水潤滑プラスチック歯車の基礎特性*

塚本 尚久*¹, 丸山 広樹*¹
三村 博*², 江畑 洋一*³

Basic Characteristics of Plastic Gears Lubricated with Water

Naohisa TSUKAMOTO, Hiroki MARUYAMA
Hiroshi MIMURA and Yooichi EBATA

Recently, plastic gears have become to be used also in water, but according to the kinds of plastics, there are some which show a great deal of wear when they are used in water. However, it is considered also that in water or in the place where moisture exists, water performs lubricating action, and wear decreases as compared with the case without lubrication. At present, the report which can answer this problem, and can become the design data for the plastic gears lubricated with water is scarcely found. Due to the situation like this, in this study, the nylon gears and polyacetal gears which have been used widely as plastic gears were operated in water and with small quantity of water drops, and the various characteristics such as the wear of the teeth, the change of the tooth profile, the roughness of the tooth surfaces and so on due to the difference of the bathing water quantity were examined.

Key Words: Machine Element, Tribology, Water Lubrication, Gear, Plastic Gear, Nylon Gear, Polyacetal Gear

1. 緒 言

プラスチック歯車は軽量である, 低振動・低騒音である, 無潤滑運転ができるなど優れた特性を有している。このため最近その用途が拡大され, 例えば食品器具洗浄装置, つり具装置, 水量計器などにもプラスチック歯車が多く使用されてきている。これらの装置に用いられているプラスチック歯車の使用環境は水中かあるいは何らかの状況で歯に水を受ける場合が多く, プラスチックの種類によっては極めて不利な条件となることもある。

ところで今日, プラスチック歯車と言えばポリアミド(ナイロン)歯車かポリアセタール歯車を指すほど両歯車が多用されており, それぞれに特徴はあるものの湿潤なところではポリアセタール歯車よりもナイロン歯車のほうが摩耗が著しくなるということが定説になっている。そうであるならば, 水中ではナイロン歯車はより著しく摩耗することになる。しかし水中で

は水の潤滑作用によりナイロン歯車といえども無潤滑の場合よりは摩耗が少なくなると考えることもできる。このようなことはポリアセタール歯車においても明確にされていない。ナイロン, ポリアセタールとも水気中や水中での材料の基礎的な特性はメーカーによって報告されているが⁽¹⁾⁽²⁾, 歯車の設計資料となり得るものはほとんど見あたらない。

以上のようなことから本研究ではナイロン歯車とポリアセタール歯車を水中で運転し, 運転経時に伴う摩耗, 歯形の変化, 歯面温度などを明らかにするとともに, 両歯車を微量の水落下でも運転し浴する水量の違いによるプラスチック歯車の諸特性を比較検討した。

2. 実験装置および実験方法

2.1 歯車試験機 図1は既に報告した⁽³⁾歯車試験機の概略図である。本実験(運転試験)においてもこれと同仕様の歯車試験機を用いた。ただし本実験では試験歯車①および②を図2のように透明なアクリル板で製作した水槽に入れてある。水槽中の水位は約40mmで, 表1に示すI形歯車の駆動歯車は15mm, 被動歯車は27.5mm, またII形歯車の駆動歯車は17mm, 被動歯車は27mmそれぞれ図2のように歯先から中心部にかけて水に浸っている。水槽中の水量はI

* 平成3年3月30日 第68期通常総会講演会において講演, 原稿受付 平成2年12月14日。

^{*1} 正員, 千葉工業大学 (〒275 習志野市津田沼2-17-1)。

^{*2} 三菱瓦斯化学(株) (〒254 平塚市東八幡5-6-2)。

^{*3} 日本ポリペンコ(株) (〒100 東京都千代田区丸の内2-3, 三菱電機ビル)。

形歯車の場合は約 0.21 L, II 形歯車の場合は約 0.22 L である。この水位と水量であると I 形歯車および II 形歯車とも運転中には歯車全体が十分水に浴している。

