

軸受と関連製品の環境対応取り組みについて

Latest Development and Improvement of Bearings and Related Products for Environment Protection

佐藤秀樹 H. SATOU

Bearings have been contributing to environment as energy saving products by their low-friction rolling mechanism.

Today, from the standpoint of global environment protection, we are trying to contribute to environment by unitizing and modulizing bearings and their related parts, or by making bearings more intelligent products.

For automobiles and various kinds of machines, especially, "downsizing", "weight reduction", and "high efficiency" are keywords for this purpose.

In this paper, I would like to introduce our efforts for environmental conservation by showing examples of our latest development of bearings and related products for automobiles, machines, and other areas.

Key Words: rolling bearing , development , application , environment

1. はじめに

転がり軸受(以下軸受と称す)は本来、転がり機構により省エネルギーに貢献する環境対応商品であり、内輪、外輪、転動体、保持器の4つの構成部品で成り立っている。従来はこの4つの部品を基本に、さらにその他の周辺部品を付加しながら、高性能化、高機能化を重視した設計を行ってきた。

しかし、現在では社会環境の変化に伴い、特に地球環境保全に対する意識の高まりにより、更なる省エネルギー化、省資源化、長寿命化に加え、環境負荷物質の低減などを考慮する必要性が増大している。今後、企業として環境保全に配慮した製品を当然の行為として提供していく必要がある。

以下に、当社の環境対応の取り組みについて、事例を交え紹介する。

2. 動向

2.1 社会環境

社会的に地球温暖化が問題となっており、これは二酸化炭素(以下ではCO₂と称す)の排出量の増加に起因するとされている。CO₂の低減には省資源、省エネルギー、小型・軽量化などの取り組みが効果的と言える。

地球温暖化問題や車の燃費規制など以外では下記規制も軸受製品への影響が大きい。

- ・ E L V(End-of-Life Vehicle)指令
- ・ WEEE(Waste from Electrical and Electronic Equipment)指令
- ・ RoHS(Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)指令

E L V指令というのは環境負荷物質への意識が高い欧州で2000年9月に制定されたもので、2003年7月からの新規販売車両より鉛、水銀、6価クロム、カドミウムが原則使用禁止となる。当面適用除外品が設定されているが、規制は順次強化されていく方向にある。

また、家電製品に関係するものとして、2001年5月、欧州議会本会議で、電気・電子機器リサイクル指令案(WEEE & RoHS)の採決が行われた。この指令案は、廃電気・電子機器の処理を扱うWEEE Directiveと、電気・電子機器に使われる有害物質の使用規制のRoHS Directiveの2つがあるが、確定はしていないようである。

2.2 軸受製品開発

軸受製品の開発段階では、性能、品質などの顧客ニーズを考慮すると共に、地球環境保全を考慮した設計が求められている。さらに、素材から製品が廃棄されるまでのライフサイクルが社会に与える影響も事前評価の課題となっている。

例えば，

- (1)製品を製造する過程でのCO₂の排出量
- (2)製品を使用している段階での環境に与える影響
- (3)使用済み製品の環境に与える影響(廃棄，再利用，再使用)など．

3．環境対応製品への取り組み

3.1 自動車関連での取り組み

地球温暖化防止のため，低燃費自動車，排ガス低減自動車の普及が進んでおり，燃費向上や車体・ユニットの軽量，コンパクト化が重要な課題となっている．自動車マーケットの動向とユニットへの影響例を図1に示す．軸受製品も小形軽量化，高効率化，ユニット化，モジュール化，システム化のための開発が加速している．以下に各分野での環境対応開発製品の代表例を紹介する．

3.1.1 駆動分野での環境対応製品

駆動分野ではデファレンシャルやトランスミッションなどのユニットとその構成部品の「小型化・軽量化」，動力伝達の「高効率化」が課題である．

(1)円すいころ軸受

円すいころ軸受は玉軸受に比べて負荷容量が優る反面，内輪つば部と端面がすべり摩擦を伴って転動するため摩擦損失面で不利となる．円すいころ軸受の実質の負荷容量を更に大きくする，すなわち長寿命化ができれば，ユニットから要求される軸受要求寿命を超える分を軸受の小型化に向けることができ，ユニットの小型化も可能となる．また，円すいころ軸受の摩擦損失を軽減できれば，円すいころ軸受の特長を活かす自由度も増えてユニットの高効率化と小型化に貢献できる．これらの取り組みによるそれぞれの製品を以下に紹介する．

