



ベアリングとは、ある部品が他の部品の重量や荷重を負担するための機械要素というのが最も単純な定義となります。この定義を自転車に当てはめると、ベアリングは、相対的な動きを特定の平面や方向へのみに拘束すると同時に、可動部間の摩擦を低減させるものであります。ベアリングに期待される荷重は次のように定義されています。

ラジアル荷重は、内輪のベアリングレース（ベアリング軸受）が回転している軸に対して垂直な外輪の上に直接かかる力のことです。

軸もしくは推力に対する負荷とは、ベアリングの内輪が回転しているシャフトと平行に、ベアリングの側面にかかる力を表しています。

複合荷重とは、ベアリングとベアリングレースが回転しているシャフトに同時にかかる、ラジアル方向と軸方向の多方向の荷重のことです。複合荷重試験は、実際の自転車の使用状況を最もよく再現する試験です。ペダルの力がかかるクランク・スピンドルの先に 30kg の負荷を載せ、100 万回転させる方法がボトムブラケットベアリングの軸方向荷重試験の一例としてあります。

さらに、ベアリングを 5 つのグループに分けて定義することができます。



Plain Bearings

プレーン・ベアリング

プレーン・ベアリングは、回転体を含まないベアリングで、しばしばブッシュと呼ばれることもあります。製造コストが非常に低く、衝撃や負荷が小さくて性能の最適化が優先されない用途や、潤滑が十分で汚染物質の侵入がほとんどない用途に最適です。エンデュロでは、プレーン・ベアリングを製造していません。最初の MAX ベアリングは、初期のフルサスペンションデザインにおける厄介なプレーン・ベアリングに関連する問題を克服するために設計されたからです。



Roller Bearings

ローラー・ベアリング

円筒形ローラー・・・サイクリング用途では、これらは最も一般的なニードル・ベアリング（針状ころ軸受）として知られています。ローラー・ベアリングは、ペダルやショックマウントなど、ボール・ベアリングのための十分なクリアランスがない用途で、高ラジアル荷重に最も良く適合します。ただし、スラスト・ベアリングやワッシャ、ボール・ベアリングと組み合わせて、左右の遊びをなくす必要があり、性能と耐久性を最適化するために、ペダルスピンドルに沿ってローラー・ベアリングとラジアル・ベアリングを組み合わせることもあります。エンデューロでは、ペダル、ショックマウント、サスペンションピボットに使用されるローラー・ベアリングを製造しています。



Thrust Bearings

スラスト・ベアリング

スラスト・ベアリングは、一般的に知られているラジアル・ベアリングと比較して、直交軸上で機能するように設計されています。スラスト・ベアリングは、2つの土台となるレースでボールを挟む設計になっており、アメリカでお父さんが愛用するソフトな布張りの、レイジーボーイのリクライニングチェアに使われているベアリングは、スラスト・ベアリングです。クレーンのタレットもスラスト・ベアリングの代表的な例で、踏み板を一か所に固定し、有人クレーンを360度回転させることができます。



Radial Bearings

ラジアル・ベアリング

ラジアル・ベアリングは、ベアリングというと多くの人が思い浮かべるボール・ベアリングのことで、自転車のあらゆる部分に使われている最も一般的なベアリングです。多くの場合、ボールどうしは間隔を保ち摩擦のない回転を促進するためにリテーナーリングに入れられ、ベアリングとリテーナーは精密加工されたインナーレースとアウトナーレースで挟まれています。「エンデューロの技術革新」では、エンデューロのマックス・フルコンプリメントのラインアップが、サスペンションピボットやペダルのラジアル・ベアリング設計を最適化し、リテーナーを排除してレース内のベアリング数を増やし、頻繁な衝撃や荷重による衝撃をよりよく吸収する方法を紹介しています。



Angular Contact Bearings

アンギュラーコンタクト

アンギュラーコンタクト（AC）軸受は、2つのレースが所定の角度で玉を挟む「カップ&コーン」方式の軸受であるため、ラジアル荷重、軸方向荷重、および複合荷重に対応することができます。ACベアリングは、ボトムブラケットやヘッドセットなど、予圧を必要とする用途に適しており、プリロード（イニシャル調整）が可能なため、正確な側面荷重の調整ができ、遊びや不具合を排除しながら、ラジアル荷重をスムーズに処理することができます。ラジアル・ベアリングの場合、ボールとレースの接触が50%しかないことがありますが、ACベアリングは100%の接触を実現し、対向するアンギュラーベアリングレースの間にボールが非常に軽いテンションで保持されます。耐久性を高めるために、エンデュロ ACベアリングは、より大きなボールを使用し、より大きな荷重をスムーズに伝達し、ヘッドセットのガタつきやディスクブレーキの摩擦の原因となるホイールハブの微小な傾きを排除しています。エンデュロ ACベアリングは、ヘッドセット、ボトムブラケット、ハブ、サスペンションピボットに使用されています。