2.2 試験歯車 実験には表 1 に示す I 形と II 形の 2 種類の歯車を用いた。各形の駆動歯車および被動歯車ともプラスチック歯車で、それらの歯切りはホブ切りである。仕上がった歯車の精度は JIS B1702 の 4 級で、歯面粗さは JIS B0601 の十点平均粗さ (R_z) で $6\mu\text{m}$ 前後である。バックラッシュは駆動歯車および被動歯車とも 0.15 モジュールつけた。図 3 は各歯車の形状と主な部分の寸法を示したものである。

2.3 使用プラスチック 歯車に使用したプラスチックは I 形歯車および II 形歯車の駆動、被動とも表 2 に示す性質のナイロン (MC ナイロン)⁽¹⁾ とポリアセタール (コポリマ)⁽²⁾ である。

2.4 測定項目および測定方法 実験では運転経時に伴う歯の摩耗、歯形の変化、歯面粗さ、歯面温度、水槽中の水温を測定した。

歯の摩耗は運転前と運転後の歯車の重量を測定し二つの重量差を算出して求めた。ただしプラスチックを浸水すると吸水し運転経時とともにその重量が増加するため、ここでは実験に使用したプラスチック歯車と同仕様のプラスチック歯車であらかじめ各水温における歯車重量の経時変化を調べておき、これを摩耗量算出時に考慮している。

歯面温度は歯車を停止させ速やかに歯面に付着した水を拭きよくした後、表面温度計を接触させて測定した。表面温度計の接触位置は歯幅中央のピッチ点近傍としたがモジュールが比較的小さいために歯たけの大部分が表面温度計に接触している。水温は図 2 のよう

表 1 実験に用いた歯車の主な仕様

	Type I gear		Type II gear	
	Driving gear	Driven gear	Driving gear	Driven gear
Module	1.25		2	
Standard pressure angle	20°		20°	
Number of teeth	30	50	20	30
Addendum modification coefficient	0	0	0	0
Diameter of standard pitch circle	37.5	62.5	40	60
Clearance coefficient	0.25		0.25	
Face width	6		6	
Center distance	50		50	
Teeth finishing	Hobbing		Hobbing	

N.B) A unit of length is mm.

表 2 実験に用いたプラスチックの主な特性

Items	Units	MC nylon	Polyacetal
Melting point	°C	208	165
Specific gravity		1.15~1.17	1.41
Rockwell hardness	HRM	83	78
Coefficient of friction		0.17~0.19	0.31
Specific heat	J/(kg·K) (cal/(gf·°C))	1926 (0.46)	1465 (0.35)
Coefficient of linear expansion	K ⁻¹	8×10^{-5}	13×10^{-5}
Tensile strength	MPa (kgf/cm ²)	72.52 (740)	60.27 (615)
Compressive strength	MPa (kgf/cm ²)	82.32 (840)	—
Bending strength	MPa (kgf/cm ²)	109.76 (1120)	88.20 (900)
Elongation	%	50	65
Young's modulus	GPa (kgf/mm ²)	2.84 (290)	2.57 (262)

図 1 歯車試験機

図 2 水槽の形状と寸法

に棒温度計で測定した。

歯形および歯面粗さの測定は既報⁽⁴⁾⁽⁵⁾と同じ方法で行った。

2・5 実験条件 実験は駆動、被動ともナイロン歯車の場合はナイロン歯車を、ポリアセタール歯車の場合はポリアセタール歯車を用いてトルク（駆動側） $0.65 \text{ N}\cdot\text{m}$ ($0.0668 \text{ kgf}\cdot\text{m}$) のもとで回転数（駆動側の毎分回転数）を表3のように3種類変えて行った。実験では歯車試験機全体を木製の箱で覆い、その中に温度調節器と加湿器を入れ温度を $27\sim 29^\circ\text{C}$ 、湿度を $63\pm 2\%$ に保った。運転前の水槽中の水温は室温（木箱内の温度）とほぼ等しくした。また歯切りした各プラスチック歯車は温度 24°C 、湿度 50% の恒温恒湿箱に3週間以上保管してから実験に用いた。

