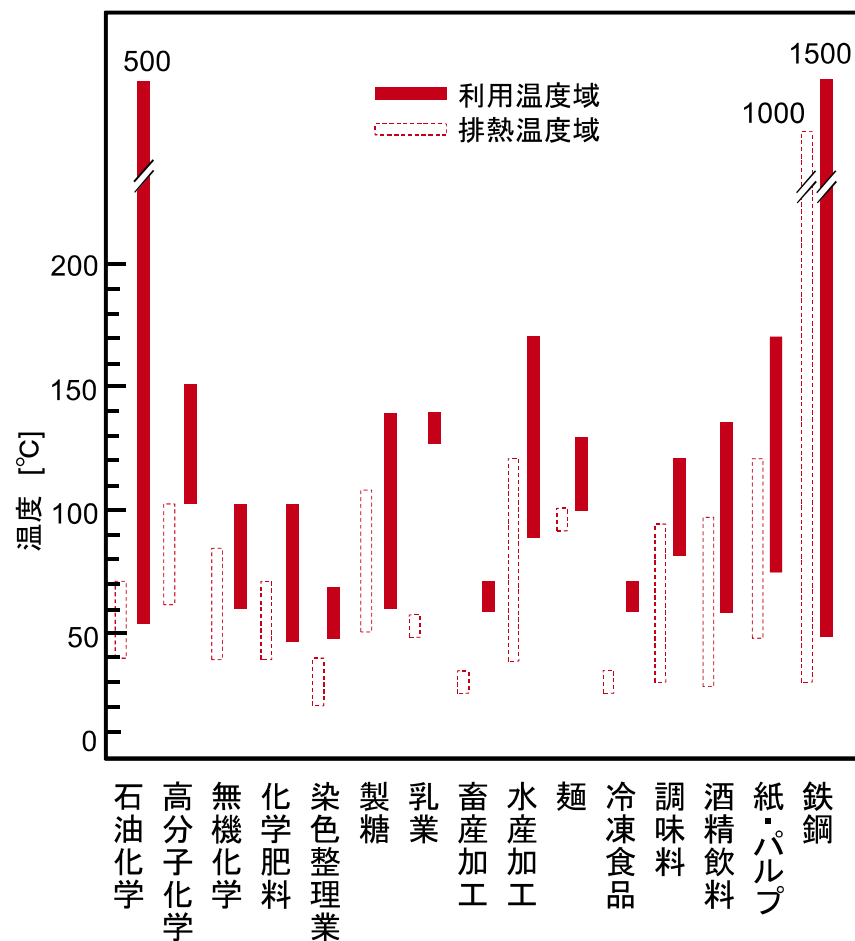
民生部門の熱需要



エネルギー白書2020<https://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2020html/2-1-1.html>

- ・家庭部門・業務部門の消費エネルギーは我が国の30%
- ・家庭部門・業務部門で消費されるエネルギーの50%以上 **熱エネルギー**
年間利用される熱: 2.0EJ (10^{18} J)

産業部門の未利用熱



150°C以下の熱は廃棄（未利用熱）



年間に廃棄される未利用熱

2.5EJ

特に100°C以下が大量にある



民生の熱需要を賄うことが可能！

JST 中低温熱利用の高度化に関する技術調査報告書(2013)

需要と供給の熱ギャップ

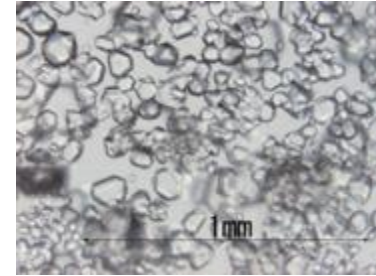
時間熱ギャップ

工場の操業時間

X

家庭での熱需要時間

潜熱蓄熱



温度熱ギャップ

工場の廃熱温度

X

家庭での熱需要温度

化学蓄熱



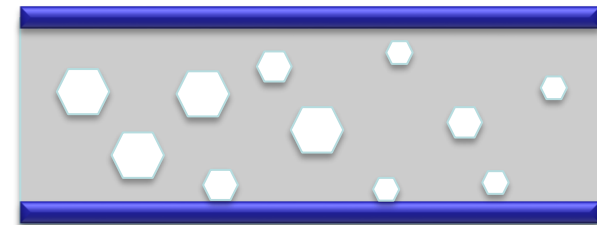
空間熱ギャップ

工場地区

X

住宅地区

潜熱輸送

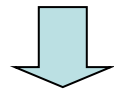


潜熱輸送について

潜熱輸送システム:

