

2021年11月6日（土）

日本学術会議公開シンポジウム

カーボンニュートラルに向けた 熱エネルギー利用の可能性と課題



総合討論に向けた話題提供

北海道大学大学院工学研究院 准教授 能村貴宏

自己紹介（30秒）

潜熱蓄熱輸送（ $\sim 200^{\circ}\text{C}$ ）や、鉄鋼廃熱回収・再エネもターゲットに含めた高温潜熱蓄熱（ $300^{\circ}\text{C}\sim$ ）の研究開発に従事。
MS型研究開発事業 新たな目標検討のためのビジョン策定（ミレニア・プログラム）で熱利用を基軸にした社会像を提案。
化学工学会エネルギー部会熱利用分科会・副代表、熱工学部会・幹事、地域連携カーボンニュートラル推進委員会・委員
IEA ECES Annex 36 (Carnot Batteries カルノーバッテリー) 専門委員

HOKKAIDO UNIVERSITY

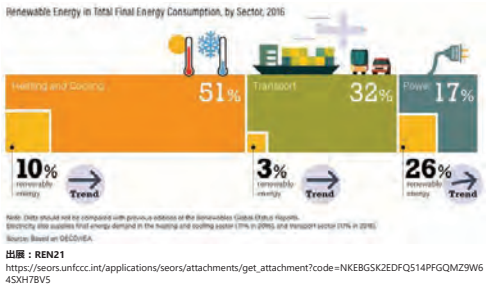
イメージの共有 ～熱利用を基軸にしたとある街のスケッチ～



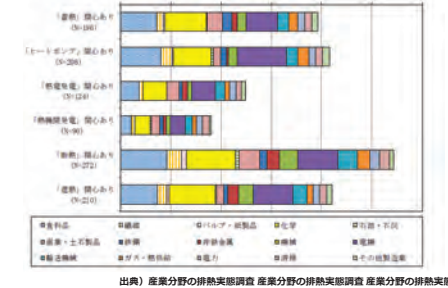
HOKKAIDO UNIVERSITY

カーボンニュートラルに向けた熱エネルギー利用の可能性と課題

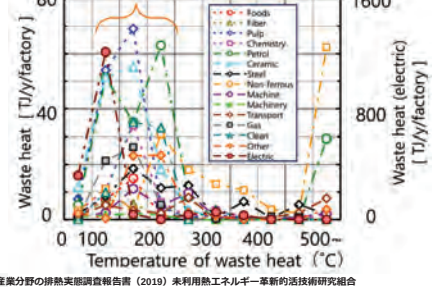
エネルギー消費中51%が加熱・冷却



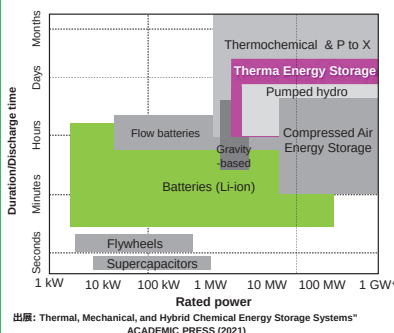
産業における熱利用技術への期待



業種別/温度別産業排熱量



蓄エネ技術としての蓄熱

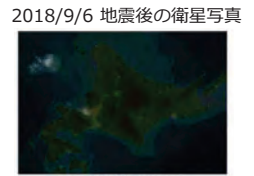


地域熱供給・セクターカップリング



エネルギー以外の価値も創出可能

例) 札幌市の除雪費 年間220億円
(2020年度計画)
例) 地域の防災拠点としての機能



導入技術のイメージ ～熱利用を基軸にしたとある街のスケッチ～

再生可能エネルギー
=主力エネルギー

