

平成 1 8 年度

速度制御方式採用の汎用電気推進システムの技術開発

報告書

平成 1 9 年 3 月

社団法人 日本船用工業会

## はしがき

本報告書は、競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて、平成17年度及び18年度に社団法人日本舶用工業会が実施した「速度制御方式採用の汎用電気推進システムの技術開発」事業の成果をとりまとめたものである。

本事業は、内航船等において、速度精度方式の電気推進船を普及すべく、ヤンマー(株)が大洋電機(株)の協力のもとに2年間にわたって実施した。速度制御方式の電気推進船についてはインバータのコストが高いことが課題であったが、本開発では汎用インバータを採用した方式でその解決を試みたものである。

ここに、貴重な開発資金を助成いただいた日本財団、並びに本事業推進にご指導ご助言をいただいた「汎用電気推進システム研究委員会」の委員並びに関係者の皆様に御礼申し上げる次第である。

平成19年3月

社団法人 日本舶用工業会

「汎用電気推進システム研究委員会」委員名簿

委員長	烏野慶一	北海道大学名誉教授
委員	西方正司	東京電機大学教授
	沼野正義	海上安全技術研究所
	大島 寛	鉄道建設・運輸施設整備支援機構
	(金子栄喜)	鉄道建設・運輸施設整備支援機構
	才木秀俊	大洋電機(株)
	中島史雄	ヤンマー(株)

( ) 前任者

## 目 次

### はしがき

	Page
1. 事業の目的等	1
1. 1 事業の目的	1
1. 2 事業の内容	2
1. 3 事業推進の方法	3
2. H17年度事業の内容と成果	4
2. 1 開発基本計画の立案	4
2. 2 誘導電動機的设计・製作方法の検討と小型モデル機製作	12
2. 3 制御方式の調査及び検討	15
2. 4 誘導電動機的设计	16
2. 5 制御装置的设计	17
2. 6 二重巻線誘導電動機の製作	20
2. 7 制御装置（インバータ・コンバータ盤）の製作	22
2. 8 本年度の成果	23
3. 平成18年度事業の内容と成果	24
3. 1 誘導電動機単体試験	24
3. 2 制御盤単体試験	25
3. 3 誘導電動機・制御盤組合せ負荷試験（負荷率12.5%、250kW）	25
3. 4 誘導電動機・制御盤組合せ負荷試験（負荷率100%、2000kW）	26
3. 5 本年度の成果	29
4. 本事業の成果	30
4. 1 低圧大容量2重巻線電動機の商品化技術の確立	30
4. 2 汎用インバータの8台並列運転による同期運転の確立	30
4. 3 2000kW連続負荷運転による性能確認	30
4. 4 商品化による市場価格について	31
5. 商品化の見通し	32
6. まとめ	33
添付資料	
添付資料－1 誘導電動機単体試験要領書・試験成績書	34
添付資料－2 誘導電動機・制御盤組合せ試験（負荷率100%、2000kW） 要領書・試験成績書	42
添付資料－3 図面（推進電動機・制御盤）	80

## 1. 事業の目的等

### 1.1 事業の目的

電気推進船は発電用機関により得た電気エネルギーにより推進や船内負荷を賄うため、①船体設計の自由度が高まることによって得られるスペースによるカーゴスペース増による輸送効率向上、②機関部作業の合理化、③居住区の静寂性が高いこと、④負荷に応じた運転台数制御による環境負荷低減等の利点がある。電気推進船は船速制御の方式によって、インバータによりモーターの回転速度を変化させる回転速度制御方式（I/C方式）と、モーターの回転数は変えないで、可変ピッチプロペラを用いて船の速度を変化させる方式（CPP方式）との2つに大別される。

- 1) I/C方式は、古くから電気推進船に採用されてきた制御方式で、海洋観測船や旅客船等の特殊な用途に用いられてきたが、欧州では環境問題への厳しい対応を背景に沿岸輸送の一般船舶にも使用され始めている方式である。しかし、従来通りのシステムのままでは非常に高価となるため、コストを重視する日本の内航海運等への適用が難しいものであると言える。
- 2) CPP方式は、2002年に電気推進による内航船を建造した際に、I/C方式が高価であるために考えた廉価性を狙ったシステムである。この方式は、内航船でも多くの実績を持つ一定速度運転の中速主機関と可変ピッチプロペラの組合せをベースに中速主機関を推進電動機に置き換えた方法である。

今後、内航船等において電気推進を実現するためには、廉価なI/C方式の開発が不可欠であることが認識されるに至ったところである。従来のI/C速度制御方式のコスト高の理由は、推進電動機の出力制御のため高出力用となる特殊インバータ(特注品)のコストにある。そこで、今回の技術開発では、その解決方法を計る一つの方法を試みる。

この開発により、ほとんどの内航船をカバーできる2000kW級の日本独自の電気推進システムを実現し、内航船において電気推進船の普及を図ることにより、環境問題への貢献、物流の効率化を促進し、内航海運の活性化に資することを目的とする。

## 1.2 事業の内容

### 1.2.1 インバータ2ユニットによる同期運転の開発

汎用インバータ（1台あたりの容量が250kW以下程度）を複数台配置して構成された1つのユニットを二組組合せた2ユニットの周波数、位相を同期制御するシステムの開発を行う。

### 1.2.2 2重巻線構造の誘導電動機の開発

各々のユニットから出される電氣的出力を接続し、高効率で回転する2重巻線誘導電動機の開発を行う。

### 1.3 事業推進の方法

学識経験者、設計・製作の実務者及び関係官公庁職員で構成する委員会を設置し、その指導のもとに事業を推進した。

本事業を推進するに当り、まず1年目で設計から製作まで、2年目に試験を実施する2年事業とした。

初年度には、設計完了後2000kWの実機製作前に90kWのモデル装置を試作し、その結果を2000kWに反映し製作する事とした。

次に、2年目の負荷試験についても、まず12.5%（250kW）の低負荷で実施し、その後定格の2000kW負荷で試験することとした。

この負荷試験は等価負荷ではなく、電源設備として約2400kW以上の専用電源設備を準備すると共に、負荷装置としても2000kW・900min.<sup>-1</sup>に相当する実トルクを吸収できる動力計を準備して可能な限り実際の運転状態と同一条件で試験を実施して性能の確認を行うこととした。

定格2000kW負荷での試験確認により装置の実用性が証明されるので、その結果により目的のコスト低減を実証することとした。

## 2. H17年度事業の内容と成果

平成17年度は、内航船において採用されている主推進機の容量を船種や船の大きさをパラメータとして調査する事により内航船に適用される推進電動機の出力量レンジを見極め、それらをカバーできるレンジから必要とされる最大出力のものを開発対象とし、電動機及び制御機器の製作仕様の取り纏めと各機器の設計製作を行った。

### 2.1 開発基本計画の立案

#### 2.1.1 電動機出力及び回転数の決定

##### (1) 電動機出力の決定

###### (a) 現状認識

現状で低圧（440V系）VVVFユニットを並列使用して対応できる国内最大出力は1000kWである。1000kWを得るには250kW級VVVF装置を4台並列運転し、これをもって電動機1台にて最大1000kWが可能である。

###### (b) 内航船における主機出力と建造隻数の実態調査

内航船を船種毎に分類して採用されている主機出力と建造実績から船舶用主機として採用されている出力の範囲を調査しその傾向から今後必要とされる出力レンジの電動機ラインナップが準備できる事が求められている。調査方法は、2004年版船の便覧及び海洋水産エンジニアリングに紹介された船舶からリストアップし、以下の7種類に船種分類して主機出力レンジと建造隻数を調査した。

- タンカー： 図 2.1-1 主機出力と建造実績（タンカー）  
黒油・原油・重油・コールタール・潤滑油・食用油など
- 貨物船： 図 2.1-2 主機出力と建造実績（貨物船）  
RORO・コンテナ・多目的貨物・鉱石運搬・自動車運搬・  
石炭・石灰石・貨物と人
- フェリー： 図 2.1-3 主機出力と建造実績（フェリー）  
フェリー・客船
- ガット船： 図 2.1-4 主機出力と建造実績（ガット船）  
石・砂・砂利・石材・土砂
- ケミカル： 図 2.1-5 主機出力と建造実績（ケミカル）  
ケミカル・LPG・化学薬品・し尿・特殊品、飲料水など・  
アスファルト、熔融硫黄など、過酸化水素・廃棄物・白油・灯油  
・ガソリン・ベンゼン・軽油・苛性ソーダ・硫酸
- 作業船： 図 2.1-6 主機出力と建造実績（作業船）  
作業船・曳き船・押し船
- 上記以外： 図 2.1-7 主機出力と建造実績（上記以外）  
漁船・練習船・調査船・取締船



(c) 調査結果による内航船における主機の最大出力推定

タンカー：5000kW 以上は外航船で 2 サイクル低速主機が採用されている。

内航としては 3500kW 未満。

貨物船：4000kW を超えるあたりから 2 サイクル低速主機が採用されている。

フェリー：4000kW を超えると中型・大形フェリーや高速船である。

ガット船：2500kW 未満。

ケミカル：4000kW を超えるあたりから 2 サイクル低速主機が採用されている。

作業船：4000kW を超えると外航船。

上記以外：4000kW 未満。

以上より 4000kW を超える主機を搭載する船では外航できる船であったり、主軸に減速機を持たない低速 2 サイクル機関が採用されている傾向にある。内航船を見据える範囲では最大が 4000kW とみなすことが出来る。

(d) 電動機出力の決定。

現状、電動機単機にて 1000kW までが製作可能範囲にある。主機出力 4000kW を縦軸全旋回式推進機を採用して電気推進とするには単機出力が 2000kW あれば対応が可能である。ディーゼル機関の場合には MCR と NCR の二つの定格が決められているが、電動機では 100% 連続使用が可能であること及び船体の推進効率改善などで少しの余裕も生まれることになる。

電動機単独で 2000kW が可能となれば、以下の出力ラインナップが揃うことになる。

1000kW	従来単機で対応可能
1500kW	V V V F 3 台並列×2 巻線単機にて対応可能。
2000kW	従来の単機 1000kW×2 基で対応可能
3000kW	単機 1500kW×2 基で対応可能。
4000kW	単機 2000kW×2 基で対応可能。

(2) 電動機回転数の決定

電動機回転数は駆動されるプロペラ側からの要求で決定される。

V V V F 装置を使って電動機を制御するので電動機回転数は任意に選択は出来るが、プロペラ効率や経済性を考慮して適切な電動機極数と運転周波数を選択しておく事が大切である。

(a) 選定の条件

対象となる推進装置の種類は縦軸推進装置とする。

電気推進を採用するにあたり、ディーゼル主機を電動機に置き換えただけの従来のラインシャフト方式では燃費が悪化することになる。電気推進を採用しても燃費がほぼ変わらないようにするためにはラインシャフト方式にとらわれず縦軸推進装置を採用し船型改善による推進効率の向上でこれらをカバーする事が必要となる。

ここで対象とする推進装置及びメーカーの選定については、内航船に搭載することを想定しているので、国内メーカー又は内航船への搭載実績の比較的多いメーカーのメニューから選定する。

表 2.1-1 出力 2000kW レンジでの各社推進機メニュー

メーカー	形式	プロペラ径	入力 kW	入力回転数範囲 min <sup>-1</sup>
K H I	KST-220ZF/B	2.7m	2207kW	600～1000
	KST-200ZF/B	2.4m	1839kW	750～1000
ナカシマ (ショットル)	SRP2020	2.8m	2300kW	MAX. 1000
	SRP1212	2.3m	1650kW	MAX. 1800
	STP2020	2.8m	2300kW	MAX. 1000
	STP1212	2.3m	1650kW	MAX. 1000
ナカシマ	NAP100	3.9m	2350kW	720
	NAP90	3.5m	1950kW	720

(b) 検討結果

2000kW 以上の機種で標準的に要求される最大回転数は 1000min.<sup>-1</sup> である。この回転数に無理なく適用が出来るものとして電動機極数は 8P (定格同期回転数：900min.<sup>-1</sup>) となる。

推進電動機を連続して長期にわたり安心して使用するには電氣的な絶縁と軸受けの潤滑維持である。絶縁はモニタが装備され、かつ絶縁材料や製造技術の向上により長期の使用に十分耐えるようになっている。一方、軸受けは、比較的連続使用される発電機を例にとると、スリーブ軸受けは長時間の連続使用に十分耐えると言っても過言ではない。大形電動機に採用されている転がり軸受(玉軸受)では機械的な疲労寿命に問題がある。船舶用の大容量電動機としてスラスト装置に採用されている電動機は使用時間が比較的短いので転がり軸受けでも支障ないが、推進電動機において数年で軸受け交換をするような事を推奨して受け入れられるかが課題といえる。現段階では軸受け交換を考慮する必要の無いスリーブ軸受けを採用する。スリーブ軸受けでの立形構造は無いので横置電動機となる。

今回ナカシマ NAP シリーズは L 形で電動機を縦置きとしなければならないので適用外とする。ナカシマ NAP シリーズへの対応は電動機極数を 8P から 10P に変更し、更に軸受けの選定を見直すこと(定期的な軸受け交換を必要とする)で容易に開発技術の転用が可能である。

## 2.1.2 電動機・制御盤（インバータ・コンバータ盤）の基本仕様決定

前項にて電動機出力及び電動機回転数（極数）が決定されたので、これ以外の基本仕様について協議決定した。

出所: 船の便覧2004

船種区分: タンカー  
隻数計: 400隻

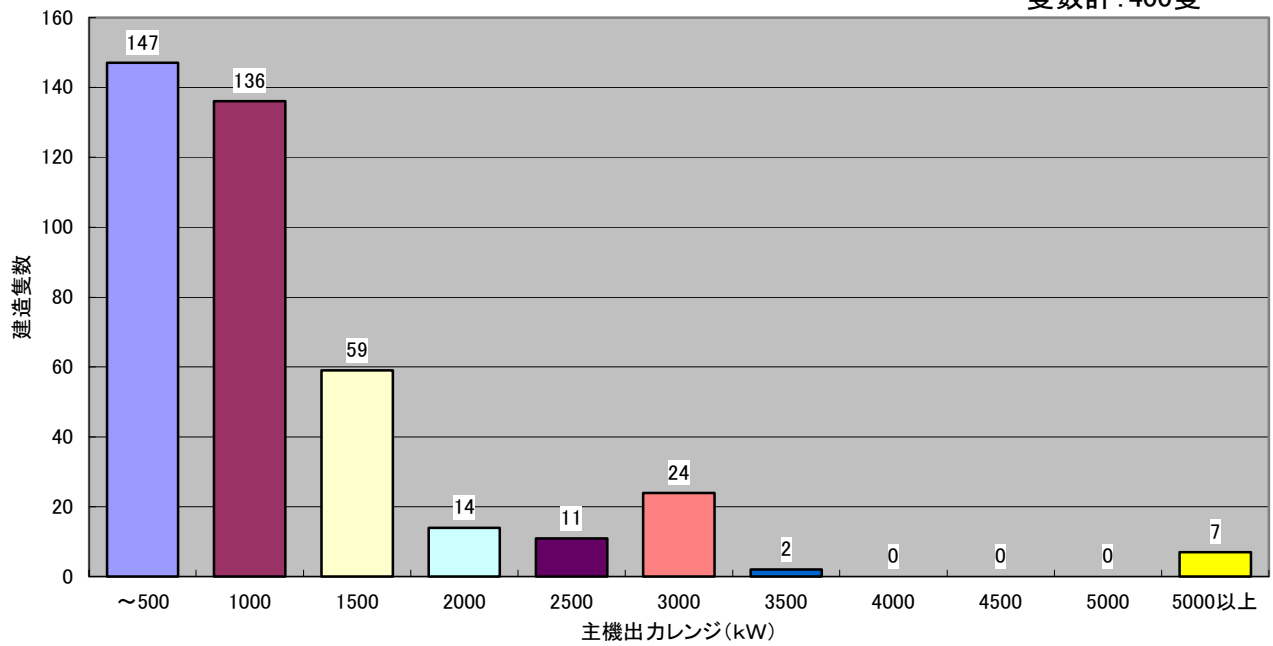


図 2.1-1 主機出力と建造実績 (タンカー)

出所: 船の便覧2004

船種区分: 貨物船  
隻数計: 1623隻

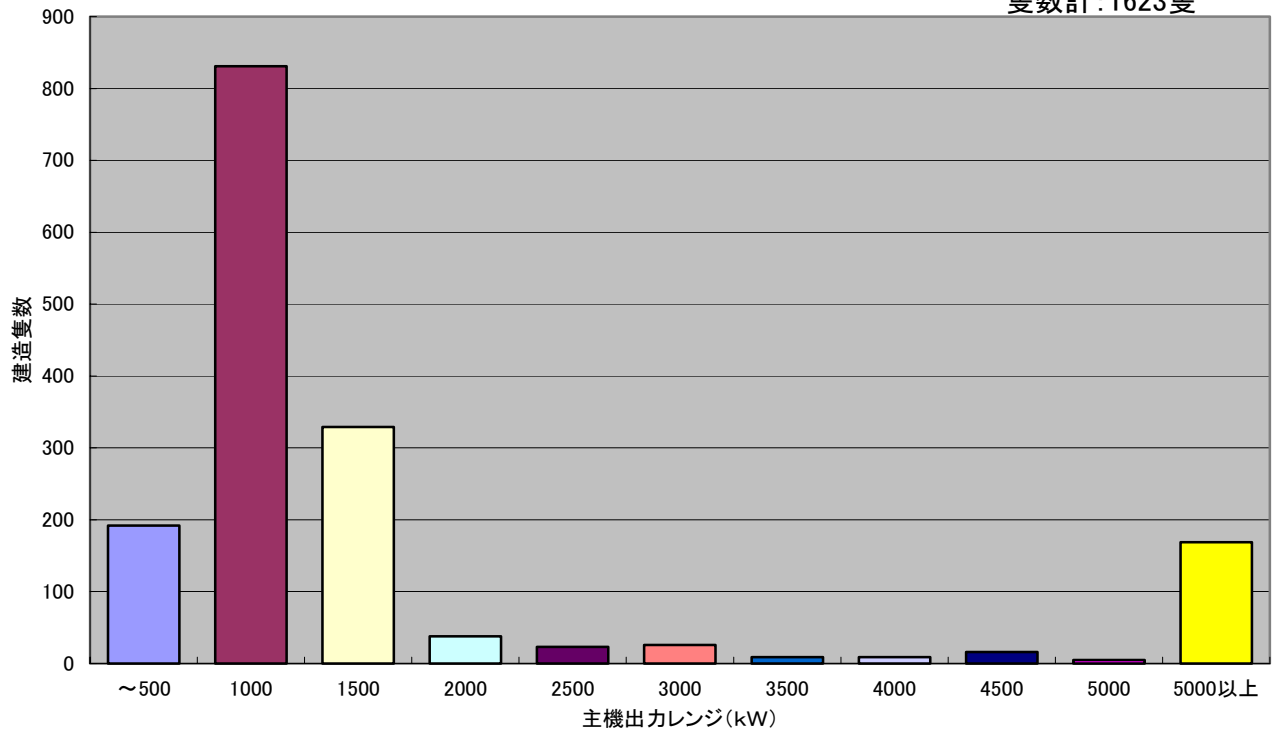


図 2.1-2 主機出力と建造実績 (貨物船)

出所:船の便覧2004

船種区分:フェリー  
隻数計:337隻

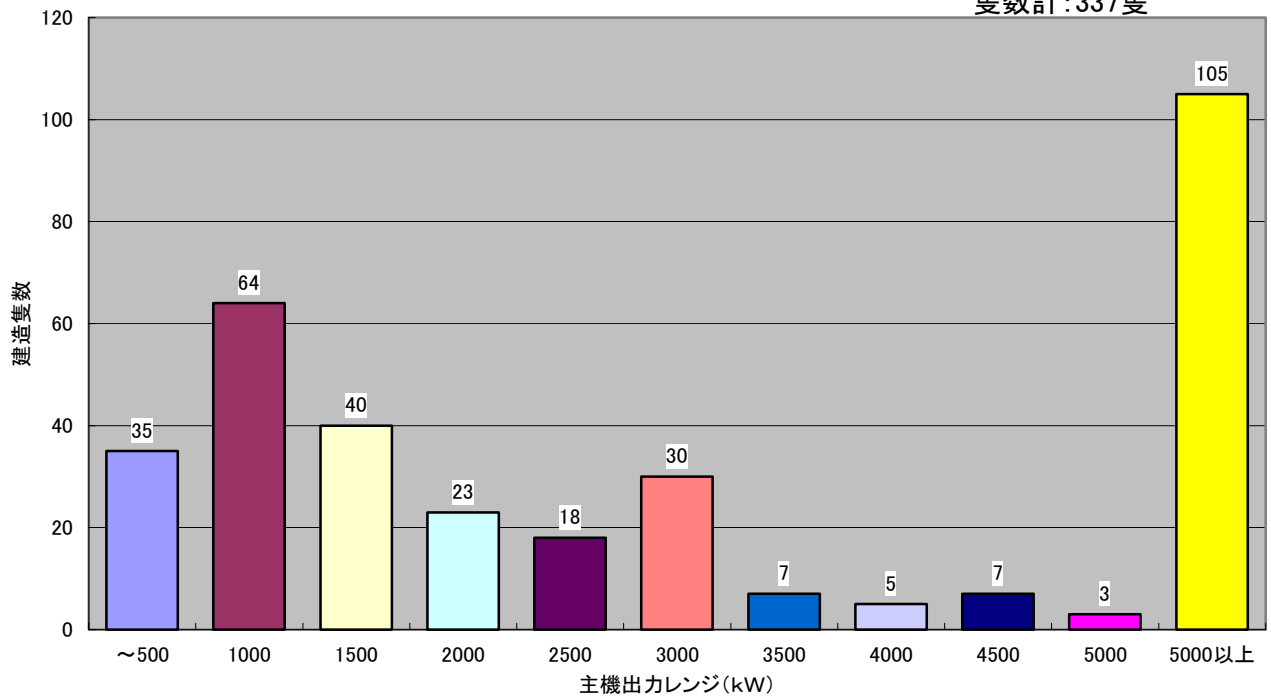


図 2.1-3 主機出力と建造実績 (フェリー)

出所:船の便覧2004

船種区分:ガット船  
隻数計:437隻

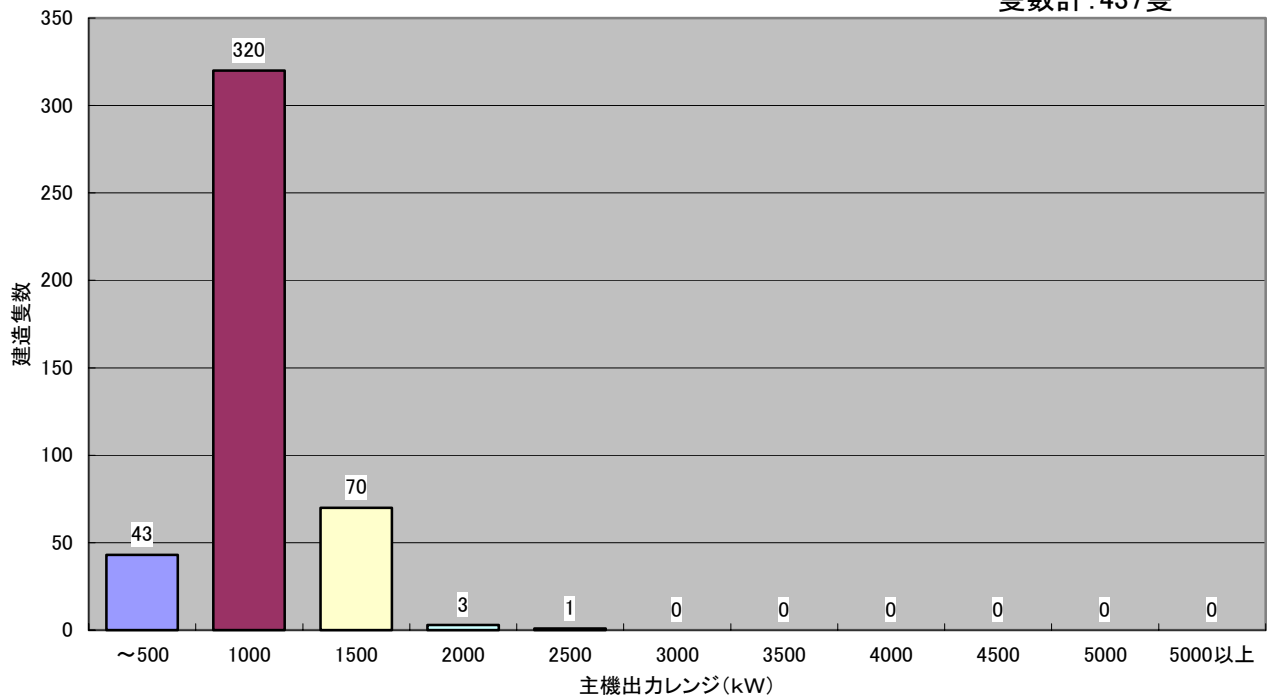


図 2.1-4 主機出力と建造実績 (ガット船)

出所: 船の便覧2004

船種区分: ケミカル

隻数計: 1004隻

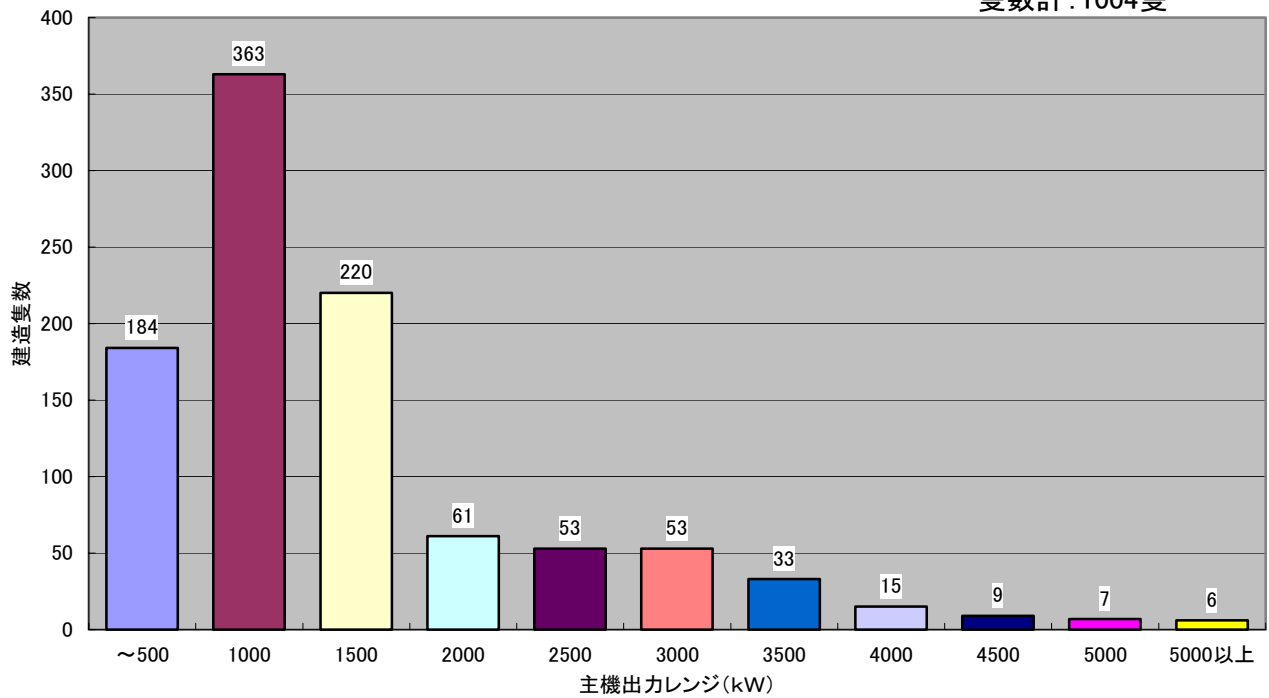


図 2.1-5 主機出力と建造実績 (ケミカル)

出所: 船の便覧2004

船種区分: 作業船

隻数計: 608隻

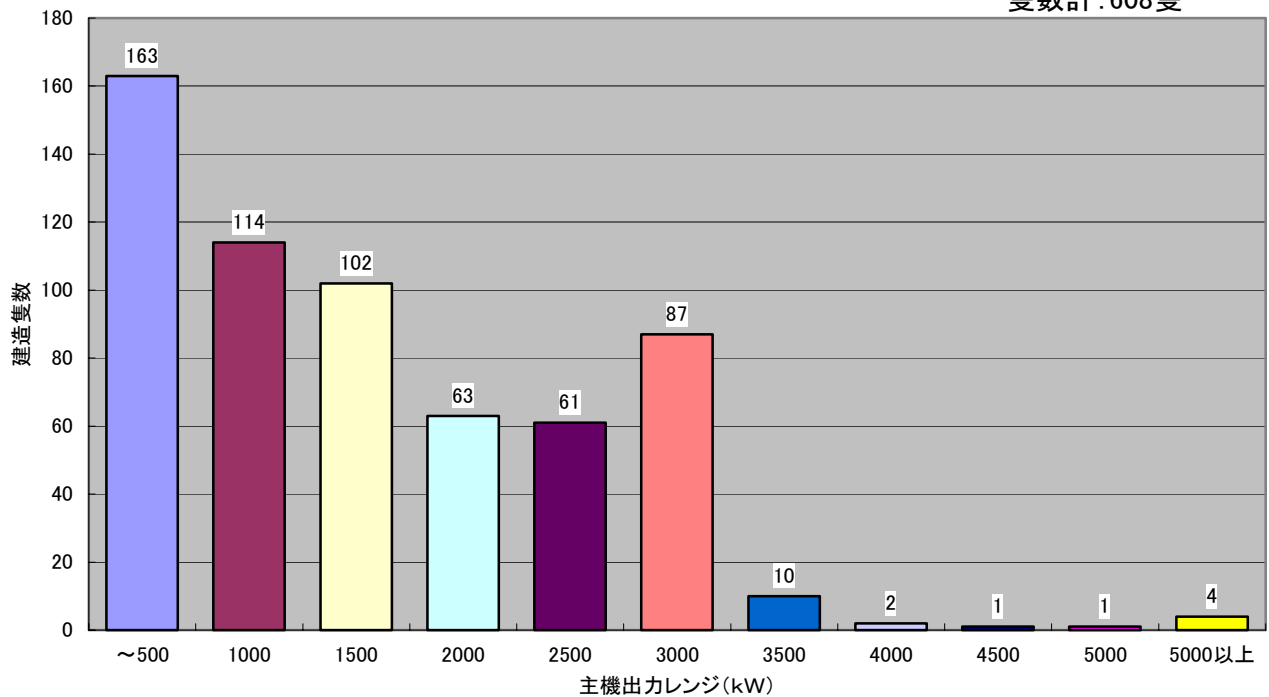


図 2.1-6 主機出力と建造実績 (作業船)

出所: 海洋水産エンジニアリング  
2002年1月以降

船種区分: 上記以外  
隻数計: 133隻

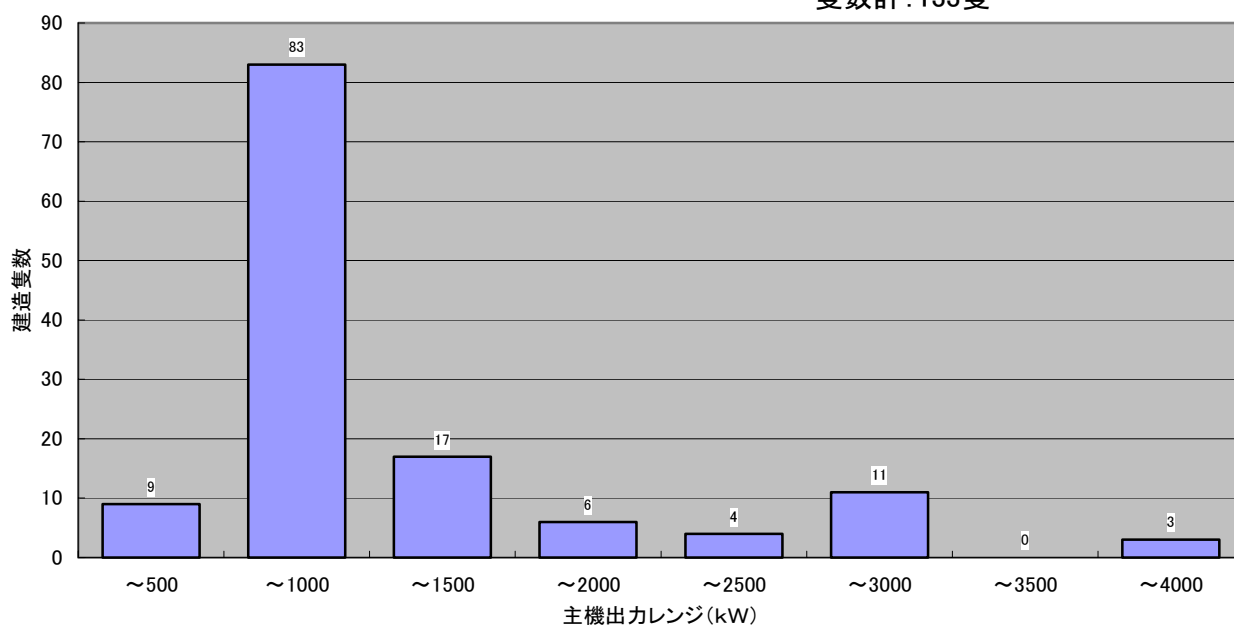


図 2.6-7 主機出力と建造実績 (上記以外)

## 2.2 誘導電動機的设计・製作方法の検討と小型モデル機製作

### 2.2.1 二重巻線磁気回路の解析

電動機の小型軽量化を図る上で、鉄心の磁束密度のバランスが重要となる。

磁束分布にムラ（アンバランス）があると電動機の体格が大きくなり、又、局部的に磁束密度が大きいと、特性が悪くなり温度上昇も大きくなる。

詳細な電気設計を行う前段階として、理想的な鉄心寸法を見出す為に有限要素法を用いて磁束密度が全体的に均一になるよう鉄心の外径、内径、溝寸法及び溝数を変えて解析を行い、理想的な磁束分布とした。

その検討結果として、以下に今回採用した結果を添付する。（図 2.2-1 参照）

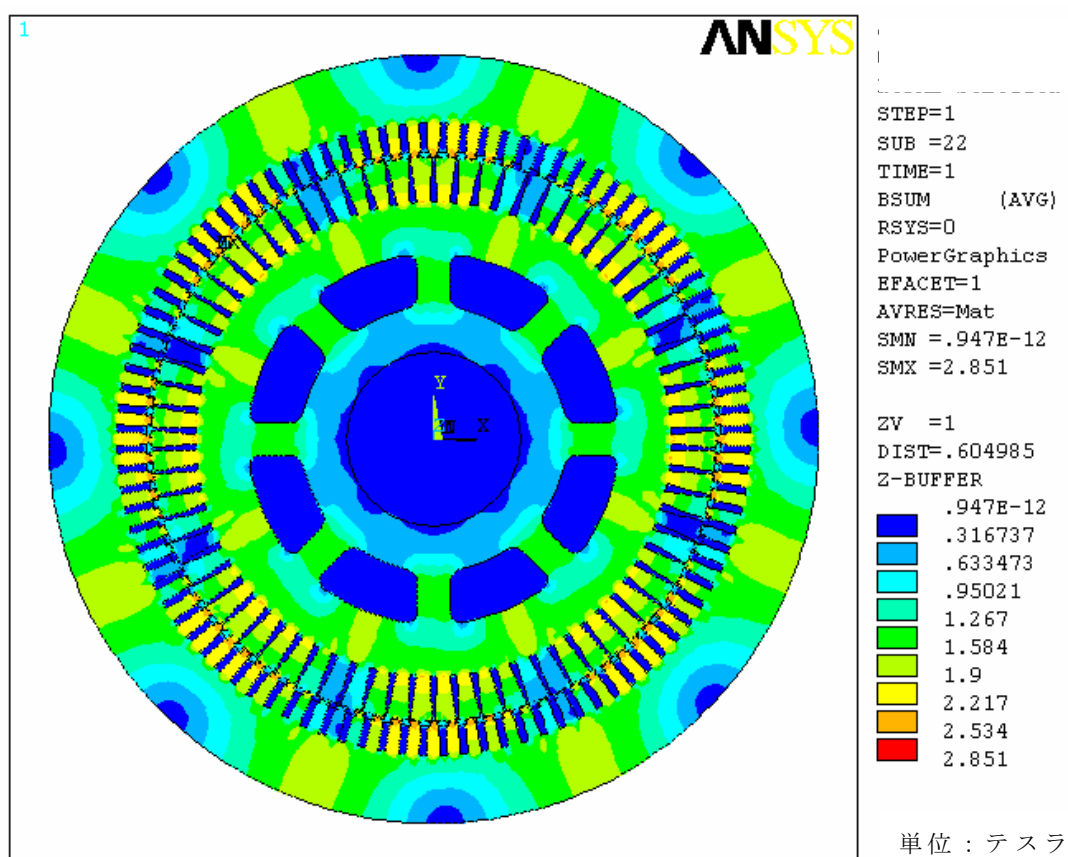


図 2.2-1 電動機の磁束密度分布図



## 2.2.2 二重巻線コイル巻及びコイル挿入方法の検討

2台のインバータへの出力に対応する誘導電動機は二重巻きが必要である。この2台のインバータを並列運転できるように制御するには、電動機の負荷分担を均一にしなくてはならない。負荷を均一に分担する為には、同一の巻線溝の中の内径側巻線と外径側巻線を使用した二重巻線を構成すると共に、巻線長誤差、配線長誤差、コイル挿入位置誤差を無くすように設計し、それを製作する技術を開発する必要がある。その結果を後述する小型モデル機を用いて確認した。

