



ZERO Energy Station PROJECT

「地域共創・セクター横断型カーボンニュートラル技術開発・実証事業」

地下鉄の再エネを最大限活用した
ゼロエネルギー空調システムの技術開発・実証

成果発表会

2023年2月9日



横浜高速鉄道株式会社 運輸部施設課 千葉 直義





本日の発表内容

1. 技術開発の概要

2. 技術開発の経過と成果

3. CO2削減効果

4. 事業化の取組み

5. 今後の課題



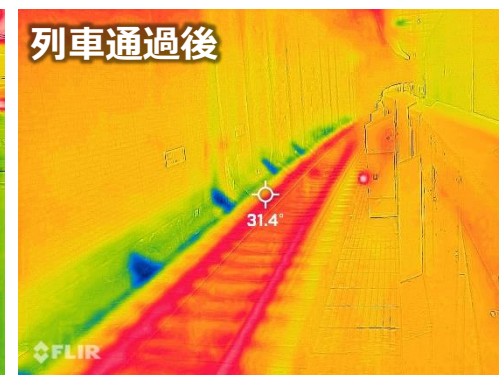
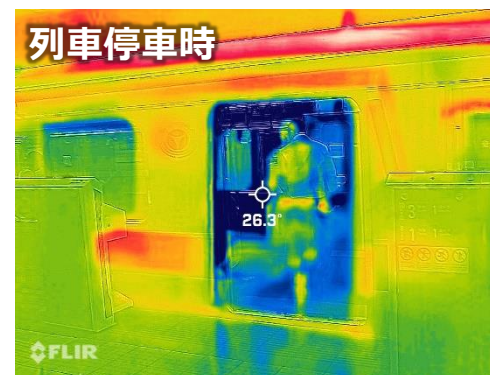
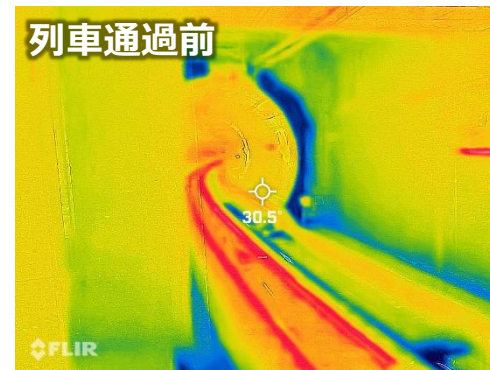
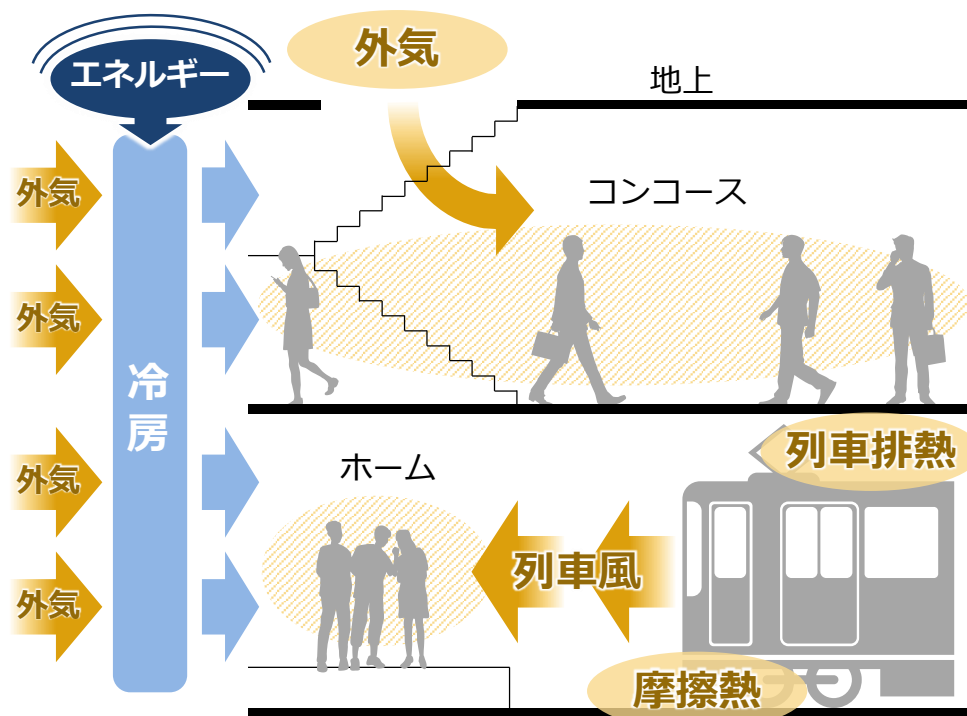
1. 技術開発の概要

1-1. 主旨

地下駅では、広い空間の中に外気や車両冷房排熱が流入するため冷房消費エネルギーが大きく、温熱環境の改善が課題となっています。当社では、この課題解決を目指す取組みとして、馬車道駅を実証フィールドに、再生可能エネルギーとデジタルテクノロジーを活用した地下駅の新たな冷房システムの開発に挑戦しました。

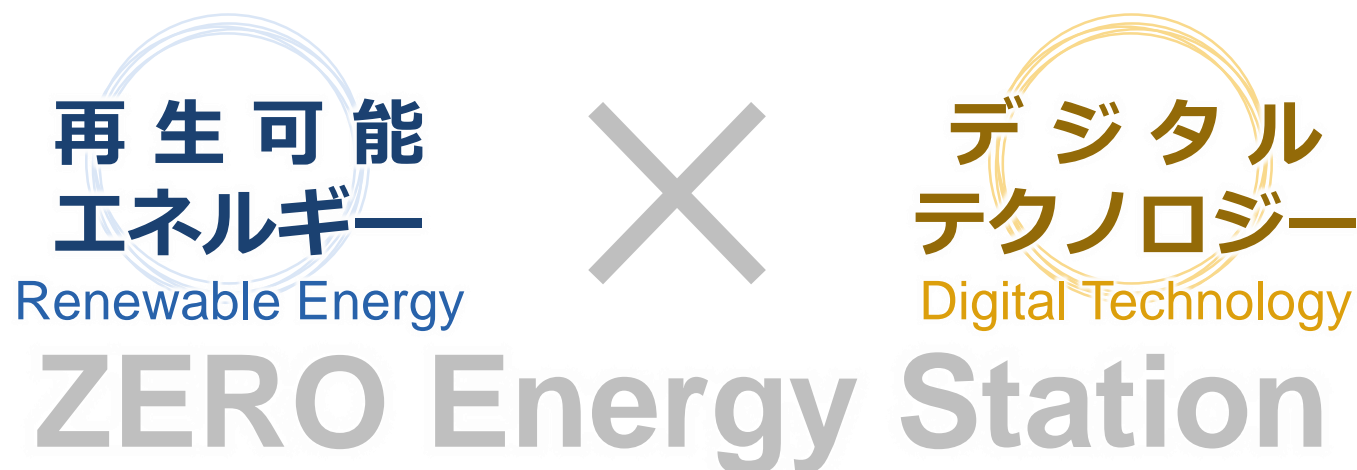
※当事業は、環境省の「CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業」のひとつとして認められており、現在使用している冷房消費エネルギーを再生エネルギーに代える技術開発と実証実験を、2019年度より2021年度にかけて行いました。

