

## E129系電車の運転エネルギー消費状況の分析と省エネ方策の検討



物江 俊吾\*1



飯田 隆幸\*2



高草木 敦理\*3



藺田 秀樹\*4

### Analysis of operation energy consumption situation of E129 series train and consideration of energy conservation policy

Shungo MONOE\*1, Takayuki IIDA\*2, Atutoshi TAKAKUSAKI\*3 and Hideki SONODA\*4

\*1 Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

\*2 Chief Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

\*3 Tokyo General Rolling stock Center, Tokyo Branch Office of JR EAST Group

\*4 Koriyama General Rolling stock Center, Sendai Branch Office of JR EAST Group

#### Abstract

In the DC section of local areas, the frequency of occurrence of narrowing down regenerative brakes is high due to the small number of operations. Recently, the E129 series train introduced in the Niigata area has increased the electric brake ratio by using a power generation brake, but because the power generation brake converts it to heat energy, it is an energy loss. Therefore, record and analyze the operation energy consumption situation of the E129 series train, and make recommendations on effective use of braking energy in a combination regeneration / power generation brake vehicle.

●**Keywords:** Regenerative brakes, Power generation brake, Electric storage device

## 1. 緒言

当研究所では運転エネルギー低減の検討に向けて、首都圏や地方の在来線、新幹線などの運転エネルギー測定を行ってきた。その中で地方の直流区間では、運転本数が少ないことなどから、回生ブレーキ絞込みの発生頻度が高く、運転エネルギーの効率が悪いことがわかった。そこで本研究では主に新潟地区を走行し、発電ブレーキを搭載しているE129系の運転エネルギー消費状況の分析およびブレーキエネルギーの有効利用策について提言を行う。

## 2. 運転エネルギーの測定について

### 2・1 E129系電車について

E129系電車の主回路機器構成を図1に示す。架線への回生以外にブレーキ抵抗器（発電抵抗）に電気を流す発電ブレーキを搭載している。VVVFインバータ装置による架線への回生を基本とし、架線電圧が高い場合は回生ブレーキの絞り込みを行うとともに、ブレーキチョップに流す電力割合（チョップ通流率）の指令を与え、ブレーキ抵抗器により発電ブレーキとしてブレーキエネルギーを熱に変換し、消費するための機器構成としている。

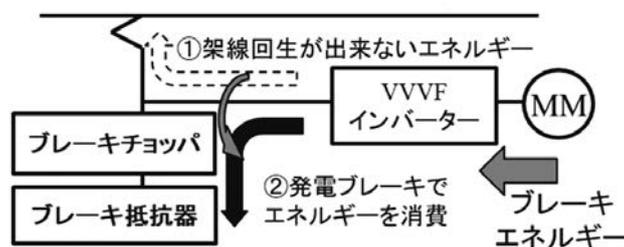


図1 E129系回生ブレーキと発電ブレーキ

## 2・2 E129系電車の走行線区

E129系電車は現在新潟地区を中心に越後線、白新線、羽越線、上越線、信越本線、弥彦線を走行しており、平坦区間から山間区間等さまざまな区間で運用されている。

## 2・3 運転エネルギーの測定について

E129系電車は2両編成と4両編成があり、各1編成に車上モニタ装置からデータ記録装置を接続し、運転エネルギーの測定を行った。測定は車両の運転に必要なエネルギーに関する主回路や補助回路等の項目とした。

## 2・4 測定内容および改造概要

E129系電車では車両各部の情報を記録するモニタ装置を搭載している。今回、測定精度を高めるためにモニタ装置の情報と主回路の電圧、電流値をより詳細に示したデータを合わせて長期記録するためのデータ記録装置を車両に設置し、約1年間の記録を行った。主な測定項目は、「力行および回生電力」、「補機電力」、「架線電圧」、「発電ブレーキ電力（発電電力）」、「運転指令、乗車率、速度、走行位置等」である。記録装置は車両のパンタグラフ上昇下降にあわせて自動起動及び自動終了に対応している。記録されたデータは、CFastカードに最低過去1か月分（約750時間分）保存される。測定データを記録装置に送信できるようにモニタ装置、主回路装置、補助電源装置の各装置のソフトウェアを変更した。

