U. D. C. 621.335.9 : 662.741.35-52

全自動運転方式コークス消火車

Automatic Program Controlled Coke Quenching Car

池田太一* 秋浜雄一**
Taichi Ikeda Yûichi Akihama
高山雅幸** 土谷光一**
Masayuki Takayama Kôichi Tsuchiya

要　　旨

製鉄所，ガス会社などのコークス工場において，赤熱コークスを運搬する消火車は従来より専用の電気機関車によりけん引する方式が採用されていた。

今回，大阪瓦斯株式会社堺工場第3期コークス炉用に製作した消火車は従来の機関車と消火車を一体とした構造で，自走方式として，全自動運転を試みたものである。

その結果，従来のけん引方式である既納車と比較して，総重量で約14トンの軽量化が可能となり，積載重量を11%増加し，かつ加速度を50%高くとることができ，性能向上に大きな効果をあげることができた。また，誘導無線方式を採用することにより自動運転に対する信頼性を高めた。

1. 緒　　言

コークス工場における消火車は，コークス炉から押し出された赤熱コークスを積んで，これを消火塔まで運び，散水消火後，コークワーフまで走行してコークスを排出するまでの一連の作業を行なう車両で，従来から専用の電気機関車によりけん引される方式が採用されている。

最近，コークス炉が大形化される傾向にあり，それに伴って消火車とこれをけん引する機関車も大きくなり，従来13～16 t 程度であった機関車も最近では20～30 t クラスの機関車が多くなってきた。大阪瓦斯株式会社堺工場においては，第1期コークス炉用として，16 t の電気機関車が納入されたが，第2期では20 t の電気機関車に容量が増加された。さらに第3期コークス炉用としては，積載コークスの増加と運転サイクルタイムの短縮を図るため，従来のけん引方式では25 t クラスの機関車が必要となった。そこで，消火車と機関車を一体構造として，消火車の自重を粘着に利用した自走式消火車を開発し，性能の向上と軽量化とを図ったものである。

また合理化の一環として，消火車の一連の作業を自動化し，省力化と作業環境の改善を試みた。以下自走式消火車の構造と性能の概要について述べる。

2. 自走式消火車の概要

消火車は図1に示すように従来の消火車と機関車を一体とした構造で，赤熱コークスを積載するコークス槽(そう)と，運転に必要な機器を収納してある機械室および運転室を一つの台わく上に配置している。

コークス槽はコークスを均一な厚さに積載できるように，積込時のコークス槽床板傾斜角を18度とし，排出時は30度に傾動させるダンプ方式である。また機械室内部には空気圧縮機，電磁接触器，自動運転制御装置，誘導無線機などを配置している。自走式消火車の一連の運転は車上のプログラム制御により，自動運転ができるようになっている。

