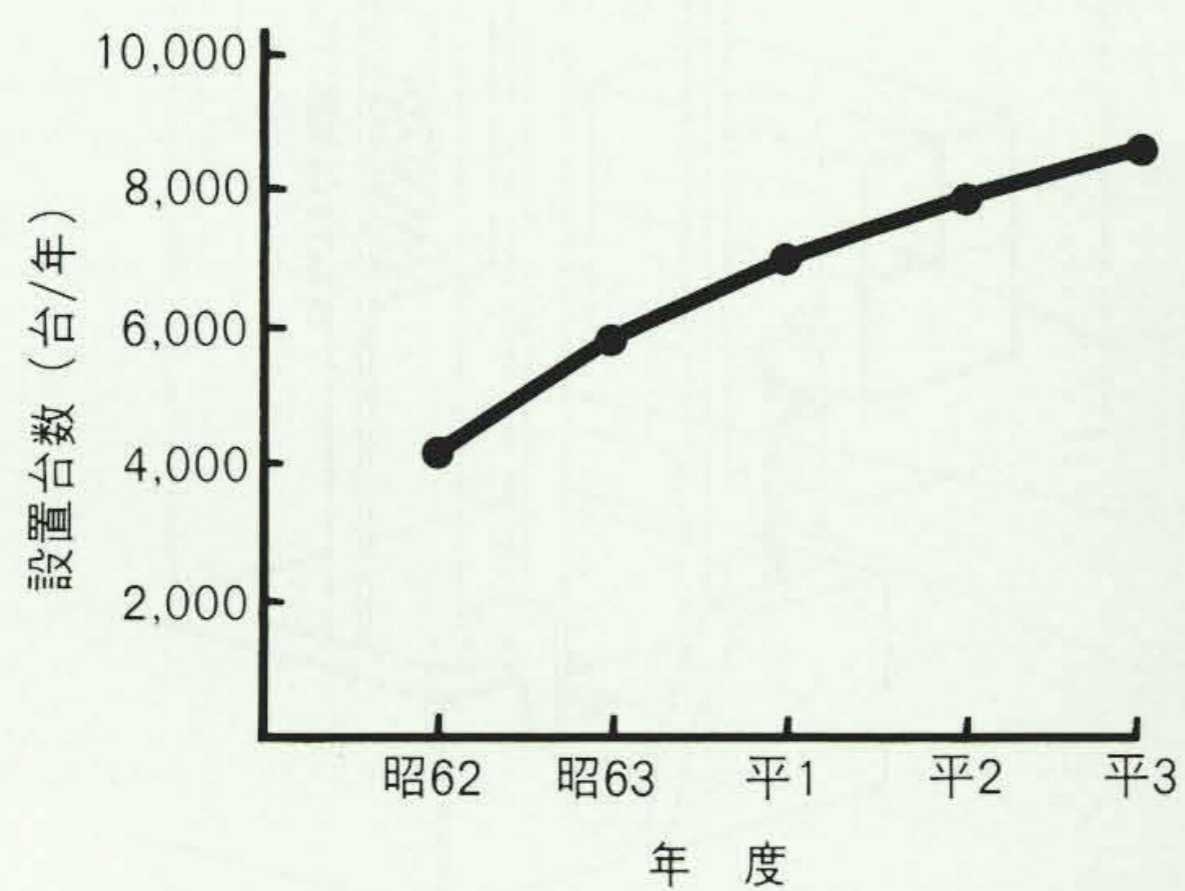


# 乗り心地・省エネルギーを向上させた 油圧式エレベーター

Hydraulic Elevators to Answer the Needs of Smooth Operation and Energy Saving

佐々木英一\* *Eiichi Sasaki*  
松土貴司\* *Takashi Matsudo*  
中村一朗\*\* *Ichirō Nakamura*  
飛田憲二\*\*\* *Kenji Hida*



**油圧式エレベーターの年間設置台数の伸びと公共交通施設への納入例** 油圧式エレベーターの国内設置台数は最近4年間で約2倍に増えている。油圧式エレベーターは写真に示すように地上交差点(香川県高松市)でも使われており、今後公共・都市交通機関にいつそう普及する。

近年わが国では、建築物の斜線制限、外観意匠などの利点から、油圧式エレベーターが脚光を浴びている。特に、昭和62年以降の4年間の年間設置(新設)台数は、年率20%(平均)と大幅な伸び率を示している。この結果、全エレベーターの設置台数の中でも26%を占めるようになり、縦の交通機関として重要な役割を果たすようになった。

日立製作所は、油圧式エレベーターの中でも事務所ビルや住宅向けのものを主な対象とし、乗り心地

の向上および省エネルギーを目指して、インバータ制御化を図ってきた。インバータ制御油圧式エレベーターは、油の流量制御を油圧ポンプに直結した交流電動機の回転数制御によって行うので、エレベーターの速度制御の自由度を高くできる特長がある。このため、滑らかな加減速度特性が得られるとともに電源の設備容量を従来の油圧式エレベーターよりも30%低減でき、さらに、着床前の低速運転を不要とすることによって運転時間を短縮した。

\* 日立製作所 水戸工場 \*\* 日立製作所 機械研究所 \*\*\* 日立製作所 昇降機事業部

### 1 はじめに

現在エレベーターは、ビルや公共施設内の縦の交通機関として不可欠な設備となっている。エレベーターはその駆動方式からロープ式と油圧式に大きく分類できる。日立製作所は、このうち油圧式エレベーターを昭和34年に初めて自動車の駐車場向けに納入して以来、低騒音と油圧制御技術を駆使して技術の向上を図ることにより、その用途を荷物用向け、乗用向けにも拡大してきた。最近では昭和61年にマイクロコンピュータ(以下、マイコンと略す。)制御技術をもとにした高信頼度省電力油圧式エレベーターを乗用向けに開発し、省エネルギーおよびスピードアップを図った。さらに、昭和63年に荷物用油圧式エレベーターにもその技術を応用して省エネルギーを図り、社会のニーズにこたえてきた。

ここでは、最近の油圧式エレベーターの市場動向と社会的な役割や今後の展望、および快適性や経済性のニーズに対応した最新のインバータ制御油圧式エレベーター<sup>2),3)</sup>について述べる。

