

アンローダ用静止レオナード制御と自動運転

Static Leonard Control System and Automatic Drive for an Unloader

村上 啓一* 藪 博 昭**
Kei'ichi Murakami Hiroaki Yabu

要 旨

サイリスタはその急速な発展により動作が安定し、長寿命高信頼度を有することが確認され、各方面で大容量電動機の静止レオナード制御が実用化されている。一方、アンローダは大容量、高速化するにつれて、運転者に高度な技術を要求するようになってきた。本稿では、アンローダの静止レオナード制御および自動運転方式について述べる。

1. 緒 言

今回、国際埠頭株式会社納 1,000 t/h アンローダ、富士製鉄株式会社広畑製鉄所納 1,500 t/h アンローダをあいついで納入した。本アンローダの制御回路にはトランジスタ演算増幅器、トランジスタ論理素子、1 kc 混合増幅器などの高性能静止機器を採用し、主回路には逆並列接続無循環電流方式による静止レオナード制御を採用し、実用運転にはいった。ここにこれら大容量アンローダの実績を中心に、静止レオナード制御および富士製鉄株式会社納アンローダに採用した自動運転方式について述べる。

2. ロープトロリ式アンローダ⁽¹⁾

各種アンローダのうち最も一般的な形式として世界的に広く採用されているものは、グラブバケットにより鉱石、石炭、塩などのばら物原料を陸揚げする方式であり、この方式のアンローダでは巻上、横行ウインチをトロリに搭載して、運転室がトロリとともに移動するマントロ式アンローダが従来から用いられていた。マントロ式アンローダは船倉内の見通しが良く、グラブバケットを眼下に見ながら適時適切な操作ができ、巻上、横行の高速運転とあいまってきわめて能率よく荷役をできる利点があるが、クレーン全体の重量が大となり工事費も含めて設備費が高くなる欠点がある。一方ロープトロリ式アンローダでは、巻上、横行のウインチをけた上に設けグラブバケットの開閉、巻上下、トロリの横行はロープを介して行なわれるので、動荷重が小さくなり、したがって軽量で設備費が安い利点がある。ロープの消耗、ロープのたるみなどに問題点があったが、ロープの性能が向上して寿命が延びたこと、およびたるみとり機構を付けてたるみを少なくすることにより、おおむね解決した。今回納入された国際埠頭株式会社納 1,000 t/h アンローダおよび富士製鉄株式会社広畑製鉄所納 1,500 t/h アンローダはこの種のものである。

ロープトロリ式アンローダの概略機構図を図1に示す。グラブバケットをつる主トロリのほかに補助トロリを備えた形式で、補助トロリの移動により横行中グラブバケットが水平に保たれる構造になっている。運転室の移動はトロリとは別に単独に移動することができるので、見通しのよい操作しやすい場所に止めて運転することができる。

