

除湿剤からモバイル型熱輸送蓄熱剤への転換

～長期エネルギー貯蔵を視野に入れて～

国立研究開発法人産業技術総合研究所
地質調査総合センター
鈴木 正哉

1. はじめに

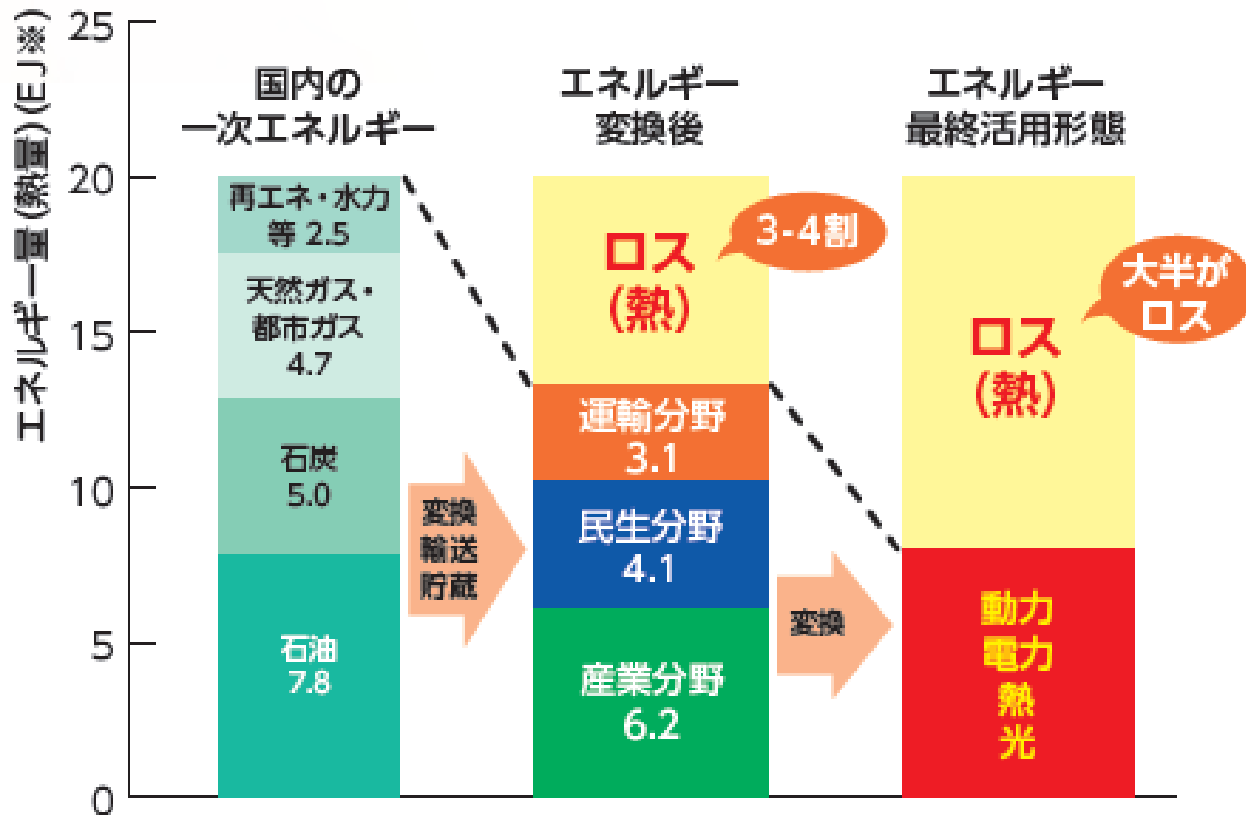
LDESの分類

分類	概要	例
電気化学式	電気化学反応を利用してエネルギーを貯蔵・放出するシステムを示す。小容量のものから大容量のものまで幅広く実用化されている。	- LIB - レドックスフロー電池 - ナトリウム・硫黄電池
機械式	位置エネルギーや運動エネルギーにて貯蔵するシステムを示す。例えば、外部から調達した電気エネルギーにより重量物を持ち上げて位置エネルギーとして貯蔵し、必要な時に落下させることで電気エネルギーに変換するという機構となる。	- 揚水 - 重力蓄電 - CAES^{注1}、LAES^{注2} - CO₂バッテリー
蓄熱式	熱エネルギーにて貯蔵するシステムを示す。例えば、固体媒体等の蓄熱材の熱容量を利用して熱エネルギーを貯蔵し、この熱を使用してタービンを駆動して電力を生成する機構となる。	- 岩石蓄熱 - PTES^{注3}
化学式	化学結合の形成を通じて電気を貯蔵するシステムを示す。例えば、電気でガスを製造し、高圧タンク等に貯蔵し、ガスを電気に変換する機構となる。	PtGtP^{注4}

2024年度 第4回 定置用蓄電システム普及拡大検討会資料より
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/storage_system/pdf/2024_004_04_01.pdf

