UDC 621.311.23

最近の大容量ディーゼル発電プラント

The Latest Large Capacity Diesel Power Plant

清　水　　功*　下　田　一　作**
Isao Shimizu　　Issaku Shimoda

I. まえがき

発電装置の原動力としてディーゼル機関を利用することはかなり前から行なわれているが，ディーゼル機関の単機容量や信頼性の問題，さらには従来は豊富な水力発電が得られており低速機関では経済的にもメリットがなく，これがため大部分は小容量の非常用電源装置の域を出なかった．しかし 1950 年代を境としてそれまでの低速大容量機関が中速に移行しはじめ，とくに中速機関には使用できないと考えられていた粗悪な低質重油をピールスチックＰＣ２形ディーゼル機関が 1965 年にいたって完全燃焼させることに成功し，実用化して以来その経済性が高く評価されディーゼル発電プラントが時代の脚光を浴びる契機となった。

この数年来当社としては5,000～50,000kW 級の常用ディーゼル発電プラントの建設を国内，国外において実現しすでに 50,000kW級のプラントにおいては 16,000 時間余の運転実績が得られ，その成果については産業界各方面から多大な関心が寄せられている．本文においてはそれらの実績を基にして低質燃料油を使用することのできる富士S.E.M.T.ピールスチックＰＣ２形ディーゼル機関を使用した発電プラントの一般概要ならびに計画時に考慮すべきおもな点について述べる．第１表に納入実績を示す。

II. ディーゼル発電プラントの特長

おもな特長は次のようなものである。

1) 発電単価が安い

発電プラント容量を 50～100 MW 級と想定すれば発電単価は 2.7～2.8 円/kWh が期待できる．その理由として

(1) 熱効率が高く部分負荷においてもほとんど一定である(次項参照)。

(2) か動率が高く年間出力採算が充分に得られる。

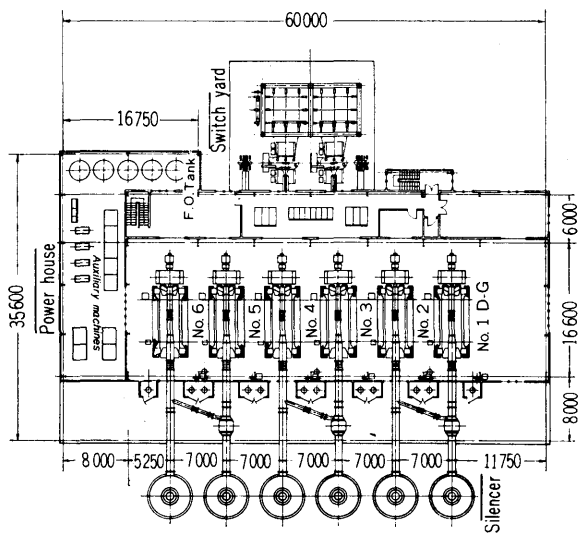
(3) 燃料に安価なＣ重油を使える。

(4) 建設費が安い。

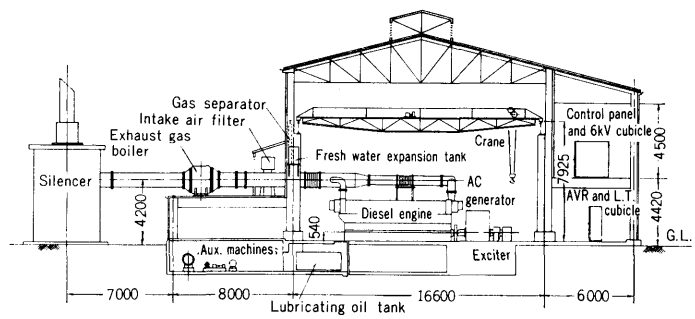
第１表　常用ディーゼル発電プラント納入表
(低質重油燃焼)

Table 1. Supply list of large capacity diesel power plant used heavy fuel oil

納入年	顧客名	使用場所	台数	出力(kW)	回転速度(rpm)	機関形式
41	九州電力	芦辺ＰＳ	1	1,500	400	6PC2L
43	日本軽金属	新潟工場	8	5,250	500	18PC2V
43	日本軽金属	新潟工場	1	5,000	500	18PC2V
43	韓国電力	韓国	6	5,000	514	16PC2V
44	鮮京化繊	韓国	3	2,000	514	6PC2L
44	屋久島電工	屋久島工場	1	5,700	514	18PC2V
44	小野田セメント	門司工場	1	5,700	514	18PC2V
45	東北電力	両津火力ＰＳ	1	5,000	514	16PC2V
45	VISAYAN 電力	フィリッピン	4	5,000	514	16PC2V



(a) 配　置　図



(b) 建屋断面図

第１図　30 MW ディーゼル発電プラント配置図

Fig. 1. Site plan of 30 MW diesel power plant

* 富士電機・二工・技術部　　** 富士ディーゼル・館山工場・技術部

などがあげられる。

2) 熱効率が高い

ディーゼル機関出力軸端で約 42%，発電機端で 40% 以上の熱効率が得られ燃料消費の経済性が高いことを示している．負荷設備の性格を考慮して発電プラントの単機容量と設備台数を合理的に組合わせ負荷の増減に応じて運転台数の調整を行なえば常にプラントの熱効率を最良に維持することができる。

3) 発電所としての自立性が高い

たとえばスチーム火力の場合には一般に単機容量が大きいので補修時には発電所全停もしくは出力が半減する．この点，ディーゼル発電プラントは 5～6MW 程度のユニットが多数基で構成されるので定期補修時や故障時においても発電所出力が激減することなくきわめて有利である．また若干の予備機をあわせて設備すれば年間を通じて一定の出力を保特することができる。

4) 建設期間が短い

ディーゼル発電プラントの建設期間は 30～50MW 級で約1年であるから短期間に大電力を必要とする場合には最適である．また，たとえば大形のスチーム火力プラントが運用されるまでの一時的な緊急電力用としてディーゼル発電プラントを利用し，5MW 程度のユニットであるから場合によっては分割してほかへの移設転用も可能である。

5) 段階的増設が容易である

生産工場における自家発として計画する場合であれば電力会社など外部の諸事情に拘束されず生産計画を進めることができる．特に増設が容易であるから発電規模を段階的に拡張するには好都合である。