潜熱を保有する微粒子を熱媒体に混入して輸送するシステム

たとえば、氷微粒子



わずか20%の氷微粒子を混入すると
水の3倍のエネルギーを輸送できる。



流量3分の1

摩擦抵抗 9分の1
動力 27分の1

流量削減効果

温度変化が小さい

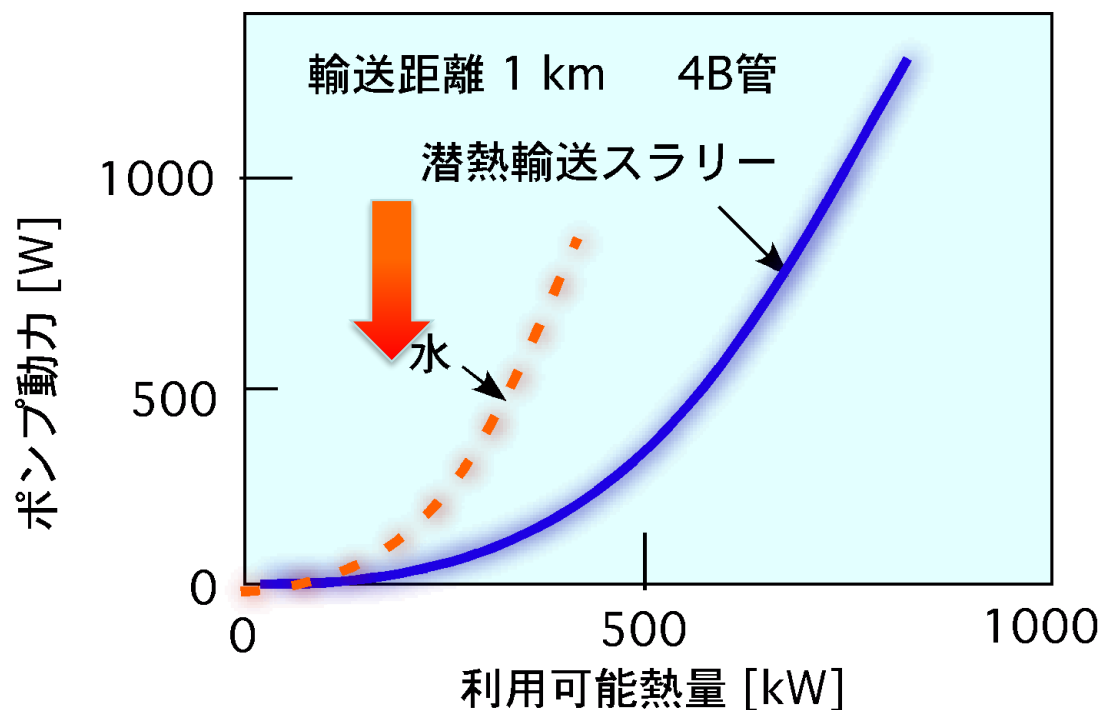
熱移動量 = 伝熱係数 × 伝熱面積 × 温度差

高伝熱 ➡ 熱機器のコンパクト化

温度維持効果

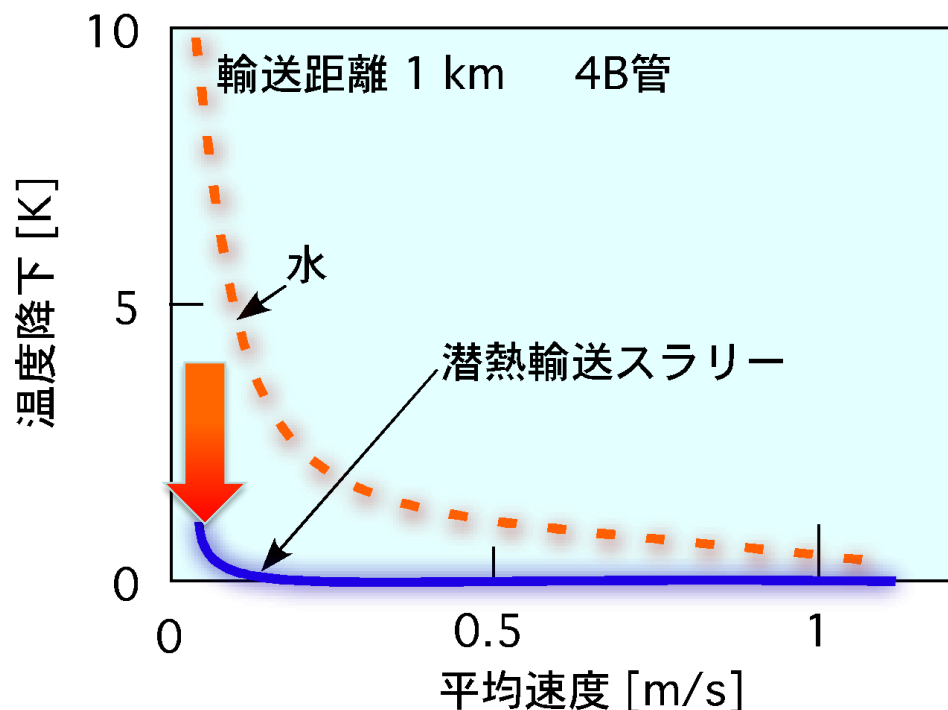
潜熱輸送

ポンプ動力が5分の1に



流量削減効果

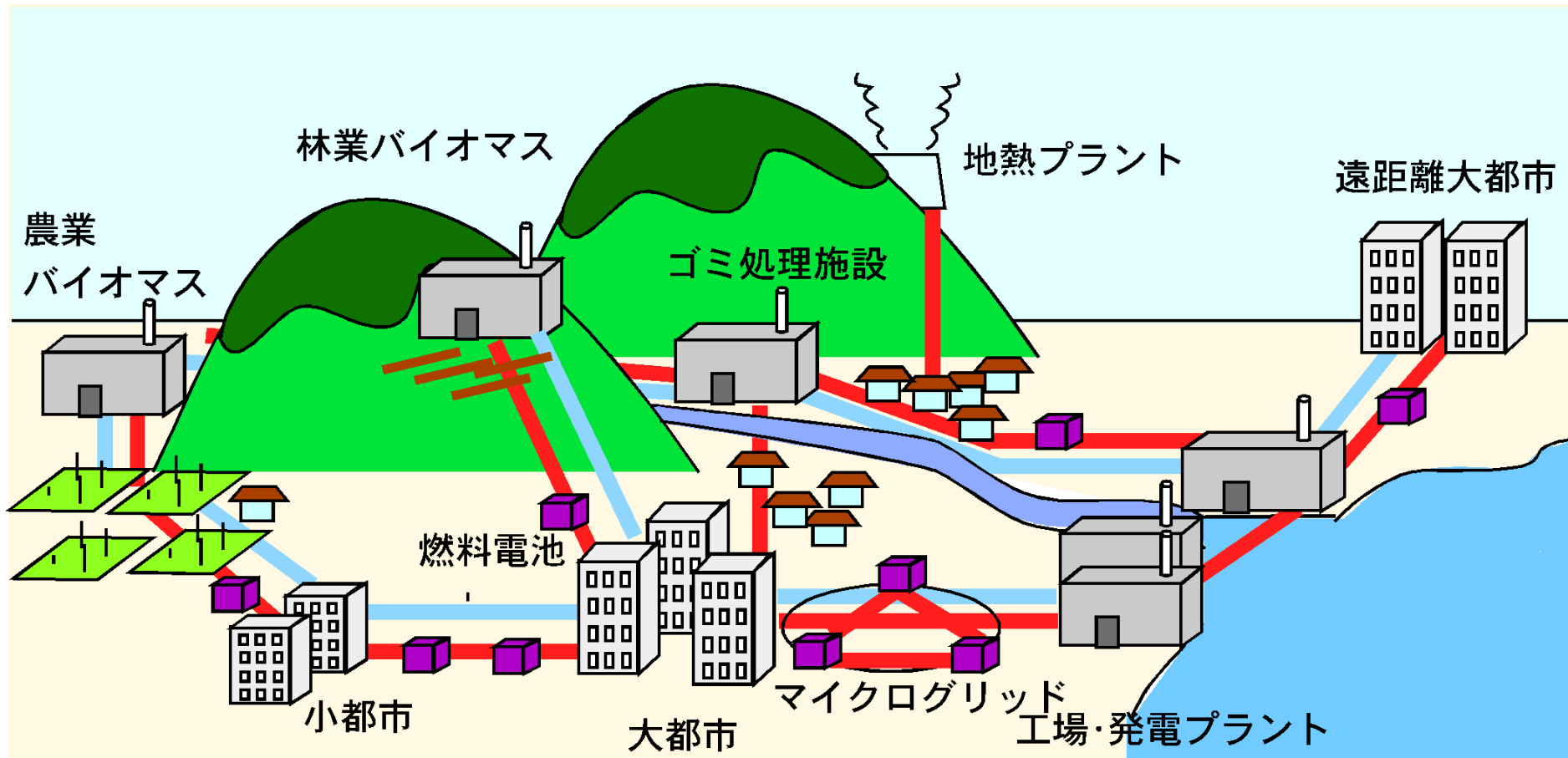
50℃の熱を50℃のままで



