U. D. C. 669. 35. 5. 71

金色合金“サンゴールド”の諸特性

Various Properties of Golden Color Alloy “Sun Gold”

西山進一* 山路賢吉**
Shin'ichi Nishiyama Kenkichi Yamaji

要　　旨

装飾用に利用できる金色合金として，Cu-Zn-Al系合金よりサンゴールド-1(SG-1)とサンゴールド-2(SG-2)をとりあげその性質を検討した。得られた結果のうち主要な点をまとめると次のとおりである。

（1） SG-1およびSG-2はそれぞれ特色のある黄金色を呈し機械的性質，耐変色性，深絞り性は市販品に比してすぐれている。

（2） SG-1は深絞り加工性がきわめてよく，SG-2は耐変色性が特にすぐれている。これらの特長を生かして装飾用の用途に十分使用することができる。

1. 緒　　言

銅合金には色調が金色を呈するものがきわめて多い。

これらのうちより，金の色調に近いものとして従来装飾用材料に注目されてきたのはCu-Al系ならびにCu-Zn系[1]の合金である。

しかしこれらの二元系合金では金のもつ微妙な色を発揮することができないので種々の金属を合金化することによって色調を改良しなければならない。

これらの合金は，おもに装飾用に使用されるものであるが金メッキや金色アルマイト，金色ペイントなどに比較して低廉で深みのある色を示すことが特長であるから色はもちろん，加工性（特に深絞り加工性）機械的諸性質，耐食性にすぐれていることが必要なので改良に際してはこれを念頭におかねばならない。

われわれは岡村，木村氏[2][3]ならびに渡辺氏ら[4]の研究にヒントを得てCu-Zn-Al系の合金に着目し色沢，耐変色性，機械的性質，深絞り加工性などこの種の合金に要求される諸性質を満足するものとしてSG-1ならびにSG-2を得た。

ここにこれらの諸特性を市販材と比較しながら紹介し参考に供したい。

2. 金色合金の実情

表1は従来公表されてきた金色合金を一覧表にして示したもので

表1　金　色　合　金　一　覧　表

名　称	特許公告 No.	合金成分 (%) Al	Ni	Fe	Cr	Mn	Si	Sn	Zn	Ag	Pb	その他
金色銅合金	第817号	5～12	0.5～10	0.2～6	0.5～5	0.3～2	1～3	0.5～3	1～3	0.2～5		Sb, Cd, Pb の合計 5% 以下
金色合金	第818号	6～12										Ni+Sb：3～10 Cd 1～3, W：0.5～3 Mo：0.5～3
金色合金	第819号	0.5～7	<8	<0.8	0.5～3	0.3～3	1～4				0.1～0.8	
金色合金	第820号	0.5～7	<8	<0.8	0.5～3	0.3～3	1～4				0.1～0.8	Mo 0.5～3
金色合金	第821号	0.5～7	<8	<0.8	0.5～3	0.3～3	1～4				0.1～0.8	W 0.5～3
金色合金	第822号	0.5～7	<8	<0.8		0.3～3	1～4				0.1～0.8	Cr+Mo+W 0.5～5
金色合金	第823号	0.5～7	<8	<0.8	0.5～3	0.3～3	1～4			0.5～2	0.1～0.8	
金色合金	第824号	0.5～7	<8	<0.8	0.5～3	0.3～3	1～4	0.5～5	0.1～0.5		0.1～0.8	
耐食性黄金色合金	第825号 24-3-8	21～2.8	6～8		0.1～3			0.5～2	0.1～0.5			
金代用合金	第2616号 24-8-16	0.5～2	5～8					0.2～4またはAg	4～8			As, P 0.01～0.5%
金色合金	第3112号 24-8-16	0.5～7	0.5～8	0.3～8		0.3～3	1～4				0.1～0.8	Ti 0.5～7 残 Cu
黄金色合金の改良	第3113号 24-8-16	0.5～7	<8	<0.8		0.3～3	1～4				0.1～0.8	Sb 0～8 残 Cu
黄金色合金	第4321号 24-11-11	0.5～7	<8	<0.8		0.3～4	1～4		0.5～3		0.1～0.8	残 Cu
黄金色合金	第3707号 25-10-27	0.5～7	0～2	0～2	0～0.5	0～2	0～0.5		15～30	0.2～5		Co 0.2～5 残 Cu Cd ～0.5
黄金色合金	第4208号 24-11-8	0.5～5				1.0～5			10～8			残 Cu
黄金色合金	第4209号 24-7-	0.5～7						0.1～4	0.1～8	0.5～10		副成分として Ni, Fe, Mn, Si, Pb, Sb, Cd, Co のいずれか 0.1 以下
黄金色合金	第2615号 24-7-19	0.5～4				0.1～2		0.1～2	30～49			残 Cu
黄金色合金	第4210号 42-11-8	0.5～5						0.1～4	0.1～8	0.5～15		Au 0.1～1.0% 残 Cu
黄金色合金	第3005号 26-6-10	0.5～6		0.1～1					31～40	0.1～2		Ni, Mn, Si, Fe, Cd, Sb, Co, Pbのうち一つ 1% 以下 残 Cu
黄金色合金	28-653	1.0～8.0					0.1～5.0	0.1～6.0	0.5～35			Ca 0.005～1.0 1.5>Mg, 4.0>Ni, 1.0>G, 4.0>Mn, 2.0>Be, 4.0>Fe
耐食性合金（金色合金）	29-8156		0.2～1.5						残			Cu 83～90
金色合金	36-5705						0.1～2		40～50			Co：0.2～2 In：0.5～2 Zr：Trace～2
金色合金	36-11408	8～15	0.5～4	0.3～2				0.1～2		0.1～8.5		In 0.1～10 残 Cu
切削性に富む金色合金	39-8059	0.1～10	0.1～4.0						30～42		0.05～2.0	Ti 0.03～0.5 残 Cu
耐食性に富む金色合金	39-9677	0.1～10	0.1～5.0						30～42			Ti 0.03～0.5 残 Cu
金色合金	39-19891	0.1～10	0.1～1.0									Pa：0.01～15, Ti 0.01～10 In：0.1～5, Zr 0.01～10
金色合金	40-19568	1～6	0.5～6			0.1～2				0.1～2		Co：0.5～5 Zr：0.01～1.5 Cu：70～95