## 2.2.3 小型モデル機の製作

### (1) 設計計画

今回の開発では、先ず小型モデル機（90kW）にて巻線の製作方法、巻線の入れ方、接続方法を検証し、2000kW電動機的设计に活用した。

### (2) 試験結果

小型モデル機（90kW）完成後、下記の試験を実施してA巻線とB巻線のリアクタンスを計算した結果、誤差が規定値以内であることを確認した。

小型モデル機で得た技術を2000kW電動機的设计、製作に応用すれば巻線リアクタンスの誤差は規定値以内であると想定されるのでこれを基準値とする。

- (a) 巻線抵抗測定
- (b) 無負荷特性試験（電流）
- (c) 負荷特性試験（電流）
- (d) 拘束試験

以下に実際に製作した小型モデル機のステータ写真を添付する。

(図 2.2-2 参照)



図 2.2-2 90kW 4P のステータ

## 2.3 制御方式の調査及び検討

### 2.3.1 インバータ並列運転方法の検討

#### (1) 同期制御方式の必要性

二重巻線電動機を2ユニットのインバータで駆動する場合、電動機ステータ側に2つの巻線が配置され、それぞれのインバータから同時に電圧を与える。

ステータに与える電圧は、PWM (Pulse Width Modulation) のスイッチング電圧波形となっている。この電圧波形の位相がずれている場合、ステータ巻線-鉄心を介して他方の巻線へ電圧が誘起するため、インバータ間では見かけ上短絡電流が流れる事になる。

従って、A巻線とB巻線の電圧波形を合わせるよう、各インバータ出力電圧の同期制御が必要となる。

#### (2) 同期制御方式

インバータのメインからサブへ下記情報を送ることで、インバータ出力の同期制御を行う。

情報の種類を下記に示す。

##### (a) 電流指令、位相指令のデータ通信

各インバータの制御目標値を同じにする。

##### (b) PWM 位相同期信号

各インバータの PWM キャリア信号の位相を同期させる。

### 2.3.2 インバータ同期運転用メイン・サブ プリント板の回路設計及び製作・試験

メイン制御盤・サブ制御盤の両方に通信基板と制御基板が組み込まれ、夫々の間で信号の授受を行う構成となっている。

#### (1) 制御基板

インバータの制御全般、及び同期運転用の PWM キャリア信号の入出力を行う。

#### (2) 通信基板

同期運転に必要な情報が制御基板から通信基板に送られ、通信基板にて絶縁された信号に変換し、インバータ間の通信を行う。

### 2.3.3 インバータ部品寿命の調査

#### (1) ファンモータ

ファンモータは長年の使用により軸受け潤滑油が劣化し、正常な回転ができなくなり異音等が発生した段階で寿命となる。

インバータ年平均周囲温度=45℃で 40000 時間(1日 12時間の通電にて 9.1年)以上の寿命が確保できるものを選定している。

耐用年数近くになったら交換することを推奨する。

#### (2) 主回路直流平滑用コンデンサ

アルミ電解コンデンサの寿命は、内部電解液のガス化によるドライアップの

進行であり、その反応速度は  $10^{\circ}\text{C}$  2 倍則に従う。(周囲温度が  $10^{\circ}\text{C}$  下がれば寿命は 2 倍)

インバータ年平均周囲温度= $45^{\circ}\text{C}$ の環境で 80%負荷にて 30900 時間(1 日 12 時間の運転にて 7.0 年)以上の寿命が確保できるものを選定している。

耐用年数近くになったら交換することを推奨するが、コンデンサ交換は、ほとんどユニット総ばらしとなるので、客先に交換を依頼するのは困難であり、弊社サービス員の対応となる。

### (3) プリント板

プリント板の寿命は、各プリント板に実装されている電解コンデンサやフォトカプラの寿命によって決まる。

インバータ年平均周囲温度= $45^{\circ}\text{C}$ の環境で 47000 時間(1 日 12 時間の通電にて 10.7 年)以上の寿命が確保できるものを選定している。

耐用年数近くになったら交換することを推奨する。

## 2.4 誘導電動機的设计

### 2.4.1 電気設計及び強度計算

#### (1) 電気計算

磁気回路の解析で決定した鉄心の寸法(外径、内径、スロット寸法等)を用いて電気計算を行った。又、小型モデル機では丸線を使用した<sup>が</sup> 2000kW は平角電線で電気設計を行った。これは丸線よりも角線の方がスロット内の隙間が小さくなる為、振動に対してより強固となる。特性については、定格電流を可能な限り抑え、効率 95%、力率 80%を目標に設計した。

小型モデル機を試験した結果、漂遊負荷損が計画値より大きかった為、2000kW の固定子スロットはセミオープンスロットの形状を採用し、漂遊負荷損の低減を図った。

#### (2) 強度計算

強度計算は各々部位について下記の検討を行った。

- (a) 軸の強度計算
- (b) ロータバーの強度計算
- (c) ロータコアの強度計算
- (d) 軸受の強度計算
- (e) 冷却用ファンの容量検討

### 2.4.2 構造計画及び図面化

電気計算、強度計算の結果をもとに構造計画を行い、その計画図より各部品の製作図面及び組立図を作成した。

## 2.5 制御装置の設計

### 2.5.1 同期運転用プリント板の図面化

インバータ同期運転用プリント板（2.3.2に述べた）の回路設計及び製作・試験を元に、プリント基板を製作した。

### 2.5.2 インバータ並列回路の設計

インバータ並列運転は同期運転方法とも密接しているが、電動機の2つの巻線に同時に同じ電圧を与える必要がある。これらの電圧を同時に発生させる為、高速の通信制御を行い、電流指令・位相信号を合わせて制御出来るプリント板を設計した。

### 2.5.3 制御盤構造の計画及び図面化

#### (1) 構造計画

##### (a) 筐体（枠）

構造としては、250kW×4台のインバータユニットを内蔵した1000kW分のパネルを1面とする。

入力 : 440V, 60Hz, 3Φ

出力 : 2000kW (1000kW×2面)

制御電源 : 200V, 60Hz, 1Φ

形式 : 閉鎖自立型・防滴型・前面メンテナンス・IP22

表示 : 出力電圧計・出力電流計・出力周波数計・電動機巻線温度

塗装色 : 2.5G7/2

スペースヒータ : 有り (パネル・モータとも)

外部入出力端子 :

主回路入力部・・・上部背面コーミング

主回路出力部・・・底部コーミング

制御用信号線・・・底部コーミング

##### (b) 特殊仕様

盤内に計測器（デジタルパワーメータ）用のCT及び電圧検出用端子台を取付ける。

#### (2) 制御回路(制御ユニット)

電気推進でもあり、パネル盤面に表示装置を取付ける。インバータ内部のデータを通信ユニットで吸い出し、表示装置に表示させる。

(3) 保護機能

保護項目

表 2.5-1 保護機能及び警報装置

保護項目	検出ポイント	平常範囲	状態	時間	表示			
					盤面表示		表示装置	
					重故障	軽故障		
推進電動機	巻線温度	< 140°C	>=140°C	10秒		○	○	
			>=150°C	1秒	○		○	
	ベアリング温度	< 90°C	>=90°C	10秒		○	○	
			>=100°C	1秒	○		○	
	冷却風温度	< 65°C	>=65°C	10秒		○	○	
			>=75°C	1秒	○		○	
ファン	< 8.4A	>=8.4	瞬時	○		○		
インバータ盤	推進電動機過負荷		< 100%	> 100%	1分		○	○
	ファン		1600min <sup>-1</sup>	<850min <sup>-1</sup>	3秒	○		○
	排気温度		< 70°C	>=70°C	1秒		○	○
	直流制御電源		DC24V	<=10%	1秒		○	○
	交流制御電源		AC440V	<=30%	瞬時	○		○
	制動ユニット異常	DB過電圧	< 740V	>=800V	瞬時	○		○
		DB過電流	< 200A	>200A	瞬時			
	インバータ異常	過電流	< 100%	>150%	瞬時	○		○
		IGBT		素子故障	瞬時			
		直流部過電圧	< 740V	> 800V	瞬時			
		過負荷 (モータ電流)	< 100%	> 150%	1分			
		直流ヒューズ断		ヒューズ断	瞬時			
		始動渋滞		10秒で 始動不可	10秒			
		過速度	< ± 100%	> ± 120%	瞬時			
		直流不足電圧	> 360V	< 360V	瞬時			
過トルク (トルク指令)		< 100%	> 150%	瞬時				
ユニット過熱 (フィン温度)		< 100°C	> 100°C	瞬時				

#### 2.5.4 盤構造の計画

パネルの周温はNKベースで考慮し、45°Cで検討した。

#### 2.5.5 回生回路の設計

##### (1)回生回路方式選定

容量選定において、推進電動機に加わるバックパワーについて推定する必要がある。

最高船速状態から推進電動機をフリーで停止した場合の遊転回転数から必要な容量を求める事にする。一般的には、回生量は定格負荷の40%以下とされている。

推進電動機の場合、実船に搭載されるその他の負荷に対して、推進電動機の容量が大きい為、発生するバックパワーを母線に戻す電力回生方式では、母線の周波数を増加させる可能性が高い。従って、電力回生方式は採用せず、コンバータ部とインバータ部の中間にある直流回路から抵抗器に消費させる電力制動方式を採用する。

##### (2)容量選定

このときの必要抵抗容量および抵抗値を計画する。

図2.5-1に遊転回転数が40%の時（最高船速状態からのバックパワー）の負荷トルク曲線を示す。

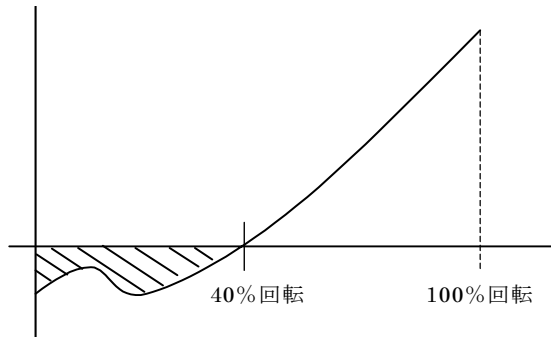


図 2.5-1 推進電動機 前進→後進時 負荷トルク曲線

クラッシュアスターンなどの減速動作を行う場合、40%回転までは力行トルクとなっているため、制動力は働かない。しかし、40%回転よりも低い回転数で回そうとする時に制動能力を必要とする。

40%回転における必要最大制動能力を可変させた場合の瞬間制動容量は  $2000\text{kW} \times 0.4 \times \alpha$  となり下表のようになる。

表 2.5-2 制動容量表

遊転回転数における 最大制動能力 $\alpha$ (%)	瞬間制動容量 (kW)	1 ユニット当たりの制動 容量 (250kW 当たり) (kW)
50	400	50
40	320	40
30	240	30
20	160	20
10	80	10

40%回転から 0%回転までの減速時間を最大 10 秒 (MAX 回転数まで 25 秒設定) と仮定すれば、2000kW 推進電動機に対し、最大 400kW/10 秒体格の抵抗器となる。これを元に 400kW 分の制動能力対応の制動ユニットを取付ける。

## 2.6 二重巻線誘導電動機の製作

二重巻線の磁気回路設計、コイル巻及び、コイル挿入方法、巻線リアクタンス誤差、絶縁方法の検討を行い、小型モデル機を作成した。このデータを元に、2000kW 誘導電動機を設計し製作を行った。下記に製作状況を写真にて示す。

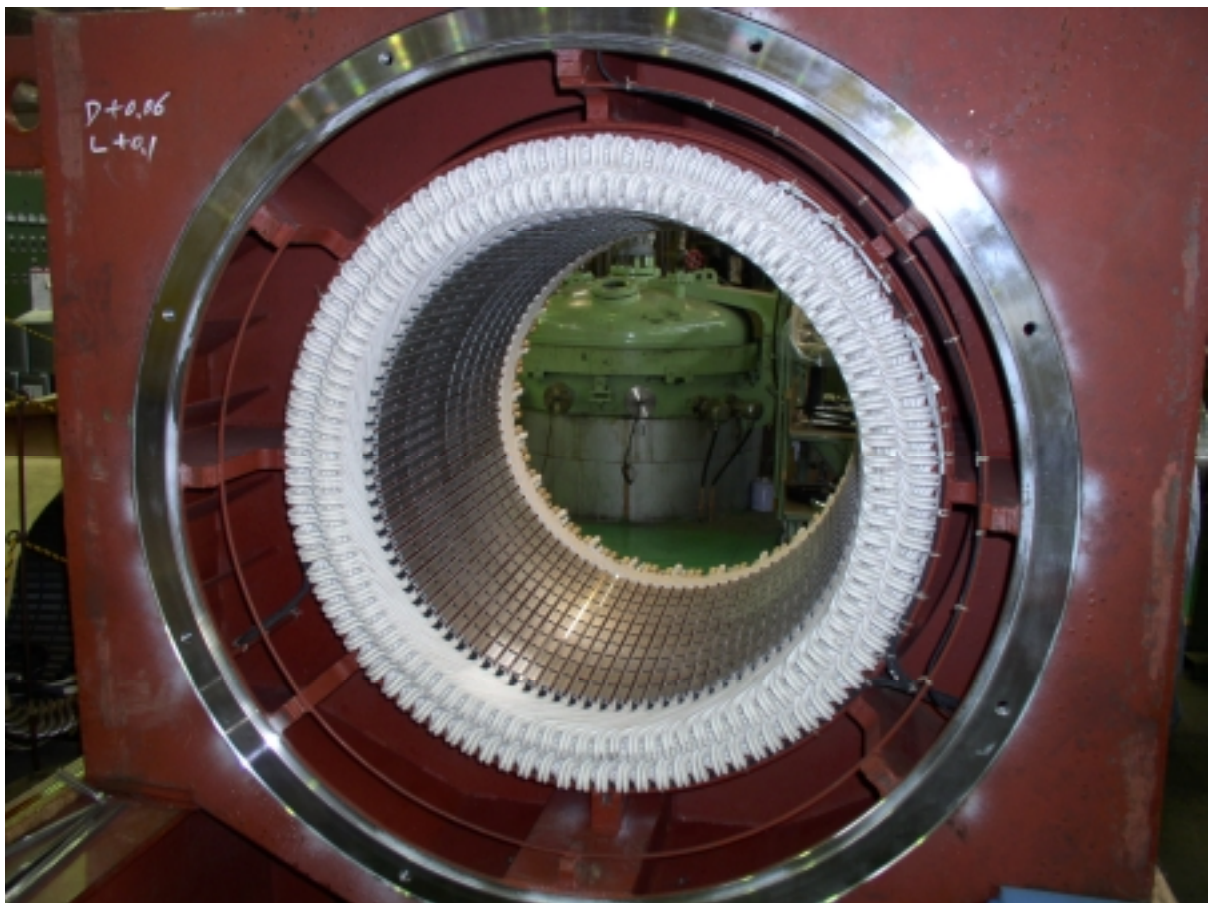


図 2.6-1 2000kW 誘導電動機ステータコイル挿入完了



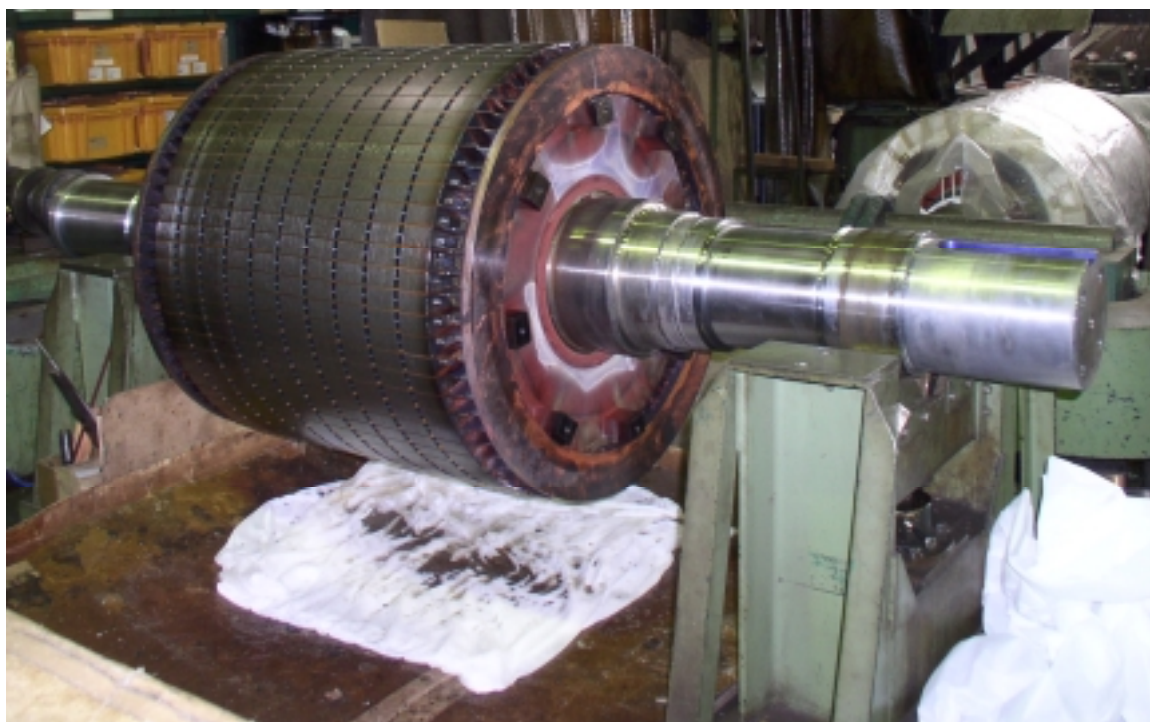


図 2.6-2 2000kW 誘導電動機ロータ完成



図 2.6-3 2000kW 誘導電動機組み立て完了

## 2.7 制御装置（インバータ・コンバータ盤）の製作

同期運転用プリント板・インバータ並列回路の設計・制御装置の検討を元に、制御装置の構成を検討して図面化を行い、製作を行った。下記にインバータ・コンバータ盤の完成写真を示す。（図 2.7-1 参照）



図 2.7-1 制御盤（インバータ・コンバータ盤）完成写真

## 2.8 本年度の成果

平成17年度の技術開発事業の成果として以下のものが得られた。

### (1) 二重巻線構造90kWモデル機の完成

2000kW誘導電動機の製作着手の前に90kW小形モデル機を製作してコイルの作り方、挿入方法、接続方法及び書く巻線の抵抗値やリアクタンス性能の確認を行い基本設計の確認が出来た。

### (2) 2000kW二重巻線構造の誘導電動機の完成

上記の小形モデル機のデータを応用して目標である2000kW二重巻線構造の誘導電動機が完成した。

### (3) 2000kW出力の制御盤（インバータ・コンバータ盤）の完成

新しく開発された高速通信機能を有した通信基板及び同期運転用制御基板が組み込まれた1ユニット当たり1000kW出力のインバータ盤2面が完成した。

1ユニットがメイン制御盤、残りの1ユニットがサブ制御盤となり、合計で2000kW出力となる。

### 3. 平成 18 年度事業の内容と成果

平成 17 年度において組み立てが完成した二重巻線構造の 2000kW 誘導電動機及び制御盤の単体試験及び組合せ負荷試験を実施して技術開発の成果を確認する。

250kW の汎用インバータを 8 台並列運転し、2000kW の二重巻線電動機と組合せ、出力として 2000kW を得る事を目的とし、次の 4 項目の試験を実施した。

- (1) 誘導電動機単体試験  
二重巻線電動機の各巻線より均一なトルクが得られる事を確認する。
- (2) 制御盤単体試験  
8 台の 250kW 級インバータを各 4 台の二組のユニットとし、各ユニットからの出力を 2000kW 二重巻線電動機に入力し、2000kW 出力が得られるように各ユニット内の制御回路が計画通りに製作され、各ユニット間の制御回路・通信回路が計画通りに製作されていることを確認する。
- (3) 誘導電動機・制御盤組合せ負荷試験（負荷率 12.5%、250kW）  
単体試験が完了した各機器を組合せ、負荷試験を実施するに際し、まず低負荷にて各電動機巻線に同位相で電圧が与えられ、且つ、異常なく運転できることを確認する。
- (4) 誘導電動機・制御盤組合せ負荷試験（負荷率 100%、2000kW）  
定格出力 2000kW にて異常なきことを確認する。

それぞれの試験において計画段階で設定された目標が達成されたことを確認するための試験要領を作成し、作成された試験要領に基づいて試験検査を実施した。計画段階で設定された目標を下記に示す。

#### 2000kW 誘導電動機

小型モデル機の試験結果より、同一トルクを出力するために二つの電動機巻線の抵抗値とリアクタンスの誤差は規定値以内とする。

#### 2000kW 誘導電動機制御盤

二つの電動機巻線に印加される電圧は、4 台並列接続されたインバータ群 2 組により供給される。この二組の電圧位相を同相にする。

#### 電動機と制御盤を組み合わせた総合性能

電動機の一巻線当たり 1000kW、合計で 2000kW 出力させた状態で各機器の温度上昇が規格値以内に収まり、電気推進船の主推進機駆動装置としての操作性を満足する事を確認する。

#### 3.1 誘導電動機単体試験

誘導電動機単体試験は、電動機としての一般的な性能と特性を確認する試験検査項目と、今回の技術開発で目標としている二組の電動機巻線の抵抗値及びリアクタンスの均一化の両方が確認できる内容を含んだ試験要領により実施された。詳細の試験要領及び試験結果については添付資料-1 を参照。

技術開発の目標である電動機巻線の抵抗値及びリアクタンス誤差は以下のように規定値以内であることが以下の通り確認された。

表 3.1-1 電動機巻線の抵抗値 : 巻線抵抗測定試験より

	U1-V1	V1-W1	W1-U1	U2-V2	V2-W2	W2-U2
測定値 (Ω) at115°C	0.00268	0.00268	0.00270	0.00259	0.00262	0.00264
平均値 (Ω) at115°C	0.00264					
測定値/平均値 (%)	101.5	101.5	102.0	98.0	99.0	100

表 3.1-2 電動機巻線のリアクタンス : 拘束試験より

	U1-V1	V1-W1	W1-U1	U2-V2	V2-W2	W2-U2
測定値 (Ω)	0.03653	0.03654	0.03656	0.03660	0.03655	0.03650
平均値 (Ω)	0.03655					
測定値/平均値 (%)	99.9	100	100	100.2	100	99.9

### 3.2 制御盤単体試験

制御盤単体試験は、操作指令により正しく動作すること及び関連する保護装置の動作が正しく行われる事を確認するもので、制御回路動作と保護回路動作の確認が行われ合格した。

### 3.3 誘導電動機・制御盤組合せ負荷試験 (負荷率 12.5%、250kW)

この試験では、単体試験が完了した 2000kW 誘導電動機と制御盤を組み合わせして実機による動作確認及び保護回路動作確認を実施する。

その後、電動機の運転調整及び 250kW 負荷での動作特性の確認、加速・減速特性と二組の電動機巻線に入力される電圧位相の確認を行った。

#### 3.3.1 加速・減速特性試験

電気推進装置としての操作性については加速・減速特性試験により停止状態から前進運転、前進運転から後進運転へとスムーズな運転操作が下記のとおり確認された。

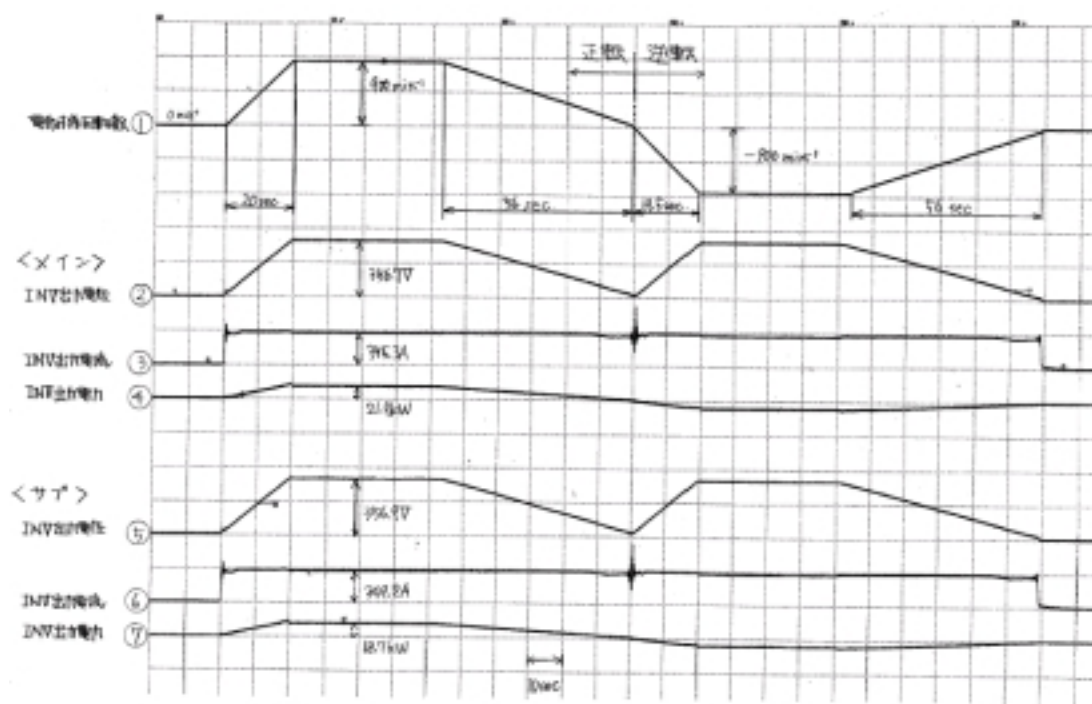


図 3.3-1 加速・減速特性試験



### 3.3.2 出力電圧波形の同期検証

二組のインバータ群より電動機巻線へ供給される電圧位相についても出力電圧波形の同期制御検証により同位相で制御されている事が下記のとおり確認された。

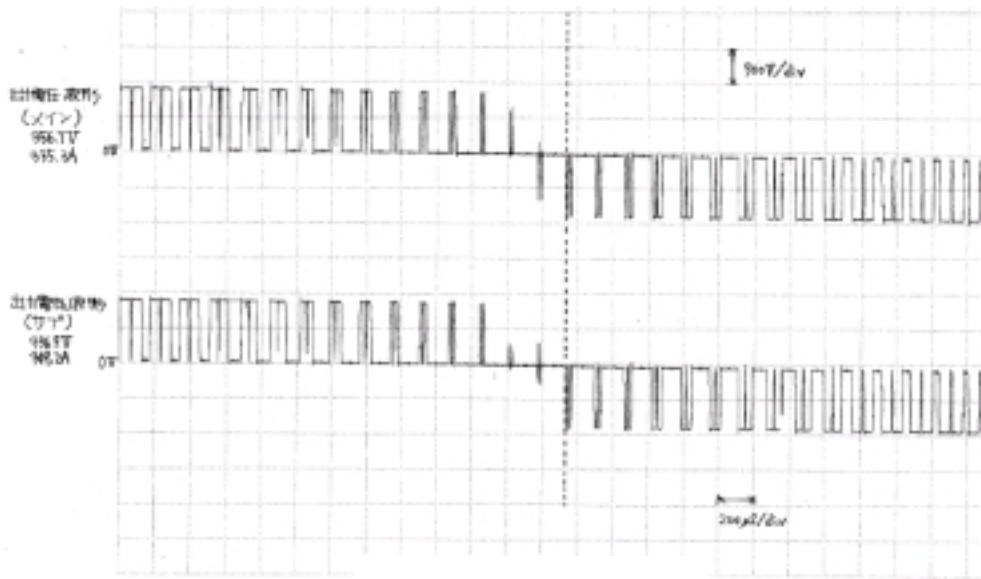


図 3.3-2 出力電圧波形の同期制御検証結果—拡大図

### 3.4 誘導電動機・制御盤組合せ負荷試験（負荷率 100%、2000kW）

電動機・制御盤組合せ負荷試験（負荷率 12.5%、250kW）が終了後、2000kW 実負荷による試験運転を実施し、本技術開発により設計製作された二重巻線 2000kW 誘導電動機及び制御盤が 2000kW 電気推進装置の駆動装置として規格に満足するものである事及び今後の電気推進船としての操作性性能に支障ないものであることの確認試験を実施した。

試験内容として、二組の電動機巻線へ出力される電圧位相の同期確認のほか、装置としての許容出力範囲である定トルク特性試験、推進装置としての船用 3 乗特性に合致した 2 乗トルク特性試験、推進装置の過渡操作であるクラッシュアスターン動作試験、温度上昇試験等が行われた。

詳細の試験要領及び試験結果については添付資料-2を参照。

#### 3.4.1 電圧位相の同期確認

2000kW 出力時の二組のインバータ群より電動機巻線へ供給される電圧位相についてインバータ出力電圧波形の同期検証により同位相で制御されている事が下記のとおり確認された。

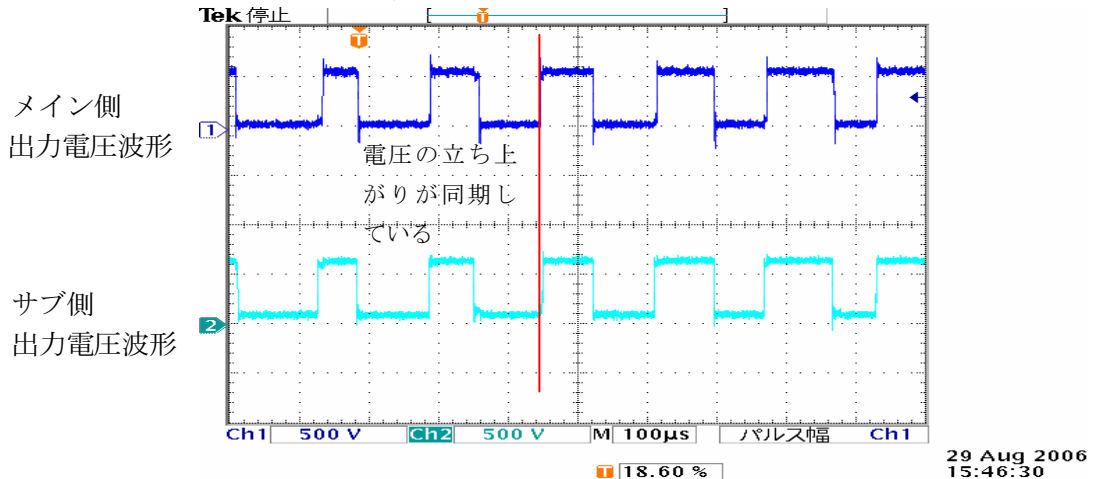


図 3.4-1 出力電圧波形の同期確認 2000kW-900min.<sup>-1</sup> 運転時

### 3.4.2 温度上昇試験

2000kW 出力で連続運転を行い、各部の温度上昇を測定し、各部の温度上昇が規格値を満足している事が下記の通り確認された。

表3. 4-1 誘導電動機温度上昇試験結果

計測点	温度上昇	規格値	
基準周囲温度 (T)		45°C	
巻線 A	U (Pt100)	53.8	100K
	V (Pt100)	52.0	100K
	W (Pt100)	54.3	100K
巻線 B	U (Pt100)	56.7	100K
	V (Pt100)	51.2	100K
	W (Pt100)	57.4	100K
鉄心 (T)	58.1	95K	
軸受	LS (Pt100)	26.5	40K
	OS (Pt100)	25.6	40K
	LS (T)	24.9	35K
	OS (T)	25.9	35K
LO 入口 温度	LS (T)		65°C
	OS (T)		65°C
LO 出口 温度	LS (T)	28.9	—
	OS (T)	25.3	—
排気温度	右 (T)	41.7	—
	左 (T)	38.8	—
電動機 フレーム	① (T)	30.7	—
	② (T)	22.7	—
	③ (T)	28.1	—

#### 備考

(P t 100) 温度センサーによる測定

(T) アルコール温度計による測定

排気温度 右 電動機直結側より見て右側への排気温度  
左 電動機直結側より見て左側への排気温度

電動機フレーム ① 直結側側面  
② 反直結側側面  
③ 上部中央

表3. 4-2 抵抗法による電動機巻線温度上昇結果

巻線 A U-V			
試験前	0.00198 Ω	温度上昇	規格値
試験後	0.002564 Ω	71.9	95K
巻線 B U-V			
試験前	0.00196 Ω	温度上昇	規格値
試験後	0.002555 Ω	74.1	95K

表3. 4-3 制御盤温度上昇試験結果  
 メイン サブ

計測点		温度上昇	温度上昇	規格値	計測点	温度上昇	温度上昇	規格値	
周囲温度				45°C					
パネル吸気温度 (ユニット2)		-2.0	-0.1	45°C以下					
パネル排気温度 (ユニット2)		12.2	14.0	—					
電源入力端子	V相	9.2	13.9	20K	ユニット1	入力端子-U	9.7	10.1	45K
MCB 入力端子	V相	21.4	30.8	45K		入力端子-V	13.8	16.6	45K
入力側共通母線 V相		16.6	19.5	45K		入力端子-W	11.7	11.2	45K
出力側共通 母線	BUS-U相	26.5	27.6	45K		吸気温度	0.7	-1.1	-
	BUS-V相	27.2	27.3	45K		排気温度	18.5	24.3	30K
	BUS-W相	21.0	25.8	45K		DCL コイル	60.9	64.1	135K
結合TR						出力端子-R	6.3	7.0	45K
1-2 ユニット用	U相コイル	6.0	8.4	135K	出力端子-S	5.9	8.2	45K	
	V相コイル	12.2	9.3	135K	出力端子-T	7.5	6.3	45K	
	W相コイル	5.3	6.2	135K	ユニット2	吸気温度	-0.8	0.2	-
結合TR	U相コイル	10.3	11.4	135K		排気温度	11.7	19.4	30K
3-4 ユニット用	V相コイル	4.8	7.7	135K		DCL コイル	64.9	65.6	135K
	W相コイル	7.7	10.8	135K	ユニット3	吸気温度	-1.9	0.1	-
結合TR	U相コイル	11.7	11.6	135K		排気温度	18.1	20.3	30K
1-2-3-4 ユニット用	V相コイル	7.9	7.7	135K		DCL コイル	68.7	59.4	135K
	W相コイル	4.0	12.9	135K	ユニット4	入力端子-U	11.2	12.9	45K
ACL	V相コイル	32.7	37.5	135K		入力端子-V	13.2	15.1	45K
DS 出力端子	V相	17.6	32.3	45K		入力端子-W	13.8	14.9	45K
						吸気温度	-2.1	-1.0	-
						排気温度	19.0	18.2	30K
						DCL コイル	67.9	63.9	135K
						出力端子-R	3.4	9.3	45K
					出力端子-S	4.5	3.8	45K	
					出力端子-T	6.4	7.5	45K	



### 3.4.3 クラッシュアスターン試験

図 3.4-2 に示す通り、停止からのクラッシュアヘッド、クラッシュアスターンの速度指令を入力したところ、電動機回転数は指令値にスムーズに追従した。誘導電動機各巻線への入力電力もほぼバランスしながら変化しているのがわかる。クラッシュアスターン及びアヘッド操作時の出力電力がマイナス側に振れている部分が回生制動（バックパワー）動作を示している。

実船の場合、クラッシュアスターン操作を行うと船の行き足によりプロペラが回されて遊転するが、陸上試験では推進電動機と負荷装置である水動力計の慣性モーメントによる遊転作用だけの為にバックパワー発生動作を確認する事が難しい。本試験では、これを確認するために、推進電動機の加速・減速の時間設定を夫々 10 秒に設定して試験を行った。