6) 立地条件の制約がない

特に地盤が軟弱でない限りほかに特別な制約はない．電力需要地点に近接して建設することが可能で送電に便利である．冷却水はほかの原動機による発電プラントに要求されるような水質や温度条件の厳格さは必要なく所要量もそれほど多くない．二次冷却水としては海水，河川水，湖水などを利用することができ水量は 50～60 l/kWh である．また一次冷却水として使用する清水の補給量は廃熱ボイラ用水などを含んでも一般に 0.1～0.15 l/kWh 程度である．二次水が充分得られない場合には冷却塔方式が採用される。

7) 機関の始動，停止が容易である

ディーゼル機関の始動は圧縮空気を各シリンダ内へ送り込んで直ちに行なうことができ，また停止も燃料の供給をしゃ断することによって直ちに行なわれる．始動，停止の際に燃料の浪費がほとんどないので運転上きわめて経済的である．機関冷態時から始動する場合にはある程度の暖機運転後に負荷をかけることが好ましいが，潤

第2表 30MWディーゼル発電プラントの機関および主要補機設備

Table 2. Diesel engine and auxiliary equipment of 30 MW diesel power plant

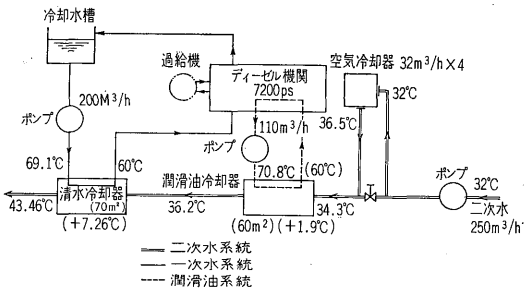
項目	要目	数量(台)	備考
ディーゼル発電機出力	5,000 kW	6	
ディーゼル機関形式	16PC2V		
シリンダ数	16		
シリンダ径	400mm		
ストローク	460mm		
連続最大出力	8,000 ps		
常用出力	7,100 ps		
毎分回転速度	514rpm		
平均ピストン速度	7.88 m/s		
正味平均有効圧力	15.15kg/cm²		
最高爆発圧力	90kg/cm²		
燃料油系統			
C重油セットリングタンク	15 kl	2	蒸気加熱器付
C重油サービスタンク	15 kl	2	蒸気加熱器付
A重油サービスタンク	10 kl	1	蒸気加熱器付
燃料油沪器	10ミクロン	6	機関入口
燃料油清浄機	4,500 l/h	4	5.5kW電動機付
A重油移送ポンプ	300 l/分×30m	2	5.5kW電動機付
C重油移送ポンプ	250 l/分×50m	2	7.5kW電動機付
A重油循環ポンプ	200 l/分×30m	2	3.7kW電動機付
C重油循環ポンプ	300 l/分×30m	2	5.5kW電動機付
燃料供給ポンプ	50 l/分×30m	6	1.5kW電動機付
A重油荷油ポンプ	20kl/h×20m	1	5.5kW電動機付
C重油荷油ポプン	40kl/h×25m	2	19kW電動機付
潤滑油系統			
潤滑油サンプタンク	5 kl	6	
潤滑油沪器	30 μ	6	
潤滑油冷却器	60m²	6	
潤滑油ポンプ	110kl/h×70m	6	機関付
潤滑油清浄機	700 l/h	3	5.5kW電動機付
潤滑油プライミングポンプ	220 l/分×30m	6	3.7kW電動機付
冷却水系統			
清水膨張タンク	450 l	6	
清水冷却器	70m²	6	
燃料弁冷却水冷却器	1m²	6	
油却塔	1,500m³/h	1	30kW電動送風機3台
工業用水ポンプ	500m³/h×26m	4	55kW電動機付
清水ポンプ	200m³/h×30m	6	30kW電動機付
始動空気装置			
始動空気タンク	750l×30kg/cm²	6	
始動空気圧縮機	35 m³/h×30kg/cm²	1	7.5kW電動機付
同上	35 m³/h×30kg/cm²	1	ディーゼル駆動 10 ps
排気ガス装置			
消音器		6	
排気ガスボイラ	1 t/h×4kg/cm²	3	
ボイラ給水ポンプ	4.5 t/h×12m	2	7.5kW電動機付
吸気装置			
吸入空気沪器		12	
その他			
天井走行クレーン	主巻 25 t 補巻 3 t	1	

滑油や冷却水などの温度が 30℃ 以上ある場合には始動後数分で定格負荷までかけることができる。

III. ディーゼル発電プラントの実例

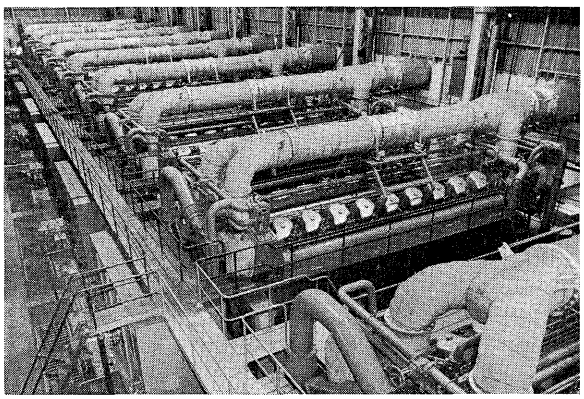
ディーゼル発電プラントの構成機器は主として発電機および励磁装置，ディーゼル機関，高圧配開設備，制御監視装置，機関付属設備として燃料設備，潤滑油設備，冷却水設備，始動空気装置，補助ボイラ設備，排気煙突設備，それに所内補助電力設備，制御用直流電源設備である．ほかに必要に応じて送電設備が考慮される．また建築側の付帯設備としてクレーン，換気設備，消火設備が必要である。

当社が納入した低質重油（C重油）使用の常用ディーゼル発電プラントのうち韓国電力会社向けの 30MW プラントにおける主としてディーゼル機関関係設備の要目を第2表に示し，その配置を第1図に示す．同プラントにおいては，発電所建家の総面積は約 1,900m², 屋外設置の付属設備すなわち燃料油主貯蔵槽，冷却塔，排気消音設備 および 変電設備を含む プラント 全設備面積は約 5,000m² である．なお第3図に 47MW 発電プラントの主機外観を示す。