CO2排出削減に向けた地下駅の課題



課題解決に向けた方向性

- ・ 地下駅特有の再生可能エネルギー利用
- ・ デジタルテクノロジーを活用した冷房運転の最適化
- ・ 回生電力の利用



CO2排出削減目標

Phase-1

冷房エネルギー **50%** 以上削減

1. 地中熱利用システム
2. 列車風利用システム
3. 最適制御システム

本事業
で開発

Phase-2

再エネ利用 **100%** の
ゼロエネステーション開発へ

4. 回生電力利用システム

今後の
取組み

1-2. システム構成

再生可能エネルギー

Renewable Energy

1. 地中熱利用システム

地下水槽を介して回収した地中熱を利用して、駅構内に導入する外気を予冷します。

2. 列車風利用システム

列車風で水を気化させ、この際に生じた気化熱によって冷却された空気をホームへ送風します。

4. 回生電力利用 ※将来構想

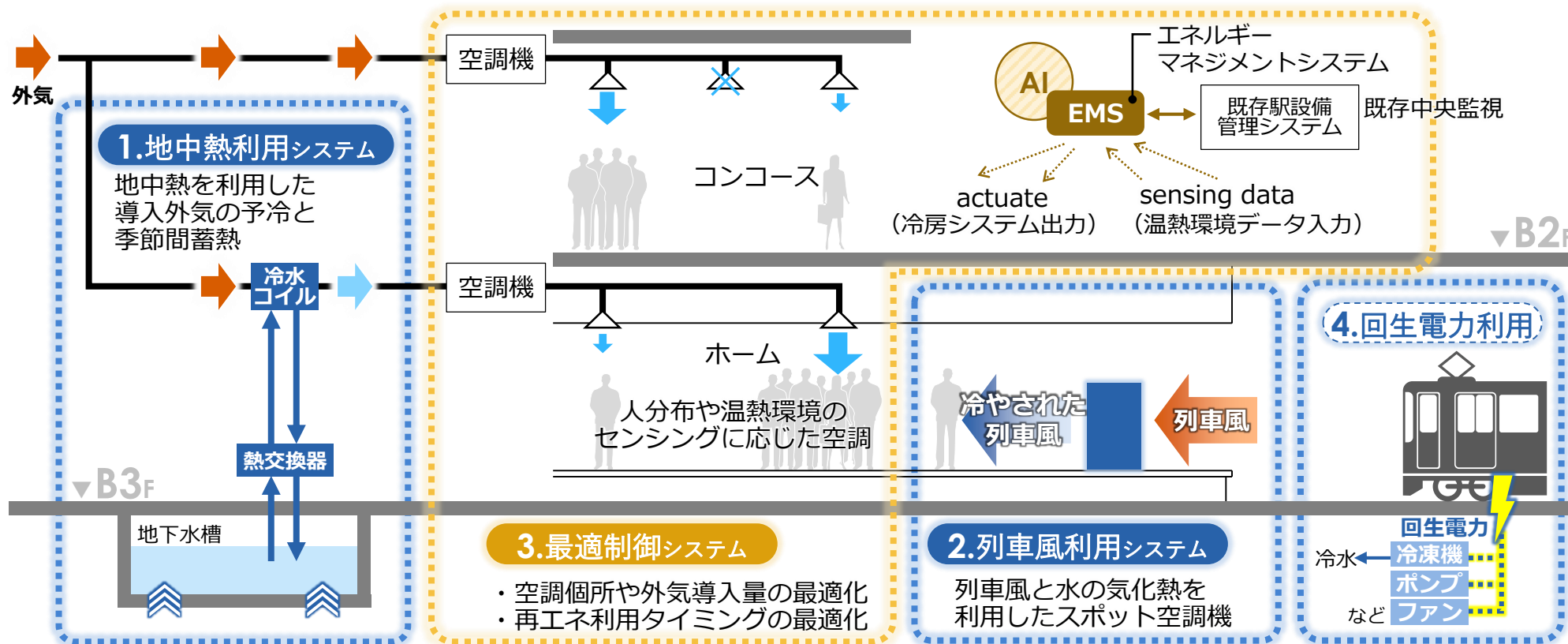
列車制動時に生じる回生電力を効果的に利用する手法や機器の開発を検討しています。

デジタルテクノロジー

Digital Technology

3. 最適制御システム

人分布や温熱環境をセンシングし、AIにより、お客様が多く集まりそうな時間帯や場所を予測して、必要なところに必要な冷房運転を行います。



1-3. 対象

名称 : **みなとみらい線馬車道駅**

所在地 : 横浜市中区本町五丁目49先

形態 : 地下3階

延床面積 : 13,693m²

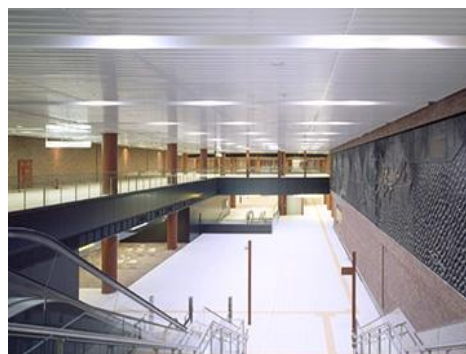
構造 : 鉄筋コンクリート造

ホーム形状 : 島式 (1面2線)

駅冷房熱源 : 地域冷房

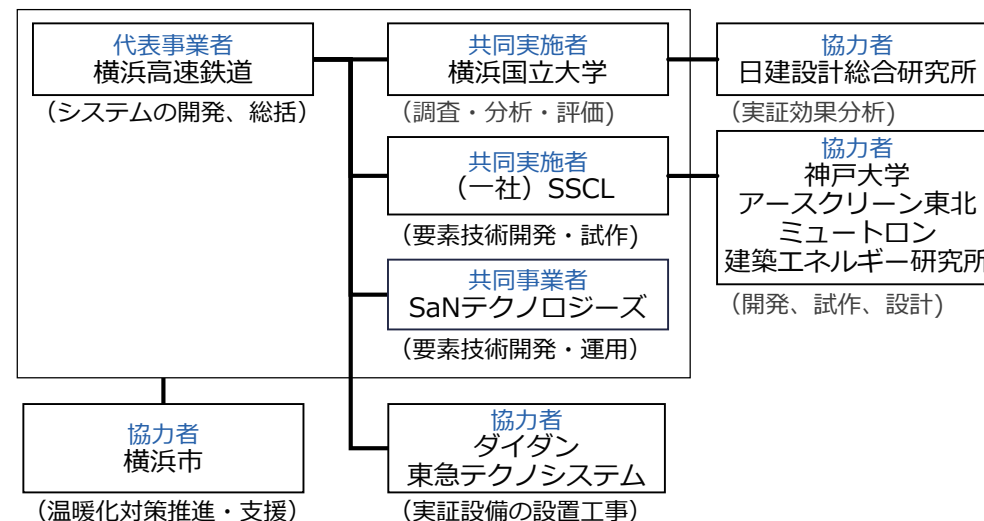
乗降人員 : 31,131人/日 (2021年度)

