

Supported by  日本 THE NIPPON
財団 FOUNDATION

平成 2 4 年度

2 サイクル大形機関搭載船ハイブリッド推進システムの技術開発
成果報告書

平成 2 5 年 3 月

社団法人 日本船用工業会

はしがき

本報告書は、BOAT RACE の交付金による日本財団の助成金を受けて、平成 24 年度に社団法人日本船用工業会が実施した「2 サイクル大形機関搭載船ハイブリッド推進システムの技術開発」の成果をとりまとめたものである。

主機とプロペラ軸の間にクラッチを設ければ、必要に応じて主機とプロペラ軸を切り離すことが可能となり、例えばNOx 規制の指定海域では主機を切り離し、補助機関でプロペラを駆動することで、主機用の大型脱硝装置の搭載が不要となる。

また、主機関が故障した際にも、クラッチで主機関を切り離し、補助機関で自力航行することが可能となる。

このような、2 サイクル大形機関搭載船ハイブリッド推進システムの開発を、平成 23 年度、24 年度の 2 年計画で、株式会社日立ニコトランスミッションに委託して実施しており、その成果をここにまとめたものである。

ここに、貴重な開発資金を助成いただいた日本財団に厚く御礼申し上げる次第である。

平成 25 年 3 月

(社) 日本船用工業会

目 次

1. 技術開発の目的	1
2. 技術開発の目標	1
2.1 事業の目標	1
2.2 平成23年度の目標	1
3. 平成23年度事業の内容と成果	2
3.1 セグメントタイプクラッチプレートの調査	2
3.1.1 セグメントタイプ摩擦板の種類と芯板への固定方法	2
3.1.2 セグメントタイプの摩擦板を芯板への取付後の摩擦面加工方法	5
3.2 セグメントタイプクラッチプレートの設計	5
3.3 セグメントタイプクラッチプレートの製造	8
3.3.1 $\phi 1500$ 、 $\phi 1100$ プレート用芯板	8
3.3.2 $\phi 1500$ 、 $\phi 1100$ プレート用芯板へのスプライン加工	11
3.3.3 摩擦材セグメントの芯板への接着	19
3.3.4 摩擦面への溝加工	21
3.3.5 $\phi 1500$ 、 $\phi 1100$ プレート完成姿	27
3.4 セグメントタイプクラッチプレートの基礎試験	28
3.4.1 製作したセグメントタイプクラッチプレートの精度測定結果	28
3.4.2 製作したセグメントタイプクラッチプレートの取付部強度の確認結果	29
3.4.3 クラッチシール装置の単独試験	36
3.5 試験装置の設計	40
3.5.1 クラッチ部の強度確認	42
3.5.2 シールメタルの設計	43

4. 平成24年度事業の内容と成果	44
4.1 試験装置（クラッチ装置）の製作	44
4.1.1 構成部品の実績超過項目	44
4.1.2 試験装置（クラッチ装置）の組立	51
4.1.3 試験用治具（増・減速機）の製作	63
4.2 試験装置（クラッチ装置）の試験	65
4.2.1 試験装置の配置	65
4.2.2 試験装置（クラッチ装置）の油回路	67
4.2.3 クラッチ嵌入特性確認試験	68
4.2.4 つれ廻りトルク計測試験	70
4.2.5 負荷試験（摩擦係数確認試験）	73
4.2.6 負荷試験（連続運転試験）および嵌脱試験	77
4.2.7 負荷試験および嵌脱試験後の分解点検	80
4.3 大容量油圧クラッチシリーズの設計	84
5. 本事業の成果	87
5.1 目標の達成	87
5.2 開発項目	87
5.3 今後の展望	87

1. 技術開発の目的

2016年から施行されるIMO排出ガス3次規制では規制海域内に於けるNO_xの80%削減が求められている。2サイクル大形機関を搭載している外航船「排出ガス規制対応策」の一つとして「ハイブリッド推進システム」が検討されている。この「ハイブリッド推進システム」は主機関による推進に補助電動機による推進を加えたシステムで、補助電動機による推進時の効率を良くするため大きな抵抗となる主機関を推進軸から切り離す必要がある。主機関切り離しの手段として一般的にクラッチが用いられ、クラッチは以下のように使用される。

規制海域内を航行する場合は主機関をクラッチで切り離して停止し、補助電動機で航行する。規制海域を出た時点でクラッチを嵌入し、主機関による航行に切り替える。このようにして規制海域内では主機関を停止し発電機による電気推進に切り替えられるため主機関用大形の脱硝装置を装備する必要が無く、脱硝装置の小型化が図れる。

また、「ハイブリッド推進システム」は機関故障時クラッチで主機関を切り離し、補助電動機により緊急自力航行することも可能となるメリットもある。更に、電動機を発電機併用型とすることで主機関の余剰動力により発電し、航行中の船内電力の供給も可能である。

切り離しクラッチの従来技術としては海外製の機械式クラッチがあるが、機械式クラッチでは船を停船させ機関が停止した後にクラッチを嵌脱させる必要がある。さらに嵌入時は機関をターニングさせ前後の歯の位置（歯）合わせをしなければならない等の煩雑な操作を行っており、操作性の良い油圧クラッチの開発が望まれていた。

一方、現在製作・販売している油圧クラッチでは最大サイズのものでもトルク容量が市場の要求を満足しておらず、また、現状を超えるトルク容量の油圧クラッチに必要な大径のクラッチプレートはクラッチプレートメーカーから提示されていた一体成型型クラッチプレートの製作限界を超えていたため大容量油圧クラッチの開発は頓挫していた。

このような中で、大容量油圧クラッチ用としてセグメントタイプ（分割型）摩擦材を用いたクラッチプレートを調査・設計し、当社内設備を活用するクラッチプレートの製造に関する調査・研究を行い、大形外航船分野用のクラッチプレートを開発し、本クラッチプレートを使用する大容量油圧クラッチ装置の設計を行い、外航船分野で建造隻数の最も多いケーブサイズクラスまでのバルクキャリアを主なターゲットとしたシリーズ化を完成させることが今回の目的である。

2. 技術開発の目標

2.1 事業の目標

大容量油圧クラッチ装置シリーズの設計。

（最大 220,000kgf・m(従来設計：約 62,000kgf・m)）

2.2 平成23年度の目標

セグメントタイプクラッチプレートの設計・製作。

（φ1100mm、φ1500mm(従来製作実績：φ810mm)）

3. 平成23年度事業の内容と成果

平成23年度は大容量油圧クラッチ装置について、セグメントタイプクラッチプレートの調査・設計・製造・基礎試験とクラッチ試験装置の設計を実施したが、その内容を以下に記す。

3.1 セグメントタイプクラッチプレートの調査

3.1.1 セグメントタイプ摩擦板の種類と芯板への固定方法

油圧クラッチで採用可能な湿式用の摩擦板の調査を行った結果、一般的に採用されるものとして、次の2種類があることを確認した。

- ・焼結金属摩擦板
- ・ペーパー摩擦板

次にそれぞれの摩擦板についての特徴やセグメントタイプとして使用する場合の適性の調査を行った。その結果を表1に示す。

表1 摩擦板の種類、特徴

No.	項目	焼結金属摩擦板	ペーパー摩擦板
1	摩擦材材質	焼結金属系	ペーパー系
2	油圧クラッチにおける当該材質の採用実績	有り	有り
3	セグメント部の構造	金型を用いてプレス成形した原料粉末を鋼板に還元雰囲気中で加圧焼結	原料シートから貼付形状へ切断
4	セグメント部の厚さ	厚い(4~5mm程度)	薄い(1mm程度)
5	セグメントの形状	正方形に近い形状の方が安価(金型製作の都合)	原料シートに合わせて任意に決定可
6	セグメントに分割時の芯板への固定方法	次の2種類が可能。 ①複数のリベット※ ¹ によるカシメ固定 ②ボルト締付による固定	接着剤を用いて芯板に加熱圧着
7	固定方法の採用実績	①②共、無し	有り
8	固定方法の技術面での進歩の可能性	①無し(推定※ ²) ②有り	有り
9	固定方法によるプレート質量への影響	①②共、質量が大幅に増加し、影響大	影響は小さい
10	固定方法の評価	①リベッティング作業施工は1本毎の為、確認困難であり信頼性が低い。 ②ボルト固定は必要本数が多くなる。緩み止めに問題有り	接着時に加熱と加圧をすることで均一な接着(固定)となるため信頼性は高い。
11	最終的な固定方法案	リベット固定	接着剤を用いた加熱圧着
12	表面の溝加工	セグメント単体製作時に実施	芯板へ貼付後に実施
13	セグメント形状	図1を参照	図2を参照

※1 熱間圧延丸鋼を材料とするセミチューブラリベット

※2 リベット用丸鋼のJIS規格(G3104)は平成23年2月21日付で廃止されている状況。

(1) 焼結金属摩擦板のセグメント形状

調査結果より、焼結金属摩擦板を採用した場合のセグメント形状は、次のようになることを確認した。

- ① セグメント摩擦板形状は正方形に近い形状となるように24分割。
実際には円形に配置するため、台形状となる。
- ② セグメント摩擦板の芯板への固定方法はリベットを用いたカシメ固定またはボルトを用いた締付固定。
但し、ボルトを用いた固定の場合、両面から同じ位置にボルトを配置すると、芯板の必要厚みが増大するため、クラッチプレート本体の大幅な質量増加に繋がるため、現実的ではない。
リベットを用いた固定の場合、外周部だけではなく、内部にも配置が必要となる。

上記を反映したセグメント形状を図1に示す。

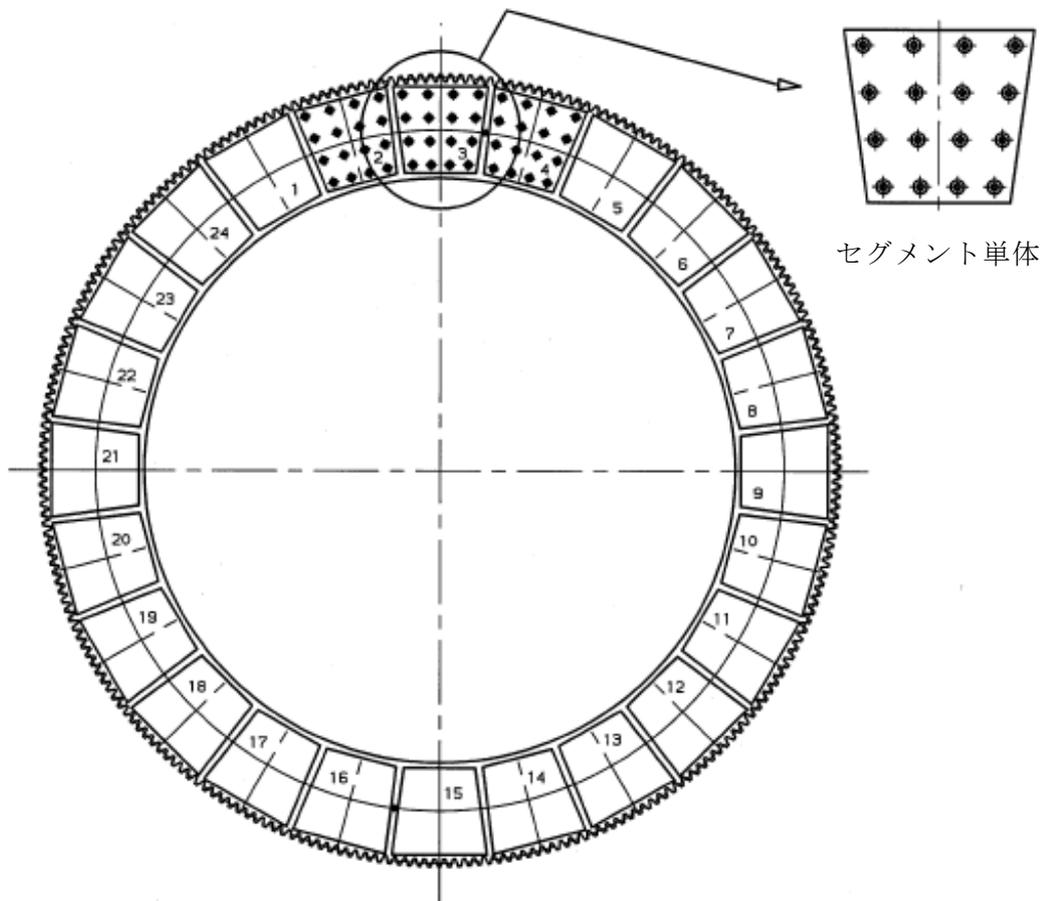


図1 焼結金属摩擦板のセグメント形状

(2) ペーパー摩擦板のセグメント形状

調査結果より、ペーパー摩擦板を採用した場合のセグメント形状は、次のようになることを確認した。

- ① セグメント摩擦板形状は原料シートサイズ内であれば、任意に選定が可能。但し、長方形に近い形状の方が歩留まりは良い。
セグメントの境界部に凹凸形状を与えることで、接着前に摩擦材を芯板上に配置する際の作業性が良くすることが可能となる。
- ② セグメント摩擦板の芯板への固定方法は接着剤を用いて芯板に加熱した状態で圧着する。
加圧はプレス機械で付与することが可能であり、作業管理が可能。

上記を反映したセグメント形状を図2に示す。

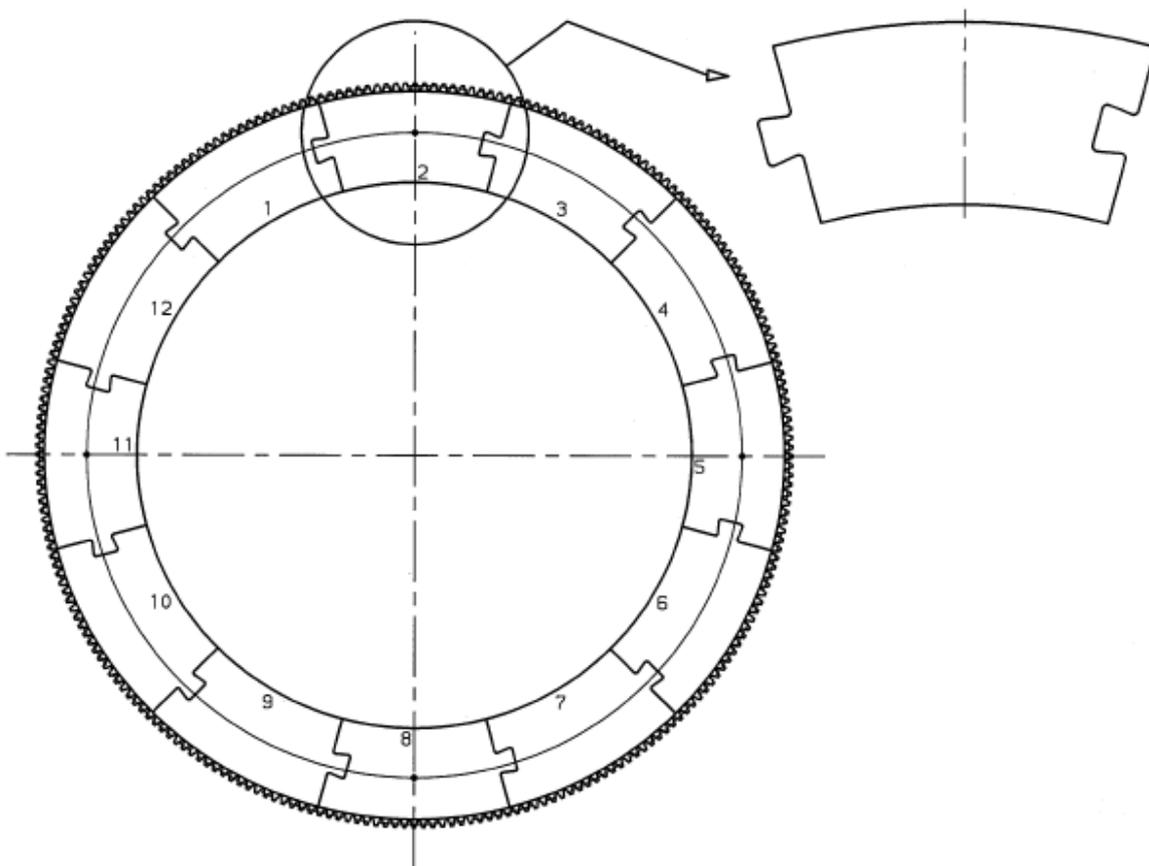


図2 ペーパー摩擦板のセグメント形状

3.1.2 セグメントタイプの摩擦板を芯板への取付後の摩擦面加工方法

本開発で製作するクラッチプレートのうちφ1500サイズはクラッチプレートメーカーでは大きさが加工可能限界を超過することから、社内で摩擦面の加工を実施する必要があり、小径サイズの加工業者を訪問し、調査した。

結果、摩擦面への溝入れ加工は複数のフライス用カッターを溝間隔に合わせてセットし、複数溝を同時加工していることを確認し、社内加工用の専用溝加工工具の作成時の参考とした。

本開発用として製作した特注品の溝加工用工具の写真を写真1に示す。



写真1 溝加工用工具

3.2 セグメントタイプクラッチプレートの設計

セグメントタイプクラッチプレートの調査結果に基づき、方針（表2）を決め、φ1500とφ1100の2種類のクラッチプレート（図3）の設計を行った。

表2 セグメントプレートの設計方針

No.	項目	方針	理由
1	摩擦材材質	ペーパー系を採用	セグメントと芯板との固定部強度の信頼性が焼結金属系よりもペーパー系の方が優る
2	セグメント分割数	12分割	原料シートからの切断工程での歩留まりを配慮 φ1500用：写真2 φ1100用：写真3
3	芯板原材料サイズ	鋼板メーカーでの定尺サイズ品を採用	継続的な入手性を配慮
4	芯板材質	構造用炭素鋼を採用	実績・入手性を考慮
5	スプライン	①標準歯形を採用 ②歯数・モジュールは社内基準に準拠	①社内設備の歯車加工工具・機械を使用 ②社内強度基準を適用
6	溝形状	格子溝を採用	ペーパー系摩擦材における標準形状を採用

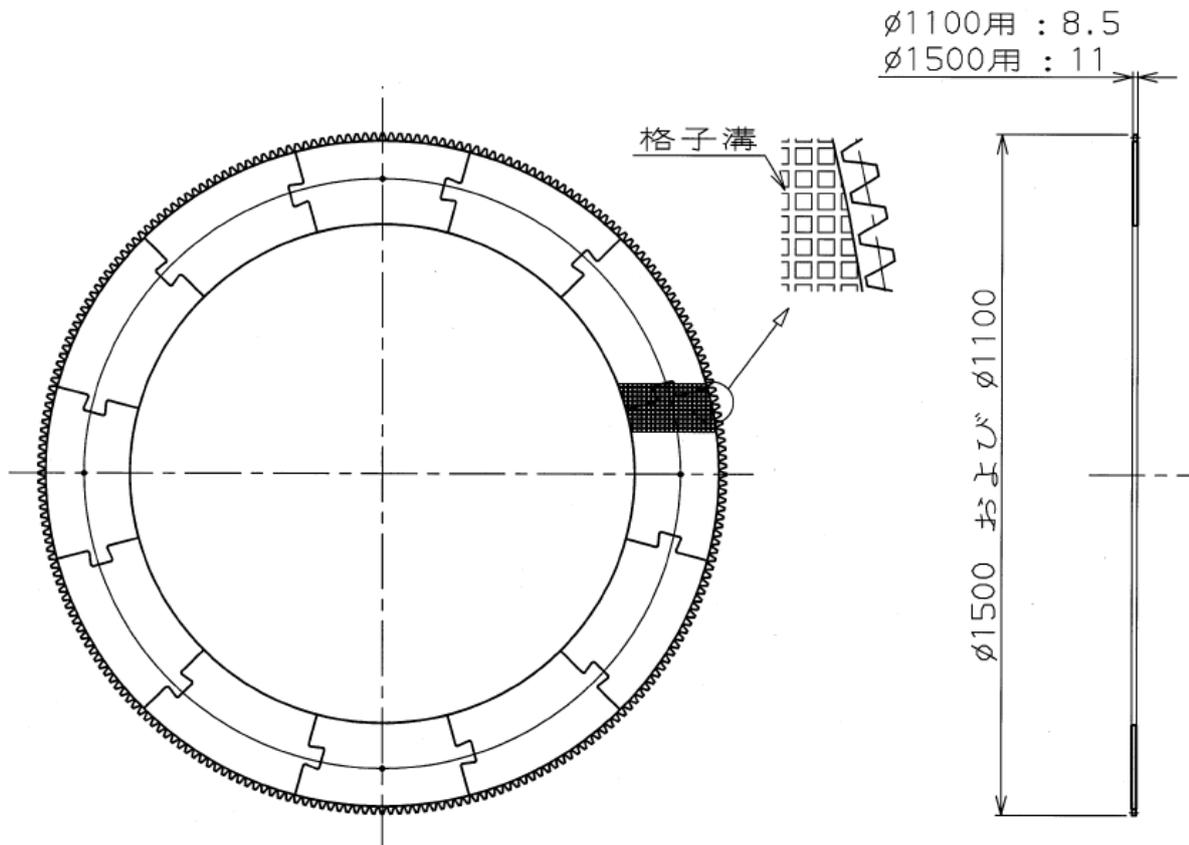


図3 セグメントタイプクラッチプレートの設計図



写真2 φ1500用摩擦材セグメント



写真3 φ1100用摩擦材セグメント

3.3 セグメントタイプクラッチプレートの製造

φ1500とφ1100の2種類のクラッチプレートの製造を行い、次の工程の施工が可能なことを確認した。

3.3.1 φ1500、φ1100プレート用芯板

製作するプレートは従来品よりも大幅にサイズが大きくなることから、原材料の入手性が問題となったが、製品実現後も見据えた原材料の選定を行い、入手性の良い材料選定であることを確認した。

また、内・外径および表面の機械加工や製品として必要な硬度を確保するための熱処理についてもサイズが大きくなるため、従来品の製作時に使用していた加工機械・設備では対応が不可能であったが、別の加工機械・設備を使用することにより加工・施工実施が可能なことを確認した。

今回製作した芯板について行った確認内容を表3に示す。

いずれの項目についても社内基準値を満足しており、大幅なサイズアップによる規格外れ等の問題が無いことを確認した。

表3 芯板での確認項目と社内基準値に対する結果

No.	確認項目	確認手段	社内基準値に対する結果	
			φ1500用	φ1100用
1	外径寸法	大径用ノギスで計測	合格	合格
2	内径寸法	大径用ノギスで計測	合格	合格
3	厚さ寸法	マイクロメータで計測	合格	合格
4	表面硬度	硬度計で計測	合格	合格

以下に各工程での写真を示す。

加工前のφ1500プレート用素材の写真を写真4に示す。

加工前のφ1100プレート用素材の写真を写真5に示す。

加工前のφ1500プレート用素材の厚さ寸法検査中の写真を写真6、写真7に示す。



写真4 φ1500プレート用芯板素材



写真5 φ1100プレート用芯板素材

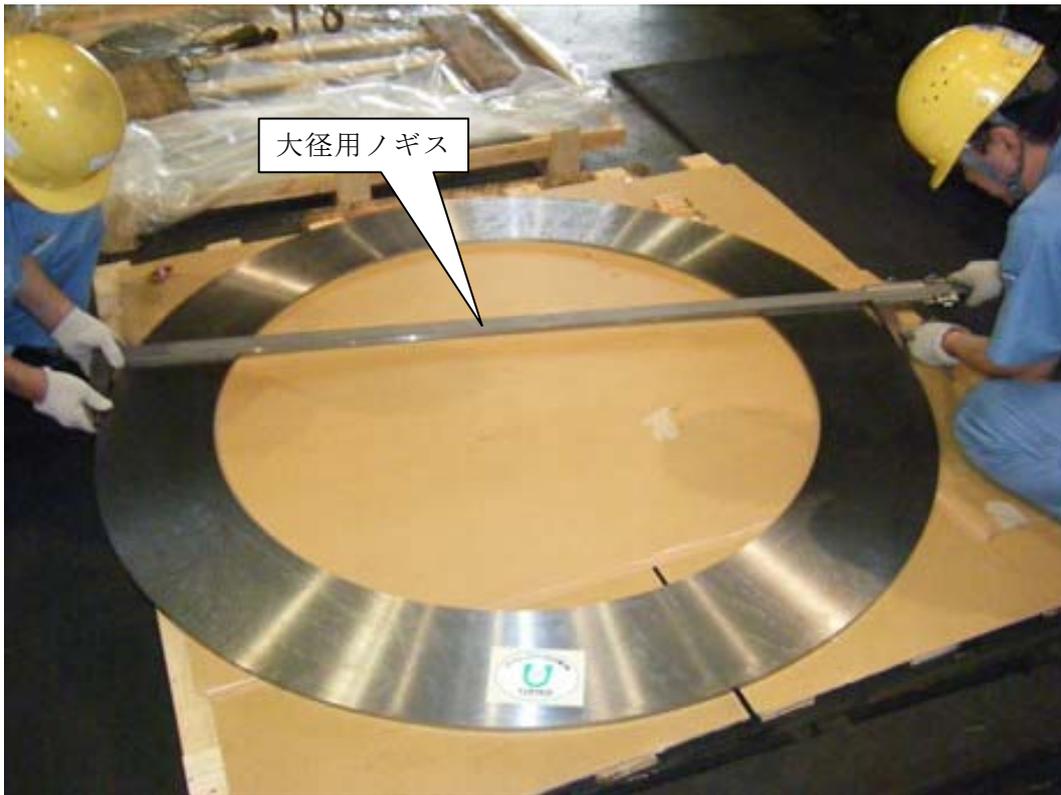


写真6 $\phi 1500$ 芯板の外径寸法測定中



写真7 $\phi 1500$ 芯板の厚さ寸法測定中

3.3.2 φ1500、φ1100プレート用芯板へのスプライン加工

製作するクラッチプレートは従来品よりも大幅にサイズが大きくなったため、従来品ではプレートメーカーで加工していたスプライン加工が実施不可となった。社内にはスプライン（歯車）加工が可能な加工機械を保有しているので、社内設備を使用した。但し、当社製品において動力伝達に使用している一般的な歯車よりもクラッチプレートは肉厚が薄く、プレート単体で加工を実施すると加工変形が大きくなってしまったため、クラッチプレートの加工変形を防止するだけの十分な剛性を有した治具プレートを上下に配置する必要性が生じた。そのため、クラッチプレートを複数枚重ねた状態で加工が可能とする専用の歯切り加工用治具としてφ1500用、φ1100用の2種類を製作し、スプライン加工を実施した。

なお、歯切り加工の工具は設計時に社内所有工具での加工可能となる標準歯形を採用していたので、歯車加工用として多くの実績があった標準工具を用いた。

スプライン加工後はスプライン歯車部の精度測定と歯切り加工による変形の有無を確認するために行った内容を表4に示す。

結果、従来品よりも大幅に大きいサイズのクラッチプレートにおいても、スプラインの加工が可能なことを確認した。

表4 芯板での確認項目と社内基準値に対する結果

No.	確認項目	確認手段	社内基準値に対する結果	
			φ1500用	φ1100用
1	スプライン 歯厚	歯厚計測専用マイクロ メータで計測	合格	合格
2	加工による 変形有無	工作機械の定盤上にて ダイヤルゲージの変化 量で変形量を計測	合格	合格