### 2 油圧式エレベーターの構造

油圧式エレベーターは、乗りかごが油圧ジャッキ(油圧プランジャと油圧シリンダで構成する。)で直接あるいは間接的に支持される。その構造は乗りかごの大きさ、用途などによっていくつかの種類に分けられる。現在、最も多く用いられている間接押し式(フォーク形)の構造を図1に示す。

乗りかごはロープを介して油圧ジャッキで支持されるので、昇降路の真上に機械室を設置する必要がない。そのため日影規制による斜線制限の範囲内で建物の高さを最大限に利用でき、かつ建物への質量(荷重)負担が小さいという特長がある。乗りかごの昇降は、油圧パワーユニットからの油圧によって油圧ジャッキを伸縮させる方式で行うが、油圧パワーユニットと油圧ジャッキを配管で連結するため、機械室配置の自由度が高く、建物内のレイアウトが自由に選べるなどの特長も持っている。

### 3 油圧式エレベーターの市場動向

昭和62年度以降の油圧式エレベーターの国内設置台数(年間新設台数)の推移を図2に示す。油圧式エレベーターは、乗用として設置される事務所ビル、マンション、ホテルなどでの設置台数の増加が著しく、過去4年間で約2倍に伸長している。この伸びはロープ式エレベーター

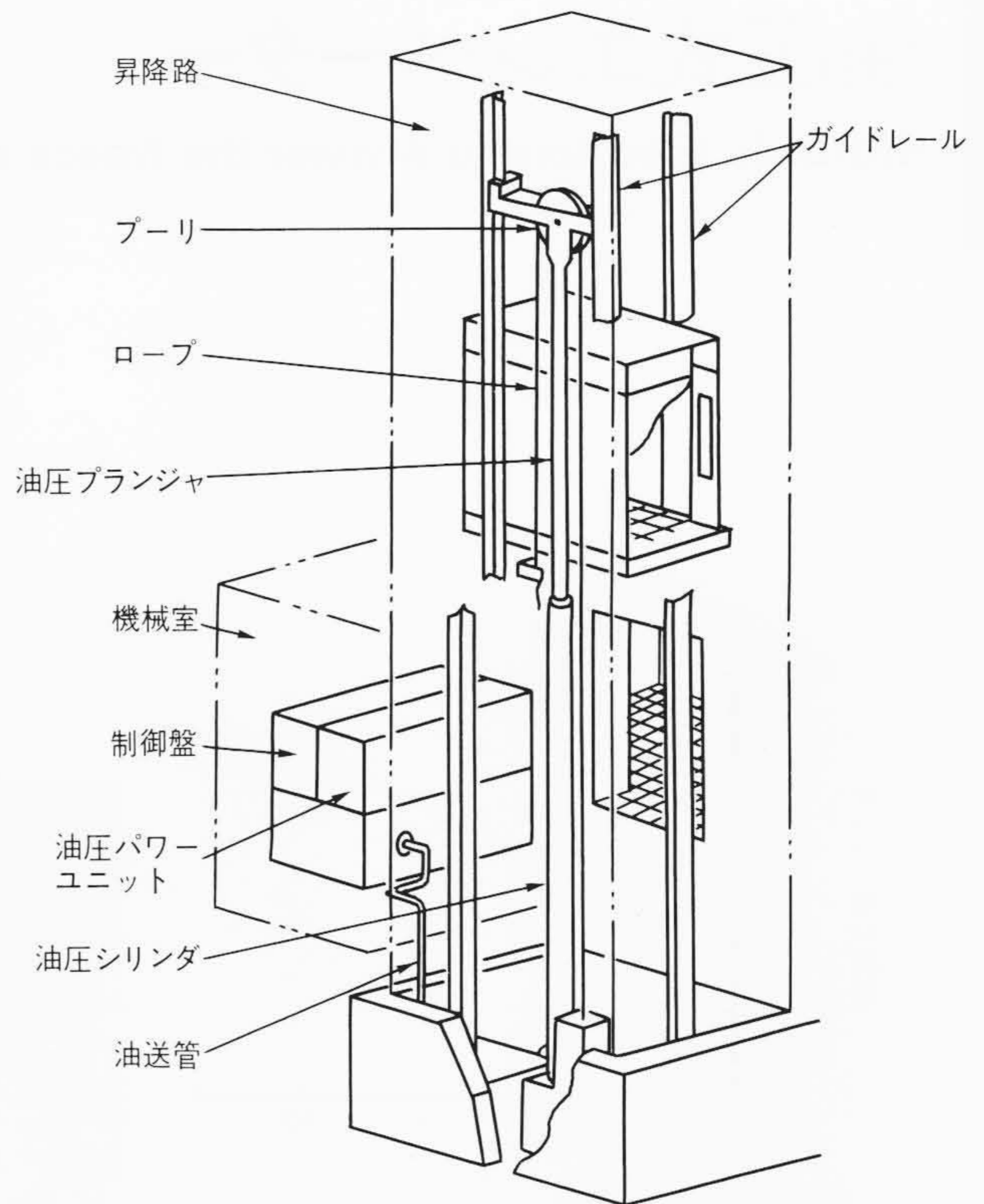
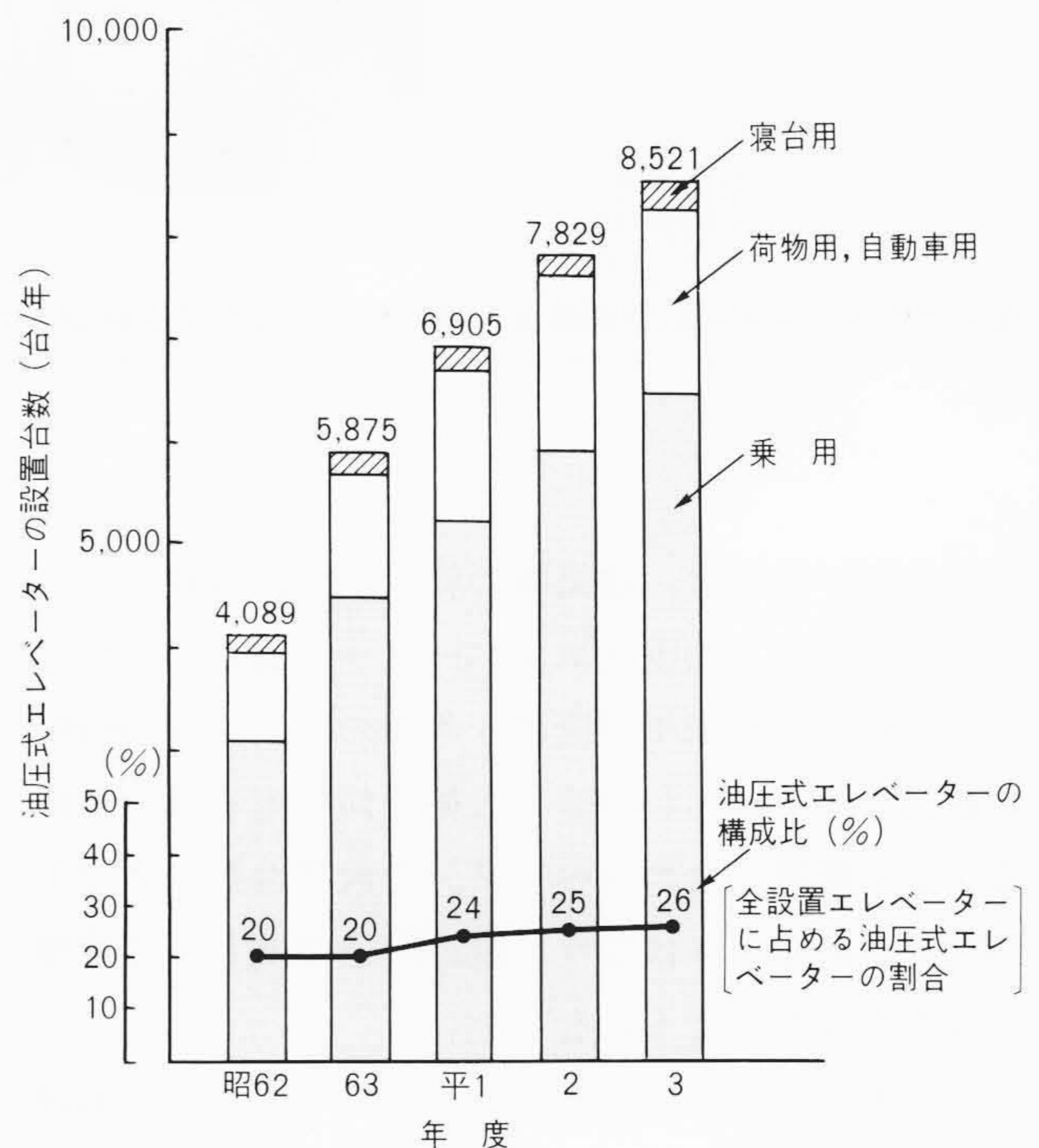


