

# エレベータ電力アシスト用電源装置の開発

## Development of Battery Power Conversion System for Elevator Power Assist

長谷川 和則<sup>\*</sup>  
Kazunori Hasegawa  
白川 亮偕<sup>\*2</sup>  
Ryoutomo Shirakawa

村上 新一<sup>\*</sup>  
Shinichi Murakami  
野津 龍太郎<sup>\*2</sup>  
Ryuutarou Nozu

長嶋 茂<sup>\*2</sup>  
Shigeru Nagashima  
坂本 光<sup>\*2</sup>  
Hikaru Sakamoto

### Abstract

Now a days, energy saving which is a part of environmental protection for the earth is promoted increasingly. In the case of elevator, replacement of independent driven motor by high efficiency inverter has been progressed and this has been quite successful in promoting the energy saving of elevator system. However the reduction of AC input power of elevator power is limited. So, we have developed the additional battery power conversion system for assisting elevator power to reduce the AC input power.

### 1. はじめに

インバータ駆動のエレベータが世の中に登場してから、約15年が経過し、この間にこのエレベータが省エネに寄与したものは非常に大きいものがあると考えられる。

しかしながら、巻上モータが発電機として動作する際（下げ荷運転時）に発生する回生電力の処理については、ほとんどの種類のエレベータでは熱に換えて空気中に放散させており、エネルギーを無駄に消費しているのが実情である。

今回、フジテック株式会社殿と弊社が共同で、世界で初めて実用化した「エレベータ電力アシスト用電源装置」はこの点に着目し、下げ荷運転時に発生する回生電力を充放電が可能な高性能電池に貯えておき、貯えた電力を、巻上モータが駆動力を発生する時（上げ荷運転）に有効利用することで、全体の消費電力を削減しようとするものである。

### 2. エレベータの回生電力

#### 2.1 回生電力の発生

通常のロープ式エレベータは、巻上機を介して、かごの反対側に釣り合い重りを配置したつるべ構造をとっており、定格積載の40～50%の荷重でバランスするように、釣り合い重りが調節されている。

したがって、かごが満員で上昇する場合や空で下降する場合は、位置エネルギーを増大させる必要があり、この増加エネルギー分は、電源からインバータを通じて巻上モータに供給される。このような運転モードを「上げ荷運転」と呼ぶ。（図1参照）

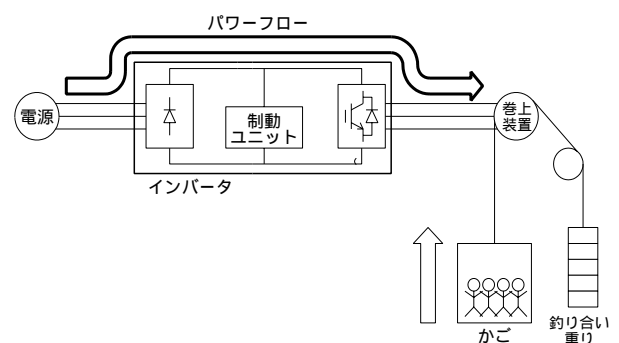


図1 上げ荷運転時のパワーフロー  
Fig. 1 Power flow during elevator cage lift-up

<sup>\*</sup> アルカリ特機事業部

<sup>\*2</sup> 技術開発部

逆に、かごが空で上昇を行う場合や、満員で下降する場合は、位置エネルギーを減少させることになり、減少した位置エネルギー分は巻上モータで電気エネルギー（電力）に変換され、インバータに戻ってくる。

このような場合の運転モードを「下げ荷運転」と呼び、インバータに戻される電力を「再生電力」と呼ぶ。この再生電力は、何らかの形で処理してやらねば、インバータ中間段の電圧が上昇し、制御素子破壊に至ってしまう。（図2参照）