3. ワードレオナード制御と 静止レオナード制御との比較

従来のワードレオナード制御と静止レオナード制御とを比較すると、次のとおりである。

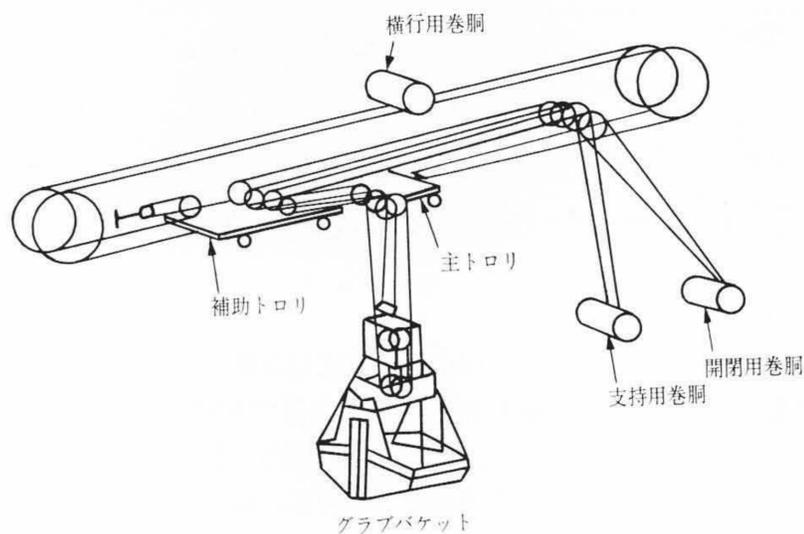


図1 ロープトロリ式アンローダ概略機構図

3.1 制御性能

ワードレオナード方式は磁気増幅器、励磁機、直流発電機とからなり、大きな時定数を有する機器であった。静止レオナード方式は1 kc 信号絶縁増幅器、トランジスタ演算増幅器、トランジスタ式自動パルス移相器、サイリスタを使用しているので時定数は非常に小さく、ダンピング回路はエネルギーレベルの高い側から低い側へのフィードバック補償が簡単な受動回路ででき、電流制限が容易で加減速の電流波形率を小さくすることができるので電動機的能力を最大限に発揮させることができるから、制御性能が非常にすぐれている。

3.2 効 率

ワードレオナードの電力効率はたかだか 85% 程度であるが、静止レオナードは 90% 以上可能である。特に負荷が軽くなると回転機部分を有するワードレオナード方式では定損失が大きいため、損失分の差はさらに大きくなる。

3.3 力 率

サイリスタ(SCR)変換器の力率はほぼ格子率に比例する。定格制御率は電源電圧変動、電動機の IR 降下などに対する制御余裕を考慮して設計されるので、力率は 80% 前後となる。アンローダではひん繁に加減速をくり返すため平均力率は低下する。特に低速運転では、格子率が小さくなるので力率は小さい。力率改善用としては、2組の変換器を直列に接続して相互に逆極性の固定バイアスを加えて位相制御する方法があるが、アンローダの場合には特に必要がない。