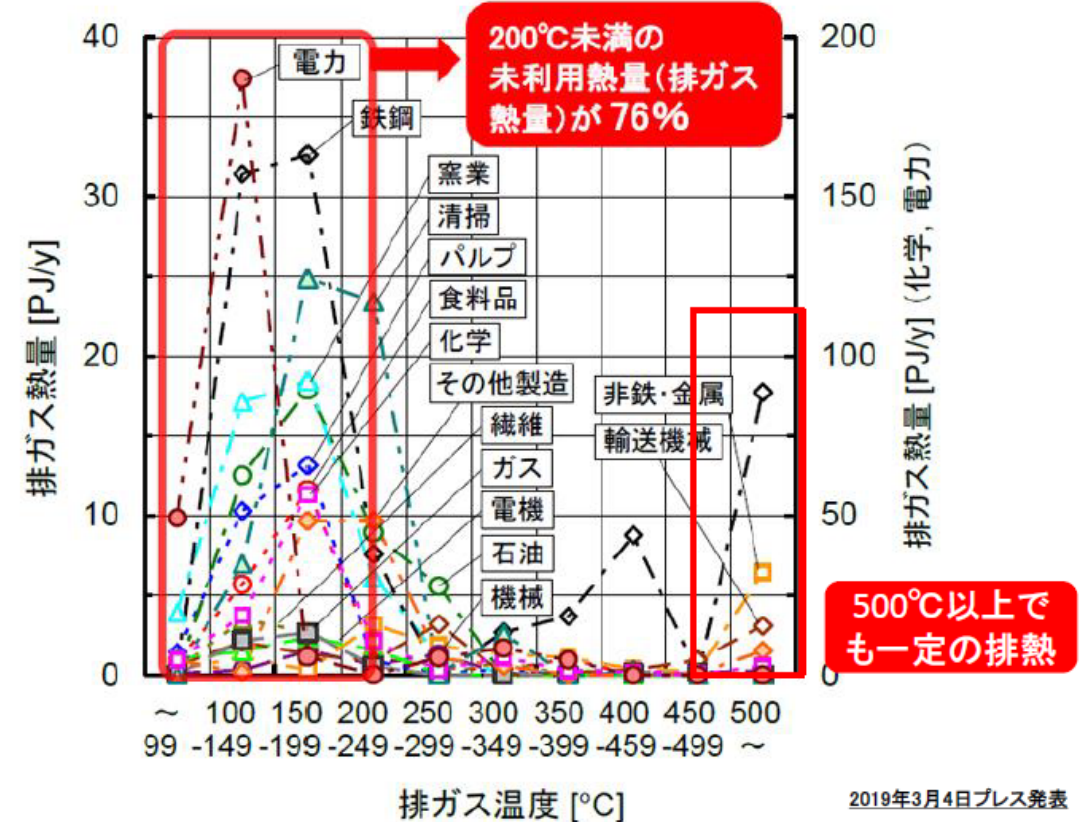
低温廃熱利用における研究背景

国内の一次エネルギー活用状況



エネルギーの効率を上げるには
効率的な熱利用が必要

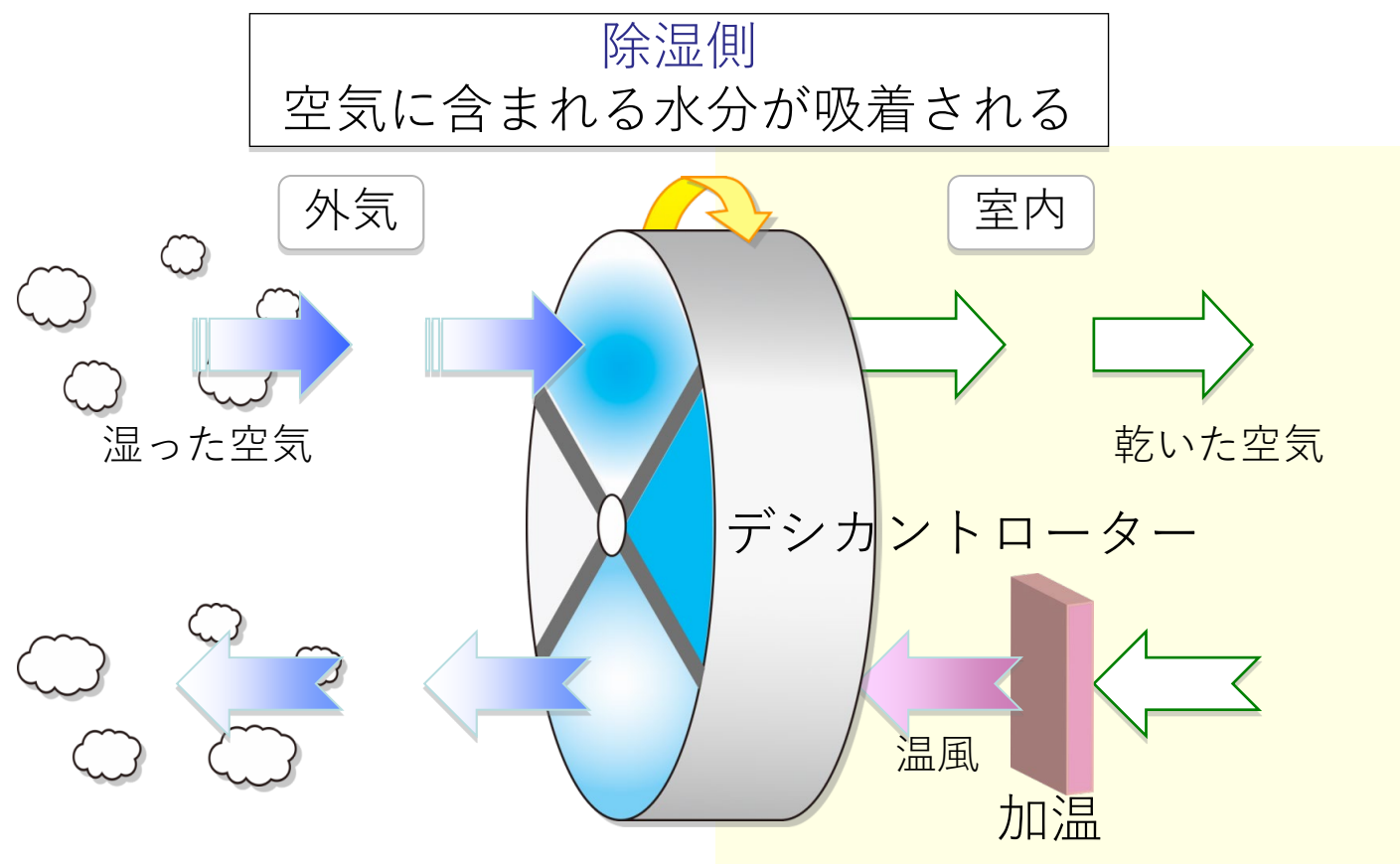
15業種の工場設備の排熱実態



NEDO, 未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合, 15業種の工場設備の排熱実態調査報告書(2019)