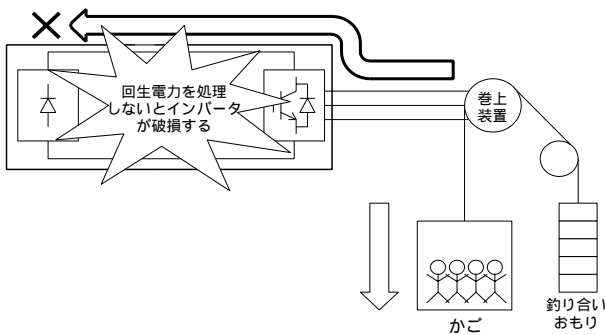


図2 再生電力の発生  
Fig. 2 Regeneration of electric power

### 2.2 再生電力の処理

再生電力の処理方法として、従来は、

- a) トランジスタ使用の電源回生可能コンバータを用いて、電源側に返す。（図3参照）

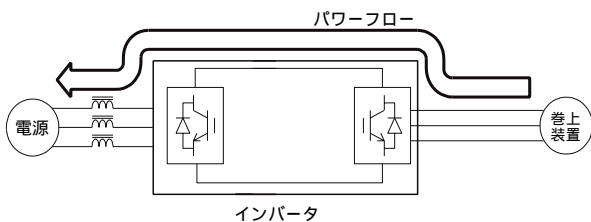


図3 トランジスタ・コンバータによる電源回生  
Fig. 3 Electric power regeneration using transistor converter

- b) 抵抗で処理し、熱に変換して空気中に放散する。（図4参照）

等の方式が用いられ、前者は主として高層ビル用の高速エレベータに、後者は中低層ビル用エレベータに適用されてきた。

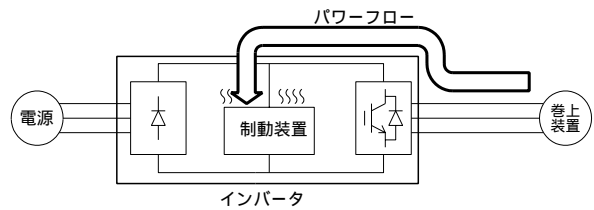


図4 抵抗による再生電力の吸収  
Fig.4 Absorption of regenerated electric power using resistor

前者の「電源回生可能コンバータ」は、変換効率が高い、低次高調波含有率が小さい、力率をほぼ1とすることができる等、非常に優れた方式である。その反面、装置コストが抵抗消費方式に比べて高くなるので、小容量のエレベータには適用し難いという欠点がある。

一方、後者の「抵抗消費方式」は制御が簡単で、装置コストが低い反面、再生電力を無駄にしたり、機械室発熱量の増加を伴う等の問題点を持つ。

### 3. エレベータ電力アシスト用電源装置

今回、両社で開発した「エレベータ電力アシスト用電源装置」（以下、本システム）は、新しい再生電力処理方式で、

- 1) 有害物質を含まない「ニッケル水素電池（以下Ni-MH電池と称す）」を使用している。
- 2) 再生電力を電池に貯えるので、機械室発熱量が抵抗消費方式に比べて小さい。
- 3) 電池に貯えたエネルギーを上げ荷時に消費し、その分、電源電流を小さくすることができるので、消費電力量や電源容量を小さくすることが可能。
- 4) 既設のインバータ駆動のエレベータにも設置できる。
- 5) 電池に貯えたエネルギーにより、停電時でも救出運転が可能。