第2図　ディーゼル機関ヒートバランス

Fig. 2. Heat balance diagram of diesel engine



第3図　47MW ディーゼル発電装置外観

Fig. 3. Outer-view of 47 MW diesel power equipment

IV. プラント計画に対する考え方

1. プラント容量とユニット出力

発電容量ならびにユニット出力，台数は負荷側の容量や変動状態により運用を考慮して決められるものである．ディーゼル発電プラントとしての設備容量は現在のところ 100MW 程度までが実用規模と考えられる．ユニット出力としてはＰＣ２形機関では最大発電機出力 6,300kW まで可能である．さらに目下開発中のＰＣ３形機関によれば最大出力は実に 10,800kW となり，これは数年前まではまったく考えられなかったことである．第3表にＰＣ２形機関の第4表にＰＣ３形機関のそれぞれ主要目を示す。

第3表　ＰＣ２形機関主要目表

Table 3. Main characteristics of type PC 2 diesel engine

周波数 (Hz)		50	60	発電機出力
シリンダ直径 (mm)		400		
ストローク mm)		460		
毎分回転速度 (rpm)		500	514	
平均ピストン速度 (m/s)		7.67	7.88	
単筒出力 (ps/cyl)		500		
平均有効圧力 (kg/cm²)		15.6	15.15	
直列	6ＰＣ２Ｌ	3,000 ps		2,100kW
	8ＰＣ２Ｌ	4,000 ps		2,800kW
	9ＰＣ２Ｌ	4,500 ps		3,150kW
V形	8ＰＣ２Ｖ	4,000 ps		2,800kW
	10ＰＣ２Ｖ	5,000 ps		3,500kW
	12ＰＣ２Ｖ	6,000 ps		4,200kW
	14ＰＣ２Ｖ	7,000 ps		4,900kW
	16ＰＣ２Ｖ	8,000 ps		5,600kW
	18ＰＣ２Ｖ	9,000 ps		6,300kW

第4表　ＰＣ３形機関主要目表

Table 4. Main characteristics of type PC 3 diesel engine

周波数 (Hz)	50	60	計画重量 (t)
シリンダ直径 (mm)	480		
ストローク (mm)	520		
毎分回転速度 (rpm)	428	450	
平均ピストン速度 (m/s)	7.41	7.80	
単筒出力 (ps/cyl)	850		
平均有効圧力 (kg/cm²)	19	18	
12ＰＣ３Ｖ	10,200 ps (7,200kW)		110
14ＰＣ３Ｖ	11,900 ps (8,400kW)		125
16ＰＣ３Ｖ	13,600 ps (9,600kW)		140
18ＰＣ３Ｖ	15,300 ps (10,800kW)		160

ユニットを必要台数だけ組合せれば発電プラントの容量が得られるわけであるが設備容量は負荷の性質により，たとえば供給電力をすべてディーゼル発電でまかなう場合あるいは系統と並列されている場合でも発電所出力減少が許されない場合などには当然予備機が必要となってくる．すなわちディーゼル機関整備のため，一定時間停止を要することと万一のユニット小事故に対処しなければならない．定期整備のための予備機保有率は10～15%程度で，7～8台に対して1台の割合で予備機が必要となる。

また自家発として使用する場合には予備電力として買電に頼ることもできるが，電力料金を考慮に入れて充分検討の必要がある．なお発電プラント運転のため，所内補助電力として発電電力の2～2.5%を消費する．すなわち外部へ送電することのできる電力は発電電力から2～2.5%差し引かれたものになるので，あらかじめ考慮しなければならない。

ディーゼル発電プラントではユニットに対する投入負荷容量が比較的大きくなりがちである．したがって負荷投入瞬時の電圧低下や速度低下の問題がでてくる．特に最近のディーゼル機関は高過給を行なっているため瞬時速度変動が大きく，実際に投入することのできる瞬時負荷の割合は機関定格出力の70～75%と考えられる．これは負荷の急変に伴って排気ガスタービン過給機がその慣性力のため瞬間的に追従できず給気不足となるため，送り込まれた燃料を充分に燃焼させることができないためである．したがって負荷変動が大きな場合には小形の排気ガスタービン過給機を備えた機関が適当といえる。

2. 燃料油および潤滑油費

燃料油費および潤滑油費が発電経費におよぼす影響はきわめて大きなものである。

1) 燃料油費

燃料油の消費量は，か動時間および負荷率に関係するもので，負荷の大小により変わってくる．また全負荷時に比べ軽負荷時において消費率は増加するものである．しかしPC2形機関では100%負荷から50%負荷の間は消費率の差が少ないことが特長である．発電経費のうち燃料油費の占める割合は，きわめて大きく50～55%程度である．マルチプル方式のプラントにおいては負荷に応じて減機運転を行なえば最小の燃料消費が得られ，最も経済的にプラントを運営することができる．PC2形機関における燃料消費率は発熱量により変るが概略210～220 g/kWhが標準である。

2) 潤滑油費

潤滑油の消費量は負荷の大きさにより，多少の違いはあるが，ほとんど負荷変化に対しては一定であり，運転時間に比例するものと考えてよい。

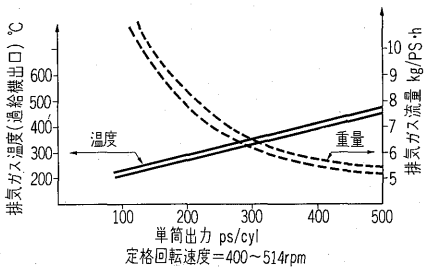
潤滑油の購入価格は低質重油のそれに比べて非常に高価である．低質重油の単価6～6.5円/lに対し潤滑油は100～120円/lで17～18倍ということになる．潤滑油の消費率は1.4～2.1 g/kWhが標準値である．発電単価のうち潤滑油費の占める割合は7～10%程度である。

3. 廃熱の利用

プラント外へ捨て去る熱量を回収して蒸気あるいは温水を作り低質重油の加熱，工場プロセス用，その他雑用に供給して利用することが廃熱の回収である．ディーゼル機関の熱効率は約40%であるから消費した燃料の総熱量のうち60%近くは損失である．これらの損失熱量は排気ガス，冷却水，潤滑油などによって機関外へ排出される．全発生熱量に対する各損失熱量の割合は排気ガス約30%，一次冷却水16～18%，潤滑油4～4.3%で，このうち熱源として利用できるものは排気ガスと一次冷却水である。