以上のように、操縦ハンドルからの指令により電動機速度の追従性能を計測し主推進機駆動装置として十分な性能である事が確認された。

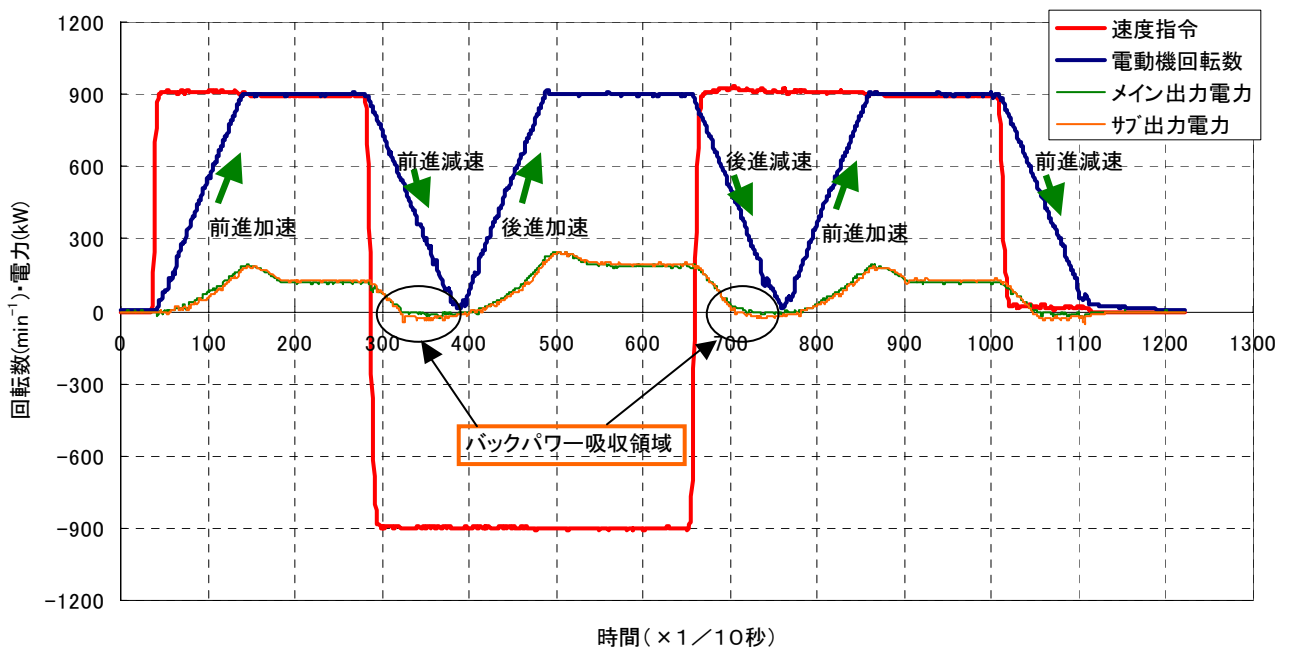


図 3.4-2 クラッシュアスターン動作特性

### 3.5 本年度の成果

各機器の単体試験及び組合せ試験が完了し、以下の成果が得られた。

- (1) 低圧 (440V系) 大容量 2 重巻線電動機の商品化技術が確立した。
- (2) 汎用インバータの 8 台並列運転による同期運転技術が確立した。
- (3) 2000kW 連続負荷運転による各機器の性能確認ができた。

## 4. 本事業の成果

平成 17 年度、平成 18 年度を通して今回の技術開発事業の成果として以下のものが得られた。

### 4.1 低圧（440V系）大容量 2 重巻線電動機の商品化技術の確立

同じインピーダンス（抵抗値とリアクタンス）の 2 重巻線を構成するために巻線の作り方・挿入方法及び接続方法に工夫をして下記の通りとし、それぞれの電動機巻線の抵抗値及びリアクタンスの製作誤差は規定値以内で完成し、両巻線の負荷バランスが容易に得られた。

#### 4.1.1 コイル巻線の作り方

全てのコイルの巻線長さを同じに仕上げ、スロットピッチに合わせて形状を変える事でコイルの抵抗値のばらつきを無くす事が出来た。

（前述の表 3.1-1 電動機巻線の抵抗値を参照、ページ：25）

#### 4.1.2 コイル挿入方法

ほぼ同じ形状のコイルを挿入する事になり、電動機鉄心間をまたぐ部分が重なり合う事になる。通常ではスロット内部で 2 層構造の配置が 4 層構造となりコイルの挿入手順を工夫しなければならなかった。今度の技術開発において挿入要領が確立した。

#### 4.1.3 コイル接続方法

外側と内側のコイルを交互相続する事でリアクタンスの均一化を図った。初めての交互相続により作業要領と接続要領が確立した。

（前述の表 3.1-2 電動機巻線のリアクタンスを参照、ページ：25）

### 4.2 汎用インバータの 8 台並列運転による同期運転の確立

電動機の 2 つの巻線に同期した電圧を印加するために、次の二つの制御技術が確立した。

（前述の図 3.4-1 電圧位相の同期確認を参照、ページ：26）

#### 4.2.1 新型基板による高速通信技術

2 組の制御盤間でインバータの制御に必要な信号を同時に伝達する高速通信技術

#### 4.2.2 2 組の 4 台並列同時制御により電動機巻線の印加電圧を同期させる制御技術

高速通信基板からの制御信号を受け取り 4 台の 250kW 汎用インバータの出力電圧が 2 ユニット共同期する制御技術

### 4.3 2000kW 連続負荷運転による性能確認

#### 4.3.1 機器の実負荷での温度上昇データの取得

技術開発にて設計製作された電動機及び制御盤（メイン及びサブ I / C 盤）は規格の温度上昇限度に収まり製品としても問題無いことが証明された。

また、2000kW 実負荷運転により機器各部の温度上昇が把握できた。今後このデータを基にして電動機・制御盤共に更なる小形・軽量化に取り組むことが出来る。

（前述の 3.4.2 温度上昇試験を参照、ページ：27、28）

#### 4.3.2 各機器の効率

2000kW 実負荷運転により各機器の入出力データを得る事が出来た。2000kW 負荷時に計測した計4回の計測データの平均値から各々の機器の損失を求めると以下ようになる。

表 4.3-1 2000kW 出力時の各機器損失

	試験用変圧器	制御盤	誘導電動機	合計
損失	30.6kW	59.2kW	110.9kW	200.7kW
損失÷2000×100	1.53%	2.96%	5.55%	10.0%

電気推進設備の計画を行う時に、夫々の効率を仮に計上して算出するが、上記の値は通常用いられている値とほぼ同じ結果が得られた。

#### 4.4 商品化による市場価格について

電気推進船の普及の大きな要因となる本開発品の市場価格について下記に示す。

##### 4.4.1 従来品との価格比較

2000kW の電動機及びインバータについて、従来の一般電動機および特殊制御装置と、今回開発した汎用電気推進装置との市場価格の比較を行った。

その結果、合計価格比率で 70.5%を達成した。比較表を下記に示す。

表 4.4-1 従来品との価格比較

名称	従来品		今回の開発品	
	一般電動機	特殊インバータ	二重巻線電動機	汎用インバータ
価格比率 ※1	100%	100%	113.2%	63.2%
合計価格比率 ※2	100%		70.5%	

※ 1：価格比率については電動機・インバータをそれぞれで比較した値である。

※ 2：合計価格比率については電動機・インバータの合計価格で比較した値である。

##### 4.4.2 今後の製品について

今回の「速度制御方式採用の汎用電気推進システムの技術開発」では、汎用インバータ使って開発を行い、合計価格比率 70%をほぼ達成出来たが、今後の製品価格に於いてさらなるコスト努力を行う予定である。尚、今回の開発で多重巻線に対応できるようになった為、1000kW 以上の電気推進装置については、1500kW (2機 3000kW)、2000kW (2機 4000kW) で容量枠を定め対応する。価格については、今後需要が期待される製品でもあり、標準化を進め、従来品との比較で 30%レスを目指す。

## 5. 商品化の見通し

京都議定書締結に伴い地球温暖化対策が重要なファクターとなった。船舶の運航においても、環境負荷低減や物流効率化の促進及び、内航海運の活性化に貢献する電気推進船が注目されている。電気推進船の船速制御方式にはC P P方式とインバータにより誘導電動機の回転速度を制御するF P P方式がある。

C P P方式はインバータを用いたF P P方式に比べ価格的には有利であるが、低速航行時のプロペラ効率については劣る。プロペラ効率を考慮してインバータを用いたF P P方式を採用しようとした場合、大容量の推進電動機では制御装置であるインバータに特殊インバータを用いる為、インシヤルコストが高価であった。これらの要因から電気推進船の内航船への普及が難しかったが、本開発では、コスト面を見直す事に取り組んだ。一般産業用インバータを船用にモディファイし、小容量機種を複数台同時制御することにより容量アップを図り、誘導電動機も特殊巻線技術により大容量化に対応出来ることとなった。

今回の技術開発にて単機2000kW誘導電動機が実現できたことで、2軸化により最大4000kW出力まで対応可能となり内航船のほとんどの適応できるものとする。

今回開発できたインバータパネルは1000kWごとに独立し幅広になっているが前後合体型とし小型化を図ることで船内スペースの縮小を図りたい。

電動機においてもラインシャフト型の場合は横型、メカポッド型の場合は立型を電気推進専用誘導電動機として投入する。

価格的にも目標とした従来価格の70%を実現できたが、電気推進の更なる広がりにおいては標準化を含め更なるコスト低減が出来るものとする。

## 6. まとめ

本事業において、次の成果が得られた。

### (1) 出力2000kW二重巻線対応インバータ・コンバータ制御盤の完成

同期運転用プリント板・インバータ並列回路の設計・制御装置の検討を元に、制御装置の構成を検討し2000kW二重巻線用制御盤が製作できた。

### (2) 二重巻線構造の2000kW誘導電動機の完成

二重巻線の磁気回路設計、コイル巻及び、コイル挿入方法、巻線リアクタンス誤差、絶縁方法を確立し、2000kW誘導電動機が製作できた。

これらを組合せて2000kWの負荷特性・クラッシュアスターン動作試験・温度上昇試験・同期制御の確認を行い、製品化へ向けて問題ない事を確認した。

### (3) 汎用インバータ利用で市場価格30%低減が達成。

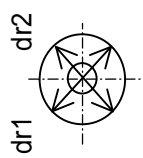
当初目標であった特殊インバータ装置価格に比べ、汎用インバータ装置を使用する事により約30%の価格低減を達成した。

今回の技術開発にて単機2000kW誘導電動機が実現できたことで、2軸化により最大4000kW出力まで対応可能となり内航船のほとんどのに適応できるものであり、4000kWの他、3000kW、2000kW、1000kWと広げることが出来、各種船型にあわせてラインナップし商品化を進めていく予定である。

## 3.1 誘導電動機単体試験要領書・試験成績書

(試験の目的・目標)  
二重巻線電動機2000kWの単体試験を行ない、電動機の特性と各巻線のばらつきを算定し、その妥当性の確認を行う。

## 3.1.1 試験の項目

No.	試験検査項目	試験検査の方法	適用規格及び判定基準
1	軸材料、寸法及び外観構造検査	軸材料証明書により材料の引張強さを確認する。 シャフト検査成績書及び承認図面により寸法を確認する。	J G (船舶設備関係法令 第180, 187, 188条) 船舶設備規定第187条: 軸材料は、日本工業規格「炭素鋼鍛鋼品」SF440Aの規格に適合するもの又はこれと同等以上の材質とする 引張強さ 590 ~ 690N/mm <sup>2</sup> (JIS G 3201 添付参照) 寸法許容値 機械加工部分は図面許容値(公差)内 その他の寸法は図面寸法の ± 0.5%以内
2	巻線抵抗測定 各巻線の抵抗値に不平衡がない事を確認する	任意の周囲温度で、固定子の巻線抵抗を各端子間で測定する。(巻線Aと巻線B) 抵抗測定器具: デジタルテスタ	JEM-1277 社内規定 判定基準
3	空隙測定 空隙の不平衡による磁気アンバランスがない事を確認する	コア組立前に固定子内径及び回転子外径の寸法を測定し、計算により空隙を求める。 回転子外径 固定子内径 	JEM-1277 規定無し 空隙寸法 = $(Ds1 + Ds2) / 2 - (dr1 + dr2) / 2$ 社内規定 判定基準 測定値の平均に対して、最大最小の差が ± 20%以内

No.	試験検査項目	試験検査の方法	適用規格及び判定基準
4	<p>無負荷試験</p> <p>各巻線の電流を測定し巻線にバラツキがない事を確認する</p>	<p>任意の周囲温度で定格電圧、定格周波数もとで無負荷運転を行い、入力が一応になった後に、電流・入力を測定する。</p> <p>鉄損と機械損の分離： 定格電圧の約10%から機械損を分離しうる程度の電圧まで電圧を下げ、数点における電圧・電流及び入力を測定する。</p>	<p>JEM-1277 社内規定</p> <p>各相の無負荷電流とその平均値との差は、平均値の±5%以内</p> <p>社内規定</p> <p>各損失は設計値に対して±20%以内</p>
5	<p>拘束試験</p> <p>各巻線の拘束電圧を測定し、巻線リアクタンスにバラツキがない事を確認する</p>	<p>任意の周囲温度で、回転子を拘束し、固定子端子間に定格周波数の電圧を加え、全負荷電流に近い電流を通じ、電圧、電流、入力を測定する。</p> <p>巻線リアクタンスの計算(下記計算式で求める)</p> $Z_s = \frac{\text{拘束電圧}}{\text{拘束電流}}$ $Z_s = \sqrt{R^2 + X^2}$ <p>R: 巻線抵抗 X: リアクタンス Zs: インピーダンス</p> <p>過電流耐量試験： 任意の周囲温度で、回転子を拘束し、全負荷電流の150%に近い電流を15秒間流す。</p> <p>始動電流・始動トルクを算定する。</p>	<p>JEM-1277 社内規定 判定基準</p> <p>設計値に対して±10%以内</p> <p>社内規定</p> <p>機械的損傷が無い事を確認する</p> <p>判定基準</p> <p>始動電流は設計値に対して±10%以内 始動トルクは設計値より大きい</p>
6	<p>負荷試験</p> <p>各巻線の負荷電流を測定し、バラツキがない事を確認する</p>	<p>定格トルクの42%トルクに相当する電流について、電圧、入力、電流、周波数、力率を測定する。</p> <p>電動機100%負荷時の効率・力率・すべりを算定する。 最大トルク・最大出力を算定する。</p>	<p>JEM-1277 社内規定 判定基準</p> <p>両巻線の各相負荷電流のばらつきは、規定値以内とする。</p>

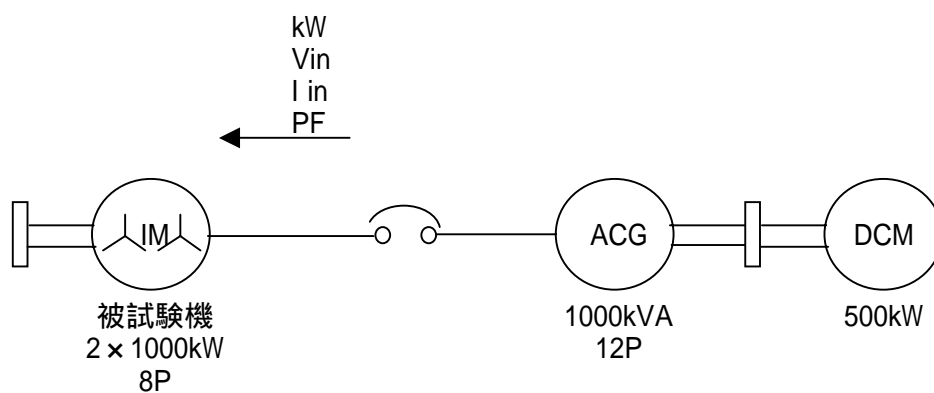
No.	試験検査項目	試験検査の方法	適用規格及び判定基準
7	温度試験 温度上昇が規格を満足する事を確認する	無負荷と定格トルクの25%トルクに相当する電流における各部の温度上昇を測定する。 巻線温度は抵抗法により測定し、100%負荷時の温度上昇値を推定する。 100%時推定温度上昇値 = (100%負荷電流設計値 <sup>2</sup> - 25%測定電流 <sup>2</sup> ) × (25%測定温度上昇 - 無負荷測定温度上昇) / (25%測定電流 <sup>2</sup> - 無負荷測定電流 <sup>2</sup> ) + 25%負荷測定温度上昇	JEM-1277 温度上昇限度は、規格に準じる  温度測定箇所 巻線A サーチコイル(Pt100) 巻線B サーチコイル(Pt100) 軸受(直結側・反直結側) サーチコイル(Pt100) 吸排気温度 サーチコイル(Pt100) 鉄心 アルコール式温度計 フレーム アルコール式温度計
8	騒音測定 騒音値が規格を満足する事を確認する	定格電圧、定格周波数で無負荷運転した場合の騒音レベルを測定する。 測定方法 電動機軸中心線上で両側面及び両軸端から1mの所で測定する。合わせて、暗騒音の測定を行う。	JEM-1277 100dB以下。(A特性)
9	過速度耐力試験 過回転速度でも異常のない事を確認する	無負荷にて、同期速度の125%回転速度で2分間運転する。	JG (船舶関係法令第277条) NK 規格に準ずる。同期速度の125%回転速度で2分間異常なく運転できることを確認する
10	振動測定 各部の振動が規格を満足する事を確認する	無負荷にて運転し、主要部分の振動を測定する。 測定箇所は、添付図による。	JEM-1277 判定基準 推進電動機軸受 複振幅にて、2/100mm以内 冷却ファン電動機軸受 複振幅にて、4/100mm以内 電動機フレーム 複振幅にて、3/100mm以内
11	絶縁抵抗測定 絶縁抵抗値が規格を満足する事を確認する	温度試験前及び直後に於いて、500V絶縁抵抗計により大地と固定子巻線及びスワースターの抵抗を測定する。	JG (船舶関係法令第194条) $\frac{\text{定格電圧} \times 3}{\text{定格出力(kW)} + 1000} = M \text{ 以上}$ 判定基準 100M 以上



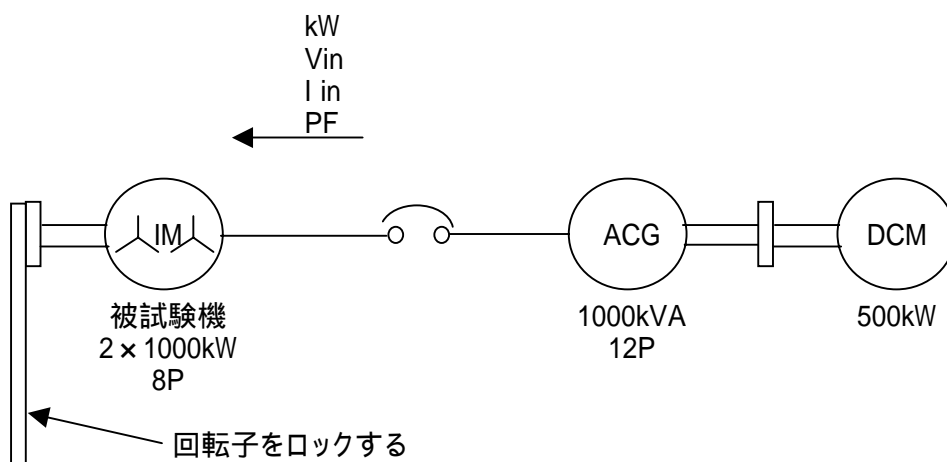
No.	試験検査項目	試験検査の方法	適用規格及び判定基準						
12	絶縁耐力試験 規格の過電圧に耐える事を確認する	絶縁抵抗測定後、下記箇所と大地間に交流電圧 (60Hz) を印加する。 <table border="1" data-bbox="384 1095 456 1644"> <tr> <td>固定子巻線</td> <td>2000V</td> <td>1分間</td> </tr> <tr> <td>スハースヒター</td> <td>1500V</td> <td>1分間</td> </tr> </table>	固定子巻線	2000V	1分間	スハースヒター	1500V	1分間	J G (船舶関係法令第195条) N K 規格に準ずる。 低電圧回路試験電圧 (V) = 2E + 1000  判定基準 1分間異常なく耐えることを確認する。
固定子巻線	2000V	1分間							
スハースヒター	1500V	1分間							
13	軸振れ測定 軸端の振れが規格値を満足する事を確認する	出力軸の振れをダイヤルゲージにて測定する。	JEM-1277 判定基準 複振幅にて、3/100mm 以下						

# 電動機単体試験回路構成図

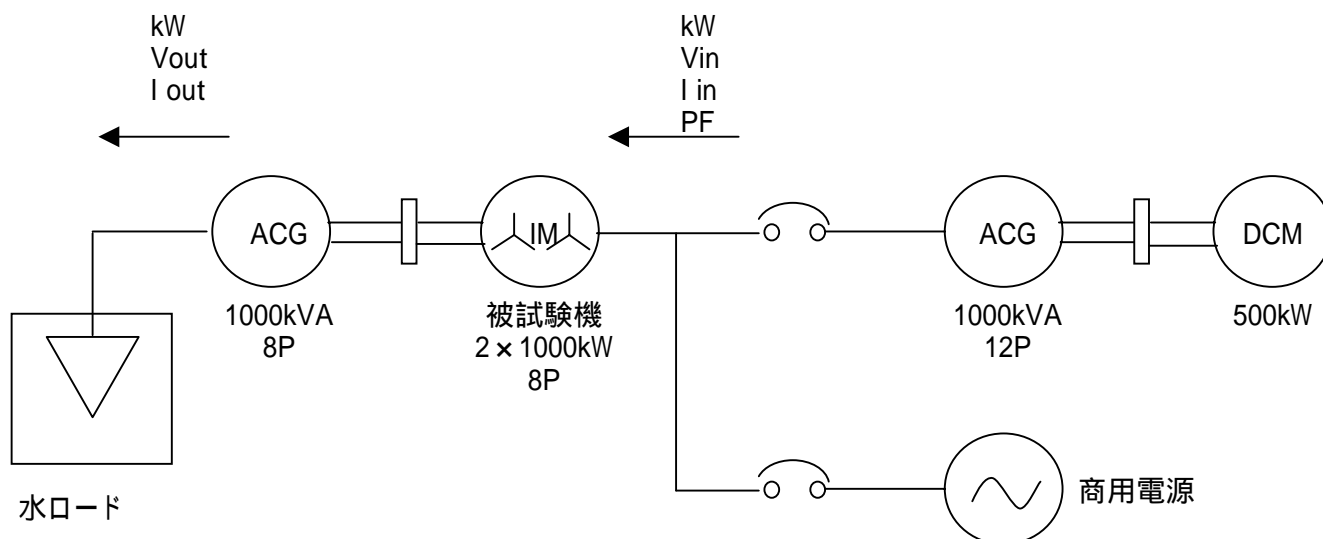
## 無負荷試験回路



## 拘束試験回路



## 負荷試験回路



## 3.1.2 誘導電動機単体試験成績書

( 1 ) 軸材料、寸法及び外觀構造検査	結果：良
( 2 ) 巻線抵抗測定試験	結果：良
( 3 ) 空隙測定	結果：良
( 4 ) 無負荷試験	結果：良
( 5 ) 拘束試験	結果：良
( 6 ) 負荷試験	結果：良
( 7 ) 温度試験	結果：良
( 8 ) 騒音測定	結果：良
( 9 ) 過速度耐力試験	結果：良
( 10 ) 振動測定	結果：良
( 11 ) 絶縁抵抗測定	結果：良
( 12 ) 絶縁耐力試験	結果：良
( 13 ) 軸振れ測定	結果：良

# 電動機単体試験風景

## 1. 無負荷試験風景



## 2. 拘束試験風景



## 3. 負荷試験風景



#### 4. 測定風景

添付資料－1



#### 5. 水負荷装置



#### 6. 電源設備



## 3.4 誘導電動機・制御盤組合せ試験（負荷率 100%、2000 kW）要領書・試験成績書

## （試験の目的・目標）

2000kW 誘導電動機・制御盤（I/C 盤）それぞれの単体試験及び組合せ試験（負荷率 12.5%、250 kW）完了後、実負荷装置を用いて負荷試験を実施し以下の確認を行うために 3.4.1 に示す試験検査を実施した。

- 1) 誘導電動機の 2 重巻線と 4 台並列で構成された I/C 盤 - 2 面の同時制御による 100% 負荷運転が問題なく行えることを確認する。同時に推進機用原動機としての出力特性範囲内で問題なく動作する事を確認する。
- 2) 運転中の入出力を計測しシステム効率を算出する。今後の同様なシステムを採用する場合のシステム効率の参考データとする。
- 3) 100% 負荷での温度上昇試験を実施し、各機器の性能確認と将来の小形・軽量化を図るための基礎データを取得する。

## 3.4.1 試験の項目

No .	試験検査項目	試験検査の方法	適用規格及び判定基準
1	負荷特性試験（定トルク特性）  計測点は下記とする 運転回転数    電動機出力 90min.-1    無負荷 225min.-1    500kW 300min.-1    667kW 450min.-1    1000kW 675min.-1    1500kW 900min.-1    2000kW	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 始動準備完了後、装置を始動させゆっくりと所定の運転回転数まで加速する。</li> <li>2. 運転回転数が整定後、水動力計により負荷トルクを徐々に吸収し所定のトルクに整定する。</li> <li>3. この状態で、下記のデータを計測する。               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 水動力計 運転回転数、吸収トルク</li> <li>- 変圧器入力 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- 電動機 A 巻線（メイン） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- 電動機 B 巻線（サブ） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- I/C 盤（メイン） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- I/C 盤（サブ） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 運転回転数が安定している事。</li> <li>2. 電動機電流が定格電流を超えない事。</li> </ol>

No .	試験検査項目	試験検査の方法	適用規格及び判定基準														
2	<p>負荷特性試験（2乗トルク特性）</p> <p>計測点は下記とする</p> <table border="1" data-bbox="304 416 646 707"> <thead> <tr> <th>運転回転数</th> <th>電動機出力</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90min.-1</td> <td>無負荷</td> </tr> <tr> <td>225min.-1</td> <td>31kW</td> </tr> <tr> <td>300min.-1</td> <td>74kW</td> </tr> <tr> <td>450min.-1</td> <td>250kW</td> </tr> <tr> <td>675min.-1</td> <td>844kW</td> </tr> <tr> <td>900min.-1</td> <td>2000kW</td> </tr> </tbody> </table>	運転回転数	電動機出力	90min.-1	無負荷	225min.-1	31kW	300min.-1	74kW	450min.-1	250kW	675min.-1	844kW	900min.-1	2000kW	<ol style="list-style-type: none"> <li>始動準備完了後、装置を始動させゆっくりと所定の運転回転数まで加速する。</li> <li>運転回転数が整定後、水動力計により負荷トルクを徐々に吸収し所定のトルクに整定する。</li> <li>この状態で、下記のデータを計測する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>- 水動力計 運転回転数、吸収トルク</li> <li>- 変圧器入力 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- 電動機A巻線（メイン） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- 電動機B巻線（サブ） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- I/C盤（メイン） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> <li>- I/C盤（サブ） 入力電圧・電流・電力及び周波数</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>運転回転数が安定している事。</li> <li>電動機電流が定格電流を超えない事。</li> </ol>
運転回転数	電動機出力																
90min.-1	無負荷																
225min.-1	31kW																
300min.-1	74kW																
450min.-1	250kW																
675min.-1	844kW																
900min.-1	2000kW																
3	<p>クラッシュアスタ - ン動作試験</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>始動準備完了後、装置を始動させゆっくりと前進定格回転数まで加速し一定運転回転数で運転する。</li> <li>水動力計の吸収トルクは無しの状態を維持する。</li> <li>この状態から、回転数指令値を後進回転数として推進装置の前進制動停止から後進加速状態を作り出して下記のデータを計測する。</li> </ol> <p>この計測はオシログラフを用いて時間変化と共に各データの変化を記録する。</p> <p>計測データ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>運転指令値</li> <li>実際の運転回転数</li> <li>電動機A巻線入力電力</li> <li>電動機B巻線入力電力</li> </ul>	<p>回転数指令に追従する事。</p> <p>減速時に回生動作を行う事。</p>														

No .	試験検査項目	試験検査の方法	適用規格及び判定基準
4	<p>温度上昇試験</p> <p>運転状態は下記とする</p> <p>運転回転数 電動機出力 900min.-1 2000kW</p>	<p>1.始動準備完了後、装置を始動させゆっくりと定格回転数まで加速し一定回転数で運転する。</p> <p>2.水動力計の吸収トルクを徐々に上昇して 100%定格トルクに調整し保持する。</p> <p>3.この状態で、連続運転を実施し、各部の温度が飽和するまで温度を定期的に記録する。温度計測は、記録温度計にて計測できる項目については記録温度計で行い、それ以外の温度については定期的に記録を取りながら進める。</p>	<p>N K 規格の温度上昇限度を超えない事。</p>
5	<p>インバ - タ出力電圧波形の同期検証</p> <p>運転状態は下記とする</p> <p>前進回転数 300,600,900min.-1 負荷状態：最小負荷</p> <p>後進回転数 300,600,900min.-1 負荷状態：最小負荷</p> <p>前進回転数 900min.-1 負荷状態 約 700kW 約 1400kW 約 2000kW</p>	<p>電動機停止状態より運転指令を入力し、運転速度ごとのインバ - タ出力電圧波形をシンクロスコ - プにて観測して比較する。</p>	<p>メイン出力電圧波形とサブ出力電圧波形が同期している事。</p>
6	<p>電源側各部の波形観測</p>	<p>電動機を 900min.-1 の 2000kW にて運転中の電源側各部の波形観測を行う。</p> <p>観測点は下記の通り。</p> <p>変圧器一次側電圧波形 変圧器一次側入力電流波形 メイン側 I / C 盤入力電圧波形 メイン側 I / C 盤入力電流波形 サブ側 I / C 盤入力電流波形</p>	<p>規定無し</p>



## 3.4.2 試験用機器

100%負荷試験を実施するにあたり、誘導電動機と制御盤以外に下記の試験機器を準備する。

(1) 水動力計	2000 kW誘導電動機の実負荷装置。	
仕様	回転方向	可逆式
	最大制動馬力	3000 P S (667min <sup>-1</sup> 以上)
	最大制動トルク	31584N-m(3222.9kgm)
	最高回転数	1800min <sup>-1</sup>
	荷重計	口 - ドセル方式 (口 - ドセル : (株)共和電業製 LU-5TE 形)
		デジタルトルク表示 0 ~ 31584N-m(3223kgm) 精度 ± 0.3% (F.S.)
		アナログ指示 0 ~ 44100N-m(4500kgm) 精度 ± 2.0% (F.S.)
	回転計	非接触式回転検出器、パルスカウンタ及びデジタル表示器 精度 ± 1min <sup>-1</sup> 以内
	制動水	工業用水 最大 900 リットル / 分 給水圧力 0.5 ~ 1.5 Mpa
	慣性モ - メント	GD <sup>2</sup> =122.4kgm <sup>2</sup> (カップリングフランジ 不含)
	本体重量	約 7000 k g
製造所	東京プラント株式会社	

(2) 冷却水循環装置兼ク - ラ 水動力計の制動水の温度管理と循環システム  
給水備蓄タンク・給水ポンプ・排水備蓄タンク・排水送水タンク及び冷却塔を配管接続し、  
水動力計が所定の動力を吸収して連続運転が出来るように給水圧力と温度制御を行う。

(3) 潤滑油供給ポンプユニット 誘導電動機の軸受け潤滑用  
仕様 潤滑油供給能力 20 リットル / 分  
吐出圧力 0.2 ~ 0.35 Mpa  
冷却方式 ラジエタ方式

(4) 共通ベ - ス 誘導電動機と水動力計の直結芯出し及び据え付け用

(5) 直結フランジ 誘導電動機・水動力計直結用

(6)3000 k VA 電源用変圧器	2組の I / C 盤への配電用	
仕様	形式	屋外用 油入自冷式 3 相変圧器
	絶縁種別	A 種絶縁
	定格	連続定格
	定格入力容量	3000kVA - 3 相 - 60Hz - 巻線
	定格出力容量	1500kVA - 3 相 - 60Hz - 巻線 / 1500kVA - 3 相 - 60Hz - Y 巻線
	電圧	入力電圧：450V 出力電圧：450V ( 巻線 ) / 450V ( Y 巻線 )
	重量	約 9500kg

(7)遮断機 ( 5000A )	主電源開閉及び保護用	
仕様	電圧	450V - 3 相
	容量	5000A

(8)主電源装置 × 2 台		
発電機		
仕様	定格容量	1850 k VA-AC450V-60Hz -0.8 p f、連続定格、F 種絶縁
	定格電流	2374A
	形式	ブラシレス交流発電機、3 相 3 線式
エンジン		
仕様	型式	KTTA50-G2 ( CUMMINS 社製 )
	形式	V 形 1 6 気筒水冷直接噴射式、4 サイクルディ - ゼル機関
	内径 × 行程	1 5 9 × 1 5 9
	総排気量	50000 c c
	定格出力	1665 k W-1800min-1
	燃料	軽油又は重油

### 3.4.3 試験用機器及び被試験機の回路構成

P47 に試験用機器及び被試験機の概略回路構成を示す。

### 3.4.4 計測装置

制御盤の入力及び出力には高調波成分が含まれる。高調波成分による影響を受けない計測装置での測定が必要となる。今回、下記の測定装置を計測用として使用する。

P 48 に計測回路を示す。

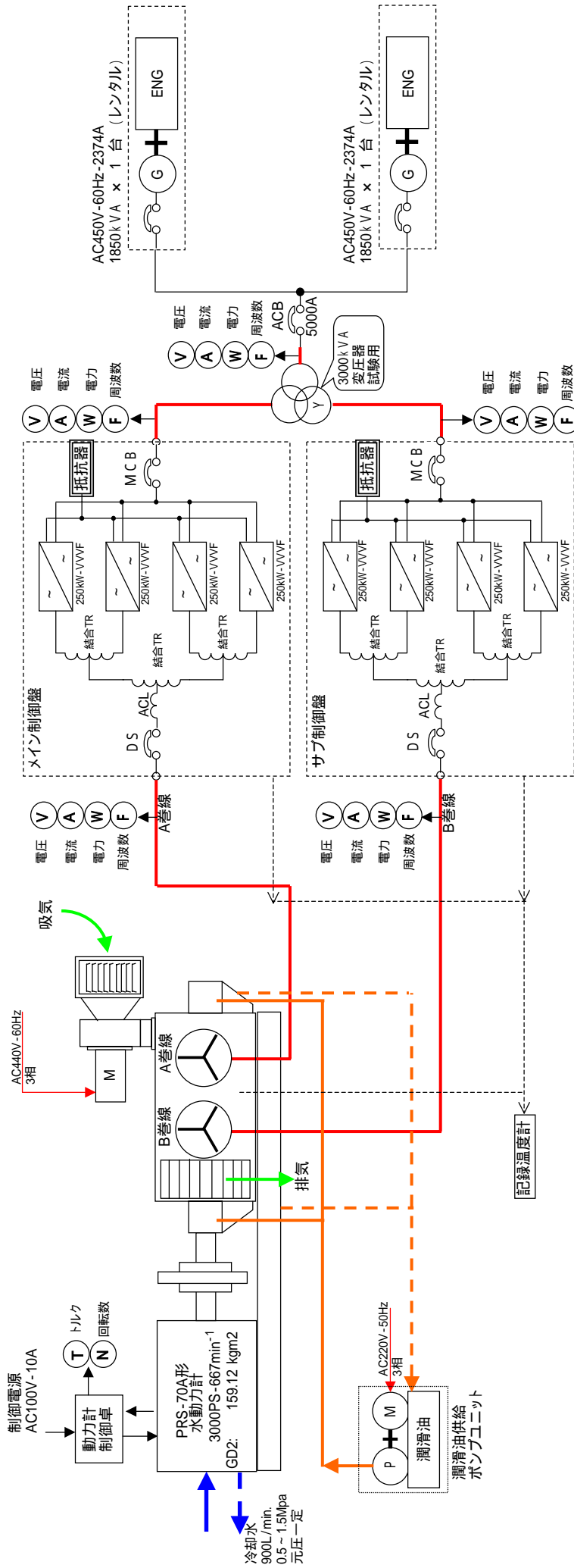
メ - カ：日置電機株式会社

型式：3 1 9 3 パワ - ハイテスタ

### 3.4.5 誘導電動機回転数と出力特性の関係

P49 に負荷装置 ( 水動力計 ) の回転数 - トルク・出力特性、2000kW 誘導電動機の回転数 - トルク・出力特性及び誘導電動機出力特性と 2 乗トルク特性 ( 船用 3 乗特性 ) の関係を示す。

試験用機器及び被試験機の回路構成



被試験機	参考図	付図
2000kW推進電動機	電動機外形図	付図-1
I/C盤(メイン制御盤)	電動機構造断面図	付図-2
	制御盤外形図	付図-3
	単線結線図	付図-4
	制御盤外形図	付図-5
	単線結線図	付図-6