なお比較のために各プラスチック歯車とも上記の実験条件と同条件で無潤滑試験を行っているが、この場合の実験記号は表3のWのところDとなっている。

3. ナイロン歯車およびポリアセタール歯車の吸水量

本実験の前に表1に示す各形のナイロン歯車およびポリアセタール歯車の吸水量をまず調べた。図4は主な水温におけるその結果の一例（I形駆動歯車）である。これは水をかくはんしながら水温を一定に保ち、そこに各プラスチック歯車を浸漬させ、所定の時間ごとにその重量変化を測定し吸水量を算出したものである。このようにして調べた各プラスチック歯車の吸水量を整理すると次式のように表せた。

I形駆動歯車の場合

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.017T - 1.99)} \quad (\text{ナイロン歯車})$$

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.024T - 2.61)} \quad (\text{ポリアセタール歯車})$$

II形駆動歯車の場合

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.013T - 1.78)} \quad (\text{ナイロン歯車})$$

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.025T - 2.58)} \quad (\text{ポリアセタール歯車})$$

I形被動歯車の場合

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.018T - 1.63)} \quad (\text{ナイロン歯車})$$

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.026T - 2.28)} \quad (\text{ポリアセタール歯車})$$

II形被動歯車の場合

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.024T - 2.25)} \quad (\text{ナイロン歯車})$$

$$W = \sqrt{x} \cdot 10^{(0.009T - 1.23)} \quad (\text{ポリアセタール歯車})$$

ここで、 W ：吸水量 (gf), x ：浸漬時間 (日), T ：水温 ($^\circ\text{C}$) である。

上式は歯車の諸元を入れて一般化したものではないが、上式ならびに図4からポリアセタール歯車よりもナイロン歯車のほうが吸水量は多く、その差は駆動歯車よりも体積および表面積の大きい被動歯車において

より顕著になることがわかる。

また運転初期におけるプラスチック歯車の摩耗を調べるために上記とは別に予備実験として表3の実験条件において水温が平衡温度に達するまでの歯車の運転時間と水温上昇の関係を調べておき、それと同じ温度状態における各プラスチック歯車の吸水量も測定した。図5はその一例を示したものである。この測定結

表3 水中運転の実験条件および記号

Number of rotations $\text{s}^{-1} (\text{rpm})$	16.7	25.0	30.0
Material	(1000)	(1500)	(1800)
Type I gear			
Nylon	I-N-W-1	I-N-W-2	I-N-W-3
Polyacetal	I-P-W-1	I-P-W-2	I-P-W-3
Type II gear			
Nylon	II-N-W-1	II-N-W-2	II-N-W-3
Polyacetal	II-P-W-1	II-P-W-2	II-P-W-3

図3 使用歯車の形状と寸法

図4 主な水温におけるプラスチック歯車の吸水例

果と図4の線図を用いることにより本実験における各プラスチック歯車の摩耗量を算出することができる。

4. 水中運転における実験結果および考察

4.1 歯の摩耗 図6, 図7に水中で運転した駆動および被動ナイロン歯車の摩耗を, 図8, 図9にポリアセタール歯車の摩耗を示す。各図にはそれぞれ水中運転と同条件で行った無潤滑運転の場合の摩耗も示してある。これらは実験結果の一例としてI形歯車について示したものであるが, 図の縦軸の摩耗量は材質の異なるプラスチック歯車の摩耗を比較するため(摩耗重量/比重量)として表している。

