ポリアセタール／ポリエチレン (LDPE, HDPE, HMWHDPE) ブレンドのトライボロジー特性[†]

嚴 翼 鎮* 斎 藤 篤**

Tribological Properties of Polyacetal/Polyethylene (LDPE, HDPE, HMWHDPE) Blends

by

Ikjin U_M* and Atsushi SAITO**

To improve tribological properties of polyacetal (POM), blends with polyethylene (PE) were prepared by extrusion and studied. Three types of PE, i.e., low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE), and high molecular weight high density polyethylene (HMWHDPE) were employed in the present study. Each specimens in the shape of a pipe containing one of these PE types were rubbed against a rotating carbon steel (S45C) slider under unlubricated conditions. Observation with an electron probe X-ray microanalyzer (EPMA) revealed that the specimens had sea-island structures in which polyethylene particles were finely dispersed in the POM matrix. An optical microscope observation indicated that these polyethylene particles mainly bore the load applied to the frictional surface. The wear volume in both the case where LDPE was blended and that where HDPE was blended showed a remarkable decrease, the blending effect of HDPE being much greater than that of LDPE. The coefficient of friction in both of these cases became smaller, the values indicated becoming nearly the same. On the other hand, contrary to expectations, blending with HMWHDPE resulted tribological properties which were hardly improved.

Key words: POM, LDPE, HDPE, HMWHDPE, Polymer blends, Tribological properties, Morphology, Load-bearing action

1 緒 言

OA 機器や AV 機器などの軸受や歯車などのしゅう動部材は、自己潤滑性があり、低摩擦で摩耗の少ないポリマーが多く使用されている。そして、そのトライボロジー特性をさらに向上させるために、ポリマーに無機物などを充てんしたポリマー複合材料や種類の異なるポリマー同士を混ぜ合わせたポリマーブレンドの研究が盛んに行われている。そして、ポリマー複合材料では一般に充てん材としては繊維状と粒子状のものが、摩擦摩耗特性に対する充てん材の材質、充てん量、形状、寸法、配向などの影響について調べている。^{1)~5)} また、一般にポリマーブレンドについては機械的強度を改善するための研究が多く、⁶⁾ トライボロジー特性に関する研究論文はまだ少ない。例えば、Yamaguchi ら⁷⁾ のポリアセタール／ポリブタジエン ブレンド、Yelle ら⁸⁾ のポリエチレン／ナイロン ブレンド、Yoo ら⁹⁾ のポリエーテルエーテルケトン／ポリエーテルイミド ブレンド、関口ら¹⁰⁾ の液晶ポリマー／ポリエーテルエーテルケトン、ポリエーテルイミド、ポリサルフォンブレンドなどの研究がある。そして、トライボロジー特性に影響を与えるポリマーブレンドの混合状態は、混合組成、熔融粘度および相溶性などのポリマーの性質はもとより混合するポリマーの状態や機械的な条件によって変わるが、^{11), 12)} 最近の堀内ら^{13), 14)} の研究では、分散粒子径の影響を調べるために、無水マレイン酸グラフト化高密度ポリエチレン、低密度ポリエチ

レン、ポリプロピレンをポリアミド 6 にブレンドしている。しかし、ポリマーブレンドの系統的研究も未だ不十分であり、分散粒子の作用機構も明らかにされているとは言えない。

本研究では、ポリマーのトライボロジー特性を向上させる目的で、非相溶性ポリマーブレンドであるポリアセタール (POM) / ポリエチレン (PE) ブレンドについて検討した。試料は POM / 低密度ポリエチレン (LDPE) ブレンド、POM / 高密度ポリエチレン (HDPE) ブレンド、POM / 高分子量高密度ポリエチレン (HMWHDPE) ブレンドであり、無潤滑状態で炭素鋼と摩擦させた時の摩擦摩耗を調べた。また、摩擦摩耗機構に及ぼすポリマーブレンドの微細構造の影響を、光学顕微鏡と X 線マイクロアナライザーを用い、摩擦表面のモルホロジーより検討した。

