研 究

アルミニウム青銅系焼結合油軸受合金の軸受性能について*

三 谷 裕 康**・横 田 勝**

Hiroyasu Mitani and Masaru Yokota: The bearing performance of the oil impregnated aluminium bronze sintered bearings.

By using the Suzuki-type wear testing machine, the bearing performance of oil impregnated aluminium bronze sintered bearings, made from copper composite powders chemically plated with nickel and $\gamma_2(\text{Cu}_9\text{Al}_4)$ alloy powders, was measured, and also compared with those of the oil impregnated Cu-Sn and Fe-Cu sintered bearings which are in practical use.

The following results are obtained from this experiment.

(1) The bearing temperature of the Cu-Sn and the Fe-Cu sintered bearings raised linearly with increasing the PV factor. But the bearing temperature of the aluminium bronze sintered bearings scarcely raised up to 2500 kg/cm²·m/min of the PV factor which is the upper limit of this experiment, e.g. the temperature increment is about 40°C.

(2) Judging from a correlation between the temperature coefficient of friction and the PV factor the oil impregnated aluminium bronze sintered bearings are thought to be preferably employed in running at high speed and heavy loading operation.

(Received February 15, 1973)

I 緒 言

アルミニウム青銅系焼結材料に関する筆者らの研究により、原料粉末として無電解ニッケルメッキ銅複合粉末および $\gamma_2(\text{Cu}_9\text{Al}_4)$ 合金粉末を使用した混合圧粉体の焼結性は良好であり、機械的性質も優れていることがすでに明らかにされている^{1,2)}。したがって今回は上記原料粉末を使用してアルミニウム青銅焼結合油軸受を試作し、鈴木式摩耗試験機によりスラスト形式の軸受試験を行なうとともに、現在実用化されている Cu-Sn 系ならびに Fe-Cu 系焼結合油軸受の同形式による軸受試験も同時に行ない、各合金系焼結合油軸受の軸受性能を比較検討した。

II 試料および実験方法

本実験に使用したアルミニウム青銅系焼結合油軸受の原料粉末は電解銅粉、電解銅粉にヒドラジン還元法により無電解ニッケルメッキした (Cu-Ni) 複合粉末¹⁾ および $\gamma_2(17\text{ wt}\%\text{Al}; \text{Cu}_9\text{Al}_4)$ 組成に相当) 粉碎粉であり、それらの諸性質は前報²⁾ で述べたとおりである。また比較用としての Cu-Sn 系および Fe-Cu 系に使用したすず粉ならびに鉄粉に関する諸性質は Table 1 に示してある。

銅粉は上記のものと同様である。

各合金系の化学組成は、アルミニウム青銅系では重量比でそれぞれ Cu: Al: Ni=91.5: 8.5: 0, 89.5: 8.5: 2 および 87.5: 8.5: 4 の 3 種類とし、Cu-Sn 系および Fe-Cu 系ではそれぞれの比をもっとも一般的な 9: 1 とした。

圧粉成形圧力はアルミニウム青銅系および Fe-Cu 系ではいずれも 6 t/cm² とし、Cu-Sn 系では 2.5 t/cm² とした。なお混合粉末中には潤滑剤として約 0.4% のグリセリンを添加し、ダイス壁には約 4% のステアリン酸あ

Table 1 Characteristics of powders used in this experiment

Powders		Reduced iron	Atomized tin
Particle size in mesh (wt%)	~100	0.7	0
	100~200	45.3	29
	200~325	33	34
	325~	21	37
Flow rate (sec/50 g)		29.7	19.2
Apparent density (g/cm ³)		2.4	4.0

* 昭和48年2月15日受理

** 大阪大学工学部冶金学教室、吹田市山田上

えんを懸濁させた四塩化炭素を塗布して圧粉成形の作業を容易ならしめた。

圧粉体の寸法および形状は内径 16 mm, 肉厚 2 mm, 高さ 25 mm の円筒状であり, 試料切片の断面が約 1 cm^2 となるようにした。

焼結条件は, いずれの合金系とも $20^\circ\text{C}/\text{min}$ で加熱し, アルミ青銅系では 900°C , Cu-Sn 系では 780°C , Fe-Cu 系では 1150°C でそれぞれ 1 時間恒温保持してから約 $30^\circ\text{C}/\text{min}$ で炉冷した。ふん囲気はすべて精製水素気流(露点約 -35°C)である。