等の特長を持っている。

また、本システムは、図5に示すように、Ni-MH電池、電流可逆コンバータ及びバッテリーモニタから構成されている。以下本システムについて解説する。

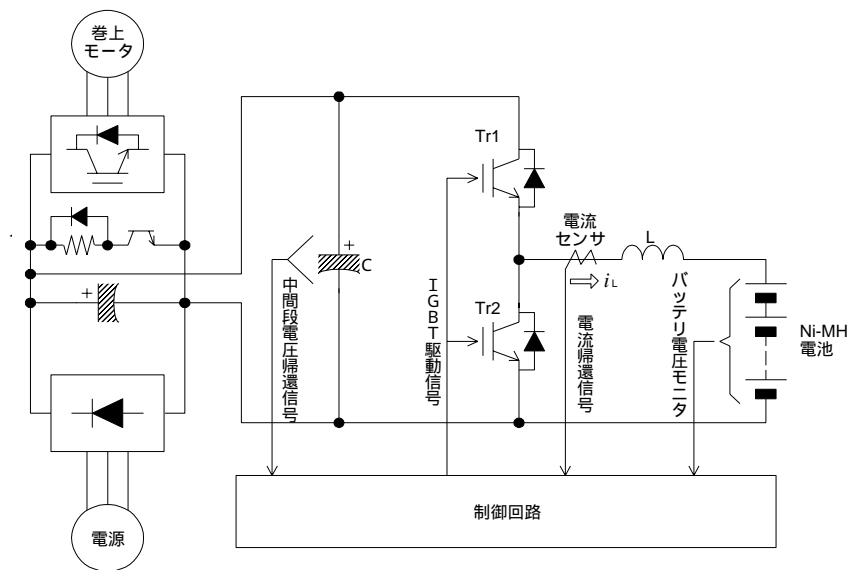


図5 エレベータ電力アシスト用電源装置の構成  
Fig. 5 Configuration of battery power conversion system for assisting elevator power supply

3.1 Ni-MH 電池

Ni-MH 電池は、ノート型パソコン等携帯機器の電源用途の他、最近ではパワー用途として、ハイブリッドカーにも用いられている充放電可能な電池で、

- 1) 有害物質を含まないクリーンな電池である。
- 2) 大電流での充放電ができる。

等の特長を持った高性能電池である。

本装置で用いている Ni-MH 電池は、単一形を 10 本直列接続したものを 1 パックとしており、更にこのパックをモータ容量に応じて直列接続して使用している。パック電池の仕様を表 1 に示す。

表 1 電池パック仕様  
Table 1 Specifications of battery pack

公称容量	公称電圧	最大充放電電流	寸法
6.5Ah	12V	40A	400(W) × 60(H) × 40(D)mm

3.2 電流可逆コンバータ

図 5 から分かるように、電流可逆コンバータ（以下、本装置）は「昇降圧チョッパ回路」となっており、エレベータが下げ荷運転の場合、本装置は降圧チョッパとして動作することで充電器として働き、インバータから返ってきた回生エネルギーを Ni-MH 電池に充電する。また、上げ荷運転の場合は、本装置を昇圧チョッパとして動作させることで放電器として働き、Ni-MH 電池に貯えられたエネルギーを積

極的にインバータ側に供給し、エレベータを駆動する。

一方、商用電力が正常でエレベータ停止時の場合、にも、本装置を降圧チョッパとして動作することで充電器として働くが、このときは商用電力を整流した電力を、電流を制限しながら Ni-MH 電池に充電するのに用いられる。

これらの動作をシステム制御ブロックに表したのが図 6 である。

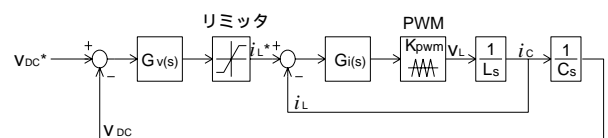


図 6 システム制御ブロック  
Fig. 6 Block diagram of control system

本システムでは、中間段電圧  $v_{DC}$  が中間段電圧指令  $v_{DC}^*$  と一致するように制御を行う、電圧制御ループが基本であるが、更に制御応答を改善するために、電流マイナーループが設置される。

ここで、エレベータが下げ荷運転時は、中間段電圧が回生エネルギーによって指令電圧より高くなる。その結果、Ni-MH 電池に流れる電流  $i_L$  は正極性（図 5 の ⇒ 方向の電流）で、Ni-MH 電池を充電する方向の電流となる。