またコークス製造設備の関連装置である押出機，装炭車およびガイド車との関連信号は誘導無線方式によって送受信している。表1は主要仕様を示したものである。

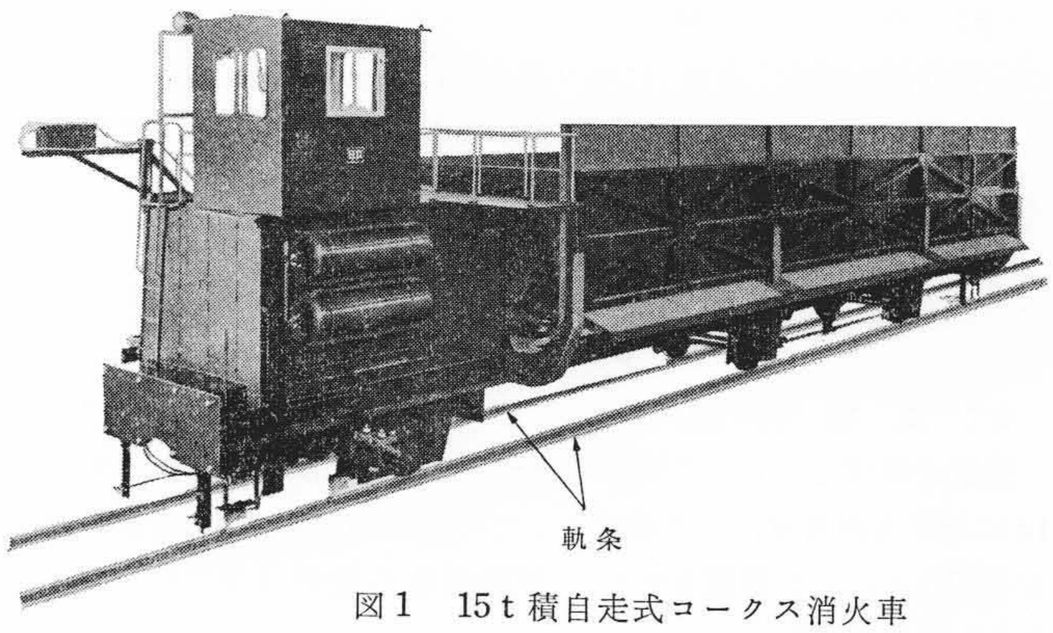


図1　15 t 積自走式コークス消火車

表1　自走式コークス消火車主要仕様

項目	仕様
形式	固定　3軸　ダンプ式
積載荷重	15 t
自重	63 t
軌間	1,435 mm
車輪径	860 mm
車体寸法	
全長	21,000 mm
全幅	5,310 mm
全高	5,605 mm
コークス槽長さ	15,048 mm
コークス槽傾斜角	常時 18度，コークス排出時 30度
電気方式	三相交流　440 V　3φ　60 Hz
主電動機	三相交流誘導電動機　1台
1時間定格	
出力	高速　60 kW(4P)，低速　12 kW(24P)
速度	高速　169 m/min，低速　25 m/min
けん引力	高速　1,970 kg，低速　2,610 kg
集電方式	ガータートロリシュー式
動力伝達方式	歯車3段減速直角カルダン方式1軸駆動
制動方式	直通空気ブレーキ，回生ブレーキ，電磁ブレーキ
制御方式	間接制御
速度制御方式	主電動機極数変換式
自動運転方式	ガイド車方向判別式全プログラム制御方式
信号方式	誘導無線方式
コークス槽ダンプ方式	電磁空気式

3. 構造および性能

3.1 走行装置

主電動機は既納車との互換性を考慮して，第2期で使用したもの

* 大阪瓦斯株式会社技術部
** 日立製作所水戸工場

と同じ60kWの三相誘導電動機を使用し，直角カルダン方式により一軸を駆動している。走行車輪の軸配置は固定3軸方式とし，機械室側の1軸を駆動軸としている。またほかの2軸間には軸重をバランスさせるための釣合装置を設けて，2軸車と同じ効果をもたせてある。したがって3軸車であっても駆動軸の粘着重量の変動が少なく安定した走行ができる構造になっている。また自走式とすることにより，駆動軸の軸重はコークス槽などの重量を利用できるため，1軸でもじゅうぶんな粘着重量を得ることができる。なお従来のけん引方式より全体的に大幅な軽量化が可能となるため，既納車と同出力の電動機であっても，積載重量を増加することができ，かつ大きな加速度が得られ，作業能率の向上が期待される。

表2はけん引方式と自走式との仕様および性能比較を，**図2**は，自走式消火車の加速特性の波形例を示したものである。

3.2　ブレーキ装置

ブレーキ装置は自動運転の場合の停止精度を±100mm以下にするため，**図3**に示すように速度を2段に切り換えて停止する方式とした。すなわち近接スイッチによる最初の位置検出により，回生ブレーキと空気ブレーキを併用し減速させ，所定の速度まで減速したことを速度検出器で検知して空気ブレーキをゆるめて低速力行運転に移り，さらに次の位置検出で駆動軸に電磁ブレーキをかけて停止させる構造としている。

空気ブレーキは各軸のブレーキ装置をそれぞれ独立した空気回路で構成しているため，1軸に故障を生じてもほかの2軸のブレーキ装置で安全に停止できる構造にしてある。また元空気だめに異常が生じた場合でも，補助空気だめから自動的に空気が供給され，ブレーキが動作して停止できるようになっている。

各軸のブレーキ装置の故障を想定し，ブレーキ距離を実測した結果は**表3**に，正常な状態の減速特性の波形例は**図4**に示すとおりである。

表2　仕様および性能比較

方式 ＼ 項目	けん引方式	自走式	
	設計値	設計値	実測値
総重量	77 t（機関車＋消火車）	63 t	—
積載重量	13.5 t	15 t	—
粘着重量	20 t	23 t	—
軸数	消火車4軸，機関車2軸	3軸	—
平均加速度	0.61 km/h/s	0.93 km/h/s	0.935 km/h/s
平均減速度	1.25～1.92	1.25～1.92 km/h/s	1.6 km/h/s
運転サイクル	6分5秒～6分28秒	5分46秒～5分58秒	5分39秒
電動機出力	60 kW	60 kW	

また軌道両端の暴走防止については三重系として安全性に対する信頼度を高めているほか，同一軌道上の端部に待機している予備車との衝突保護のため，全速で衝突しても，全エネルギーを吸収できるアーチバー形ゴム緩衝器を取り付け，車端衝撃を70t以下に押えている。

ゴム緩衝器の特性は**図5**に示すとおりである。

3.3　車　　体

車体構造は前述のとおりコークス槽と機械室が一体の台わく上に配置してあるため，機械室はコークス槽からの輻射(ふくしゃ)熱の影響をうけやすい。この輻射熱をしゃ断するため，コークス槽と機械室の間にしゃ熱板を取り付け走行時の通風を利用して断熱効果を高めている。また運転室には断熱材を張り，窓ガラスには耐熱ガラスを使用している。

図6は機械室内の温度測定結果である。図からわかるように機械室内の温度は従来のけん引方式の時より若干低い値を示しており，しゃ熱板の効果が現われており，赤熱コークスの輻射熱による機器への影響は自走式として機械室をコークス槽側に接近させても温度的には問題はない。またコークス槽を傾動した場合の振動加速度の値は台わく上で**表4**に示すとおりで，傾動時の衝撃による機器への影響についても問題はない。