以下に各工程での写真を示す。

(1) φ1500芯板

歯切り加工用治具の写真を写真8に示す。

歯切り加工用治具への芯板の取付姿の写真を写真9、写真10、写真11に示す。

スプラインの歯切り加工中の写真を写真12に示す。

スプラインの歯切り加工後の写真を写真13に示す。

スプライン歯切り後の精度測定中の写真を写真14、写真15に示す。

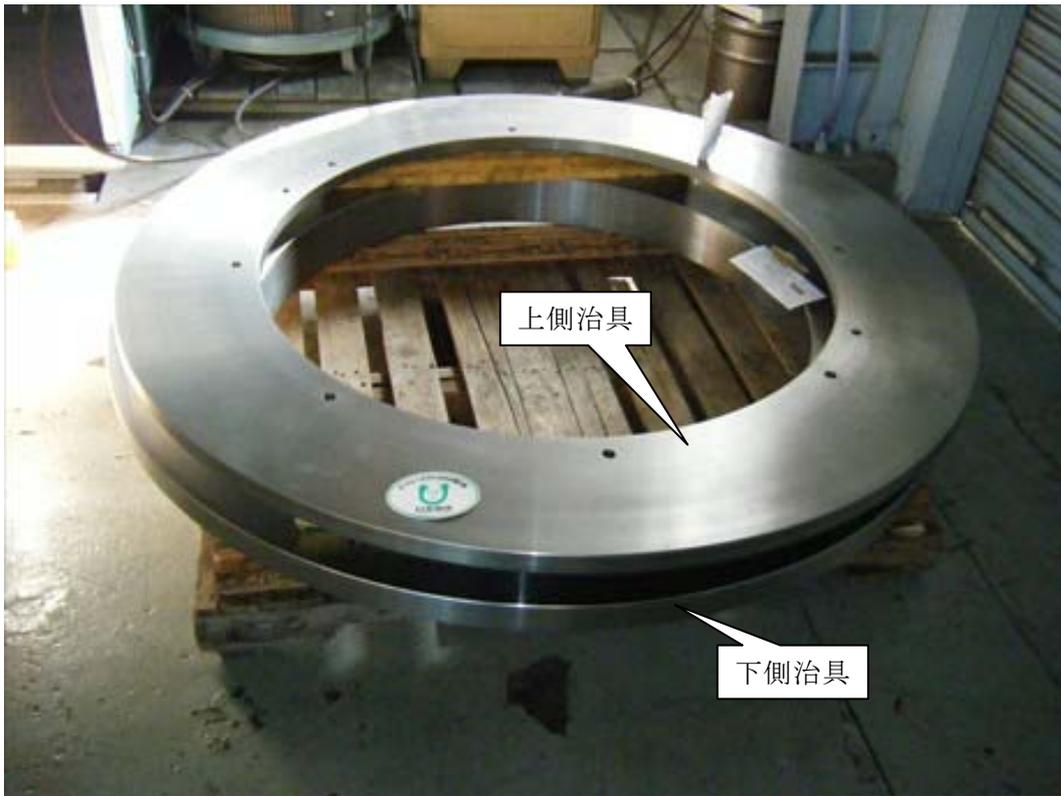


写真8 φ1500芯板歯切り加工用治具



写真9 φ1500芯板歯切り加工用治具



写真10 歯切り加工用治具へのφ1500芯板の取付



写真11 歯切り加工用治具へのφ1500芯板の取付



写真12 φ1500芯板歯切加工中

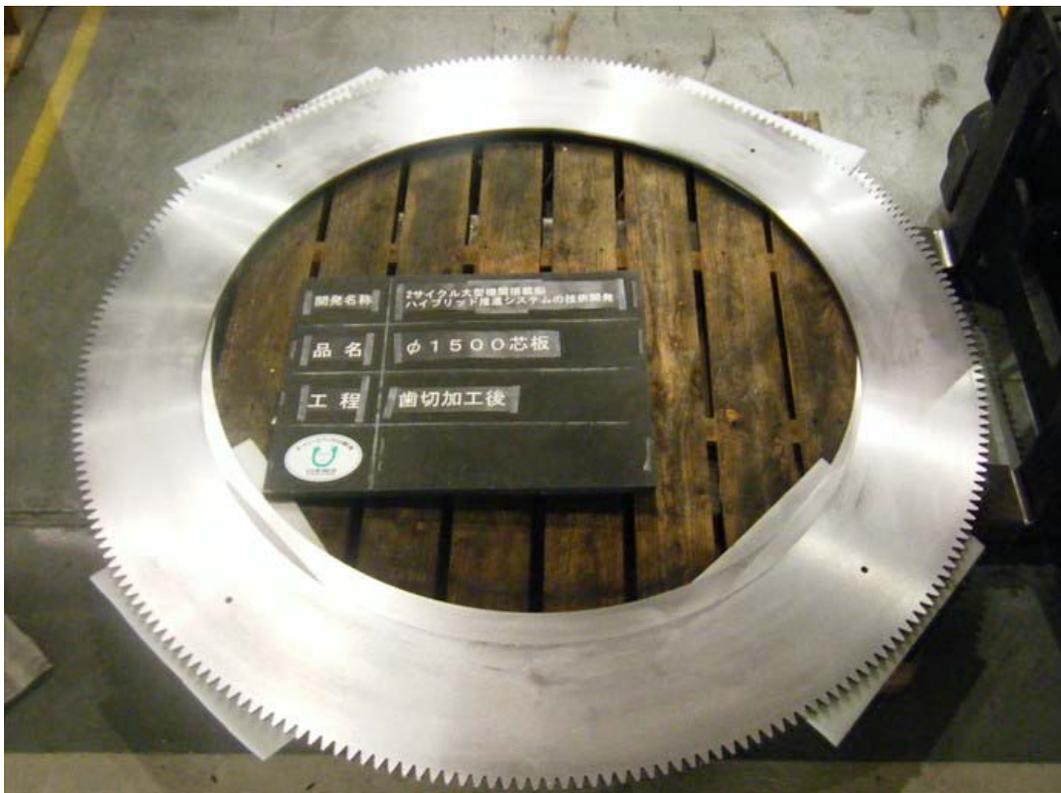


写真13 φ1500芯板歯切加工後

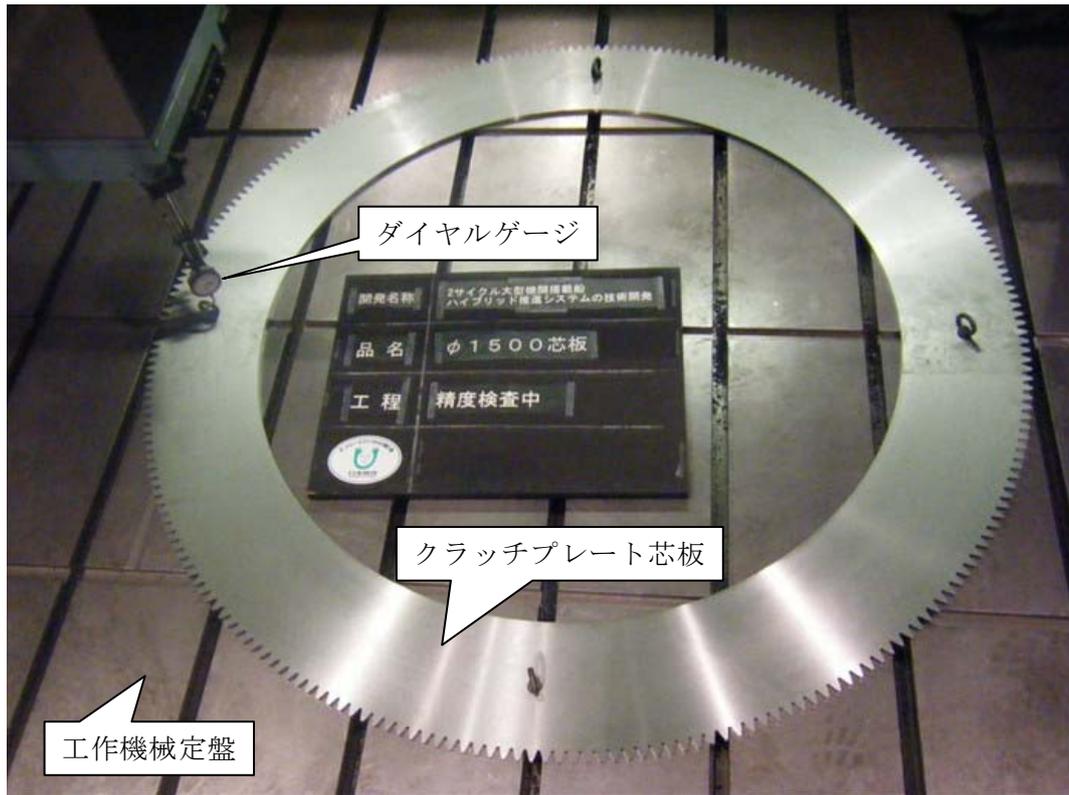


写真14 φ1500芯板精度測定中

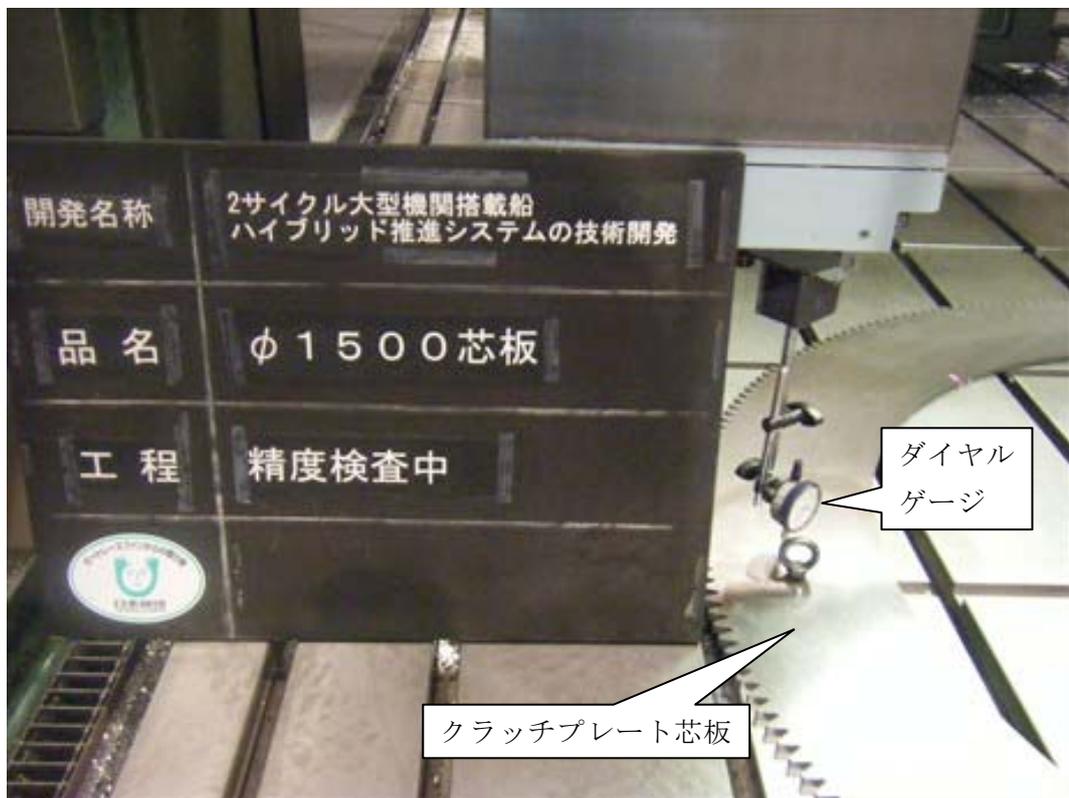


写真15 φ1500芯板精度測定中

(2) $\phi 1100$ 芯板

歯切り加工用治具の写真を写真16、写真17に示す。

スプラインの歯切り加工中の写真を写真18に示す。

スプラインの歯切り加工後の写真を写真19に示す。

スプライン歯切り後の精度測定中の写真を写真20、写真21に示す。

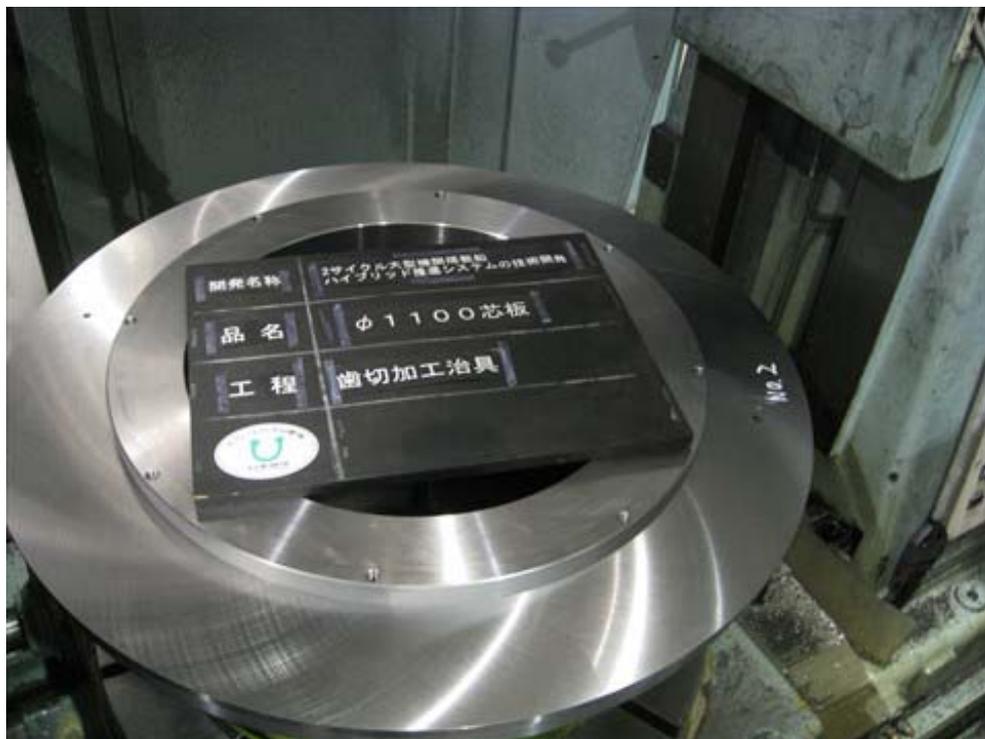


写真16 $\phi 1100$ 芯板歯切り加工用治具（下側）



写真17 $\phi 1100$ 芯板歯切り加工用治具（上側）

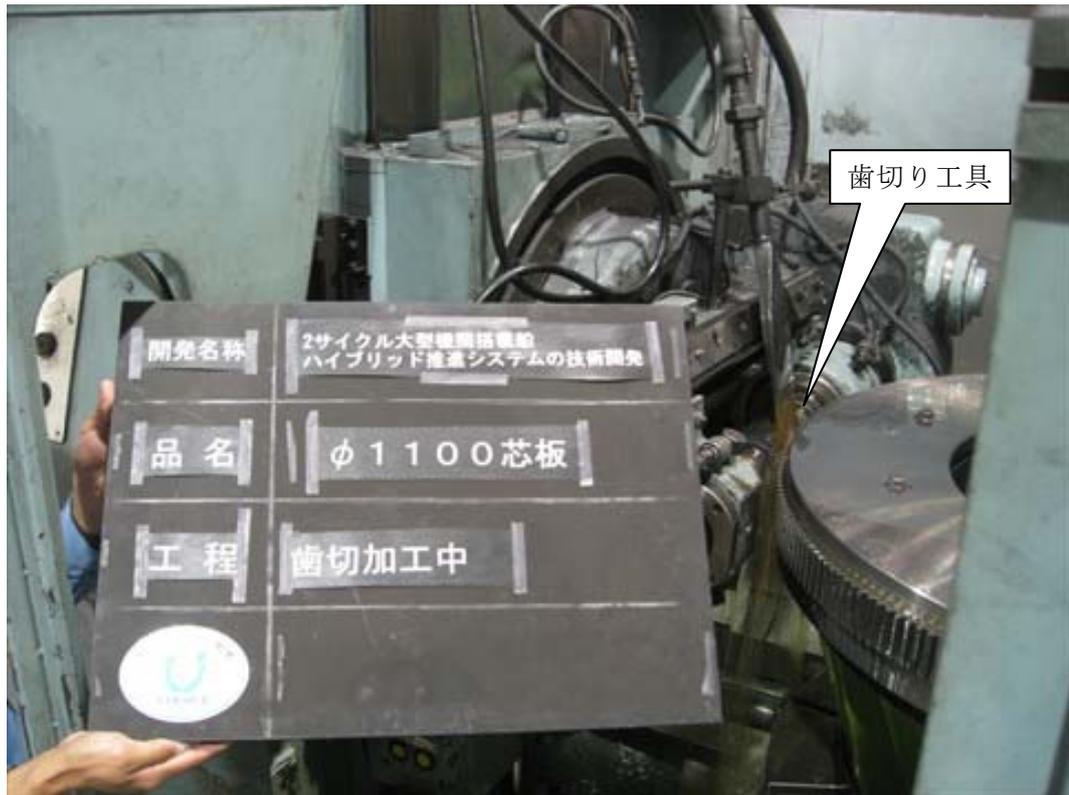


写真18 φ1100芯板歯切加工中



写真19 φ1100芯板歯切加工後



写真20 φ1100芯板精度測定中



写真21 φ1100芯板精度測定中

3.3.3 摩擦材セグメントの芯板への接着

摩擦材セグメントのクラッチプレート芯板への固定工程は、接着剤を塗布した芯板上に摩擦材セグメントを配置し、加熱した状態で加圧し、摩擦材を芯板へ接着させる方法を採用し、クラッチプレートメーカーの協力工場において実施した。

製造品の接着状態は、クラッチプレートメーカーでメーカー基準に基づいた確認手法^{※3}を用いて確認した結果、合格と判定され、接着工程が実施可能なことを確認した。

※3 メーカーでは接着後に摩擦材表面から接着面までをノミ（彫刻刀）にて彫り切りし、接着状態をメーカーの付着限度見本と比較し判定。

接着工程は個体差を確認するために各サイズで複数枚の芯板に実施し、うち1枚を接着状態の確認用とした。

また、接着状態の確認は次の時期に実施した。

φ1500サイズ：社内での摩擦面への溝加工前。（接着工程後）

（プレートメーカーではφ1500サイズでの溝加工は加工可能な大きさを超過するため実施不可）

φ1100サイズ：プレートメーカーでの摩擦面への溝加工後。

以下に接着状態確認後の写真を示す。

φ1500接着状態確認後を写真22と写真23に示す。

φ1100接着状態確認後を写真24と写真25に示す。



写真22 φ1500接着状態確認後（全景）

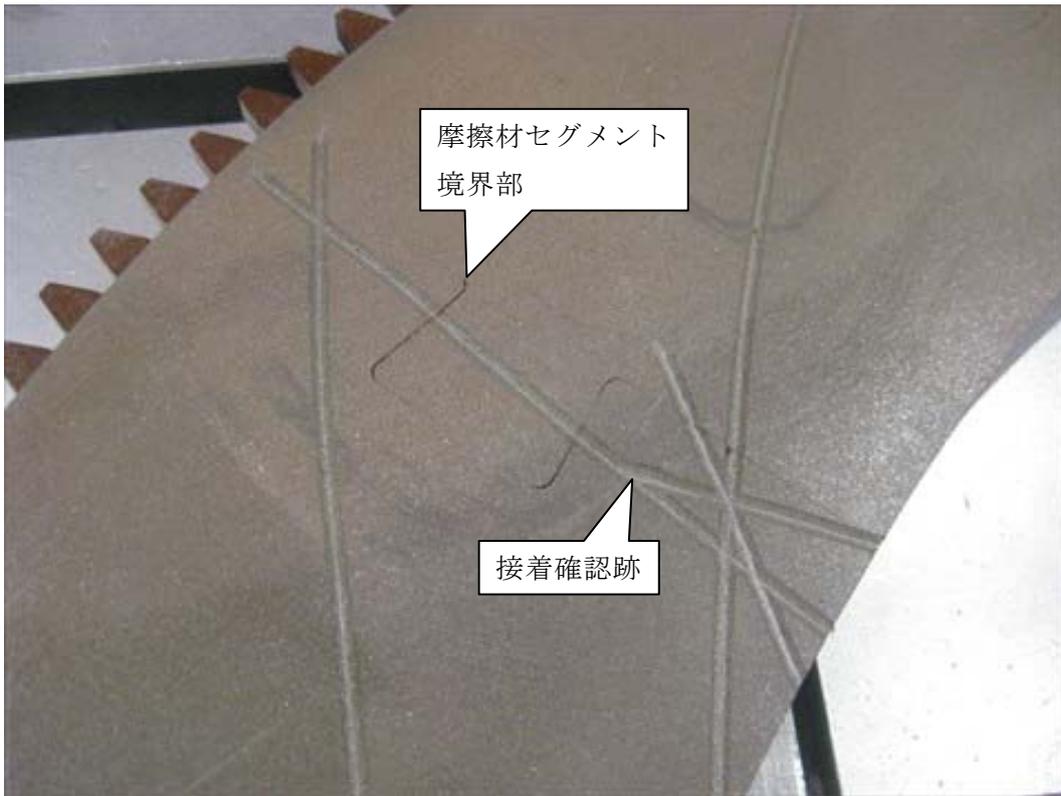


写真 2 3 $\phi 1500$ 接着状態確認後 (境界部詳細)



写真 2 4 $\phi 1100$ 接着状態確認後 (全景)



写真25 φ1100 接着状態確認後（境界部詳細）

3.3.4 摩擦面への溝加工

湿式用クラッチプレートではクラッチ脱（動力未伝達）状態のようなクラッチ入力（駆動）側と出力（被動）側に相対速度が発生している場合の摩擦面の発熱による焼き付き防止とスプライン部への潤滑油の供給経路を確保するために摩擦面の表面に溝が必要となる。

本開発で製作するクラッチプレートのうち、φ1500サイズのクラッチプレートについては前述のようにプレートメーカーでの所有加工機械の加工可能な大きさを超過するため、摩擦材セグメントの芯板への接着後に社内設備を用いて溝加工を実施する必要があった。