* 日立電線株式会社日高工場
** 日立電線株式会社日高工場 工学博士

ある。大部分がCu-Al系ならびにCu-Zn系合金に分類されるが金色合金の種類の多様さがこの表からも十分うかがうことができる。

これらの合金中には単なる鋳造材として使用しようとする意図がうかがわれるものもあり，加工することにより種々の応用範囲が開けていく装飾用合金として不適当なものも多く認められる。

これらの合金が特に多種類にわたって世に出たのは戦後の数年間であるが当時の評価はいずれも好ましいものではなかった。その最大の理由は，当時すぐれた表面処理技術が発達していなかったために長時間の使用により変色してしまったからである。

表面処理を施すことなく素材そのものを使用できる場合も用途によってはあるにはあるが，本来の意味でこの種の合金が脚光を浴びるようになったのはすぐれた樹脂材料が開発されるようになり材料自身の耐変色性に加えて樹脂の塗膜による防食が可能となってからである。金属の性質上長年月にわたり変色しない材料の開発は困難でありその意味からも当然の帰結であると言える。

しかし，本来金の色は複雑かつ微妙なものであって単なる黄色ではなく若干の赤みを帯びたいわゆる高貴な色を含んでいるのである。これは金から反射した光線は赤色，黄色のほかにすべての色をかなり多量に含んでいるからであるが，このような微妙な色はいかに銅合金に金色を呈するものが多いと言っても簡単に見出すことができない。さらに樹脂塗装を施すことにより焼付けした場合に材料が素材の色を失い微妙に変色するという付属的な問題も加わってくる。

このような難解かつ複雑な問題を含んでいるために本合金の生命とも言うべき色沢に関しては，戦後出現した数多い合金の中でも満足しうるものは皆無といっても過言ではなく，大部分の合金は利用されないまま現在に至っているというのが実情である。

以下に紹介するSG-1，SG-2はこれらの欠点を克服して，色沢ならびに他の付属的な諸特性にも見るべきものがあり，現状では注目に値する材料であるといえるものである。

3. サンゴールドの諸性質

3.1 樹脂焼付処理による特性

本材料の色を文章で表現することは至難であるが概括的に言えばSG-1はやや赤みがかった黄金色でありSG-2はやや黄色がかった黄金色であると言える。

それぞれ高貴な色調を含んでいるがSG-1のほうが金メッキの色に近くSG-2は金のもつきつい感じを取除き色調をやわらかくしたものである。

サンゴールドは素材そのままで使用するよりも色の保存と耐変色性を兼ねて樹脂塗装を施し，焼付処理して使用するほうが望ましい。

この場合問題となるのは，樹脂被膜の高い硬度とすぐれた密着性をうるため，市販の樹脂材料では150℃×20 min以上で焼付処理することが多く，この温度が銅合金の酸化反応のおこる150℃の温度とほぼ一致することである。樹脂中の溶存酸素は材料表面と酸化反応するため焼付処理を行なうと黒白または茶色に変色し素材の黄金色を失ってしまう。**表2**は種々の黄金色をもつ銅合金について樹脂塗装による変色の状況をまとめたものである。この結果でも明らかなように，Cu-Zn-Ni系ならびに他の銅合金では150℃で変色してしまう。

しかしSG-1ではこの変色のはじまる温度が高く，180℃×20 minでも素材の色を保っており焼付温度をかなり高くとることができる。一方SG-2では他の銅合金よりやや高く，150℃×20 minが限界であることを示している。

3.2 機械的諸性質

機械的性質の測定には，SG-1とSG-2の2種類を用いた。これらの試料は鋳造，熱間加工，冷間加工の工程を経て最終板厚が0.5 mmとなるように適当な加工度を与えるよう調整されている。

表2　樹脂塗装，焼付結果
塗料オルガ#1000スプレー塗装

合金名	焼付しない場合の色	焼付後の色	
		150℃×30 min	180℃×30 min
Cu-Zn（α）	黄色の強い黄金色	黄色強く変色	黄色強く変色
Cu-Zn-Ni	黄色の強い黄金色	白みを帯びて変色する	変色著しい
SG-1	やや赤みを帯びた黄金色	素材とほぼ同色	素材とほぼ同色
SG-2	やや黄色みを帯びた黄金色	素材とほぼ同色	黄色が強くなる

