

## 駆動部品の材質調査

### 〈内外自転車等の品質性能調査研究〉

技術第1部金属化学課 稲田 映二, 磯村 光男, 近藤 俊郎

#### まえがき

本調査は昭和52年度より引き続いて行われてきた、内外自転車部品についての品質性能調査研究の一環として行ったものである。なお、調査対象部品は、外国製品ではカンパニョロほか6社製品とし、また、国内製品はA～F社の6社製品である。

この調査の目的は、対象となった駆動部品にどのような材料を使用し、かつ、いかなる加工法を採用しているか、または、外国製部品との間に使用材料や加工法について差異があるかどうかなどを調べることにある。すでに報告された駆動部品の外観調査および性能調査など（自転車技術情報No.3）に続いて、その材料分析、硬さ測定、特別な部品についての状態分析や表面処理などの観察、調査を行った。以下その報告をする。

#### 1 試験方法

調査した対象部品とその調査項目は表1のとおりである。

次に試験装置としては、まず、分析試験では炭素元素のみ迅速自動炭素定量装置（国際電気）を使用し、その他の元素については原子吸光分光光度計（日立製作所）を用いた。分析試料のサンプリング法は次のとおりである。供試品はまずミールングマシンにて適当な大きさの切りこを作った。これをエチルアルコールで洗浄し、デシケータ中で乾燥後0.5g精秤（ひょう）して（左クランクのみ1.0g）分析試料とした。

硬さ試験では、鉄鋼部品からなる対象試料のほとんどは微小硬度計（ライツ社）にて測定荷重200gfを用いてその切断面を測定した。また、アルミニウム合金部品はロックウェル硬度計（明石）を用い、ロックウェルのBスケール（H<sub>R</sub>B）にて測定した。次に表面処理を施した部品については、走査電子顕微鏡（日本電子）や同装置に付属しているX線分光器を用いて状態分析を行った。

表1 対象部品と調査内容

部 品 名	分析	浸炭深さ	硬さ	表面処理
チェーンホイールセット				
アウトギヤ板	○		○	
クランク（左、右）	○		○	
クランク軸	○			
右 わ ん		○		
左 わ ん		○		
コッタボルト	○		○	
チェ ー ン				
ローラリンクプレート		○		
ロ ー ラ		○		
ピ ン		○		○
ブ シ ュ		○		
多段フリーホイール				
13T	○	○		
14T			○	
15T			○	
17T			○	
19T			○	
21T	○		○	○
本体		○		
つめ		○		

#### 2 試験結果と考察

##### 2.1 チェーンホイールセット

アルミニウム合金製アウトギヤ板、左クランクの分析結果と硬さ測定結果を表2、3に示す。これらの結果より、カンパニョロのアウトギヤ板は超々ジュラルミンで、JIS H 4000の7075材相当の板材を加工したものである。この合金はAl-Zn-Mg系合金で、硬さから推定すると、焼入処理後に焼もどし（T6）されており、したがって、その機械的性質は引張強さ58kgf/mm<sup>2</sup>、耐力51kgf/mm<sup>2</sup>程度であると思われる。他メーカーのギヤ板は2014材相当と思われる。この合金はAl-Cu系で、硬さから推定すると、焼入処理後に焼もどし（T6）され

表2 アウタギヤ板の化学成分と硬さ

メーカー名	試料重量(g)	化 学 成 分 (%)						硬 さ	
		Cu	Zn	Mg	Fe	Mn	Cr	HrB	H <sub>B</sub> (換算値)
カンパニョロ	0.50181	0.88	5.78	1.53	0.15	0.11	0.004	90.3	157
ストロングライト	0.50024	4.00	0.15	0.60	0.42	0.72	0.02	76.5	123
国内 A 社	0.50089	4.53	0.13	0.56	0.38	0.94	0.009	77.8	126
国内 B 社	0.50094	4.15	0.18	0.50	0.38	0.84	0.04	83.3	137
国内 C 社	0.50074	4.37	0.08	0.34	0.25	0.90	0.017	75.5	121

表3 左クランクの化学成分と硬さ

メーカー名	試料重量(g)	化 学 成 分 (%)						硬 さ	
		Cu	Zn	Mg	Fe	Mn	Cr	HrB	H <sub>B</sub> (換算値)
カンパニョロ	0.99605	3.60	0.053	0.46	0.006	0.65	0.005	78.5	128
ストロングライト	1.00030	4.14	0.050	1.02	0.007	0.68	0.036	79.1	129
国内 A 社	1.00375	4.23	0.006	0.51	0.009	0.86	0.008	65.0	103
国内 B 社	0.99030	3.80	0.050	0.47	0.005	0.76	0.007	84.3	141
国内 C 社	0.99930	4.12	0.068	0.37	0.005	0.70	0.006	80.2	132

