

各種合金整流子片の諸性能

An Investigation on Various Copper Alloy Commutator Segment Bars

高嶋 宏* 市川 寛*
Hiroshi Takashima Hiroshi Ichikawa

内 容 梗 概

最近における電動機の急速な進歩に伴ってさらに高級な整流子片の要求が高まってきた。従来より高級導電材料については試験室的加工状態では多くの試験結果が発表されているけれども、それらの材料を整流子片とする場合、加工法が特殊であるため、その性能は従来の試験結果とはかならずしも一致しない。

銀入銅、銀テルル入銅、クロム入銅の各種含量の材料を使用して実用範囲の各種加工度により、同一寸法の整流子片に製作した。それらの諸性能を明らかにし、それぞれの材質の特長を示した。

1. 緒 言

最近における電気機器の急速なる進歩により、さらに高級な導電材料が要求されてきた。純銅製品では要求を満たすことのできない分野に対しては、かなり以前より銀入銅が、最近においてはクロム入銅が採り上げられてきた。そして今後はジルコニウム入銅が注目されようとしている。整流子片においてもさらに機械的性能、耐熱性のすぐれた製品が要求されてきた⁽¹⁾。

日立電線株式会社においても以前よりこれら的高级導電材料について基礎研究を推進してきたが、整流子片としても銀入銅製品は戦時中より生産し、クロム入銅製品は最近生産に入って試用されつつある。

これらの材料については試験室的加工状態では数多くの結果が発表されている⁽²⁾⁽³⁾。しかし整流子片においては形状が特殊であり、かつその寸法精度はきわめて高くなければならないので、その加工はかなり特殊となる。したがって種々の材料を整流子片とした場合、必ずしも試験室的加工によって得られる性能とは一致しない。

本報告においては銀入銅、銀テルル入銅、クロム銅を使って実際の整流子片とした場合の諸性能について取まとめ報告する。

2. 試験材料および方法

2.1 製品寸法

試験材の製品寸法としては第1図に示すものを選択した。すなわち従来の製品規格においてA寸法 5 mm、C寸法 60 mm が性能区分の境界となっているので、その両範囲にわたって参考となるように上記寸法を採った。

2.2 試料組成

銀入銅については従来実用範囲は 0.3% 銀以下であるけれども銀添加の効果をより広範囲にわたって調べるため、0.97% 銀に至る 11 種の材料を使用した。

* 日立電線株式会社電線工場



A : 4.806 mm
B : 2.74 mm
C : 57.6 mm
r : 1.37 mm (1/2 B)

第1図 試作整流子片寸法

第1表 試料分析値 (%)

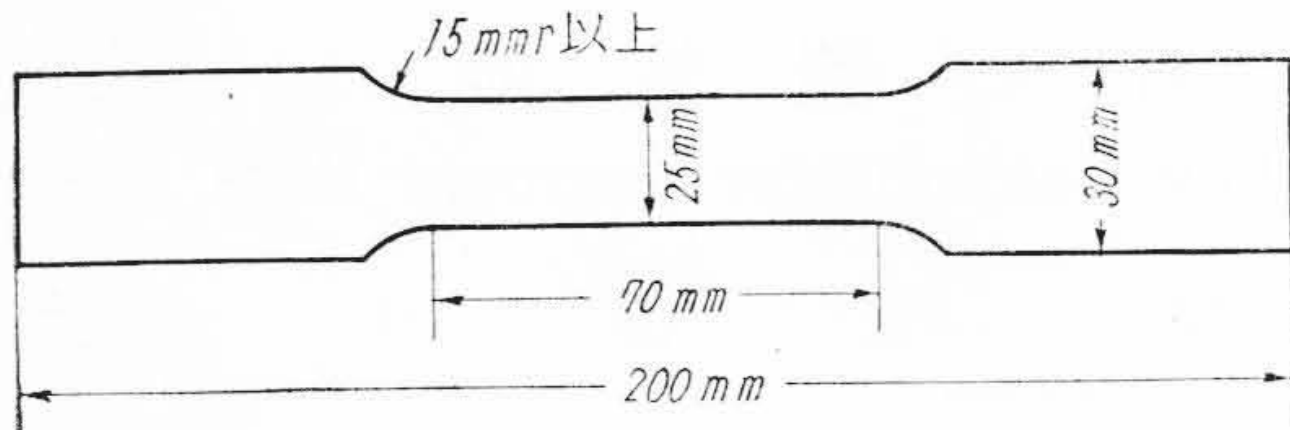
No.	Ag	Te	Cr	O
0	—	—	—	0.026
1	0.053	—	—	0.026
2	0.074	—	—	0.026
3	0.190	—	—	0.026
4	0.273	—	—	0.026
5	0.322	—	—	0.026
6	0.366	—	—	0.026
7	0.38	—	—	0.030
8	0.47	—	—	0.030
9	0.61	—	—	0.030
10	0.85	—	—	0.030
11	0.97	—	—	0.030
12	0.09	0.073	—	0.034
13	0.22	0.068	—	0.032
14	—	—	0.35	—
15	—	—	0.56	—
16	—	—	0.72	—
17	—	—	0.82	—
18	—	—	0.88	—

銀テルル入銅は銀入銅と比較するため、その実用組成である、0.1、0.2%銀の二種についてテルルを添加した。

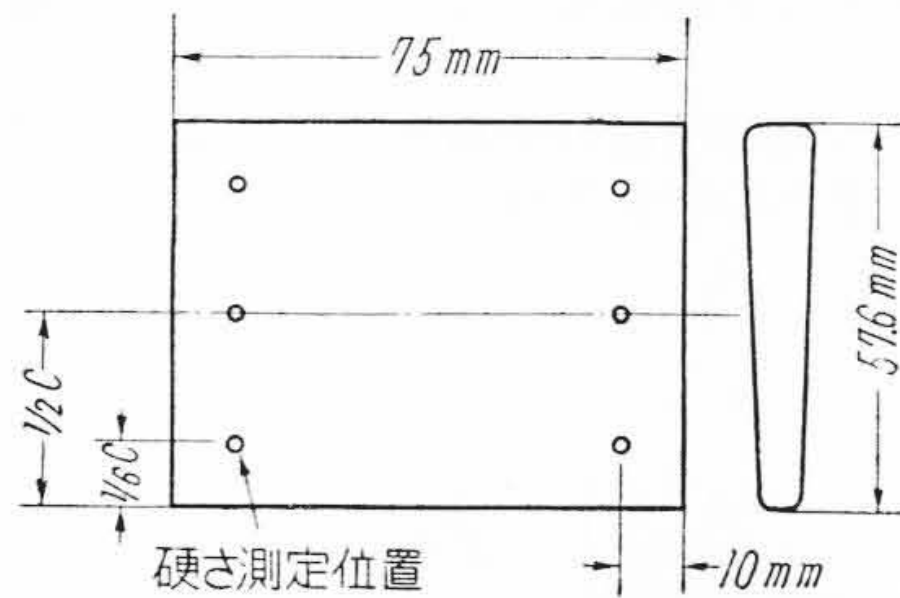
クロム入銅は 0.35~0.88%クロムの5種類について行った。

試料の分析結果を第1表に示す。

第1表からわかるように純銅、銀入銅、銀テルル入銅



第2図 引張試験片寸法



第3図 硬さ試験片寸法および測定位置

は少量の酸素を含有したいわゆるタフ、ピッチ形である。

2.3 加工条件

整流子片は冷間の引抜および圧延で仕上加工される。この場合には冷間引抜を行った。引抜加工度は30.5%、35.6%、40.7%の三種を選択した。

時効硬化材であるクロム入銅については冷間加工と熱処理とを組合わせた。熱処理の際には寸法精度が低下しないように特殊の方法を採用した。

2.4 試験方法

導電率は原形のまま長さ1mについての抵抗を測定し算出した。

引張試験片は製品の厚い側(A寸法部)より幅30mmの試片を切り出し第2図に示す形状とした。そしてテーパー付のまま試験を行った。

硬さは第3図に示す6箇所の位置において測定し、それらの値を平均した。

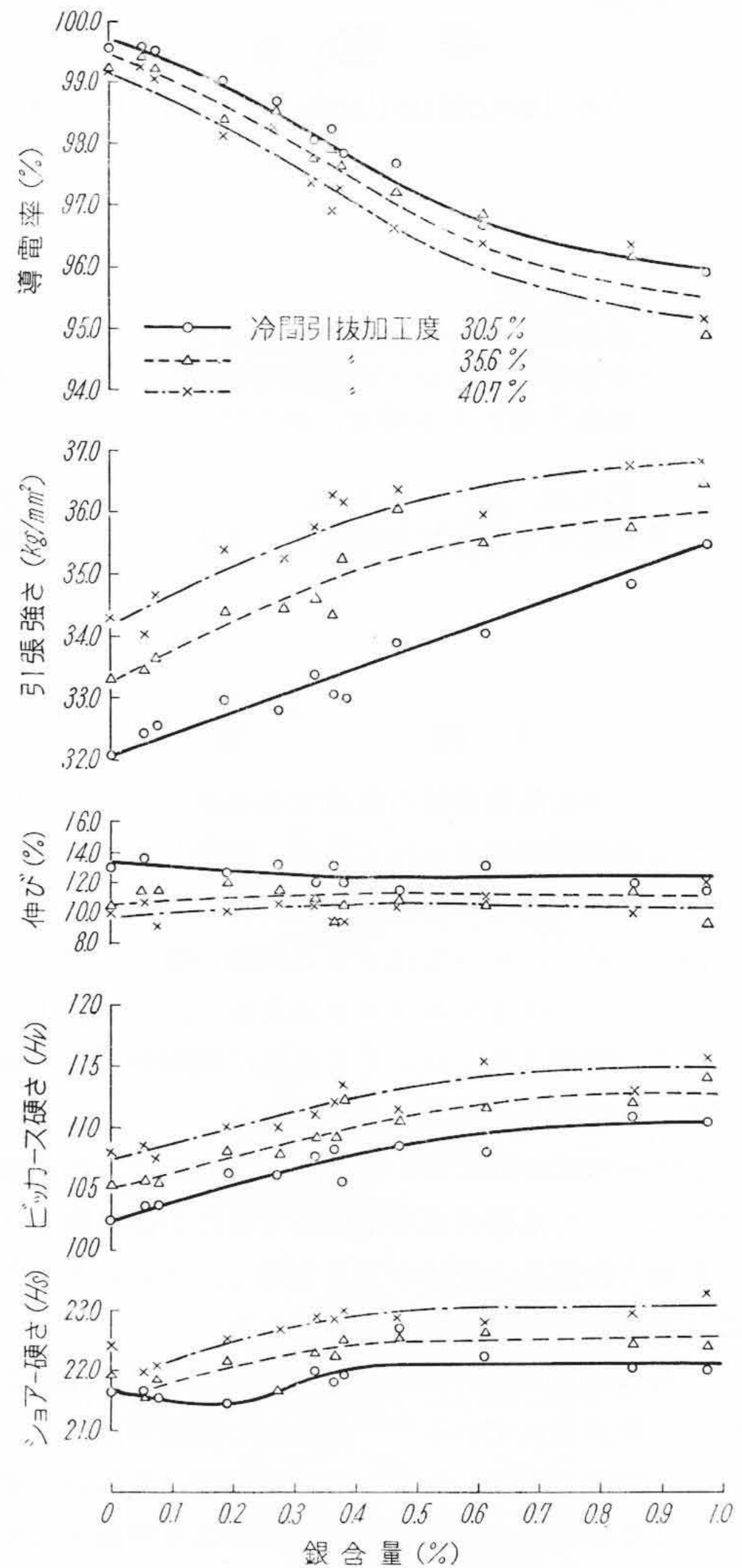
3. 試験結果

3.1 銀入銅整流子片

3.1.1 仕上りのままの性能

純銅ならびに銀入整流子片の仕上りのままの諸性能を銀含量との関連において第4図に示す。銀含量が多くなるほど各加工度とも導電率は低下し、引張強さと硬さは上昇する。そして銀含量増加による性能の変化は0.4%銀までに比較すると0.4%銀以下では、その割合が小さくなる。伸びはほとんど変化しない。