2 実験方法

2・1 試料

実験に使用した試料のうち、主材は POM (ポリプラスチック, Duracon M90) であり、ブレンド材は LDPE (日本ポリオレフィン, J-Rex・LD, F042), HDPE (日本ポリオレフィン, J-Rex・HD, SS5003B) および HMWHDPE (日本ポリオレフィン, J-Rex・HD, 4551H) の 3 種類を用いた。そして、試料は POM, LDPE, HDPE, HMWHDPE および POM に 3 種類のブレンド材を各々 6.3wt% と 31.3wt% ブレンドしたものを含め、

[†] 原稿受理 平成 12 年 3 月 29 日 Received Mar. 29, 2000

* 学生会員 日本大学大学院理工学研究科 〒 274-8501 船橋市習志野台, Graduate Student, Nihon Univ., Narashinodai, Funabashi, 274-8501

** 正会員 日本大学理工学部精密機械工学科 〒 274-8501 船橋市習志野台, Dept. of Prec. Mach. Eng., Nihon Univ., Narashinodai, Funabashi, 274-8501

Table I のように 10 種類作製した。主材とブレンド材の物性値を Table II に示す。試料は押出成形機（ユニオンプラスチック, USV25-20）で円筒状に成型した後、旋盤で外径 25mm, 内径 19mm, 高さ 30 mm の形状に機械加工した。また、試料の摩擦面は実験直前にスライダに取り付けた 1200 番のエメリーペーパーで最終仕上げをした。

2・2 実験装置および方法

摩擦摩耗実験は、Fig. 1 に示すように円筒試料の端面をスライダ（相手材）で摩擦する装置を用いた。試料はテーブル上のスラストとトルクを検出する動力計に固定し、スライダは回転する主軸に取り付ける。スライダの材質は機械構造用炭素鋼 (S45C) で、直径 40mm, 高さ 14mm の円板状に機械加工した。また、スライダの摩擦面は、1200 番のエメリーペーパーで最終的に仕上げた後、エチルアルコールで清浄にした。

実験条件は、すべり距離 (L) : $0.1 \sim 4 \times 10^3$ m, 接触圧力 (p) : 0.1MPa, すべり速度 (v) : $0.24 \sim 2.45$ m/s の範囲とした。実験はすべて、温度 $23 \pm 1^\circ\text{C}$, 湿度 $50 \pm 2\%$ の条件の下に無潤滑状態で行った。摩擦係数は、動力計よりトルクを検出し、摩擦力から求めた。摩耗量は、実験前後の試料の重量を、電子天秤 (Mettler, AE-240) で測定して求めた。摩擦面などの観察は、光学顕微鏡（オリンパス光学工業, N-Tr）と X 線マイクロアナライザー（日本電子, EPMA JCSA-733）を使用した。

Table I. Applied specimens.

Material code	Blend composition(wt%)			
	POM	LDPE	HDPE	HMWHDPE
POM	100.0	0.0	0.0	0.0
LDPE	0.0	100.0	0.0	0.0
HDPE	0.0	0.0	100.0	0.0
HMWHDPE	0.0	0.0	0.0	100.0
POM+6.3wt%LDPE	93.7	6.3	0.0	0.0
POM+6.3wt%HDPE	93.7	0.0	6.3	0.0
POM+6.3wt%HMWHDPE	93.7	0.0	0.0	6.3
POM+31.3wt%LDPE	68.7	31.3	0.0	0.0
POM+31.3wt%HDPE	68.7	0.0	31.3	0.0
POM+31.3wt%HMWHDPE	68.7	0.0	0.0	31.3

Table II. Published properties of polymers.

Property		Test method	POM	LDPE	HDPE	HMWHDPE
Molecular weight	Mn	GPC	52000	20400	20000	20000
	Mw		74000	108000	145000	235000
Density(g/cm³)		JIS K 7112	1.41	0.921	0.945	0.944
Melting point(°C)		JIS K 7121	165	112	130	130
Melt mass-flow rate (MFR)(g/10min)		JIS K 7210	9.0	0.4	0.35	0.03
Tensile yield strength(MPa)		JIS K 7113	59.7	9.8	25	25
Elongation at rupture(%)		JIS K 7113	60	670	800	800
Durometer hardness(HDD)		JIS K 7215	84	53	65	67

Note : Data are from ref. 15, 16 and 17.

