

鉛被用 Pb-Sb-Cu 三元系合金の諸性質

Some Properties of Pb-Sb-Cu Ternary Alloy for Lead Cable Sheathing

大 島 芳 昭*
Yoshiaki Ohata

内 容 梗 概

従来わが国では耐疲労性を要求する鉛被には主として Pb-Sn 二元系合金、更合金 (Pb-Sn-Sb 三元系合金) などが使用されているが、諸外国では Pb-Sn 二元系合金の使用は減少し、これに代つて Pb-Sb 二元系合金もしくは Pb-Sb-Cu 三元系合金の使用が増大する傾向にある。最近わが国でもウエスタン・エレクトリック社 (Western Electric Co.) より受注した通信ケーブルを契機として Pb-Sb-Cu 三元系合金の製造が行われるようになった。このため本論文ではこの合金系の機械的性質、押出性、時効硬化、偏析などについて検討した。

えられた結果を要約するとつぎの通りである。

- (1) 鉛被用 Pb-Sb-Cu 三元系合金は純鉛や Pb-Sn 二元系合金に比べ疲労限が高く耐疲労性のすぐれた鉛被用合金である。
- (2) 日本鋳業製電解鉛 (99.98%) を使用して熔製した Pb-1% Sb 合金は 200°C および 250°C から焼入れすると時効硬化を示すが 150°C の焼入れではほとんど硬化しない。
- (3) Pb-1% Sb 合金に Cu を 0.06% 以上添加すると時効硬化を減少させる。
- (4) Pb-1% Sb 合金および Pb-1% Sb-0.08% Cu 合金に微量の As を添加すると著しい時効硬化を起すようになる。
- (5) Pb-1% Sb 合金に Cu を 0.04~0.08% 程度添加すると常温での抗張力、伸びの変化は少いが高温押出性を改善できる。
- (6) Pb-1% Sb 合金も蓄電池用の Pb-Sb 合金と同様に逆偏析を起す。

〔I〕 緒 言

ケーブル鉛被に要求される諸性質について考察してみると耐蝕性および可撓性の良いことが望ましいが耐疲労性、耐クリープ性の良好なことも重要である。耐蝕性および可撓性の点では純鉛がもつとも良好であるが耐疲労性、耐クリープ性が劣るため種々の鉛合金が使用されるようになってきた。耐疲労性の観点からこれら鉛被用合金を眺めてみるとまず最初に登場したものは Pb-Sn 二元系合金である。この合金は耐疲労性にすぐれた押出性も比較的良好なため、古くから各国で使用されてきたが Sn は高価でありまた添加量も多いので、これに代る二元ないし三元の鉛合金が研究されてきた。その結果現在では Pb-Sn 二元系合金に代つて Pb-Sb 二元系合金および Pb-Sb-Cu 三元系合金が使用され、各国の鉛被規格を調べても Pb-Sn 二元系合金は次第に姿を消して Pb-Sb 系合金が耐疲労性鉛被用合金として登場している。いま比較のため各国の耐疲労性鉛被用合金の規格を示すと第 1 表のようになっている。

この表からわかるように Sb の添加量は米国がもつとも多くついで英国、ドイツの順であり米英両国では Sb とともに Cu の添加を認めている。ドイツでは Sb 添加量も両者に比較して少く Cu は添加していないが Sb とともに Cu を添加することは後述するように種々の点で望ましいので最近検討されている⁽¹⁾。一方わが国でも戦

* 日立電線株式会社電線工場

第 1 表 鉛被用 Pb-Sb 合金規格

国 名	規 格 名	合 金 記 号	Sb (%)		Cu (%)	
			最小	最大	最小	最大
英 国	B.S. (1953)	Alloy B	0.80	0.95	0	0.06
米 国	W.E. Material Spec. 59046 (1953)	Antimonial Lead (544765)	0.90	1.10	0.04	0.08
ドイッ	D.I.N. (1949)	Kb Pb Sb	0.5	0.6	—	—

時中および戦後一時的に Pb-Sb 合金の鉛被を製造したことはあつた。しかしこの合金は被鉛機各部の管理が不十分であると「ソゲ」といわれている熱間脆性を起して被鉛能率を著しく低下させる。このため主として Pb-Sn 合金および更合金 (Pb-Sn-Sb 三元系合金) が用いられて現在にいたつている。しかし最近ウエスタン・エレクトリック社 (Western Electric Co.) の通信ケーブルの受注にともなつてこの合金系の鉛被製造が開始されるようになった。このため本論文では、この合金系の機械的諸性質、時効硬化、高温押出性、偏析などの諸性質について述べる。

〔II〕 機械的諸性質

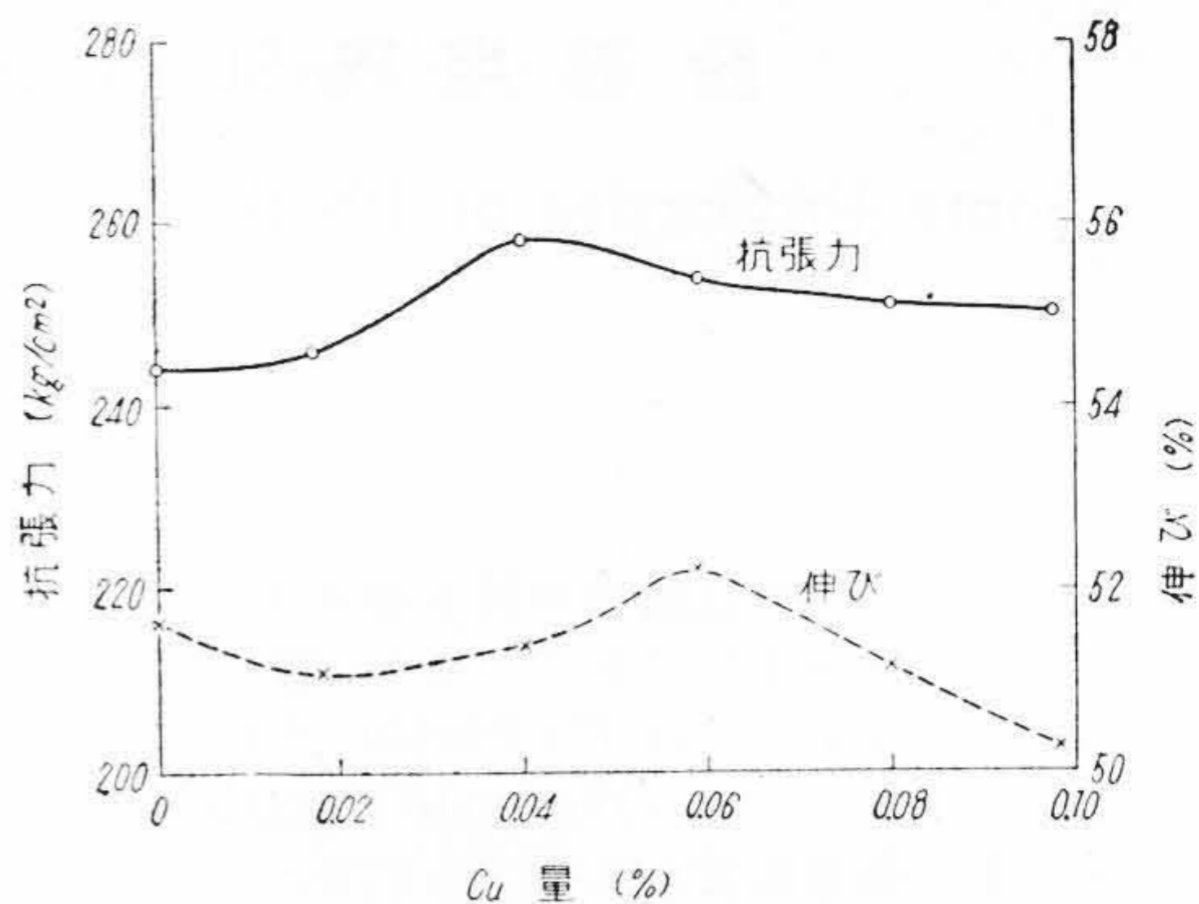
Pb-Sb 合金の機械的性質に及ぼす Cu の影響を知るため Pb-1% Sb 合金に Cu を 0~0.1% 添加し 2 t アムスラ-万能試験機を用い引張り速度 12 mm/min で引張り試験を行つた。試料の作製はニクロム線巻き管状電気炉を

使用した。

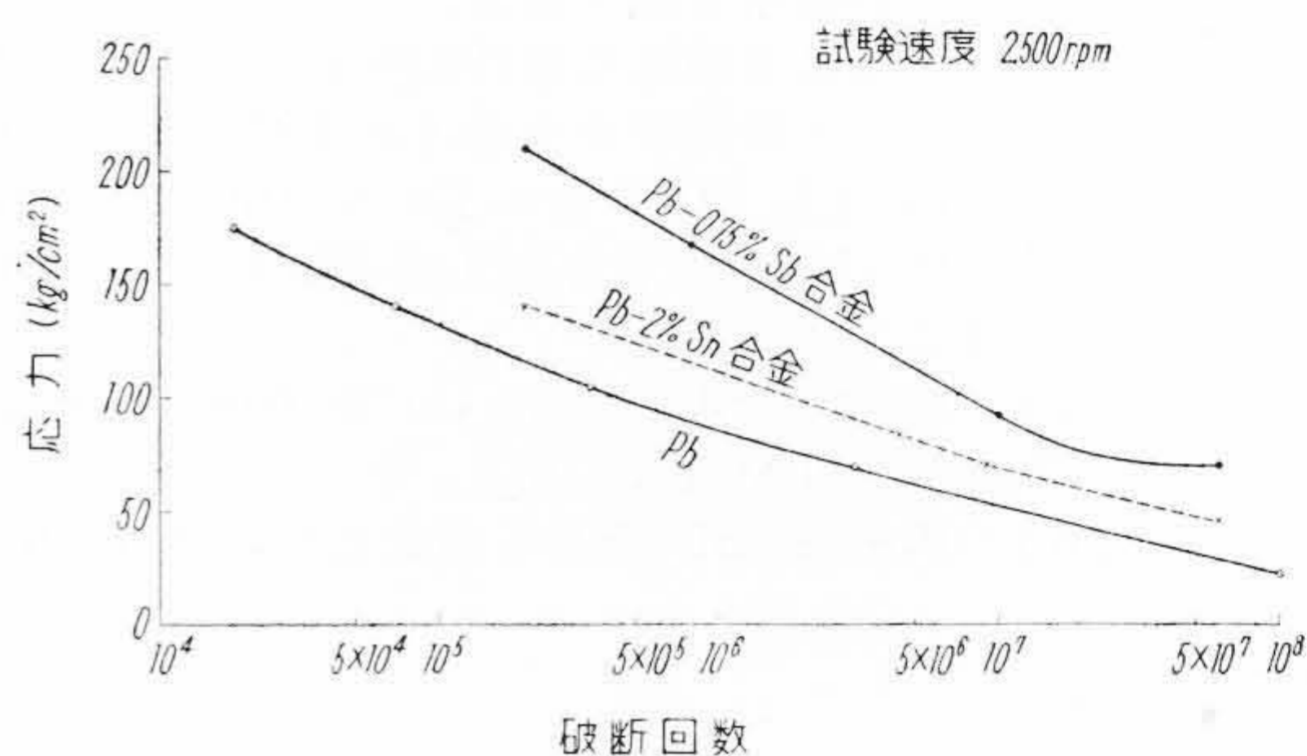
まず純鉛（純度 99.98%）2 kg を 2 番黒鉛ルツボに入れて溶解し、450°C に保持し各種母合金（Pb-1% Cu, Pb-11% Sb）を順次添加した後 400°C で10分間攪拌し直径 20 mmφ の鋼製鋳型に鋳造した。この鋳物を厚さ 3 mm の板に圧延し 5 号試験片を打抜いて一週間室温（20°C~30°C）に放置して試験に供した。えられた結果を図示すると第 1 図のようになる。まず抗張力について考察すると Cu の添加とともに抗張力は増大し 0.04% Cu で最大となり以後 Cu 量の増加とともにやや減少する。伸びも大体同じ傾向を示しているが最大を示す点が 0.06% Cu のところに移動しており、以後 Cu 量の増大とともに減少する。Pb-Sb 系合金の疲労試験は相当古くから報告されており⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾また長時間を要する試験であるから今回は省略した。ただ H.F. Moore 氏ら⁽²⁾⁽³⁾の行つた鉛被用合金の疲労試験結果を要約すると第 2 図および第 3 図のようになる。ただしこれらの図は Pb-0.75% Sb 合金とほかの鉛および鉛合金との比較試験の結果であるから Pb-1% Sb 合金を論ずるのはいささか無理な点もある。しかしながら Pb-1% Sb 合金とほかの鉛合金を比較した報告がなく、また Pb-0.75% Sb 合金と Pb-1% Sb 合金とでそれ程疲労曲線が異なるとも考えられない。一方鉛の疲労試験はその性質上試験機の方式、試料の形状などによつて結果が異つてくるので、違つた研究者の試験結果を集めて比較するのは無理である。これらの事情からここでは H.F. Moore 氏らの結果から定性的な比較を行うことにした。第 2 図および第 3 図について考察すると Pb-0.75% Sb 合金は Pb や Pb-2% Sn 合金に比べてはるかに疲労強度が大きいことがわかる。また G. R. Gohn 氏ら⁽⁴⁾によると Pb-1% Sb 合金に Cu を 0.04%~0.08% 程度加えても疲労強度はほとんど変化しないことが知られているので Pb-1% Sb-0.06% Cu 合金は Pb や Pb-2% Sn 合金よりも耐疲労性のすぐれた合金ということが出来る。