ワードレオナード方式では誘導電動機を使用した場合には力率はほぼ 85% であるが、負荷が軽くなると低下する。

3.4 保 守、点 検

ワードレオナード方式では、整流子などの点検が必要であるが、

* 日立製作所機電事業本部

** 日立製作所日立工場

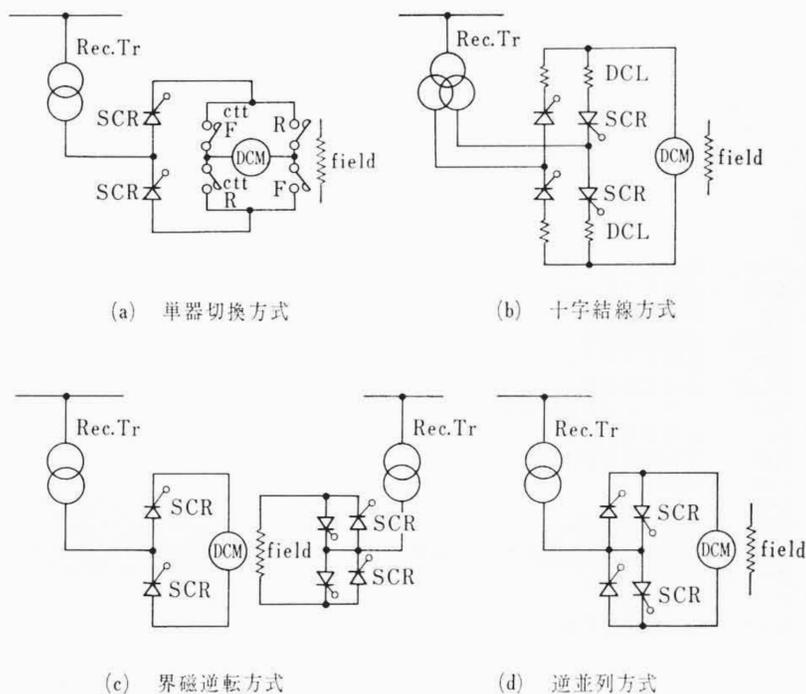


図2 静止レオナード制御方式の種類

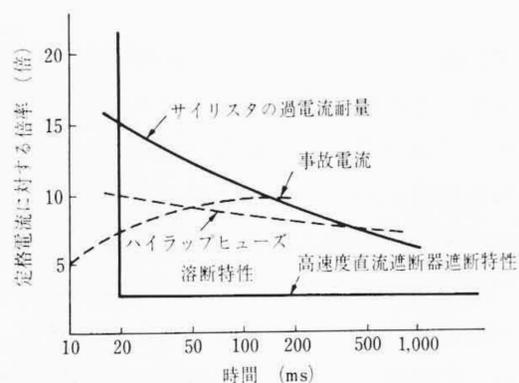


図3 過電流保護協調曲線

静止レオナード方式は制御機器の進歩によりユニット化されているので、保守点検は容易である。また各種の保護装置が付いているため万一故障したときでも故障箇所は早期に発見され、不稼働時間を短縮することができる。なお保護インターロックの数の特に多い場合には故障表示器が設けられている。

4. 静止レオナード制御のアンローダへの応用

可逆静止レオナード制御の種類および問題点を次に述べる。各種方式の回路図を図2に示す⁽²⁾。

単器切換方式(図2(a))は単変換器で可逆運転が可能で安価であるが、機械的接触機構を用いるのでアンローダのように高ひん度で可逆運転、加減速運転を行なう場合には不相当である。

十字結線方式(図2(b))は2組の順逆両変換器を有し、常時両変換器を動作させているので無接点で可逆制御ができるが循環電流制限リアクトル、循環電流制御装置を必要とするので、変圧器の二次巻線は2個必要である。その容量は循環電流相当分の余裕を必要とするので高価となる。

界磁逆転方式(図2(c))の電機子回路は単変換器で可逆運転が可能であるが、界磁用変換器は順逆2組の変換器を必要とし、界磁逆転時間を短くするため大きなフォーシングを必要とする。電動機は界磁の応答速度を高めるため、特殊積層鉄構造とする。アンローダの適用に対しては、標準クレーン電動機を使用する場合には十分検討しなければならない。

逆並列方式(図2(d))の順逆変換器の切換は無接点論理素子により、電流値および速度偏差を検出して極短時間に行なわれるので可逆運転が円滑にでき、循環電流を流さないで経済的である。

表1 静止レオナード装置一覧表

操作	電動機容量	回路電圧	サイリスタ接続方式	制御方式	その他の制御
支持	460 kW	360 V	逆並列無循環電流	マイナACR付ASR	負荷平衡 速度平衡 自動沈み 自動運転
開閉	460 kW	360 V	逆並列無循環電流	マイナACR付ASR	
横行	150 kW	300 V	逆並列無循環電流	マイナACR付ASR	
俯仰	75 kW	300 V	(切換により共用)	(切換により共用)	
走行	40 kW×4台	220 V	逆並列無循環電流	マイナACR付AVR	

5. サイリスタ装置の保護協調

逆並列接続を構成するサイリスタの破壊の要因として、電圧、電流、ターンオン時の di/dt、ゲート回路などがあるが、次のような対策が講じられている⁽³⁾。

5.1 電圧

サイリスタの定格電圧は、通常電源電圧が10%上昇しているとき開閉サージ、雷サージ、転流時の振動電圧などのサージが発生すると、サージアブソーバにより200%以下に押えることができることをこれまでの実績より予想して、動作せん頭電圧の2.2倍に選定している。