Bearing I.D. Numbers

ベアリング ID ナンバー

ベアリングに記載されているベアリング識別番号の無数の組み合わせは、非常に具体的で順序付けられたコードです。これはベアリングの説明の省略形です。たとえば、6902は「細線シリーズ」ベアリングを識別します。「6」はラジアル・ベアリングであることを示します。「9」は細い線のシリーズを指します。「02」は15mmのボアを指定します。

6803は、「極細線シリーズ」のラジアル・ベアリングです。6902と同様に、「6」はラジアル・ベアリングを意味します。「8」は、超薄型シリーズを意味します。「03」は、内径20mmを意味します。

自転車業界では、ベアリング業界の識別基準から外れた奇数サイズのベアリングが多く存在します。エンデュロは、各カスタムベアリングソリューションに対応するため、何年も前に英数字による識別システムを構築し、現在では他社もこれを使用しています。例えば「MR 18307 LLB」は、メートル系ラジアル・ベアリングで、サイズは18 × 30 × 7mm、LLB シール付きです。「DRF 152610 LLB」は複列フランジラジ付きラジアル・ベアリングで、サイズは15 × 26 × 10mm、LLB シールが付いているものを指します。シールについては別の項目で説明します。



ABEC Ratings

ABEC 規格

ABEC 規格 (Annular Bearing Engineer's Committee) とは、各ベアリングが合格しなければならない製造・試験規格のことです。高回転での騒音試験、ベアリングの内径・外径の公差、ボールの真円度、レースの真円度、表面仕上げなど、すべての面で精密に定義されています。ABEC の格付けは 1～9 までであり、奇数番号のみで、9 が最高の格付けです。7 や 9 のベアリングは製造が非常に難しく高価で、毎分 4 万回転の歯科用ハンドピースには最適かもしれませんが、自転車のクランクやホイールの低速回転には過剰な性能だと思います。

ABEC 規格は、自転車用ベアリングにとって重要な側面もありますが、すべてではありません。ABEC 規格が高いからと言って、ベアリングの回転抵抗が少ないわけでもなく、高性能・長寿命であるとも限りません。ABEC 規格は、荷重処理能力、ボールのグレードと精度、ロックウェル硬度 (押し込み硬さの一種)、ベアリングシールの品質や潤滑仕様など、自転車の性能に影響を与える重要な要素を考慮していません。このため、自転車用では混乱が生じる可能性があります。

例えば、非常に浅いレース溝を持つ高 ABEC ベアリングは、非常に静かに動作しますが、サイクリングに特有の軸荷重の影響を受けやすく、その結果として早期摩耗や故障の可能性があります。一方、自転車用に特別に設計されたエンデューロの ABEC 3 と ABEC 5 ベアリングは、ベアリングの強度と耐久性を高めるために、すべてのサイズで最も深い溝と最も大きなボールを提供しています。このように玉の大きさと溝の深さを大きくすることで、ABEC 規格を満たすために、より厳しい製造公差と厳格な仕上げや組み立てのやり取りが必要となり、その結果として全体的に高い精度を実現しています。



Inside A Bike Bearing

インサイド A バイクベアリング

自転車用ベアリングは、一般的に内側と外側のベアリングレース、ボールまたはローラー、内側と外側のシール、潤滑剤 (グリース) が含まれています。それぞれの用途に最適なベアリングソリューションを決定するために、エンデューロの研究開発グループは、それぞれの使用事例を慎重に研究し、大量の試作サンプルを製造し、実験室とフィールドで広範囲なテストを実施しています。