※新型コロナウイルス感染症の影響により、コロナ禍前の水準
 [41,627人/日 (2019年度)] には至っていない。
 [2022年度 (4~12月) における対2019年度比 ▲17.2%]

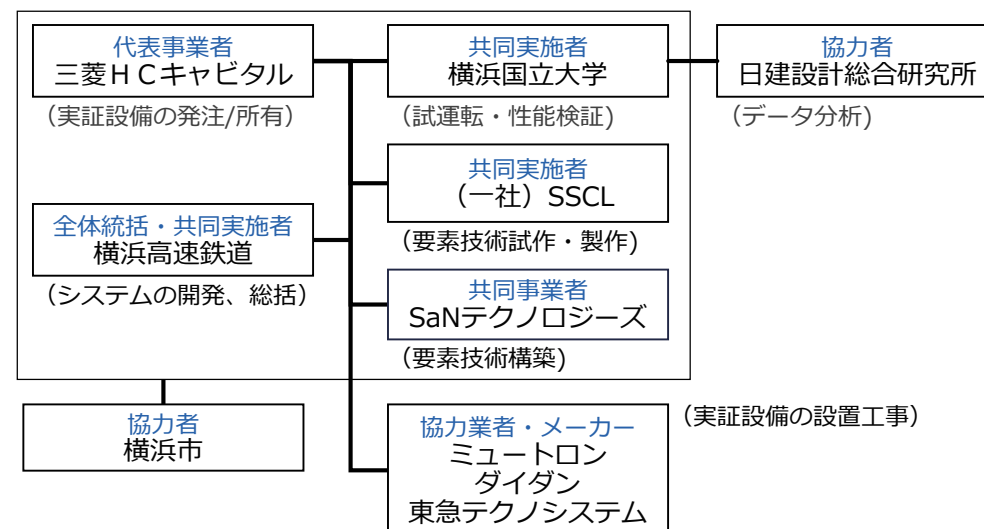


1-4. 実施体制

委託事業

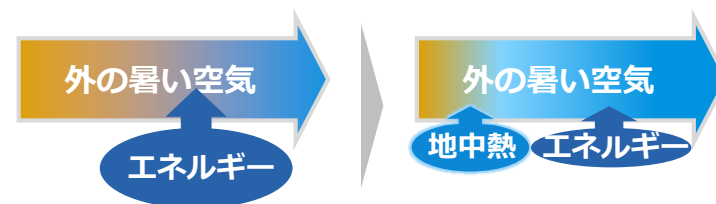


補助事業

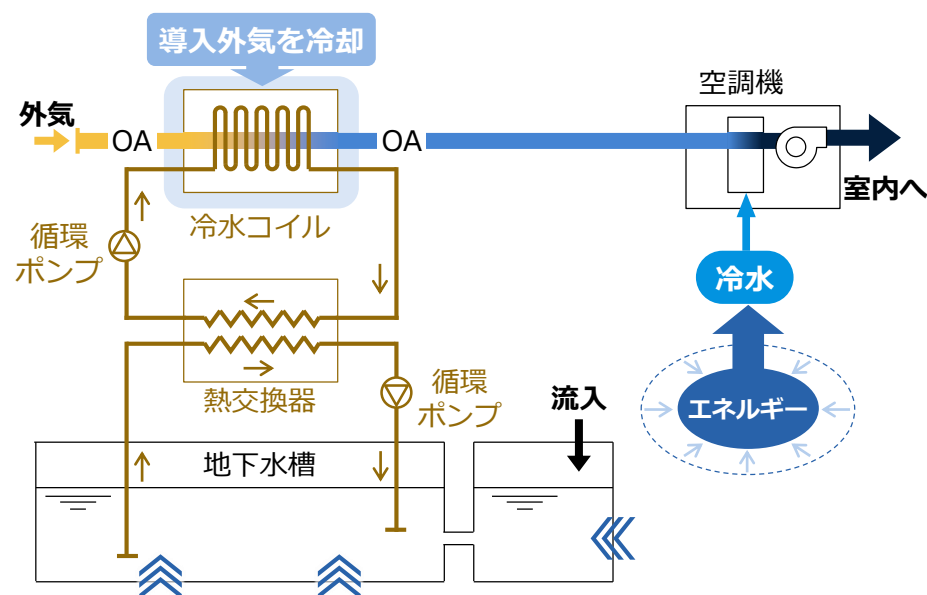


2-1. 地中熱利用システム（プレクールシステム）

新鮮な外気を取り入れる際に、**外気よりも低い温度となる地下水槽水**を通過させて、**暑い外気を冷やします**。外気を冷やすことで、**空気を冷やすためのエネルギーを削減**することができます。



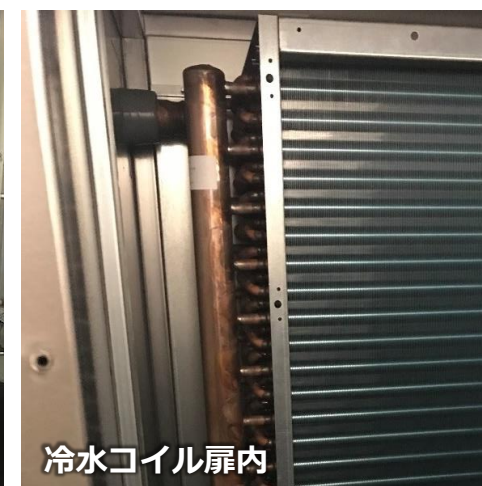
システム概要



夏の暑い外気を冷やす一方で、冬は寒い外気から熱を回収し、地下水槽と周辺の土壌を冷やすことで、夏に利用する地中熱を最大化します（季節間蓄熱）。

7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
放熱			蓄熱			保温					

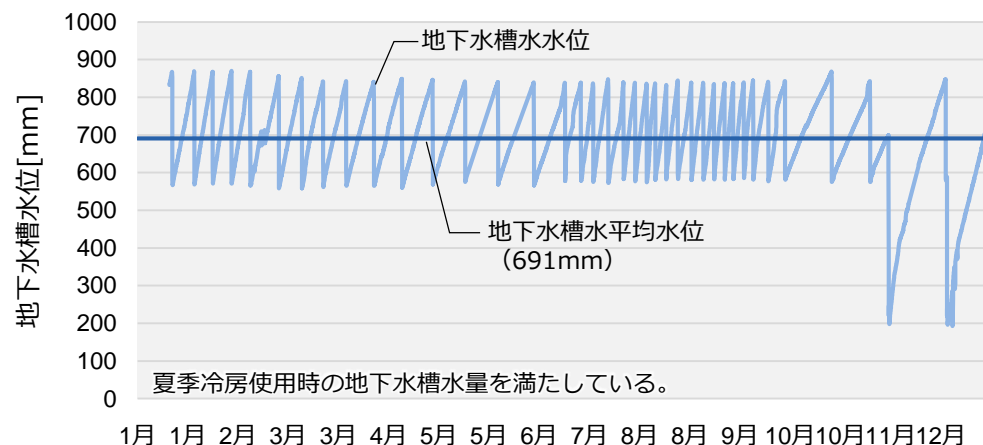
- 7～9月（放熱）：導入外気のプレ冷却に用いる
- 11～2月（蓄熱）：地下水槽水および躯体と周辺地中を冷却
- 3～6月（保温）：冷却した地中の温度を夏季まで保温



