

ケーブル鉛被用鉛およびその合金の熔融酸化過程

山路 賢 吉* 大 畠 芳 昭**

The Oxidation Process in Molten State of Lead and Its Alloys for Lead Sheathed Cable

By Kenkichi Yamaji and Yoshiaki Ōhata
Hitachi Electric Wire and Cable Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

It is a well known fact that the greatest enemy to the manufacturing of lead sheath is lead oxide which is present in the ingot of lead and readily formed whenever molten lead comes in contact with oxygen in the air. This oxide is a principal factor of the heterogeneities found in the lead sheathed cable.

Should a close investigation on the problem of lead oxide be made, the oxidation process of molten lead must be studied. The purpose of the writers was to determine the state of oxidation of pure lead and lead alloys used for lead sheath of the cable containing Sn, Sb, Al and Na, and at the same time to investigate the effects of covering fluxes, i.e. ZnCl_2 , NH_4Cl and graphite powder, on the oxidation of lead by way of discussing their recent experiment. The rate of oxidation for molten samples was determined in their experiment with the aid of thermo-microbalance, designed particularly suitable for the experiment on such a continuous oxidation as lasting 5 hours at temperatures ranging from 330°C to 550°C . The results of experiment are as summarized below:

- (1) The parabolic law was applied to the oxidation curve of pure lead and Pb-2.5% Sn alloy.
- (2) As regards lead alloys containing a small amount of Sb, Al or Na, a linear relationship was found between oxidized weight and holding time.
- (3) Addition of Sn, Al and particularly Na was proved to have a good suppression effect on lead oxidation. The constants of oxidation rate for alloys containing those elements are very small.
- (4) The increase in weight of molten lead by oxidation was hardly recognized in the 5-hour experiment at 400°C , partly shadowed by the remarkableness of the effect of converging fluxes.
- (5) The activation energy of oxidation of molten lead was found to be about 20,000 cal/mol.

〔I〕 緒 言

現在ケーブルに鉛およびその合金を被覆する場合には、堅型または連続被鉛機を使用している。この場合熔融鉛を被鉛機に注入し、押出し作業を行つているので鉛の酸化物が混入するおそれが多分にある。酸化物が混入した場合には、鉛被の溶着状態や機械的性質に種々の悪影響をおよぼすことが報告されている⁽¹⁾。

したがって良好な鉛被をうるためには、混入した酸化

物の挙動を知るとともに鉛およびその合金の熔融状態の酸化物生成過程を究明する必要がある。しかしながら鉛の酸化過程については、アルミニウム、銅および鉄などの場合に比べてあまり研究されていない。鉛の固体状態における酸化については Pilling と Bedworth⁽²⁾ および McAdam と Geil⁽³⁾ の研究があり、彼らによればその酸化過程はほう物線法則⁽⁴⁾によく一致し生ずる酸化物は赤色の PbO であり、酸化過程から活性化エネルギーを算出し 24,200 cal/mol をえている。

熔融鉛の酸化過程についても二、三の研究があるが、

* ** 日立製作所日立電線工場

Bircumshaw と Preston⁽⁵⁾ および Hofmann と Mahlich⁽⁶⁾ の実験結果はいずれも試験時間が短いためまたは試験温度が高温のため本研究にはあまり参考とならない。

Gruhl⁽⁷⁾ は溶融状態の純鉛 (99.93%) およびその合金について酸化過程を詳細に研究している。彼によれば純鉛の酸化曲線は 550°C まではほぼ直線的に増加することを認めている。この事実および 475°C における酸化速度恒数の不連続性について酸化膜を構成している鉛の酸化物の種類およびその量によるためと説明している。なお鉛の酸化物の種類およびその解離温度については E. Weber らの精密な研究⁽⁸⁾がある。

すなわち鉛の酸化物としては下記の 5 種類が考えられる。

- (1) β -PbO: 赤色, 正方晶系 486°C まで安定
- (2) α -PbO: 黄色, 斜方晶系 486°C から 2,300°C まで安定
- (3) Pb_3O_4 : 540°C で分解し PbO となる。

$$2\text{Pb}_3\text{O}_4 \rightleftharpoons 6\text{PbO} + \text{O}_2$$
- (4) $\frac{\text{Pb}_2\text{O}_3}{\text{PbO}_2}$: 400°C で分解し Pb_3O_4 となる。

なお上記の結果は、すべて空気中における測定である。また O_2 は溶融鉛中にほとんど不溶性であることを附記する⁽⁹⁾。

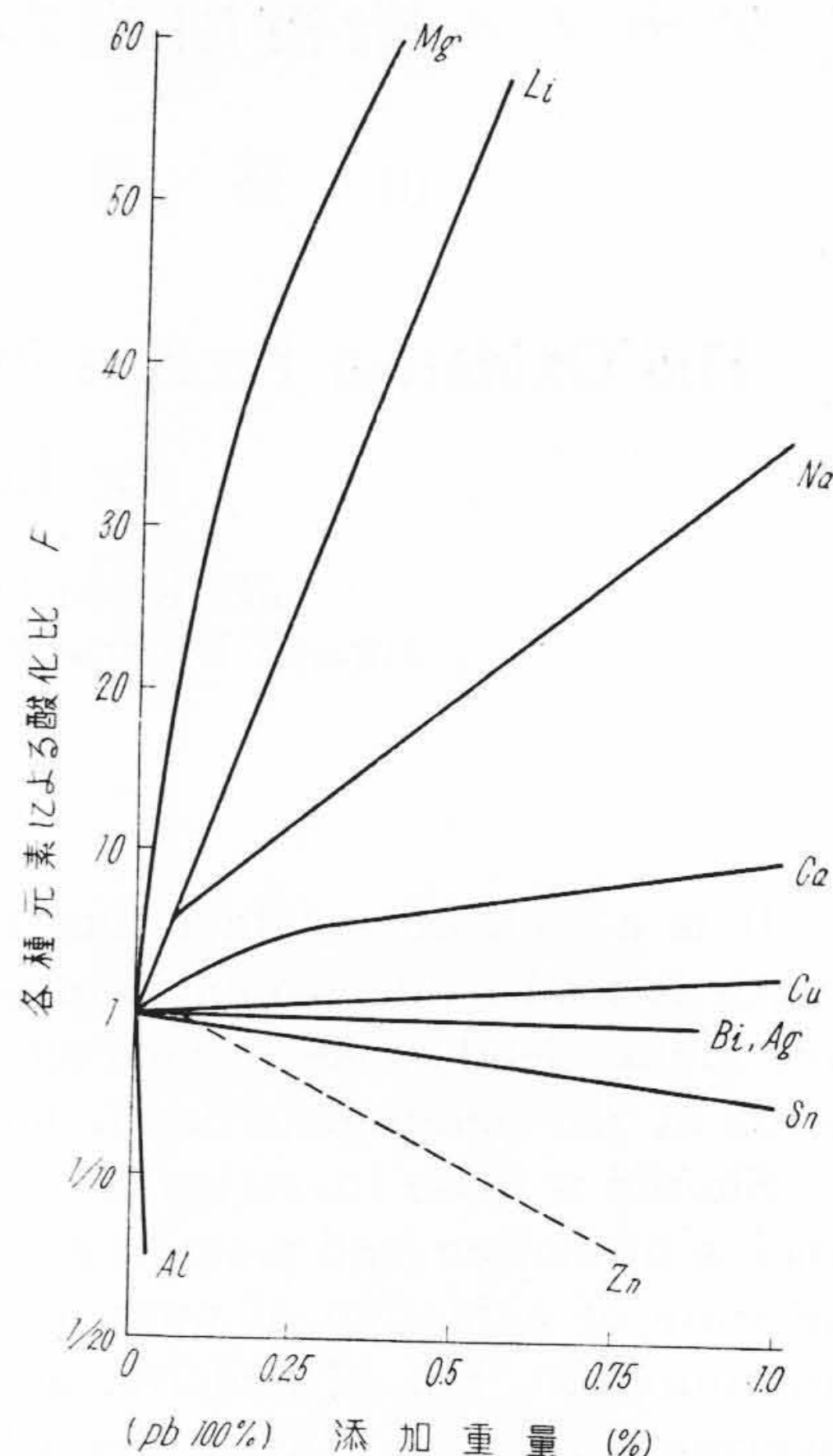
空気中における溶融鉛の酸化抵抗に関する種々の添加元素の影響については、Burckhardt⁽¹⁰⁾始め二、三の系統的な研究⁽⁶⁾⁽⁷⁾がある。

Gruhl⁽⁷⁾ の実験結果を引用すれば、500°C における溶融鉛の酸化におよぼす各種元素の影響は第 1 図の通りである。

$$\text{各種元素による酸化比 } F = \frac{\text{鉛合金の酸化速度}}{\text{鉛の酸化速度}}$$

第 1 図からわかるように、500°C における実験では、アルカリまたはアルカリ土金属は鉛の酸化をかなり増加させる傾向がある。また銅、銀および蒼鉛などは鉛の酸化に大した影響を示さない。錫は鉛の酸化を抑制する効果があり、この効果は、アルミニウム 0.01~0.2% 添加において最も著しい。たゞし亜鉛の効果についてはその結果が研究者により一致していない。

上述のように鉛およびその合金の溶融状態における酸化過程は相当複雑なものである。われらは主として実用鉛被用鉛およびその合金の種々の温度における酸化過程を追及するとともに溶融鉛の酸化におよぼす各種被覆剤の影響を調べたものである。なお Pb-0.15% Al 合金をとりあげたのは上述のように微量のアルミニウムが鉛の酸化防止に著しい効果を示すためである。



第 1 図 溶融鉛の 500°C における酸化におよぼす各種元素の影響
(主として Gruhl の実験結果による)

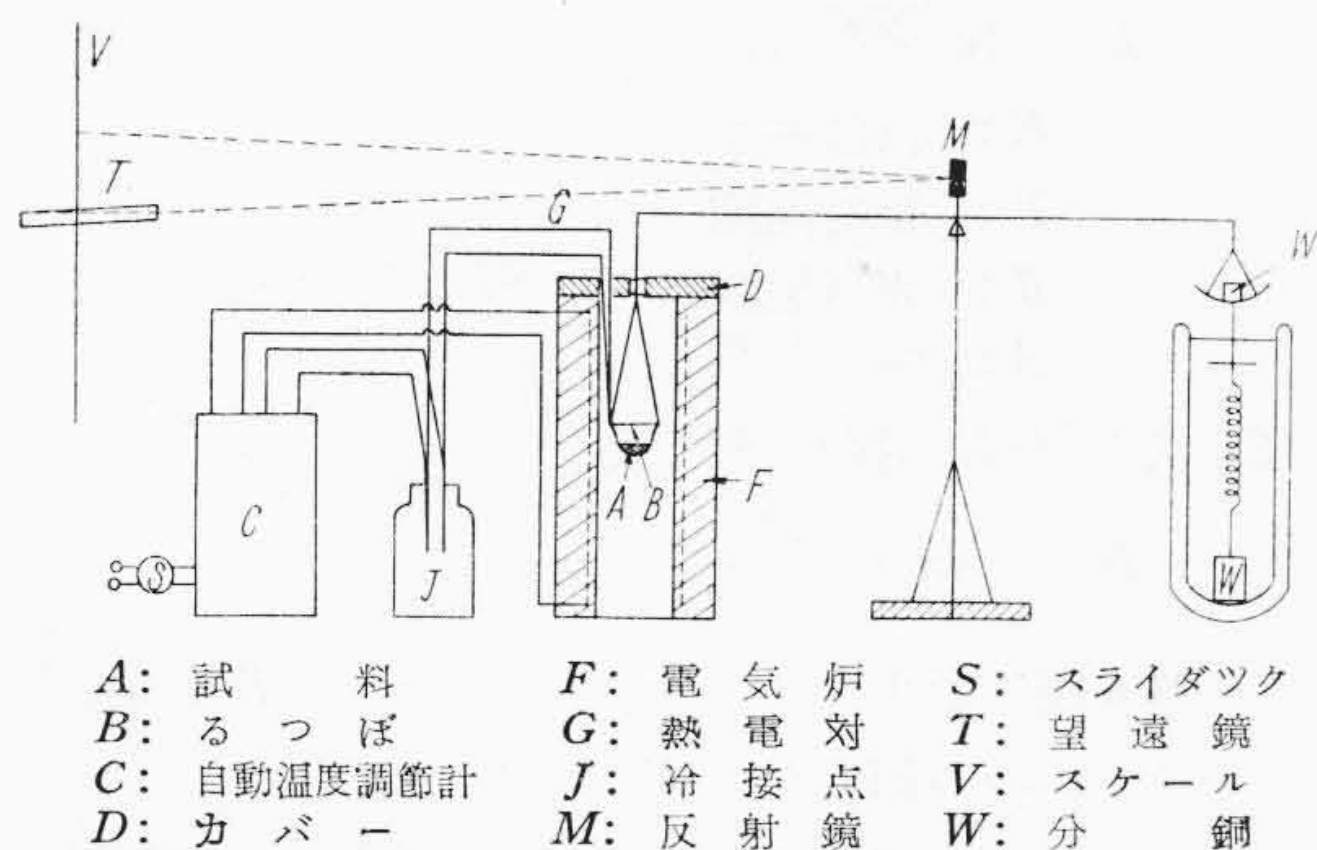
Fig. 1. Effect of Various Elements on the Oxidation of Liquid Lead at 500°C, (Mainly from the Results of Gruhl)