Bearing Balls

ベアリングボール

まずはベアリングボールからお話します。エンデューロの設計思想は、シンプルで、より大きく、より丸く、より滑らかに、そして可能な限り高品質な材料で製造することです。直径が2倍のボールは、半分のサイズのボールの8倍の体積があり、より多くの衝撃を吸収することができます。エンデューロのボールは、挟み込み、横滑り、詰まり、楕円化、欠け、割れの可能性が非常に低くなっています。BB30 ボトムブラケットの図解で、E エンデューロのボールの大きさの違いを、広く知られている当社が尊敬する2つの競合製品と比較してみました。

ボールはグレードで評価されます。数字が小さいほど、真球度が高いということになります。わずか10年前、グレード25は非常に高級な球とされ、最高のハブやボトムブラケットに使用されていました。精密で長持ちする球体を作るには、きれいな鋼材から始めることが必要です。当社のグレード10とグレード5の球は、52100クロム鋼から鍛造・研磨されています。また、表面の粗さも重要な要素です。表面の粗さは真球度に影響を与えますが、球のグレード評価には特に含まれません。しかし、ボールが滑らかであれば、より良いABEC評価を得ることができ、ベアリングの寿命も長くなります。

窒化ケイ素セラミックボールは、純度の高いSi3N4から作られており、非常に緻密で均一な材料です。この素材の微細構造要素は、他の追随を許さないものです。エンデューロは、日本製（東芝またはパナソニック）の高精度グレード5セラミックボールのみを使用しています。このボールは、スチールの60%軽量で7倍の硬度を持ち、ほぼ球形に近い完璧な状態に研磨されており、100万分の5インチ以内の真円を実現しています。Si3N4の耐熱性は鋼鉄の8倍で、より強く、より硬く、耐食性は比較にならないほど高く、また非鉄であるため磁気干渉の可能性もありません。エンデューロ独自のXD15窒素鋼ベアリングレースと組み合わせることで、フリクションを大幅に低減すると同時に、悪条件下での強靭さと性能の頂点を極めるベアリングです。XD15セラミックハイブリッドベアリングには、生涯保証が付いています。

440Cステンレス鋼球は、セラミック球ほど強固ではありませんが、セラミック球ほど高価でもありません。エンデューロの440Cステンレス鋼球は、ステンレス鋼の優れた耐食性により、標準的なスチールベアリングが一晩で錆びてしまうような雨天の気候に最適な選択肢です。440Cは高い硬度と靱性、寸法安定性を持ち、転がり疲労や腐食に対して非常に強い耐性を持っています。また、他の多くの鋼材と比較して衝撃吸収性に優れているため、ヘッドセット用途に最適な材料です。MAXhitの製品は、レースも含め全て440Cステンレス鋼で作られており、各MAXhitの部品には生涯保証が付いています。

エンデューロのABEC3（グレード5）およびABEC5（グレード10）ベアリングアッセンブリーの内部には、深い溝のあるベアリングレースの内側に52100クロム鋼球が使

用されています。52100 クロム鋼は非常に高い精度で製造することができ、ダブルリップシールと組み合わせて高性能グリスを充填すると優れたベアリングとなり、52100 クロム鋼で作られたベアリングは、世界で最も尊敬されるブランドの高価格帯のバイクの多くに採用されています。

用されています。52100 クロム鋼は非常に高い精度で製造することができ、ダブルリップシールと組み合わせて高性能グリスを充填すると優れたベアリングとなり、52100 クロム鋼で作られたベアリングは、世界で最も尊敬されるブランドの高価格帯のバイクの多くに採用されています。

用されています。52100 クロム鋼は非常に高い精度で製造することができ、ダブルリップシールと組み合わせて高性能グリスを充填すると優れたベアリングとなり、52100 クロム鋼で作られたベアリングは、世界で最も尊敬されるブランドの高価格帯のバイクの多くに採用されています。



Bearing Races

ベアリングレース

ベアリングレースは、ベアリングのボールを挟んでいる部分です。ボールの選定と同様に、レースの材質や設計も重要なポイントです。エンデューロでは、3種類のベアリングレース材をラインナップしており、それぞれ独自の性能を有しています。また、ベアリングの性能と寿命を向上させるために、機械加工後の処理も指定しています。

XD15 窒素鋼ベアリングレースはエンデューロ独自のものです。エンデューロのセラミックベアリングには、耐食性と強度に優れた XD15 というステンレス合金のレースが使用されています。XD15 窒素鋼は、航空機の翼の除氷に使用される苛性化学薬品に耐えられるように開発されました。窒素を注入したこの特殊なスチール素材は、絶対に錆びたり腐食したりすることはありません。海辺で塩水に浸かっても、甘い栄養ドリンクにボトムブラケットのベアリングを浸しても、素材には影響を与えません。また、土や砂が付着しても、窪みや経年変化を促進することなく、これらの汚染物質がレースをより滑らかに磨き上げます。