NEDO未利用熱活用技術の最新動向講演資料より
https://www.nedo.go.jp/events/report/ZZDA_100019.html

吸着材開発のきっかけ



デシカントローター

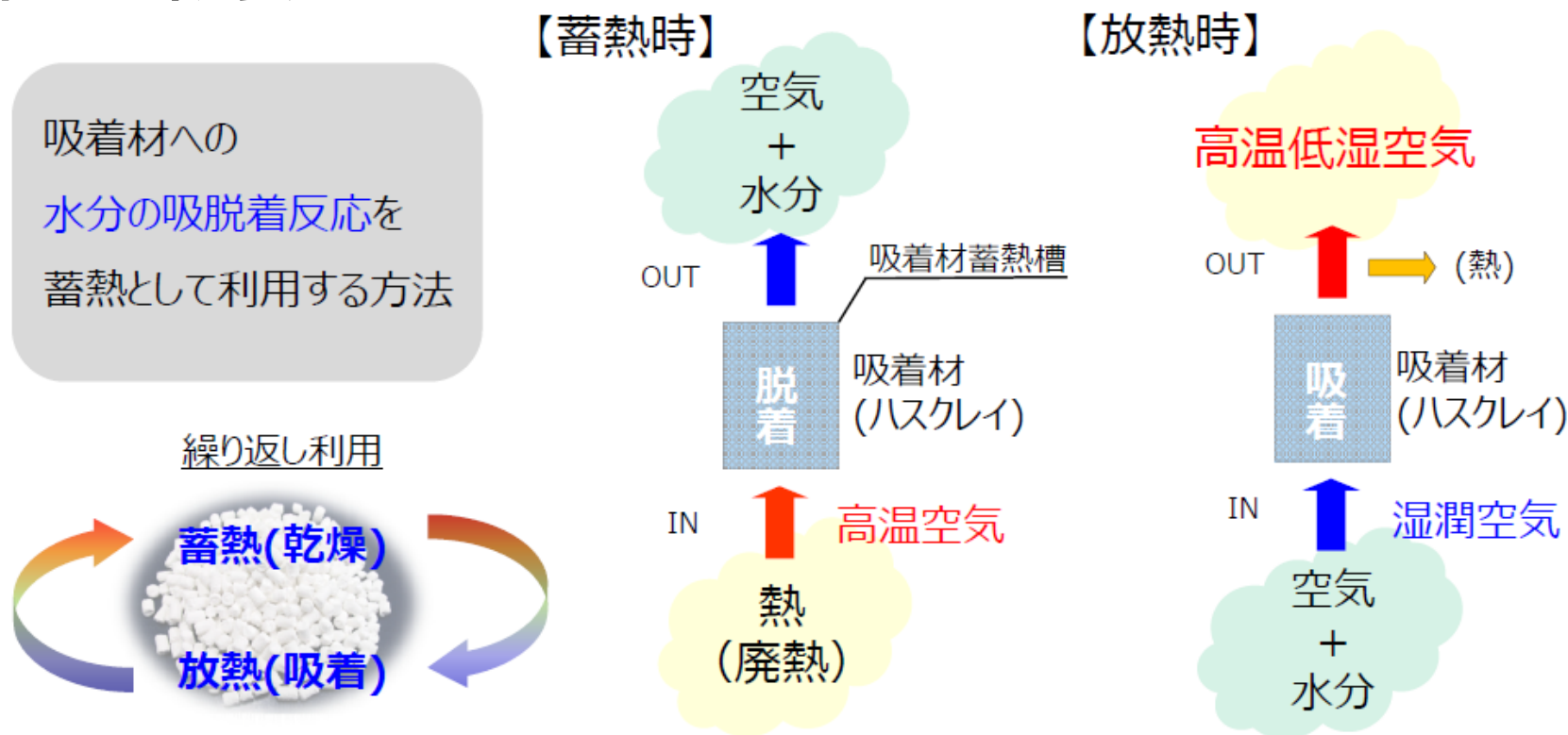


家庭用除湿器

デシカント空調システムの概要

2. ハスクレイの吸着原理と吸着性能

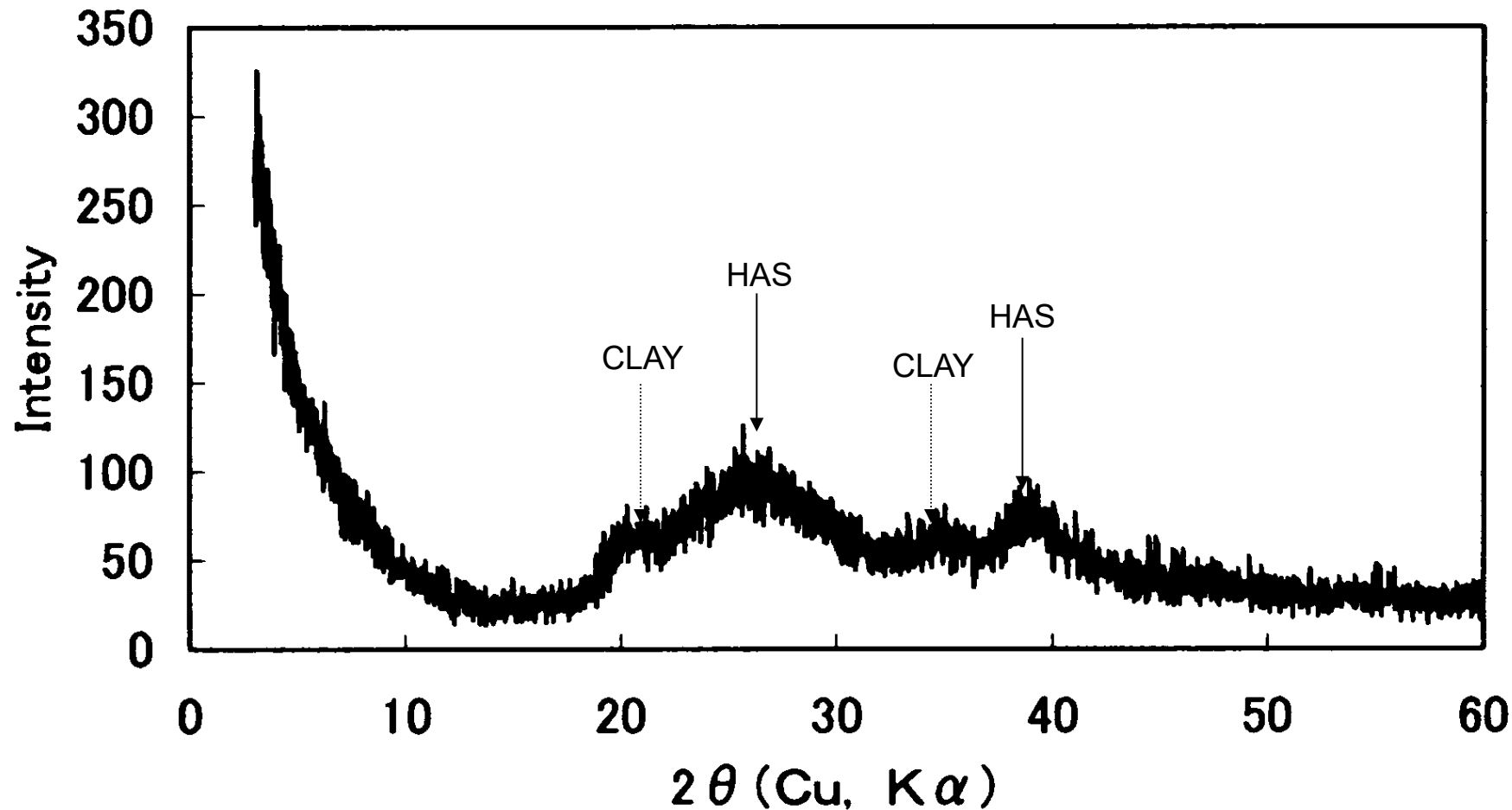
2-1. 吸着原理概要



《特長》

- ①水の蒸発潜熱を利用 → 単位体積当たりの蓄熱密度大
(水の凝固潜熱を利用する従来の氷蓄熱方式などと比較して大きい)
- ②吸着反応による蓄熱 → 保管時の温度保持が不要
- ③比較的軽量 → 運搬利用が可能

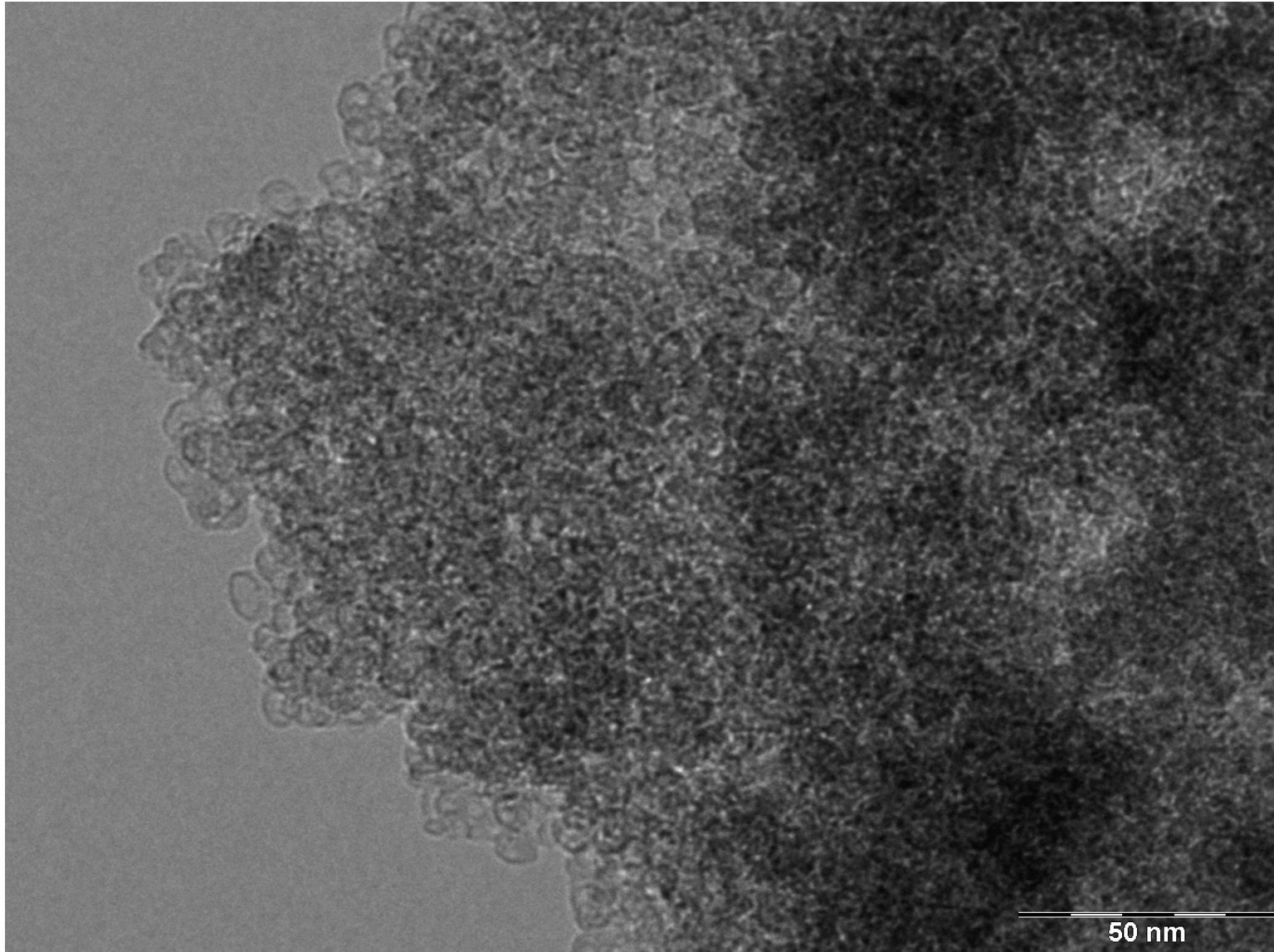
2-2-1. ハスクレイの構造 (XRD)