本装置に使用した素子の構成は直列接続をしていないので、直列接続に対する電圧分担の問題は考慮していない。

5.2 電流

異常電流保護装置として、ハイラップヒューズ(高速度限流ヒューズ)および高速度直流遮断器を用いている。富士製鉄株式会社広畑製鉄所納支持および開閉用の保護協調曲線を一例として図3に示す。保護協調曲線は、サイリスタの万一の破壊による事故電流に対して直列のハイラップヒューズが溶断し、破壊素子を回路から切り放し、負荷の事故電流または転流失敗による過電流に対しては高速度直流遮断器が動作する。

本装置は素子を並列に使用しているため、ターンオン時の遅れ時間のバラツキによりターンオン時間の短い1素子がさきに点弧したとき、サージアブソーバおよびほかの並列素子の並列コンデンサの放電電流が集中して流れ、電流の di/dt が高くなるので素子を破壊するおそれがある。これを防ぐためにアノードリアクトルを接続して di/dt を押えけるとともに、素子の遅れ時間のバラツキを数 μs 以内に選定している。

また素子の順電圧降下を十分考慮し、導体の配線も電流が平衡するように配線の引き出しを注意している。

以上により並列各素子間の電流不平衡率は、±20%以内に押えられている。

5.3 ターンオン時の di/dt

ターンオン時の di/dt はアノードリアクトルおよびアノード、カソード間の抵抗、コンデンサ値を適当に選定し制限している。

5.4 ゲート回路

ゲート回路に対する考慮としては、ゲートパルスの立上り時間を1~2 μs の急しゅんなものとし、素子の遅れ時間のバラツキを少なくしている。また耐雑音対策として、ゲート配線をシールド線とし最短距離で配線している。

