

中速ディーゼル発電機

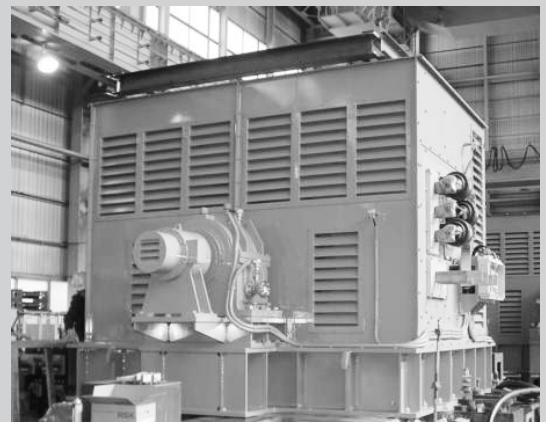
🔌 ディーゼル発電機, 回転電機, 分散電源

* 熊谷 敬 Takashi Kumagai

* 後藤健輔 Kensuke Goto

概要

当社は、中速ディーゼル発電機を長年にわたって数多く製作し、納入実績を積んできている。ガスタービンなどの原動機による発電方式が増加する中、島嶼などの立地条件による制約や独立発電事業（IPP）の需要がある。また単機出力も年々増大する傾向にある。2007年には、中速として当社の出力の記録品となるイラク共和国・サマワ向け発電機を製作・出荷し、現地で運転に入っている。また、現在更にこの出力を超える発電機を受注し、製作中である。



中速ディーゼル発電機

1. ま え が き

ディーゼル発電機は、ほとんどが4サイクルディーゼル機関を駆動機としており、それらは 1000min^{-1} 以上の高速機、 $200\sim 900\text{min}^{-1}$ 程度の中速機とそれ以下の低速機に大別される。この内、中速ディーゼル発電機は、出力が $25,000\text{kVA}$ 以下で極数が $6\sim 18$ 極であり、その中でも当社では $1250\sim 7000\text{kVA}$ クラスまでの $6\sim 10$ 極の標準的なシリーズ（OHTAS-L3シリーズ）を使用したもの、出力が大きく 12 極以上の片吸い込みと両吸い込みの3タイプに分けられている。第1表に詳細な適用範囲を示す。

当社は長年にわたり、これら範囲のディーゼル発電機を数多く世に送り出してきており、中速機に関しては、標準的なOHTAS-L3シリーズを除いても、1980年以降に144台の納入実績を持ってい