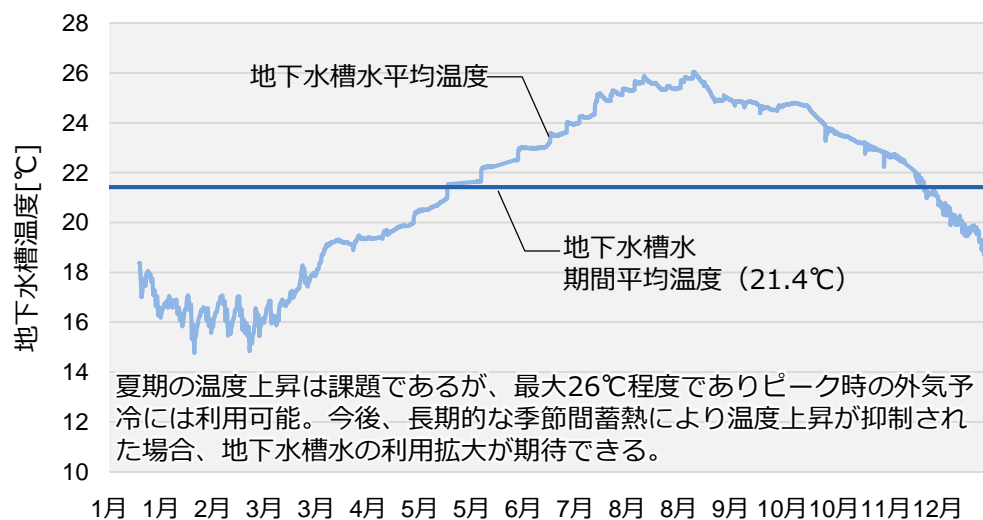
2-1. 地中熱利用システム（プレクールシステム）

システム効果

■ 年間の地下水槽水水位変化



■ 年間の地下水槽水温度の変化



事業成果の展開イメージ



2-2. 列車風利用システム（クールゲートシステム）

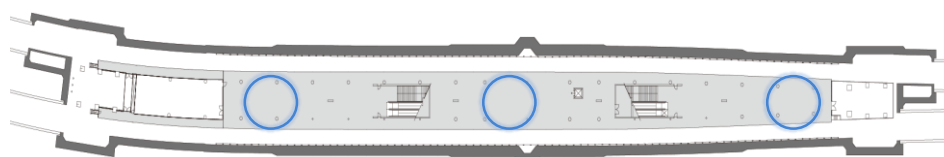
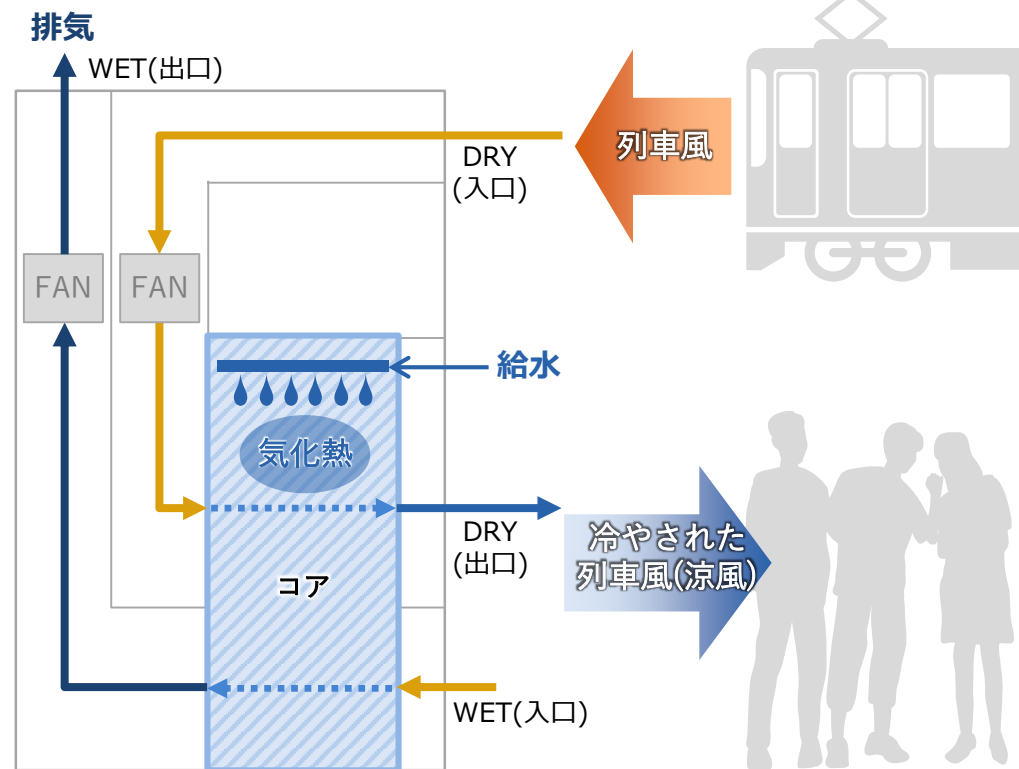
列車風を受けて水を蒸発させることにより**冷却された空気を局所的にお客様付近の空間に供給**します。

これはいわゆる「打ち水」で涼しくなる原理と同じで、空調機のように大量のエネルギーを使うことなく、ホーム上にいらっしゃるお客様に向けて、わずかな水(2 L/日・台)を用いて涼風を届けます。



システム概要

<クールゲートのしくみ>



設置箇所:馬車道駅ホーム (計6台)