HAS:Hydroxyl Aluminum Silicate

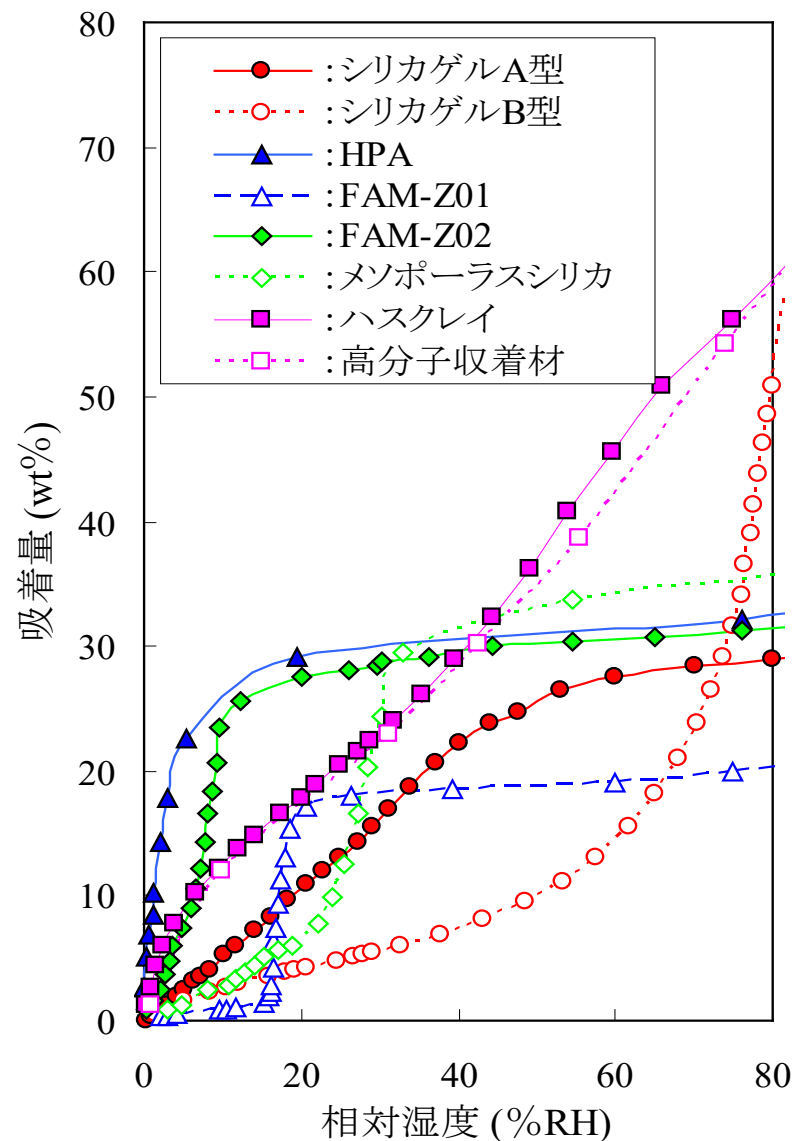
ハスクレイの粉末X線回折図形

2-2-2. ハスクレイの形状 (TEM)