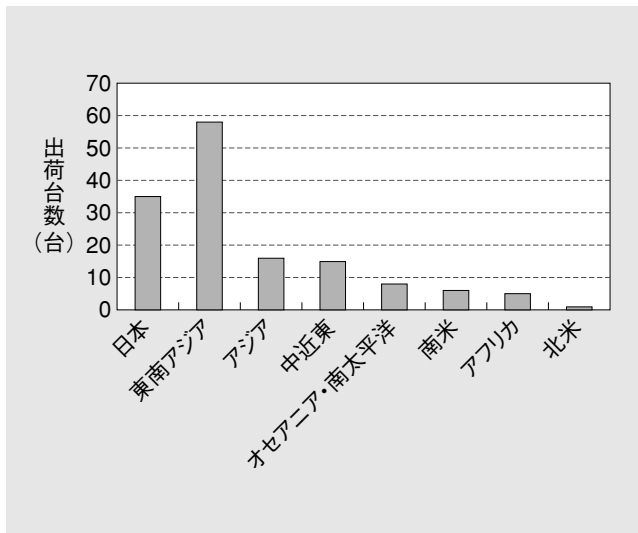
*回転機システム工場

第1表 中速ディーゼル発電機範囲

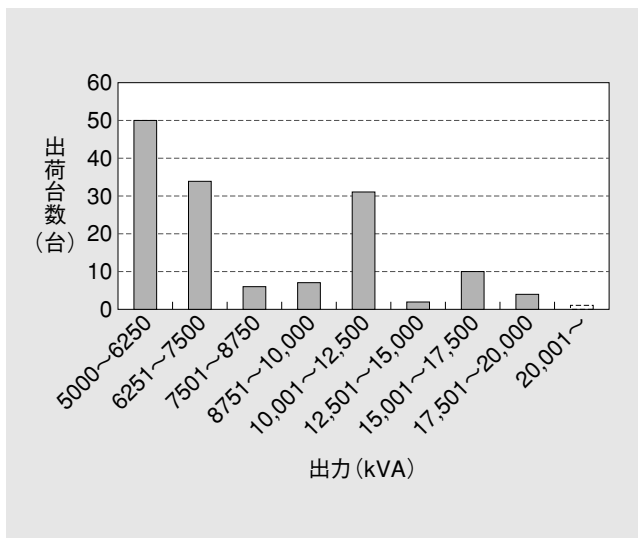
出力と極数による中速ディーゼル発電機の製作範囲を示す。出力により3タイプに分けられる。

極数 \ kVA	6	8	10	12	14	16	18
1250~1500	OHTAS-L3						
⋮	OHTAS-L3						
5000~6250	OHTAS-L3						
6250~7500	OHTAS-L3						
7500~8750	OHTAS-L3						
8750~10,000	OHTAS-L3			片吸い込み			
10,000~12,500	OHTAS-L3			片吸い込み			
12,500~15,000	OHTAS-L3			片吸い込み			
15,000~17,500	OHTAS-L3			片吸い込み	両吸い込み		
17,500~20,000	OHTAS-L3			片吸い込み	両吸い込み		
20,000~25,000	OHTAS-L3			片吸い込み	両吸い込み		
25,000	OHTAS-L3			片吸い込み	両吸い込み		

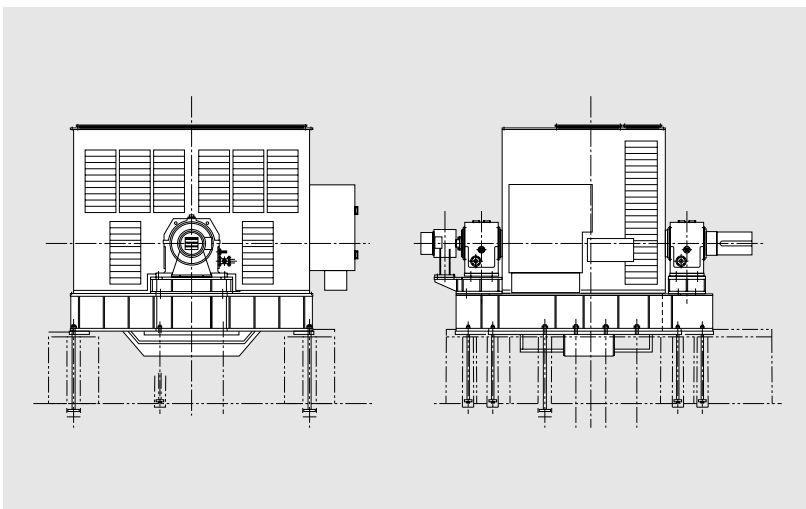
る。第1図の地域別出荷台数に示すように、日本国内はもちろんのこと、アジア圏を中心に全世界



第1図 地域別出荷台数
日本国内及び世界各地の地域別での出荷台数を示す。



第2図 出力別出荷台数
出力別による出荷台数を示す。20,001kVA以上の台数は、製作中となっている。



第3図 外形図
発電機の外形図を示す。

に幅広く出荷をしている。**第2図**の発電機の出力別出荷台数に示すように、5000~6250kVAが最も多く、出力の大きい発電機は比較的少ない。今回紹介する、イラク共和国の電力庁に4台を納入したサマワ向けの発電機は、外務省ODA（政府開発援助）によるもので、18,750kVAと中速機の範囲では、製作当時では当社最大出力であった。なお、現在は中速ディーゼル発電機の最大出力と想定している25,000kVAに近い21,176kVAの発電機を、日本国内のお客様向けに設計・製作を行っている。