## 3. 測定結果

### 3・1 運転エネルギー

各線区で測定した運転エネルギーを、距離および1両あたりの平均で算出した結果を表1に示す。

#### (1) 力行エネルギー

6線区の中では上越線上りが最も大きかった。これは、上り勾配が続いている区間のため、他線区よりも力行電力量が増加したものである。

#### (2) 回生エネルギーおよび発電エネルギー

6線区のなかでは白新線が回生電力量が最も大きく、発電は最も小さかった。これは新潟駅周辺での列車本数が多く、架線回生が容易に行えるためである。上越線は図2に示すとおり、特に下りでは回生電力量と発電電力量の和が最も大きい。これは下り勾配区間において、抑速ブレーキ使用による回生電力が長時間発生するためである。羽越本線は図3に示すとおり、上り下りともに回生電力量が小さく、発電電力量は最も大きかった。これは羽越本線の架線電圧が常に高く、架線回生が出来ず発電ブレーキを多用するためである。

表1 駅間ごとの電力量

線区	下り/ 上り	電力量原単位[kWh/両/km]		
		力行	回生	発電
①羽越本線 (新潟-村上)	下り	1.250	0.177	0.263
	上り	1.406	0.201	0.317
②上越線 (水上-長岡)	下り	1.041	0.455	0.187
	上り	1.818	0.259	0.110
③越後線 (柏崎-新潟)	下り	1.348	0.454	0.137
	上り	1.480	0.480	0.160
④白新線 (新潟-新発田)	下り	1.446	0.487	0.108
	上り	1.419	0.500	0.094
⑤信越本線 (直江津-新潟)	下り	1.401	0.410	0.155
	上り	1.449	0.379	0.189
⑥弥彦線 (弥彦-東三条)	下り	1.109	0.311	0.102
	上り	1.170	0.388	0.101

### 3・2 耐雪ブレーキ使用有無による電力量の違い

耐雪ブレーキ使用状況としては上越線が多用している。そこで、上越線での1駅区間（岩原スキー場～越後湯沢間）における列車番号が同じ列車を耐雪ブレーキの使用有無で分け、平均電力量にて比較した。その結果を表2に示す。耐雪ブレーキを使用している方が発電電力量は低い結果となった。

これは、耐雪ブレーキ使用による走行抵抗増加により、ブレーキ力が機械ブレーキで補填されている分、発電電力量が抑えられていると考えられる。

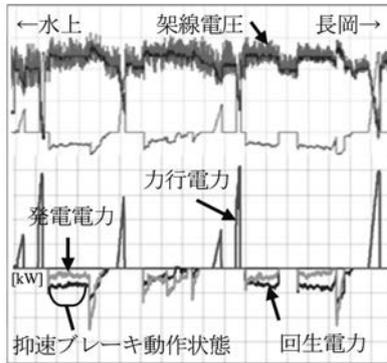


図2 架線電圧と回生および発電ブレーキ発生状況チャート（上越線下り）

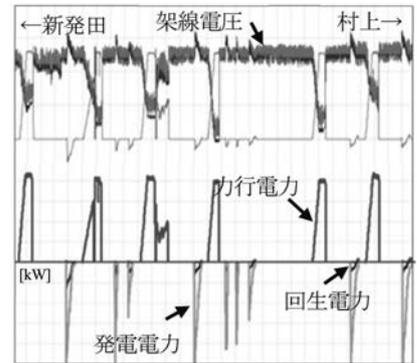


図3 架線電圧と回生および発電ブレーキ発生状況チャート（羽越本線下り）

表2 耐雪ブレーキ使用有無による電力量比較（上越線）

	力行	回生	発電	消費
耐雪無	1.758	3.340	1.158	-1.582
耐雪有	2.180	3.448	0.173	-1.268

### 3・3 補機電力量

全線区の補機電力量の傾向を分析し、外気温と補機電力の相関を図4に示す。

補機電力の増減は20℃付近を境に補機電力量が低温側、高温側にそれぞれ増加していた。これは、補機電力の消費割合として空調が大きい事が要因である。

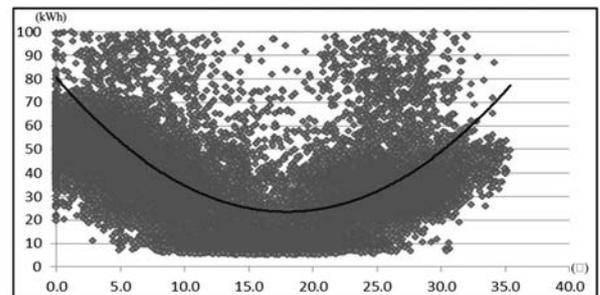


図4 外気温における補機電力量（全線区各駅間）

## 4. ブレーキエネルギー有効利用策について

### 4・1 発電電力量の有効利用

現在、発電電力はブレーキ抵抗器を介して、熱としてエネルギーを放出している。このエネルギーを蓄電し、次回の力行電力等に使用できれば、省エネ効果が期待できる。そこで、ブレーキ抵抗器で消費しているエネルギーを蓄電する蓄電デバイスの搭載を検討した。蓄電デバイス搭載のイメージを図5に示す。