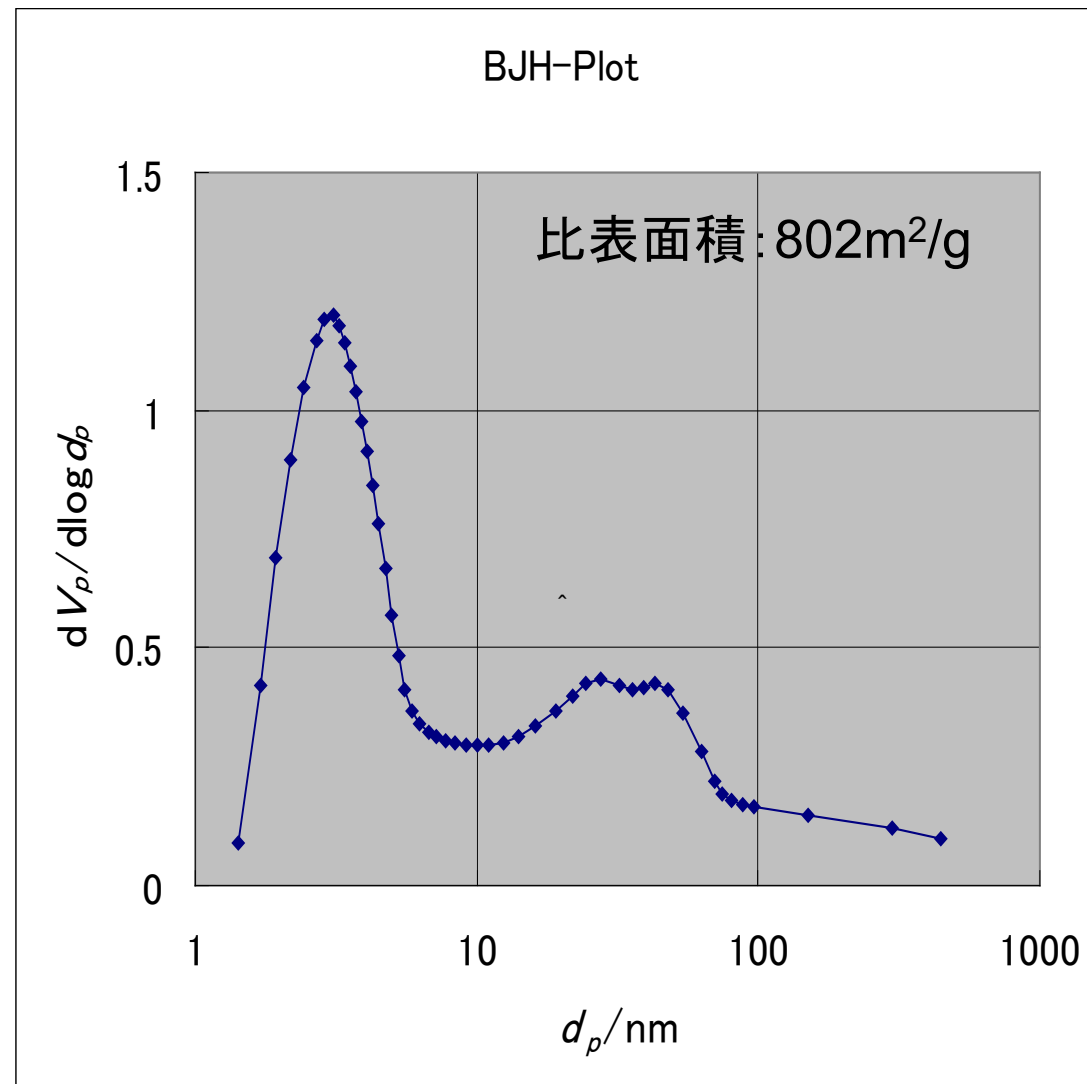


ハスクレイの透過電子顕微鏡写真

2-3. ハスクレイの吸着性能



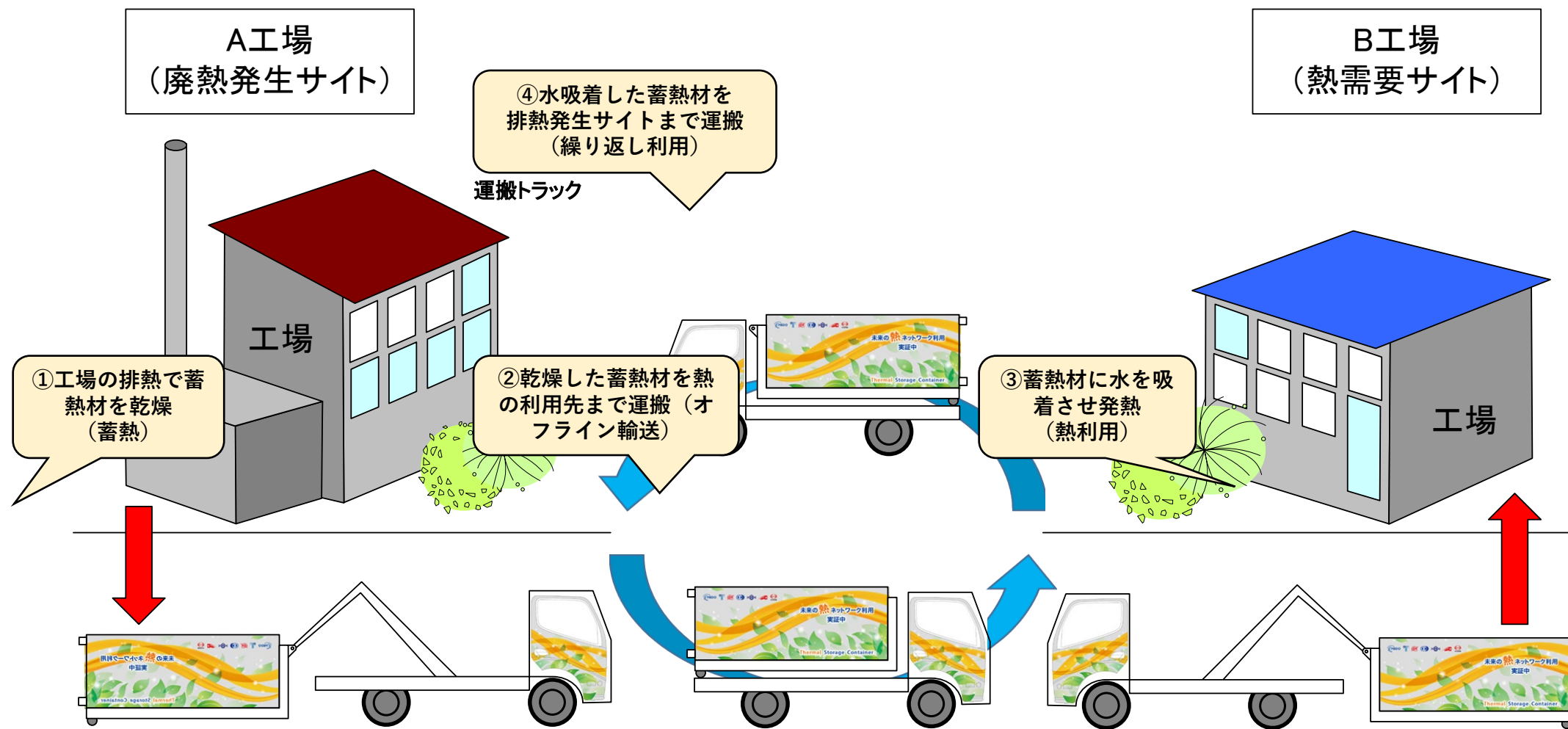
ハスクレイおよび各種吸着の水蒸気吸着等温線



窒素吸着による細孔分布測定

3. 熱輸送の実証事例

3-1. 熱利用のイメージ



オフライン熱輸送システムでの吸着材蓄熱/熱利用イメージ(工場間)

熱輸送システムの特徴（時間と空間ギャップの解消）

蓄熱＋輸送機能

熱需要との場所や時間のずれを解消して、活用困難だった排熱の利用を実現

低温廃熱の高密度蓄熱

100～200℃程度の使い勝手の悪かった低温廃熱を、
高密度に蓄熱して利用可能

省エネ、省CO₂

回収した排熱量分だけ利用側のエネルギーとCO₂を削減
必要な補助動力は送風動力のみ

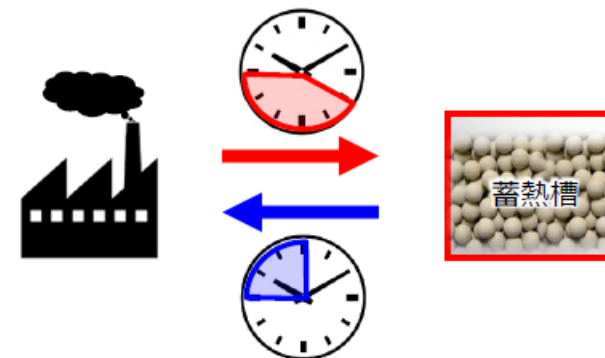
加温＋除湿利用

利用側への提供形態は高温低湿空気であり、加温・乾燥・除湿が好適

保管時の温度保持不要

密閉状態を維持すればいつまでも熱の保管が可能
(原理が水分の吸着反応のため)

●時間ギャップの解消



●空間ギャップの解消



高砂熱学工業(株)資料より

3-2. 蓄熱材の比較

項目	潜熱蓄熱（従来システム）	吸着材蓄熱	化学蓄熱
蓄熱材 （蓄熱方式）	酢酸ソーダ ^① / エリスリトール （固液相変化）	ハスクレイ （水吸脱着）	水酸化マグネシウム等 （化学反応）
蓄熱密度（材料）	265 kJ/kg / 340 kJ/kg	約1,000 kJ/kg	約2,000 kJ/kg
蓄熱密度	157 kJ/L / 238 kJ/L	500 kJ/L以上（700kJ/L）	約1,000 kJ/L
利用温度	58℃ / 121℃ ①空調（暖房）・給湯	80～120℃ ①空調（暖房）・給湯、 ②空調（外調）、③除湿	200～250℃ ①空調（暖房）・給湯、 ②蒸気
放熱原理（熱ロス）	凝固（熱ロスあり）	発熱（熱ロスなし）	発熱（熱ロスなし）
国内実績	フィールド実証 ^{*1}	なし	なし
備考	熱媒油（第4石油類）の使用	（開発段階）	（開発段階）

- ・潜熱蓄熱の実証データ^{*1}より供給熱量は蓄熱量の82%、熱ロスは18%と推定
- ・予備試算^{*2}の結果、潜熱蓄熱では困難だった投資回収がハスクレイ吸着材蓄熱では実現可能

・多様な利用形態である、①空調（暖房）・給湯、②空調（外調）、③除湿 から「経済性の高い」熱利用を実証して、導入先（初期導入先）を見定める

3-3. 実証試験(オフライン輸送)

100℃以下の廃熱を利用可能な蓄熱システムの本格実証試験を開始

—オフライン熱輸送型と定置型での通年実証—

2019年7月25日
国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
高砂熱学工業株式会社
石原産業株式会社
東京電力エナジーパートナー株式会社
森松工業株式会社
日野自動車株式会社
国立研究開発法人産業技術総合研究所
羽村市

NEDOと高砂熱学工業(株)、石原産業(株)、東京電力エナジーパートナー(株)、森松工業(株)、日野自動車(株)、産業技術総合研究所、羽村市は、100℃以下の低温廃熱を利用可能な蓄熱材を約12t利用した蓄熱システムの本格実証試験を2019年7月から開始しました。

本実証試験で用いる蓄熱材は、産業技術総合研究所が開発した「ハスクレイ」をベースに高性能化・高耐久化を図ったもので、従来から使用されている潜熱蓄熱材よりも体積当たりで2倍以上の蓄熱が可能です。

本実証では、オフライン熱輸送型と定置型の2通りの蓄熱システムを通年で検証します。オフライン熱輸送型では、日野自動車(株)羽村工場のコージェネレーションシステム(CGS)設備で発生した廃熱を蓄熱材に蓄熱し、工場内の産業空調設備で利用することに加えて、約2km離れた羽村市スイミングセンターへ大型トレーラーで輸送し、温水プールの熱源としても利用します。また、定置型では、石原産業(株)四日市工場の酸化チタンを乾燥させる工程で、上流側の高温の酸化チタンから発生する熱を蓄熱材に蓄熱し、下流側の比較的低温の酸化チタンへ放熱し乾燥に用いることで、既存の加熱用蒸気の消費量を削減します。

これらの実証試験を季節ごとの実証データを取得しながら2020年2月まで実施し、コージェネレーションシステムの廃熱や工場廃熱を除湿・暖房・乾燥工程などへ適用する熱利用システムの技術を確認し、市場展開を目指します。



図1 熱利用サイト(放熱サイト)外観(羽村市スイミングセンター)

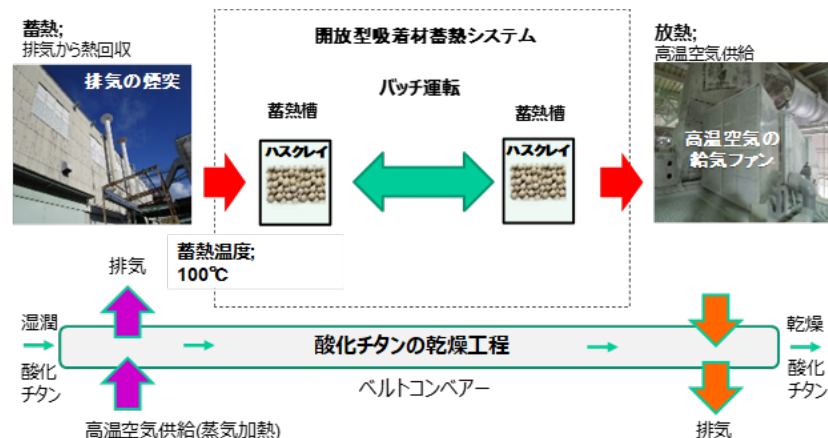
NEDO戦略的省エネルギー技術革新プログラム 2018年7月～2020年2月実証開発フェーズ
低温廃熱利用を目的としたハスクレイ蓄熱材及び高密度蓄熱システムの開発

3-3-1. 実証試験内容(定置型)