本稿では、中速ディーゼル発電機の構造やサマワ納入の発電機の据え付け状況などについて紹介する。

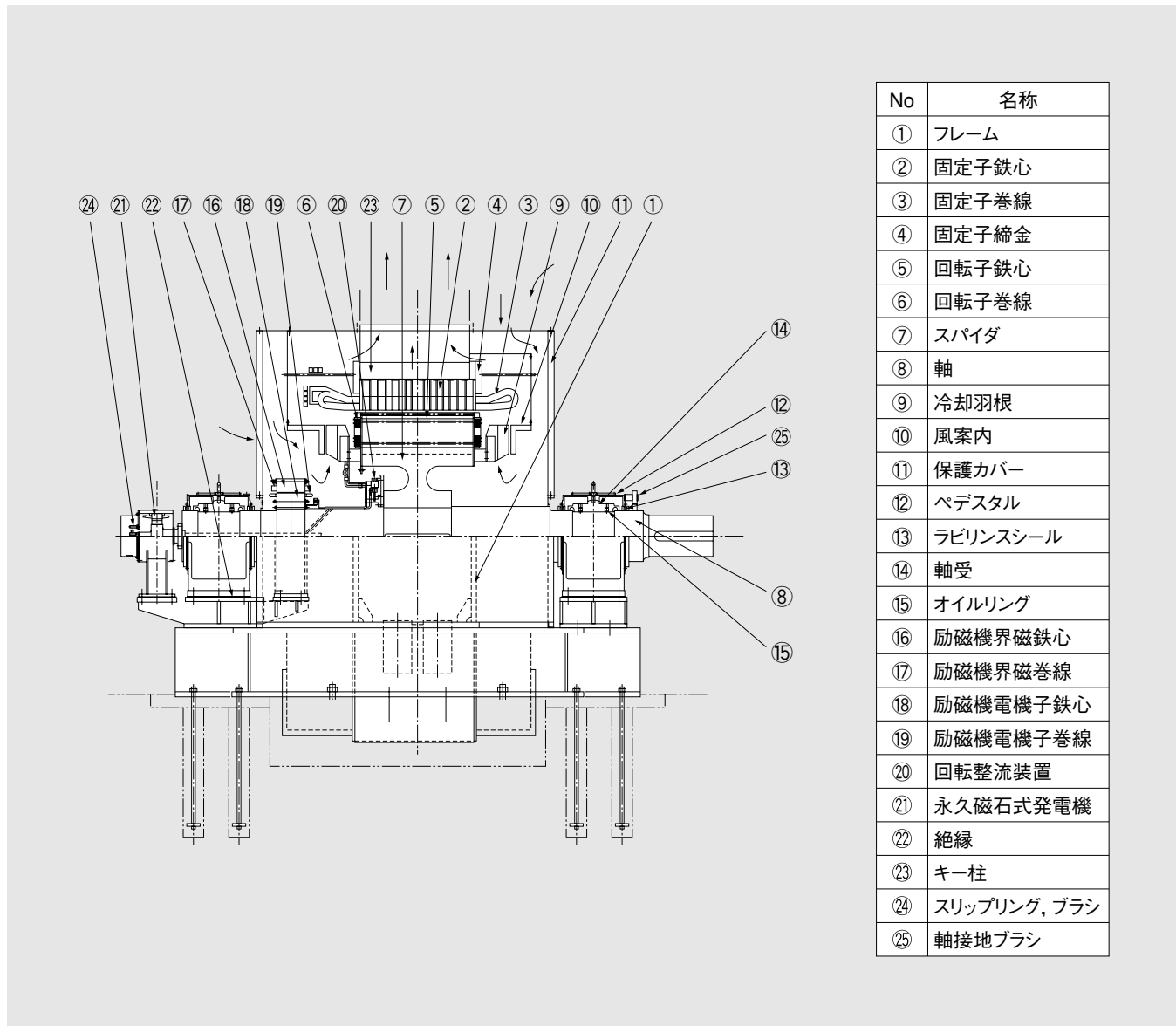
2. 構造

2.1 固定子

第3図に発電機の外形図を、**第4図**に構造図を示す。エンジン側の要求する軸端形状、軸受配置としている。床面より立ち上げられたコンクリート基礎上に据え付けられる。