赤熱コークスを直接うけるコークス槽の底板には従来から鋳鋼またはダクタイル鋳鉄を使用していたが，今回は各種基礎試験の結果，耐候性，耐摩耗性のすぐれたロール材を採用している。

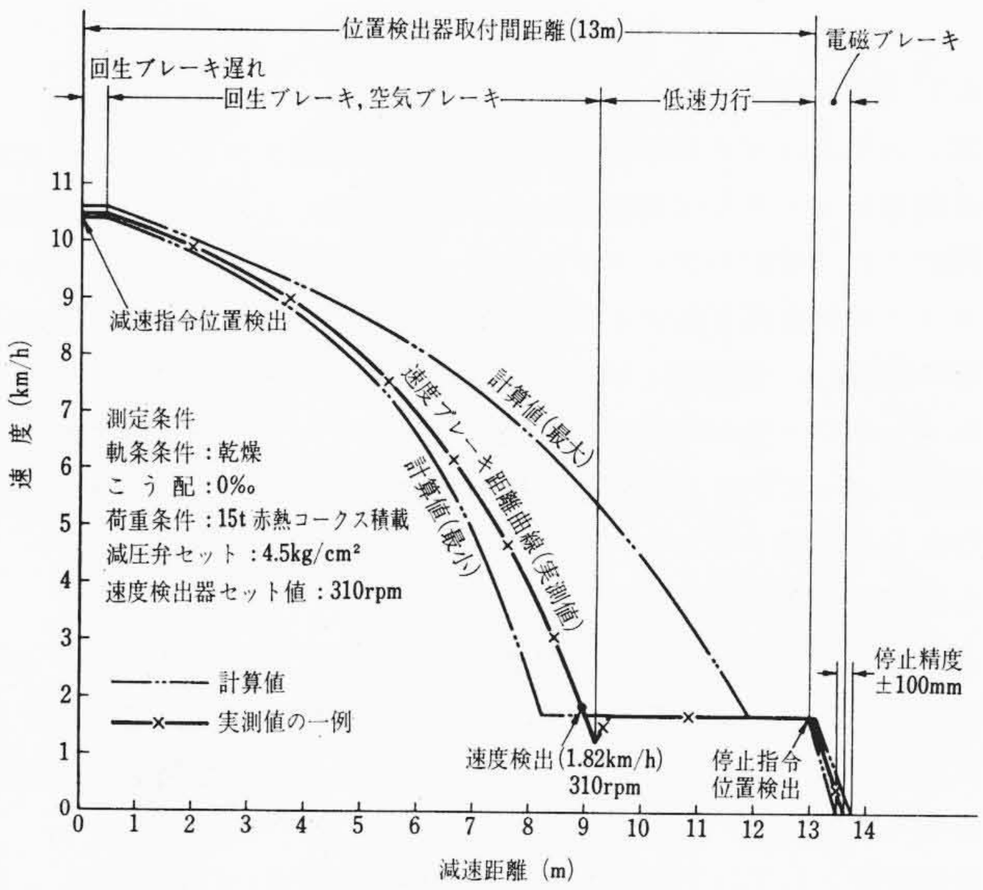
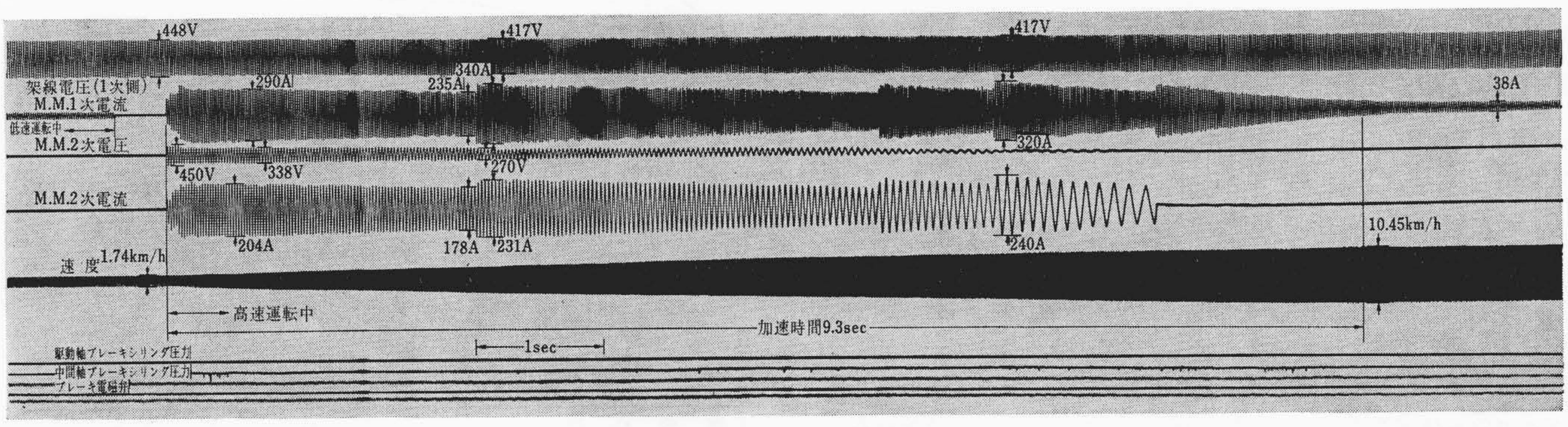