[III] 高温押出性

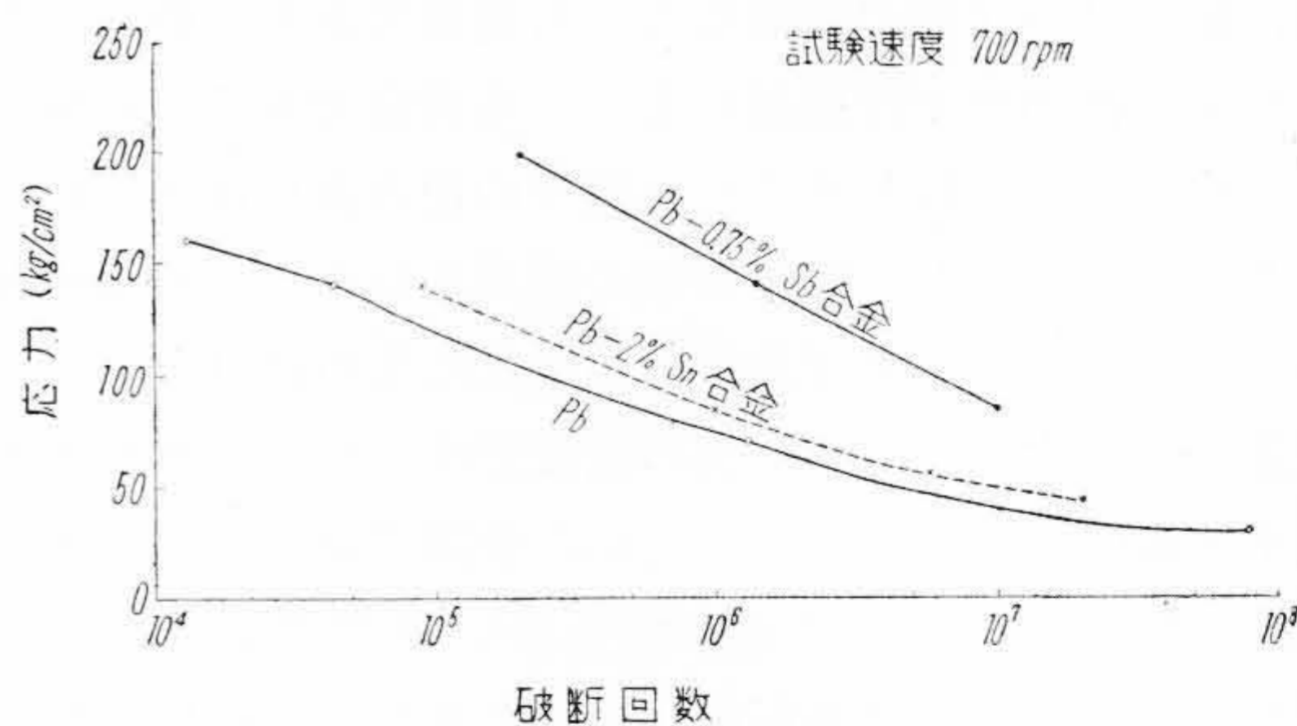
純鉛に比較して Pb-Sb 合金は硬く押出圧力も増大するが Pb-Sb 合金に Cu を添加した場合、押出性がどのように変化するかという点は種々議論の余地があり⁽⁵⁾⁽⁶⁾最近まで確定しなかつた。最近 F. Glander 氏ら⁽¹⁾は実験室的規模の押出機を用いて Pb-0.5% Sb 合金および Pb-1% Sb 合金に Cu を 0.04%~0.08% の範囲で添加して高温における押出性を実験している。かれらは Cu 添加量 0.06% の場合にもつとも押出圧力が減少し Cu を添加しない場合の押出圧力を 7.0% 減少できることを認めさらに実際にクルップ (Krupp) 被鉛機を用いてこの事実を確認している。かれらが Pb-1% Sb 合金について行



第 1 図 Pb-1% Sb 合金の抗張力、伸びに及ぼす Cu の影響



第 2 図 鉛および鉛合金の疲労試験結果
(試験速度: 2,500 rpm)
(参考文献⁽²⁾による)

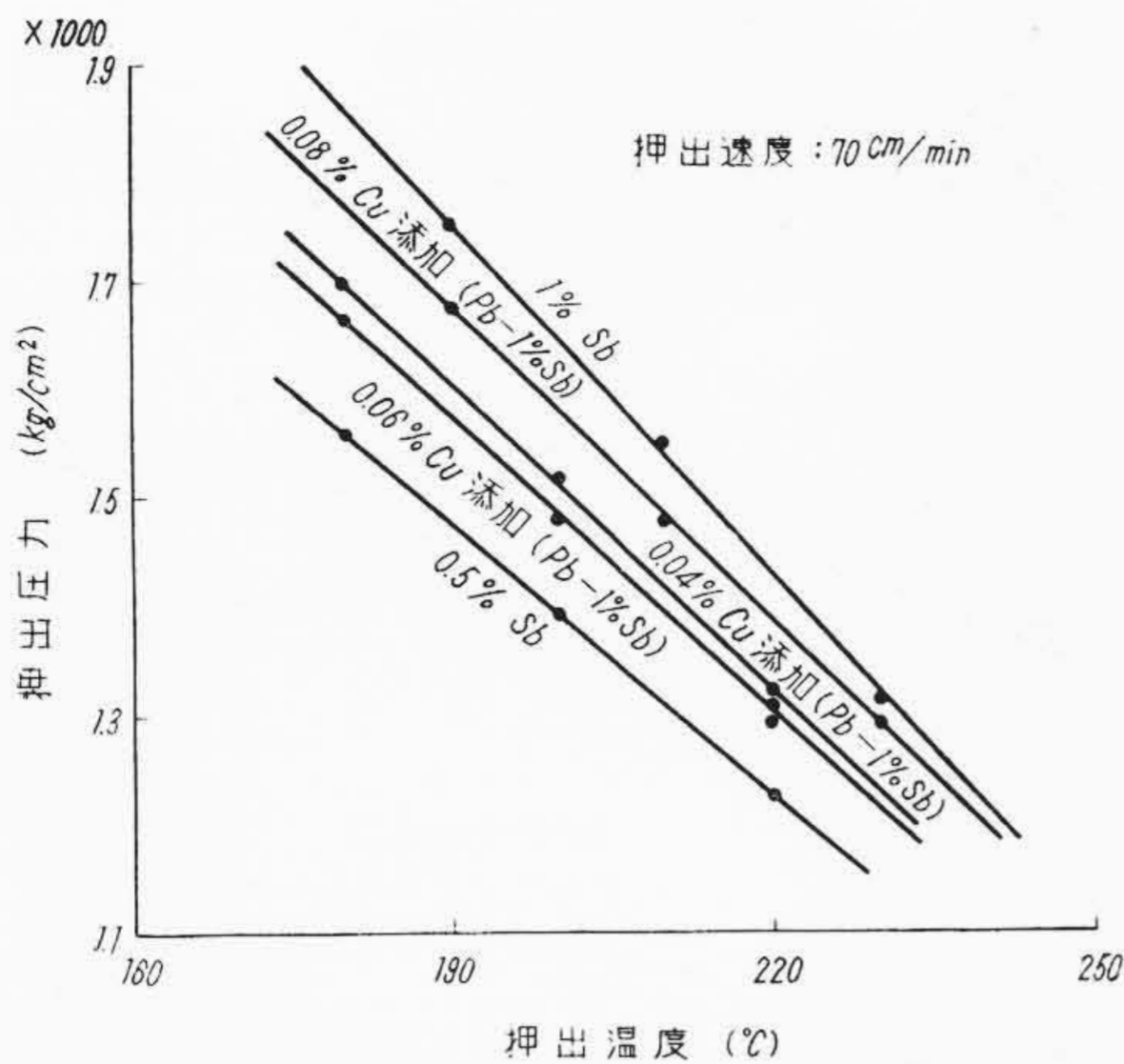


第 3 図 鉛および鉛合金の疲労試験結果
(試験速度; 700 rpm)
(参考文献⁽²⁾による)

つた結果を示すと第 4 図のようになる。著者は従来電々公社のケーブル鉛被に使用されている更合金と Pb-1% Sb-0.06% Cu 合金の押出性をクルップ (Krupp) 被鉛機を用いて試験したがえられた結果は第 5 図のとおりである。この図から従来の更合金に比べて押出圧力が相当増加することがわかる。なお Pb-1% Sb 合金に Cu 添加量を変えた場合については今後検討する予定である。