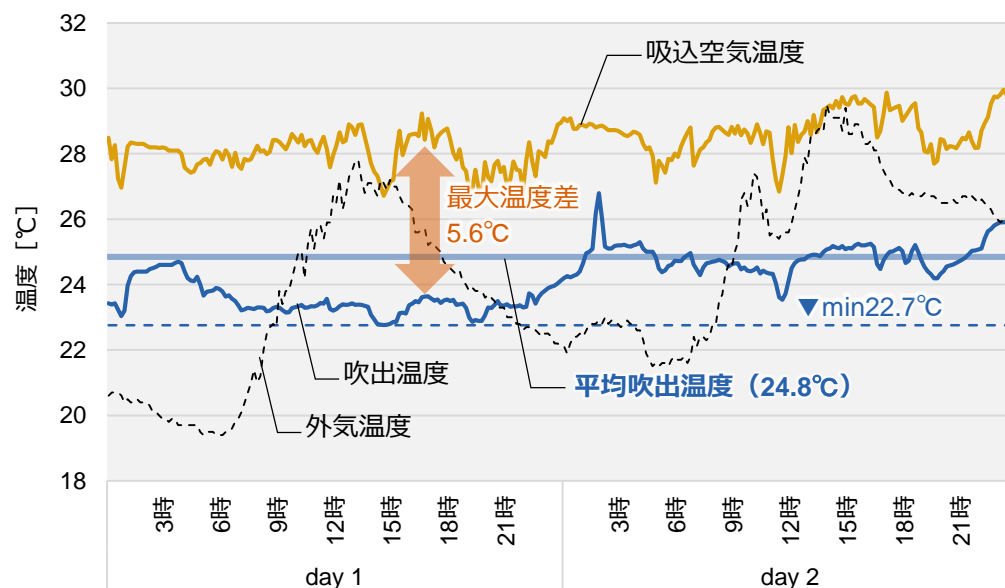
2-2. 列車風利用システム（クールゲートシステム）

システム効果

■ 性能評価結果【代表機(ホーム中央)】

評価項目	目標値	測定値 (2021年8月21日)	目標判定
ドライエア風量	4,500 m ³ /h	4,727 m ³ /h	○
ウェットエア風量	3,150 m ³ /h	3,277 m ³ /h	○
冷却能力	10 kW	10.4 kW	○
上水散布水量	0.6 L/min	0.626 L/min (給水温度：24.7℃)	○

■ 吹出空気の温度推移【代表機(ホーム中央)】

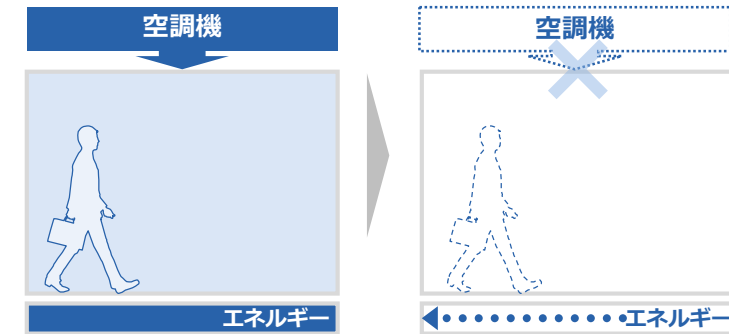


事業成果の展開イメージ

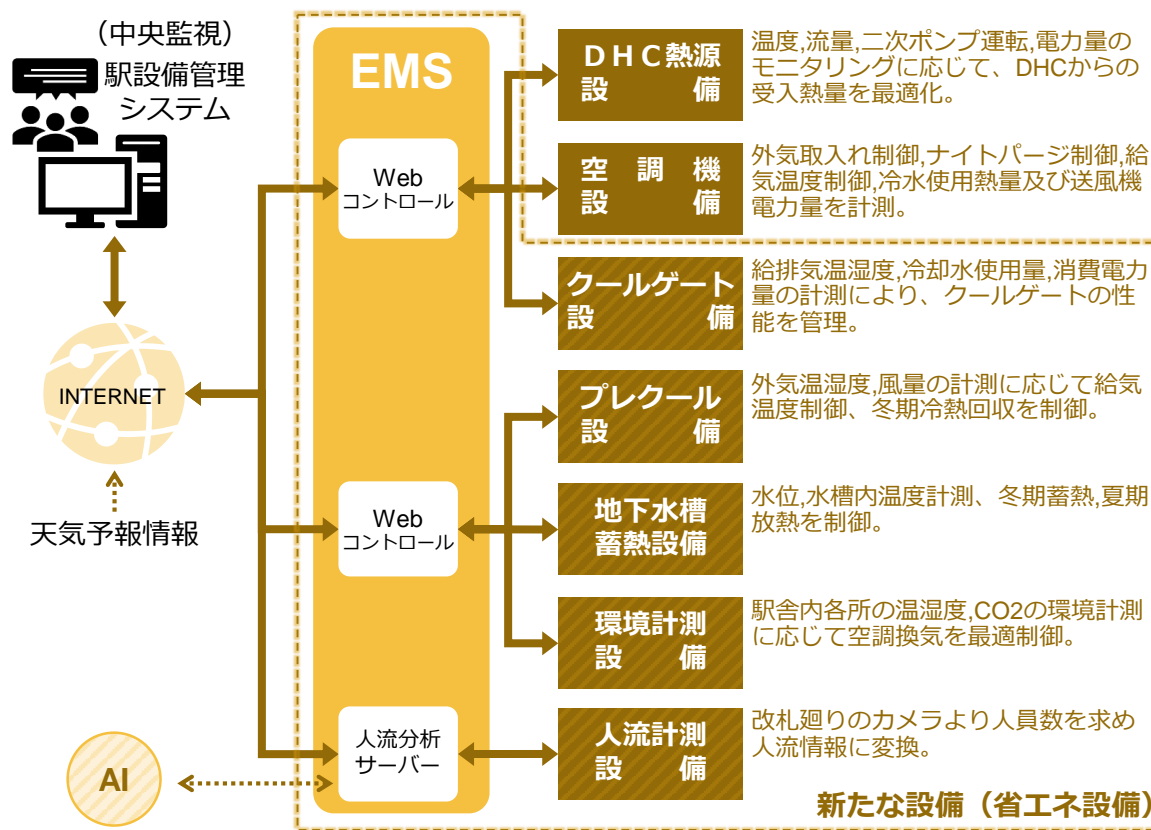


2-3. 最適制御システム (EMS)

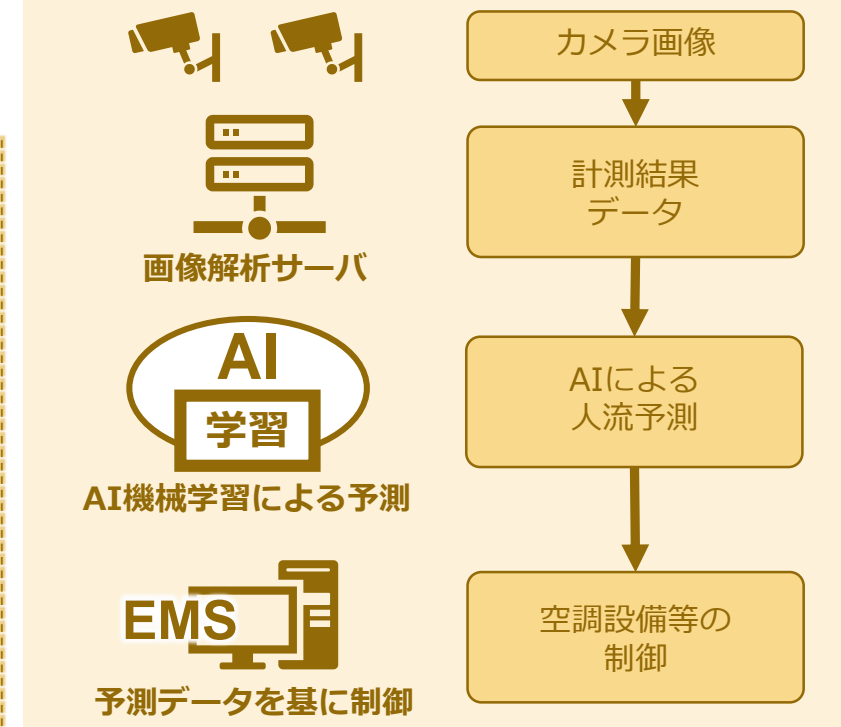
従来は広い駅空間を均一に冷房運転していましたが、駅構内にいらっしゃるお客様の密度分布や温熱環境のデータをセンサにより取得し、お客様が多く集まる時間帯や場所をAI（人工知能）等により予測して、**必要なところに必要な量の冷房運転を行います。**