1) 排気ガスの熱量回収

第4図に過給機出口における排気ガスの流量と温度を示す．流量，温度とも機関の出力に応じて変化するので廃熱回収の際の計画点をどの程度にとるべきか問題であり，特にガス温度は回収装置入口の温度が機器配置により変ってくる．したがって配管内の温度降下を考え，若干余裕をみて低目の温度を選ぶべきである．図から見ると排気ガス流量の最高は5.2～5.5 kg/ps•h，排気ガス温度は最高450～480℃（過給機出口にて）が得られることになる。



第4図　PC2形機関の排気ガス流量と温度

Fig. 4. Exhaust gas flow and temperature of PC 2 engine

排気ガスボイラの使用は，古くから行なわれている方法であり10～15%程度の廃熱回収が可能である．煙管式，水管式および貫流式のボイラが主に用いられる．とりだせる蒸気圧力としては4～12 kg/cm²•g程度でPC2形機関では6,300 kW出力において約2.5 t/hの蒸気が得られ，このうち0.4～0.5 t/hが自己消費（C重油の加熱）される．この場合排気ガス温度としては硫酸腐蝕を考えれば200～250℃程度までが利用の限度と考えられる．

またディーゼル機関の排気温度ならびに過給機の背圧を異常上昇させることのないよう排気ガスボイラを含む排気管系統の背圧は水柱 250～300mm 以下におさえることと，排気ガスは流量，圧力とも脈動しているのでボイラの構造には注意を要する。

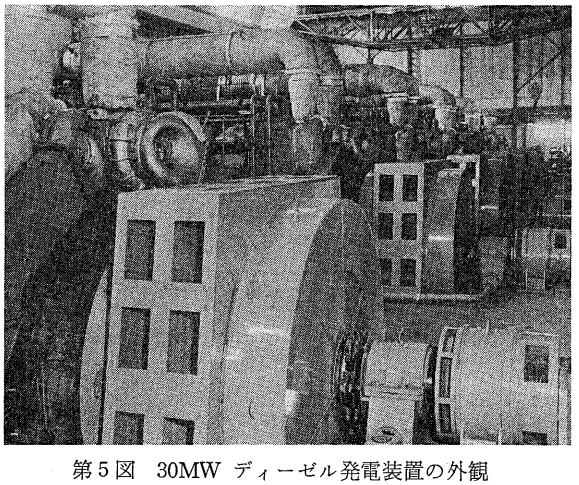
2) 一 次 冷 却 水

温度としては約 70℃ の温水が 48 l/kWh 程度機関からでるので工場プロセス用あるいは雑用として利用すれば有効であるが，機関内部の防蝕のため薬品を添加する場合が多いことと若干潤滑油の混入が考えられるので，そのまま使うことは避けたい．また熱交換器を介して回収すればよいが温度的に無理があり，熱回収率としては不利になる。

4. 電気機器設備

1) 発　電　機

ディーゼル機関に直結される発電機は機関からのねじり振動による軸の折損や，機関のトルク脈動と発電機の固有振動との共振を防止するよう設計上充分な考慮が払われなければならない．軸受は片支持として全長を短縮し潤滑方式は機関の潤滑油を共用し，強制循環式とするのが普通である．冷却方式は特別な冷却器を用いず，自己ファンによる直接空気冷却が好ましい．10MW 程度の出力までは自己ファンによる空気冷却が可能である．通風方向としてはダウンドラフト式として床下ピットを経由して発電機を冷却した空気を屋外へ排出してしまえば室温上昇をよく制することができるので効果的と思われる．冷却風量は損失 1kW 当たり 3～4 m³/min. で，風道の圧力損失は水柱 10～20mm 程度以下におさえる。



第5図　30MW ディーゼル発電装置の外観

Fig.5. Outer view of 30MW diesel power equipment

2) 励 磁 方 式

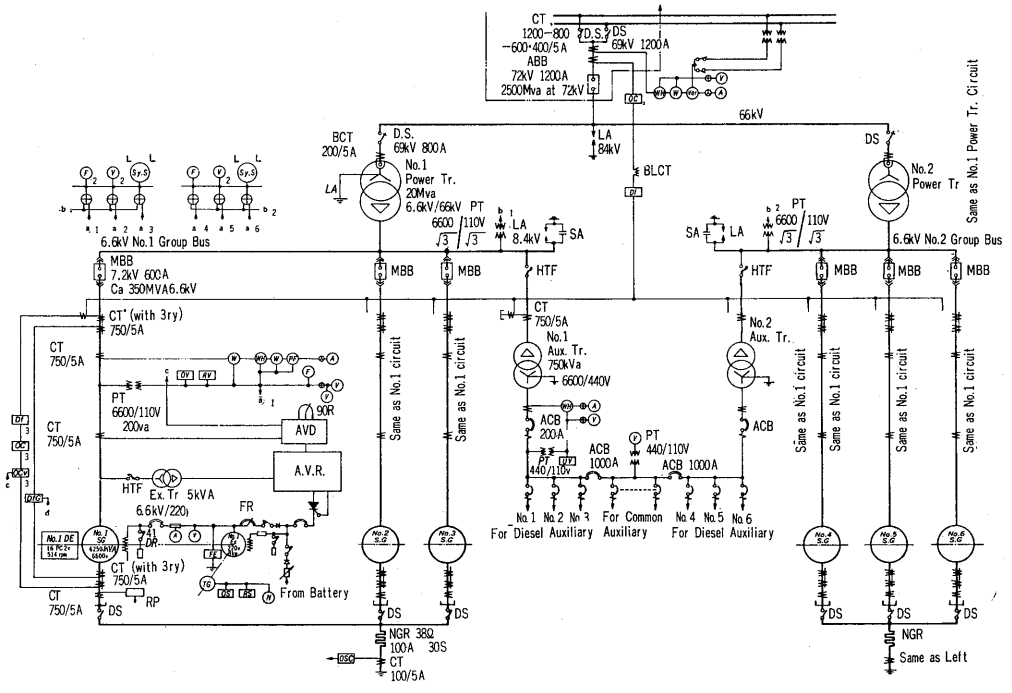
励磁方式は古くから広く使用されていた直流励磁機による回転機形の方式から，最近ではほとんど静止形に変わった．静止形励磁方式の代表的なものは変流器を介して負荷補償作用を利用した自励複巻式（富士標準方式としては SSW 式ならびに AVR を付加した TR 式がある）とサイリスタによる直接励磁方式である．直流励磁機方式は速応性が劣るが系統容量が大きければ問題ないので，AVR としてシンプルなものが使えることと，取り扱いに慣れているということから輸出向にはまだ需要が多い．単機容量が大きく始動電流の比較的大きな電動機負荷に対しては TR 式が適している．TR 式の特長は変流器作用によって負荷電流の増減に応じて時間遅れなく励磁要素として加わるので発電機の瞬時電圧降下が小さく回復も早い．大容量系統に並列される発電機には電圧の制御範囲が大きくとれ，力率制御も行ないやすく，速応性のよいサイリスタ直接励磁方式が好ましい．また励磁電流が極端に大きなとき，ブラシのしゅ動速度が限界を越える場合，あるいはふんい気が適当でないなどの場合にはブラシを用いない，いわゆるブラシなし方式（交流励磁機とシリコン整流素子を発電機共通軸に取付ける）とすることもできる．いずれにしても励磁方式は系統の状況や負荷側から要求される条件により決めなければならない．AVR を用いた電圧の整定精度はいずれの方式も ±0.5% である。