図1 油圧式エレベーターの構造 機械室の油圧パワーユニットと昇降路の油圧ジャッキ(油圧プランジャ、油圧シリンダ)は、1本の油送管で結合している。



注: 出典 社団法人エレベーター協会

図2 油圧式エレベーターの国内設置台数の推移 昭和62年度対比で約2倍の伸びを示しており、特に乗用の割合が多くなっている。また油圧式エレベーターの構成比も着実に伸長している。

表1 建物用途別設置比率(日立製作所実績) 油圧式エレベーターは、住宅および福祉施設でロープ式エレベーターの設置比率を上回っている。

建物用途	機種	油圧式 エレベーター	ロープ式 エレベーター
住 宅	宅	38.3	33.8
事 務 所	所	27.0	44.9
福 祉 施 設	設	8.0	0.4
ホ テ ル ・ 旅 館		4.5	5.9
レ ジャ ー ・ 娯 楽 施 設		4.0	2.0
工 場 ・ 倉 庫		3.2	2.0
病 院	院	3.0	1.4
一 般 店 舗	舗	3.0	4.1
学 校	校	1.6	1.8
デパート・スーパーマーケット		1.4	1.2
特 殊 建 物	物	1.1	0.5
駅 舎	舎	0.3	—
そ の 他		4.6	2.0
合 計	計	100%	100%

の伸び(過去4年間で約1.5倍)を上回っている。これは油圧制御技術の大幅な改良と、建築計画上の利点が相まったことによるものである。

油圧式およびロープ式エレベーターの最近の建物用途別設置比率を表1に示す。油圧式エレベーターの住宅および福祉施設での設置比率は、ロープ式エレベーターの比率を上回っている。これは一般に低階床である公共施設や日影規制を受けて低階床とならざるを得ないアパート、マンションに根強い需要があることがうかがえる。油圧式エレベーターの需要が伸長した理由としては、ロープ式エレベーターに比べて建築コストが低減できること、および日影規制による斜線制限の範囲内で建物の高さを最大限に利用できることなどがあげられる。建物の屋上にペントハウスが不要となる油圧式エレベーターの構造上の長が、建築計画上着目されたものと考えられる。

最近、油圧式エレベーターの高速化に対するニーズが高まってきた。過去3年間では定格速度30 m/min機種が33%減少し、同45 m/min機種は横ばいとなっているが、同60 m/min機種は67%増加している。駆動方式では直接押上式がほとんどなくなり、間接押上式が主流となっている。また、長行程対応化に対するニーズも高まってきた。

#### 4 拡大する油圧式エレベーターの用途

油圧式エレベーターは、機械室を昇降路最上部に設置することなく任意の位置に設置できること、昇降路最上

部の所要寸法が小さくできることなど構造上の利点から、建築計画上さまざまな用途に適している。特に最近では福祉社会への対応という面から、学校や病院、文化施設などの低階床公共施設をはじめ、地上や地下に設置される公共交通施設などへの需要が増加傾向にある。

香川県高松市では、市街地の交通事情の円滑化、歩行者空間の確保および都市美観の向上を目的として、地上交差点・地下横断歩道に油圧式エレベーターが導入された(図3参照)。これは屋上にペントハウスが不要な油圧式エレベーターの構造上の長を最大限に生かした納入事例である。今後この種の油圧式エレベーターが全国的に、特に高齢者社会や福祉社会向けに公共・都市交通機関で普及するものと思われる。

