



Title	デュラルミン類似合金の復元現象の實驗的研究
Author(s)	幸田, 成康
Citation	北海道大學工學部彙報, 7, 221-234
Issue Date	1952-09-25
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/40500">http://hdl.handle.net/2115/40500</a>
Type	bulletin (article)
File Information	7_221-234.pdf



[Instructions for use](#)

# デュラルミン類似合金の復元現象 の 實 験 的 研 究

幸 田 成 康

(May 19, 1952)

## Experimental Investigation on the Dehardening of Duralumin-type Alloys.

By Shigeyasu KōDA

The dehardening ("Rückbildung") of duralumin-type alloys was investigated. The alloys prepared are (1) 24S, (2) Aldrey, (3) duralumin without manganese, and (4) 24S without manganese.

As the results of the investigation on duralumin which was reported in 1947, we knew the characteristic of the dehardening of duralumin was that the most soft state obtained by dehardening heat-treatment hardened again at room temperature ageing better than the other dehardening states. However, according to this investigation, this is not a general rule; for instance, dehardened 24S alloys re-hardened at room temperature better at the state which precipitation proceeds at some degree.

These results were explained as follows: by dehardening heat-treatment, the major part of the structure of age-hardened alloys comes back to the as-quenched state, but some parts proceed toward precipitation at the same time, and these two actions are different in different alloys.

### 目 次

I 緒 言	V マンガン無し 24S 合金の復元現象
II 24S 合金の復元現象	VI 実験結果の考察
III アルドライの復元現象	VII 復元処理せる 24S 合金の應力腐蝕性
IV マンガン無しデュラルミンの復元現象	VIII 結 論

## I. 緒 言

常温時効硬化したデュラルミンを、適當の温度で適當の時間焼戻を行うと、所謂復元現象が起り焼入直後の硬さ位まで軟化するが、それを常温に放置すると再び硬化して初めと同じ硬度に達する。前報告「デュラルミンの復元現象の實驗的研究<sup>1)</sup>」に於て、普通のデュラルミンは、復元による軟化の著しい熱處理で最も再時効硬化能が著しいことを知つたが、常にこの關係が成立するかどうかは問題であらう。復元したものの性質を調べた結果<sup>2)</sup>から考えると、必ずしもそうなるとは限らないようである。依つて著者は、復元軟化の現われる熱處理に於ても、大部分の復元する動きと同時に少量の析出する動きが存在するという見解を考へてみた。

本報告は、以上の問題を明らかにする爲め、デュラルミン系統の合金につき組成を變へて實驗を行つた結果である。

今迄に24S型超デュラルミンの復元については、1942年 森永・長澤・土岐氏<sup>3)</sup>、1943年長澤氏<sup>4)</sup>、同じく荻野氏<sup>5)</sup>、又 Al-Cu-Mg 系合金の復元については、1942年住友氏<sup>6)</sup>、1943年池野氏<sup>7)</sup>の研究があるが、長澤氏以外は概して簡單なものである。勿論著者の研究目的に若干役立つ實驗結果もあるが完全ではないので、適切なデータを得る爲數種の合金につきこの研究を試みた。

## II. 24S合金の復元現象

### (I) 試 料

實驗材料の組成は第1表の如き普通の24S合金で、直径2mmに曳線後495°C後に加熱焼入し常温時効硬化せしめて用いた。性能を第2表に示す。

第1表 試料の組成

元 素	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Al
%	4.79	1.69	0.56	0.22	0.29	殘

第2表 試料の性能

	抗 張 力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 長 %:200mm	電 氣 抵 抗 ×10 <sup>-6</sup> ohmcm;20°C
焼入直後	35.9	15.5	52.3
時効硬化後	50.0	16.9	59.4

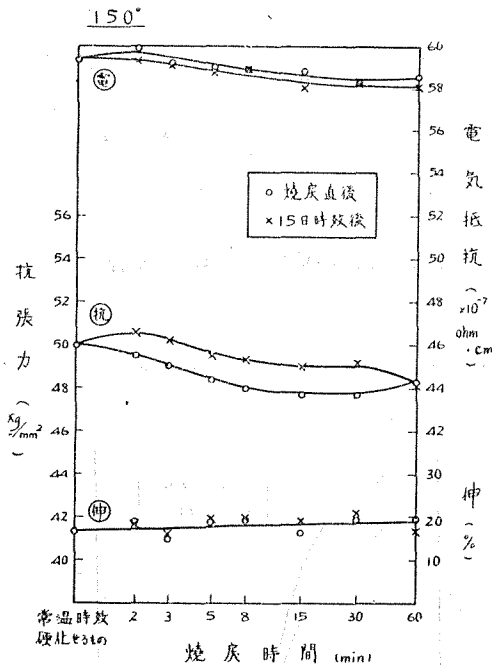
- 1) 幸田, 北海道大學工學部紀要, 第8冊 第1號 (1947), 107.
- 2) 幸田, 日本金屬學會誌, 5 (1941), 479.
- 3) 森永・長澤・土岐, アルミニウム, 2 (1942), A 209.
- 4) 長澤, アルミニウム, 3 (1943), A342.
- 5) 荻野, アルミニウム, 3 (1943), A 138.
- 6) 住友, 住友金屬研究報告, 4 (1942), 787.
- 7) 池野, 日本鑛業會誌, 59 (1943), 601.