3) 系 統 回 路 構 成

主回路系統の構成や発電機電圧をいかに選ぶかは運用上の問題，回路器具（特にしゃ断器）の定格の問題，さらに線路電流の問題などを技術的，経済的に充分検討を加えた上で決めるべきである。

ディーゼル発電プラントでは 5～6MW 程度のユニット出力の発電機を何台か組合せたものであるから負荷の増減に応じて発電機の運転台数も任意に増減して発電所の熱効率を高く維持できること，また万一機器が故障した場合には故障機を切り離して運転を継続できることなどを長所として利用するためしゃ断器は各機ごとに充分にしゃ断能力のあるものを設け必要によっては主回路をいくつかのグループに分けたり，二重母線にして母線事故の際にも万全の運用を図るなどの配慮も行なう。

発電機としての定格電圧はユニット出力の大きさからいえば 3kV あるいは 6kV 級とすることが経済的である．自家発の場合には負荷電圧に合わせて設備することができるし，大系統へ並列する場合でも 3.3kV また 6.6kV で発電し変電設備を介して特別高圧に接続することが好ましい．しかし現在わが国で一般に用いられる回路器具特にしゃ断器は 3kV，6kV 回路用のものはしゃ断容量の大きなものがない．しゃ断器の種類や製作者にもよるがしゃ断容量は最大のもので 500MVA/6.6 kV，350MVA/3.3kV，電流容量は最大 3,000A である．したがって大容量の電力系統に接続される場合にはこれらのしゃ断器では不充分のことがあり，また電流的にも母線連絡用などには適当なものが得られないことが



第6図
主回路系統図の一例
Fig. 6.
Example of
electric system

ある．このような場合には昇圧変圧器をいくつかに分けて系統側から流れ込む故障電流を制限するとか，超限流ヒューズ（ウルトラップヒューズ）を併用してしゃ断器をカバーする．また要求度によっては経済的に多少の不利があっても発電機電圧を 11kV 級まで上げるなどの考慮が必要になる。

一方電流容量からみると閉鎖配電盤に収納できる母線の電流容量は一般には 3,000A であり 4,000A を越えるともはや配電盤には収納することは困難であり，独立した母線室として別に考慮すべきものになってしまう．もちろん各フィーダなどのケーブル費としての経済性も考えなければならない．とくに発電機電圧をそのまま負荷フィーダへ供給する場合の母線回路において電流容量が大きくなり問題になりやすいので場合によっては電流配分を考え負荷母線を分割することも必要である。

第6図に主回路系統の実施例を示す．この場合は系統側から故障電流を制限するため昇圧変圧器を2台に分割したこと，主回路故障時に発電所全停を防ぐよう計画された例である。

5. 操作および監視方式

1) 運転操作方式

ディーゼル発電機の操作手順はきわめて簡単で操作要素としては下記のとおりである。

始動……始動準備（補機運転）→機関始動→定格速度→電圧確立→負荷投入→C重油に切換え

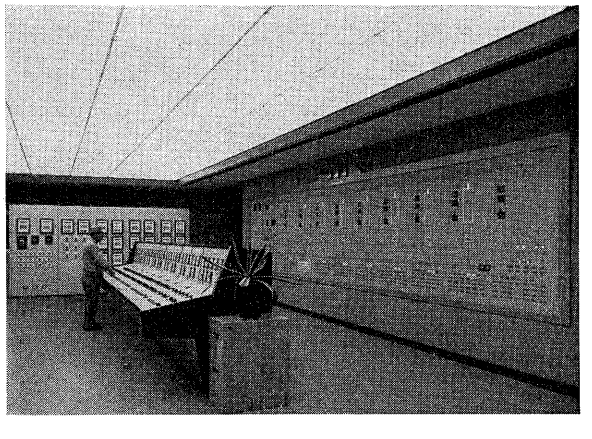
停止……A重油に切換え→負荷しゃ断→機関停止→補機停止

これらの操作は機関については機側操作盤で順次行ない，電気関係を中央操作盤で引き継いで行なう手動式，すべてを一つのマスタスイッチによっていくつかの段階に分けて操作する半自動式，すべてをワンタッチで行なう自動式など任意の方式とすることができる．常用発電プラントでは通常始動停止操作はそれほど多くないから手動式としても運用上の負担はかからないが，多数のユニットで構成される場合は中央操作盤を設けて一括遠方操作を行なうと便利である。

なおディーゼル発電プラントの初始動の際に，もしほかから補助電力が得られない場合には保安電源の意味も含んで小容量の可搬形ディーゼル発電機をあわせて設備する。

2) 制御方式

ディーゼル発電機が定格周波数，定格電圧を発生して負荷をかけられる状態になると単独設備であれば出力しゃ断器またはフィーダしゃ断器を任意に投入すれば自然に負荷がかかり電力の供給が可能であり運転操作や制



第7図　ディーゼル発電プラント監視室
Fig. 7. Central control room of diesel power plant

第5表　操作，監視，保護内容一覧表（計画例）
Table 5. List of operation, controlling and protection and generator