システム概要

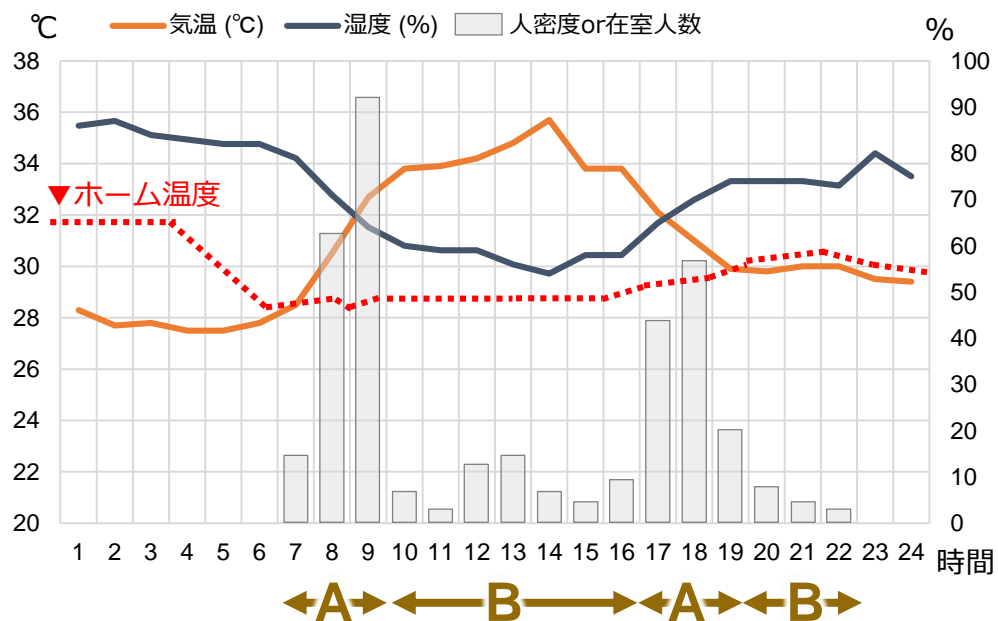


<人流計測の概要>



2-3. 最適制御システム (EMS)

運転ロジック



A : 人流が多い時間帯 (朝夕)

超過した分の負荷温度に応じた制御を行う。

B : 人流が少ない時間帯 (朝夕以外)

超過分の負荷は処理せず、一定温度の上昇を許容する。
 (空調機風量の調節、クールゲートの運転限定)

【主な制御手法】

- ・冷水ポンプ制御
- ・給気温度制御
- ・外気冷房制御
- ・冷気回収運転制御
- ・クールゲートスポット空調制御
- ・プレクール外気予冷制御
- ・人流運転制御

事業成果の展開イメージ

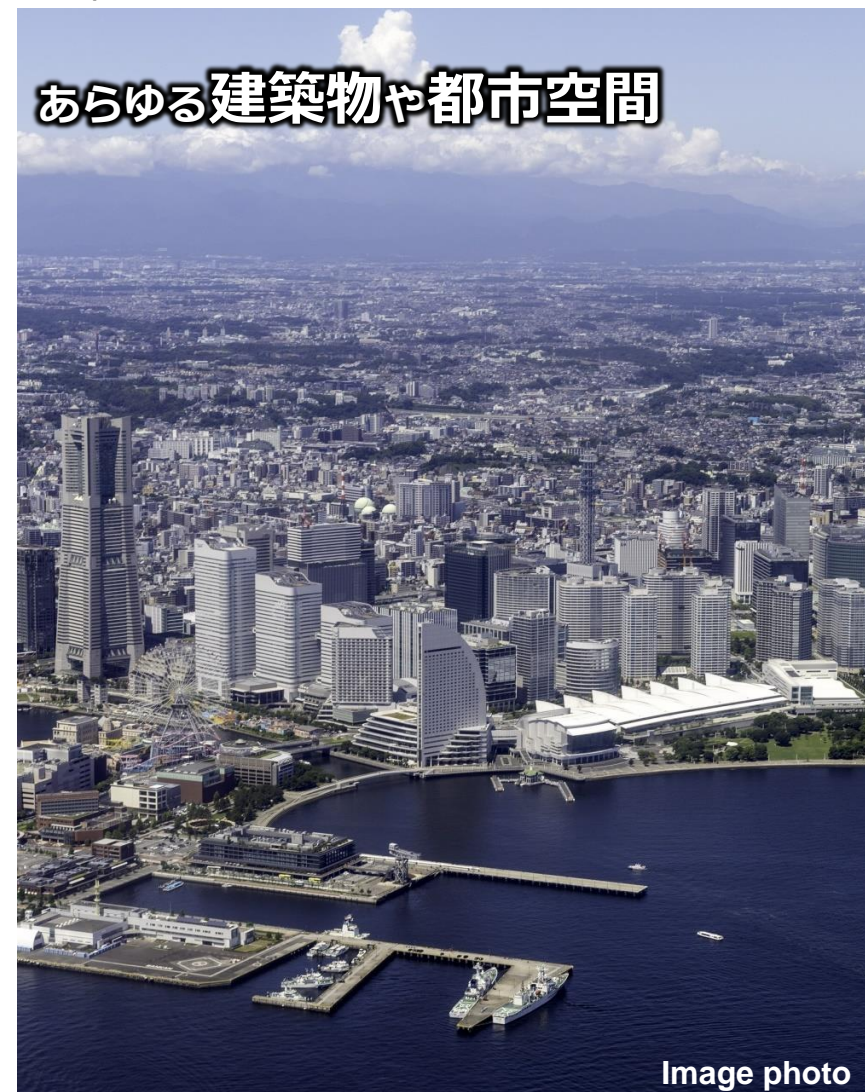
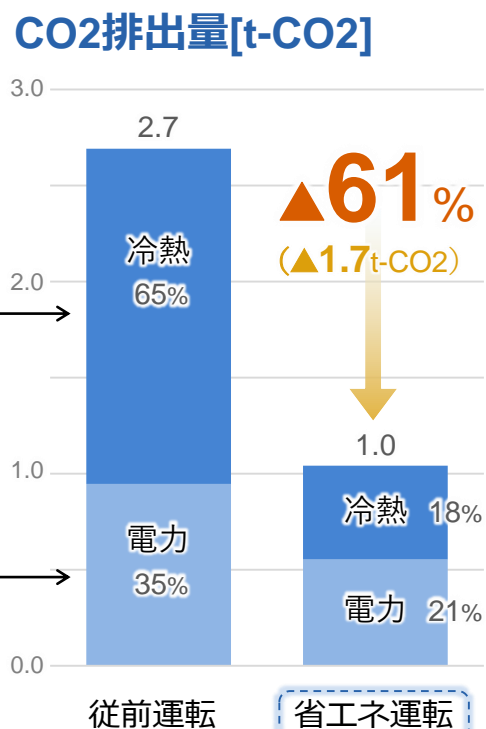
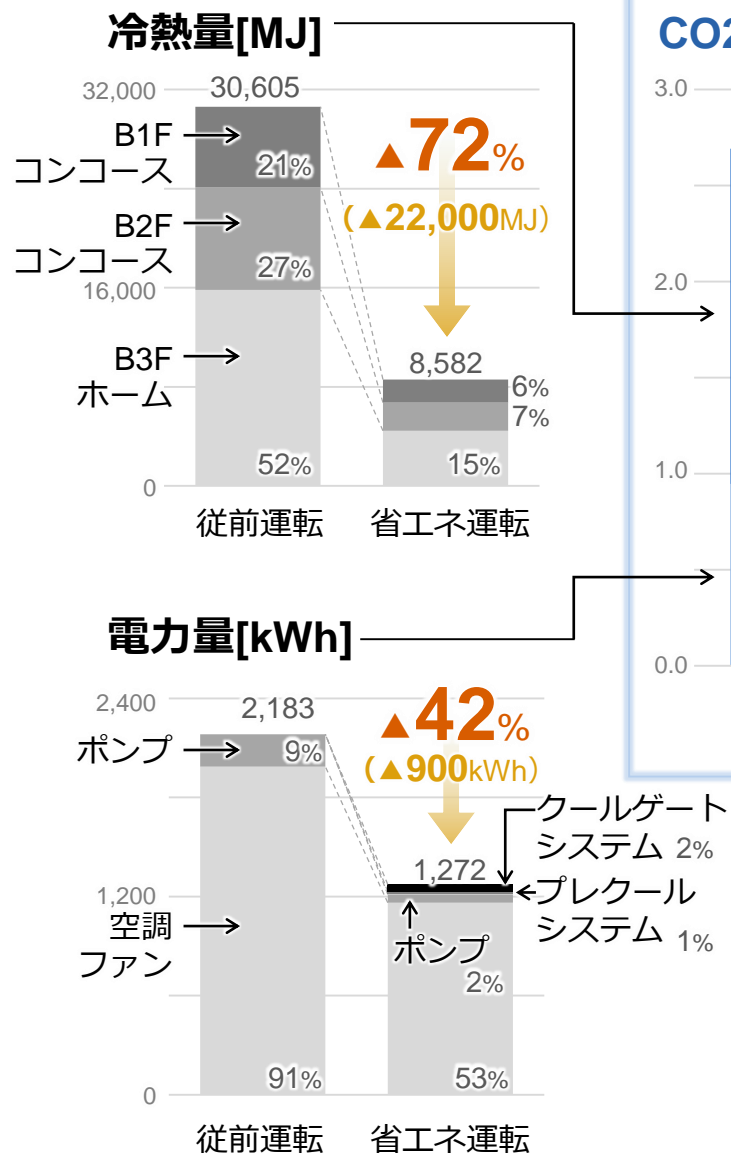