XD15 の製造工程では、非常に高いグレードのマルテンサイト系ステンレス鋼を、窒素ガスを導入しながら高度に制御されたチャンバー内で再溶解し、粗大な炭化物を含まない均質な鋼にすることで、究極の耐疲労性を実現しています。このため、XD15 のベアリングレースはロッドストックから機械加工されます。

エンデューロ XD-15 セラミックハイブリッドベアリングは、耐食性に優れた低温処理窒素鋼レースと窒化ケイ素グレード5のセラミックボールを組み合わせた、究極の高性能ベアリングとコンポーネントです。XD-15 ベアリングは、他のセラミックベアリングと比較して、初回からスピードとパワーを発揮することができ、使い込むほどにスピードとスムーズさを増し、過酷な環境下でもその性能を発揮します。すべての XD15 ベアリングは、生涯保証付きです。

440 ステンレス鋼には、3つのグレードがあります。エンデューロでは、最高グレードの440Cのみを使用しています。ベアリングの寿命と性能を向上させるために、不活性ガスや極低温処理によって材料は正常化、安定化されています。このベアリングレースは、440C ベアリングボールと同様に、一般的なマルテンサイト系ステンレス合金の中で最高レベルの硬度、靱性、寸法安定性を持ち、転動疲労や腐食に対して高い耐性を有しています。440c は、52100 ほど硬くはありませんが、耐食性ははるかに優れています。XD15 ほど強靱ではありませんが、ほぼ同じコストで、腐食や強い衝撃が考えられる場合に優れた選択肢となります。エンデューロの特許出願中の MAXhit 100%440C ステンレススチールコンポーネントは、雨天気候やマウンテンバイク、グラベルライドで経験するハードヒットに対して優れており、生涯保証付きです。

52100 高炭素クロム鋼合金のレースは、最も手頃な価格で最も人気のあるベアリングアセンブリに採用されています。この高精度部品の製造工程では、まず真空中でガス抜きしたクロム鋼合金を熱処理と極低温処理によってロックウェル HRC64 まで硬化させます。極低温処理は、材料をマイナス 310°F (-190°C) まで冷却して鋼の結晶構造を正常化し、ベアリングの長寿命化を促進するもので、超高密度で硬いセラミックボールと組み合わせたレースでは特に重要です。他のベアリングメーカーでは無視されがちですが、低温処理によってベアリングの性能と寿命が向上します。さらに保護を強化するために、当社の製品カタログではブラックオキサイド処理をご紹介します。ブラックオキサイドはマグネタイト処理（黒色）で、耐食性を高め、鋼合金をさらに安定させるものです。この処理は3回行われます。ブラックオキサイドのレースでは、組み立て前にさらに研磨を行い、絹のような滑らかな転がりを実現しています。



Bearing Seals

ベアリングシール

シールは、ベアリングの最初の防衛線です。シールの設計がよければ、汚れを防ぎ、潤滑剤を入れることができます。ほとんどのベアリングメーカーが、2RS シングルリップシールを使用しています。2RS とは、文字通り「2つのゴム製シール」という意味です。エンデューロベアリングは、ほとんどのベアリングアセンブリ用に「LLB」と「LLU」と指定された特殊シールを製造しています。LLB と LLU は、2つのリップが軽接触(LLB)または中接触(LLU)する内輪の嵌合溝を意味します。エンデューロのラビリンス設計は、ベアリングの回転に伴って2つのリップの隙間にグリスを充填し、ハイドロマテックシールを形成するもので、このグリスバリアーにより、レースの性能が飛躍的に向上し、レース寿命が延長します。

エンデューロのベアリングシールは、台湾の工場で厳密な公差で製造され、表面の凹凸を制御するために、より柔軟な NBR（ニトリルブタジエンゴム：ベアリングシールに適した強度と柔軟性を持つゴム）化合物で成形されています。エンデューロのプレミアム XD15 セラミックハイブリッドベアリングは、シリコンシールを採用し、優れた密閉性と抵抗低減を実現しています。