①超長寿命円すいころ軸受

円すいころ軸受の長寿命化は材料，熱処理組織や転がり接触部の幾何学形状の研究開発の成果である．超長寿命円すいころ軸受は高濃度浸炭技術を軸受軌道輪に適用し，析出炭化物量を最適化し，素地組織の微細化により更なる長寿命化を狙ったもので，実用化に向けての開発を進めている．異物混入油中では軸受寿命は標準品比15倍になり，ユニットの大幅な小型・軽量化を図ることが可能である(図2，図3)．

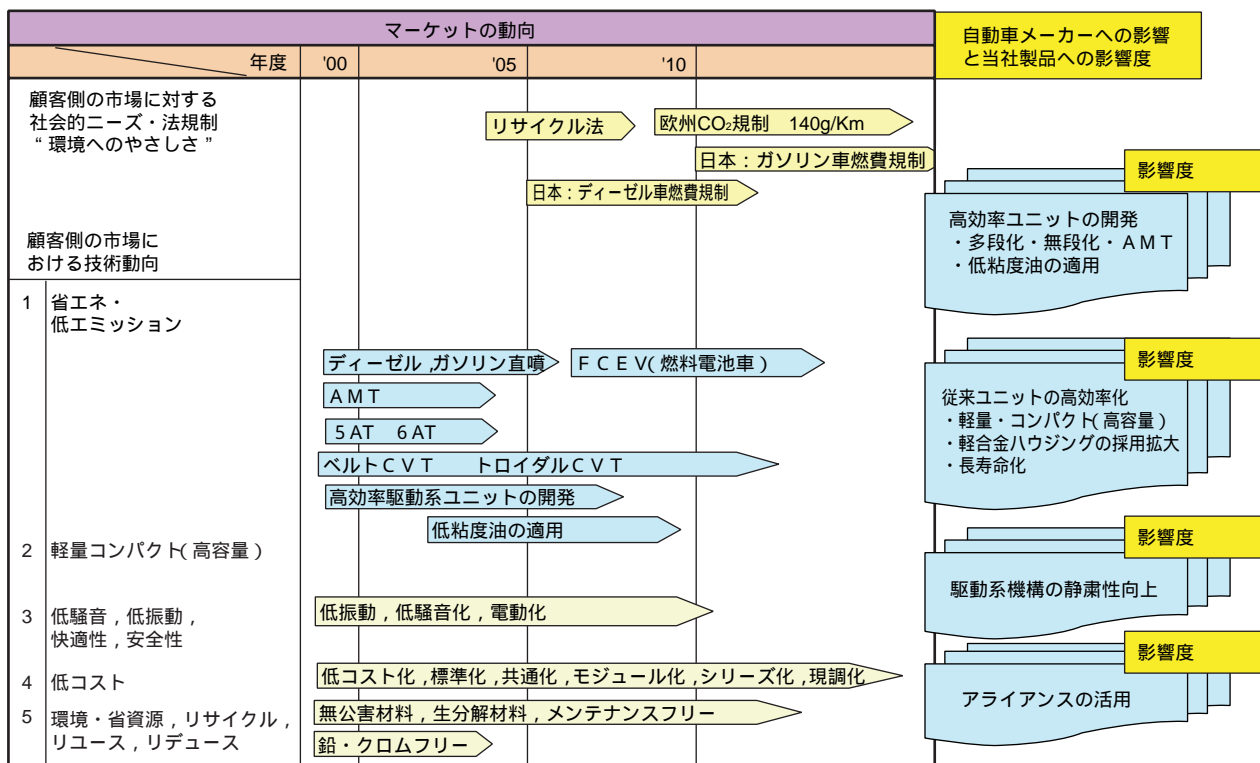


図1 自動車の技術動向と軸受の対応例
Technical trends of automobiles

型番	TR A0607R
荷重	Fr = 20.6kN, Fa = 13.7kN
回転速度	2 000min ⁻¹
潤滑	ギヤオイル85W90
異物	ハイス鋼粉0.06wt%(860HV平均粒径27 μm)+ SUJ2焼入粉0.06wt%(700HV平均粒径125 μm)

