事例No.	2525
公表年度	R5
団体の属性	一般市
団体名	福岡市交通局

事例区分	公営企業

タグ	・交通事業 ・（行政改革）業務の効率化 ・ICT

事例種類	GX

事例内容・タイトル

七隈線延伸新駅におけるカーボンニュートラル実現に向けた取組みについて

出典

雑誌「公営企業」先進事例紹介（令和５年８月号）

先進事例紹介



七隈線延伸新駅におけるカーボンニュートラル実現に向けた取組みについて

福岡市交通局施設部施設課機械設備係
係長　三谷　翼

1．七隈線延伸事業の概要

福岡市地下鉄には、空港線・箱崎線・七隈線の３路線があり、市の中心部である天神や博多、福岡空港などの市内各拠点を結ぶ市民の足となっています。

令和５年３月27日に、七隈線の天神南駅から博多駅までの延伸区間が開業しました（図１、２）。



図１　延伸区間拡大図

延伸区間：天神南～博多
建設キロ：約1.4km（営業キロ1.6km）
工　　法：全線地下式
（開削工法、シールド工法、ナトム工法、アンダーピニング工法）
利用人員：約8.2万人／日（需要定着後）
うち新規利用者数約2.3万人／日
（マイカーなどの利用から新たに地下鉄利用に移行する人数）

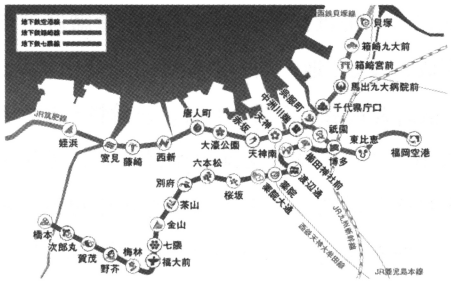


図２　延伸後の福岡市地下鉄の路線図

今回延伸開業した七隈線は、市西南部地域の慢性的な交通渋滞を緩和し、効率的で利便性の高い公共交通体系の確立を図るとともに、均衡あるまちづくりを推進するために計画されました。平成17年２月に橋本～天神南間を開業した後、残る都心部区間について調査・検討を行っ

た上で、平成24年６月に国の鉄道事業許可を受け、天神南～博多のルートの整備に取り組んできました。今回の開業により、市民の利便性向上はもとより、都心部の活力と魅力を高め、九州経済をけん引する都市としての発展に大きく寄与するものと期待されています。

２．環境配慮に向けた考え方

福岡市では、脱炭素社会実現に向けた取組みを積極的に推進するため、平成28年12月「福岡市地球温暖化対策実行計画」を策定（令和４年８月改訂）し、「カーボンニュートラルを実装した都市」実現に向け、再生可能エネルギーの利用推進や、省エネ性能の向上に向けた施設整備等を進めています。

地下鉄分野においても、これまで以上に環境にやさしい地下鉄となるよう、地下鉄の運行に要する電力消費量を削減するとともに、七隈線延伸新駅（櫛田神社前駅、博多駅）においても、さまざまな環境技術を導入することで、温室効果ガス排出量削減に取り組んでいます。中でも、櫛田神社前駅については、平成24年６月に学識経験者等で構成される「地下鉄七隈線環境創造駅プロジェクト検討委員会」を設置して、快適性を損なわず駅の消費エネルギーを50％削減する、環境創造駅を目指し最新の省エネ設備や再生可能エネルギーの導入等について検討を行ってきました。

３．七隈線延伸新駅におけるカーボンニュートラル実現に向けた取組み

(1)　省エネルギー性能の更なる向上

①　明るさ感を用いた効果的な照明計画

［博多駅・櫛田神社前駅］

従来の照明設計は、床面の照度を基準に照明器具の配置や器具の選定を行っていました。しかし、人が空間を明るく感じる指標は、床面照度だけではなく、天井や壁面の明るさ、照明の輝度など様々な指標により表現されており、床面照度だけでは、空間の明るさを適切に表現できません。そこで、人が空間を観察する時の視野に注目して、視野の輝度分布から算出された「明るさ感」という新たな指標を用いて照明設計を行いました（図３）。