また加工度もかなりの影響を示し、その増加は銀含量の増加と同じ作用を示す。しかし銀含量との関係と



第4図 仕上りのままの銀入銅整流子片の諸性能

比較すると導電率低下が少ない割に機械的性能の向上が大きい。

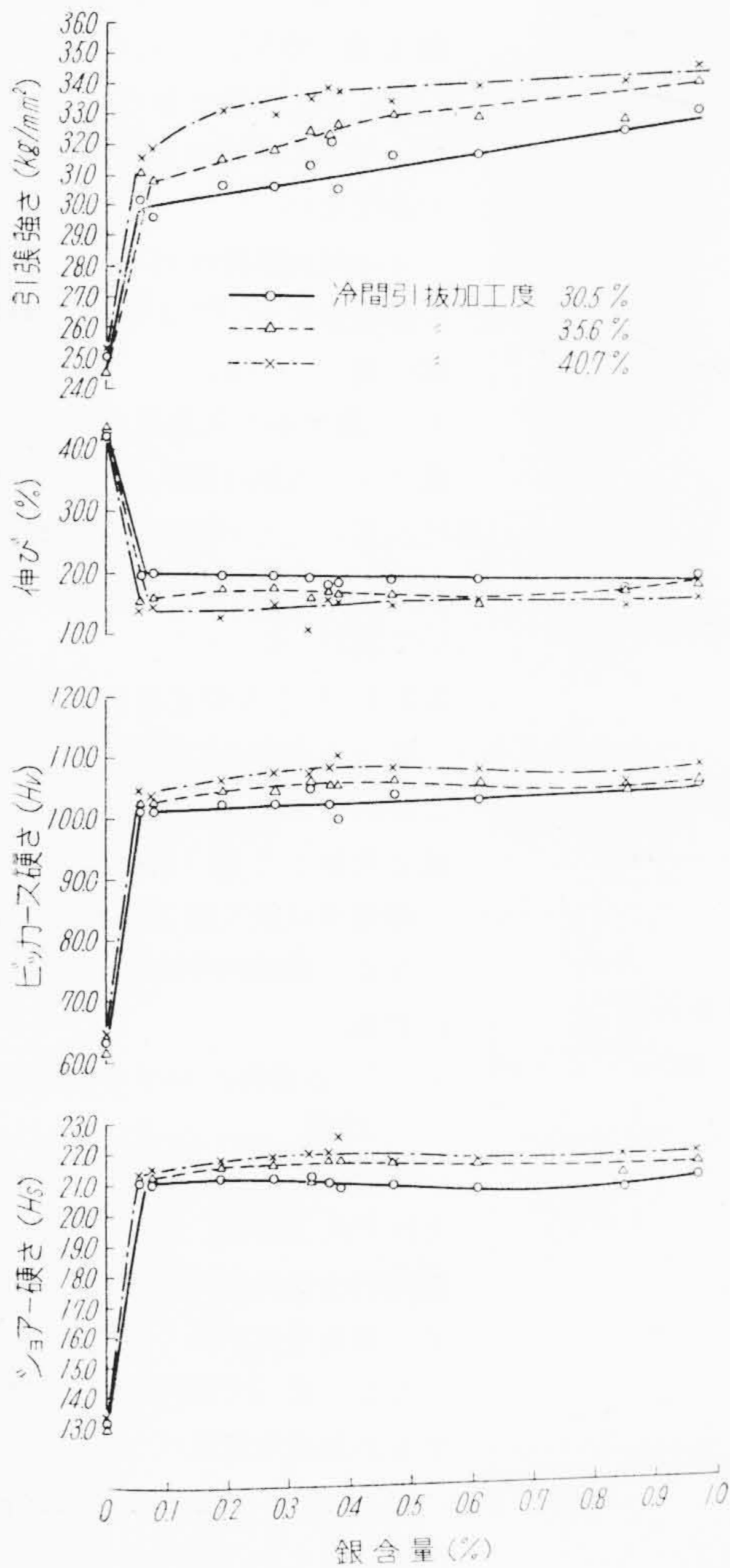
ショアー硬さはこれらの性能の変化に対してあまり鋭敏ではない。したがってショアー硬さをもって機械的性能を判断するのは当を得ていない。

3.1.2 300°C 1時間加熱後の性能

300°C 1時間加熱後における機械的性能と銀含量の関係を第5図に示す。純銅は著しく軟化し焼鈍状態に近くなるけれども、銀入銅はわずか性能が低下するだけである。すなわち引張強さにおいては1.5~3kg/mm²ビッカース硬さは5度、ショアー硬さで1度ほど低下する。

3.1.3 300°C 4時間加熱後の性能

300°C 4時間加熱後における機械的性能と銀含量の



第5図 300°C 1時間加熱後における銀入銅整流子片の性能

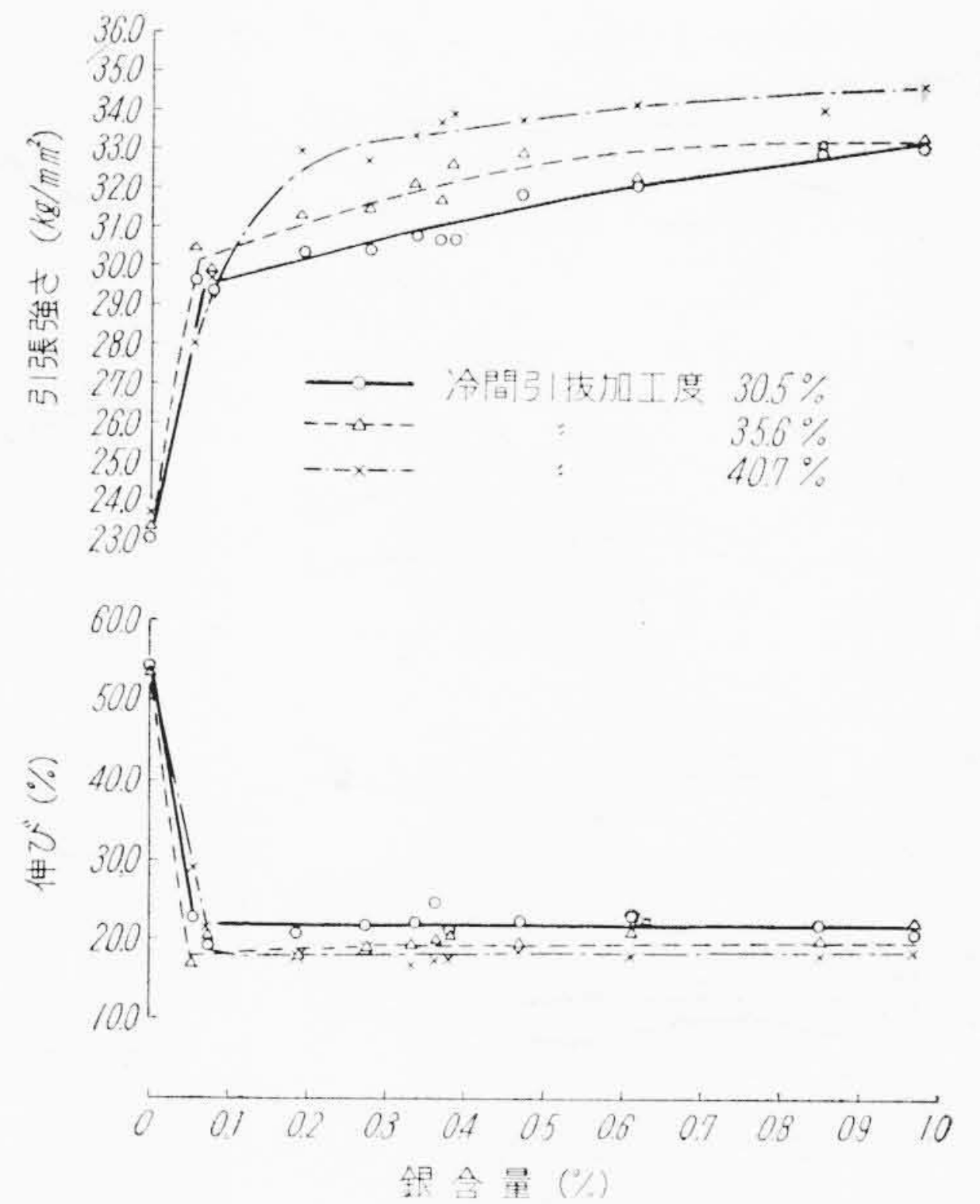
関係を第6, 7図に示す。純銅は完全に軟化している。

0.1%以下銀含量の場合には30.5, 35.6%の加工度においては軽度に40.7%加工度においてはかなりの程度に軟化している。このことは銀含量および加工度の再結晶に及ぼす影響を考えれば当然であろう。