軸受性能試験用試片は上記により得られた円筒状焼結体の切片を 0/5 エメリー紙まで研摩後, 約 40°C の含浸潤滑油浴中に浸し, 約 10^{-2} mmHg の減圧容器中で気泡が出なくなるまで保持した。潤滑油はモービル油 SAE 30 を使用した。含油率はすべて一定の約 21 vol% である。

軸に相当する相手方材料は 0.4% C の中炭素鋼 ($H_R C$; 55~63) を採用した。

軸受性能試験に用いた装置は島津製作所製の鈴木式摩耗試験機であり, その原理図を Fig. 1 に示す。上部回転軸②に取付けられた上部試験片④(軸に相当)は重垂①により所定の圧力で下部試験片⑤(軸受に相当)に接触し, ④と⑤との回転摩擦力をスプリングバランス⑧で測定し, 記録計⑨で摩擦力の変動を記録する。

ところで上部試験片④および下部試験片⑤の摩擦面は, それらの研摩仕上げとそれぞれの回転軸への取付け具合および回転軸②と⑦の同軸からのズレなどにより均一に

Fig. 1 Principles of the Suzuki-type wear testing machine

① Upper axis ② Torque transmitter ③ Upper specimen fixer ④ Lower specimen (bearing) ⑤ Steel ball ⑥ Upper specimen (shaft)

Fig. 2 Contacting compensator between the bearing (lower specimen) and the shaft (upper specimen)

面接触するという保証はないので, 本実験ではつぎのような対策を講じた。すなわち Fig. 2 に示すように下部試験片④は下部回転軸に固定されているが, 上部試験片⑥は鋼球⑤を介して上部回転軸①に任意の角度で接触し, 下部試験片④の摩擦面が水平からかたよっても両摩擦面は均一に接触するようにしてある。なおこの場合摩擦圧力は上部回転軸①から鋼球⑤を通じて上部試験片⑥に伝わり, トルクは上部回転軸①に固定されたトルク伝達金具②と上部試験片固定金具③を通じて上部試験片⑥に伝達される。

運転中の軸受温度は, 下部試験片の摩擦面下約 1 mm の側面に $0.3\text{ mm}\phi$ の銅・コンスタンタン線の先端部をスポット溶接し, 電位記録計により記録せしめた。

摩擦速度は 5.7 m/min (100 rpm), 17.0 (300), 28.3 (500) および 56.5 (1000) の 4 種類とし, 摩擦圧力は最小 10 kg/cm^2 から約 5 kg/cm^2 間隔で最高 45 kg/cm^2 とした。

焼結体の密度(多孔率), 有効多孔率および圧環強さはそれぞれ JIS-Z-2505~7 に準拠して測定した。

III 実験結果および考察

III-1 軸受温度および摩擦力の時間的变化

摩擦速度 56.5 m/min (1000 rpm), 摩擦圧力 30 kg/cm² における各合金系軸受の摩擦による温度上昇 (ΔT , °C, 測定値-室温) および摩擦力 (F , kg) の時間的変化曲線を Fig. 3 に示す。いずれの合金系とも運転開始と同時に ΔT および F は急上昇し, 時間の経過とともに緩慢に低下する。アルミ青銅系では約600分, Cu-Sn 系では約300分, Fe-Cu 系では約500分で定常状態に達し, それ以後の運転中には一定の F および ΔT を示す。運転開始から定常状態に達するまでの期間をなじみ期間とすると, Cu-Sn 系のなじみ期間がもっとも短く, アルミ青銅系のそれはもっとも長い。Fe-Cu 系では前2者の中間に値する。

摩擦速度および摩擦圧力を種々変えた場合における ΔT および F の時間的変化は紙面の都合で省略したが, 各合金系におけるなじみ期間は上記傾向とまったく同様であった。

以後の摩擦係数の計算に必要な摩擦力はすべて定常状態に達した時の値を採用し, 温度上昇 (ΔT) も定常状態での値を用いた。

Fig. 3 Time dependence of the frictional force (F , kg) and the temperature increment of bearings (ΔT , °C) for the oil impregnated Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings at 56.5 m/min of frictional velocity and 30 kg/cm² of loading