Image photo

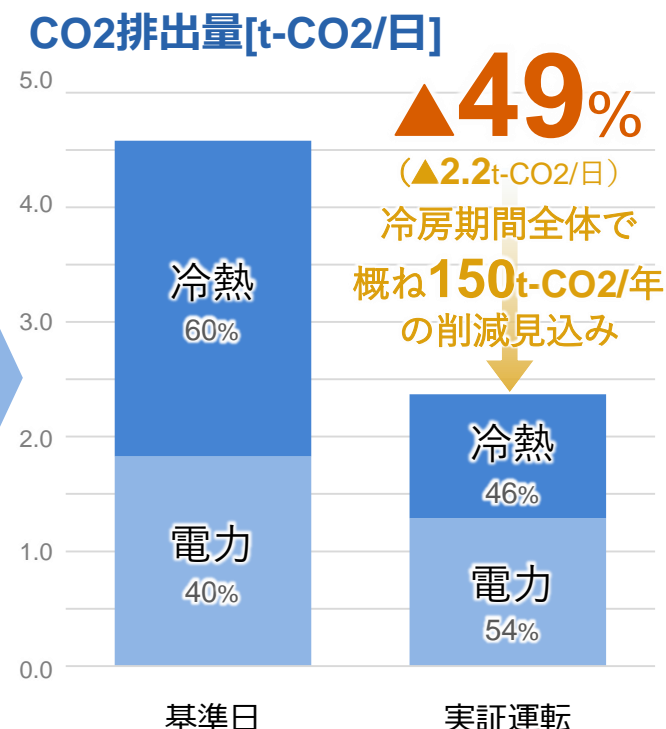


3. CO2削減効果

1. 実証運転時間帯（10～19時）積算での評価

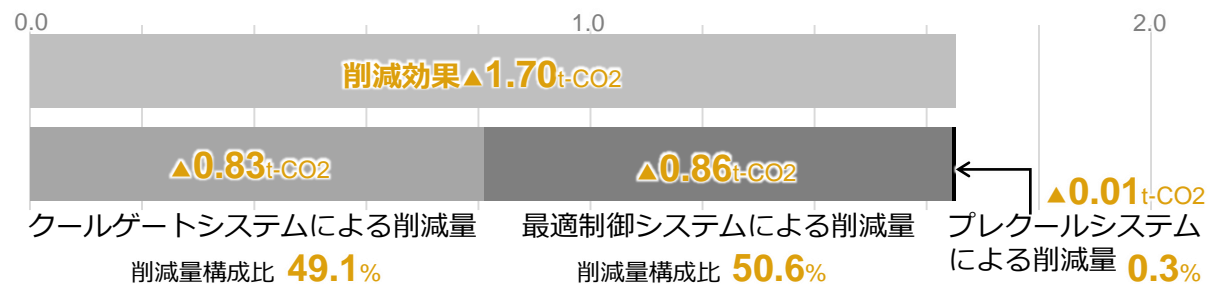


2. 実証運転代表日積算での評価



10時以前および19時以降の駅営業時間帯における、省エネ最適制御適用で実証時間帯同等とすることが期待できる。

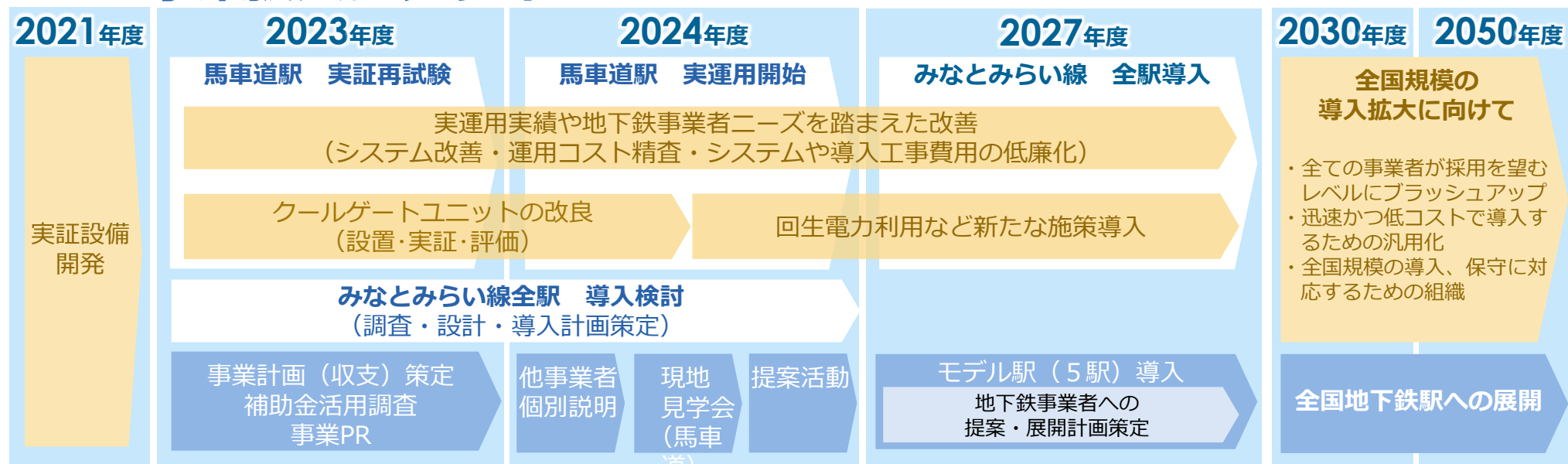
削減効果▲1.7t-CO2の内訳（推計）





4. 事業化の取組み

4-1. 事業拡大シナリオ



4-2. 販売計画 (目標)

※現在、導入にあたっては、調査・設計・施工期間として2年間を見込んでいます。

- みなとみらい線 : 2023年度までに設備を改良し、(馬車道駅) 2024年度から実運用開始、(全駅) 2027年度までに全駅導入
- モデル駅 (5 駅) : 2027年度までにモデルとなる主要な地下鉄事業者の駅舎に導入し、全国地下鉄駅展開の足掛かりとする。
- 全駅展開 : 2032年度までに全国規模の導入拡大に必要な準備を整え、2050年度までに全駅導入を目指す。

対象となる鉄道	2024年度	2027年度まで	2030年度まで	2032年度まで	2050年度まで
横浜高速鉄道	1駅 (馬車道駅)	6駅 (全駅)	6駅	6駅	6駅
都営地下鉄 東京メトロ	—	2駅 (モデル駅)	58駅	95駅	241駅
大阪メトロ	—	1駅 (モデル駅)	24駅	40駅	110駅
その他全国	—	2駅 (名古屋・福岡)	73駅	120駅	356駅
合計	1駅	11駅	161駅	261駅	713駅 (全駅導入)

4-3. コスト削減効果と事業収支

1. 年間エネルギー削減量

省エネ設備の設置により、

地域冷房の**冷水使用量72%削減**、空調ファンなどの**電力使用量42%削減**を可能とした。

2. コスト削減効果

(1) 省エネ設備設置に掛かるイニシャルコスト

省エネ効果により得られる地域冷房及び水道光熱費の削減費用に充てて、**約5年で投資回収**できる見込みである。（補助金活用時）

(2) 省エネ設備使用に掛かるランニングコスト

省エネ効果により得られる地域冷房及び水道光熱費の削減費用内で賄うことを可能とした。

3. その他

イニシャルコストは、**鉄道営業線工事のため、工事施工上の制約や夜間の限られた時間帯での実施により、割高**になってしまう。また、設備コストは、量産効果が出るまでの間は縮減できない事情がある。

現状では、初期投資額が大きく、投資回収に時間がかかるため、地下鉄事業者の負担の軽減に向けて、**コスト低減が進むまでの間は補助金を有効に活用**して導入を進めたいと考える。