[IV] 時効硬化性

Pb-Sb 合金は第 6 図の状態図からもわかるように Pb

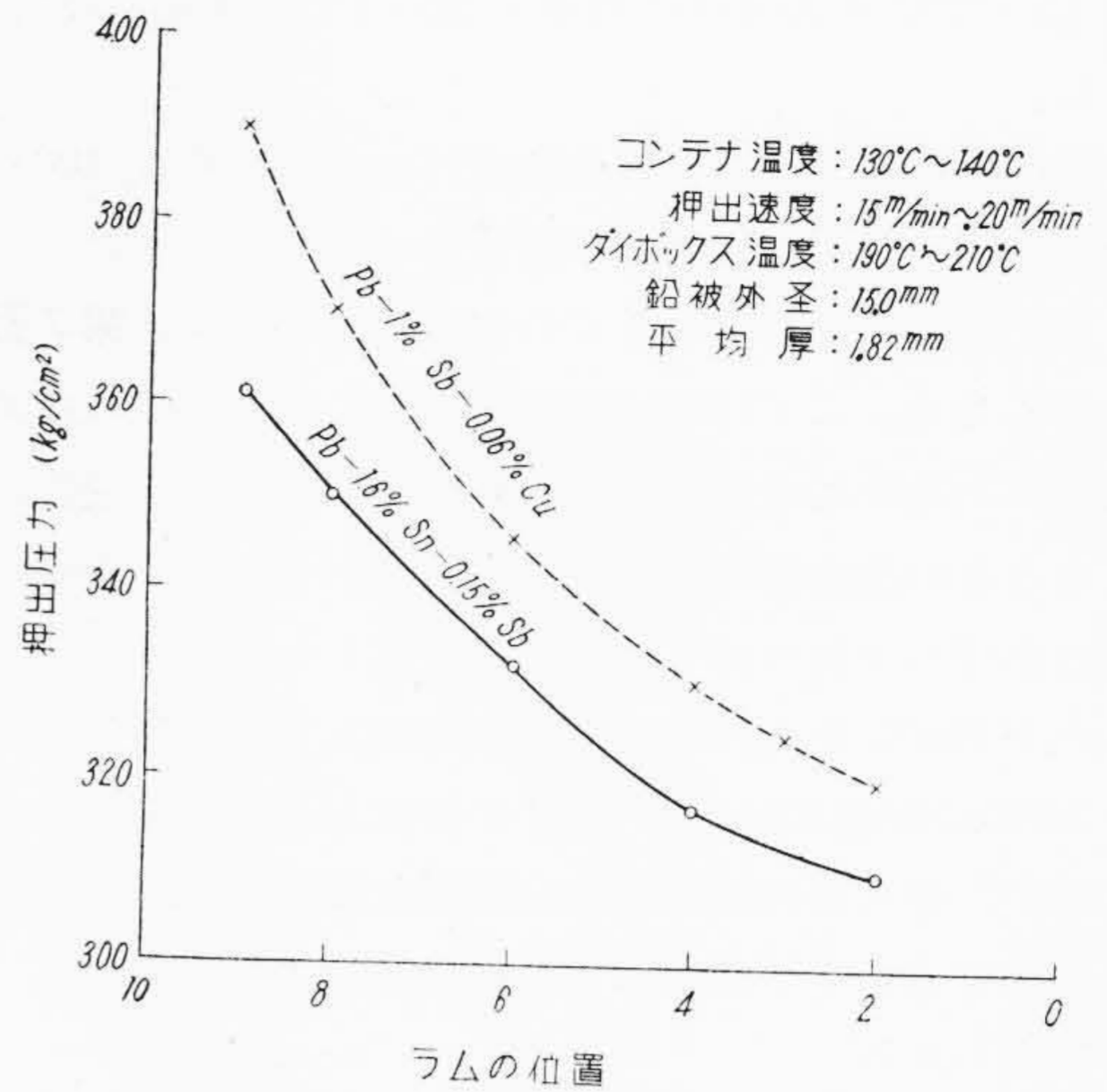


第4図 Pb-1% Sb合金の押出圧力に及ぼすCu添加の影響
(参考文献⁽¹⁾による)

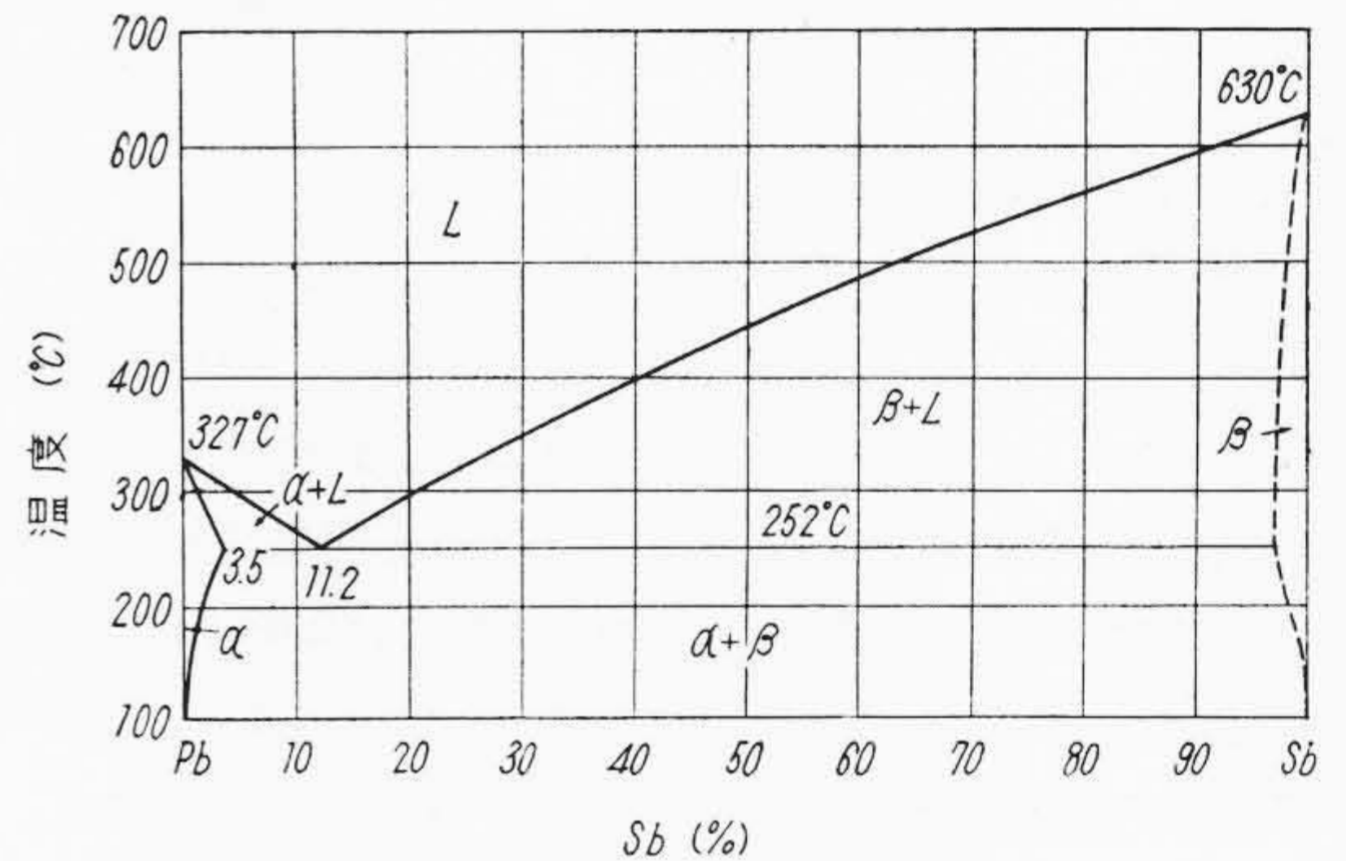
に対するSb固溶限が共晶温度252°Cにおける3.5%から温度の低下とともに急激に減少しているので熱処理による時効硬化が考えられ種々の研究者によつて興味ある事実が報告されている^{(8)~(14)}。これまでの研究結果について簡単に述べるとW. Hofmann氏ら⁽⁸⁾の研究結果によれば99.994% Pbの地金を使用したPb-1% Sb合金は時効硬化しないが99.960% Pbの地金を使用したPb-1% Sb合金は急激な時効硬化を起すと述べている。K. S. Seljesater氏⁽⁹⁾はPb-1% Sb合金に0.01%のAsを添加した場合室温で28日間放置すると70%硬度が増加すると述べている。またM. Bluth氏ら⁽¹⁰⁾はCuおよびAsの添加がPb-1% Sb合金の時効硬化速度を増大することを報告しE. E. Schumacher氏ら⁽¹¹⁾⁽¹²⁾はPb-1% Sb合金にAs, Cu, Ag, Ni, Mnなどを添加して研究しAsがもつとも大きく影響しCu, Agなどもまた影響すると報告している。さらにL. M. T. Hopkin氏ら⁽¹⁴⁾は99.999%の高純度Pbと99.975%の高純度SbからPb-0.85% Sb合金を熔製して時効硬化に及ぼすAs, Snなどの影響を調べ、Asを0.001%添加しても著しく時効硬化することを認めているが、微量のSnの添加では時効硬化しなかつたと述べている。以上のようにPb-Sb合金の時効硬化には地金の純度および微量不純物が大きく影響してくる。

このため著者はPb-1% Sb合金の時効硬化に及ぼす焼入れ温度と第三元素の中でもつとも大きな影響を及ぼすといわれているAs, およびPb-Sb合金の押出圧力を低下させるCuの影響を実験した。試料の熔製は抗張力試験に供した試料と同様にして行つた。

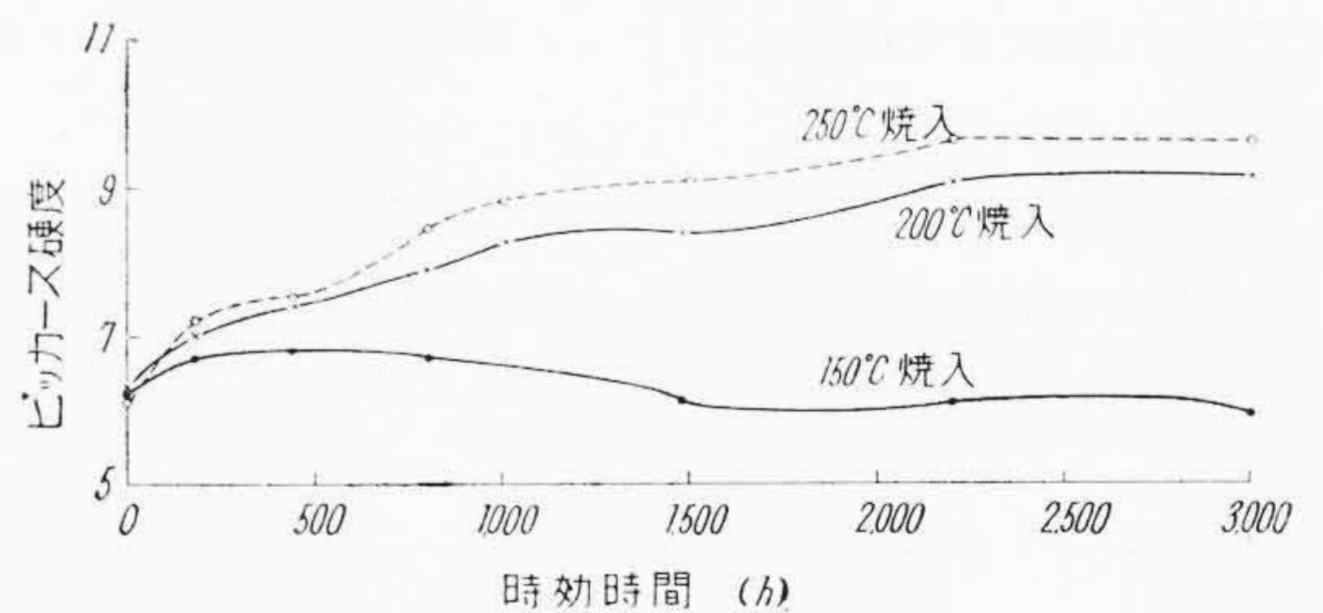
なおAsの添加は熔湯を400°Cに保持しこれにAs地金を計算量だけ配合してよく攪拌しただちに鑄造した。使用地金は日本鋳業製の電解鉛(E.S.S.)でその分析結



第5図 押出圧力の比較



第6図 Pb-Sb二元系状態図



第7図 Pb-1% Sb合金の時効硬化に及ぼす焼入れ温度の影響

第2表 鉛地金の分析結果

成分	Fe	Cu	Sn+Sb	Zn	As	Bi	Pb
重量 (%)	0.00018	0.001	0.00018	0.00028	tr.	0.009	bal.