LLB シールはエンデューロの最も人気のあるライトコンタクトシールです。LLB シールはニトリルゴムとスチールインサートで構成されており、常に回転しているボトムブラケットやハブベアリングに最適です。2RS の厚いシールリップが鈍い表面でこすれるのではなく、LLB タイプは、ベアリングレースの溝に乗る2つの極薄のシールリップを利用しています。外側のリップが水や汚れを防ぎ、内側のリップがグリスを保持することで、スムーズな作動と長いメンテナンス間隔を実現します。

LLU シールは、フルコンタクトのデュアルリップシールで、インナーレース上の溝にはめ込みます。LLB シールよりもシール圧が高く、サスペンションピボットやヘッドセットの回転が数度しかない場合などに最適です。シール圧の増加により、90%のグリス充填量を維持し、ボールとレースを継続的に潤滑するとともに、汚れや湿気を排除します。

LLB シールはエンデューロの最も人気のあるライトコンタクトシールです。LLB シールはニトリルゴムとスチールインサートで構成されており、常に回転しているボトムブラケットやハブベアリングに最適です。2RS の厚いシールリップが鈍い表面でこすれるのではなく、LLB タイプは、ベアリングレースの溝に乗る2つの極薄のシールリップを利用しています。外側のリップが水や汚れを防ぎ、内側のリップがグリスを保持することで、スムーズな作動と長いメンテナンス間隔を実現します。

LLU シールは、フルコンタクトのデュアルリップシールで、インナーレース上の溝にはめ込みます。LLB シールよりもシール圧が高く、サスペンションピボットやヘッドセットの回転が数度しかない場合などに最適です。シール圧の増加により、90%のグリス充填量を維持し、ボールとレースを継続的に潤滑するとともに、汚れや湿気を排除します。



Bearing Grease

ベアリンググリス

エンデューロ社のグリスは、ベースオイルに増ちょう剤を配合しています。レースを潤滑するために、当社の特殊グリスは、グリス増粘剤から少量の油を軸受の軌道面に滲み出させます。このオイルが弾性流体潤滑膜を形成し、摩擦や摩耗を低減させます。また、グリスはシール内部で効果的な2つめの守りとして、ベアリングを汚染物質や湿気から保護することができます。ピボットやヘッドセットなど、より大きな負荷がかかる場合には、特殊な耐摩耗添加剤を使用することで、グリスの性能を向上させることができ、同様に、増粘剤と添加剤は、水や塩水噴霧によるグリスの変位に対する自然な耐性を補強することができます。これが「高圧グリス」と呼ばれるものです。エンデューロでは、すべてのベアリングに使用するグリスを高圧用グリスとして選定しています。

エンデューロには、ベアリングの性能と耐久性を最適化するために、3種類の潤滑剤が充填されています。ここでは、最も人気のあるグリスについて説明します。

エンデューロ・パフォーマンスはオールラウンダーグリスです。モーター XHP222 (エクストラハイプレッシャー) のブランドである「パフォーマンス」は、あらゆるバイクとライドコンディションに適している。このグリスは優れた転がり性能を持ち、洗車や風雨にさらされたとしても簡単に流されることはありません。ボールがこのグリスを押し出し、望ましくないドライコンタクトポイントを残すことはありません。ABEC 5 アンギュラコンタクト、ABEC 5 ラジアル・ベアリング ABEC 3 ベアリングには、エンデューロ・パフォーマンスのグリスが充填されています。

エンデューロ MAX グリスは、高圧力下で非常に優れた性能を発揮するように設計されています。アルマガード 3752 のブランドである「MAX」は、ほんの数度回転するサスペンションピボットやヘッドセットベアリングに最適です。この重厚な「超高圧」グリスは、その優れた粘性と衝撃吸収特性から、キャタピラーや重機メーカーに使用されています。

エンデューロ XD15 スピードグリスは、高速で動くボトムブラケットとホイールのためのグリスです。「Speed」は、私たちのブランドである Klüber Isoflex 「Fast」 グリスです。XD15 スピードグリスは壊れやすいものではなく、ベアリング内部の独自の成分が特徴で風雨から長期的に保護します。ボールに絡み付き、ボールの通り道に伸びるように設計された XD15 Speed グリスは、セラミックやステンレス製のボトムブラケット、ハブベアリング、プーリーに最適です。このグリスは、時間が経つにつれてより良く、より滑らかに作動し、洗車に対しても流れにくいです。