Fig. 1. Thrust washer type testing apparatus.

3 実験結果

3・1 摩耗率とすべり速度

Fig. 2 は POM, LDPE, および POM/LDPE ブレンド (POM + 31.3wt%LDPE) の摩耗率 (W) とすべり速度 (v) の関係を示す。POM の摩耗率はすべり速度の増加と共に増え、すべり速度が 0.6m/s 付近で急増する。LDPE の摩耗率も同様に、すべり速度 0.60m/s までは徐々に増加し、それ以降急増する。LDPE をブレンドした POM, いわゆる POM/LDPE ブレンドの摩耗率は、すべり速度 0.24 ~ 2.45m/s の範囲ではほとんど変化せず一定となっている。POM/LDPE ブレンドの摩耗率は、すべり速度 0.6m/s 付近で POM や LDPE の約 1/2 になっている。また、POM に LDPE を 31.3wt% ブレンドすることにより、耐速度性が 4 倍以上向上する。

POM, HDPE および POM/HDPE ブレンド (POM + 31.3wt%HDPE) の摩耗率とすべり速度の関係を Fig. 3 に示す。HDPE の摩耗率は、すべり速度が 0.6m/s 付近で極大となり、約 1.0m/s で極小となる。そして、すべり速度 1.5m/s を超えると摩耗率が急激に増加する。POM/

Fig. 2. Relationship between the wear rate and the sliding velocity for POM, LDPE and POM+31.3 wt%LDPE.

Fig. 3. Relationship between the wear rate and the sliding velocity for POM, HDPE and POM+ 31.3 wt%HDPE.

HDPE ブレンドの摩耗率はすべり速度の増加と共に、徐々に増える傾向を示している。HDPE の摩耗率は POM の 1/2 以下であるが、POM/HDPE ブレンドの摩耗率は、HDPE のさらに 1/2 くらいに減少する。また、POM に HDPE を 31.3wt% ブレンドすることにより、耐速度性が 4 倍以上向上する。

POM, HMWHDPE および POM/HMWHDPE ブレンド (POM + 31.3wt%HMWHDPE) の摩耗率とすべり速度の関係を Fig. 4 に示す。HMWHDPE の摩耗率は、すべり速度 1.2m/s 付近で極小を示し、それ以降すべり速度の増加と共に徐々に増える。そして、すべり速度が 1.89m/s を超えると摩耗率は急増する。POM/HMWHDPE ブレンドの摩耗率は、すべり速度の増加とともに急増する。そして、POM/HMWHDPE ブレンドの摩耗率は POM より多くなり、すべり速度 0.41m/s 付近で約 3 倍となり、耐速度性も悪くなる。なお、HMWHDPE の摩耗率は、POM に比べすべり速度 0.41m/s 付近で 1/3 以下であり、耐速度性は 3 倍ほど良い。

3・2 摩擦係数とすべり速度

Fig. 5 は POM, LDPE および POM/LDPE ブレンド (POM + 31.3wt%LDPE) の摩擦係数 (μ) とすべり速度の関係を示す。POM の摩擦係数は、すべり速度に依存しない。LDPE の摩擦係数も、すべり速度によって影響を受けず一定である。POM/LDPE ブレンドの摩擦係数は、多少ばらつきがあるが、すべり速度の増加に関係なくほ

Fig. 4. Relationship between the wear rate and the sliding velocity for POM, HMWHDPE and POM+31.3 wt%HMWHDPE.

Fig. 5. Relationship between the coefficient of friction and the sliding velocity for POM, LDPE and POM + 31.3wt%LDPE.