〔II〕実験方法

使用した鉛の純度は 99.98% であり、各種合金元素もできるだけ高純度のものをえらんだ。なお合金組成として挙げた数字は、ナトリウムの場合を除きすべて分析結果にもとづくものである。試料の重量は各合金につき 18 g, 表面積は 12.2 cm² とした。実験には第 2 図に示すように熱天秤を使用した。

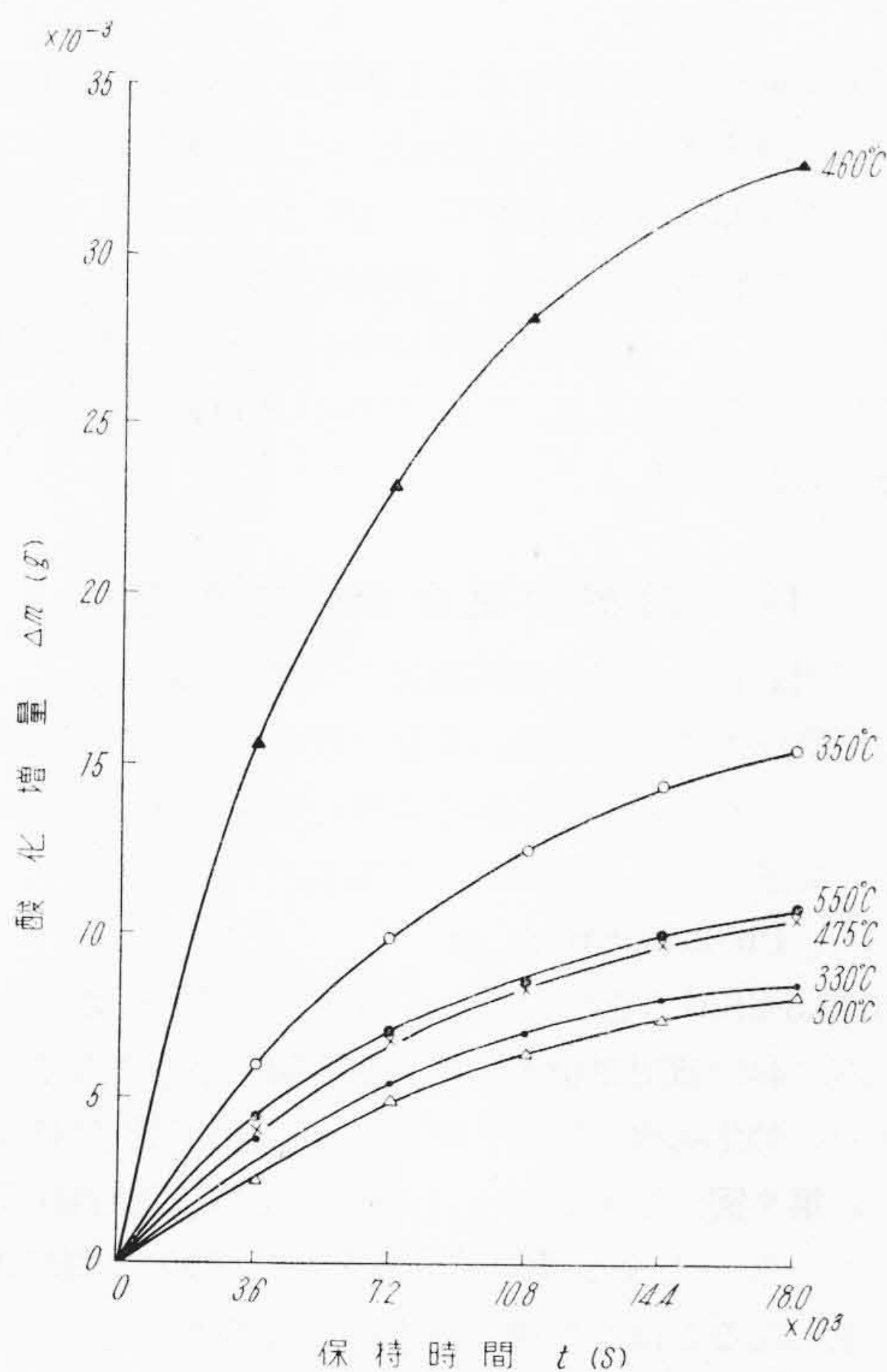
実験に当つてはスケールと反射鏡との距離を適当に調節し、スケール上の 1mm が 1mg に相当するようにした。すなわちこの天秤の精度は 1mg である。まず予備実験として分銅とスケール上の目盛の変化が直線的関係を示す範囲を求め、この範囲内で実験を行つた。つぎに使用するつぼを空焼きし試料を入れることなく所定温度に数時間保持し目盛変動のないことを確めた。また熱電対の存在している場所とつぼ内の温度差も各温度において測定し、つぼ内の真の温度を求めた。

なお所定温度にするまでの昇温速度は約 20°C/min とした。測定は 3~5 分毎に行い、全測定時間は約 6 時間である。



第2図 酸化過程測定装置

Fig. 2. Schematic View of Apparatus for Measuring Oxidation Process

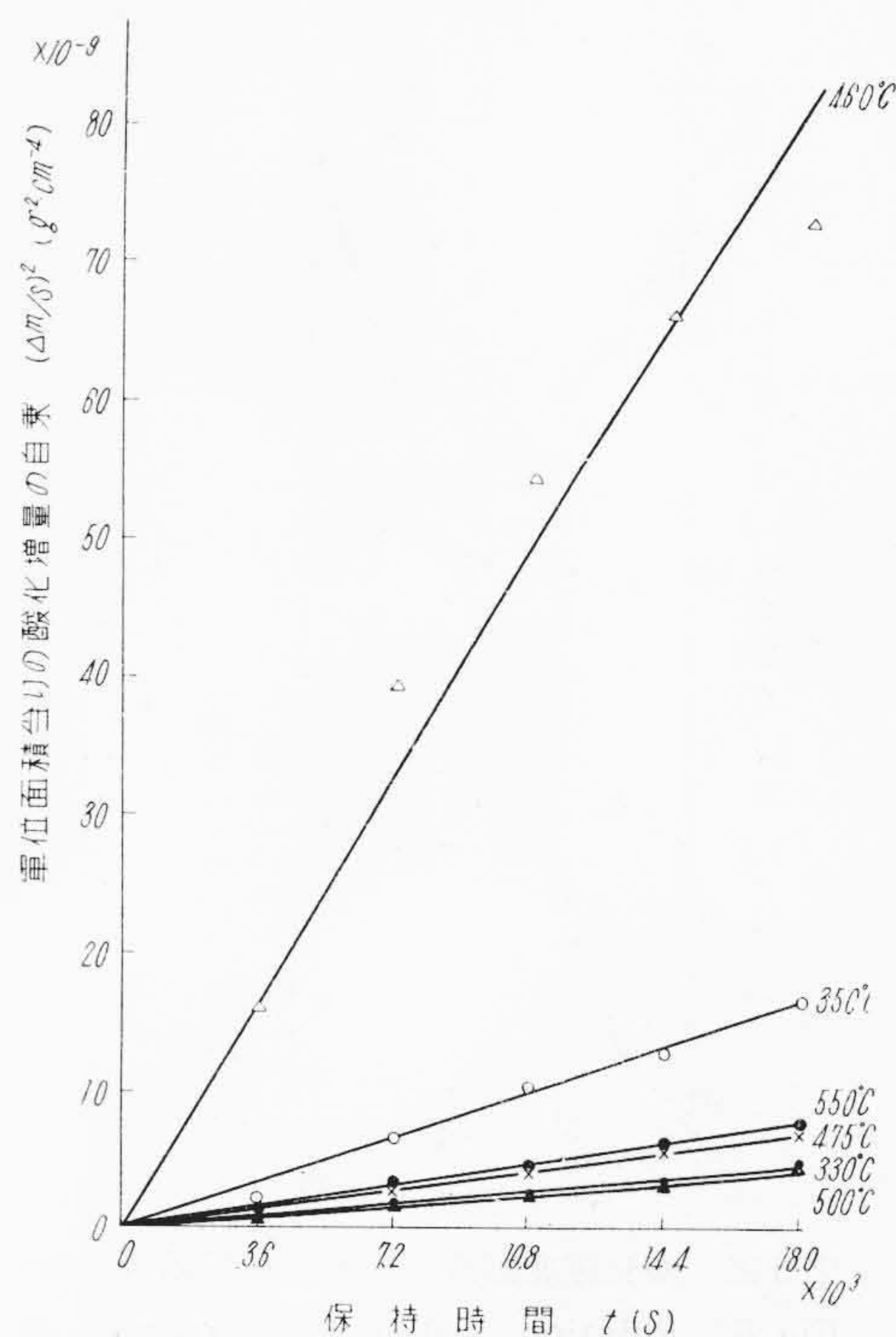

 第3図 酸化増量と保持時間との関係(純鉛)
 Fig. 3. Relation between Increase in Weight and Holding Time (Pure Lead)

〔III〕 純鉛の酸化過程

330~550°C の各温度における酸化増量の保持時間による変化を第3図に示す。この曲線の形はほう物線と考えられるから、酸化増量を $\Delta m(g)$ 、時間を t とすれば次式が成り立つ。

$$(\Delta m)^2 = k_p \cdot t \dots \dots \dots (1)$$

したがって、 t に対して $(\Delta m/s)^2$ (ただし S : 表面積)



第4図 単位面積当りの酸化増量の自乗と保持時間との関係 (純鉛)

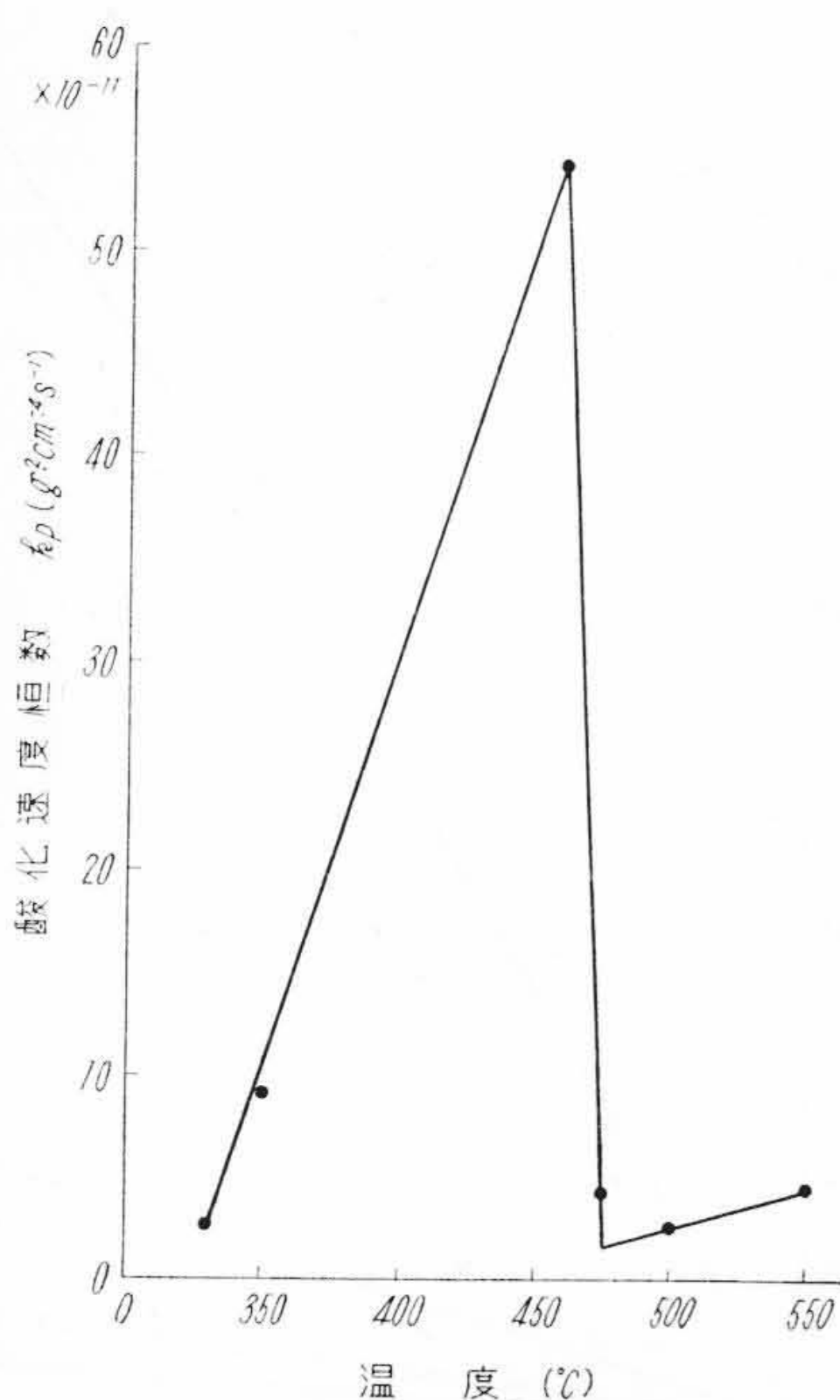
Fig. 4. Relation between Square of Increase of Weight per Unit Area and Holding Time (Pure Lead)