同様に、エレベータが上げ荷運転時には、 $i_L$ は、図5の矢印とは反対方向の電流となり、Ni-MH電池に貯えられたエネルギーを放出させるように働く。

### 3.3 バッテリーモニタ

エレベータが上昇・下降を繰り返す場合、上げ荷運転で消費する総電力量と、下げ荷運転で返ってくる総回生電力量を比べると、変換器の変換ロスや機械ロス等の存在から、必ず消費される総電力量の方が大きくなる。

このことは、積極的に充電しないと、電池の充電量が長時間の内に徐々に減り、ついには空になってしまうことを示す。

また、一般的に充放電可能な電池セルを直列接続して、充電・放電を繰り返して使用すると、それぞれのセルの容量がばらついてくるが、そのままさらに充電・放電を続けると、電池の寿命を損なう恐れがある。

本システムには、このような劣化を防ぐために、Ni-MH電池の容量を常時監視・制御する、「バッテリーモニタ機能」を持たせている。

このバッテリーモニタにより、

- a) 全体の容量が所定の範囲を超える場合には、充電のみの運転、放電のみの運転、エレベータ停止時のアイドル充電等を使い分け、容量を絶えず適正範囲に収めるように制御する。
- b) セルごとの容量のばらつきが所定値を超えると、強制的にすべての電池の容量を100%にするような制御(プリセット)が行われ、電池の劣化を抑える。

等、Ni-MH電池の性能を常時最大限に引き出せるような、充放電制御が行われるようになっている。

## 4. 試作試験結果

エレベータの一連の動作を実機で確認するタワーテストの前に、研究室レベルで確認できる、縮小モデルによるエレベータ・シミュレーション試験結果の一例を図7に示す。この場合は、モータ容量5kWをバッテリーのみで賄うことを想定したものであり、本装置が起動してから、エレベータ停止、駆動そし

て回生、さらに停止と一連の動作の中で、駆動電力及び回生電力をバッテリーのみで処理できることが確認できた。

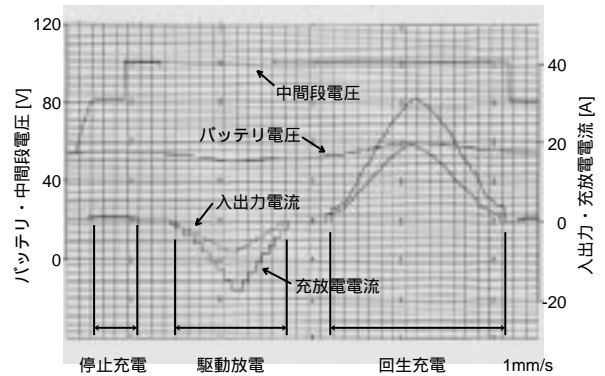


図7 エレベータ・シミュレーション試験結果の例  
Fig. 7 Test results of elevator operation using a simulator

縮小モデルでの結果を受けて本装置の一次試作機を製作し、実機のエレベータで一連の動作を確認するタワーテストを行った結果の一例を図8に示す。この場合も、モータ容量5kWをバッテリーのみで賄うことを想定したものであり、単一形のバッテリーでエレベータの繰り返し運転ができることを目の当たりにして感動するとともに、実用化の自信を深めた。