但し、社内設備で効率よく溝加工をするためには専用工具が必要となり、3.1.2項に記述した特注品の溝加工用工具（写真1）を製作し、溝加工を実施した。

結果、社内設備と専用工具の使用により、φ1500サイズの大型クラッチプレートについても、溝加工が実施可能なことを確認した。

以下に溝加工に関する写真を示す。

専用工具を加工機械へ取り付けた状態の写真を写真26に示す。

溝加工前の水平出し完了状態の写真を写真27に示す。

溝加工中の写真を写真28～31に示す。

溝加工後の写真を写真32～35に示す。



写真 2 6 専用工具を加工機械へ取り付けた姿

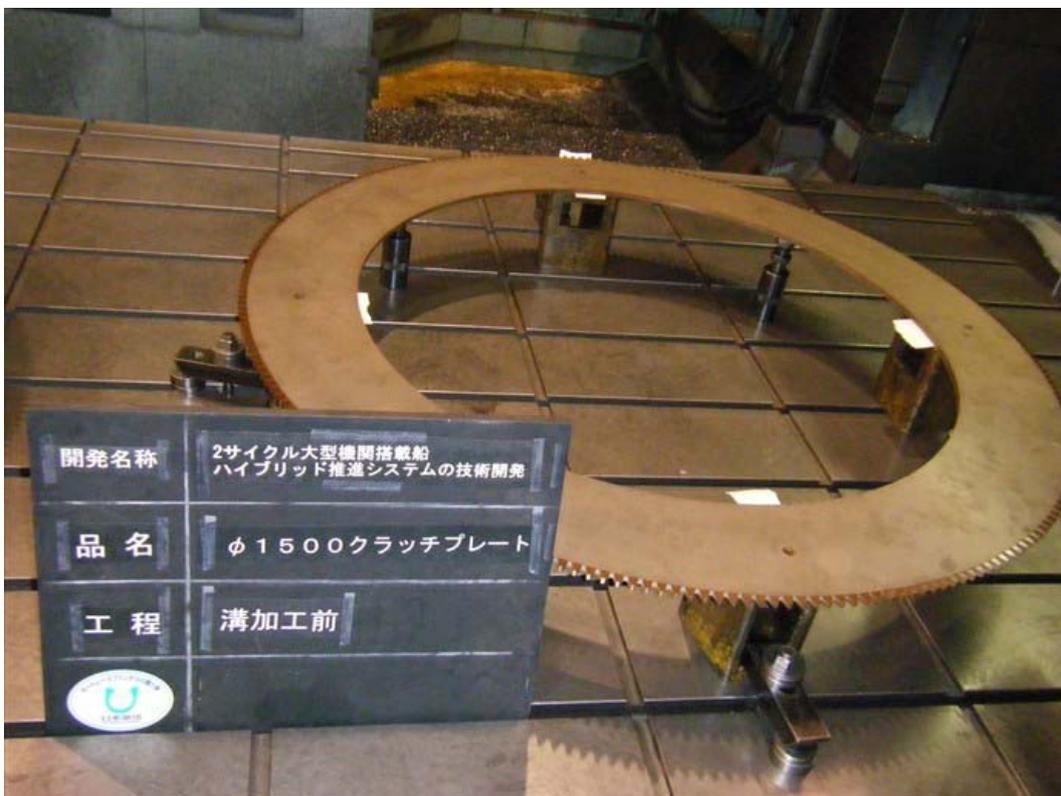


写真 2 7 溝加工前（水平出し完了状態）



写真 2 8 摩擦面への溝加工中

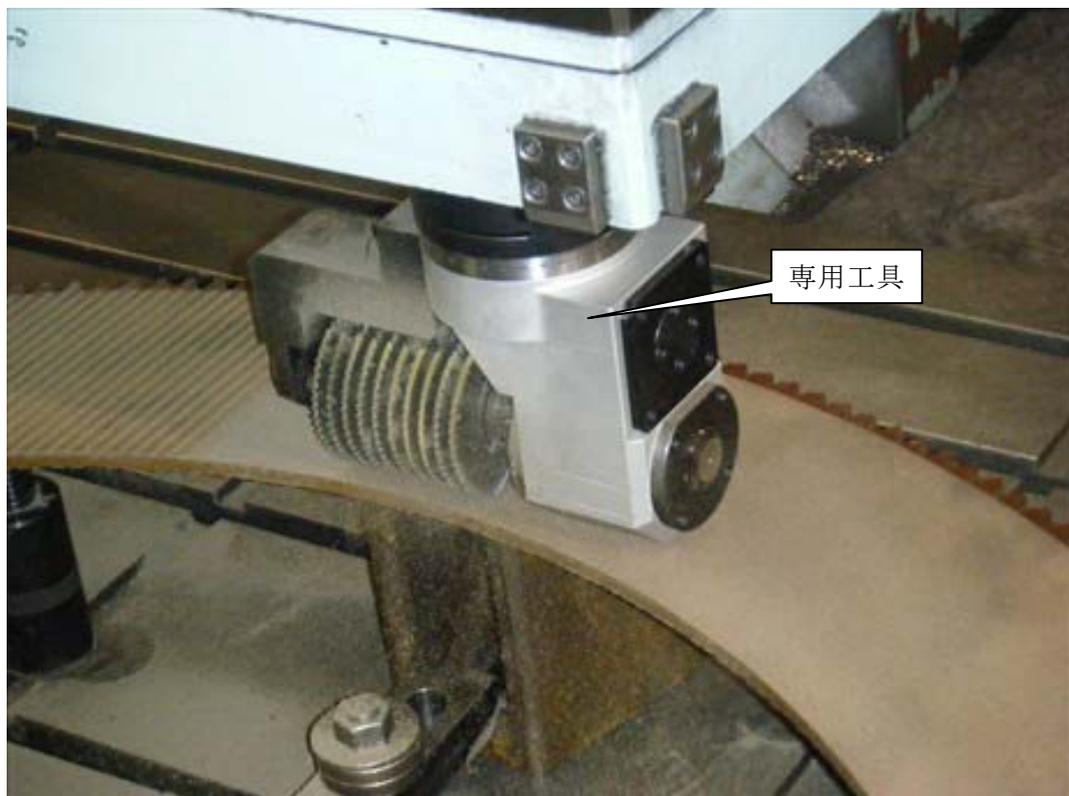


写真 2 9 摩擦面への溝加工中



写真 3 0 摩擦面への溝加工中（交差溝）



写真 3 1 摩擦面への溝加工中（交差溝拡大）

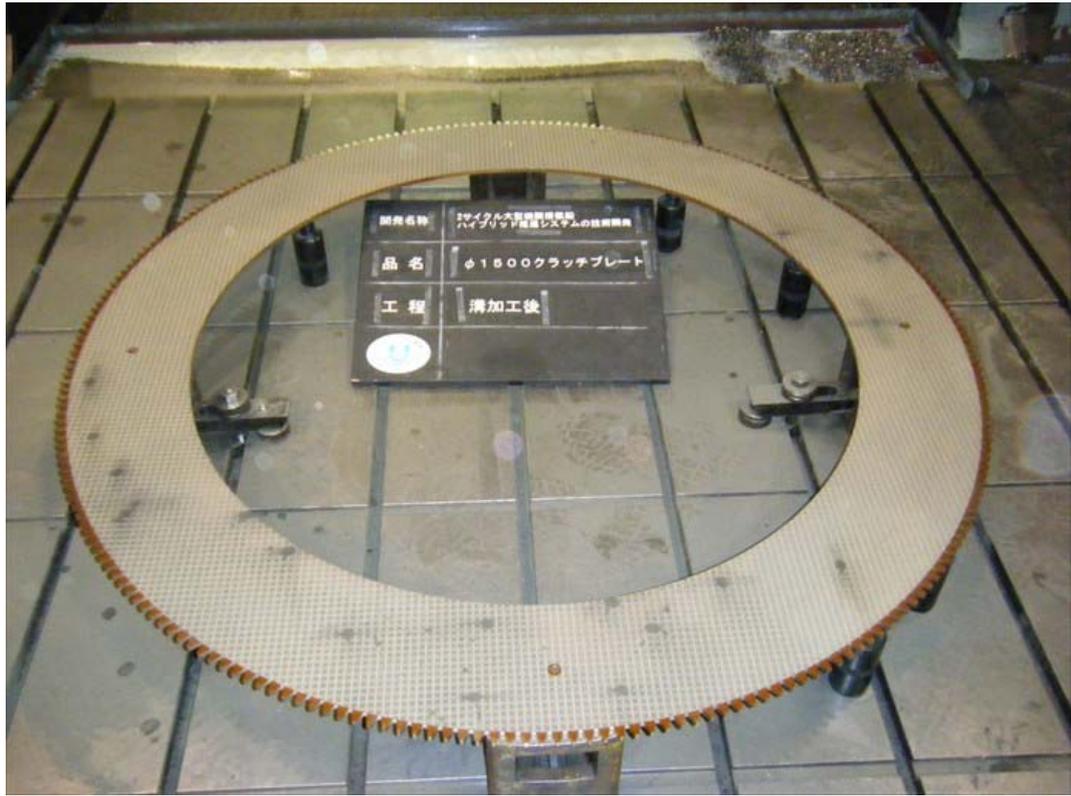


写真 3 2 溝加工後（全景）



写真 3 3 溝加工後（拡大）



写真 3 4 溝加工後（境界部）



写真 3 5 溝加工後（吊り用ネジ穴部）

3.3.5 φ1500、φ1100プレート完成姿

φ1500、φ1100の2サイズのセグメントタイプクラッチプレートを実際に製作し、製造が可能であることを確認した。

φ1500完成品の写真を写真36に示す。

φ1100完成品の写真を写真37に示す。

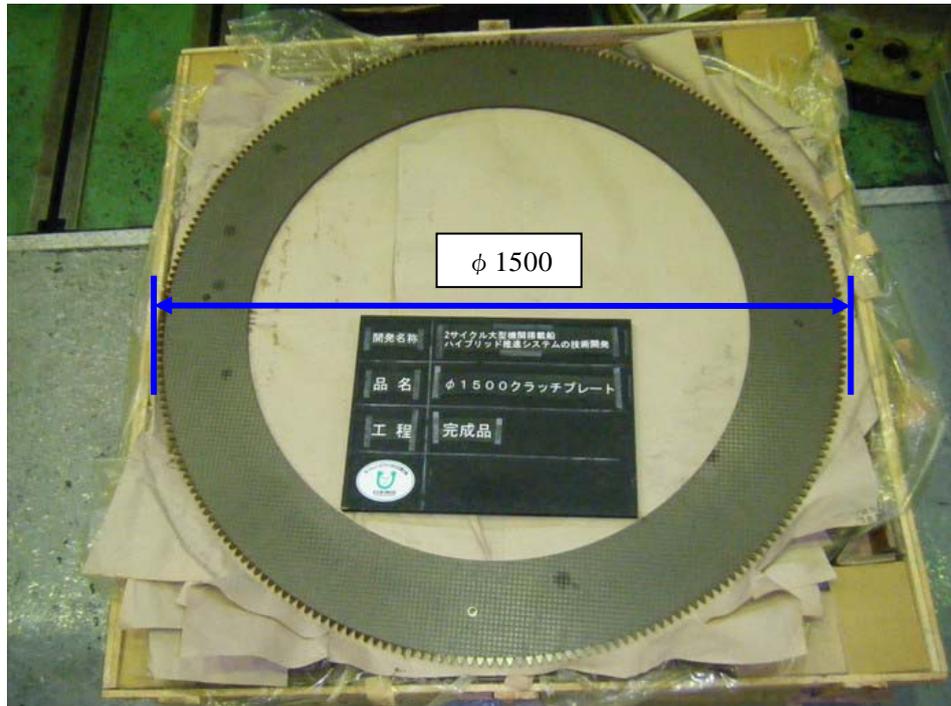


写真36 φ1500完成姿



写真37 φ1100完成姿

3.4 セグメントタイプクラッチプレートの基礎試験

3.4.1 製作したセグメントタイプクラッチプレートの精度測定結果

φ1500とφ1100の2種類のクラッチプレートの製造を行い、マイクロメータを用いて次の精度測定を行い、製作精度を確認した。

計測内容：各プレートで内周側と外周側の厚さと平面度を測定。

φ1500計測結果：表5

φ1100計測結果：表6

表5 φ1500計測結果

基準値 ^{※4}	11 ± 0.4		0.50以内	—
No.	最薄部厚さ	最厚部厚さ	平面度	判定
1	10.98	11.33	0.35	良
2	10.85	11.24	0.39	良
3	11.04	11.31	0.27	良
4	10.94	11.33	0.39	良
5	11.04	11.34	0.30	良
6	11.03	11.36	0.33	良
7	10.97	11.35	0.38	良

※4 従来からの実績品での経験を基に基準値を決定

表6 φ1100計測結果

基準値 ^{※5}	8.5 ± 0.1		0.35以内	—
No.	最薄部厚さ	最厚部厚さ	平面度	判定
1	8.52	8.58	0.10	良
2	8.52	8.57	0.15	良
3	8.53	8.60	0.10	良
4	8.55	8.57	0.10	良
5	8.55	8.58	0.15	良
6	8.55	8.58	0.10	良

※5 従来からの実績品での経験を基に基準値を決定

3.4.2 製作したセグメントタイプクラッチプレートの取付部強度の確認結果

セグメントタイプクラッチプレートの取付部強度の確認のために接着部の引張試験を実施し、接着部の強度確認を実施した。

① 試験方法

本開発で製作したセグメントタイプクラッチプレートを切断して製作した試験片（供試体）の摩擦材表面に任意の荷重を付与することが可能で、且つ、荷重が付与された状態で荷重に対して直角方向に引っ張ることが可能な試験装置を用いて引張試験を実施し、接着面の強度を確認した。

② 試験装置

試験装置の配置図を図4に示す。

試験装置の写真を写真38～43に示す。

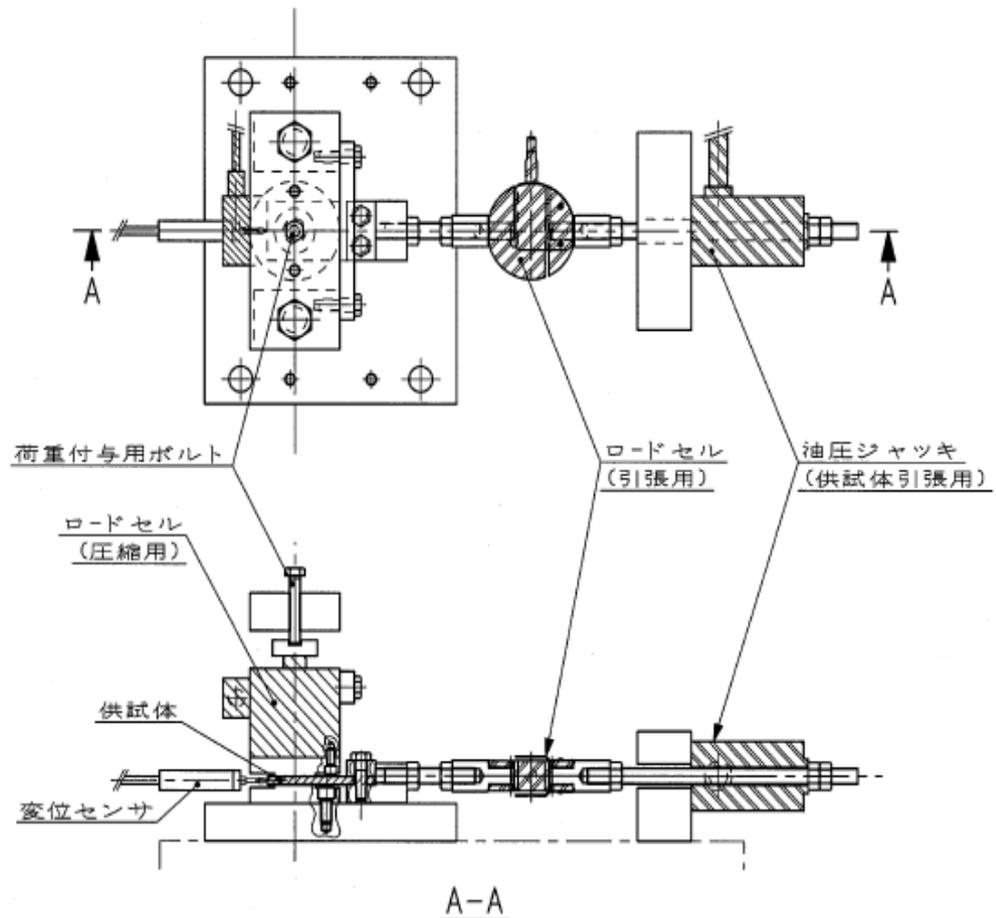


図4 引張試験装置配置図

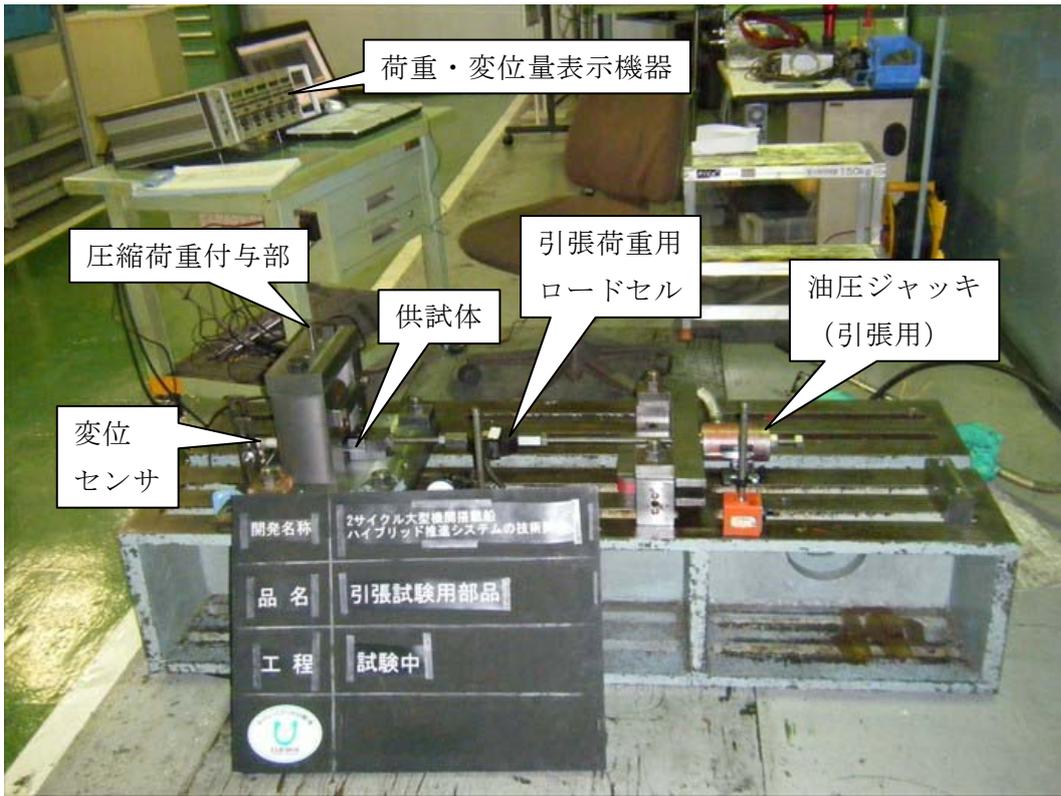


写真 3 8 引張試験装置 (計測機器を含む全景)



写真 3 9 引張試験装置 (装置部)

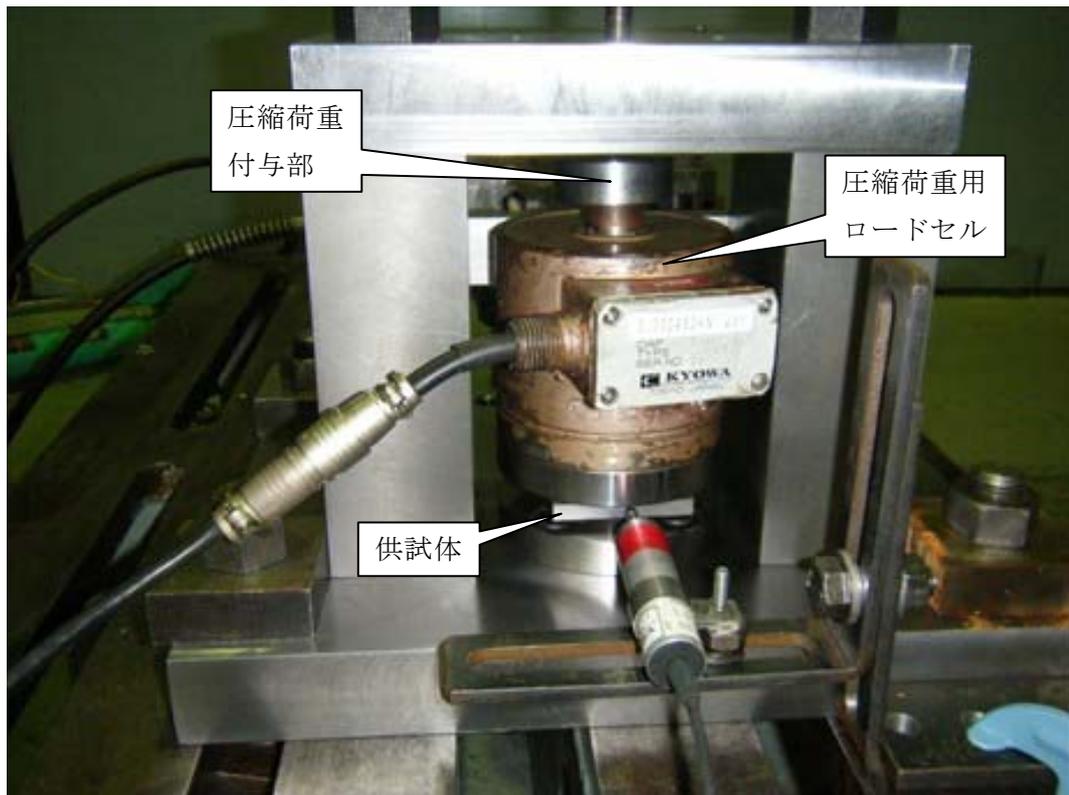


写真 4 0 引張試験装置（荷重付与部）

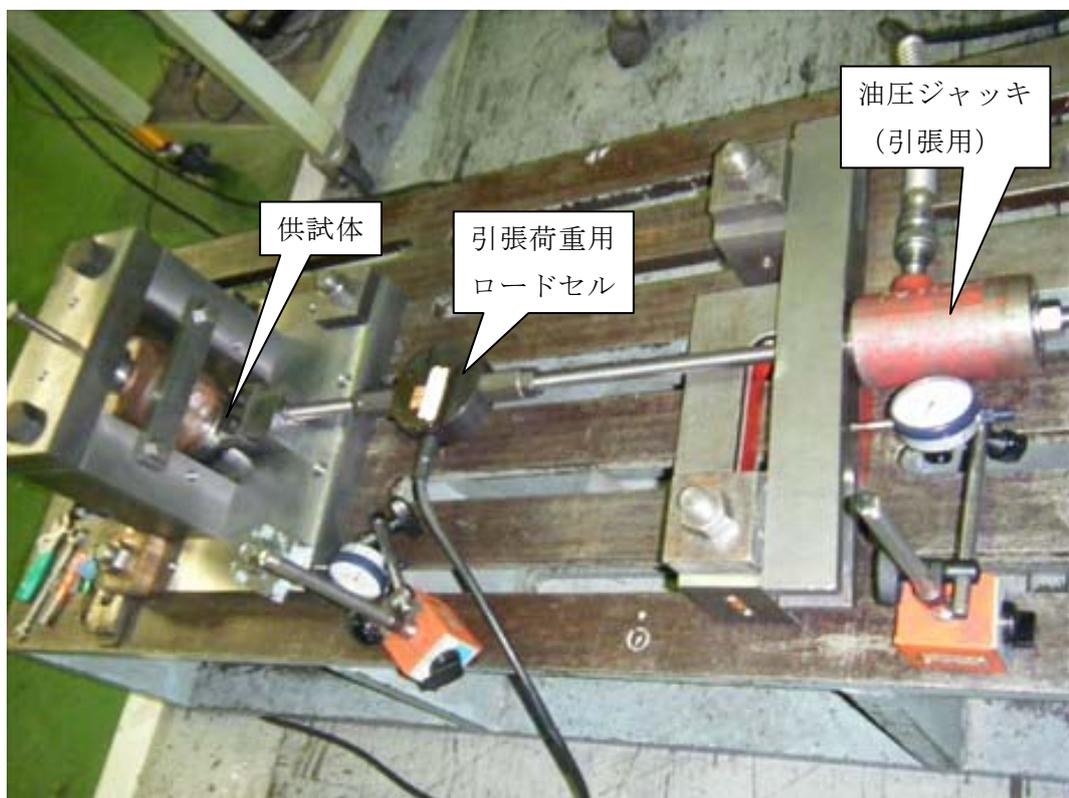


写真 4 1 引張試験装置（供試体引張部）

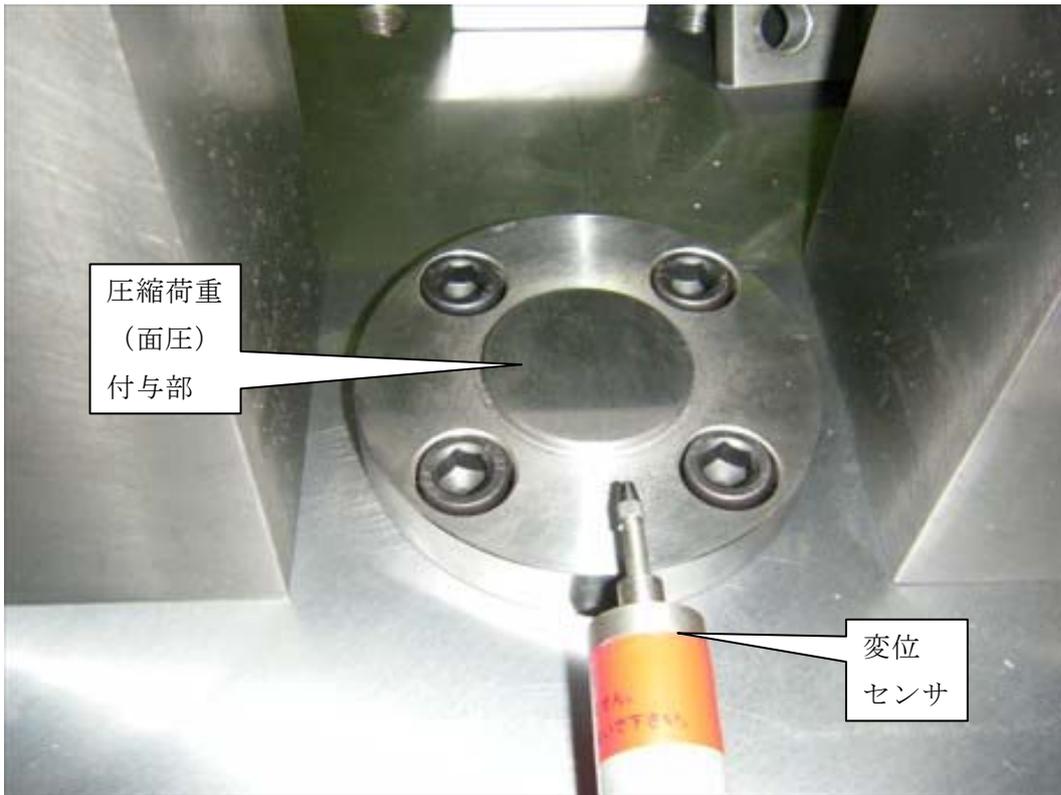


写真 4 2 引張試験装置 (供試体への荷重付与面)

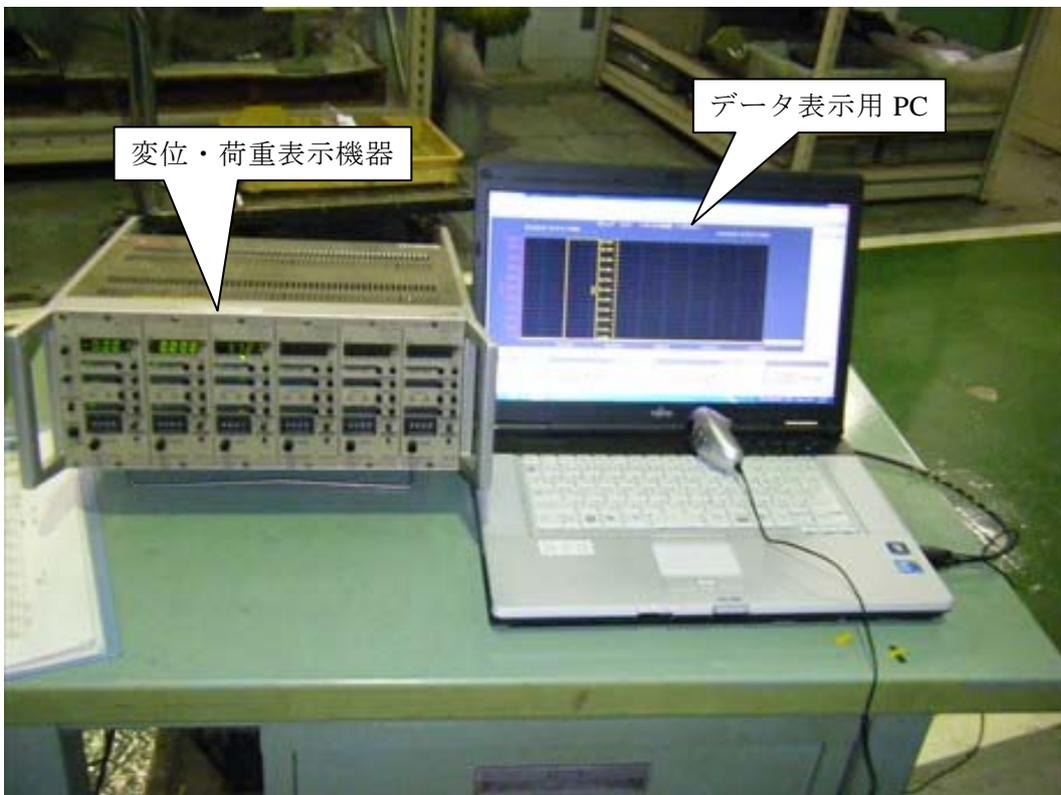


写真 4 3 引張試験装置 (荷重・変位置量表示部)

③ 試験条件および結果

試験は荷重付与用ボルトにより摩擦面に通常設計値の約86～200%の面圧を付与した状態で供試体を強制移動させた時の摩擦材接着面に剥離が発生するか否かを確認した結果を表7に示す。

表7 付与面圧を変化させた時の摩擦材接着面での剥離の有無

荷重条件	付与面圧 通常設計面圧	摩擦材接着面での 剥離の有無
1	0.86	無し
2	1.00	無し
3	1.14	無し
4	1.29	無し
5	1.43	無し
6	1.57	無し
7	1.71	無し
8	1.86	無し
9	2.00	無し

上表のように通常時の設計面圧に対し、2倍の面圧が付与している状態で強制的に移動させた場合にも接着面に剥離が発生していないことから、接着面の強度は十分に確保されていることを確認した。

供試体の写真を写真44～47に示す。

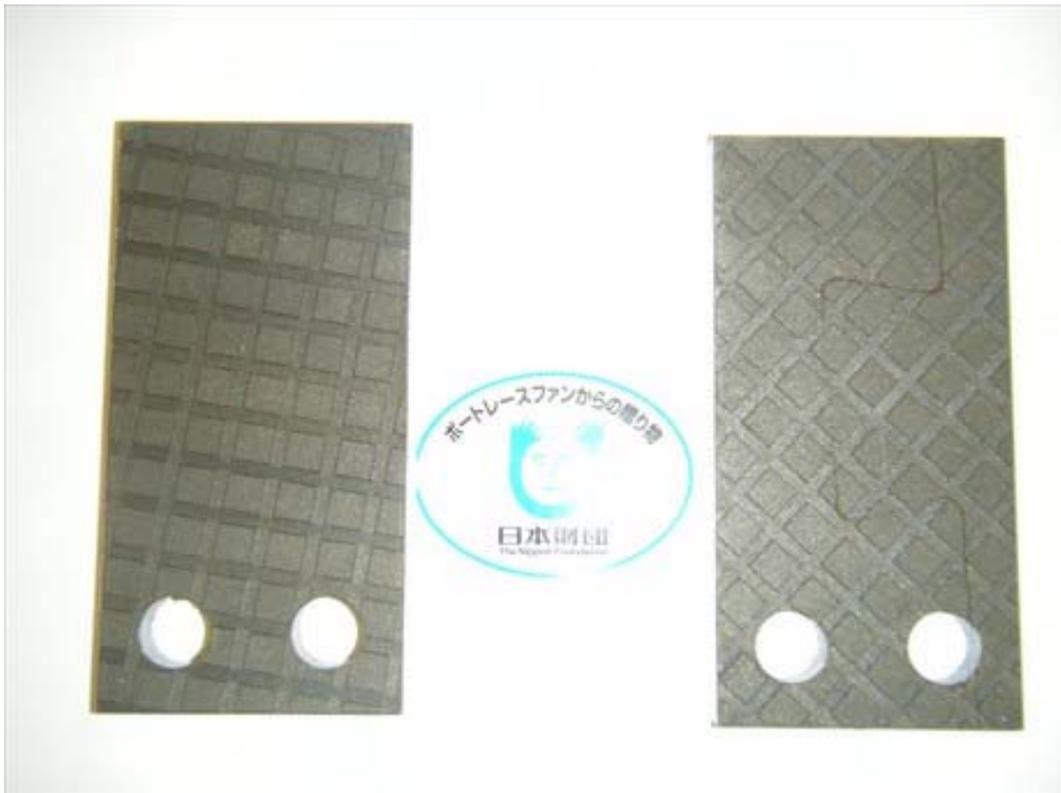


写真 4 4 引張試験用供試体

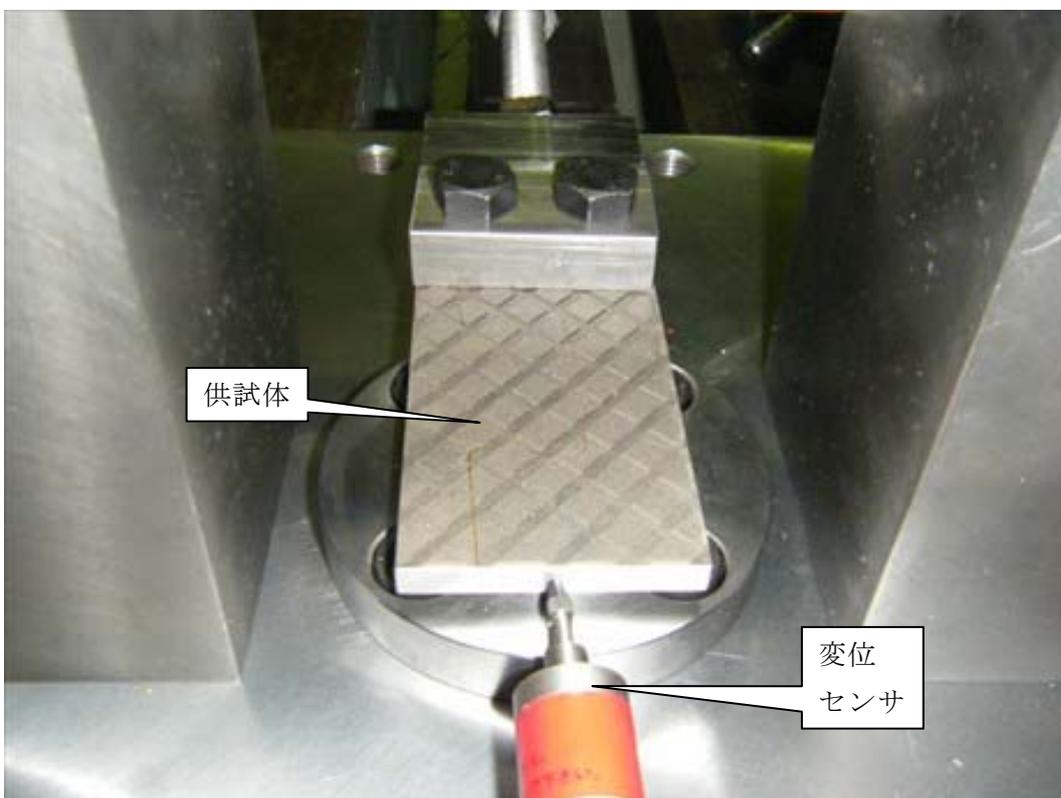


写真 4 5 引張試験装置（供試体設置姿）



写真46 供試体（100%設計面圧付与後）



写真47 供試体（200%設計面圧付与後）

3.4.3 クラッチシール装置の単独試験

クラッチ作動油ラインのシール装置としてメタルシール装置の設計、製造、試験を実施した。

① 試験方法

クラッチ装置において採用するシール装置の約 1 / 6 スケールダウン品を製作し、クリアランス・試験油供給圧力を変化させた時の排油量を計測し、シール装置の性能を確認する。