表4 クランク軸とコッタボルトの化学成分

メーカー名	化 学 成 分 (%)					JIS 相当品 (推定)	コッタボルト (%) C
	C	Mn	Ni	Cr	Mo		
カンパニョロ	0.15	0.52	2.80	0.72	—	} SNC	0.40
ストロングライト	0.15	0.63	1.36	0.94	0.03		0.39
国内 A 社	0.20	0.73	—	1.10	0.11	SCM 22	0.35
国内 B 社	0.21	0.72	0.51	0.43	0.08	SNM 21	0.39
国内 C 社	0.19	0.71	—	1.00	0.08	SCM 22	0.33

ており、したがって、その機械的性質は引張強さ 49kgf/mm<sup>2</sup>、耐力 42kgf/mm<sup>2</sup> 程度であると思われる。

一方左クランクについては、ストロングライトのそれは超ジュラルミンで 2024 材に相当し、Al-Cu-Mg 系で硬さから推定すると、焼入処理後に常温加工硬化を受けており (T 36)、引張強さ 50kgf/mm<sup>2</sup>、耐力 40kgf/mm<sup>2</sup> 程度と思われる。他メーカーの左クランクは Al-Cu 系で 2014 材に相当し、焼入処理後に焼もどし (T 6) されており、その機械的性質は引張強さ 49kgf/mm<sup>2</sup>、耐力 42kgf/mm<sup>2</sup> 程度であると思われる。しかし、2014 材相当品であっても、とくに硬さの低い国内 A 社は、焼入処理後に常温時効が終了した材質 (T 4) であり、したがって、その機械的性質は引張強さ 44kgf/mm<sup>2</sup>、耐力 30kgf/mm<sup>2</sup> 程度であると思われる。

鉄鋼製部品については、クランク軸とコッタボルトのみ炭素分析を行った。通常、はだ焼鋼と称する鋼種はおよそ 17 種程度あり、炭素含有量が 0.25% 以下で、浸炭処理を施して使用する材料をいうわけであるが、供試品のクランク軸の炭素量はすべて表 4 に示すように 0.21% 以下であった。なお、表中に推定される JIS 相当品を記したが、外国製品の場合 Ni 量の値が JIS の値と比べると

少ない。しかし、総体的にみれば Ni-Cr 鋼の分類に属し、一方国内製品の場合、Mo 量が JIS の値よりわずかに少なくなっているが、全体的にみて該当する鋼種相当品を表記のように推定した。

ビッカース硬さ試験では測定箇所を鏡面仕上げにし、硬化表面より垂直な深さ方向に順次 50 $\mu$  (0.05mm) 間隔で硬さを測定した。しかし一部については、中心部に近づくにつれて 100 $\mu$  間隔で測定した。このような方法で切断面の硬さを測定し、硬さ推移曲線を求めた。

図 1 はクランク軸の玉当り部の硬さ推移曲線を示すものである。この図よりストロングライトと国産 C 社の製品は、他社製品より表層の硬さは Hv 100 前後高い値を示している。なお、クランク軸の硬さは JIS では HrC 52 以上、ビッカース硬さに換算すると Hv 544 となり、すべての製品が JIS 以上であった。図中の破線は有効硬化層深さを示す指針にもなる Hv 550 の位置を示す。