温度維持効果

ポンプ動力の大幅な削減
伝熱特性の向上

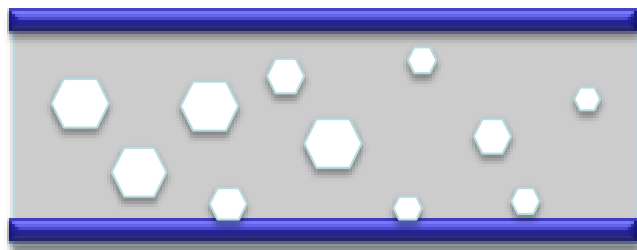
サーマルグリッド構想



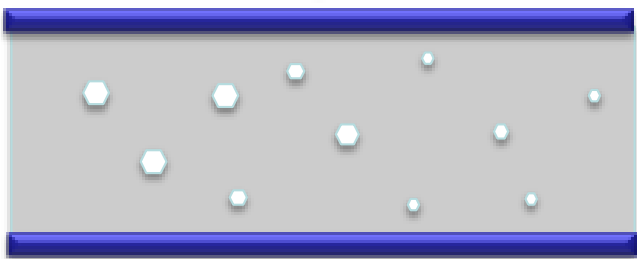
100 km²の地域に熱搬送

潜熱輸送の問題点

低温系潜熱輸送スラリー



常温で融解



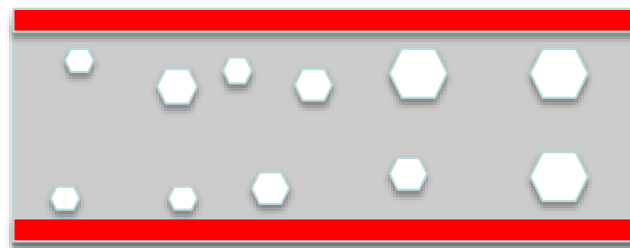
常温より高温の熱を
潜熱輸送するのは

困難!!



ほとんど研究されていない

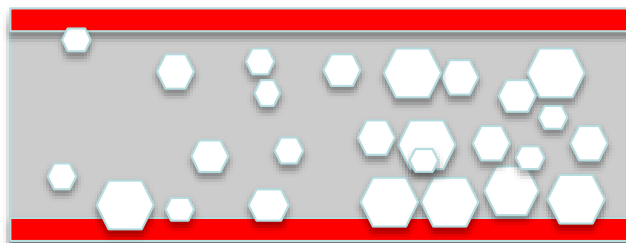
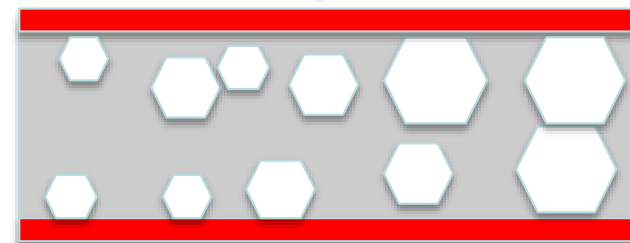
高温系潜熱輸送スラリー



