

# 駅舎補助電源装置“S-EIV”の ラインアップ充実と運用実績

松村 寧\* 石倉修司\*\*  
藤田敬喜\*  
川野 聡\*

Lineup Enhancement and Operational Results of Station Energy Saving Inverter "S-EIV"

Yasushi Matsumura, Keiki Fujita, Satoshi Kawano, Shuji Ishikura

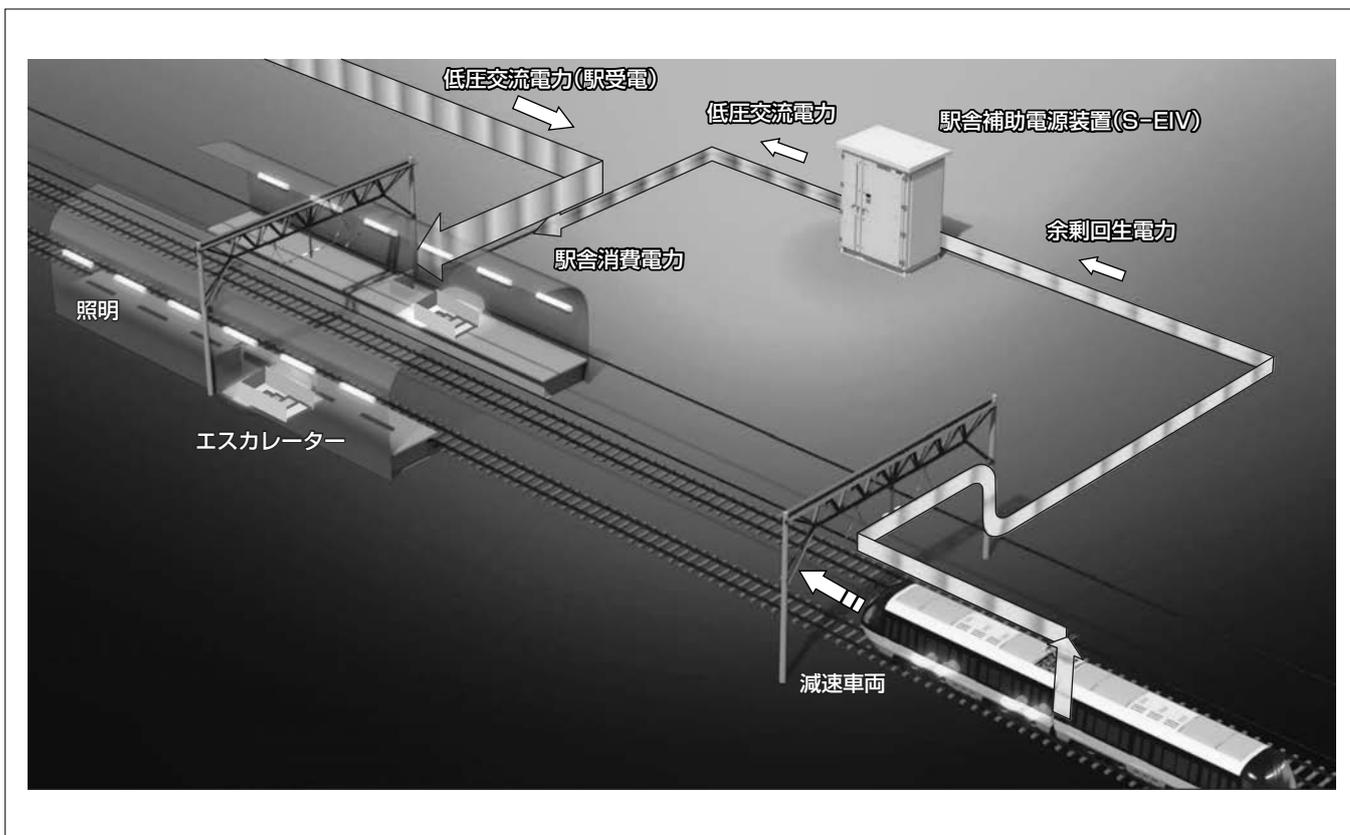
## 要 旨

鉄道はエネルギー効率に優れ、環境負荷の小さい輸送手段であるが、低炭素社会の実現に向けて更なる効率化・省電力化が求められている。

これまで、電車がブレーキをかけたときに発生する回生電力を電車線に戻すことで、他の車両の起動・加速や車両内の電気設備に用いる電力として活用することが図られてきたが、近くを走行する車両がない時は発生した回生電力を電車線に戻すことができず、熱として廃棄されている。一方で、VVVF(可変電圧可変周波数)車の普及とSiC(シリコンカーバイド)素子導入とともに、車両の回生電力は年々増大する傾向にあり、結果、熱として廃棄されるエネルギーもまた増加している。三菱電機は、この車両間で融通できずに余剰となる回生電力に着目し、これを駅舎の