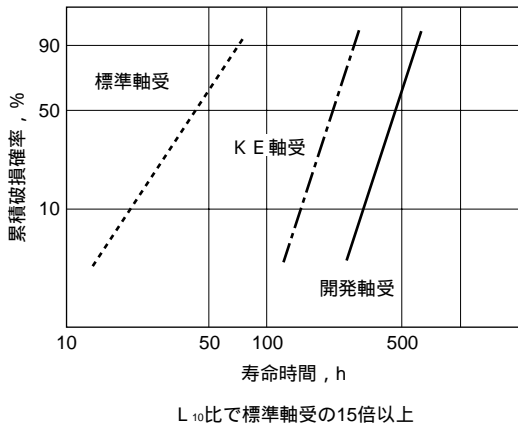


図2 超長寿命円すいころ軸受の異物混入油中での軸受寿命

Life of super-long life TRB lubricated with the oil containing foreign materials

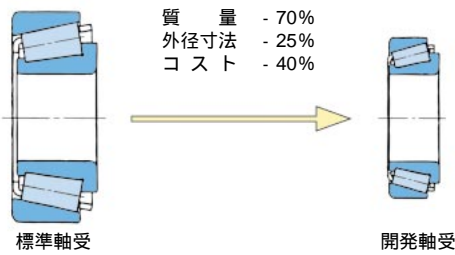


図3 超長寿命円すいころ軸受
Super-long life TRB

②低トルク円すいころ軸受

円すいころ軸受の摩擦損失を支配する内輪つば部とこころ端面のすべり接触状態の最適化に加え、外輪、こころ、内輪の転がり接触部の軌道形状の最適化を図った。その結果、従来軸受の約40%(現行の低トルク品比2 000min⁻¹時で20%)のトルク低減を実現した(図4)。

(2)ダイレクトリリースシリンダ(DRC)

DRCとは従来、クラッチリリース軸受とクラッチリリースシリンダーという別々の部品を一体化し、油圧シリンダ機能を内蔵した軽量・コンパクトなクラッチリリース軸受のユニットである。マニュアルトランスミッションの多段化によるクラッチハウジング内部空間へのコンパクトな搭載もできるし、クラッチの自動化対応にも適用されている。DRCの構造図を図5、ハイブリッド車のクラッチ部への応用例を図6に示す。