III-2 摩擦係数に及ぼす摩擦速度および摩擦圧力の影響

摩擦速度がもっとも低い 5.7 m/min (100 rpm) で摩擦圧力を 10 kg/cm² から 45 kg/cm² まで変えた場合における摩擦係数ならびに軸受の温度上昇を Fig. 4 に示す。

アルミ青銅系, Cu-Sn 系および Fe-Cu 系とも圧力約 25 kg/cm² でそれぞれ最小の摩擦係数 (μ) を示すが, 摩擦圧力全般にわたって Cu-Sn 系の μ がもっとも高く, 続いて Fe-Cu 系, アルミ青銅系の順に低下する。軸受の温度上昇 (ΔT) は各合金系ともほとんど同じ値を示し, 圧力が増加しても ΔT は変化せず, 30 kg/cm² 以上でも約10°Cの温度上昇を示すに過ぎない。

摩擦速度 17.0 m/min (300 rpm) に関する結果を Fig. 5 に示す。各合金系における μ の摩擦圧力に対する傾向は Fig. 4 の $V=5.7$ m/min の場合とまったく同様であり, いずれも圧力約 30 kg/cm² で摩擦係数はそれぞれ最小となり, 各圧力を通じて Cu-Sn 系がもっとも高く, Fe-Cu 系, アルミ青銅系の順に低下する。Cu-Sn 系の ΔT は摩擦圧力の影響を強くうけて圧力の増加とともに著しく上昇するが, Fe-Cu 系およびアルミ青銅系では圧力の影響をほとんどうけず, 圧力の増加に伴う温度上昇は僅少である。なお各摩擦圧力を通じてアルミ青銅系の温度上昇はもっとも低い値を示した。

摩擦速度 28.3 m/min (500 rpm) に関する結果を Fig. 6 に示す。各合金系の μ および ΔT は前の $V=17.0$ m/min に関する結果と同様の傾向を示すが, ただ Cu-Sn 系に関する μ は圧力いずれの場合も前より高目の値となる。

摩擦速度最高の 56.5 m/min (1000 rpm) における各合金系の μ および ΔT と摩擦圧力との関係を Fig. 7 に示す。Cu-Sn 系の μ は圧力 20 kg/cm² までは Fe-Cu 系およびアルミ青銅系の μ より常に低く, 約 20 kg/cm² で最

Fig. 4 Influence of pressure on the temperature increment of bearings and the coefficient of friction for the oil impregnated Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings (Velocity: 5.7 m/min, Oil content; 21 vol%)

小値を示した後圧力の増加とともに増大する。Fe-Cu 系の μ は圧力約 25 kg/cm² までは他の合金系よりも常に高いが、約 25 kg/cm² で Cu-Sn 系と逆転し、30 kg/cm² で最小となった後圧力の増加とともに増大する。アルミ青

銅系の μ だけは圧力 20 kg/cm² までは μ が低い Cu-Sn 系および μ が高い Fe-Cu 系の中間値を示すが、20 kg/cm² を越えると μ は他のいずれの合金系に関する μ よりも小さくなり、約 35 kg/cm² まで圧力の増加とともに減少の一途をたどる。35 kg/cm² 以上 45 kg/cm² まではほとんど一定した 0.03 なる低い値を示す。

Cu-Sn 系に関する温度上昇 (ΔT) は圧力 20 kg/cm² までは圧力の増加とともにわずかに上昇するだけであるが、20 kg/cm² 以上では急激に上昇する。Fe-Cu 系に関する温度上昇は圧力の増加とともに直線的に増大する。しかるにアルミ青銅系では 10 kg/cm² 以上 20 kg/cm² までは圧力の増加とともにわずかに上昇する傾向はあるが、20 kg/cm² を越えると圧力の影響をほとんどうけず、曲線は横軸に平行となり、最終の温度上昇は約 30°C の僅少な値となる。

以上の結果より摩擦速度いずれの場合もアルミ青銅系の摩擦係数が最も小さく、軸受温度も圧力 10~45 kg/cm² の範囲でほとんど変化せず温度上昇が他の合金系の場合より著しく低いことがわかった。

なお軸受性能の評価法はいまのところ規定されていないが、渡辺³⁾によると摩擦係数が最少となる PV 値をもって使用限界としているので、本実験より得られた各合金系の μ と PV 値との関係をまとめた Fig. 8 から各合金系の軸受性能を評価すると、アルミ青銅系含油軸受合金は Cu-Sn 系および Fe-Cu 系に適した条件での使用はも