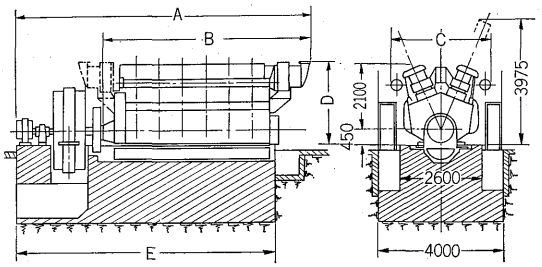
	名称	取付場所 機側盤	操作室	励磁盤	補機盤	機側	備考
操作	操作場所切換	△Ⓛ	Ⓛ				
	補機運動—単独	△Ⓛ	△Ⓛ				
	準備	△Ⓛ	△Ⓛ				
	始動—停止	△Ⓛ	△Ⓛ				
	ガバナ，手動—自動	△					
	ガバナ，スイッチ	△	△				
	励磁—無励磁			△			
	電圧設定		△	△			
	同期検定		△○				
	CB，切—入	Ⓛ	△Ⓛ				
	重油切換，C—A	Ⓛ	△Ⓛ				
	自動負荷調整器，切—入		△Ⓛ				
	力率設定		△	△			
指示計	機関速度	○	○				
	発電機界磁電圧		○	○			
	発電機界磁電流		○	○			
	発電機電圧		○	○			
	発電機電流		○				
	発電機力率		○	○			
	発電機電力	○	○Ⓡ				
	発電機積算電力		○				
	発電機周波数		○				
保護	発電機内部短絡	Ⓕ	ⓁⒷ				◉
	発電機界磁接地	Ⓕ	ⓁⒷ				◉
	発電機界磁喪失	Ⓕ	ⓁⒷ				◉
	発電機過電圧	Ⓕ	ⓁⒷ				●
	発電機主回路接地	Ⓕ	ⓁⒷ				●
	発電機過電流	Ⓕ	ⓁⒷ				●
	発電機逆電力	Ⓕ	ⓁⒷ				●
	発電機軸受過熱	Ⓕ	ⓁⒷ			○	◉
	機関過速度	Ⓕ	ⓁⒷ				◉
	非常停止	Ⓕ	△ⓁⒷ			△	◉
潤滑油系統	潤滑油ポンプ		Ⓛ		△Ⓛ		
	圧力（こし前）	◎	○				
	圧力（機関入口）	◎	Ⓡ				
	差圧（こし前後）		Ⓡ				
	圧力（プライミングポンプ）					○	
	圧力低下第一段	Ⓕ	ⓁⒷ				
	圧力低下第二段	Ⓕ	ⓁⒷ				◉
	温度上昇	Ⓕ	ⓁⒷ				
	温度（機関入口）		○				
潤滑油系統	温度（機関出口）		Ⓡ				
	流量（サンプ補給量）		○				
	サンプタンク油面低下	Ⓕ	ⓁⒷ				
	清浄機		Ⓛ			△Ⓛ	
	清浄機異常	Ⓕ	ⓁⒷ			Ⓑ	
	サンプタンク油面					◎	
	動弁注油装置		Ⓛ			△Ⓛ	
	圧力		○				
	圧力低下	Ⓕ	ⓁⒷ				
	油面上昇	Ⓕ	ⓁⒷ				
燃料油系統	燃料供給ポンプ		Ⓛ		△Ⓛ		
	圧力（機関入口）						
	圧力（供給ポンプ）						
	差圧計（こし前後）						
	圧力低下（機関入口）						
	燃料ヒータ		ⓁⒷ		△Ⓛ		
	温度上昇（機関入口）		ⓁⒷ				
	温度低下（機関入口）		ⓁⒷ				
	重油切換弁“A”	Ⓛ	Ⓛ				
	重油切換弁“C”	Ⓛ	Ⓛ				
冷却水系統	冷却水一次ポンプ		Ⓛ		△Ⓛ		
	圧力（機関入口）	◎	○				
	圧力（インタクーラ二次水）	◎	○				
	温度（機関入口）		○				
	一次水断水		ⓁⒷ				
	一次水温度上昇第一段		ⓁⒷ				
	一次水温度上昇第二段		ⓁⒷ				◉
	一次水膨張タンク水面低下		ⓁⒷ				
	燃料弁冷却水ポンプ		Ⓛ		△Ⓛ		
	圧力		○				
	温度		○				
	水面低下		ⓁⒷ				
給・排気系統	温度(シリンダ出口排気ガス)		Ⓡ				
	温度（過給機出，入口）		Ⓡ				
	圧力（給気）		Ⓡ				
	温度（給気）		Ⓡ				
	圧力（排熱ボイラ）		○				◎
	圧力低下（排熱ボイラ）		ⓁⒷ				
	温度上昇（排熱ボイラ）		ⓁⒷ				
	水面低下（排熱ボイラ）		ⓁⒷ				
	機関クランク室圧力異常						◉

Ⓡ記録計　○指示計　Ⓛ表示ランプ　Ⓕ故障表示器　Ⓑ警報
△操作器　◎保守員点検用指示計　◉重故障（機関停止）　●中故障（無負荷または無負荷無励磁）

御上のむずかしい問題はない．しかし多数機のプラントでの相互並列運転や特に他の電力系統との並列運転を行なう場合には操作制御上で考慮すべきいくつかの問題がある．おもなものとしては同期投入を要すること，各機の負荷分担を等しく調節すること，大電力系統との並列運転時に外部または内部で事故が起きた場合には系統をすみやかに切りはなすこと，買電と自家発の電力の割合を経済的に調整すること，発電機過負荷時には全停を防ぐための負荷制限を行なうことなどであるが，これらはいずれも自動調整器で自動的に制御することが可能である。

3) 監　視　方　式

第6表　ディーゼル発電装置寸法および重量
Table 6. Dimensions and weights of diesel engine and generator



機関形	発電機出力 (kW)	寸法 (mm)					重量(kg)	
		A	B	C	D	E	機関	発電機
12PC2V	4,200	10,800	6,926	3,520	2,968	9,300	53,400	28,000
14PC2V	4,900	11,700	7,666	3,520	2,968	10,200	60,500	30,000
16PC2V	5,600	12,600	8,210	3,280	2,725	11,400	68,500	32,000
18PC2V	6,300	13,300	8,950	3,280	2,725	12,100	75,800	35,000

発電機は 6,600V　500rpm 直流励磁機付の場合の概略値を示す。

ディーゼル発電プラントの規模と構成ユニット数，運用面の問題，省力化の問題などによって操作方式とあわせて考えなければならない．一般にディーゼル発電プラントでは機側操作—機側監視，機側操作—遠方監視，機側監視—遠方操作，遠方操作—遠方監視というように操作の主体と監視の主体が必ずしも同じ場所でない．それらの方式によって監視計器の内容，取付場所が異なり保護警報装置や故障時の処置方法とも関連するものである．第5表に 30MW 級プラントにおいて遠方操作—遠方監視を主体にした場合の監視内容と保護内容の計画例を示す。