(2) 實驗方法

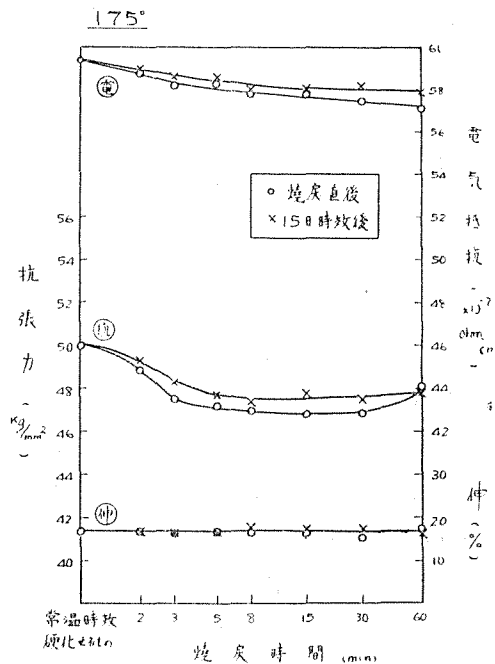
充分常溫時効硬化したものを、焼戻温度 150°C, 175°C, 200°C, 225°C, 250°C になつた電氣爐に夫々 2min., 3min., 5min., 8min., 15min., 30min., 60min. 加熱後直ちに水冷し、直後及び30°C に15日放置後抗張試験及び電氣抵抗測定を行つた。

(3) 實驗結果

- (a) 150°C焼戻處理の場合。第1圖はその結果で復元による微弱な軟化を示している。
- (b) 175°C焼戻處理の場合。第2圖で150°Cの時と略同様。



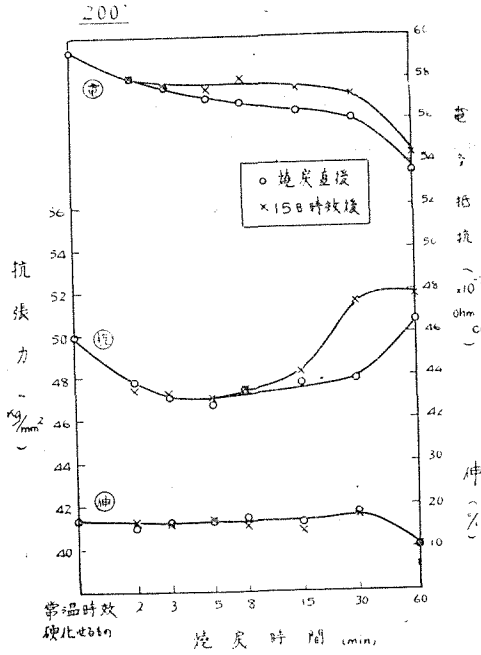
第1圖 常溫時効硬化せる24Sを150°Cに焼戻處理せる場合



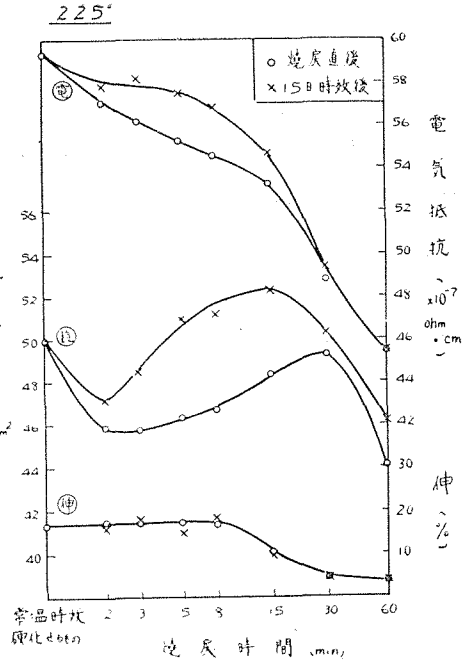
第2圖 同上175°Cに焼戻處理せる場合

(c) 200°C焼戻處理の場合。第3圖がその結果で、焼戻時間 60分のところで析出硬化が作用しはじめた事を示している。その直前の30分の處理に於て復元後の再時効能が目立つて來ている。而もはじめの抗張力よりも大きくなって來ているが、これは析出硬化の作用と再時効硬化能とが重なり合う爲めであらう。

なお 200°C 短時間のところで再時効能が見られないが、これは多分再時効硬化速度が非常に遅い爲めであらう。



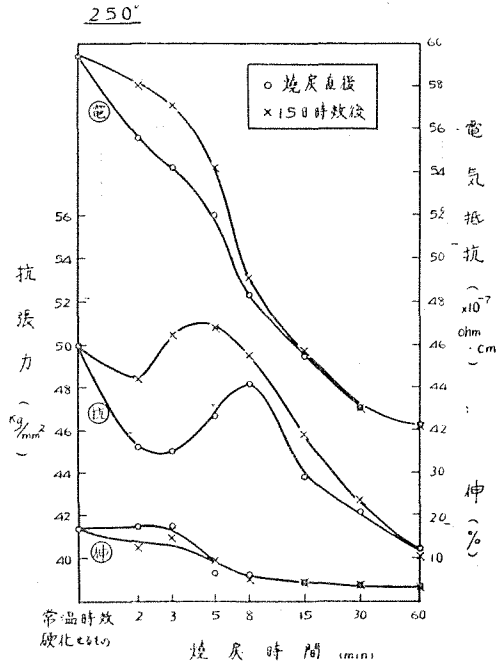
第3圖 同上200°Cに焼戻処理せる場合



第4圖 同上225°Cに焼戻処理せる場合

(d) 225°C 焼戻処理の場合。第4圖に見る如く、復元後の再時効が著しく現われている。電気抵抗が直後及び15日時効後共に相當減少し析出を暗示しているにもかかわらず、復元後の再時効は甚だ顯著で、はじめの抗張力  $50\text{kg/mm}^2$  を突破している。そのためデュラルミンの場合と形が非常に變つている。直後の抗張力或は電気抵抗の曲線より見て、24S合金に於てはデュラルミンと異つて“相當量の析出の存在が示されるところで、反つて大きい再時効硬化を示す”という特長が見られる。