図6～図9においては各図をいろいろな見方で比較することができるが, ここではナイロン歯車とポリアセタール歯車の水潤滑の効果についてみてみることにする。まず図6および図7において(a)と(b)をそれぞれ比較するとナイロン歯車では駆動および被動とも若干ながら無潤滑運転よりも水中運転のほうが摩耗が少なくなることがわかる。このことから水中運転においては水による潤滑効果が発生していると考えてよさそうである。特に水中運転の特徴としては運転初期での摩耗が無潤滑運転の場合よりも少ないことがあげられる。しかしナイロンは吸水率が非常に高いために運転経時に伴い水分を多量に吸収し, 機械的強度などの材料特性が劣化するので運転が長時間になると潤滑効果よりも材料の劣化による摩耗への影響が大きく現われ, 図のように運転経時に伴い水中運転と無潤滑運転との摩耗の差は縮小し, 総回転数(積算回転数) $N_T = 10^7$ では両者は僅差になる。したがって $N_T = 10^7$ を越える運転では無潤滑よりも水中のほうが摩耗は多くなることがこれらの図[特に図6(b)]からうかがえる。

ポリアセタール歯車は図8および図9のように無潤滑運転の場合はナイロン歯車に比べ極めて摩耗が多い。このことは鋼歯車とのかみあいにおいて既に報告⁽⁶⁾している。しかしポリアセタール歯車は水中運転をするとその摩耗は極端に減少する。例えば図8の1500rpmを見ると $N_T = 10^7$ では水中運転の摩耗は無潤滑運転の約1/12である。すなわちポリアセタール歯車においてはナイロン歯車よりも水の潤滑効果が顕著に現れるとみなすことができる。さらにポリアセタール歯車の特長は吸水率が小さいために長時間運転しても水分の吸収による材料の劣化はほとんどなく, ナイロン歯車のような摩耗の増加傾向は見られない。

次に摩耗の整理方法を変えて本実験におけるナイロン歯車およびポリアセタール歯車のすべての結果を図10～図13に示す。これらの図はナイロン歯車およびポ

リアセタール歯車の比摩耗量[(摩耗重量/比重量)/(歯数×2モジュール×歯幅×総回転数)]をPV(P:鋼歯車相当ヘルツ応力⁽⁷⁾(各プラスチック歯車同士のかみあいを鋼歯車同士のかみあいにみなして算出した接

図5 水温の上昇とプラスチック歯車の吸水例

図6 ナイロン歯車の水中および無潤滑運転における摩耗例(駆動歯車)

図7 ナイロン歯車の水中および無潤滑運転における摩耗例(被動歯車)

触応力), V : 歯形上の平均滑り速度] 値との関係で示したものである。図 10~図 13 に見るようにナイロン歯車およびポリアセタール歯車は水中運転においても無潤滑運転と同じくその比摩耗量は PV 値に相関をなし, PV 値が大きくなるほど比摩耗量は増加している。

ナイロン歯車は図 10 および図 11 のように水中運転の場合, 運転当初は無潤滑運転よりも比摩耗量は少ないが, 長時間運転になるにつれて両者間に差がなくなってくるのがわかる。一方ポリアセタール歯車は水中運転の場合, 運転当初はむしろのこと長時間運転しても比摩耗量は無潤滑運転よりも極めて少なくなる。またもう一つの特徴として, ナイロン歯車についても言えることであるが, ポリアセタール歯車は無潤滑運転の場合, 駆動歯車と被動歯車の摩耗差(被動歯車よりも駆動歯車のほうが摩耗が多くなる)が明確に現れているのに対して水中運転では比較的その差が少ないことがあげられる。なお, プラスチック歯車においてこのように被動歯車よりも駆動歯車のほうが摩耗が多くなることについては既にナイロン歯車の無潤滑運転において報告⁽⁸⁾しているののでここでは説明を省く。

プラスチック歯車を無潤滑で運転した場合発生した摩耗粉が潤滑に役立っていると聞くこともあるが, 水潤滑下では歯面に残留する摩耗粉は無潤滑の場合よりも少ないと考えられる。しかしここではこのような摩擦現象の違いによる摩耗への影響について確認はできていない。

