

戦略的省エネルギー技術革新プログラム
フェーズ名：実証開発

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

プロジェクト実施者： 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

プロジェクト実施期間： 2018年7月～2020年2月



1) 狙う市場とその状況、課題

- ① 民生部門での大幅な省エネのため、自治体主導の広域熱利用システムの具現化が必要
- ② 工場では発電・蒸気利用が推進されているが、100℃程度の低温廃熱は未利用のまま放出
- ③ 電力安定供給のためのコージェネ(CGS)の導入には熱需要量が必要

↑ 蓄熱システムは有効な選択肢の一つ

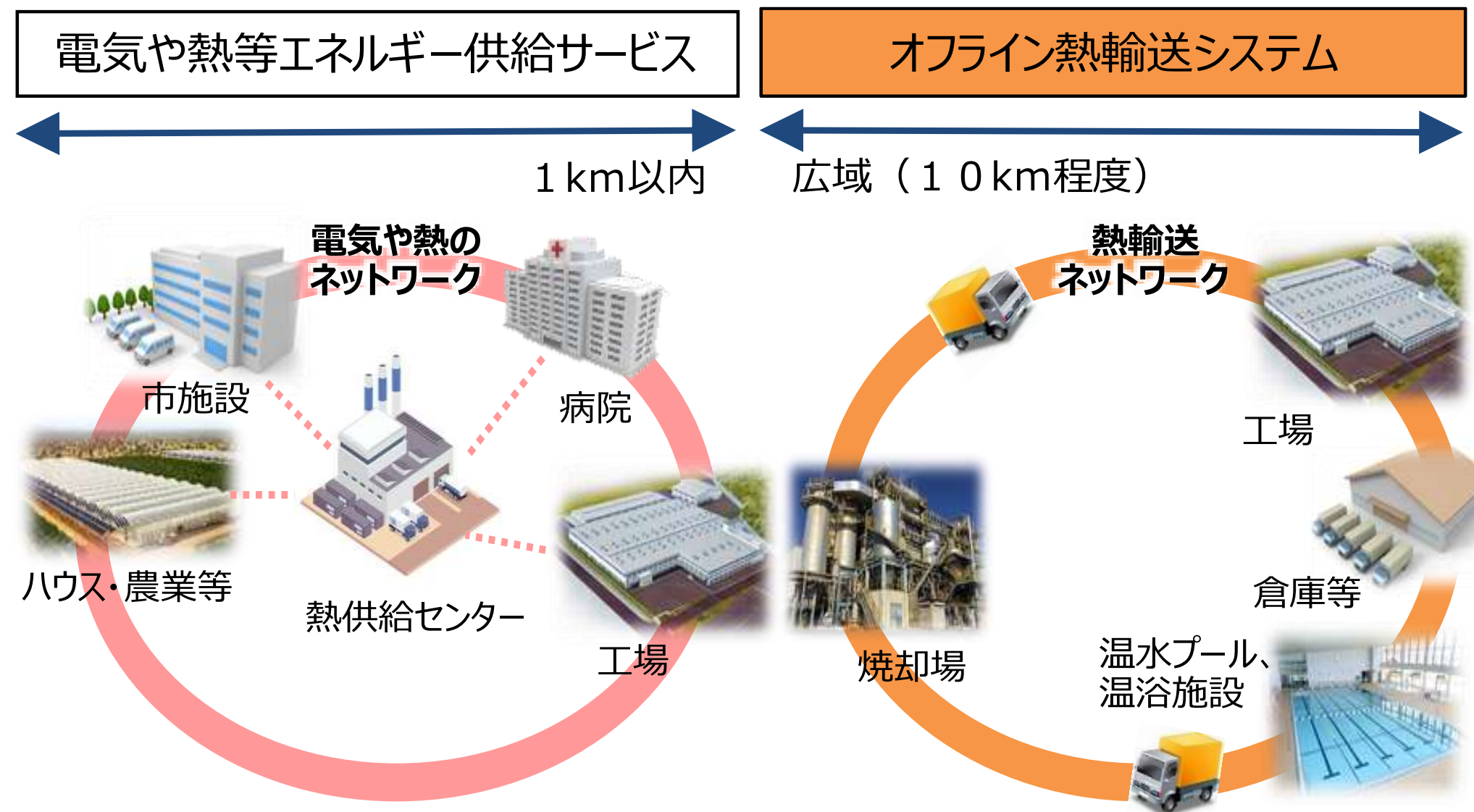
2) 従来技術の潜熱蓄熱の課題

- a) 貯蔵熱量(蓄熱密度)が低い
- b) 熱ロスがある
- c) 蓄熱利用の用途が凝固点温度で限定される

↑ 経済的に蓄熱システムとして
実用化には至らず

↑ 蓄熱密度と熱ロスは経済性に
直結

広域熱利用システムのイメージ



蓄熱材としては蓄熱密度が高く、100℃程度の低温廃熱が利用可能で、暖房・給湯/外調/除湿の多様な熱利用が可能であり、熱ロスがない、ハスクレイ吸着材を選択

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／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

*1: 熱の宅配便「トランスヒートコンテナ・システム」が日本で初稼動 奥羽クリーンテクノロジー(株)廃棄物処理・エネルギー供給事業をスタート, http://www.sanki.co.jp/news/press/contents_90.htm
 *2: 試算条件: 蓄熱材:8ton, 定置型蓄熱槽:1台@蓄放熱回数1～2回/2台@3～6回, オフライン熱輸送型蓄熱槽:1台@輸送回数1～2回/2台@3～4回/3台@5～6回, オフライン熱輸送トラック:1台, 輸送距離:10km, トラック運転労務費:500万円, 蓄熱運転:5hr, 放熱運転:4hr(乾燥空気/温水を供給して加温用電力を削減), 稼働日数:300日/年, 稼働時間:最大24hr/日, 電気単価:14円/kWh, トラック燃料単価:85円/L

- 開発システムの経済性(設備規模当たりの供給熱量)の通年実証データの取得
- 温風/乾燥空気のような多様な熱利用や、工場廃熱/CGS排気・ジャケット温水での蓄熱を実証

(1)蓄熱材・蓄熱システムの実証開発

実証システムの構築(2018)

- 定置型
- オフライン熱輸送型

1)システム開発(2018-19)

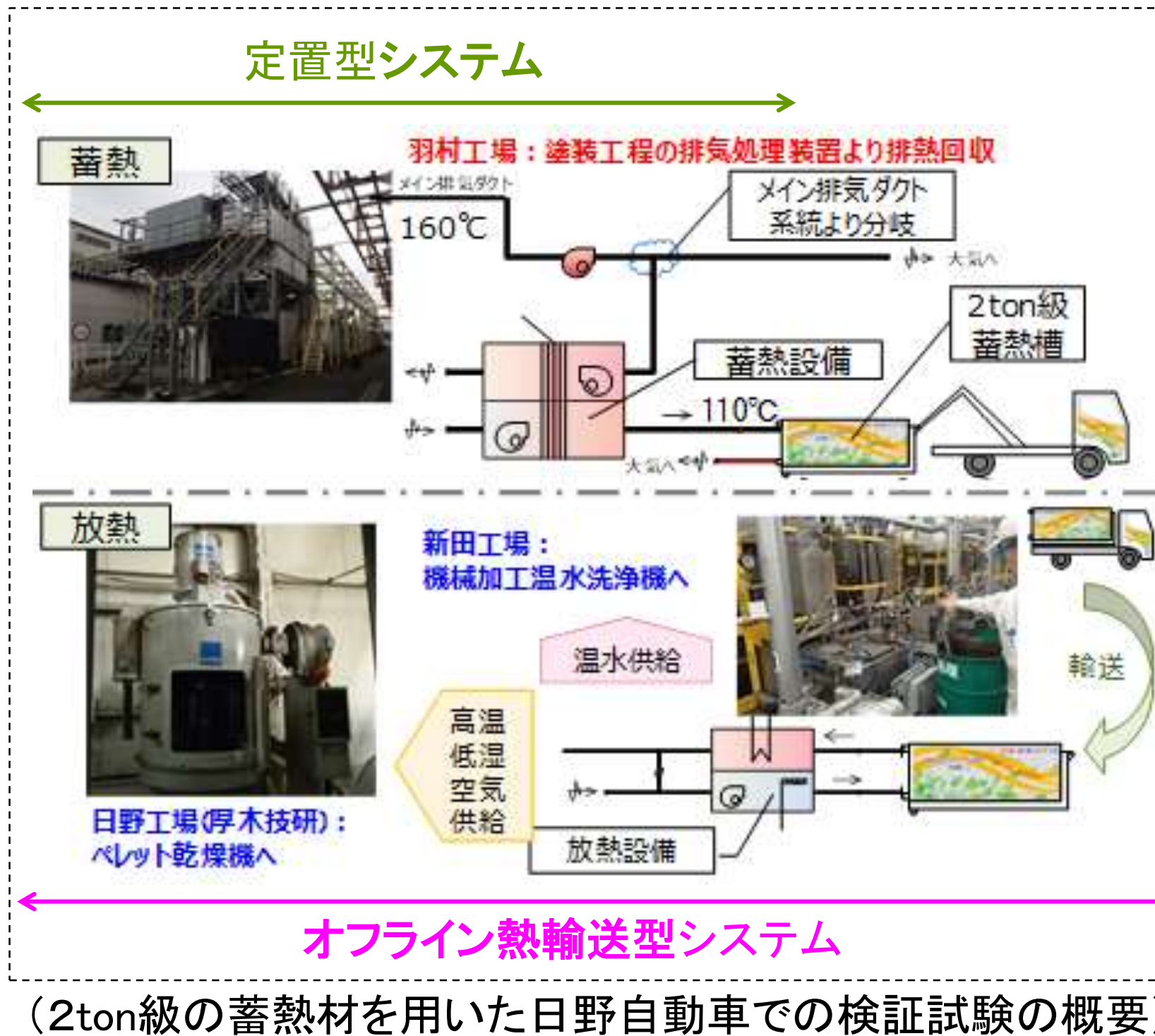
- 蓄熱槽の設計手法
- 蓄熱設備の設計手法
- 放熱設備の設計手法

2)材料開発(2018-19)

- 蓄熱材の耐久性向上
- 耐摩耗性の向上
- 性能劣化の低減

3)実証評価(2019)