そのほか、冷却扇の停止や冷却風量の低下による素子温度の過上昇については、冷却扇にはサーマルリレー素子にはサーマラームを付けて冷却不良を防止している。

6. 静止レオナード制御系

今回納入した富士製鉄株式会社納 1,500 t/h アンローダの静止レオナード装置の一覧表を表1に示す。また逆並列接続マイナ ACR

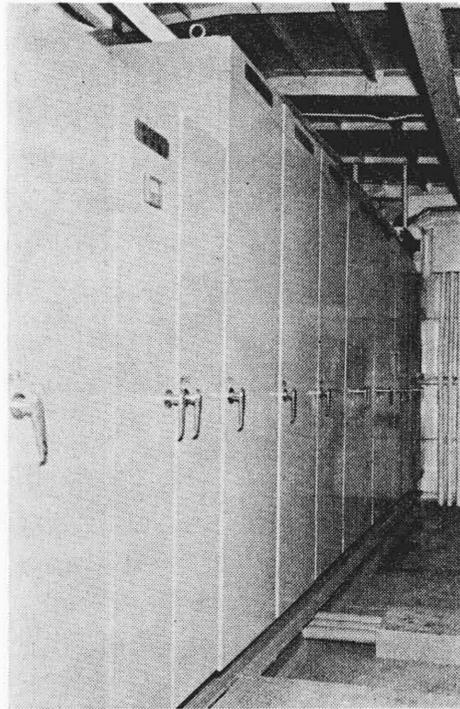


図6 制御装置

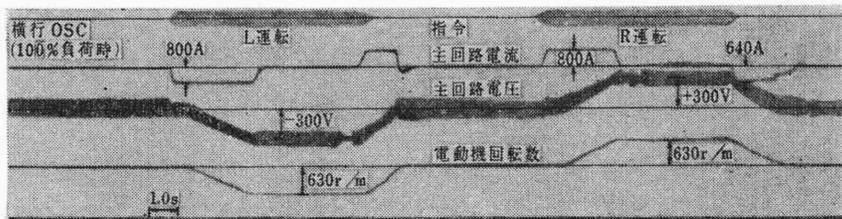


図7 加減速オシログラム

7.3 自動運転

大形船を対象とする運転は、つかみ起動および巻下停止のみ自動運転用コントローラにより行なう。自動運転用コントローラを図9に示す。図中番号0は自動運転停止位置、番号1は自動運転起動位置であり、この2点のみであれば一般に用いられている自動運転ハンドルであるが、本装置には番号2, 3, 4を設け自動運転中この位置にコントローラを操作すると、巻下はスケジュールどおりの自動運転を継続しているながら、横行のみを手動補正することができる。アンローダの荷揚作業において振り込み、振れ止めなど手動によらなくても作業できるのは、大形船でも全作業のたかだか60%程度であり、しかもバケットをホッパ上で開き、横行海側に運転してきて開下げ、横行停止するとき次のつかみ量を最大とする場所を選択するには、どうしても手動によらなければならない。このため自動運転中に横行の手動補正をとり入れた。

また、自動運転の運転コース選択には模範運転と、ならい運転がある。模範運転とは自動運転を行なうとき、最初に運転者が模範となるコースを運転し、これを記憶しておき、次からの自動運転はこのコースをたどることになる。一方ならい運転は模範運転コースどおりではつかみ量を最大にすることができないので、横行の手動の補正をしたとき、このコースを記憶しておき、次の運転は模範コースではなく、この補正されたコースをたどることになる。ならい運転から模範コースに移すときには、自動運転中にならりリセットにコントローラを操作すれば元に戻すことができる。