Fig. 5 Influence of pressure on the temperature increment of bearings and the coefficient of friction for the oil impregnated Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings (Velocity; 17.0 m/min, Oil content; 21 vol%)

Fig. 6 Influence of pressure on the temperature increment of bearings and the coefficient of friction for the oil impregnated Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings (Velocity; 28.3 m/min, Oil content; 21 vol%)

Fig. 7 Influence of pressure on the temperature increment of bearings and the coefficient of friction for the oil impregnated Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings (Velocity; 56.5 m/min, Oil content; 21 vol%)

Fig. 8 Temperature increment and coefficient of friction vs. PV factor for the oil impregnated Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings

とより、とくに高荷重高速度で威力を発揮するものと判断される。

Ⅲ-3 アルミニウム青銅系結合合金の軸受性能に及ぼすニッケル添加量の影響

以上の実験に供したアルミ青銅系の Ni 添加量はすべて一定の 4 wt% としたので、つぎに Ni 添加量の影響を調べるために Cu-8.5%Al (Cu: $\gamma_2=1:1$) および Cu-8.5%Al-2%Ni ((Cu-4%Ni): $\gamma_2=1:1$) の軸受合金を作成し、軸受性能試験を行なった。ただし含油率は前と同様に約 21 vol%, 摩擦速度もすべて一定の 28.3 m/min (500 rpm) とした。

摩擦圧力に対する摩擦係数 (μ) および軸受の温度上昇 (ΔT) に関する結果をまとめて Fig. 9 に示す。Ni を 4 wt% 添加した場合の結果は Fig. 6 ですでに述べたとおりである。Cu-8.5%Al-2%Ni および Cu-8.5%Al の μ に関する曲線の形状は 4 wt% 添加の場合とまったく同様であるが、摩擦圧力約 25 kg/cm² までは Ni 添加量の多いものほど μ は増大する。圧力約 25 kg/cm² 以上における各合金系に関する μ の順序は逆転し、Ni 添加量が多いものほど μ は減少する。なお圧力に対する μ の最小値は Ni 添加量が多いものほど高圧力 (高 PV 値) 側に移動する傾向がある。

Ⅲ-4 顕微鏡組織

本実験に供したアルミ青銅系、および比較用としての

Fig. 9 Influence of nickel content on the bearing performance of the oil impregnated aluminum bronze sintered bearings (Velocity; 28.3 m/min, Oil content; 21 vol%)

Cu-Sn 系ならびに Fe-Cu 系結合合金の顕微鏡観察を行なった。Photo. 1~3 はそれぞれ Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn および Fe-10%Cu に関する顕微鏡組織であり、それぞれの写真で (a) は腐食済みの組織を示し、(b) は空孔の形状と分布状態を調べるために未腐食のままの組織を示す。

まず Photo. 1 のアルミ青銅系では、マトリックスの結晶粒は微細であり、組織は大部分の α 相と微量の β 相より構成される。なおこの場合空孔の形状は複雑であり、比較的に大きな空孔と細い線状の空隙が混在し、前の大きな空孔が油溜めとなり、後の微細な空隙が油の輸送管の役割を果す理想的な状態になっているものと考えられる。

Photo. 2 の Cu-Sn 系では、マトリックスはほとんど全面にわたり α 均一相となっているが、冷却中に共析変態による ϵ 相が微量形成される。空孔の形状は概して円味を帯び、加熱中におけるすず粉の溶解 (融点 232°C) または中間相 (η, γ 相など) の分解による空孔^{4,5)} が形成される。なおこの場合の各空孔はほとんど孤立し、空孔間相互の通気性はあまりないようである。空孔の分布量は前述のアルミ青銅系や後述の Fe-Cu 系の場合よりも、含油率 (約 21 vol%) がほとんど同じにもかかわらず著しく多い点に特徴がある。

Photo. 3 の Fe-Cu 系に関する組織写真では、溶解した銅の一部は鉄粒子中に拡散浸透し、灰色の組織を形成するが、溶解した大部分の銅は鉄粒子間の空隙へ毛細管現象により浸入して冷却後には鉄がほとんど溶解しない細い白色の組織を形成する。銅が溶解流出したあとには