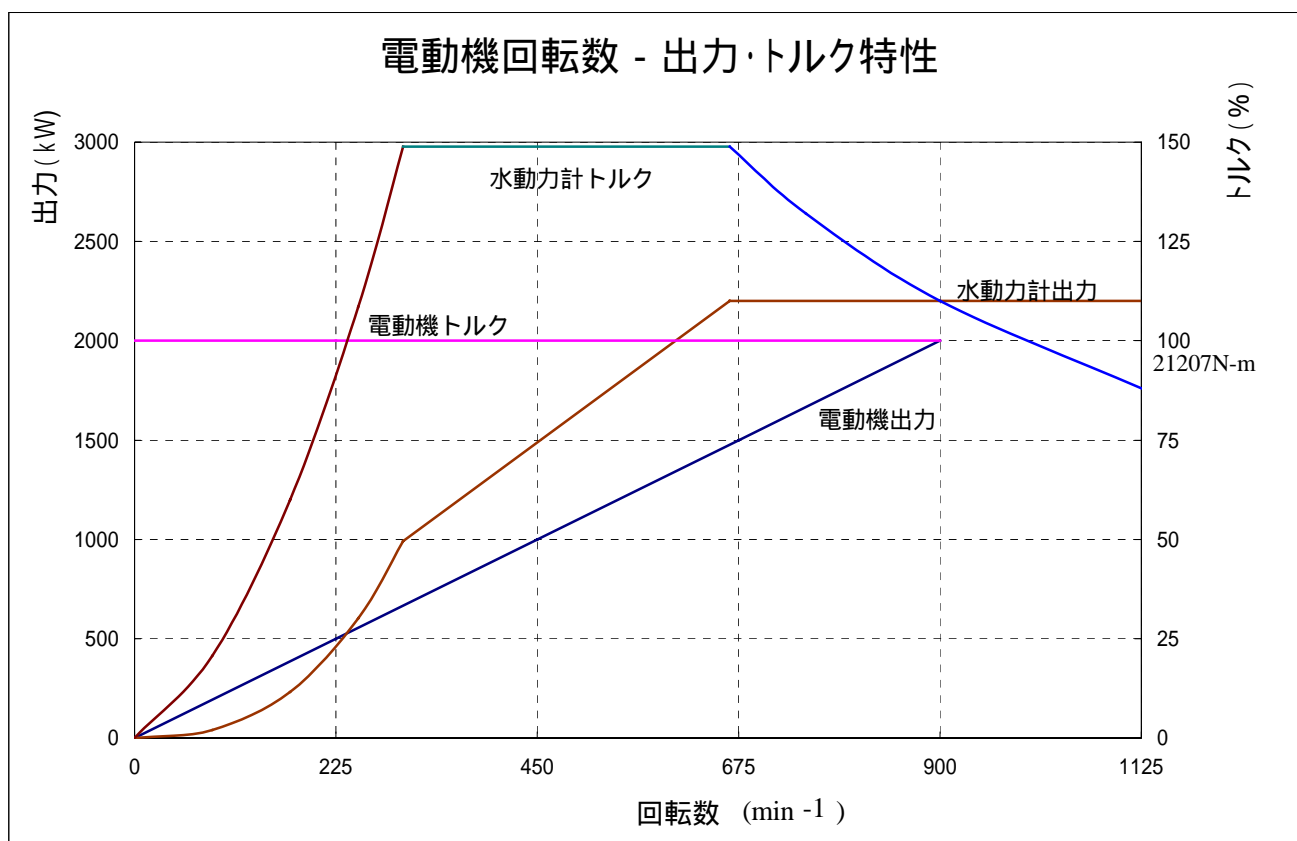
試験用機器	参考図	付図
水動力計	動力計外形図	付図-7
潤滑油供給ポンプユニット	外形図	付図-8
3000kVA変圧器	外形図	付図-9
発電装置	外形図他	付図-10

計測器	Type	2038-31	45~65Hz	class0.2	整流形
周波数計	Type	2013-08	5A	class0.5	可動鉄片形
電流計	Type	2014	750V	class0.5	可動鉄片形
電圧計	Type	2042-03		class0.5	空心電流計形
電力測定器	Type	3193/Vコ-ハイテスタ			

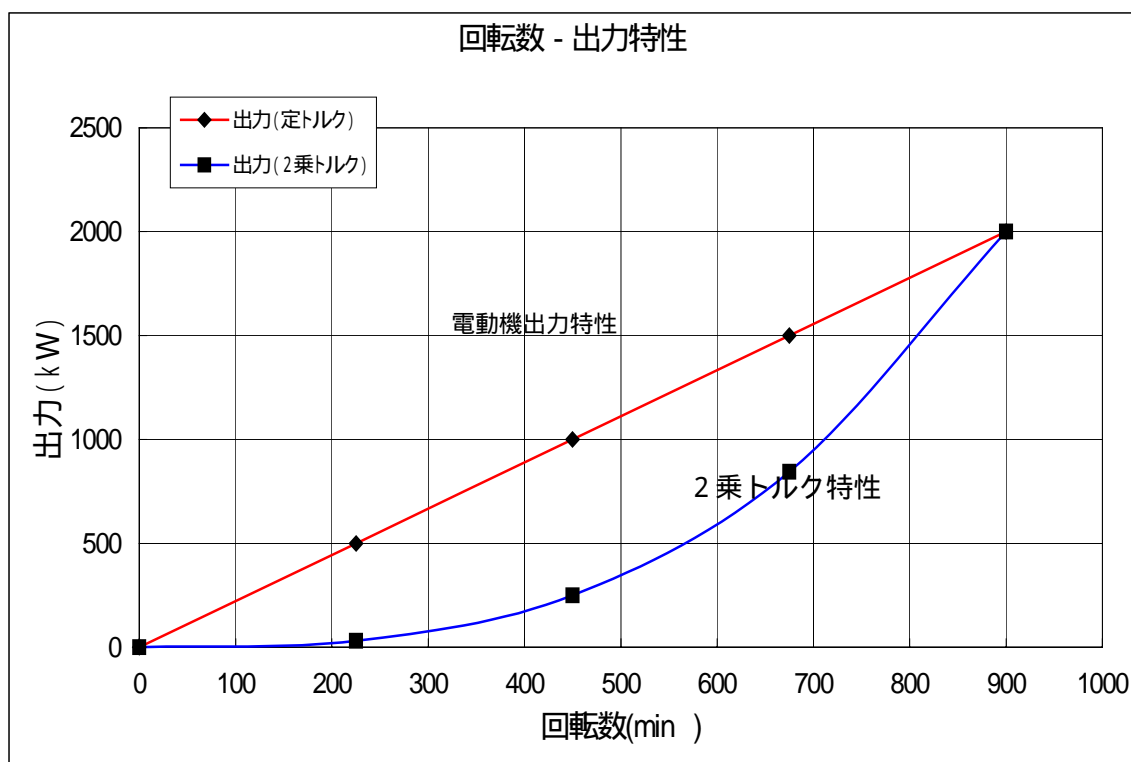
計器メーカー: 横河電機株式会社  
 計器メーカー: 横河電機株式会社  
 計器メーカー: 横河電機株式会社  
 計器メーカー: 日置電機株式会社



負荷装置（水動力計）の回転数 - トルク・出力特性  
 2000kW誘導電動機の回転数 - トルク・出力特性の関係



電動機出力特性と2乗トルク特性（船用3乗特性）の関係



## 3.4.5 各種試験の結果とその考察

## (1) 負荷特性試験(定トルク特性)結果とその考察

前進方向、後進方向の両方向共に装置の各出力点において安定した運転が行え、電動機巻線への入力電流及び入力電力がほぼバランスし、開発研究の目標であったA・B両巻線からほとんど同じ大きさのトルクが出力されている事が確認された。計測データより変圧器を含めた効率はほぼ満足出来るものであった。

## (2) 負荷特性試験(2乗トルク特性)結果とその考察

前項同様の結果が得られた。

## (3) クラッシュアスターン動作試験結果とその考察

操縦ハンドルからの速度指令に対してスム－ズに追従し、減速時の回生制動動作も確認された。電気推進船の推進機駆動装置として従来の主機以上の操作性能が確認された。

試験結果 P 51 参照

P 52 : 電動機のフリ－ラン停止特性(参考)

## (4) 温度上昇試験結果とその考察

電動機、制御盤共に異常な温度上昇は見られず、NK規格の温度上昇限度以内におさまった。温度上昇限度から、今回製作された機器はまだ余裕があると言える。

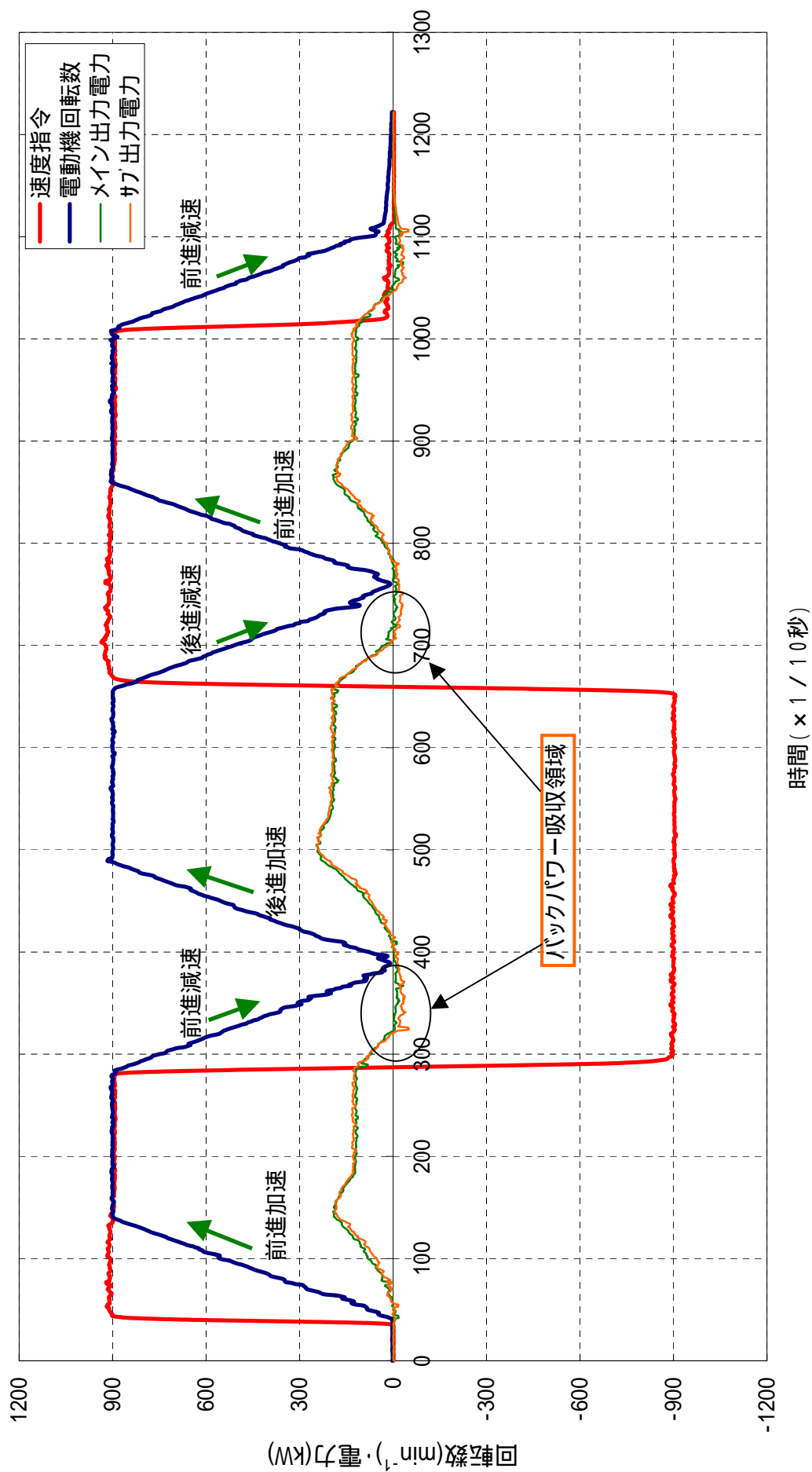
試験結果 P 53 参照

## (5) インバ－タ出力電圧波形の同期検証結果とその考察

それぞれ異なった運転状況において出力電圧波形の同期検証を行い、メイン(A巻線)、サブ(B巻線)の出力電圧波形が同期していることが確認された。これにより、高速通信技術による同時位相制御が裏付けられた。

観測結果 P 54 参照

(3) クラッシュアスターン動作特性



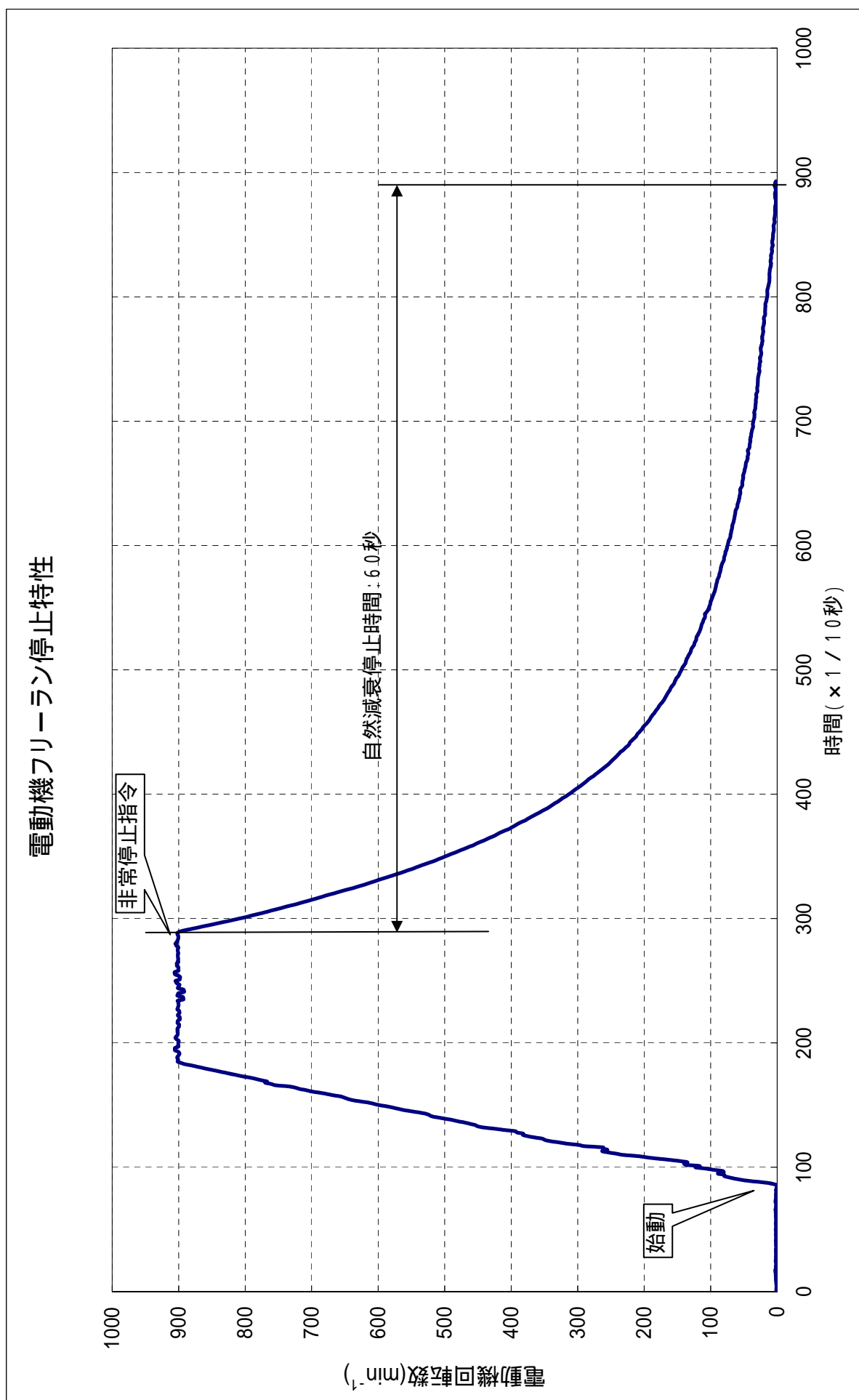




表3.4 - 1 推進用電動機温度上昇試験結果

計測点	温度上昇	規格値	
基準周囲温度(T)		45	
巻線A	U (Pt100)	53.8	
	V (Pt100)	52.0	
	W (Pt100)	54.3	
巻線B	U (Pt100)	56.7	
	V (Pt100)	51.2	
	W (Pt100)	57.4	
鉄心 (T)	58.1	95K	
軸受	LS (Pt100)	26.5	40K
	OS (Pt100)	25.6	40K
	LS (T)	24.9	35K
	OS (T)	25.9	35K
LO入口温度	LS (T)		65
	OS (T)		65
LO出口温度	LS (T)	28.9	-
	OS (T)	25.3	-
排気温度	右(T)	41.7	-
	左(T)	38.8	-
電動機 (T)	30.7	-	
フレ - ム (T)		22.7	-
		28.1	-

(T) アルコ - ル温度計による測定

備考

排気温度

右 電動機直結側より見て右側への排気温度

左 電動機直結側より見て左側への排気温度

電動機フレ - ム

直結側側面

反直結側側面

上部中央

表3.4 - 2 抵抗法による電動機巻線温度上昇

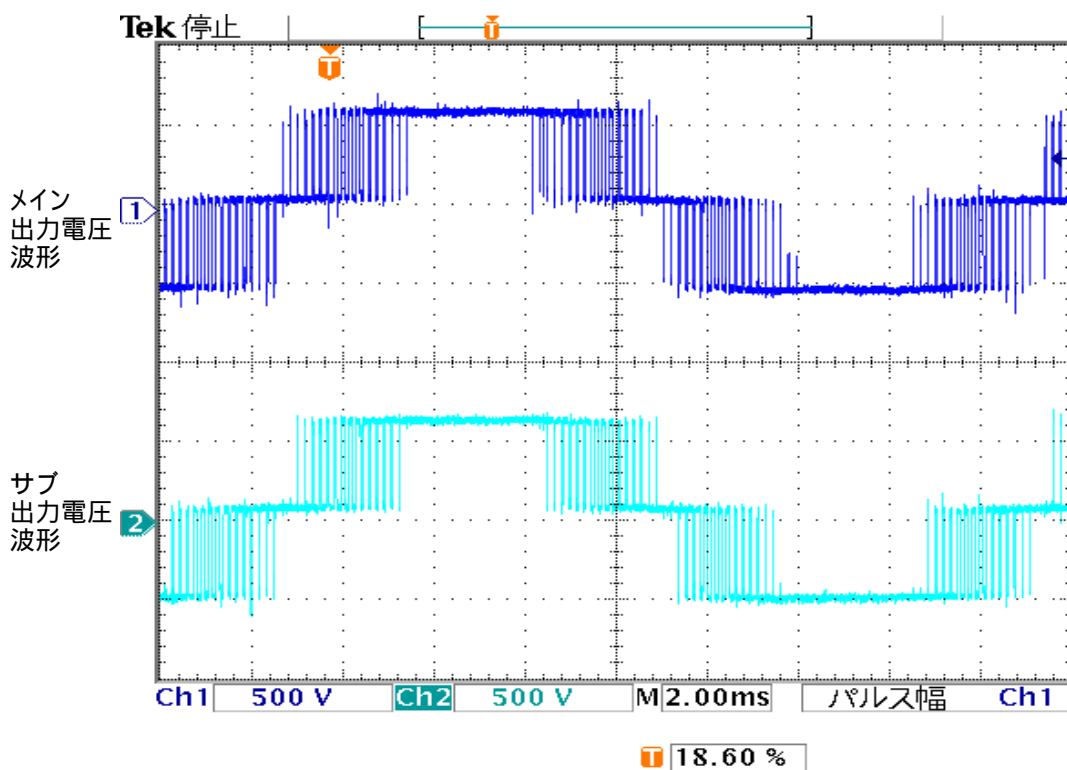
試験前	試験後	温度上昇	規格値
巻線A U-V			
0.00198	0.002564	71.9	95K
巻線B U-V			
0.00196	0.002555	74.1	95K

表3.4 - 3 推進用制御盤温度上昇試験結果

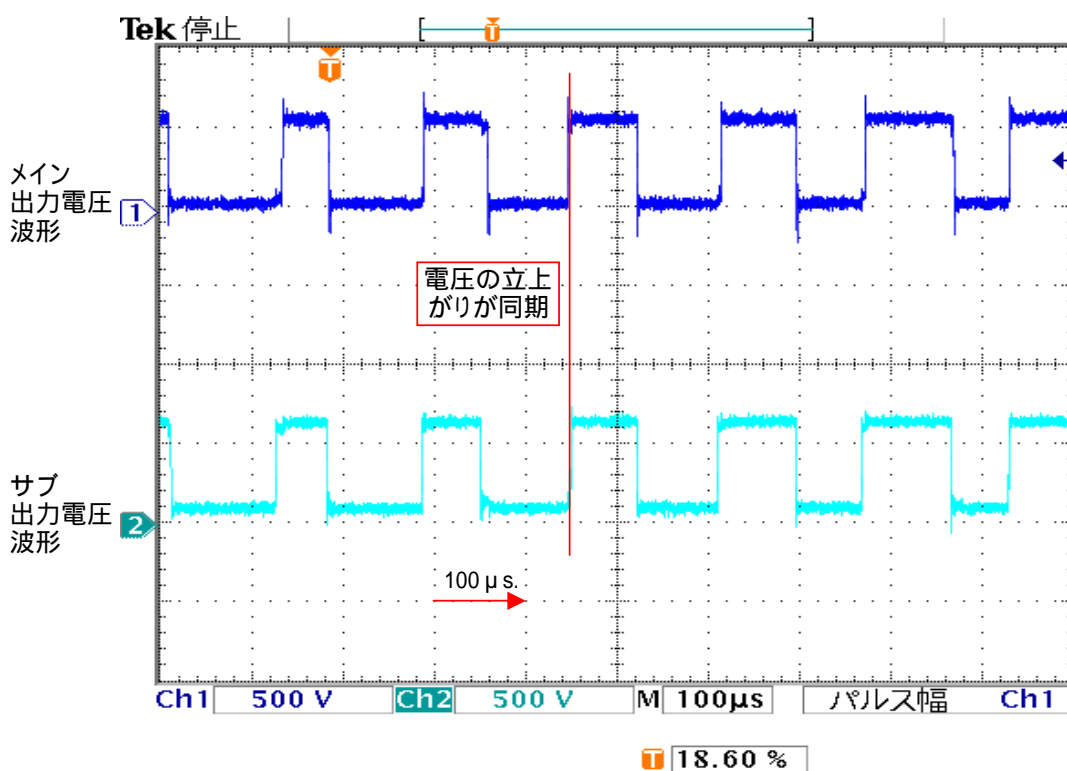
計測点	温度上昇		規格値	
	メイン	サブ		
周囲温度			45	
パネル吸気温度(ユニット2)	-2.0	-0.1	45 以下	
パネル排気温度(ユニット2)	12.2	14.0	-	
電源入力端子 V相	9.2	13.9	20K	
MCB入力端子 V相	21.4	30.8	45K	
入力側共通母線 V相	16.6	19.5	45K	
出力側共通母線	BUS-U相	26.5	45K	
	BUS-V相	27.2	45K	
	BUS-W相	21.0	45K	
結合TR 1-2ユニット用	U相コイル	6.0	135K	
	V相コイル	12.2	135K	
	W相コイル	5.3	135K	
結合TR 3-4ユニット用	U相コイル	10.3	135K	
	V相コイル	4.8	135K	
	W相コイル	7.7	135K	
結合TR 1-2-3-4ユニット用	U相コイル	11.7	135K	
	V相コイル	7.9	135K	
	W相コイル	4.0	135K	
ACL V相コイル	32.7	37.5	135K	
DS出力端子 V相	17.6	32.3	45K	
ユニット1	入力端子-U	9.7	45K	
	入力端子-V	13.8	45K	
	入力端子-W	11.7	45K	
	吸気温度	0.7	-1.1	-
	排気温度	18.5	24.3	30K
	DCLコイル	60.9	64.1	135K
	出力端子-R	6.3	7.0	45K
出力端子-S	5.9	8.2	45K	
出力端子-T	7.5	6.3	45K	
ユニット2	吸気温度	-0.8	0.2	-
	排気温度	11.7	19.4	30K
	DCLコイル	64.9	65.6	135K
ユニット3	吸気温度	-1.9	0.1	-
	排気温度	18.1	20.3	30K
	DCLコイル	68.7	59.4	135K
ユニット4	入力端子-U	11.2	12.9	45K
	入力端子-V	13.2	15.1	45K
	入力端子-W	13.8	14.9	45K
	吸気温度	-2.1	-1.0	-
	排気温度	19.0	18.2	30K
	DCLコイル	67.9	63.9	135K
	出力端子-R	3.4	9.3	45K
出力端子-S	4.5	3.8	45K	
出力端子-T	6.4	7.5	45K	

(5) 総合負荷試験でのインバータ出力波形同期運転の検証

運転状態	電動機運転回転数	900 min <sup>-1</sup>	(前進)
	電動機出力	2000 kW	
	インバータ出力周波数	60.4 Hz	



29 Aug 2006  
15:45:54



29 Aug 2006  
15:46:30

誘導電動機・制御盤組合せ試験(負荷率100%、2000kW)時の写真

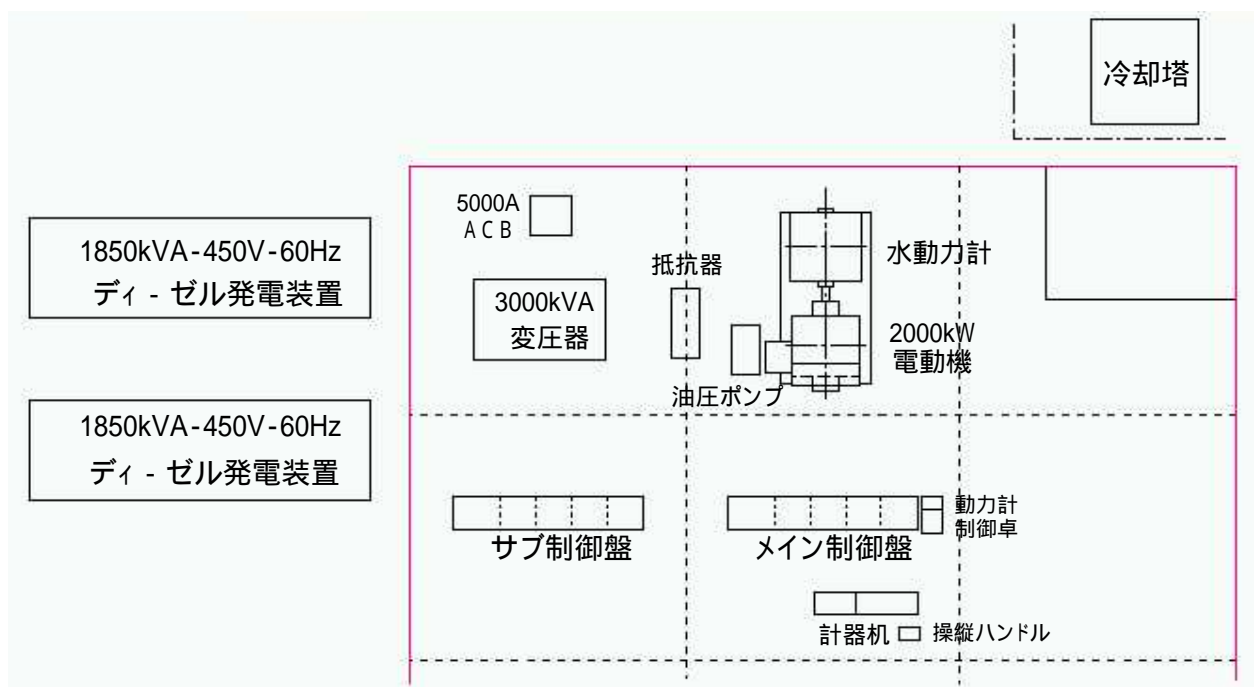
- (1) 屋内に設置された推進電動機・推進電動機制御盤及び関連機器  
正面右がメイン制御盤、左がサブ制御盤



サブ制御盤

メイン制御盤

- (2) 被試験機器及び試験用機器・機材のレイアウト



- (3) 共通台床に設置された2000kW推進電動機  
手前には、90kW2重巻線モデル機の固定子と2000kW用型巻コイルのサンプル  
左手奥は3000kVA変圧器



- (4) 共通台床に設置され2000kW推進電動機と直結された水動力計  
中央は2000kW推進電動機軸受け潤滑油供給装置  
右手前は逆電力吸収用抵抗器 (仮試験用)



- (5) 屋外に設置されたディ - ゼル発電装置 1850kVA-450V-60Hz × 2台



- (6) 発電装置2台の電力を供給する5000A - ACB (気中遮断機)

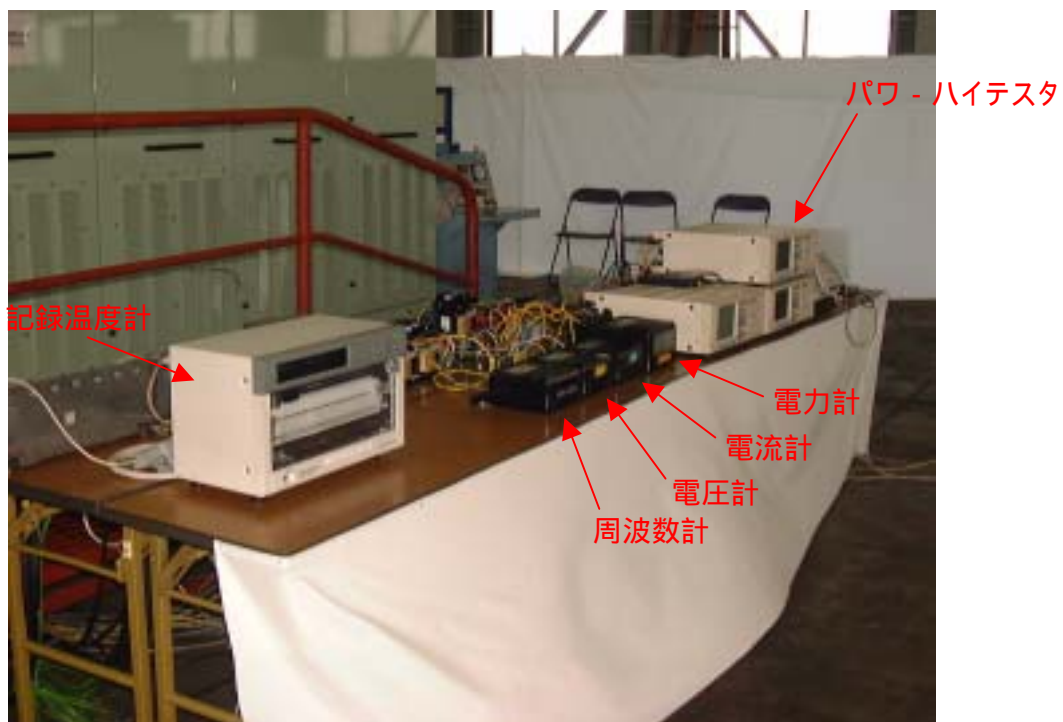




- (7) 5000A - ACBの後に配置された3000kVA試験用変圧器  
12相制御用



- (8) 試験に用いられた各種計測器  
手前は記録温度計(温度上昇試験の温度記録用)  
黒色の計器はアナログタイプの電圧計・周波数計・電流計及び電力計  
奥側の白色計器はパワ - ハイテスタ - 3台



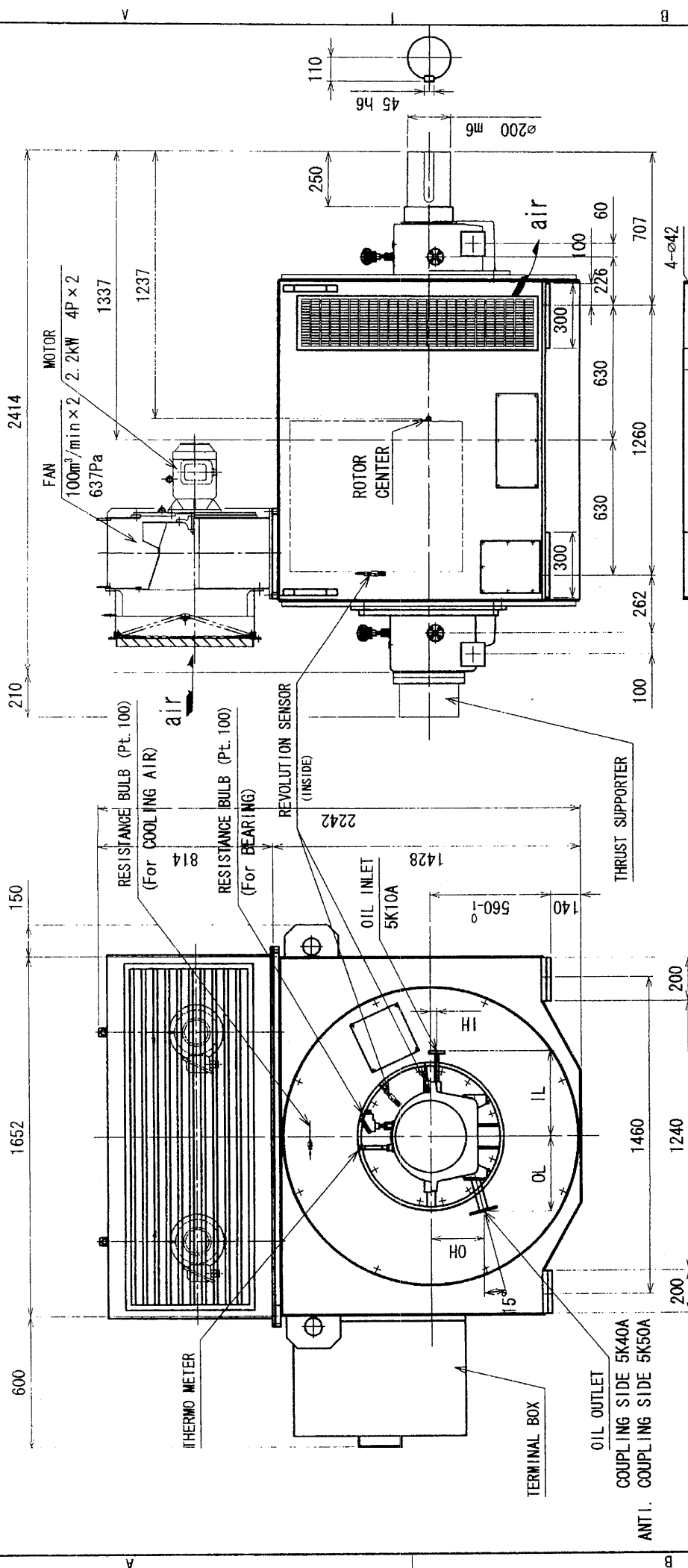
- (9) 試験用操縦ハンドル  
前進・後進の電動機回転数指令をメイン制御盤に出力する。



- (10) 屋外に設置されたク - リングタワー - と水槽  
水動力計から排出された約60度の水を30度に冷却して再度水動力計に供給する。



ENCLOSED VENTILATION DRIP-PROOF MACHINE  
INDUCTION MOTOR ( IP23 )



MODEL	FID-710L
RATING	CONT.
OUT PUT	2000 kW
VOLTAGE	415 V
NO. OF POLES	8 P
FREQUENCY	6.1~61 Hz
NO. OF PHASES	3
SPEED	±90~±900 min/r
INSULATION	F CLASS
MASS	Ca. 9750 kg

- N.B. 1) OIL PRESSURE INSIDE OF INDUCTION MOTOR 0.2~0.25 MPa  
(ORIFICE IS PROVIDED AT INDUCTION MOTOR TO REDUCE PRESSURE)  
2) GRADE OF LUBRICATION OIL SAE 30 #  
3) QUANTITY OF LUBRICATION OIL COUPLING SIDE 5 liter/min  
ANTI. COUPLING SIDE 5 liter/min