一般に焼入組織の判定は 50% マルテンサイト変態量で決められているが、JIS で示されている硬化層の定義を模式的に図示すると図 2 の通りである。

また、図 1 では外国製品は国内製品の 3 試料に比べて、全般に全硬化層深さに対する有効硬化層深さの割合

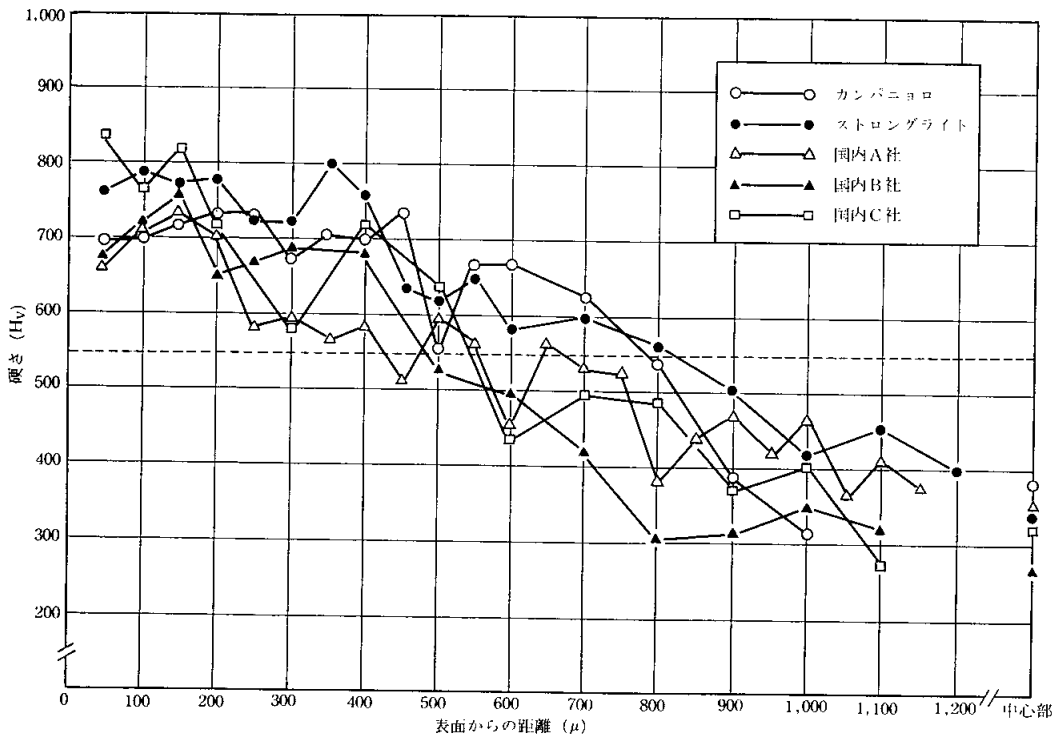


図1 クランク軸の硬さ推移曲線

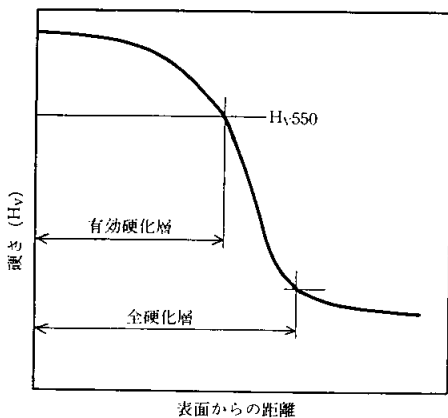
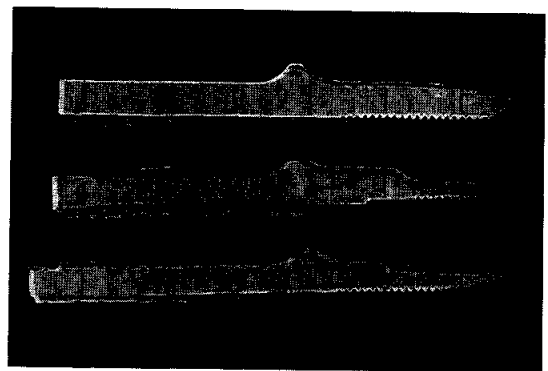


図2 有効および全硬化層深さ

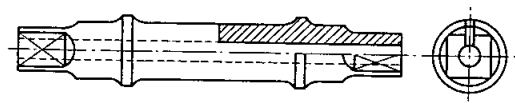
表5 クランク軸の硬化層深さと硬さ

メーカー名	全硬化層深さ (mm)	有効硬化層深さ (mm)	中央部 H <sub>R</sub> C
カンパニョロ	0.9	0.8	38.3
ストロングライト	1.1	0.8	59.9
国内A社	0.8	0.4~0.6	58.8
国内B社	0.8	0.5	58.1
国内C社	0.9~1.0	0.5	58.7

注) 全硬化層深さ 硬化層の表面から硬化層と生地の物理的または化学的性質の差異がもはや区別できない位置までの距離  
 有効硬化層深さ 焼入れのまままたは 200°C を超えない温度で焼もどした硬化層の表面からピッカース硬さ 550 の位置までの距離



上: カンパニョロ, 中: ストロングライト, 下: 国内B社



(写真は図中のハッチングされた所を表わす。)