自動運転動作ダイヤグラムを図8(a)に、自動運転コースを図10に示す。

巻上方向位置検出はアナログ量で、横行方向の位置検出は横行距離に比例した親子式メタローチスイッチ(無接点金属体検出器)付ギヤドリミットスイッチにより行なわれる。

横行陸方向運転はホッパ付近にあらかじめ定められた点を通過したとき、プログラムに従って自動減速され、ホッパ上で停止し、あ

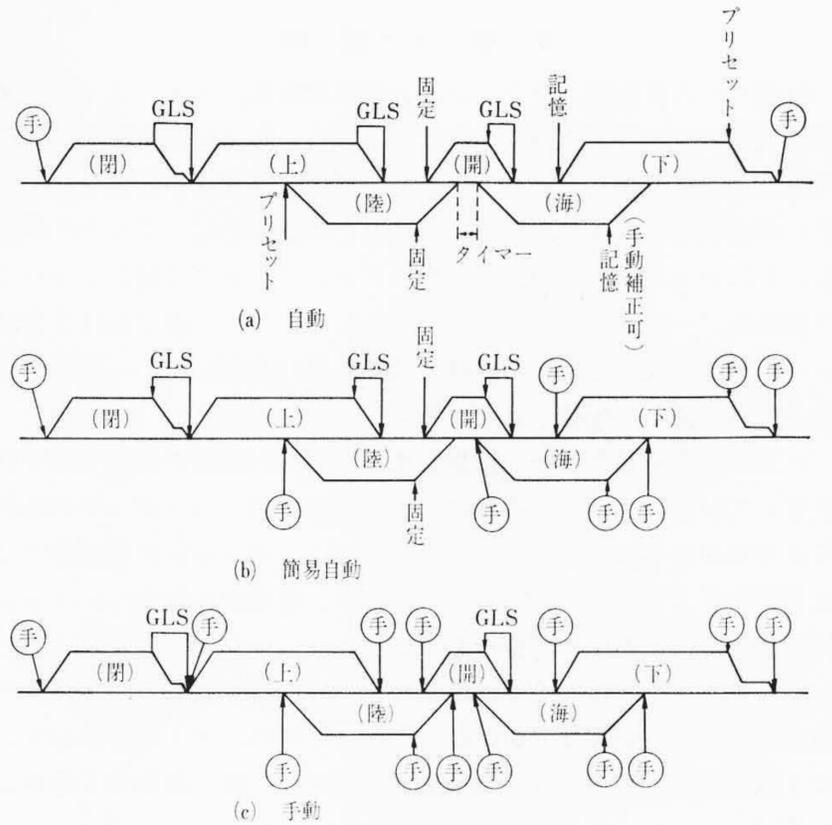


図8 動作ダイヤグラム

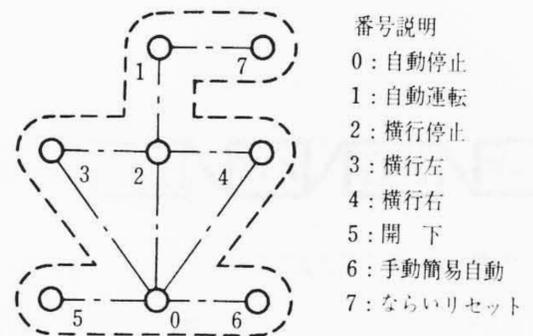


図9 自動運転用コントローラ

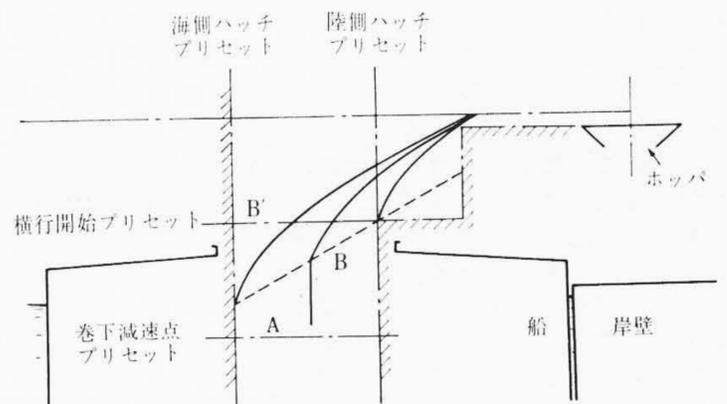


図10 自動運転荷上曲線

る時間後、横行海が起動し、横行海側の停止位置にトロリが近づくとプリセットにより決定された停止位置より、陸側にあらかじめ定められた点を通過したとき、プログラムに従って自動減速し、停止位置で止まる。

巻上は、ポッパより約1m高い所で停止するようリミットスイッチを設けている。巻下自動減速はプリセットによりあらかじめ設定された高さAを、巻下時通過したときに行なわれる。

横行陸方向の運転は巻上運転時プリセットにより、あらかじめ設定された高さBを通過したときに開始される。プリセットによってはB'が設定されるが、演算器により横行速度と巻上速度の関係を考慮し、動作責務が短くなるようBの傾斜を設定している(4)。

船倉幅の制限はプリセットにより行なわれる。ホッパ周辺および船倉近傍には、斜線で示す制限領域を設けて安全を期している。

8. 据付・配線

自動パルス移相器，トランジスタ演算増幅器，トランジスタ論理素子などのサイリスタ制御装置は，高利得，高インピーダンス回路であり，応答速度が非常に早いので，外部誘導雑音の影響を受けやすく雑音信号に追従し，出力が短絡または振動を起こすおそれがある。したがってこれらの高インピーダンスアナログ回路およびパルス回路を，一般制御配線とは別系統とし，ツイスト線または完全なシールド線を使用している。特に盤外配線は強電回路，一般制御回路とは極力離して配線されている。

一方，弱電部品を数多く使用しているので，振動に対しては十分注意している。ユニット内部においては抵抗器，コンデンサの取付方法を特殊なものとし，ユニット結合のマルチジャックも振動でははずれないようロック付としているほか，配線の止め方，ユニットの取り付けにも耐振の考慮をしている。

またアンローダは，石炭，鉍石などの粉塵(ふんじん)の多い所で使われるので，弱電部品およびサイリスタには，ゴミのはいらぬよう電気品室に内部循環式冷房装置を設け，外部と隔絶する場合もある。