- 定置型
- オフライン熱輸送型



(2)システム(2018-19)評価手法開発

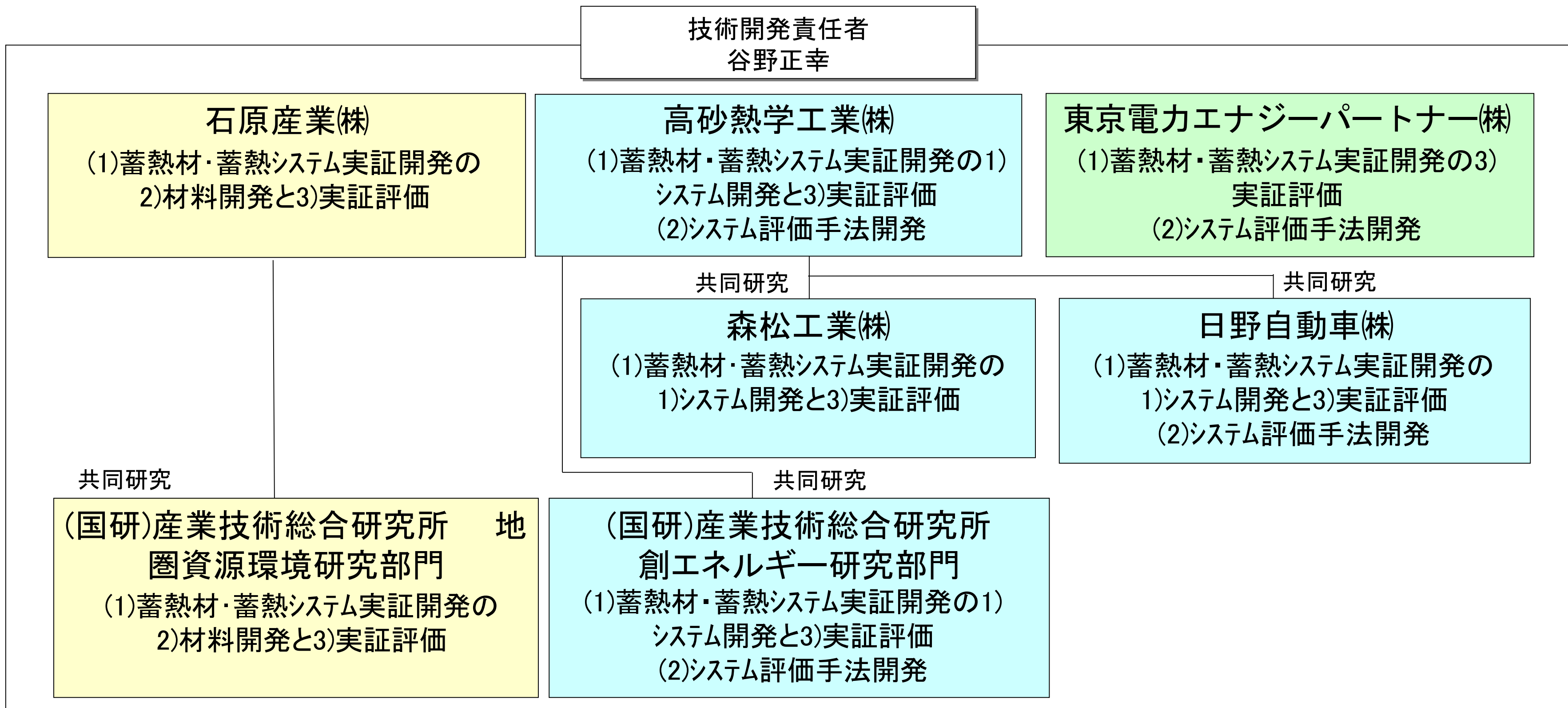
定置型
システム評価手法

オフライン熱輸送型
システム評価手法

オフライン熱輸送型
ビジネスモデル確立に向けた
詳細検討

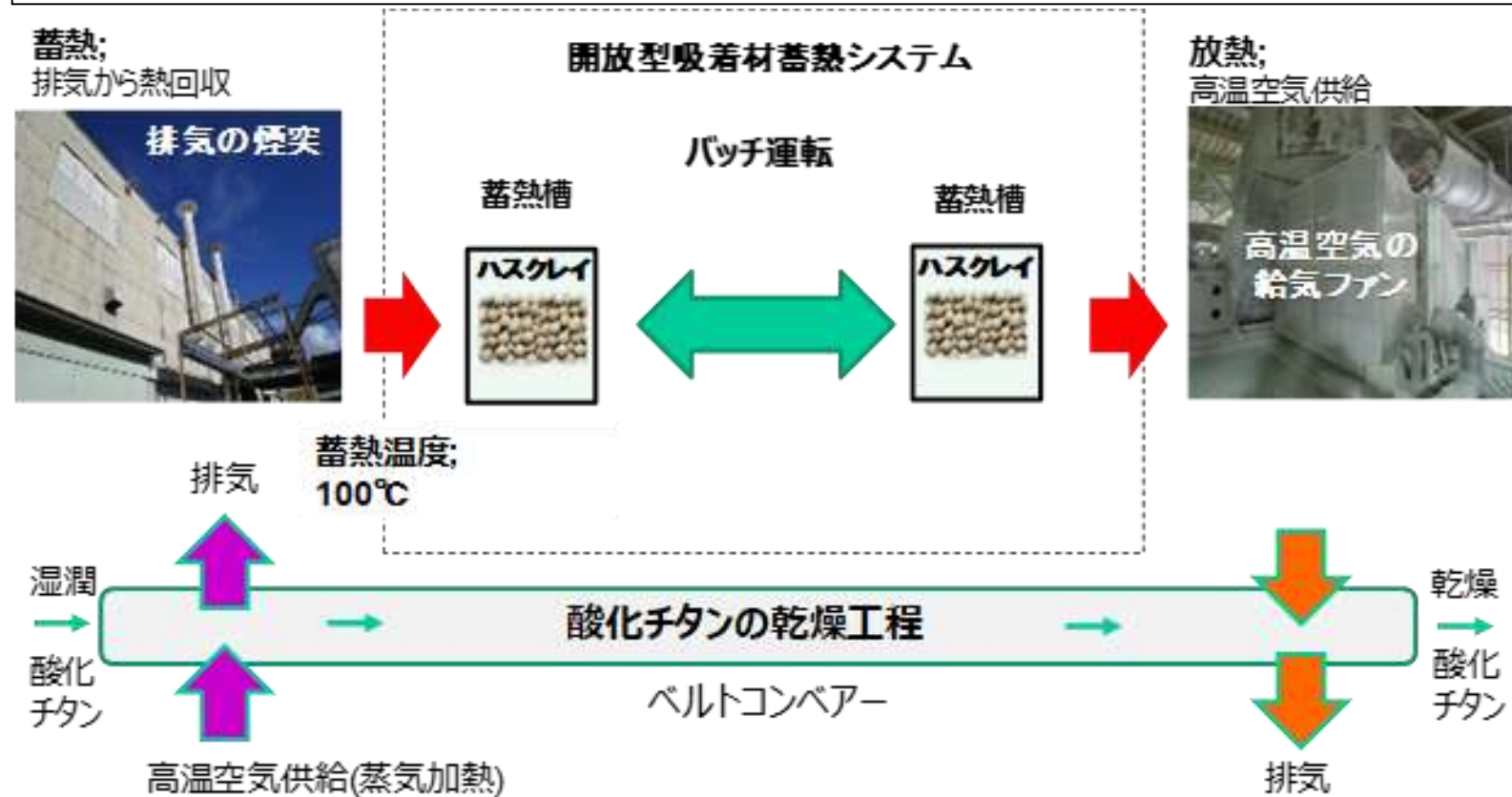
実用化開発フェーズ
での「蓄熱性能の確認」
2016年度末の冬季1ヶ月間、
廃熱利用を実環境で評価

・石原産業材料開発、高砂熱学がシステム開発、東京電力エナジーパートナーがシステム評価



■ 定置型の実証設備

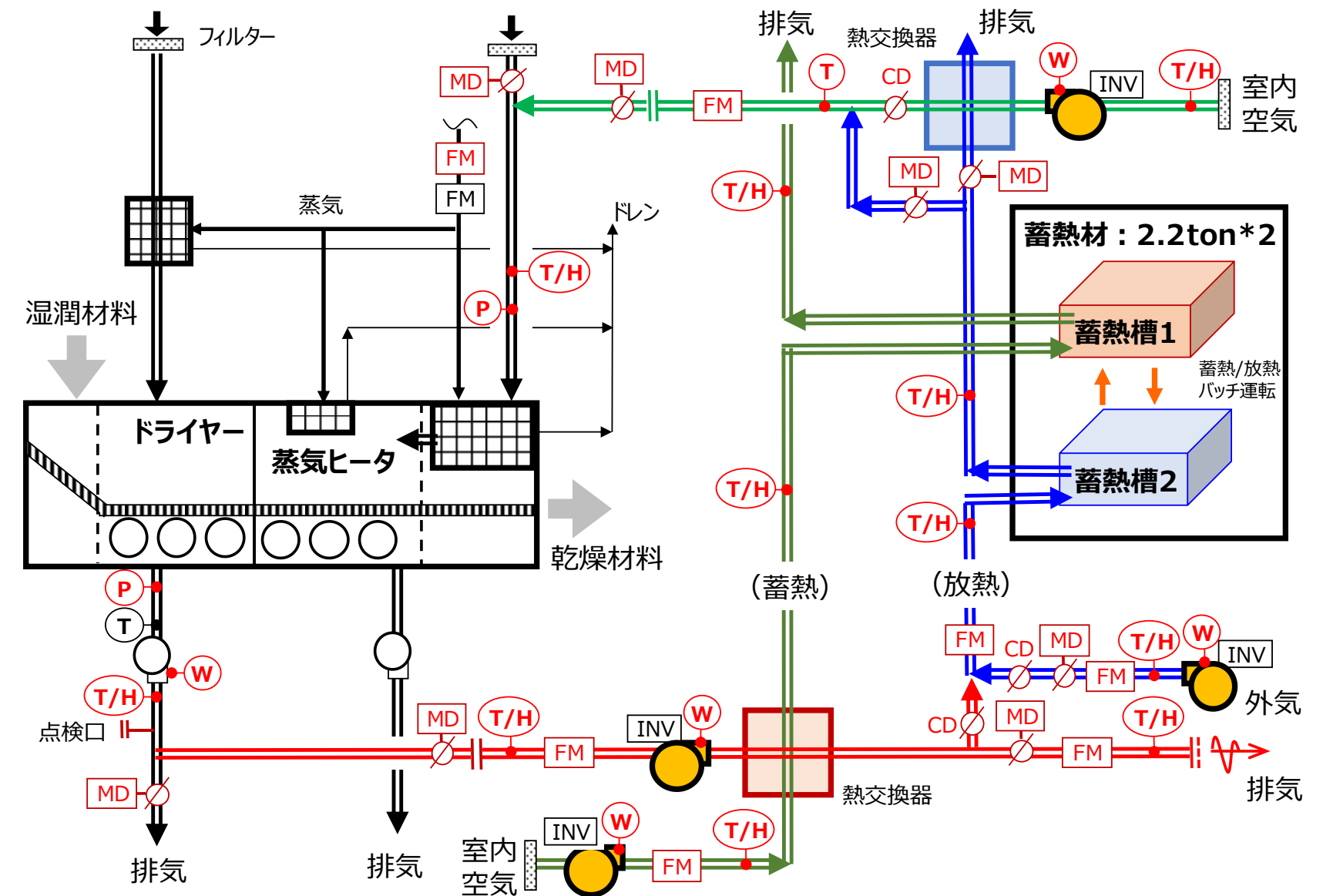
- ・石原産業(株)四日市工場の酸化チタン乾燥工程で実証
- ・2つの蓄熱槽を設置し、蓄熱／放熱を切り替えるバッチ運転



↑ 石原産業(株)四日市工場の
定置型システムの概要

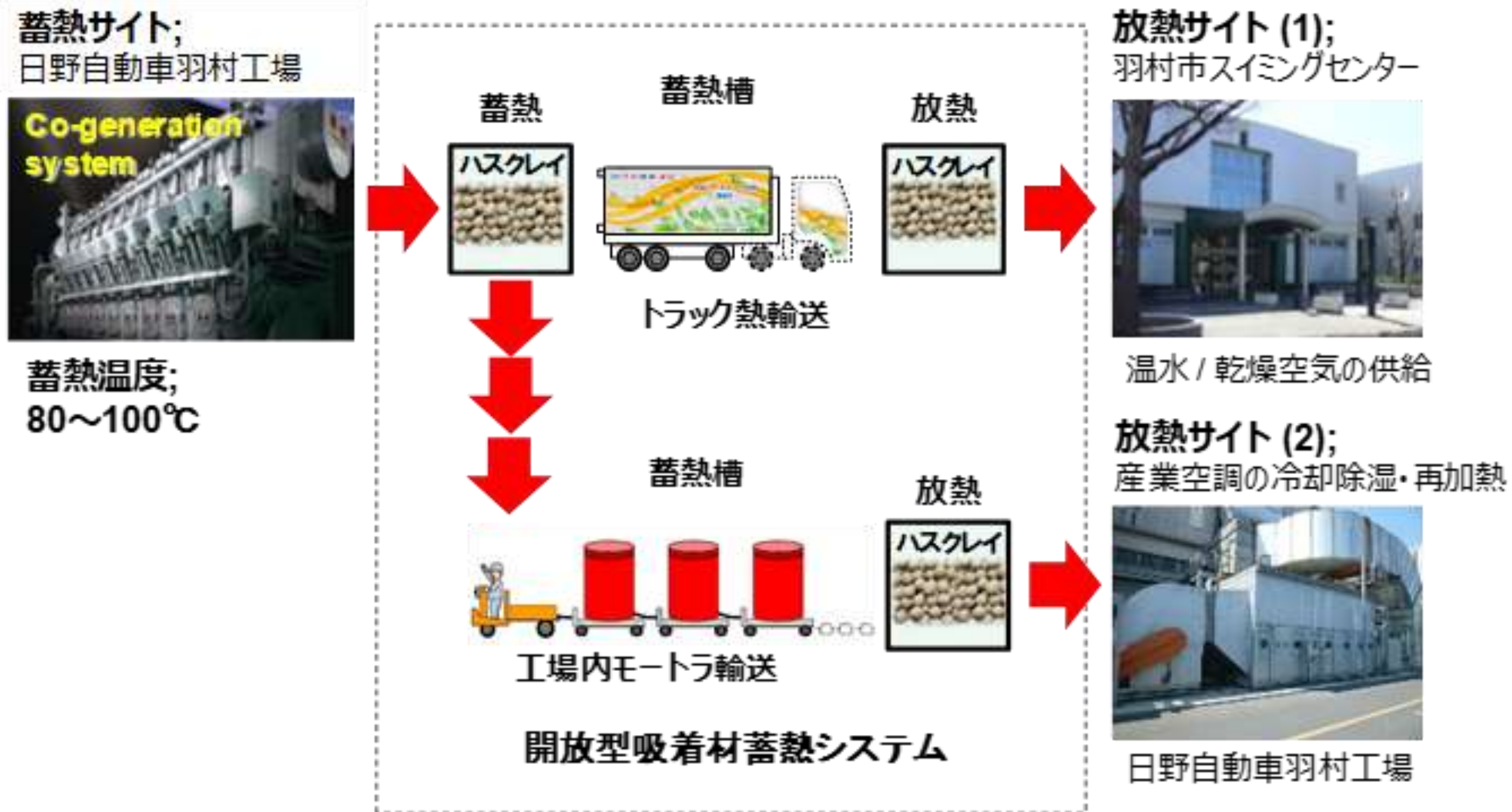
← 定置型システムの蓄熱槽廻り

定置型システムの系統図



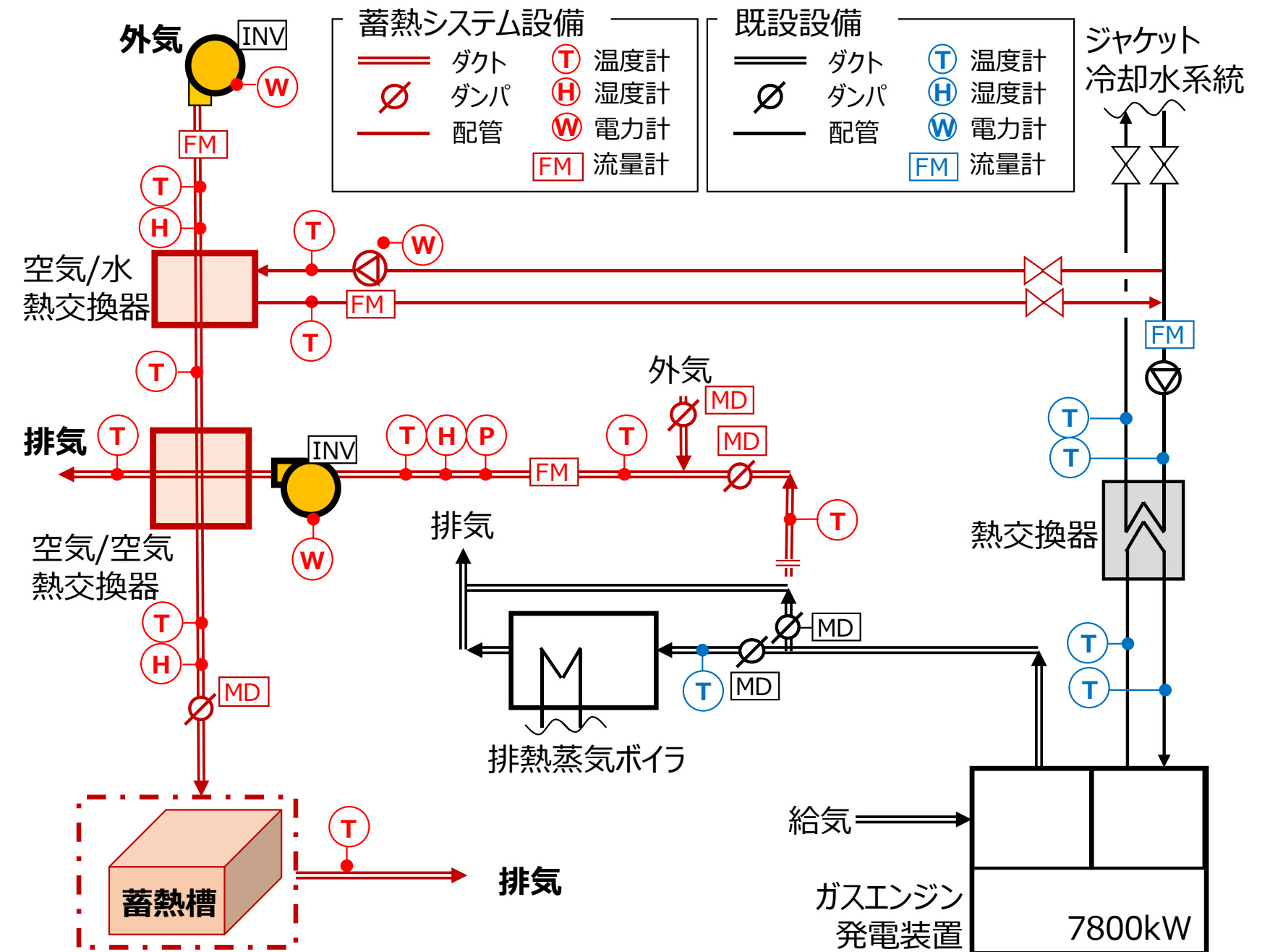
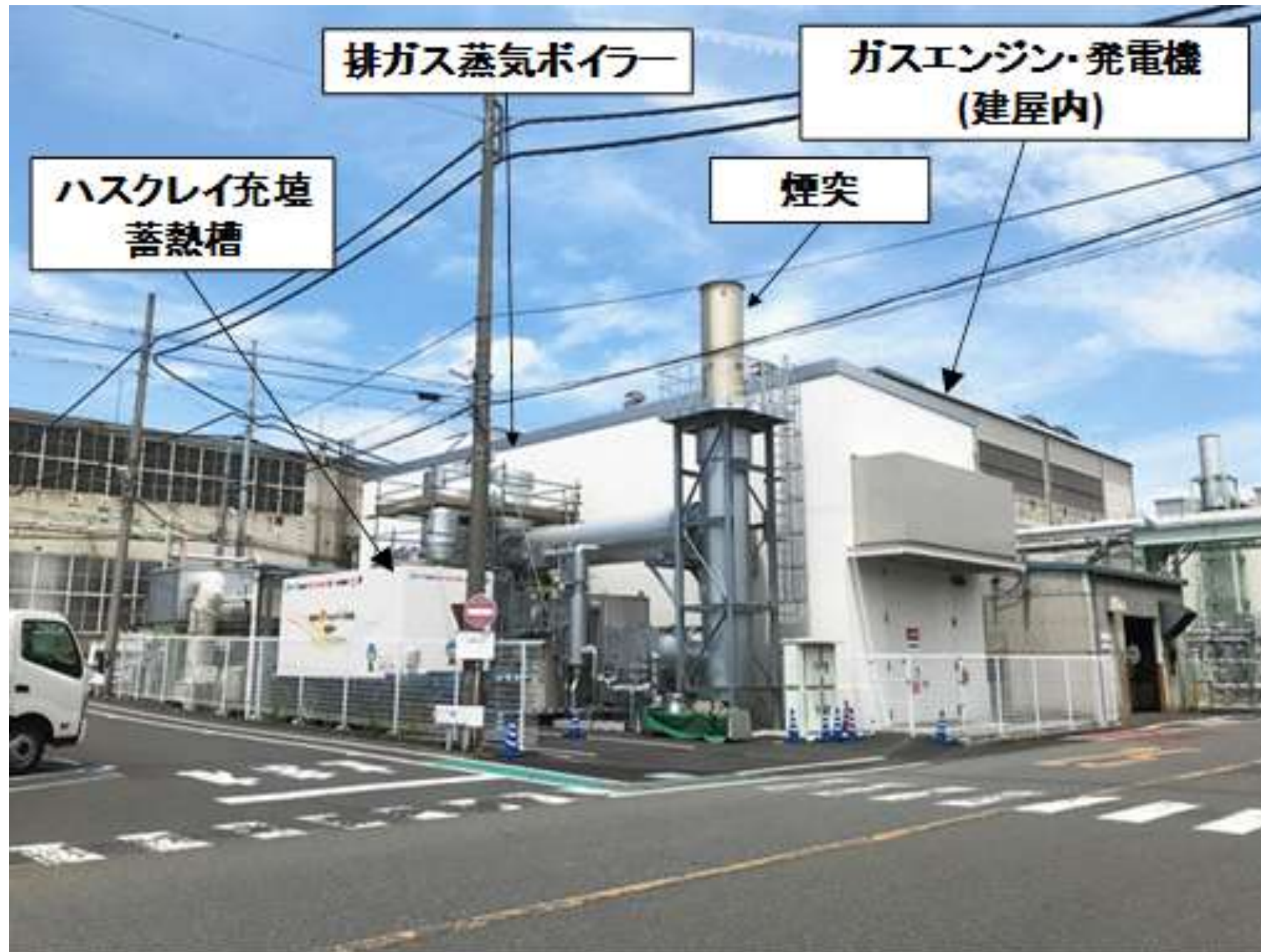
■オフライン熱輸送型の実証設備