発電機固定子フレームは、フレームとベッドから構成されている。3枚の側板と固定子鉄心を保持するキー柱でできたフレームに、良質なケイ素鋼板を使用して打ち抜いた鉄心を積層し、固定子コイルをはめ込んでいる。コイルをはめ込んだフレームを浸し、2枚の側板と外周の外板及び補強により構成されているベッドに溶接し固定している。固定子コイルは、一体含浸によりF種絶縁としている。一体含浸とすることで、耐湿度特性に優

れており、長年の使用に耐えるものになっている。また、鉄心の両端ダクトは電磁力及びディーゼルエンジンの発生する振動に耐え、脱落しないよう取り付けに十分考慮した。鉄心とフレームのトルク方向の固定は台形のキーを使用し、短絡トルクにも十分耐える構造としている。軸方向の固定は両端の鉄心締金を通じボルトで締め付け、電磁力や振動で鉄心に緩みが生じない構造としている。また、ディーゼルエンジンの発生する軸方向加振周波数並びに電源周波数の倍数と共振しないよう固定子フレーム剛性を選定している。



No	名称
①	フレーム
②	固定子鉄心
③	固定子巻線
④	固定子締金
⑤	回転子鉄心
⑥	回転子巻線
⑦	スパイダ
⑧	軸
⑨	冷却羽根
⑩	風案内
⑪	保護カバー
⑫	ペDESTル
⑬	ラビリンスシール
⑭	軸受
⑮	オイルリング
⑯	励磁機界磁鉄心
⑰	励磁機界磁巻線
⑱	励磁機電機子鉄心
⑲	励磁機電機子巻線
⑳	回転整流装置
㉑	永久磁石式発電機
㉒	絶縁
㉓	キー柱
㉔	スリップリング、ブラシ
㉕	軸接地ブラシ

第4図 構造図

発電機の構造図を示す。矢印は、風の流れを表したものである。

2.2 回転子

発電機回転子軸は鍛造品を使用し、スパイダには鋳鋼を使用している。スパイダの外周には磁極取り付け用のダブテール溝が加工されており、コッタを使用して磁極に取り付けている。界磁コイルは裸平角銅帯を使用し、ガラス主体のF種絶縁を施し磁極にはめ込まれている。コイルの一部は冷却効率を上げるフィン兼用となっている。磁極の表面近くにはダンパ巻線が埋め込まれており、磁極の両端部にはダンパリングがロウ接続されている。また、スパイダ両端には冷却用の羽根が取り付けられおり、発電機の軸方向両側より空気を吸い込み、発電機上部に設けられたダクトに排気する構造となっている。

2.3 軸受

発電機軸受は、回転子の前後にペDESTル軸受台を持つ両軸受方式を採用している。軸受潤滑及び冷却は、強制給油方式である。断油、電源ストップなどのバックアップ用として、オイルリングを装備している。軸受メタルは合金にホワイトメタルを鋳込んだ方式を採用している。軸受台は球面台座を採用し、軸のたわみに追従できる構造となっている。反駆動側の軸受ペDESTルの脚座及び配管類には軸電流防止用の絶縁ボルト・絶縁ライナなどを装備している。

2.4 端子

発電機出力端子は、出力側・中性点側共に発電機サイドの端子箱内に配置されている。発電機の



計装用端子は1か所の集中端子箱に集められ、断路形端子によりケーブルを外すことなく計測素子及びケーブルの点検が行えるよう考慮した。

2.5 励磁方式

励磁方式は、ブラシレス励磁方式を採用し、交流励磁機 (AC EXCITER)、回転整流器及び永久磁石式発電機 (PMG) によって構成されている。励磁機は、回転整流器・永久磁石式発電機を含め、発電機本体の反駆動側軸受の内側に設置されている。