(c) 250°C 焼戻処理の場合。第5圖はその結果で、225°Cで見られた傾向はそのままで、唯時間的に早く現われ、デュラルミンと異なる特性を示している。これから明らかな如く、復元現象の考察には復元による軟化のみならず復元後の再時効をも考慮すべきことが分る。

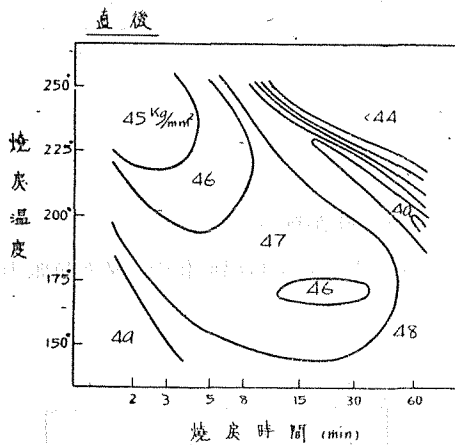


第5圖 同上250°Cに焼戻処理せる場合

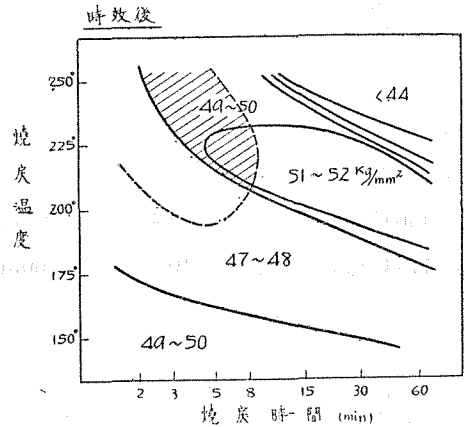
(4) 考 察

(a) 以上の實驗結果で見られる如く、24S 合金はデュラルミンと相當異つた型の復元狀況を示し、従つてデュラルミンの場合の如く變化が規則正しく順序よく起らず、復元による軟化並びに再時効を最も良く示す個處が、析出硬化を示す個處の一步手前で析出硬化の山と相當重り合つている。従つて24S 合金の如き合金の復元の狀況を軟化の方からのみ見る時は現象を見誤ることが有り得る。これは本合金の著しい特性である。

(b) 24S 合金につき熱處理直後の抗張力の等しい範圍、15日時効後の抗張力の等しい範圍及び直後と時効後の抗張力の差を等高線で求めると、第6~8圖の如く、熱處理により最も軟化した個處が最も再時効硬化能を持つということにならず、第7圖或いは第8圖の如くずれている。従つて復元現象を軟化後の再時効能の著しいことで特徴付けると、第7圖斜線附近の處理が最適復元處理ということになる。これを軟化の側からのみ見れば、第7圖破線の範圍内となる。

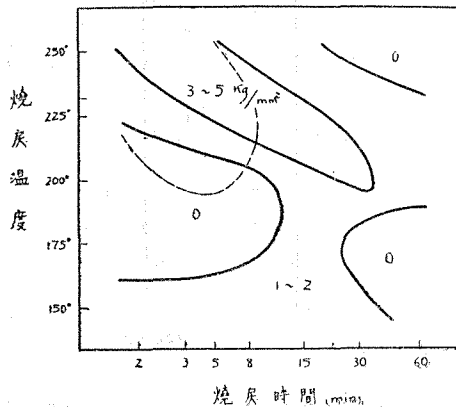


第6圖 熱處理直後の抗張力の等しい範圍



---前圖46 kg/mm²以下の範圍 // 最適の復元處理

第7圖 15日時効後の抗張力の等しい範圍



第8圖 焼戻直後と再時効後の抗張力の差

### III. アルドライの復元現象

(1) 試料

実験材料は第3表の如き組成の普通のアルドライ合金で2mmに曳線後、530°C 1hr加熱の後水焼入し、1カ月以上常温時効したものを用いた。性能を第4表に挙げる。

第3表 試料の組成

元素	Mg	Si	Fe	Al
%	0.50	0.47	0.25	残

第4表 試料の性能

	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 %:100mm	電気抵抗 ×10 <sup>-7</sup> ohm cm;20°C
焼入直後	12.7	19.4	—
時効硬化後	17.3	18.0	33.2