果は第2表の通りである。焼入れ温度は現場作業で被鉛機から押出された直後の鉛被温度が200°C~250°Cである関係上250°C, 200°C, 150°Cとした。焼入れ操作は試料を所定温度に保持した恒温槽に入れて1時間保持した

後 15~17°C の冷水中に急冷し 20±1°C の恒温室に放置した。

硬度の測定は明石製微小硬度計を用いて荷重 100 g 負荷時間30秒で行い 5 箇所測定の平均値をとつた。

Pb-1% Sb 合金についての測定結果を示すと第 7 図のようになる。この図について考察すると、焼入れ温度 150°C の場合には焼入れ後約 500 時間でわずかに硬度が高くなりその後次第に低下する傾向を示しているが硬度変化はわずかでありほとんど時効硬化しない。

一方 200°C 焼入れの場合には時間とともに次第に硬化し 3,000 時間後にはほぼ 50% の硬度上昇を示している。

250°C 焼入れの場合もほぼ同様な傾向を示すが時間の経過とともにその硬度は 200°C 焼入れの場合より高くなる傾向がある。

つぎに Pb-1% Sb 合金の時効硬化に及ぼす Cu の影響を知るため Cu を 0.04%~0.08% 添加して焼入れ処理を行い硬度変化を測定した。その結果を第 8 図に示す。

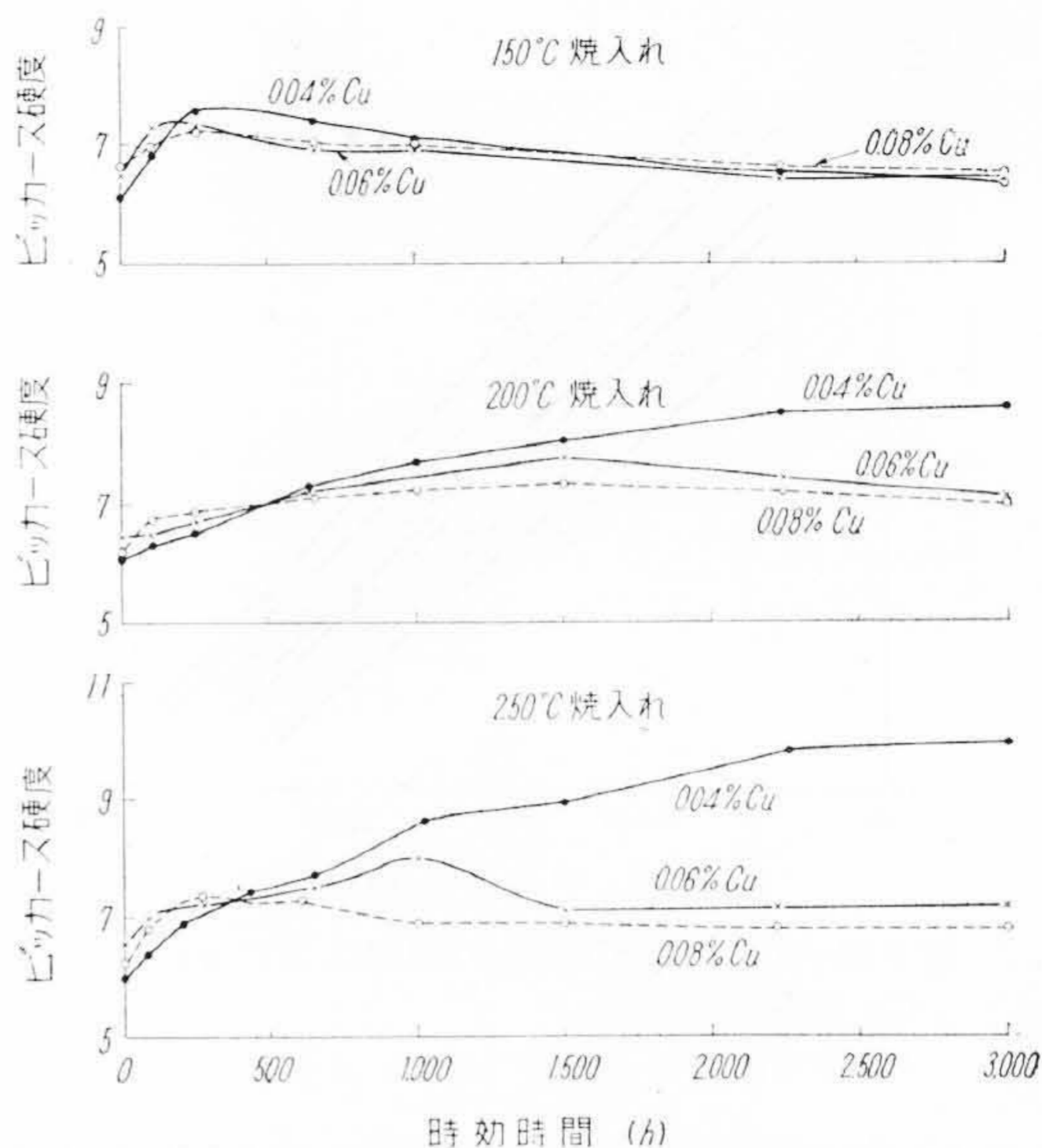
まず 150°C 焼入れの場合について考察するといずれも硬度変化はわずかで Pb-1% Sb 合金と同様にほとんど時効硬化しないことがわかる。これに反して 200°C 焼入れの場合には Cu 添加の影響が明瞭に現われてくる。

すなわち 0.04% Cu 添加の場合の硬度変化は無添加の場合と同様な傾向をたどるが 0.06% および 0.08% Cu の場合は無添加の場合と著しく異つて硬度変化は少く 1,500 時間で最高硬度を示しその後ほだいに軟化してくる。

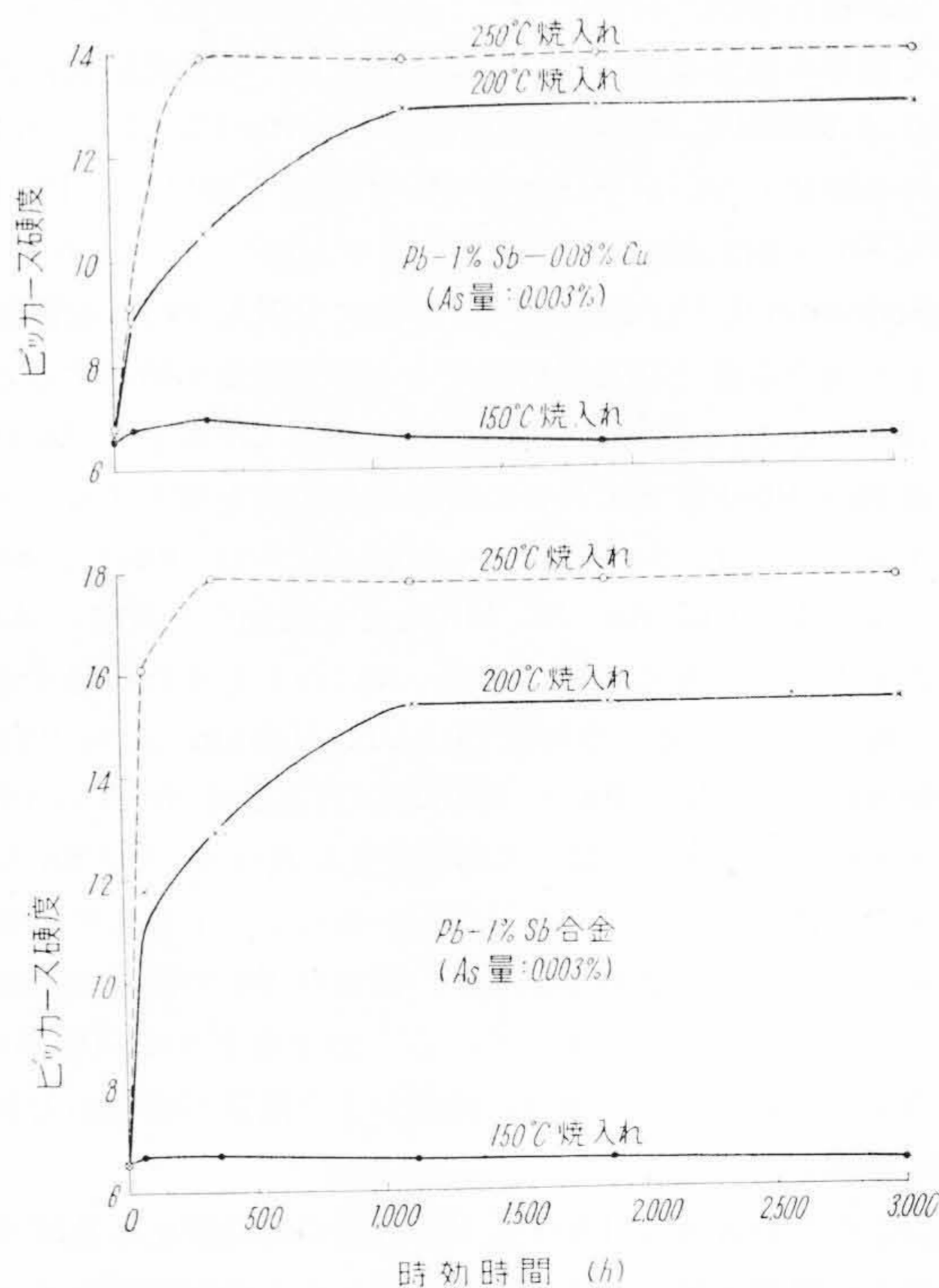
250°C 焼入れの場合もほぼ同様に 0.04% Cu の場合は無添加の場合と同様であるが 0.06% および 0.08% Cu の場合は硬度変化は少くほとんど時効硬化しないことがわかる。