② 試験装置

試験装置の構造を図 5 に示す。

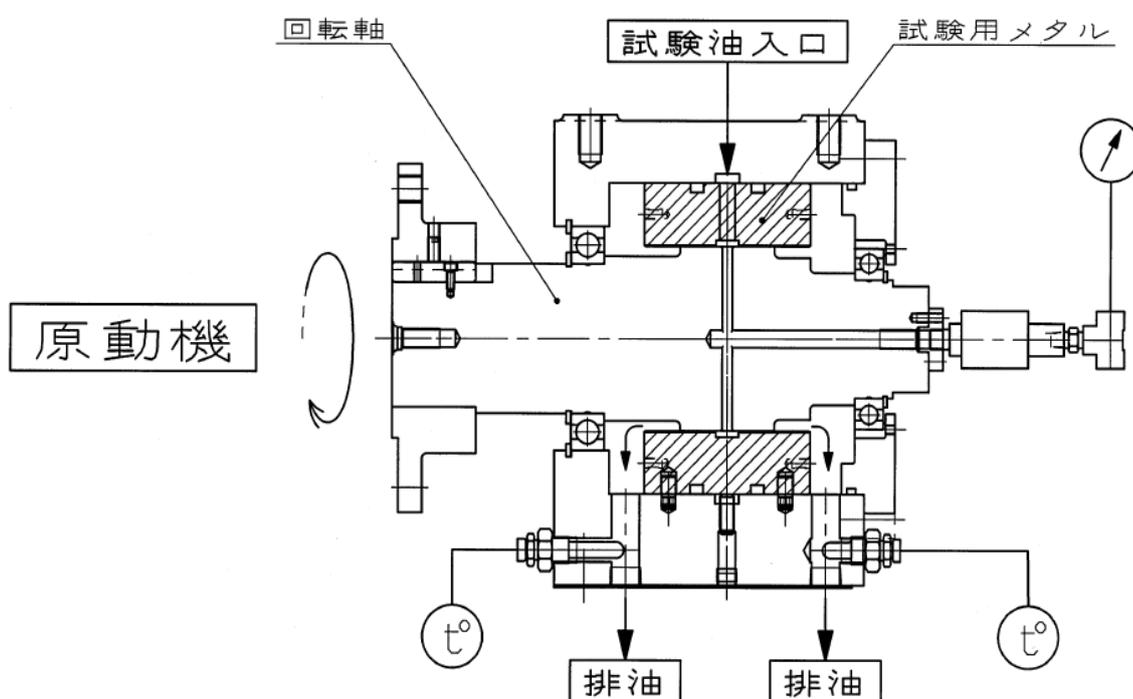


図 5 シール装置の構造

③ 事前検討結果

試験計画時の検討結果と試験での実測結果を図 6 に示す。

試験条件

シール部周速 : 製品と同等 (各条件で同一)

使用油種 : 製品と同等 (各条件で同一)

試験油供給温度 : 製品と同等 (各条件で同一)

試験油入口油圧 : 条件①、条件②、条件③と変化

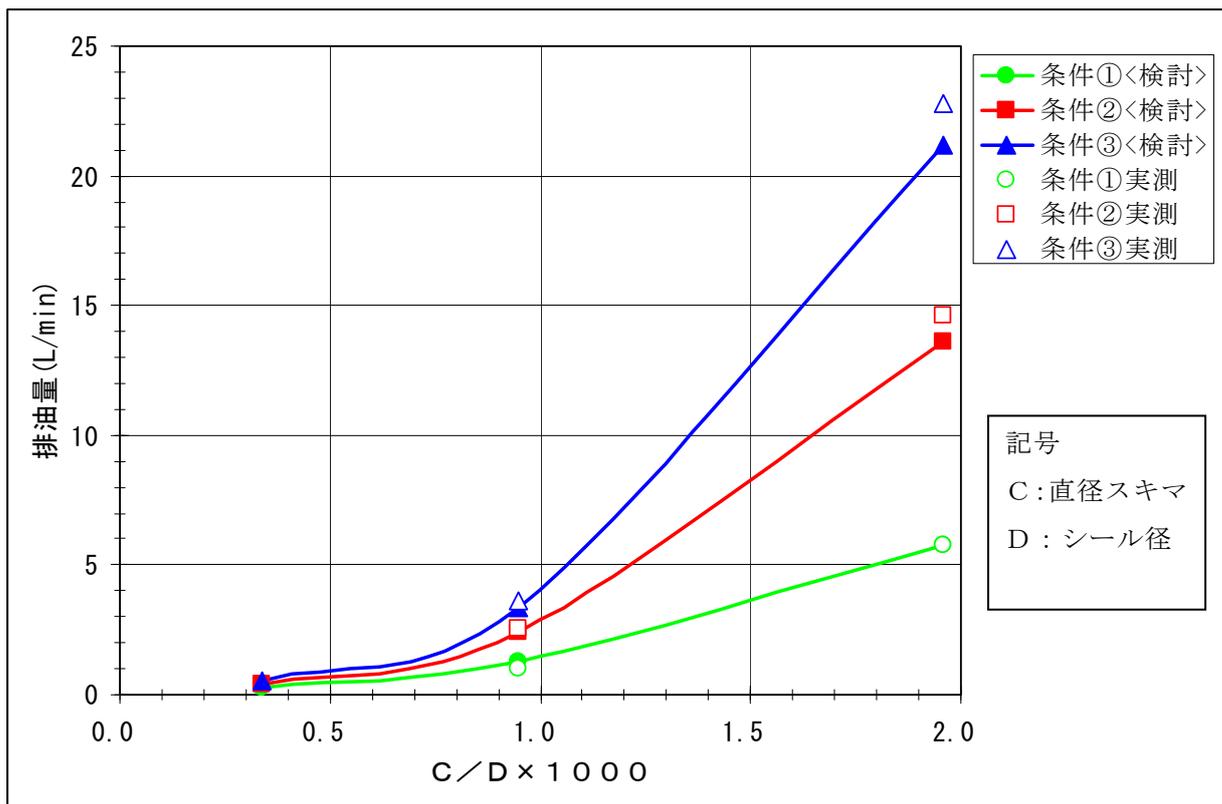


図6 シール装置の各パラメータと流出油量の関係

④ 試験結果

試験結果は検討値と実測値で大きな乖離はなかった。

本結果よりシール装置の設計手法の検証ができたので、製品で使用するシール装置の設計に適用することが可能となった。

以下にクラッチシール装置の単独試験に関する写真を示す。

シール試験用メタルの写真を写真48示す。

シール試験用回転体およびメタル組立姿の写真を写真49に示す。

シール試験中の装置姿を写真50に示す。

シール試験中の排油の様子を写真51に示す。



写真48 シール試験用メタル

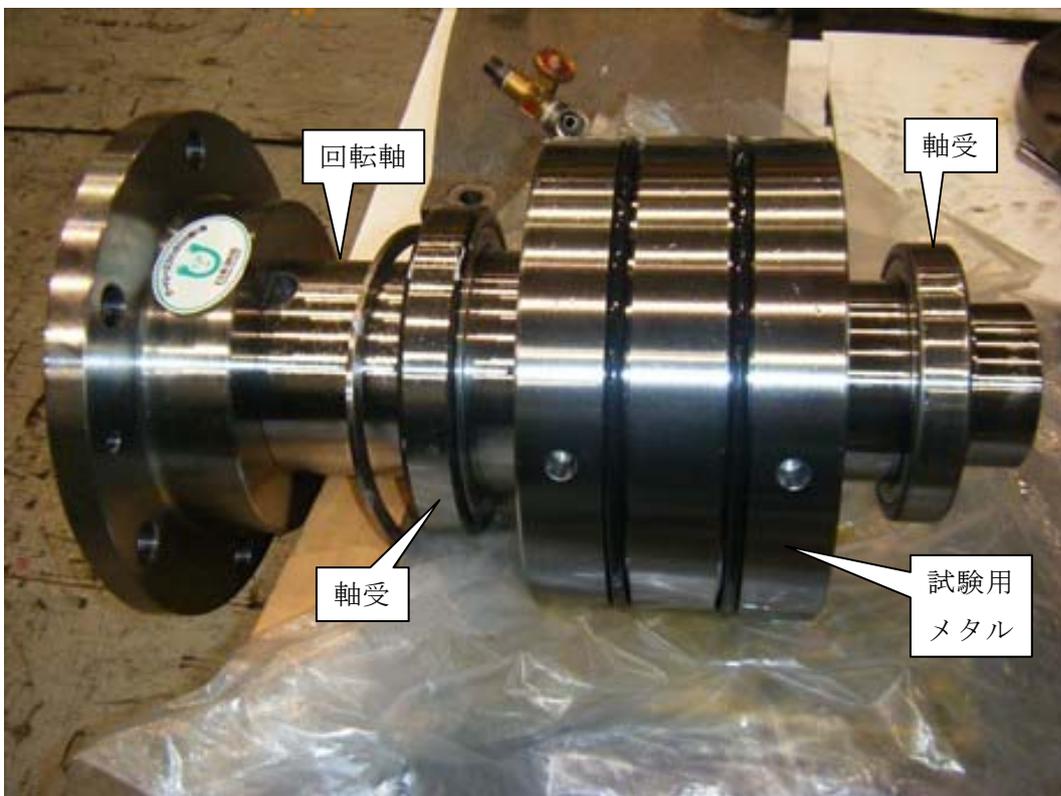


写真49 シール試験用回転体およびメタル組立姿

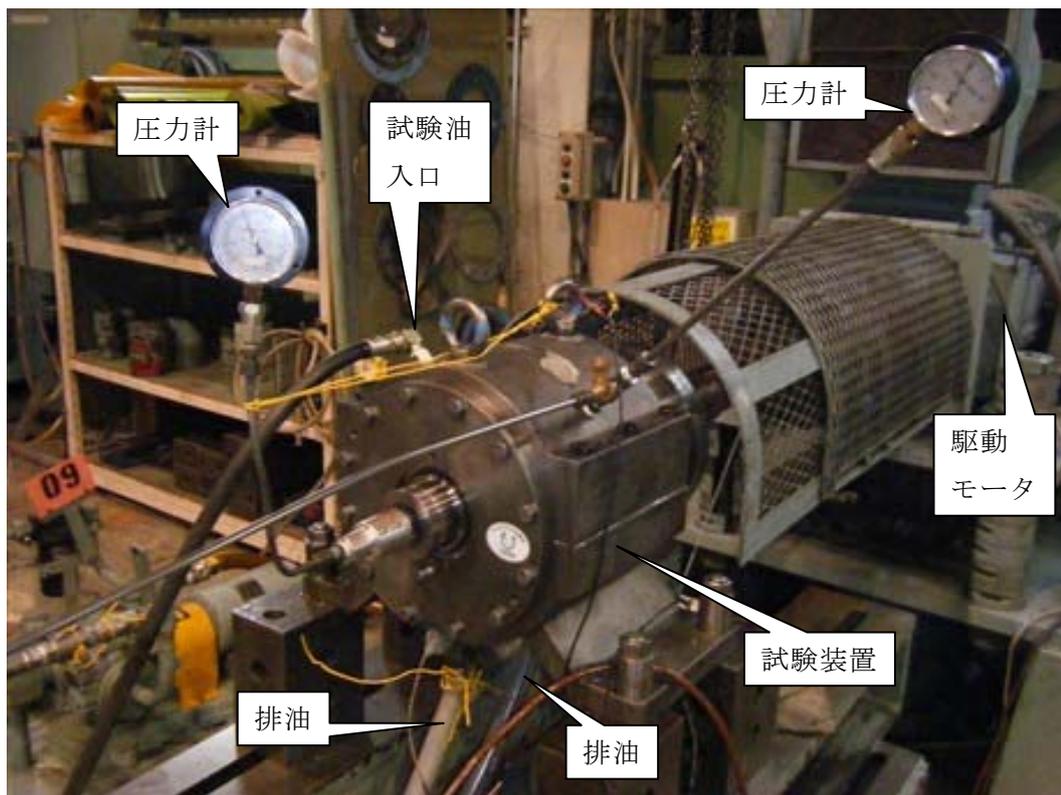


写真 5 0 シール試験中の装置姿

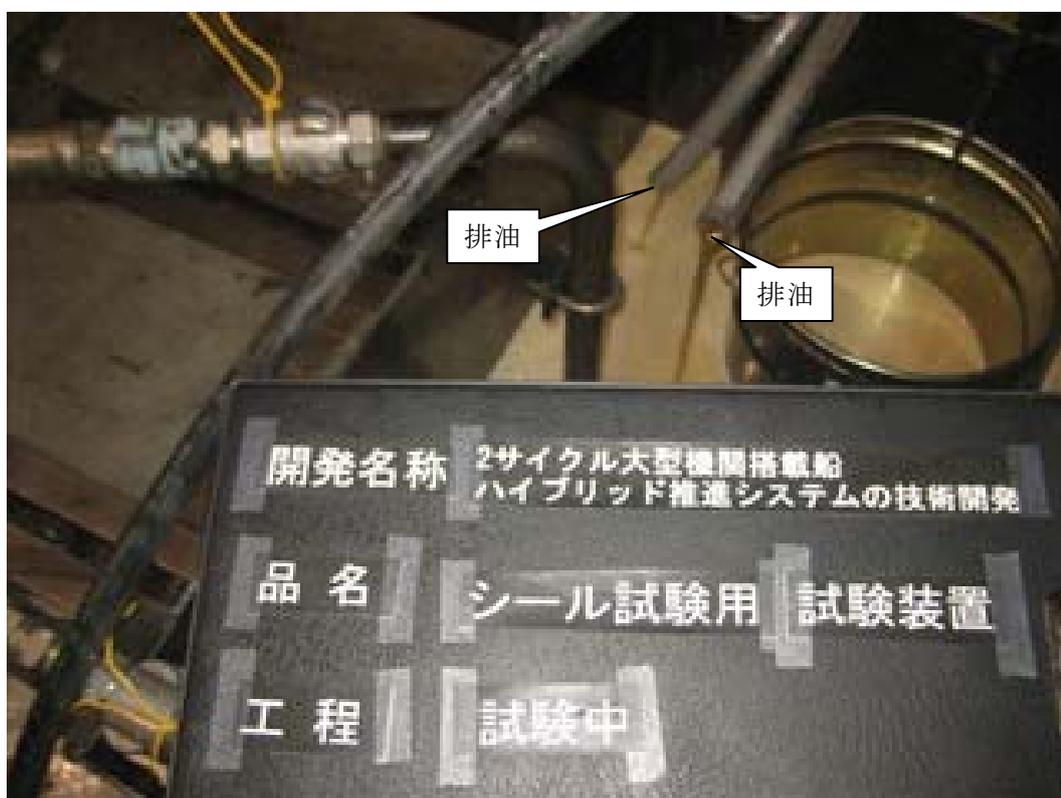


写真 5 1 シール試験中の排油の様子

3.5 試験装置の設計

平成24年度に実施する基礎試験用装置（クラッチ装置）の設計を行った。
試験装置の設計仕様を表8に示す。

表8 試験装置設計動力

No.	部位	設計仕様
1	クラッチ部	最大伝達動力：20,000kW×80min ⁻¹ （243,500kgf・m）
2	入出力軸取合部	最大伝達動力：1,000kW×80min ⁻¹ （12,180kgf・m）

本装置は開発する製品と同一のクラッチプレートを使用した負荷試験、嵌脱試験を実施可能な構造とし、セグメント固定部の強度確認、嵌入特性、摩擦係数測定等の試験を行う。

試験装置の外形図を図7、断面構造図を図8、3Dモデル図を図9に示す。

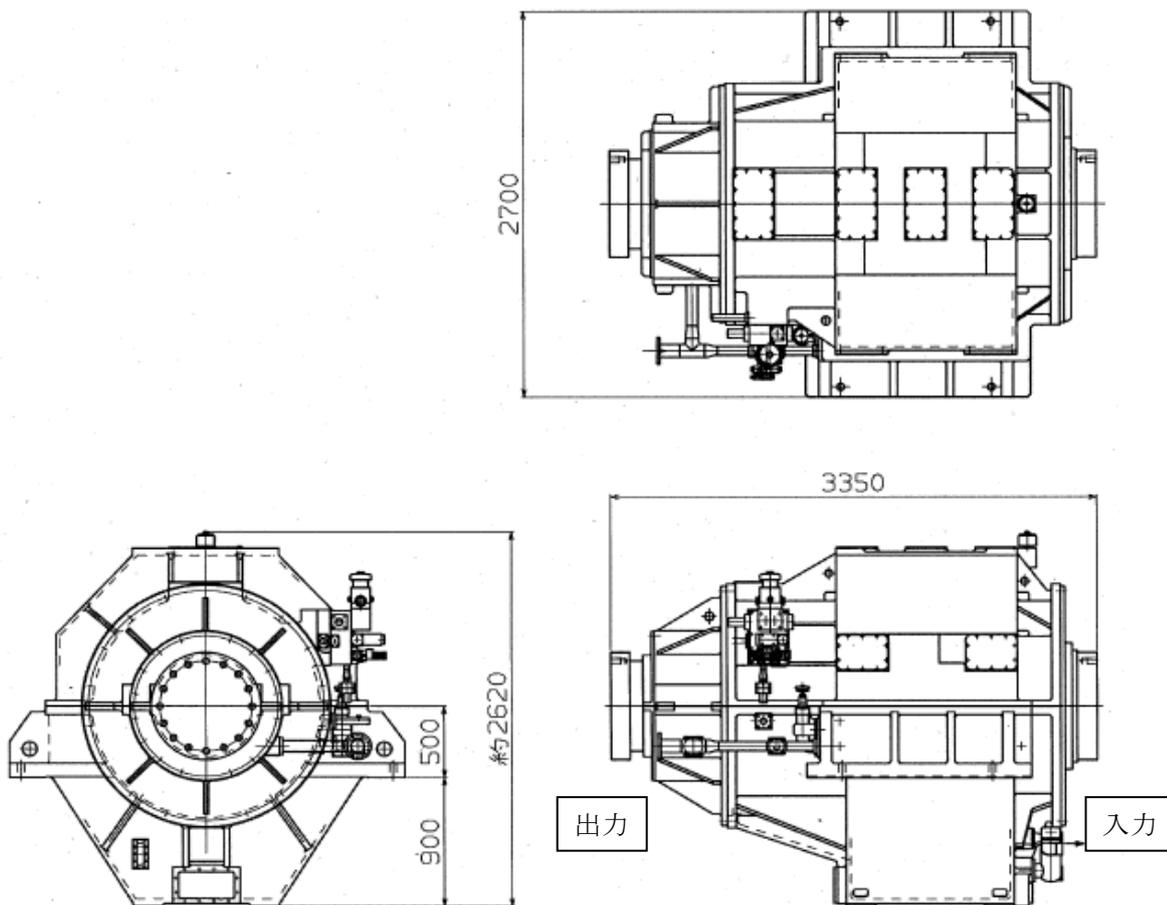


図7 試験装置外形図

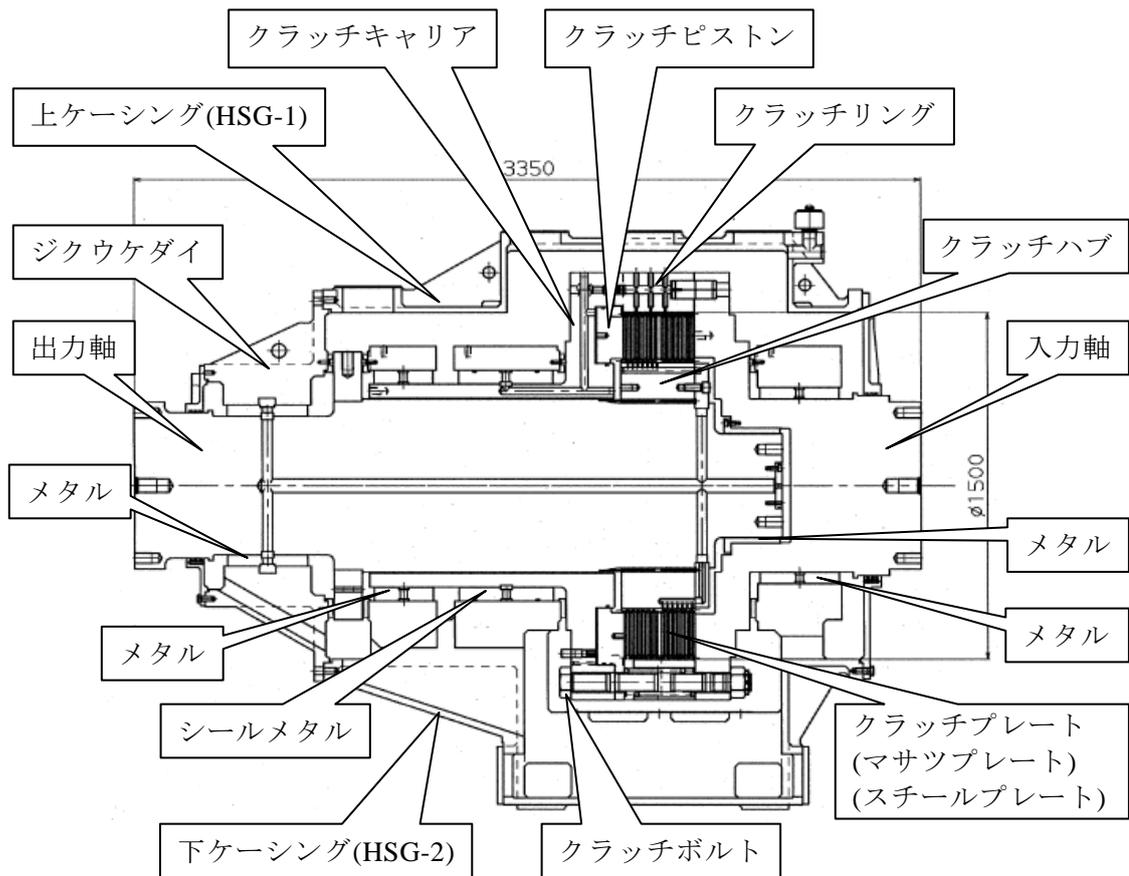


図8 試験装置断面構造図（鉛直方向）

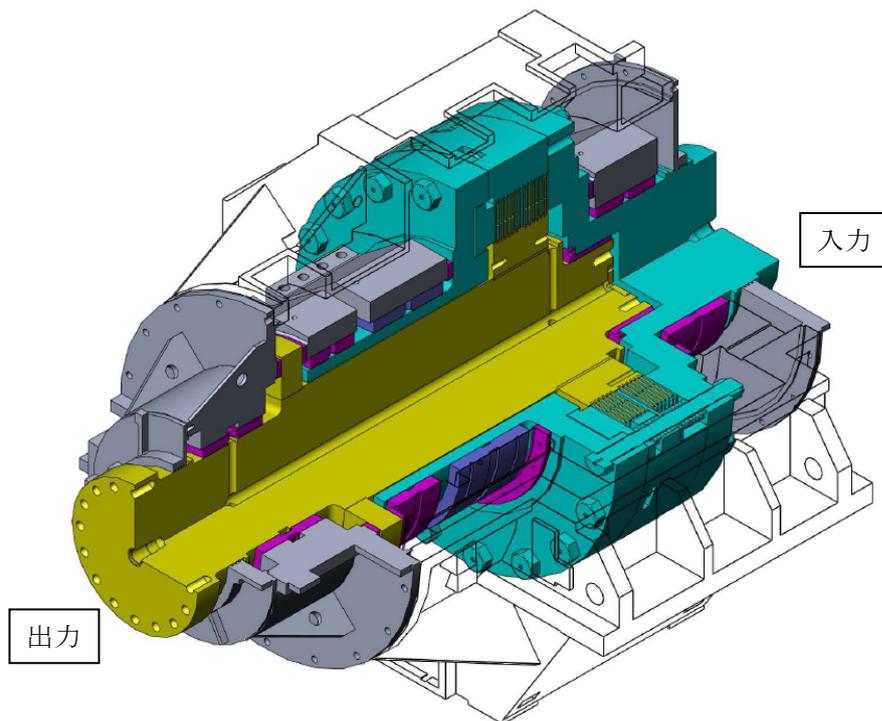


図9 試験装置3Dモデル図

3.5.1 クラッチ部の強度確認

クラッチ部はクラッチキャリアと入力軸にクラッチ作動油圧による軸方向力が作用する。この軸方向力をクラッチボルトの締付力により押さえることになるが、クラッチキャリアと入力軸のフランジ部の変形量を把握し、適切なスラスト隙間を設計する必要がある。当該部の設計にあたり、必要なボルト締付力とフランジ部の変形量をFEM解析で確認し、クラッチボルトのサイズ（M80×6.0）とフランジ部の形状を決定した。

FEM結果を図10に示す。

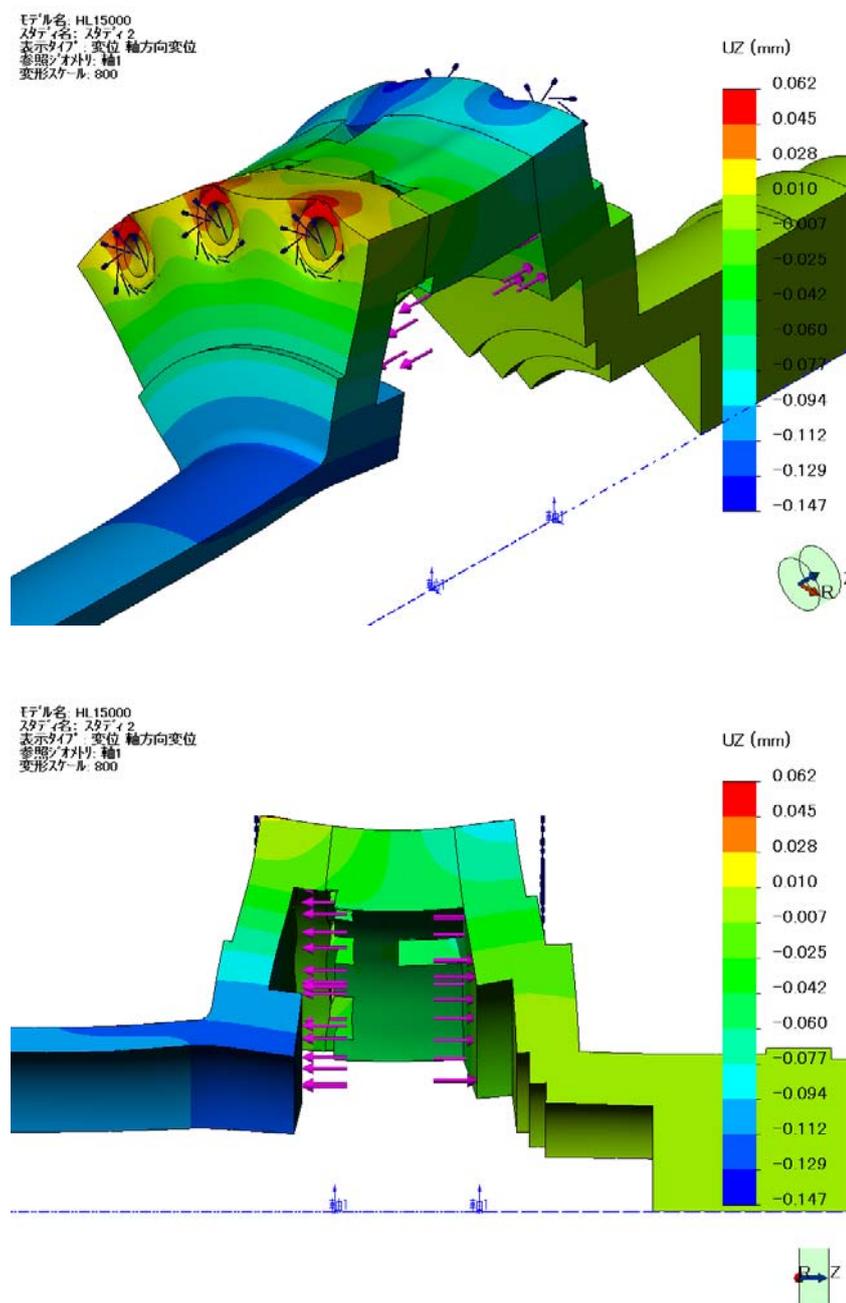


図10 クラッチ部のFEM解析結果

3.5.2 シールメタルの設計

3.4.3 で述べた単体メタルシール装置での試験結果を基に、クラッチ試験装置用のシールメタルの設計を行った。

表9 シールメタル設計値

No.	項 目	設 計 仕 様
1	使用油	SAE # 30
2	供給油温	45°C
3	L/D	0.45
4	C/D×1000 値	0.4 (0.3~0.5)
5	メタル面圧	0.02 MPa
6	メタル周速	3.7 m/s
7	計算流出量	45±15 L/min