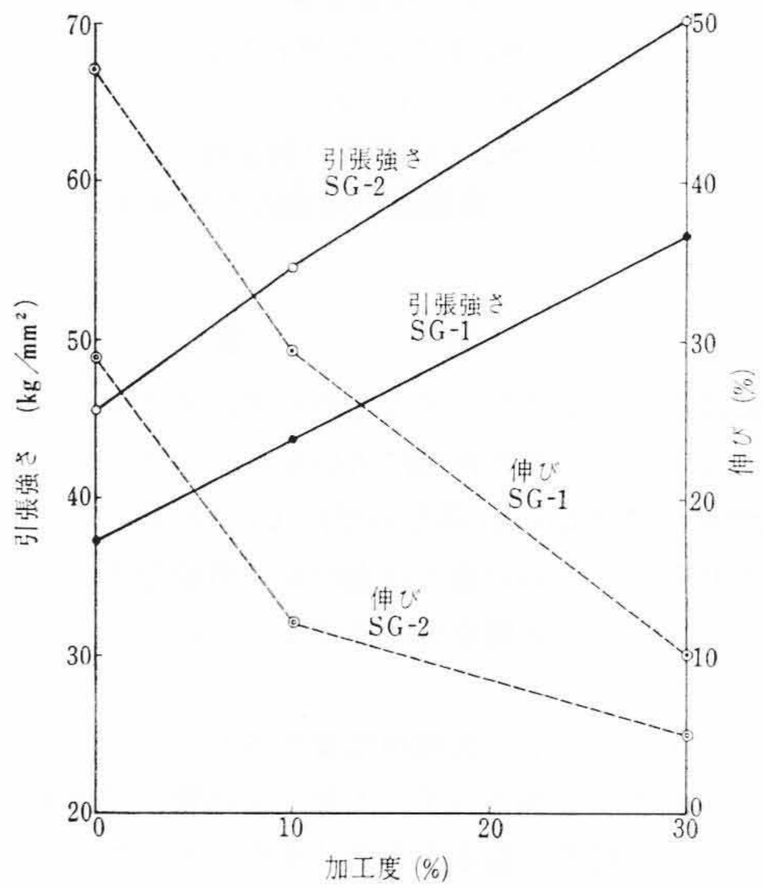


図1　サンゴールドの引張試験結果

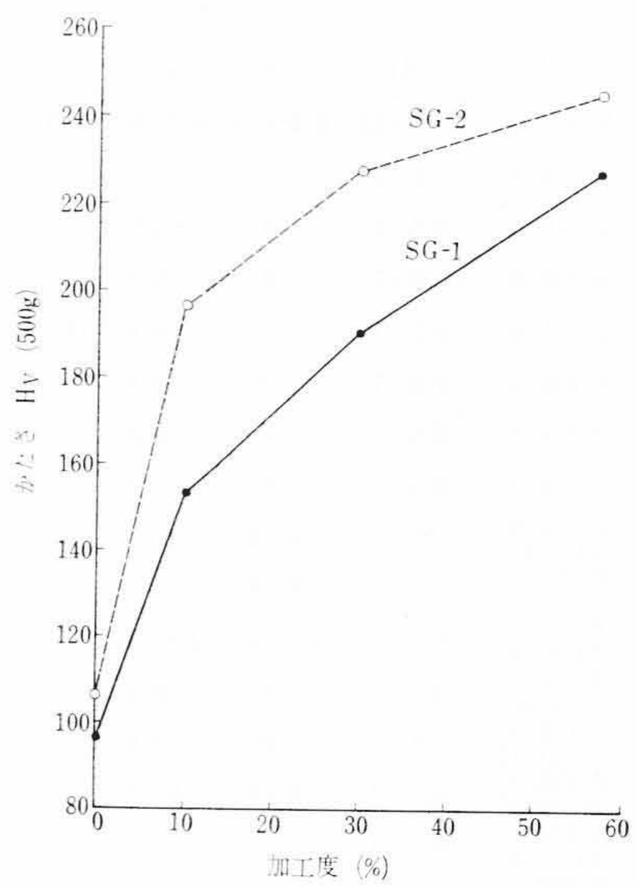


図2　サンゴールドの加工硬化曲線

図1は引張試験結果を示す。

試片はすべて0.5 mmt×10×lのもので標点距離50 mmで試験された。

この結果でみると完全焼なまし材の引張り強さはSG-1で37.5 kg/mm²，SG-2で46 kg/mm²であり，伸びは両者とも40%以上の値を示している。参考までに市販材料の引張り強さは40 kg/mm²で伸びは40%前後である。

図2は加工硬化曲線を示す。

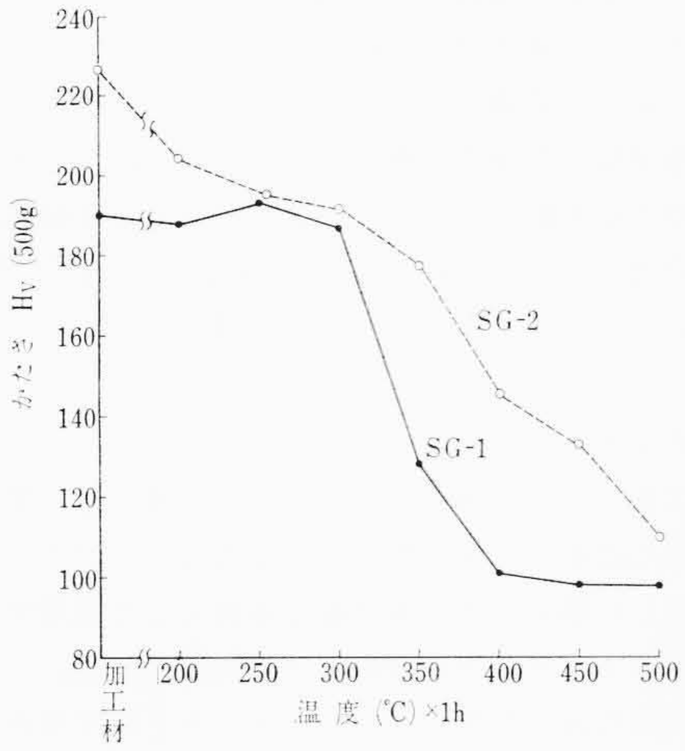


図 3　サンゴールドの軟化曲線

測定に用いたかたさ計は島津製ミクロビッカースかたさ計で荷重 500 g で測定した。焼なまし材のかたさは，両者とも 100 前後を示しているが，10% の加工をほどこすことによってかたさは急激に増加している。この増加の割合は SG-2 のほうが著しい。

市販材のかたさは 120～160 Hv 程度のものであるが，この要求に対しては完全焼なまし材をスキンパスする程度のものが最適である。**図 3** は 30% 加工材の軟化曲線を示す。

SG-2 材が SG-1 材に比べて，完全軟化させるための温度は 50～100℃ 高くなっている。

この結果から軟化のための焼なましは SG-1 材については 450～500℃×1 h SG-2 材については 500℃×1 h を適用すればよい。

3.3　薬品に対する光沢度の変化

いわゆる耐食性ということには腐食による減量のごとく腐食度のかなり進んだものを問題にする場合と，変色する程度の軽度の腐食を問題にする場合があるが，本合金に関するかぎり変色性が問題となる。そこで耐食性試験としては薬品に対する光沢度の変化ならびに塩水噴霧試験による発錆の様子を検討した結果について報告する。

化学薬品として 3% NH_4OH, 3% H_2SO_4 のアルカリ，酸のほかに，人工汗(尿素 1 g，アンモニア 1 g，食塩 15 g，乳酸 10 g，酢酸 20 g，水 300 cc) を選び，SG-1，SG-2 の 30% 加工材をバフ研摩し，十分光沢を出してからこれらの溶液中に浸漬し一定時間ごとに取り出して村上色釈技術研究所製の光沢計を用いて光沢の変化を測定していった。