- 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CGS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と、②2.2トンのハスクレイ充填の小型牽引車輸送運転



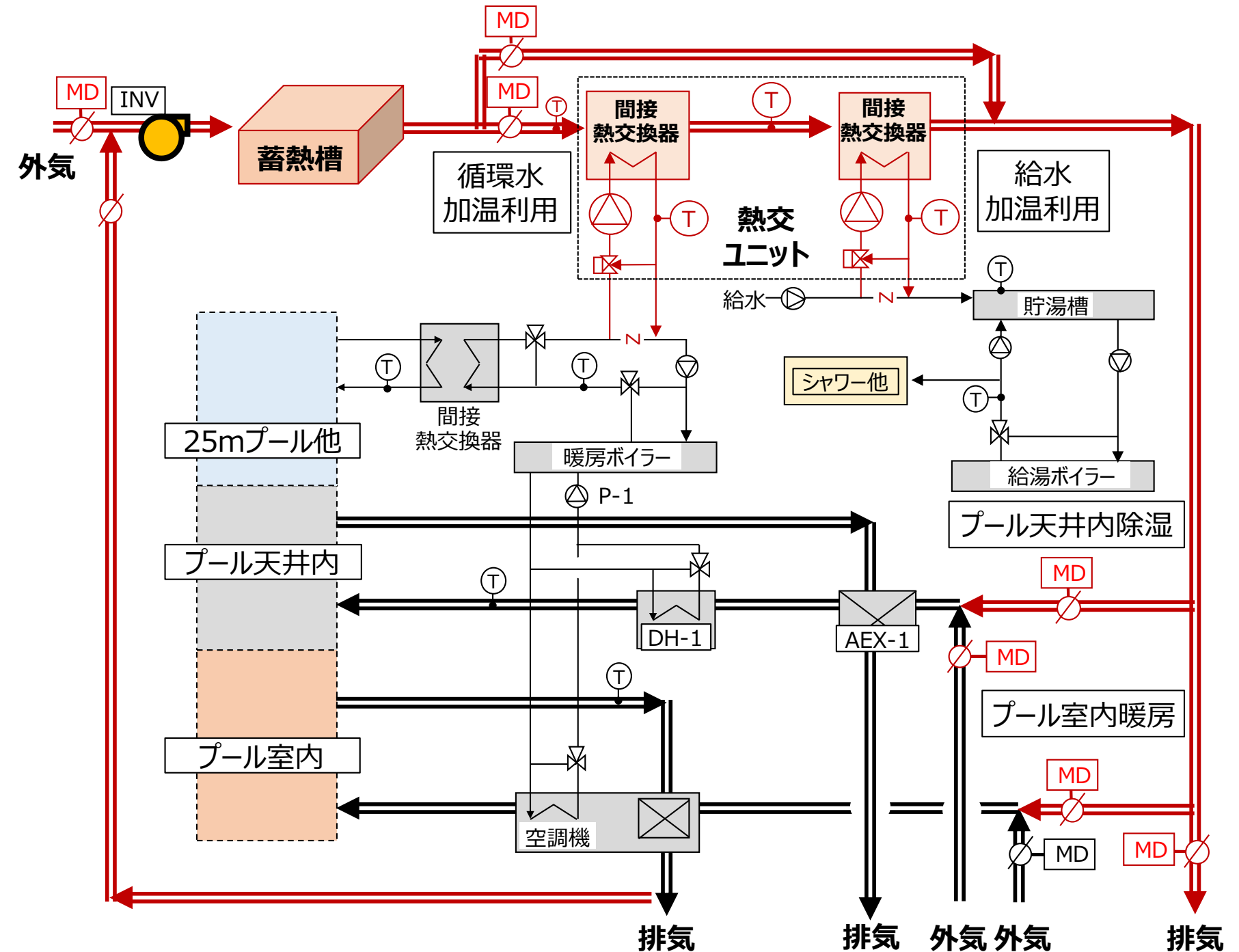
オフライン熱輸送型での蓄熱：羽村工場の天然ガスCGS設備

88℃のジャケット温水と100℃以上の排ガスから熱回収し、ハスクレイ吸着材に蓄熱



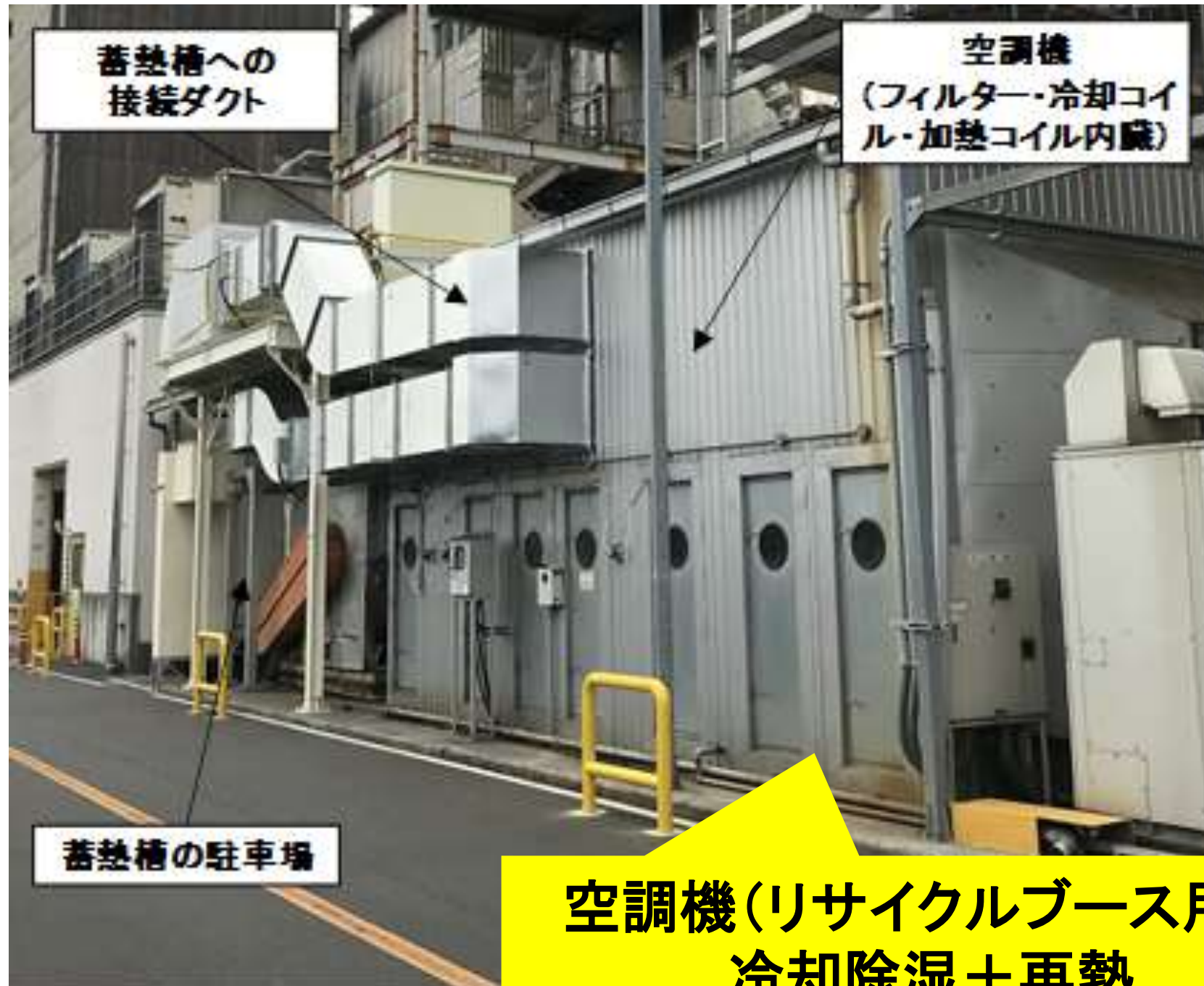
オフライン熱輸送型での放熱①:羽村市スイミングセンター

蓄熱槽内での吸湿・発熱反応で昇温した空気は、熱交換器を介してボイラ循環水やボイラ給水を加熱

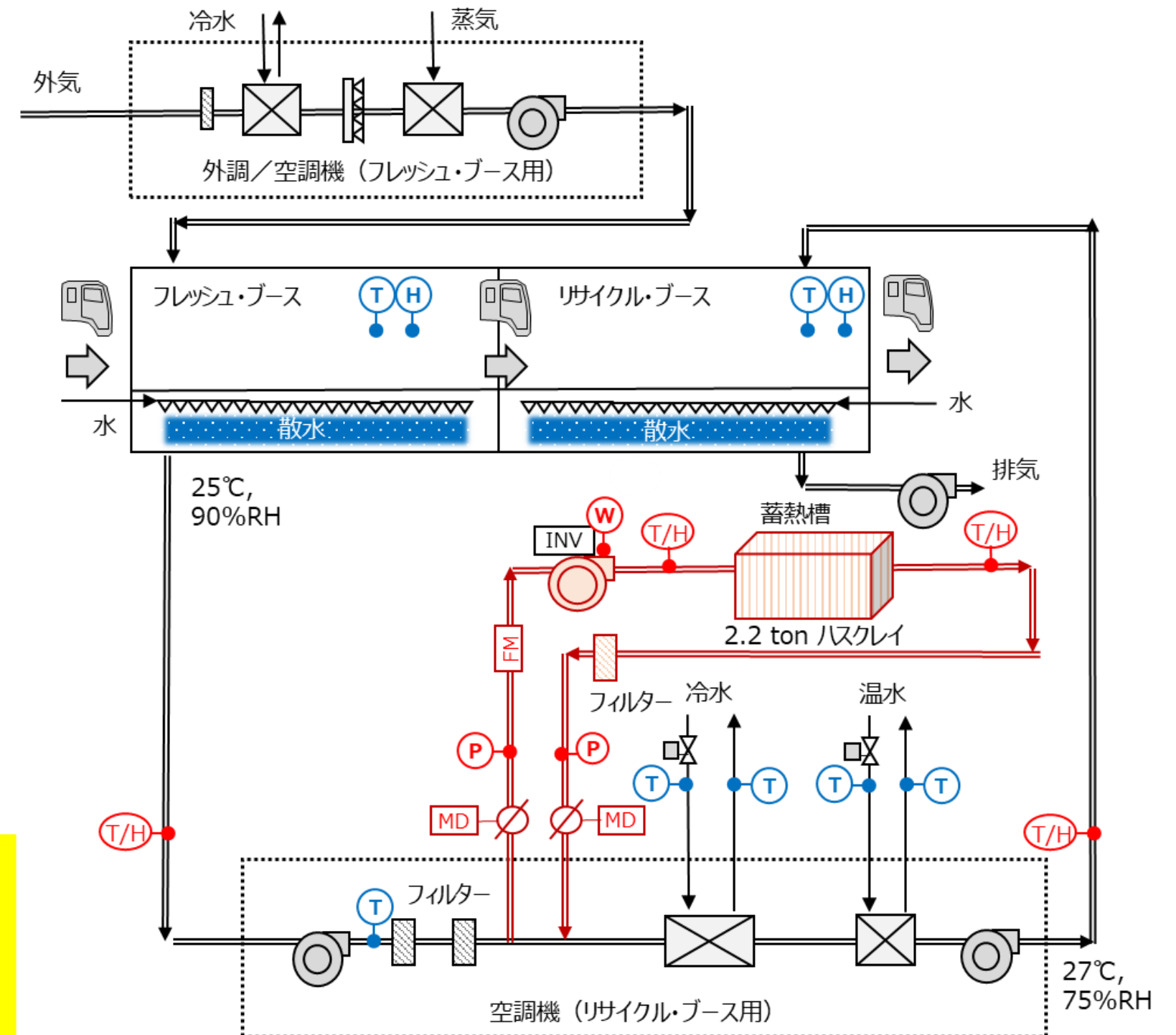


オフライン熱輸送型での放熱②：産業空調設

蓄熱槽の吸湿・発熱反応で昇温した高温低湿空気がリサイクル空調機の冷却除湿・加熱の負荷を削減



空調機(リサイクルブース用):
冷却除湿+再熱
エネルギー消費量が非常に多い



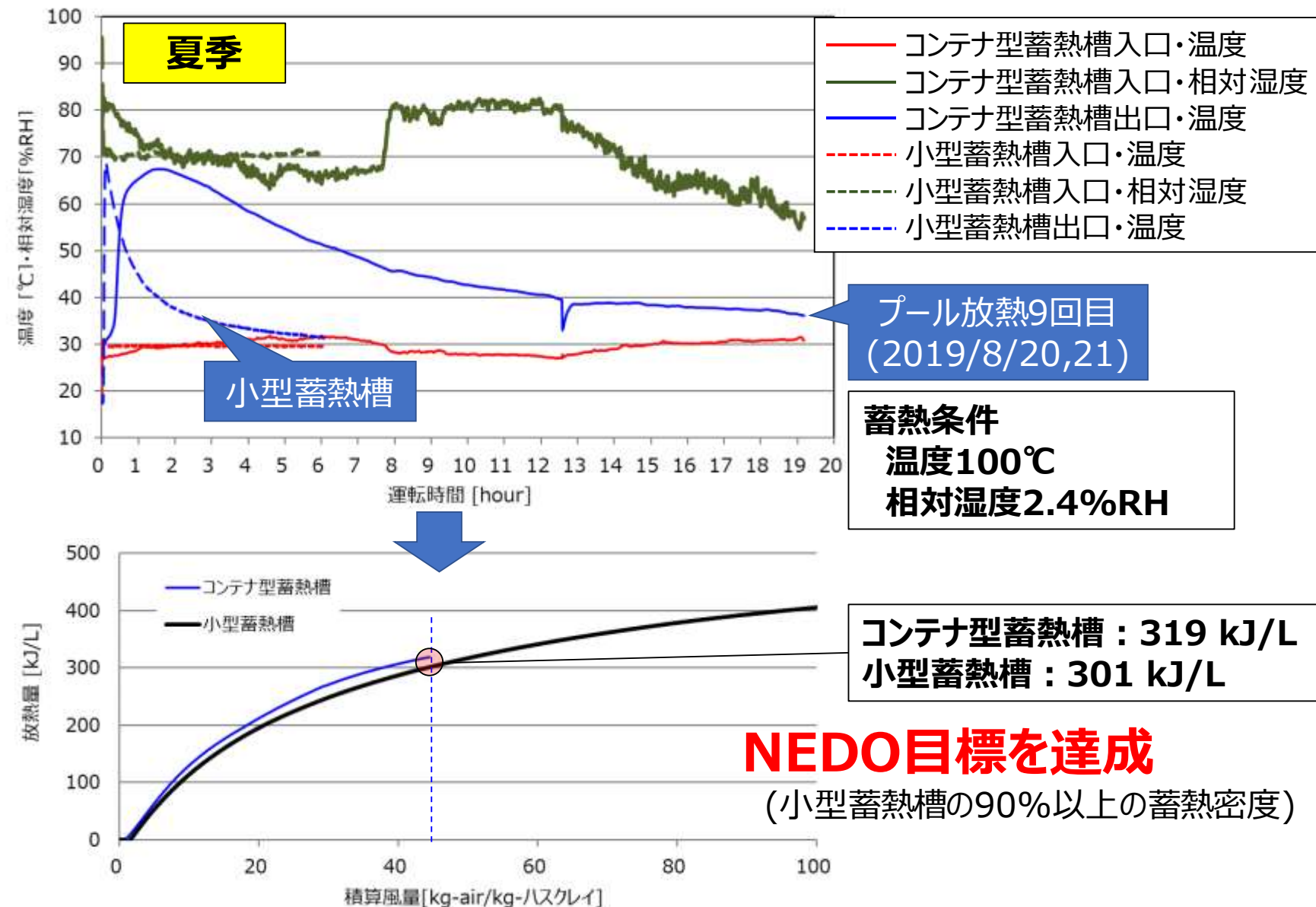
(1) 蓄熱材・蓄熱システム実証開発/①システム開発/(a)蓄熱槽の設計手法の確立

◎達成

【目標】・既存の小型蓄熱槽の蓄熱量に対し90%以上の性能維持を確認

・充填層形状の安定性と蓄熱システムの経済性を確保できる蓄熱槽の設計手法を確立

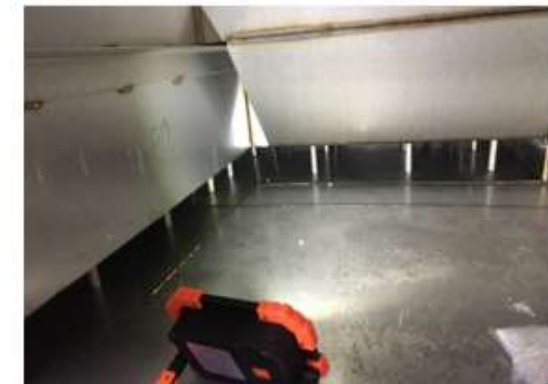