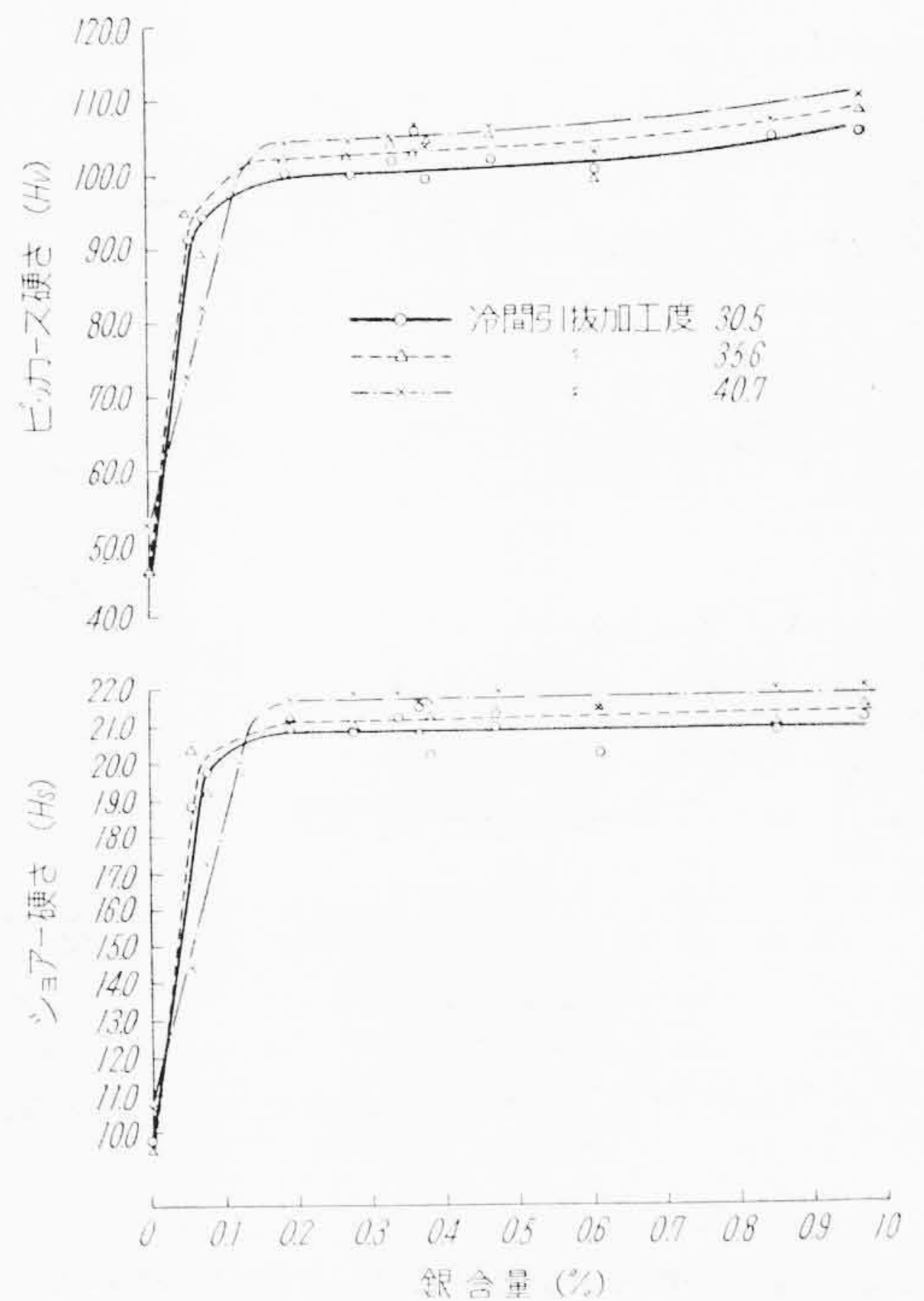
0.1%以上の銀含量範囲においては300°C 4時間加熱による性能の低下は1時間の場合とほとんど同じである。

3.1.4 350°C 加熱後の性能

0.2%以上の銀含量の試料についてはさらに350°C 1時間および4時間加熱後の機械的性能を調べた。その結果を銀含量との関係において第8図に示す。1時間加熱後の性能は300°C 4時間加熱の場合とほとんど変わらない。しかし4時間加熱後における性能はさら



第6図 300°C 4時間加熱後における銀入銅整流子片の性能(1)

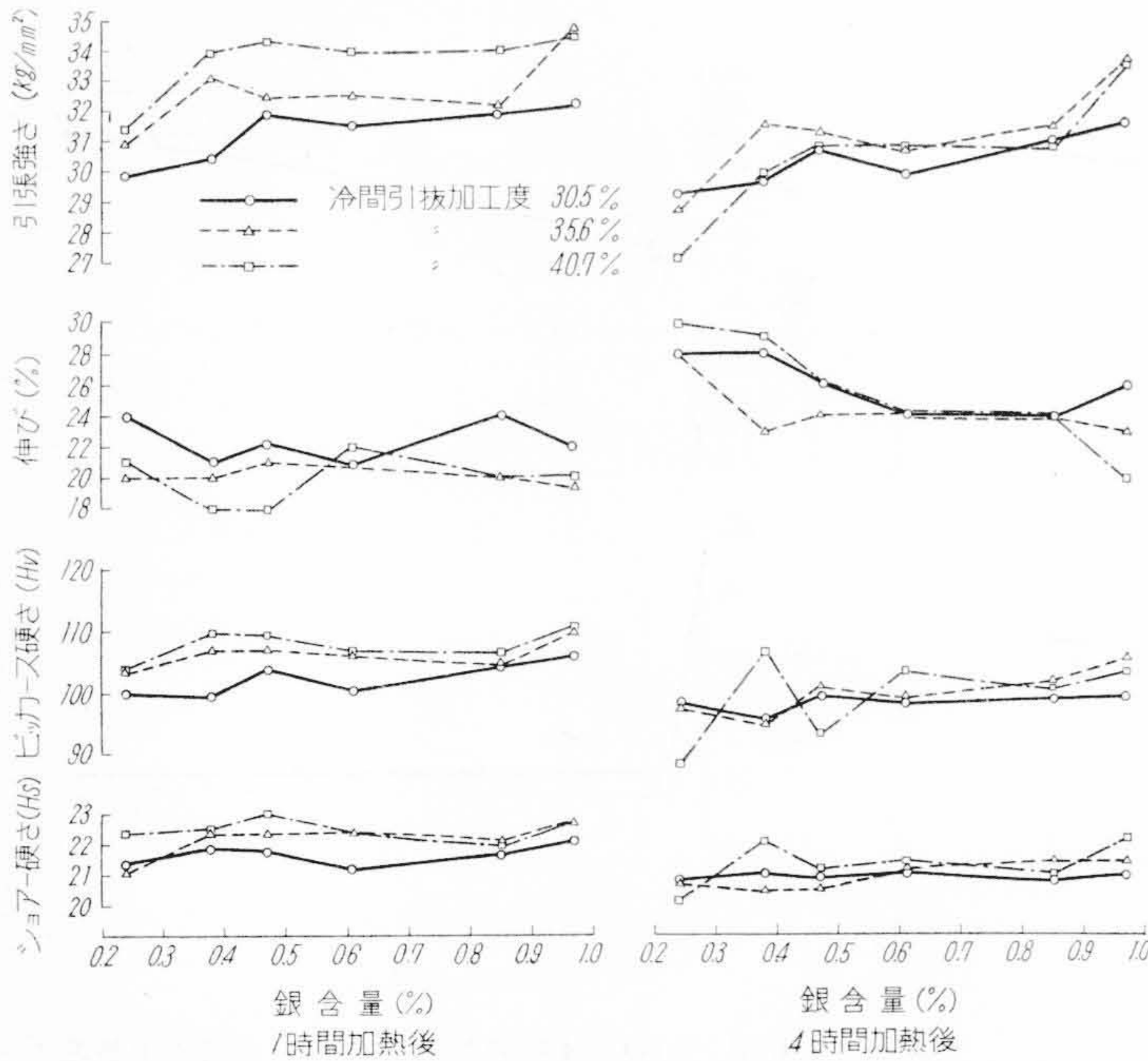


第7図 300°C 4時間加熱後における銀入銅整流子片の性能(2)

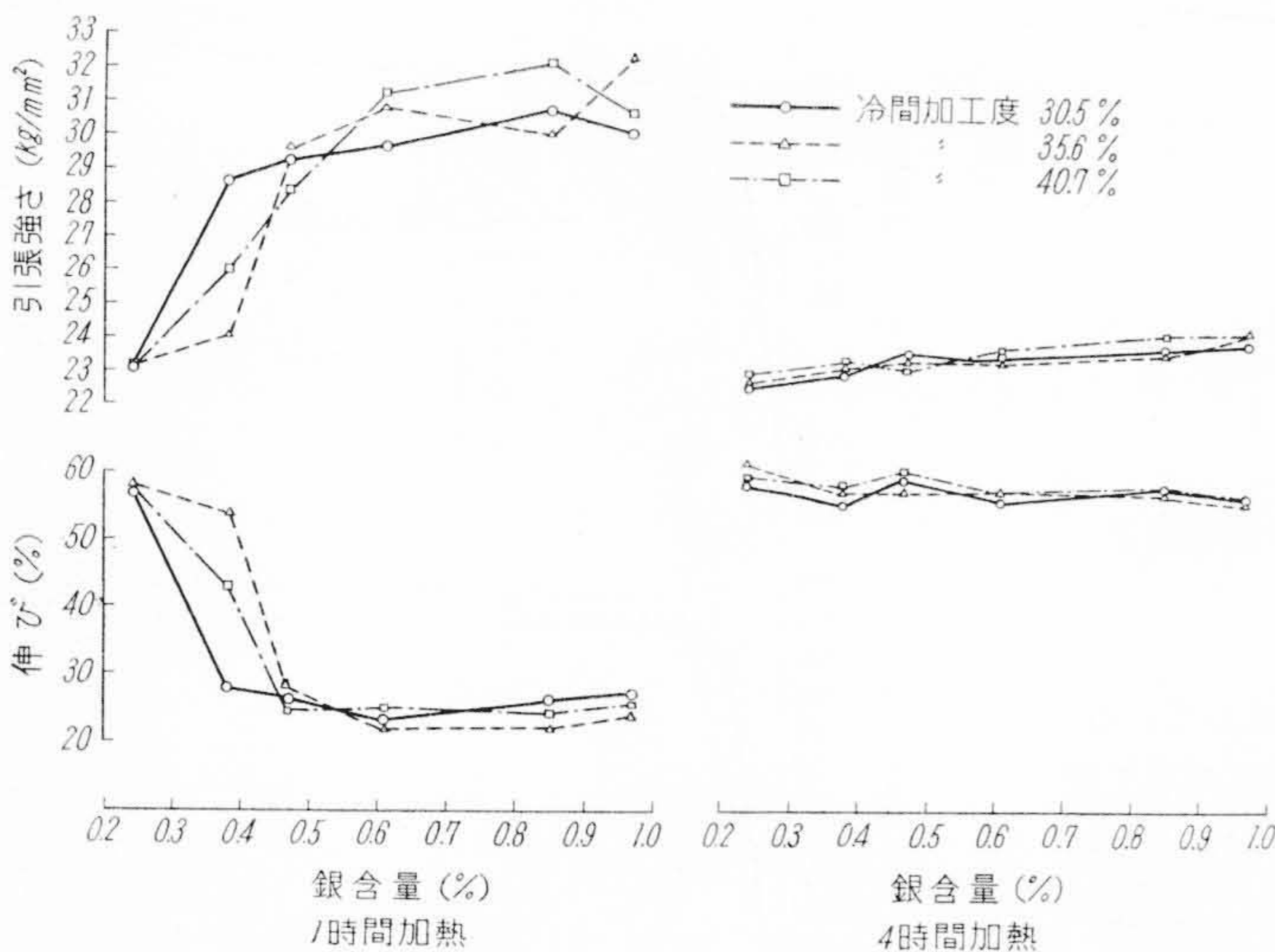
に若干低下している。

3.1.5 400°C 加熱後の性能

400°C 1時間および4時間加熱後の機械的性能と銀



第8図 350°C 1時間および4時間加熱後における銀入銅整流子片の諸性能



第9図 400°C 1時間、4時間加熱後における銀入銅整流子片の性能(1)