Photo. 1. Cu-8.5%Al-4%Ni

Photo. 2. Cu-10%Sn

Photo. 3. Fe-10%Cu

Photo. 1~3. Microstructures of the Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings ($\times 100$)

円味を帯びた空孔が残る。空孔の分布量は Cu-Sn 系の場合よりも少ないが、各空孔相互の通気性は Cu-Sn 系と同様あまりないようである。

Ⅲ-5 しゅう動面の顕微鏡観察

運転中における軸受の給油能力は主としてしゅう動面における空孔の形状と分布状態によって決定される。本項では各軸受合金のしゅう動面を観察し、各合金系の給油能力の良否を判定した。

Photo. 4 にはアルミ青銅系(Cu-8.5%Al-4%Ni), Photo.

5 には Cu-Sn 系 (Cu-10%Sn) および Photo. 6 には Fe-Cu 系 (Fe-10%Cu) に関する結果を示す。それぞれの写真で (a) は 0/5 エメリー紙で仕上げた表面の顕微鏡写真であり、いずれも縦軸に平行な仕上げキズが走っている。写真 (b) はいずれも摩擦速度 28.3 m/min, 摩擦圧力 20 kg/cm² で 1200 分しゅう動させた後の軸受面であり, (c) は上記と同様の速度で圧力 30 kg/cm² により同じく 1200 分しゅう動させた後の軸受面である。

各合金系におけるエメリー紙仕上げ直後の写真 (a) を比較すると、アルミ青銅系では後述の Cu-Sn 系および Fe-Cu 系のように焼結中における低融点金属の流出孔や中間相分解による空隙は生じないので、大きな空隙部は織別されないが、微細な空隙は全面にわたり分布しているのが認められる。Cu-Sn 系では、すず粉の流出による大きな空孔が観察され、その周囲に微細な空隙がわずかに存在するだけである。Fe-Cu 系に関しては、銅粉の流出による大きな空孔の他に、微細な空隙が比較的に多量分布する。

$V=28.3$ m/min, $P=20$ kg/cm² による各合金系のしゅう動面 (b) を比較すると、アルミ青銅系ではわずかに摩擦キズが湾曲して走っているが、仕上げキズはほとんど未変形のままで残っている。Cu-Sn 系では仕上げキズはまったく認められず、表面の組織はしゅう動方向に沿って流れている。なおこの場合、油溜めとしての空孔はまだほとんど変形せず残っている。Fe-Cu 系に関しては仕上げキズも比較的に多量残っているが、摩擦の線状痕が縦方向に多量刻まれている。油溜めとしての空孔はまだ健在である。

摩擦圧力だけを 30 kg/cm² に高めた場合における各合金系のしゅう動面 (各写真の (c)) を比較すると、アルミ青銅系ではしゅう動方向の摩擦線状痕の数は増加しているが、仕上げキズもまだ多量残存し、しゅう動面はほとんど変形していないことがわかる。Cu-Sn 系の場合にはしゅう動方向の変形が著しく、油溜めとしての空孔は目づまりを起こし始めている。Fe-Cu 系に関しては、しゅう動方向に沿って一部表面が変形し、微細な空隙はす

Photo. 4 Cu-8.5%Al-4%Ni

Photo. 5 Cu-10%Sn

Photo. 6 Fe-10%Cu

Photo. 4~6 Microstructures of the frictional surfaces for the oil impregnated Cu-8.5%Al-4%Ni, Cu-10%Sn and Fe-10%Cu sintered bearings
 ((a): finished with 0/5 emery paper, (b): after running at 28.3 m/min by 20 kg/cm² for 20 hrs., (c): after running at 28.3 m/min by 30 kg/cm² for 20 hrs.) (×30)

Table 2 Porosity, intercommunicating porosity and radial crushing strength constant of the Cu-8.5% Al-4% Ni, Cu-10% Sn and Fe-10% Cu sintered bearings

Materials	Porosity (vol%)	Intercommunicating porosity (vol%)	Radial crushing strength constant (kg/mm ²)
Cu-8.5% Al-4% Ni	23.8	21.6	27.7
Cu-10% Sn	32.1	22.5	18.6
Fe-10% Cu	28.8	21.4	31.9

