

■路線または区間全体の省CO2化計画■

京福電気鉄道株式会社
鉄道部

1. 路線の概要

当社嵐山線の営業路線には図1の路線図に示すとおり、四条大宮から嵐山間（一部併用軌道）の7.2kmからなる『嵐山本線』と、北野白梅町から帷子ノ辻の3.8kmからなる『北野線』の2路線がある。

併用軌道区間1.6kmを含む路線であるため、軌道法及び関連法令に基づき運行している。
また、変電所は北野線の帷子ノ辻～撮影所前間に1か所設けられている。



2021年3月現在

(図1. 路線図)

2. 輸送システムの継続的な省CO2化に向けた取組みについて

当社における省CO2化の取組として、VVVF車両の導入、車両車内灯や駅照明、踏切照明灯器のLED化、車両の制御器更新や必要外の照明の積極的な消灯等を実施している。

表1に過去に実施した主な省CO2化に向けた取組み内容を示す。

今後も、嵐山線各設備の照明・灯器のLED化を推進するとともに、今般の回生ブレーキや回生電力貯蔵装置の導入により、電車減速時の余剰な回生電力を貯蔵し、電車走行時の電力として再利用することで、大幅な省CO2化を実現させていく予定である。

(表1. 過去に実施した主な省CO2化に向けた取組み)

実施年度	内 容
2001	VVVF車両の導入(1両)
2002	VVVF車両の導入(1両)
2013	駅照明のLED化(嵐山駅)
2015	駅照明のLED化(中間駅17駅)
2017	駅照明のLED化(帷子ノ辻駅) 踏切照明灯器のLED化(7踏切)
2018	駅照明のLED化(四条大宮駅) 車内の客室灯LED化(2両) 車庫建屋LED化 踏切照明灯器のLED化(20踏切)
2019	駅照明のLED化(北野白梅町駅) 駅防犯灯LED化(31箇所) 踏切照明灯器のLED化(30踏切) 車内の客室灯LED化(2両)
2020	車内の客室灯LED化(2両)
2021	車内の客室灯LED化(1両)

上表以外にも各種信号機灯器や踏切警報灯などのLED化に取り組んでおり、上表の取組みを含めた各LED化の実施状況(2022年11月30日時点)は以下の通りである。

駅照明・・・・・・・・・・21駅／全22駅

踏切照明灯器・・・・・・57踏切／全57踏切

踏切警報灯・・・・・・14踏切／全57踏切(※2022年度中にさらに8踏切で実施予定)

各種信号機灯器・・・・・・41基／全80基

車内の客室灯・・・・・・7両／全27両(※旅客車、2022年度中にさらに2両で実施予定)

今後も引き続き嵐山線各設備の照明・灯器のLED化を随時実施していく。

なお、更なる省CO2化に向けた数値目標『2030年度のCO2排出量46%削減(2013年度比)』を設定し、達成に向けた取組みとして上記のCO2排出量抑制に資する設備投資の継続のほか、再生可能エネルギー由来の電力調達等についても検討を行っていく。

3. 回生電力の有効活用に資する設備の導入プロセスについて

当社には、2022年6月現在、27両の車両が在籍しており、これまで回生ブレーキ車両の導入実績はなかった。

2002年までに導入した2001形車両2両はVVVF車両として新造したものの回生ブレーキ車両ではなかったため、2023年度以降に予定している新造車両への回生ブレーキ導入に向け、2022年度に2001形2両を改造し回生ブレーキ化を行い、新造車両へのフィードバックを行う予定である。

また、回生ブレーキ車両導入当初は27両中2両のみであるため回生失効による影響は些少であるが、新造車両導入以降回生ブレーキ車両の増加に伴い、回生電力のロスが予測されるため、回生電力貯蔵装置の導入により回生電力の有効活用を図る。

(ア)列車運行の条件と沿線の特性

駅間距離、曲線半径、線路勾配等を考慮して、運行速度を定め、これを基に効率的な運行ダイヤを定めており、全線で最高速度40km/h、嵐山本線ではラッシュ時は5分間隔、通常時は10分間隔で運行し、北野線は早朝深夜を除き10分間隔で運行している。また、き電方式として直流600V・上下一括き電を採用している。