をプロットすると第4図のようになり、460°C では測定点に若干のバラツキがあるが他はよく一直線上にのつてくる。故にこの場合ほう物線法則が成立すると考えられる。したがって k_p は酸化速度恒数である。

つぎに酸化速度恒数を温度に対してプロットすると第5図(次頁参照)がえられる。第5図からわかるように k_p は 460°C 附近まで急激に上昇し、475°C 附近で谷を形成し以後温度とともに漸増する。475°C 附近における折点については Gruhl⁽⁷⁾ も実験上見出しているところであり、つぎのように考察できる。

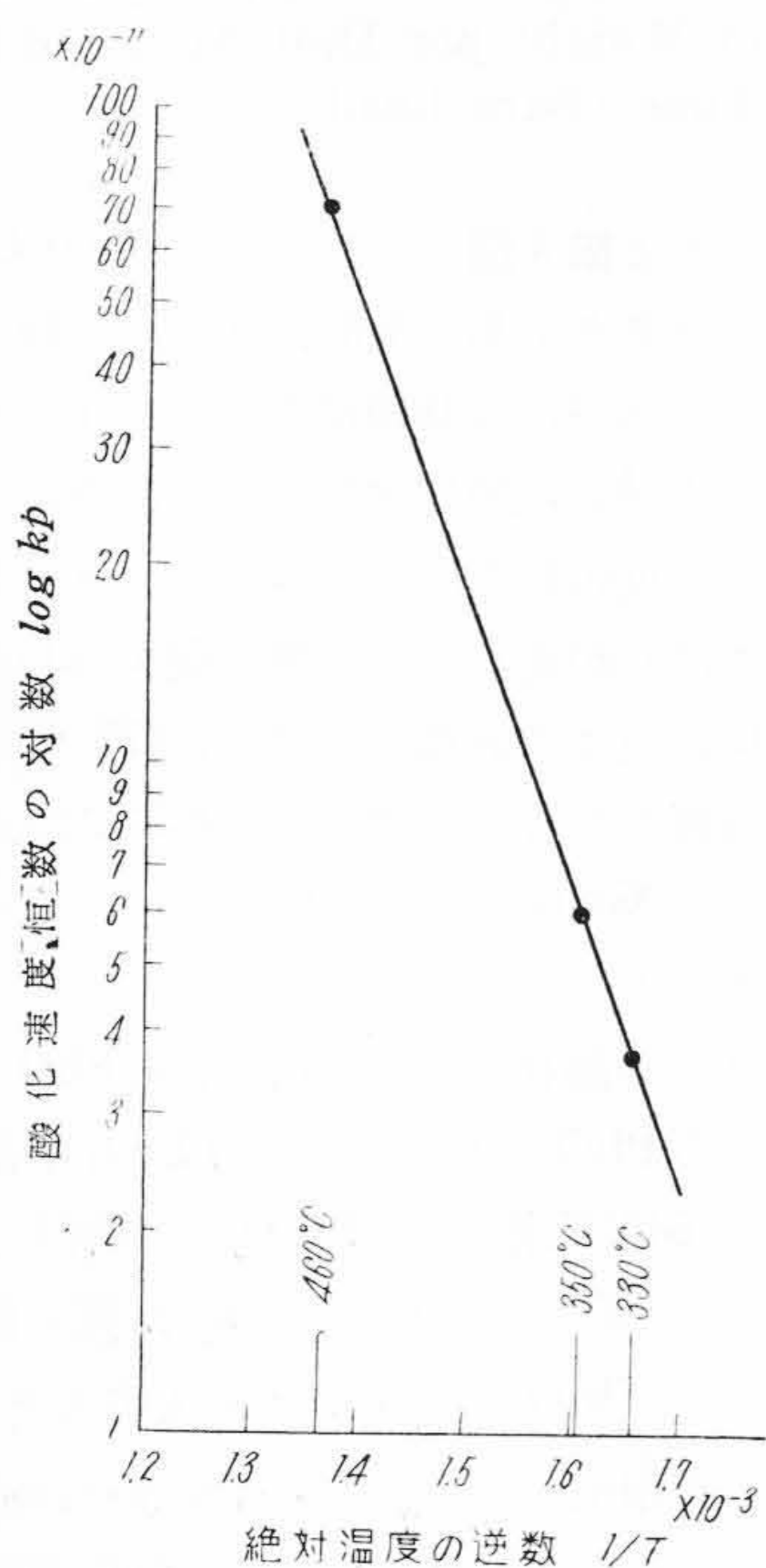
475°C 以下では酸化膜は α または β -PbO よりなる。475°C 附近から PbO の被膜の上に Pb_3O_4 がかぶさってくる。そして 540°C 附近で Pb_3O_4 は分解し PbO となる。したがって 475~550°C 間で k_p が低い値を示すのは酸化膜表面の Pb_3O_4 の存在によるものと考えられる。

酸化反応は異相系反応であつて気相または液相における均質系反応とその趣を異にし拡散が反応速度を支配する。したがつてもし PbO_2 , Pb_2O_3 の影響を無視すれば 460°C 以下の温度範囲では PbO を通じての拡散による酸化と考えられるから次式が成り立つ。



第 5 図 酸化速度恒数と温度との関係 (純鉛)

Fig. 5. Relation between Constant of Oxidation Rate and Temperature (Pure Lead)

第 6 図 $\log k_p$ と $1/T$ の関係 (純鉛)Fig. 6. Relation between $\log k_p$ and $1/T$ (Pure Lead)

$$k_p = Ae^{-\frac{E}{RT}} \dots \dots \dots (2)$$

ただし E : 活性エネルギー

T : 絶対温度

R : ガス恒数 ($=1.987 \text{ cal/}^\circ\text{C-mol}$)

A : 恒数

(2) 式の両辺の対数を取ると

$$\ln k_p = \ln A - \frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

故に第 6 図に示すように k_p の対数と $1/T$ を両軸にとればその直線の傾斜から E を算出できる。

計算の結果 $E=20,280 \text{ cal/mol}$ をえた。この値は, Gruhl のデータ⁽⁷⁾からわれわれが求めた $E=20,000 \text{ cal/mol}$ にほぼ等しい。これらの値は固体状態の鉛の酸化過程から求めた $E=24,200 \text{ cal/mol}$ ⁽³⁾ より若干低い値を示している。

実験後試料表面の色を見ると 350°C 以下ではうす茶色であるが, 400°C 以上では黄味だいたい色を呈していた。しかし 475°C , 500°C , 550°C ではにぶいだいたい色であった。すなわち酸化の著しい試料は黄味だいたい色を示していた。これは表面に存在している α または $\beta\text{-PbO}$ の被膜が多孔質であり, これに比べ Pb_3O_4 の被膜が密なためと思われる。

〔IV〕 鉛被用更合金の酸化過程

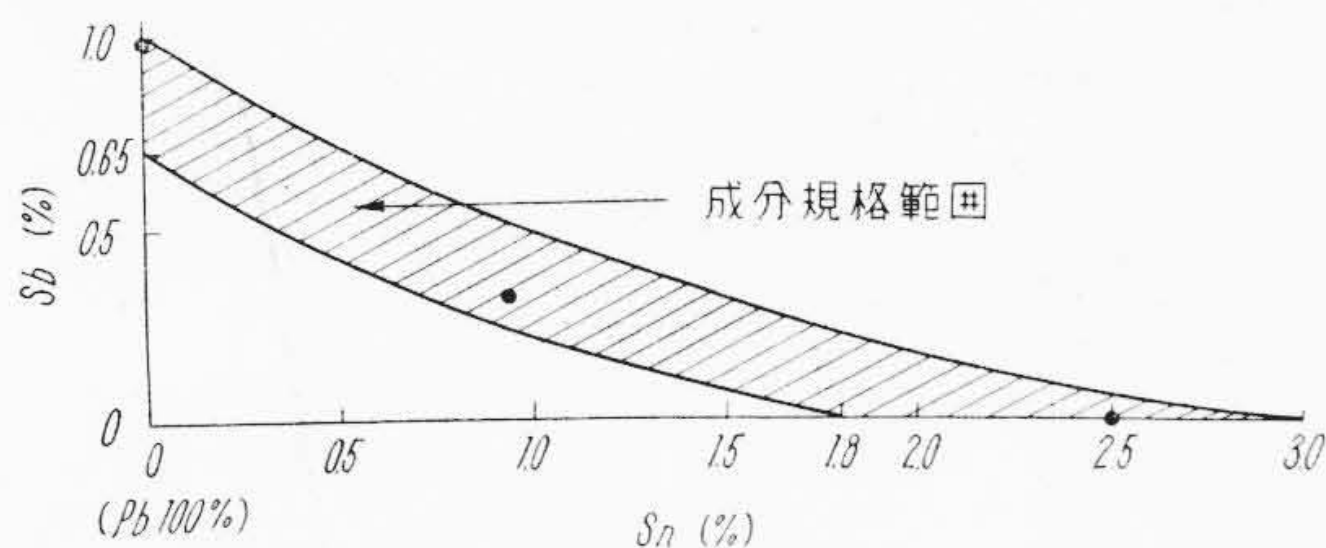
鉛被用更合金の成分規格範囲⁽¹¹⁾を第 7 図に示す。この規格範囲内にある 3 種の合金 (図中黒点でその組成を示す) について, 各温度における酸化増量を測定した結果について述べるとつぎのようになる。

(1) Pb-2.5%Sn 合金

Pb-2.5%Sn 合金についてその酸化増量と時間 t との各温度における関係を求めると第 8 図のようになる。この場合の酸化曲線も純鉛と同様にほう物線法則にほぼ合致し, 第 9 図に示すように $(\Delta m/s)^2$ と t は直線関係を有している。ただし 550°C の場合には酸化時間が 3 時間以上になるとほう物線よりずれ, 曲線は t 側に傾き対数曲線に近くなる (この現象に関してはさらに実験を重ねる必要がある)。

第 10 図にこの場合の酸化速度恒数と温度との関係を示す。この図からわかるように, 460°C に極大点を示すことは純鉛の場合と同じ傾向であるが, k_p の値は 460°C までは著しく小さくなく, 475°C をこすとその値は純鉛に比べはるかに大きい。実験終了後の試料表面を観察すると 450°C までは青味を帯びた灰色を呈し, 460°C を越えるとこれにやゝ黄色がまじり, 550°C では全面淡黄色を呈するに到る。

