

地域イノベーション戦略支援プログラム(旧知的クラスター創成事業)  
平成24年2月20日

文部科学省 地域イノベーション戦略支援プログラム グローバル型(第Ⅱ期)成果 第27号

## 次世代航空機用 無潤滑摺動部材の開発 ～チタン合金複合材料を応用した低摩擦係数部材～

長野県工業技術総合センター

所長 池田 博通

(「デバイス試作・創出の研究開発」研究リーダー)

ミネベア株式会社

ロッドエンド・ファスナー事業部

事業部長 佐々木 元

財団法人長野県テクノ財団

理事長 市川 浩一郎

(長野県全域知的クラスター本部長)

拝啓 貴社ますますご清栄のこととお喜び申し上げます。平素より格別なるお引き立てを賜り厚くお礼申し上げます。この度、地域イノベーション戦略支援プログラム グローバル型(第Ⅱ期)における第29号の研究成果として、「次世代航空機用 無潤滑摺動部材の開発」について、平成24年2月20日付けで発表いたします。是非、貴紙上または貴番組にてご紹介いただきますようお願い申し上げます。

敬具

※なお、内容解禁日は、以下のとおりお願い申し上げます。

平成24年2月20日(月)発表終了後以降

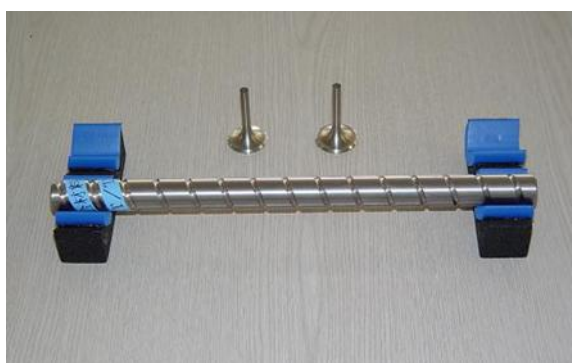
## ○ はじめに

文部科学省の地域イノベーション戦略支援プログラム グローバル型(第Ⅱ期)(旧知的クラスター創成事業(第Ⅱ期))の研究委託事業の一環として、長野県工業技術総合センター(長野市)とミネベア株式会社(長野県北佐久郡御代田町)は、強度と硬さを併せ持つチタン合金複合材料\*<sup>1</sup>と自己潤滑性\*<sup>2</sup>を有する PTFE 系ファブリックライナー\*<sup>3</sup>を組み合わせることにより、高い接触圧下において安定した非常に低い摩擦係数\*<sup>4</sup>を示し長寿命な**次世代航空機用 無潤滑摺動部材\***<sup>5</sup>を共同開発しました。

## ○ 開発成果

航空機分野において用いられる軸受などの摺動部材には軽量化、耐食性及び耐久性が求められておりますが、さらに給油不要でメンテナンスフリーな摺動部材として、自己潤滑性を有し耐久性に優れる PTFE 系ファブリックライナーを用いた無潤滑摺動部材が提案されています。しかしながら、既存品は本ライナーと組み合わせた相手材料が使用中に摩耗して損傷し始め、やがて許容範囲を超えると損傷した相手材がライナー自身を破壊してしまうため、寿命の点では必ずしも十分とは言えませんでした。そこで PTFE 系ファブリックライナーに対する耐久性が従来の相手材よりも優れた素材が望まれていました\*<sup>6</sup>。一方、チタン合金はその優れた特性により航空機分野への採用が期待されておりますが、既存の鉄鋼材料と比べて硬さに劣るため、このような用途への応用は進んでいませんでした。

研究グループでは以前よりカーボンナノチューブ(CNT)や炭化タングステン\*<sup>7</sup>粒子を添加した高強度で耐食性に優れ、かつ高硬度なチタン合金複合材料の研究開発に取り組み、その用途開発の一環として航空機分野への応用を検討してまいりました。この度、本複合材料を PTFE 系ファブリックライナーと組み合わせると、安定した摩擦係数を示し長期間の連続運転に耐えることを付き止めました。開発したチタン合金複合材料は、PTFE 系ファブリックライナーとの摩擦摩耗試験において、汎用チタン合金はもちろん硬さでは及ばない鉄鋼材料にも勝る性能を示しました\*<sup>8</sup>。