この装置は供試材に任意の角度（ここでは 60 度）から光をあてて，その反射光を光電池でとらえ，その電流変化を検流計の振れで読むようになったものである。したがって表面が腐食変色した試料では乱反射が多くなって反射光が弱くなるから，その強さを測り最初の値からの変化率でもって光沢度とする。しかしこの方法では色の変化に対する考慮がなされておらないため肉眼観察を併用する必要がある。

さいわい，本試料では肉眼観察結果と光沢度はかなり相関性があるため，光沢度で変色の度合を判定しても差支えないと考えられる。本装置を用いてこれらの試料を測定した場合，光沢度 70% 以上で黄金色として明瞭に識別できると考えてよい。

図 4 は 3% NH_4OH に対する光沢度の変化を示したもの，**図 5** は 3% H_2SO_4 に対し同様の試験を行なった結果である。**図 6** は人工汗について行なった結果である。

これらの結果から見られるように，SG-1, SG-2 とも 3% NH_4OH に対しては市販材と同程度であるが，3% H_2SO_4 および人工汗に対してはすべて市販材よりすぐれている。特に SG-2 材がすぐれた耐変色性を示している。

一方市販品は 3% H_2SO_4，人工汗に対しては短期間で全面が白く変色してしまう。

3.4　塩水噴霧試験

塩水噴霧試験の条件は次のとおりである。

食塩水濃度　　20% NaCl
槽内温度　　35±1℃

槽内に試料をつるし，1 日 8 時間噴霧，16 時間槽内放置のサイクルを繰り返し表面の腐食状況を観察していった。

その結果を示したのが**表 3** である。

表 3　塩水噴霧試験外観状況観察結果

	SG-1	SG-2	市　販　材
24 h	やや茶色に変色する	異 状 な し	やや茶色に変色する
54 h	端面に緑青が見られる	異 状 な し	端面に緑青が見られる
48 h	全 面 緑 青	異 状 な し	全 面 緑 青