図5 蓄電デバイス搭載イメージ

### 4・2 蓄電デバイスへの応用について

#### (1) 蓄電デバイス容量の考え方

E129系に蓄電デバイス搭載想定を下記条件で行った。

- ・前区間で吸収した発電電力量を次区間の力行に充てる
- ・吸収に必要な蓄電デバイスの容量は、発電電力量とする

表3 通流率制限による発電電力量カバー率とCO2削減量

線区	発電電力 [kW]	線区	発電電力 [kW]
①羽越本線	639(86.5)	④白新線	538(77.0)
②上越線	506(73.5)	⑤信越本線	497(72.5)
③越後線	465(69.0)	⑥弥彦線	344(54.5)

( )内チヨッパ通流率：%

この条件で想定した場合、吸収した発電電力量を次区間での力行ですべて消費可能な場合と不可能な場合がある。不可能な場合は下り勾配が長く続き、力行電力量より発電電力量が上回る区間である。E129系では、このパターンを満足する蓄電デバイス構成を検討する必要がある。

## (2) 蓄電デバイス出力の考え方

3・1項に挙げたように、羽越本線では発電電力の値が高いため、蓄電デバイスも高入出力に対応する構成を検討する必要がある。駅間発電電力を表3に示す。

### 4・3 チョップパ通流率を制限する考え方

現状のブレーキ出力を全て補うことは蓄電デバイスが大型化し、大幅な重量増が懸念される。発電電力量がチョップパ通流率のどの範囲に多く分布しているかを図6に示す。チョップパ通流率上限まで使用されておらず、約9割9分が70%以下で使用されていた。そこで任意の通流率制限をすることで搭載可能性を上げつつ、省エネ効果見込を検討した。表4に示す数値は現在使用している発電電力量のうち、どの程度の割合をカバーできるかを示したものである。通流率を50%に制限しても総発電電力量の93%程度はカバーできることが分かった。その他CO2削減量は全車両に展開した場合は最大で1416tになる見込みである。

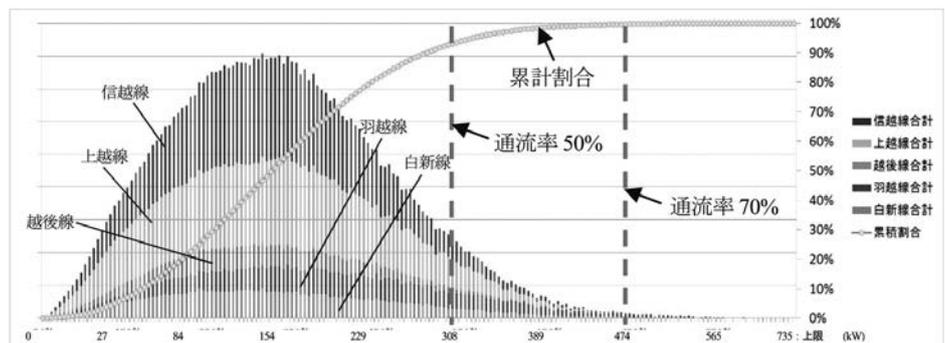


図6 チョップパ通流率ごとの出力と発電電力量積算値（全線区）

表4 通流率制限による発電電力量カバー率とCO2削減量

項目	チョップパ通流率				
	0-30%	0-40%	0-50%	0-60%	0-70%
通流率範囲毎 全線累積(%)	53.5	79.1	93.8	98.8	99.8
通流率範囲毎 全線累積(kWh)	18218	26947	33640	33640	33985
CO2 削減量換算(1編成(2両)当り)	10.1t	14.9t	17.7t	18.6t	18.8t
CO2 削減量換算(全 160 両)	808t	1192t	1416t	1488t	1504t

### 4・4 今後の検討内容について

今後は、4・3項の発電電力量を吸収可能な容量および出力を許容する蓄電デバイスを選定し、構成を検討する。

## 5. 結言

今回は新潟地区を走行し、発電ブレーキを搭載するE129系電車について、走行エネルギー等について分析を行い、ブレーキ抵抗器を蓄電デバイスに変更した場合の省エネ効果について検討した。チョップパ通流率はほぼ30%程度で使用されていることが多いため、チョップパ通流率を制限することにより入出力電力を低くし、少量の蓄電デバイスで構成可能と考えられる。今後は比較的安価で高性能な蓄電デバイスを選定し、車両搭載規模での評価等を行っていきたい。