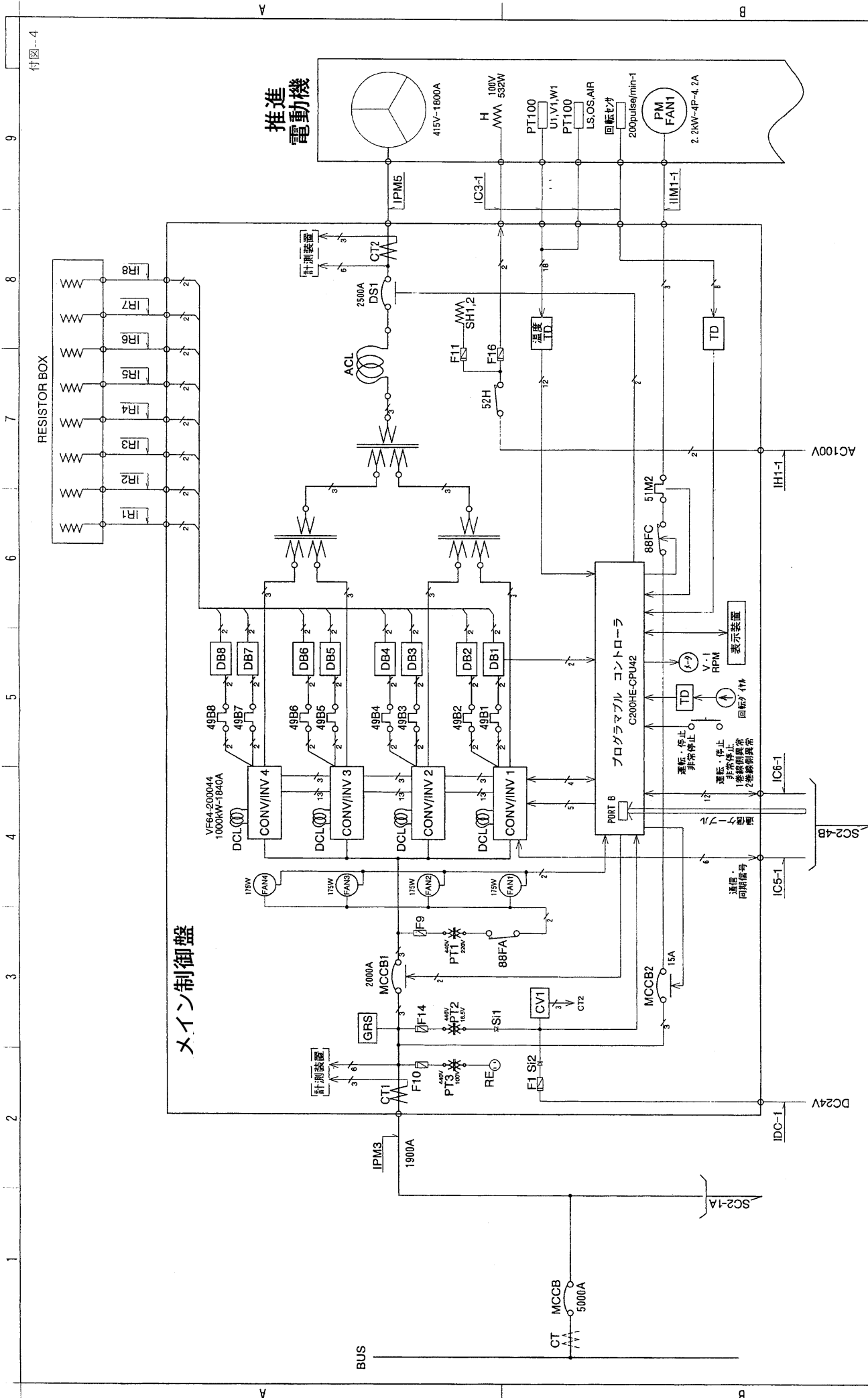
	OH	OL	IH	IL
COUPLING SIDE	265	355	30	380
ANTI. COUPLING SIDE	247	345	30	395

3 RD ANGLE PROJECTION	UNIT AND APR.	REV.	DES.	TRC.	DATE
			K. TSUCHIDA		2005/12/06
TITLE					
OUT LINE					
DRAW. NO. 3M017-2300-3					
SHEET NO. L1					









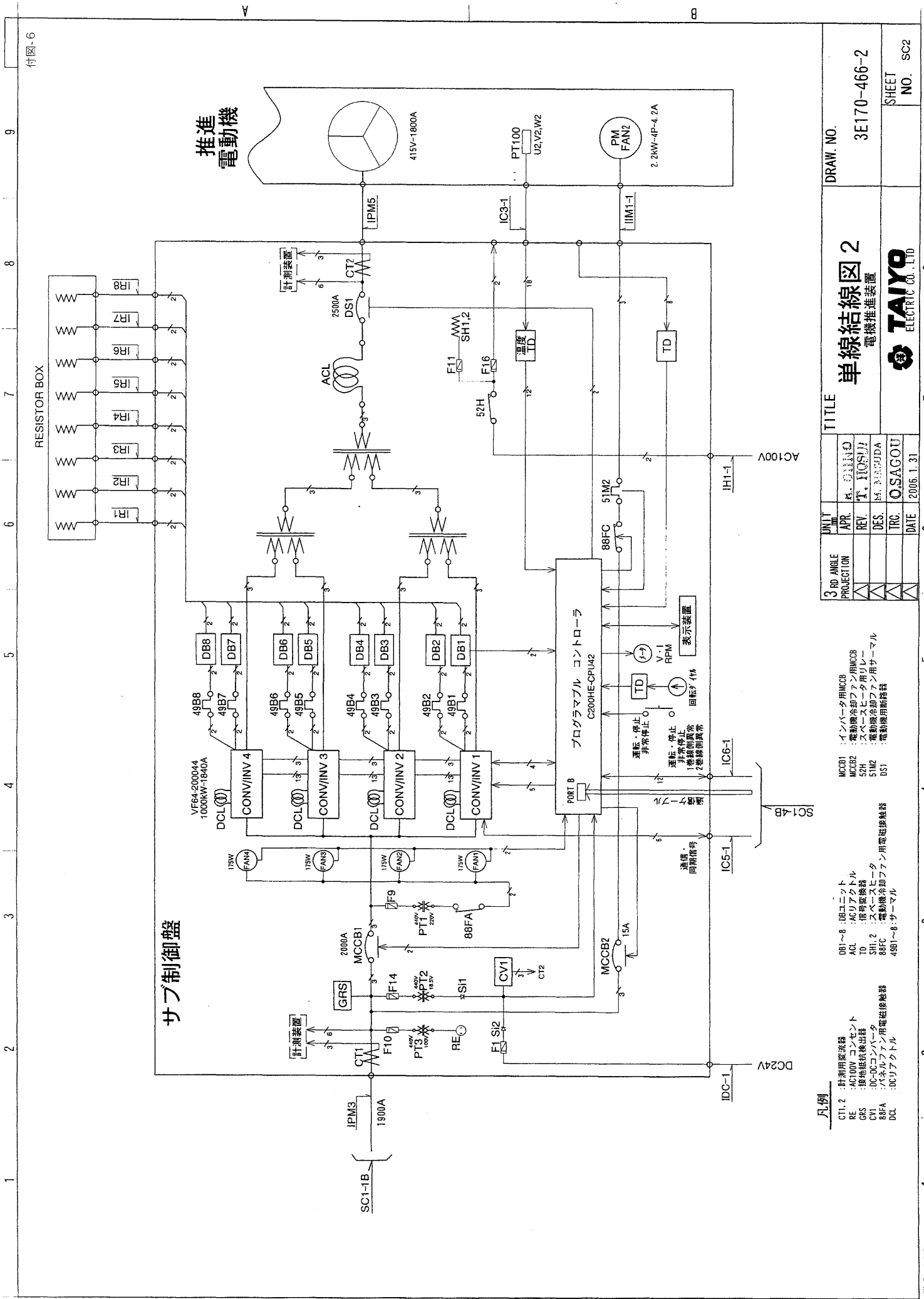
UNIT		DRAW. NO.	
3 RD ANGLE PROJECTION	APR. OHNO	3E170-463-2	
REV. M. MASUDA	DES. O.SAGOU	SHEET NO. SC1	
TRC. O.SAGOU	DATE 2006.1.31	TITLE	
単線結線図1 電機推進装置			

凡例

CT1, 2	: 計測用変流器	MCCB1	: インバータ用MCCB
RE	: AC100V コンセント	MCCB2	: 電動機冷却ファン用MCCB
GRS	: 接地抵抗検出器	51M2	: フェースホールド用リレー
CV1	: DC-DCコンバータ	DS1	: 電動機冷却ファン用サーモスタット
88FA	: DC-DCコンバータ用電磁接触器	DS2	: 電動機断流器
DCL	: DCリアクトル		

DB1~8 : DCリアクトル  
 ACL : ACリアクトル  
 TD : 温度検出器  
 SI1, 2 : フェースホールド  
 88FC : 電動機冷却ファン用電磁接触器  
 49B1~8 : サーモスタット





サブ制御盤

推進電動機

凡例

- CT1, 2 : 計測用変流器
- RE : AC100V コンセント
- GRS : 接触器接続用
- CV1 : DC-DCコンバータ
- 88FA : ハルフルファン用電磁接触器
- DCL : DCリアクトル
- DB1~8 : DBユニット
- AC100V : ACリアクトル
- TD : 温度検出器
- SH1, 2 : スペースヒータ
- 88FC : 電動機冷却ファン用電磁接触器
- 48B1~8 : サーマル
- MCCB1 : MCCB
- 52H : 電動機冷却ファン用MCCB
- 51M2 : スペースヒータ用リレー
- DS1 : 電動機冷却ファン用サーマル
- 電動機用断路器

- 3RD ANGLE PROJECTION
- UNIT
- APR. T. YOSHINO
- REV. M. NAGUDA
- DES. M. NAGUDA
- TRC. O.SAGOU
- DATE 2006.1.31

3RD ANGLE PROJECTION	UNIT
APR. T. YOSHINO	REV. M. NAGUDA
DES. M. NAGUDA	TRC. O.SAGOU
DATE 2006.1.31	

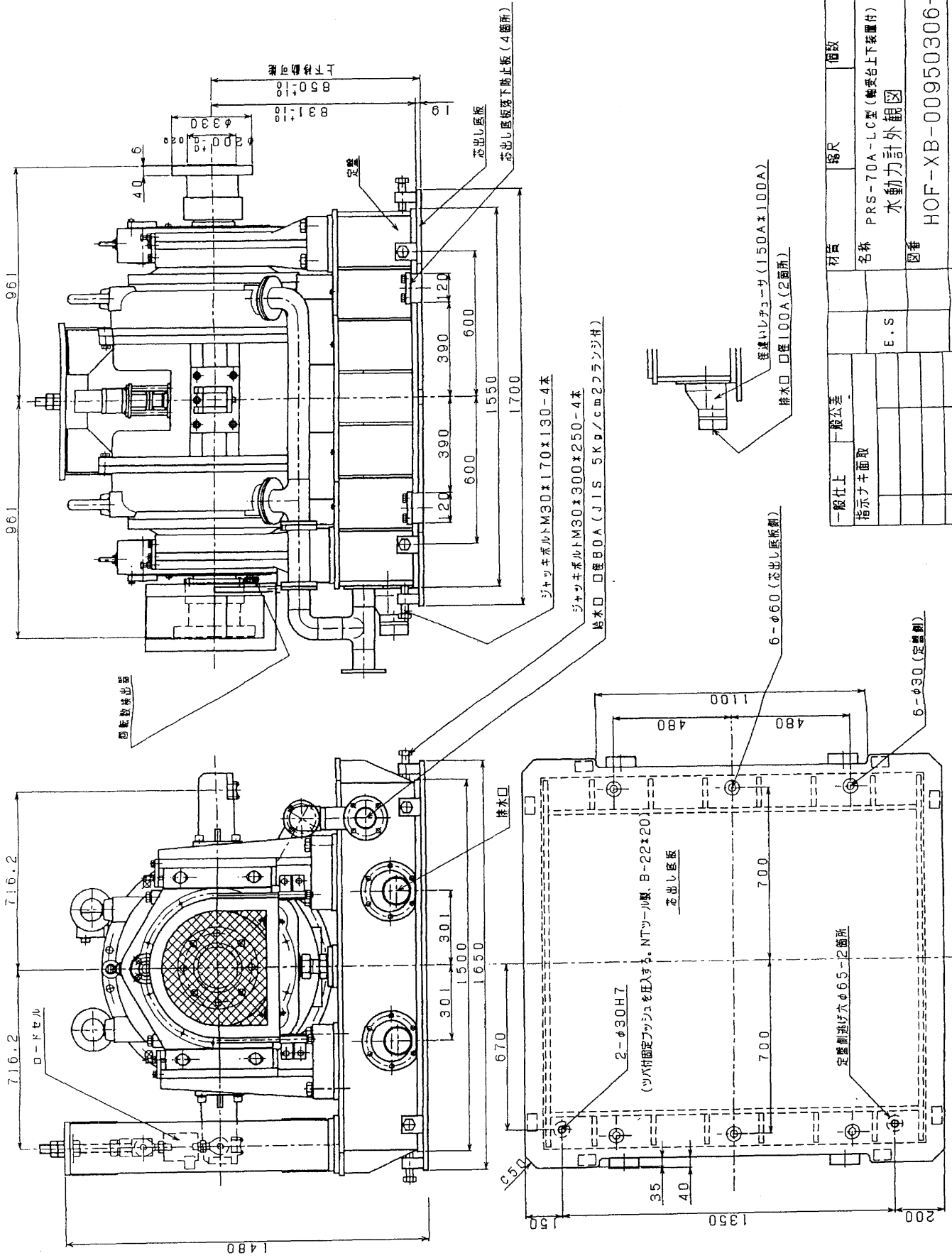
TITLE  
**単線結線図 2**  
 電機推進装置

DRAW. NO.  
 3E170-466-2

SHEET NO. SC2

付図-6

付図-7

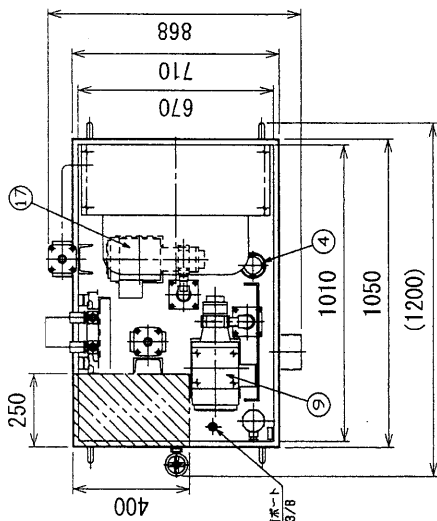


一般仕上	一般公差	材質	規格	倍枚
指示ナキ面取		名称	PRS-70A-LC型 (輸送台上下設置付)	
			水動力計外観図	
		図番	HOF-XB-00950306-1	
訂書	記事	年月日	95.3	東京プリント株式会社

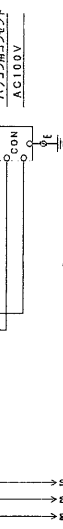
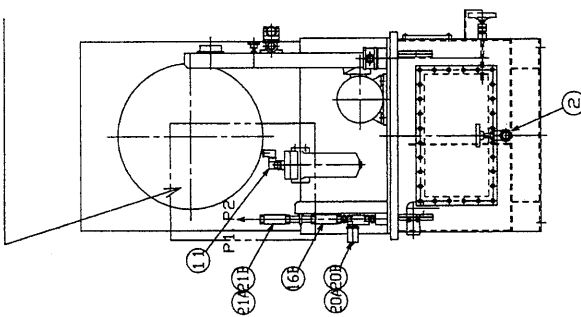
付図-8

300W AC220V 50HZ  
L E R S I  
主電源

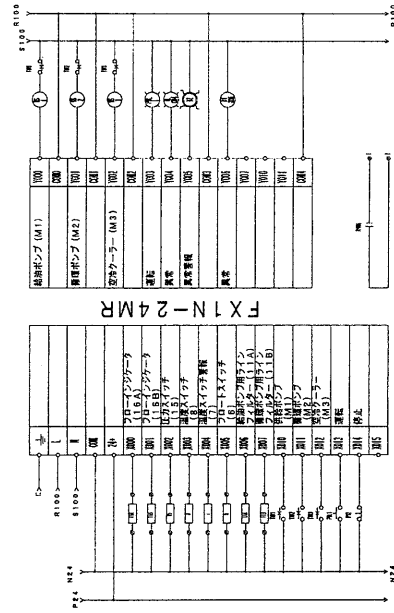
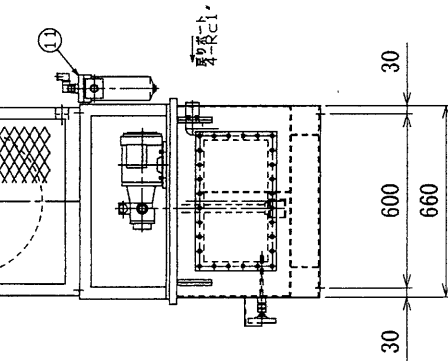
品号	製品名	仕様
6	液面スイッチ (アクリル板)	(下段警報用)
7	液面スイッチ (上段警報用)	(上段警報用)
8	液面スイッチ (過満用)	(過満用)
12	圧力調整弁	
13	ケーシング	
14	圧力計	
15	圧力スイッチ (上段警報用)	(上段警報用)
16A	流量計	(下段警報用)
16B	流量計	(下段警報用)
20A	流量調整弁	
20B	流量調整弁	
21A	流量計	
21B	流量計	



油圧ユニット制御盤図



動力回路図



制御回路図

UNIT	REV.	DATE
3 RD ANGLE PROJECTION	APR. 2006/02/09	
DES.	M. Ogasawara	
TRC.		

TITLE  
軸受潤滑用油圧ユニット

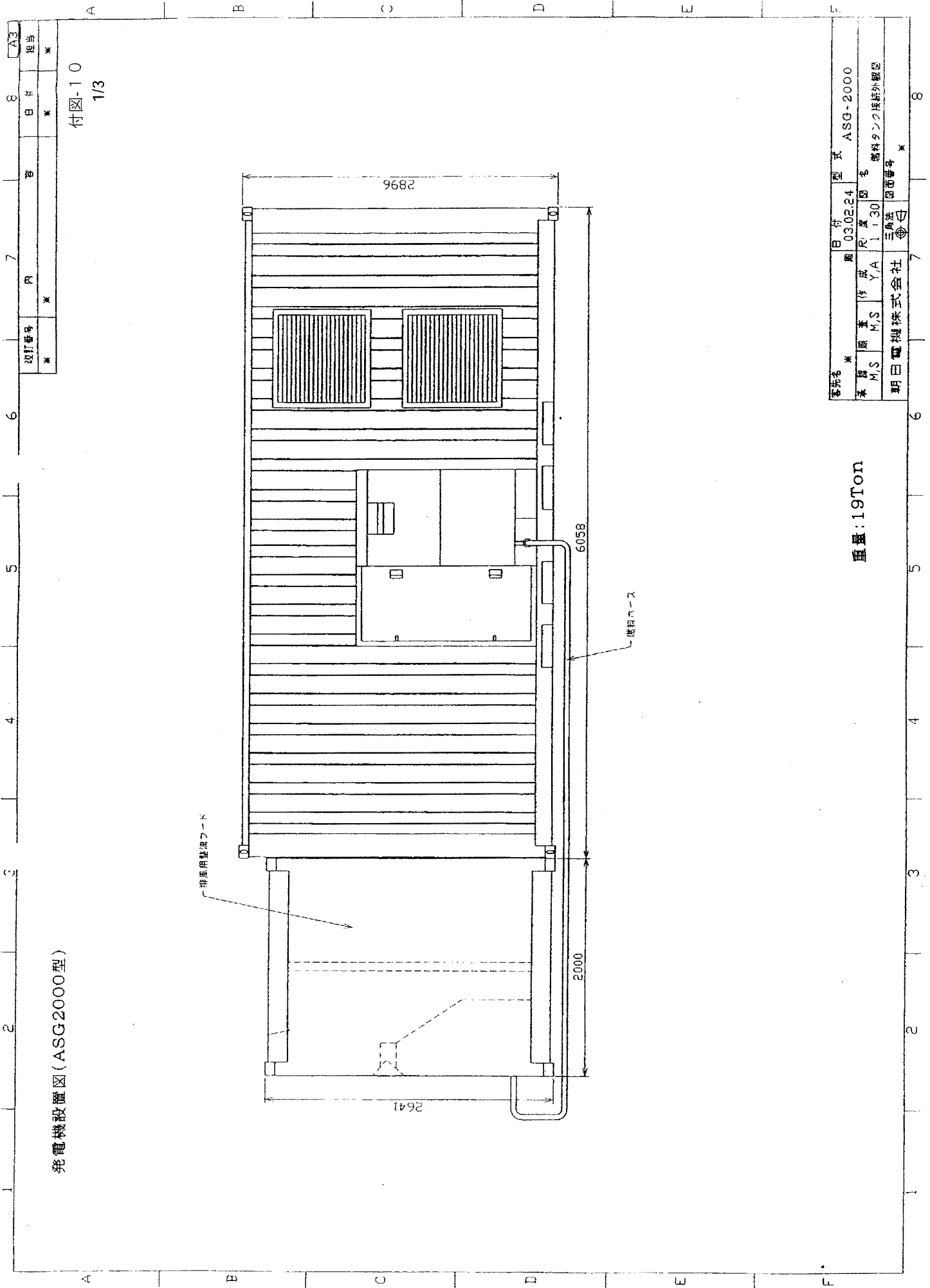
DRAW. NO.  
3M017-2312

SHEET NO. L2

N.B. 1) OIL PRESSURE 0.2~0.35 MPa  
2) LUBRICATION OIL FLOW Max. 20 liter/min

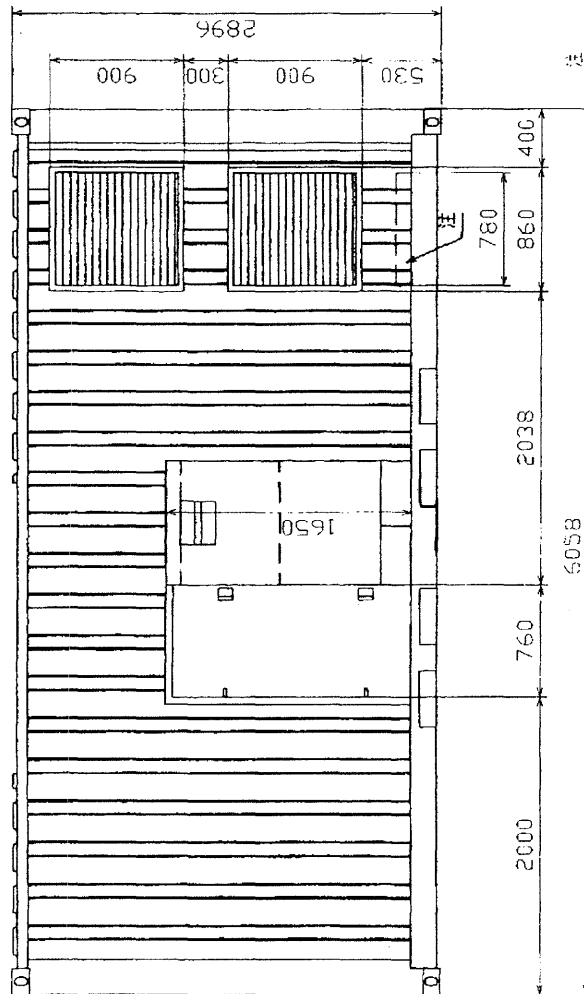
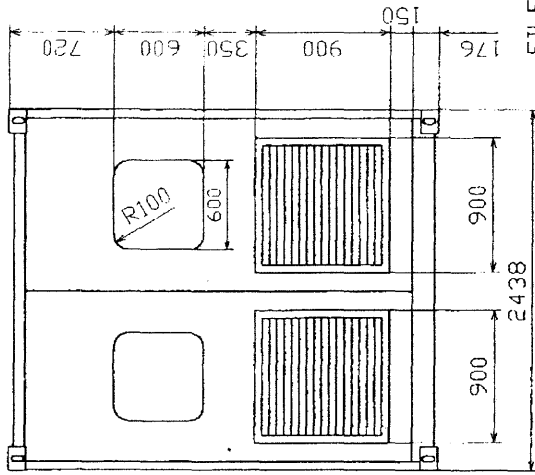
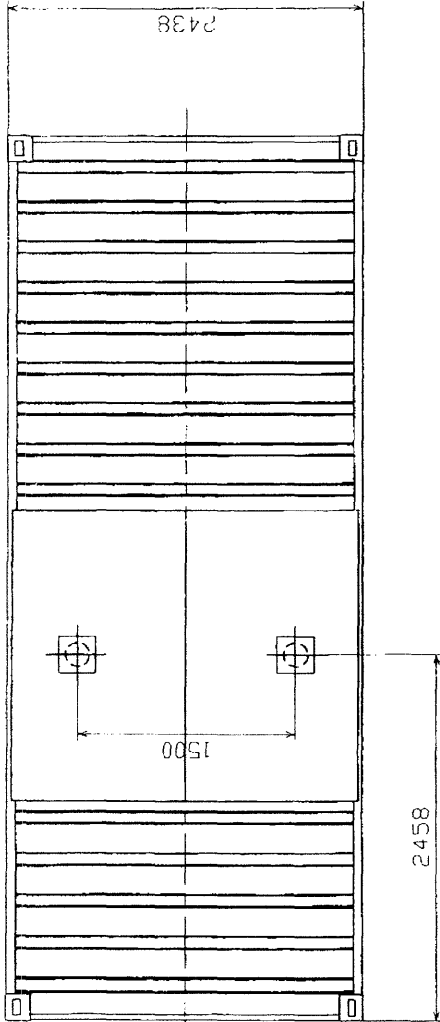






ASG2000型 外形図

NO.	DATE	内	容
付図-10 2/3			



製品名 ASGU-2000改 図名 外観三面図  
FILE SANMEN

DRW/NO R-2000-P008 SCALE DATE  
1/35 96.10.17

承認 下田 博司 前垣 青砥  
作成 青砥

ASAHI DENKI CO.,LTD

注 成継部に關しては、左側は不要  
右側のみ加工

重量: 18 ton

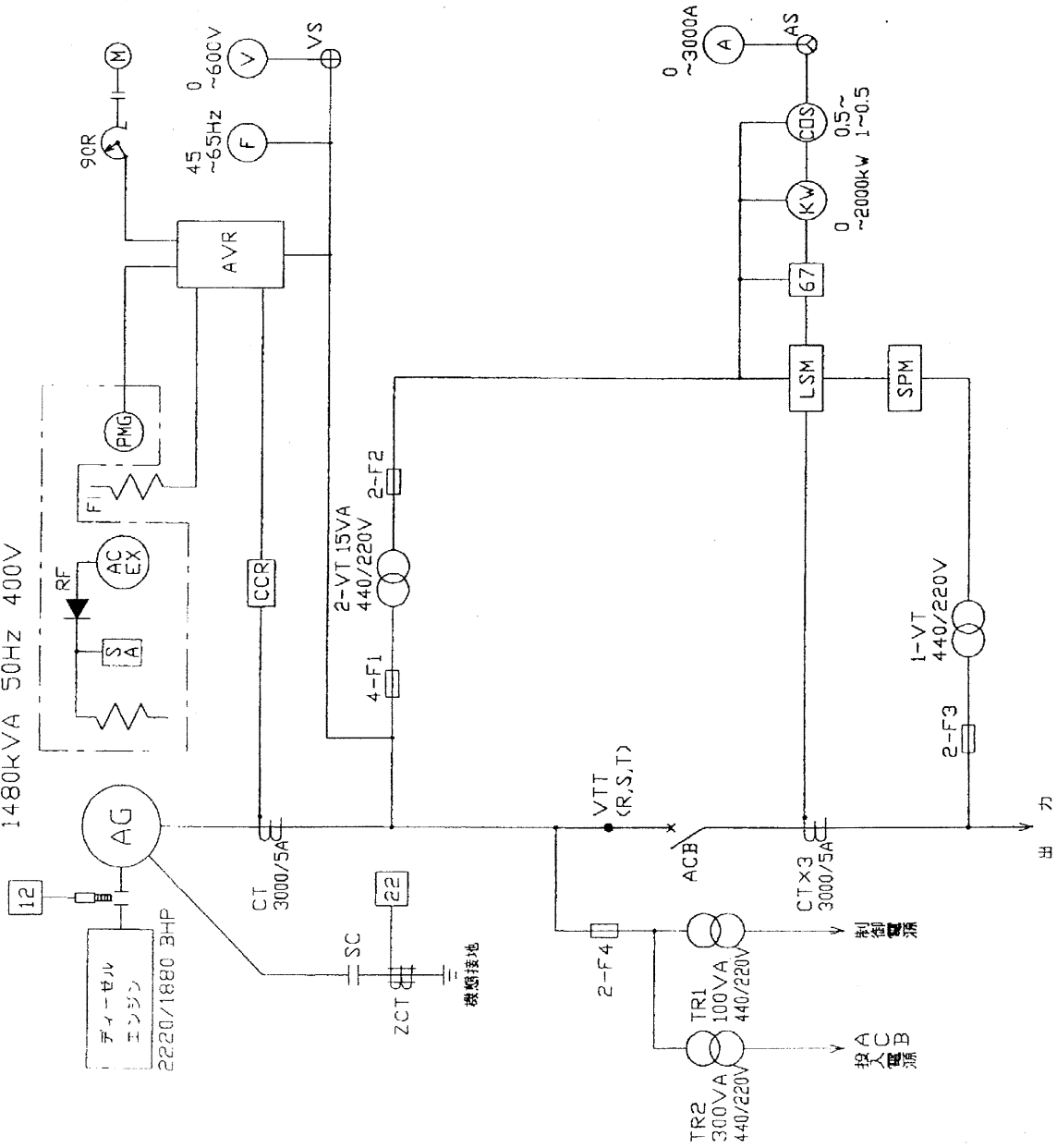
付図-10  
3/3

凡例

記号	名称	名称
AG	交流同期発電機	
ACEX	交流励磁機	
SA	サージ吸取器	
RF	整流器	
Fi	直流励磁機	
PMG	永久磁石式発電機	
AVR	自動電圧調整器	
90R	電圧調整器	
CCR	橋流補償用抵抗器	
12	過速度リレー	
67	逆電力继电器	
22	漏電リレー	
SPM	同期検定器	
LSM	並列負荷分相装置	
ACB	気中遮断器	
KW	三相電力計	
CDS	力率計	
F	周波数計	
V	電圧計	
A	電流計	
CT	変流器	
VT	計器用変成器	
ZCT	零相変流器	

450Vに調整して運転

1850kVA 60Hz 440V  
1480kVA 50Hz 400V



機名	ASG2000	図名	単線結線図
DWG No.	U11-2000-02WA01	SCALE	NON
承認	下田 照其	DATE	02.01.08
	前垣	作成	木下
ASAHI DENKI CO., LTD.			

FILE TANSSEN

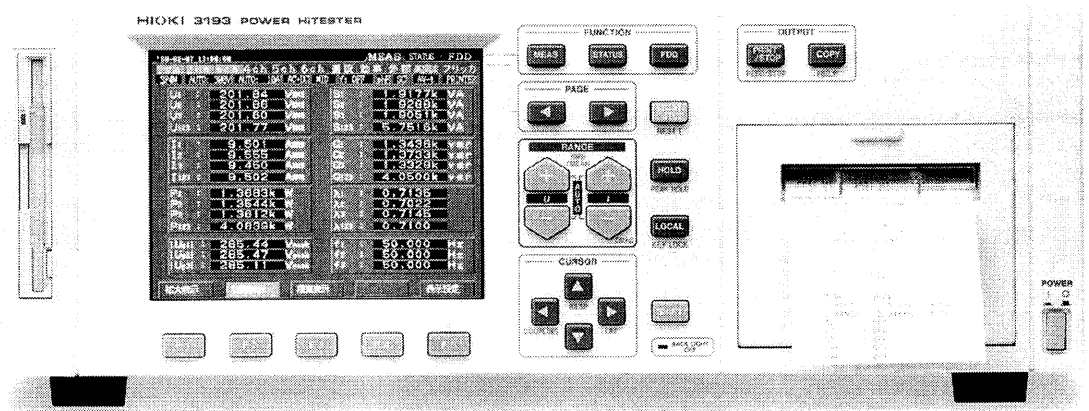
3φ 3W 50/60Hz, 400-440V



# 3193 パワーハイテスタ

3193 POWER HITESTER

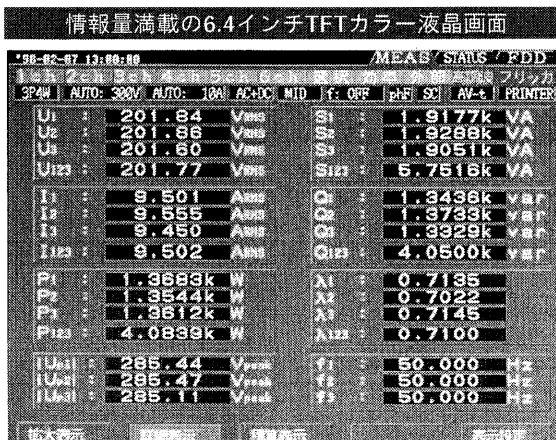
電力測定器



写真のプリンタはオプションです



## 最大6系統同時測定可能で DC/0.5Hz~1MHzの広帯域 機器の総合評価に対応する広帯域電力計



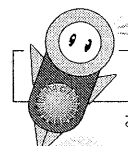
3193 パワーハイテスタは、一台で単相から三相4線ラインまで対応できる多機能型電力計です。最大6ユニットまで実装できるため、単相6系統分や三相インバータの入出力を同時測定できるほか、効率測定まで可能にしました。さらに機器の総合評価に必要な高調波解析/フリッカ測定(オプション)まで対応できます。また、GP-IB / RS-232Cインターフェースや3.5インチフロッピーディスクドライブが標準装備され、パソコンによるデータ処理・解析を容易にします。電気機器評価をさらに効率良くおこないたい...このような目的に最適な一台です。



ISO 9001  
JMI-0216



ISO 14001  
JQA-E-90091

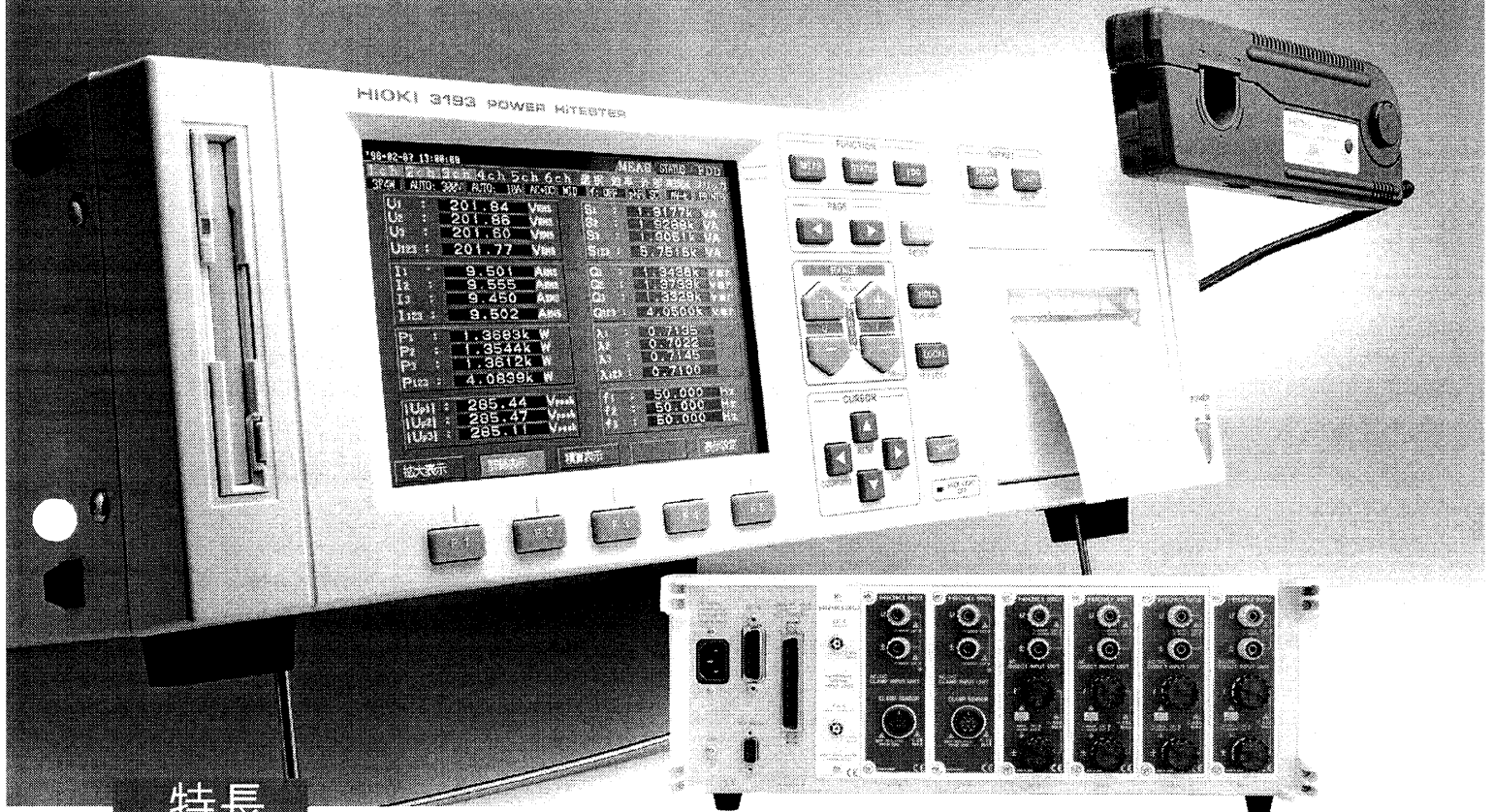


[www.hioki.co.jp](http://www.hioki.co.jp)