ぼ一定である。POM の摩擦係数は約 0.3 であり、LDPE の摩擦係数は約 0.34 である。POM に LDPE をブレンドすると摩擦係数は、0.25 前後の値となる。

POM, HDPE および POM/HDPE ブレンド (POM + 31.3wt%HDPE) の摩擦係数とすべり速度の関係を Fig. 6 に示す。HDPE の摩擦係数はすべり速度によって影響を受けず一定である。また、POM/HDPE ブレンドの摩擦係数もすべり速度によりほとんど変化ない。HDPE の摩擦係数は約 0.26 である。POM に HDPE をブレンドすると摩擦係数は、約 0.25 となる。

POM, HMWHDPE および POM/HMWHDPE ブレンド (POM + 31.3wt%HMWHDPE) の摩擦係数とすべり速度の関係を Fig. 7 に示す。HMWHDPE の摩擦係数は、すべり速度 1.5m/s 付近まではほとんど一定で、そのすべり速度を超えると大きくなる。POM/HMWHDPE ブレンドの摩擦係数はすべり速度による変化はほとんどない。HMWHDPE の摩擦係数は、約 0.23 である。POM に HMWHDPE をブレンドすると摩擦係数は、約 0.33 となる。

3・3 摩耗量とすべり距離 (すべり時間)

Fig. 8 は POM, LDPE および POM/LDPE ブレンドの摩耗量とすべり距離の関係を示す。POM と LDPE の場合、すべり距離に対する摩耗量の曲線 (摩耗進行曲線) の傾斜は、すべり距離約 360m のところで小さくなる。すなわち、高い摩耗率の初期摩耗から、低い摩耗率を示

Fig. 6. Relationship between the coefficient of friction and the sliding velocity for POM, HDPE and POM + 31.3wt%HDPE.

Fig. 7. Relationship between the coefficient of friction and the sliding velocity for POM, HMWHDPE and POM + 31.3wt%HMWHDPE.

Fig. 8. Variation of wear volume with sliding distance and sliding time for POM, LDPE, and POM/LDPE blends.

す定常摩耗に途中で移行する。POM/LDPE ブレンドでは初期摩耗は見られず、定常摩耗の摩耗進行曲線のこう配は小さい。また、LDPE のブレンド量により摩耗量は異なり、6.3wt% より 31.3wt% ブレンドした方が摩耗量は減少している。

POM, HDPE および POM/HDPE ブレンドの摩耗量とすべり距離の関係を Fig. 9 に示す。HDPE の摩耗量は、すべり距離の増加と共に増え、その摩耗進行曲線には初期摩耗は見られない。また、POM/HDPE ブレンドでは、摩耗量はすべり距離の増加とともにゆるやかに増えている。しかし、摩耗曲線に初期摩耗が存在するかどうかははっきりしない。定常摩耗時の摩耗曲線のこう配は、POM に HDPE をブレンドすることにより小さくなり、摩耗量が減少する。そして、HDPE のブレンド量が 6.3wt% よりも 31.3wt% の方が摩耗量は減少している。

POM, HMWHDPE および POM/HMWHDPE ブレンドの摩耗量とすべり距離の関係を Fig. 10 に示す。HMWHDPE の摩耗量はすべり距離の増加に従ってゆるやかに増え、摩耗進行曲線の初期摩耗は確認できない。また、POM/HMWHDPE ブレンドの摩耗量は、すべり距離が増加すると急激に増えるが、初期摩耗ははっきり

Fig. 9. Variation of wear volume with sliding distance and sliding time for POM, HDPE and POM/HDPE blends.

Fig. 10. Variation of wear volume with sliding distance and sliding time for POM, HMWHDPE and POM/HMWHDPE blends.

しない。POM に HMWHDPE をブレンドすることにより、定常摩耗時の摩耗進行曲線のこう配は大きくなり、摩耗量が非常に増加する。HMWHDPE のブレンド量が 6.3wt% よりも 31.3wt% の方が、摩耗量は増加している。

3・4 試料の微視的観察

3・4・1 破断面の観察 非相溶性ポリマーブレンドである POM/PE (LDPE, HDPE, HMWHDPE) ブレンドの混合状態を観察し、摩擦摩耗機構に及ぼすポリマーブレンドの微細構造の影響を調べる資料とする。

Fig. 11 は POM, POM/LDPE ブレンド, POM/HDPE ブレンドおよび POM/HMWHDPE ブレンドの破断面の X 線マイクロアナライザー (EPMA) 写真を示す。なお、試料は液体窒素で冷却後引張破断したものである。Fig. 11 (a) は POM であるが、破断面は凹凸がはげしく不規則な形状をしている。Fig. 11 (b) は POM + 31.3wt% LDPE であるが、POM の連続相に LDPE の分散相が細

(a) POM

(b) POM+31.3wt%LDPE

(c) POM+31.3wt%HDPE

(d) POM+31.3wt%HMWHDPE

Fig. 11. EPMA photographs of tensile fracture surfaces of specimens.