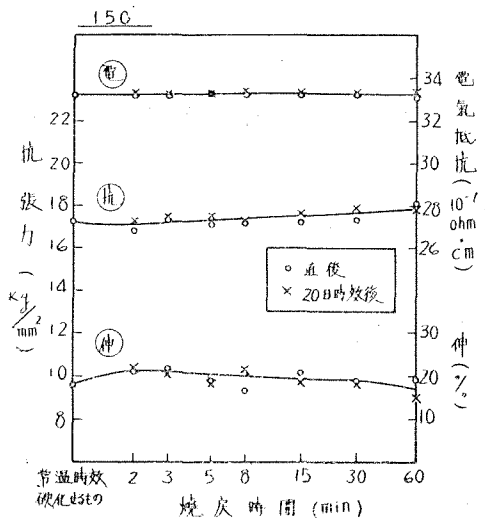
(2) 実験方法

74Sの場合と同じ。

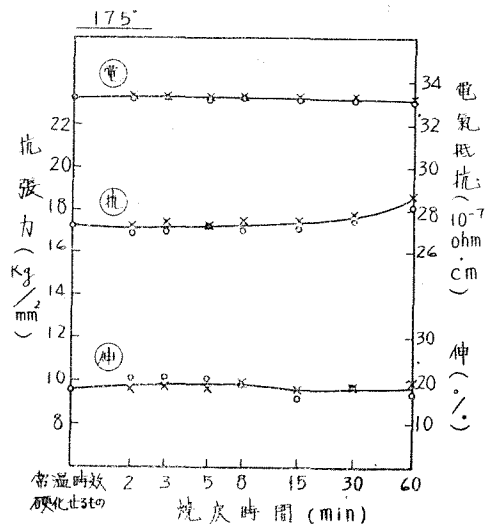
(3) 実験結果

(a) 150°C焼戻の場合。第9圖はその結果でほとんど変化が無い。

(b) 175°C 焼戻の場合。第10圖の如く、60min 焼戻のところ析出硬化のためか抗張力が増して来ている。



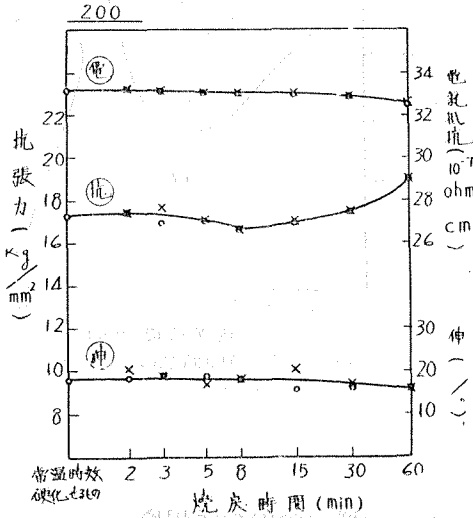
第9圖 常温時効硬化せをAldreyを150°Cに焼戻處理せる場合



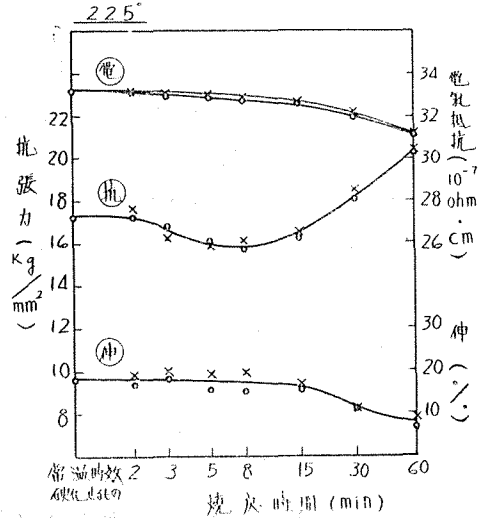
第10圖 同上175°Cの場合

(c) 200°C 焼戻の場合。第11圖はその結果で、175°Cと大した差は無いが、60min. のところの山が目立つて来る。

(d) 225°C 焼戻の場合。第12圖の如く、析出硬化の山は非常に顯著にあらわれている。その前の5min乃至8minのところ抗張力の谷があるのが看取される。



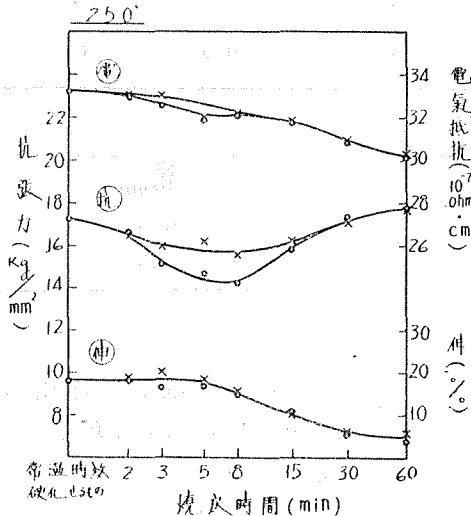
第11圖 同上200°Cの場合



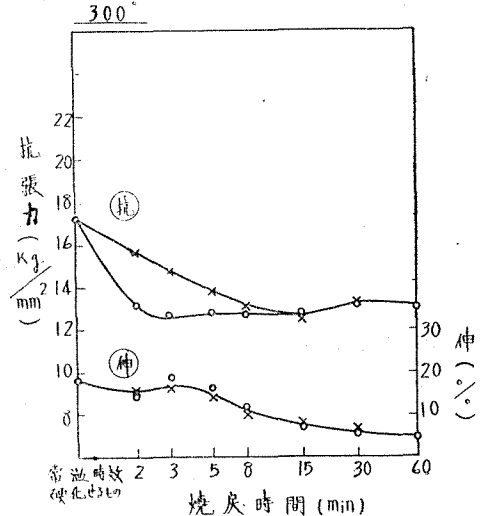
第12圖 同上225°Cの場合

(e) 250°C 焼戻の場合。第13圖の如く、2min. 乃至 8min. の範圍に明瞭な復元及び再時効硬化があらわれて来た。

(f) 300°C 焼戻の場合。第14圖の如く、2min. 乃至 5min. の處で復元再時効が見られる。しかし一方析出物の凝集も著しいらしく15min.以上ではその方の原因から軟化したため、再時効硬化が見られない。