お問い合わせは... info@hioki.co.jpまで

広帯域/高精度/豊富なインタフェース

# あらゆる電力測定・解析のニーズに



## 特長

### ■豊富な測定機能

電圧/電流/有効・無効・皮相電力/力率/位相角/周波数/電流・電力極性別積算のほか、機器評価に重要な波形ピーク値/効率まで測定できます。また、オプションの9605高調波解析/フリッカ測定ユニットにより、高調波/フリッカ解析に対応できます。

### ■全パラメータを並列処理

さらに全パラメータは並列処理されていますので、積算測定中でも画面を切換えることにより、他の測定結果をモニタリングできます。

### ■モータパワー測定に対応

オプションの9603外部信号入力ユニットにより、トルク/回転計からのアナログ出力を取り込み、モータ出力を算出できます。

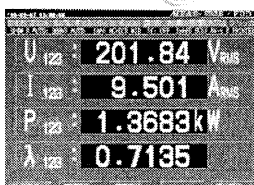
### ■微小な待機電力にも対応 (特別注文品にて)

9600と9601入力ユニットの電流感度を10倍アップし、20.000mAレンジから対応できます。(単相100V機器での最小電力レンジは3.0000W (150V/20mAレンジ)となり、1W以下も正確測定できます。また、配線にはオプションの9266コンセント接続コードが便利です。)

### ■見やすいカラーLCD採用

視野角の広いカラーLCDに多項目を同時表示でき、測定システムの電力使用状況が一目瞭然です。また任意の4項目を拡大表示できます。

拡大表示画面



### ■基本精度±0.2%の高精度

オプションの9600~9602入力ユニットの基本精度は±0.1%rdg.±0.1% f.s.で、より正確な測定ができます。(9602の電流測定はクランプオンセンサの精度が加算されます)

### ■充実のインタフェース

#### ★パソコンへ

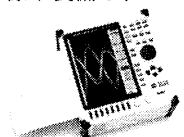
標準装備の3.5インチFDDやRS-232C/GP-IBインタフェースを使用してパソコンでの効率の良い測定・管理・解析が可能になります。

LabVIEWドライバは弊社ホームページよりダウンロードできます。



#### ★記録計へ

8項目まで選択可能なD/A出力と、電圧・電流・電力のアナログ/モニタ(電流・電圧のみ)出力を標準装備し、記録装置による変動/瞬時波形記録を可能にします。



#### ★プリンタへ

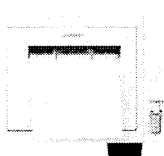
オプションの9604プリンタユニットにより出力できます。

印字方式: 感熱ラインドット方式

紙幅: 72mm

印字スピード: 8行/s

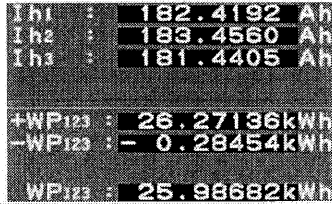
主な機能: 測定項目の印字/画面ハードコピー/設定状態の印字/各種時間(インターバル時間、タイマ時間、実時間制御時間)に対応した自動印字/外部コントロール信号による印字開始/積算計に同期した印字



# より高度な解析をサポートにする優れた機能

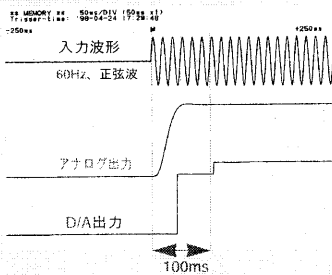
## 極性別積算機能

全チャンネルの電流・有効電力の+/-トータル積算が同時にできます。電力の売買状況が把握できます。



## アナログ・D/A出力

アナログ出力 (電圧/電流/有効電力)とD/A出力 (任意の8項目)は、レンジに対応したフルスケール5Vで出力します(1000Vレンジ除く)。また、レスポンスをFASTに設定することにより、100msの高速応答が可能です。



## ●3種類のアベレージ機能

時間平均・移動平均・指数化平均から選択できます。

## ●3chの周波数測定機能

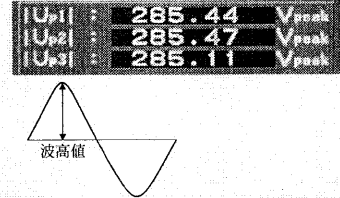
周波数レンジはLPF、HPFと組み合わせができ、インバータの基本波やキャリア周波数を測定できます。

## ●効率演算機能

測定した電力値から、同時に3つの効率演算ができます。

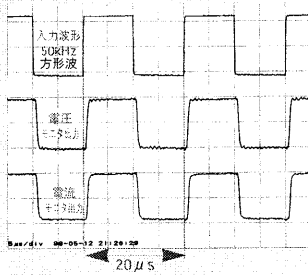
## ピーク測定機能

電圧波形または電流波形の波高値が測定できます。さらに、ピークホールド機能を使用すれば、モータ突入電流波形の波高値ピーク検出や実効値の最大値検出が可能です。



## モニタ (波形) 出力

電圧、電流のレンジに対応してフルスケール1Vで波形出力でき、レコーダ、オシロスコープなどによる波形観測が可能です。インバータのキャリア周波数も含めて観測できます。



## ●3種類のローパスフィルタ内蔵

カットオフ周波数 (500/5k/300kHz)の切替えができ、インバータの基本波周波数成分の抽出や、従来機器とのデータの互換性に対応します。

## ●選択可能な3種類の演算式

3種類の皮相電力、無効電力の演算式が選択でき、従来機器からの置換えに対応します。

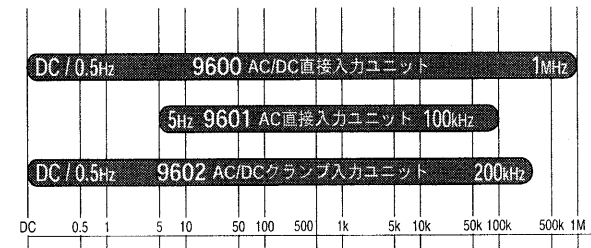
## ■多系統ラインを同時測定

各ユニット間は、すべてアイソレーションされているため、機器の1次側/2次側や異なる電力ラインの同時測定ができます。さらに、今まで複数台必要とされていた、単相6系統や三相2系統の同時測定が1台で実現し、効率の良い測定をサポートします。また、すべての測定データを時間のズレなく同一時点で計測でき、機器の総合評価に威力を発揮します。

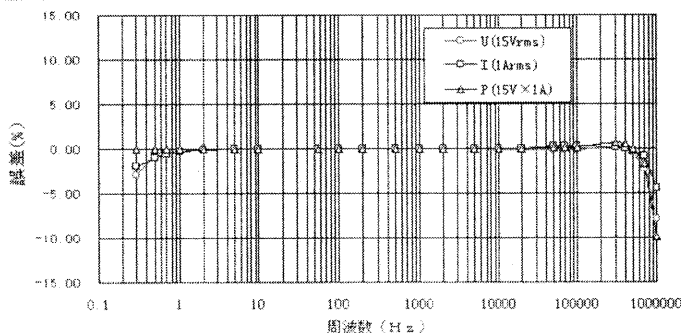
1ch	2ch	3ch	4ch	5ch	6ch
単相2線	単相2線	単相2線	単相2線	単相2線	単相2線
単相3線/三相3線		"	"	"	"
"		単相3線/三相3線	"	"	"
"		"		単相3線/三相3線	"
三相3線(3V3A)/三相4線		単相2線	単相2線	単相2線	
三相3線(3V3A)/三相4線		単相3線/三相3線	単相2線		
三相3線(3V3A)/三相4線		三相3線(3V3A)/三相4線			

## ■用途に応じて選べる入力ユニット

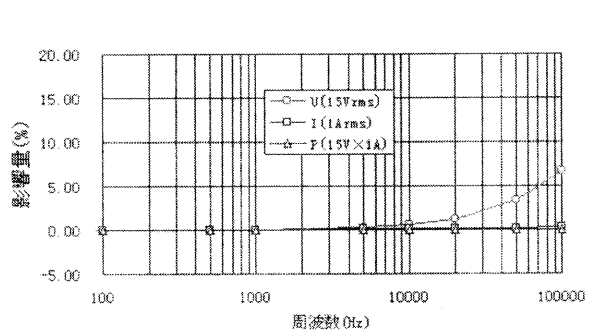
- DC/0.5Hz~1MHzの広帯域・・・9600
  - 5Hz~100kHzのAC専用・・・9601
  - DC/0.5Hz~200kHzでクランプ入力・・・9602
- クランプオンセンサはAC専用の9270~9272とAC/DC対応の9277~9279から選択できます。



9600の周波数特性 (15W (15V×1A) レンジにての代表値: レスポンスSLOW時)



9600の共通モード電圧による影響 (代表値)

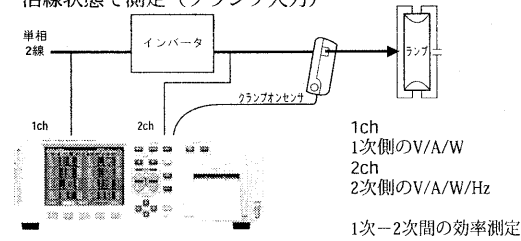


# 1台で多系統の電力/変換器の効率/モータのトルク/高調波/フリッカまで測定 用途を選ばない電力解析ステーション

## ■ 各種アプリケーション

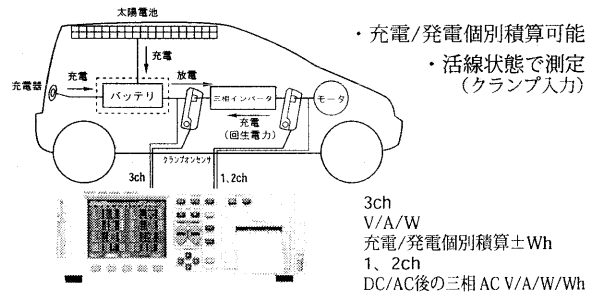
### インバータ・照明での測定例

- ・入/出力を同時測定
- ・活線状態で測定 (クランプ入力)



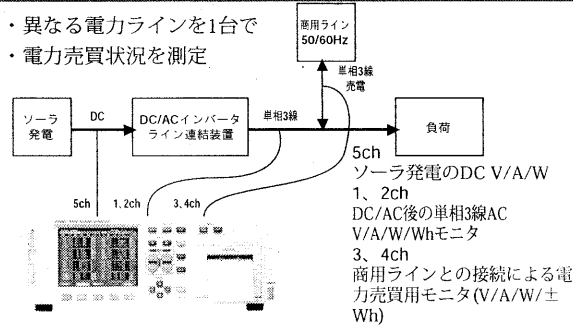
### EV (電気自動車) 評価試験例

- ・充電/発電個別積算可能
- ・活線状態で測定 (クランプ入力)



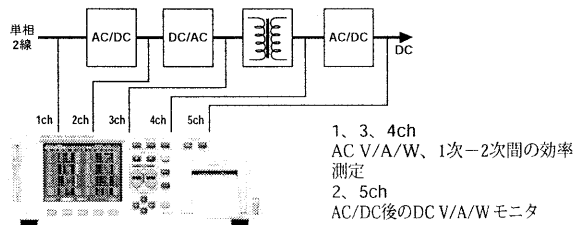
### ソーラ発電での測定例

- ・異なる電力ラインを1台で
- ・電力売買状況を測定

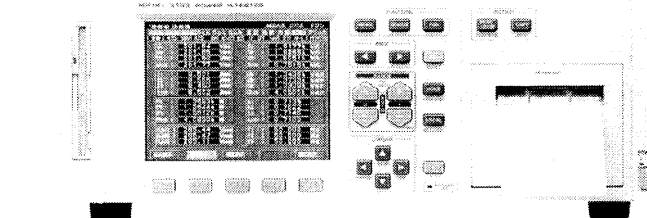
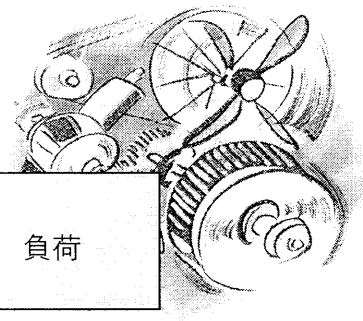
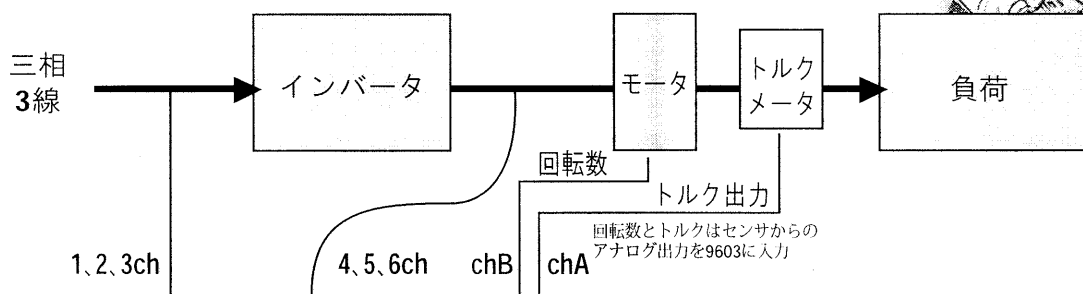


### 電力変換器への応用例

- ・AC/DC混在ラインを1台で測定



## ■ 三相インバータモータの総合評価を1台で実現



1、2、3ch  
1次側のV/A/W/PPF、高調波解析

4、5、6ch  
2次側のV/A/W/PPFとモータ出力測定  
効率 (1-2次間/2次モータ出力間/1次モータ出力間)  
2次側基本波・キャリア周波数モニタ

### 9603 外部入力ユニット仕様 (オプション)

入力ch数	2ch (BNC)でchAとchB
入力抵抗	200kΩ±5%
測定レンジ	±1.0000/±5.0000/±10.000V
有効入力範囲	5%~110% (表示範囲0.1%~130%)
最大許容入力範囲	±20V
DC測定精度	±0.1%rdg, ±0.1% f.s. (精度保証期間6ヶ月)
レスポンス	FAST (0.1s)/MID (0.8s)/SLOW (5.0s)
アナログ出力	±5V f.s.、表示精度±0.2% f.s.
パルス入力時の	1Hz~100kHz (パルス幅5μs以上)
周波数測定	(測定精度/レンジは本体の周波数測定の仕様 入力はchBのみ)

9603 外部入力ユニットに、トルク計と回転計からのアナログ信号を入力することにより、トルク、回転数、モータパワーの測定が可能になります。

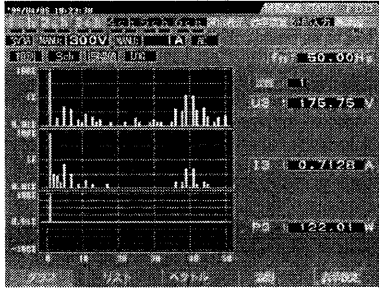
歪みゲージトルクセンサを直接入力できる3194 モータ：ハーモニックハイテスタもごさいます。



# ■ 高調波/フリッカ解析までサポート

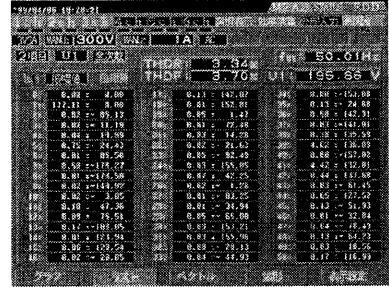
## 高調波グラフ表示

電圧/電流/電力をそれぞれ解析し、振幅値/含有率/位相角をバーグラフ表示します。1系統の電圧/電流/電力の3項目表示など選択できます。



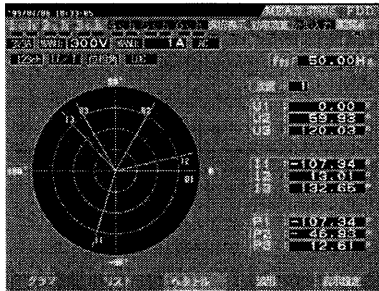
## 高調波リスト表示

電圧/電流/電力をそれぞれ解析し、振幅値/含有率/位相角を数値表示します。含有率のみの表示や、振幅値と位相角といった2項目同時表示の選択ができます。



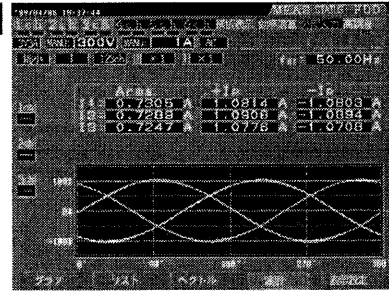
## 高調波ベクトル表示

各高調波次数ごとの電圧/電流の位相角をベクトル表示し、電圧/電流の位相関係を把握できます。



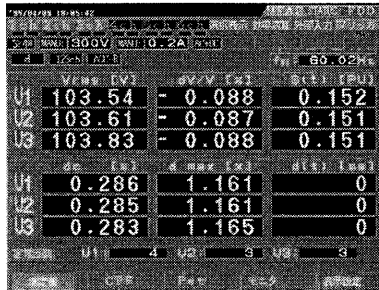
## 波形表示

電圧/電流波形を1周期分表示します。実効値/波高値や、電圧/電流波形を同時に3ch分表示できます [同時3ch表示は三相3線(3電圧3電流)と三相4線の場合のみ]。



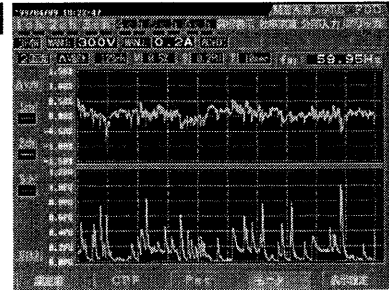
## フリッカ測定値表示

測定中のデータをリアルタイムに表示します。d測定とPst値の表示にも切換えできます。



## モニタ表示

相対電圧変化  $\Delta V/V$ 、瞬時フリッカ値  $S(t)$  を時系列で表示できます。過去の変動が一目瞭然です。



## 9605 高調波解析/フリッカ測定ユニット仕様(オプション)

使用方法: 3193本体に組み込んで使用  
測定ライン: 単相2線、単相3線、三相3線、三相4線  
チャンネル数: 3193結線モードに従い、1~6chのうち最大3ch  
出力機能: FD、RS-232C/GP-IB、プリンタ

### ●高調波解析機能 (IEC61000-3-2の解析方法に対応\*)

測定範囲: 基本波周波数 1Hz~440Hz  
PLL方式(5~440Hz)、外部クロック方式(1~5Hz)  
解析次数: 第50次まで(基本波が1Hz~250Hzの場合)  
ウィンドウ幅: 16サイクル(基本波が40Hz~70Hzの場合)  
ウィンドウの種類: レクタングュラ(ウィンドウ間のギャップとオーバーラップなし)  
解析データ数: 512ポイント(基本波が40Hz~70Hzの場合)  
クレストファクタ: 電流 4以下、電圧 3以下  
解析項目: 電圧/電流/有効電力の各次高調波レベル、各次高調波含有率、各次高調波位相角、電圧/電流の総合高調波歪み率(THD-FおよびTHD-R)、電圧/電流/有効電力/周波数/電圧波高値/電流波高値の基本測定

更新レート: ウィンドウ毎(ただし、FDおよびRSへのデータ出力中は除く)  
画面表示: リスト/グラフ/ベクトル/波形

\*1 限度値に基づいた良否判定は9623 高調波解析/電圧変動解析ソフトで対応します。

精度\*3: 高調波レベル; 45~66Hz時  
(精度保証期間6ヶ月) 電圧/電流  $\pm 0.5\%rdg \pm 0.05\% f.s.$   
有効電力  $\pm 1.0\%rdg \pm 0.1\% f.s.$   
基本周波数45~66Hz、入力がレンジの0.1~110%、PLLロック状態での高調波電流の全誤差は、限度値の5%または被試験機器の定格電流の0.2%以内(0.02%は規定せず)  
周波数;  $\pm 0.1\%rdg \pm 1dgt.$  正弦波入力において

### ●フリッカ測定機能 (IEC61000-3-3の解析方法に対応\*)

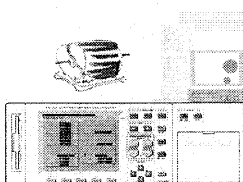
測定範囲: 基本波周波数が45Hz~66Hzのみ、PLL同期方式  
測定項目:  $\Delta V/V$  相対電圧変化/S(t) 瞬時フリッカ値/dc 相対電圧変化/d max  
最大相対電圧変化/d(t) 200ms 相対電圧変化時間/P 0.1 P 1s P 3s P 10s P 50s 累積確率/Pst 短期間フリッカ値/Pst 長期間フリッカ値  
画面表示: 測定値/CPF/Pstリスト/モニタ  
精度\*3: IEC 61000-4-15で規定される限度値曲線(Pst=1)において  
(精度保証期間6ヶ月) 限度値の $\pm 5\%rdg$ 以内(d測定も同じ)  
電圧実効値  $\pm 0.5\%rdg \pm 0.05\% f.s.$  (45Hz~66Hz)

\*2 判定機能は9623 高調波解析/電圧変動解析ソフト Ver.upにて対応します。

\*3 上記解析精度に組み合わせる入力ユニットのrdg.精度が加算されます。また、クランプとの組み合わせ使用時は、さらに使用クランプの精度・周波数特性が解析精度に加算されます。

### 3000次までの高次高調波を解析

9603-01で歪みゲージトルクセンサ直接入力



EVに代表される高速モータやインバータの2次側キャリア周波数を含む解析に威力を発揮します。オプションの9603-01はトルクセンサ入力端子を装備。モータパワー評価に便利です。

9603-01

## 3194 モータ・ハーモニックハイテスタ

詳細は単品カタログをご請求願います

## 9623 高調波/電圧変動解析ソフト仕様(オプション)

9623は3193と9605で測定した電流の高調波データをパソコンに取り込み、高調波電流の規格(EN61000-3-2)で規定されている限度値と比較して、機器の良否判定ができるパソコン用ソフトです。

### 適合規格

- 高調波電流測定
  - ・EN61000-3-2: 2000「高調波電流の発生限度値」(IEC規格)
  - ・JIS C 61000-3-2: 2003「高調波電流の発生限度値」
- 電圧変動測定
  - ・EN61000-3-3: 1995+A1: 2000「電圧変動とフリッカに関する限度値」
  - ・EN61000-4-15: 1997フリッカメータ「機能と設計仕様」

9623ではパソコン/GP-IBインタフェースボード(National Instruments社製必須)/プリンタと規格に準じた交流電源/基準インピーダンスが必要になります。

詳細は単品カタログをご請求願います



■入力ユニット (オプション) 仕様

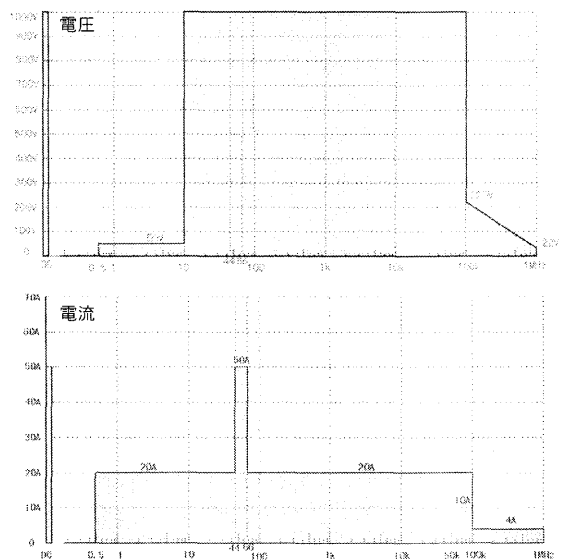
待機電力測定用に9600と9601の電流レンジ10倍感度アップ品もございます。詳細仕様につきましてはお問い合わせ願います。

	9600 AC/DC直接入力ユニット			9602 クランプ入力ユニット		
	電圧	電流	電力	電圧	電流	電力
測定レンジ	6.0000/15.000/30.000/ 60.000/150.00/300.00/ 600.00V/1.0000kV	200.00/500.00mA/ 1.0000/2.0000/5.0000/ 10.000/20.000/50.000A	電圧/電流の組合せによる	6.0000/15.000/30.000/ 60.000/150.00/300.00/ 600.00V	500.00mA~500.00A までクランプオン センサによる	電圧/電流の組合せによる
最大許容入力 (55Hz)	1000Vrms/1500V peak 65Arms/100A peak以下			600Vrms/850V peak クランプオンセンサによる		
クレストファクタ	(測定レンジ・6)/測定値または最大許容入力ピーク値/測定値 のいずれか低い値			(測定レンジ・6)/測定値または最大許容入力ピーク値/測定値 のいずれか低い値		
入力抵抗	2MΩ±5% 1mΩ以下			2MΩ±5% 200kΩ±5%		
確度	(確度保証は23℃±5℃ 80%rh以下、力率=1、正弦波入力、同相電圧0、DMAG後において 確度保証期間6ヶ月)					
DC	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←
0.5 ~ 1Hz	±0.5%rdg, ±0.5%f.s.		←	±0.5%rdg, ±0.5%f.s.		←
1 ~ 10Hz	±0.2%rdg, ±0.2%f.s.		←	±0.2%rdg, ±0.2%f.s.		←
10 ~ 45Hz	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←
45 ~ 66Hz	±0.1%rdg, ±0.1%f.s.		←	±0.1%rdg, ±0.1%f.s.		←
66Hz ~ 10kHz	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←
10k ~ 50kHz	±0.3%rdg, ±0.3%f.s.		←	±0.5%rdg, ±0.5%f.s.		←
		5A以下 5A以上	5A以下 5A以上			
50k ~ 100kHz	±0.5%rdg, ±0.5%f.s.	±0.5%rdg, ±0.5%f.s. ±2.5%f.s.	±0.5%rdg, ±0.5%f.s. ±5.0%f.s.	±0.5%rdg, ±0.5%f.s.	←	±2.0%rdg, ±1.0%f.s.
100k ~ 300kHz	±0.5%rdg, ±0.5%f.s.	±0.5%rdg, ±0.5%f.s. ±5%f.s.	±1.0%rdg, ±1.5%f.s. ±10.0%f.s.	±15.0%f.s. (200kHzまで)	←	±30.0%f.s. (200kHzまで)
300k ~ 400kHz	±1.5%rdg, ±0.5%f.s.	±2.0%rdg, ±0.5%f.s.	±2.0%rdg, ±2.5%f.s.	■適合クランプ (オプション)  9270 9271 9272 9278 9277 9602の電流測定はクランプオンセンサの確度が加算されます。 9602の電力測定はクランプオンセンサの確度が加算され、位相、周波数特性の影響を受けます。クランプオンセンサの仕様につきましては7ページをご覧ください。		
400k ~ 500kHz	±2.0%rdg, ±1.0%f.s.	±2.0%rdg, ±1.0%f.s.	±2.0%rdg, ±2.5%f.s.			
500k ~ 700kHz	±10.0%f.s.	±10.0%f.s.	±15.0%f.s.			
700k ~ 1MHz	±15.0%f.s.	±15.0%f.s.	±30.0%f.s.			

	9601 AC直接入力ユニット		
	電圧	電流	電力
測定レンジ	60.0000/150.00/300.00/ 600.00V/1.0000kV	200.00/500.00mA/ 1.0000/2.0000/5.0000/ 10.000/20.000/50.000A	電圧/電流の組合せによる
最大許容入力 (55Hz)	1000Vrms/1500V peak 65Arms/100A peak以下		
クレストファクタ	(測定レンジ・6)/測定値または最大許容入力ピーク値/測定値 のいずれか低い値		
入力抵抗	2MΩ±5% 1mΩ以下		
確度	(確度保証は23℃±5℃ 80%rh以下、力率=1、正弦波入力、同相電圧0において 確度保証期間6ヶ月)		
5 ~ 10Hz	±2.5%f.s.		←
10 ~ 20Hz	±1.0%f.s.		←
20 ~ 45Hz	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←
45 ~ 66Hz	±0.1%rdg, ±0.1%f.s.		←
66Hz ~ 5kHz	±0.1%rdg, ±0.2%f.s.		←
5k ~ 10kHz	±0.2%rdg, ±0.4%f.s.		←
10k ~ 20kHz	±1.0%f.s.		←
20k ~ 50kHz	±2.5%f.s.		←
50k ~ 100kHz	±10.0%f.s.		←

■入力周波数による確度保証範囲 (9600)

9601、9602はそれぞれの確度保証できる周波数範囲まで。



注1. レスポンスによる確度保証範囲は、FAST (0.1秒)でDCおよび50Hz以上、MID (0.8秒)でDCおよび10Hz以上、SLOW (5.0秒)でDCおよび0.5Hz以上で規定。注2. 結合モードによる確度保証範囲は、ACモードで10Hz以上、AC+DCモード/DCモードはDCのみで規定。注3. ローパスフィルタの切替えによる確度保証範囲は、カットオフ500Hzで60Hz以下、5kHzで100Hz以下、300kHzで50kHz以下。注4. 9600では、600V以上かつ2kHz以上の電圧入力の場合、200mAレンジの2kHz以上の確度に0.2%f.s.が加算されます。

■演算式 (単相2線と三相3線 (3V3A) のみ記入。皮相/無効電力については他に2通りの演算式が選択可能)

	電圧 U	電流 I	有効電力 P	皮相電力 S	無効電力 Q	力率 λ	位相角 φ
単相2線	$U_1$	$I_1$	$P_1$	$S_1 = U_1 \times I_1$	$Q_1 = S_1 \sqrt{1 - \lambda_1^2}$	$\lambda_1 = S_1 P_1 / S_1^2$	$\phi_1 = \cos^{-1} \lambda_1$
SUM 三相3線 (3V3A)	$U_{1+2+3} = \frac{U_1 + U_2 + U_3}{3}$	$I_{1+2+3} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$	$P_{1+2+3} = P_1 + P_2$	$S_{1+2+3} = \frac{3}{\sqrt{3}} (U_1 I_1 + U_2 I_2 + U_3 I_3)$	$Q_{1+2+3} = \frac{3}{\sqrt{3}} \sqrt{(U_1 I_1)^2 - P_1^2 + (U_2 I_2)^2 - P_2^2}$	$\lambda_{1+2+3} = \frac{P_{1+2+3}}{S_{1+2+3}}$	$\phi_{1+2+3} = \cos^{-1} \lambda_{1+2+3}$

注1. 上記演算式は単相2線式は1ch入力、三相3線式は1/2/3ch (3電圧・3電流) に入力した場合。  
 注2. 力率、位相角の式の最初に付く小文字の“s”は、電圧に対する電流の位相の進み遅れを示します。“-”は電圧に対して電流が進み (LEAD) の場合、符号無しは電圧に対して電流が遅れ (LAG) の場合を示します。“su”は無効電力のSUM値が負の場合“-”、正の場合“+” (ただし符号無し) と表示されます。アベラージュを動作させた場合は、“s”、“su”とも“-1”で計算されます。

3193 基本仕様

測定ライン：単相2線、単相3線、三相3線(3V3A可能)、三相4線  
 測定項目：9600、9601、9602使用時(オプション)  
 電圧、電流、電圧/電流波形ピーク、有効/無効/皮相電力、力率、位相角、周波数、電流/電力積算、負荷率、効率  
 9603使用時(オプション)  
 電圧、トルク、回転数、周波数、モータ出力  
 9605使用時(オプション)  
 高調波、波形、電圧変動/フリッカ測定機能  
 有効入力範囲：レンジの5%~110%または入力周波数による精度保証範囲  
 表示範囲：9600/9602/9603の6V/0.2Aレンジ(ACとAC+DCモード)では0.5%~130%、9602電流最低レンジでは1%~130%、9600/9601の1000Vレンジでは0.3%~130%  
 他はレンジの0.2%~130%(すべて下限以下はゼロサプレス)  
 表示部：6.4インチTFTカラーLCD(640×480ドット)  
 表示分解能：99999カウント(積算以外)、9999999カウント(積算値)  
 整流方式：RMS(真の実効値)/MEAN(平均値整流実効値換算値)ただし、結合モードのDCを選択した場合、切替え不可。  
 表示更新レート：8回/s  
 結合モード：DC/AC+DC/AC、ただし、9601または9602+ACクランプオンセンサの組合せ時はACのみ  
 アナログ応答時間：FAST(0.1s)/MID(0.8s)/SLOW(5.0s)  
 (レンジに対して入力を0%→90%、100%→10%に変化させた場合に、最終安定値±1%以内におさまる時間)  
 ローパスフィルタ：OFF/500Hz/5kHz/300kHz(-3dB) 9601は5k/300kHz不可  
 極性検出安定用フィルタ：OFF/200Hz(-3dB)  
 アナログ出力：全チャンネルの電圧/電流/有効電力同時出力  
 DC±5V f.s.(1000VレンジはDC±3.333V f.s.)  
 モニタ出力：全チャンネルの電圧/電流同時出力  
 1Vrms f.s.(1000Vレンジは0.6667Vrms f.s.)