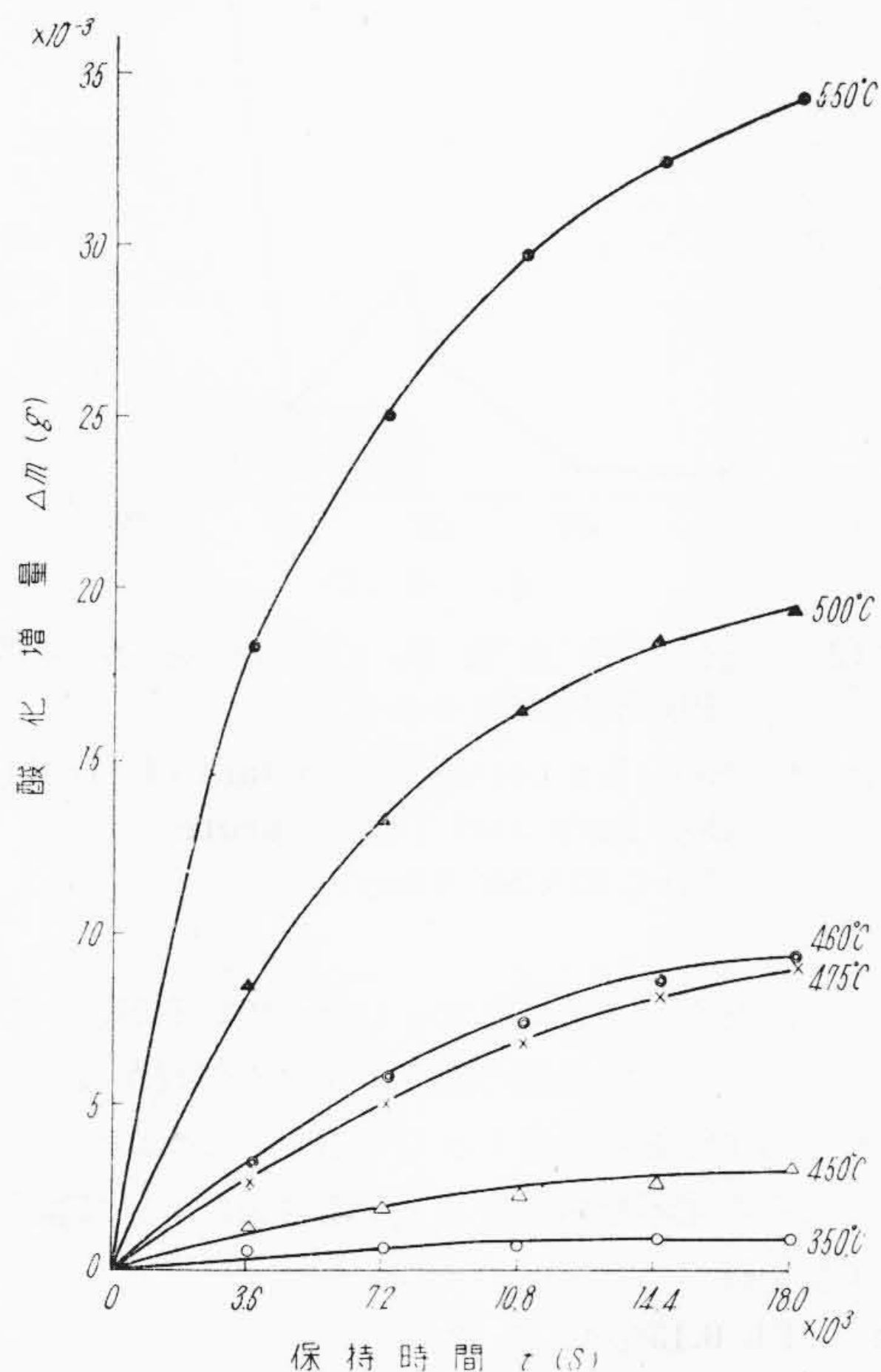
上述のように 450°C 以下の温度では, Sn の添加は Pb の酸化に対し著しく良好な影響を示すことが判明した。



$$\frac{1.8-2.8\text{Sb}}{1+\text{Sb}} < \text{Sn} < \frac{2.7(1-\text{Sb})}{0.9+\text{Sb}}$$

$$\frac{1.8-\text{Sn}}{2.8+\text{Sn}} < \text{Sb} < \frac{2.7-0.9\text{Sn}}{2.7+\text{Sn}}$$

第7図 鉛被用更合金の成分規格範囲
Fig. 7. Composition Range of Remade Lead



第8図 酸化増量と保持時間との関係
(Pb-2.5%Sn 合金)

Fig. 8. Relation between Increase in Weight and Holding Time (Pb-2.5%Sn Alloy)

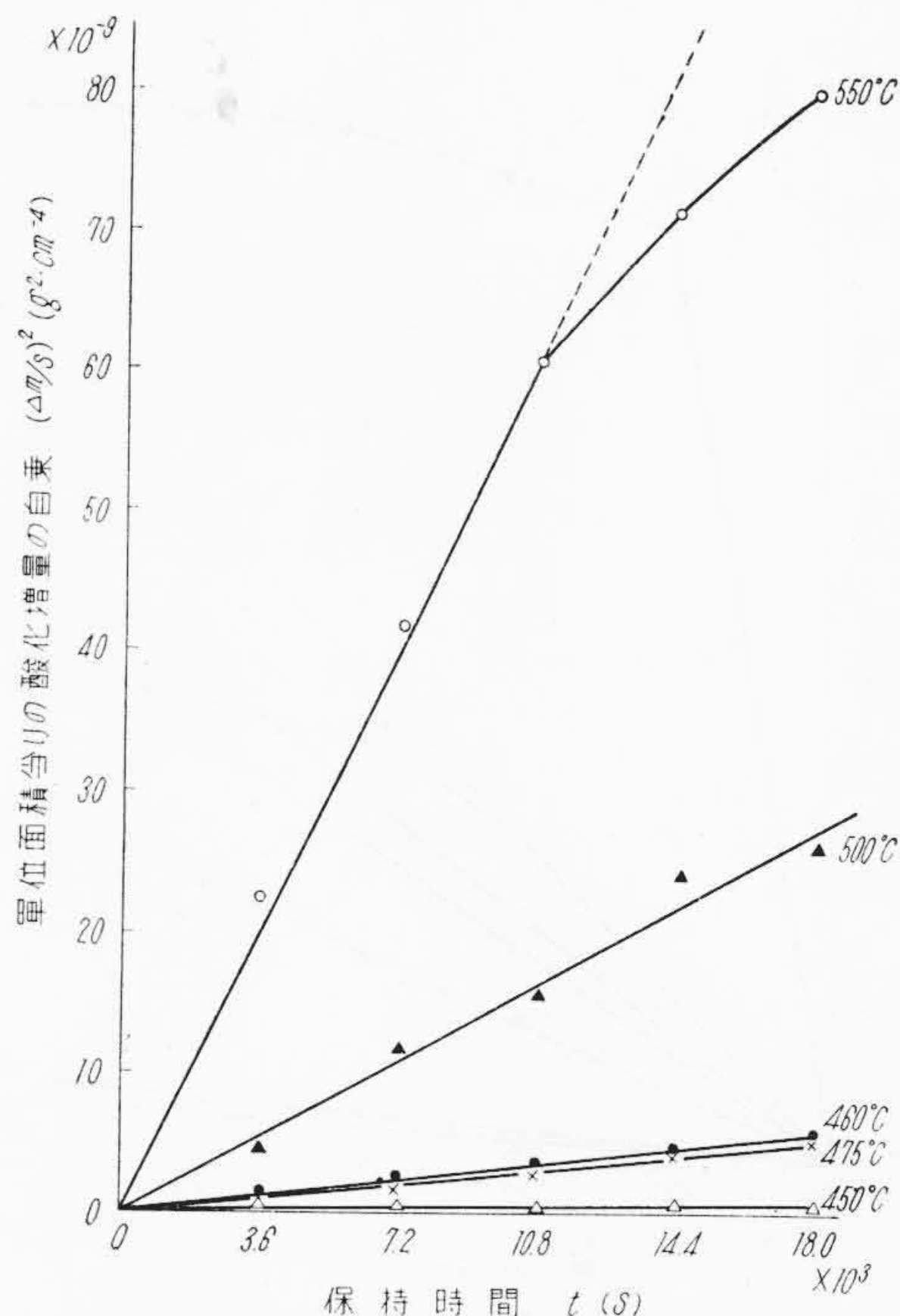
(2) Pb-0.99%Sb 合金

単位面積当りの酸化増量と保持時間との関係を第11図(次頁参照)に示す。図に示すようにその間にはほぼ直線関係が成立する傾向がある。たゞし 460°C, 550°C の場合のように酸化量が大である場合には、前者は1時間、後者は2時間後からその酸化速度は小さくなってくる。

直線関係が成立する場合には次式が成り立つ。

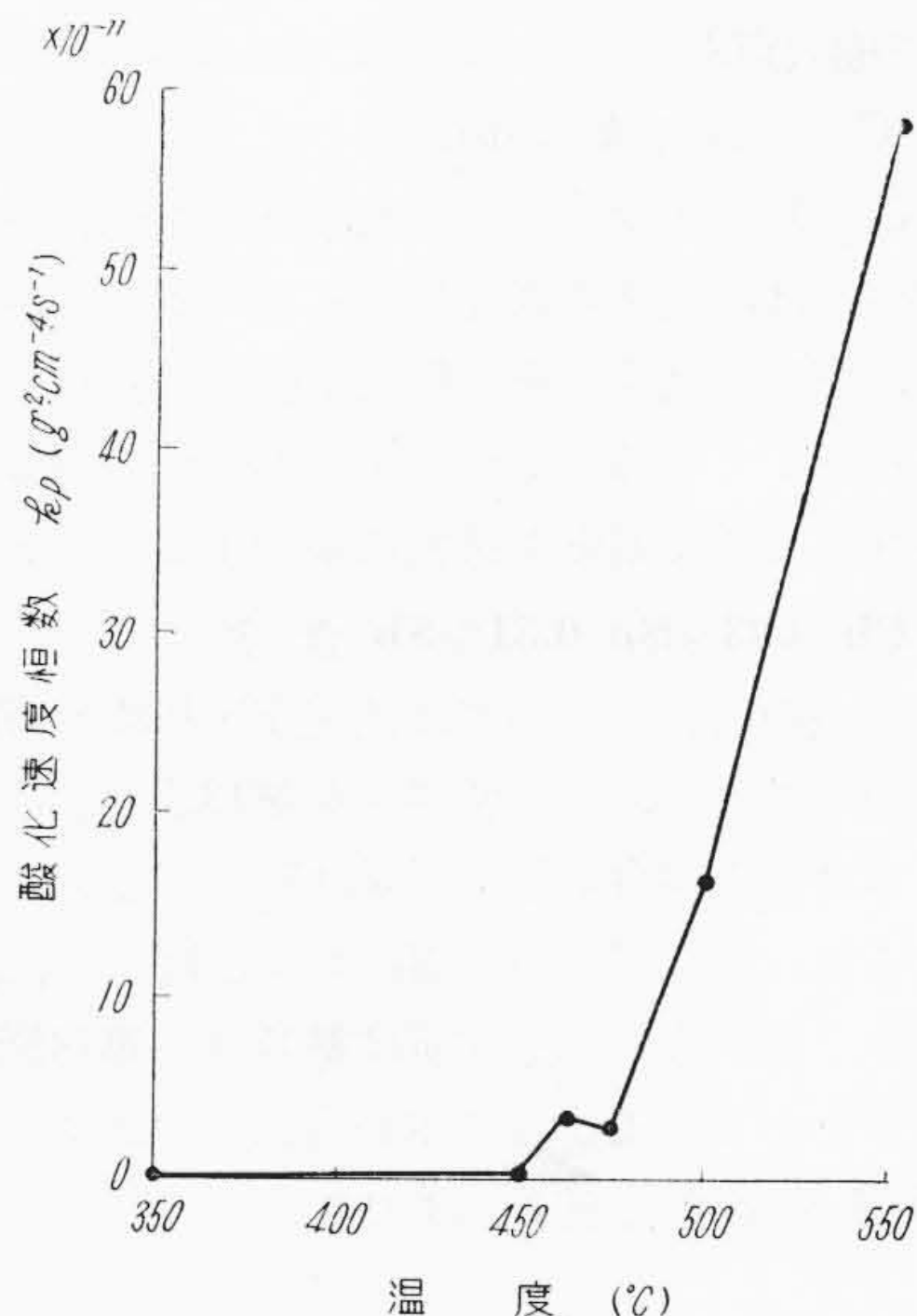
$$\frac{\Delta m}{S} = k_i t \dots\dots\dots (3)$$