■ 定置型の実証設備

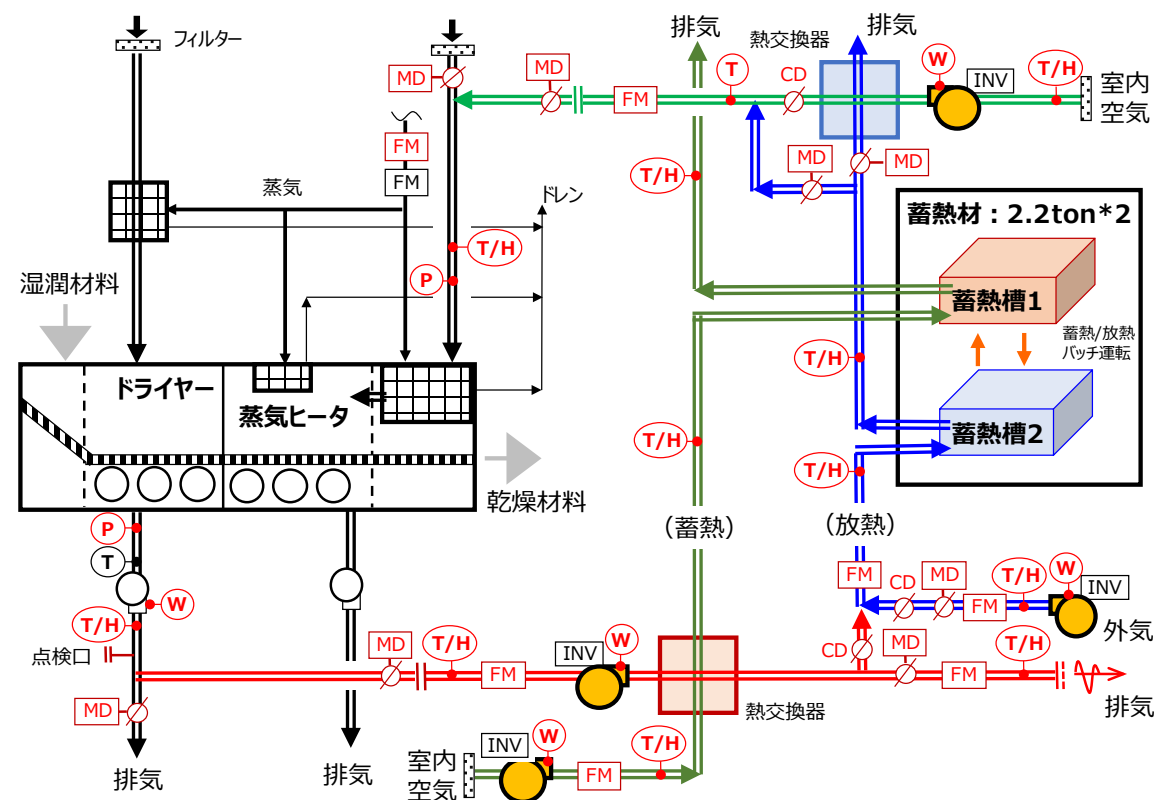
- ・ 石原産業(株)四日市工場の酸化チタン乾燥工程で実証。
- ・ 2つの蓄熱槽を設置し、蓄熱／放熱を切り替えるバッチ運転。

石原産業(株)四日市工場の定置型システムの概要



定置型システムの蓄熱槽廻り

定置型システムの系統図

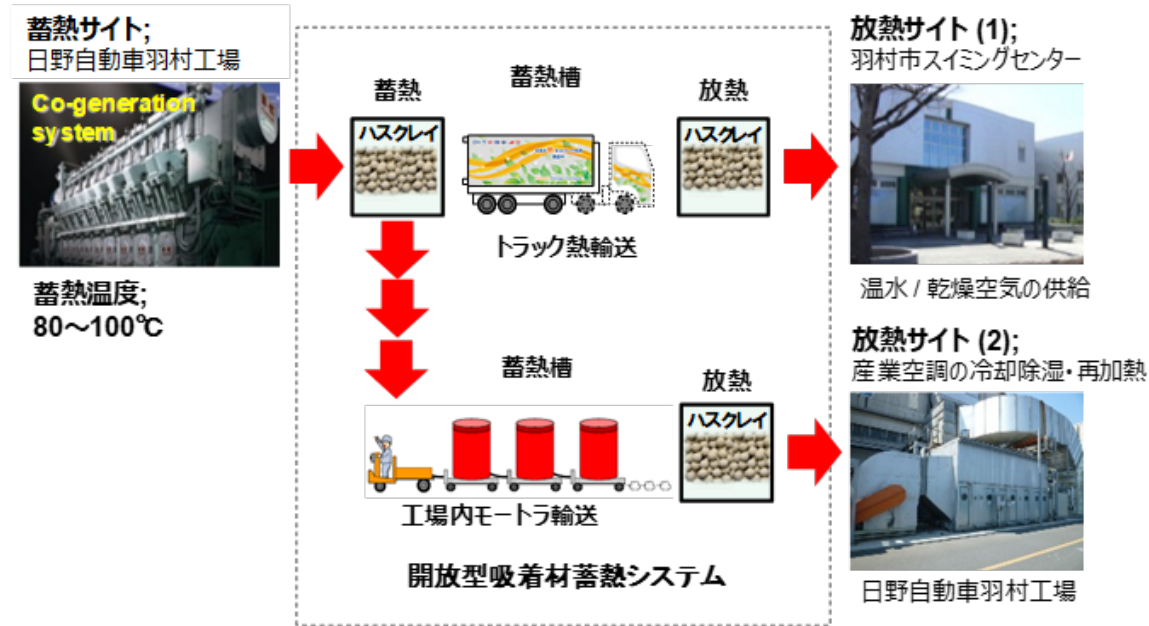


3-3-2. 実証試験内容(定置型)

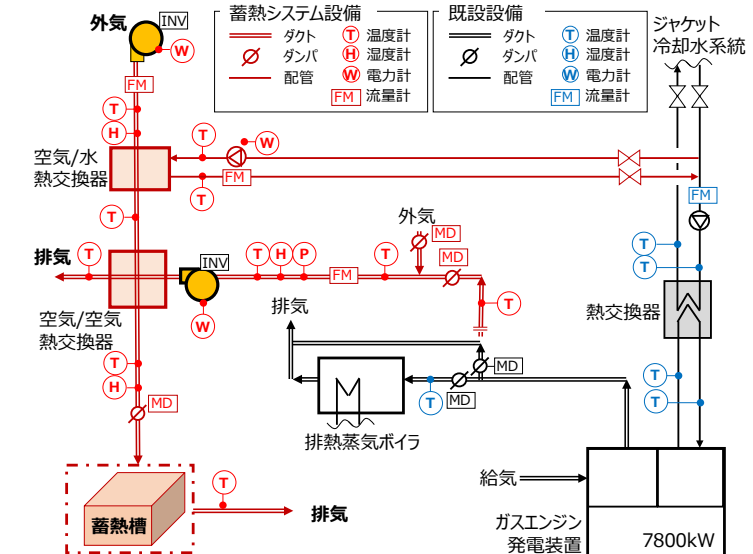
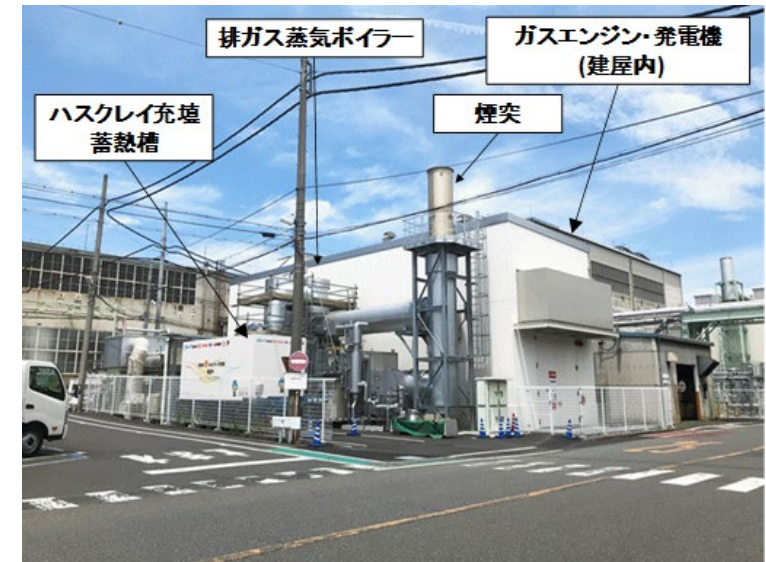
■オフライン熱輸送型の実証設備