表9での使用用語

C：メタルの直径隙間

D：メタル径

L：メタル長さ（全幅）

4. 平成24年度事業の内容と成果

4.1 試験装置（クラッチ装置）の製作

平成23年度事業で設計した試験装置の製作を行った。

4.1.1 構成部品の実績超過項目

本試験装置は表10に記載する構成部品において従来の製作実績を大幅に超過する項目があり、個別の検討を行った。

表10 製作実績超過項目

No.	部品名称	超過項目	開発仕様 (実績超過内容)	実施 年度
1	クラッチプレート (マサツプレート) (スチールプレート)	外径	φ1500 (マサツプレート)	23 年度
2	入力軸 クラッチリング クラッチキャリア	外径	外径：φ1850	24 年度
3	クラッチ ボルト	ネジサイズ	M80×6.0	24 年度
4	シールメタル	メタル径	実績最大に対し 146%	24 年度

1) クラッチプレート

本試験で使用するクラッチプレート（マサツプレート）は平成23年度に開発したセグメントタイプクラッチプレートを使用した。

また、マサツプレートと組み合わせて使用するスチールプレートはマサツプレートの開発時の経験を基に同様の手法で製作を行った。

以下に製作したクラッチプレートの写真を示す。

クラッチプレート（マサツプレート）の写真を写真52示す。

スチールプレートの写真を写真53に示す。

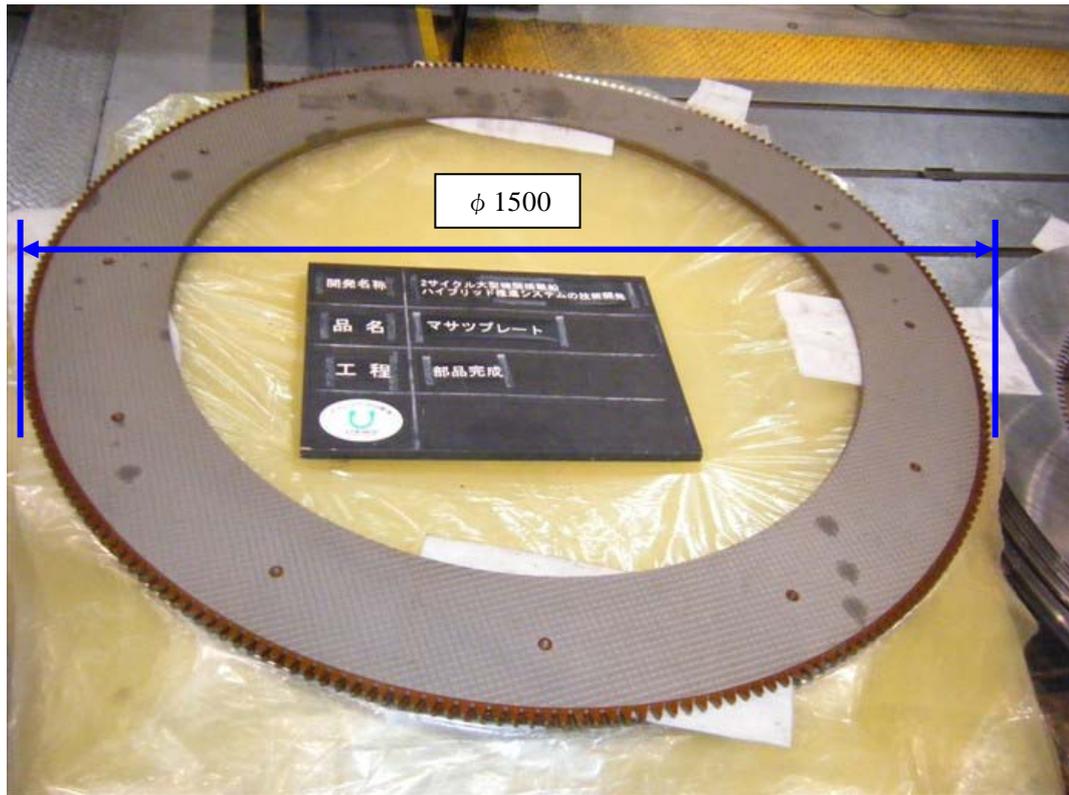


写真5 2 クラッチプレート (マサツプレート)

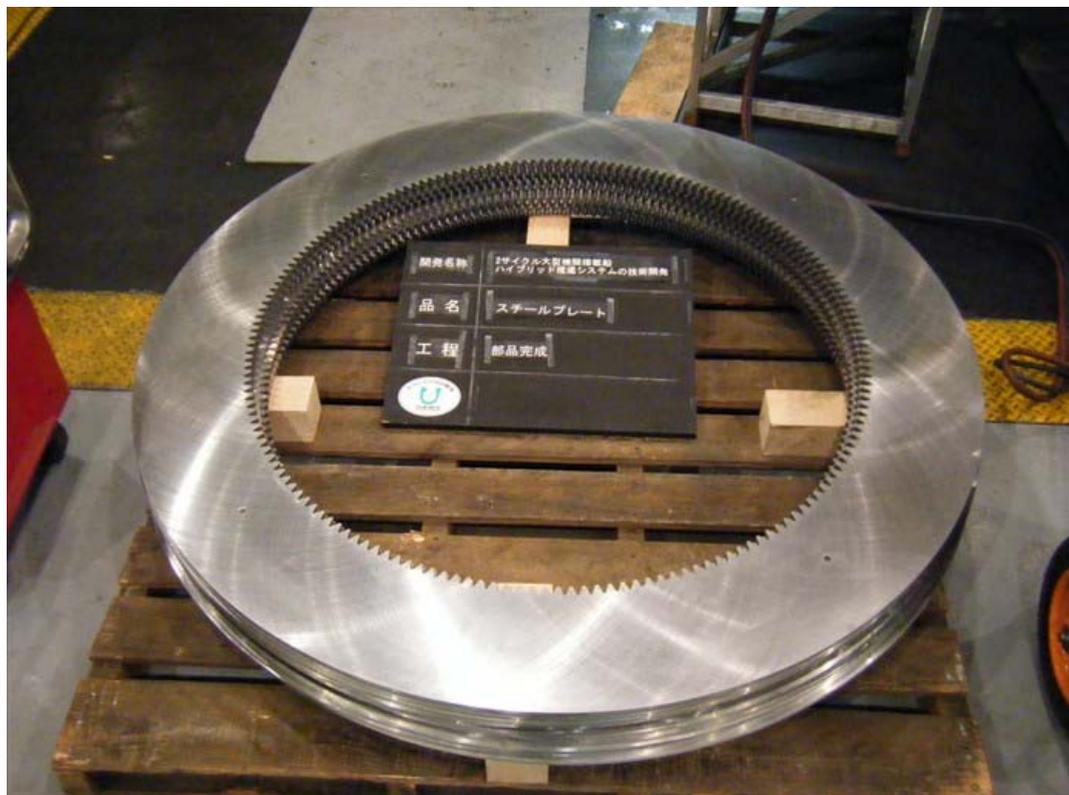


写真5 3 スチールプレート

2) 入力軸、クラッチリング、クラッチキャリア

本試験装置で使用する入力軸、クラッチリング、クラッチキャリアは外径がφ1850と大きく、3部品の組立時全長も約2350mmと長く、従来の製作実績最大（外径φ1014、全長約1200mm）を超過した。

入力軸とクラッチキャリアには軸受（メタル）の支持部があるため、3部品を組み合わせた状態で内外径加工を実施した後に、ロックピン用のリーマ加工を共加工し、軸受部他の同心度の再現性を確保することが望ましいが、当該サイズでは加工時の仮組立（芯出し）作業時の作業性とリーマ穴明け加工が可能な機械を保有していない問題が判明した。

そのため、仮組立作業の廃止について検討し、マシニングセンタ加工での穴明け加工であれば、工作機械で決定される位置精度により、設計上の要求位置精度を確保することが可能と判明したため、各部品を単品でロックピン用のリーマ穴明け加工までを行い製作した。

以下に製作した部品の写真を示す。

入力軸の写真を写真54示す。

クラッチリングの写真を写真55に示す。

クラッチキャリアの写真を写真56に示す。



写真54 入力軸（IPジク）



写真55 クラッチリング (CLリング)



写真56 クラッチキャリア

3) クラッチボルト

本試験装置で使用するクラッチボルトは3.5.1項での検討結果より、必要ネジサイズはM80×6.0となり、従来の製作実績最大(M42×4.5)を超過した。そのため、社内では当該ボルトを規定トルクで締め付けることが可能な工具を所有しておらず、工具の選定を行った。

①ソケット型油圧トルクレンチ

高い油圧(最大80MPa)を動力として大きなトルクをかけることが可能なトルクレンチで付与油圧の設定により正確なトルク管理が可能。また、ソケットレンチタイプのため、ソケットを交換することで、様々なボルトを締め付け可能。但し、反力受けが必要。

②油圧テンショナー(ボルトテンショナー)

高い油圧(最大80MPa)を動力としてボルトに軸力を付与しボルトの伸び量により締め付トルクを管理することが可能な工具。反力受けは不要だが、ボルトサイズ毎に工具の準備が必要。

クラッチボルトのサイズはクラッチサイズにより異なるため、ソケットの交換だけで異なるサイズのボルトを締め付可能な①ソケット型油圧トルクレンチを採用した。

以下に製作した部品および使用工具、ボルト締め作業中の写真を示す。

クラッチボルト(CLボルト)の写真を写真57示す。

ソケット型油圧トルクレンチの写真を写真58に示す。

クラッチボルト締め作業中の写真を写真59に示す。



写真57 クラッチボルト(CLボルト)

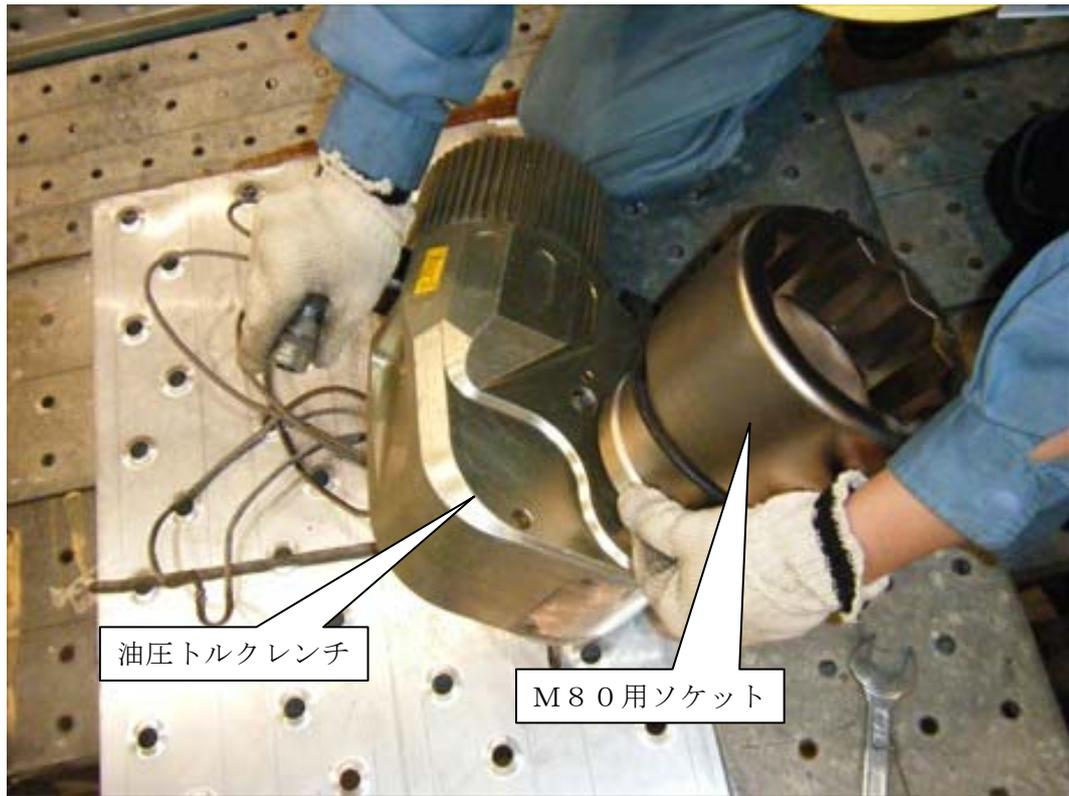


写真58 ソケット型油圧トルクレンチ

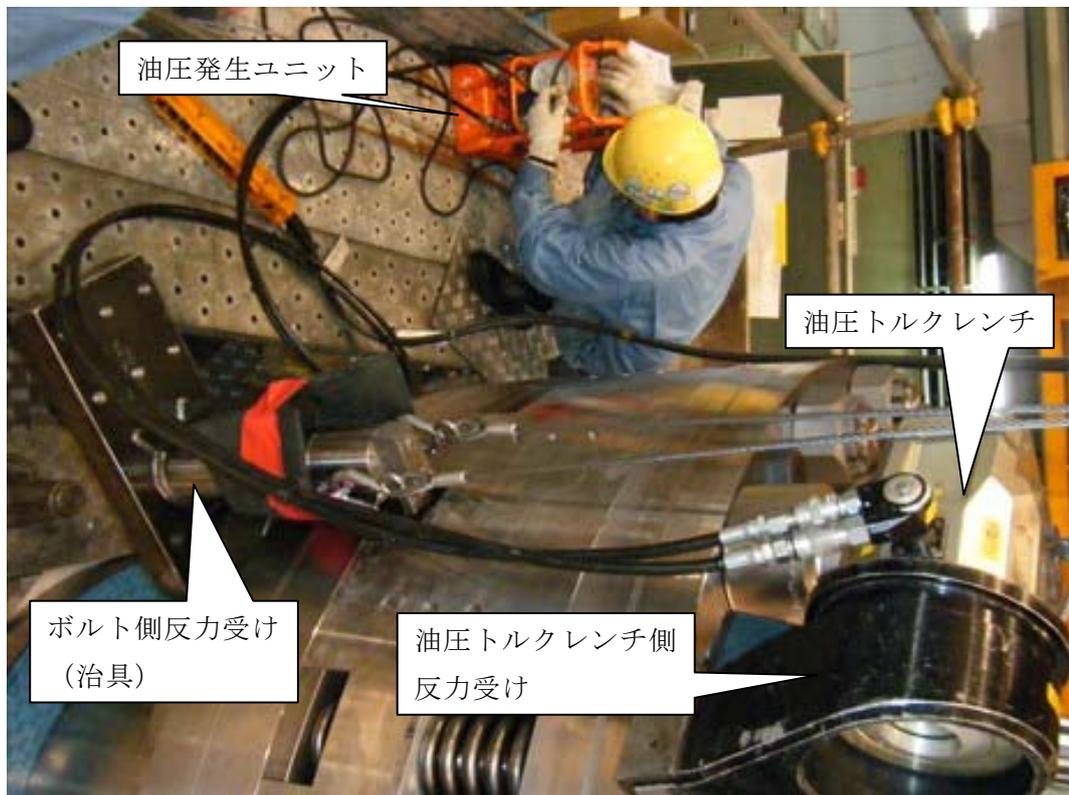


写真59 クラッチボルト締付作業中

4) シールメタル

本試験装置で使用するシールメタルは3.5.2項で設計したものを製作した。
製作したシールメタルの写真を写真60示す。



写真60 シールメタル（メタルA）

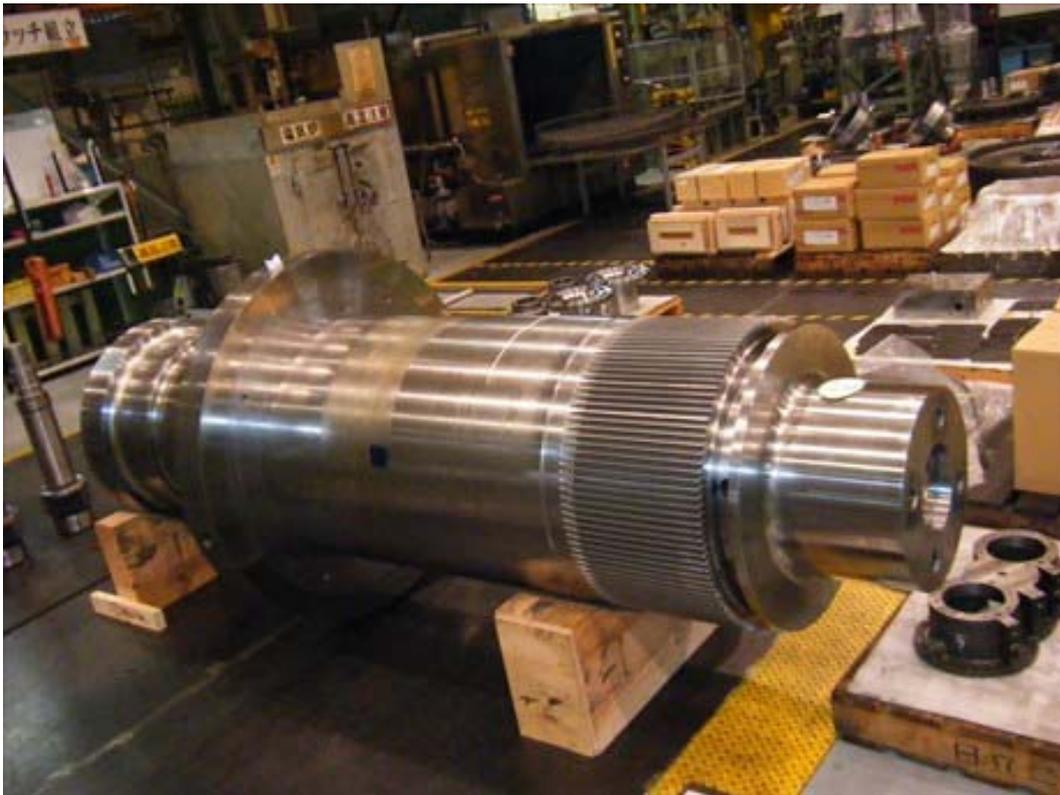


写真 6 1 出力軸単品



写真 6 2 出力軸の組立用木枠への設置



写真6 3 クラッチキャリアへのクラッチピストンを組み込み



写真6 4 クラッチリングの組み込み



写真 6 5 クラッチキャリア～クラッチリングを出力軸へ組み込み①



写真 6 6 クラッチキャリア～クラッチリングを出力軸へ組み込み②

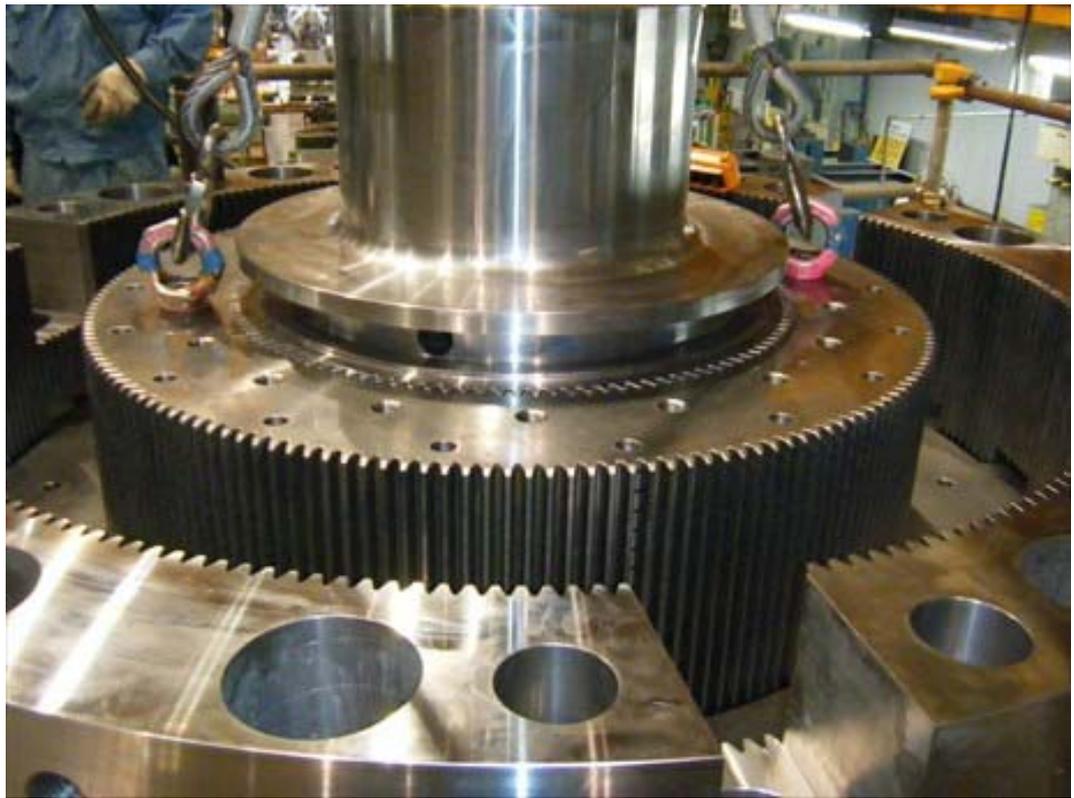


写真 6 7 クラッチハブの組み込み



写真 6 8 クラッチプレート（マサツプレート）組み込み



写真 6 9 クラッチプレート（スチールプレート）組み込み



写真 7 0 クラッチプレート組み込み完了姿



写真 7 1 入力軸組み込み



写真 7 2 クラッチボルト締付完了姿



写真 7 3 内部回転体の反転作業完了姿

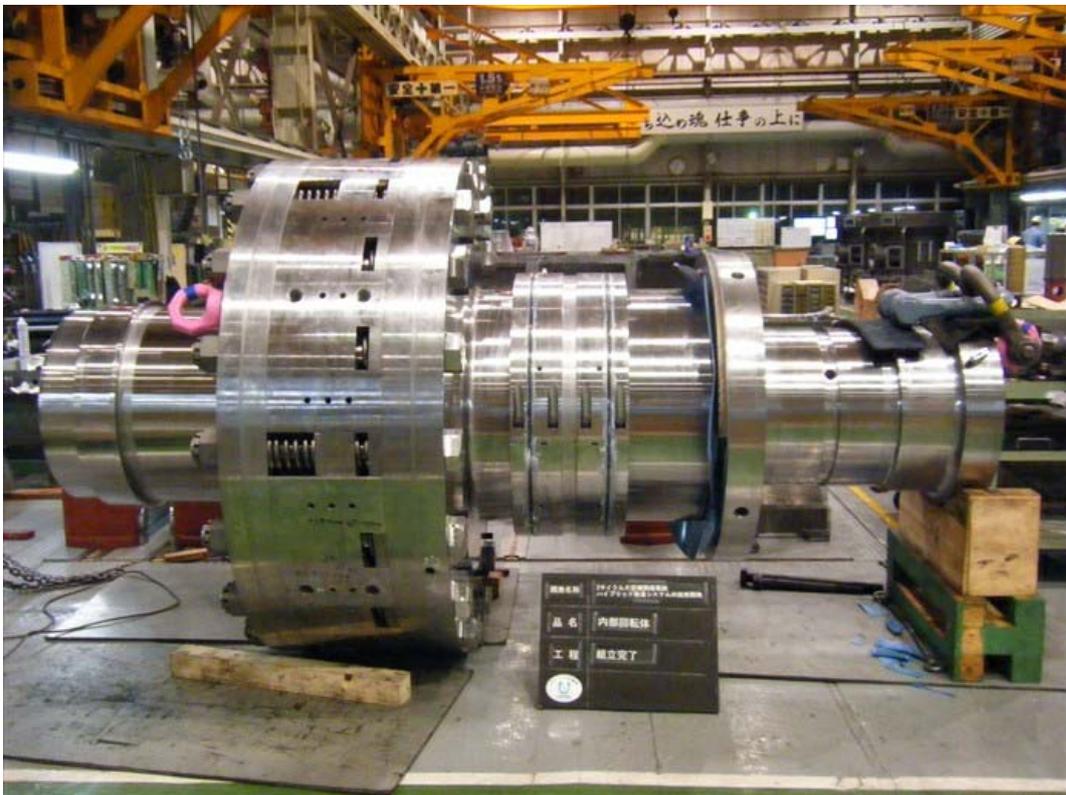


写真 7 4 内部回転体組立完了姿



写真 7 5 内部回転体の下ケーシング (HSG-2) への組み込み中



写真 7 6 内部回転体の下ケーシング (HSG-2) への組み込み完了

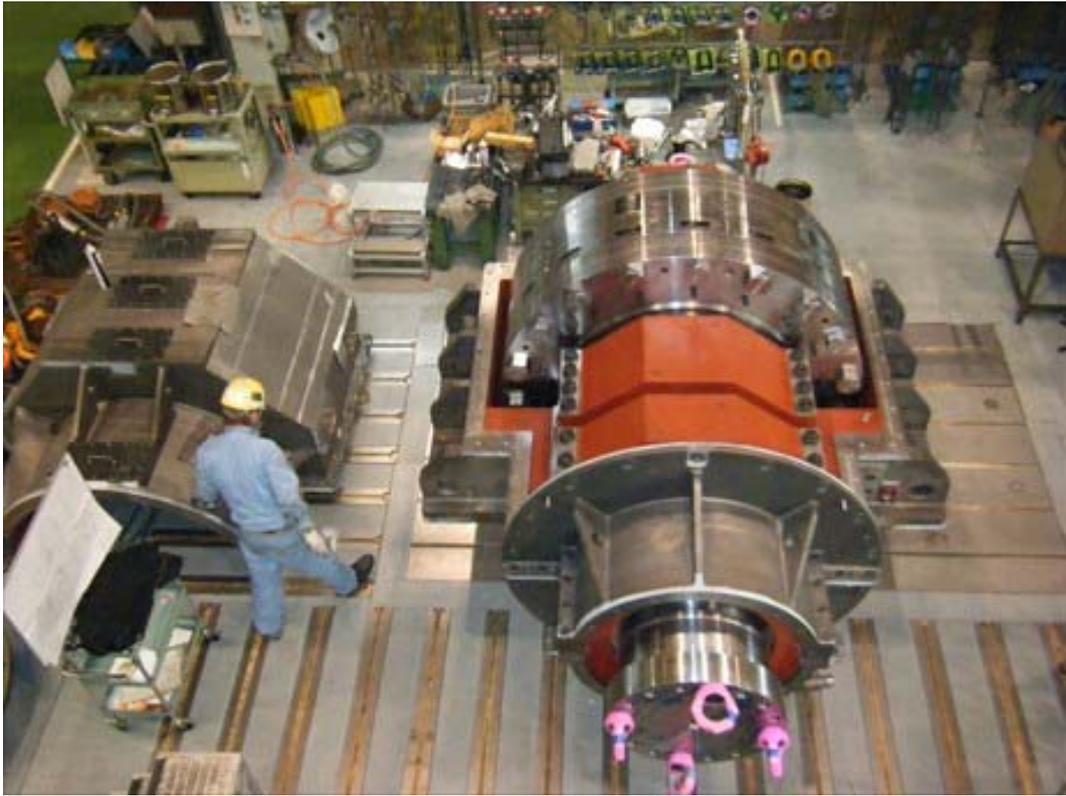


写真 7 7 上半軸受取付完了姿①

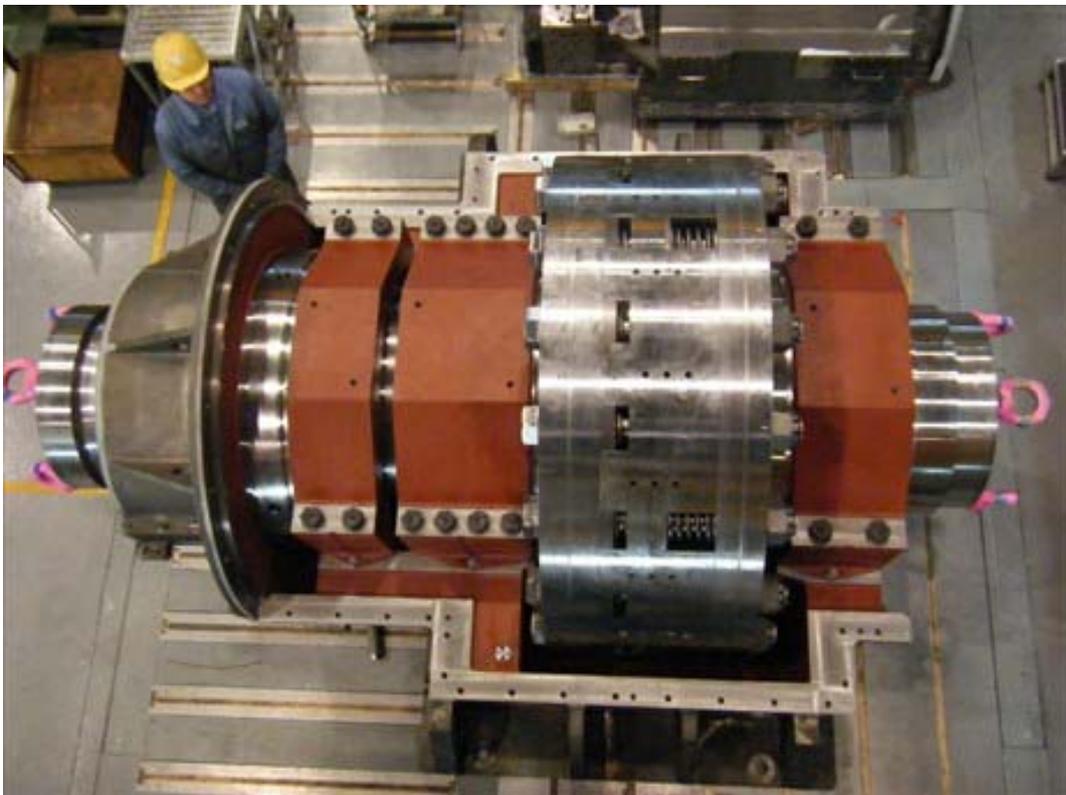


写真 7 8 上半軸受取付完了姿②



写真 7 9 上ケーシング (HSG-1)