第13圖 同上250°Cの場合

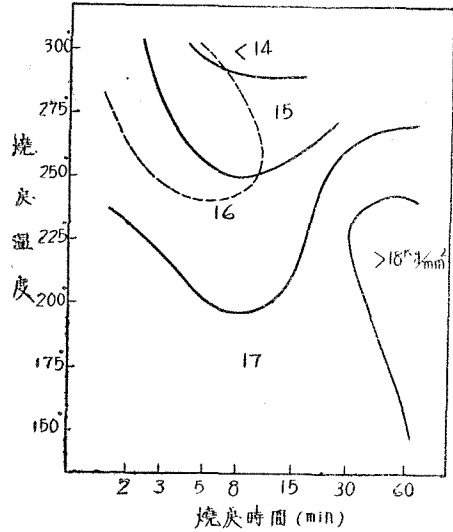


第14圖 同上300°Cの場合



(4) 考 察

以上の実験結果をもとに、焼戻時間を横軸に、焼戻温度を縦軸に、熱処理後20日経た後の抗張力の等しいところを求めると、第15圖の如く、最大抗張力を示すところは225°Cまでの長時間のところであり、これに對し復元による軟化を示すところを破線を以て記入すると250°C以上の短時間のところであり、そこの20日後の抗張力は初めより低い。しかし第13圖の250°Cの結果及び第14圖の300°Cの結果は程度の差こそあれ傾向としてはデュラルミンの場合(前報告<sup>1)</sup>)と類似し、これから見ると24S合金よりはデュラルミンに近い特性を見せているとしてよいであろう。



第15圖 熱処理20日時効後の抗張力の等しい範囲

IV. マンガン無しデュラルミン類似合金の復元現象

デュラルミンから *Mn* を取去つた第5表の如き組成の合金(W1と假稱)の充分常温時効硬化した2mm線(性能は第6表)につき、前と同様の方法で抗張試験により、復元現象をしらべてみた。

第5表 試料の組成

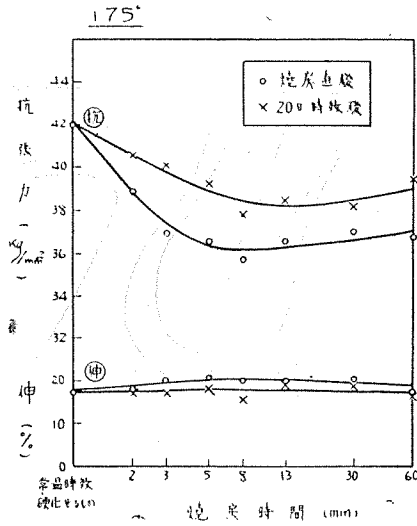
元 素	<i>Cu</i>	<i>Mg</i>	<i>Si</i>	<i>Fe</i>	<i>Al</i>
%	4.01	0.61	0.23	0.26	残

第6表 試料の性能

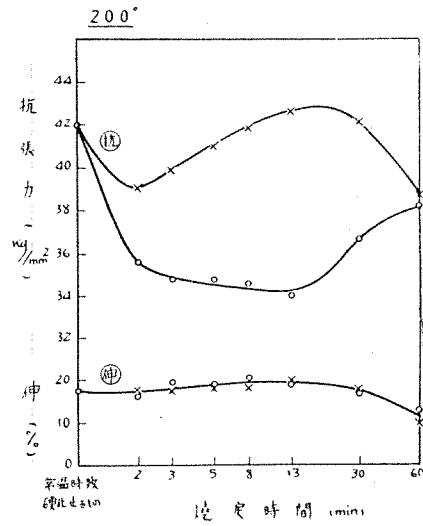
	抗 張 力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 % : 100mm
500°C 焼入直後	26.3	13.5
30日 時効硬化後	42.0	17.5

第16~23圖はその実験結果である。

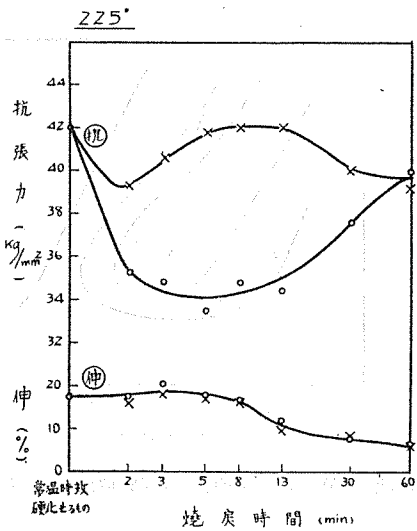
大體の傾向はデュラルミンの時と類似している。しかし處理直後の最小抗張力の範囲と時効後の最大抗張力の範囲との重なり合は第22圖によつても見られるように多少ずれる。しかしこれとても前の24S合金の場合の第7圖と比較すれば僅少である。