かい球状で分布している。いわゆる海島構造を形成している。また、LDPEの粒子径は $50\mu\text{m}$ 以下であるが、 $50\mu\text{m}$ 以上の大きさのものも多少ある。Fig. 11 (c)はPOM + 31.3wt%HDPEであるが、POM/LDPEブレンドと同様に海島構造となり、POM中にHDPEの球状粒子が細かく分布している。HDPEの粒子径は $40\mu\text{m}$ 以下である。Fig. 11 (d)はPOM + 31.3wt%HMWHDPEであるが、この場合も海島構造を示し、POM中に不規則な形状の粒子が細かく分布している。HMWHDPEの粒子径は $30\mu\text{m}$ 以下である。

3・4・2 摩擦面の観察 試料の摩擦面を観察し、そのトライボロジー特性に対するブレンド材（分散粒子）の作用についての情報を得る。

Fig. 12はPOM/LDPEブレンド、POM/HDPEブレンドおよびPOM/HMWHDPEブレンドの摩擦面の光学顕微鏡写真を示す。Fig. 12 (a)はPOM + 31.3wt%LDPE

(a) POM+31.3wt%LDPE

(b) POM+31.3wt%HDPE

(c) POM+31.3wt%HMWHDPE

→ Frictional direction

Fig. 12. Optical micrographs of frictional surfaces of specimens. Arrows show PE particles (contact pressure ; 0.1MPa, sliding velocity ; 0.41m/s).

の場合であるが、摩擦面には大きな凹凸もなく、細かい溝（スクラッチ）が多く見られる。また、摩擦面には摩耗粉はほとんど付着していない。POMの連続相の中にLDPEの分散粒子が不鮮明ながら見られる。そして、大きい粒子は摩擦方向へ変形してだ円形となり、その前面に、摩耗粉が付着している。Fig. 12 (b)はPOM + 31.3wt%HDPEの場合であるが、POMの摩擦面の状態はPOM/LDPEブレンドの場合と同じように細かい溝が多く見られる。POMの連続相の中にHDPEの分散粒子がはっきり見え、その表面はなめらかである。しかし、摩擦方向に変形しているHDPE粒子は見られず、その前面に付着している摩耗粉も多い。Fig. 12 (c)はPOM + 31.3wt%HMWHDPEの場合であるが、摩擦面には非常に多くの細かい溝が見られる。POMの連続相中のHMWHDPEの分散粒子は不規則な形をしていて、その表面はなめら

かである。そして、HMWHDPE 粒子のまわりに多くの摩耗粉が付着している。

4 考 察

4.1 マトリックス (POM) に対するブレンド材 (PE) の作用機構

一般に非相溶系の異種高分子材料を機械的に混練すると、エマルジョン形態、いわゆる海島構造となる。¹⁸⁾ Fig. 11 で POM/PE ブレンドが示すように、マトリックスの POM にブレンド材として LDPE, HDPE および HMWHDPE を添加したものは、POM が連続相で、PE が分散相に相当する海島構造を示す。一定条件の下で、スライダで試料面を摩擦すると、試料表面は摩擦熱で溶融するか軟化して摩擦方向に変形する。ここで、POM と PE の溶融粘度を表わす一つの目安としてメルトマスフローレイト (MFR) を用い、各ポリマーを比較すると、Table II のように POM は 9.0g/10min で、LDPE は 0.4g/10min, HDPE は 0.35g/10min および HMWHDPE は 0.03g/10min となる。ちなみに MFR の値の大きいものは溶融粘度が低いので、PE は POM に比べて、溶融粘度が 20 倍～300 倍高いことになる。従って、摩擦面では溶融粘度の低い POM は、摩擦方向に流動変形を起こしやすく、試料表面やスライダ表面を POM 膜で覆う。一方、試料の摩擦面では、分散相に相当する溶融粘度の高い PE 粒子が主に荷重を支える、いわゆる荷重支持作用が発現する。