写真1 クランク軸の硬化層

が大きくなっている。それらの硬化層深さの値を示したものが表5である。なお、同表にクランク軸の中央部表面の硬さを示した。この硬さ値の中に極端に低いものがあり、写真1に示すように、カンパニョロ製品の場合には、その中央部近傍は熱処理が施されていないことがわかった。また、クランク軸中央部近傍を輪切りの状態で観察した結果、一部には中空部品がクランク軸の外周に

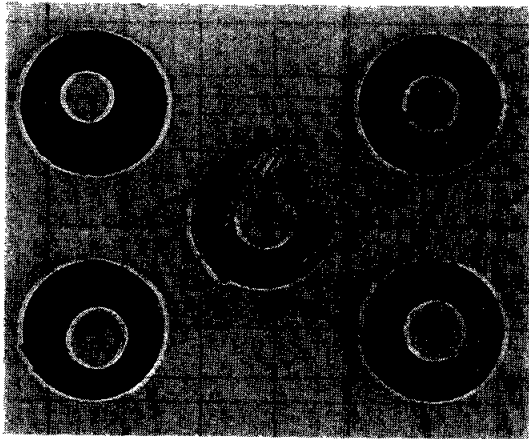


写真2 クランク軸中央部近傍の中空状態

左上：カンパニョロ，右上：国内B社，  
真ん中：国内A社，左下：ストロングライト，  
右下：国内C社

対して同心円でないものがあった。この状態を写真2に示す。これは多分、シャフト両端からの穴あけ加工のわずかなずれのため、中央部で大きな食い違いになったものと思われる。

右わん、左わんの硬さ推移曲線を図3、4にそれぞれ示す。これらの図より国産製品は三者ともに、有効硬化層深さにおいて最大200 $\mu$ 程度の差はあるものの、表層硬さおよび中心部の硬さについては、ほぼ同じくらいと見ることができる。一方外国製品については、ストロングライトは全試料中最高の表層硬さを示している。しかしその反面、中心部の硬さはHv200前後と最も低い値である。カンパニョロの場合は表層硬さまたは中心部硬さは国産製品と比べて同等かやや高いくらいであるが、有効硬化層深さは全試料中最も大きい。

## 2.2 チェーン

チェーンは、ピン、ローラ、ブシュなどについて硬さを測定した。ピンの硬さ推移曲線を図5に示す。同図に示すごとくセデスの試料のみが、熱処理を施したものである。また、表層そのものの硬さも他の3試料に比べてかなり低い値であることがわかる。