含量の関係を第9, 10図に示す。1時間加熱後0.24%銀入材は引張強さにおいては焼純状態に達している。

しかし硬さでは著しく軟化してはいるが焼純状態よりはかなり高い。0.38%銀入材では冷間引抜加工度35.6, 40.7%の試料において著しく軟化している。硬さはそれほどでもないが引張強さは焼純状態に近くな

っている。しかし0.38%銀冷間加工度30.5%の試料ならびに0.47%以上の銀含量の試料においては350°C4時間加熱後の性能と大差はない。

4時間加熱後においてはいずれの銀含量においても完全に焼純状態に達している。

3.2 銀テルル入銅整流子片

銀テルル入銅は銀入銅より若干耐熱性が良いことが基礎研究の結果わかっている(4)~(6) 特にその点について検討した。

3.2.1 仕上りのままの諸性能

仕上りのままの諸性能も純銅および同程度の銀を含有する銅の性能と比較して第11図に示す。

導電率は銀入銅よりも約4%低くなる。機械的性能も若干銀入銅に劣る。

3.2.2 各条件における加熱後の性能

300°C, 350°C, 400°Cにおいてそれぞれ1時間, 4時間加熱後の機械的性能の変化を第12図に示す。加熱温度が高くなり時間が長くなるに従って緩慢に性能は低下するが急激な変化はない。

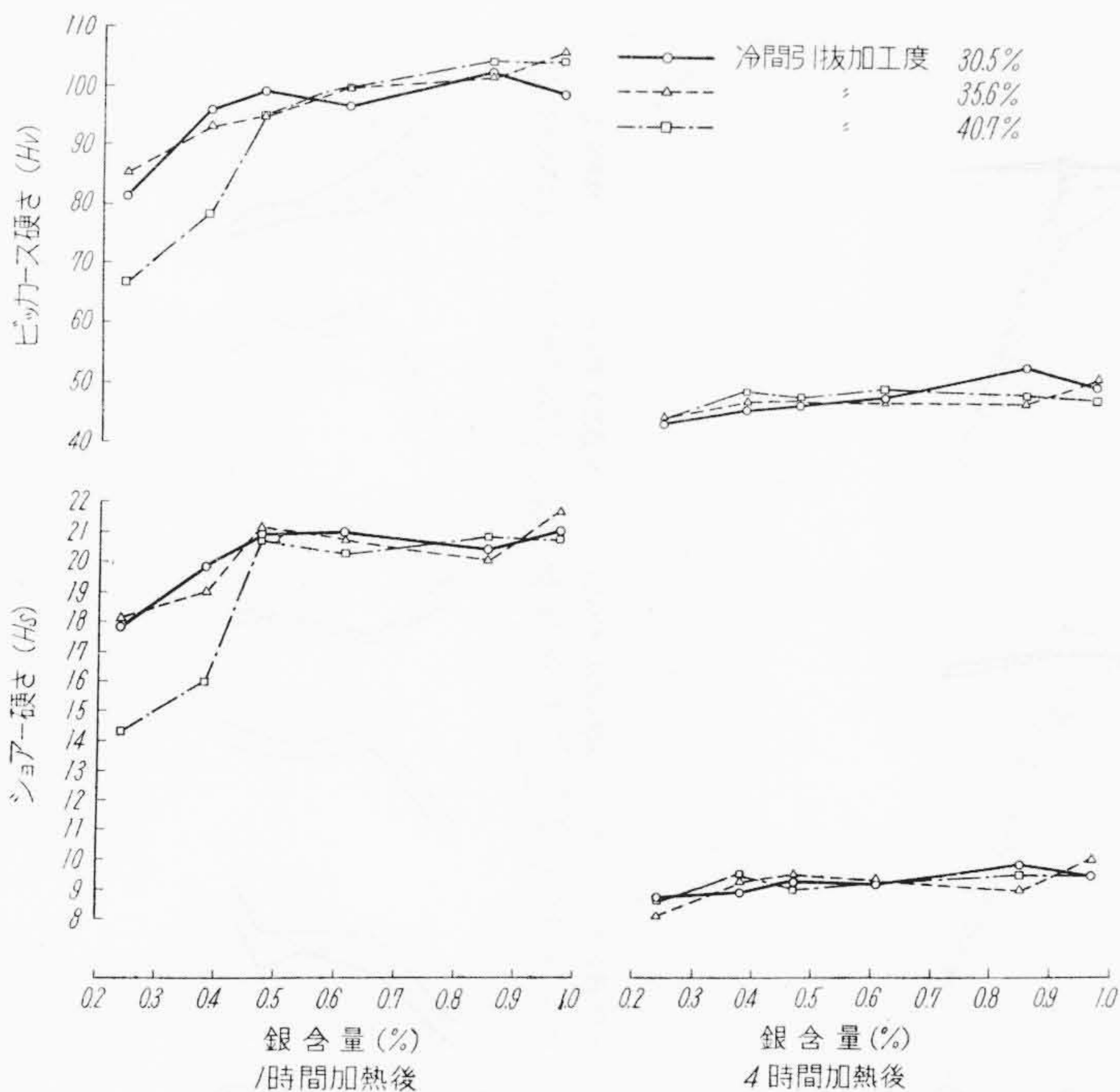
第12図と第5~10図を比較すれば銀テルル入銅材と銀入材の耐熱性を比較することができるが、わかりにくいのでここに引抜加工度35.6%の場合について銀テルル入銅材と0.24~0.47%銀入銅材の各条件加熱後の性能を第13, 14図に示す。350°C4時間までの加熱においては性能は銀入材の方が良い。しかし400°C4時間加熱後においては銀テルル入銅材は銀入銅材に著しくまさっている。400°C

1時間の加熱においては0.47%銀含量以下の材料よりもやはり著しくすぐれている。ただし加工度30.5%の場合には400°C1時間加熱後性能において0.38%銀入銅材も銀テルル入銅材と変わらない。