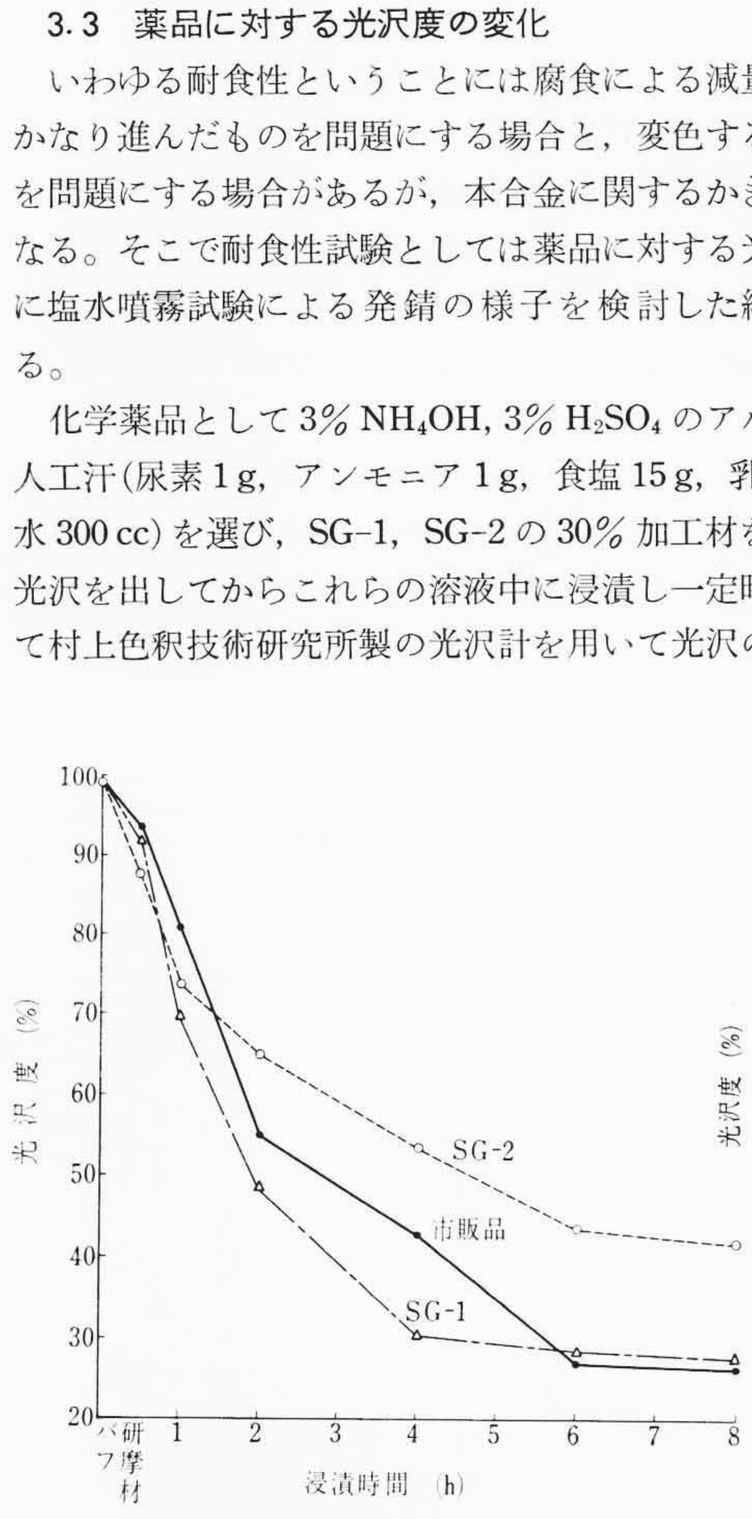


図 4　3%NH_4OH による耐変色性試験

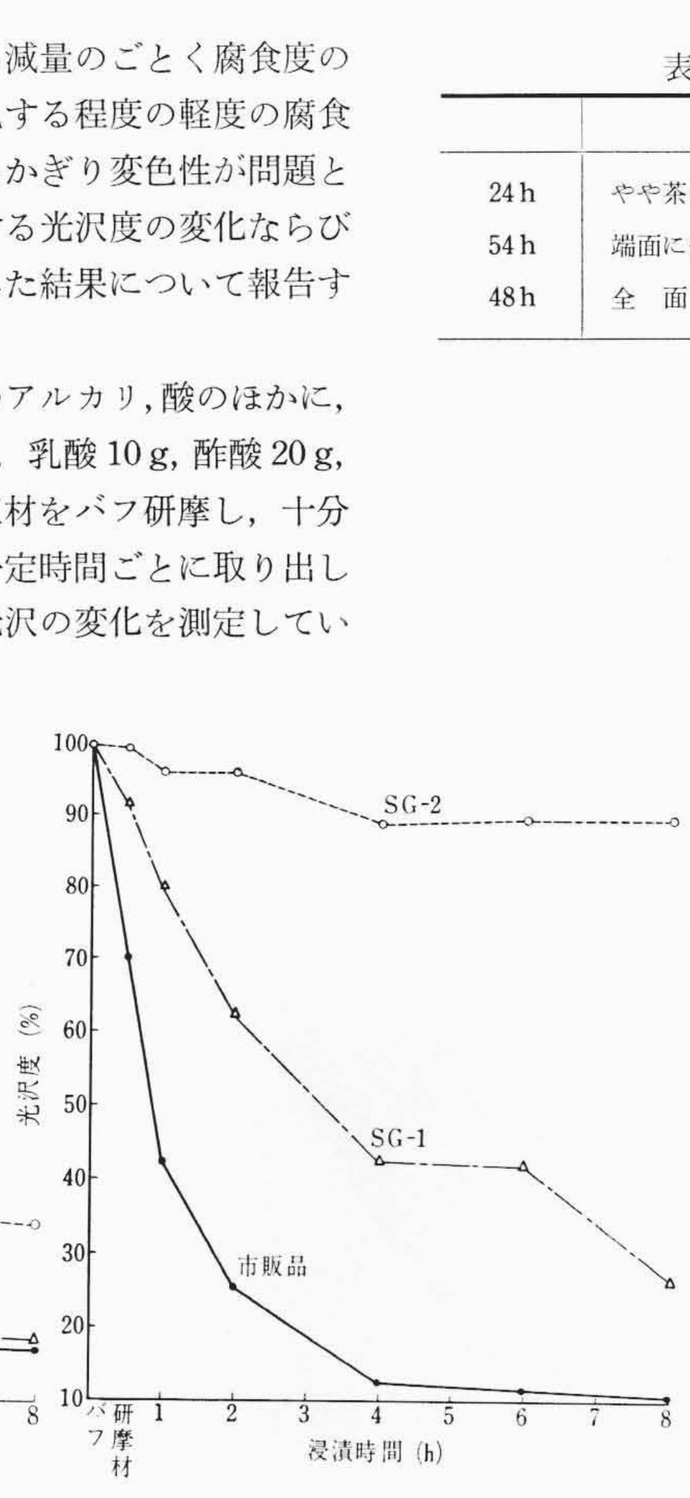
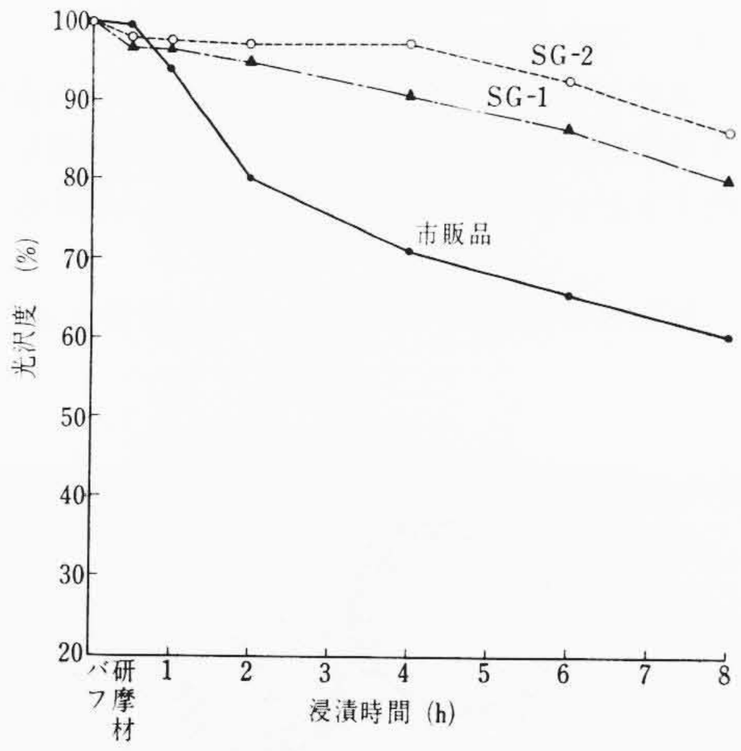


図 5　3% H_2SO_4 による耐変色性試験



光　沢　度

$$T=\frac{I'}{I}\times 100\,(\%)$$

I'：浸漬後光沢計で測定した光沢度
I：バフ研摩材の光沢度

人　工　汗

尿　素	1 g
アンモニア	1 g
食　塩	15 g
乳　酸	10 g
酢　酸	20 g
水	300 cc

図 6　人工汗による耐変色性試験

表4　エリクセン値
（ポンチ径 20 mmφ，0.5 mmt）

材　料	エリクセン値
SG（α）	11.7
SG（α+β）	11.2
市販材	9.7

表5　深絞り試験結果
（潤滑：種油）

項　目	ダイス径（mmφ）	ポンチ径（mmφ）	材　料	深絞可否
第1段	13.0	12.20	SG（α）	○
			SG（α+β）	○
第2段	10.7	10.0	SG（α）	○
			SG（α+β）	○
第3段	8.9	8.3	SG（α）	○
			SG（α+β）	×

