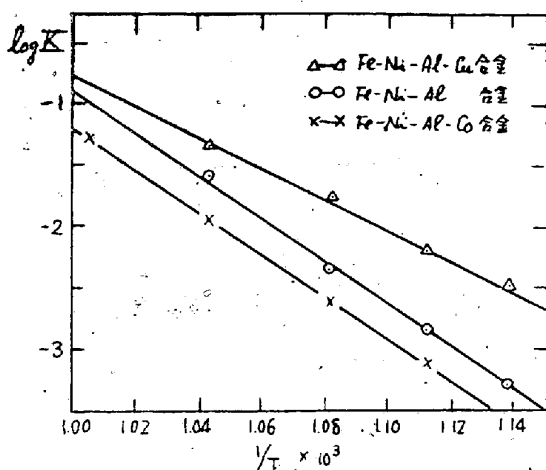


ものではないと大體に於て結論してよい。この形式の硬化を一般に歪硬化型と稱せられているが、當研究室ではこれを擬析出硬化型と呼ぶことにした。

又第8圖の直線の傾斜から、反應速度恒數 K を求めると、 $\log K$ と $1/T$ (T : 絶對温度) の關係は、第9圖



第9圖 $\log K$ と $1/T$ の關係

の如く直線關係を得る。これより時効の活性化エネルギーを計算すると、Fe-Ni-Al 合金の場合 79000cal/mole, Fe-Ni-Al-Co 合金は略これに等しく、Fe-Ni-Al-Cu 合金は之より 18000cal/mole 低い値を得た。又 Cu の添加は焼戻し温度も大分低下する。

VIII. 結 語

著者等は現在まで發表せられた時効硬化型耐久磁石合金について、これを5つの型に分け各々の合金の時効硬化の機構を明らかにした。(昭和24, 5月寄稿)

文 献

- 1) 三島, 牧野: 鐵と鋼, 34(昭23), 1~3, p. 21.
- 2) 三島, 牧野: 鐵と鋼, 35(昭24), 3, p. 19.
- 3) Neuman, Bucher. u. Reinboth: Zs. f. Metallkunde, 29 (1937), 173.
- 4) Köster: Eisenhüttenwes, 6 (1932), 17.
- 5) 三島, 牧野: 日本金屬學會分科會報告, 第1輯.
- 6) 三島, 橋口, 大日方: 日本金屬學會誌, 12(昭23), 7~12, p. 16.

熱間工具用クロム・タングステン鋼に於けるクロム 及びタングステンの相互關係に就て

(昭和23年10月本會講演大會講演於大阪)

小 柴 定 雄*

ON THE MUTUAL RELATION BETWEEN CHROMIUM AND TUNGSTEN IN THE Cr-W TOOL STEEL FOR HOT WORKING

Sadao Koshiba

Synopsis :

The writer carried out the experiment of mutual relation between Cr 2~6% and W2~8% in the Cr-W tool steel for hot work containing C 0.25, Mn 0.7, V 0.45%. As the results of this investigation, tempering hardness becomes higher as tungsten content increases for constant content of chromium. When it is quenched from 1100°C, and the hardness in high temperature will become higher, and then the resistance for softening of tempering increase as tungsten content increases for constant content of chromium, and decrease nearly as chromium content increases for constant content of tungsten. The resistance for softening of tempering are not direct proportional to hardness in high temperature.