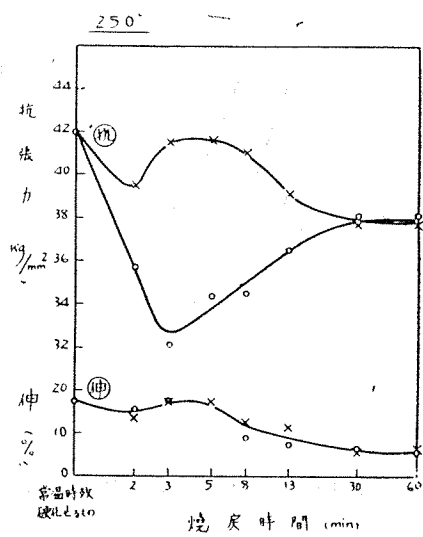
第16圖 常温時効硬化せる Al-Cu-Mg 合金 W1を175°Cにて焼戻處理せる場合



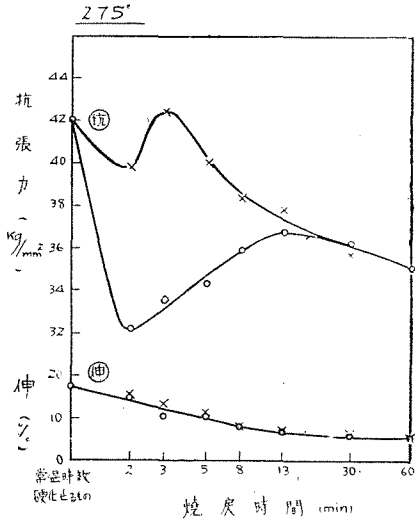
第17圖 同上200°Cに焼戻處理せる場合



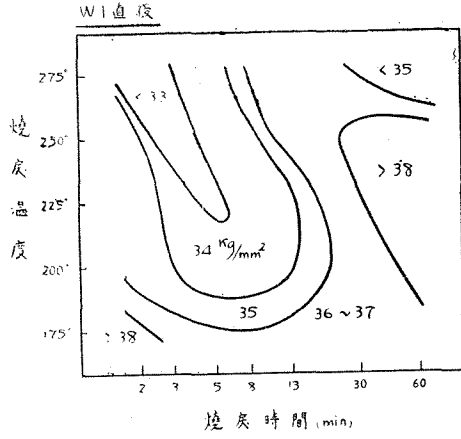
第18圖 同上225°Cに焼戻處理せる場合



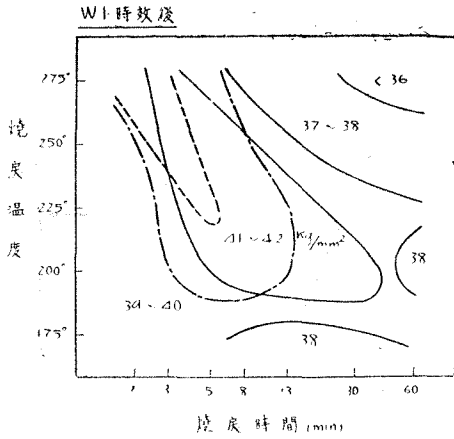
第19圖 同上250°Cに焼戻處理せる場合



第20圖 同上 275°C に焼戻處理せる場合

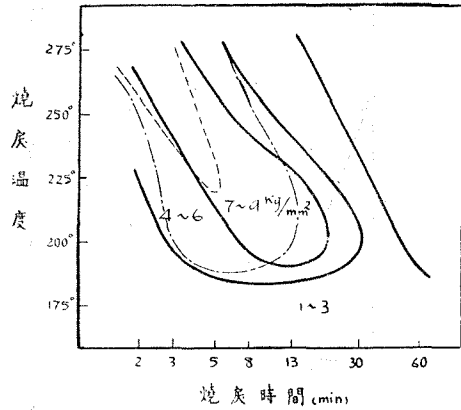


第21圖 焼戻處理直後の抗張力が等しい範囲



第22圖 同上 時効硬化後の抗張力が等しい範囲

— · — · — 前圖直後の抗張力が  
34kg/mm<sup>2</sup>の範囲  
— — — // < 33 //



第23圖 WI の焼戻直後と再時効後の抗張力の差

— · — · — 焼戻直後の抗張力が  
34kg/mm<sup>2</sup>の範囲  
— — — // < 33 //

V. マンガン無し24S類似合金の復元現象

矢張り *Mn* を除去したもので、組成、性能は第7、8表の如きものである。(Z1と假稱する)