そこで、走査電子顕微鏡に付属しているX線分光器を用いてピン軸に垂直な断面の線分析を行った。その結果

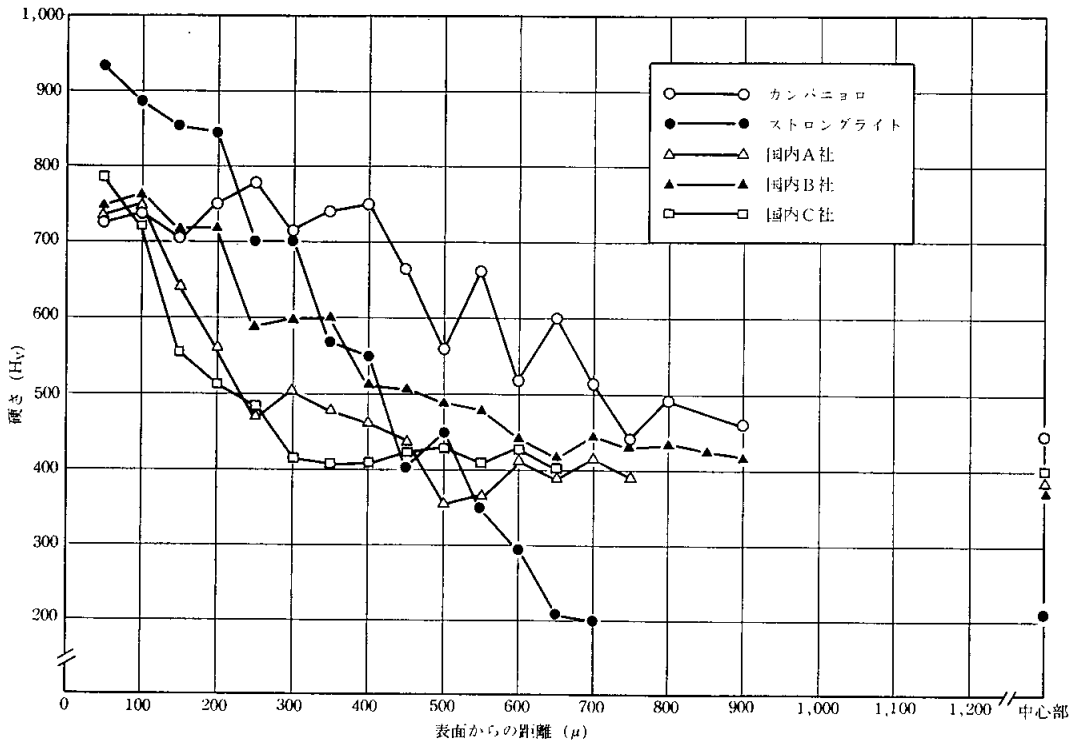


図3 右わんの硬さ推移曲線

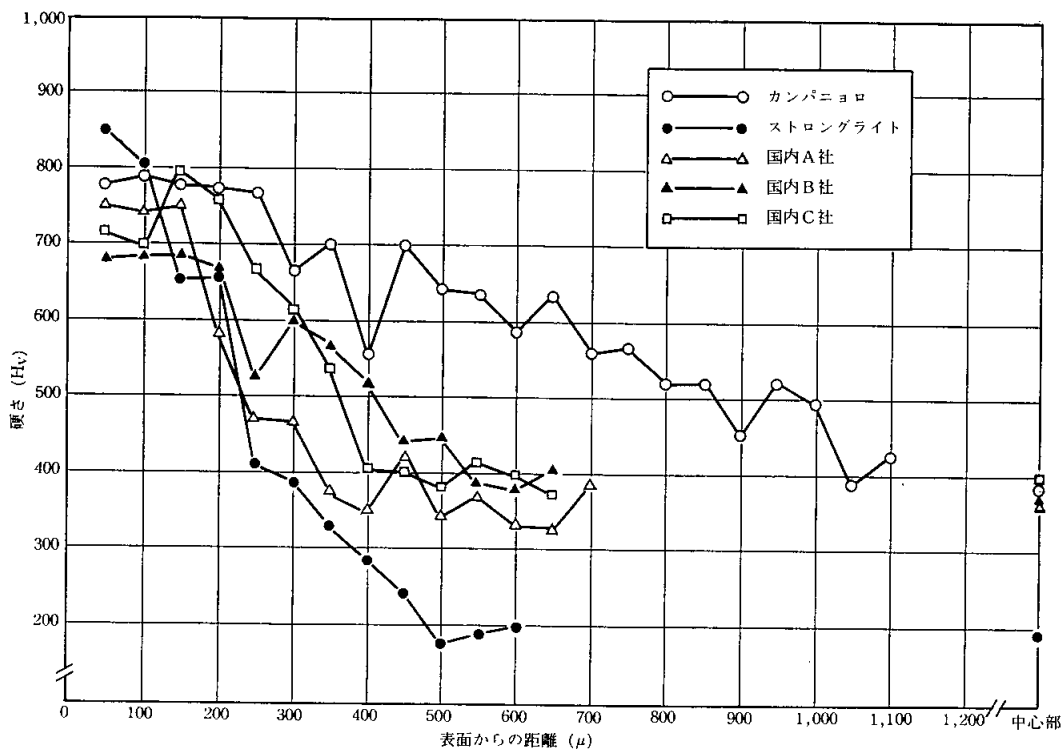


図4 左わんの硬さ推移曲線

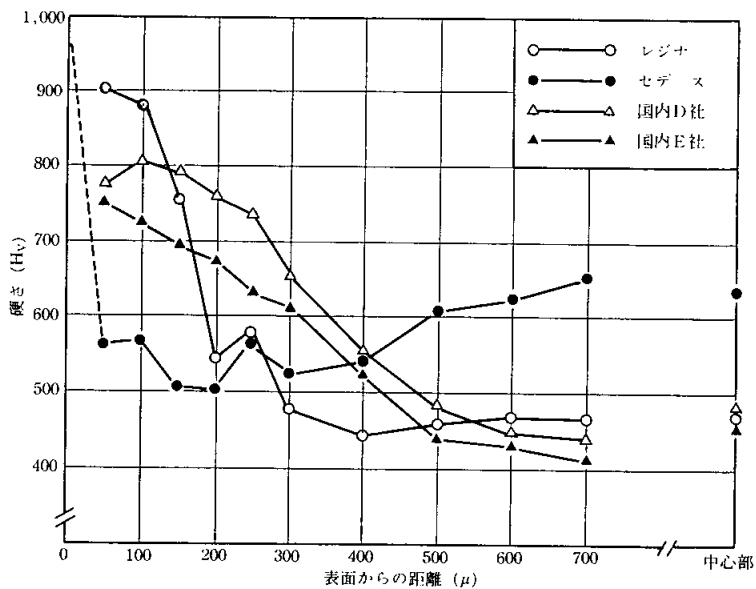


図5 ピンの硬さ推移曲線

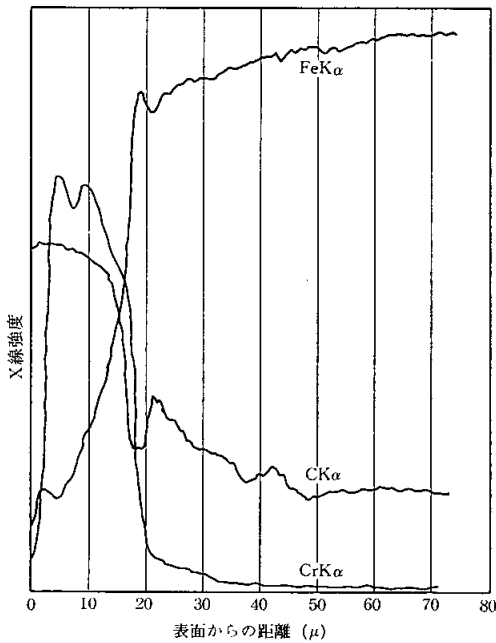


図6 ピン(セデス)の線分析

を図6に示す。この図より最表層ではCrとCがリッチになっていることがわかる。また、写真3に同じ断面での走査電子顕微鏡写真を示した。これらのことから、ピンの最表層10 $\mu$ くらいはCr元素に富んだ層であることがわかった。

改めて測定荷重を小さく50kgfとして最表層の硬さを測定した結果、およそHv1,000以上の硬さが得られた。このことから、図5に破線で示したごとく硬さ推移曲線を書き加えることができる。すなわち、セデスのピンの表層は高Cr組成であり、同時にCr炭化物を生成させて表面硬化を図ったものと思われる。また、同試料の表面は目視でもかなりつやがあり、かつ滑らかに見え、表面光沢は他の3試料と比べてきわ立っていた。