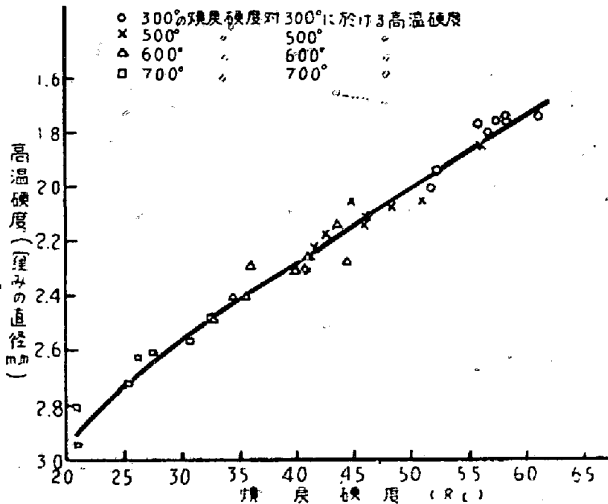
* 日立製作所安來工場

I. 緒 言

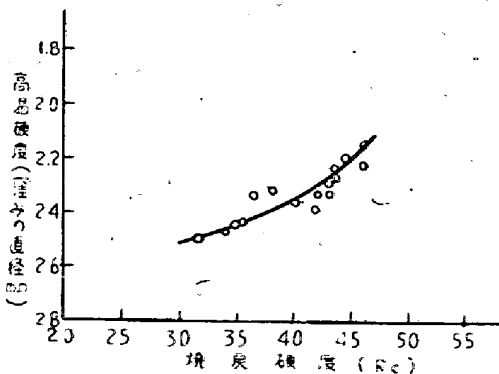
先きに熱間工具鋼 DC に就いて各元素の影響を研究し¹⁾²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾、又低 W・Cr 系に就ても実験⁷⁾を行つた。その結果 W 約 5~6% の含有量に於ても適當の C 量と相俟つて從來の高 W の場合と比較して遜色ないことを確めた。それ故本研究に於ては更にこの種 Cr・W 鋼に於てその W 量と Cr 量との相互關係に就て吟味を加へた。

II. 實 驗 方 法

從來の熱間工具鋼及び特殊工具鋼の研究結果から第 1 圖に示す如く焼入後の焼戻硬度とその焼戻温度に於ける高温硬度とは略比例的關係をなし、即ち焼戻硬度高い程高温硬度も高い。而して熱間工具鋼 DC の場合も第 2 圖



第 1 圖 常温に於ける焼戻硬度と同温度に於ける高温硬度との關係



第 2 圖 650°C の焼戻硬度と 650°C に於ける高温硬度との關係 (試料 1000°C 焼入)

に示す如く 650°C に於ける焼戻硬度と 650°C に於ける高温硬度とは概ね比例的關係がある。それ故本研究に於ては前述の 10×10×10mm の試料を用ひ最高加熱温度による焼入硬度の變化及び焼戻硬度の變化を調べ、特に 650°C に於ける焼戻硬度を以て高温硬度の大小を論じ、一方焼戻軟化抵抗度をも算出し、これに及ぼす Cr 及び W の影響を調べた。此處に焼戻軟化抵抗度とは前述¹⁾の

如く焼戻硬度を焼入硬度で除した數値を以て現はした。尙高温衝擊値も重要であるが此處には省略した。

III. 試 料

本研究に供した試料の化學成分を第 1 表に示す。各試料は何れも實驗に供する前に 1 時間焼鈍した。

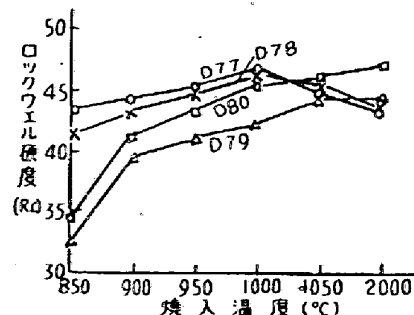
第 1 表

試 料	C	Mn	Cr	W	V
D77	0.26	0.82	2.23	1.64	0.45
D78	0.25	0.73	2.10	3.88	0.43
D79	0.23	0.70	2.14	5.73	0.42
D80	0.25	0.77	2.24	7.59	0.42
D81	0.26	0.73	3.05	1.96	0.42
D82	0.26	0.78	3.08	3.82	0.43
D83	0.26	0.76	3.08	5.72	0.42
D84	0.26	0.70	3.05	7.78	0.41
D85	0.26	0.51	3.81	1.52	0.48
D86	0.26	0.71	3.90	3.57	0.47
D87	0.25	0.64	3.56	5.72	0.42
D88	0.24	0.70	3.98	7.54	0.45
D89	0.25	0.71	4.91	1.66	0.51
D90	0.25	0.75	4.81	3.36	0.54
D91	0.23	0.77	4.94	5.76	0.48
D92	0.23	0.71	4.86	7.89	0.43
D93	0.24	0.73	5.75	1.85	0.54
D94	0.23	0.71	5.93	3.29	0.48
D95	0.23	0.73	5.78	5.61	0.46
D96	0.24	0.72	5.93	7.68	0.46