以上の結果から Cu を 0.06% 以上添加すると Pb-1% Sb 合金の時効硬化を減少させることがわかる。

つぎにこれら合金の時効硬化にもつとも影響するといわれている As の影響を実験した。試料は Pb-1% Sb 合金およびこの合金の時効硬化にもつとも影響を与えた Cu 添加量 0.08% のものに As を添加した。なお As 含有量の分析値は 0.003% である。実験結果を図示すると第 9 図のようになる。まず Pb-1% Sb 合金に As を添加した場合について考察すると、150°C 焼入れの場合にはほとんど時効硬化しないが 200°C および 250°C 焼入れの場合には著しい硬化を示す。すなわち 200°C 焼入れの場合には焼入れ後 1,130 時間で硬度 15.4 で 140% の硬度上昇をなし 3,000 時間後も同じ硬度を保っている。250°C 焼入れの場合にはさらに著しい硬化を示し 360 時間で硬度 17.9 に達し 180% の硬度上昇を示しており 3,000 時間後でも硬度は 17.08 でほとんど軟化しない。200°C 焼入れの場合には 1,130 時間で最高硬度に達しているが 250°C 焼入れの



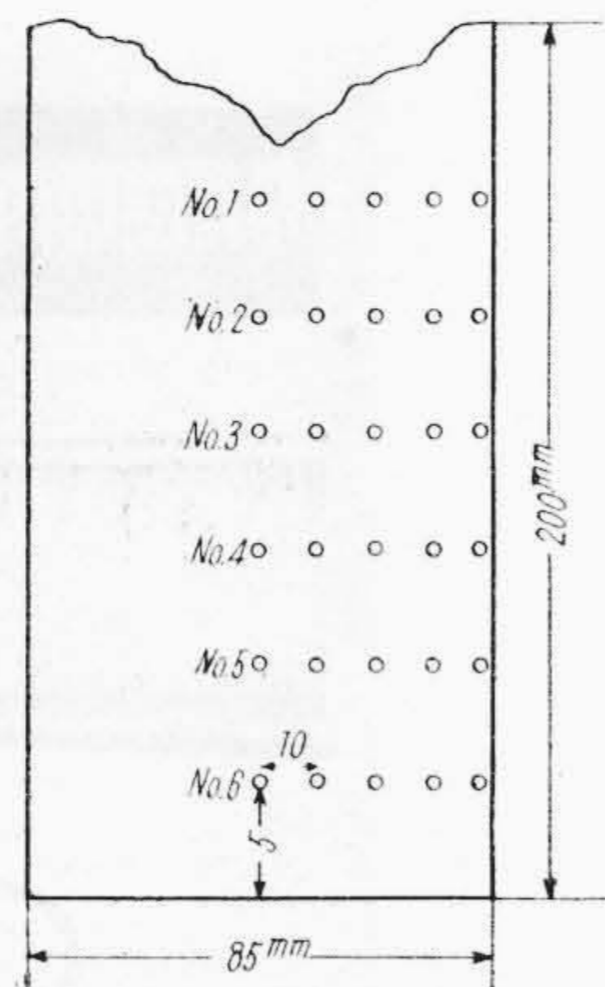
第 8 図 Pb-1% Sb 合金の時効硬化に及ぼす Cu の影響



第 9 図 Pb-1% Sb 合金および Pb-1% Sb-0.08% Cu 合金の時効硬化に及ぼす As の影響

場合は 360 時間で最高硬度に達し焼入れ温度が上昇するにしたがつて最高硬度に到達する時間が短くなつている。またこの傾向は Cu 添加の場合も同様に認められる。

Pb-1% Sb-0.08% Cu 合金に As を添加した場合について考察すると、Pb-1% Sb 合金に As を添加している場合とほとんど同様な傾向を示しているが、その到達硬度は低くなっている。すなわち 200°C 焼入れの場合は 11,30 時間で最高硬度 12.9 に到達し 100% 硬度増加を示して Pb-1% Sb 合金の場合より 40% 低い。また 250°C 焼入れの場合は 360 時間で最高硬度 13.9 に



第10図 分析試料採取位置

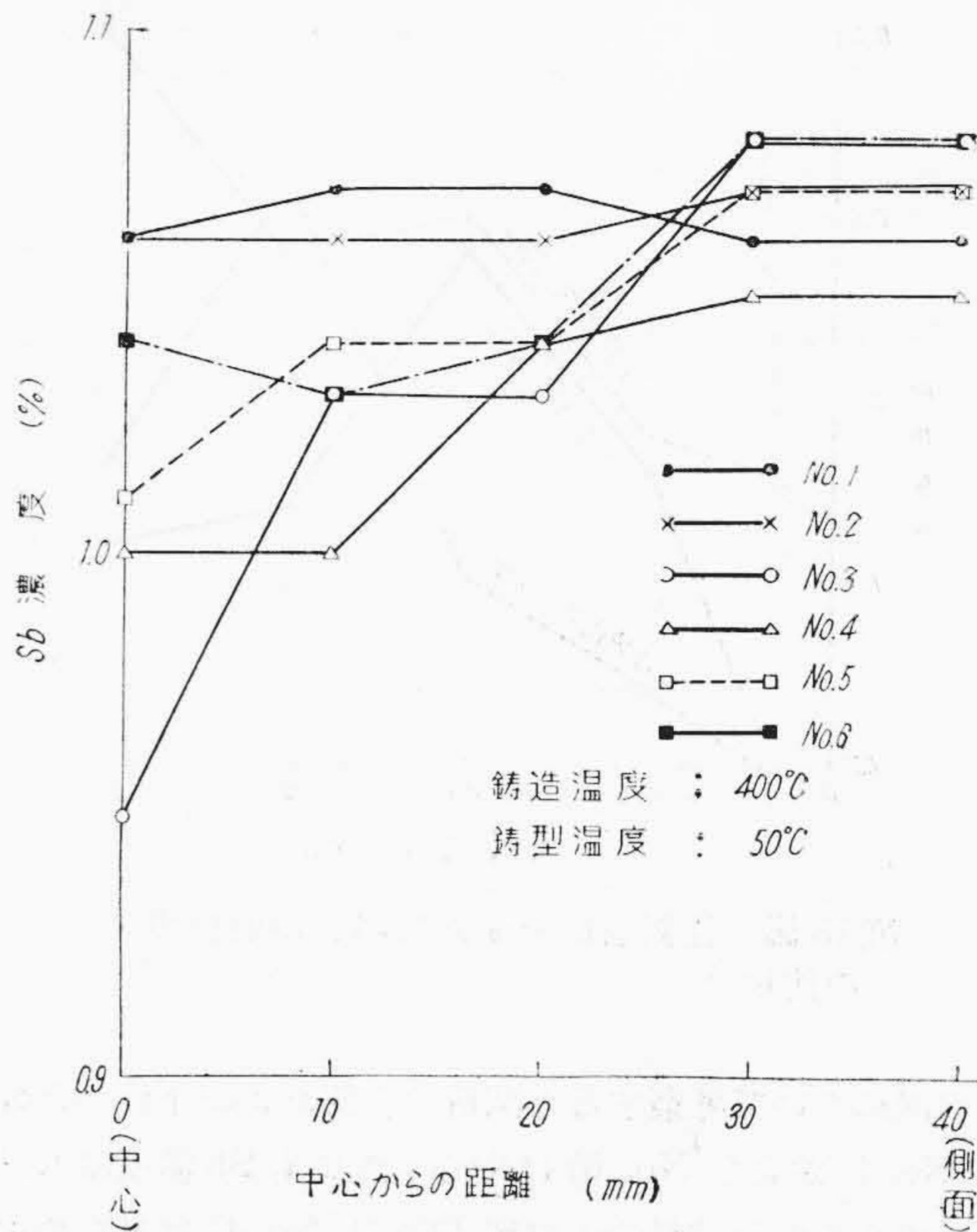
達し 110% 硬化を示しているが Pb-1% Sb 合金の場合より 70% 低い。以上の結果からわかるようにこの合金を使用した鉛被の時効硬化をさけるためには、まず合金熔製の際できるだけ As の少い地金を用いることが必要である。また押し直後の鉛被を急冷することは危険で押し後徐冷するか少くとも 150°C 以下に徐冷した後に急冷する必要がある。

〔V〕 偏析

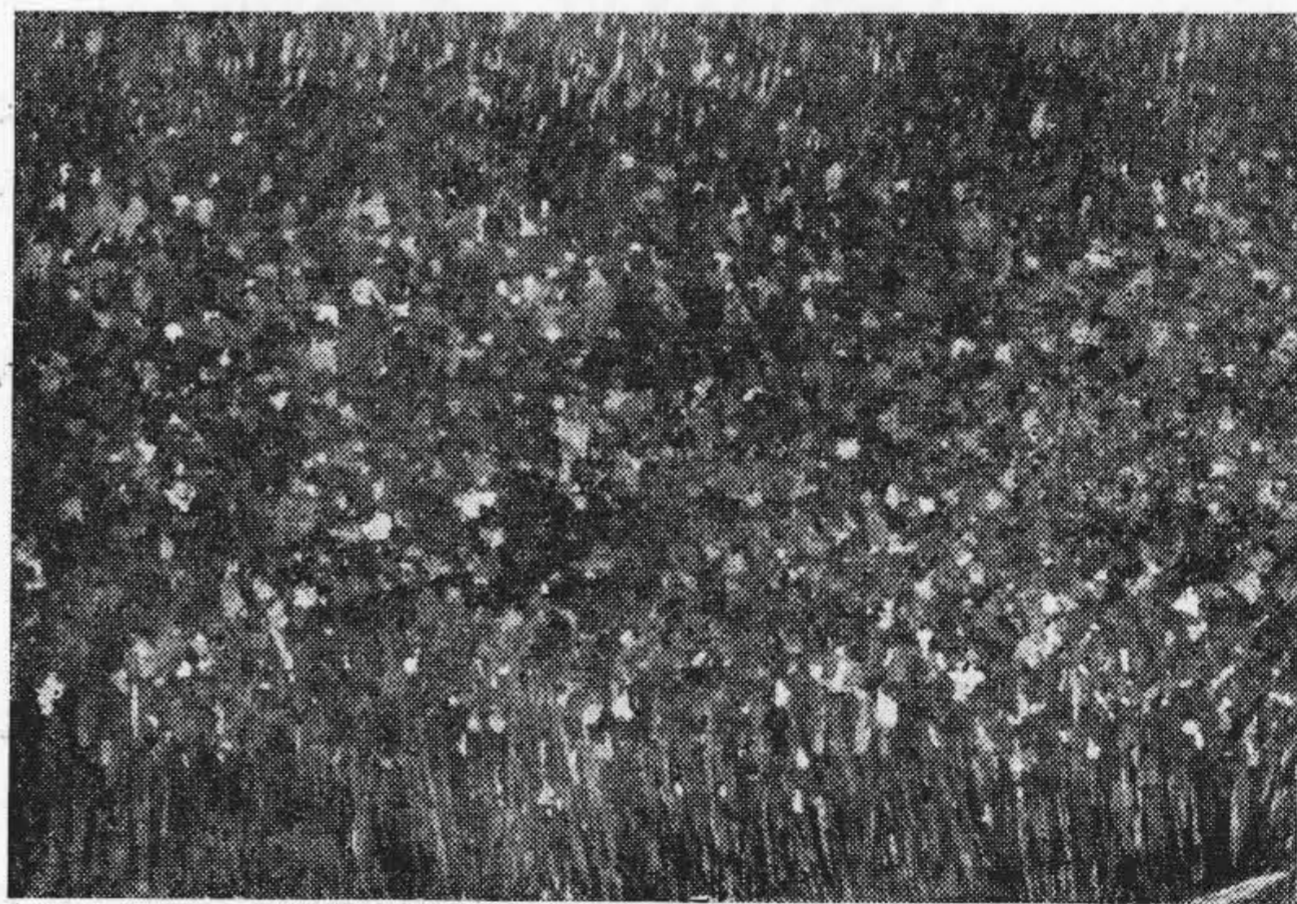
これまで述べたように Pb-Sb 系合金は耐疲労性のすぐれた鉛被用材料であるが、コンテナ内で Sb が偏析を起し易く作業能率を著しく低下させるため、わが国では普及されなかつた。また Pb-Sb 合金が平衡状態をとりにくいことは Pb-Sb 二元系状態図の鉛側が近年になつて改訂された点からも容易に推察できる⁽¹⁵⁾。鉛被用 Pb-Sb 合金の偏析に関する論文は少いが A.C. Simon 氏ら⁽¹⁶⁾は蓄電池用の亜共晶範囲の Pb-Sb 合金について研究している。彼等は Pb-Sb 合金の偏析は逆偏析であることを顕微鏡組織の観察から立証している。そして逆偏析の中にはつぎに述べる 2 種類の形式がある。