#### 5 インバータ制御油圧式エレベーター

油圧式エレベーターの市場動向として、乗用エレベーターの用途が増加している。このため、その乗り心地についてより快適性が求められてきている。従来の油圧式エレベーターは、ロープ式エレベーターに比較して速度制御の自由度が低く、運転時間、乗り心地の面で改善が望まれていた。また、消費電力量が多いという問題もあった。これらの問題を改善するため、昭和61年にマイコン制御化した高信頼度省電力型油圧式エレベーターを開発し、着床走行時間の短縮も図った。このたび、油圧式エレベーターの走行性能をよりいっそう改善するため、制御方式を一新したインバータ制御油圧式エレベーター

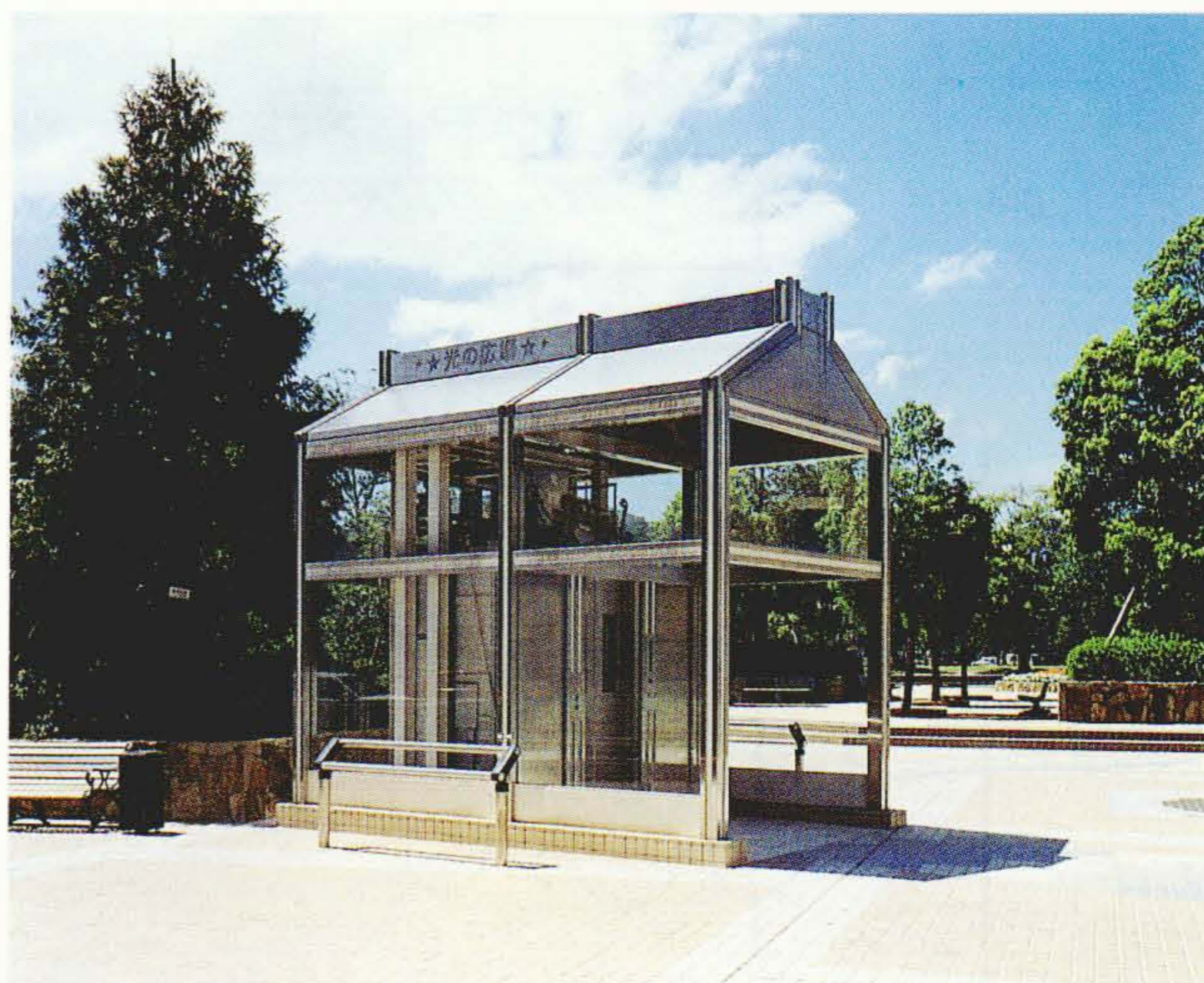


図3 香川県高松市の地上交差点光の広場に納入した油圧式エレベーター 交差点の四隅に配置し、高齢者や車いす・乳母車などを使用する人々の地上と地下の交通手段として使われている。

を開発した。

なお、ロープ式エレベーターは、高性能化、省エネルギー化のニーズの高まりに対応し早くからパワーエレクトロニクス化を図り、インバータ制御方式を採用しているが、油圧式エレベーターは、作動油を介した制御技術の確立が必要であり、高度な流体制御技術と安全性の高い制御弁の開発と相まって、今回初めて実用化に至ったものである。

### 5.1 システム構成

従来の油圧式エレベーターの乗りかごの速度制御は、流量制御弁で高圧油の流量を制御することによって行っていた(図4参照)。乗りかご上昇時には一定回転数の交流電動機で油圧ポンプが駆動されて、一定流量の高圧油が常に吐き出されている。このうち一部を流量制御弁を介して油タンクに戻し、必要な流量だけ油圧シリンダへ供給してプランジャを押し上げ乗りかごを上昇させる。乗りかご下降時には乗りかごの自重を利用して、油圧ジャッキ内の高圧油を下降用流量制御弁で制御しながら排出し乗りかごを下降させる。流量制御弁の制御機能は、

油温や負荷圧の変化によって変動するため、周囲温度や積載荷重によって乗り心地や運転時間が変化し、乗りかご上昇時は常時油圧ポンプを一定回転数で運転させているため、不要な電力を消費していた。