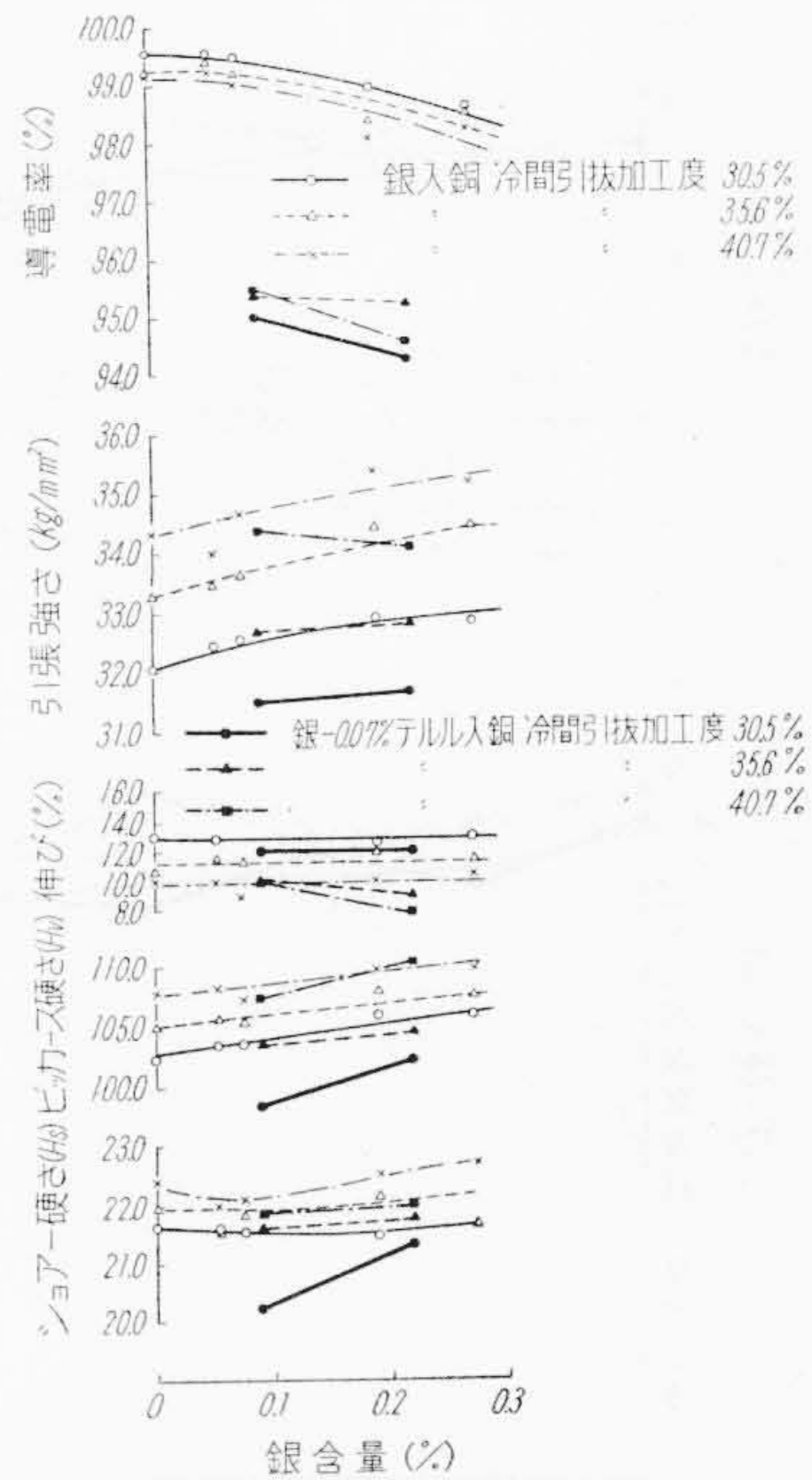
3.3 クロム入銅整流子片

クロム入銅製品が上述の銀入および銀テルル入銅製品と製造工程上最も異なる点は時効硬化合金であって、焼

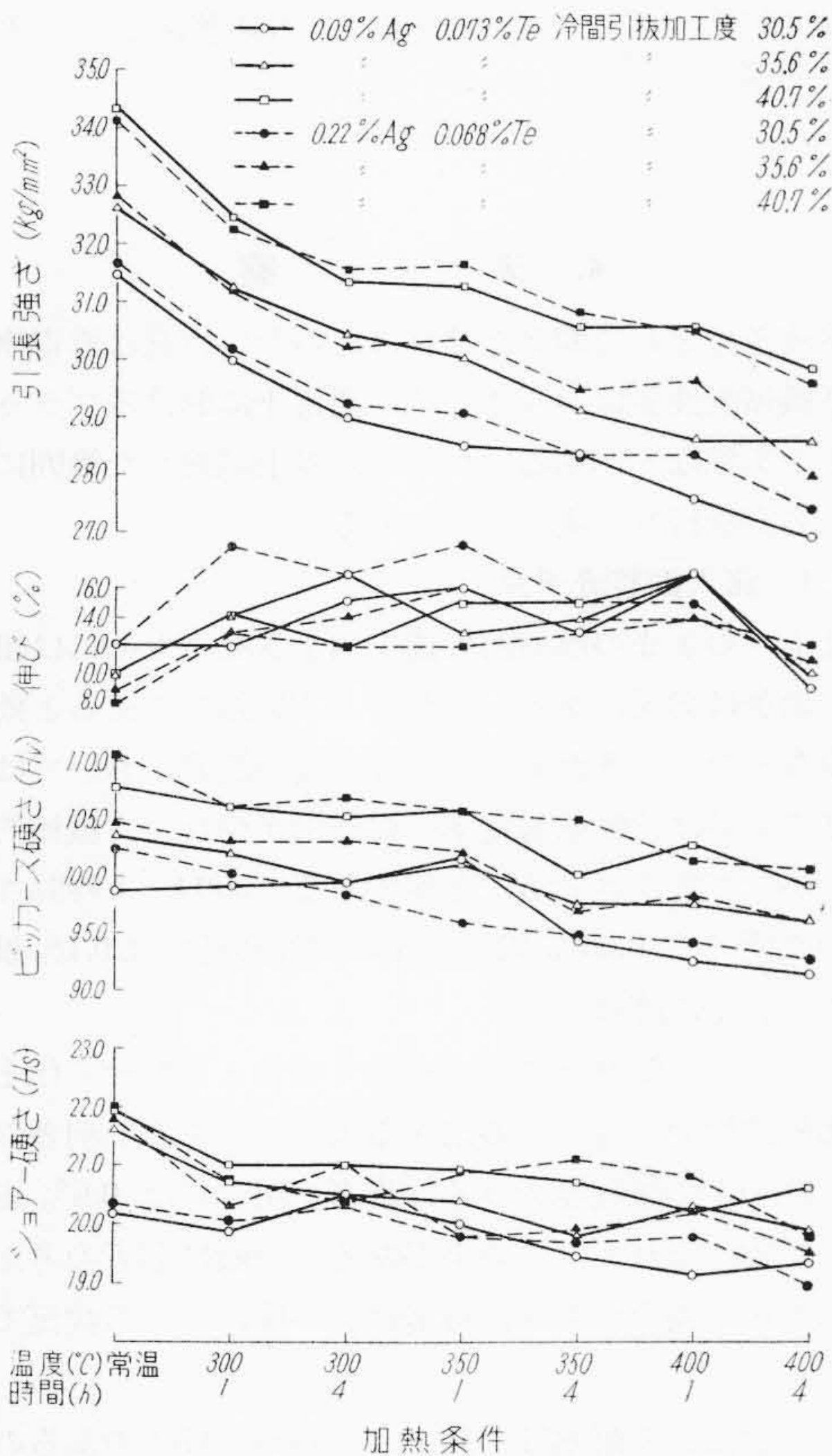
各種合金整流子片の諸性能



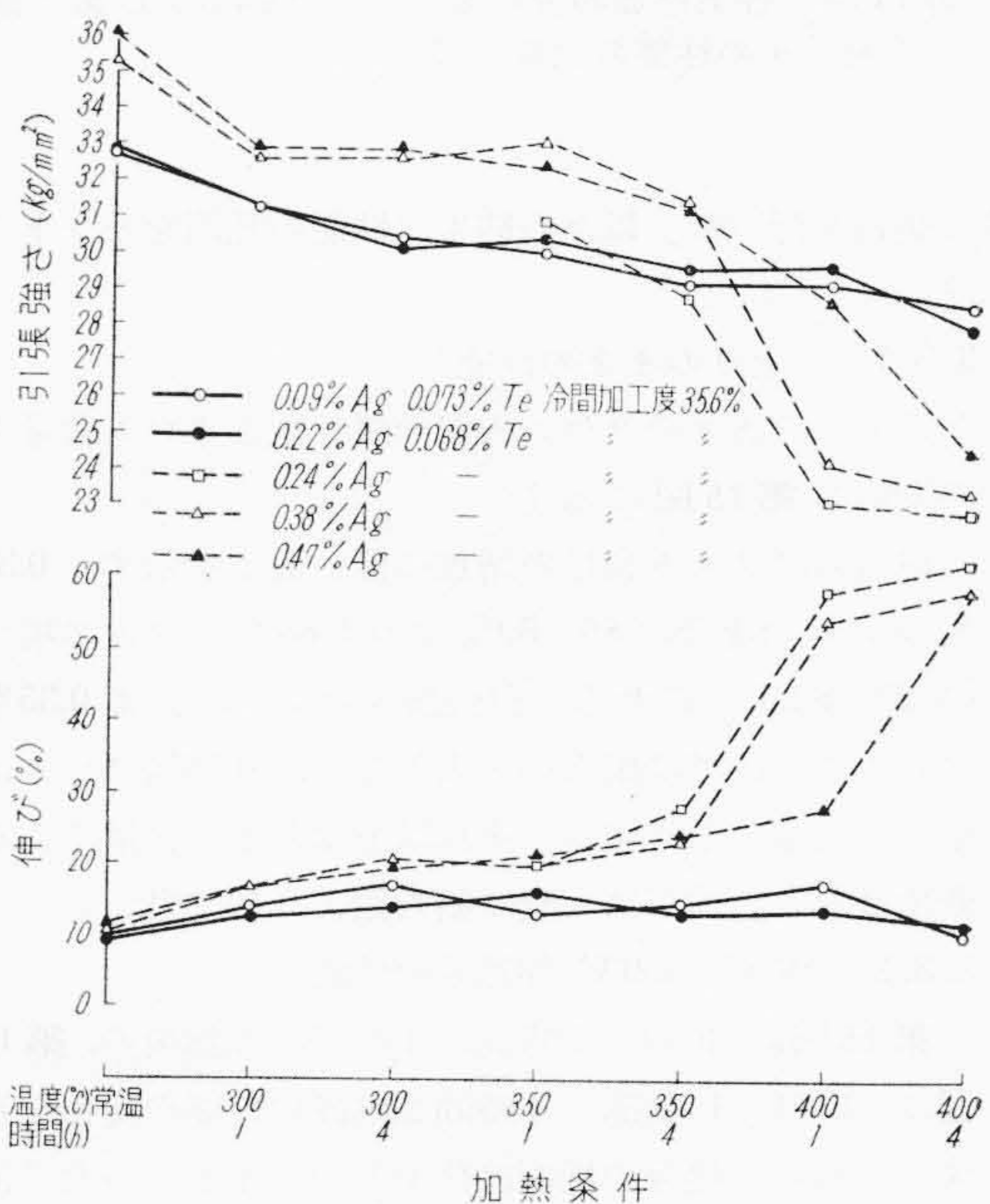
第10図 400°C 1時間, 4時間加熱後における銀入銅整流子片の性能(2)