- (i) 低融点組成が鋳物の中心部に向つて徐々に減少しており化学分析によつてのみ知ることができる。
- (ii) 共晶組成が鋳物の表面に浸出しており内部でのゆるやかな変化をともなつたり、ともなわなかつたりする。

Pb-Sb 合金の偏析は表面に浸出するのが共晶組成でなく Sb の初晶である点を徐ていは形式 (ii) であるとのべている。一般に偏析に影響する因子を考えて見るとまず第一に冷却速度をあげることができる。これを被鉛作業の場合について考えて見ると注鉛温度と鋳型に相当するコンテナの温度が影響することになる。そのほか不純物の影響、含有ガスの影響^{(17)~(21)}、注鉛方法なども考えられ複雑である。

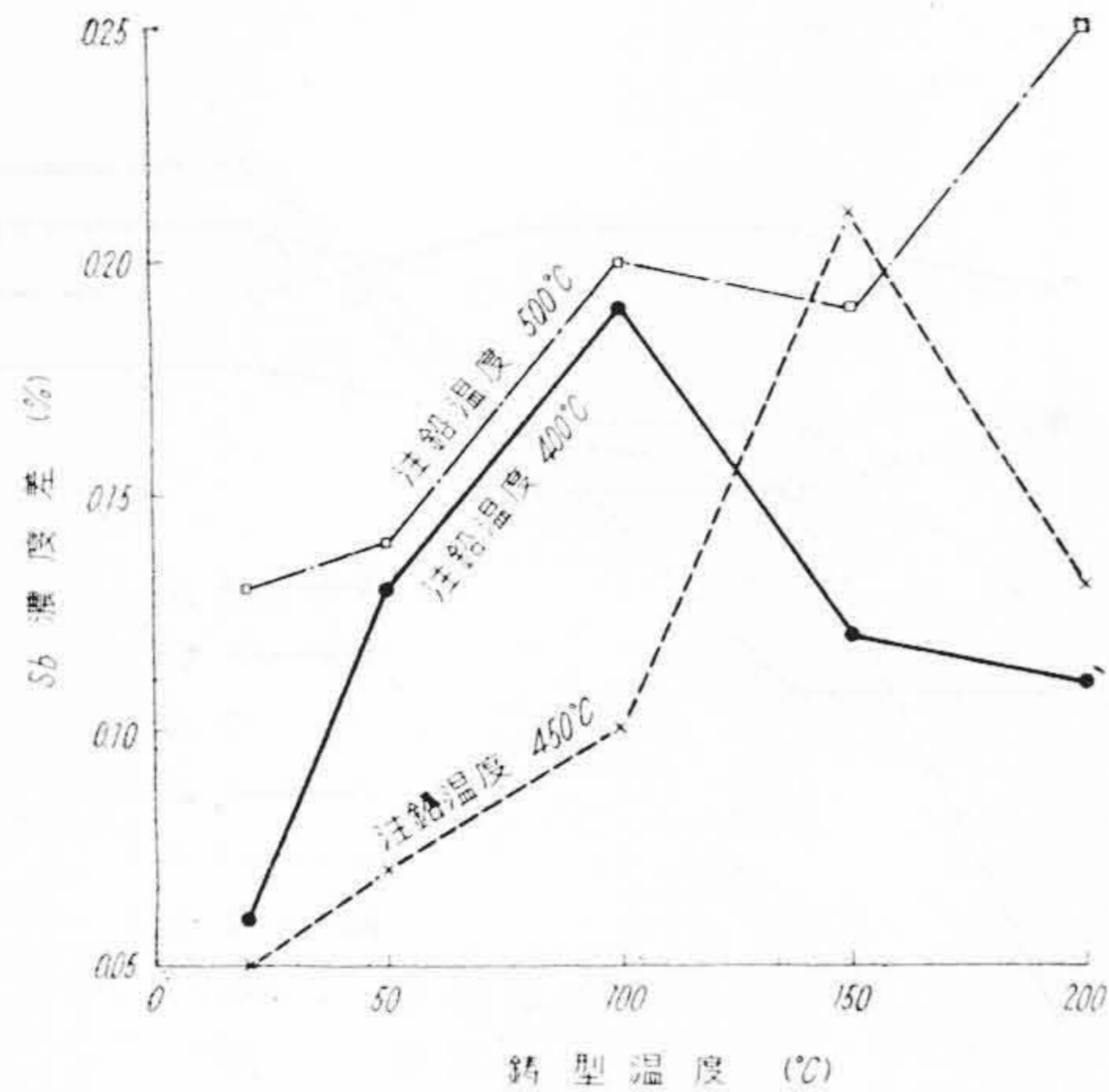


第11図 鋳塊断面の Sb 分布曲線



第12図 鋳塊の肉眼的組織 (铸造温度 400°C, 铸型温度 50°C)

著者は鉛被用 Pb-Sb 合金の偏析について実験を進めているが本論文ではこれまでに行つた注鉛温度と鋳型温度の影響について述べる。試料は時効硬化の実験に使用したものと同様な方法で熔製した。鋳型は直径 85 mm 高さ 200 mm 肉厚 20 mm の鋼製で温度調節計に連結されたニクロム線巻き管状電気炉の中央に入れ実験温度に保持した。注鉛温度は 400°C, 450°C, 500°C, 鋳型温度は 20°C, 50°C, 100°C, 150°C, 200°C の各温度で行つた。鋳造した試料は中心により 2 分割し片面より第 10 図に示す箇所から 4 mmφ のドリルで深さ 5 mm けずり分析試料を採取した。ほかの断面は化学研究磨して肉眼的ならびに顕微鏡的組織を観察した。なお Sb の分析には臭酸法を用いた。分析結果の一例を注鉛温度 400°C 鋳型温度 50°C の場合について図示すると第 11 図のようになる。



第13図 注鉛温度を変えた場合の偏析傾向の比較

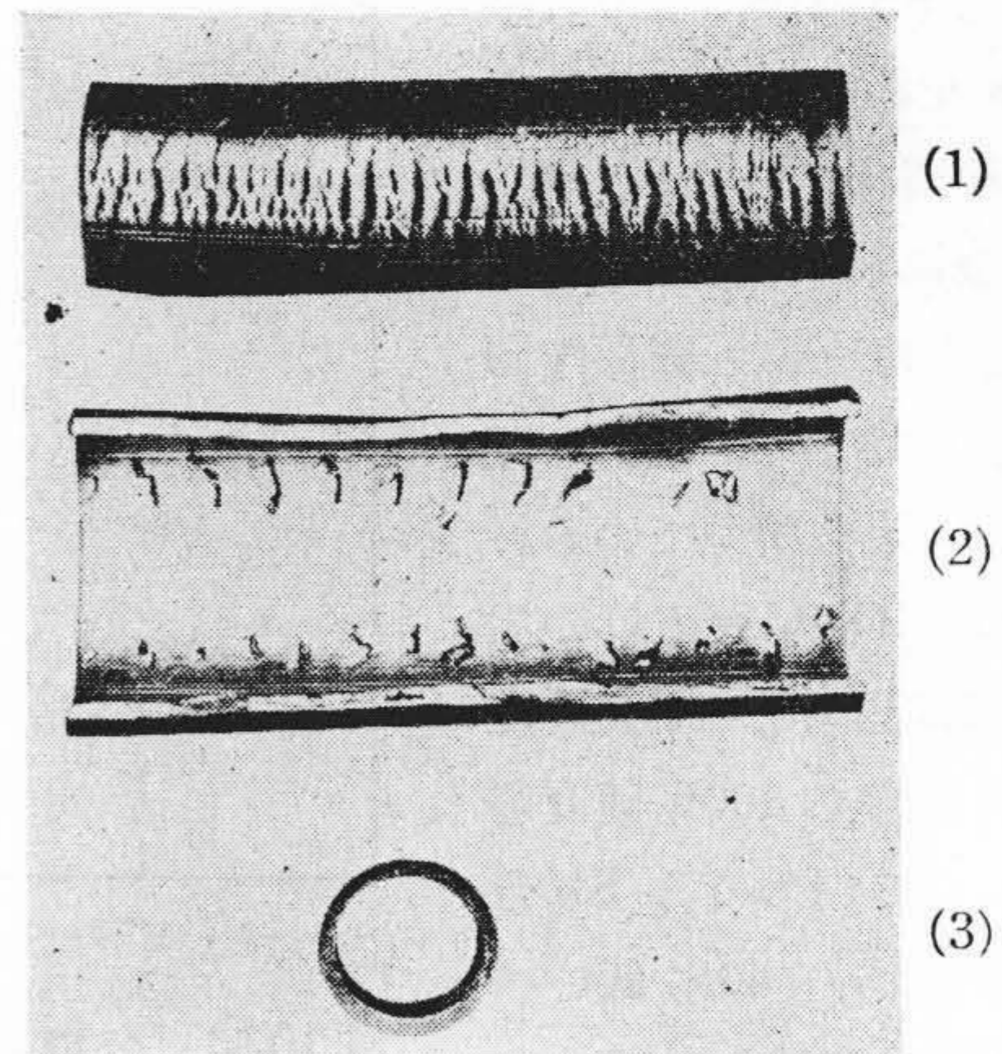
この図について考察すると試料の上部および下部 (No. 1, No. 2 および No. 6) は中心も外側も Sb 濃度はほぼ同一であるが、試料の中央部 (No. 3, No. 4) は試料の中心から遠ざかるにしたがって Sb 濃度が増加しており、分析法のばらつきのみとは考えられず、逆偏析を起している。一方試料断面の肉眼的組織は第12図のようになつており第11図とあわせ考えると Sb 濃度の高いところは柱状晶の部分である。逆偏析は一般に凝固の際できた柱状晶が温度の低下によつて収縮し、その際できた柱状晶間のすきまに低融点組成を吸引するためであるといわれており、上記の結果はこの理論から当然予想されることである。