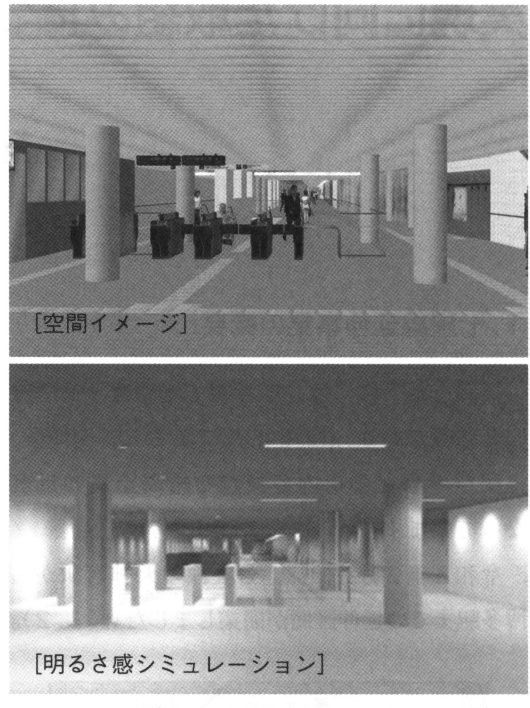


図３　空間イメージと明るさ感シミュレーション

明るさ感を用いて設計することにより、過度に床面照度を高くせずとも、空間の明るさ感を確保することが可能となり、床面照度基準の設計に比べ、照明器具の台数を減らすことができ、省エネ化を実現しました。

明るさ感の評価については、既設七隈線の主要な駅の照明環境を調査し、指標の目安を設定することで評価しました。

器具の配置については、光が広がるような効

果的な配置を検討し、特に間接照明については、明るさ感へ貢献するよう、壁からの距離や器具の向きについて検証し決定しました（図４）。

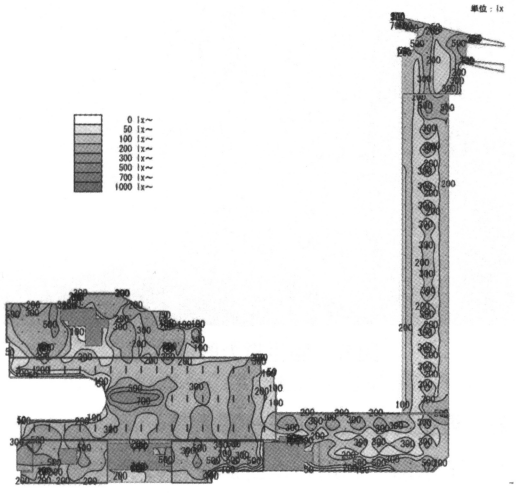


図４　照度分布シミュレーションイメージ

②　高効率空調の採用
［博多駅・櫛田神社前駅］

新駅を除く駅では、乗車人員の多い駅など９駅（西新駅、天神駅、中洲川端駅、博多駅、福岡空港駅、橋本駅、別府駅、薬院駅、天神南駅）において、ホームとコンコース全体を空調する全館空調設備を備えています。地下鉄駅は、窓や扉で閉鎖された一般的なビルと異なり、地上出入口やトンネルなど開放された空間であるため、全館空調には大規模な空調設備と大きなエネルギーが必要でした。

そこで、新駅では、お客様の滞留する箇所をピンポイントで空調する、スポット空調とすることで、全館空調に比べ熱源設備や空調設備の小規模化を図りました。

全館空調では、空調設備からダクトを介して、全体に冷風を送る空気方式でしたが、空調設備まで熱を運搬するエネルギーは、空気より水の方が小さいため、新駅では、熱源設備で作った冷水を、ホーム・コンコースの空調設備に直接送る水方式とすることで、省エネを図りました（図５）。