図7はブシュの硬さ推移曲線を示すもので、輪切りにした切断面、すなわち、およそ0.6mm前後の肉厚部を表層より測定したものである。この結果から、とくにE社の試料は表層硬さおよび肉厚中心部の硬さにおいて、他試料より高い傾向を示していることがわかる。

次に図8はローラの硬さ推移曲線を示す。測定方法はブシュの場合と同じであるが、E社の試料は前図のブシュ同様に、表層および中心部硬さがともに他試料より高い傾向を示している。一方セデスとD社の試料は、ともに中央部の硬さが低く似かよった傾向を示しているが、前者はとくに表層の硬化層が他と比べて薄く、かつ中央部の硬さがおよそHv200と最も低いことが目につく。レジナの試料は表層および中心部ともにHv550とほぼ同じ硬さであった。



エッチング液：硝酸 10ml  
 ふっ酸 10ml  
 蒸留水 10ml

写真3 断面の二次電子像

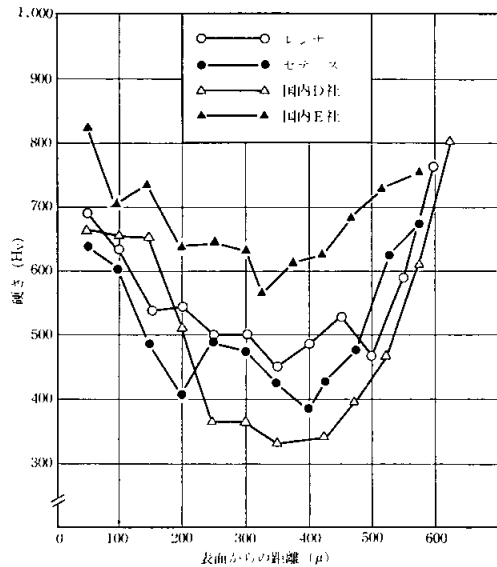


図7 ブシュの硬さ推移曲線

### 2.3 多段フリーホイール

多段フリーホイールについては、歯数21Tおよび13Tについてののみ炭素分析を行った。硬さ試験の測定箇所は歯先よりおよそ5mm離れた所とし、それぞれの硬化推移曲線を図9、10に示した。また、炭素分析結果を表6に示す。