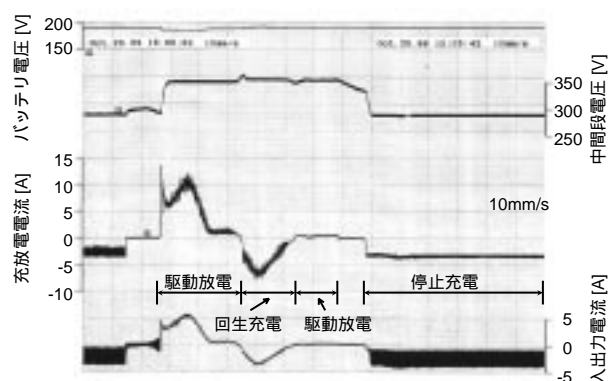


図8 タワーテストの試験結果の例  
Fig. 8 Results of tower tests

## 5. 実用化モデル

ところで、パック電池1本当たりで扱える最大電力は、パック電池の電圧と最大電流の積となり、それぞれ12V、40Aなので、概ね500Wとなる。

仮に、上げ荷運転時の巻上装置の消費電力が3.7kW、下げ荷時の回生電力が2.0kWのエレベータに、パック電池を4本適用した場合を考えてみる。

上げ荷運転時には、Ni-MH電池は放電動作を行う。ところが、供給可能な電力は、パック数が4本なので2.0kWである。このような場合、パック電池全体からは2.0kWを供給し、不足分の1.7kW分が電源から供給されることとなる。

下げ荷運転時には、2.0kWの回生電力が返ってくるのに対し、パック電池全体が吸収できる電力は2.0kWなので、回生電力をすべて吸収することが可能である。ただし、減速時には、2.0kWを上回る回生電力が発生するので、この場合には、補助的に設置された抵抗により電力吸収を行う。

図6のリミッタは、上述のように、電池で扱う電力を制限するため、電池に流れる電流を許容最大電流である40Aに制限するものである。

本システムを設置することによって、1.7kWに削減され、省電力を実現していることが分かる。

本例での、上げ荷・下げ荷それぞれの運転時のパワーフローの概略を図9、図10に、また、電力パターンを図11に示す。図11では、+側の電力はエレベータが消費する電力、-側の電力はエレベータからの回生電力であることを示す。

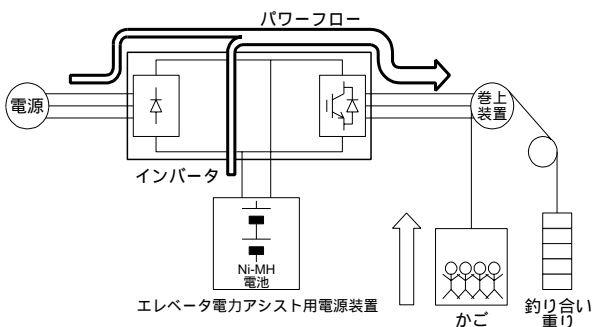


図9 本システムを使用した場合の「上げ荷運転時」のパワーフロー  
Fig. 9 Power flow during elevator cage lift-up using the developed system

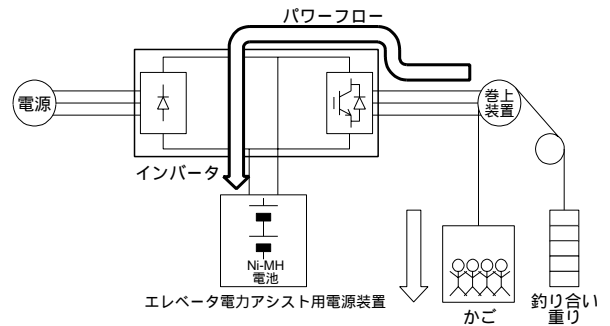


図10 本システムを使用した場合の「下げ荷運転時」のパワーフロー  
Fig. 10 Power flow during elevator cage lift-down using the developed system