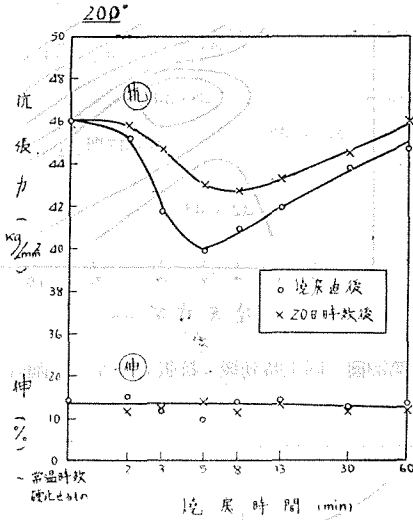
第7表 試料の組成

元素	Cu	Mg	Si	Fe	Al
%	3.46	1.64	0.06	0.27	殘

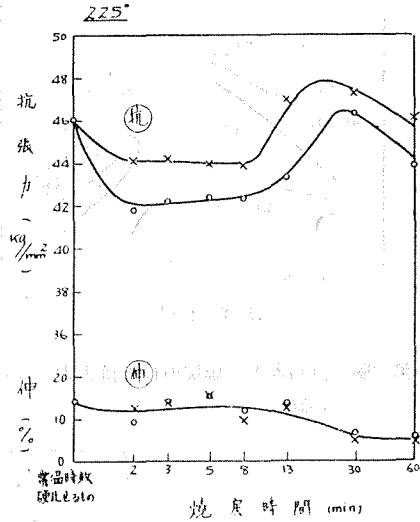
第8表 試料の性能

	抗張力 kg/mm <sup>2</sup>	伸 % ; 100mm
495°C 焼入直後	31.3	11.0
時効硬化後	46.0	14.0

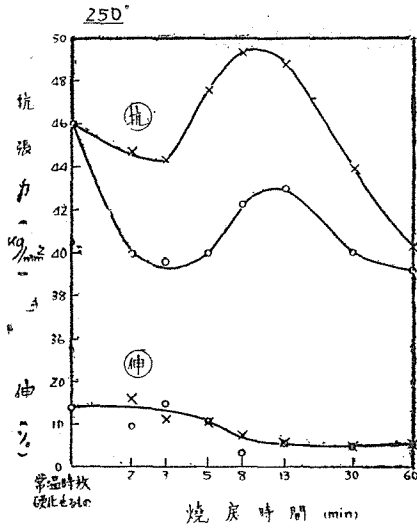
第24~30圖は實驗結果で、24S 合金の場合以上に析出硬化の山と再時効能の盛な個所との重なりがはげしい。このことは形を變えてあらわした第28~30圖によつてもうかがわれる。



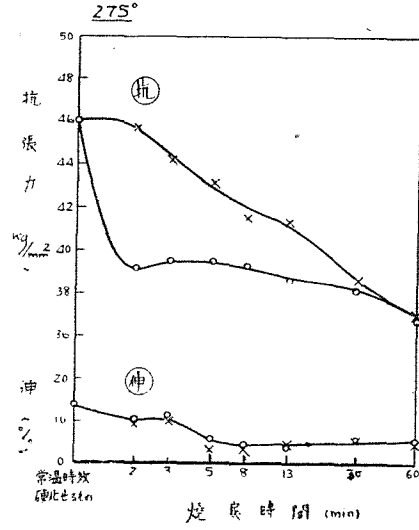
第24圖 常溫時効硬化せる *Al-Cu-Mg* 合金  
Z1を200°Cにて焼戻處理せる場合



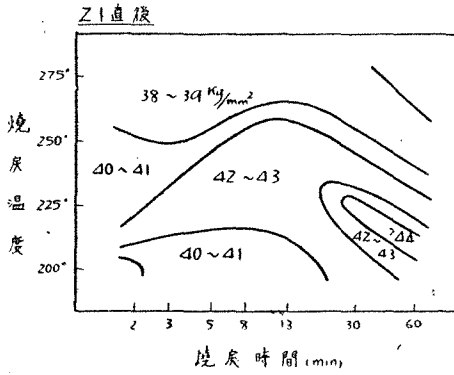
第25圖 同上 225°C 焼戻處理せる場合



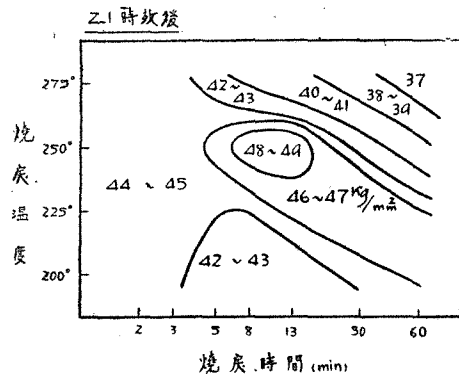
第26圖 同上 250°C に焼炭処理せる場合



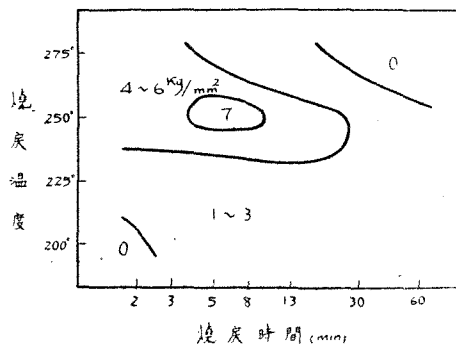
第27圖 同上 275°C に焼炭処理せる場合



第28圖 試料Z1の焼炭直後の抗張力が等しい範囲



第29圖 同上時効後の抗張力が等しい範囲



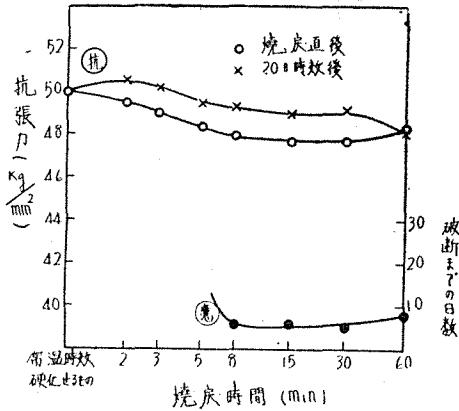
第30圖 Z1の焼炭直後と再時効後の抗張力の差

### VI. 實驗結果の考察

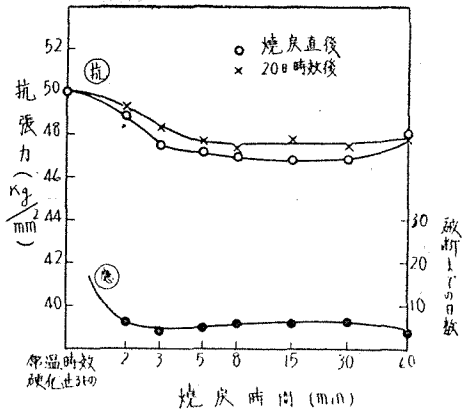
以上實驗結果より、合金の積類によつては復元により最も軟化する個所が最も再時効硬化が盛とは限らず、反つて析出硬化を示す個所において再時効硬化が著しいものもあるのが確かめられた。このことは前報告<sup>1)</sup>において豫想した復元せしむるための熱處理において、少量は析出の方向に進むものがあることを明らかに示している。