図3　積車時の減速特性



加速特性
軌条条件　乾燥
こう配　平たん
荷重条件　15t赤熱コークス積載

図2　加　速　特　性

表3　減速距離測定結果　(単位 m)

条件＼測定回数	1回目	2回目	備考
空気ブレーキ(3軸)+回生ブレーキ	8.85	9.0	正常
空気ブレーキ(2軸)+回生ブレーキ	10.65	10.6	1軸故障の場合
空気ブレーキ(1軸)+回生ブレーキ	14.47	14.45	2軸故障の場合

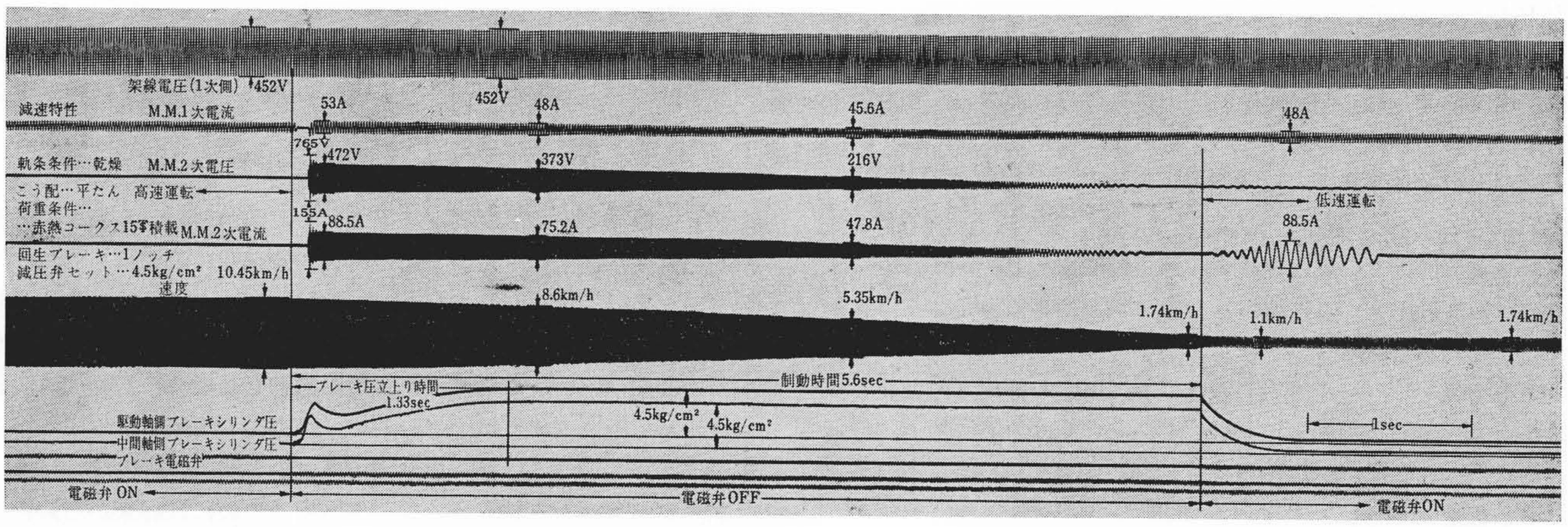


図4　減速特性

4. 自動運転

4.1 自動運転システム

本システムはガイド車を中心とした自動運転システムで，消火車の自動運転サイクルは押出機からの誘導無線による押出開始信号から開始され，所定のプログラムに従って運転される。コークワーフでコークス排出完了後ガイド車と消火車の相互位置を判別してガイド車に接近し，定位置に停止するまでの全自動運転が行なわれる。またコークワーフへの停止位置は，コークワーフ制御装置のあき場所選択によって定まる停止位置指令に従っている。このシステムを示したものが**図7**である。

4.2 自動運転制御装置

この装置は押出機から押出開始信号を受信すると，プログラム制御装置が動作し，近接スイッチによる位置検出，速度検出器による速度検出をして所定のプログラム制御を行なうもので**図8**に示す構成になっている。

保安装置としては下記のような故障検出を行ない，故障があった場合には直ちに停止し，故障表示灯を点灯しさらに警報サイレンを鳴らすと同時に，ガイド車と押出機に対して誘導無線により下記のような故障信号を送って事故の発生を知らせている。

(1) 過負荷
(2) 単相運転
(3) 空気圧低下
(4) オーバタイム
(5) 過走防止

4.3 コークワーフ制御装置

コークワーフには，排出されたコークスを所定時間さらしたのち，ゲートを開いてコンベヤに移すゲート開閉装置を備えている。

コークワーフの停止個所は4個所あるが，コークワーフ制御装置がこの停止個所を選択する場合，コークスがコンベヤに移されたワーフ位置に直ちに停止指令を出すようにしている。