写真 8 0 上ケーシング (HSG-1) 組立途中



写真 8 1 上ケーシング (HSG-1) 組立完了

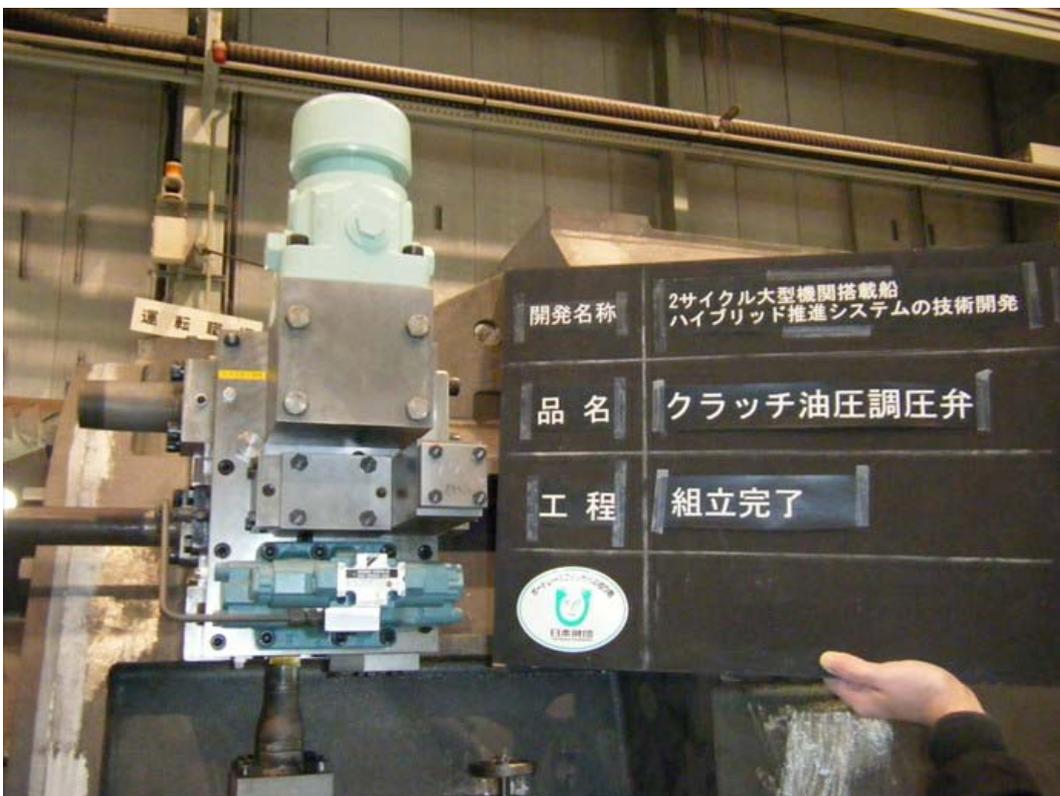


写真 8 2 クラッチ油圧調圧弁 (昇圧機構部)

4.1.3 試験用治具（増・減速機）の製作

運転試験を社内で行う場合の原動機は可変速モータとなるが、負荷運転時にモータの回転速度を 1000～2000min⁻¹ にする必要がある。また、負荷となる動力計も 500min⁻¹ 程度にする必要がある。

本試験装置は入出力軸の回転速度が設計点で 80min⁻¹（運転範囲は 10～130min⁻¹）と低速となるため、既存の運転装置では負荷運転の実施が不可能であった。

クラッチ試験装置用の運転治具として表 1 1 に示す設計仕様の運転治具を設計し、減速用と増速用を各 1 台製作した。

表 1 1 運転治具設計仕様

No.	項目	設計仕様
1	伝達動力	低速軸：1,000 kW× 80 min ⁻¹ （トルク：12,180 kgf・m） 高速軸：1,000 kW×552 min ⁻¹ （トルク：1,765 kgf・m）
2	ギア比	6.90（ホイール歯数／ピニオン歯数＝214／31）

運転治具の断面構造図を図 1 2、全体外形図を図 1 3、外観写真を写真 8 3 に示す。

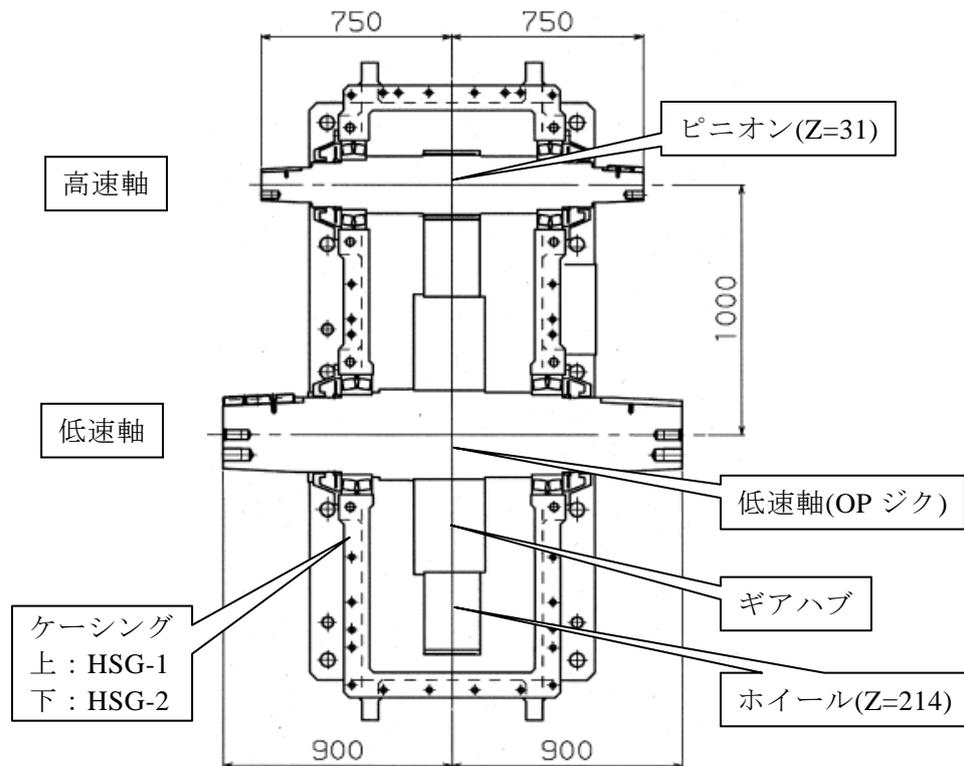


図 1 2 運転治具断面構造図

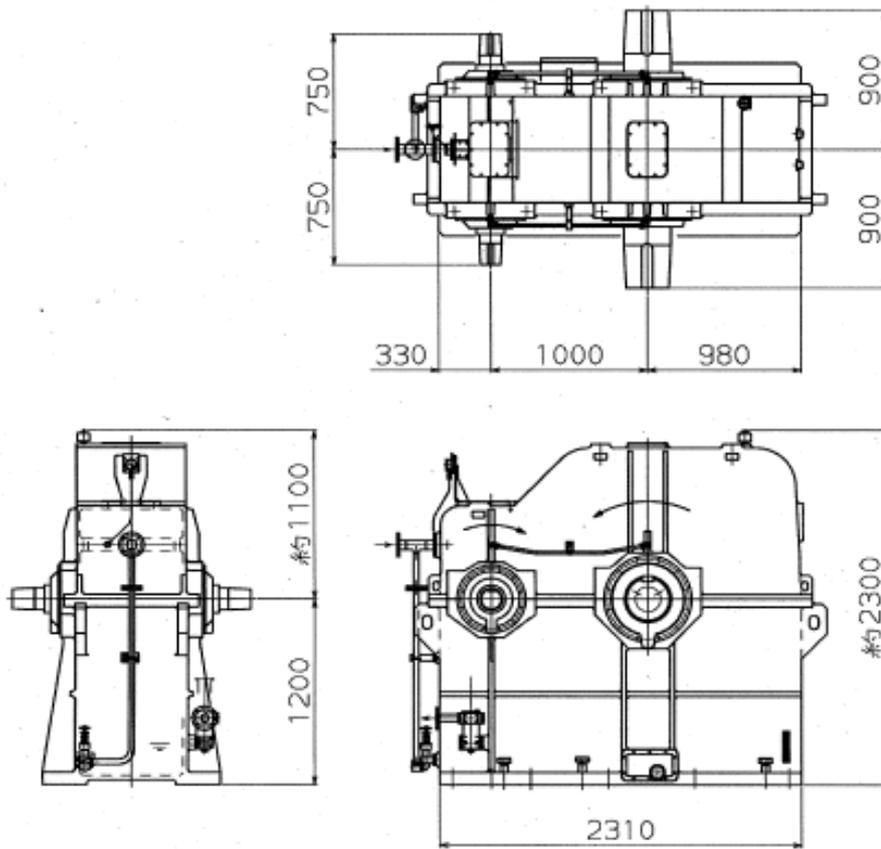


図 1 3 運転治具外形図



写真 8 3 運転治具完成姿

4.2 試験装置（クラッチ装置）の試験

平成24年度事業で製作した試験装置を用いて、大容量油圧クラッチ装置の基本性能確認試験を実施した。

4.2.1 試験装置の配置

試験装置の配置図を図14、3Dモデル図を図15、外観写真を写真84～85に示す。

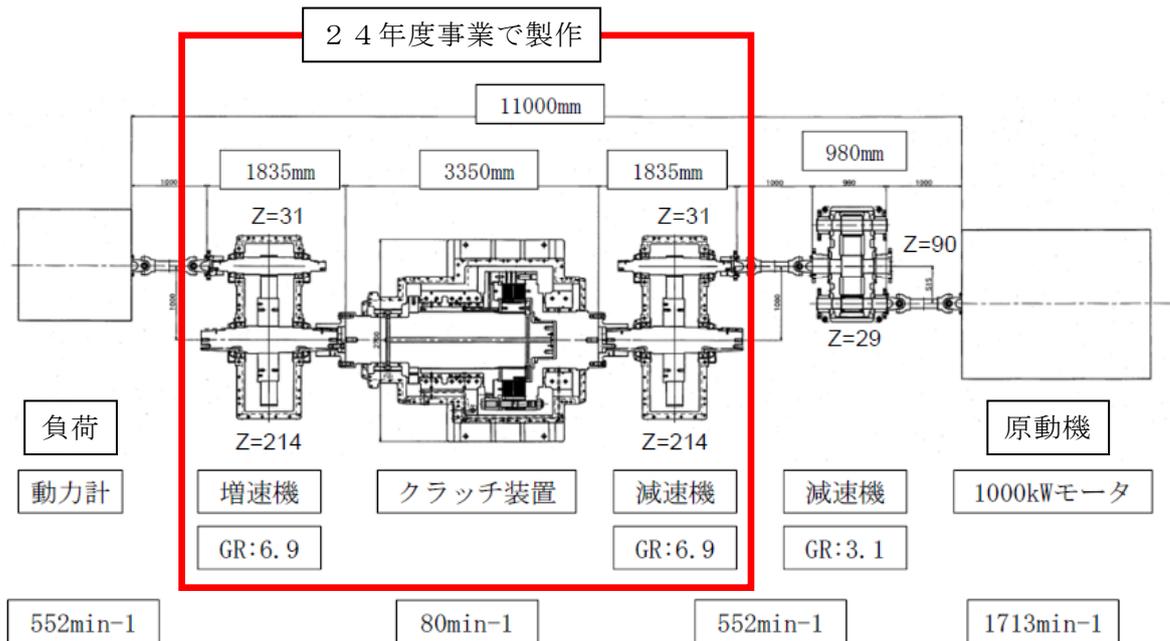


図14 試験装置配置図

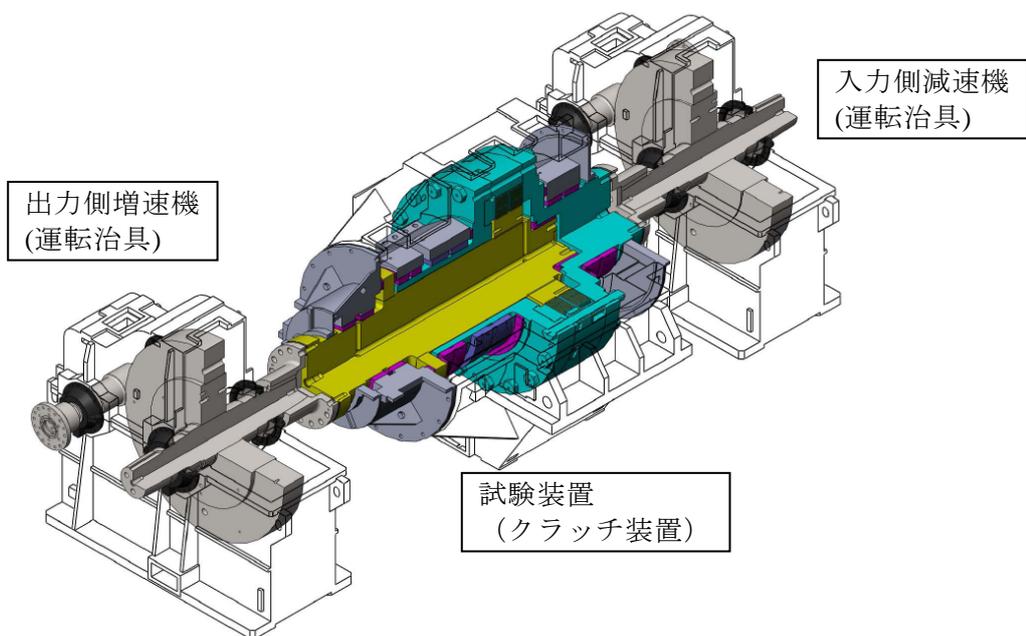


図15 試験装置3Dモデル図（24年度事業で製作）

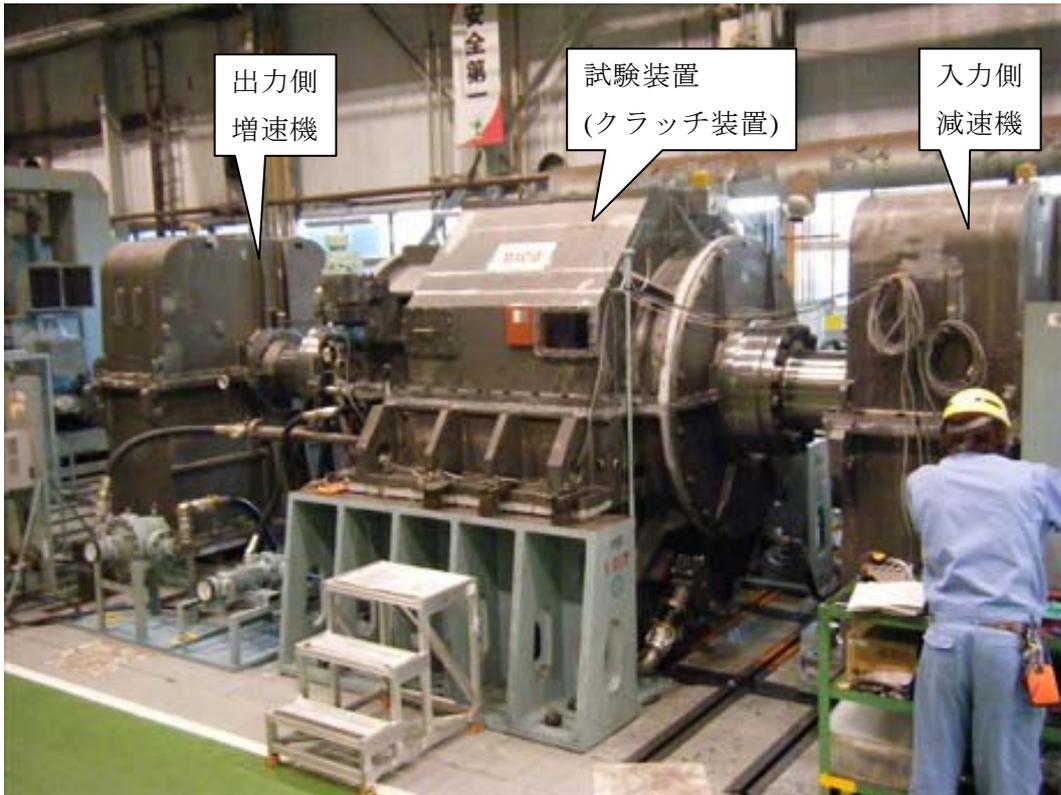


写真 8 4 試験装置 (クラッチ装置) 外観

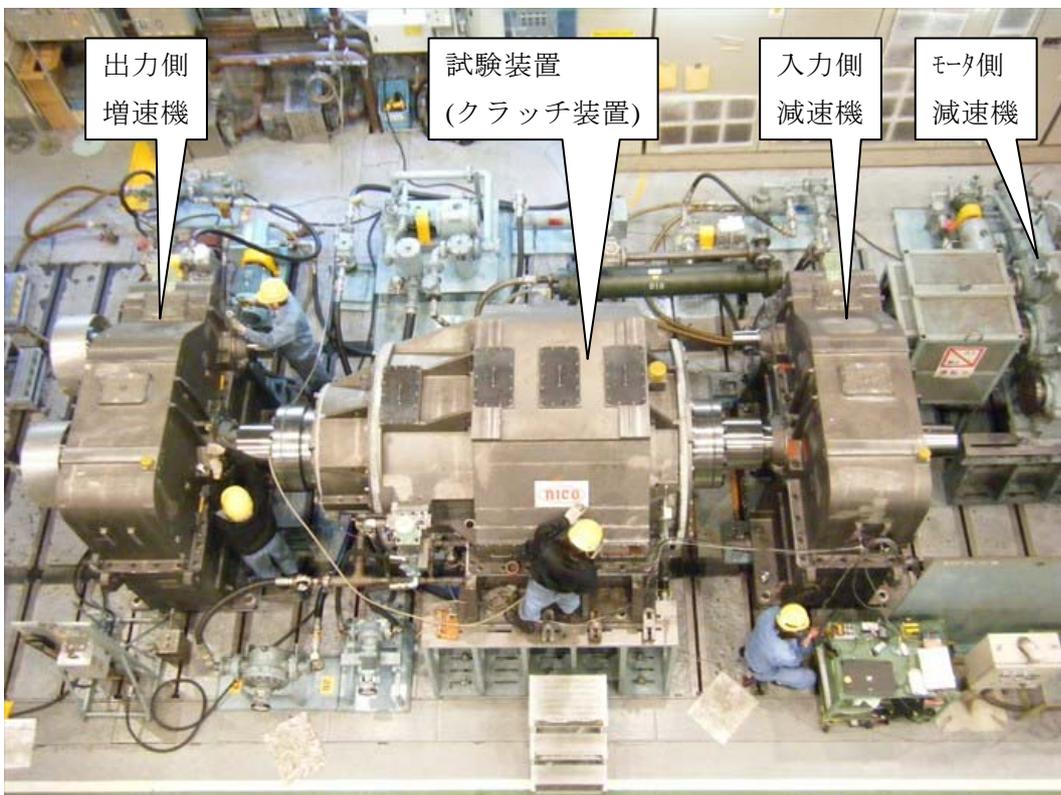


写真 8 5 試験装置 (クラッチ装置) 外観

4.2.2 試験装置（クラッチ装置）の油回路

試験装置の油回路を図16、各機器写真を写真86に示す。

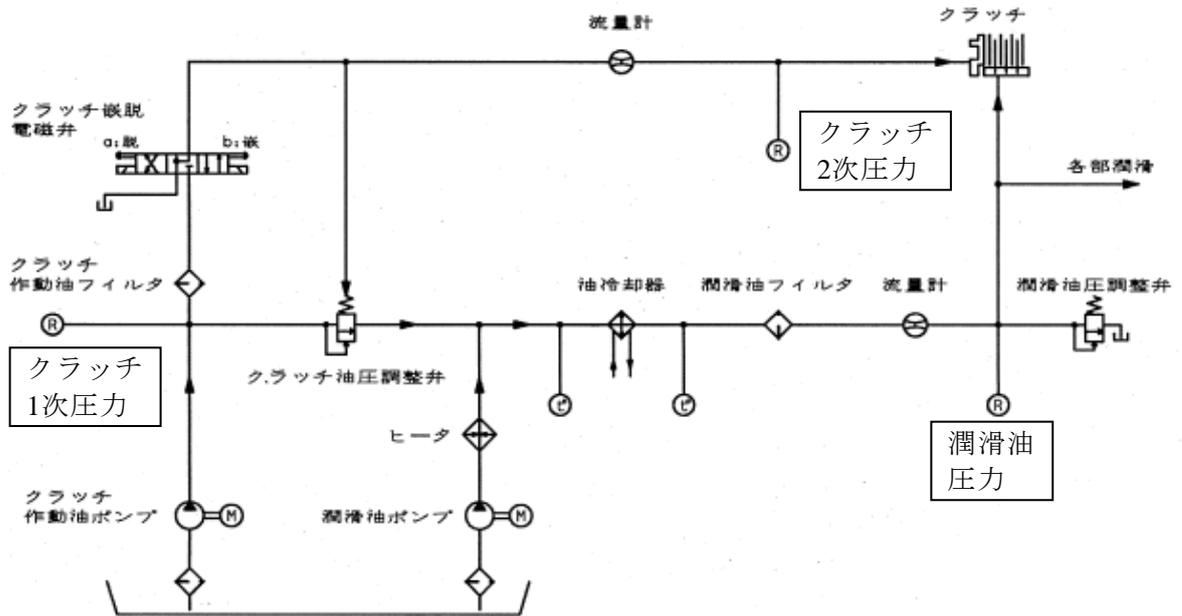


図16 試験装置（クラッチ装置）油回路

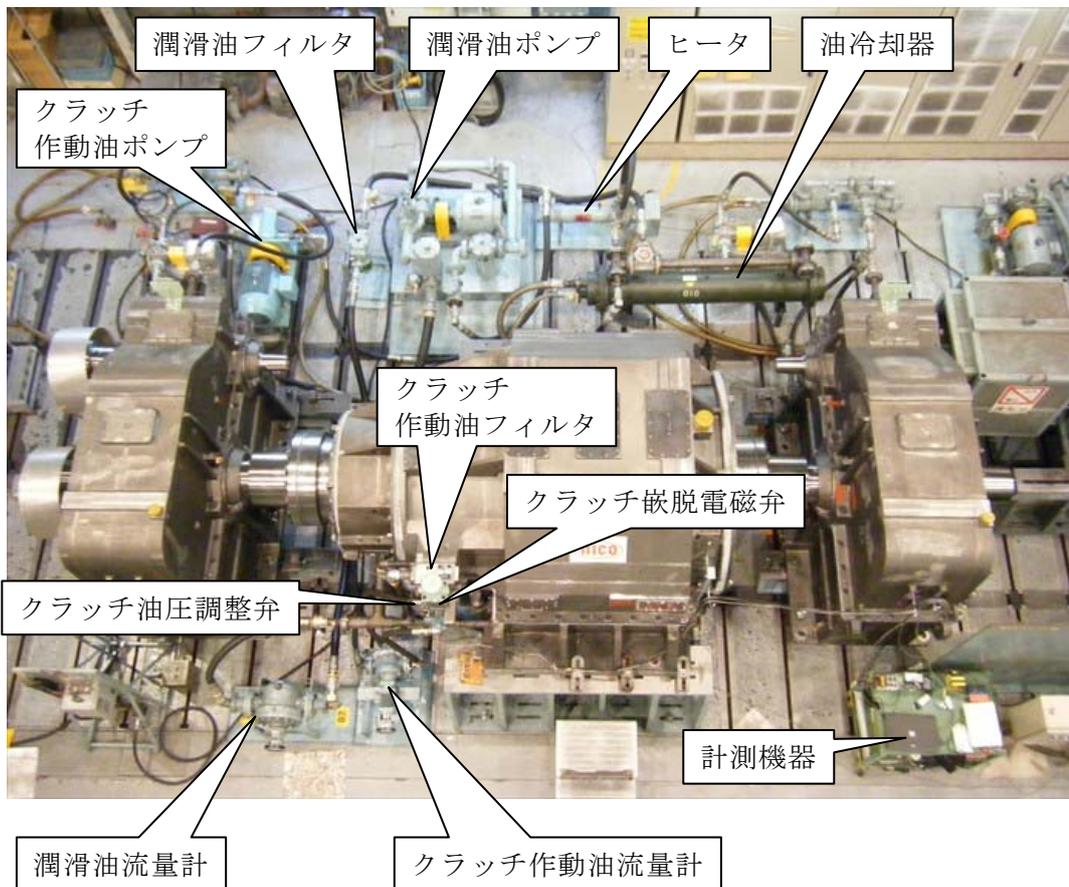


写真86 試験装置（クラッチ装置）各機器

4.2.3 クラッチ嵌入特性確認試験

試験装置にクラッチプレートを最大伝達容量用となる12組を組み込み、クラッチの嵌入特性の確認試験を実施した。

本試験時の試験装置配置を図17に示す。

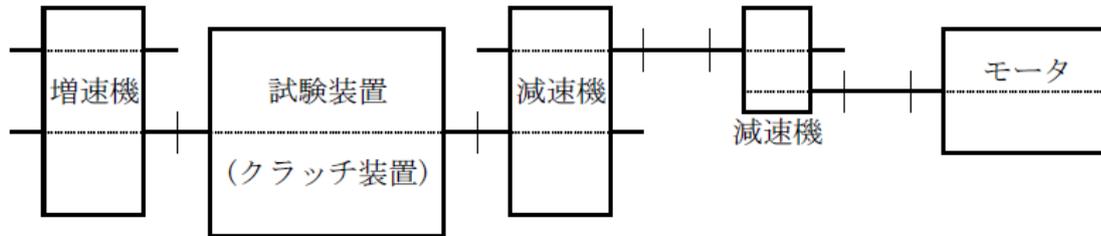


図17 クラッチ嵌入特性確認試験時の配置

1) 試験条件および計測項目

試験はクラッチの出力側に実船での中間軸およびプロペラに相当する慣性マスを接続し、クラッチの出力側が停止した状態で、主機のアイドル回転相当の入力回転速度でクラッチの嵌入試験を実施できれば、実船の模擬試験となるが、試験に使用した原動機は1,000kWモータのため、クラッチ装置の最大伝達容量である20,000kWの1/20容量となり、実船相当の大慣性体の加速は不可能であった。