これより酸化速度恒数 k_i を温度に対してプロットし



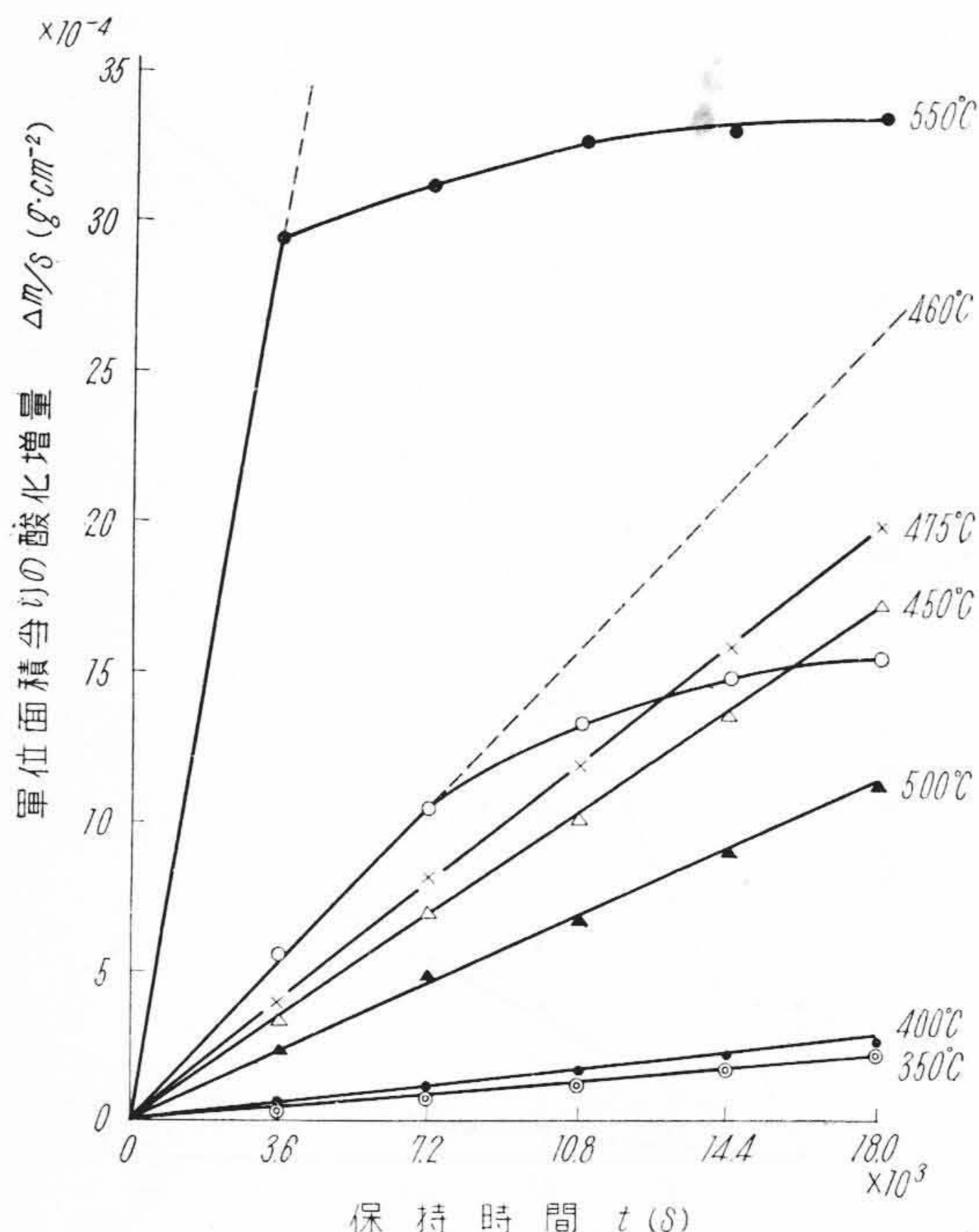
第9図 単位面積当りの酸化増量の自乗と保持時間との関係 (Pb-2.5%Sn 合金)

Fig. 9. Relation between Square of Increase of Weight per Unit Area and Holding Time (Pb-2.5%Sn Alloy)



第10図 酸化速度恒数と温度との関係 (Pb-2.5%Sn 合金)

Fig. 10. Relation between Constant of Oxidation Rate and Temperature (Pb-2.5%Sn Alloy)



第11図 単位面積当りの酸化増量と保持時間との関係 (Pb-0.99%Sb 合金)

Fig. 11. Relation between Increase of Weight per Unit Area and Holding Time (Pb-0.99%Sb Alloy)

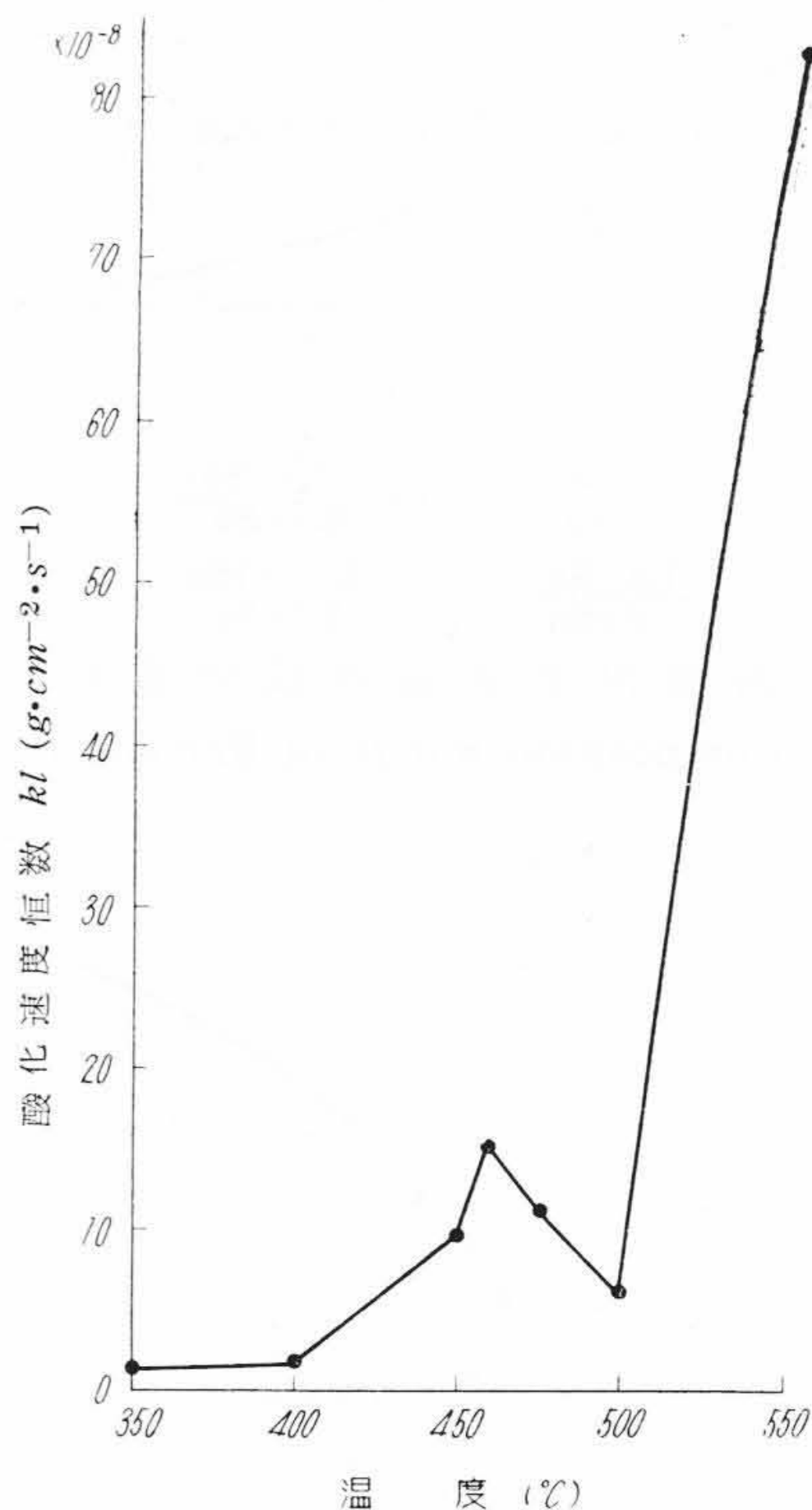
てみると第12図をえる。この図からわかるように 460°C 付近で極大点を示すことは前二者と同傾向であるが、その 550°C における k_i の値は著しく大きい。なお 460°C, 550°C の場合の k_i の値は1時間後より求めた。Sb を含む場合には酸化後の表面状態は前二者に比べ相当荒れており、黄色を呈するその酸化皮膜が多孔性のものであることを示している。したがって本合金の場合には特に溶解時間ならびに温度を厳密に規定する必要がある。

(3) Pb-0.93%Sn-0.31%Sb 合金

本三元合金の場合については前記 Pb-0.99% Sb 合金と全く類似しており、その関係図を第13図および第14図に示す。本合金の場合も酸化増量は時間とともに直線的に増大する故、前記同様溶解温度および時間に注意を要する。しかしながらその酸化量は第12図と第14図を比較すればあきらかであるように本系合金の方がはるかに少ないが、Pb-2.5%Sn 合金よりは大きい。

[V] その他の鉛合金の酸化過程

微量のアルミニウムが鉛の酸化を防止する効果が著しいことは第1図からも容易に考えられる。ナトリウムについては第1図に示すように 500°C おける鉛の酸化



第12図 酸化速度恒数と温度との関係 (Pb-0.99%Sb 合金)

Fig. 12. Relation between Constant of Oxidation Rate and Temperature (Pb-0.99%Sb Alloy)

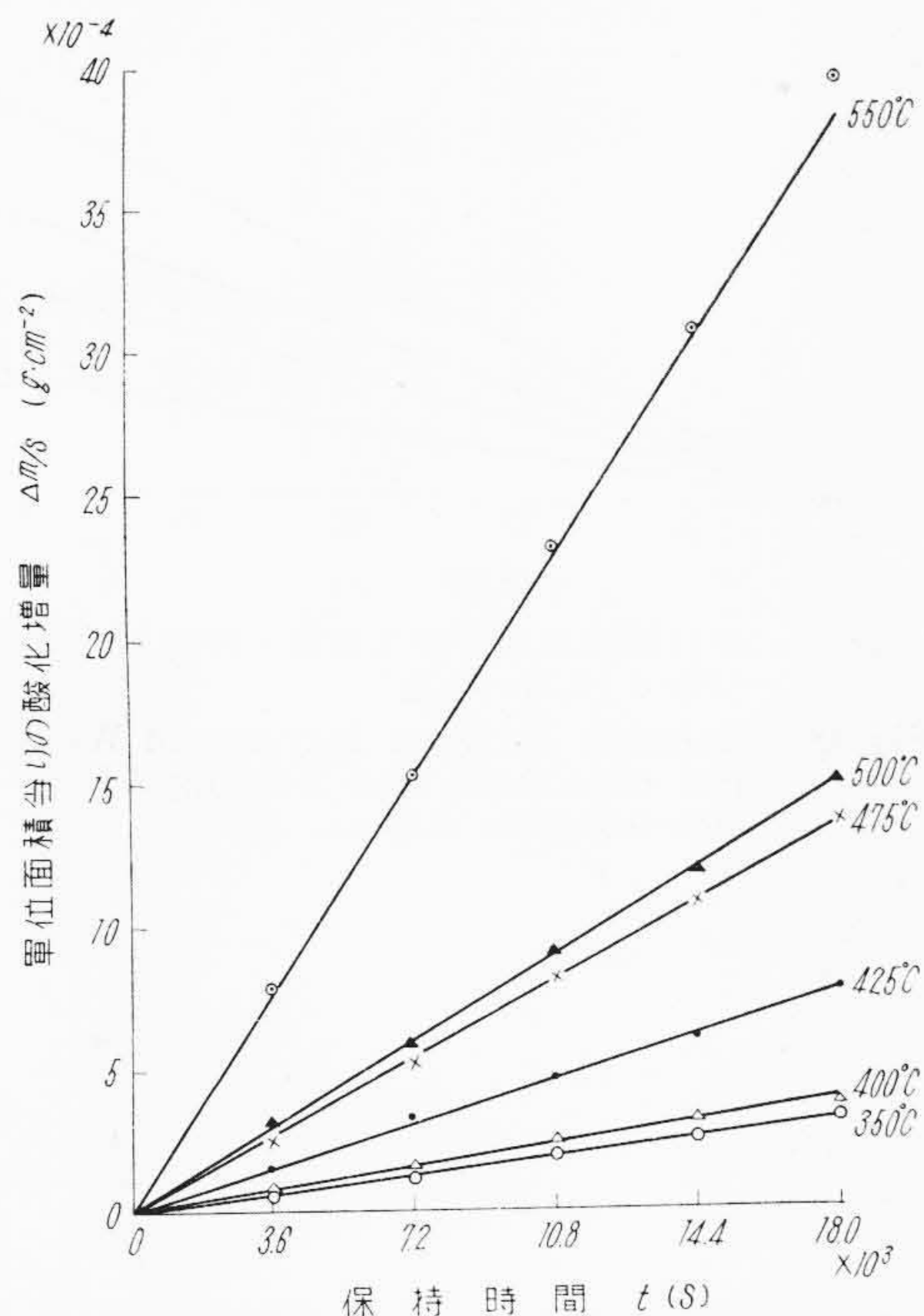
に対しては悪影響をおよぼすといわれているが、一方鉛および鉛合金の溶解鑄造の際ナトリウム処理が良好な結果をもたらすことを報ぜられている⁽¹⁾。したがって著者らはこれらの元素を微量含有した鉛合金について前記同様の実験を行った。

(1) Pb-0.15%Al 合金

実験結果を第15図に示す。この図からわかるように酸化増量と時間とはほぼ直線的関係を有しており、これより Pb-Sb 合金の場合と同様に酸化速度恒数 k_i を求め、各試験温度に対してプロットすると第16図がえられる。この図に見るように前記合金とはその趣きを異にしており、350°C の場合に k_i の値が最も大きく、450°C および 500°C で極小点を示すことがわかった。