嵐山本線については、京都市中心部と京都随一の観光地嵐山を結ぶ主要な路線であると同時に、沿線に広がる住宅地の通勤・通学輸送を担っている。北野線は世界文化遺産の御室仁和寺、龍安寺、金閣寺を沿線に擁し、北野白梅町駅からは全国の天満宮の本社である北野天満宮にもほど近く、京都市西部の主要観光地を結ぶ路線となっている。

(イ)回生電力の有効活用に関する見込み

今回設備を導入する区間には現在回生ブレーキ車両は未導入であるため、導入当初においては始発・終電時以外は制動時の回生失効や瞬間的な架線電圧の上昇は発生しない見込みであるが、将来の回生ブレーキ車両増加時の対策として回生電力貯蔵装置を導入することで、回生電力の有効活用を図り、これらのロスを解決することとした。

(ウ)設備導入に際し解決した課題

①負荷側に対して行う工夫

回生ブレーキ車両導入により有効活用できる回生電力の発生を図る。

②設備費用の投資回収に関する考え方

導入する回生電力貯蔵装置は30年の運用を想定しており、2026年度迄に回生ブレーキ車両を9両導入する計画と合わせて今回の設備導入により、将来的には年間約18%の使用電力量削減が期待でき、保守費用を除くと約18%のランニングコスト削減が期待できる。

これにより、補助対象経費に係る自己負担額が回生ブレーキ車両9両導入後約9年で回収できる試算となる。

③装置設置場所の浸水対策

装置設置場所に選定した帷子ノ辻変電所周辺の空地（現在は資材置場として使用）は、ハザードマップの各種浸水想定区域には該当しないものの、隣接する弊社北野線の線路より北側の地域に比べて地盤が低くなっており、近年多発する豪雨時の雨水出水が北野線の軌道内に流れ込み、付近の軌道が浸水することが度々あったため、念のために架台を設置する対策を取る。

(エ)装置設置場所の確保、配線工事等の技術的な課題等

回生電力貯蔵装置を導入するにあたり、設置場所の候補として西院車庫と嵐山本線の間の空地または帷子ノ辻変電所周辺の空地があるが、嵐山線走行シミュレーションの結果、回生失効防止効果と省エネ効果が大きくなる帷子ノ辻変電所周辺の空地を設置場所とする予定である。

設置予定場所と装置設置イメージを図2に示す。

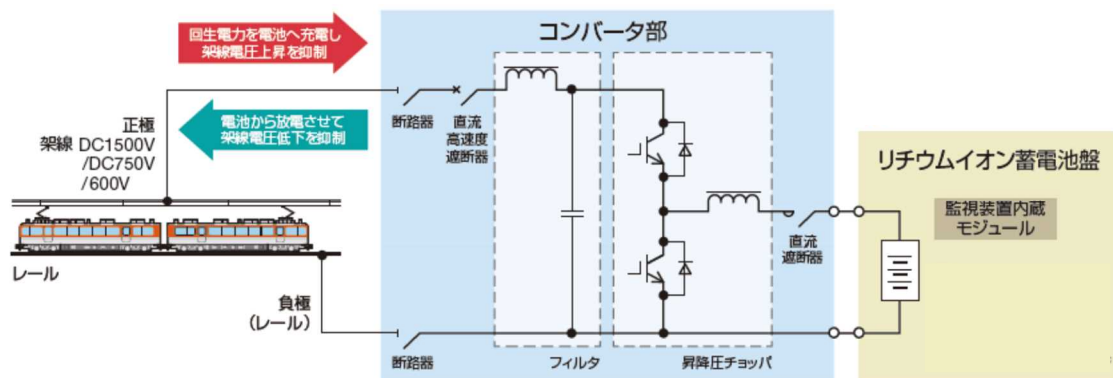


(図2. 左：帷子ノ辻変電所周辺の空地 右：装置設置イメージ)

(オ)導入設備及び導入に向けた検討と整備に要する期間

①導入設備の概要・仕様・機器構成

導入予定の回生電力貯蔵装置は、コンバータと大容量リチウムイオン電池で構成されている。
機器構成及び特徴を図3に示す。



(図3. システム構成図)