○：深絞り可　×：深絞り不可

この結果でもSG-2材が最も腐食されにくく，特に緑青を発生しないことが強みである。SG-1材は市販品とほぼ同等ということができる。

3.5 深絞り加工性

表4に0.5 mmt完全焼なまし材のエリクセン値を示す。

この結果によると，エリクセン値は市販品に比較して非常に高い値を示しているといえる。

次に実際に深絞り加工を行ないその可否を検討した。

表5にその結果を示す。

SG-2材では第3段において先端に割れを発生し，深絞り不可能であったがSG-1材では容易に第3段までの絞りを行なうことができた。

これらの結果から深絞りの用途にはSG-1材を用いたほうが有利と考えられる。

4. 本合金の応用

本合金の用途は装飾用に多いが主たるものを列挙すれば次のとおりである。時計バンド，時計ケース，ハンドバッグ口金，カフスボタン，万年筆キャップ，室内装飾，ネームプレートなどこれらの主たる使用法を大別すれば次のようになる。

（1）　素材そのままで使用する場合

素材そのものが好ましい黄金色を呈する合金であるからこのような使用法も当然考えられるが，この場合長年月の使用により変色することが予想されるため腐食性ふん囲気はさけねばならない。

特別な場合を除いてこのような使用法は避けることが望ましい。

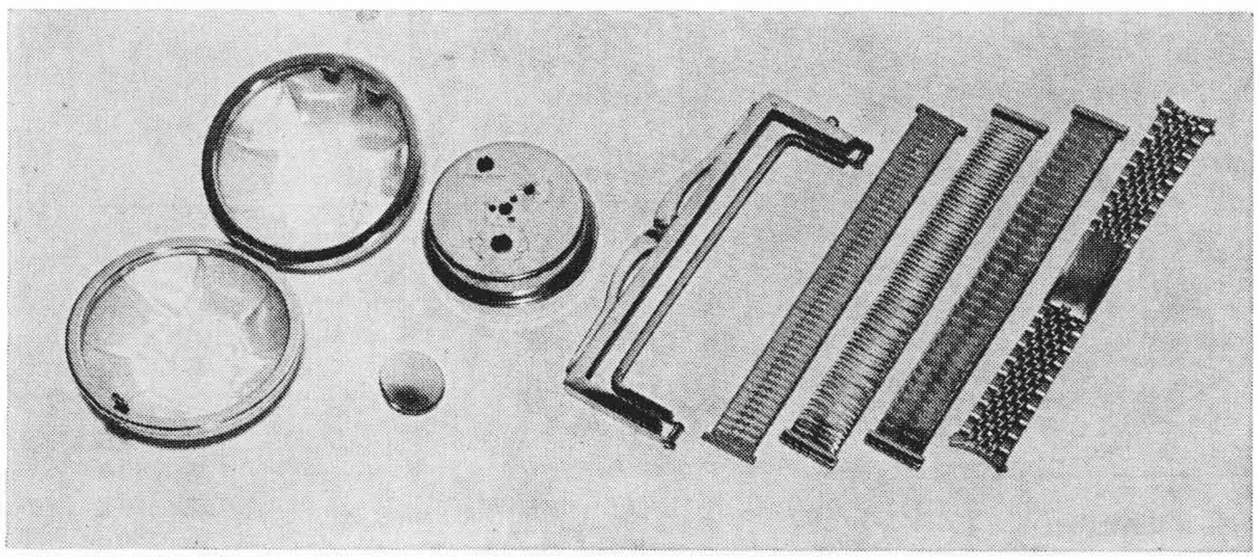


図7　サンゴールドの応用例

（2）　表面に樹脂を塗装して使用する場合

この方法で使用するのが一般的である。

人体に直接ふれる場合はもちろん，直接ふれることが少ない場合でも樹脂塗装したほうが色の持続には効果的なので大部分の用途にはこの方法を勧める。この場合バフ研摩を十分施し，表面の光沢を十分出したのち150℃以下（SG-2），180℃以下（SG-1）の焼付処理により樹脂の硬度と密着性を得るようにしなければならない。

（3）　金メッキする場合

本合色は金メッキを施している部分の代替用としての用途が広いが，厳密には金メッキの色とは異なるので，どうしても金メッキの色が欲しい場合には，本合金を素材として使用すればきわめて厚さの薄いメッキでその効果が十分発揮される。

たとえば真ちゅうを素材として金メッキを施す場合には10μ以上の厚さがなければ本来の金メッキの効果が出ないものが，本合金を素材として用いれば素材の地との相関において1～2μでその効果をうることができる。

図7に本合金を用いて応用した種々の装飾品を示す。

この中には樹脂をコーティングしたものや金メッキを施したものなどが含まれている。

以上のように本合金の使用範囲は広く，使用用途により材料ならびに応用方法を選択すればその効果も大きくなる。

なお本合金は現在株式会社東洋伸銅所において製造されていることを付記しておく。

5. 考　察

（1）　Cuに他の元素を加えていった場合，合金の種類によって赤みを帯びたものから黄色を帯びたものまで種々のものが得られる。

黄金色を帯びたものを得る場合，加工性を考慮してできるだけ少量の合金元素で目的を達するものがよい。

一般に金属に他の金属を混ぜて合金をつくった場合，異なった色を呈するのであるがその色を消しあう程度は（これを脱色力と称す）金属によって異なるのである。すなわち，いま普通の金属中で固有の色を保持する力の大きいものから列挙すれば次のとおりである。

（1）Sn，（2）Ni，（3）Al，（4）Mn，（5）Fe，（6）Cu，（7）Zn，（8）Pb，（9）Pt，（10）Ag，（11）Au，たとえばNiとAuで合金をつくればNiはAuよりも固有の色を出す力が強いから，