[電圧/電流/電力測定]：5ページの各入力ユニット仕様による  
 [積算測定]：系統ごと設定でき最大6系統(各ch)の電流と電力同時積算可能  
 測定回数：64回/s  
 測定範囲：0~±999999TAh/TWh(ただし、積算時間が10,000時間以内)

[力率/位相角測定]  
 測定範囲：-1.0000(進み)~0.0000~1.0000(遅れ)  
 -180.00°(進み)~0.00°~180.00°(遅れ)

[周波数測定]  
 チャンネル数：最大3ch(任意のチャンネルの電圧または電流の選択)  
 測定レンジ：オート/50Hz/500Hz/5kHz/50kHz/2MHz  
 測定範囲：0.5Hz~2MHz

[波形ピーク測定]  
 測定項目：1ユニットあたり、電圧または電流のどちらか選択(絶対値の最大値を表示)  
 有効入力範囲：正弦波の実効値がレンジの有効入力範囲以内において

[高調波/フリッカ]：9605高調波解析/フリッカ測定ユニット(オプション)が必要。詳細は4ページの仕様による

[モータ出力(Pm)測定]：9603外部入力ユニット(オプション)が必要  
 測定方式：測定した電圧またはパルス信号からデジタル演算  
 9603のchAがトルク(N・m、mN・m、kN・m、kgf・m、kgf・cmのいずれか)、chBが回転数(r/m)の場合に有効  
 表示範囲：9603の電圧レンジの0.1%~130%(極性表示なし)

[効率測定]  
 演算式：規定フォーマットで設定  
 演算可能数：最大3式  
 演算項目：各入力ユニットのP、9603組み合わせ時のPm(9605で測定した項目は不可)

[D/A出力]  
 チャンネル数：8ch(12bit D/A変換器 極性+11bit)  
 出力抵抗：100Ω±5%  
 出力内容：任意に選択した8項目を出力(9605での解析項目は不可)  
 出力電圧：DC±5V/f.s.  
 出力更新レート：16回/s

[FDD]  
 対応メディア：3.5インチ、2HD(1.2MB/1.44MB)  
 フォーマット：MS-DOS  
 機能：設定値のセーブ・ロード機能、測定値のセーブ機能  
 測定値の出力機能、フロッピーディスクの初期化機能、ファイル名の変更/削除機能

[インタフェース]  
 GPIB：IEEE-488.1 1987準拠、IEEE-488.2 1987参考  
 RS-232C：調歩同期方式、ボーレート2400または9600bit/s

[外部制御]  
 積算のスタート/ストップ：積算測定のスタート/ストップ制御  
 積算のリセット：積算値のデータリセット  
 外部A/D：本体表示ホールド時の表示更新用  
 FD/プリンタ制御：マニュアル印字制御、FDセーブ制御  
 コントロール信号レベル：0/5Vのロジック信号、または短絡/開放の接点信号による

[その他機能]  
 スケーリング：PT/CT/SC比 設定範囲0.0001~10000(系統ごと設定可能)  
 アベレージ：時間平均(設定されたインターバル時間、タイム時間、実時間制御時間による平均)  
 移動平均(サンプル数8/16/32/64)  
 指数化平均(減衰定数8/16/32/64)  
 表示言語切替：日本語/英語の2か国語表示切替  
 表示ホールド機能：ホールド・キー操作により表示値をホールド  
 ハックアップ機能：各種設定値と積算データをバックアップ  
 停電処理：停電時に設定値と積算データをバックアップ  
 キーロック機能：電源スイッチを除くすべてのキー操作を不可とする  
 各種時間設定：インターバル制御時間(10秒~100時間) 10秒単位  
 (FDD/プリンタの設定による)  
 タイマ制御時間(1分~10000時間) 1分単位  
 実時間制御時間 1分単位

3193 測定精度 (23℃±5℃ 80%rh以下、ウォームアップ時間1時間以上、正弦波入力、力率=1、同相電圧0において)

電圧・電流・有効電力：5ページの各入力ユニット仕様による  
 皮相・無効電力：各測定値(U、I、P)からの演算に対して±1dgt.  
 SUM値は最大±3dgt.  
 積算：各測定値(I、P)からの演算に対して±1dgt.  
 力率：各測定値(U、I、P)からの演算に対して最大±3dgt.  
 位相角：各測定値(U、I、P)からの演算に対して最大±3dgt.  
 周波数：±0.1% rdg. ±1dgt.  
 (0℃~40℃、U/Iレンジの10%~130%の正弦波入力にて)  
 波形ピーク：0.5Hz~1kHzで±1.0%、1kHz~10kHzで±2.0%、  
 10kHz~100kHzで±10.0%

モータ出力：各測定値からの演算に対して±1dgt.  
 効 率：式に代入した項目の測定値の計算値に対して最大±7dgt.  
 温度係数：±0.03% f.s./℃以内  
 同相電圧の影響：±0.05% f.s.以下(1000Vrms、50/60Hz、電圧入力端子短絡-ケース間)  
 力率の影響：±0.15% f.s.(力率=0)  
 実時間：±25ppm±1dgt.(0~40℃)  
 D/A出力：測定精度±0.2% f.s.  
 アナログ出力：測定精度±0.2% f.s.  
 モニタ出力：測定精度±0.2% f.s.(100kHz以下)  
 測定精度±3dB(100k~1MHz)

精度保証期間6ヶ月


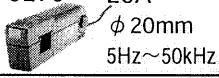
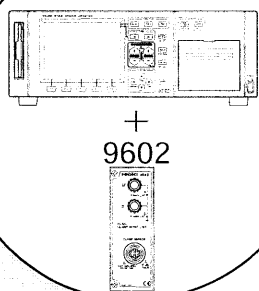
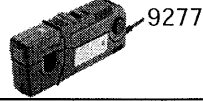
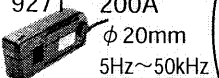

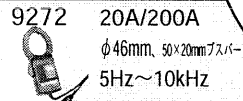

3193 一般仕様

使用場所：屋内、高度2000mまで  
 使用温湿度範囲：本体0℃~40℃、80%rh以下  
 FDD/プリンタ使用時5℃~40℃、80%rh以下  
 いずれも結露しないこと  
 保存温湿度範囲：-10℃~50℃、80%rh以下 結露しないこと  
 絶縁抵抗：DC500Vにて100MΩ以上  
 U・A入力端子-本体ケース間、U・A入力端子-電源プラグ間(9600/9601)、U入力端子-クランプ入力端子間、U入力端子-本体ケース間、U入力端子-電源プラグ間(9602)  
 DC500Vにて50MΩ以上  
 本体ケース-電源プラグ間  
 耐電圧：AC5.5kV U・A入力端子-本体ケース間、U・A入力端子-電源プラグ間(9600/9601)、U入力端子-クランプ入力端子間、U入力端子-本体ケース間、U入力端子-電源プラグ間(9602)  
 AC1.5kV 本体ケース-電源プラグ間

適合規格：安全性  
 EN61010-1: 2001  
 EMC  
 EN61326: 1997+A1: 1998+A2: 2001classA  
 EN61000-3-2  
 EN61000-3-3: 1995+A1: 2001  
 電 源：AC100V/120V/200V/230V(自動切り替え)、50/60Hz  
 最大定格電力：150VA MAX.  
 寸法・質量：約430W×150H×370Dmm・約13kg(9600・6ch、9603・99999999積算時)  
 付属品：電源コード1本、接地アダプタ(3P-2P)1個、コネクタ1個

## ■ クランプオンセンサ(オプション) 概略仕様

3193に9602 AC/DCクランプ入力ユニットの装着が必要となります。クランプオンセンサの詳細仕様をご希望な方は単品カタログをご請求願います。

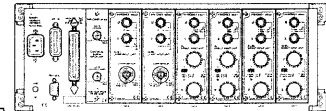
AC		AC/DC	
 <p><b>9290</b> 1500A φ40mm 幅80mm プスパー 20Hz~4kHz CT比 10:1</p>	 <p><b>9270</b> 20A φ20mm 5Hz~50kHz</p>	 <p><b>3193</b> + <b>9602</b></p>	 <p><b>9277</b> 20A φ20mm DC~100kHz</p>
	 <p><b>9271</b> 200A φ20mm 5Hz~50kHz</p>		 <p><b>9278</b> 200A φ20mm DC~100kHz</p>
	 <p><b>9272</b> 20A/200A φ46mm, 50×20mm プスパー 5Hz~10kHz</p>		 <p><b>9279</b> 500A φ40mm DC~20kHz</p>

	9270	9271	9272	9277	9278	9279
定格電流	AC20A	AC200A	AC20/200A	AC/DC20A	AC/DC200A	AC/DC500A
精度(23℃±3℃)	±0.5%rdg, ±0.05%f.s. (振幅) ±0.2°以内 (位相)			消磁後、ウォーミングアップ30分以上 ±0.5%rdg, ±0.05%f.s. (振幅) ±0.2°以内 (位相、ただし、DCは規定なし)		
周波数特性(振幅、位相) (基本精度からの偏差)	10Hz~30kHzにて±1.0%, ±0.5°以内 5Hz~50kHzにて±2.5%, ±1.0°以内	10Hz~1kHzにて±1.0%, ±0.5°以内 5Hz~10kHzにて±2.5%, ±2.0°以内		DC~1kHz: ±1.0%以内 1k~50kHz: ±2.5%以内 50k~100kHz: ±5.0%以内	DC~1kHz: ±1.0%以内 1k~10kHz: ±2.5%以内 10k~20kHz: ±5.0%以内	

### 発注時のお願い

## 3193 パワーハイテスタ ¥500,000 (税込¥525,000) (本体のみ)

3193パワーハイテスタ本体のみでは測定できません。ご使用に際しては、工場オプションの9600~9605の各ユニットをお買い求めください。なお、ユニット交換や増設の際は引き取り修理となり、ユニット代+手数料の費用が発生しますので、下記の同時測定できる測定ライン表を十分考慮され選択願います。



入力ユニット選択にあたっての注意事項

	1ch	2ch	3ch	4ch	5ch	6ch
パターンA	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )
パターンB	単相3線/三相3線 ( ×2 )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )
パターンC	単相3線/三相3線 ( ×2 )	単相3線/三相3線 ( ×2 )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )
パターンD	単相3線/三相3線 ( ×2 )	単相3線/三相3線 ( ×2 )	単相3線/三相3線 ( ×2 )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )
パターンE	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )
パターンF	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )	単相3線/三相3線 ( ×2 )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )	単相2線 ( )
パターンG	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )	三相3線(3V3A)/三相4線 ( ×3 )

( ) 内は9600、9601、9602のいずれかのユニットが記入できます。

- 同一の測定ラインでは同一の入力ユニットを選択願います。
- ユニットは1chから順に装着され、空がある場合はブラックパネルで埋めて出荷いたします。
- 9603、9604、9605は1ユニットのみ実装できます(9605は本体内部に実装)。
- 9602を選択された場合はオプションのクランプセンサもお買い求めください。

### 工場オプション

工場出荷時のみ組み込み可能品=発注時指定

9600 AC/DC直接入力ユニット	¥200,000 (¥210,000)
9601 AC直接入力ユニット	¥110,000 (¥115,500)
9602 AC/DCクランプ入力ユニット	¥150,000 (¥157,500)
9603 外部信号入力ユニット	¥67,000 (¥70,350)
9604 プリンタユニット	¥80,000 (¥84,000)
9605 高調波解析/フリッカ測定ユニット	¥150,000 (¥157,500)

9600から9602の入力ユニットには、電圧入力コードが付属されていません。クリップ形リード等、必要な場合はご相談ください。

### オプション

* 9270 クランプオンセンサ (AC 20A)	¥70,000 (¥73,500)
* 9271 クランプオンセンサ (AC 200A)	¥73,000 (¥76,650)
* 9272 クランプオンセンサ (AC 20/200A)	¥40,000 (¥42,000)
9277 ユニバーサルクランプオンCT (AC/DC 20A)	¥160,000 (¥168,000)
* 9278 ユニバーサルクランプオンCT (AC/DC 200A)	¥160,000 (¥168,000)
* 9279 ユニバーサルクランプオンCT (AC/DC 500A)	¥170,000 (¥178,500)
9290 クランプオンアダプタ (AC 1500A 10:1)	¥20,000 (¥21,000)
9232 記録紙 (10m, 10巻入、9604用)	¥3,500 (¥3,675)
9623 高調波/電圧変動解析ソフト	¥300,000 (¥315,000)
9266 コンセント接続コード (家電/OA機器接続用)	¥6,000 (¥6,300)

\*CTマークに対応していません。

■ご購入時に成績表および校正証明書を希望されるお客様は、別途ご発注をお願いいたします。

# HIOKI

日置電機株式会社

本社 TEL 0268-28-0555 FAX 0268-28-0559  
〒386-1192 上田市小泉8-1  
東北(営) TEL 022-288-1931 FAX 022-288-1934  
〒984-0011 仙台市若林区六丁の目西町8-1  
長野(営) TEL 0268-28-0561 FAX 0268-28-0569  
〒386-1192 上田市小泉8-1  
東京(営) TEL 03-5835-2851 FAX 03-5835-2852  
特販課 TEL 03-5835-2855 FAX 03-5835-2856  
〒101-0032 千代田区岩本町2-3-3

北関東(営) TEL 048-266-8161 FAX 048-269-3842  
〒333-0847 川口市芝中田2-23-24  
神奈川(営) TEL 046-224-8211 FAX 046-224-8992  
〒243-0016 厚木市田村町8-8  
静岡(営) TEL 054-254-4166 FAX 054-254-3160  
〒420-0054 静岡市南安宿1-3-10  
名古屋(営) TEL 052-702-6807 FAX 052-702-6943  
〒465-0081 名古屋市中名東区高間町22  
大阪(営) TEL 06-6871-0088 FAX 06-6871-0025  
〒560-0085 豊中市上新田2-13-7  
広島(営) TEL 082-879-2251 FAX 082-879-2253  
〒731-0122 広島市安佐南区中筋3-28-13  
福岡(営) TEL 092-482-3271 FAX 092-482-3275  
〒812-0006 福岡市博多区上牟田3-8-19

お問い合わせは…

■修理: 校正業務のご用命は弊社まで…ISO/IEC 17025 認定取得

日置エンジニアリングサービス株式会社

〒386-1192 上田市小泉81  
TEL 0268-28-0823 FAX 0268-28-0824



※このカタログの記載内容は2004年11月16日現在のものです。 ※本カタログ記載の仕様、価格等はお断りなく改正・改訂することがありますが、ご了承願います。  
※お問い合わせは最寄りの営業所または本社販売企画課 (TEL0268-28-0560 FAX0268-28-0579 E-mail: info@hioki.co.jp) までお願いいたします。  
※輸出に関するお問い合わせは本社外国営業部 (TEL0268-28-0562 FAX0268-28-0568 E-mail: os-com@hioki.co.jp) までお願いいたします。

3193J6-4YM-03K

注文者 日本船用工業会 殿

推進電動機・制御盤

表紙 共 23 枚

図面来歴

△ 2006-12-10

 **大洋電機株式会社**

承認	才木	審査	法水
----	----	----	----

設計	大野	作成	増田
----	----	----	----

日付	2006/1/26
----	-----------

No.	05-4076-01
-----	------------



## 推進電動機・制御盤仕様書

### 1. 仕様

適用.....電気推進装置及びシステム  
 電源電圧.....440V  
 電源周波数.....60Hz  
 定格出力.....2000kW(1000kW×2重巻線)  
 駆動用電動機.....三相かご形誘導電動機  
 制御方式.....VVVFインバータのセンサ付ベクトル制御による回転数制御  
 回転数制御範囲.....-900~-90,+90~+900min<sup>-1</sup>  
 (但し、始動は0min<sup>-1</sup>より)

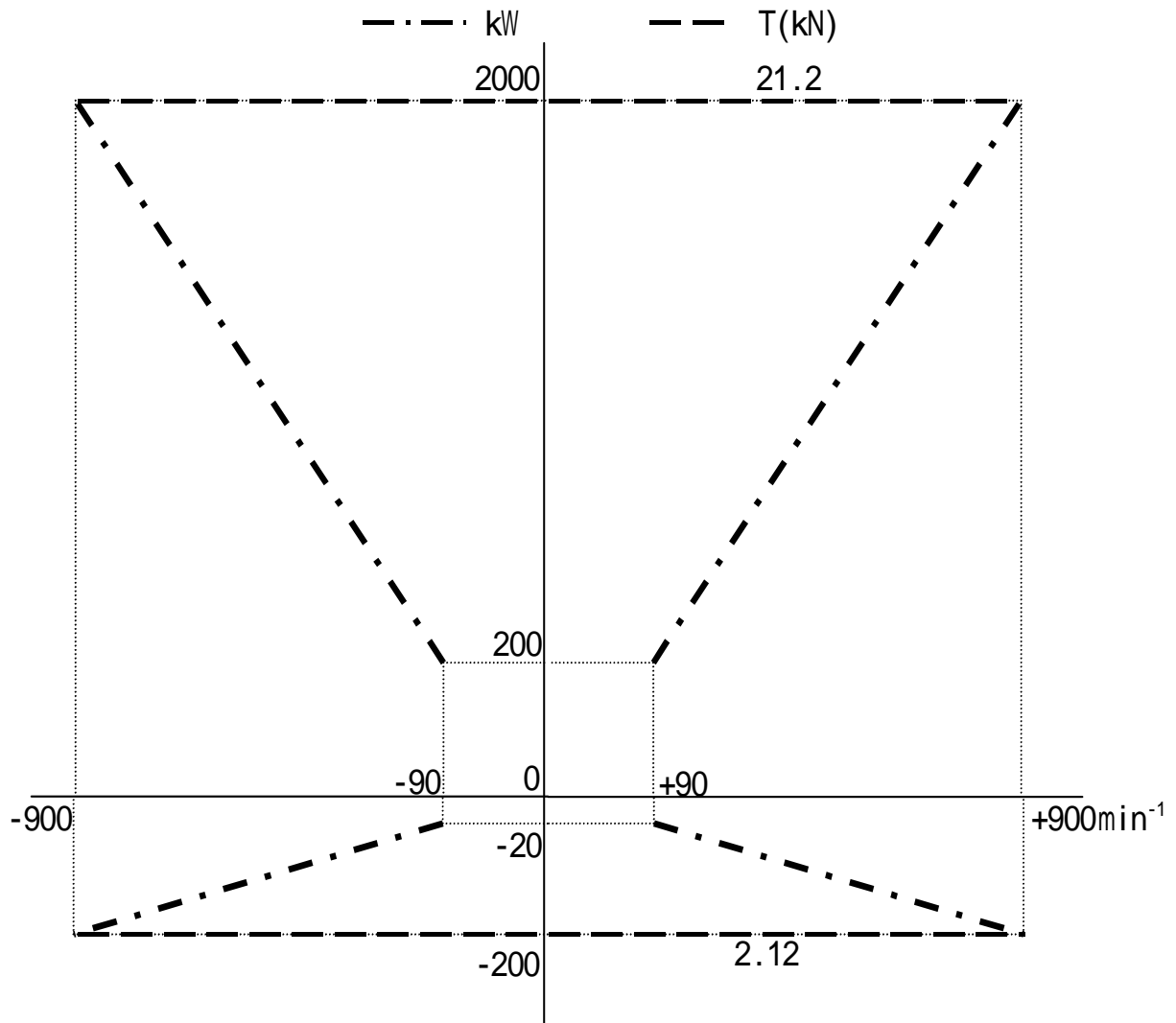
### 2. 概要

推進電動機は三相かご形誘導電動機を2重巻線構造とし、インバータを8ユニットの構成とする。

単線結線図1.....	3E170-463-4
単線結線図2.....	3E170-466-3
単線結線図3.....	4E170-467-1

### 3. 推進電動機のトルク - 速度特性

推進電動機は正転及び逆転運転において、±90~±900min<sup>-1</sup>で100%トルク出力。  
 回生能力はMAX10%(10秒以下)の抵抗器による制動。  
 詳細は、回転数-kW・T特性曲線による。



回転数-kW・T 特性曲線

## 4. 機器の仕様

## 1) 推進電動機

形式 : F I D - 7 1 0 L (強制通風形)

台数 : 1台

定格

出力 : 2 0 0 0 k W ( 1 0 0 0 k W × 2 重巻線 )

極数 : 8 極

回転数 : ± 9 0 ~ ± 9 0 0 min<sup>-1</sup>

周波数 : 6 . 1 ~ 6 1 H z

絶縁 : F 種

巻線 : 2 重巻線

定格電圧 : 4 1 5 V

定格電流 : 1 8 0 0 A × 2

構造

保護形式 : I P 2 3

軸受 : 両軸受、スリーブベアリング、エンドブラケット

潤滑 : 強制給油

直結 : リジット直結

付属品

スペースヒータ : 単相 1 0 0 V 5 3 2 W

埋込温度センサ ( 固定子巻線 ) : P T 1 0 0 6 個 ( 3 相 × 2 ) , 予備 6 個

冷却風温度センサ : P T 1 0 0 1 個

ベアリング温度 : P T 1 0 0 2 個 ( L S , O S )

強制冷却ファン

ファン型式 : T F - 4 8 - 2 A J

要目 : 1 0 0 m<sup>3</sup> / min × 2 , 6 3 7 P a

強制冷却用電動機

型式 : a T I F - 1 0 0 L

: 2.2kW - 4 P × 2 台

回転数 : 1 7 2 0 min<sup>-1</sup>

定格電流 : 4 4 0 V 4.2 A

絶縁 : B 種

回転検出器 : 2 0 0 パルス / min<sup>-1</sup>

推進電動機外形図 ----- 3 M 0 1 7 - 2 3 0 0 - 3

構造断面図 ----- 3 M 0 6 6 - 5 1 5 - 1



## 2) 制御盤 (1000kW × 2面)

## 構造

防滴保護、床置き自立形、デッドフロント、表面・裏面メンテナンス

## 冷却方式

強制通風、エアフィルタ付き、冷却空気は室内給気および排気

## 制御方式

VVVF インバータのセンサ付ベクトル制御による回転数制御

## 構成 (下記 1面分を示す)

4 - VVVF インバータユニット

1 - 電流計

1 - 回転数計 (または周波数計)

1 - 電圧計

1式 - 押しボタンスイッチ (警報停止、警報リセット)

1式 - 表示灯 (電源、運転、運転準備完了、故障)

1式 - 保護装置 (過負荷、過電流等)

1式 - 盤内スペースヒータ

1式 - 制御回路、補助トランス、保護ヒューズ、CT等

インバータパネル外形図 ----- 3E018-524-2 (メイン制御盤)  
 3E018-531 (サブ制御盤)

結線図 ----- 3E170-463-4 (メイン制御盤)  
 3E170-466-3 (サブ制御盤)

## 5. 使用環境

周囲温度 45 以下

相対湿度 95%以下

ローリング ±22.5度以下

ピッチング ±7.5度以下

トリム 5度

## 6. 規格

JG

NK - 電気推進船に対する追加規定

JIS

JEM

これらに規定のないものは製造者の標準によるものとする。

## 7. 端子色別及び塗装

## 端子色別

相（極）色別および記号は下記の通りとする。

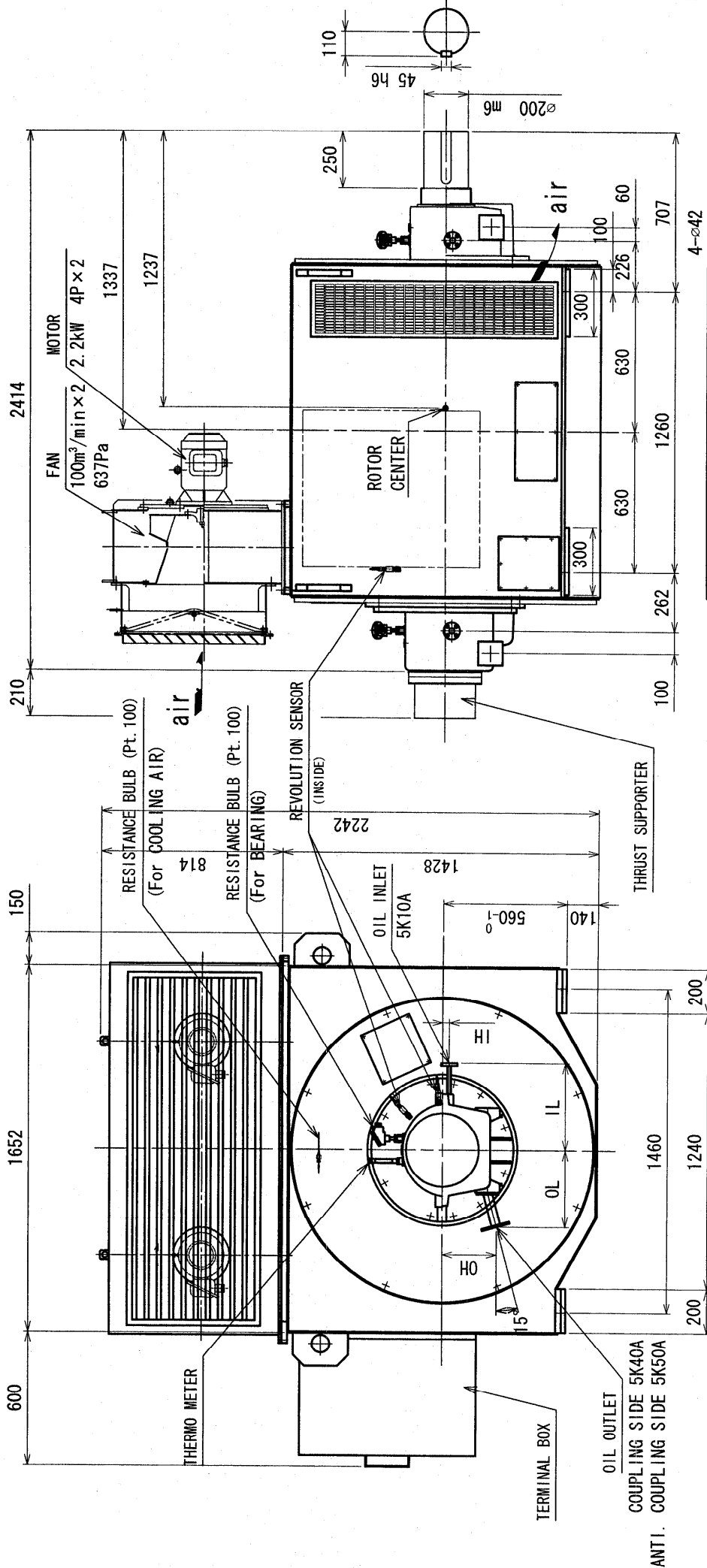
色別：三相交流	第1相	：UまたはR	：赤
	第2相	：VまたはS	：白
	第3相	：WまたはT	：青
直流	正極(+)	：J	：赤
	負極(-)	：K	：青

## 塗装

機器のうち、材料には十分な防錆処理を行ない、外面には次の仕上げ塗装を行なうものとする。

制御盤：マンセル2 . 5 G 7 / 2

# ENCLOSED VENTILATION DRIP-PROOF MACHINE INDUCTION MOTOR ( IP23 )



添付資料一 3

MODEL	FID-710L
RATING	CONT
OUT PUT	2000 kW
VOLTAGE	415 V
NO. OF POLES	8 P
FREQUENCY	6.1~61 Hz
NO. OF PHASES	3
SPEED	±90~±900 min
INSULATION	F CLASS
MASS	Ca. 9750 kg

N.B. 1) OIL PRESSURE INSIDE OF INDUCTION MOTOR 0.2~0.25 MPa  
(ORIFICE IS PROVIDED AT INDUCTION MOTOR TO REDUCE PRESSURE)  
2) GRADE OF LUBRICATION OIL SAE 30 #  
3) QUANTITY OF LUBRICATION OIL COUPLING SIDE 5 liter/min  
ANTI... COUPLING SIDE 5 liter/min

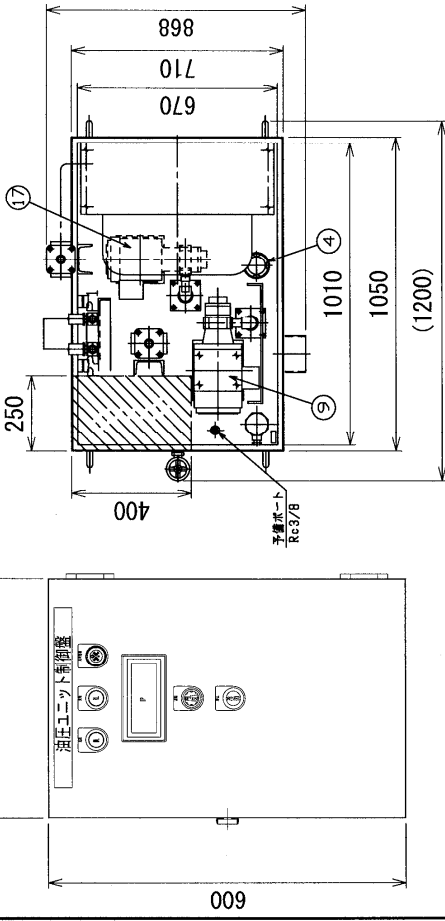
	OH	OL	IH	IL
COUPLING SIDE	265	355	30	380
ANTI... COUPLING SIDE	247	345	30	395

3RD ANGLE PROJECTION	UNIT	TITLE		DRAW. NO.
APR	I. AMANO	OUT LINE		3M017-2300-3
REV.	OGASAWARA			
DES.	K. TSUCHIDA			
TRC.				
DATE	2005/12/06			
				SHEET NO. L1

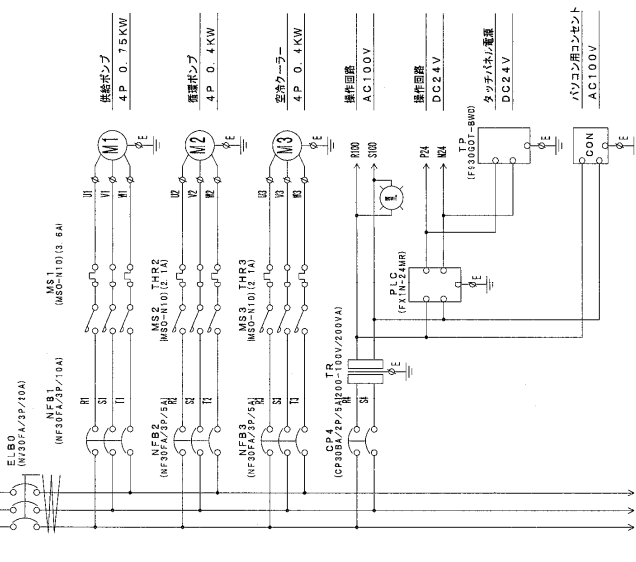
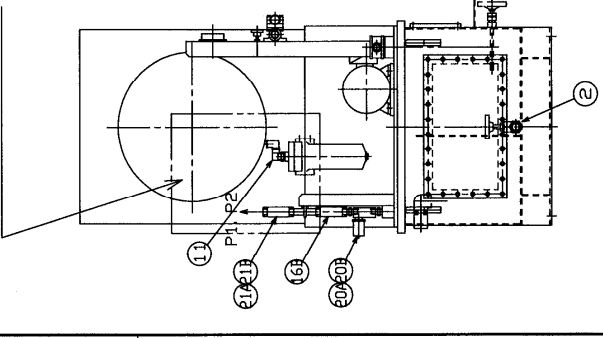


393W AC220V 50Hz  
E R S T

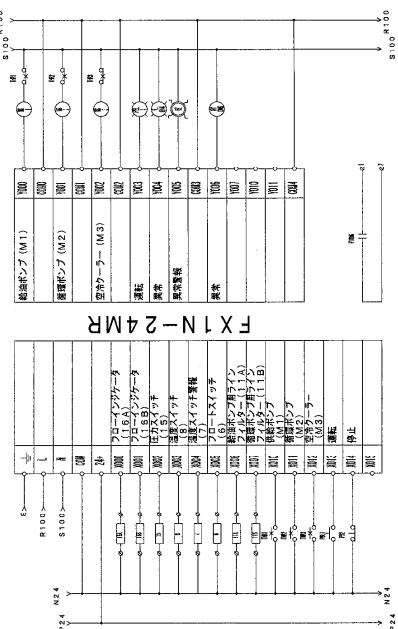
記号	銘板名称 (アクリル板)
6	流量スイッチ (下段警報用)
7	流量スイッチ (上段警報用)
8	流量スイッチ (過熱用)
12	圧力調整弁
13	ゲージコック
14	圧力計
15	圧力スイッチ (上段警報用)
15A	流量計 (下段警報用)
15B	流量計 (下段警報用)
20A	流量調整弁
20B	流量調整弁
21A	流量計
21B	流量計



油圧ユニット制御盤図



動力回路図



制御回路図

UNIT: 3RD ANGLE PROJECTION

APR	L. LAMANO
REV	OGASAWARA
DES	M. Ogasawara
TRC	
DATE	2006/02/09

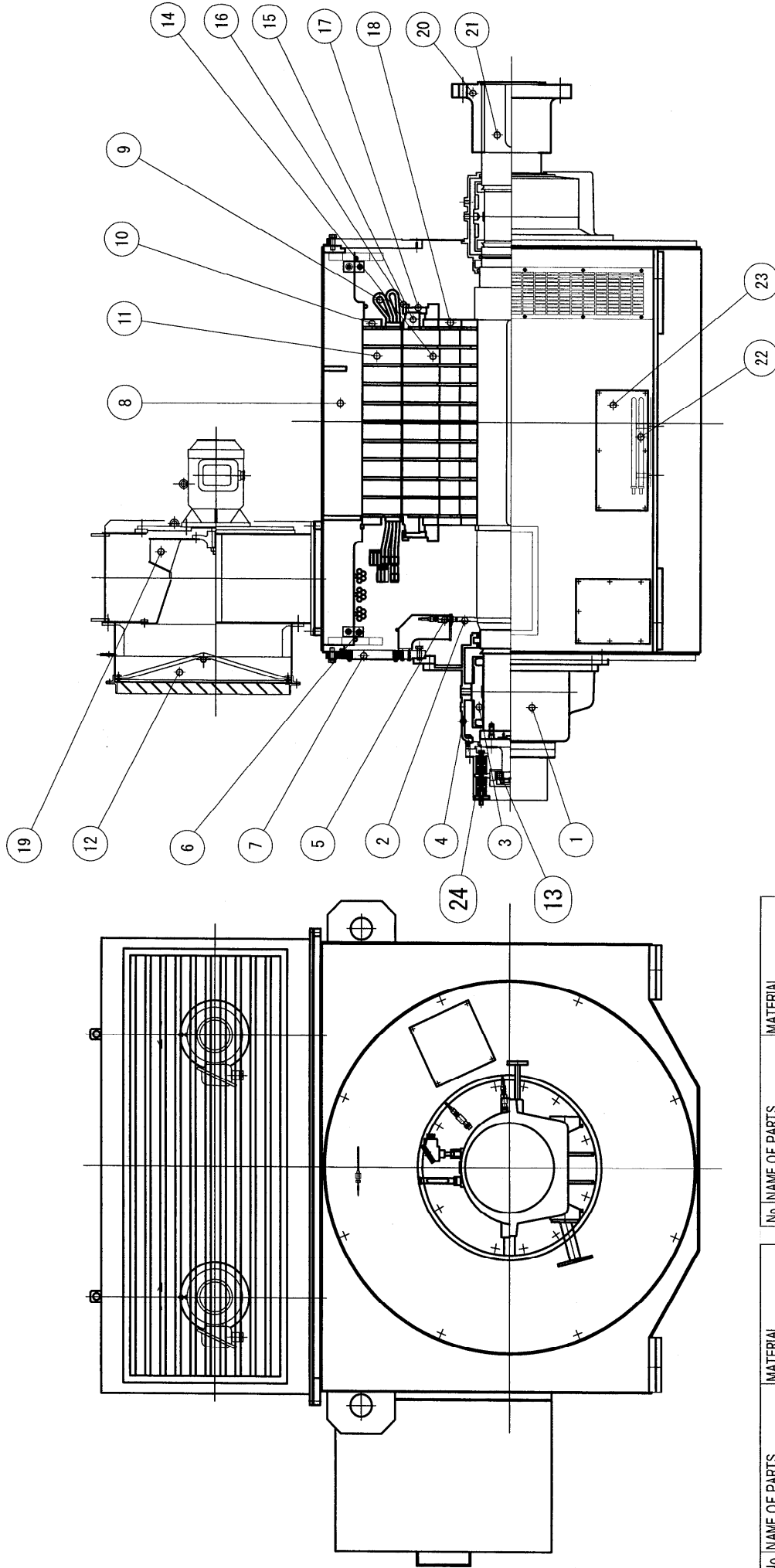
TITLE: 軸受潤滑用油圧ユニット

DRAW. NO.: 3M017-2312

SHEET NO.: L2

N.B. 1) OIL PRESSURE 0.2~0.35 MPa  
2) LUBRICATION OIL FLOW Max. 20 liter/min

MODEL: FID - 710L



No.	NAME OF PARTS	MATERIAL
1	BEARING SHIELD	CAST IRON
2	GEAR	
3	SLEEVE BEARING	CAST IRON AND WHITE METAL
4	BEARING CASE	CAST IRON
5	REVOLUTION SENSOR	
6	SEARCH COIL FOR COOLING AIR	
7	END BRACKET	MILD STEEL
8	FRAME	MILD STEEL
9	STATOR COIL	INSULATION WIRE
10	STATOR CLAMPER	MILD STEEL
11	STATOR CORE	SILICON STEEL
12	AIR DUCT	MILD STEEL

No.	NAME OF PARTS	MATERIAL
13	BALL BEARING	
14	ROTOR CORE	SILICON STEEL
15	ROTOR BAR	COPPER
16	SHRINK RING	STAINLESS STEEL
17	END RING	COPPER
18	ROTOR CLAMPER	MILD STEEL
19	FAN	MILD STEEL
20	COUPLING	FORGED STEEL
21	SHAFT	FORGED STEEL
22	COVER FOR SPACE HEATER	MILD STEEL
23	SPACE HEATER	
24	SPRING	