で消失しているが、大きな空孔はほとんど原形のまま残存している。

Ⅲ-6 その他の諸性質

本実験に用いたアルミ青銅系含油軸受合金 (Cu-8.5% Al-4% Ni) の多孔率, 有効多孔率および圧環強さを Table 2 に示し, また比較用としての Cu-10% Sn および Fe-10% Cu 各軸受合金の諸性質も同時に記した。

本実験に供した各合金系軸受の含油率 (有効多孔率)* はすべて一定の約 21 vol% としたのであるが, Table 2 からわかるように多孔率はアルミ青銅系, Fe-Cu 系, Cu-Sn 系の順に低下し, Photo. 1~3 で観察された各合金系の空孔の分布量によく対応する。アルミ青銅系に関する多孔率と有効多孔率がほとんど同じ値となるに反して Fe-Cu 系および Cu-Sn 系では多孔率の方が有効多孔率よりはるかに大きくなるのは, 焼結中に出現した液相が粒子間の空隙を閉じてしまい通気性を阻害したためと

* 本実験では含油作業に際して, 減圧下で気泡が出なくなるまで含油を続けたので, 有効多孔率は含油率に一致するものと考ええる。

考える。

Ⅳ 結 言

アルミニウム青銅系焼結含油軸受合金の軸受性能を測定し, 現在実用化されている Cu-Sn 系および Fe-Cu 系焼結含油軸受合金の軸受性能と比較した結果, とくに高荷重高速度で良好なる結果が得られたのであるが, その原因を明らかにするまでには至らなかった。上記各合金系の軸受性能を左右する因子として, 合金本来の耐摩耗性, 熱伝導性, ならびに焼結体の通気性(給油性)などが考えられるので, 今後の研究課題としてそれらの諸性質を詳細に検討し, 焼結含油軸受材料の軸受としての本質を明らかにするよう努力したいと思っている。

文 献

- 1) 三谷, 横田: 日本金属学会誌, 36 (1972), 1189.
- 2) 三谷, 横田: 粉体および粉末冶金, 20 (1973), 107.
- 3) 渡辺: 粉体および粉末冶金, 12 (1965), 219.
- 4) 渡辺: 名工技試験所報告, 10 (1960), 140.
- 5) H. Mitani: Trans. JIM, 3 (1962), 244.

会 告

第 2 回材料科学シンポジウム

——最近の材料の限界強度と強化法——

日 時: 昭和48年11月14日 (水) 9:30~17:00

会 場: 大阪科学技術センター 4 階401号室
(大阪市西区靱 1 丁目, 地下鉄四ツ橋線「本町」下車北へ 150m)

主 催: 日本材料学会関西支部

協 賛: 粉体粉末冶金協会他14学協会 (予定)

プログラム

- 9:30~10:20 金属材料 (1) 鉄鋼材料の強度と強化
京都大学工学部 田村 今男氏
10:20~10:50 討 論
(座長) 大阪大学工学部 堀 茂徳氏
10:50~11:40 金属材料 (2) 非鉄金属材料の強度と強化
大阪大学工学部 山根 寿己氏
11:40~12:10 討 論
(座長) 同志社大学工学部 三浦 精氏
13:00~13:50 セラミック材料の強度と強化

- 東京大学工学部 兵藤 申一氏
13:50~14:20 討 論
(座長) 京都大学工学部 曾我 直弘氏
14:20~15:10 高分子材料の強度と強化
信州大学繊維学部 佐藤 良泰氏
15:10~15:40 討 論
(座長) 京都大学工学部 川端 季雄氏
15:40~16:30 コンクリート材料の強度と強化
京都大学工学部 小柳 治氏
16:30~17:00 討 論
(座長) 京都大学工学部 森田 司郎氏
参加会費: 会員 2,500円*, 学生会員 1,000円, 非会員 4,000円 (テキスト代を含む)

*主催, 協賛団体の会員である会社, 工場からの申込みの場合参加者個人が非会員でも会員として取り扱います。

定 員: 110名

申込締切日: 11月5日 (月)

申込方法: 受講者名, 会員資格, 会社名, 所在地 (連絡先), 送金内容を明記の上, 参加会費を添えて (現金書留を利用) お申し込み下さい。

申込先: (〒500) 大阪市西区靱 1 丁目 大阪科学技術センター 6 階
日本材料学会関西支部 TEL 06-441-5531