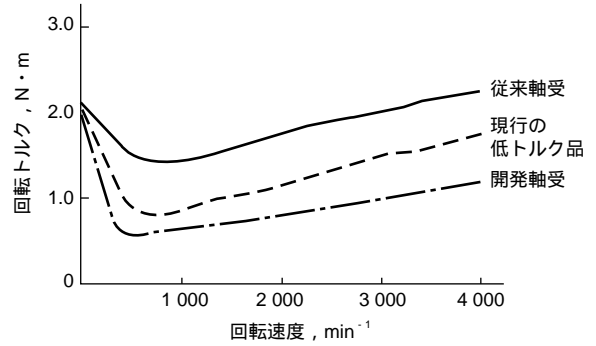


図4 円すいころ軸受の回転トルクの比較
Rotational speed and torque

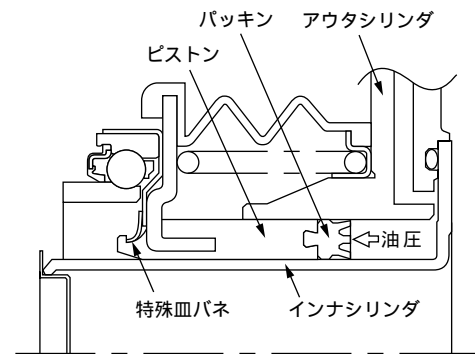


図5 DRCの構造図
Direct release cylinder

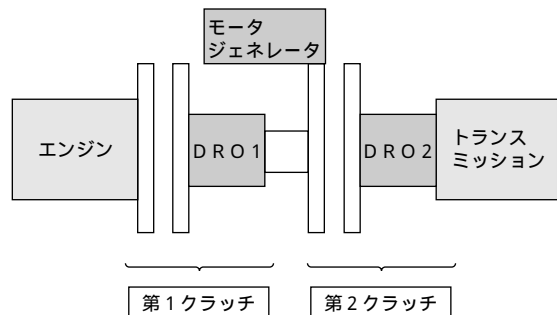


図6 ハイブリッド車へのDRCの応用例
DRC application to a hybrid car

(3)一方クラッチ

一方クラッチはオートマチックトランスミッションの変速制御に使用される部品であり、一方向はかみ合い(ロック)、反対方向は空転する機能をもつ。この機能を受け持つスプラグは軸方向両側にあるエンドベアリングによってラジアル方向に支持されている。一方クラッチの空転時にはこのエンドベアリングと軸などの回転体との引きずりトルクが主な摩擦抵抗となる。このためエンドベアリング内径部に溝加工(図7)を施して、接触部の油膜形成と油のかくはん抵抗低減効果による空転時の引きずりトルクを50%低減した(図8)。

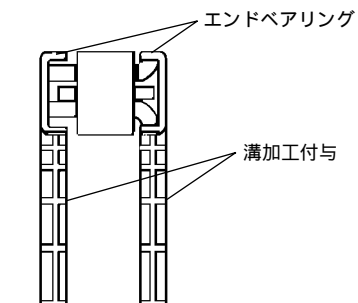


図7 一方クラッチの構造図
One-way clutch

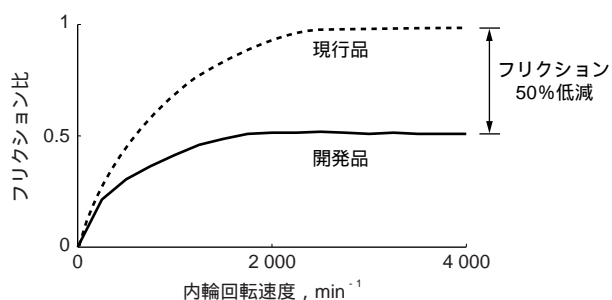


図8 一方クラッチのフリクションの比較
Friction comparison of one-way clutches

3.1.2 シャシ分野での環境対応製品

シャシ分野は車台の統合化，共通化が進んでおり，特に車両燃費やサスペンション特性に直接影響する「軽量化」が課題である。

(1)軸端かしめハブユニット

ハブユニットは自動車のホイールに用いられる軸受ユニットである。軽量化，剛性向上や寿命の信頼性向上のため，乗用車，小型商用車を中心に，軸箱やハブ軸などの周辺部品を取り込んだユニットの採用が急速に増加している。軸受とハブがナットで締結されたタイプの第3世代ハブユニットでは最近，ナット締結に代わりハブ端部をローリングかしめにより締結する方式が実用化された。製品質量は5%の軽量化となり，同時に，軸端部のコンパクト化によりABSセンサの搭載性もより容易になった。軸端かしめハブユニットの構造例を図9に示す。

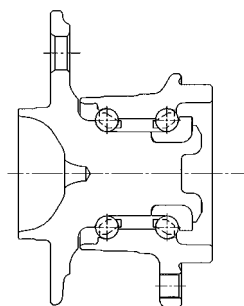


図9 軸端かしめハブユニットの構造図
Hub unit with shaft clinching

(2)ハブドライブシャフトモジュール(HDM)

ホイール周りのモジュール化は性能向上のみならず，軽量化の手段としても有効である。

ハブドライブシャフトモジュールはハブユニットとドライブシャフトを一体にしたモジュールである。軸受とボールジョイントの軸方向中心間距離の短縮，ハブ軸受内輪とボールジョイント外輪の一体化，FEMを駆使した小型化設計により現行構造比10%軽量化を達成した。軽合金製ナックルとの組み合わせにより更なる軽量化が期待できる。構造図を図10に示す。