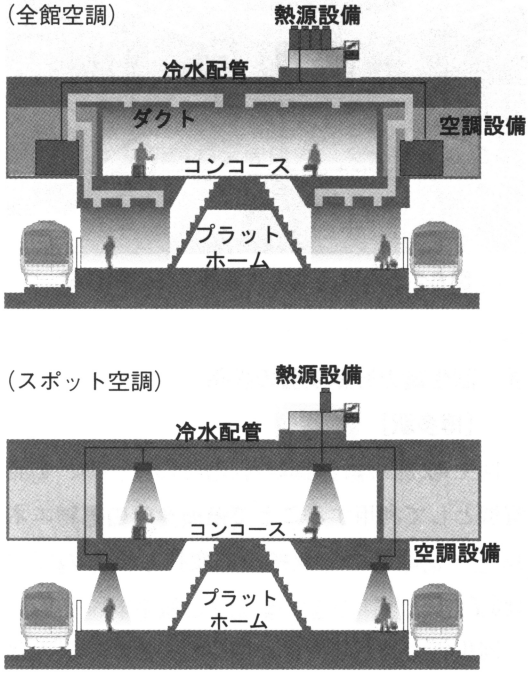


図５　全館空調とスポット空調イメージ

また、地下鉄駅舎では、一般の事務所などとは異なり、列車の到着・出発に伴い風が生じるため、列車の風に流されることなく、お客様に冷風を供給できるよう、風速が高い空調設備を選定し、設置場所についても、お客様により効果的に冷風を感じてもらうため、お客様の動線上や滞留する場所を基本として配置しました（図６）。

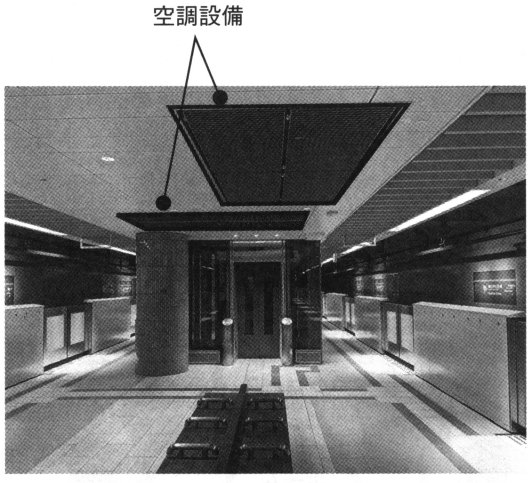


図６　ベンチ上などに設置した空調設備

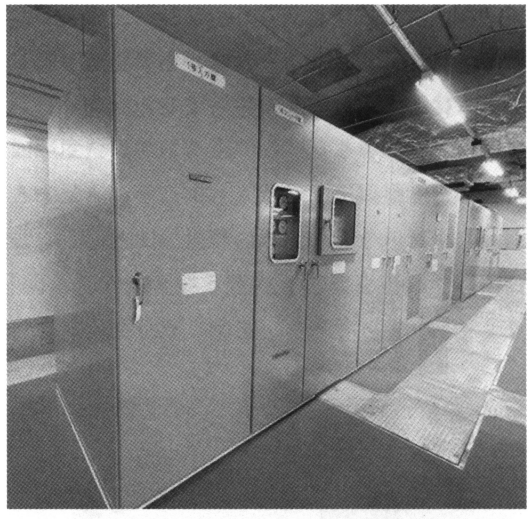


図８　回生電力貯蔵装置

③　回生電力貯蔵装置の採用

［博多駅］

回生電力とは、電車の制動時にモーターを発電機として利用することでモーターの運動エネルギーを電気エネルギーに変換したものです（図７）。

回生電力貯蔵装置は、回生電力を本装置の蓄電池に一時的に貯蔵し、電車を走行させるための電力に再利用することで、電力の有効活用ができる装置であり、さらなる環境配慮の推進を目的として博多駅に設置しました（図８）。

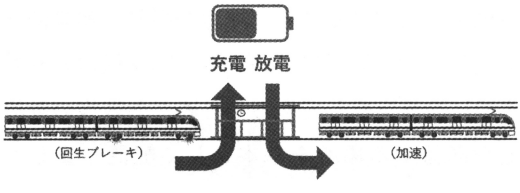


図７　回生電力貯蔵装置充放電イメージ

回生電力貯蔵装置に貯めた電力を使用することで、電力を有効活用し、七隈線で使用する電車用電力を年間で約1.0％削減できる見込みです。

(2)　再生可能エネルギー導入等

①　下水熱を利用した空調設備の導入

［博多駅］

下水の水温は外気温に比べて夏は低く、冬は高いという特徴を有するとともに、安定的に豊富に存在しています。下水熱とは、この下水水温と外気温の温度差エネルギーを、空調等に利用することにより、省エネを図ることができる再生可能エネルギーです。