- ・ 5.5 tonコンテナ型蓄熱槽の実証運転データより、小型蓄熱槽の90%以上の蓄熱量を確認。
- ・ 充填層形状の安定性と経済性を確保できる3層の蓄熱槽の設計手法を確立



定置型用蓄熱槽



オフライン熱輸送用蓄熱槽



工場内輸送用蓄熱槽

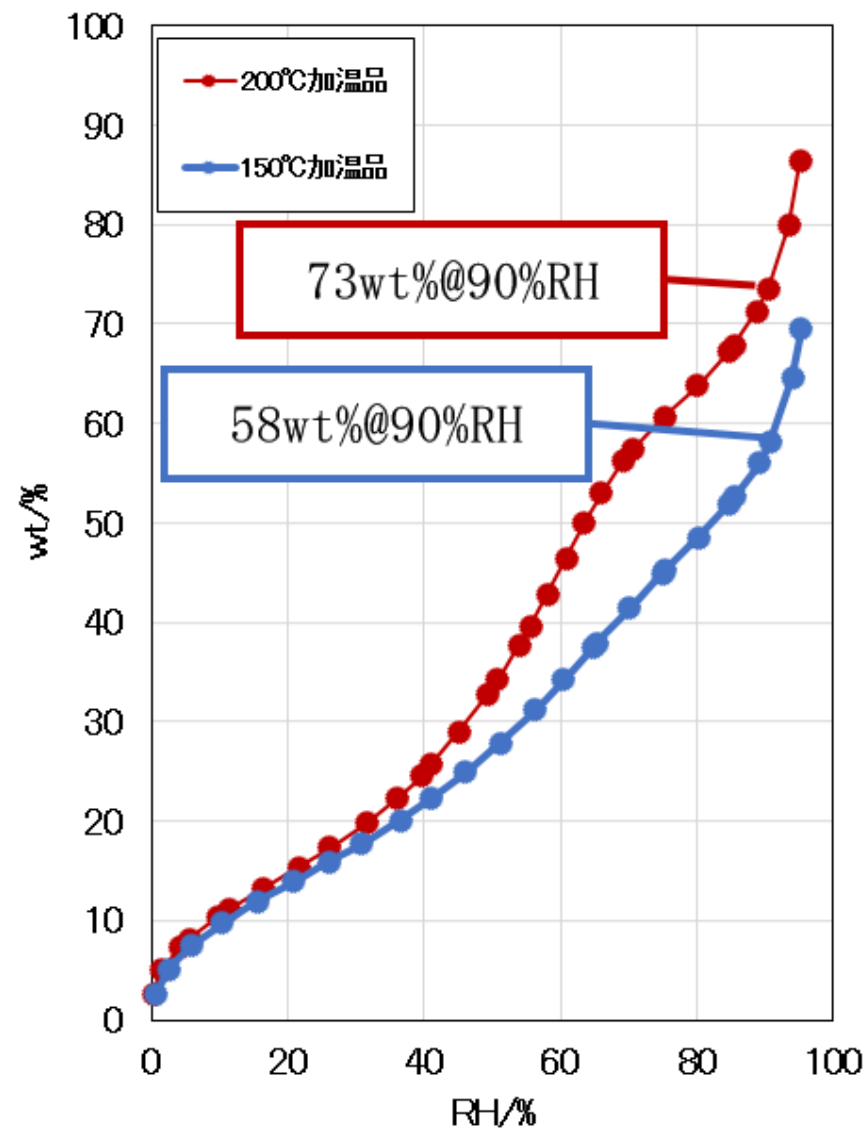
(1) 蓄熱材・蓄熱システム実証開発/②材料開発/(a)熱利用耐久性

◎達成

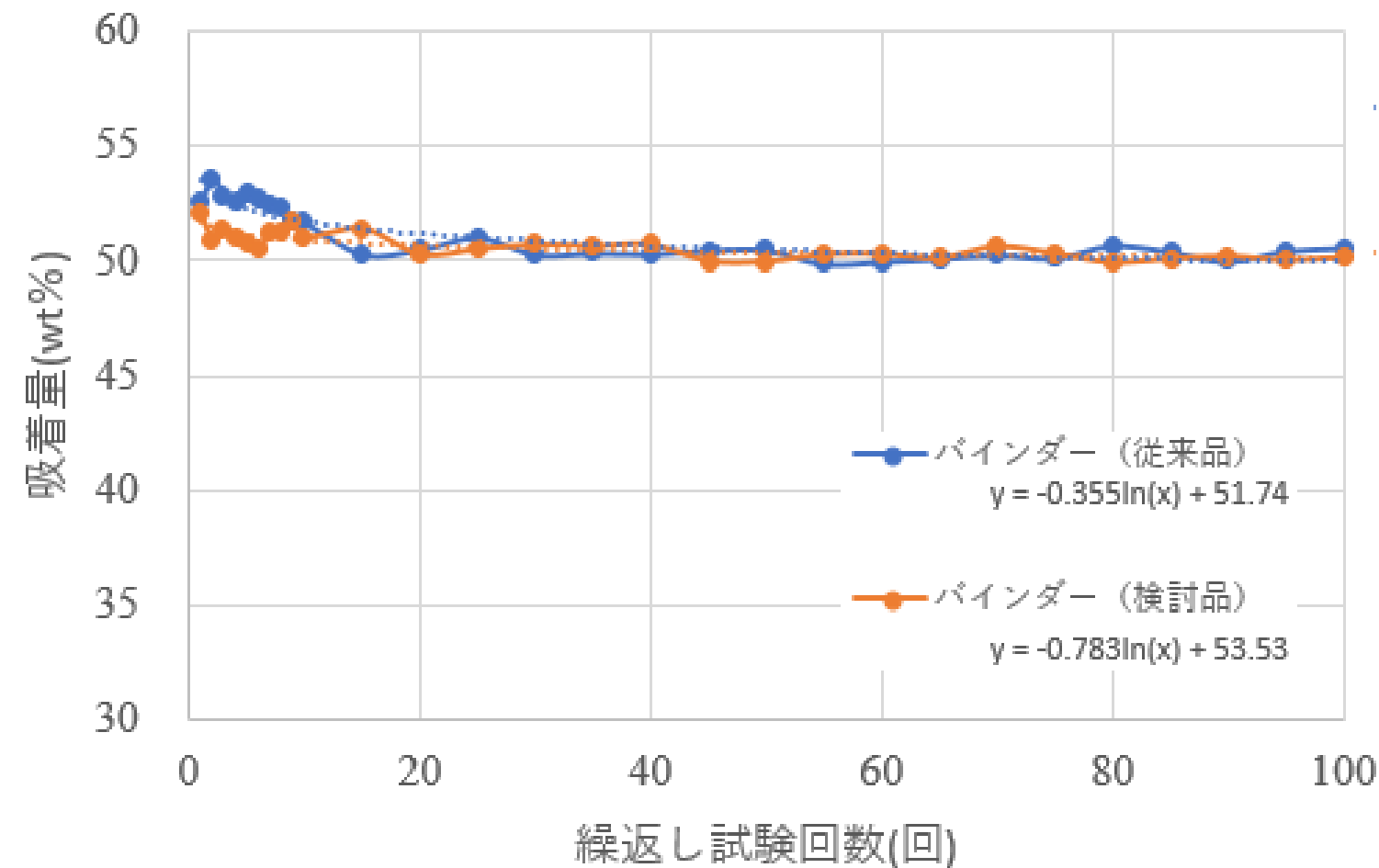
【目標】熱利用に対する蓄熱材造粒品の耐久性の向上、及び性能劣化の低減

・初期性能(蓄熱密度700kJ/L@25℃・90%RH)から見て、85%以上@7年間の見通し。

加温温度の違いによる水
蒸気吸着等温線



乾燥機を用いた重量法による繰返し吸
脱着試験結果



(吸湿時:25℃・90%RH 4時間、乾燥時:100℃ 4時間)

造粒体における
吸着量減少率

バインダー	従来品	検討品
1,000回	7.62%	6.22%
2,500回	9.00%	6.84%
5,000回	10.04%	7.31%
7,500回	10.65%	7.58%
10,000回	11.08%	7.78%

(7年間の見通し:3回/日の繰返しで
365日/年使用を想定→7,665回)

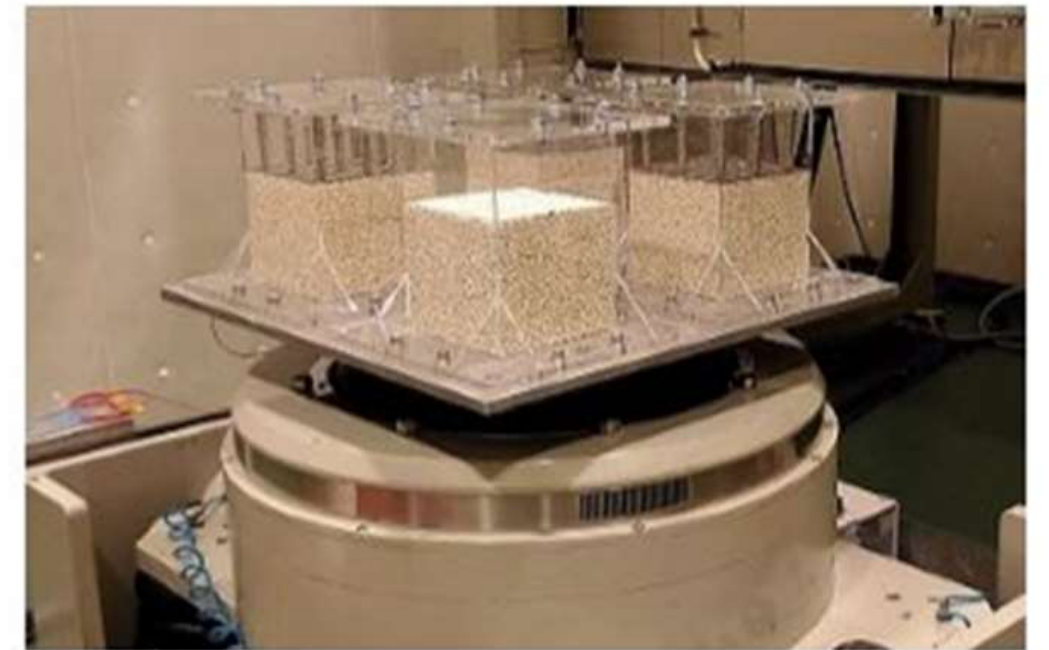
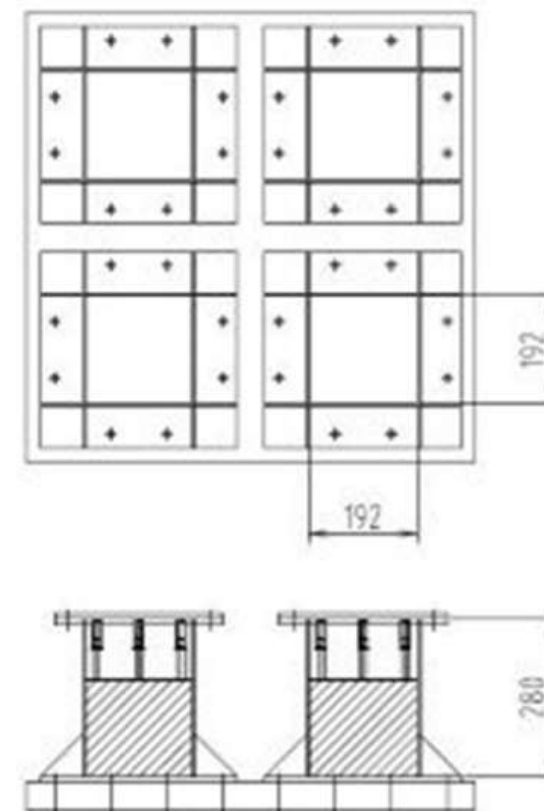
(1) 蓄熱材・蓄熱システム実証開発/②材料開発/(b)輸送耐久性