これらの点を改善するため、高圧油の流量を連続的に制御可能な方法を開発し、ロープ式エレベーターで実用化しているインバータ制御方式を採用することにした。このシステム構成を図5に示す。

インバータ制御油圧式エレベーターは、乗りかごの速度制御を油圧ポンプの回転数制御で行う。このため、制御装置では乗りかごの速度パターンに相当する指令信号を生成し、ベクトル制御電圧形インバータでエレベーターの運転方向に合わせて交流電動機の回転数および電圧を制御する。これにより、交流電動機に直結した油圧ポンプは交流電動機の回転数に比例した流量の高圧油を吐き出しまたは吸入し、油圧ジャッキを介して乗りかごを上昇、下降させる。制御装置はマイコン化しており、油温および負荷圧の変動に対してきめ細かな制御が可能となるため、乗り心地は飛躍的に向上しロープ式エレベーター

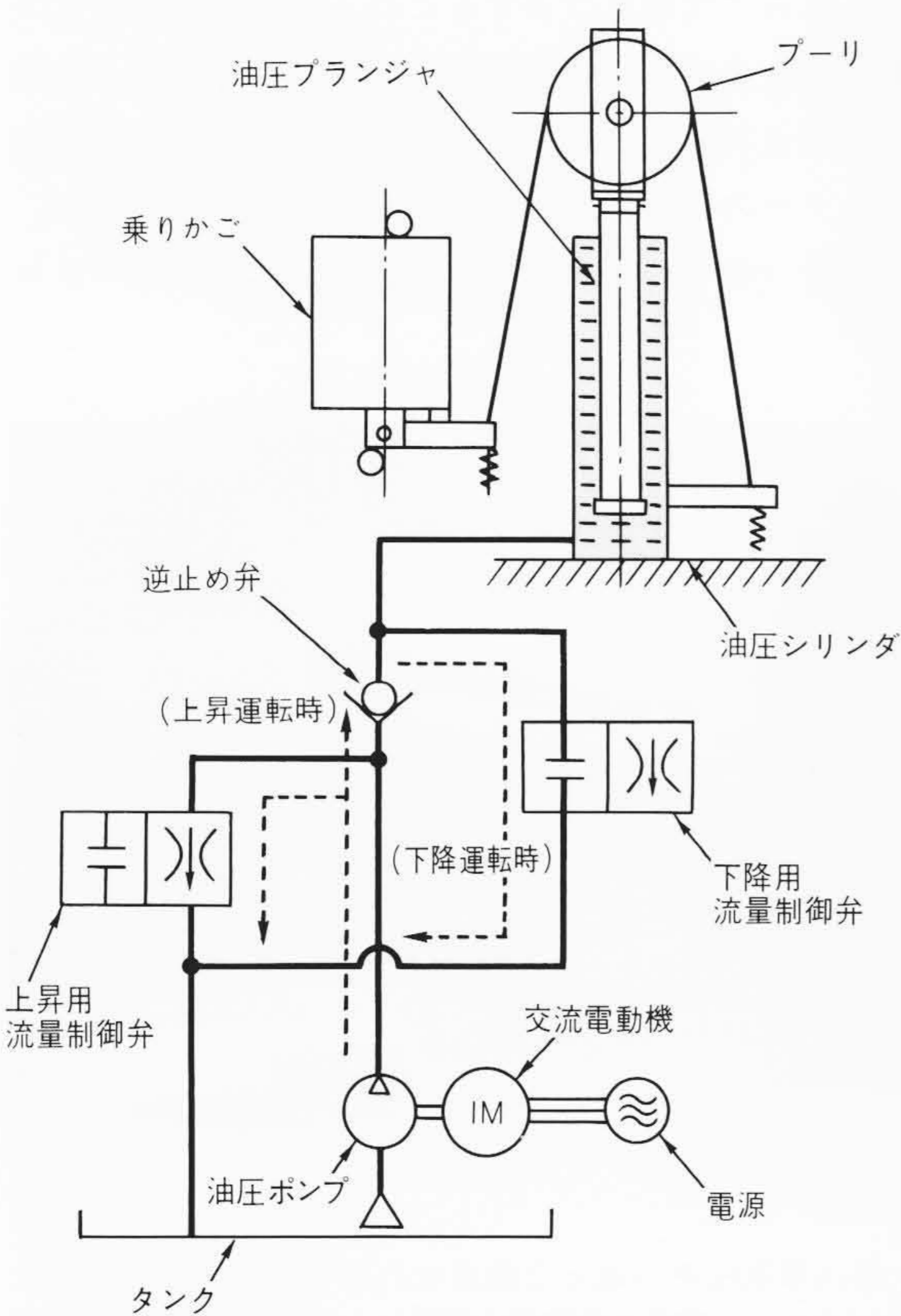


図4 従来の油圧式エレベーターの構成 乗りかごの上昇時は油圧ポンプで、下降時は乗りかごの自重を利用する。