博多駅は、合流式下水道の比恵１号幹線に隣接しており、比恵１号幹線の下水流量などを踏まえ、下水道を所管する道路下水道局との共同事業として、博多駅に下水熱を利用した空調設備を導入しました。

下水熱は冷房・暖房の利用が可能ですが、地下鉄駅では暖房の利用は駅務室等の居室のみで、下水熱の空調能力に比べ、規模が小さいため、年間通して有効活用できる機器室等の冷房に下水熱を利用することとしました。

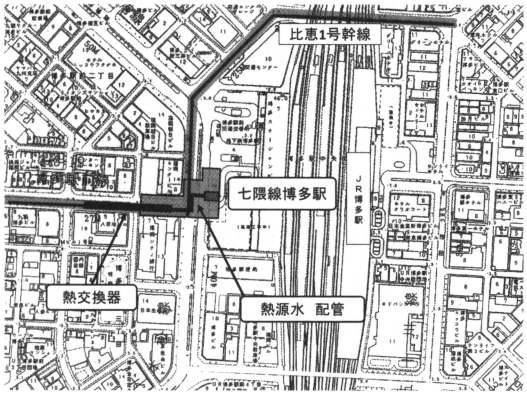


図９　下水熱交換器位置図

下水熱交換器は、直径17mmのポリエチレン管を30本束ねたもので、比恵１号幹線の管底に、約80mにわたって設置しています（図９、10）。下水熱交換器には、熱媒体として水が循環しており、下水熱交換器で冷やされた水を熱源設備に送り、熱源設備で温まった水が下水熱交換器に戻ってきます（図11）。

下水熱による空調能力は約100kWで、博多駅の全熱負荷の２割程度をまかなうことができます。残りの約８割は、従来型の空気熱源の空調設備で空調していますが、下水熱空調の対象室である機器室の熱負荷が低い早朝や夜間などは、下水熱空調の余剰能力分を、ホームやコンコースの空調に充てるようシステムを構築しています。

導入効果は、従来型の空気熱源設備と比較し、年間電力量で約53,000kWh、二酸化炭素に換算して年間約20トンの削減を見込んでいます。

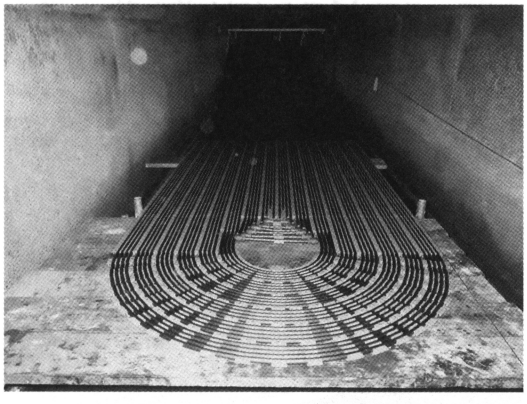


図10　下水熱交換器設置状況

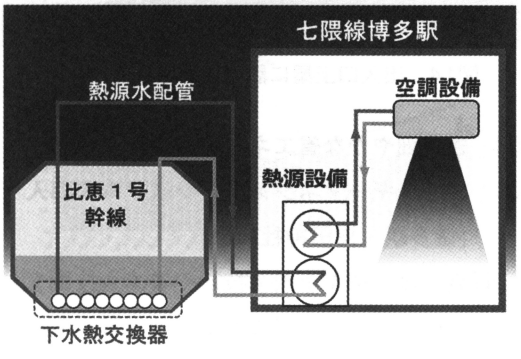


図11　下水熱の空調利用イメージ

②　地中熱を利用した空調設備の導入
［櫛田神社前駅］

地中熱は、大気中の温度変化の影響を受けにくく、一年を通してほぼ一定で、夏は大気より冷たい地中に放熱（冷房）し、冬は大気より暖かい地中から採熱（暖房）することで、省エネを図ることができる再生可能エネルギーです（図12）。

