

## S3-1-5 車両搭載型電力貯蔵システムによる回生失効対策

[電]○関島 康直, [機]乾 正幸(東海旅客鉄道株)

[電]門田 行生, [電]青山 育也(株東芝)

Prevention of a Regenerative Brake Failure using an onboard Energy Storage System  
Yasunao Sekijima, Masayuki Inui (Central Japan Railway Company)  
Yukitaka Monden, Toshio Hasebe (Toshiba Corporation)

An energy storage device is effective for preventing a regenerative brake failure, which causes mechanical wear of a wheel tread and a brake pad. We have made 0.28kWh of electric double layer capacitor (EDLC) as an onboard energy storage device. An energy storage system including EDLC has been installed on our electric rolling stock, Series 313. Through a successful test run, we have verified that small capacity of EDLC enables to reduce mechanical wear as well as to save acceleration energy.

キーワード：電力貯蔵、電気二重層キャパシタ、回生失効  
(Electricity Storage, Electric Double Layer Capacitor, Regenerative Brake Failure)

### 1. はじめに

鉄道は他の輸送機関に比べ、地球環境負荷が極めて少ない輸送機関であり、更に電力回生ブレーキは、ブレーキエネルギーを有効活用する実績ある技術であるが、直流電気車の回生ブレーキでは、回生失効により、エネルギー損失と機械摩耗が増加してしまう課題がある。近年、鉄道においてもエネルギーの再利用技術が数多く検討されており、二次電池<sup>(1)</sup>やフライホイール<sup>(2)</sup>、電気二重層キャパシタ<sup>(3)</sup>などによる制動エネルギー再利用技術が検討されている。回生失効時に架線へ戻らない電力を電力貯蔵装置へ蓄積し、蓄積した電力を次の加速時に使用することができる車両搭載型の電力貯蔵システムにより、回生失効を改善できるとともにエネルギーの有効活用ができると考え開発を進めてきた。

### 2. 基本システムの開発

#### 2.1 電気二重層キャパシタの選択

電力貯蔵媒体には、自動車では主にニッケル水素電池やリチウムイオン電池などが実用化されているが、鉄道車両の場合は車両寿命 30 年以上と長期間使用するため、サイクル寿命が長い電気二重層キャパシタがコスト的に有利になると判断した。また、回生失効時に動作することを考えると、50 秒程度の常用ブレーキ時間のうち回生失効の影響が大きいブレーキ初速付近の高速域で動作し、概ね

5 秒～10 秒程度の短い充電時間になり、キャパシタの特性が活かせる用途であると考えた。

#### 2.2 ミニモデル試験

開発の初期は、取り扱いが容易な電圧 1/6 (最大 1,500V → 250V)、電流 1/20 (400A → 20A) の架線及び車両の主回路を模擬したミニモデルを製作した(図 1)。ミニモデルでは、電気二重層キャパシタへの充電や力行時のモータ駆動、正常な回生と回生失効時の切り替えなどを行う基本制御を開発し、実際の 313 系電車の制御ソフトを組み込み車両の制御と協調して正常に機能することを確認した。<sup>(4)</sup>

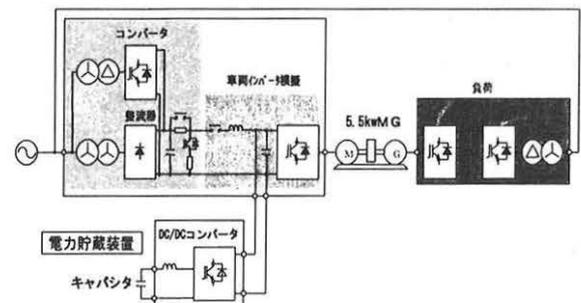


図 1 ミニモデルブロック図

### 3. 小容量の車両搭載用装置を試作

この装置は、回生失効するエネルギーを吸収できる容量があれば十分である。そこで、回生失効が多い東海道本線

で運用している 313 系電車の実際のブレーキデータを解析した結果、回生失効時の平均的な空気ブレーキエネルギーはM車1両当たり約0.6kWhであった。この時の空気ブレーキエネルギーをピークカットすれば(図2)、機械摩擦低減効果が得られると考えられるため、走行試験用の装置はぎ装束上の制約を考慮して平均値の約半分である0.28kWhで試作した。

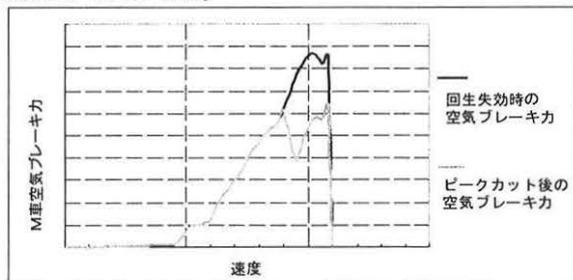


図2 空気ブレーキピークカット(シミュレーション)