航空機向けボールねじ(試作品)



軸受(既存品)

図1 チタン合金複合材料と航空機向け部品

表1 摩擦摩耗試験条件

加圧力	5000N (510kgf)
面圧	31.8MPa (N/mm)
回転数	17r.p.m. (回転/分)
すべり速度	1.18m/min

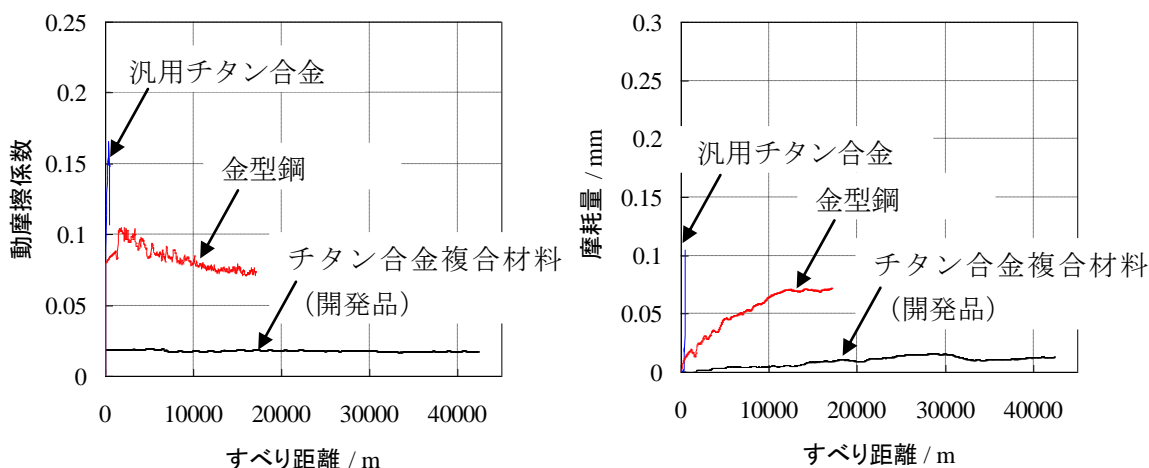


図2 摩擦摩耗試験結果 (リングオンディスク試験\*9)

表2 摩耗試験で比較した各サンプルの硬さ、強度及び密度 (参考値)

サンプル	ロックウェル硬さ Cスケール*10	引張強さ (N/mm <sup>2</sup> )	密度 (g/cm <sup>3</sup> )
チタン合金複合材料 (開発品)	51	1750	4.4
金型鋼	55	1900	7.7
汎用チタン合金	40	1170	4.4

### ○ 期待される応用

本部材はその低い摩擦係数と長寿命並びに無潤滑で使用可能な特徴から、軽量化が求められる航空機用部材だけでなく、自動車、工作機械などの他分野においてもメンテナンスが困難な用途あるいは構造上油を嫌う箇所や非磁性（磁石に付かない、磁石にならない性質）が求められる部品などへの応用が期待されます。

### ○ 今後の予定

現在、本部材を航空機メーカーへ提案するため、軸受部品の試作及び実機耐久試験の準備を進めています。

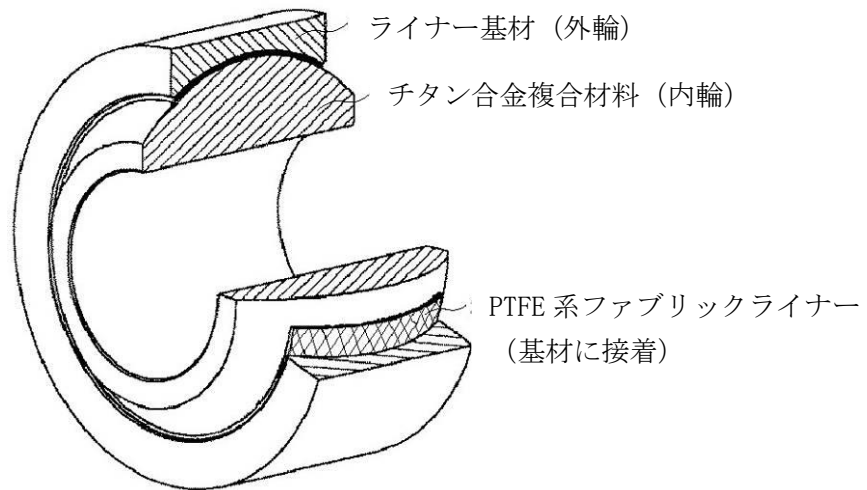


図3 軸受への応用イメージ (例)