第11図 仕上りのままの銀テルル入銅整流子片の諸性能

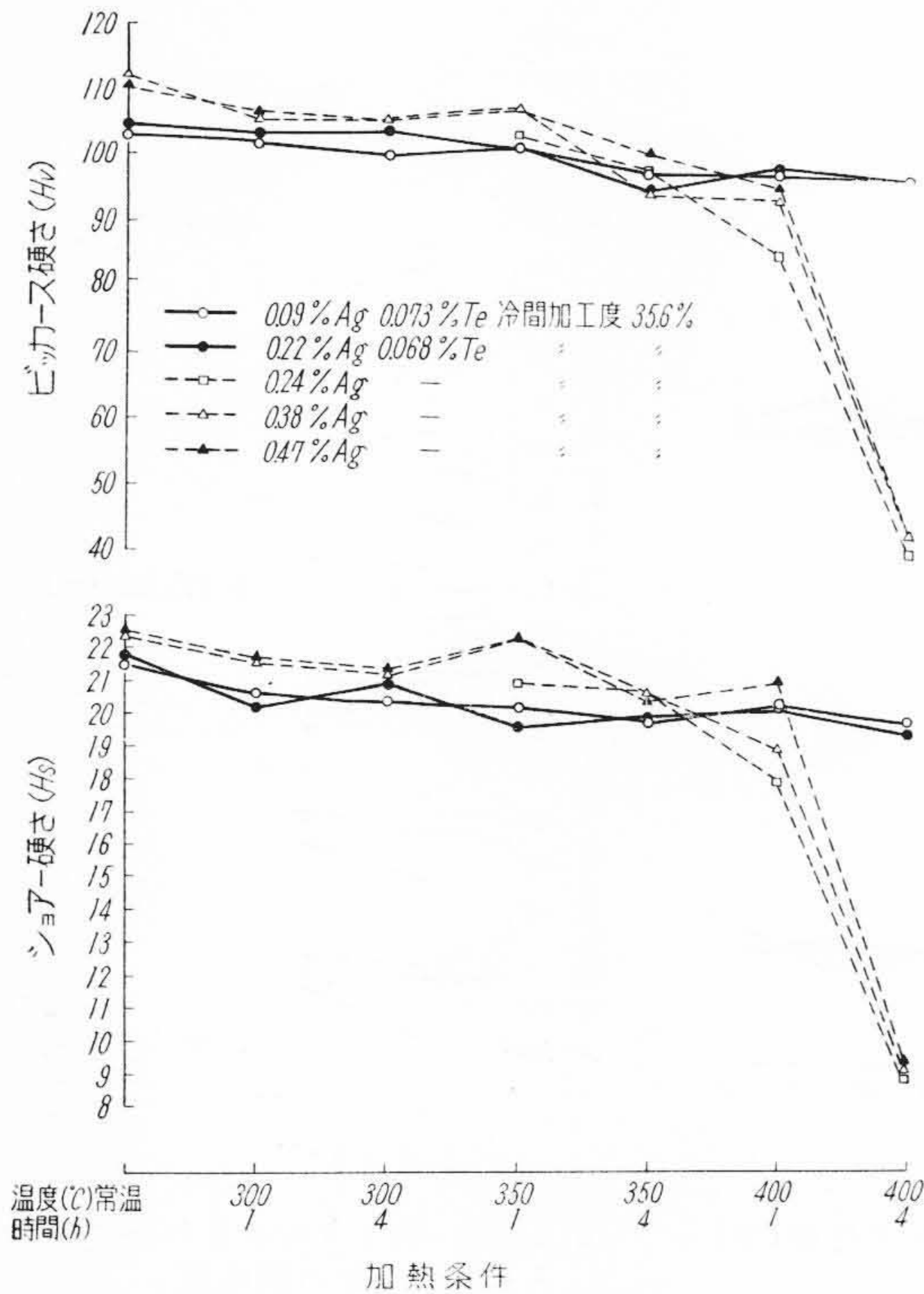


第12図 各条件加熱後の銀テルル入銅整流子片の性能

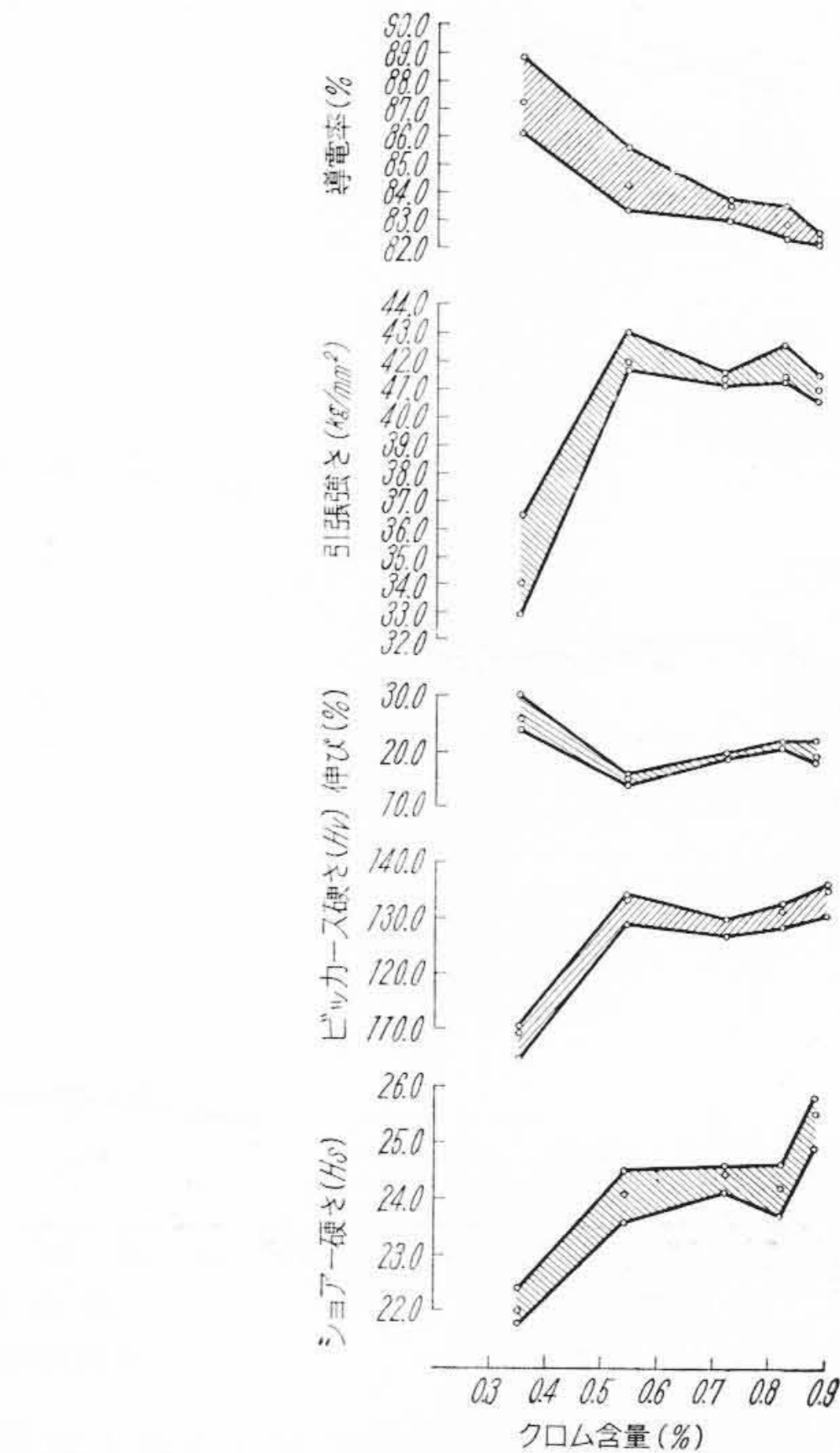


第13図 各条件加熱後の銀テルル入銅および銀入銅整流子片の性能の比較(1)

入, 焼戻を行わなければならないことにある。しかも熱処理条件は最も性能に影響する。製造工程において熱処理を行う場合これら条件の変動により性能に若干の範囲を生じてくる。したがってこの試作においては数回に分



第 14 図 各条件加熱後の銀テルル入銅および銀入銅整流子片の性能の比較 (2)



第 15 図 仕上りのままのクロム入銅整流子片の諸性能

けて製造を行った。以下の結果は性能の範囲をバンドで示す。

3.3.1 仕上りのままの性能

仕上りのままのクロム入銅の諸性能とクロム含量との関係を第 15 図に示す。

導電率はクロム含量の増加に伴い低下を示す。0.35% クロムの場合の 86~89% より 0.88% クロムの場合の 82~82.5% に至る。引張強さおよび硬さは 0.35% クロムにおいては銀入銅と大差ないが 0.56% クロムに至って急激に上昇する。それ以上はあまり含量による変化はない。伸びは一般に銀入銅よりやや良い。

3.3.2 400°C, 450°C 加熱後の性能

第 16 図に 400°C 1 時間, 4 時間, 加熱後の, 第 17 図に 450°C 1 時間, 4 時間加熱後の性能の変化を示す。これらの場合の性能は仕上りのままとまったく同じであってなんら変化を示していない。

3.3.3 500°C 1 時間, 4 時間加熱後の性能

500°C 1 時間, 4 時間加熱後の性能とクロム含量との関係を第 18 図に示す, 1 時間加熱後の性能は仕上りのままの性能と同じである。4 時間の場合には若干低下を示すけれども 0.56% クロム以上においては, なお銀入銅仕上りのままの性能に匹敵する。

4. 考 察

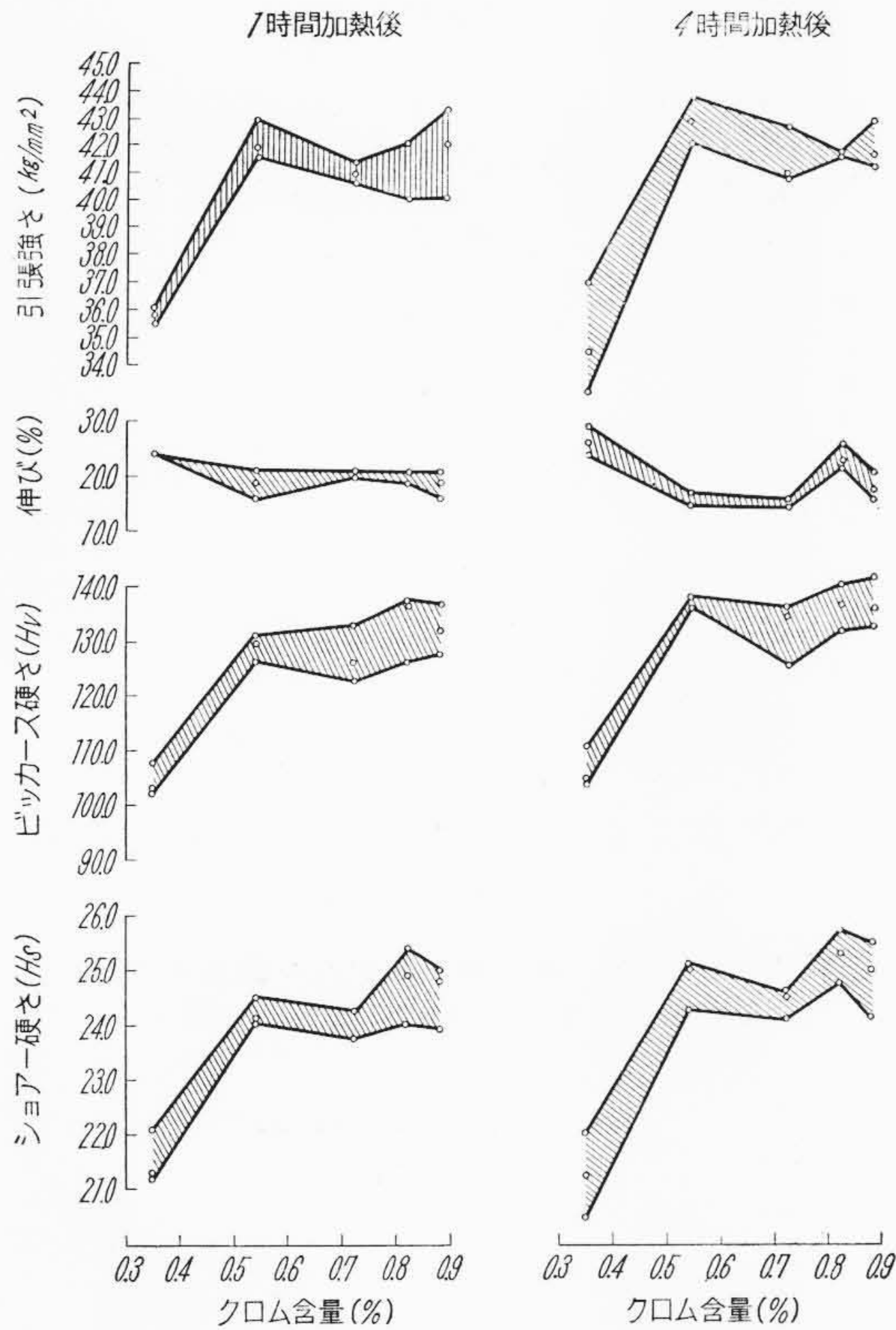
整流子片として備えなければならない性質は導電率および機械的性能ばかりでなく, 通電下におけるブラッシュとの関係などがあるけれども, 以上試験した範囲において考察を行うと次のようである。