次に21T、13Tを除いた、多段フリーホイールに組み込まれている他のギヤについても、その表層のみの硬さを測定した。その結果を図11に示す。これよりエベレス

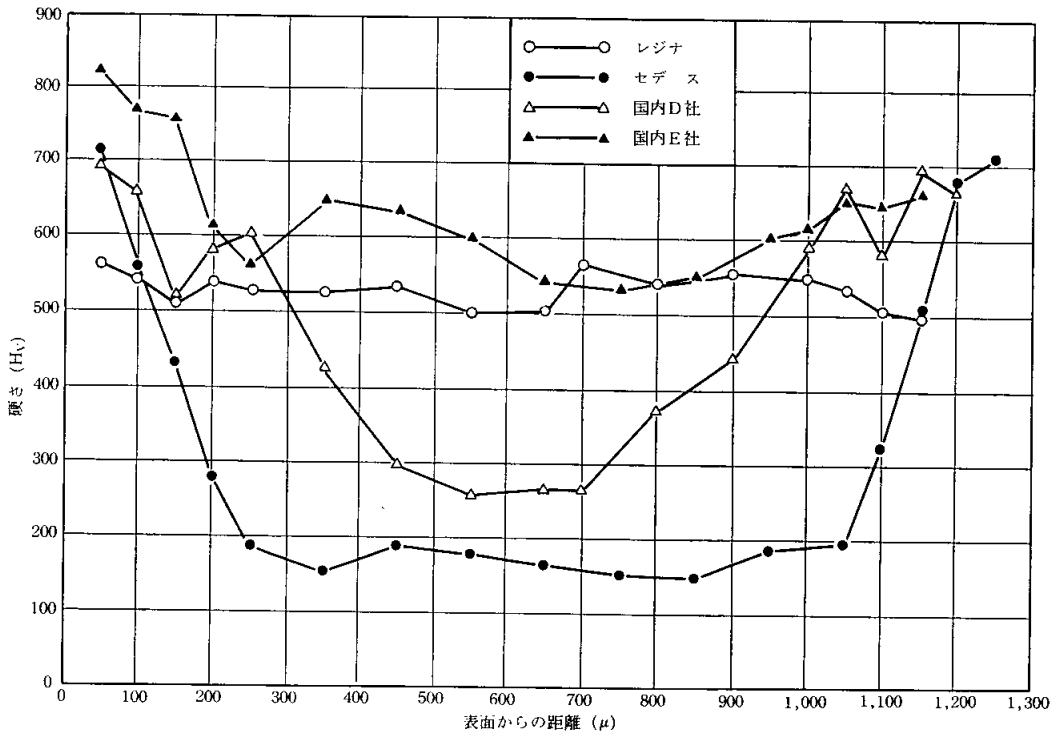


図8 ローラの硬さ推移曲線

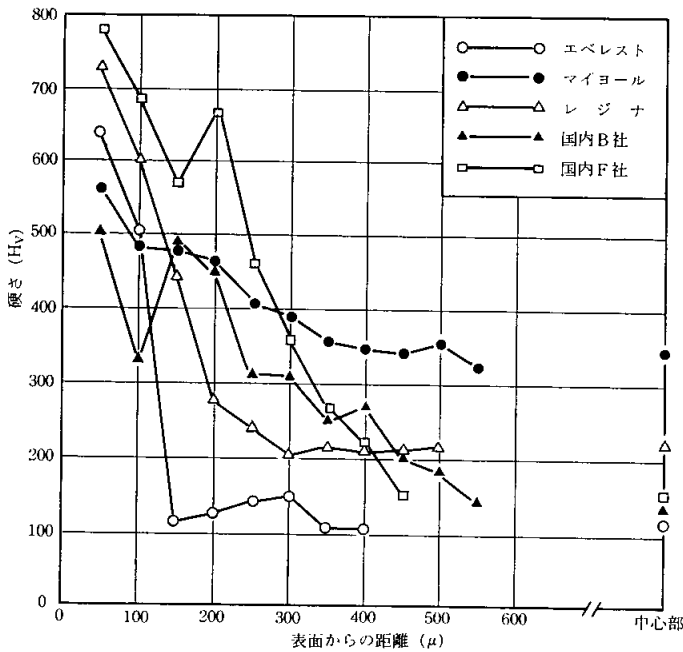


図9 フリーギヤ21Tの硬さ推移曲線

トとF社の製品が全体的にギヤの表層硬さが高く、逆にレジナとB社の製品が表層硬さが低い傾向を示していることがわかる。なお、多段フリーホイールの表面処理について述べると、エベレストは素材上に電解クロメー