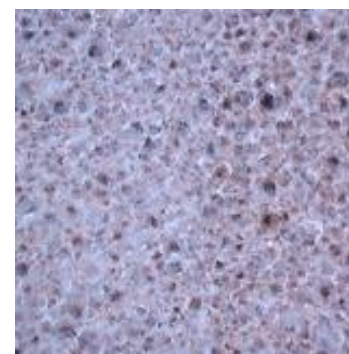
常温で凝固



粒子成長

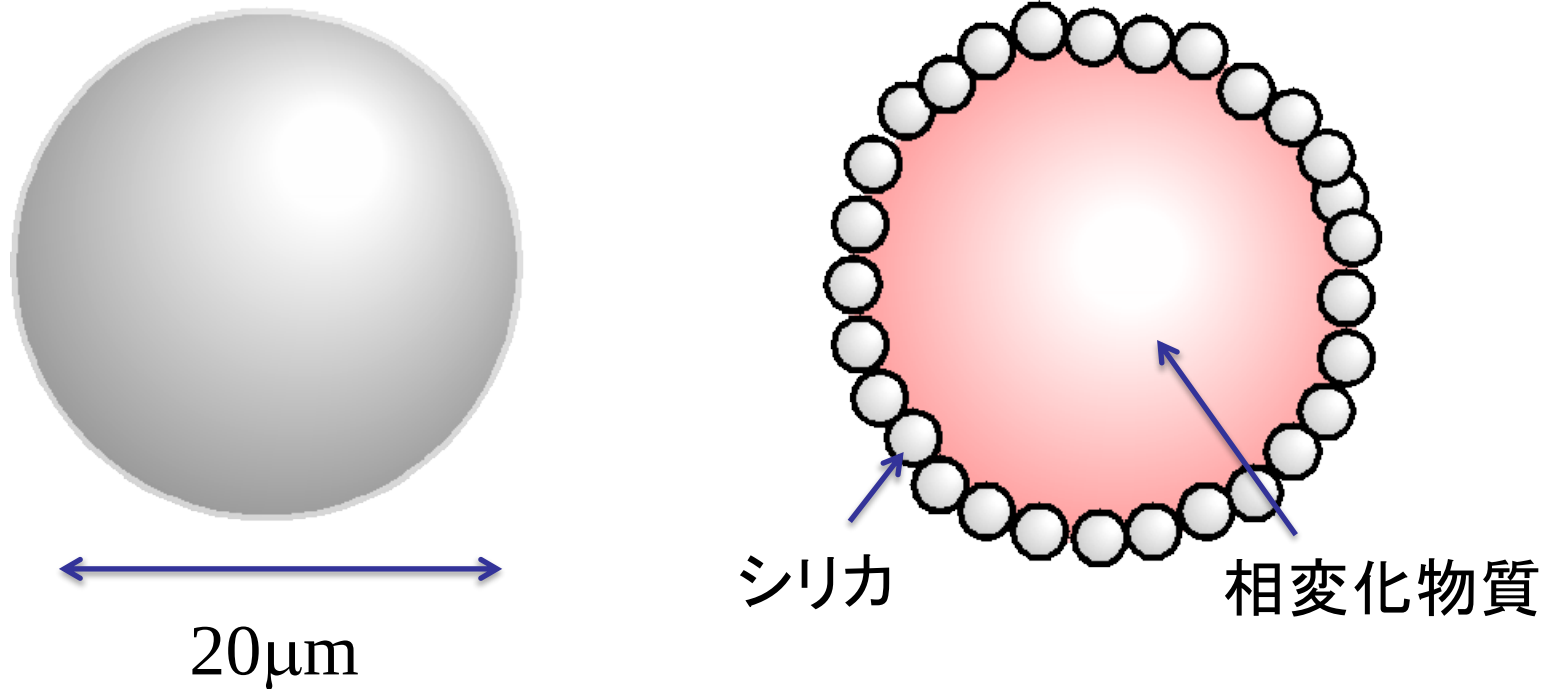


管閉塞



壁面への付着

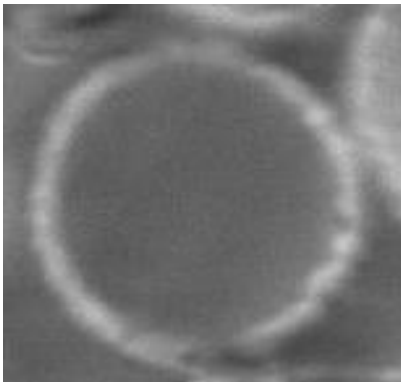
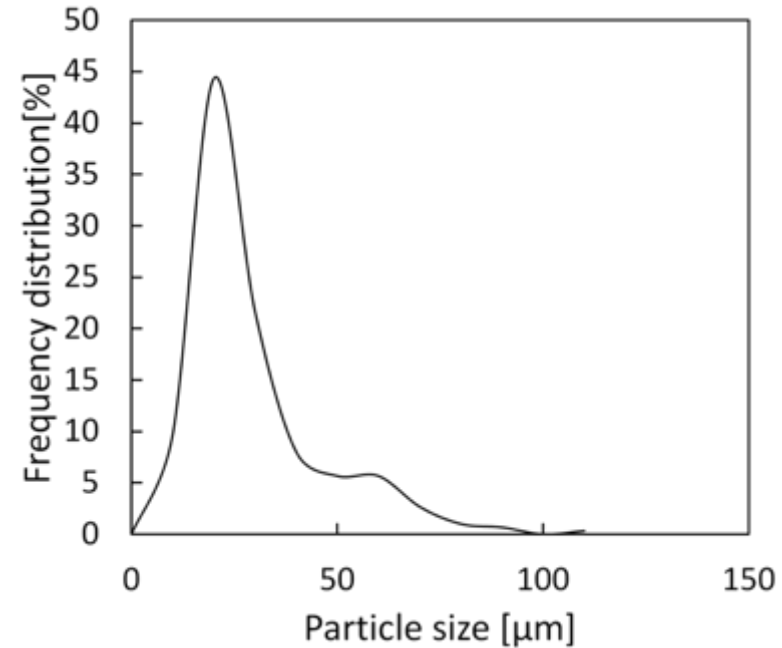
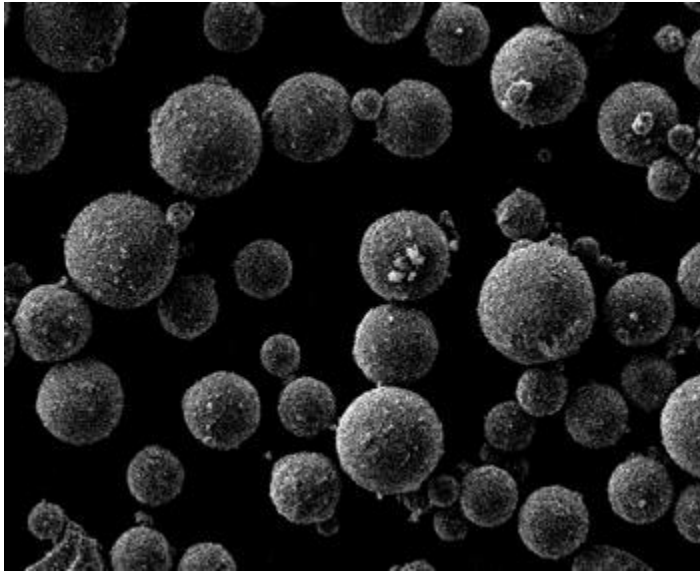
硬殻マイクロカプセル化