4.2 歯形変化の特徴 図 14 は水中運転におけるナイロン歯車の歯形変化の一例を示したものである。この図は基礎円板方式歯形測定機で測定した歯形の記録線図で, 各 N_T の線図間が歯の摩耗厚さ(深さ)を表している。無潤滑運転におけるナイロン歯車の歯形変

図 8 ポリアセタール歯車の水中および無潤滑運転における摩耗例(駆動歯車)

図 9 ポリアセタール歯車の水中および無潤滑運転における摩耗例(被動歯車)

図 10 ナイロン歯車の水中および無潤滑運転における比摩耗量(駆動歯車)

図 11 ナイロン歯車の水中および無潤滑運転における比摩耗量(被動歯車)

図 12 ポリアセタール歯車の水中および無潤滑運転における比摩耗量(駆動歯車)

図 13 ポリアセタール歯車の水中および無潤滑運転における比摩耗量(被動歯車)

化は水中運転の場合とほぼ同変化であったのでここには示していない。

既に報告⁽⁹⁾しているように動力を伝達するナイロン歯車では、例えば駆動歯車においてはかみあい起点Kからピッチ点P近傍にかけて著しく摩耗し、P点と歯先 T_i 間ではあまり摩耗せず、よって圧力角が大きく変化した歯形になるのが一般的である。しかし図14は歯形上の摩耗が比較的均一で圧力角変化が小さく、プラスチック歯車としては実用に適した歯形の変化形態となっている。若干の量的な違いはあるが本実験では無潤滑運転においてもこのような変化形態を示したことから、これは水の潤滑効果というよりも運転トルクが小さかったために生じたものと考えられる。

図15、図16はポリアセタール歯車の無潤滑および

水中運転におけるそれぞれの歯形変化の一例を示したものである。ポリアセタール歯車の摩耗はナイロン歯車よりもPV値に大きく依存する⁽⁶⁾ため図15のように滑りの大きい歯先側と歯元側の摩耗が著しく、その部分の歯形が大きく変化している。一方図16の水中運転の場合は図15との比較でわかるように無潤滑運転の場合よりも極端に摩耗が少なく、また歯形上の摩耗もほとんど均一である。すなわちポリアセタール歯車においては水の潤滑効果が歯形変化の防止にも十分に役立っていることがわかる。

4.3 歯面温度 歯面の平衡温度と運転前の歯面温度(ほぼ室温に等しい)との差を上昇温度とし、これをナイロン歯車およびポリアセタール歯車の水中運転と無潤滑運転についてPV値(図10などに同じ)で整理するとそれぞれ図17、図18のようになった。

両図を比較するとナイロン歯車は水中および無潤滑運転のいずれにおいてもポリアセタール歯車よりも上昇温度が高くなっていることがわかる。無潤滑運転ではポリアセタール歯車はナイロン歯車よりも摩耗が多かったが、摩耗が多いと既報⁽⁶⁾のように摩擦損失エネルギーが摩耗に費やされるため歯面温度はあまり上昇しない。水中運転においてはポリアセタール歯車は水の潤滑効果により上昇温度は無潤滑運転よりもさらに低くなる。一方ナイロン歯車の場合には水の吸収による材料特性の劣化などにより無潤滑運転よりも水中運転のほうが上昇温度は高く、その差はPV値が大きくなるほど増加する。例えば $PV=167 \text{ MPa}\cdot\text{m/s}$ では駆動、被動歯車ともに 9°C 程度水中運転のほうが上昇温度は高くなっている。なお図17、図18には参考のために水槽中の水の上昇温度も示した。水槽中の水はナ

図14 水中運転におけるナイロン歯車の歯形変化(II-N-W-2) 図15 無潤滑運転におけるポリアセタール歯車の歯形変化(I-P-D-2)

図16 水中運転におけるポリアセタール歯車の歯形変化(I-P-W-2)