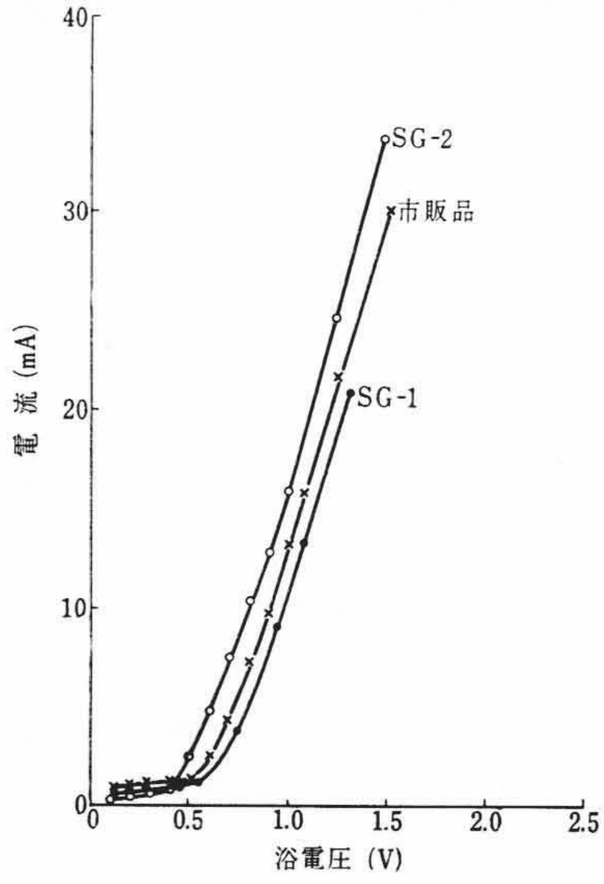


図8　人工汗によるテスト結果

等量ずつ混合すれば合金の色は白色となる。

この意味から言えば，Cu-Zn に第三の元素を加え，できるだけ加工性を害せぬよう少量ですませるためには，Sn, Ni, Al, Mn の順でよいことである。

一般の市販材もこのような観点から黄金色の調整が行なわれているようである。

（2） Cu-Zn-Al 合金がすぐれた耐変色性を示すことは最近の INCRA (International Copper Research Association)[5] の報告書にも認められるところである。

この場合腐食を軽度のものとかなり進行したものとに区別すると変色はきわめて初期の腐食であるため耐食性のすぐれた材料（薬品に対する腐食減量の少ない材料）が必ずしも耐変色性にすぐれていると言えないのは当然である。

図 8 は腐食減量を知る簡易試験として用いられる RGY[6] テストを人工汗について行なった結果である。

この結果では，大きい浴電圧でも小さい腐食電流しか生じないような材料が，すぐれた耐食性を示すことになるからグラフ中で下側に位置するものが上側に位置するものより耐食性が良好なことを示すことになる。

この結果を図 6 と比較すれば明らかなように腐食減量と耐変色性が無関係なことは明瞭である。

6. 結　　言

装飾用の金色合金として Cu-Zn-Al 系合金より SG-1 と SG-2 を選びだしその特性について検討した結果次の諸点が明らかとなった。

（1） SG-1 は金メッキに近い色であり SG-2 は金のきつい色を調整しやわらかくした色である。

（2） 樹脂塗装による変色は SG-1 は 180℃×20 min，SG-2 は 150℃×20 min までは問題ない。

（3） これらの材料の機械的性質は市販品と同程度である。焼なまし温度は SG-1 は 450～500℃×1 h SG-2 は 500℃×1 h が適当である。

（4） 変色性を光沢計と肉眼観察を併用して調べたところ SG-1, SG-2 ともに市販材よりすぐれている。

特に SG-2 は 3% NH_4OH に対して若干劣るが人工汗，3% H_2SO_4 に対して特にすぐれている。

（5） 深絞り加工性は SG-1 が特にすぐれている。

以上の結果より色，耐変色性，機械的諸特性を考慮して，本合金はいずれを装飾用金色合金としても十分活用しうるものとの結論を得た。

参　考　文　献

（1） 加瀬： 電気製鋼 6, 9, 230 (1933)
（2） 岡村，木村： RITU 4, A-1, 473 (1949)
（3） 岡村，木村： 日本金属学会誌 3, 17, 153 (1953)
（4） 渡辺，小川，木村： 日本金属学会誌 3, 17, 108 (1953)
（5） INCRA： Annual report (April, 30, 1965)
（6） 山本： 金属防食技術の実際（オーム社）

新 案 の 紹 介

自　己　支　持　形　ケ　ー　ブ　ル

登録実用新案 第779774号

杉山正夫・星　武夫・掘口二三男
鈴木敏雄・八木　隆

この考案は，プラスチックシースを有する自己支持形ケーブルの改良に関するもので，その構造は図1，図2および図3に例示するように，鋼より線2の周上にプラスチックシース3を被覆してなる支持線1に，線心5の周囲にプラスチックシース6を被覆してなるケーブル部4を巻きつけた自己支持形ケーブルにおいて，前記両シース3と6とはケーブル軸方向に一定間隔を置いて連結部7により連結したものである。

この考案のケーブルの特長を列記するとつぎのとおりである。

（1） 支持線1とケーブル部4とのシース3,6は一定間隔ごとに連結部7により一体となっているので，ケーブル部4の巻き付けピッチは一定に保持され，ケーブル部4に無理な張力がかかることがなく，外観も良好である。

（2） シース3,6は同一材質の連結部7により一体となっているので，強度は大きく，たとえばビニル材で厚さ2mm，幅50mmの連結部7の引張強さは最低30kg以上である。