このようにすればコークスのさらし時間を平均して長くすることができる。このあき場所の検出はゲート開閉用のカム位置をリミッ

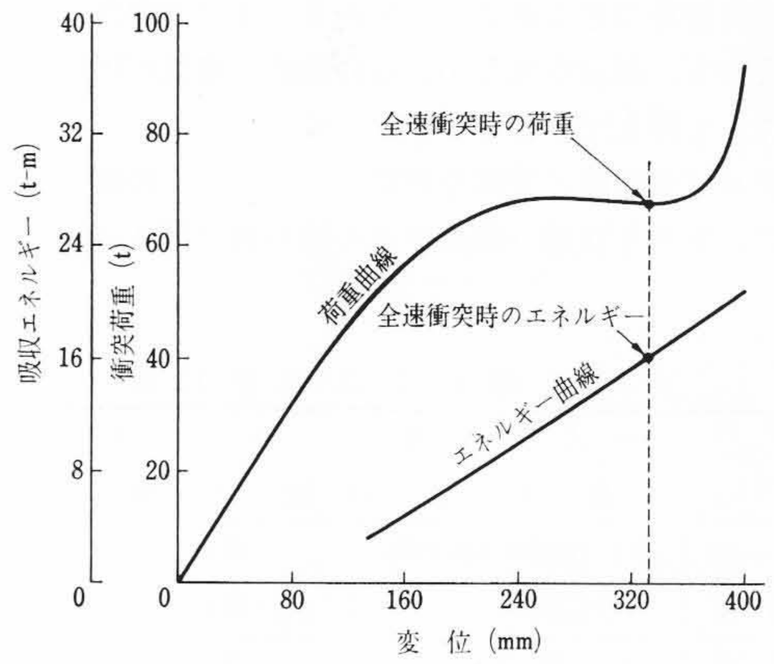


図5　ゴム緩衝器特性

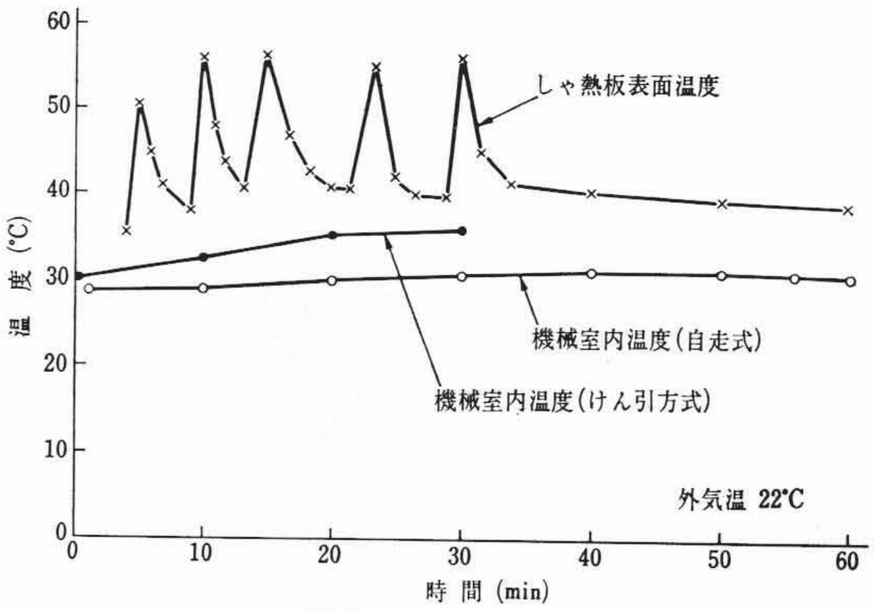


図6　温度測定結果

表4　ダンプ時の振動加速度　(両振)　(単位 g)