4.2 POM/PE ブレンドの摩耗率

Fig. 2 と Fig. 3 で示したように、POM に LDPE や HDPE をブレンドすると摩耗率が減少する。これは前述のように POM の連続相に対して LDPE と HDPE の分散相が球状粒子として分布し、摩擦面で主に荷重を支えるために、摩耗が減少したものと考えられる。その粒子を Fig. 12 に示す。Fig. 12 (a) で LDPE 粒子は、荷重を支えながら摩擦方向に塑性変形している。また Fig. 12 (b) では HDPE 粒子は POM の連続相から突出している感じで、その粒子表面は光沢がある。また、HDPE 粒子は、LDPE 粒子に比べて多少溶融粘度が高く機械的強度も大であるので、摩擦方向に変形していない。POM をマトリックスとした非相溶性ポリマーブレンドのトライボロジー特性については 2, 3 報文がある。高松ら¹⁹⁾の研究では、POM に LDPE や LDPE-g-PSAN をブレンドするといずれの場合も、摩耗が減少する結果を得ている。その摩耗の減少する理由として、POM のみの場合では相手材 (S45C) への移着が起こりやすいのに対して、LDPE あるいは LDPE-g-PSAN がブレンドされると相手材への移着がかなり抑えられることに起因するためと説明している。また、山口ら⁷⁾は POM にポリブタジエン (PB) をブレンドすると耐摩耗性が著しく改善されると報告している。そして、その理由として相手材 (S45C) と摩擦中、摩擦面で PB がロール状となり、粘着力の大きい PB 粒子が微細粉を結合するバインダの役目をし、摩耗粉の脱落を防ぐと共に荷重を支え、かつ相手材との接触を少なくすることが一因としている。このように

POM の摩耗に対するブレンド材の作用について、著者らと異なる見解を示している。

Fig. 4 で示したように、POM に HMWHDPE をブレンドすると摩耗率が増加する。HMWHDPE は LDPE や HDPE に比べ溶融粘度が約 10 倍高い。従って、HMWHDPE 粒子が摩擦面でスライダと強く当たり、摩擦方向にころがりやすさを起こし、摩擦面を荒らして摩耗を多くしているものと考えられる。HMWHDPE 粒子は摩擦面をころがりやすさの中に HMWHDPE 粒子同士が移着成長し大きくなり、試料の摩擦面を掘り起こす場合もある。その様子を Fig. 13 に示す。

4.3 POM/PE ブレンドの摩擦係数

Fig. 5 と Fig. 6 で示すように、POM に LDPE や HDPE をブレンドすると摩擦係数は小さくなる。POM は LDPE や HDPE に比べ溶融粘度が低いので、摩擦中に溶融しスライダ表面やブレンド材の表面を POM 膜で覆う。そして、ブレンド材の機械的強度や溶融粘度が高い PE ほどスライダへの移着膜は多くなると考えられる。Fig. 14 に POM, POM + 31.3wt%LDPE, POM + 31.3wt%HDPE および POM + 31.3wt%HMWHDPE に対して摩擦したスライダ面の EPMA 写真を示した。ここで、Fig. 14 (a) の POM と Fig. 14 (b), (c) の POM + 31.3wt%LDPE, POM + 31.3wt%HDPE を比較すると、POM に LDPE や HDPE をブレンドした方が移着膜が多い。また、POM の連続相の中で PE の分散粒子が摩擦面で主に荷重を支えているため、スライダとの接触も少なくなり、その分 PE 粒子の表面での摩擦熱による温度が高くなる。従って、以上のことより、POM に LDPE や HDPE をブレンドすると摩擦係数が低くなる。なお、POM に HMWHDPE をブレンドすると摩擦係数が大きくなる。これは、溶融粘度の高い HMWHDPE が、スライダと強く当たり摩擦方向にころがりやすさを起こし、抵抗を増やしたり、またスライダに移着した POM 膜を HMWHDPE 粒子がむしり取ったりしたためと考えられる。

5 結 言

非相溶性ポリマーブレンドである POM/LDPE ブレンド、POM/HDPE ブレンドおよび POM/HMWHDPE ブレンドのトライボロジー特性について検討した。また、摩擦摩耗機構に及ぼすポリマーブレンドの微細構造の影

Fig. 13. Optical micrograph of frictional surface for wear debris of POM + 31.3wt%HMWHDPE (contact pressure; 0.1MPa, sliding velocity; 0.41m/s).