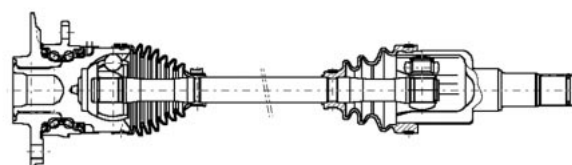


図10 ハブドライブシャフトモジュールの構造図
Hub drive shaft module

3.1.3 エンジン分野での環境対応製品

(1)板金製ロッカアーム

自動車用動弁系部品であるロッカアームにおいて，ローラの支持に針状ころを採用し，アーム本体が板金製の軸受ユニットである。燃費向上の対応策として，動弁系にはカムとの接触の転がり化による摩擦損失軽減と，慣性質量の低減が有効である。当社では全塑性加工により，板金製ロッカアームの10%の軽量化開発に成功し量産中である。板金製ロッカアームの外観図を図11に示す。



図11 板金製ロッカアームの外観
Stamped steel rocker arm

3.2 電機分野での取組み

情報機器など日増しにIT化が進み，リサイクル法の実施など状況変化が急速である。これらの軸受は省エネ，省スペース，軽量化が課題である。

(1)小形一方クラッチ

小形一方クラッチは複写機，プリンタ，ファクシミリ，自動販売機などの紙送り機構に，また，釣具のリールなどのホビー用にも使われている。主な使われ方は軽量の樹脂製ローラ(またはギヤ)

にクラッチ外輪を圧入方式とし、樹脂部品との分解を容易にしてリサイクル対応を可能にした。小形一方クラッチを図12に示す。



図12 小形一方クラッチの製品例
Various type miniature one-way clutches

(2)ハードディスクドライブ(HDD)用転がり軸受
HDD用転がり軸受にはミニチュア・小径玉軸受が使用されている。記録の高面密度化に伴い軸受の高性能化が飛躍的に求められてきた。特に軸受性能の一つであるNRRO(非同期回転振れ)はナノレベルの高精度化を要求されている。技術ニーズとそれに対する軸受の主な取組み内容を次に示す。

- 1) ディスクスピンドルNRROの低減(軸受の高精度化)
- 2) モータ消費電力の削減(グリース改良, 保持器設計改良による低トルク化)
- 3) セラミック球使用による信頼性の向上(長寿命化)

これらの技術ニーズに対応した製品例を図13に示す。

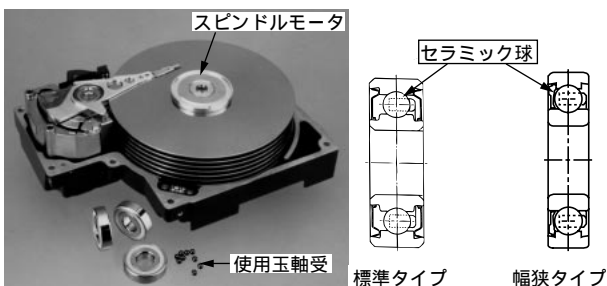


図13 ハードディスクドライブ用転がり軸受の使用例
Application example of rolling bearing for HDD

3.3 産業機械分野での取組み

産業機械における環境への配慮事項は次の4点である。

- 1) 汚染物の排出削減(油脂類の消費量削減・メンテナンスフリー化)
- 2) エネルギー消費の削減(低トルク化)

- 3) 環境配慮製品の開発 - 素材の変更等(生分解性グリース)
 - 4) 新エネルギー分野への寄与(風力発電等の自然エネルギー分野, 産廃ガス化溶融炉等)
- (1)ポリマー潤滑剤密封軸受(SOLPACKベアリング)

鋼板酸洗ロール, 撚線機, 屋外設備, めっき設備などで使用できるSOLPACKベアリングは, 油をポリマーと混ぜて固形化したポリマー潤滑剤を充填した新しい密封軸受で低トルクと長期メンテナンスフリーを実現した。