### VII. 復元處理せる24S合金の應力腐蝕性

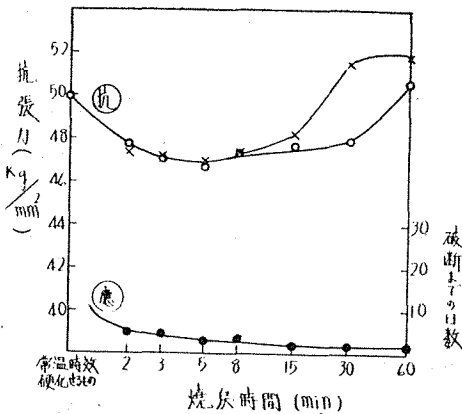
最後に、焼戻處理後再時効硬化した24S合金につき、デュラルミンと同様の方法(前報告<sup>1)</sup>)で、その應力腐蝕をしらべてみた。第31~35圖の如くこの場合も復元の個所で應力腐蝕がはげしいが、析出が進んで軟化を示す様になると再び應力腐蝕を示さなくなるのがみられる。



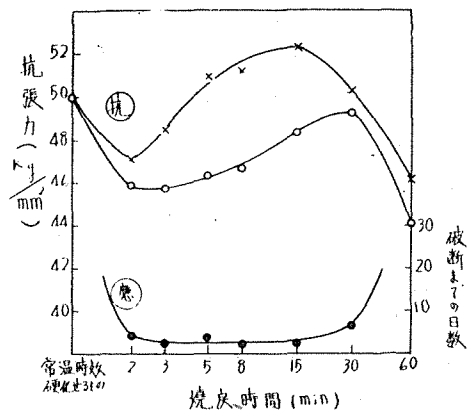
第31圖 常溫時効硬化せる24Sを150°Cに焼戻處理せる場合の應力腐蝕試驗結果



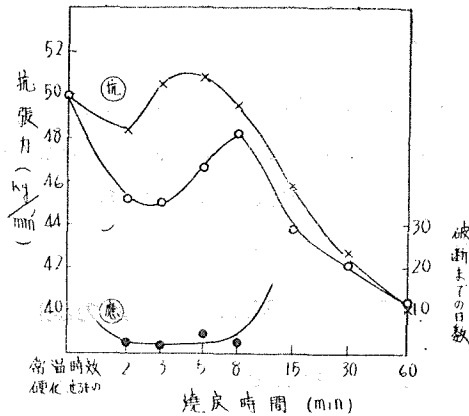
第32圖 同上175°Cに焼戻處理せる場合



第33圖 同上200°Cに焼戻處理せる場合



第34圖 同上225°Cに焼戻處理せる場合



第35圖 同上 250°Cに焼戻処理せる場合

## VIII. 結 論

1) 復元現象の考察には、復元による軟化のみを調べるのでは誤解を生ずる場合がある故、軟化と同時にそれからの再時効硬化量をも考慮しなければならぬ。

2) この見地からみると、デュラルミンの復元現象の特長は復元軟化の著しい熱処理のところが即ち同時に復元後の再時効硬化の著しいところに相當することで、このことはあらゆる合金における復元現象の特長ではない。24S合金の如きは、析出硬化を稍示するような熱処理で反つて復元後の再時効硬化量が大きくあらわれて来る。かくの如く復元現象のあらわれ方は合金の種類によつて相當異なるものである。

3) この説明としては、復元のための熱処理により組織の大部分がはじめの過飽和固溶體に戻り再び時効硬化する能力を獲得すると共に、同時に組織一部（例えば焼入歪による送り面の如き）で析出がはじまるものと考えれば了解される。即ちデュラルミンでは、最適の復元処理で組織の大部分が焼入状態に復歸し、一方析出の方へ進むものもまだ析出硬化を示すほどにはなっていないのに、24S合金では既に析出硬化を示す程度の析出が組織一部に生じていると考える。そうすれば無理なくこれ等の復元現象のあらわれ方が説明できる。

4) 以上の如く、復元せしむる熱処理によつて組織全部が均一に焼入状態に復歸するものではなく、過飽和固溶體へ復歸するものと析出への方へ進むものとの2種の傾向が實際の合金では重疊して起る。

5) 従つて析出硬化と復元による再後効硬化との重疊を利用して、高性能を得る新熱処理法が考えられる（勿論適當な組成の合金を利用して）のであるが、今のところ著者はこれには成功していない。

以上研究は、文部省科學研究費の援助により昭和20年頃終了しておつたものであるが、今回舊稿を書きあらためて發表する。試料作成その他に關しては古河理化研究所員渡邊幸健氏、丸田隆美氏に御世話になつた。附記して感謝の意を表する。（昭和27年3月1日記）