6. 保守体制

プラント規模や前述の操作ならびに監視方式などにより運転員，整備員の構成人員が変るが運用実績からみて 50MW 級のプラントの場合次のようになる．運転員として15名（1直5名を3直），整備員として機械，電気関係あわせて日勤 10 名，これに所長などのスタッフと事務補助員を含んで合計 30～35 名である．運転，整備員は概略 0.6～0.8人/MW とみればよい．また定期点検の場合にはその軽重に応じて外注作業員を 10～20 名程度参加させることが望ましい。

7. 発電所建物，その他

建坪は概略 50～60m²/MW が標準で多数機を設備する場合は1機分の分解スペースを用意しておく．建屋内は主機室，補機室，電気室に大別されそれぞれの機器を収容し全体として取扱いや保守に便利な機器配置とする．一般には2階に主監視室を設けて主機を展望しながら監視を行なうのが便利である．ディーゼル機関の設置間隔はPC2形の場合 6.5～7m が標準である。

基礎には鉄筋コンクリートを使用する．ディーゼル発電機の寸法，重量ならびに基礎寸法の概略を第6表に示す．地盤の地耐力は 8t/m² 以上が望ましく，もし軟弱な場合にはパイルを打ち込んで補強する．多数機設置の場合には全機を一体にした鉄筋コンクリート基礎を使用するとよい。

クレーン容量は 30～50MW 級プラントでは主巻き 25t 補巻き 3t 程度の天井走行形クレーンを設備するう最のが適当である．PC2形機関のピストン抜きの際取扱も重い部品でも 600kg 以下であるが多数機の場合には発電機を一体で吊り上げられる程度のクレーンが便利である。

建家の構造としては鉄骨スレート，鉄筋コンクリートのいずれでもよいがディーゼル機関の騒音をしゃ断できる点ではコンクリート構造がすぐれている．したがって周囲の環境の許される条件により決めなければならない。

発電プラントの換気量は機関，発電機その他からのふく射熱と室内の温度条件によって決まる．外気 30℃ 室内 40℃ として機関の燃焼空気も含んだ換気量はユニット出力 5MWの場合約 45m³/s である．なお設置場所の環境がじんあいの多い場合には機関の各運動部分の異常摩耗を防ぐためオイルバス式などの空気清浄装置を設けるべきである。

ディーゼル発電プラントには消防法により消火設備が必ず必要であるが取扱いや事後処理などの点で炭酸ガス消火方式が適している。

寒冷地の場合には寒気のため各種の障害が発生するおそれがある．したがって寒冷地では機関の各付属系統の凍結を防ぐことはもちろん，充分な温度管理が行なえるよう配置の上でも充分注意を要する。

V. 低質重油の運転実績

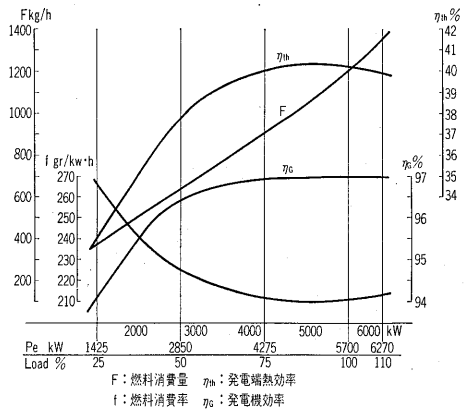
1. 運転成績

わが国において常用発電プラントとして低質重油（C重油）使用のディーゼル機関が使用されはじめてからまだ3年を経過したに過ぎない．こうした中にあってPC2形機関による発電プラントはすでに 16,000 時間を経過したものや納入第1号機は 20,000 時間にもおよび順調な成果をおさめている。

第8図に 18PC2 形機関の運転成績の一例を示す。

2. 燃料油，潤滑油および冷却水とその処理

燃料油の価格は一般に粘度が高くなるにしたがって安くなるものであるがレッドウッド（RW）1,500 秒以上になると価格差はほとんどなくなる．したがって燃料油



第 8 図　5,700 kW ディーゼル発電装置運転成績

Fig. 8. Test report of performance curve of 5,700 kW diesel generator

取扱上の問題やディーゼル機関の保守の問題を勘案して粘度の採算点を決めるべきである．現在のところ RW 1,500～2,000 秒が市販量も多く経済的である．燃料油の粘度が高いと加熱，清浄などの管理装置が複雑になるが適当な噴射可能粘度になればディーゼル機関の燃焼上まず大きな障害にはならない．燃焼性に影響するものは成分中の残留炭素，アスファルテン，灰分などである．不揮発性の残留炭素は燃焼性が悪く，アスファルテンも同様であるので，これらの成分の少ないものがよい．燃料油は加熱清浄して水分，スラッジ分を除去し，機関入口で 90～100℃ に加熱されて燃料噴射ポンプにより機関へ送り込まれる．C重油は JIS 規格に規定がないので購入の都度，性状が変るおそれがあるので購入性状の維持管理に注意を要する。

潤滑油は使用する燃料の種類により選定すべきである．潤滑油系統はシステム油系統のみでシリンダ油の独立系統はない．クランク室からの燃焼ガス漏れにより軸受メタルなどの腐食防止のためアルカリ価の高い潤滑油を使用している．なおアルカリ価が高すぎるとかえって汚損が早くなり燃焼のカーボンの堆積，排気弁の焼損，過給機のタービンブレードの汚損，さらには各潤滑油細管部の閉塞による潤滑不良などの障害を起こしやすい．PC機関の潤滑油としては新油時アルカリ価（TBN）30 程度，運転中におけるアルカリ価維持平均値15～20 程度が望ましい．またスラッジ量を示す N-H 値（ノルマル・ヘプタン）は 4 以下，水分は 0.5% を限度とし 0.3% 以下におさえる。

一次冷却水には清水を使用するが，一般には水道水を使うことが多い．機関冷却用に適する清水の条件は pH 6.5～9.0，硬度 200 ppm 以下，塩素イオン 100 ppm 以下，濁度 30 以下である。