図17 ナイロン歯車の水中および無潤滑運転における歯面と水の上昇温度

図18 ポリアセタール歯車の水中および無潤滑運転における歯面と水の上昇温度

イロン歯車では膨潤や材料劣化を引き起こし歯面温度を上昇させるが、ポリアセタール歯車では歯面の冷却に作用しているようにも推察できる。

4・4 歯面粗さ 図19は水中運転と無潤滑運転におけるナイロンおよびポリアセタールの歯車の歯面粗さを比較した一例である。ナイロン歯車の歯面粗さは水中運転、無潤滑運転とも $N_T=1.5 \times 10^6$ までは減少し、 $N_T=3 \times 10^6$ で若干大きくなる。その後は無潤滑運転ではほとんど変化しないのに対して水中運転では運転経時に伴い増大している。ポリアセタール歯車では運転初期の歯面粗さは無潤滑運転のほうが小さくなっているが $N_T=3 \times 10^6$ 以降では若干ながら水中運転のほうが小さくなる。

5. 水滴下におけるプラスチック歯車の運転

水気のあるところでプラスチック歯車を使用されるとしてもそれは必ずしも水中運転とは限らず水沫程度の水量を受ける環境下で運転されることもある。ここではそのような場合のプラスチック歯車の特性を調べるために歯に微量の水を滴下させて運転する実験を行った。

5・1 実験装置 図2に示す水中運転用水槽の上面に穴をあけそこから医療用点滴器具を利用して毎分0.015 Lの水を歯に滴下供給した。

5・2 実験条件 実験は水中運転の場合と同じ環境下において表3に示す運転条件で行った。

5・3 摩耗 水滴下運転におけるナイロン歯車の摩耗は運転開始後しばらく ($N_T=6 \times 10^5$ 程度まで) は水中運転よりもわずかに多かったが以降の運転では水中運転とほとんど同程度であった。したがってPV値と比摩耗量の関係も $N_T=6 \times 10^5$ を除けば図10および図11の水中運転とほぼ同じになった。

図20は水滴下運転における駆動ポリアセタール歯車のPV値と比摩耗量の関係を示したものである。この図と図12を比較するとわかるようにポリアセタール歯車の水滴下における比摩耗量は無潤滑運転よりも

図19 水中および無潤滑運転におけるナイロン歯車とポリアセタール歯車の歯面粗さ (駆動歯車)

図20 水滴下運転におけるポリアセタール歯車の比摩耗量 (駆動歯車)

少ないが水中運転よりはかなり多い。この結果からもポリアセタール歯車においては水が潤滑効果をもたらすことがわかり、その量はかくはん抵抗が大きくなりすぎない程度に多くしたほうが良いようである。なお被動ポリアセタール歯車のPV値と比摩耗量の関係はここでは図示していないが、これについても駆動歯車同様無潤滑運転よりも少なく水中運転よりも多かった。

5・4 歯形変化の特徴 水滴下運転におけるナイロン歯車の歯形変化は量的な違いは若干あるがその形態は図14の水中運転と同じであったのでここでは図示していない。ポリアセタール歯車の歯形変化の形態は図21に示すように無潤滑運転に類似してきている。すなわち滑りの大きい歯先側と歯元側での歯形変化が著しくなっている。

5・5 歯面温度 図22、図23にナイロン歯車およびポリアセタール歯車のPV値と歯面上昇温度の関係をそれぞれ示す。両図には比較のために水中運転の歯面上昇温度も示したが、いずれのプラスチック

図21 水滴下運転におけるポリアセタール歯車の歯形変化 (I形歯車, 1500 rpm)

図22 ナイロン歯車の水滴下運転における歯面上昇温度

図 23 ポリアセタール歯車の水滴下運転における歯面の上昇温度

歯車においても水中運転よりも水滴下運転のほうが若干ながら歯面の上昇温度は高くなっている。単純に考えると歯面の熱は水中で冷却されるために水中運転のほうが歯面の上昇温度は低くなって当然と思われるが、水中で水がかくはんされて水温が上昇することも考えられるので、この問題については水槽中の水量および水位や運転条件を変えて実験を行い今後さらに検討する必要があるように思われた。