4.1 銀入銅整流子片

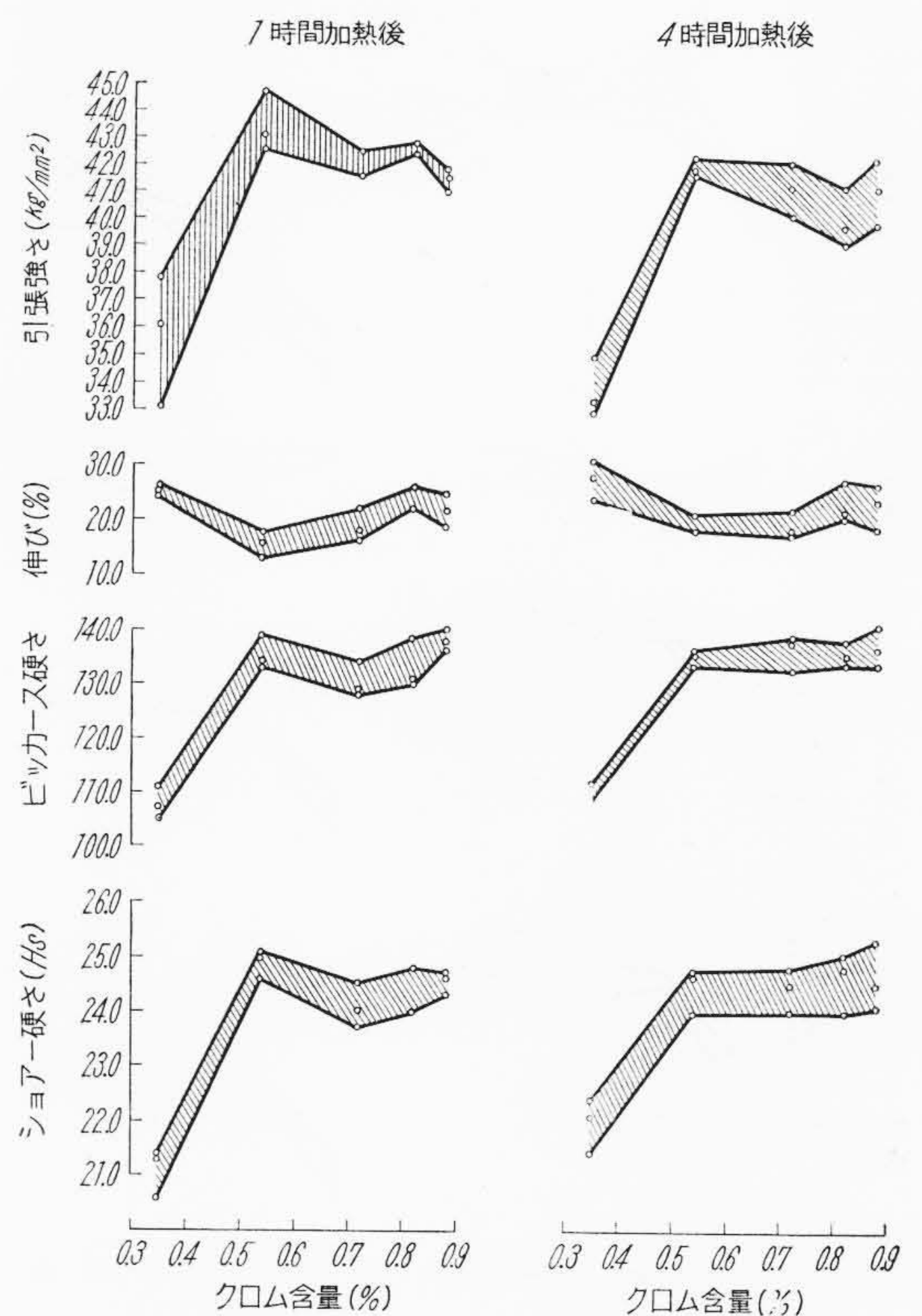
仕上りのままの機械的性能を向上させるためには銀含量の増加は効果がある。しかし 0.4% 銀をこえると効果は少なくなる。また試験した加工度の範囲においては加工度の上昇は比較的導電率への作用が少なく機械的性能をかなり向上させることができる。300°C 1 時間加熱後の性能では 0.05% 銀以上 4 時間加熱後では 0.1% 銀以上で銀含量に関係しない。

したがって耐熱性に重点を置く場合とあわせて仕上りの機械的性能の向上を要求する場合とがある。前者の場合には 0.1% 銀程度で良く, 後者の場合には 0.6% 銀までの添加はそれだけの効果がある。一般に前者の考え方は諸外国の場合であり, 後者はわが国における状況である。

銀添加による耐熱性の向上はきわめて顕著であるのに比して機械的性能の向上はわずかである。この意味では銀入銅整流子片の評価ならびに銀含量の選定は外国にお



第16図 400°C 加熱後のクロム入銅整流子片の性能



第17図 450°C 加熱後のクロム入銅整流子片の性能

ける方が合理的であろう。

4.2 銀テルル入銅整流子片

テルルの銀入銅への添加により耐熱性はさらに向上する。ただし導電率および機械的性能は同程度銀含有銅に若干劣る。したがって機械的性能は純銅程度で良いが耐熱性は銀入銅以上に要求される分野においては考慮に値する。

4.3 クロム入銅整流子片

クロム入銅整流子片は機械的性能耐熱性においては銀入銅系に比し格段と向上させることができる。けれども導電率は80%台となる。導電率機械的性能は0.35%クロムと0.56%クロムでは著しい差がある。0.56%クロム以上では変わらない。耐熱性は両者とも同じである。

したがって銀入銅よりも耐熱性の上昇のみを要する場合には0.35%クロム程度で良い。機械的性能の向上もあわせ要する場合には0.6%クロムとすべきである。

4.4 ジルコニウム入銅整流子片

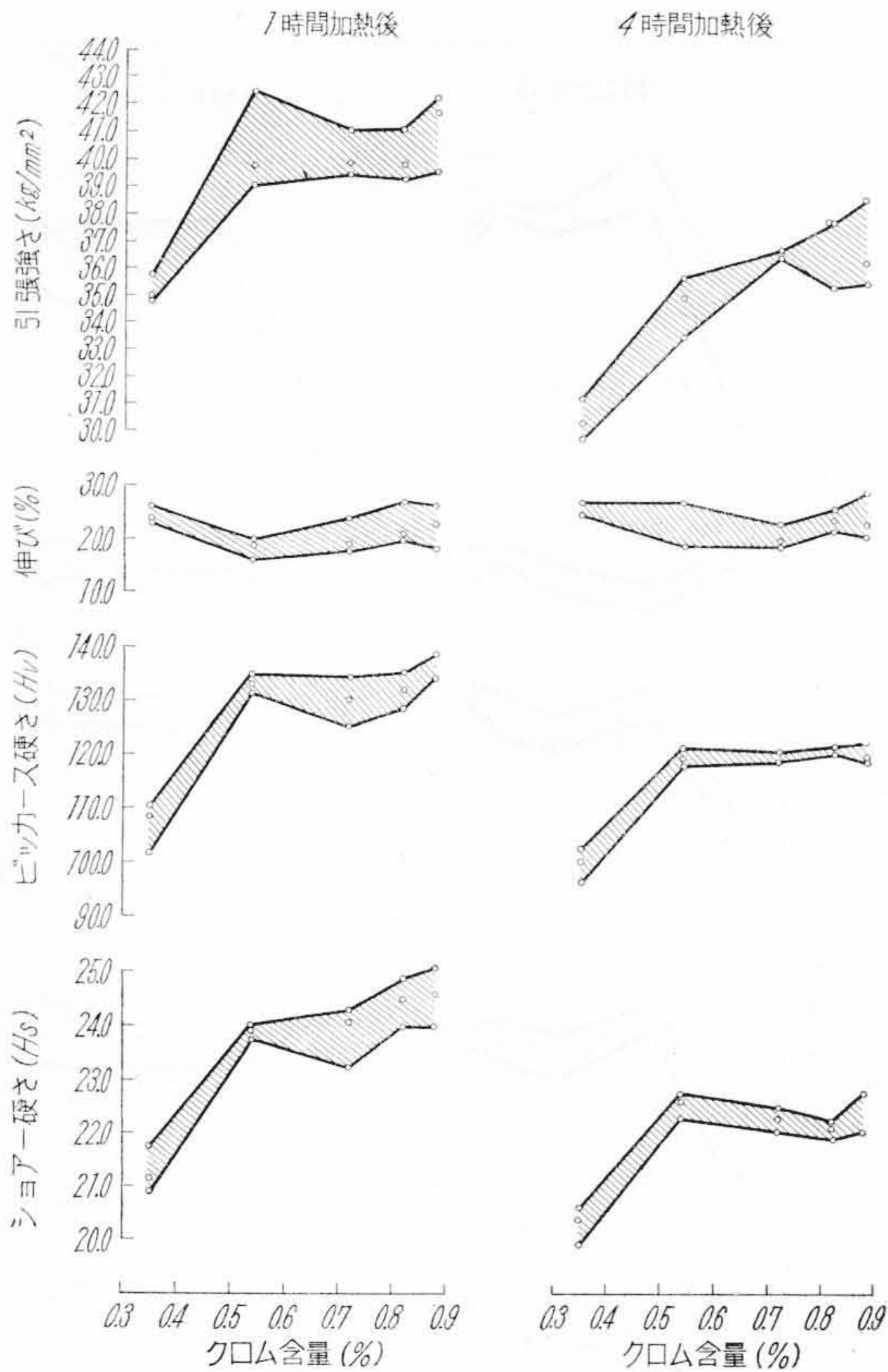
最近新しい導電材料としてジルコニウム入銅が開発されつつある。この材料の整流子片への応用が考えられる。日立電線株式会社電線工場においては目下基礎研究