ト、B社、F社およびレジナは素材上にCu-Zn合金めっき、クロメートと同じ表面処理を施し、最後にマイヨールは素材上にZnめっき、クロメート処理が施されていると推定する。

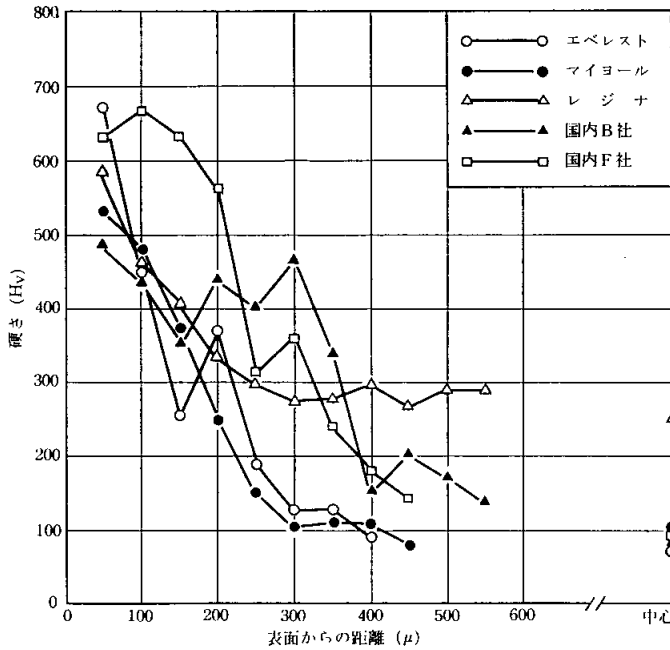


図10 フリーギヤ13Tの硬さ推移曲線

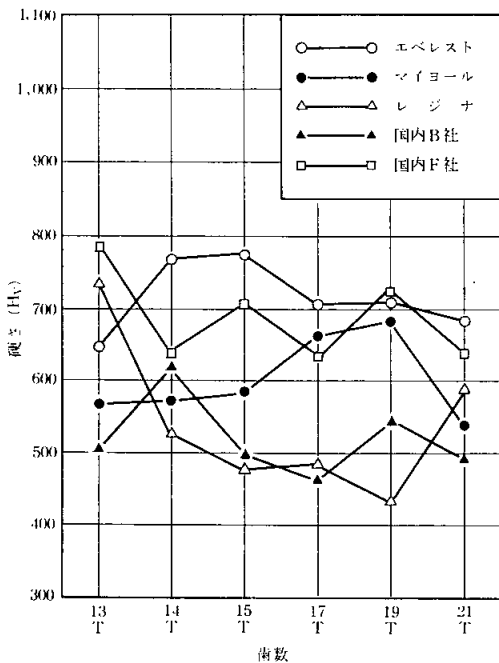


図11 多段フリーホイールの硬さ

### 3 ま と め

(1) チェーンホイールセットのうちアウトギヤ板についていえば、カンパニョロは JIS H 4000 の7075材（超超ジュラルミン）を使用し、その他のストロングライト

表6 多段フリーホイールの炭素分析

メーカ名	21T C (%)	13T C (%)
エベレスト	0.19	0.12
マイヨール	0.38	0.18
レジーナ	0.15	0.18
国内B社	0.40	0.45
国内F社	0.21	0.38

と国産3社は2014材を使っている。また、左クランクについてはストロングライトのみ2024材（超ジュラルミン）を、その他はすべて2014材を使っていることがわかった。

(2) チェーンのピンでは、セデスのピンは拡散被覆法に似た表面硬化法を採用していると推定される。

(3) 多段フリーホイールでは、エベレストとF社が総合的にみて他の3社に比べてギヤ表層の硬さが高いことがわかった。

### あ と が き

以上は入手品単品について調査を行ったもので、この値がそれぞれの銘柄の全体を必ずしも評価できるものではない。しかしながら、今後の製品設計の参考になれば幸いであると考え報告する。おわりに、この調査研究に当たって助言をいただいた各委員の方々に厚くお礼を申し上げる次第である。