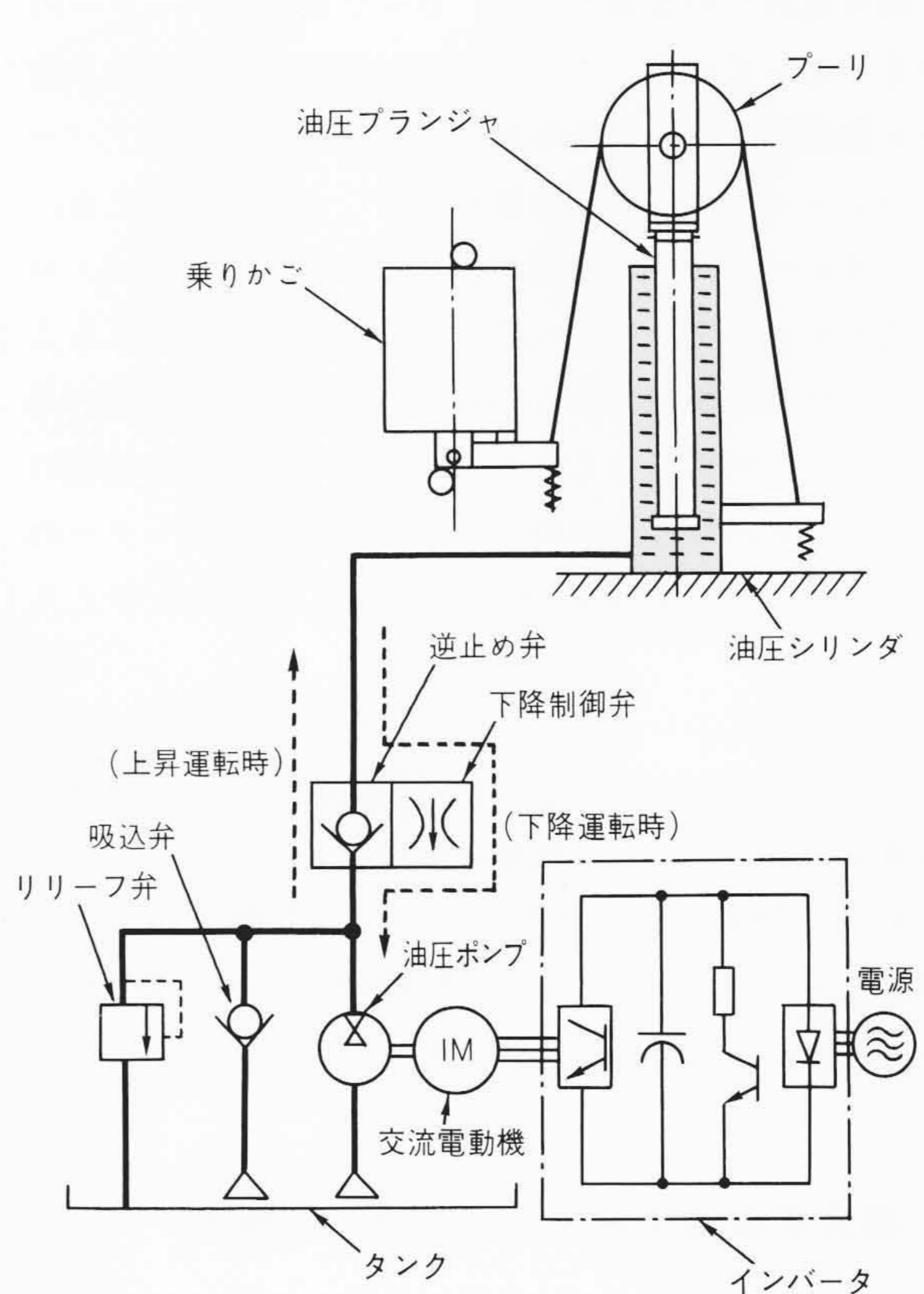


図5 インバータ制御油圧式エレベーターの構成 乗りかごの上昇・下降時とも油圧ポンプを用いる。

ター並みとなった。

インバータ制御油圧式エレベーターの乗りかごの速度、および加速度特性の一例を図6に示す。上昇時、下降時とも、起動時のスタートショックがなく円滑な加減速を実現している。また、減速から停止までの間の低速着床走行時間を大幅に短縮できた。さらに、負荷圧、油温補償制御を行うことにより、乗りかご下降時にも常に一定の全速速度で走行可能である。

### 5.2 制御弁および油圧パワーユニット

インバータ制御化により、エレベーター乗りかごの下降時にも制御弁の中の逆止め弁を強制的に開放しておく必要がある。一方、逆止め弁は乗りかごが停止しているときの位置保持や停電などの非常時でも安全に乗りかごを減速、停止させる安全装置の役割も担っている。そのため、今回開発した制御弁は、平常時にも非常時にも常に安全な減速度で所定時間内に閉弁できるメカニズムを確立し安全性の高いものとしている。