耐熱温度 $1,200^{\circ}\text{C}$

壁面付着性が低い 腐食性がない
耐久性が高い 粒子径が変化しない

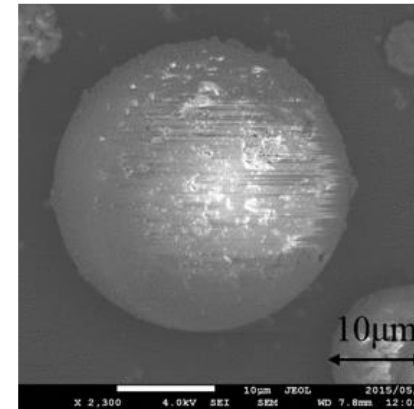
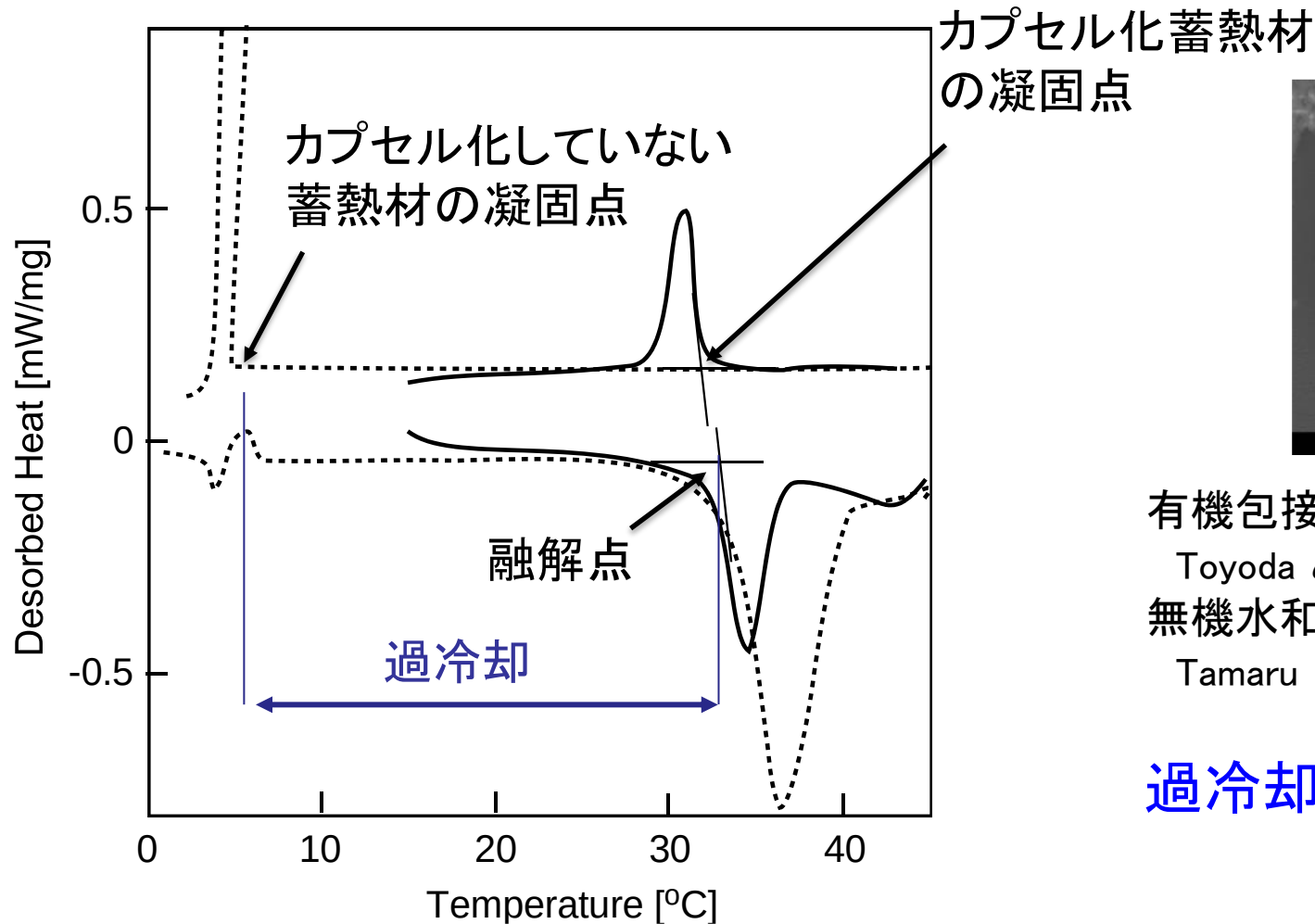
硬殻マイクロカプセル化蓄熱材



モード径 19 μm
内包率(カプセルの空隙率) 75 vol%

過冷却消失現象

過冷却：凝固時に相転移点で凝固しない現象



有機包接型水和物の内包

Toyoda *et al.*, *Chem. Lett.* (2014)

無機水和物の内包

Tamaru *et al.*, *Int. J. Refrig.* (2017)

過冷却がほとんど生じない



DSC曲線

潜熱輸送だけではなく、**静的潜熱蓄熱**としても有望

蓄熱量が大きい無機水和物

物質	相転移温度	潜熱(kJ/kg)	密度(kg/m ³)	潜熱(MJ/m ³)
水／氷	0	334	917	306
n-テトラデカン	5.9	220	810	178
臭化テトラアンモニウム38水和物	12	205	1030	211
リン酸水素2ナトリウム12水和物	35	281	1520	427
酢酸ナトリウム3水和物	58	264	1480	391
アンモニウムミョウバン	93.5	269	1640	441