電気二重層キャパシタの構成は 800F-2.5V のセルを 570 直列で接続し、700V~1,425V の範囲で充放電する。このシステムは回生失効を救済するため、力行時に必ず放電して容量を空けることを基本としている。

#### 4. 現車走行試験実施

313 系電車に搭載して、2005 年 1 月下旬に中央本線名古屋~神領間で現車走行試験を実施した。試験車両には、ブレーキ抵抗器を搭載した 313 系を選定し、ブレーキ抵抗器及び制御用チョップ装置を外してそのぎ装スペースに電力貯蔵システムを搭載した(図3)。また、客室内にも 0.28kWh の電気二重層キャパシタを仮設搭載して、容量 0.56kWh のデータ収集も行った。

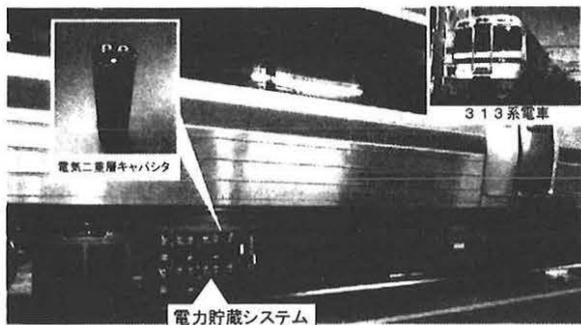


図3 試験車両外観

床下搭載分の 0.28kWh では、回生失効時に失われていた平均的な電力エネルギーの約 50% 程度を蓄積し(図4)、加速時に必要な電力の 1.6% を賄うことを確認した。空気ブレーキのピークカット効果については、車輪踏面温度の

分布が低下する傾向が確認でき(図5)、機械摩擦の低減効果が期待できる。

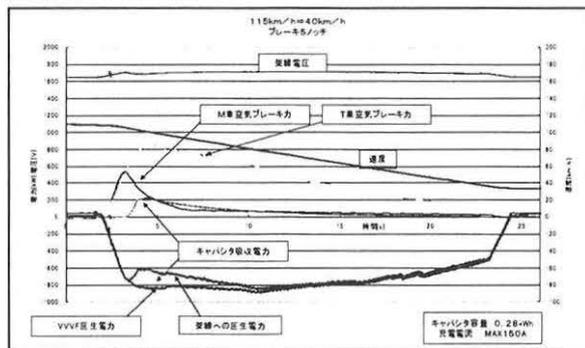


図4 ブレーキ試験結果例

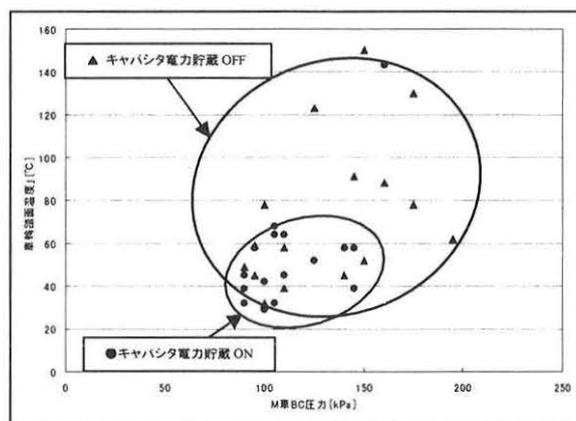


図5 車輪踏面温度測定結果

#### 5. おわりに

今回開発した電力貯蔵システムは、省エネ効果に加えて、機械摩擦を低減する効果も期待でき、この点からも環境負荷の軽減に貢献する技術であると考えている。今後は、営業運転での長期耐久試験による寿命、耐久性の確認を計画しており、複合的な効果を発揮するシステムとして実用化を目指していく。

#### 文献

- (1) 小笠正道・田口義晃・上園恵一・丸山正範:「架線ハイブリッド回生失効防止制御とトラム級電車での走行結果」、H17 電気学会産業応用部門大会 3-33、2005.8
- (2) 川口清・小笠正道・近藤弘之・高門祐三・松村秀弓:「大型ハイブリッド車用すべり軸受式フライホイール蓄電装置の概要」、H15 電気学会産業応用部門大会 2-40、2003.8
- (3) 細野俊樹・岩本陽亮・高原英明・山田淳:「電気二重層キャパシタを適用した路面電車走行エネルギーの基礎検討」、J-Rail2004 講演論文集 S-3-1-5、2004.12
- (4) 関島康直・乾正幸・門田行生・西川浩行・青山育也:「直流電車の電力回生における電気二重層キャパシタの適用検討」、H16 電気学会全国大会 5-135、2004.3