◎達成

【目標】輸送時に生じる蓄熱材造粒品の耐摩耗性と耐久性の向上

- ・バインダー種および選定バインダー配合量の違いによる造粒品の性能評価を実施し、下表の通り耐摩耗性と耐久性向上を確認。

バインダー	平均粒強度	水蒸気吸着量 (25°C・60%RH)	平均粉化率(wt%)	
	(N)	(wt%)	3G	6G
従来品	20	31.0	2.1	4.7
検討品	22	32.9	1.2	2.5



(1)蓄熱材・蓄熱システム実証開発/③実証評価

通年の実証データを取得

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)

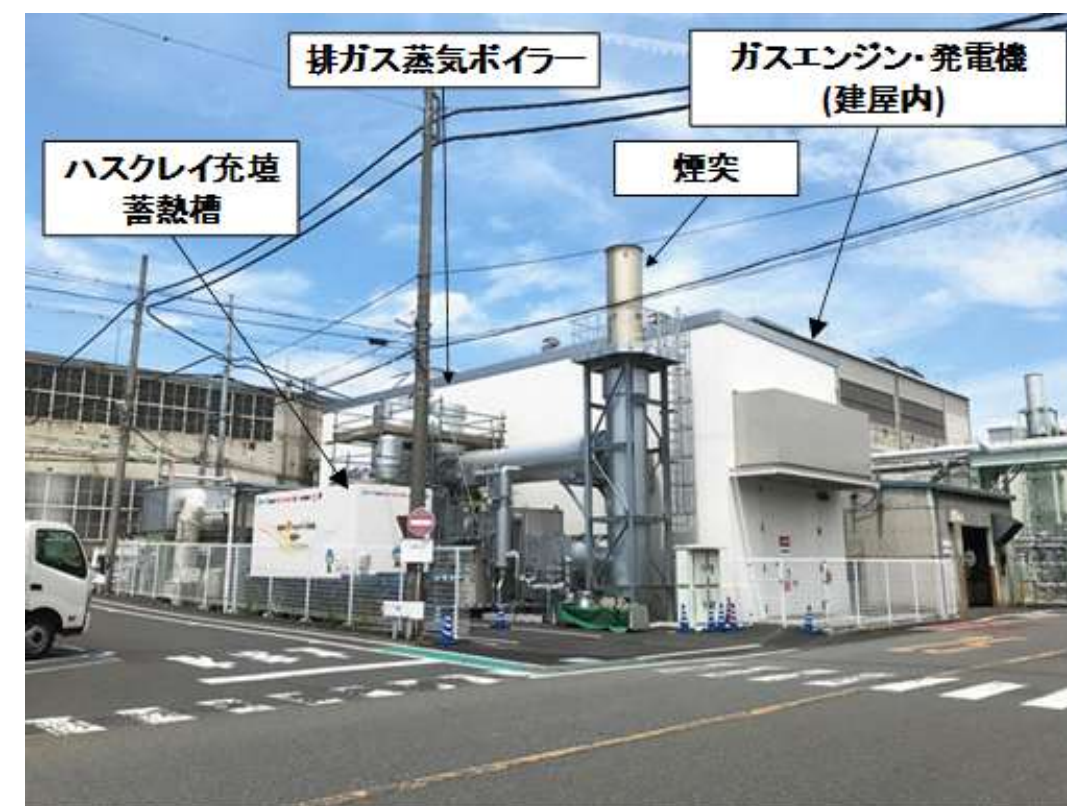
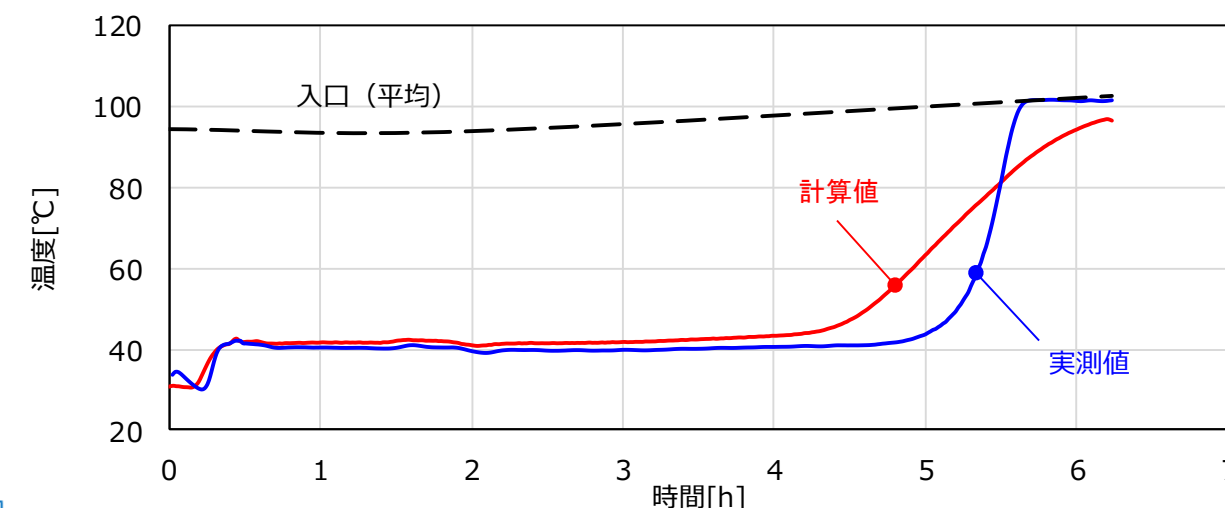
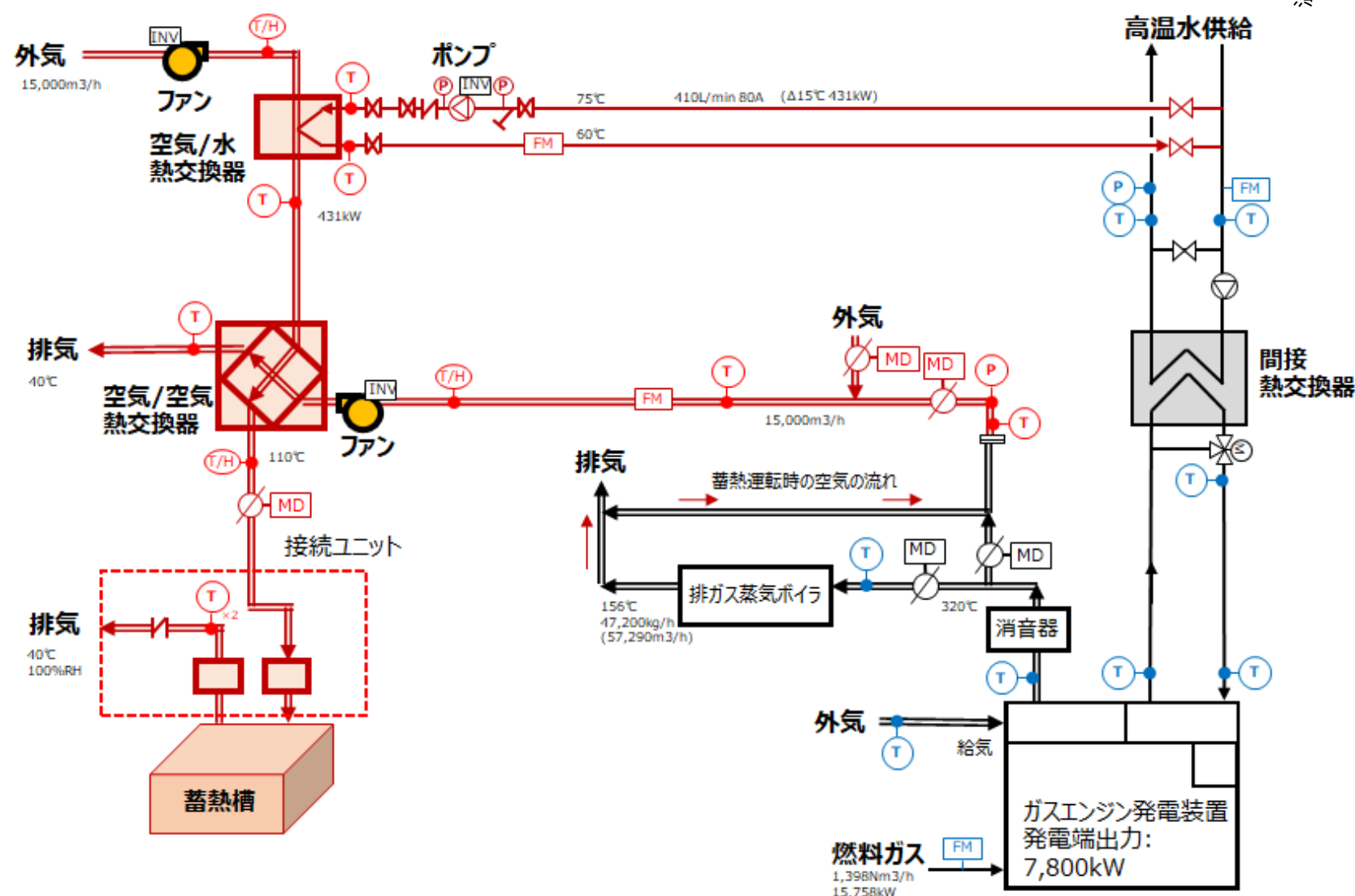


(1) 蓄熱材・蓄熱システム実証開発/③実証評価

蓄熱サイトでの蓄熱槽の出口空気温度の経時変化

・蓄熱槽に供給された100℃程度の空気は蓄熱槽内の蓄熱材を乾燥させて、図のように蓄熱槽の出口空気は約40℃で推移。その後、蓄熱槽内の蓄熱材が乾燥(蓄熱)完了することで図のように出口空気温度は上昇し、約100℃の入口空気温度に漸近。

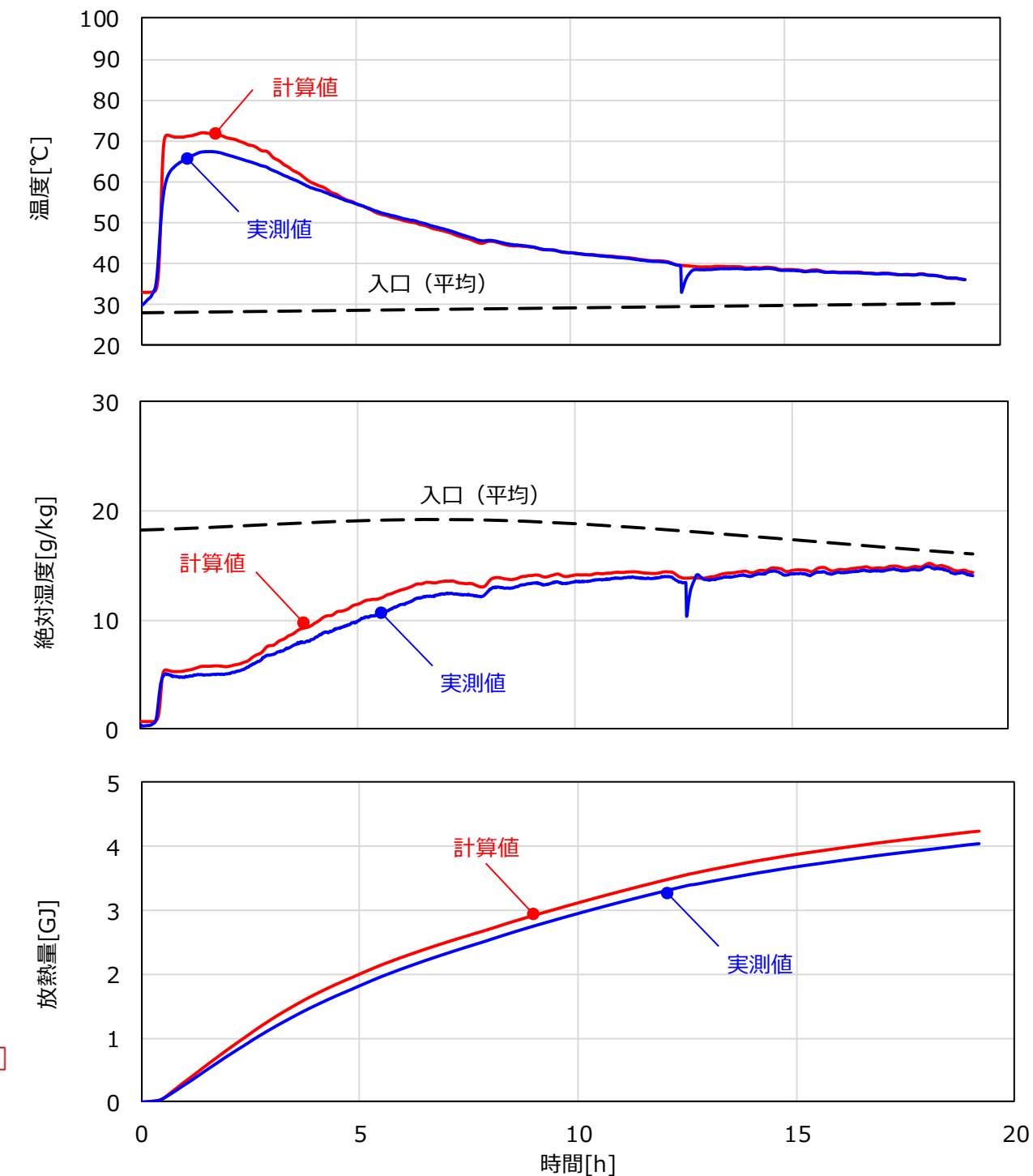
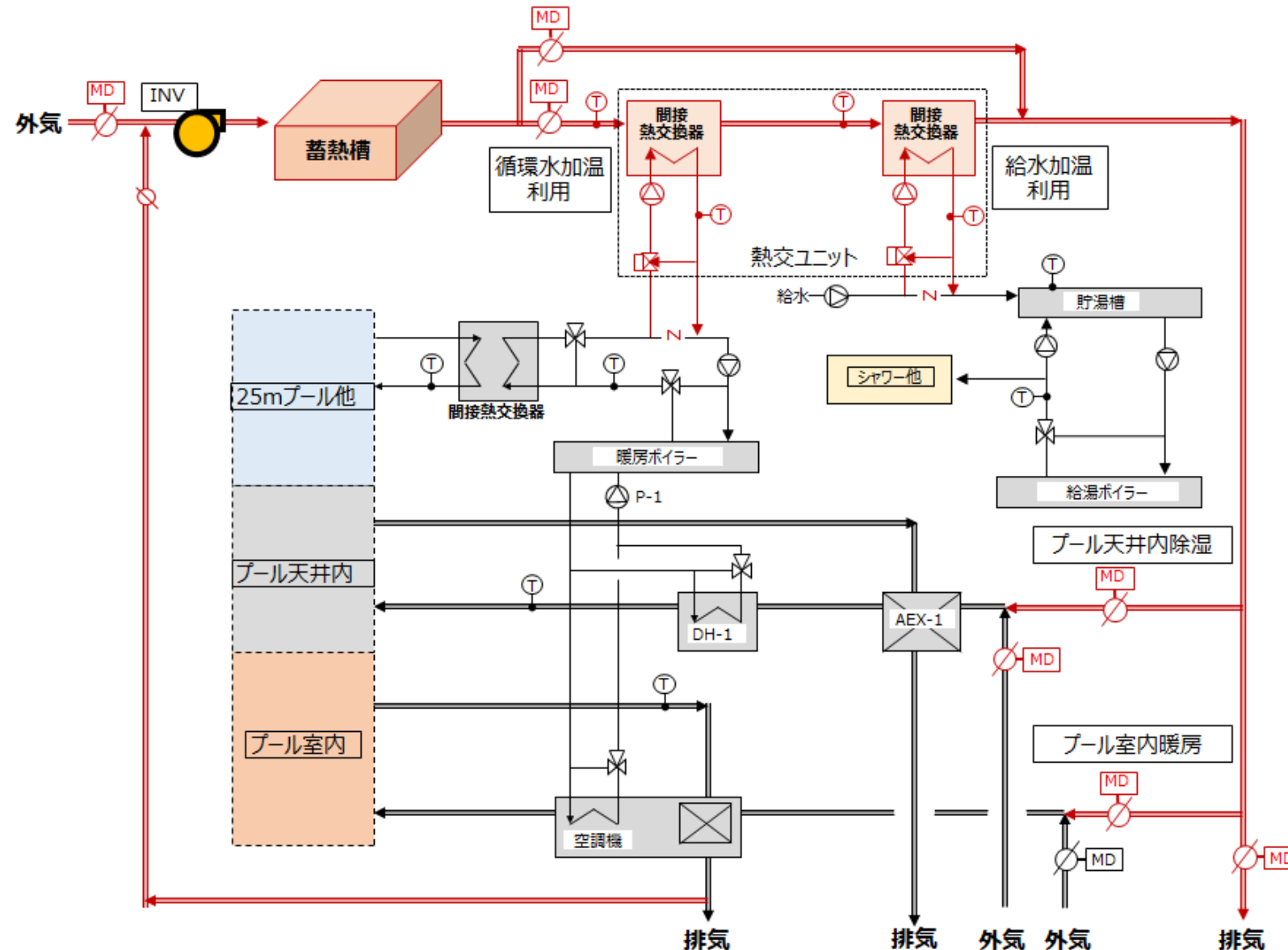
・空気／水熱交換器には、工場での熱利用後にCGS設備へ戻る配管系統から分岐した温水を利用し、空気／空気熱交換器には排ガス蒸気ボイラで蒸気製造後の排ガスを使用。このように、通常運転では利用しきれない温水排熱と100℃以上の排ガスから熱を、40℃常温程度まで回収できた。