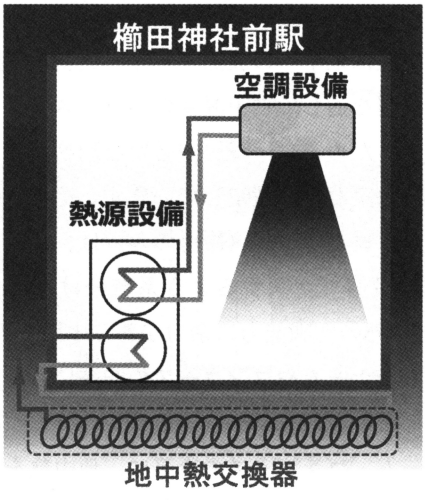


図12　地中熱の空調利用イメージ

櫛田神社前駅では、駅務室等の居室の空調（冷房・暖房）に地中熱を利用しています。

地中と熱を交換するための熱交換器の設置方式は、地下に向かって垂直に専用の井戸を掘削し熱交換機を設置するボアホール方式や、掘削面に水平に熱交換機を設置する水平埋設方式等があります。櫛田神社前駅は、地面を直接掘り下げて、構造物をつくる開削工法で駅の躯体を構築しており、駅の躯体を作る前に、駅の下に熱交換器を設置する水平埋設方式を採用しました。開削工法は、新たに掘削する必要がなく、ボアホール方式に比べて熱交換器の設置に係る工事費を削減できることから、水平埋設方式の地中熱交換器を採用し、駅躯体の下に地中熱交換器を設置しています（図13）。



図13　地中熱交換器設置状況

地中熱は地中への放熱（冷房）と採熱（暖房）で、年間を通して地中温度のバランスを保つ必要があるため、冷・暖房が必要な駅務室等の居室を対象室として選定しています。それ以外のホーム・コンコース（冷房のみ）は、空気熱源の空調設備で空調するよう系統分けしています。地中熱の空調能力に余力がある中間期等は、地中熱をホームやコンコースの空調にも有効利用できるようにシステムを構築しています。

ホーム・コンコースの冷房に、地中熱を過度に利用すると、地中温度の上昇により地中熱空調の効率が低下してしまう恐れがあります。

そこで、地中に設置した温度センサの状況を細かくモニタリングしながら、空気熱源の空調設備と地中熱空調との運転バランスや、制御方法等について検討し、地中熱を最大限有効活用できるよう運転方法を改善していくことで、更なる省エネ効果が期待されます。

導入効果は、従来型の空気熱源設備と比較し、年間電力削減量約6,000kWh、年間二酸化炭素削減量約２トンを見込んでいます。

③　太陽光発電設備の導入

［櫛田神社前駅］

櫛田神社前駅では、地上出入口の１箇所に太陽光発電設備を設置しています（図14）。

ホテルなどが立ち並ぶ周辺環境に配慮し、反射による眩しさを抑えた防眩仕様のパネルとしており、発電した電力は駅舎の電照サインなどに利用しています。

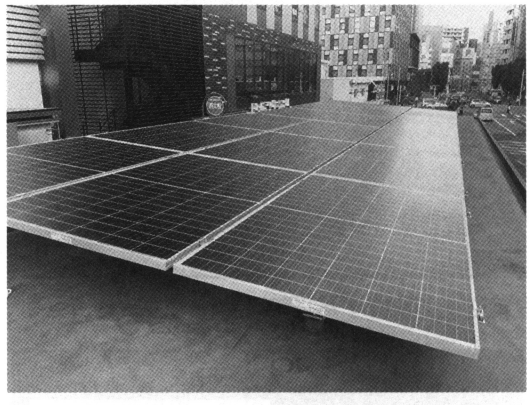


図14　出入口上屋に設置した太陽光パネル

(3)　きめ細やかな省エネルギー制御

①　エネルギーマネジメントシステムの導入

［博多駅・櫛田神社前駅］

新駅では、様々な環境技術や省エネ技術を導入していますが、運用後も継続して省エネを推進できるよう、これらの設備の電力使用量を見

える化できるエネルギーマネジメントシステムを導入しました。

システムの運用開始後は複数の設備のエネルギー管理が必要となるため、１台で多回路が測定可能な多回路マルチ電力量計を分電盤や動力制御盤等の主要な回路単位で設置し、各種設備のエネルギー分析ができるようにしました（図15）。