9. 結 言

以上述べたようにアンローダの静止レオナード方式としては，逆並列接続無循環電流方式が現在では最適であり，マイナ ACR 付 ASR または AVR 系にすることにより，電動機を有効に利用でき，制御性能も従来のワードレオナードよりすぐれている。

また自動運転については自動運転中に横行補正ができる方式としているので実用上問題ないが，自動運転の最終姿としては，バケットの振れ止めの問題が残る。振れ止め装置については現在検討中で，近い将来実用機に付ける予定である。

終わりに本装置の採用に当たり，終始ご便宜を図っていただいた国際埠頭株式会社，富士製鉄株式会社広畑製鉄所の各位に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 井上：産業機械
- (2) 岩城ほか：日立評論 48, 1212 (昭 41-10)
- (3) 岩田ほか：日立評論 48, 1205 (昭 41-10)
- (4) 特許申請中



新 案 の 紹 介



登録実用新案 第772275号

木村博一

高 電 圧 電 子 源 装 置

高電圧電子顕微鏡あるいは電子加速器などの高電圧電子源装置においては，装置全体を小形化するために，その高電圧部分を高気圧タンク中に封入して使用する場合が多い。しかしこのような構造では電子銃部に故障（たとえばフィラメントの断線など）が生じたときには修理に当たって高気圧タンクの開放および内部ガスの放出を余儀なくされ，作業がめんどろでありかつ不経済であった。

この考案はこの欠点を避けるために，加速管の加速電子取出側と反対の側を高気圧タンク外まで延長し，タンクの開閉と無関係に加速管の開閉を可能ならしめ，タンクを開くことなく電子銃部の修理を可能ならしめたものである。

図はその一実施例を示すもので，電子銃から放射された電子ビームは加速管内で加速され，下端より取り出される。しかし加速管の上端は絶縁管により高気圧タンクの上ぶたの外まで延長されているため，たとえば電子銃フィラメントの交換の場合には，高気圧タンクを開くことなく，タンク外で真空ぶたを開いて作業を行なうことができる。したがって，修理に際して，タンクを開く手間がなく高価な絶縁ガス放出を避けることができ，経済的にも有効である。

(松島)

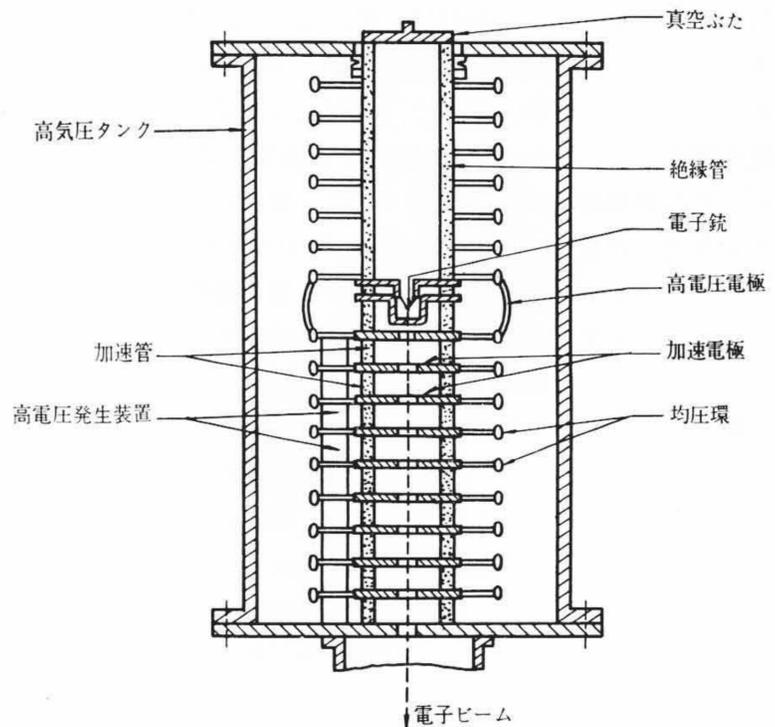


図 1