(1) 蓄熱材・蓄熱システム実証開発/③実証評価

放熱サイトの羽村市スイミングセンターでの蓄熱槽の出口空気温度・絶対湿度、放熱量の経時変化

- プール室内の約30℃の湿潤空気が蓄熱槽に供給され、吸湿/発熱反応によって出口温度は70℃程度まで昇温し、時間経過とともに約30℃の入口温度に漸近。時間経過とともに積算放熱量の増加が鈍化する運転状態を確認。
- 出口空気は低湿状態になるため、間接熱交換器で顕熱回収された常温空気は、プール天井内の換気やプール室内の暖房や結露防止のために利用。プールや浴槽を温めるための、既設ボイラ燃料の消費量の削減。



(1) 蓄熱材・蓄熱システム実証開発/③実証評価/(b) システムの投資回収年数

◎達成

【目標】・**定置型で5年以下**、オフライン熱輸送型で8年以下の見通し。・システムの実施設計・製作手法を確立。

- 羽村工場の天然ガスCGS設備の蓄熱運転、羽村工場の産業空調設備（塗装工程のリサイクル空調）の放熱運転のデータに基づき、定置型とオフライン熱輸送型の回収年数を試算

「定置」「除湿＋加熱需要」型の概算例

蓄熱槽：2tonサイズ×2台

蓄熱材交換：7年で想定

試算条件

羽村工場の既設設備

熱需要側：リサイクル空調機

・運転時間：18hr/日、260日/年

・既設熱源：吸収式冷凍機＋ガス炊きボイラ

電気単価：15円/kWh、ガス単価：75円/m³

・実証試験結果、夏季・冬季の設計運転パターンから算出

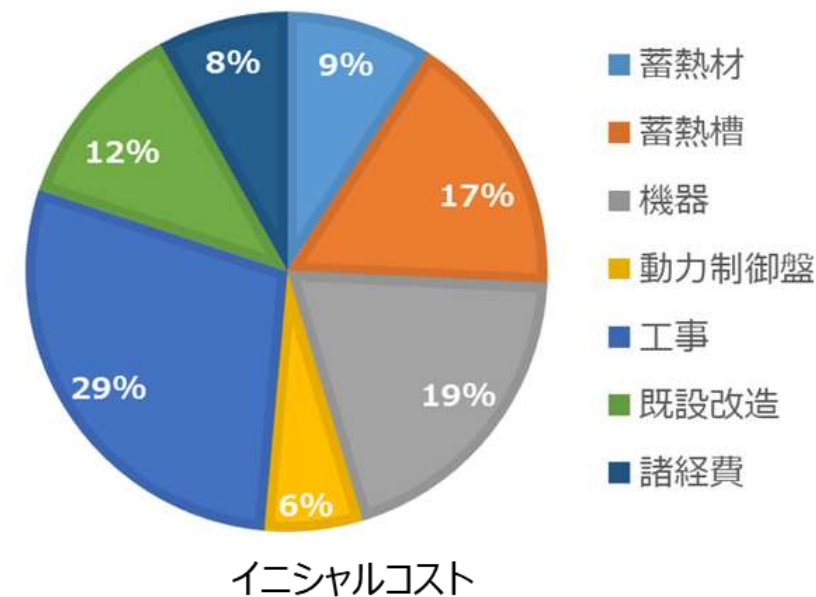
排熱回収側：塗装乾燥炉廃ガス→間接熱交回収想定

吸着材蓄熱システム

運転回数：6回/日

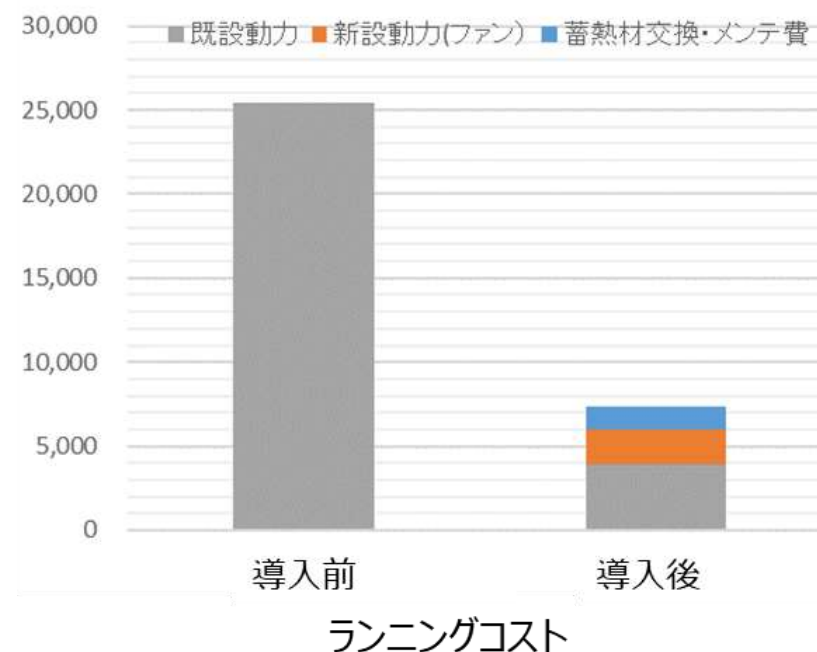
設備費：リサイクル空調、CGS蓄熱導入コストと同額と仮定

導入費 88,000 千円
導入効果 18,027 千円/年
単純投資回収年数 **4.9年**



導入初期段階において、
廃熱の利用促進には、やはり
設備費の補助金の活用も
望ましい※

※今回試算した投資回収年数には
補助金の金額は考慮していない



オフライン熱輸送型や定置型の実
証設備での設計・製作により、
システムの実施設計・製作手法を
確立。

(1) 蓄熱材・蓄熱システム実証開発/③実証評価/(b) システムの投資回収年数

◎達成

【目標】・定置型で5年以下、**オフライン熱輸送型で8年以下の見通し**。・システムの実施設計・製作手法を確立。

- 羽村工場の天然ガスCGS設備の蓄熱運転、羽村工場の産業空調設備（塗装工程のリサイクル空調）の放熱運転のデータに基づき、定置型とオフライン熱輸送型の回収年数を試算