照明・空調・エスカレーター等の電源として利用する駅舎補助電源装置“S-EIV(Station Energy saving Inverter)”を製品化している。

この装置は2014年に初号機を市場投入して以降、2015年に地絡保護回路を追加し、更に筐体(きょうたい)のコンパクト化を図った小型高性能タイプを、2016年に蓄電池を併用した小型高性能蓄電タイプを製品化した。また2017年にこれまでの200V出力機に加え、400V出力機をそろえ、現在までに約30台を出荷した。この装置は、き電と駅舎低圧交流電源とを連系するという従来にない装置のため、導入には設置駅の選定と電力削減効果の試算といった新たな手順が必要となる。これまでの運用実績では、計画どおりの電力削減効果が得られている。



## 駅舎補助電源装置“S-EIV”による余剰回生電力フロー

車両は駅停車時に回生ブレーキによる回生電力を発生し、直流電車線に電力を返還する。S-EIVは、この回生電力の内、他の車両で消費できなかった余剰分を低圧交流電力に変換し、駅の他の電力負荷に利用することで回生電力の有効活用を図る。

### 1. ま え が き

三菱電機ではS-EIVを2014年の初号機以降、現在までに約30台を出荷している。

本稿ではS-EIVの機能、ラインアップ充実、導入の手順、運用実績について述べる。

### 2. S-EIVの機能

走行する車両によって電車線に戻された回生電力が余剰となった場合、電車線電圧が上昇する。S-EIVはこれを監視し、あらかじめ設定した回生電力吸収開始電圧(以下“回生開始電圧”という。)よりも上昇した場合、余剰回生電力が発生したものとみてこれを取り込み、低圧交流電力に変換して駅の負荷に供給する。逆に電車線電圧が回生開始電圧より下降すると負荷への電力供給を止め、待機状態となる。

S-EIVは駅舎の低圧交流電源との連系を行うため、次のような機能を備えている<sup>(1)</sup>。

- (1) 出力を駅舎の交流位相に同期させる機能。
- (2) 電力供給による交流電圧の上昇を抑制するための、無効電力制御・出力制御機能。
- (3) 駅舎での受電電源停電時にもS-EIVが動作継続した場合、感電等の事故が発生することを防ぐための単独運転防止機能。

S-EIVは図1に示すように電源盤と監視操作盤とで構成される。

電源盤では、電車線から入力された直流電力は、HSCB(直流高速度遮断器)による過電流保護、入力フィルタによる誘導障害対策を行った後、トランスでの絶縁を行うため交流へ変換する。この時、トランスを小型化する目的で高周波インバータによって一旦高周波交流に変換後、再び整流器によって直流に変換し、改めてインバータによって駅舎電源として必要な周波数・電圧の交流に変換する<sup>(2)</sup>。その後交流フィルタ、MCCB(配線保護用遮断器)を通して電気室へ出力する。

監視操作盤は、制御装置、液晶タッチパネルから構成され、運転監視制御機能、制御パラメータ設定機能、運転・計測データ記録機能を備えている<sup>(2)</sup>。監視操作盤は、電源盤と離れた駅事務室や電気室等に設置されることを前提としており、周辺ノイズによる影響を排除するため電源盤とは光ケーブルで接続している<sup>(1)</sup>。

### 3. S-EIVのラインアップ充実

#### 3.1 ラインアップ充実の目的

S-EIV初号機を2014年に製品化した。2015年には小型化した上に地絡検出機能等を内蔵した小型高機能タイプを標準機種とした。出力電圧については200V、400V出力をメニュー化した。さらに2016年には負荷容量が比較的小さな駅(50kW以下)にも適した、蓄電池の併用による小型高機能蓄電タイプを製品化した。これらラインアップの充実によって、海外も視野に入れた多くの鉄道線区への対応を可能にしている。