油圧パワーユニットは、図7に示すように交流電動機、油圧ポンプおよび制御弁で構成する油圧駆動部と、その上に配置した油タンクおよび制御盤を配置したコンパクト

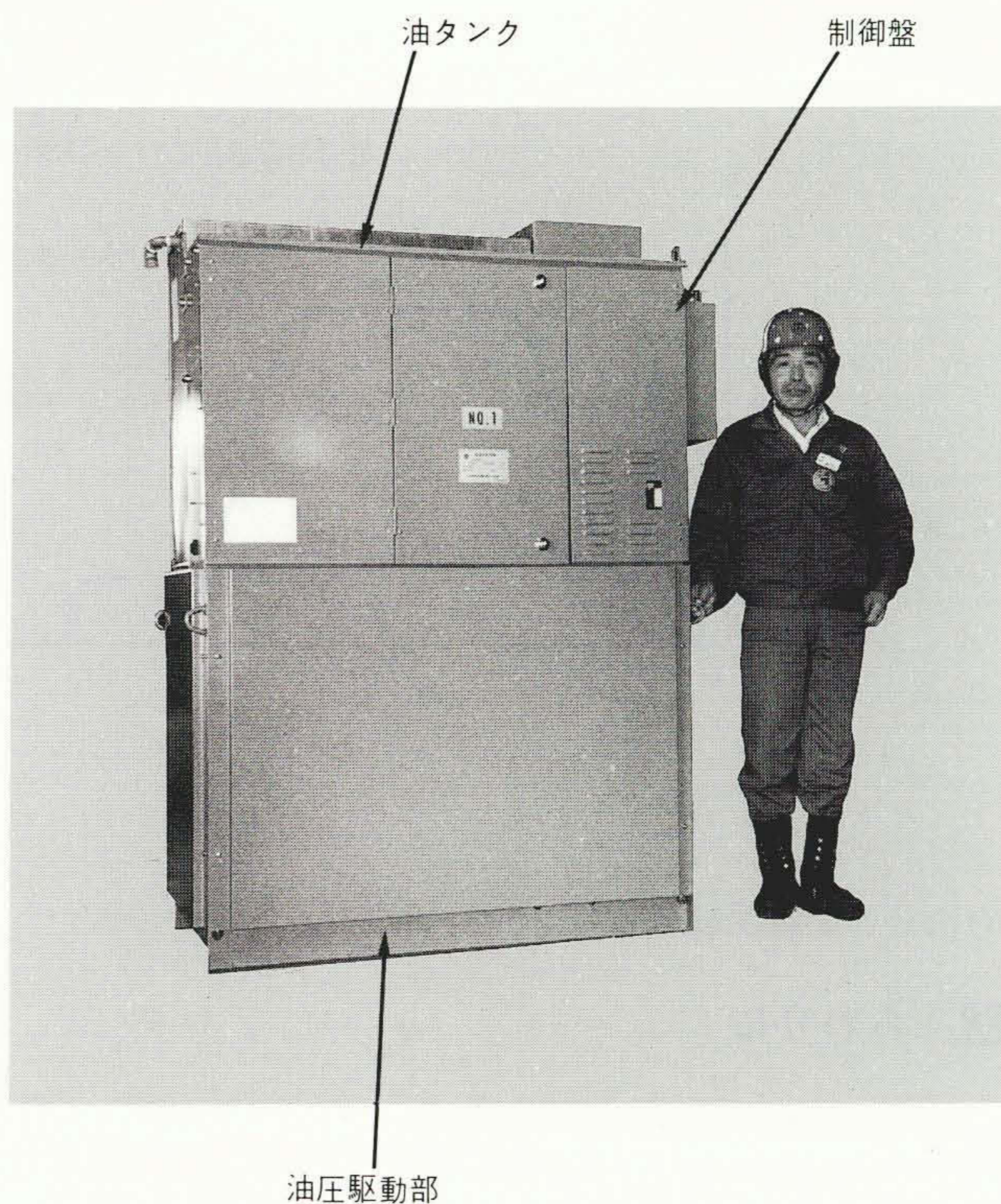


図7 油圧パワーユニット 油圧パワーユニットは油圧駆動部、タンク、制御盤を一体化してコンパクトにまとめた。また、油圧駆動部には防音パネルを設けて騒音の伝搬を防止している。

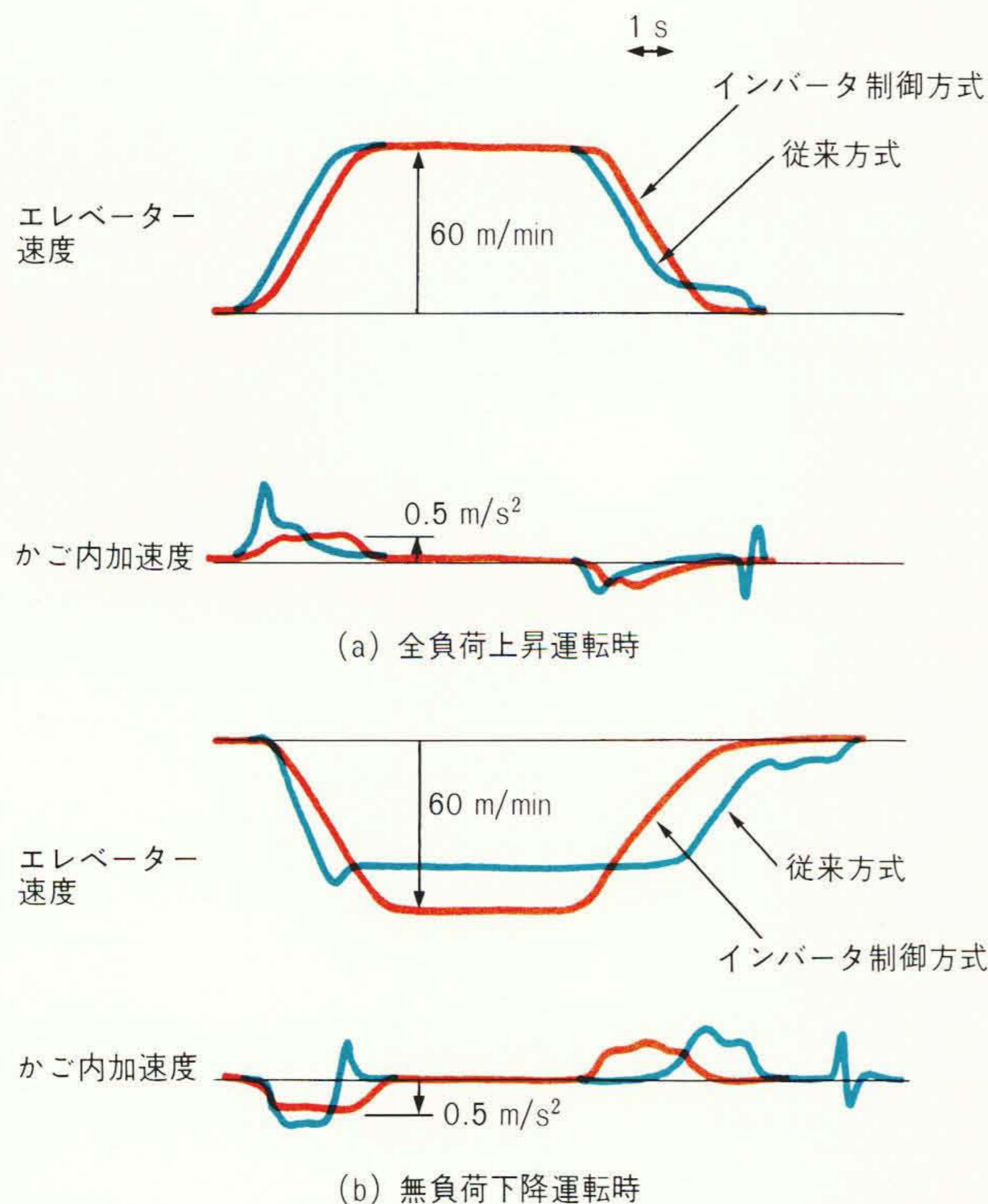


図6 インバータ制御油圧式エレベーターの制御特性 着床前の低速運転が少なく、円滑な乗りごこちが得られている。また、無負荷時の下降運転の際も定格速度で走行できる。

な構造である。制御装置などの小型化により、油圧パワーユニットの小型化が図れ、機械室必要面積を従来対比20%縮小することができた。また、油圧駆動部を防振支持するとともに周囲を防音パネルで囲み、運転時の建屋床への振動伝搬や油圧ポンプ、交流電動機からの騒音の伝搬を防止している。