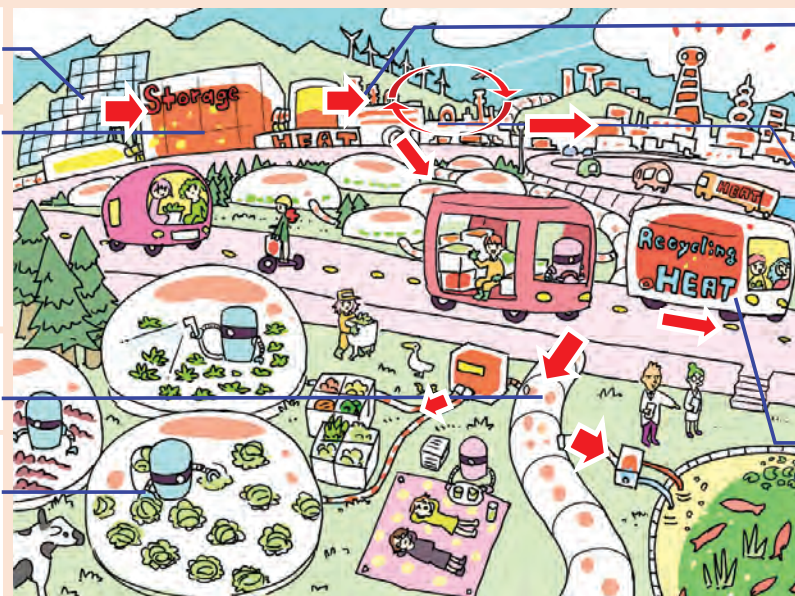
蓄熱による「蓄エネ」

- ・レジリエンス強化
- ・多様なエネルギーを受入れ可能（排熱も）
- =ロバストな蓄エネ

オンライン熱輸送による
地域熱供給

多様な熱利用への展開

- ・施設園芸
- ・酪農
- ・水産養殖など



再エネ×蓄熱（蓄エネ）
×産業

電気と熱を媒体とした
セクターカップリング

廃熱「≒ゼロ」プロセス

- ・省エネを極めエネルギー消費量自体を削減
- ・カスケード利用も
- エクセルギー再生も

オフライン熱輸送

- ・自動運転化
- ・他の公共サービス等と併用

蓄エネルギー、熱輸送、熱制御、熱再生技術の確立により、熱はデバイス～社会全体まで、マルチスケールで再エネ社会におけるエネルギー連成のリンクとなる。

エネルギー技術を横ぐしで貫く熱利用技術

再生可能エネルギー社会の実現には電気・熱・水素の三本柱の強連成が必要。

熱利用はマルチスケールで連成のリンクとなりエネルギー技術を横ぐしで貫く技術。

蓄エネルギー技術

P to H to P&H型の蓄熱発電
熱で貯蔵するロバストな蓄エネ技術

蓄熱/蓄電モード
高温熱源 (T_H)
= 高温側蓄熱システム

放熱/発電モード
高温熱源 (T_H)
= 高温側蓄熱システム

Heat transformer
電力 W_e

Expander
電力 W_d

低温熱源 (T_C)
= 低温側蓄熱システム

課題

- ・経済合理性のある蓄熱材の開発
- ・セクターカップリング
- ・コンパクトかつ高速蓄放熱可能な蓄熱システム (セクターカップリング前提)

熱輸送技術

都市部周辺のオンライン熱供給・循環
町村部のオフライン分散熱供給

札幌市中心部の熱導管による熱供給エリア

課題

- ・室温・長期・高密度な熱貯蔵・輸送
- ・自動化によるランニングコスト低減
- ・他の公共サービスとのカップリング等

熱制御技術

プロセスから発生する熱を制御、
回収または循環利用し、
廃熱を発生させないプロセスへ

例)

反応ガス → 発熱プロセス → 製品

蓄熱材 (蓄熱→放熱)