Fig. 14. EPMA photographs of the counterfaces rubbed against specimens(a-1), (b-1), (c-1), (d-1); secondary electron image(SEI), (a-2), (b-2), (c-2), (d-2); FekαI(contact pressure; 0.1MPa, sliding velocity; 0.41m/s).

響を，光学顕微鏡やEPMAを用いて調べた結果，以下の知見を得た。

(1) 摩耗率は，POMにLDPEやHDPEをブレンドすることによりいずれの場合も減少し，そのブレンド効果はHDPEの方が大となった。

(2) 摩擦係数はPOMにLDPEやHDPEをブレンドすることによりいずれの場合も小さくなり，ほぼ同じ値

となった。

(3) POMにPE (LDPE, HDPE) をブレンドすると，POMが連続相でPEが分散相に相当する海島構造を示す。そして，このPEの分散粒子が摩擦面で主に荷重を支持して，トライボロジー特性の向上に大きく寄与していることが分かった。

(4) POMにHMWHDPEをブレンドすると海島構造を示すが，よいトライボロジー特性を得られなかった。
(平成11年5月8日日本材料学会第48期学術講演会にて講演)

参考文献

- 1) J. K. Lancaster, Brit. J. Appl. Phys. (J. Phys. D), **1**, 549 (1968).
- 2) K. Tanaka, Trans. ASME, J. Lub. Tech., **99**, 408 (1977).
- 3) S. Bahadur and Deli Gong, Wear, **162-164**, 397(1993).
- 4) A. Saito and H. Takahashi, J. Sci. Eng. Comp. Mater., **6**, 95 (1997).
- 5) A. Saito, H. Takahashi and Ikjin Um, J. Sci. Eng. Comp. Mater., **8**, 69(1999).
- 6) 例えば, K. Kitagawa, T. Semba and H. Hamada, J. Soc. Mat. Sci, Japan, **47**, 1270 (1998).
- 7) Y. Yamaguchi and I. Sekiguchi, ASLE. Proc. 3rd International Conference Solid Lubrication, 187 (1984).
- 8) H. Yelle, H. Benabdallah and H. Richards, Wear, **149**, 341 (1991).
- 9) Jong Hyun Yoo and Norman S. Eiss Jr., Wear, **162-164**, 418 (1993).
- 10) 関口 勇, 久保田和久, 大柳 康, 小坂雅夫, トライボロジスト, **38**, 561 (1993).
- 11) 6 高分子学会編, “ポリマーアロイ基礎と応用”, p.375 (1981) (株東京化学同人).
- 12) 本間精一, プラスチックス, **48-9**, 57 (1997).
- 13) 堀内 徹, 山根秀樹, 松尾達樹, 高橋雅典, 高分子論文集, **53**, 423 (1996).
- 14) 堀内 徹, 山根秀樹, 松尾達樹, 高橋雅典, 高分子論文集, **53**, 434 (1996).
- 15) ポリプラスチック(株), POM (Duracon) カタログ (1984).
- 16) 日本ポリオレフィン(株), LDPE (J-Rex・LD) カタログ (1997).
- 17) 日本ポリオレフィン(株), HDPE, HMWHDPE (J-Rex・HD) カタログ (1997).
- 18) 井上 隆, 市原祥次, “高分子新素材 One Point-12, ポリマーアロイ”, p.30 (1988) 共立出版(株).
- 19) 高松周一, 小林知美, 甲本忠史, 杉本基之, 大原一峰, 6 日本潤滑学会トライボロジー会議予稿集, 585 (1992).