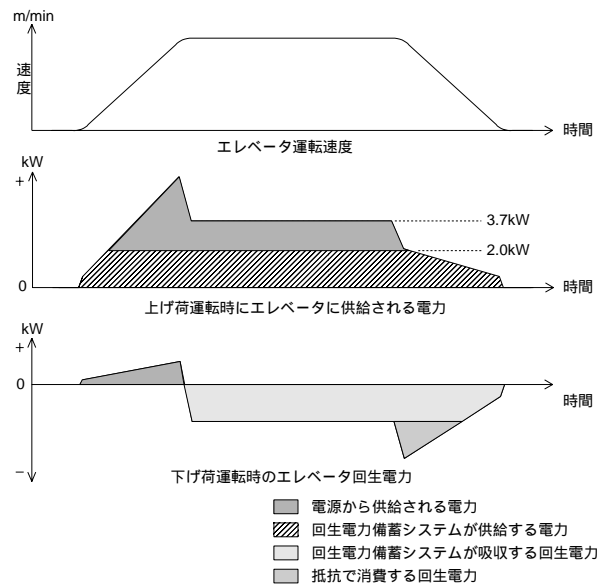


図11 本システム使用時の電力  
Fig. 11 Electric power flow using the developed system

## 6. エレベータ電力アシスト用電源装置の有効性

### 6.1 省電力

これまで述べてきたように、本システムを設置することで、上げ荷運転時に電源から供給される電力を削減することができる。

例として、定格積載600kg、60m/minのエレベータの省電力量を試算すると、年間約1,000kWhの削減が可能で、この値は、このエレベータが消費する総電力量の概ね20%に相当する。これを電力料金に換算すると、1kWh当たり25円として、25,000円のランニングコストの削減が可能となる。ただし、運



転条件は1人乗りの上昇下降で、運転頻度は1分間2回起動、1回の走行時間は15sec、1日10時間稼働とした。

### 6.2 停電時の救出運転

エレベータが走行中に万一停電が発生すると、急停止となり、乗っている乗客は缶詰状態となってしまふ。このことを防止するため、従来から、停電時救出運転装置が設置されてきた。しかし、このような装置には、省電力に関する考慮がなされていない。

エレベータ電力アシスト用電源装置は、図12に示すようなインバータ回路を装備しており、停電時にはNi-MH電池を電源として、インバータへの給電、制御回路への給電が可能のため、停電時でもエレベータを最寄階まで運転して、乗客を救出することができる。したがって、エレベータ電力アシスト用電源装置を設置すると、従来の停電時救出運転機能を包含することが可能となる。

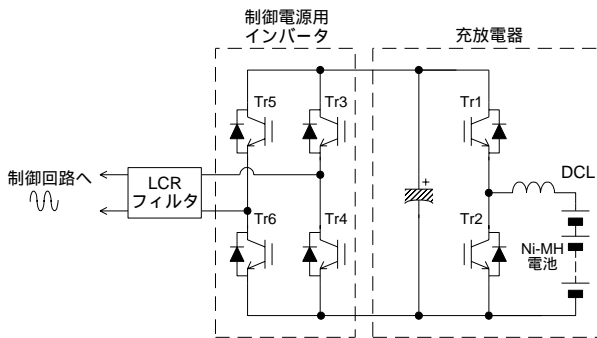


図12 制御電源用インバータの構成  
Fig. 12 Configuration of inverter power supply for control circuitry

### 6.3 環境負荷の低減

環境ISOと呼ばれている「ISO14001」では、省電力・省資源のみならず、廃棄時の環境負荷の軽減プログラムについても要求している。

この点についても、電池の解説で述べたように、Ni-MH電池は有害物質を含まない上、ニッケルを再利用することも可能な電池で、時代の要求を満たしている電池であるといえる。

## 7. おわりに

今、環境保全に係わる諸施策の要求はますます大きくなることは確実である。

このような中で、今回開発した「エレベータ電力アシスト用電源装置」は、今後の省エネ・省資源・リサイクルを推進する業界のニーズに答える一つの提案であると考えます。

現在弊社は、この開発を更なる用途に拡大すべく新たなニーズに挑戦しているところである。

最後に、本稿の執筆に当たり、フジテック株式会社のご好意により、業界誌に発表された寄稿文を参照させていただいた。合わせて、共同開発したフジテック株式会社研究開発本部・岡田主管殿、吉野主務殿他、担当の方々に御礼を申し上げます。