無機水和物

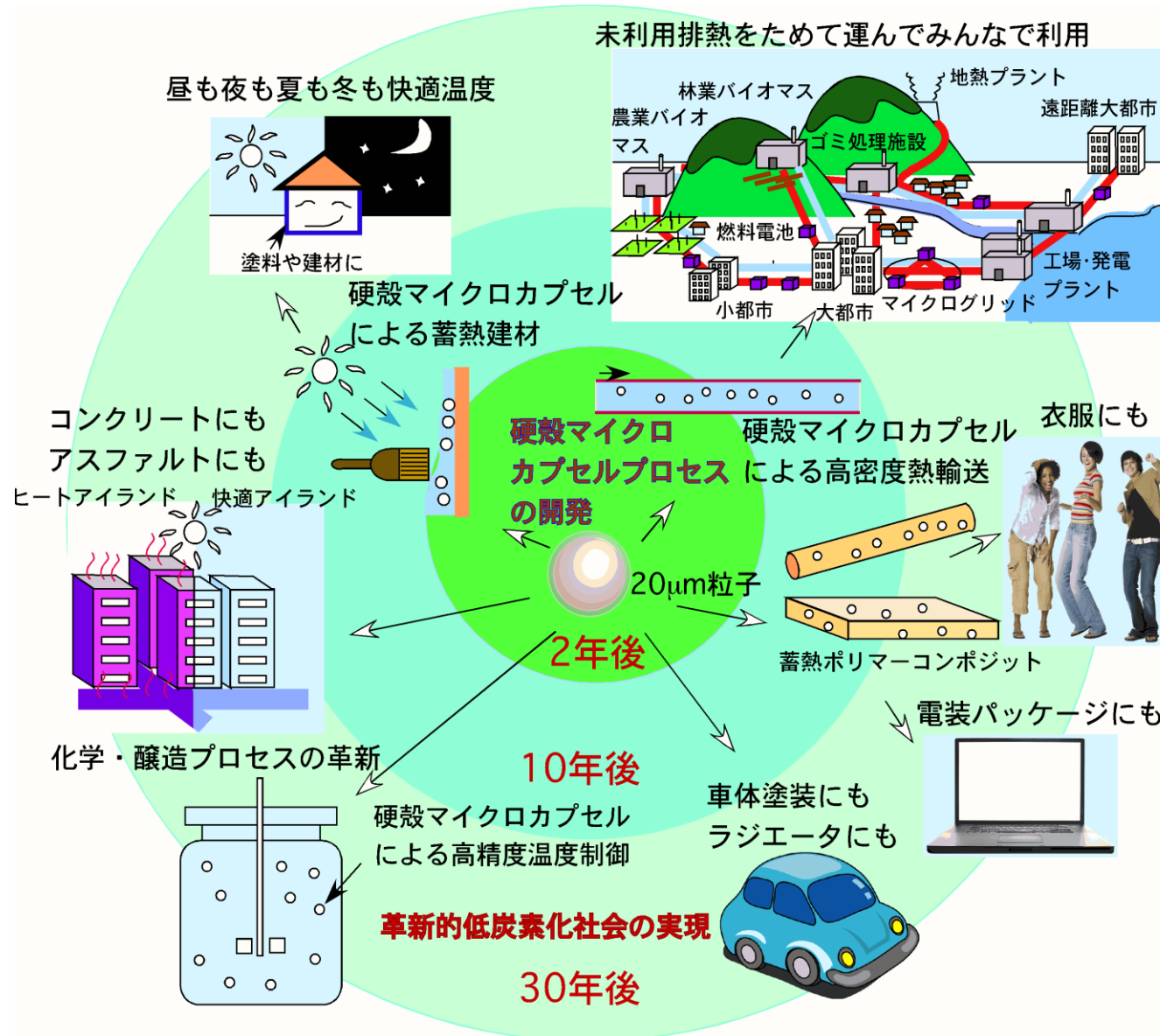
↑
食品添加物

↓
特別な廃棄処理が不要

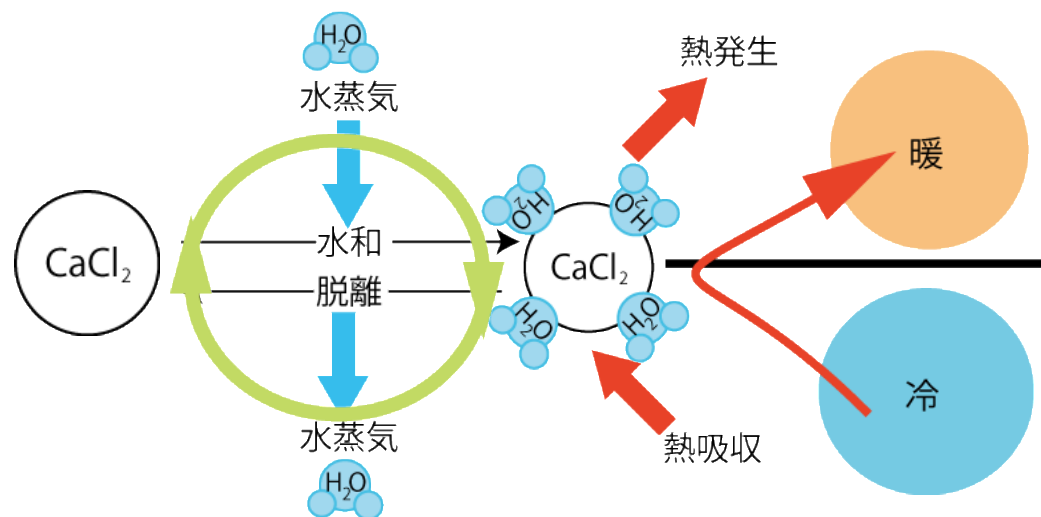
↑
単位体積あたりの
潜熱量が重要

水／氷より蓄熱量が大きい

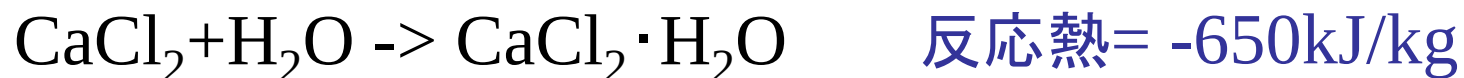
硬殻マイクロカプセル化蓄熱材 がもたらす未来社会



化学蓄熱材への応用



例えば塩化カルシウムの水和反応などの反応熱を利用

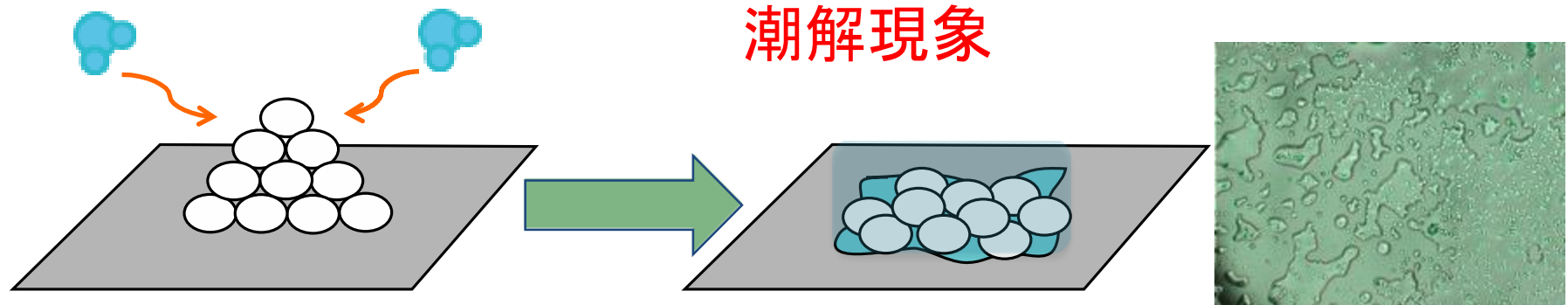


高い蓄熱量（潜熱蓄熱材より大きな蓄熱量）
反応が生じない限り蓄熱維持が可能

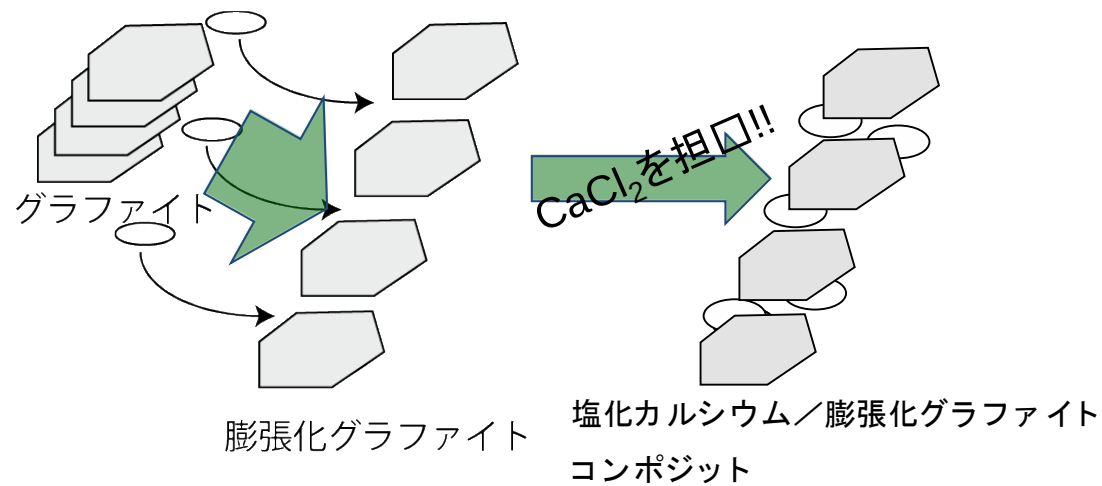
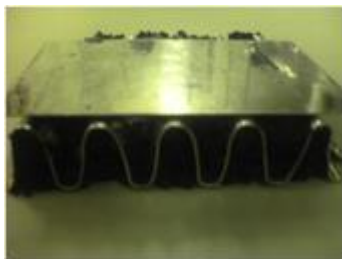
圧力によって反応温度を変えることが可能