②検討内容と検討期間及び整備期間

2020年4月から車両メーカーおよび機器メーカーにおいて、回生ブレーキ導入のための改造について検討を行い、既存のVVVF車両2001形への装置追加が概ね可能であることを確認した。

次に、2021年1月より、回生電力貯蔵装置の設置可否について機器メーカーにおいて検討。設置場所については嵐山線走行シミュレーションの結果、回生失効防止効果と省エネ効果が大きくなる帷子ノ辻変電所周辺の空地に設置する方針とした。

今後、事業初年度において、回生ブレーキ導入のための車両改造2両（※補助対象外）および回生電力貯蔵装置設置に関する設計を行い、2年目に回生電力貯蔵装置の設置工事および新造車両1両の導入（※補助対象外）を予定している。（以降、2026年度までに新造車両6両を追加導入予定）

よって、本整備期間における嵐山線車両へのVVVFインバータ制御および回生ブレーキの各年度末の導入率の見込みは以下の通りとなる。

年 度	V V V F 導入率	回生ブレーキ導入率
2 0 2 1 (現状)	7.4% (2 / 27両)	0.0% (0 / 27両)
2 0 2 2	7.4% (2 / 27両)	7.4% (2 / 27両)
2 0 2 3 (※)	11.1% (3 / 27両)	11.1% (3 / 27両)
2 0 2 4	18.5% (5 / 27両)	18.5% (5 / 27両)
2 0 2 5	25.9% (7 / 27両)	25.9% (7 / 27両)
2 0 2 6	33.3% (9 / 27両)	33.3% (9 / 27両)

(※2023年度に回生電力貯蔵装置導入)

4. 二酸化炭素排出量削減の効果と目標

(ア) 事業実施後の電力使用量削減及び二酸化炭素排出削減の効果、総電力原単位の変化

回生ブレーキ導入、回生電力貯蔵装置の設置により、回生電力を他の車両の運転電力として再利用することで、電力使用量及び総電力原単位の減少を図る。

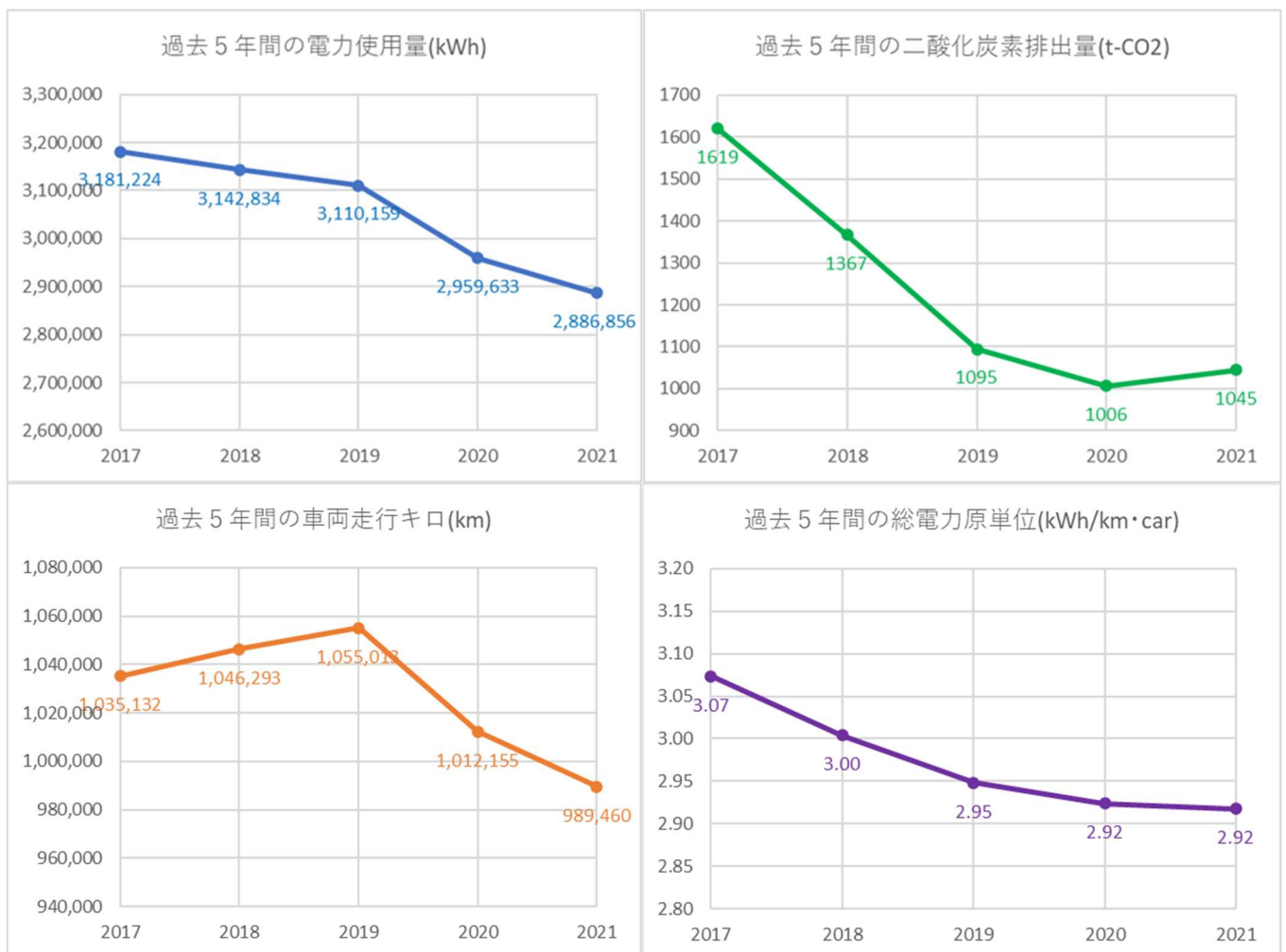
これにより『ハード対策事業計算ファイル』の試算結果では、回生ブレーキと回生電力貯蔵装置の導入で年間約 494 千 kWh の電力使用量と約 286t-CO₂ の二酸化炭素の削減が期待できる。