UN/IT	APR.	REV.	DES.	TRC.	DATE
3 RD ANGLE PROJECTION	OGASAWARA	OGASAWARA	K. TSUCHIDA	M. OGASAWARA	2006/03/08

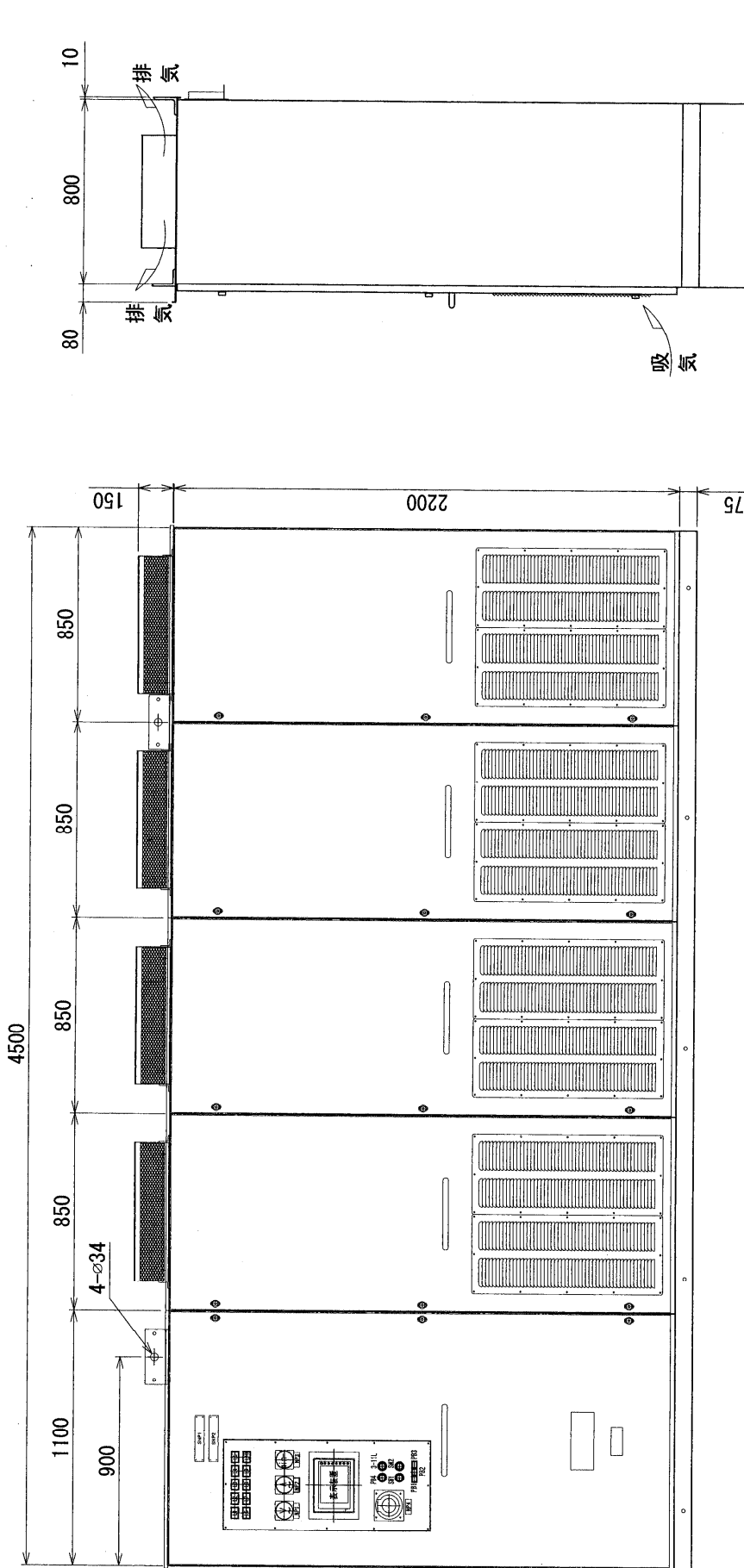
TITLE  
SECTIONAL DRAWING

DRAW. NO.  
3M066-515-1



SHEET NO. L3

MODEL:



記号	名称
SNP1	推進電動機制御盤
SNP2	メイン制御盤
NP1	電動機電圧計
NP2	電動機電流計
NP3	電動機回転計
NP4	回転タイマー

表示灯一覧

制御電源	WL	LS
始動準備完了	WL	LS
運転	WL	LS
故障	WL	LS
速度	WL	LS
インバータ故障	WL	LS
スペースヒーター電源	WL	LS

スイッチ

記号	名称
PB1	始動
PB2	停止
PB3	緊急停止
PB4	トラブルリセット
3-L	ランプテスト
SW1	速降-準備
SW2	スペースヒーター電源

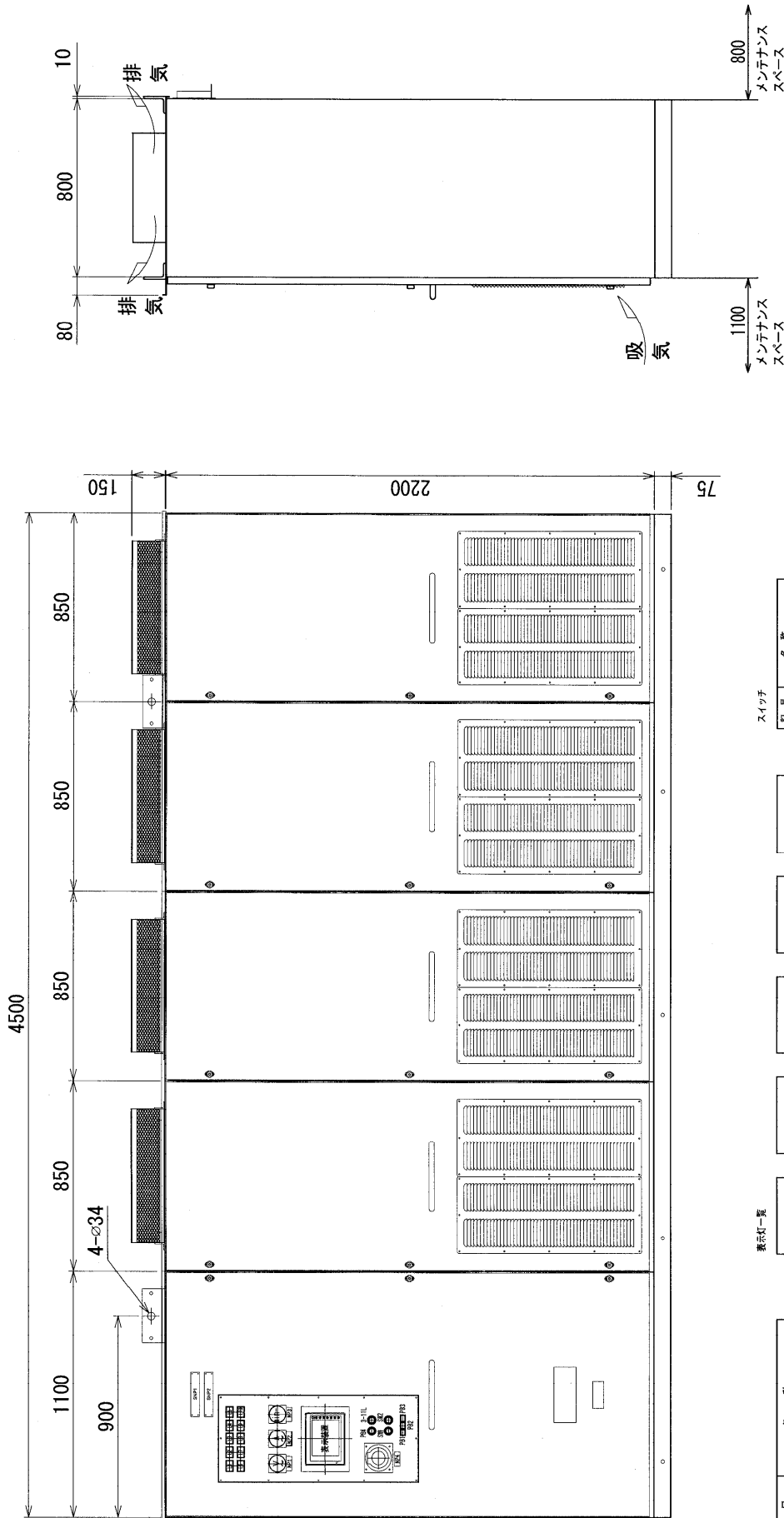
質量計画値 3000kg

3RD ANGLE PROJECTION	UNIT 1:20	TITLE	DRAW. NO.
APR. K. OHNO	推進電動機制御盤 (メイン制御盤)	3E018-524-2	
REV. T. HOSUI			
DES. M. MASUDA			
TRC. O. SAGGII			
DATE 2004/12/28			



SHEET NO. L4

MODEL:



質量 計画値 3000kg

スイッチ

記号	名称
PB1	始動
PB2	停止
PS3	緊急停止
PB4	トランプリセット
3-1L	ランプテスト
SW1	遠隔制御
SW2	スペースヒーター切

表示灯一覧

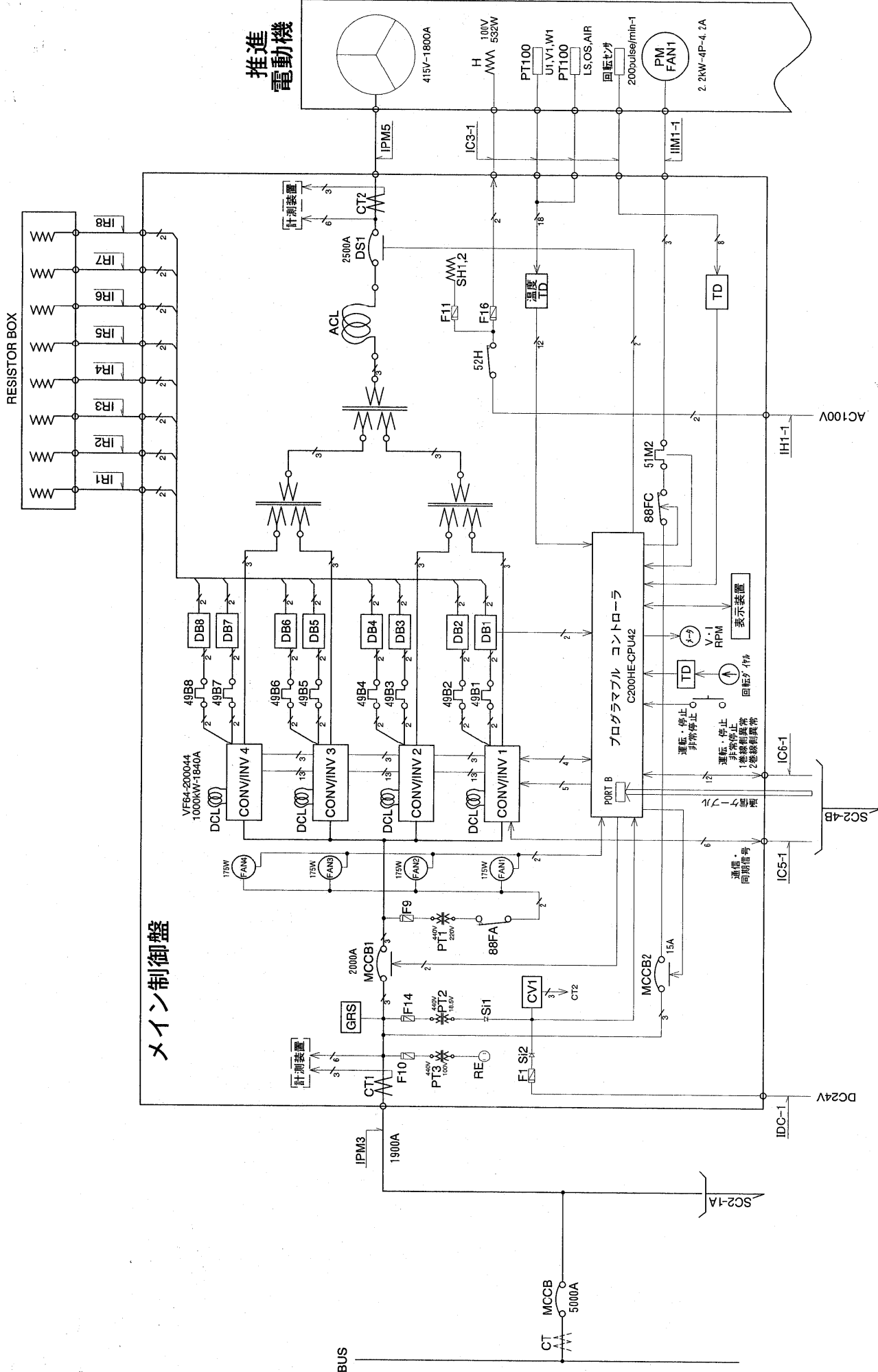
記号	名称	色
L1	制御電源	WL
L2	始動準備完了	WL
L3	運転	GL
L4	遠隔	WL
L5	スペースヒーター電源	WL
L6	経故障	RL
L7	インバータ故障	RL
L8	重故障	RL

記号	名称
SNP1	推進電動機制御盤
SNP2	サブ制御盤
NP1	電動機電圧計
NP2	電動機電流計
NP3	電動機回転計
NP4	回転タイマー

UNIT	1:20
3 RD ANGLE PROJECTION	APR. K. OHNO
	REV. T. HOSUJI
	DES. M. MASUDA
	TRC. O.SAGOU
	DATE 2006/2/17

TITLE	DRAW. NO.
外形図 推進電動機制御盤 (サブ制御盤)	3E018-531
	SHEET NO. L5

1 2 3 4 5 6 7 8 9



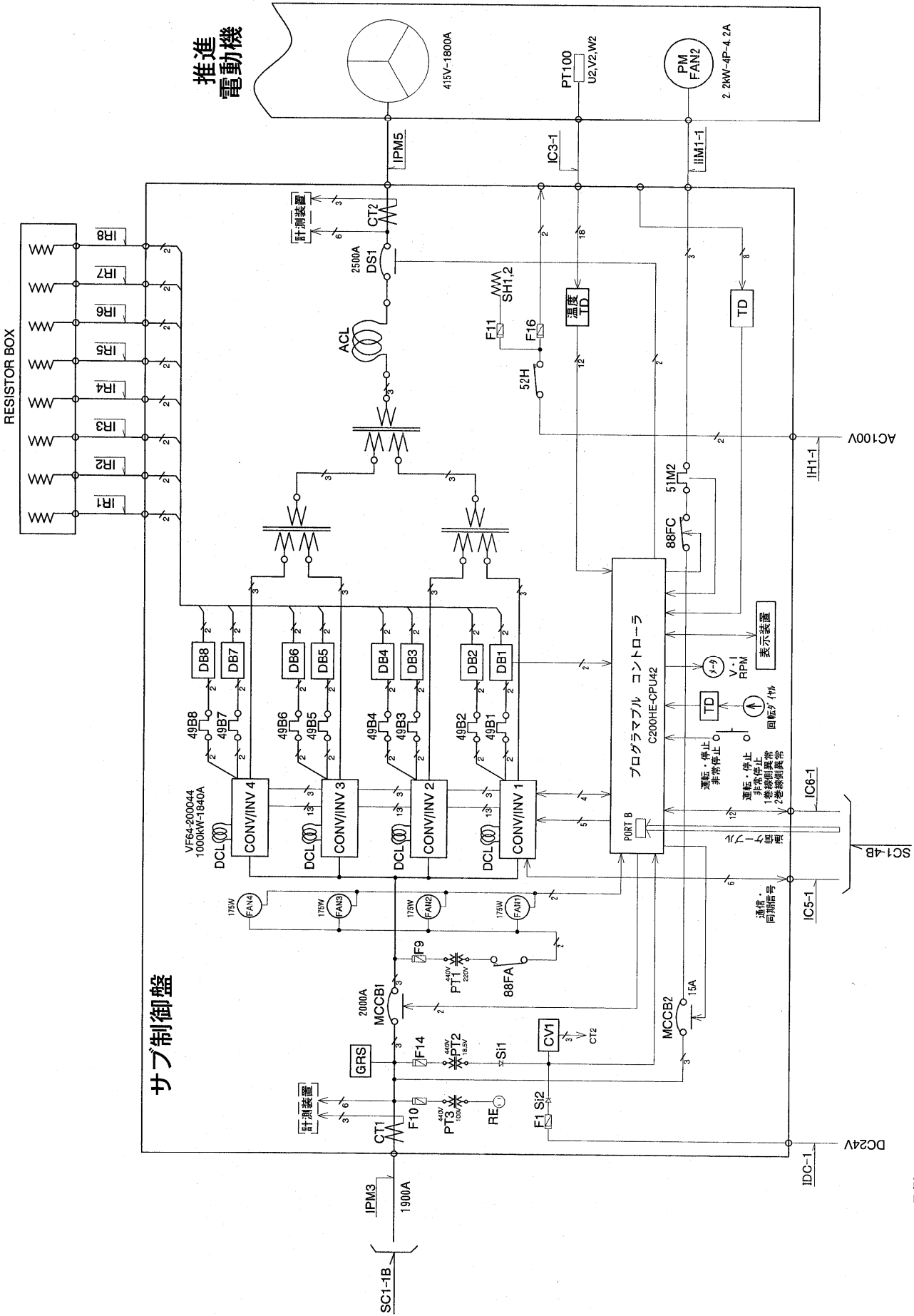
TITLE		DRAW. NO.	
単線結線図 1		3E170-463-4	
電気推進装置			
UNITS		SHEET NO.	
APR. K. OHNO		SC1	
REV. T. HOSUJI			
DES. M. MASUDA			
TRC. O.S.AGOU			
DATE 2006.1.31			

凡例

CT1, 2	: 計測用変流器	DB1~8	: DBユニット
RE	: AC100V コンセント	ACL	: ACリアクトル
GRS	: 接地接続線	TD	: 温度検出用センサー
CV1	: DC-DCコンバータ	SH1, 2	: ヒューズ
88FA	: ACリアクトル用電磁接触器	88FC	: 電動機冷却ファン用サーモスタット
DCL	: DCリアクトル	49B1~8	: サーマルリレー
MCCB1	: インバータ用MCCB		
MCCB2	: 電動機冷却ファン用MCCB		
52H	: 交流ヒューズ		
51M2	: 電動機冷却ファン用サーモスタット		
DS1	: 電動機冷却ファン用電磁接触器		



推進  
電動機



凡例

- CT1, 2 : 計測用変流器
- RE : AC100V コンセント
- GRS : 接地抵抗検出器
- CV1 : DC-DCコンバータ
- 88FA : ハネルファン用電磁接触器
- DCL : DCリアクトル
- DB1~8 : DBユニット
- ACL : ACリアクタトル
- TD : 信号変換器
- SH1, 2 : スペースヒータ用リレー
- 88FC : 電動機冷却ファン用電磁接触器
- 49B1~8 : サーマル
- MCCB1 : インバータ用MCCB
- MCCB2 : 電動機冷却ファン用MCCB
- 52H : スペースヒータ用リレー
- 51M2 : 電動機冷却ファン用サーマル
- DS1 : 電動機用温度器

3RD ANGLE PROJECTION

UNIT	APR.	REV.	DES.	TRC.	DATE
mm	K. OHNO	T. ITOHJ	M. NASUDA	O. SAGOU	2006. 1. 31


TITILE  
単線結線図 2  
電気推進装置

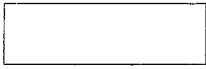

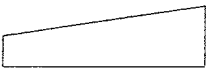

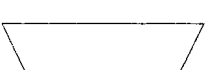
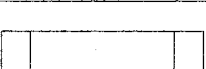
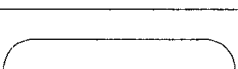



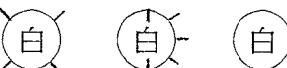
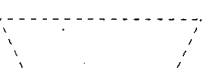

DRAW. NO.  
3E170-466-3


SHEET NO.  
SC2



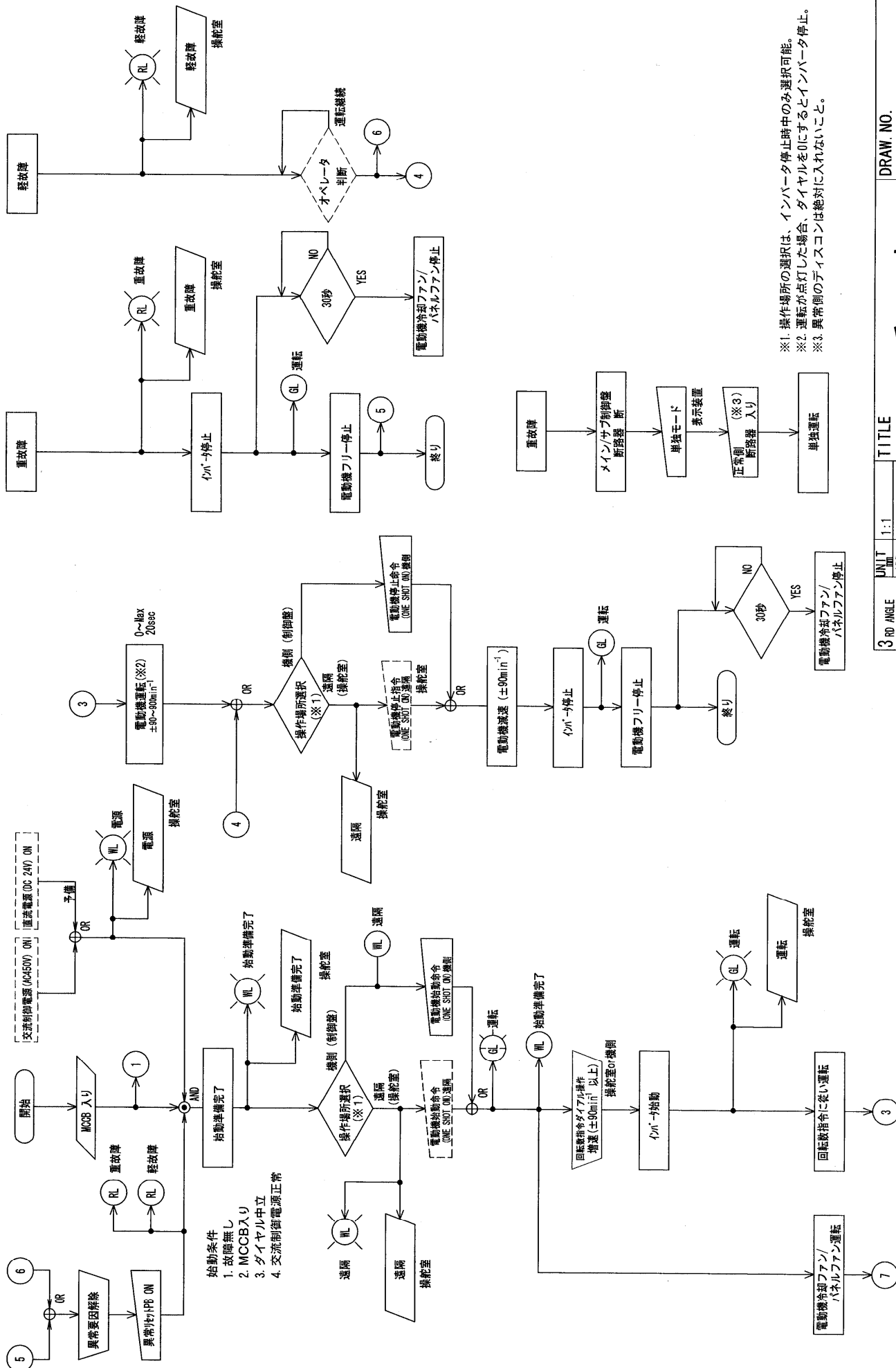
名称	電線種類	回路電流	名称	電線種類	回路電流
IPM3	TPYC-150x6	1900A	IC3-1	MPYCYS-37	MAX. 6A
IPM5	TPYC-150x6	1800A	IC5-1	MPYCS-12	MAX. 1A
IR1~8	DPYC-35	70A	IC6-1	MPYCS-12	MAX. 1A
IIM1-1	TPYC -1.5	8.4A			
IH1-1	DPYC -1.5	10A			
IDC1	DPYC -6	(SYSTEM RUN UP : 1A) (SYSTEM STARTING: 20A MAX. 10sec)			

3 RD ANGLE PROJECTION	UNIT		TITLE	DRAW. NO.
	APR.	K. OHNO		
	REV.	T. HOSUI		SHEET NO. SC3
	DES.	M. MASUDA		
	TRC.	O.SAGOU		
DATE	2006. 1. 31			

記号	意味
	処理
	流れ線
	手動入力
	判断
	手作業
	定義済処理
	端子
	結合子
	論理積
	論理和
点灯 点滅 消灯  D マイクロコンピュータ上のデジタル表示	表示
	主配電盤の手作業
	入出力

3RD ANGLE PROJECTION	UNIT mm	SCALE /	TITLE フローチャート シンボル一覧表	DRAW. NO. 4E800-057
△	CHIEF	I. TAKASAKI	 <b>TAIYO</b> ELECTRIC MFG. CO. LTD.	SHEET NO. FCI
△	CHECK			
△	DESIGN	M. TERAI		
△	DATE	'90-11-10		

MODEL:



※1. 操作場所の選択は、インバータ停止時中のみ選択可能。  
 ※2. 運転が点灯した場合、ダイヤルを0にするとインバータ停止。  
 ※3. 異常側のディスプレイは絶対に入れないこと。

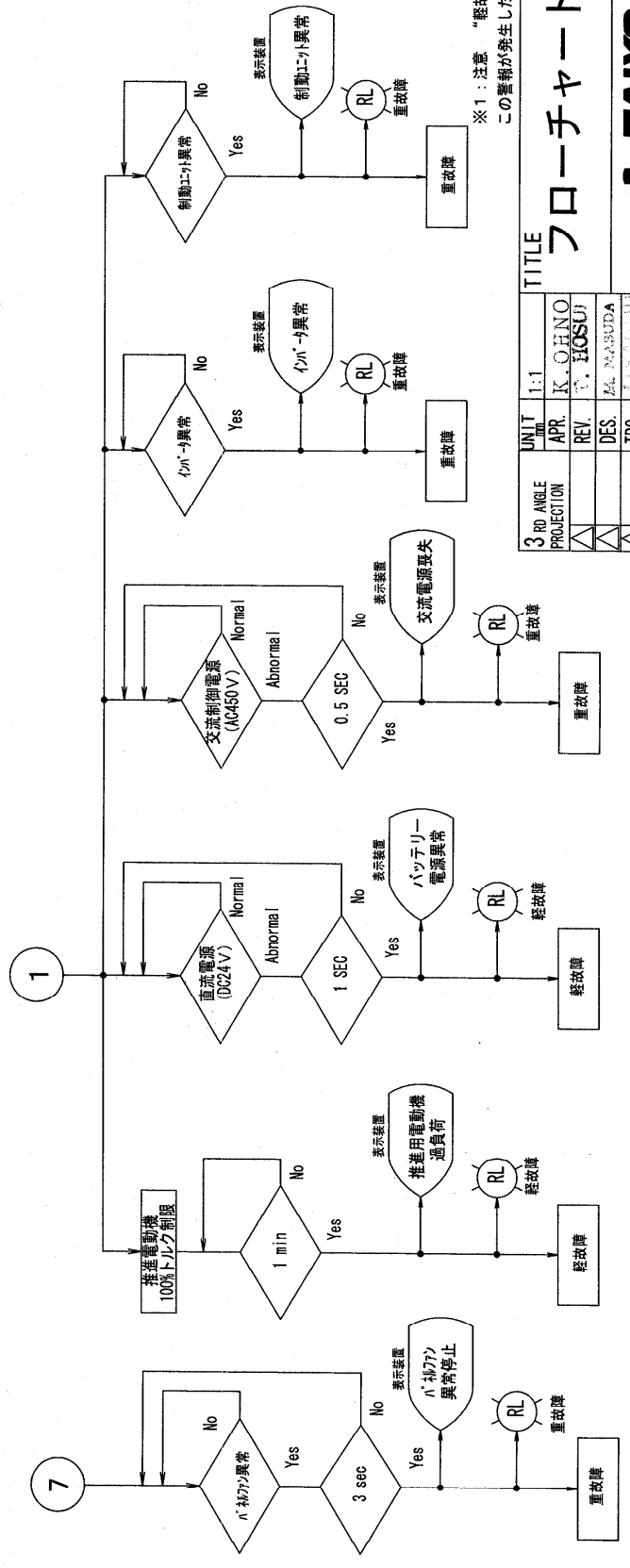
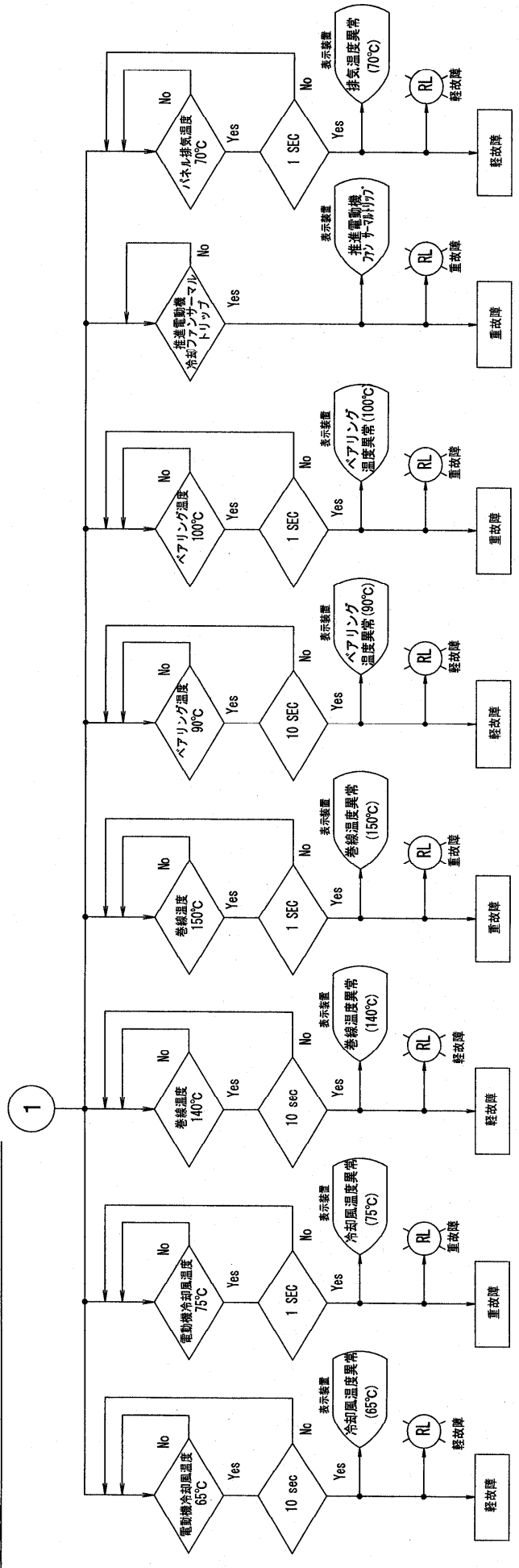
3	PROJ. ANGLE	UNIT	1:1	TITLE	DRAW. NO.
APR.	OHNO	REV.	T. HISOJI	フローチャート1	3E800-749-1
DES.	M. MASUDA	TRC.	Y. KAWANO		
DATE	2006-1-26				



SHEET NO. FC.2

9 8 7 6 5 4 3 2 1

MODEL :



※1: 注意 “軽故障”発生した場合には、警報表示のみ。  
この警報が発生した場合には、電気推進装置の負荷を軽減させること。

DRAW. NO.		3E800-750-2
SHEET NO.		F03

TITLE		フローチャート2
UNIT	1:1	
3RD ANGLE PROJECTION	APR. K. OHNO	
	REV. T. HOSUJ	
	DES. M. MARUDA	
	TRC. U. SAKOU	
	DATE	2006-1-27




縦紙 T-017 9 8 7 6 5 4 3 2 1

保護及び警報装置										
保護項目	検出ポイント	平常範囲	状態	保護内容	時間	表示			備考	
						盤面表示		表示装置		
						重故障	軽故障			
推進電動機	巻線温度	<140°C	>=140°C	サーチコイル	10秒		○	○		
			>=150°C	サーチコイル	1秒	○		○		
	ベアリング温度	<90°C	>=90°C	サーチコイル	10秒		○	○		
			>=100°C	サーチコイル	1秒	○		○		
	冷却風温度	<65°C	>=65°C	サーチコイル	10秒		○	○		
			>=75°C	サーチコイル	1秒	○		○		
ファン	<8.4A	>=8.4A	サーマル	瞬時	○		○			
インバータ盤	推進電動機過負荷		<100%	>100%	トルク値比較	1分		○	○	
	ファン		1600min <sup>-1</sup>	<850min <sup>-1</sup>	ファンセンサー	3秒	○		○	
	排気温度		<70°C	>=70°C	サーモスタット	1秒		○	○	
	直流制御電源		DC24V	<=10%	リレー	1秒		○	○	
	交流制御電源		AC440V	<=30%	リレー	0.5秒	○		○	
	制動ユニット異常	DB過電圧	<740V	>=800V	制動ユニット	瞬時	○		○	プリント板: oU表示
		DB過電流	<200A	>200A	制動ユニット/ 保護継電器	瞬時				プリント板: oc表示
	インバータ異常	過電流	<100%	>150%	インバータ	瞬時	○		○	インバータユニット oc表示
		IGBT			インバータ	瞬時				インバータユニット IGBT表示
		直流部過電圧	<740V	>800V	インバータ	瞬時				インバータユニット OV表示
		過負荷 (モータ電流)	<100%	>150%	インバータ	1分				インバータユニット OL表示
		直流ヒューズ断		ヒューズ断	直流ヒューズ	瞬時				インバータユニット Fu表示
始動渋滞			10秒で 始動不可	インバータ	10秒	インバータユニット STRF表示				
過速度		<±100%	>±120%	インバータ	瞬時	インバータユニット OS表示				
不足電圧		>360V	<360V	インバータ	瞬時	インバータユニット UV表示				
過トルク (トルク指令)		<100%	>150%	インバータ	瞬時	インバータユニット OT表示				
ユニット過熱 (フィン温度)		<100°C	>100°C	インバータ	瞬時	インバータユニット OH表示				

3 RD ANGLE PROJECTION	UNIT	
	APR.	M. OHNO
	REV.	T. HOSUI
	DES.	M. MASUDA
	TRC.	O.SAGOU
	DATE	2006/03/10

TITLE **警報一覧表**



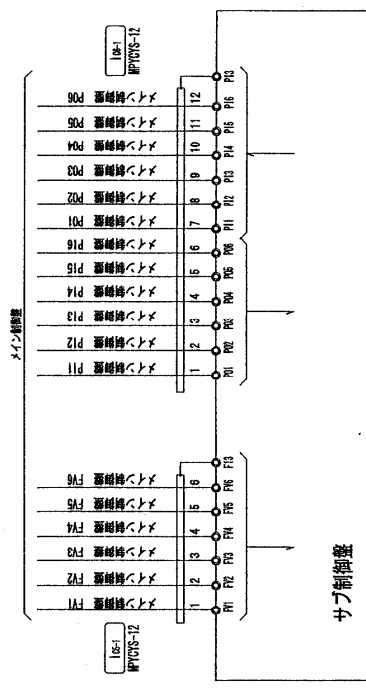
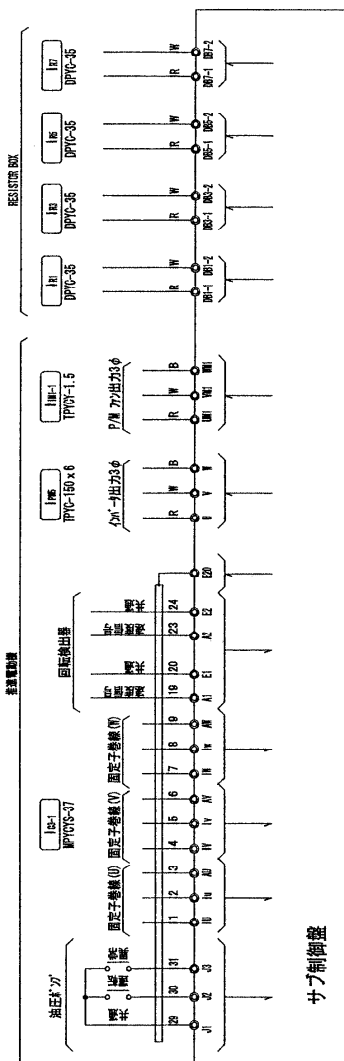
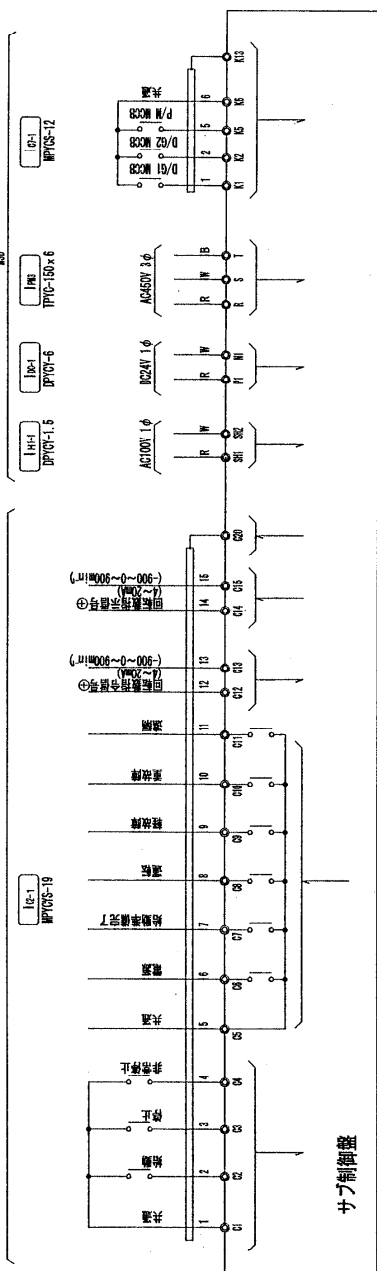
DRAW. NO.	4E801-204
SHEET NO.	P1











3 IN. ANGLE COLLECTOR	DATE	DES.	REV.	APP.	DRAW. NO.
1/1	2006.5.29	TRC	OSAKA	K. CHINO	2E164-2888-2
1/1					
1/1					
1/1					
TITLE					SHEET NO.
SKELETON DIAGRAM OF TERMINAL CONNECTION					S02
TAIYO					NO. S02



「この報告書は競艇の交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました」

社団法人 日本舶用工業会  
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 1-15-16 海洋船舶ビル  
電話 03-3502-2041  
F A X 03-3591-2206  
<http://www.jsmea.or.jp>