○ お問い合わせ先

長野県工業技術総合センター 材料技術部門 金属材料部 安澤真一 TEL:026-226-2012

用語等の補足的説明

※1 チタン合金複合材料

チタン合金の粉末に CNT 等の微粒子を少量混ぜて焼き固め、さらに板材は熱間圧延、棒材は熱間押出加工 (棒材を長さ方向に押し込んで直径よりも小さな丸穴に通し細長く変形させる加工方法) 等を施して製造された複合材料で、母材のチタン合金に対して最大で 1.5 倍程度の強度を有しています。材料及び製造方法について特許出願、USA、EU、中国、韓国では登録済みです。

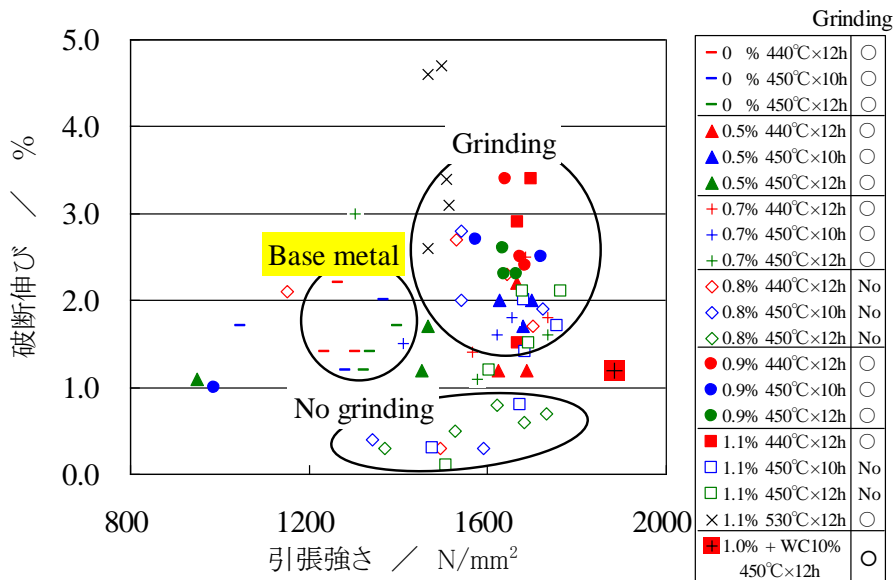


図4 チタン合金複合材料の機械的特性

## ※2 自己潤滑性

摺動時に摩擦係数が低く摩耗しにくい性質で、薄片状の微細構造を持つ材料に多く見られます。このような材料は薄片同士の結合が弱く、外からの力によって容易にすべり変形するため、相手が金属などの固い材料の場合にも自分自身が潤滑材の役割を果たして摩擦係数が低くなると言われています。摺動し始めはなじむまでの間僅かに摩耗しますが、その後は上記の理由により摩耗しにくくなります。

## ※3 PTFE系ファブリックライナー

PTFE はテフロン®の商品名で知られる四フッ化エチレン樹脂（ポリテトラフルオロエチレン：polytetrafluoroethylene）の略で、良好な自己潤滑性を示しますが強度が低くそのままでは大きな荷重に耐えられないので、PTFE の繊維に補強材としてガラス繊維や耐熱高強度の合成樹脂繊維を混紡して織物（ファブリック）とし、さらにフェノール樹脂のような加熱すると固まる樹脂を含浸させてシート状にした素材がライナー（摺動部材の摺動面を覆う部品）として用いられます。