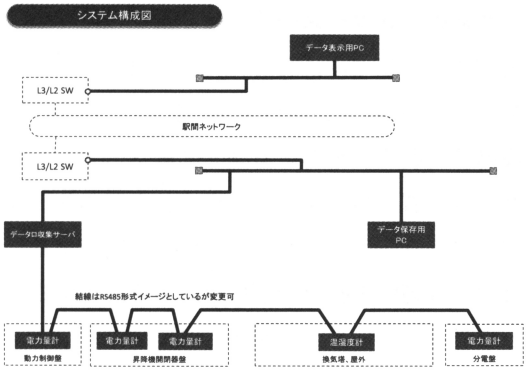


図15　システム構成イメージ

電力使用量を見える化することで、運転状況などを細かく分析するこが可能となり、省エネを目的とした設備の様々なチューニングや、故障の早期発見、適切な更新時期の把握等が可能となります（図16）。

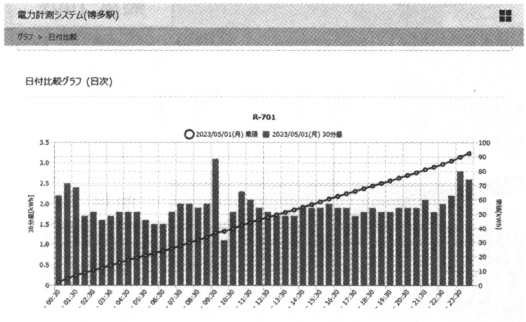


図16　エネルギーマネジメントシステム画面例

②　人感センサを用いた効率的な空調制御
［櫛田神社前駅］

新駅のホーム・コンコースの空調は、お客様の滞留する箇所をピンポイントで空調する、スポット空調にしていますが、櫛田神社前駅では、お客様の有無を人感センサで感知し、お客様が近くに滞在している時だけ運転することで、無人時の無駄な運転を防止しています（図17）。

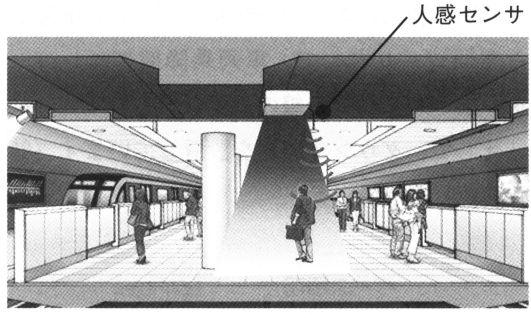


図17　人感センサによる空調制御イメージ

③　CO_2センサを用いた効率的な換気制御
［博多駅・櫛田神社前駅］

今までの駅の換気設備は、時間帯により運転／停止する制御としており、一定風量でしか運転することができませんでした。新駅のホーム・

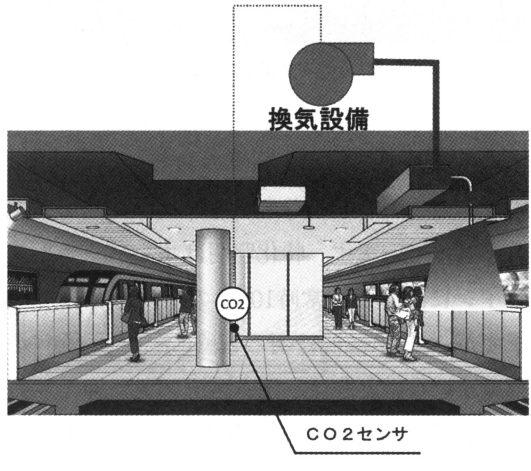


図18　CO_2センサによる換気制御イメージ

コンコースの換気設備は、CO_2センサを用いて、二酸化炭素濃度が設定値を超えたときのみ運転することで、無駄な運転を防止しています（図18）。さらに、風量も二酸化炭素濃度に応じた可変風量とすることで省エネを図っています。