を行っており、整流子片としても試作の段階にある。参考のために今までの試作品において得られた性能を示すと第2表のようである。

5. 機械的性能間における関係

整流子片における機械的強度の測定には引張強さ試験は特別の場合のみ行われ一般にはその代用として硬さ試験が行われる。それもビッカース硬さとショア硬さとが併行して採用されている。したがってそれぞれの値の換算が問題となってきた。参考のために上記試験において得られた諸数値間の関係を示す。純銅、銀入銅、銀テルル銅の試験結果を材質、加工度、処理を区分することなく使用した。クロム銅についての値は使用しなかった。時効硬化合金であって若干点の分布範囲が広がったからである。硬さは前述のように6点の平均値である。

引張強さービッカース硬さ間の関係を第19図に示す。引張強さ27~37 kg/mm², ビッカース硬さ92~115の範囲において直線関係があるけれども、引張強さ30 kg/mm²以下においてはこの直線関係が成立しない場合もある。



第18図 500°C 加熱後のクロム入銅整流子片の性能

第2表 ジルコニウム入銅整流子片試作例

成分	0.27% ジルコニウム		
寸法(mm)	5.49/2.275×23		
	性能		
試料 No.	1	2	3
導電率(%)	87	92.5	93.5
硬度(Hv)	129	118	117

注: 耐熱性はクロム入銅と同程度

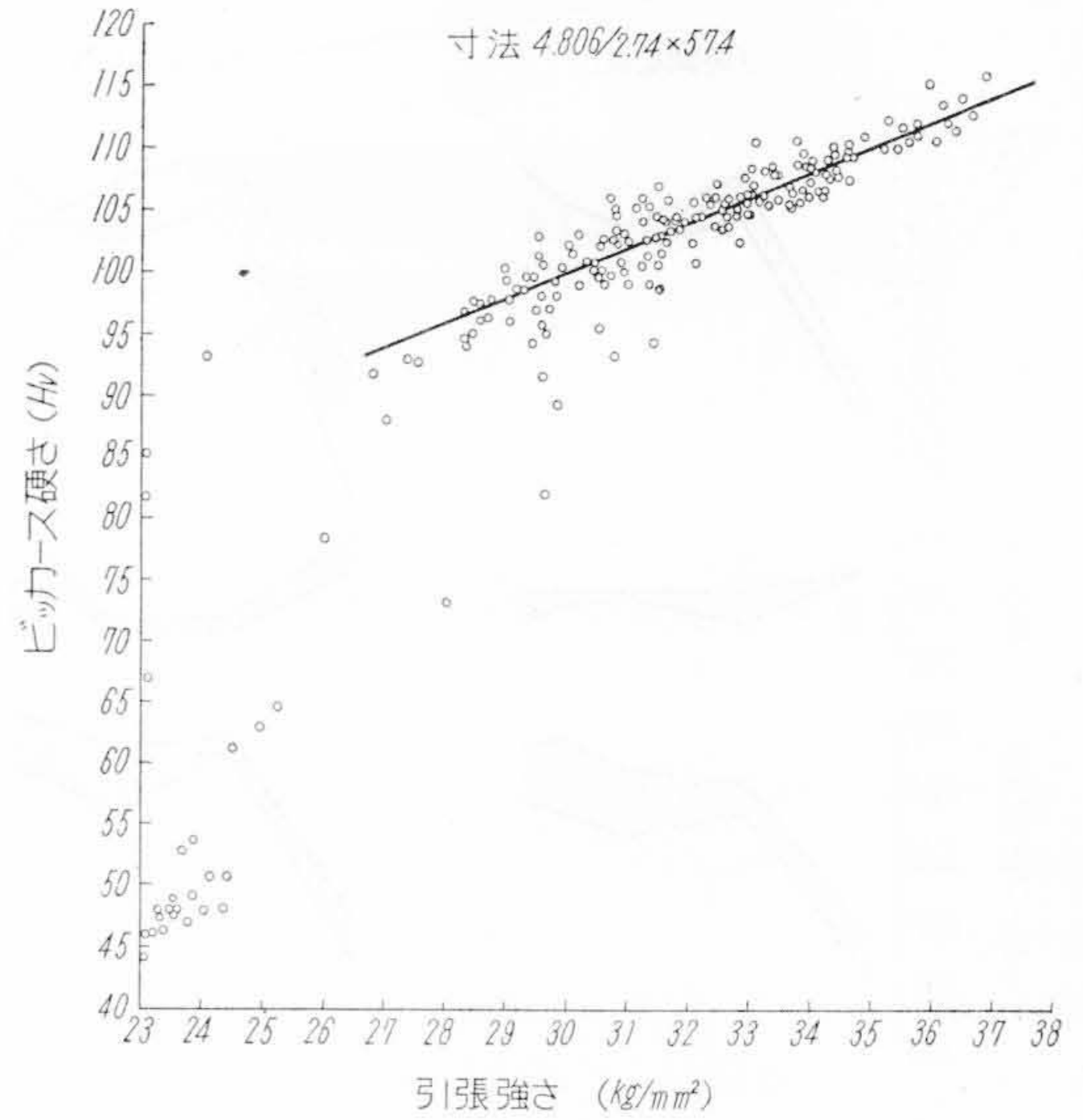
ビッカース硬さとショア硬さとの関係を第20図に示す。ビッカース硬さ45~115ショア硬さ10~23にわたって比較的精密に直線的関係が存在した。

6. 結 言

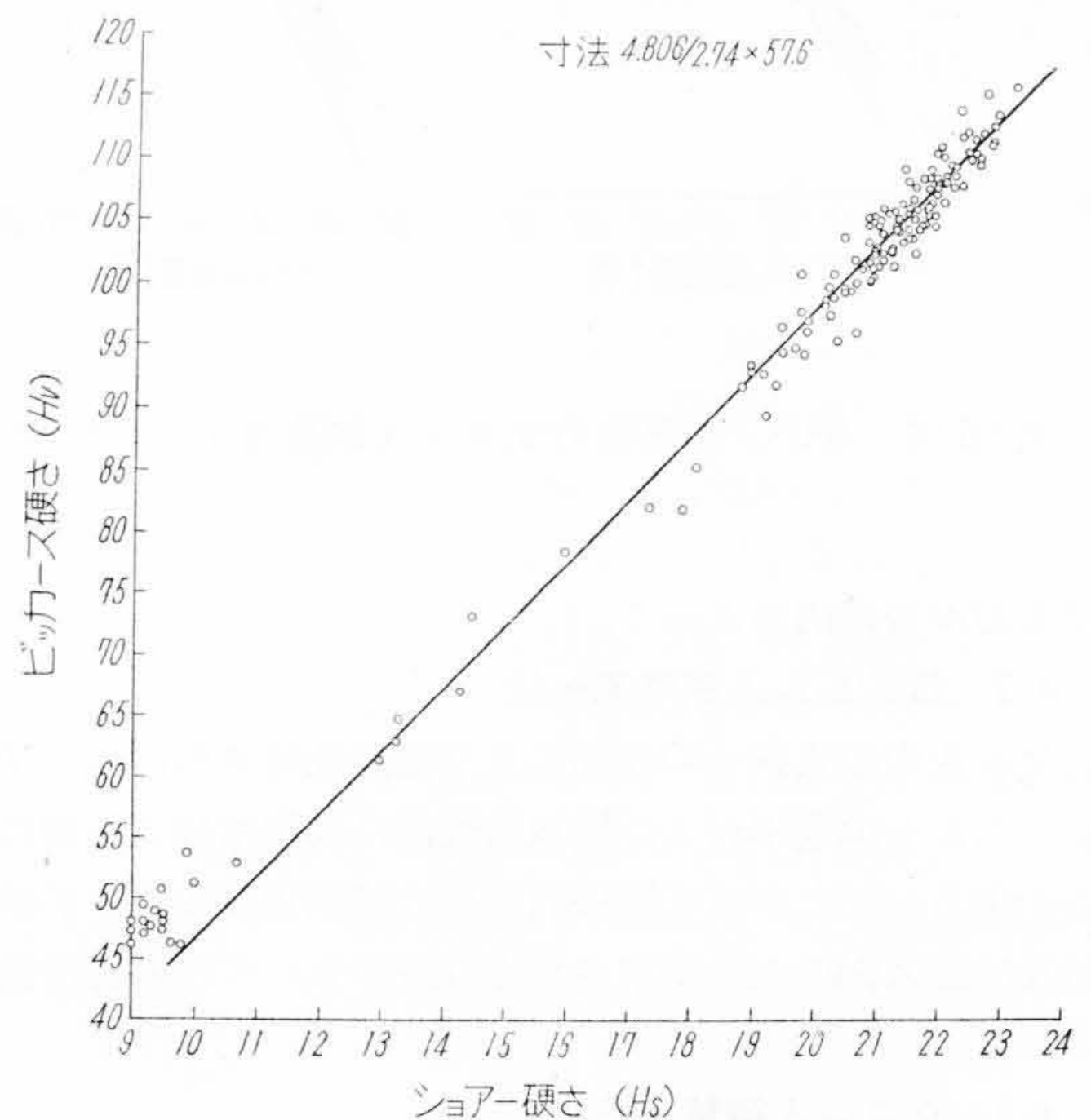
以上高級整流子片として各種材質のものを同一寸法製品に実際に製作し整流子片としての導電率, 機械的性能, 耐熱性について比較した。

今後これらの高級整流子片の開発がより性能の良いまた特殊用途に向けた電動機への進歩の一助ともなれば筆者らの望外の喜びである。

本研究は日立製作所日立研究所ならびに日立電線株式会社研究部における基礎研究の上に立つものであり, また性能の測定は検査部材料試験室のかたがたの御協力を



第19図 純銅, 銀入銅, 銀テルル銅整流子片における引張強さとビッカース硬さとの関係



第20図 純銅, 銀入銅, 銀テルル銅整流子片におけるビッカース硬さとショア硬さの関係

頂き, また終始岩田部長の御指導をいただいた。以上のかたがたに深謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 藤本: 電気雑誌 OHM 45, (1) 124 (1957)
- (2) 栗本, 飯塚: 日立評論 別冊9号 125(昭30-3)
- (3) 栗本, 飯塚, 山路: 日立評論 別冊11号 105 (昭30-9)
- (4) 山路, 吉田, 藤田: 特許申請中
- (5) 山路, 厨川, 吉田: 日本金属学会 春季講演会 (昭33)
- (6) 山路, 藤田: 日本金属学会 秋季講演会(昭32)
- (7) 山路: 日立評論 別冊15号 27 (昭31-10)