ただ柱状晶の箇所と中央部の粒晶結晶の箇所の顕微鏡組織を調べたが、結晶粒界はいずれも細かく α 固溶体であることを示している。これは上記逆偏析の生因から考えると矛盾しているが柱状晶間のすきまに吸引された低融点組成は凝固後拡散したものと考えれば一応矛盾なく説明できる。つぎに鑄型温度および注鉛温度を変えた場合について各々試料の中心と側面の Sb の最高濃度差を求めた。これを図示すると第13図のようになる。この結果からわかるように Pb-1% Sb 合金の逆偏析には注鉛温度および鑄型温度が大きく影響している。

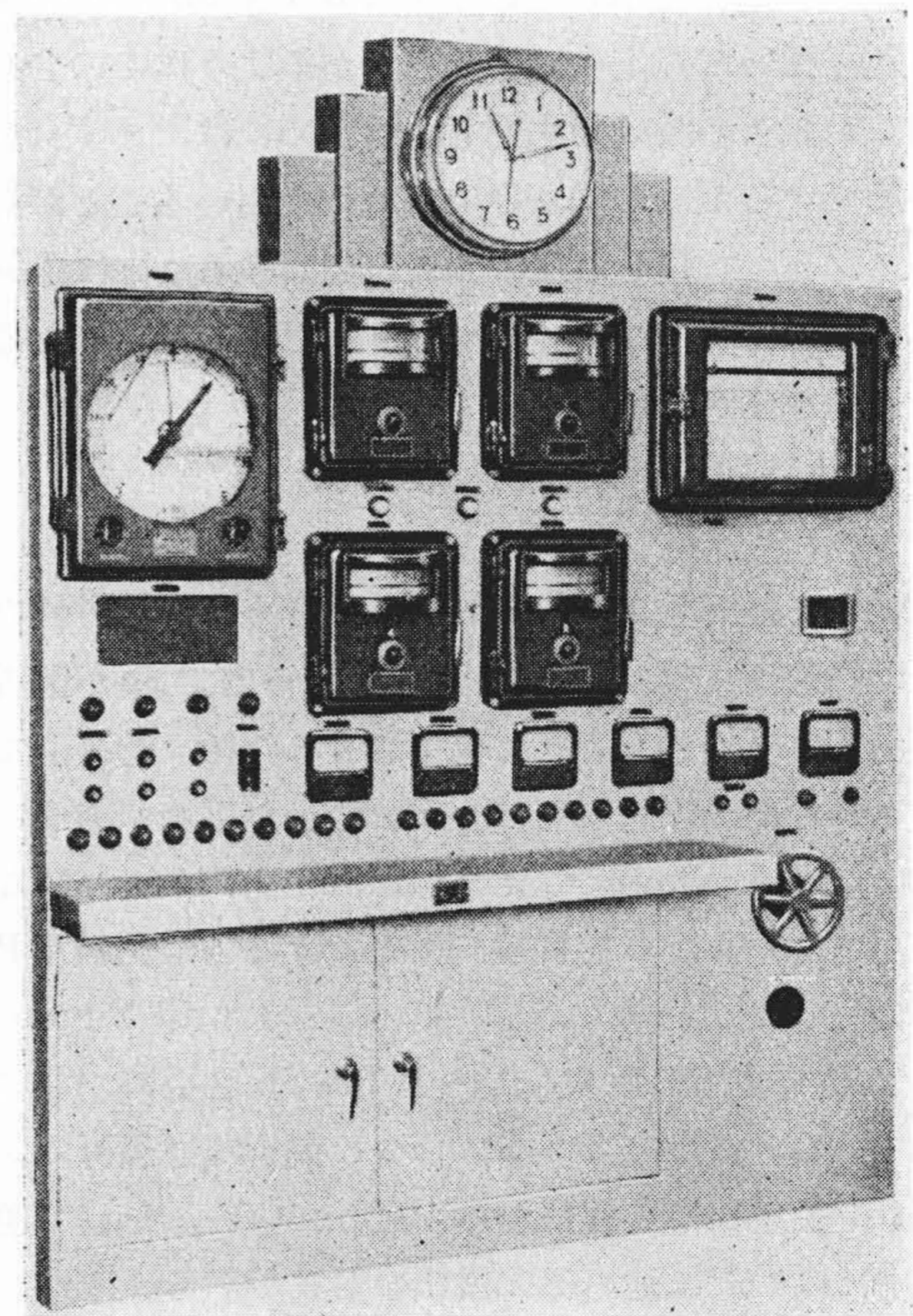
〔VI〕 鉛被製造上の問題点

Pb-Sb系合金の鉛被製造上もつとも問題となるのは押出過程中でソゲといわれている熱間脆性を起して作業能率を著しく低下させる点である。このソゲは第14図の(2)に示すように鉛被内面の長手方向に発生したり時には(1)および(3)に示すように鉛被外面または鉛被内部に発生することもある。

この主原因はコンテナ内で偏析による Sb 濃度の高



第14図 ソゲの発生した鉛被の外観



第15図 被鉛機の制御盤

い部分ができ、この箇所が押出される際口金温度が高いと熔融してソゲを発生するといわれている。実際に Pb-1% Sb-0.06% Cu 合金鉛被のソゲ部分を分析すると Sb が2%にも達していることがある。一方〔V〕で述べたように Pb-Sb 合金の偏析には冷却速度が影響し口金温度はダイボックス温度、押出速度に影響される。これらの諸点から考えて Pb-1% Sb-0.06% Cu 合金鉛被を能率よく製造するためには被鉛機各部の管理を徹底する必要がある。このため著者は第15図に示すように被鉛機各部の制御に自動制御方式を採用して Pb-1% Sb-0.06% Cu 合金の鉛被作業の能率化に成功した。

〔VII〕 結 言

これまで述べたように著者は鉛被用 Pb-1% Sb-0.06% 合金の諸性質および製造上の問題点について検討した。その結果を要約するとつぎの通りである。

- (1) Pb-1% Sb-0.06% Cu 合金は純鉛や Pb-2% Sn 合金に比べて疲労強度が高く耐疲労性のすぐれた鉛被用合金である。
- (2) Pb-1% Sb 合金に Cu を 0.04%~0.08% 程度添加すると常温での抗張力、伸びの変化は少いが高温押出性を改善できる。
- (3) 電解鉛（日本鋳業製）を用いて熔製した Pb-1% Sb 合金は 200°C および 250°C から焼入れすると時効硬化するが 150°C の焼入ではほとんど時効硬化しない。
- (4) Pb-1% Sb 合金に Cu を 0.06% 以上添加すると時効硬化を減少させる。
- (5) Pb-1% Sb 合金および Pb-1% Sb-0.08% Cu 合金に微量の As を添加すると著しい時効硬化を起すようになる。
- (6) Pb-1% Sb 合金は逆偏析を起しこの偏析は注鉛温度および鑄型温度に影響される。

なお Pb-1% Sb 合金の偏析に及ぼす Cu の影響については今後の実験によつて検討する予定である。

終りに臨み本研究を行うに当り御指導、御鞭撻を戴いた日立電線株式会社内藤、山野井両部長、久本副部長、水上、山本両課長、山路主任に御礼申し上げる。

参 考 文 献

- (1) F. Glander, W. Glander: Z. Metallkunde, 46, 552, (1955)
- (2) H. F. Moore, B. B. Betty, C. W. Dollins: The Creep and Fracture of Lead and Lead Alloys, Bulletin University of Illinois Engineering Experiment Station, No. 272, (1935)
- (3) H. F. Moore, B. B. Betty, C. W. Dollins; Investigation of Creep and Fracture of Lead and Lead Alloys for Cable Sheathing, Bulletin University of Illinois Engineering Experiment Station, No. 306, (1938)
- (4) G. R. Gohn, W. C. Ellis: Proc. A.S.T.M., 51, 721, (1951)
- (5) L. Zickrick: Trans. A.I.M.E., 194, 345, (1952)
- (6) A. Loeschmann: Erzmetall, 5, 219, (1952)
- (7) Metals Handbook, 1237, (1948) (A.S.M.)
- (8) W. Hofmann, A. Schröder, H. Hanemann: Z. Metallkunde, 29, 39, (1937)
- (9) K.S. Seljesater: Trans. A.I.M.E., 171, 573, (1929)
- (10) M. Bluth, H. Hanemann: Z. Metallkunde, 29, 48, (1937)
- (11) E. E. Schumacher, G. M. Bouton, L. Ferguson: Ind. & Eng. Chem. 21, 1042, (1929)
- (12) E.E. Schumacher, Trans. A.I.M.E., 188, 1097, (1950)
- (13) W. Hofmann, H. Hanemann: Z. Metallkunde, 30, 416, (1938)
- (14) L. M. T. Hopkin, J. Thwaites: J. Inst. of Metals, 81, 255, (1953)
- (15) E. E. Schumacher, G. M. Bouton: Metals Handbook, 948, (1948) (A.S.M.)
- (16) A.C. Simon: J. of Electrochemical Soc., 101, 536, (1954)
- (17) R. Gender: J. Inst. of Metals, 37, 241, (1927)
- (18) C.H. Bierbaum: J. Inst. of Metals, 37, 281, (1927)
- (19) F. Höhne: Giesserei, 20, 523, (1953)
- (20) W. Claus, F.W. Bauer: Metallwirtschaft, 15, 587, (1936)
- (21) G. Masing, O. Dahl: Z. Anorg. Chem., 154, 189, (1926)

Vol. 19

日 立

No. 5

目 次

- ◎あれから十年……………夏川静江
- ◎これからのテレビ
- ◎電気井戸ポンプの選び方
- ◎私のデザインノート
- ◎電気のメモ
- ◎ショールーム

- ◎わが家の調理室
- ◎機関車の移り変り ③
- ◎一馬力の仕事
- ◎日立だより
- ◎新しい照明施設

誌代 1冊 ¥60 (〒12)

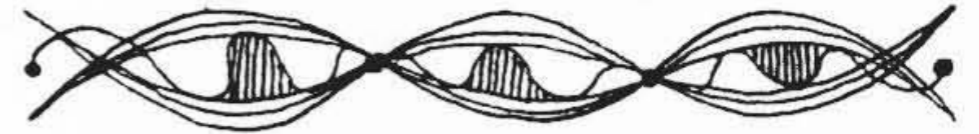
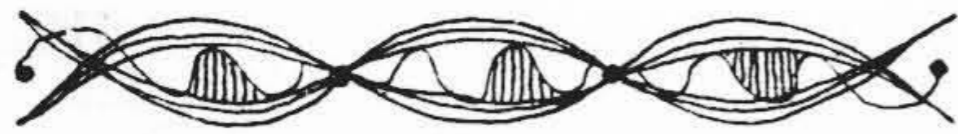
発行所