表1に小型高機能タイプと小型高機能蓄電タイプの機器仕様を示す。

#### 3.2 蓄電タイプの動作

蓄電タイプの動作を次に述べる(図2)。

蓄電タイプは駅に200kWの負荷がなく、電車線から取り込んだ200kWの余剰回生電力を消費しきれないような

表1. S-EIVの機器仕様

|      | 小型高機能タイプ   | 小型高機能蓄電タイプ   |
|------|--|--|
| 入力電圧 | 直流1,500V, 750V/600V                                  |  |
| 出力電圧 | 交流210V又は400V<br>3相 50Hz/60Hz                         | 交流210V<br>3相 50Hz/60Hz                             |
| 定格容量 | 入力：200kW-30秒,<br>2分30秒休止<br>出力：200kW-30秒,<br>2分30秒休止 | 入力：200kW-30秒,<br>2分30秒休止<br>出力：50kW-120秒,<br>60秒休止 |
| 蓄電池  | なし   | 蓄電池種類：リチウムイオン電池<br>容量：50Ah<br>(150kW-30秒充電)        |
| 冷却方式 | 自冷   | 電源盤：自冷<br>蓄電池盤：強制風冷                                |
| 設置場所 | 電源盤：屋外(駅のホーム端, 線路脇等)<br>監視操作盤：屋内                     | 電源盤：屋外(駅のホーム端, 線路脇等)<br>監視操作盤：屋内<br>蓄電池盤：屋内又は屋外    |

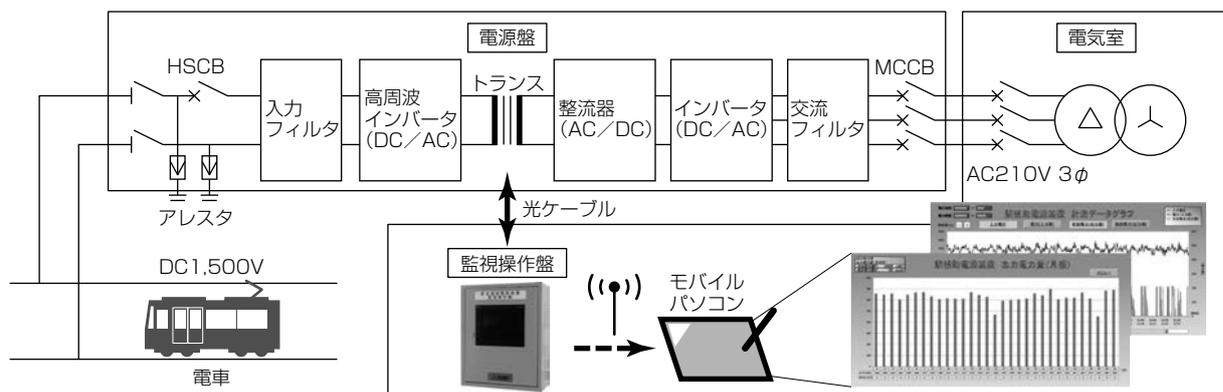


図1. S-EIVの装置構成

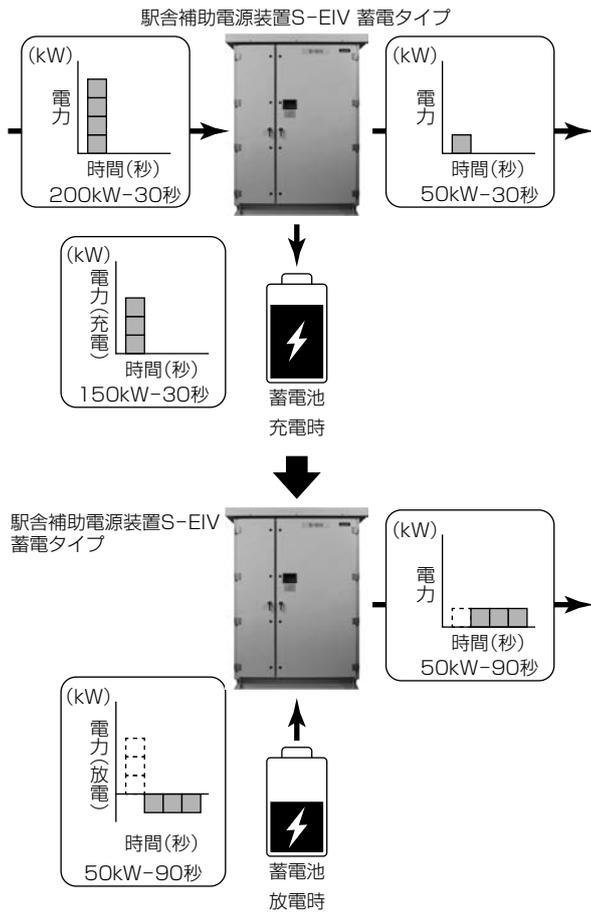


図2. S-EIV蓄電タイプの動作

小規模駅向けに製品化したもので、出力を50kWに絞り、これを超えた電力(最大150kW)は一旦蓄電池に蓄えた後に使用することで余剰回生電力を余すことなく消費できるようにしたものである。