3. サマワ納入中速ディーゼル発電機

外務省のODAのイラク復興支援活動の一環で、2005年にイラク共和国でのディーゼル発電所建設があり、当社は18,750kVA中速ディーゼル発電機4台を製作、納入した。当時は当社製作の中速として出力の記録品である。

発電機の仕様・定格事項を以下に示す。

- (1) 原動機：ディーゼルエンジン
 - (a) メーカー：MAN B&W
 - (b) 形式：18V48/60
 - (c) 出力：15,424kW
 - (d) 回転速度：500min⁻¹
- (2) 発電機
 - (a) 形式：横軸三相交流同期発電機
 - (b) 出力：18,750kVA
 - (c) 極数：12極
 - (d) 電圧：11kV
 - (e) 電流：1151A
 - (f) 回転速度：500min⁻¹
 - (g) 周波数：50Hz
 - (h) 力率：80%
 - (i) 耐熱クラス：F
 - (j) 温度上昇限度：Bライズ
 - (k) 慣性モーメント：14,300kg・m²
 - (l) 規格：IEC60034
 - (m) 励磁方式：PMG付きブラシレス励磁方式
 - (n) 台数：4台

記録品ということもあり、設計・製作は当社実績をベースに、デザインレビューなどにより慎重に行われ、また長納期部品の調達も問題無く納期通り製作・出荷することができた。

現地は砂じんの多い地域なため、発電所建屋に

は給気部にフィルタを付けて発電機への清浄な給気を保つ構造にした。イラクは紛争地域であり、ビザが下りず日本人は入国できないため、据え付け作業指導員 (SV) が現地に入ることができない。このため、現地にモニタを設置して、据え付けSVは、他国からテレビ電話で現地の人間をコントロールしながら据え付けを行うことにした。そのためにイラクより据え付け工事を行う工業者が来日し、工場で見学と運転などのトレーニングを実施した。第2表にトレーニングスケジュール概要を示す。

内容は、仕様・構造説明から始まり、据え付け要領書を使用し、発電機のつり上げ荷卸し方法・センタリングなど実際の作業のフロー説明や、実物の寸法を測定し、現物確認を実施した。このほか開梱・保管・試験、及び励磁装置などの注意事項を説明した。

その後、最終需要家であるイラク電力庁も来日し、発電機の立ち会い試験で太田工場にも来られ、構造説明や工場見学なども併せて行った。

現地据え付けは結局、当社への据え付けSV・試験SVの要請は無く、独自で行った。全体の工事は当初予定より多少の遅れがあったが、2008年12月に完成しイラク側に無事引き渡された。

第2表 トレーニングスケジュール概要

サマワ納入発電機の据え付けを実施するイラクの施工業者に、トレーニングを実施した際のスケジュール概要を示す。

	日	1	2	3	4	5	6	7
据え付けトレーニングスケジュール								
発電機仕様説明		■						
定格事項、性能		■						
構造説明			■					
据え付けトレーニング								
据え付け手順説明					■	■	■	
長期保管手順説明								■
開梱手順説明								
			■					
試験トレーニング								
試験項目、試験手順説明						■	■	
試験機材説明							■	
試験成績説明								■
励磁装置説明								
制御装置組合せ試験				■				
励磁装置説明				■				
現地試験説明					■			



4. む す び

当社は現在、サマワ向けに更に出力の大きい中速ディーゼル発電機を製作中であり、2010年中に製作・出荷の予定である。

中速ディーゼル用発電機は、製作メーカーが多く世界的に競争が激しい。また、ガスエンジンの市場拡大といった新分野の情勢もあり、当社もこれに対応して開発を行い、品質の向上を目指した製品の製作に努めている。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

《執筆者紹介》



熊谷 敬 Takashi Kumagai
ディーゼル発電機的设计に従事



後藤健輔 Kensuke Goto
発電機の開発業務に従事