SOLPACKベアリングの外観を図14に, グリース封入軸受との回転トルクの比較を図15に示す。



図14 SOLPACKベアリングの外観
SOLPACK bearings

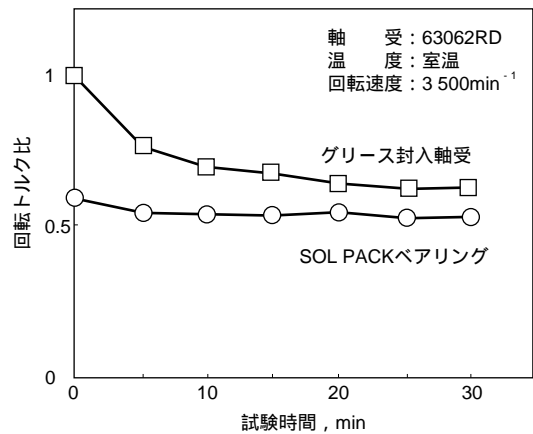


図15 SOLPACKベアリングとグリース封入軸受との回転トルクの比較

Running torque comparison of SOLPACK bearing and pre-lubricated bearing

(2)鉄鋼設備用オイルエア潤滑装置

鉄鋼設備で使用される軸受の潤滑はグリース潤滑またはオイルミスト潤滑が主流であるが, 供給された潤滑剤の設備周りへの廃棄, 漏洩による環境汚染が問題となっている。近年, クリーンな環境維持のニーズに対応する手段として, 潤滑油を

周囲へ漏洩させず回収可能であり且つ、潤滑油の消費量の少ないオイルエア潤滑を圧延機などの鉄鋼設備へ適用するケースが増加している。

3.4 工作機械分野での取組み

近年の産業界において、生産性の向上・製品の加工コストの低減要求が厳しく、工作機械は高速化・高能率化・複合化が日々進んでいる。また、地球環境保護の観点から、環境対応・省エネ・省資源も重要なテーマであり、工作機械の主軸軸受はオイルエア潤滑やグリース潤滑のような比較的資源消費・動力消費の少ない潤滑方法で、高性能・急加減速性能・低昇温性能・長寿命性能などを改善することが重要課題である。

(1)ハイアビリー軸受

工作機械主軸用として、著しい高速化、高能率化に対応するハイアビリー軸受を開発した。ハイアビリー軸受の構造図を図16に示す。内部設計諸元の最適設計により、高速限界は1.2~1.5倍に向上、温度上昇は約20~30%低下した。この性能によりオイルエア、オイルミストでしか対応できなかった用途にグリース潤滑で対応可能となり、また、オイルエア潤滑でも供給量、消費エア量の削減、騒音レベルの低減を達成した。

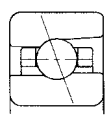
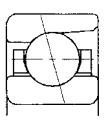
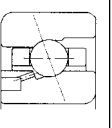
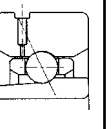
タイプ	Rタイプ	Cタイプ	Dタイプ	Fタイプ
形状				
適用	高剛性	高負荷容量	超高速回転	
潤滑方法	グリース/オイルエア		オイルエア	

図16 ハイアビリー軸受の構造図

Structures of high ability bearings

3.5 特殊環境分野での取組み

半導体、液晶・PDP等のディスプレイ、食品・薬品製造などの最先端分野では、作業環境のクリーン性の向上が大きな課題である。特に半導体業界においてはクリーン度が重視され、近年ICの高集積化に伴いその作業環境がクリーン度クラス1と非常に厳しいところも多くなってきた。さらに製造環境も大気・真空・高温・腐食ガス雰囲気など多種多様であり、年々軸受に要求される性能は厳しくなっているが、Koyoではこれに対応できる固体潤滑剤、セラミック材料を開発し提供している。

特殊環境に対応した環境対応製品について代表例を示す。

(1)空気動圧グループ軸受

動圧グループ軸受はすべり軸受の一種で、軸(または受側)にスパイラル状の動圧溝を設け、流体を介して回転する時、溝のポンプ作用で軸受面に圧力が発生して軸を完全に安定浮上させるものである。

本製品は潤滑流体として空気を使用した低トルクでクリーンな動圧軸受であり、オイルを使っていないため温度変化による性能変化もほとんどない。また静圧軸受のような空気供給は不要であるため、コンプレッサー等の設備も不要となるメリットがある。