(イ) 二酸化炭素排出削減効果の評価対象

回生ブレーキ、回生電力貯蔵装置設置前後での嵐山線の電力使用量から二酸化炭素排出削減効果の評価する。また、総電力原単位については嵐山線全線の車両走行キロと電力使用量より算出する。

(ウ) 事業実施前の電力使用量・二酸化炭素排出量、総電力原単位の実績

過去 5 年間の嵐山線の電力使用量、二酸化炭素排出量及び車両走行キロ、総電力原単位推移のグラフを図4に示す。



(図4. 過去5年間の嵐山線の電力使用量・二酸化炭素排出量・車両走行キロ・総電力原単位推移)

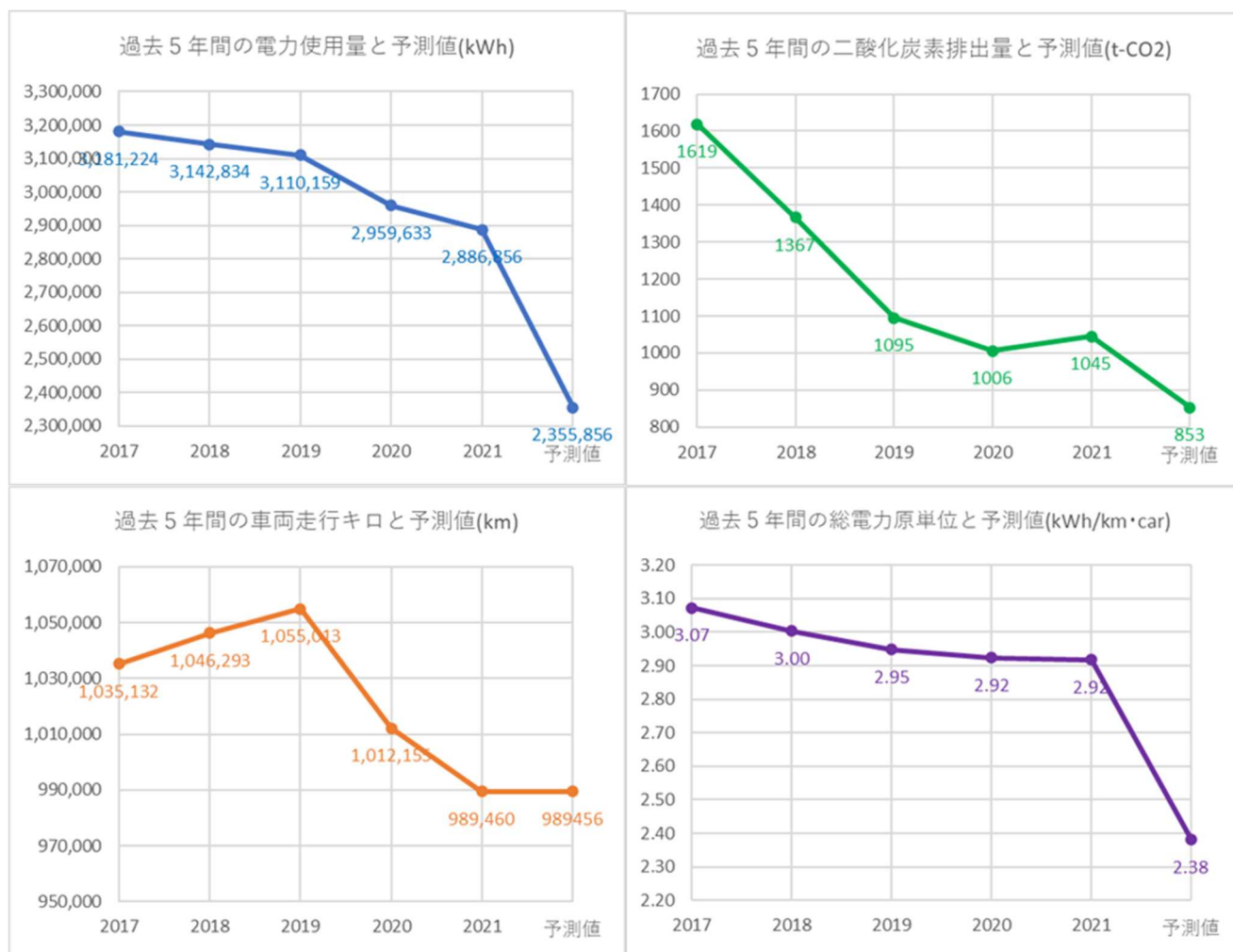
(補足)

- ・CO₂ 排出係数は、環境省が公表する関西電力の基礎排出係数 (t-CO₂/kWh) を用いている。
- ・車両走行キロは、嵐山本線・北野線の走行キロを合わせたものである。
- ・総電力原単位は、車両 1 両が 1 キロメートル走行する際に消費する電力量である。

(工)事業実施による電力使用量及び二酸化炭素排出量、総電力原単位の予測及びその手法

回生ブレーキ導入による効果は、他事業者での導入実績から推計回生電力を算出。回生電力貯蔵装置導入後の電力使用量、二酸化炭素排出量及び総電力原単位を算出した。

また、図4で示したものに、回生ブレーキ装置、回生電力貯蔵装置導入後の電力使用量、二酸化炭素排出量、列車走行キロ、総電力原単位予測を加えたグラフを図5に示す。



(図5. 回生電力貯蔵装置導入後の電力使用量、二酸化炭素排出量、車両走行キロ、総電力原単位予測)

(補足)

- ・ 予測値は、回生車両ブレーキ9両導入後の2027年度を想定。
- ・ 2021年度以降のCO2排出係数は、2020年度実績の基礎排出係数(0.000362t-CO2/kWh)を適用。
- ・ 2022年度以降の車両走行キロは、2021年度実績値を適用。

5. 普及展開に向けた措置

(ア)組織内に対するフィードバック

鉄道部全体の定例会議で、装置導入による効果と結果を報告し、必要に応じて各装置の増設を含めた省CO2化を計画していく。

(イ)他の鉄軌道事業者等への事業展開に資する措置

毎年定例で参加している全国路面軌道連絡協議会等を通じて、装置導入による効果について情報を提供していく予定である。

以上