### 5.3 インバータ制御による効果

油圧式エレベーターをインバータ制御することによって乗り心地の大幅な向上を図ったが、それとともに、消費電力量および電源設備容量の低減も可能となった。インバータ制御油圧式エレベーターの消費電力を、従来の油圧式エレベーターの消費電力と比較して図8に示す。

従来の油圧式エレベーターは、起動加速時および減速停止時にも交流電動機が全速で回転しているため、むだな電力を消費しており、また負荷条件によっては減速停止時の低速着床走行時間が長くなるため、さらに余分な電力を消費していた。これに対し、インバータ制御油圧式エレベーターは、エレベーターの起動から停止まで乗りかごの速度に比例した最低限の電力で十分であり、かつ運転時間も短縮されたので、エレベーターを運転するた

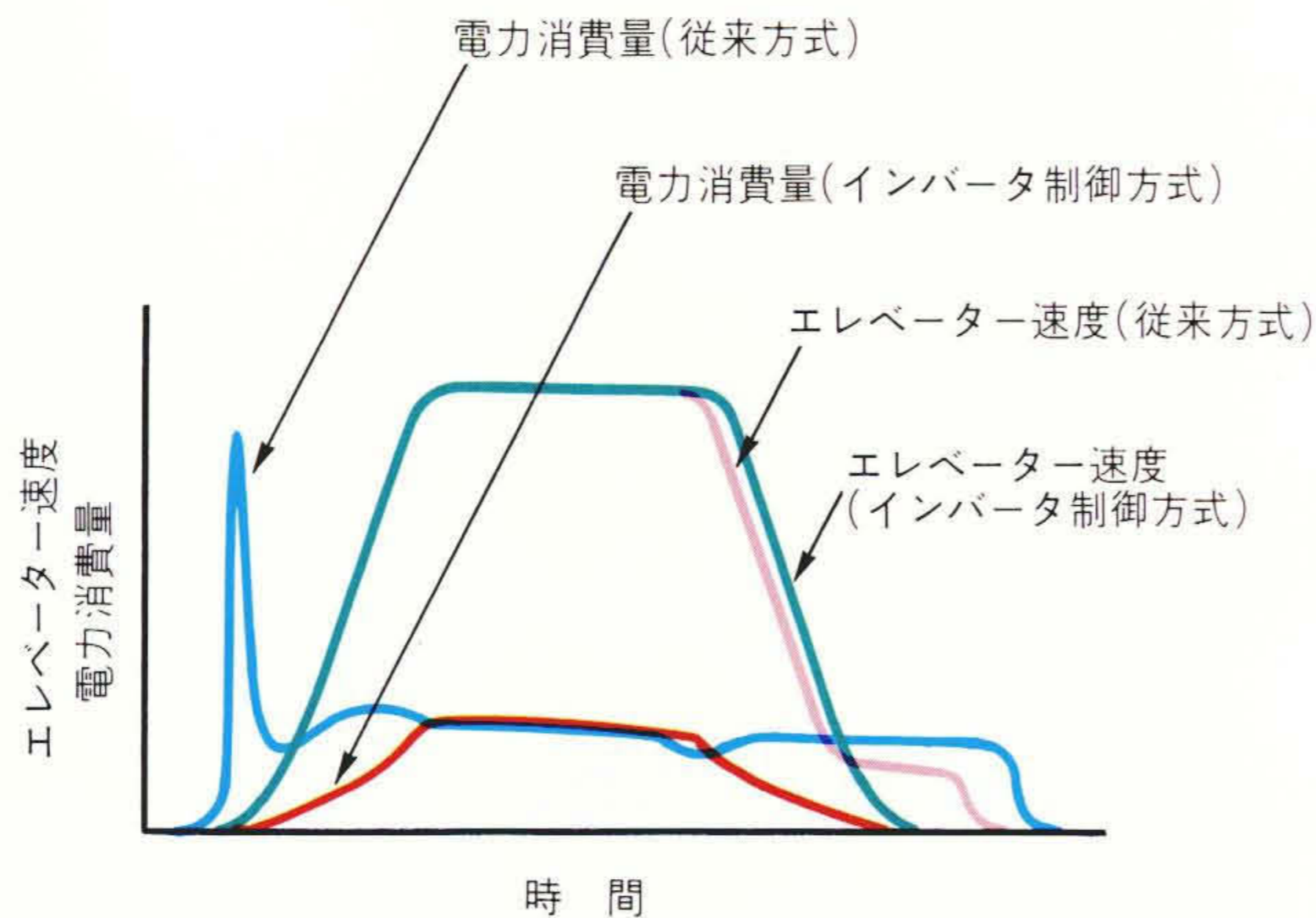


図8 電力消費量の比較 インバータ制御方式では、エレベーターの速度に見合った電力だけを消費している。

めに必要な電源設備容量を30%低減することができた。

## 6 おわりに

油圧式エレベーターの年間設置台数は年率20%の伸びを示すとともに、乗用でその伸びが著しい。また、福祉社会に対応した新しい需要も広がろうとしている。ここで述べたインバータ制御油圧式エレベーターは、その経済性、快適性からみて最近の需要動向に適合していると

確信している。

建築レイアウト上で有利な油圧式エレベーターには長行程対応化、大型化、高速化、省エネルギー化などのニーズが今後高まるものと予想される。長行程対応化に関しては、昇降行程が20 mを超える事務所ビルやマンションへの採用計画が多くなっている。今後とも油圧制御技術などの進歩、発展を踏まえて、新たな社会ニーズに対応した油圧式エレベーターを開発していく考えである。

## 参考文献

- 1) 武田, 外: 高信頼度・省電力油圧式エレベーターの開発, 日立評論, 70, 10, 1005~1008(昭63-10)
- 2) 佐々木, 外: インバータ制御油圧式エレベーター 日本機械学会技術講演会論文集('91-1-22, 23, 東京)
- 3) 渡辺, 外: インバータ制御油圧式エレベーターの制御弁の開発 日本機械学会第69期全国大会講演会講演論文集 Vol.C(1991-10.16, 17.名古屋)
- 4) (社)日本エレベーター協会: エレベーター界(平1~平4-10月)