日 立 評 論 社

取次店

株式会社オーム社書店

東京都千代田区丸ノ内1丁目4番地
振替口座東京71824番東京都千代田区神田錦町3の1
振替口座東京20018番



特許第228422号

福山博・坂部昭

電弧熔接用変圧器

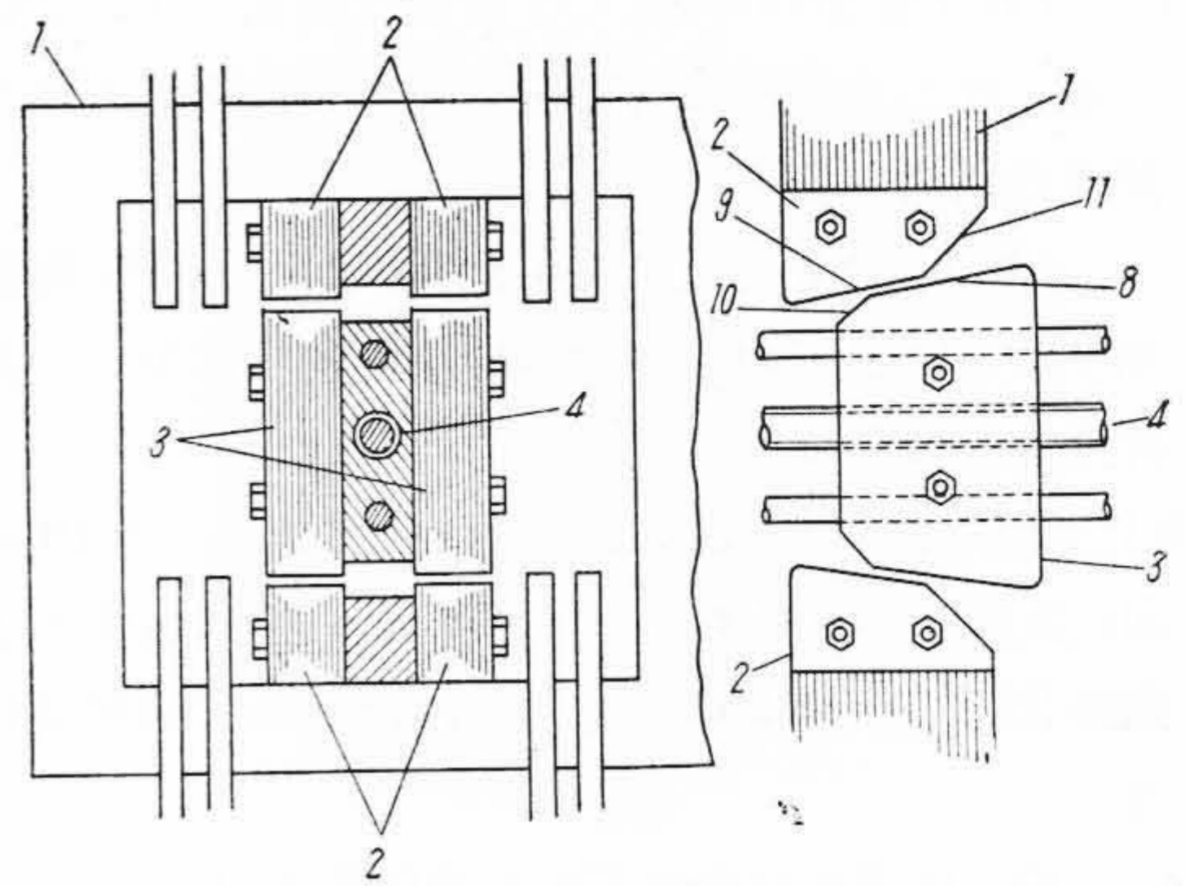
この発明は引抜き型可動鉄心を有する電弧熔接用変圧器の改良に関するものである。

一般に電弧熔接機では熔接電流が全調整範囲を通じ、ハンドルの回転角度すなわち可動鉄心の移動距離に比例して直線的に変化することが望ましい。

しかるに第4図に示す従来のこの種変圧器では、電流調整は鉄心の対向面積の変化のみによつて行われていたため、鉄心対向面積の減少に伴い可動鉄心以外の漏洩磁路を通る磁束の影響で電流変化が緩慢となり、第5図Aのように電流調整曲線が非直線的となるばかりでなく、可動鉄心3が固定鉄心1から抜出す際、両者の相対する隅角部に磁束が集中し、上下空隙のわずかな不平衡によつて可動鉄心の振動を生じやすい欠点があつた。

この発明は上記の欠点を除くため、第1図ないし第3図に示すように可動鉄心3をその移動方向に対し傾斜した端面8を持つ梯形に作り、固定鉄心1には可動鉄心の上記端面に密着するような傾斜面9を持つ磁極片2を取付け、さらに可動鉄心3が磁極片2から抜出す際両者の相対する隅角部を切欠き上記傾斜面8、9より一層急な傾斜面10、11を形成したものである。

この構造によると、可動鉄心3が図の左端にあるとき傾斜面8、9が密着して漏洩磁路コンダクタンスが最大となり、この状態から移動用ネジ4を回して可動鉄心を右に動かすときは傾斜面8、9の対向面積が減少すると同時にその対向距離が増大して漏洩磁路コンダクタンスを急激に減少させ、可動鉄心以外を通る漏洩磁束の影響を打消して熔接電流を可動鉄心移動距離に対し直線的に

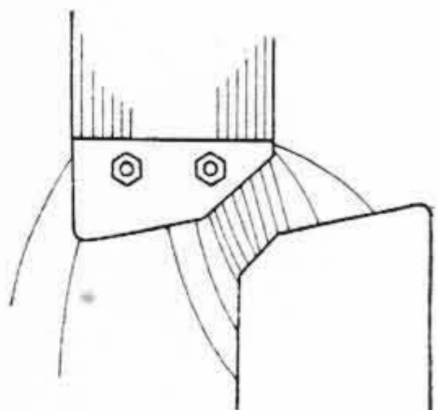


第1図

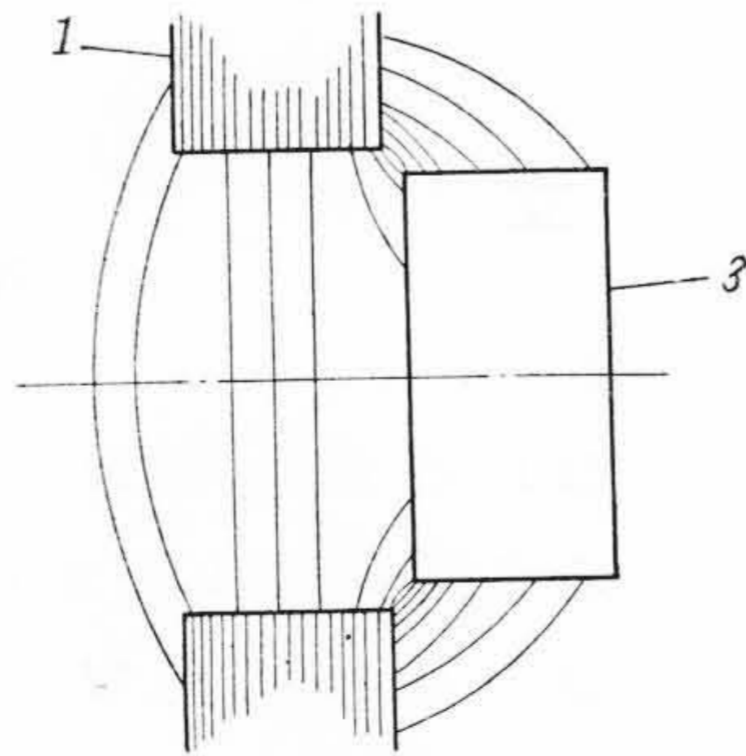
第2図

変化させる。さらに可動鉄心が移動し第3図のように傾斜面10、11が対向するに至れば、可動鉄心の移動に伴う対向距離の変化は一層急になり、熔接電流の変化が緩慢化しようとする傾向を是正して引続き熔接電流を直線的に変化させる。

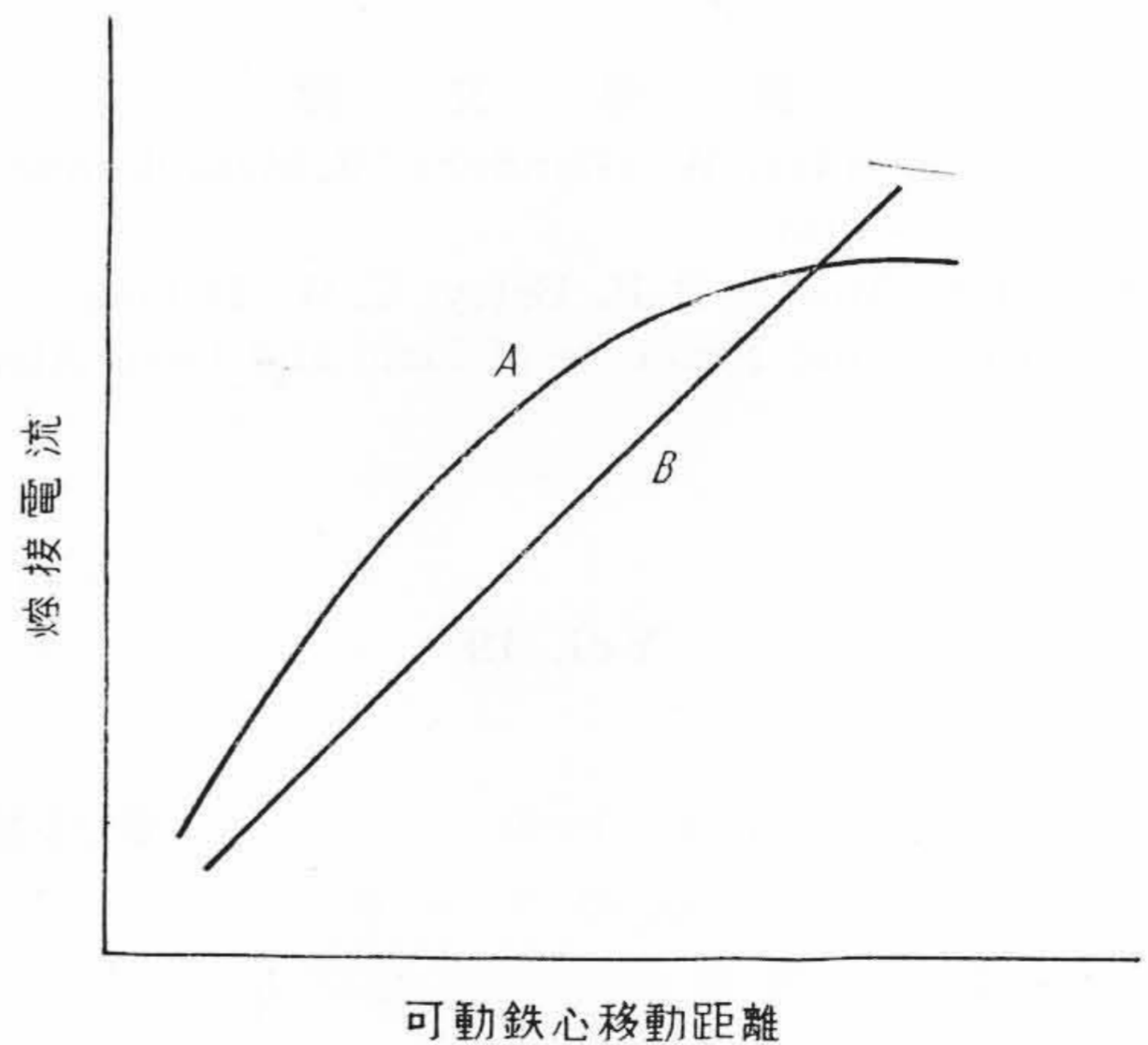
かくして傾斜面8、9および10、11の角度を適当に選ぶことにより電流調整曲線を第5図Bのような理想的特性に近づけることができる。また鉄心の隅角部を切欠いて磁束の集中を避けたため可動鉄心の振動も同時に防止できる。(坂本)



第3図



第4図



第5図