「場内輸送」「除湿＋加熱需要」型の概算例

蓄熱槽：2tonサイズ×2台

蓄熱材交換：7年で想定

試算条件

羽村工場の既設設備

熱需要側：リサイクル空調機

・運転時間：18hr/日、260日/年

・既設熱源：吸収式冷凍機＋ガス炊きボイラ

電気単価：15円/kWh、ガス単価：75円/m³

・実証試験結果、夏季・冬季の設計運転パターンから算出

排熱回収側：CGS廃ガス→間接熱交回収想定

吸着材蓄熱システム

運転回数：6回/日

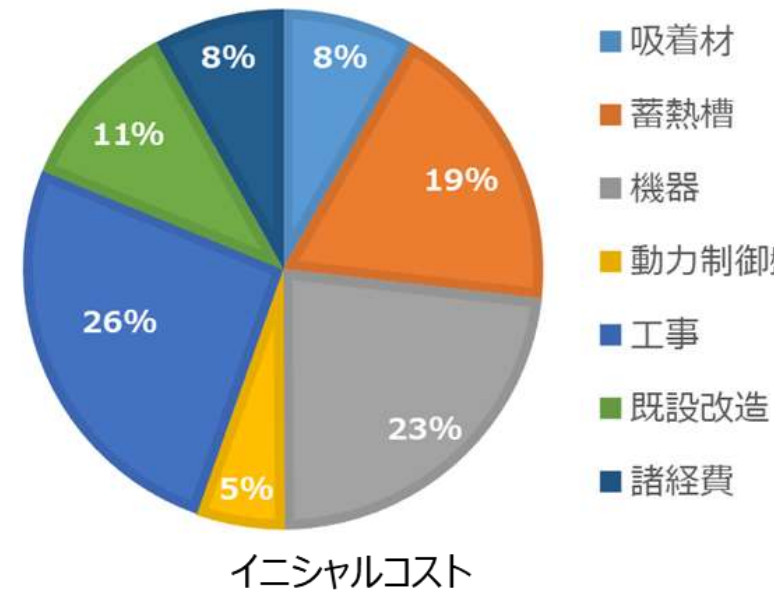
設備費：リサイクル空調、CGS蓄熱導入コストと同額と仮定

運搬人件費：3,600円/h

導入費 97,000 千円

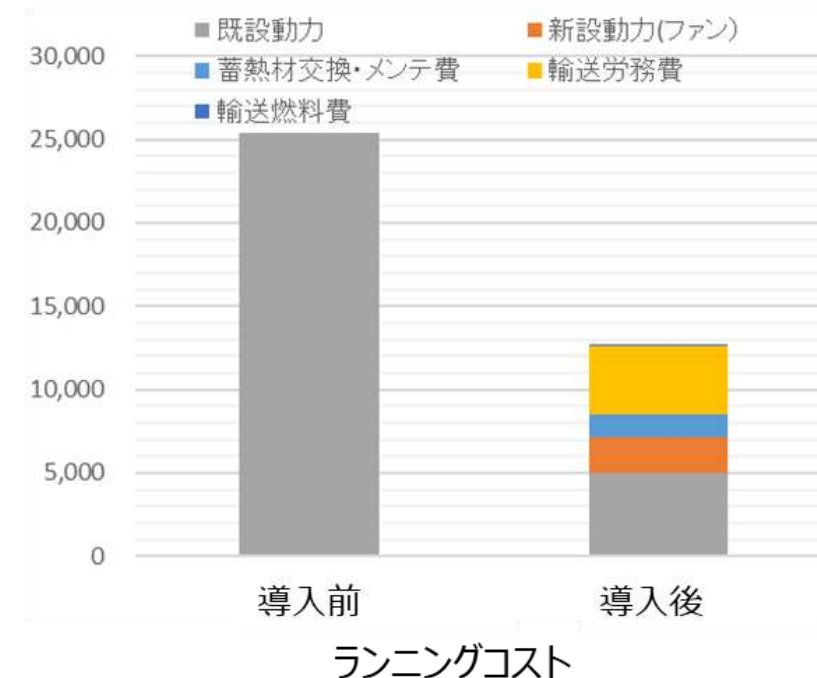
導入効果 12,732 千円/年

単純投資回収年数 **7.6年**



導入初期段階において、
廃熱の利用促進には、やはり
設備費の補助金の活用も
望ましい※

※今回試算した投資回収年数には
補助金の金額は考慮していない



オフライン熱輸送型や定置型の実
証設備での設計・製作により、
システムの実施設計・製作手法を
確立。

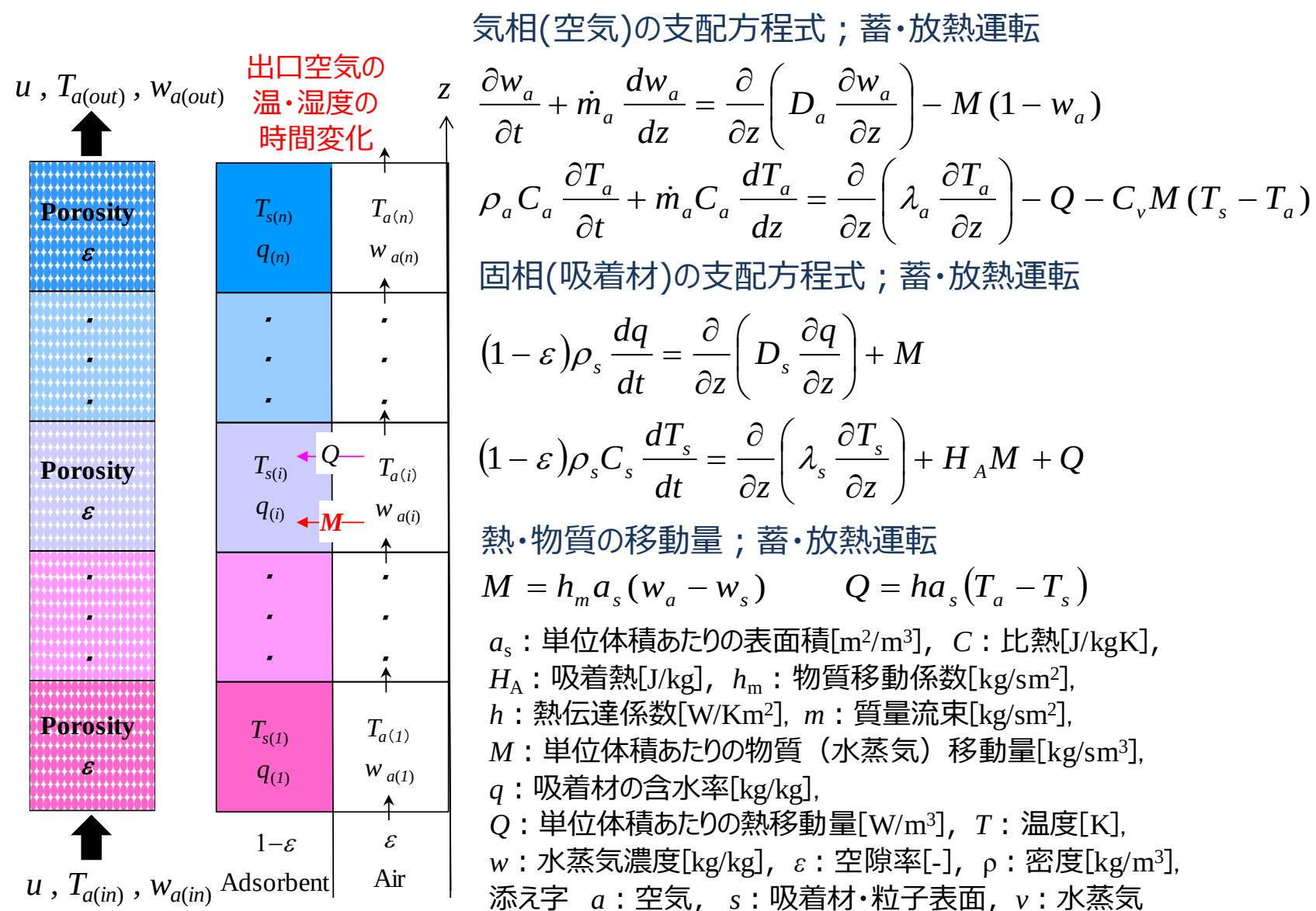
(2)システム評価手法開発/①定置型システム評価手法

◎達成

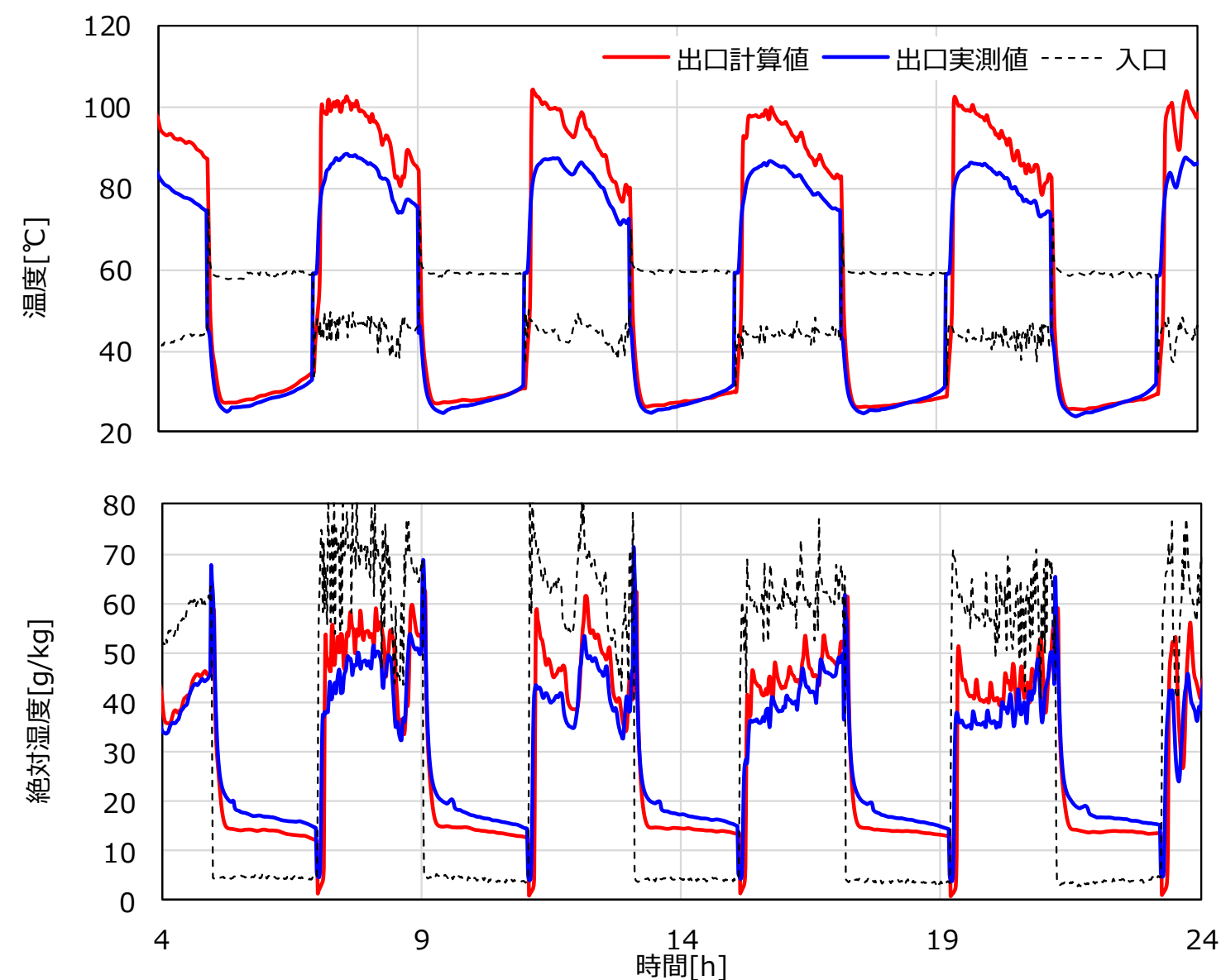
【目標】定置型の導入シミュレーションモデルを精度検証して開発完了し、導入計算事例を作成。

- 定置型の実証設備の実測値と比較して吸着材蓄熱槽計算モデルの妥当性を確認。
- 日野自動車の別途の塗装工程などの導入計算事例を作成。

定置型の導入シミュレーションモデル(吸着材蓄熱槽計算モデル)



石原産業四日市工場の定置型システムでの実測値との比較



(2)システム評価手法開発/②オフライン熱輸送システム評価手法

◎達成

【目標】オフライン熱輸送型の熱エネルギーマネージメントシステム(導入シミュレーションモデル)を精度検証して開発完了し、導入計算事例を作成

- 下図の熱エネルギーマネージメントシステム(導入シミュレーションモデル)の開発完了。吸着材蓄熱槽計算モデル(Sub①)、インシャルコスト試算ツール(Sub②)、通年運転シミュレーションツール(Sub③)で構成。

蓄熱サイトの条件

- 蓄熱媒体 (空気・温水)
- 流入空気の流量・温度・湿度など
- 蓄熱回数/日

放熱サイトの条件

- 蓄熱媒体 (空気・温水)
- 供給空気の流量・温度(下限)・湿度(上限)など
- 放熱回数/日

熱輸送の要件

- 輸送時間: f (輸送距離)
- 蓄・放熱時間: g (蓄・放熱回数/日)

Sub④1日のトラック輸送モデル

蓄熱槽の仮定

- 蓄熱材の充填量
- 通風速度: h (通風面積, 槽形状)

Sub①蓄放熱運転シミュレーションツール

吸着剤含水量・温度の仮定

蓄熱初期条件 ↓

吸着材蓄熱槽計算モデル

放熱初期条件 ↓ ↓蓄熱終了

吸着材蓄熱槽計算モデル

蓄熱初期条件 ↓ ↓放熱終了

蓄熱・放熱終了時の蓄熱材の含水量・温度の決定

蓄・放熱時間はOK?

蓄熱槽や蓄・放熱サイトの仕様決定

- 蓄熱材の充填量など
- 流入空気と供給空気の流量など

Sub②インシャルコスト試算ツール

代表日の運転シミュレーション

- 年間エネルギー消費量の算出
- 年間運転費の算出
- CO2削減量の算出
- 費用対効果の算出

Sub③通年運転シミュレーションツール

インシャルコスト試算ツール (Sub②)

区分	品名	メーカー	仕様	数量	単価	合計(備考)
蓄熱材	AL2O3-γ (H18.50mm×2)	ALION	4000kg	4000kg	1000円/kg	4,000,000円
ファン	ファン-1	*****	8500m3/h 1.5kPa 3φ200V 室内	1台	100,000円	100,000円
ファン	ファン-2	*****	8500m3/h 1.5kPa 3φ200V 室外	1台	120,000円	120,000円
ファン	ファン-3	*****	8500m3/h 0.5kPa 3φ200V 室外	1台	100,000円	100,000円
熱交換機(蓄熱用)	*****	空冷/空冷 静止型 ケーシングは 8500m3/h	1台	100,000円	100,000円	100,000円
熱交換機(放熱用)	*****	空冷/空冷 静止型 ケーシングは 8500m3/h	1台	100,000円	100,000円	100,000円
エレクトロニクス	*****	*****	1台	100,000円	100,000円	100,000円
MD	*****	μ550電気駆動 オンプ制御 モータ付き PC接続 150℃耐熱仕様	8台	100,000円	800,000円	800,000円
MD	*****	μ550電気駆動 オンプ制御 モータ付き PC接続 150℃耐熱仕様	4台	100,000円	400,000円	400,000円
MD	*****	μ550 150℃耐熱仕様	2台	100,000円	200,000円	200,000円
CD	*****	μ550 150℃耐熱仕様	4台	100,000円	400,000円	400,000円
バルブ	*****	フルタケケージング 重熱耐熱型 放熱用熱交換機に設置	2セット	100,000円	200,000円	200,000円
動力制御盤	*****	施設1番、動力盤2番、計量盤1(INV含む)	4台	100,000円	400,000円	400,000円
PLC	*****	MELSEC-XPシリーズ 電源: CPU QJ50 ALAD, ケタバネ, M3シート	1台	100,000円	100,000円	100,000円
通信設備	*****	PC, WinCCデータ通信2年分	1式	100,000円	100,000円	100,000円
システム指示図設計	*****	風量制御用 SDC 35	3台	100,000円	300,000円	300,000円
計量	*****	計量機	1式	100,000円	100,000円	100,000円
計量機	*****	計量機	3台	100,000円	300,000円	300,000円
エアロイ	*****	SUS 施設2号に導入	1台	100,000円	100,000円	100,000円
エアロイ	*****	SUS 施設2号に導入	1台	100,000円	100,000円	100,000円
温度センサー	*****	センサケーブル+変換器	7セット	100,000円	700,000円	700,000円
温度センサー	*****	センサケーブル+変換器	2セット	100,000円	200,000円	200,000円
熱電対	*****	TR型, クラス	15本	100,000円	1,500,000円	1,500,000円
温度センサー	*****	GC-62 エアロイ用×3 +ファン出口	5台	100,000円	500,000円	500,000円
温度センサー	*****	GC-62 エアロイ用×1, ドライヤー出入口×2, 他	3台	100,000円	300,000円	300,000円
電気配線	*****	E Xケーブル	1式	100,000円	100,000円	100,000円
電力計	*****	パルス出力 AKW711B/4801B	3台	100,000円	300,000円	300,000円
電力計	*****	パルス出力 AKW711B/4801B	1台	100,000円	100,000円	100,000円
工事	*****	熱交換機・蓄熱材・ファン・バルブ・配管工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
保安工事	*****	保安工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
施設(足場) 工事	*****	施設(足場) 工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
施設(足場) 工事	*****	施設(足場) 工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
グランド工事	*****	SS2.3 様式	1式	100,000円	100,000円	100,000円
グランド工事	*****	施設2号に導入, グラウンド付, 測定口	1式	100,000円	100,000円	100,000円
保安工事	*****	保安工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
保安工事	*****	保安工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
電気/計測工事	*****	ファン動力配線, 各計測器配線, 制御盤配線	1式	100,000円	100,000円	100,000円
電気工事	*****	電気工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
電気工事	*****	電気工事	1式	100,000円	100,000円	100,000円
合計						6,635,000円

年運転シミュレーションツール (Sub③)

運転条件				投資回収効果			
蓄熱材容量	2 ton/台			蒸気削減料金	4,890 GJ/年 × 1,900 円/GJ	=	9,289 千円/年
蓄熱材充填層サイズ	4.1 m3			設備の運転電気料金	101 MWh/年 × 16.4 円/kWh	=	1,655 千円/年
蓄熱空気条件	75 °C	2.5 %RH	6.1 g/kg	メンテナンス費用			1,000 千円/年
放熱空気条件	50 °C	95.0 %RH	81.7 g/kg	導入リット			6,635 千円/年
蓄熱風量	12,000 m3/h			設備費	46,543 千円/年 × 30 %	=	13,963 千円/年
放熱風量	7,000 m3/h			一般経費			60,507 千円/年
設備稼働時間	24 h/日	330 日/年		投資回収年数			9.12 年
運転切替時間	2 h/回			年間COP			13.5
運転回数	12 回/日						
供給熱量	339 kJ/L (S I M結果より)	× 4.05 m3 (蓄熱材容量)	= 1.4 GJ/回				
			= 16.5 GJ/日				
			= 5,433 GJ/年				
熱供給量	5,433 GJ/年	× 90 % (放熱ロスを除いた供給効率)	= 4,890 GJ/年				

(2)システム評価手法開発/③オフライン熱輸送のビジネスモデル確立に向けた詳細検討

◎達成

【目標】 経済性に優位性のあるビジネスモデルを抽出し市場への初期投入先と成り得る、経済優位性が発揮できる具体的な対象地域候補を選定

【オフライン熱輸送で経済優位性が発揮するために重要な要素】

①高い費用対効果が見込める対象候補(マッチング業種)の選択;

- ・[高稼働・高出力]年間を通じて熱利用があり、放熱時に高湿度の空気が存在。
- ・[高価値]熱利用効率が比較的低い蒸気利用の代替、熱・除湿等の複合・カスケード利用をターゲット。

②オフライン輸送における放熱時間の確保;

- ・ハスクレイの放熱時間の確保の手段として、例えば蓄熱槽を複数台用意し、蓄熱時間よりも放熱時間が長くなるよう運転条件を設定。

③熱輸送費の圧縮;