そのため本試験ではクラッチ装置の出力側には負荷試験・つれ廻りトルク計測試験で使用する増速機のみを接続した。この状態ではクラッチ脱の状態でもクラッチの出力側はつれ廻りをしている状態となるが、クラッチの入力側とは若干の回転差が生じているので、電磁弁の動作によりクラッチが嵌入動作を開始してから入出力軸の回転速度が同期するまでの時間とクラッチ作動油2次圧の昇圧が完了するまでの時間を計測した。

試験は以下の条件で実施した。

- ①潤滑油（クラッチ作動油も同じ）温度 : 40～45℃
- ②クラッチ入力側回転速度 : 50～130min⁻¹

2) 試験結果

クラッチ嵌入動作開始から入出力軸の回転速度が同期するまでの時間とクラッチ作動油 2 次圧の昇圧が完了するまでの時間は、いずれの回転速度においても大きな差は無く、以下の計測結果となった。

- ①入出力軸回転速度の同期時間 : 約 5~6sec
- ②クラッチ作動油 2 次圧の昇圧完了時間 : 約 12~14 秒

上記値は設計値通りの結果となった。

クラッチ装置入力軸回転速度 50min⁻¹ 時における嵌入特性の計測データを図 1 8 に示す。

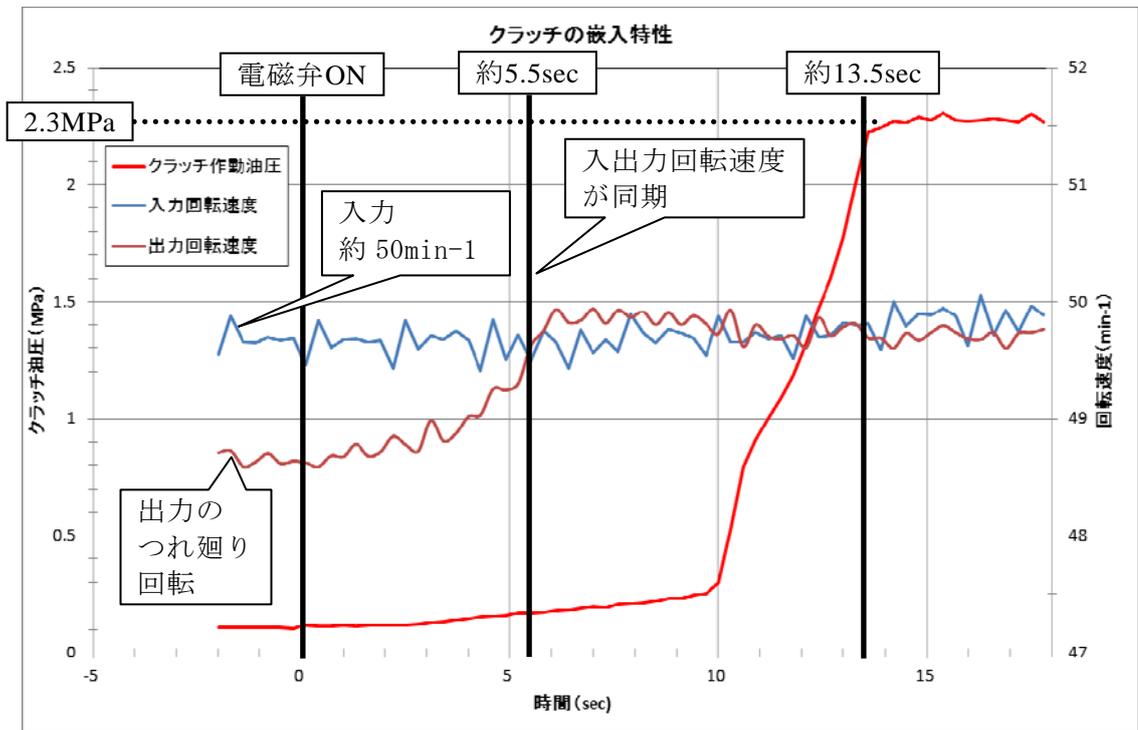


図 1 8 クラッチ嵌入特性確認試験時のオシロデータ (入力 50min⁻¹ 時)

4.2.4 つれ廻りトルク計測試験

試験装置にクラッチプレートを最大伝達容量用となる12組を組み込み、クラッチのつれ廻りトルクの計測試験を実施した。

本試験時の試験装置配置を図19に示す。

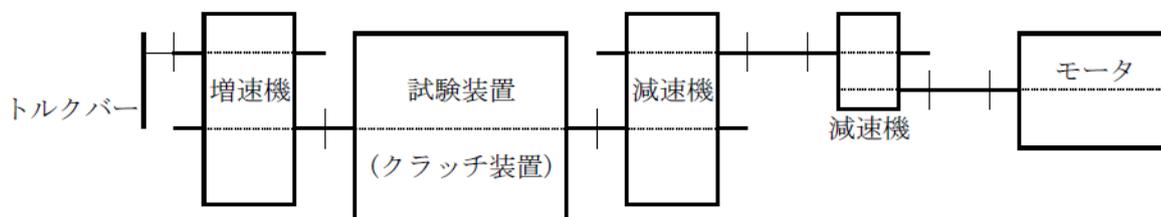


図19 クラッチつれ廻りトルク計測試験時の配置

1) 試験条件および計測項目

油圧クラッチにはクラッチ脱時にもクラッチプレート部に潤滑油を供給する必要があるが、プレート間を流れる潤滑油の粘性によりクラッチは脱状態でも入力側から出力側にトルクが伝達される。この時の伝達トルクをつれ廻りトルクと呼称しており、本クラッチ装置の商品化に向け、つれ廻りトルク値の把握が必要となる。

試験はクラッチの出力側に接続した増速機の高速軸にトルクバーを取り付け、高速軸の軸心から1mの位置にロードセルをトルクの付与方向に設置し、出力軸を回転しないようにした。この状態でクラッチに潤滑油を供給し、クラッチの入力側を回転させ、クラッチから発生しているつれ廻りトルクをロードセルへの荷重として計測した。

試験は以下の条件で実施した。

- ①潤滑油（クラッチ作動油も同じ）温度 : 40～45 °C
- ②クラッチ入力側の回転速度 : 10～130 min⁻¹

つれ廻りトルク計測試験時の写真を写真87～88に示す。

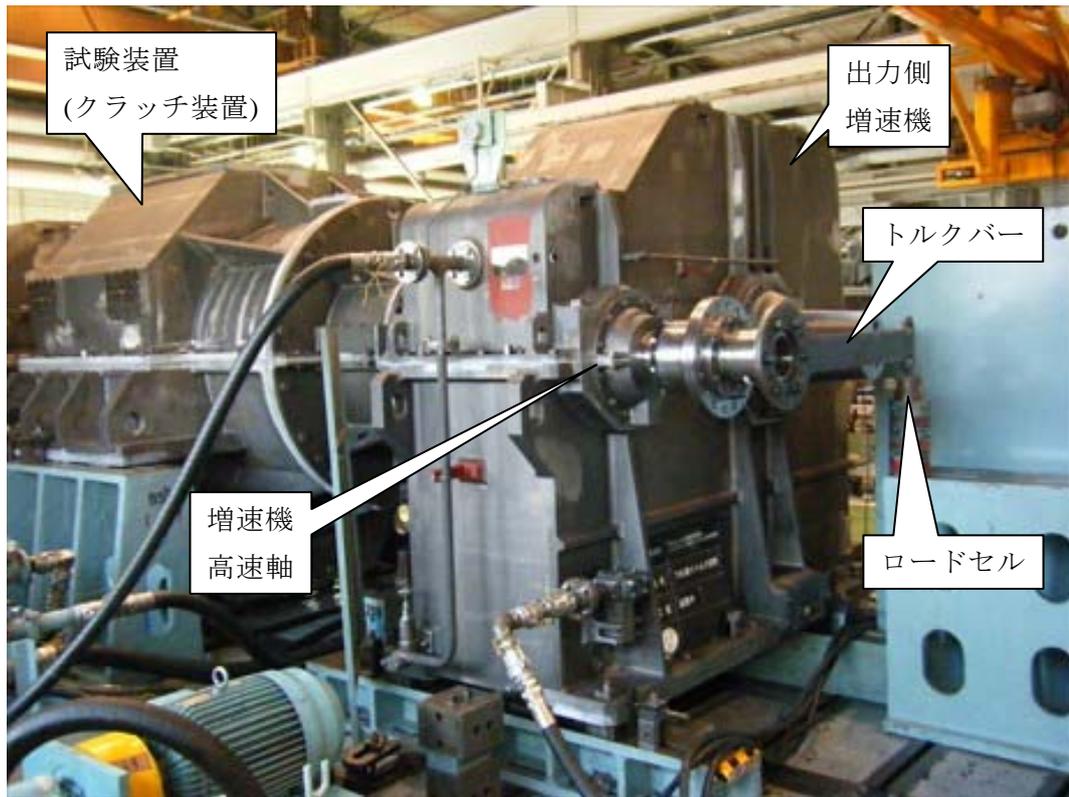


写真 8 7 つれ廻り計測試験時の増速機

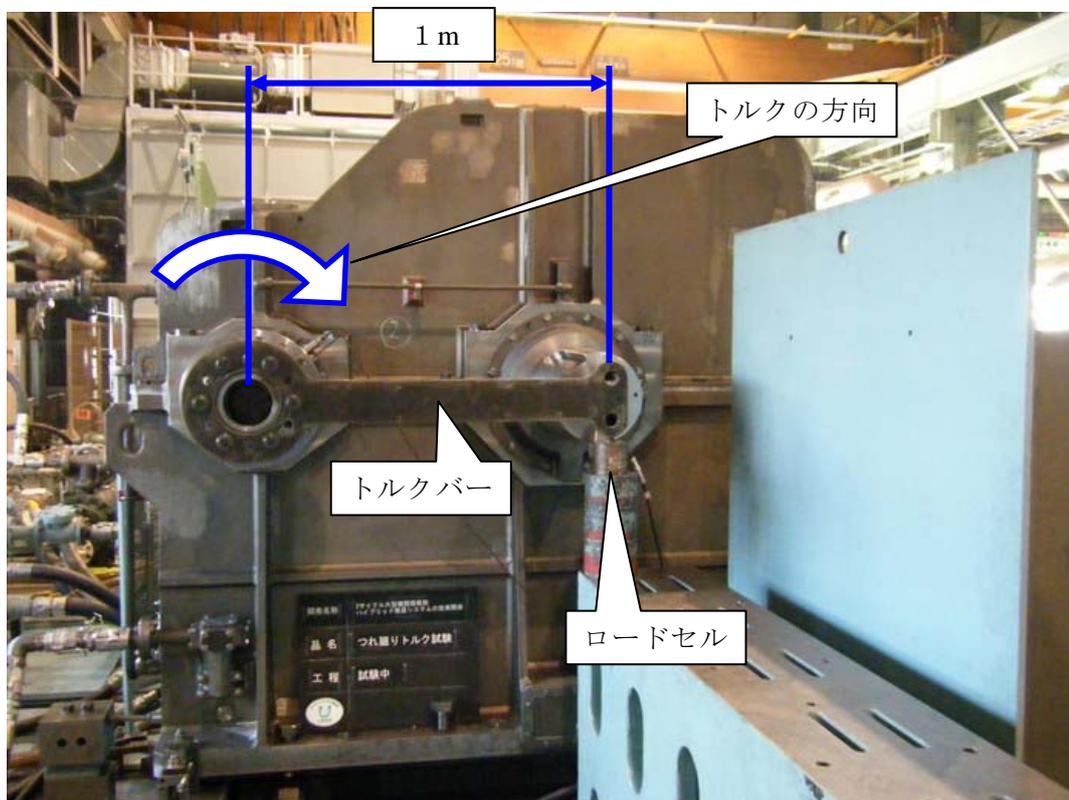


写真 8 8 つれ廻り計測試験時のつれ廻りトルク計測部

2) 試験結果

クラッチの入力側を 10～130min⁻¹ で回転させ、クラッチから発生しているつれ廻りトルクを計測した結果を図 20 に示す。

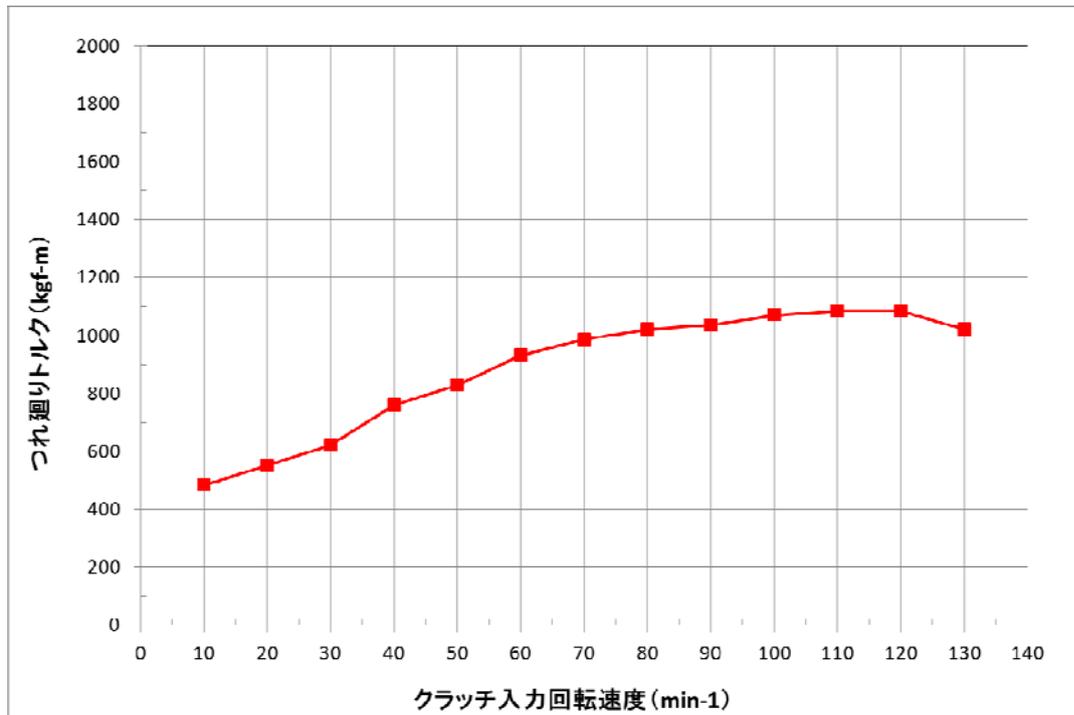


図 20 クラッチのつれ廻りトルク値

上記値は設計値通りの結果となった。

この値を動力に換算すると 80min⁻¹ 時で約 84kW となる。この値は主機以外の原動機により駆動する（補助推進）場合に、推進用以外で必要となる消費動力となるが、モータ駆動時の動力（3000kW と仮定）に対する割合としては 3%未満と小さく、実船への搭載に際しても問題無いと考える。

実際には補助推進時の回転速度は定格回転速度より低速となるため、更に補機原動機の動力に対する割合は小さくなる。

4.2.5 負荷試験（摩擦係数確認試験）

試験装置にクラッチプレート1組を組み込み、クラッチ装置の負荷試験（摩擦係数確認試験）を実施した。

本試験時の試験装置配置を図21、全体写真を写真89に示す。

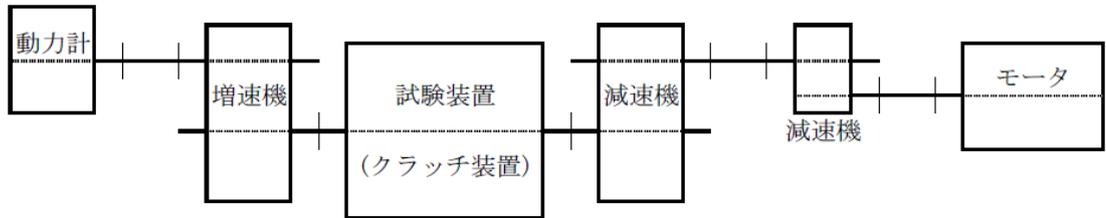


図21 負荷試験（摩擦係数確認試験）の配置

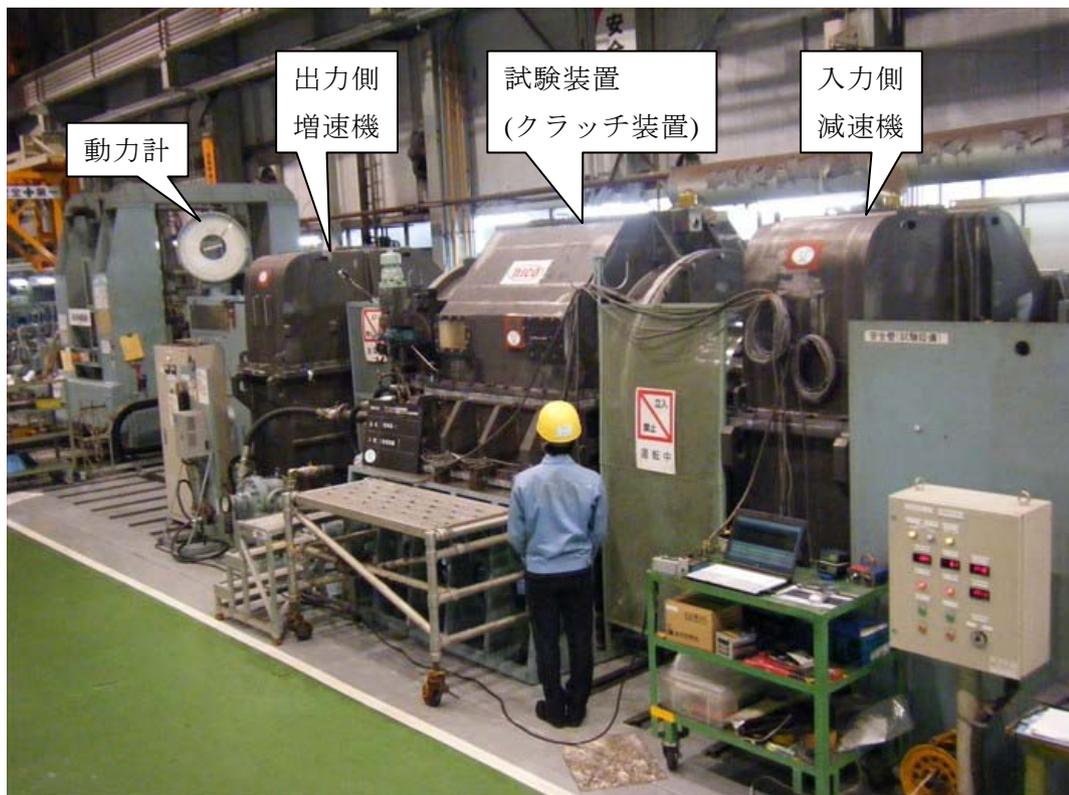


写真89 負荷試験時全景

1) 試験条件および計測項目

負荷試験（摩擦係数確認試験）は開発するクラッチの伝達トルク容量が設計値を満足していることを確認するために実施した。本試験時はクラッチの出力側増速機の高速軸に接続した動力計を負荷源として、クラッチに負荷を与え実施した。但し、本試験では使用する原動機容量が 1000kW とクラッチ装置の設計最大伝達容量である 20,000kW の 1/20 容量となり、クラッチプレート組数を 1 組に減らしても容量不足となる。

小さい原動機動力でクラッチ装置の動力伝達性能を確認する手段として、クラッチの伝達トルク容量を下げた状態で、設計動力を伝達できることを確認し、クラッチとして設計値通りの伝達容量を有していることを確認する。

クラッチの伝達トルク容量は次の計算式で求められる。

$$T = \mu \cdot P / A \cdot R$$

T：クラッチの伝達トルク容量

μ ：クラッチプレートの摩擦係数

P：クラッチ作動油圧

A：クラッチ作動油圧の作用面積

R：クラッチの平均半径

クラッチ作動油圧の作用面積Aとクラッチの平均半径Rは部品形状により決定されるので、クラッチの伝達トルク容量はクラッチプレートの摩擦係数と作動油圧に比例する。

本試験ではクラッチの伝達トルク容量を把握するために一定のトルクを負荷した状態でクラッチ作動油圧を変化させ、クラッチの伝達トルク容量が負荷トルクに対して不足となり、クラッチプレート部に滑りが発生し出力側の回転速度が低下する（滑りが生じる）クラッチ作動油圧を計測し、滑りが生じた作動油圧でのトルク値よりクラッチプレートの摩擦係数を算出し、設計値を満足しているかを確認した。

図 2 2 に本試験の概念図を示す。

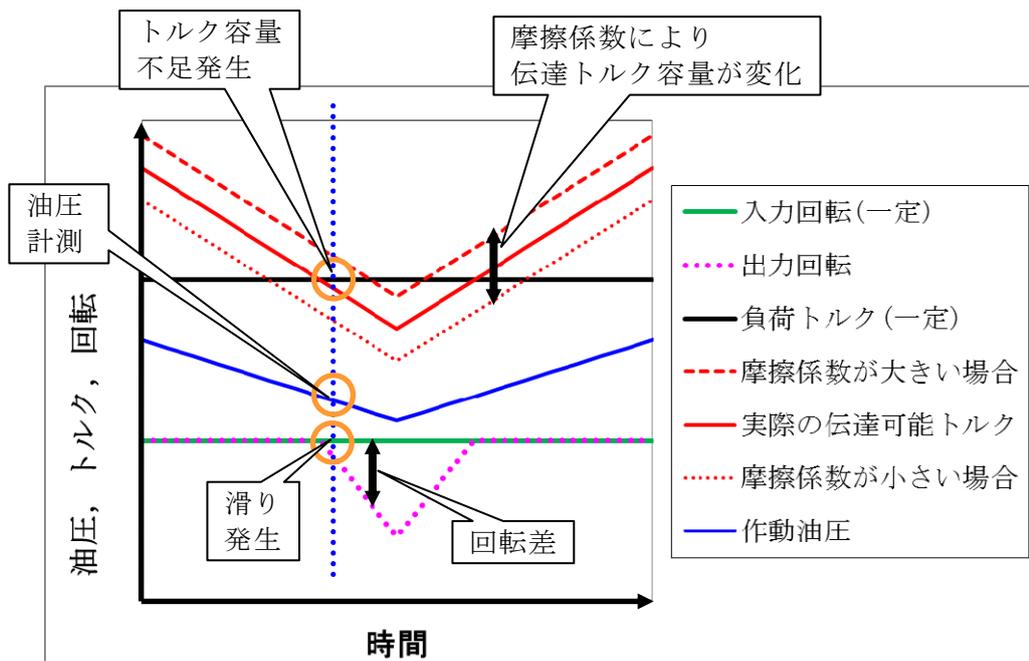


図 2 2 クラッチ伝達トルク容量確認試験概念図

クラッチ伝達トルク容量試験は以下の条件で実施した。

- | | |
|--------------------|---|
| ①潤滑油（クラッチ作動油も同じ）温度 | : 40～45 °C |
| ②クラッチ入力側の回転速度 | : 80 min ⁻¹ |
| ③動力計負荷トルク | : 510 kgf・m(5000 N・m)
816 kgf・m(8000 N・m)
1122 kgf・m(11000 N・m) |

計測項目)

- ①動力計負荷トルク
- ②クラッチ作動油圧
- ③クラッチ入力側・出力側の回転速度

2) 試験結果

動力計で負荷を与えた状態でクラッチ作動油圧を減少させ、出力軸が滑り始めた回転速度でのクラッチ作動油圧からクラッチプレートの摩擦係数を算出し、設計値との比較を行った。

設計値に対する摩擦係数の余裕率を図 2 3 に示す。

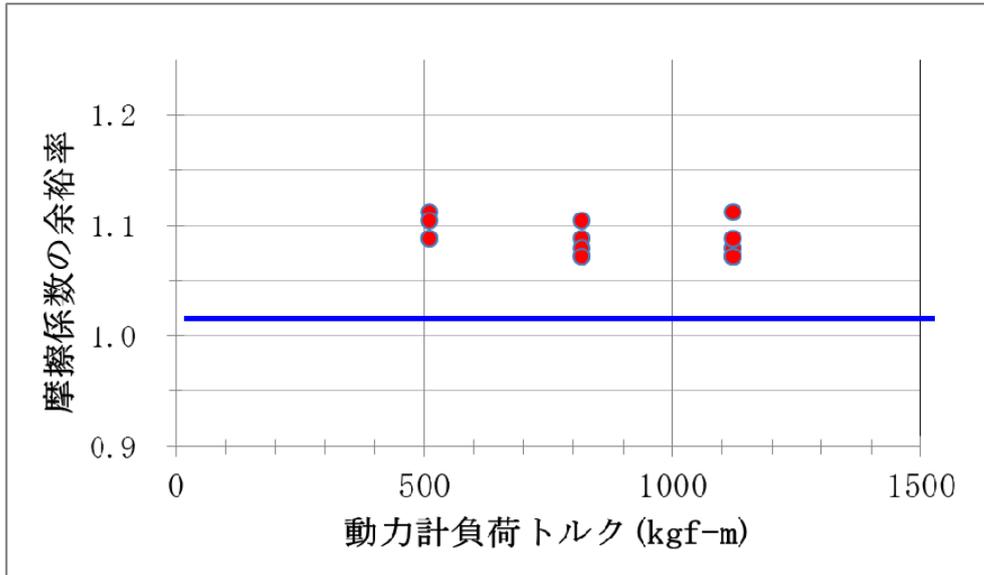


図 2 3 摩擦係数の余裕率

クラッチの実摩擦係数は設計値を上回っていることを確認した。
余裕率も測定誤差等を考慮すると妥当な範囲であった。

本結果より、大容量クラッチ装置の設計時に使用した摩擦係数の妥当性を確認できたので、現状の摩擦係数を使用することにする。

4.2.6 負荷試験（連続運転試験）および嵌脱試験

4.2.5の試験後にクラッチ装置の負荷試験（連続運転試験）と負荷試験終了後にクラッチの嵌脱試験を実施した。

1) 試験条件および計測項目

① 試験条件

入力軸回転速度	: 50~130 min ⁻¹ (連続運転点: 80min ⁻¹)
動力計負荷トルク	: 0、1122 kgf・m(11000 N・m)
供給油温	: 45±5 °C
潤滑油圧力	: 0.1~0.3 MPa
クラッチ作動油圧力	: 2.1~2.3 MPa
嵌脱試験時の嵌脱回数	: 50回
無負荷運転条件	: クラッチが嵌入した状態で 入力軸回転速度を 50~80 min ⁻¹ に変化
負荷運転条件	: 負荷 1122 kgf・m(11000 N・m) 約 10 時間（回転速度は連続運転点）

② 計測項目

クラッチ入力軸回転速度	
動力計負荷トルク	
供給油温	
潤滑油圧力、クラッチ作動油圧力	
潤滑油流量	設計値: 600±100 L/min
クラッチ作動油流量	設計値: 45±15 L/min

2) 試験結果

試験結果を表 1 2 に示す。

表 1 2 負荷試験（連続運転試験）結果

No.	条件	入力 回転	動力計 負荷 トルク	供給 油温	潤滑 油圧	潤滑油 流量	クラッチ 作動 油圧	クラッチ 作動油 流量
		min-1	N-m	℃	MPa	L/min	MPa	L/min
1	無負荷	50	0	39	0.29	546	2.30	36
2		60	0	39	0.29	564	2.30	37
3		70	0	41	0.29	568	2.30	39
4		80	0	42	0.29	580	2.29	40
5		90	0	38	0.28	547	2.29	40
6		100	0	40	0.28	564	2.27	42
7		110	0	42	0.29	600	2.27	44
8		120	0	44	0.29	617	2.25	45
9		130	0	45	0.29	627	2.23	49
10	負荷 (連続)	80	11,000	40	0.30	554	2.18	38
11		80	11,000	42	0.32	610	2.13	41

