

# 直流饋電系統への移動式蓄電装置の導入に関する検討

## ～ ラッシュ時の都心設置シミュレーション ～

Mobile Energy Storage Systems for DC Electric Railways:  
Placing ESSs in the Heavily Trafficked Section During Peak Hours

福島 寛史 (電気システム工学科)

Hiroshi Fukushima

電気鉄道システム研究室 指導教員 高木 亮 教授

### 1 はじめに

近年、直流電気鉄道における回生失効・電圧降下等の問題を解決する手段として地上設置型エネルギー蓄積装置 (Stationary Energy Storage System: SESS) が注目されている。しかし、列車の負荷分布は列車ダイヤにより変動するため、その適切な設置場所は時間帯により変化する可能性がある。

そこで、本研究では移動可能な地上設置型エネルギー蓄積装置 (Mobile Energy Storage System: MESS) について検討した。本研究ではラッシュ時間帯に MESS を負荷の重い都心付近に接続したケースについて検討した。また、文献(1)の報告内容と合わせ MESS の SESS に対する優位性の検討を行った。

### 2 MESS

MESS は鉄道車両 1 両分程度のサイズと考え、通常の鉄道車両に搭載されるようなサイズの ESS を 5 ユニット程度搭載するものとする。そのため、乗客が乗る場所は無い。

接続の方法に関しては、線路を使って自走させる場合、専用の側線に入れ、パンタグラフを上げておく方法が使える。

### 3 シミュレーション条件 (ラッシュ時)

シミュレーションに用いた路線モデルは東京の中央快速線および緩行線とした。シミュレーション条件を以下に示す。

#### 3.1 MESS シミュレーション (ラッシュ時)

- ・路線長 53.08km, 複線 (一部複々線), 全 32 駅
- ・饋電系統: 1.5kV 直流電化・上下線別饋電
- ・変電所: 16 箇所, 電圧変動率 8%
- ・列車: 10 両編成, 全各停平行ダイヤ (快速線・緩行線とも 135 秒時隔, 在線本数: 快速線上下線とも 33, 緩行線上り 16/下り 17)
- ・MESS 設置場所: 2 箇所, 新宿駅および中野駅
- ・MESS 定格出力: 充電放電ともに 1.8MW
- ・MESS エネルギー容量: 1554.4kWh

#### 3.2 SESS シミュレーション (ラッシュ時)

- ・路線, 饋電系統, 変電所, 列車, SESS の定格出力およびエネルギー容量は 3.1 節と同様
- ・SESS 設置場所: 2 箇所, 日野駅および八王子駅

### 4 シミュレーション結果

3.1 節の条件にて, MESS を導入した場合のラッシュ時間帯シミュレーションを行った。同時に閑散時間帯 MESS シミュレーション<sup>(1)</sup>も行った。その結果のうち各種饋電特性評価量をまとめたものを表 1 および表 2 に示す。一日あたり鉄道運行時間が 19 時間, うちラッシュ時間帯 3 時間, 閑散時間帯 16 時間と仮定し, 表 1 のデータより一日あたり饋電特性評価量を求め, 表 3 および表 4 の「MESS」列に示した。

また, 3.2 節の条件にて, SESS を導入した場合のラッシュ時間帯シミュレーションを行った。同時に閑散時間帯 SESS シミュレーション<sup>(1)</sup>も行った。一日あたり運行時間に関し先ほどと同様の仮定のもと, このデータより一日あたり饋電特性評価量を求め, 表 3 および表 4 の「SESS」列に示した。

電力回生能力が十分生かせなかったことを示す回生失効率は MESS によりわずかながら低下がみられるが, 鉄道シス

テムの消費エネルギー総量を示す変電所総合入力エネルギーは MESS 化によりむしろ増加していることがよみとれる。

表 1: ラッシュ時の各種饋電特性評価量

System-wide energy evaluations				
Evaluated item	ラッシュ		閑散	
	in [kWh/h]	in [kWh/3h]	in [kWh/h]	in [kWh/16h]
回生可能エネルギー	49291	147872	29544	472700
回生エネルギー	46609	139828	26145	418314
回生エネルギー(インバータ直流端)	49291	147872	27650	442400
力行エネルギー	142219	426658	78977	1263630
力行エネルギー(インバータ直流端)	130051	390152	72882	1167716
動輪周エネルギー	20819	62456	11714	187426
動輪周エネルギー(機械エネルギー除く)	44075	132226	24727	395625
動輪周ブレーキエネルギー	83938	251813	47052	752832
動輪周ブレーキエネルギー(機械エネルギー除く)	60681	182043	34040	544633
列車消費エネルギー	95610	286831	52832	845317
饋電損失	9557	28670	5219	83499
変電所総合入力エネルギー	105167	315501	58051	928816

表 2: ラッシュ時の回生率

Regeneration rates		
Evaluated item	ラッシュ	閑散
	Rate[%]	Rate[%]
回生失効率	0	6.41
回生率	32.77	33.10
回生率(インバータ直流端)	37.90	37.89

表 3: ラッシュ時および閑散時の各種饋電特性評価量

System-wide energy evaluations		
Evaluated item	MESS	SESS
	in [kWh/19h]	in [kWh/19h]
回生可能エネルギー	620572	619956
回生エネルギー	558141	557450
回生エネルギー(インバータ直流端)	590271	589582
力行エネルギー	1690289	1689726
力行エネルギー(インバータ直流端)	1557869	1557309
動輪周エネルギー	249882	249884
動輪周エネルギー(機械エネルギー除く)	527851	528240
動輪周ブレーキエネルギー	1004645	1004184
動輪周ブレーキエネルギー(機械エネルギー除く)	726675	725827
列車消費エネルギー	1132148	1132277
饋電損失	112169	110651
変電所総合入力エネルギー	1244317	1242928

表 4: ラッシュ時および閑散時の回生率

Regeneration rates		
Evaluated item	MESS	SESS
	Rate[%]	Rate[%]
回生失効率	4.88	4.90
回生率	33.02	32.99
回生率(インバータ直流端)	37.89	37.86

### 5 まとめ

MESS の利用により, SESS 利用時と比べ小幅ながら饋電特性が変化することを確認できた。設置位置の最適化, および移動に時間がかかることをモデル上きちんと考慮することが, 今後の課題である。

### 参考文献

- (1) 菅野 巧真:「直流饋電系統への移動式蓄電装置の導入に関する検討～閑散時の郊外設置時シミュレーション～」工学院大学卒業論文 (2019)