製品 ← 吸熱プロセス ← 反応ガス

課題

- ・触媒担体の高熱容量化
- ・固体製品顕熱の熱回収を伴う制御冷却技術
- ・ダークな高温熱源からの熱回収

熱再生技術

エクセルギー率の低い熱を
高いエクセルギーを持つメディアで
グレードアップし、再生、循環利用

投入 (電気)
量: 16
質: 16

熱のエクセルギーを再生
& 循環利用

廃熱: 40°C熱
量: 100
質: 5

プロセス

自己熱再生、コプロダクション等

課題

- ・200°C以上の温度領域への展開
- ・高性能熱交換器の開発
- ・マイクロ伝熱&熱循環
- ・熱循環媒体/循環プロセスの構築

高密度蓄熱・熱輸送媒体の新展開 (= 我が国の基礎研究における強み)

合金系潜熱蓄熱マイクロカプセル (北海道大学など)

シェル: Al_2O_3

コア:
合金
PCM

h-MEPCM

・コア: 合金系潜熱蓄熱材

・シェル: $\alpha-Al_2O_3$ などセラミックス

・蓄熱密度: $\sim 1 \text{ GJ m}^{-3}$

・温度域: 200~800°C (一部開発中)

・繰返し耐久性: 数1000 cycle以上

粉体から成型加工可能なため、既往の固体顕熱蓄熱材同様に利用可能。

参考: JST ナノテク・材料・物づくり系 新技術説明会 <https://www.youtube.com/watch?v=4k8TDX505PE> など

硬殻マイクロカプセル化蓄熱材 (神戸大学など)

・コア: 潜熱蓄熱材 or 化学蓄熱材

・シェル: SiO_2 (多孔質 or 緻密)

・蓄熱密度: $\sim 0.44 \text{ GJ m}^{-3}$ (潜熱利用想定)

・温度域: $< 150^\circ\text{C}$

潜熱/化学蓄熱で利用可能。量産検討段階。

参考: JST MIRAI 未来創造事業 新技術説明会資料 https://shingijst.go.jp/var/rev0/0001/2914/2021_mirai_3.pdf

蓄熱セラミックス (東京大学・筑波大学など)

(a) 熱-圧力
ベータ-五酸化ニタン

加熱

ラムダ - 五酸化ニタン

熱エネルギー
230 kJ L^{-1}

放出

弱い圧力 (60 MPa)

・原理: 固相-固相変態

・形状: セラミックス粉体

・蓄熱密度: $\sim 0.3 \text{ GJ m}^{-3}$

・温度域: 200°C程度

熱以外の刺激で放熱。今までなかった新ジャンル蓄熱材。長期蓄熱可能。

参考: <http://www.tsukuba-sci.com/cms/?p=23587>

反復利用可能な化学蓄熱材 (愛知製鋼・豊田中研・近江工業)

従来蓄熱材
粉末状

開発蓄熱材
プレート状

1000回以上
(蓄熱密度: 1.6 MJ/L)

10回以下
(蓄熱密度: $\sim 1.0 \text{ MJ/L}$)

・蓄熱材: Ca系化学蓄熱材/粘土鉱物

・形状: プレート状

・蓄熱密度: $\sim 1.6 \text{ GJ m}^{-3}$

・温度域: 約400°C

・繰返し耐久性: 数1000 cycle以上

化学蓄熱の抱えていた「繰返し耐久性」の課題をついに解決。

参考: https://www.aichi-steel.co.jp/news_item/20191025_news.pdf

ご清聴ありがとうございました。

本資料の内容の一部は、

- ・ JSTムーンショット型研究開発事業 新たな目標検討のためのビジョン策定（ミレニア・プログラム）」
- ・ NEDO先導研究プログラム/エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/
合金系潜熱蓄熱マイクロカプセルを基盤とした高速かつ高密度な蓄熱技術の研究開発」
- ・ JST未来社会創造事業「ゲームチェンジングテクノロジー」による低炭素社会の実現/
潜熱蓄熱によるパッシブかつ迅速な反応熱制御技術の開発

において検討している内容を含みます。

この場を借りて、ご支援に感謝申し上げます。