C重油使用のPC 2 形機関は燃焼ガスよりの硫酸生成を防止するため高温冷却方式で循環清水の温度は 60～70℃ に上昇する．純度の高い清水は冷却水管路にスケールを生成しない利点がある反面酸素を多量に溶存しているので管路を酸化させる傾向が強い．すなわち腐食性が強いことになる．ボイラ用の軟水を使用したプラントでは運転開始後 1,000 時間あまりで腐食部分が現われた事例があり，水道水よりも腐食性がはげしいことがわかる．したがって機関冷却水はクロメート系の水処理剤により処理しなければならない。

二次冷却水としては工業用水や海水を用い，各種の熱交換器を介して使われる．これら二次水には腐食性の有害成分が含まれていることが多いので必ず水質検査を行なって熱交換器や配管材料の防食処置を施す．また海水

第 7 表　主要部分保守整備計画の実施例

Table 7. Actual maintenance schedule of diesel engine

項　目	整備間隔 (h)	内　容	所要工数 (人数×h)
燃料噴射弁	1,000～1,500	点　検	2(1シリンダ)
排気弁	2,000～3,000	点検，すり合わせ	3.5 (1シリンダ)
排気弁ロートキャップ	2,000～3,000	点　検	
始動弁	4,000～6,000	点　検	
過給機	4,000～6,000	分解，清掃	20（1個）
過給機ボールベアリング	4,000～6,000	交　換	4（1個）
ピストン	8,000～12,000	点　検	20(1シリンダ)
ピストンリング	8,000～12,000	交　換	
吸気弁	8,000～12,000	点検，すり合わせ	2
クランク，ピン，メタル	8,000～12,000	点　検	8(1シリンダ)
ピストン，ピン，メタル	8,000～12,000	点　検	
燃料噴射ポンプ	8,000～12,000	点　検	2(1個)
空気冷却器	8,000～12,000	清掃点検	20(1個)
シリンダライナ	8,000～12,000	ホーニング	1.5 (1シリンダ)
主軸受メタル	16,000～24,000	点　検	
ピストンリング溝	16,000～24,000	削　正	

第 8 表　主要消耗部品廃却数（10,000時間運転まで）

Table 8. Number of reject of diesel engine's parts

部品名	常備数	運転時間(h) 4,500	6,000	8,000	10,000	廃却数合計
排気弁	324	3	5	7	10	25
吸気弁	324			4		4
燃料弁噴口	162				5	5
燃料弁ばね	162				3	3
燃料カム	162	4	1	1	2	8
同上ローラ	162				8	8
弁腕当金	324	6	2			8

を使用する場合には取水口の防砂や魚貝類の侵入繁殖を防がねばならない．一般にはクリークで適度な距離を導入してから汲み上げると荒天時の砂の巻上げ防止などの効果がある。

3. 保守点検と整備

保守点検および整備計画を確立することは発電プラントの有効な運営のために重要な点である．したがって発電プラントの性格すなわち給電の条件，か動時間，負荷率，運転員や保守整備員の技能レベルおよび人員などにより決まるものである．常用プラントでは設備台数が7～8台以上になると必ず1台以上の機関が定期整備を行なっていることになる．第7表に保守整備計画の実施例，第8表に10,000時間までの機関用部品廃却数の実績を示す。

VI. 公害問題とその対策

陸用におけるディーゼル機関の実用出力増大に伴い地盤振動，空気振動，機械騒音，大気汚染，水質汚濁などいわゆる公害問題がとりあげられるようになり，特に住宅地域，文教地区，農産物生産地に近い場所では注意を要する．これらのうちディーゼル機関固有の問題について述べる。

機関より発生する機械振動が基礎から地盤を経て発電所から離れた場所に伝わり民家などを揺がす．機関が大形になると運転部分の不釣合力と回転トルクの不整によって生ずる起振力が大きくなるので基礎の容量，底面積について検討し減衰効果を充分持たせる．地盤が軟弱であれば杭打ちで充分強化し，また機関の基礎と建物の基礎は切り離すことが大切である。

ディーゼル機関の騒音は主として燃焼音，機械音，吸気音，過給機のタービン音，冷却塔からでる音そのほかである．機関音については発電所建屋の壁を防音性のものにするか，外壁を二重構造とするのが有効である．コンクリート壁はしゃ音性がすぐれているので最も適している．また換気窓については防音しゃへいを行なう必要がある。

排気音は耳に聞こえる高周波音と可聴できない低周波の騒音があり高周波音は減衰効果が大きいので発電所から少し離れれば問題にならないし，小形の消音器で消音することができる．しかし低周波の騒音は遠方にまで影響し空気振動による公害となって現われることがある．この低周波音は音響ろ波器の理論による容積形の消音器を装備して消音する必要がある。

ディーゼル発電プラントからは燃料油，潤滑油の廃油およびスラッジがでるのでこれらの処理を行なわなければならない。

燃料油の漏油は回収しておいてセットリングタンクへ戻し，スラッジは重力分離形のコンクリート槽を燃料処理室の傍に設けて落し込み，分離した水分は放流し，スラッジはスラッジ業者に引取らせるかまたは焼却炉で焼却してしまう。

潤滑油は交換した旧油は再生させるかセットリングタンクへ送り込み，燃料油と混合して燃焼させる．なお潤滑油スラッジは前記の燃料スラッジ槽に送り込み一緒に処理する。

一次冷却水はクロメート系の処理剤で処理してあるので毒性があること，濃黄色を呈しているため視覚公害を起こすことも考えられるので，その取扱いには充分注意しなければならない。

VII. む す び

ディーゼル発電プラントは熱効率よりみて他の原動機による発電プラントに比べて最良のものであることは今後も変ることはないであろう．若干難点とされている騒音，振動保守といったことも多くの運転実績により逐次改善対策が行なわれ，充分に経済的メリットで補える確信を持っている．低質重油を使用できる現在のＰＣ２形機関に加えてＰＣ３形機関の製作準備も整い単機出力10,000kW級が実現する日も間近いことであろうと思われる．今後も事業用に電解工業，セメント工業をはじめとする生産工場の自家発として，鉱山などの開発に，また常用にピークロード用にディーゼル発電プラントの持つ特長を充分に生かして安定した安価な電力をご利用いただけるようわれわれは最善の努力を続ける覚悟である．本文は現在までにわれわれの得た実績，経験を基にしてディーゼル発電プラントについて述べたものである．今後の計画に際して多少なりともご参考になれば幸である。

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。