- ・日野自動車(株)の羽村工場周辺で実施。
- ・蓄熱は羽村工場の天然ガスC G S設備。
- ・放熱は①羽村市スイミングセンターと②羽村工場の産業空調設備（塗装工程のリサイクル空調）。
- ・①5.5トンのハスクレイ充填のトレーラ輸送。
- ・②2.2トンのハスクレイ充填の小型牽引車輸送。

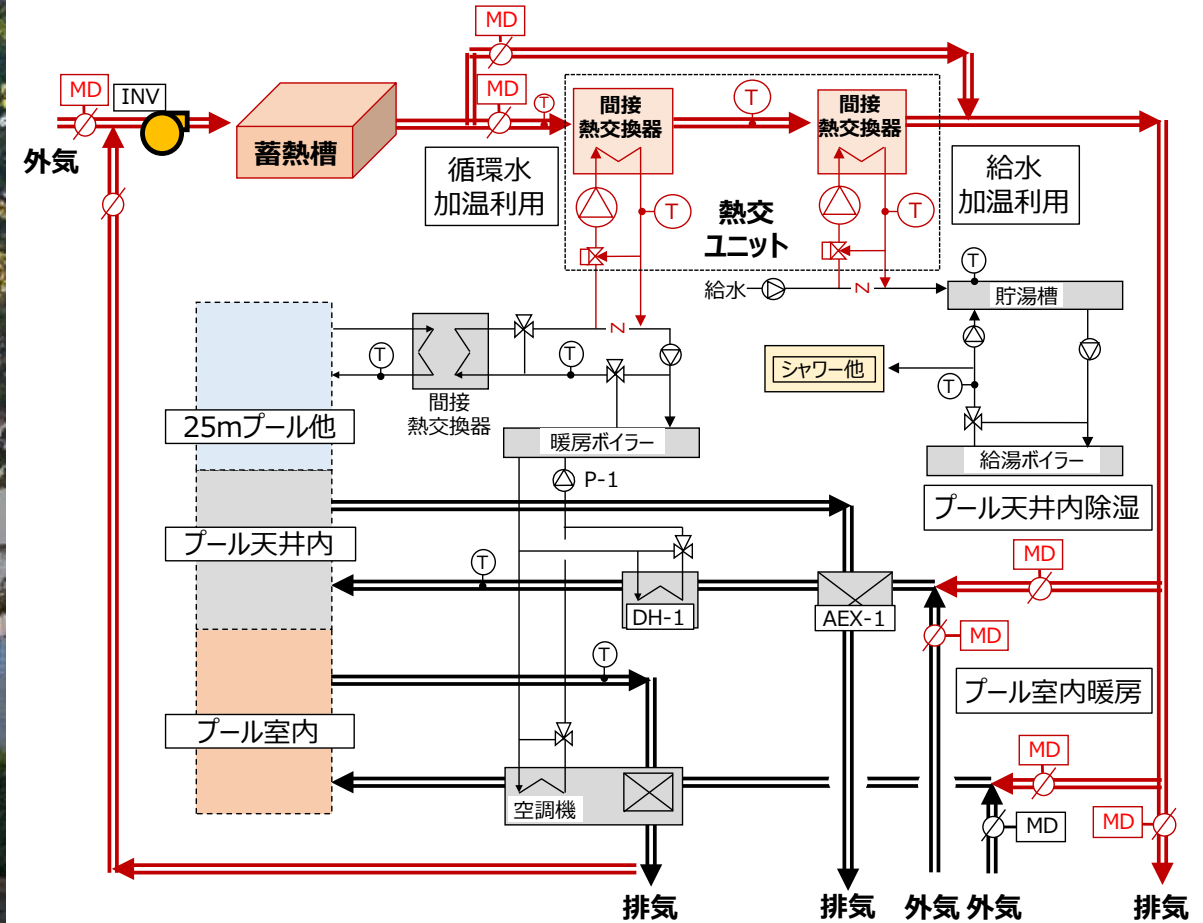
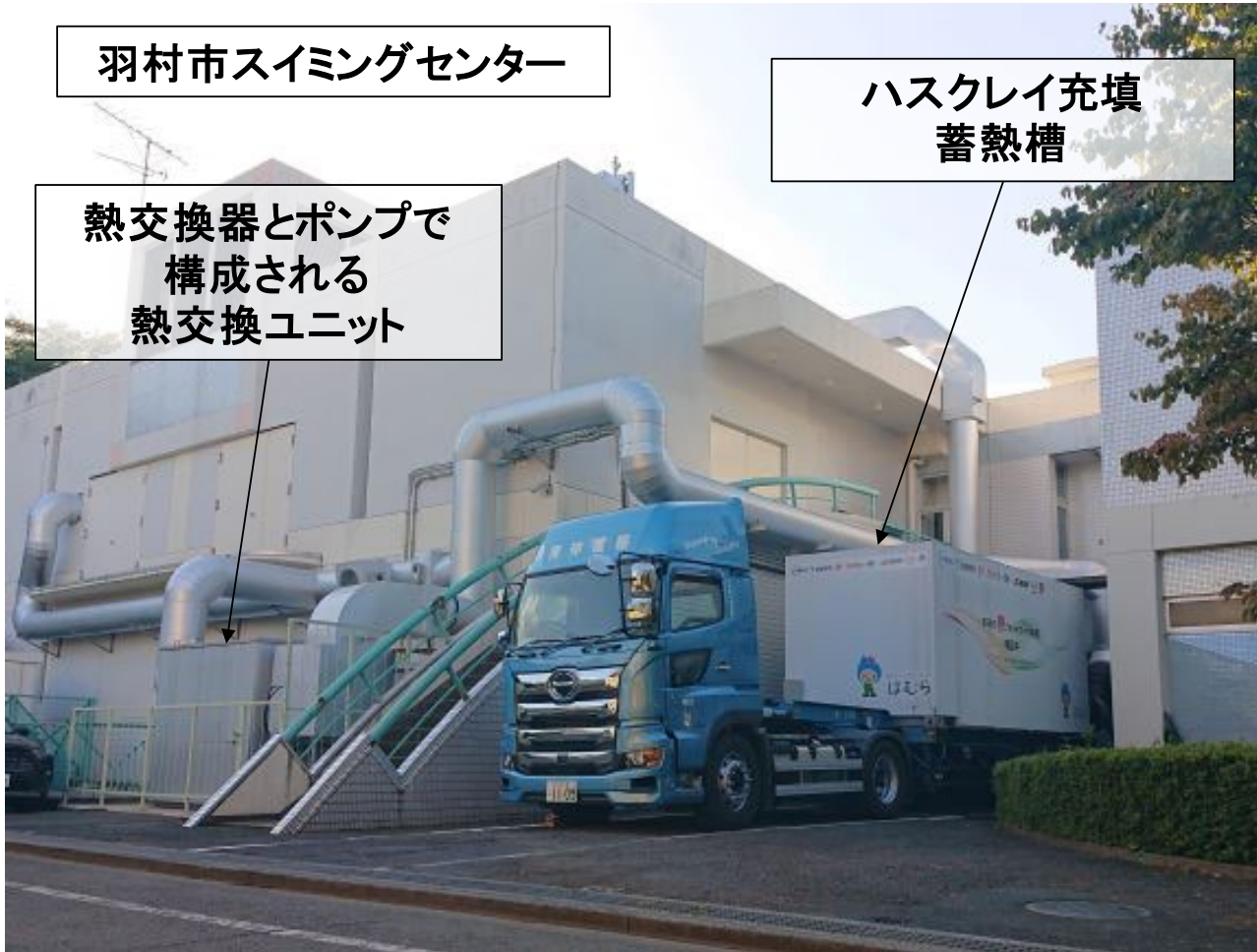
オフライン熱輸送型システムの概要