➡ 廃熱利用型ケミカルヒートポンプ

化学蓄熱材の問題点



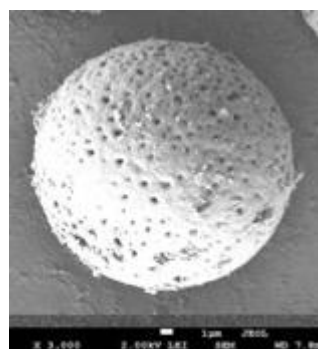
コンポジット化
潮解抑制
反応速度 低
蓄熱量 低



Fujioka & Suzuki, *App. Therm. Eng.* (2013)

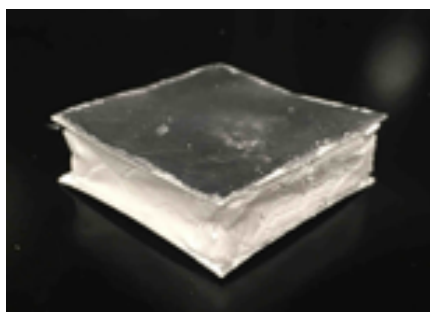
化学蓄熱材のマイクロカプセル化

化学蓄熱材のカプセル化

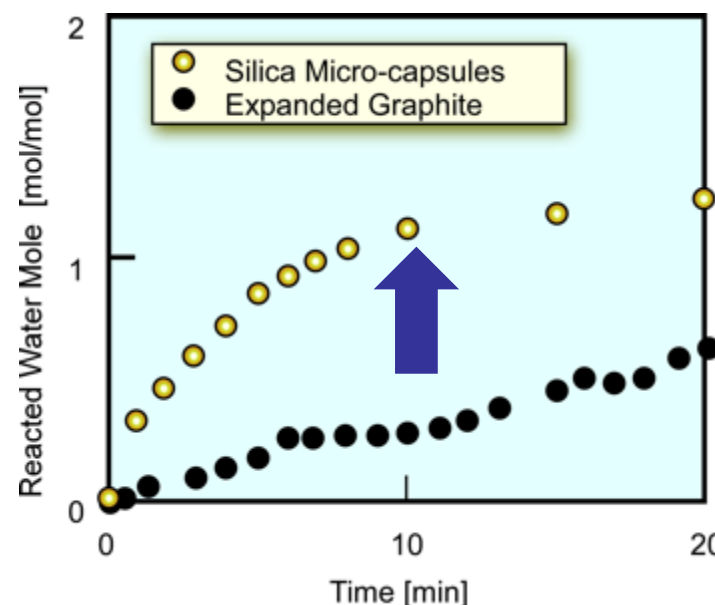


← CaCl_2

ナノ孔マイクロカプセル
↓ コンポジット化



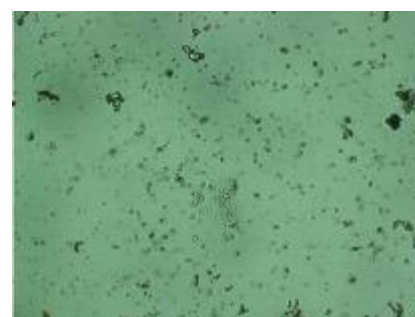
ケミカルヒートポンプセル



塩化カルシウムの水和反応の時間変化

本技術

従来型



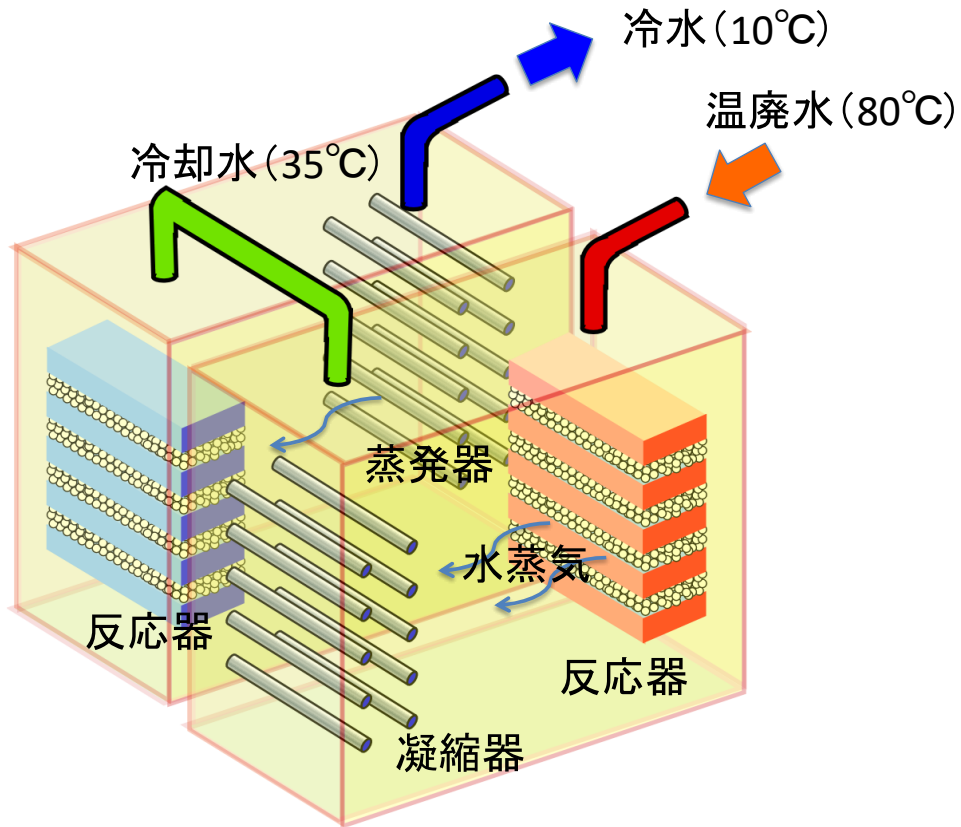
潮解現象なし

反応速度10倍

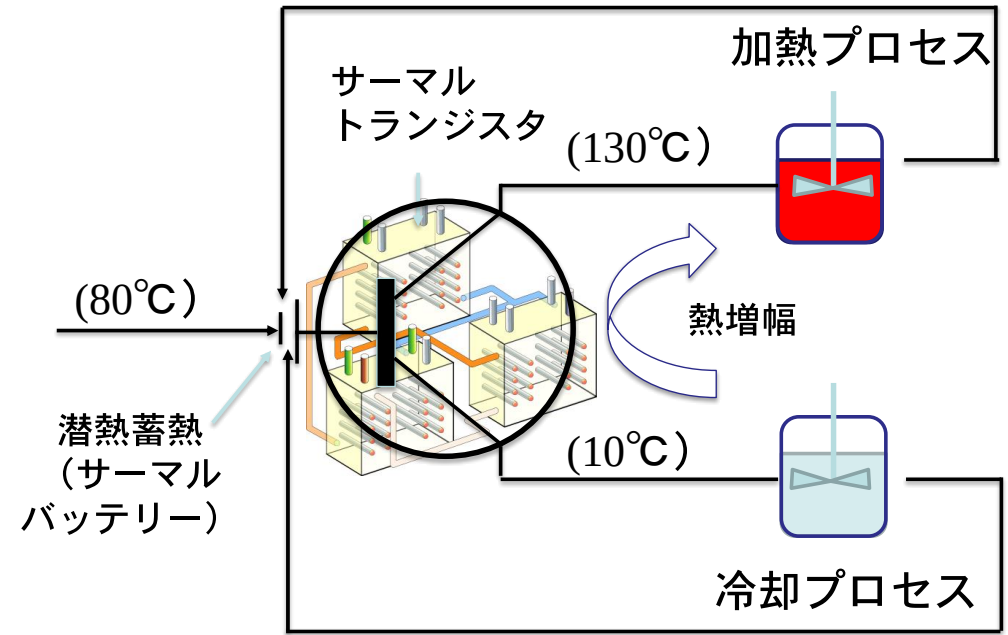
単位体積あたりの蓄熱材2倍

Kanzaki et al., JCEJ (2020)