## ※4 摩擦係数

二つの物体の接触面に働く摩擦力と接触面に垂直に作用する抗力の比。静止した状態から動き出すときに観測される静摩擦係数と摺動中に観測される動摩擦係数に分けられますが、今回の試験では動摩擦係数を測定しています。値が小さいほど摺動時の抵抗（摩擦力）が小さく、その結果摩耗が少なく機械としてのロスも少なく済みます。

## ※5 摺動部材

2つの物体が互いの表面同士で接触し、回転、往復などの相対運動する部位に用いられる部品（材料）。主な例としてすべり軸受や工作機械の案内面など。一般には摩擦係数や摩耗による損耗を減らすために潤滑して使われます。

## ※6 従来品の相手材

PTFE系ファブリックライナーの相手材としては鉄鋼材料や汎用チタン合金、あるいはそれらに表面硬化処理を施したものが提案されていますが、摩耗が進行する詳しいメカニズムは十分に解明されてはならず、相手材の硬さ不足が一つの要因とされています。

## ※7 炭化タングステン

金属タングステン（元素記号 W）と炭素（C）が1対1の割合で結びついた化合物。極めて硬く、その粉末を金属コバルト（Co）で焼き固めたものは超硬合金と呼ばれ加工用工具に用いられます。

## ※8 耐久性と硬さの関係

詳細は不明ですが本チタン合金複合材料はCNT等に由来する硬く細かい粒子が分散している構造のため通常よりも摩耗に強いと考えられ、PTFE系ファブリックライナーに対して硬さ値から予想されるよりも優れた耐久性を発揮したのではないかと推測しています。

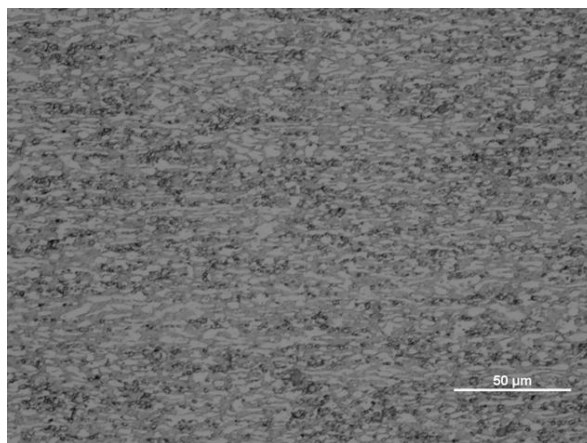


図5 チタン合金複合材料のマイクロ組織写真（例）

### ※9 リングオンディスク方式

摩擦摩耗試験の一形態で、円筒の端面と平板を接触加圧し、円筒の中心を回転中心として回転摺動させる方式。今回の試験では円筒の端面に PTFE 系ファブリックライナーを貼付し、平板に相手材を使用しました。

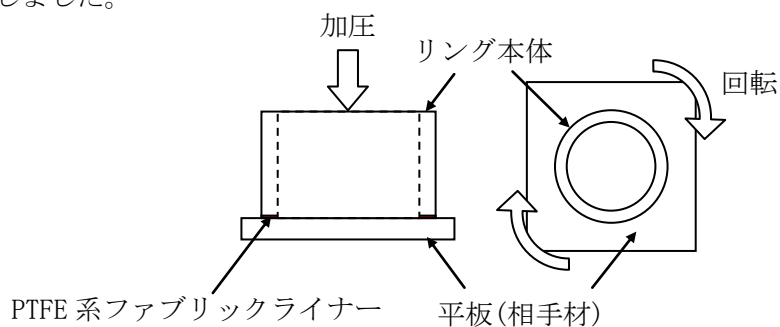


図6 摩擦摩耗試験の模式図

### ※10 ロックウェル硬さ

主に金属材料の硬さを求めるための試験方法の一種で、圧子と呼ばれる硬い材料を試験片に押し付けることで硬さを測定します。C スケールはダイヤモンド製の円錐型の圧子を 150kgf の力で試験片に押し当てます。硬さの値が大きいほど硬いことを示しますが、硬さは物理量ではないので値が 2 倍でも 2 倍硬いという意味ではなく、あくまで相対的な比較量です。