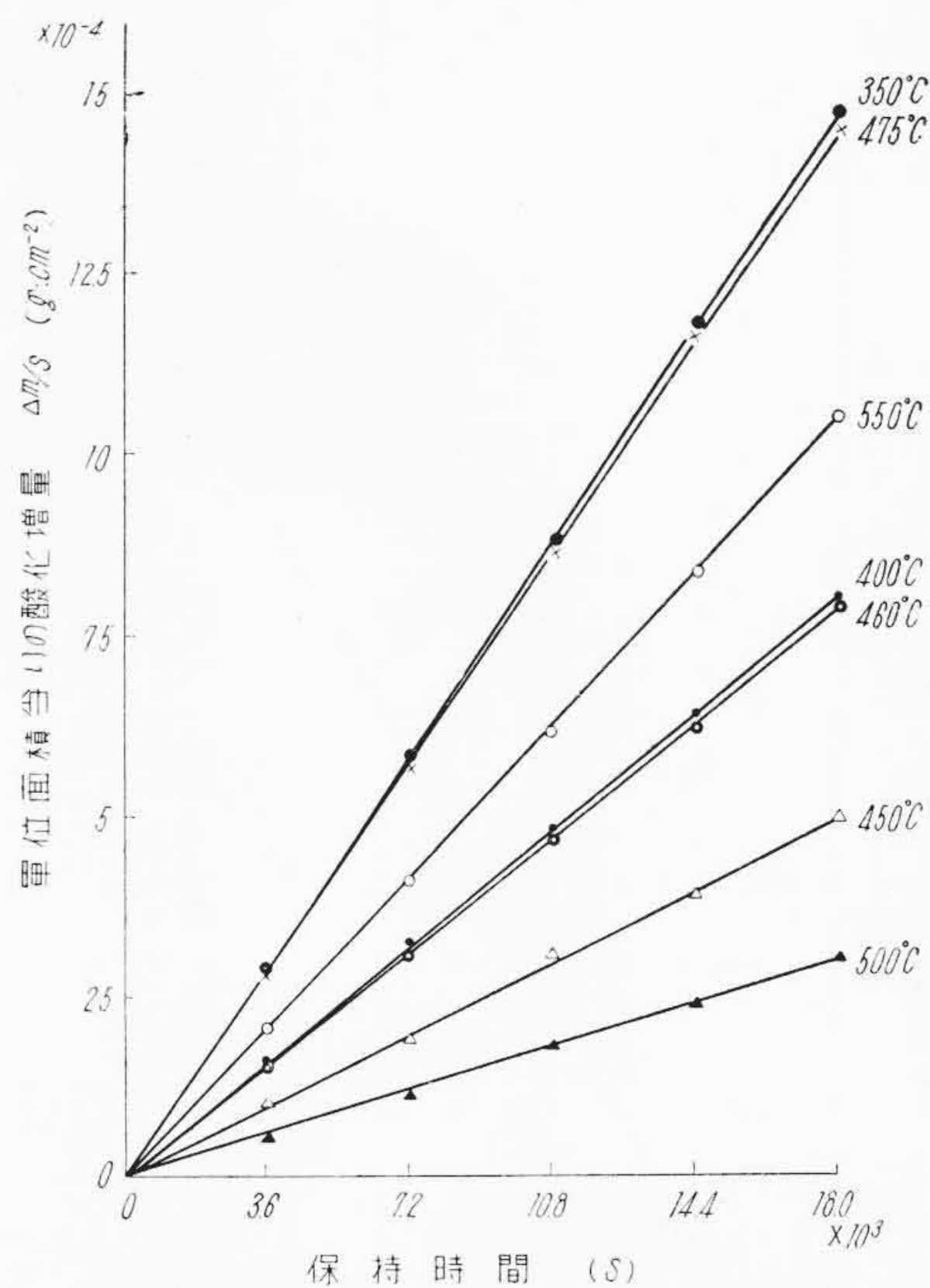
第1表(第86頁参照)に各温度に5時間保持後における単位面積当りの酸化増量を純鉛の場合と比較した。この表からわかるように 460°C, 500°C ではアルミニウムの効果が著しいがその他の温度では添加効果は左程大きくない。

350°C, 475°C では逆に Pb-0.15%Al 合金の酸化増量は純鉛より大きい。



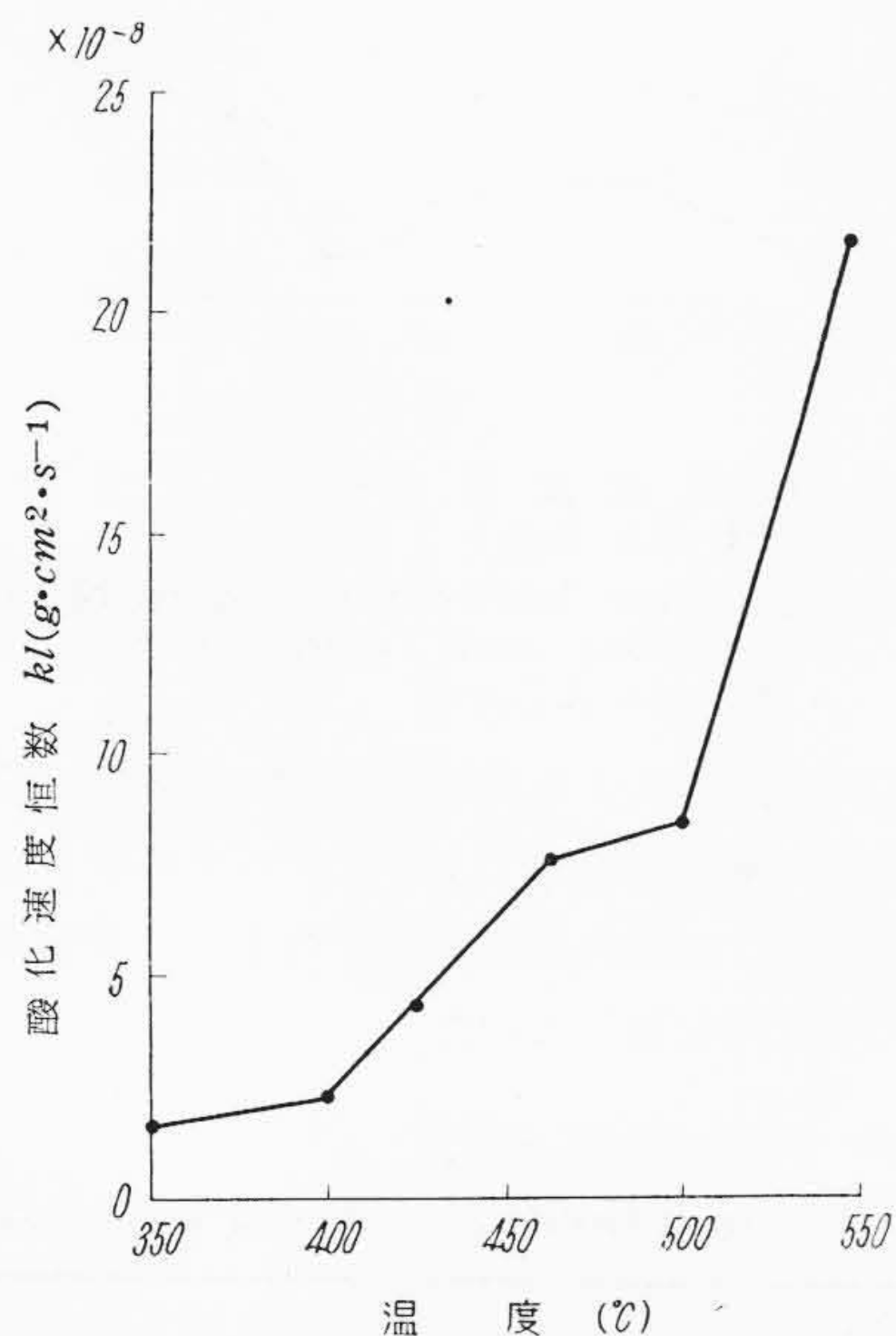
第13図 単位面積当りの酸化増量と保持時間との関係 (Pb-0.93%Sn-0.31%Sb 合金)

Fig. 13. Relation between Increase of Weight per Unit Area and Holding Time (Pb-0.93%Sn-0.31%Sb Alloy)



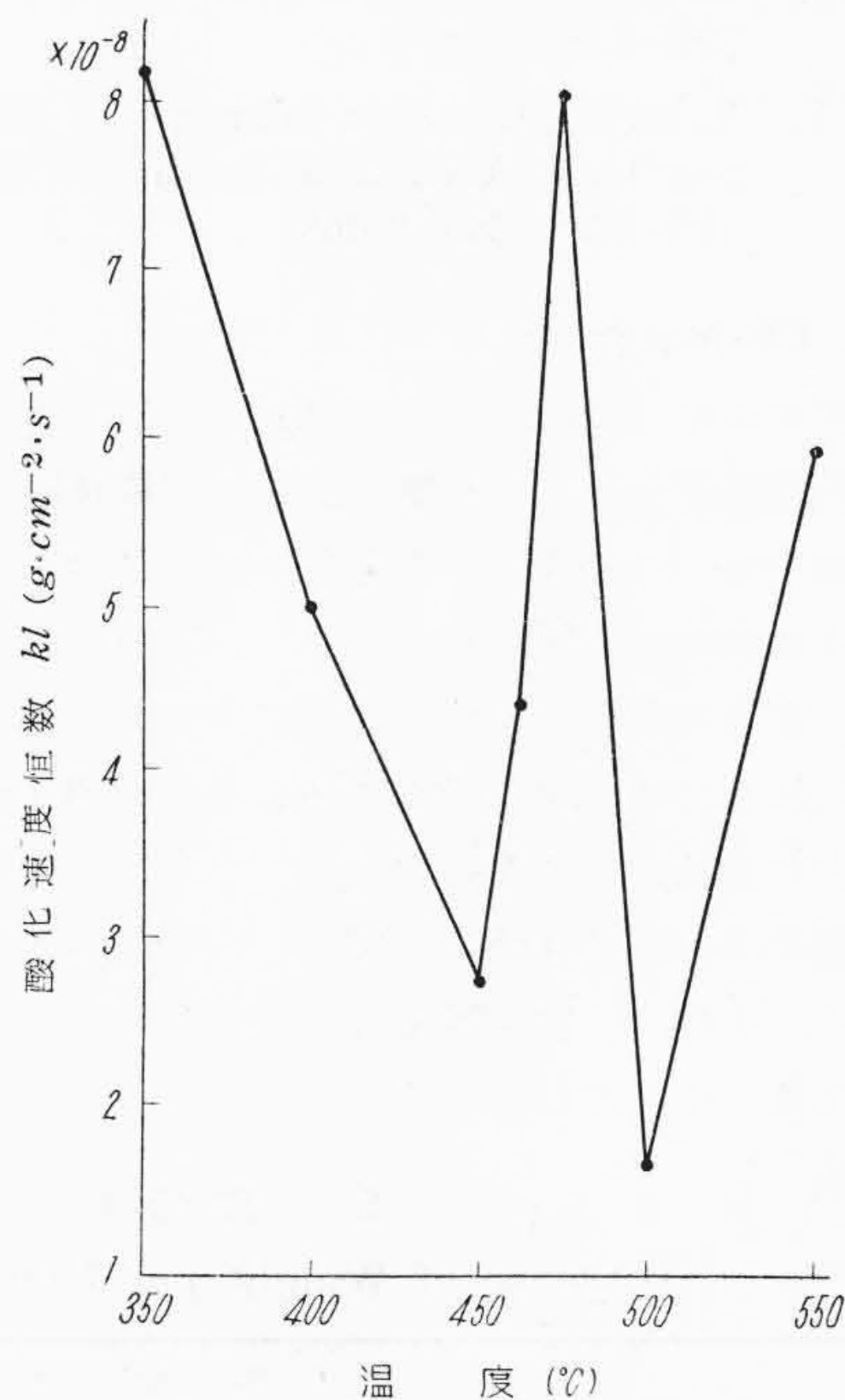
第15図 単位面積当りの酸化増量と保持時間との関係 (Pb-0.15%Al 合金)

Fig. 15. Relation between Increase of weight per Unit Area and Holding Time (Pb-0.15%Al Alloy)