※活用予定の補助金：資源エネルギー庁「先進的省エネルギー投資促進支援事業」等



5. 今後の課題

5-1. 事業の課題及び解決方法

項目	課題	対応	
1. 省エネ設備導入時のコスト抑制	導入の際には夜間の限られた時間帯、既存システムの改修や水・電源の引込みの作業を伴うため、 コストが割高 である。	当面の間は 補助金を有効に活用 して導入を図り、将来的には 省エネ設備の普及によるイニシャルコストの縮減 を図る。また、省エネ設備（開発システム）の構成は、各駅の環境に応じて組合せする。	
2. 開発システムの高度化	地中熱利用システム	夏季の外気予冷による負荷の低減効果は得られたものの、冬季蓄熱を含めた年間を通した省エネルギー効果は小さく、設備投資額を回収する 経済合理性は低い 。	
	列車風利用システム	クールゲート本体における ①コアの不燃化 ②コアの粉塵汚れ ③結露水漏れ ④ファン騒音への対応	クールゲート本体の改良(実用機開発) ①金属製コアの採用 ②洗浄機能付加 ③排水構造の改善 ④ファン小型化
	最適制御システム	駅舎の人流変化が少ない。	予測手法を用いることなく、スケジュール制御運転を基本に、駅舎内温度等を観測しながら軌道修正する 事業性の高いシステムの展開 を図る。

5-2. 開発成果の発信に効果的な取組み

2023年度
実証再試験

クールゲートユニットの
改良および実証再試験

馬車道駅

SaNテクノロジーズ
三菱HCキャピタル
横浜高速鉄道

協議調整



補助金採択関係官庁

コスト削減の実現までは、
補助金を活用して導入事業
者の負担低減を目指す。

1. 最終成果の情報発信

- ・ 開発システム提供開始のプレスリリース。
- ・ サービス紹介サイトの公開。
- ・ 地下鉄事業者へのパンフレット配布及び個別説明。

2. 実証再試験中の現場見学会

地下鉄事業者を主な対象として現場見学会を開催し、開発成果を説明する機会をつくる。

3. 補助金に係る情報発信

補助金が採択された場合にはその情報を発信し、開発した省エネ設備の導入を促進させる。

4. その他事業促進に向けた取組み

- ・ 地下鉄事業者以外への提案。
※開発した省エネ設備により省エネ効果が期待できる事業者に対し、適用範囲を検証して提案する。
- ・ マスメディアに取り上げられるよう働きかけを行う。

<パンフレット>





大地のちから
風のちから
考えるちから
電車のちから

年間を通じて安定した温度の地下水が湧く地中熱

車両の走行時に流れる列車風

冷房のための設備を最適に動かすための最適制御

車両の制動時に発電する回生電力

再エネルギー利用 **100%** の
ゼロエネステーション開発へ

ご清聴ありがとうございました