5・6 歯面粗さ 水滴下運転におけるナイロン歯車の歯面は水中運転の場合と同じく比較的運転初期において滑らか ($N_T=1.5 \times 10^6$ 時で $3 \mu\text{m}$) であったが、長時間運転を継続すると荒れだし運転条件により多少の違いはあるが $N_T=10^7$ 時では $7 \sim 8 \mu\text{m}$ になったものが多かった。

ポリアセタール歯車の歯面は運転初期においては水中運転よりも若干滑らか同程度であったが、それ以降は水中運転よりも荒れる傾向があった。しかしその歯面粗さは $N_T=10^7$ 時で $5 \mu\text{m}$ 程度であった。

6. 結 言

水気のある環境下で運転するプラスチック歯車の諸特性を調べる目的でナイロン歯車およびポリアセタール歯車を水中と水滴下で運転試験した結果をまとめると次のようになる。

(1) ナイロン歯車は吸水量が多いが運転初期では水の潤滑効果により無潤滑運転よりも水中および水滴下運転のほうが摩耗は少なかった。しかし長時間運転

になると吸水に伴う材料の劣化により水中および水滴下運転の摩耗は増大し、 $N_T=10^7$ を超える運転になると無潤滑運転よりも摩耗は多くなると思われた。

ポリアセタール歯車の摩耗は無潤滑運転の場合ナイロン歯車よりも著しく多いが水中運転では逆にナイロン歯車よりも極めて少なくなった。また水滴下運転の場合は無潤滑運転よりも摩耗は少なかったが水中運転よりはかなり多かった。吸水率の低いポリアセタール歯車では歯面が浴する水量が多いほど潤滑効果が上がるように思われた。

(2) ナイロン歯車およびポリアセタール歯車とも水中運転では比較的歯形上均一に摩耗し無潤滑運転よりも歯形の変化は少なく、特にポリアセタール歯車の歯形はほとんど変化しなかった。水滴下運転でのポリアセタール歯車の歯形変化は量的な違いはあるが無潤滑運転の場合とほぼ同形態であった。

(3) ナイロン歯車は無潤滑運転よりも水中運転のほうが歯面の上昇温度は高く、ポリアセタール歯車はこの逆であった。水滴下運転では両歯車とも無潤滑運転よりも歯面の上昇温度は高かった。

(4) ナイロン歯車およびポリアセタール歯車とも水中運転の場合の歯面粗さは若干の量的な違いはあるがそれぞれの無潤滑運転の場合と同じく $N_T=1.5 \times 10^6$ 程度までは減少した。それ以降の運転ではナイロン歯車は荒れだし $N_T=10^7$ 時で $R_a \approx 7 \mu\text{m}$ (無潤滑運転の場合 $4 \mu\text{m}$) になり、ポリアセタール歯車はさらに滑らかになり $N_T=10^7$ 時で $R_a \approx 3 \mu\text{m}$ (無潤滑運転の場合 $4 \sim 5 \mu\text{m}$) になった。なお水滴下運転における歯面粗さはナイロン歯車では水中運転と同程度、ポリアセタール歯車では途中までは水中運転と同程度であったが $N_T=10^7$ 時では無潤滑運転程度になった。

文 献

- (1) 日本ポリベンコ(株), MC ナイロン技術資料, (1974), 3.
- (2) 三菱瓦斯化学(株), ユビタール技術資料, 8.
- (3) 塚本・ほか2名, 機論, 56-527, C(1990), 1906.
- (4) 塚本, 機論, No. 800-15, (1980-8), 55.
- (5) 塚本, 機論, 47-416, C(1981), 484.
- (6) 塚本・ほか2名, 機論, 57-533, C(1991),
- (7) 塚本, 機論, 46-409, C(1980), 1116.
- (8) 塚本・ほか1名, 機論, 51-465, C(1985), 1107.
- (9) 塚本・ほか1名, 機論, 50-458, C(1984), 1825.