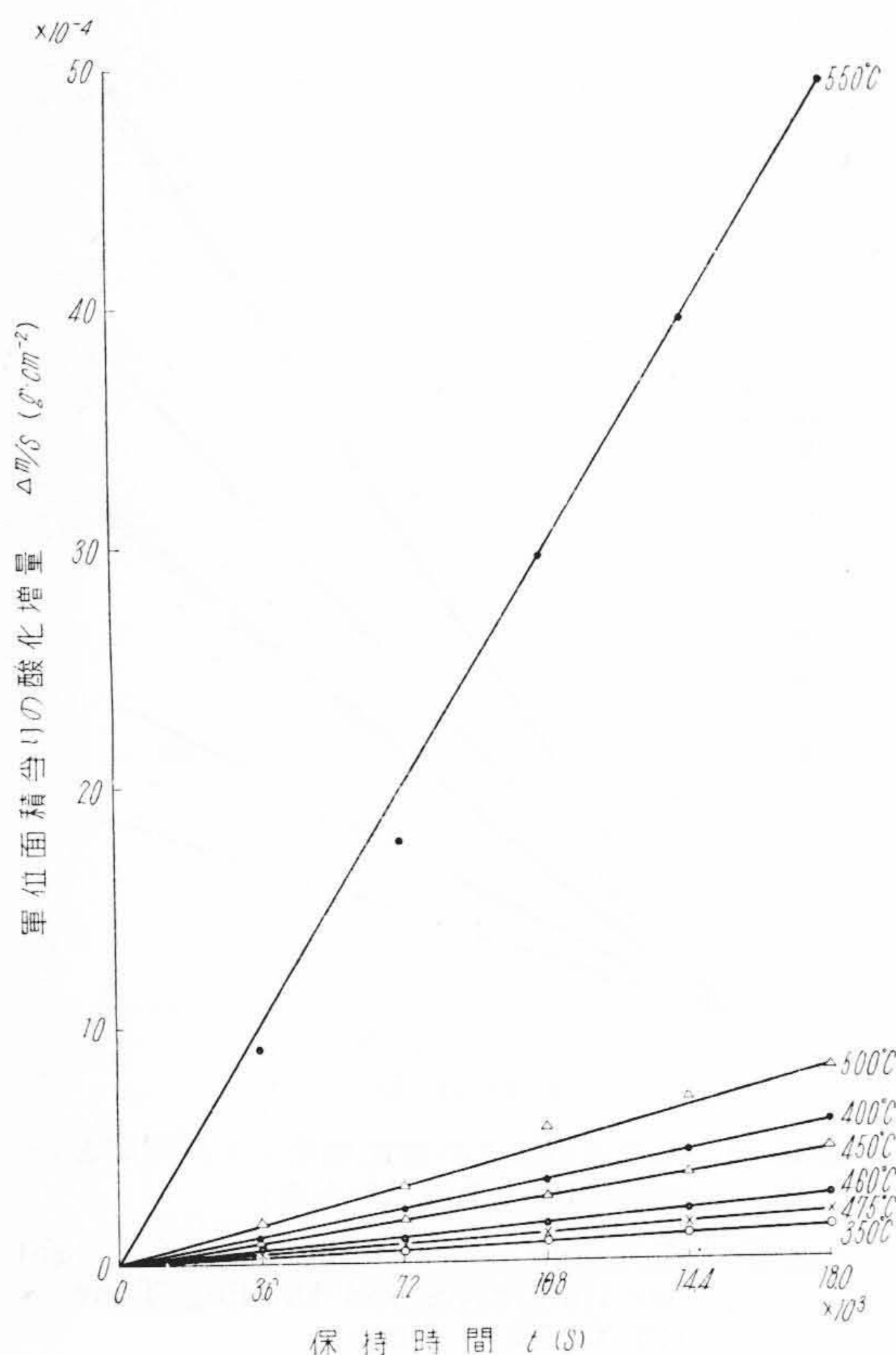
第14図 酸化速度恒数と温度との関係 (Pb-0.93%Sn-0.31%Sb 合金)

Fig. 14. Relation between Constant of Oxidation Rate and Temperature (Pb-0.93%Sn-0.31%Sb Alloy)



第16図 酸化速度恒数と温度との関係 (Pb-0.15%Al 合金)

Fig. 16. Relation between Constant of Oxidation Rate and Temperature (Pb-0.15%Al Alloy)



第 17 図 単位面積当りの酸化増量と時間との関係
(Pb-0.05%Na 合金)

Fig. 17. Relation between Increase of Weight per Unit Area and Holding Time
(Pb-0.05%Na Alloy)

(2) Pb-Na 合金

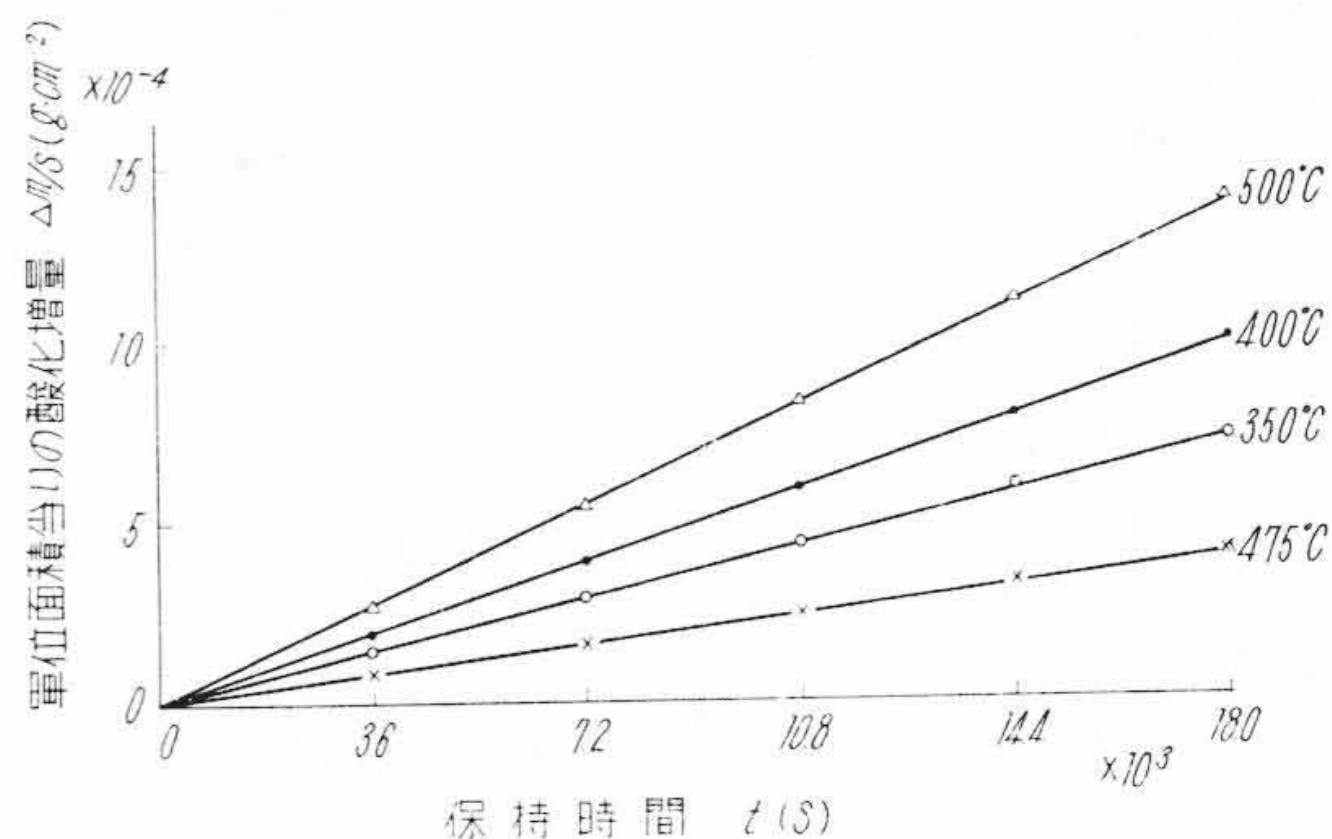
ナトリウムを 0.05% および 0.1% 添加した場合についての実験結果をそれぞれ第 17 図および第 18 図に示す。

この場合も Pb-0.15%Al 合金と同様に酸化増量と時間とはほぼ直線的関係を有している。前記同様酸化速度恒数 k_i を求め各試験温度に対してプロットすると第 19 図がえられる。この場合 0.05% Na の方が 0.1% Na よりも k_i の値は小さくなっている。すなわち 0.05% Na 添加の効果は 0.1% Na 添加の場合よりも良好であることがわかる。また k_i は 475°C 附近で極小を示し、500°C 以上では著しく増大している。

第 1 表 各合金の 5 時間後における単位面積当りの酸化増量

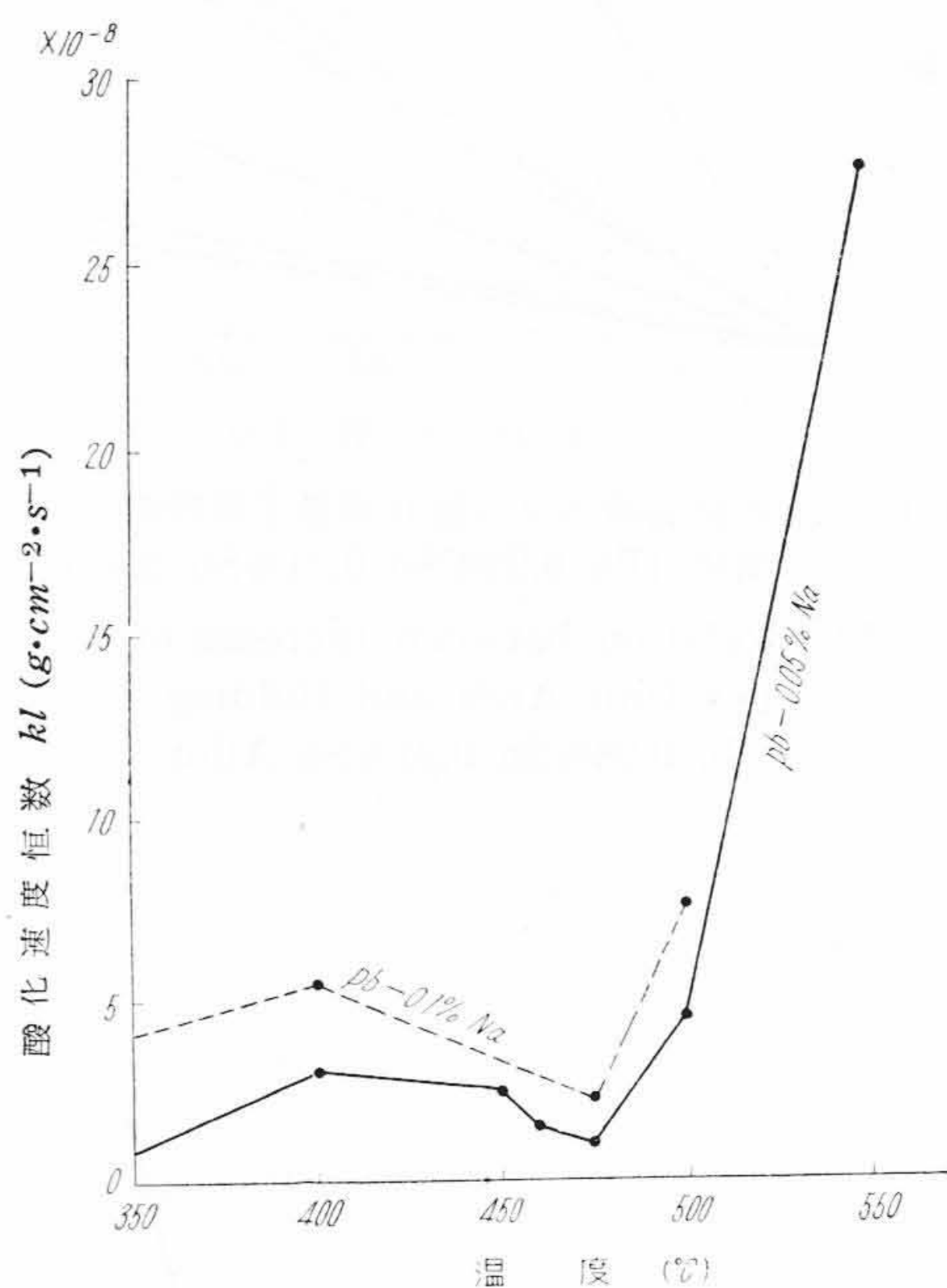
Table 1. Increase of Weight per Unit Area due to Oxidation in 5 Hours, Lead and its Alloys

試料	単位面積当りの酸化増量 (g/cm²) × 10⁻⁴						
	350°C	400°C	450°C	460°C	475°C	500°C	550°C
Pb	12.8	—	—	27.2	8.5	6.7	8.9
Pb-0.15%Al	14.8	8.0	4.9	8.0	14.7	3.0	10.5
Pb-0.05%Na	1.5	5.9	4.8	2.8	2.1	8.1	49.5



第 18 図 単位面積当りの酸化増量と時間との関係
(Pb-0.1%Na 合金)