ケミカルヒートポンプ



多重効用型ケミカルヒートポンプ



岐阜大学：板谷先生

サーマルトランジスタ

反応熱を利用して
高温熱を同時に生成

受賞・特許

日本伝熱学会学術賞受賞 2020年6月5日



“硬殻マイクロカプセル化潜熱輸送物質と その製造方法”

日本

2018年5月11日, 特許6332812

中国

2019年6月21日, 特許3423293

米国

2019年10月15日, 特許10442968

欧州

2020年5月6日, 特許3037496



“ケミカルヒートポンプ用コンポジットと その製造法”

2020年11月11日, 特許6792774



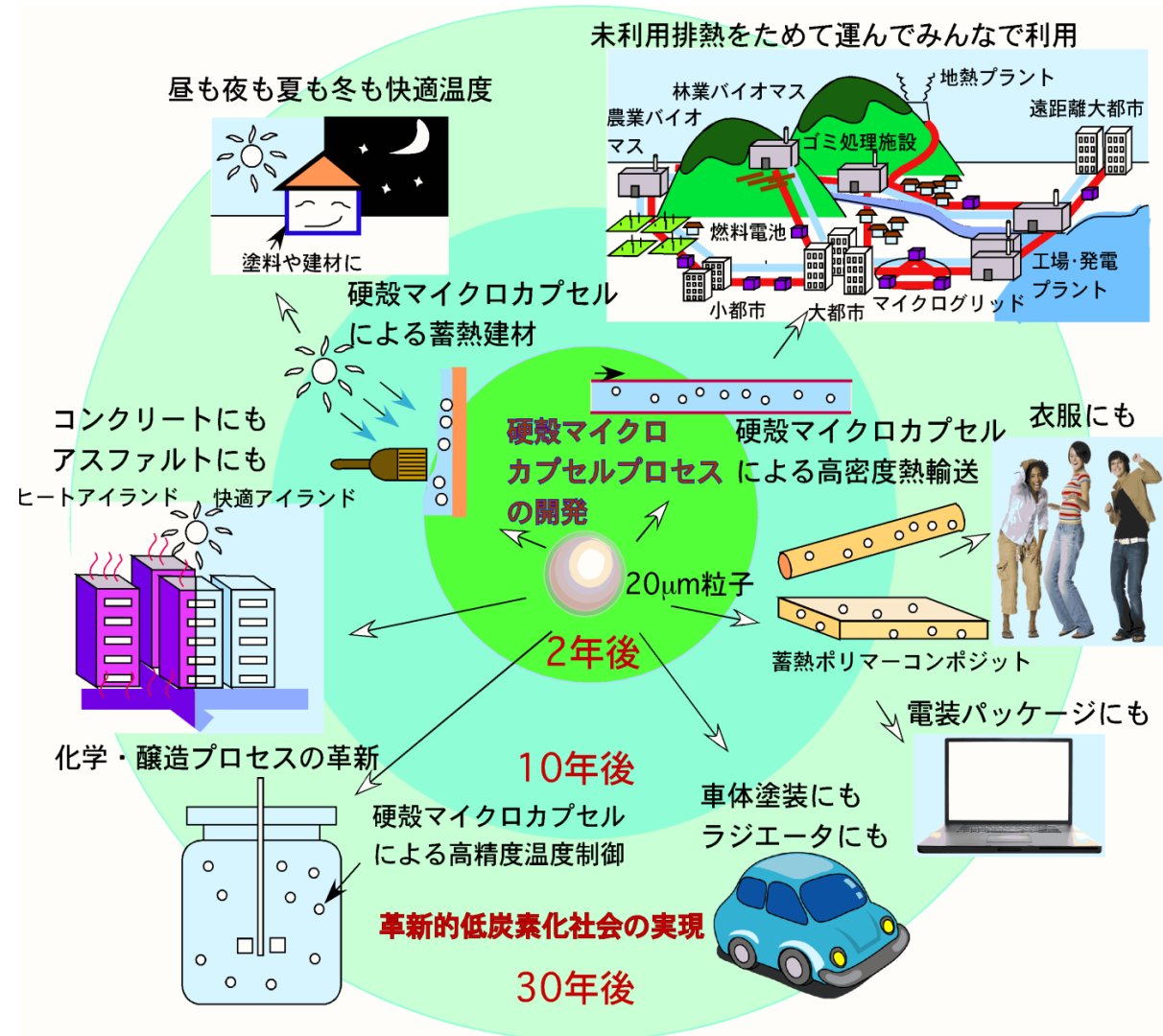
用途開発のコンソーシアム

用途開発に向けた産学連携
に期待

アイデア募集！！

蓄熱技術はアイデア

温度を維持したい
熱を運びたい
廃熱を利用したい。



お問い合わせ先

神戸大学

産官学連携本部 産学連携・知財部門

TEL 078-803-5945

FAX 078-803-5389

e-mail : oacis-sodan@office.kobe-u.ac.jp