空気動圧グループ軸受の構造図を図17に示す。本軸受は従来の転がり軸受使用に比べて回転摩擦損失が約1/3となる。

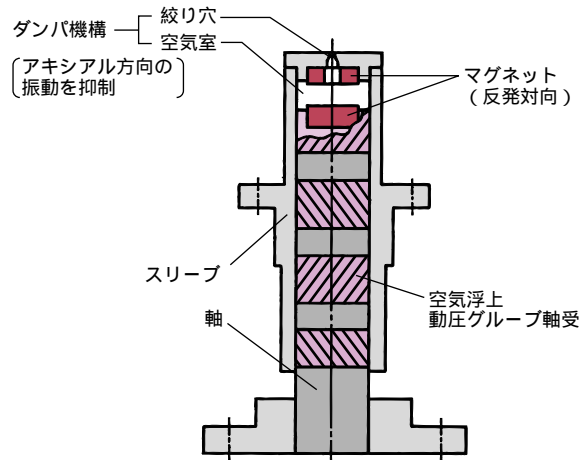


図17 動圧グループ軸受の外観およびメカニズム

Air-lubricated hydrodynamic grooved bearing

軽荷重・高速回転の用途に適しており、ポリゴンミラー用スピンドル等に使用されている。

(2)水静圧軸受システム

これは高精度ミラー製造加工機等に使用され、加工液中での使用を前提として、水を潤滑流体とした静圧軸受である。オイルは全く使用せず、起動から停止まで水の静圧により完全に浮上し、軸受面の固体摩擦が全くないため、周囲汚染の心配がない。

軸受材料も全て水に対して安定かつ溶出の少ないステンレス鋼や高純度セラミックス等で構成しており、超純水中での使用を可能にした(有機物濃度20ppb以下を満足)。

水静圧軸受システムの構造図を図18に示す。

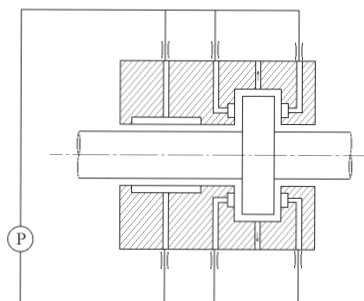


図18 水静圧軸受システム

Water-lubricated hydrostatic bearing system

159 (2001) 25.

- 4) 佐藤秀樹：KOYO Engineering Journal no. 160 (2001) 11.
- 5) 向笠正弘：KOYO Engineering Journal no. 160 (2001) 16.
- 6) 下村利明：KOYO Engineering Journal no. 161 (2002) 39.

3.6 全体に関わる取り組み

(1) 軸受シールの金属環及びシールドの6価クロムフリー化

密封タイプの玉軸受に使用されるシール，シールドには耐食性や外観の問題よりクロメート処理が施されており，このクロメート中に微量ではあるが6価クロムを含有している．自動車での欧州ELV指令制定に対応するため，6価クロムを含まないシールの芯金，シールドを開発した．

(2) LCAへの取り組み

地球温暖化に起因するCO₂量の把握と低減を目的にLCA(Life Cycle Assessment)によるCO₂量把握についても推進・展開中である．円すいころ軸受については完了しており，今後各種製品へ展開していく．

4. おわりに

今回の環境対応のテーマは「何のために製品開発をするのか？」を自問自答するテーマでもあった．地球環境保全に関するテーマは最上位に位置し，全ての開発行為はこれにつながるとすると，社会や市場のニーズを今まで以上に先行的に深く読みとり，強いつながりのある開発テーマに落とし込み，さらにコア技術に結びつけることが必要と痛感する．

新材料，熱処理技術，トライボロジー，製造技術などの新技術を駆使し，従来の軸受イメージと異なる新たな価値の創造のための製品開発を加速して推進していきたい．

参考文献

- 1) 宮地武志：KOYO Engineering Journal no. 156 (1999) 49.
- 2) 戸田一寿他：KOYO Engineering Journalsl no. 158 (2000) 27.
- 3) 湯川義清：KOYO Engineering Journal no.

筆者



佐藤秀樹*
H. SATOU

* 取締役 軸受事業本部 軸受技術センター