#### 4. S-EIVの導入手順

##### 4.1 導入手順

S-EIVの導入手順は次のとおりである(図3)。

###### (1) 設置駅の選定

路線形態、ダイヤから余剰回生電力の発生頻度を推定し、さらに駅の設備容量から、これが消費できる駅を候補として選定。

###### (2) 導入効果の試算

選定した駅での電車線電圧測定によって導入効果を試算し、十分な効果が得られることを確認。

###### (3) 駅設置計画

直流マイナス側の線路への接続方法の確認も含め、候補駅の接続先電力系統、搬入方法・ルートを確認して、設置駅を決定の上、設置計画を立案。

###### (4) 現地工事

機器の据付け・配線等の現地工事。

###### (5) 現地システム試験

システム動作確認等の現地システム試験。

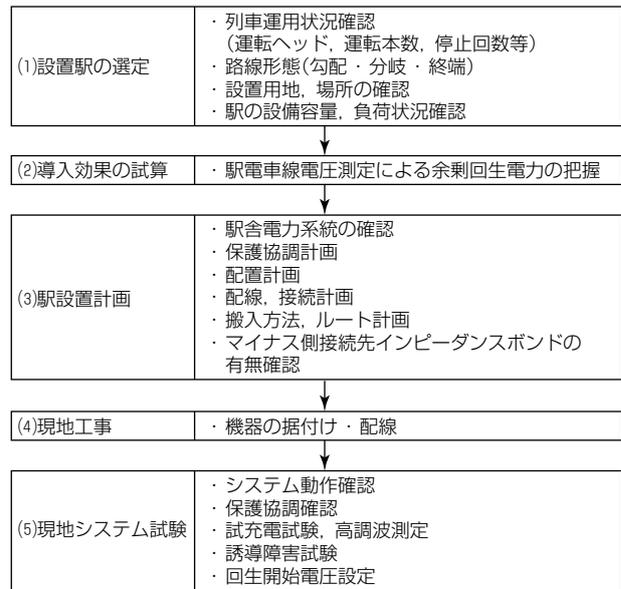


図3. S-EIVの導入手順<sup>(3)</sup>

これらの手順を経て実運用に入る。

導入効果の試算は、候補駅で電車線電圧を実測し、次の式によって省エネルギー効果を求める<sup>(3)</sup>。

$$P[kWh] = \sum_{r=1}^n \frac{t_r[s] \times P_r[kW]}{3600[s]} \dots\dots\dots (1)$$

(n = 余剰回生電力取込み回数)

ここで $t_r$ は余剰回生電力によって電車線電圧がS-EIVの回生開始電圧より上昇する時間であり、 $P_r$ はその際に得られる回生電力を示す。なお、 $P_r$ は簡易的に毎回200kWが得られるものとして計算している。

##### 4.2 システム試験

S-EIV特有の次の項目について述べる。なお(1)~(3)は<sup>(2)</sup>、終電後、S-EIVの回生開始電圧を変電所整流器無負荷電圧以下に設定することで、回生電力ではなく、変電所出力を常時直接入力する状態とした上で実施する。

###### (1) 試充電試験

駅の低圧交流系統にS-EIVを接続して、S-EIVが異常なく動作することを確認する。

###### (2) 高調波測定

S-EIVの出力に含まれる高調波電流成分が駅舎設備に悪影響を与えることがないように、40次までの高調波成分を測定し、各歪(ひず)み率が3%以内、総合で5%以内であることを確認する。

###### (3) 誘導障害試験

S-EIVで取り込んだ余剰回生電力が線路を通じて車両に還流する際に、その経路にある軌道回路を用いた信号設備に影響を与えないことを確認する。

###### (4) 回生開始電圧設定

電車線電圧を約1週間程度測定した上で、回生開始電圧の最適値を求める。

## 5. S-EIVの運用実績

### 5.1 駅舎削減電力量の実績

S-EIVが電車線から取り込み、低圧交流電力に変換して駅舎に供給した電力を駅舎削減電力量として、その実績について述べる。

図4はS-EIVの運用実績データが取得されている23台について、平日及び土休日の平均削減電力量をそれぞれ軸にしてプロットしたものである。この図によると、平日・土休日共に400~600kWh/日に実績が集中しており、想定した電力削減効果が得られていることが分かる。また平日・土休日で比較すると、大半のケースで土休日=平日を表す破線より上部にプロットされていることから、土休日の削減電力量が多くなる傾向が分かる。これは平日ではラッシュ時間帯で回生電力が車両間で融通されやすく、余剰分が減少しているためと考えられる<sup>(3)</sup>。