測定位置	台わく上		
振動方向	上下	左右	前後
振動加速度	1.19	1.0	0.31

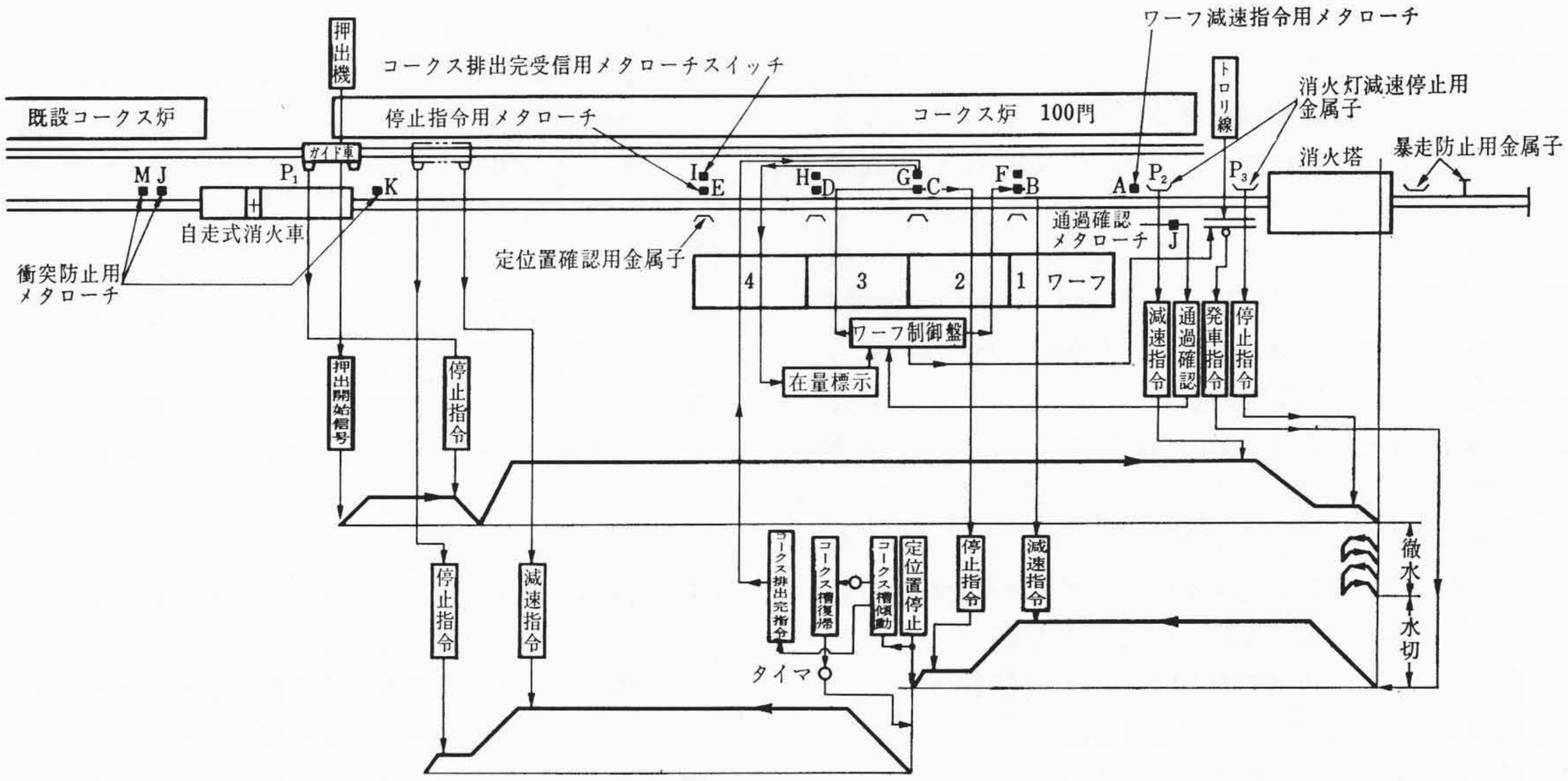


図7　自　動　運　転　シ　ス　テ　ム

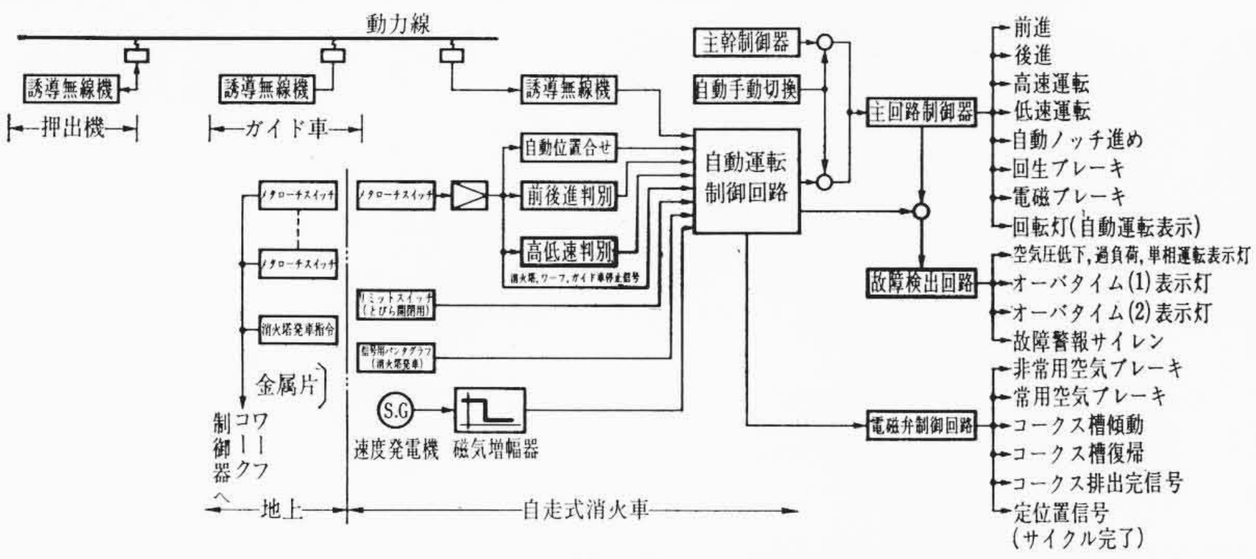


図8　自動運転制御装置系統図

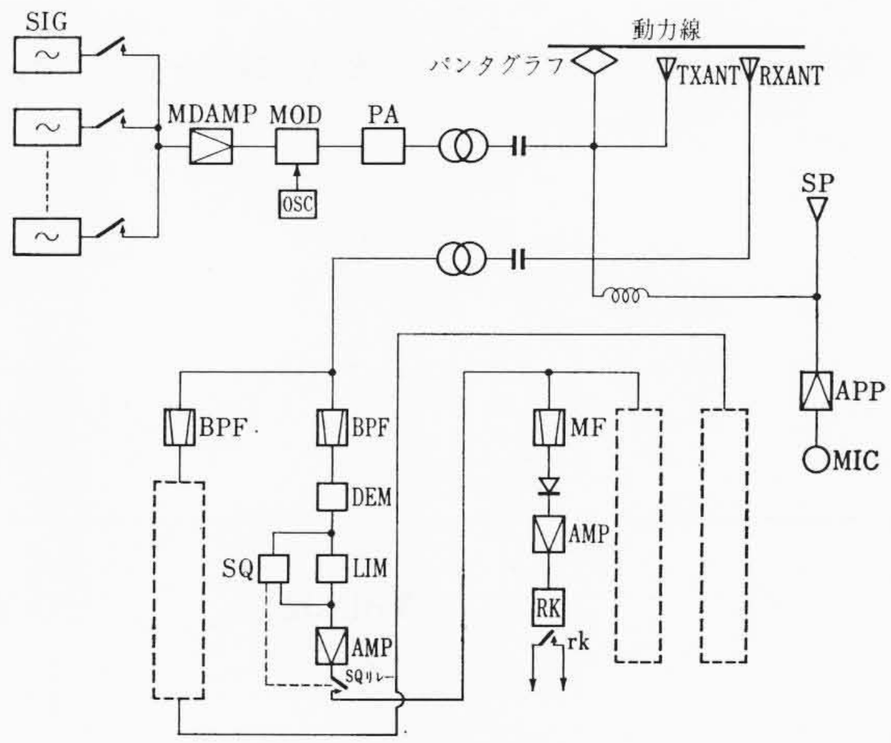