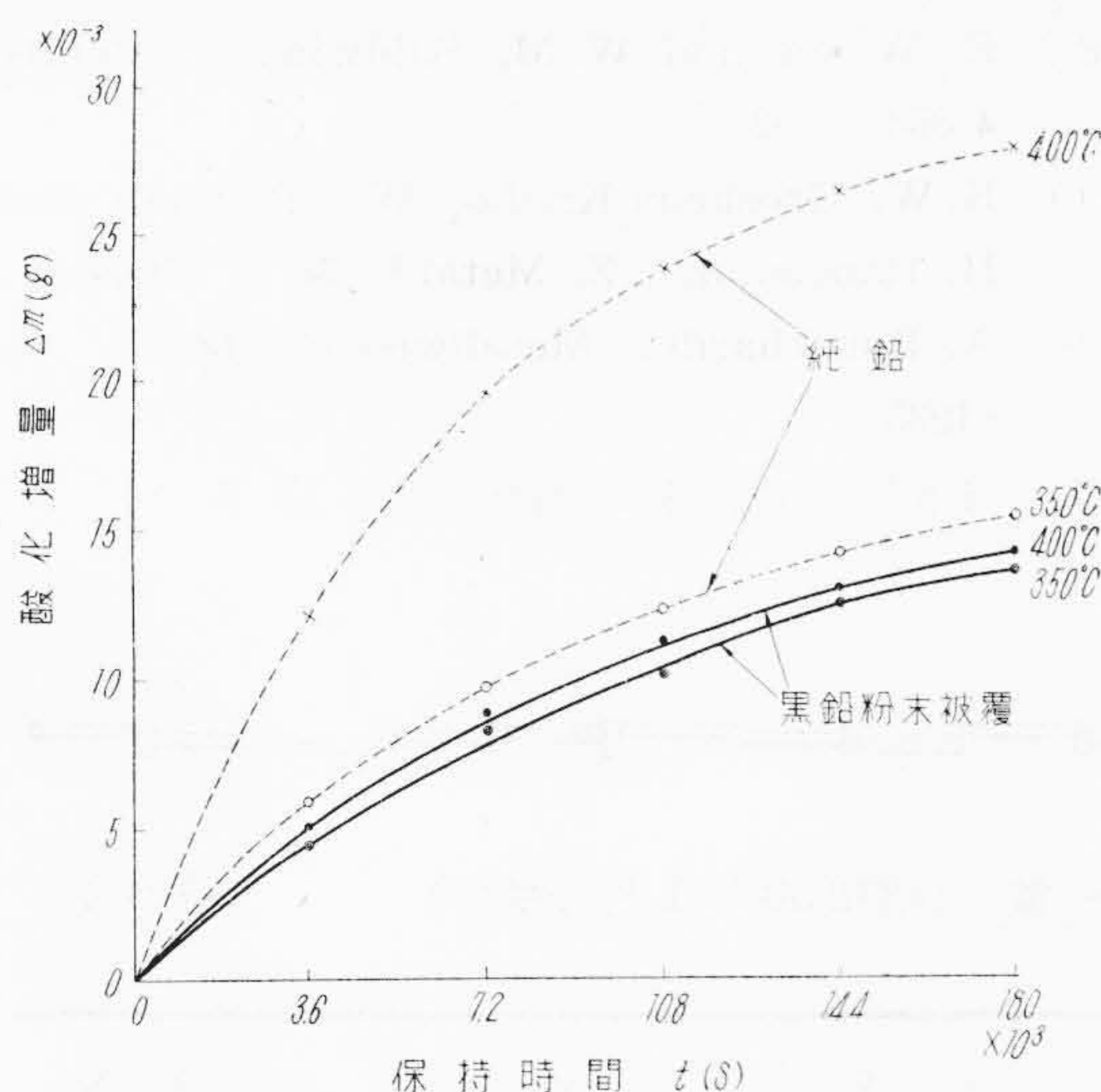
Fig. 18. Relation between Increase of Weight Per Unit Area and Holding Time
(Pb-0.05%Na Alloys)



第 19 図 酸化速度恒数と温度との関係
(Pb-Na 合金)

Fig. 19. Relation between Constant of Oxidation Rate and Temperature
(Pb-Na Alloys)

ナトリウム添加による純鉛の酸化防止効果は 475°C 以下で顕著で、第 1 表に示すようにアルミニウムよりも添加による効果は比較的低温範囲で大きく、実験後の試料の外観は明灰色を呈していた。



第20図 黒鉛粉末被覆した純鉛の酸化増量

Fig. 20. Increase of Weight due to Oxidation of Pure Lead Covered by Graphite Powder

[VI] 溶融鉛の酸化におよぼす各種被覆剤の影響

溶融鉛の350°Cおよび400°Cにおける酸化におよぼす各種被覆剤すなわち黒鉛粉末、塩化亜鉛および塩化アンモンの効果について前記同様熱天秤を用いて実験した。

(1) 黒鉛粉末の影響

試料表面に黒鉛粉末を約3mmの厚さで被覆し350°Cおよび400°Cにおける酸化増量を測定した。第20図にその実験結果を示す。なお同図には比較のため黒鉛粉末で被覆しない場合の結果についても併記してある。この図に示すようにその酸化曲線も鉛と同じくほう物線をえがき350°Cの場合には黒鉛粉末被覆はあまり効果がないが400°Cでは効果的であり、酸化増量は約半減する。

(2) 塩化亜鉛および塩化アンモンの影響

試料表面を塩化亜鉛または塩化アンモンで約0.5mmの厚さで被覆し、黒鉛粉末の場合と全く同様に実験を行った。塩化亜鉛で被覆した場合には400°Cにおいても重量減少を示した。これは塩化亜鉛自体の蒸発によるためと考えられる。塩化アンモンで被覆した場合350°Cおよび400°Cにおいてほとんど酸化増量を示さなかつた。すなわち両者の酸化防止効果は著しく実験後の試料表面は純鉛の場合に比べ滑かで粉またはしわ状の酸化被膜は認められなかつた。

[VII] 結 言

純鉛、鉛被用更合金(Pb-2.5%Sn, Pb-0.93%Sn-0.31%Sb, Pb-0.99%Sn) および鉛の酸化防止に好結果をもた

らすと考えられる元素を含む鉛合金(Pb-0.15%Al, Pb-0.05%Na, Pb-0.1%Na)などの溶融状態における酸化過程ならびに黒鉛粉末、塩化亜鉛および塩化アンモンなどの溶融鉛に対する被覆効果について熱天秤を用いて実験を行った結果、下記のような結論をえた。

- (1) 純鉛および Pb-2.5%Sn 合金の 350~550°C における酸化曲線には、ほう物線法則が適用できる。
- (2) Pb-0.93% Sn-0.31% Sb, Pb-0.99% Sb, Pb-0.15% Al, Pb-0.05% Na および Pb-0.1% Na 合金の場合には、酸化増量と酸化時間の間にはほぼ直線関係が成り立つ。
- (3) 純鉛の酸化速度恒数は、460°C まで温度とともに急激に増大した後、急激に低下し 470°C 附近で極小を示し、以後温度とともに徐々に大きくなる。上記温度附近における変化は、いずれの供試合金についても程度の差はあるが認められた。
- (4) Pb-2.5%Sn 合金の酸化速度恒数は 450°C までは極めて小さく、錫は溶融鉛の酸化防止に役立つことがわかった。
- (5) アンチモンを含む鉛合金の酸化速度恒数は大きく特に高温では非常に粗い酸化被膜を形成する。
- (6) 微量アルミニウムの溶融鉛酸化防止に対する効果は、450°C および 500°C 附近で著しいが、400°C 以下では効果がない。
- (7) 微量ナトリウムの溶融鉛酸化防止に対する効果は、約 475°C 以下においてはなほ大きい、500°C 以上の温度では効果がなく、逆に酸化を助長させる。
- (8) 黒鉛粉末の被覆効果は、350°C ではほとんどないが、400°C では著しい。
- (9) 塩化亜鉛、塩化アンモンなどの被覆効果は非常に大きく 400°C に 5 時間保持しても、溶融鉛の酸化増量はほとんど認められなかつた。
- (10) 溶融鉛の酸化過程から活性化エネルギーを計算し 20,280 cal/mol をえた。

この報告を終るにあたって御指導を頂いた日立製作所日立電線工場久本課長、山本主任ならびに実験に協力された杉野氏に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) J.F. Christmann: C.I.G.R.E., 14th Meeting 2 231 (1952)
- (2) N.B. Pilling and R.E. Bedworth: J. Inst. of Metals. 29 529 (1923)
- (3) D.J. McAdam and G.W. Geil: Bur. Stand. J. Res. Wash. 28 593 (1942)
- (4) O. Kubaschewski and B.E. Hopkins: Ox-

- dation of Metals and Alloys 37 (1953, Butterworths Sci. Publications)
- (5) L.L. Bircumshaw and G.D. Preston: Phil. Mag. **25** 769 (1938)
- (6) W. Hofmann and K.H. Mahlich: Werkst. u Korrosion **2** 55 (1951)
- (7) W. Gruhl: Z. Metallk. **40** 225 (1949)
- (8) E. Weber and W.M. Baldwin: J. Metals **4** 854 (1952)
- (9) K.W. Grosheim-Krisko, W. Hofmann and H. Hanemann: Z. Metallk. **36** 91 (1944)
- (10) A. Burckhardt: Metallwirtsch. **14** 525 (1935)
- (11) 日本電信電話公社: 材仕, 規格 13 号

日立製作所社員社外講演一覧 (昭和30年1月分受付)

(その2)

(第78頁より続く)

講演月日	主 催	演 題	所 属	講 演 者
4/上	電 気 三 学 会	他制自励式逆変換装置による誘導電動機の運転について	日立研究所	木 村 鐘 治 金 沢 信 二
4/上	電 気 三 学 会	極 超 短 波 周 波 数 弁 別 器	中央研究所	関 口 存 哉
4/上	電 気 三 学 会	多条布設電力ケーブルの経済的配列方法について	日立研究所	加 子 泰 彦
4/上	電 気 三 学 会	圧縮空気遮断器空気噴流の一観測法	日立研究所	牧 島 史 元 島 史 郎
4/上	電 気 三 学 会	衝撃放電率と過電圧との関係	日立研究所	笈 川 俊 雄
4/上	電 気 三 学 会	空気吹付遮断器の補助間隙について	日立研究所	牧 鴨 志 田 元 鴨 志 田 実
4/上	電 気 三 学 会	関西電力丸山発電所における周波数自動調整予備試験結果	日立研究所	小 林 栄 二
4/上	電 気 三 学 会	交流放電空間の電界強度測定法について	中央研究所	山 根 幹 也
4/上	電 気 三 学 会	水素放電管の寿命に関する諸要素	中央研究所	中 村 純 之 助
4/上	電 気 三 学 会	田代氏法を用いた AVR 系の解析とアナコンによる実験結果との対比	中央研究所	沼 倉 俊 郎 沼 倉 武 雄
4/上	電 気 三 学 会	Describing Funilion Method による非線形自動制御系の解析とアナコン結果との対比	中央研究所	沼 倉 俊 郎 沼 倉 武 雄
4/上	電 気 三 学 会	耐久磁石励磁電子レンズ系 (その3) キャビテーション, エロージョン試験	中央研究所	木 村 博 一
4/上	日 本 金 属 学 会	磁歪振動式試験法ならびに実用材料の耐潰蝕性についての二, 三の知見	日立研究所	小 藤 野 健 二 藤 間 孝 義
4/上	電 気 三 学 会	酸化物陰極の仕事函数について	中央研究所	高 田 昇 平
4/上	日 本 化 学 会	有機過酸化物の分解 (第3報) 分解時に見られる酸素の吸収機構について	戸塚工場	山 辺 知 定
4/上	電 気 三 学 会	封じ切り水銀整流器負荷時真空圧力について	日立工場	守 田 啓 一
4/上	電 気 三 学 会	故障相検出継電装置	多賀工場 多賀工場 日立研究所	猿 渡 房 吉 比 良 清 一 奥 田 健 三
4/上	電 気 三 学 会	新合成樹脂ワニスを使用した発電機固定子コイルの製作	日立工場	磯 部 昭 二
3/28~31	化 学 機 械 協 会	集 塵 装 置 の 選 び 方	日立工場	小 川 電 三 郎
4/上	電 気 三 学 会	トロリー線の問題負荷による温度上昇	日立電線工場	久 本 博 方 橋 本 博 治
4/上	電 気 三 学 会	ケーブル材料の誘電特性に関する一考察 (誘電率の準均質模型)	日立電線工場	依 田 文 吉
4/上	電 気 三 学 会	銀入りトロリー線の耐熱性	日立電線工場	橋 本 博 治 山 路 賢 光 岡 光 美

(第95頁へ続く)