### 5.2 削減電力量の変化と気温との関係

図5に外気温(気象庁ホームページのデータ)と平日の削減電力量の関係を示す。

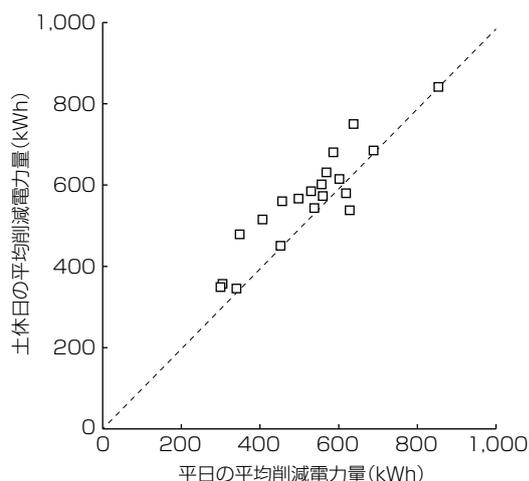


図4. 日平均削減電力量

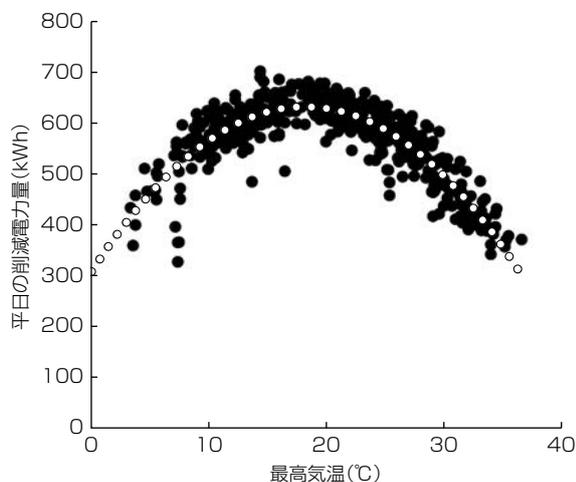


図5. 気温と平日の削減電力量の関係

平日の削減電力量と外気温には相関がみられ、15~20℃付近で削減電力量が最大となり、30℃以上又は10℃以下になると減少している<sup>(3)</sup>。

これは、夏季及び冬季は車両の空調(冷暖房)負荷の増加によって回生電力の車両及び他車両での消費量が増えたことで余剰回生電力が減少し、電車線電圧が上昇する頻度が少なくなるためと考えられる<sup>(4)(5)</sup>。

## 6. S-EIV導入によって期待される付随効果

近年、ホーム柵設置駅の増加とともに定点停止精度の向上が課題となってきており、このためのブレーキの安定動作が求められている。

一方、車両が減速する際には回生ブレーキを優先的に用いるが、電車線に戻された回生電力が消費しきれず余剰となった時には、通常の機械ブレーキに切り替わることになる。この時、減速力が不連続になりブレーキ操作を難しくしている。

S-EIVはブレーキが動作する駅近傍(きんぼう)で余剰回生電力を消費することに寄与するため、車両の回生ブレーキの安定動作につながるとともに、機械ブレーキの使用頻度を下げ、ブレーキシュー摩耗低減につながることも期待できる。

今後、運用実績を積み重ねることで、これら効果の定量化を図っていく。

## 7. むすび

2014年のS-EIV初号機の出荷以降のラインアップ充実、S-EIVの導入手順、及び運用実績について述べた。

今後、導入手順での削減電力量試算精度の向上を始めとした、設置駅選定方法の改善を行うとともに、消費電力削減以外の付随効果についても定量化を行う等、S-EIVの導入促進に取り組んでいく。

## 参考文献

- (1) 松村 寧, ほか: 駅舎補助電源装置“S-EIV”, 三菱電機技報, **89**, No.2, 113~116 (2015)
- (2) 万谷航太, ほか: 駅補助電源装置による省エネルギーの取り組み, JREA, **57**, No.9, 38889~38892 (2014)
- (3) 藤田敬喜: 駅舎補助電源装置(S-EIV)の運用実績, 平成29年度電気学会産業応用部門大会, 5-S8-5 (2017)
- (4) 万谷航太: 駅補助電源装置による省エネルギーの取り組み, 鉄道と電気技術, **27**, No.1, 38~42 (2016)
- (5) 上西純一, ほか: 駅における回生電力の有効活用について, J.IEIE Jpn, **37**, No.2, 103~106 (2017)