図10　誘導無線装置システムブロック図

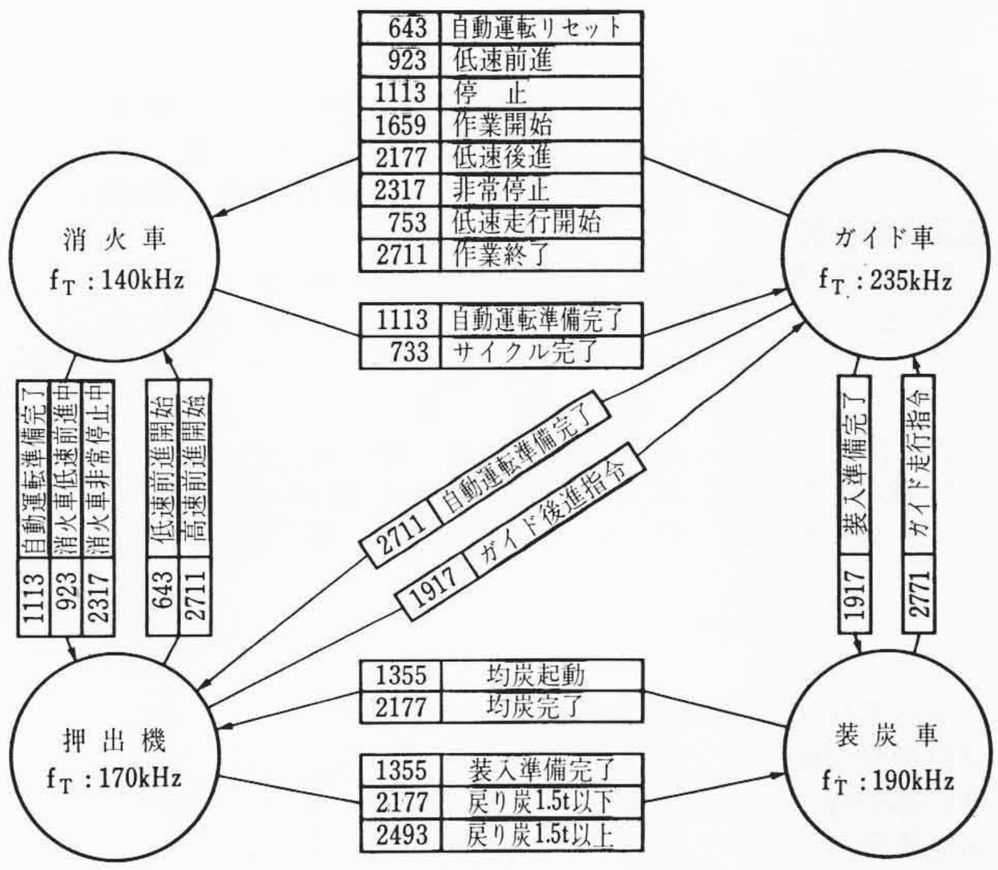


図9　制御信号周波数割当

トスイッチで検出する方法で行なわれている。

消火塔に停止している消火車に発車指令をあたえる場合は，コークワーフにあき場所があることと，さらに散水が完了したこと（消火が完全に行なわれたことを確認するため）を確認することが必要で，これらはすべて自動的に行なわれる。