- ① 運転結果としては良好な結果を得た。
- ② 実船搭載時の機器選定に必要となる潤滑油およびクラッチ油の流量も設計値を満足していた。本試験は実船搭載時を想定し、給油温度条件を40～50℃としていたが、試験時の負荷が軽く損失動力による発熱が少なかったため一部試験条件時に給油温度条件を外れた。なお、実船では適性容量のオイルクーラを通過させることにより、給油温度は設計値を満足することが可能となる。
- ③ 本試験中のあらゆる条件において、異常な騒音や振動も発生せず、良好な結果となった。

負荷運転中の写真を写真90～91に示す。

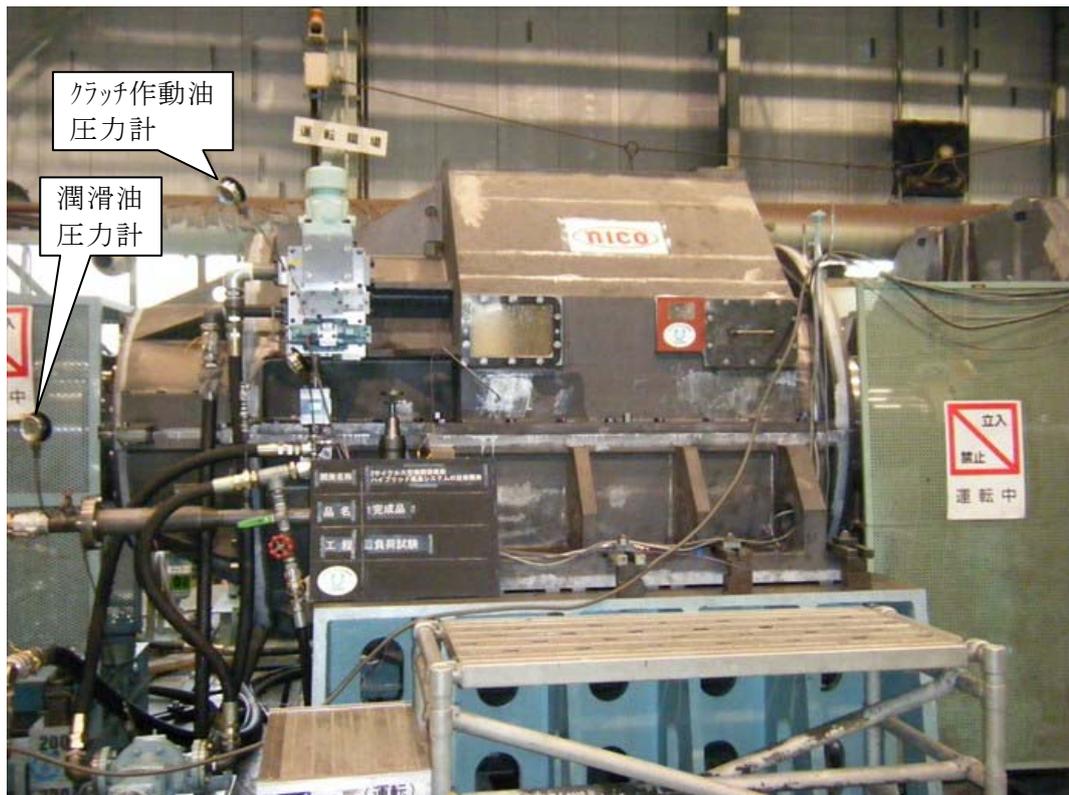


写真 9 0 負荷試験時試験装置 (クラッチ装置)

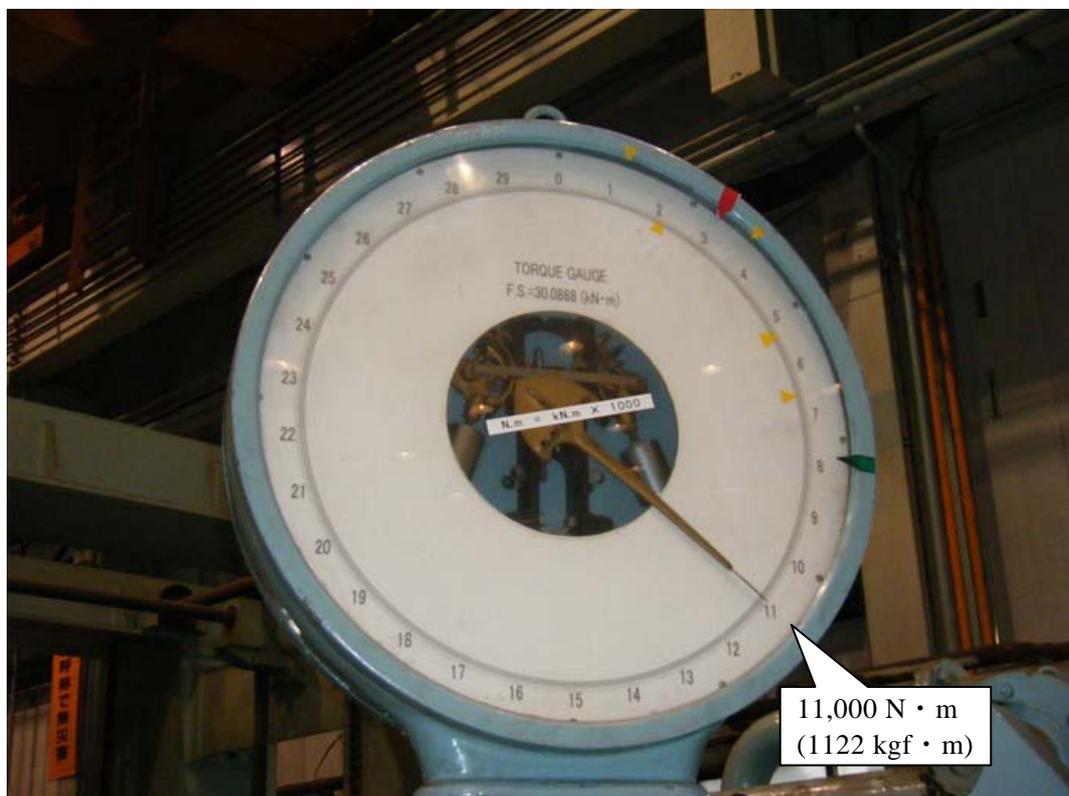


写真 9 1 負荷試験時の動力計負荷トルク

4.2.7 負荷試験および嵌脱試験後の分解点検

負荷試験（連続運転試験）と嵌脱試験を実施後に試験装置（クラッチ装置）の分解点検を実施し、次の部位の健全性を確認した。

①クラッチプレートのセグメントタイプ摩擦材接着部

接着部の境界部、吊り穴部にも全くズレは発生していない。

②クラッチプレートのセグメントタイプ摩擦材の表面

摩擦材の表面にも異常な摩耗、キズの発生はない。

③シールメタル表面

④各軸受（メタル）表面

シールメタル・各メタルへの異常な当たり、キズ・軸受合金の流れ等は発生していない。

以下に負荷試験、嵌脱試験終了後の各部品の写真を示す。

クラッチプレートの写真を写真92～95に示す。

シールメタルの写真を写真96に示す。

各軸受（メタル）の写真を写真97～98に示す。



写真92 負荷運転後のクラッチプレート（マサツプレート）



写真 9 3 負荷運転後のクラッチプレート接着面①



写真 9 4 負荷運転後のクラッチプレート接着面②



写真 9 5 負荷運転後のクラッチプレート接着面②

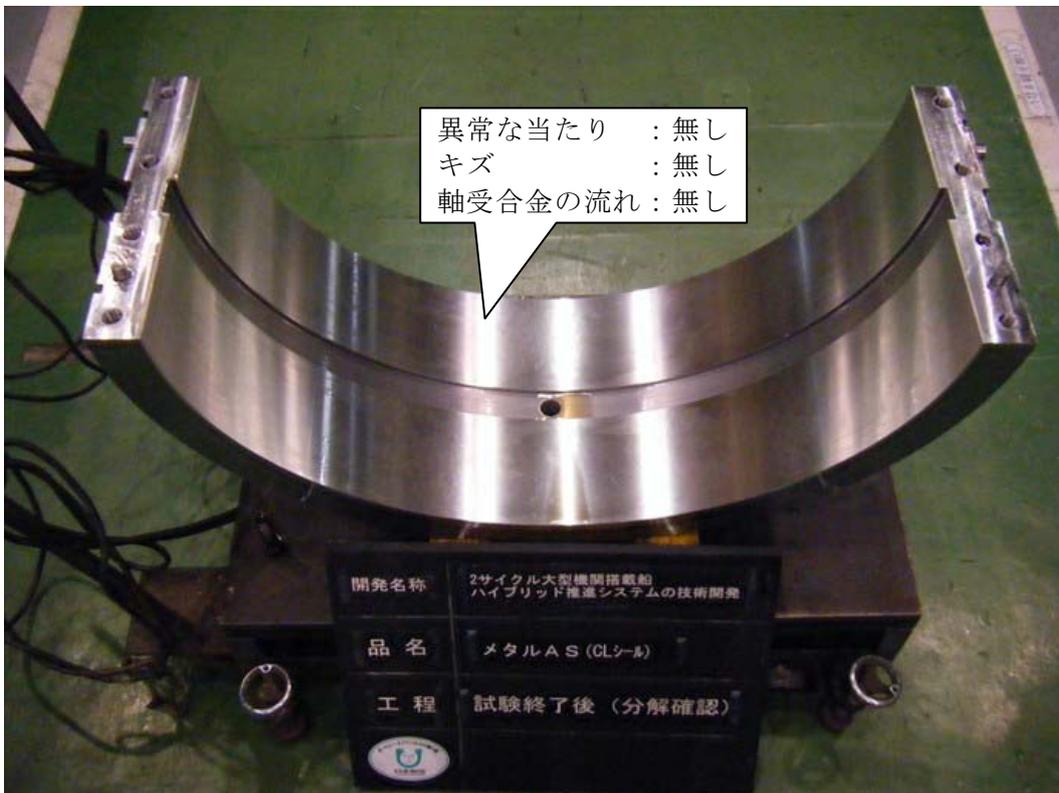


写真 9 6 負荷運転後のシールメタル表面

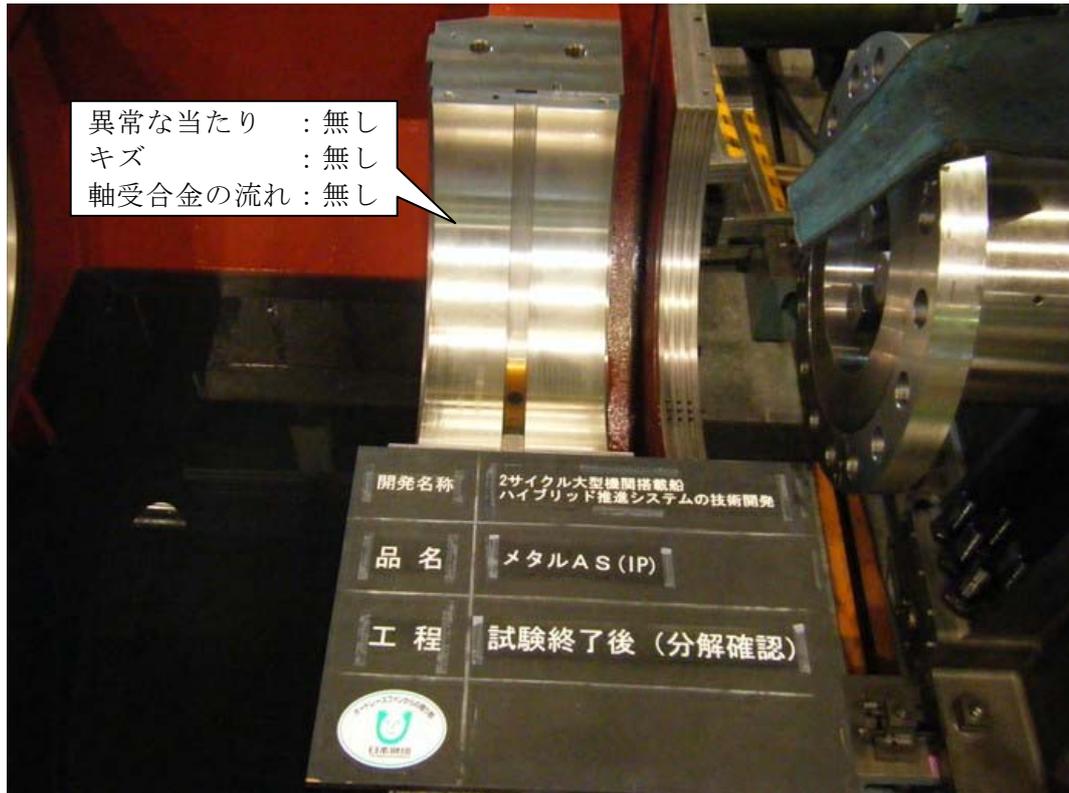


写真97 負荷運転後のメタル表面(入力側)

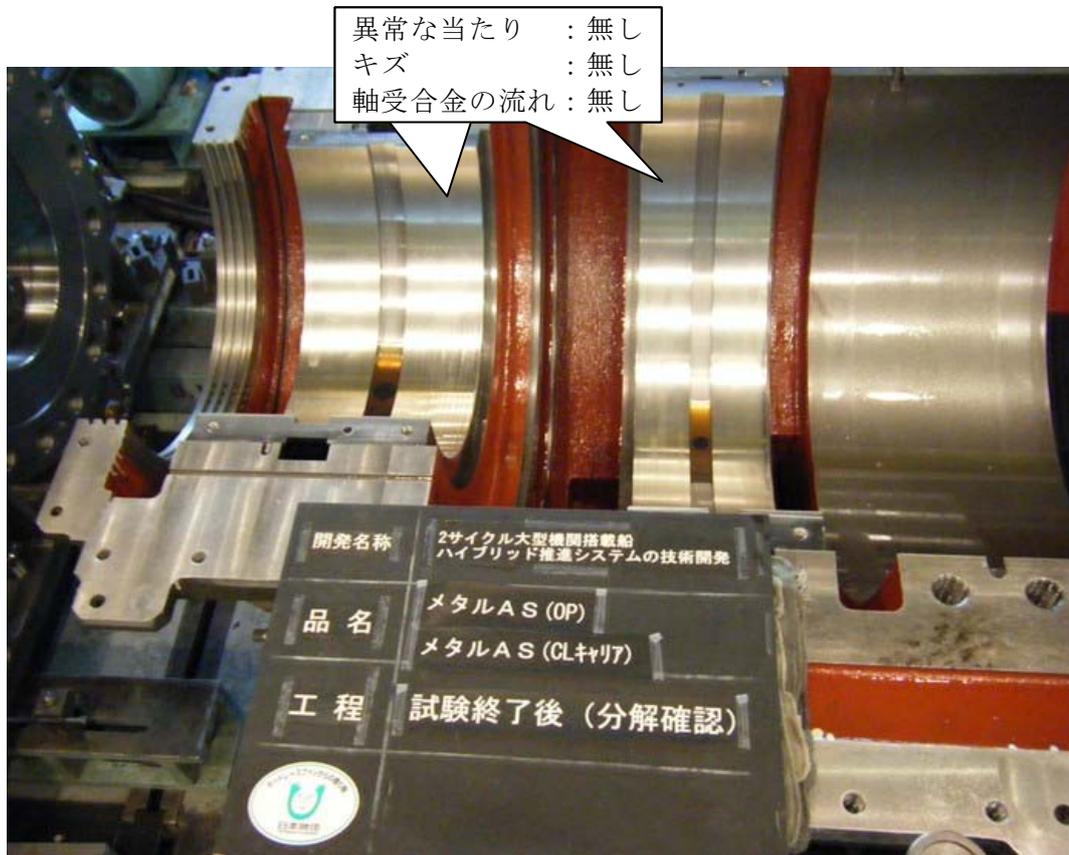


写真98 負荷運転後のメタル表面(出力側)

4.3 大容量油圧クラッチシリーズの設計

本事業で開発したセグメントタイプクラッチプレートを使用する大容量油圧クラッチ装置の設計を実施した。

開発したクラッチプレートサイズは2種類だが、クラッチプレートの組数を変更することにより、プレートサイズ毎に2機種のカラッチ装置とした。

設計したカラッチ装置の容量線図を図24、断面構造図を図25、実船での概略配置図を図26に示す。

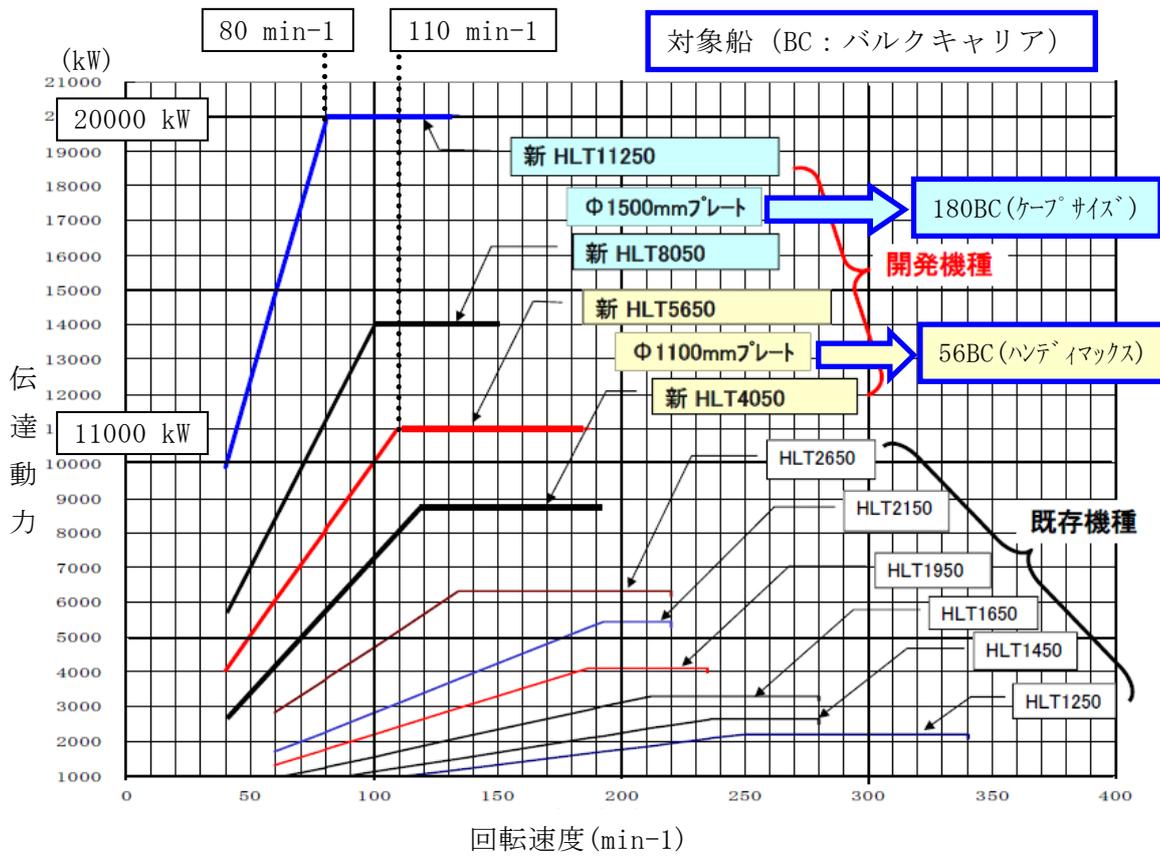


図24 大容量油圧カラッチ装置容量線図

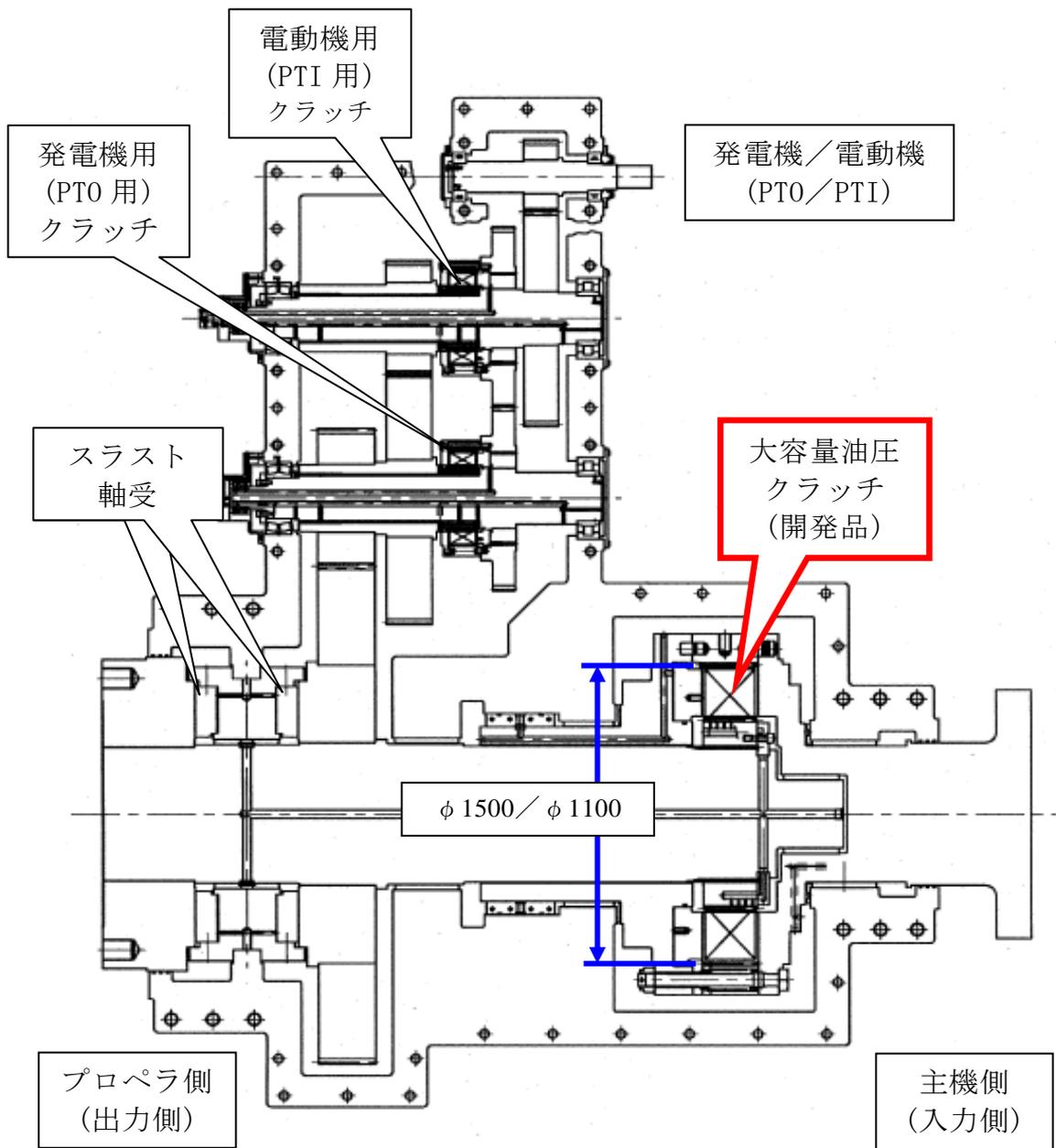


図 2 5 大容量油圧クラッチ断面構造図

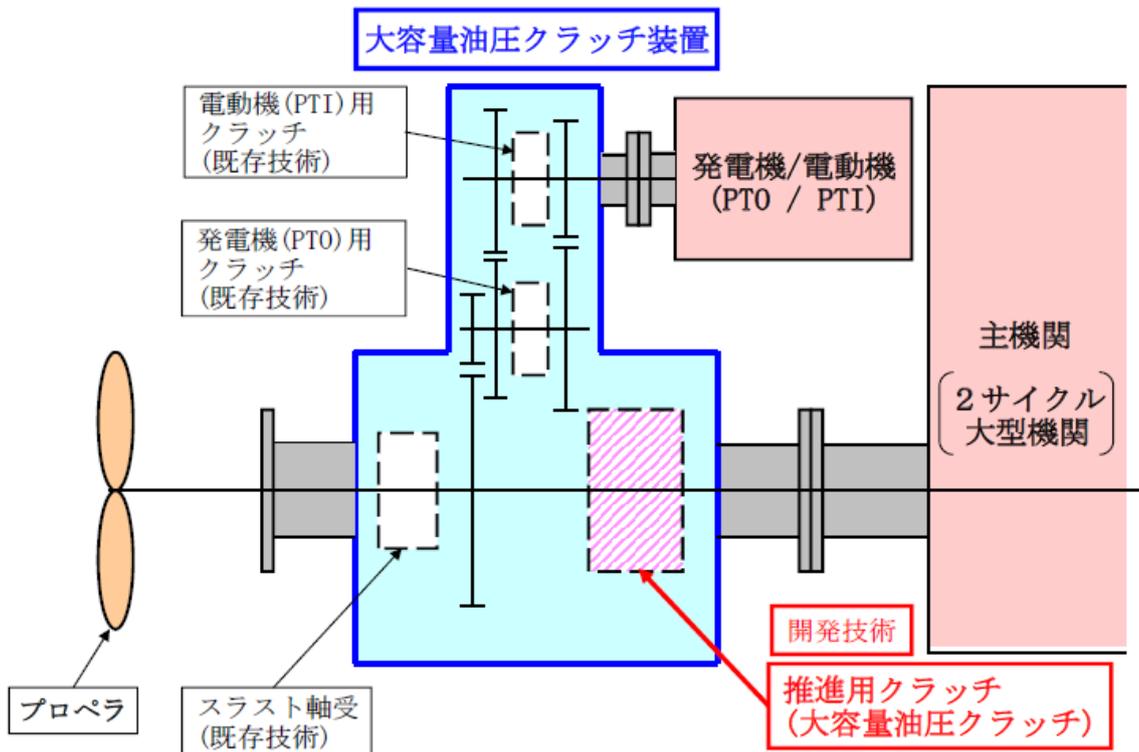


図 2 6 実船での概略配置図

本事業で開発したセグメントタイプクラッチプレートを使用する大容量油圧クラッチは、既存技術であるスラスト軸受や発電機／電動機用クラッチと組み合わせることで図 2 5 に示した構造の装置となる。

この装置を図 2 6 のように 2 サイクル大型機関を搭載する外航船の主軸系に組み込むことにより、大型外航船においてもハイブリッド推進システムの構築が可能となる。

また、クラッチの嵌脱作業を行う場合、海外製の機械式クラッチでは嵌入操作時に船を停船させ、機関を完全停止した後に歯の位置合わせ（位相合わせ）をする必要があるが、今回開発した油圧クラッチは嵌入時にも位相合わせが不要となる特徴を有している。この特徴により、クラッチ嵌脱作業時の操作性が良く乗組員の負担軽減を図ることができ、また、機関が低速回転状態での嵌脱が可能となるため、搭載船のデッドシブ（操船不可能時間）を短くすることが可能となる。

5. 本事業の成果

5.1 目標の達成

2年間におよぶ本技術開発では、下記の2つの目標を掲げたが、いずれも達成することができた。

1) セグメントタイプクラッチプレートの設計・製作。

従来製作実績であるφ810mmに対し、φ1100mm、φ1500mmのセグメントタイプクラッチプレートの設計・製作が可能であることを実証した。

2) 大容量油圧クラッチ装置シリーズの設計。

従来の油圧クラッチ伝達トルク容量の設計実績である約62,000kgf・mに対し、243,500kgf・mの試験装置（クラッチ装置）を製作し、基礎試験により基本性能を検証したことにより、大容量油圧クラッチ装置のシリーズ化を完成させた。

5.2 開発項目

セグメントタイプクラッチプレート製作技術を取得し、一体型クラッチプレートでは製作出来なかった大径クラッチプレートの製作を可能とし、操作性の良い大容量油圧クラッチを市場に供給することを可能にした。

5.3 今後の展望

2サイクル大形機関を搭載する外航船の主軸系に大容量油圧クラッチを供給することで、「排出ガス規制対応策」の一つである「ハイブリッド推進システム」でのIMO排出ガス3次規制対応等に寄与するものとした。

船主殿、運航会社殿、造船所殿へ本クラッチ装置の有益性を提案し、実船試験の実施と今後の商品化に繋げたい。

－ 以 上 －



「この報告書は BOAT RACE 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)日本船用工業会

〒105-0001

東京都港区虎ノ門一丁目13番3号(虎ノ門東洋共同ビル)

電話：03-3502-2041 FAX:03-3591-2206

<http://www.jsmea.or.jp>