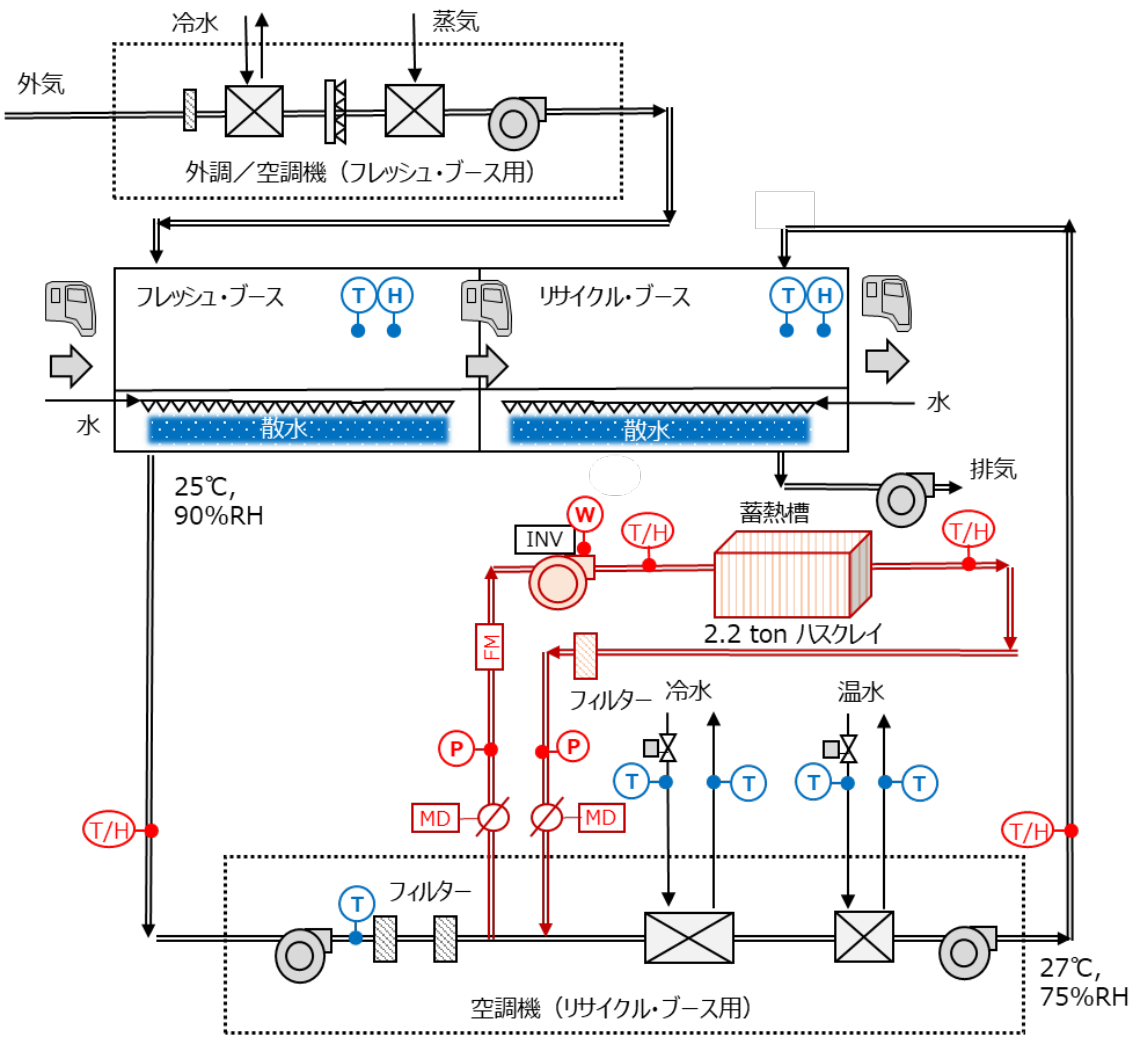
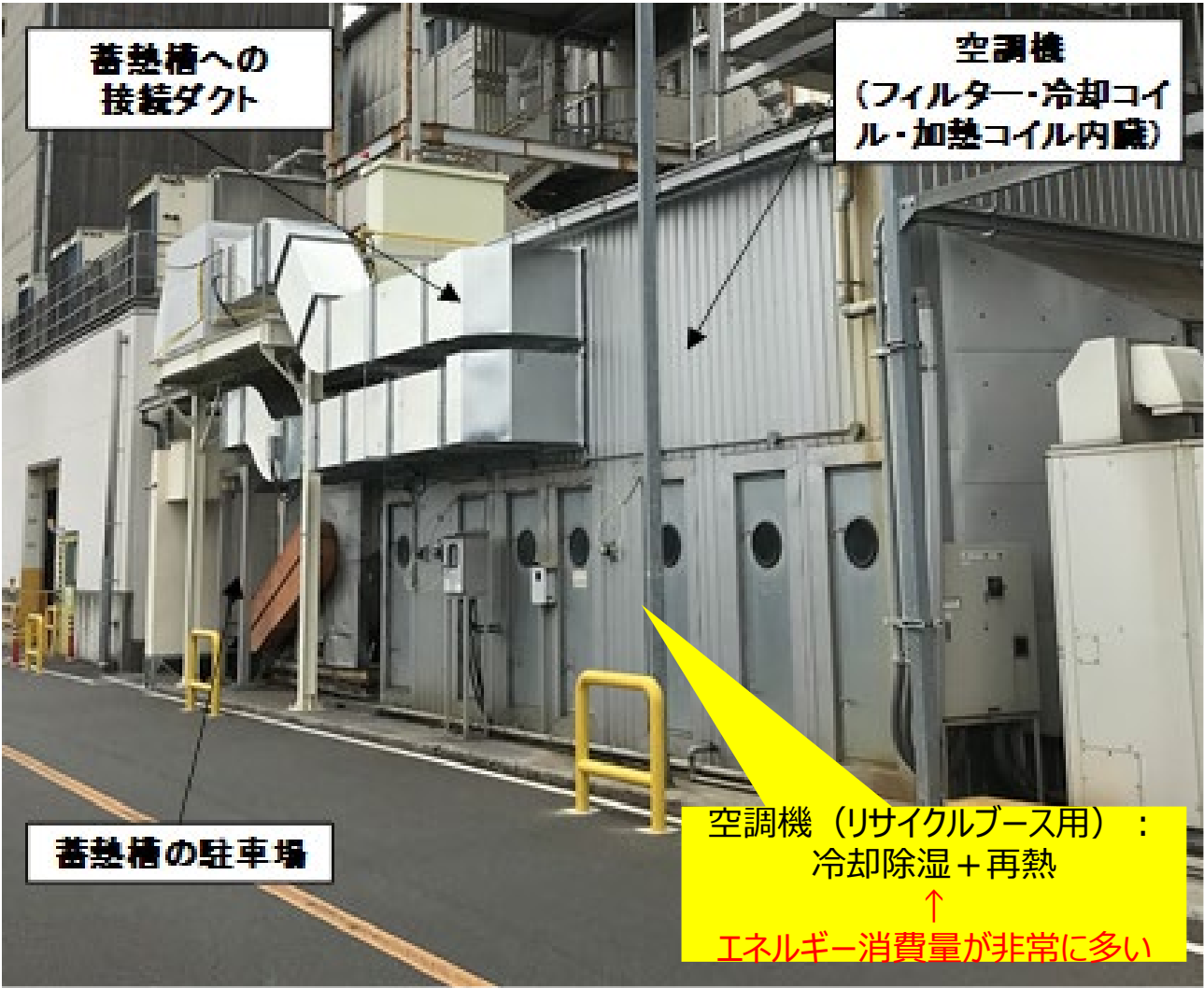
蓄熱：羽村工場の天然ガスC G S設備



放熱①：羽村市スイミングセンター



放熱②：産業空調設備



オフライン熱輸送型システムでの輸送スケジュール

工場塗装リサイクル

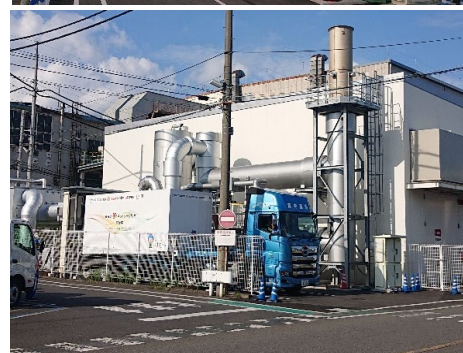
ブース空調

(放熱サイト)



小型牽引車で運搬

ガスエンジンCGS (蓄熱サイト)



トレーラで運搬



羽村市

スイミングセンター

(放熱サイト)



NEDO実用化ドキュメント



発想の転換！吸着材で廃熱利用!?「ハスクレイ」を利用した新たな蓄熱システム：NEDO実用化ドキュメント2025〔…

<https://www.youtube.com/watch?v=ASr9LeetKHk>

4. まとめと課題

○モバイル型熱輸送の利点

- ・潜熱と顕熱の利用が可能
- ・時間と空間ギャップを解消
- ・長時間の熱供給が可能

○課題

- ・熱エネルギーが瞬時に取り出せない
- ・潜熱利用における高温蒸気の供給

ご清聴ありがとうございました。