コークワーフ制御装置は指令されたコークワーフにコークスを排出した確認信号を，消火車から受信し，排出した場所にコークスが在量することを表示灯で示すとともに，同じ場所に停止指令が出ないようにインターロックして，二重排出を防止している。

5. 誘導無線機

この装置は，大阪瓦斯株式会社においてシステムの設計を行ない国際電気株式会社が機器を製作納入したものである。

誘導式通信設備は電波法施行規則に定められたもので，郵政大臣の許可を受けて運用するが，取り扱いに資格者を要しないため，産業車両装置に適当な方式といえよう。

通信システムとしては，コークス炉に付随する4種類の車両にそれぞれ独立した送信搬送周波数を与え，各車両は必要な相手の搬送周波数に応じた2～3台の受信機をもつことにより各車両間に同時送受信回線を構成している。なお誘導用トロリ線を利用し，パンタグラフによってマイクアンプ，スピーカを接続して，各車両間に音声通話回線も同時に構成するようにしてある。

誘導無線出力は約10ワット，搬送波周波数は消火車140 kHz，ガイド車235 kHz，押出機170 kHz，装炭車190 kHzで，制御信号周波数は音声帯域周波数の中から選び，相互変調の起こらないように配置してある。制御信号と周波数割当ては図9に示すとおりである。

図10は誘導無線装置のシステムブロック図で，同じような装置

が各車両に積載されている。

図においてSIGは信号発振器で，これは常時発振している。操作盤上の押しボタンスイッチ，または自動運転用シーケンスによりリレーが働き，制御信号はMD Ampに送られ，周波数変調された搬送波がアンテナおよびパンタグラフより送り出される。送信用アンテナは単同調形で，ゲインをかせいでいる。受信回路は，消火車の場合，押出機の送信周波数170 kHzとガイド車の送信周波数235 kHzに対応するバンドパスフィルタを有し，各搬送波別に複調し，増幅して，メカニカルフィルタにより選別して制御信号を取り出し，この出力に対応したリレーを動作させ，自動運転装置に指令を伝達するようになっている。なお非常停止信号2317 Hzは常時送出されており，ガイド車からの非常停止指令，もしくは，ガイド車の搬送波断によって，2317 Hzをとだえさせて非常ブレーキをかけるようにしてある。消火塔付近では，これを積極的に利用してトロリ線を切断し，消火車に対し受信搬送波断の状態となる区間をつくり，これによって消火塔前の減速指令を与えるとともに，地上の近接スイッチによる減速指令を併用して消火塔前停止の信頼度を上げている。

6. 結　　言

以上，全自動運転方式自走式消火車の構造と性能について，その概要を述べたが，要約すると次のとおりである。

（1） 従来のけん引方式と比較して総重量で約14トンの軽量化が可能となり，同一出力の電動機で積載重量を11%増加し，かつ加速度を50%高くとることができ，運転サイクルタイムの短縮ができた。

（2） 自走式消火車の問題点であった，温度およびダンプ時の振動についても，従来のけん引方式のものより低く押えることができ，機器への信頼性を高めた。

（3） ブレーキ装置は独立した空気回路で構成し，かつ軌道両端の非常ブレーキ指令は三重系として，暴走に対する安全性を高めた。また，自動運転の停止精度は±100 mm以下であることが確認された。

（4） 消火車の自動運転システムはガイド車を中心としたプログラム制御方式を採用しているため，将来コークス炉に使用されているほかの車両の自動化を図る場合でも，消火車の自動運転装置はそのまま使用できる。

車両の作業能率向上ならびに自動化が計画されている製鉄所，ガス会社において，従来のけん引方式より大幅に性能を向上した自走式消火車は，新しい形式として注目されており，今後ますます発展するものと考えられる。

Vol. 52　日立評論　No. 11

目次

■論文
- 制御角のばらつきによる交流側異常高調波の検討
- ブラジルサンタイネスポンプ場納 大形遠心ポンプの模型試験
- 新標準F種ハイパクトエポキシ絶縁超小形高圧誘導電動機
- 国鉄新幹線COMTRACシステムの列車運行シミュレータ
- 小形リレーの環境と信頼性
- 新形日立F種モートル“ハイパクトシリーズ”
- 二波長測光を用いた自記分光光度計
- リードスイッチの特性とそのマグネット駆動
- 小形ビジコン8823の特性
- ゴムプラスチックケーブルおよび付属品の実負荷試験

■腐食防食特集
- 各種環境下における金属の腐食性成物
- 高圧ドラム形ボイラにおける管内腐食
- ボイラにおける亜鉛スケール
- 水冷却発電機の腐食
- 酸性河川水による鋼材の腐食
- 高流速水中におけるポンプ材料の接触腐食
- ごみ焼却炉における高温腐食

発行所　日立評論社　東京都千代田区丸の内一丁目5番1号 郵便番号 100
取次店　株式会社オーム社書店　東京都千代田区神田錦町3丁目1番地 郵便番号 101 振替口座 東京20018番