④　列車の停車発車と連動した照明制御

［櫛田神社前駅］

七隈線のホーム・コンコースは、全体的な明るさを確保するために天井に設置しているベース照明の他に、ユニバーサルデザインに配慮した空間づくりとして、車両乗降部やエレベーター前等のお客様動線のポイントとなる部分に特化して、ダウンライトを設置しています（特化照明）（図19）。

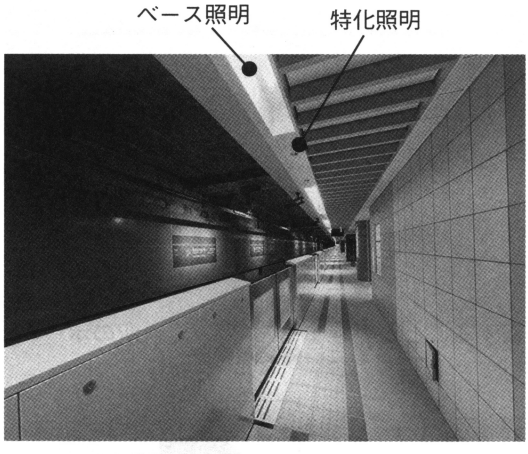


図19　ベース照明と特化照明

櫛田神社前駅では、列車の発着に合わせて、ホームの照明の明るさを制御することで、省エネを図っています。特化照明はユニバーサルデザインに配慮し、常時100％の明るさとしていますが、ベース照明は明るさ感に配慮しながら、列車がいないときは、明るさを70％に抑え、列車が到着する時から、発車するまでは100％の明るさとしています。

照明の制御については、信号設備から列車の在線情報をもらうことで実現しています。

⑤　時間帯に応じた照明の調光制御

［博多駅・櫛田神社前駅］

人間は体内時計により、昼夜の変化に体内環境を同調させる機能を持っており、この体内時計は約24時間周期のリズムで機能しています。この約24時間周期のリズムをサーカディアンリズムと言います。

新駅のコンコースの照明は、人間の持つサーカディアンリズムに着目し、朝は爽やかな雰囲気で照度の高い明るい光に設定し、夜にかけて段階的に明るさを抑える調光制御システムを取り入れ、省エネを図っています。人間のサーカディアンリズムに合わせて、照度を制御することで、快適性を損なわずに省エネを実現することを目指しています（図20、21）。

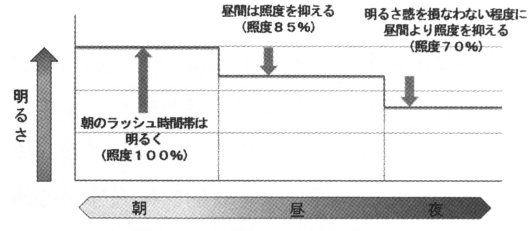


図20　調光制御イメージ

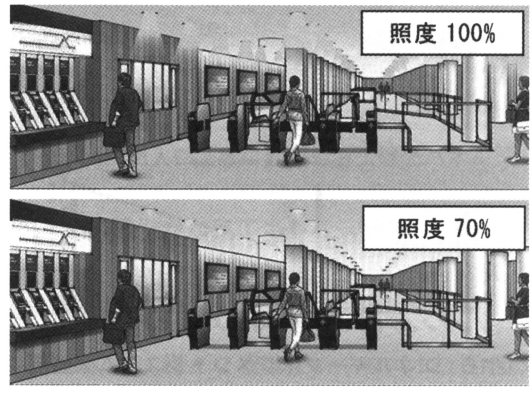


図21　調光イメージ

4．おわりに

七隈線延伸新駅の整備にあたり、様々な環境技術を導入してきましたが、これらの導入した設備について、エネルギーマネジメントシステムで得られた情報を用いて運転状態等を細かくモニタリングしながら、エネルギー効率を高める運転方法や運用改善を行い、更なる省エネルギー化を図っていきたいと考えています。また、新駅の整備や運用を通じて得た知見を活かし、既存の駅においても、環境に対する取組みを進めていきたいと考えています。