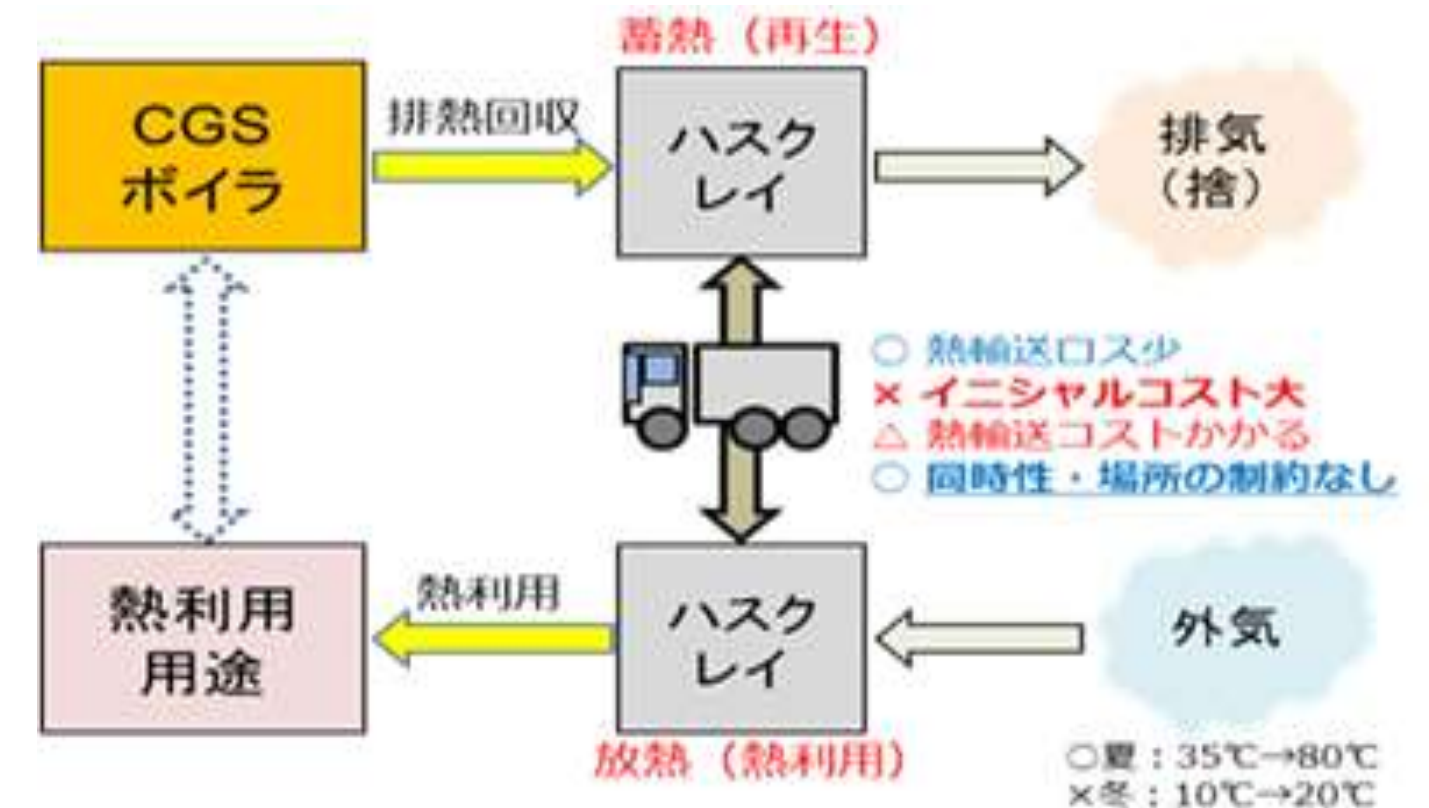
熱搬送費削減のため、例えば既存搬送網を活用。

④熱売りサービス固定費(設備導入費)の圧縮;

イニシャルコスト削減のため、設備導入補助金の適用。

⇒上記①～④の2つ以上が見込めれば
経済優位性が発揮できる可能性が高い。

事例：某温泉地域での提案



本事業では、以下の11項目の最終目標達(値)を設定して実施

個別研究項目	最終目標(値)	開発当時の技術レベル	到達レベル
(1)蓄熱材・蓄熱システム実証開発 ①システム開発	(a) 蓄熱槽の設計手法の確立。	蓄熱槽の基本仕様を確定したが、長期実証による蓄熱槽の性能・耐久性評価は未実施。	◎達成（説明済） ・5.5tonコンテナ型蓄熱槽の実証運転データより、小型蓄熱槽の90%以上の蓄熱量を確認。 ・充填層形状の安定性と経済性を確保できる3層の蓄熱槽の設計手法を確立。
同上	(b) 蓄放熱設備の設計手法の確立。	基本仕様の確定とユニット化を完了したが、長期実証による性能・耐久性評価と低コスト化は未実施。	◎達成 ・定置型200回、オフライン熱輸送型50回の蓄放熱運転を通じて性能低下なしを確認。 ・蓄放熱設備と蓄熱槽の接続ユニット開発。
②材料開発	(a)熱利用に対する蓄熱材造粒品の耐久性及び性能劣化の低減。	・500kJ/L@60%RH (700kJ/L@90%RH相当)を達成。	◎達成（説明済） 新規加温機を導入し、蓄熱材の改良を実施。初回性能(蓄熱密度700kJ/L@25℃・90%RH)から見て、85%以上@7年間の見通しを得た。
同上	(b)輸送時に生じる蓄熱材造粒品の耐摩耗性と耐久性の向上。		◎達成（説明済） 耐摩耗性を10～15%向上し、耐久性が向上する手法を確立し、バインダーの変更にて平均値向上を確認。

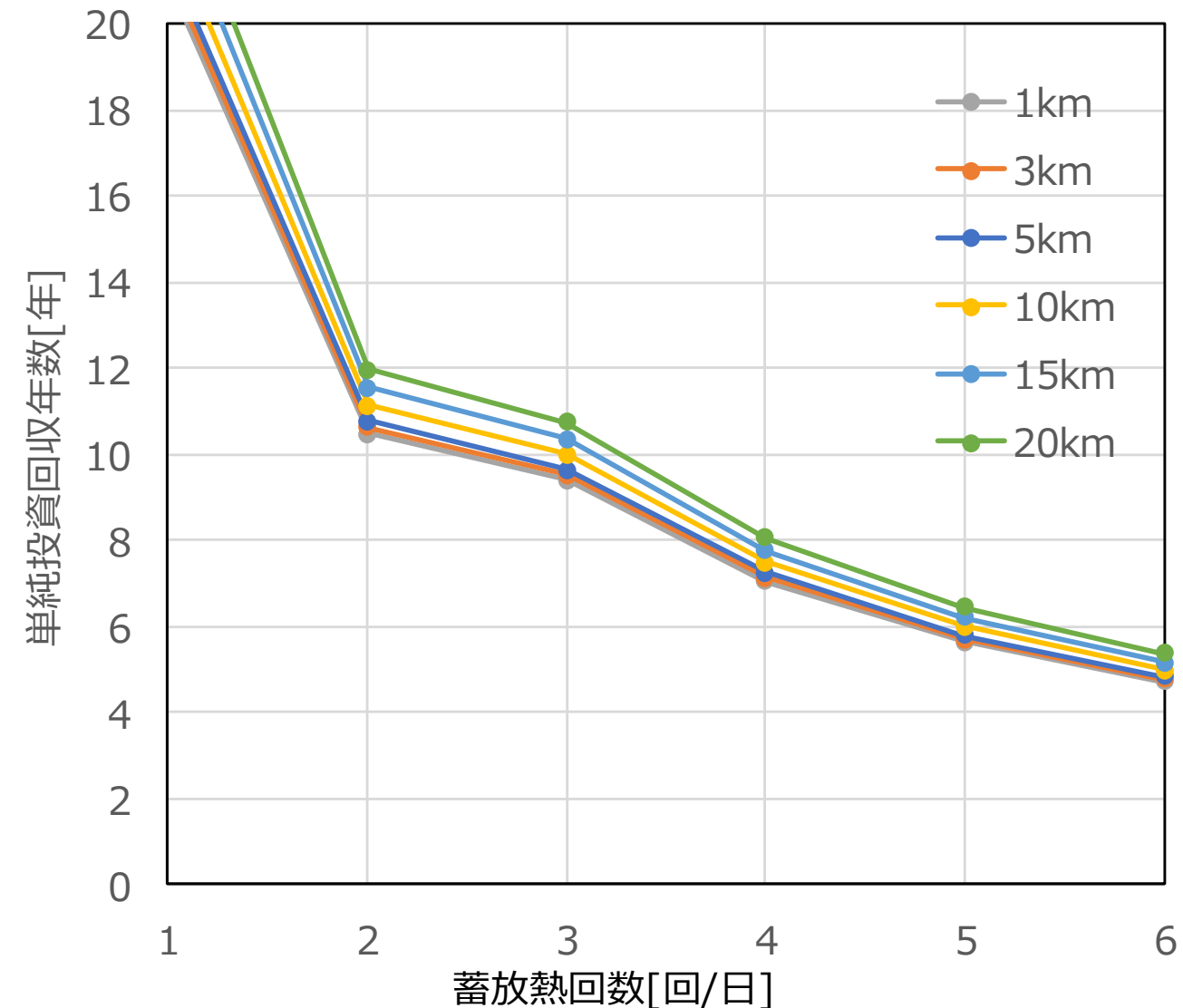
個別研究項目	最終目標(値)	開発当時の技術レベル	到達レベル
同上	(c)蓄熱材の低コスト化。	同上	◎達成 新規加温機導入により、性能向上とコスト低減の両立を確立。
③実証評価	(a)運転パターンと熱効率:オフライン熱輸送型と工場輸送型において実運用に適した運転フローパターンを構築。通年平均90%以上の蓄熱効率を達成。	・2ton級蓄熱材の日野自動車の現地検証試験で537kJ/L以上の蓄熱密度を確認したが長期実証による蓄熱材や各機器の性能・耐久性評価は未実施。	◎達成 ・実運用に適した運転フローパターンを構築。 ・50回の蓄放熱運転で、蓄熱効率90%以上の達成を確認。
同上	(b)システムの投資回収年数:定置型で5年以下、オフライン熱輸送型で8年以下の見通し。システムの実施設計・製作手法を確立。	・現地検証試験の設備構築、蓄熱槽、蓄放熱設備、ダクト、動力制御盤などから構成される蓄熱システムの仕様選定や概算見積が可能となったが、実規模システムでの熱供給効率の評価や裏付けのある経済性評価は未到達。	◎達成(説明済) ・羽村工場の天然ガスCGS設備の蓄熱運転、羽村工場の産業空調設備(塗装工程のリサイクル空調)の放熱運転のデータに基づき、定置型4.9年とオフライン熱輸送型7.6年の回収年数を試算。
同上	(c)熱売りモデル:蓄熱量のモニタリング方法と熱回収/供給量の計測手法を整備して課金システムを開発。	・熱売りモデル/ビジネスモデルは未検討。	◎達成 熱売りサービスの、あるべき姿を念頭に置き、利用熱量の計量精度の困難さ・再現性や、インシャルコスト、人件費圧縮の要素から「定額制(使い放題)」が最適。

個別研究項目	最終目標(値)	開発当時の技術レベル	到達レベル
(2)システム評価手法開発 ①定置型システム評価手法	・定置型の導入シミュレーションモデルを精度検証して開発完了し、導入計算事例を作成。	・蓄熱材充填層シミュレーションモデルの構成方程式を確立し、エクセルベースの蓄熱槽設計ツールを開発。 ・蓄熱槽以外のシステム全体の設計ツールは未開発。 ・オフライン熱輸送型のビジネスモデルの詳細検討は未実施。	◎達成（説明済） ・定置型の実証設備の実測値と比較して吸着材蓄熱槽計算モデルの妥当性を確認。 ・日野自動車の別途の塗装工程などの導入計算事例を作成。
②オフライン熱輸送システム評価手法	・オフライン熱輸送型の熱エネルギーマネジメントシステム(導入シミュレーションモデル)を精度検証して開発完了し、導入計算事例を作成。		◎達成（説明済） ・吸着材蓄熱槽計算モデル(Sub①)、イニシャルコスト試算ツール(Sub②)、通年運転シミュレーションツール(Sub③)で構成される、熱エネルギーマネジメントシステム(導入シミュレーションモデル)の開発完了。
③オフライン熱輸送のビジネスモデル確立に向けた詳細検討	・経済性に優位性のあるビジネスモデルを抽出し、市場への初期投入先と成り得る、経済優位性が発揮できる具体的な対象地域候補を選定。		◎達成（説明済） 経済優位性が発揮するために重要な要素(対象候補の選択、放熱時間の確保、熱輸送費の圧縮、熱売りサービス固定費の圧縮を抽出し、某温泉地域等の対象地域候補を選定。

以上のように、本事業では最終目標達を全て達成。

よくある質問;実用的な輸送距離は？

- 輸送燃料費自体は費用対効果に対して大きな影響を与えない。
- 距離が長くなり輸送時間が長くなると、蓄熱／放熱運転の稼働時間が短くなり、1日の輸送熱量(輸送回数)が減少し利益が低下する。
- 概して10km以内(往復30分以内程度)が、実用的な輸送距離と考える。



3-1.今後の計画・課題（省エネルギー効果）

- 指標Aについては、CGS廃熱利用において産業用と民生用を算出し、工場場廃熱利用においても算出
- 指標Bについては、開発システムの客先ヒアリング結果と高砂熱学と東京電力エナジーパートナーのCGS導入実績から算出
- この結指標Aと指標Bにより、効果量は5.41 万kL/年

	2022年		2030年	
	国内	国外	国内	国外
指標A(効果量)	産業用CGS:1,006 kL/年 民生用CGS: 515 kL/年 工場廃熱: 1,006 kL/年	—	産業用CGS:1,006 kL/年 民生用CGS: 515 kL/年 工場廃熱: 1,006 kL/年	—
指標B(導入量)	産業用CGS:6 システム 民生用CGS:3 システム 工場廃熱: 3 システム	—	産業用CGS:34 システム 民生用CGS:17 システム 工場廃熱: 11 システム	—
省エネルギー効果量 (kL/年)	1.05 万kL/年	—	5.41 万kL/年	—

- 今回実証してきた蓄熱システムはオフライン熱輸送システムとして、地方自治体の汚泥・ごみ焼却場廃熱、工場廃熱などの広域熱利用システムとしての市場展開が期待できます。
- 加えて、工場やコージェネレーションなどで発生する低温未利用廃熱を、除湿・暖房・乾燥工程などの用途へ再生させる、定置型システムとしても展開が期待できます。
- 我々は、除湿・暖房・乾燥工程などへ適用する熱利用システムとして市場展開を目指します。

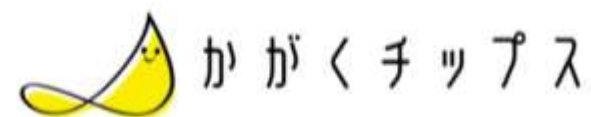
謝 辞

- 羽村市スイミングセンターでの蓄熱利用（放熱）の実証のためには、羽村市に多大な御協力を頂きました。関係の皆様に感謝致します。

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
日野自動車株式会社、森松工業株式会社、産業技術総合研究所

廃熱をいつでも
好きな場所で利用する！

～蒸気で熱が復活する新・蓄熱材料～



2019年度に羽村市で実施した試験などの詳細をYouTubeの動画でご覧いただけます。「科学チップス ハスクレイ」で検索、または右のQRコードからみて下さい。