（3） ケーブル部4は支持線1に巻き付けられているので，風圧抵抗は小さく，また風圧による振動は生じない。

（4） ケーブルの架設時には，架設金具により支持線1を把持することにより，簡単でしかも能率よく施工できるので経済的である。

（斎藤）

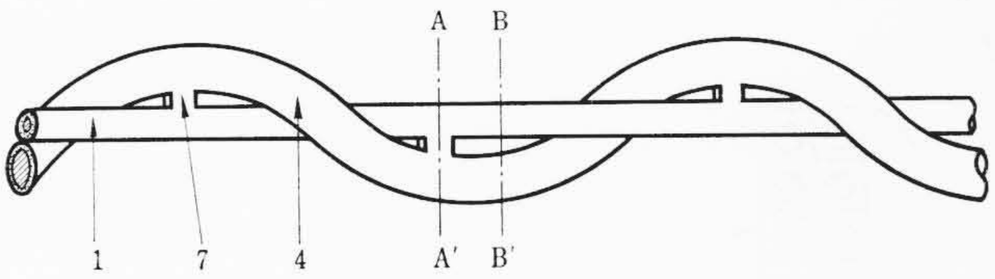


図1

A-A' 断面

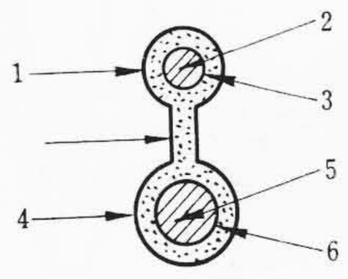


図2

B-B' 断面

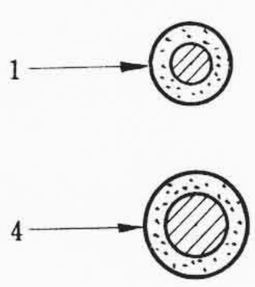


図3

新案の紹介

エレベータケーブル

登録実用新案 第799981号

福田重穂・定行吉郎・望月一成

ビルディングなどにおけるエレベータへの給電線として使用されているケーブルは，柔軟性に富み，断線を起こさないことがたいせつである。このため従来は線心の間げきにマイカ粉末などの滑剤を添加していたが十分ではなかった。

この考案は，上記のような要望を満足させるもので，その構造は図面に示すように導体1の周上にゴム絶縁2，ゴム引布テープ3，滑剤添加色別編組4を順次施したコア5を，ジュート6とともにより合わせ，さらにその周上に繊維編組7，9を設け，この中間にすべりやすいテープ状のセパレータ8，たとえばクラフト紙，レッドロリプ紙，エキスプレス紙などを介在させ，最外周にゴムシース10を設けたものである。

このように構成した考案のエレベータケーブルによると，コア5をより合わせた周上には二重に編組7，9を施し，その中間にはすべりやすいセパレータ8を介在させてあるので，このセパレーター8がコア5の屈曲に対し適度のすべりを与えるとともに，コア5の強度が向上して屈曲時のキンク発生を未然に防止するという特異な作用効果を有するもので，その実用的経済価値は大である。（斎藤）

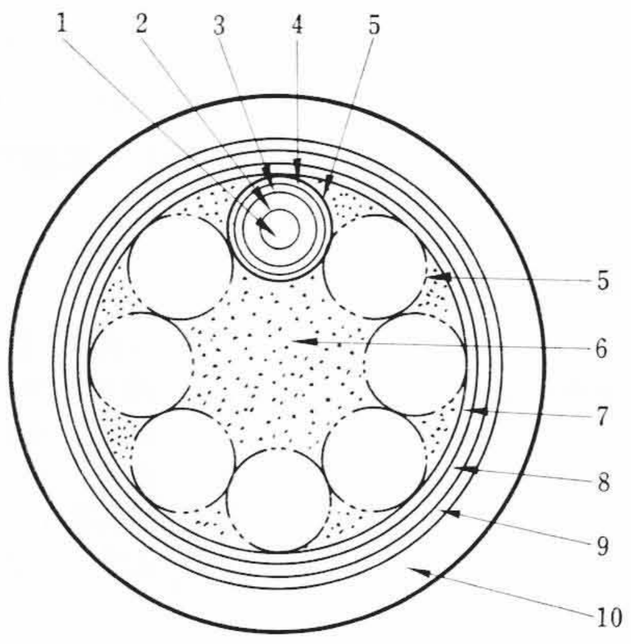


図　1

らせん状電線

登録実用新案 第799987号

大竹政純・定行吉郎・佐藤　実

この考案は，引出形電子機器の内部に配線され，機器の出し入れ時に伸縮力を受けるらせん電線の改良に関するものである。

この考案の電線は，図面に例示するように断面四角形またはフラット形の線心1を，複数本合わせて相互に接着し，これをらせん状に形成して電線2を構成したもので，その特長を列記すると，つぎのとおりである。

（1）　線心相互は面接触であるから接着面積は広く確保され，したがって線心相互間の接着力は大きく，また線心層の配置も整然と維持され外観形状も良好である。

（2）　線心層の仕上寸法は，断面円形線心の場合に比べてコンパクトになり，電気機器の小形化に寄与できる。

（3）　導体上の塩化ビニルまたは弾性塩化ビニルのような絶縁被覆の有効断面積が多いため，電線のスプリングアクションが効果的に作用する。

さらに各種の実験結果によると，断面円形線心の場合は，定常長さの4倍程度が伸張限度であるのに対し，この考案の断面四角形またはフラット形線心の場合は，断面円形線心と同一条長であるにもかかわらず，定常長さの10倍程度に伸張しても支障なく使用できることが実証され，その有効性が確認される。（斎藤）

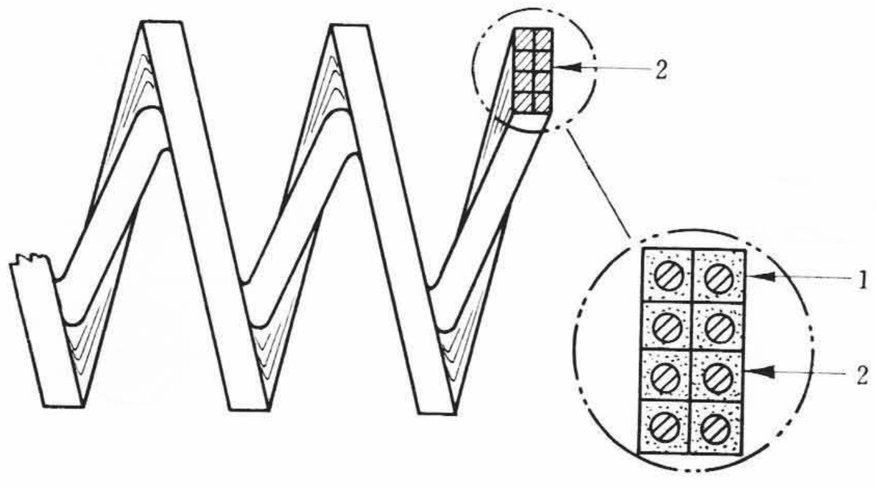


図　1