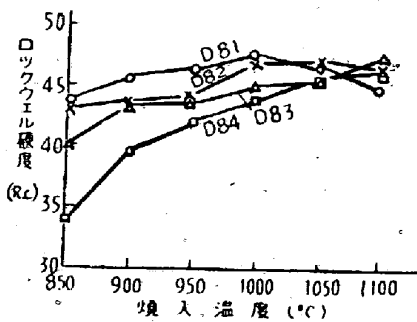
IV. 實 驗 結 果 と そ の 考 察

(1) 焼入硬度に及ぼす最高加熱温度の影響

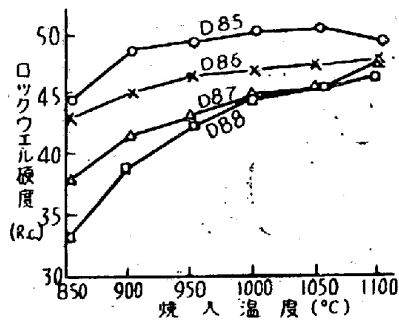
第 3 圖~第 7 圖は各試料群の油中焼入温度と硬度との關係を示す。但し焼入温度に保持する時間は 10 分とした。Cr 2~3% に於ては最高焼入硬度を示す温度は W 量を増す程高い方に移動する。而して Cr 4% 以上の場合は各 W 量共焼入温度を上昇する程概ね硬度を増大する。尙焼入温度 1000°C 以下に於ては各 Cr 量共 W 量を増す程硬度を減少する。之はその W 量を増す程地質の C 量を



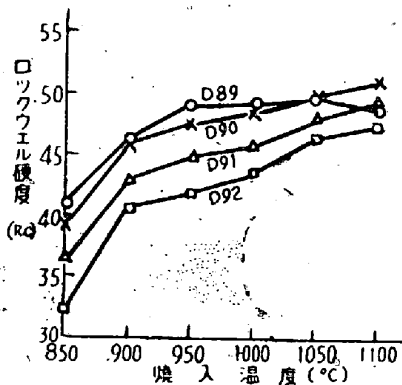
第 3 圖 焼入温度と硬度との關係 (試料 D77-80)



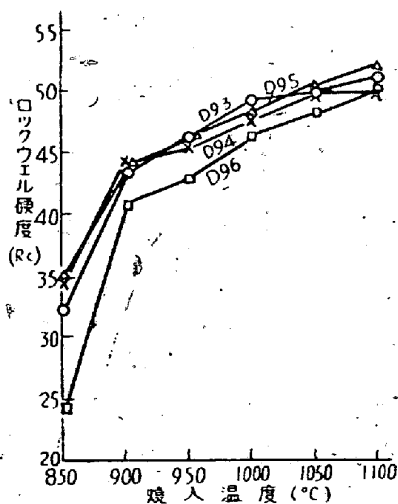
第4圖 焼入温度と硬度との関係(試料D81~84)



第5圖 焼入温度と硬度との関係(試料D85~88)



第6圖 焼入温度と硬度との関係(試料D89~92)



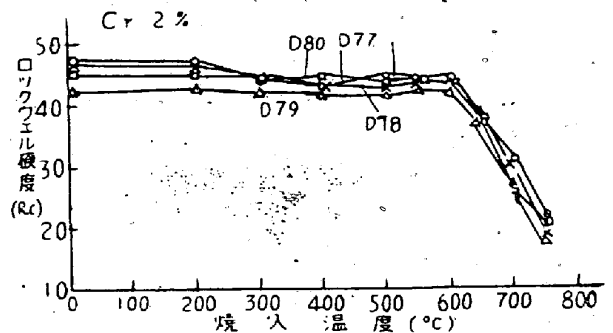
第7圖 焼入温度と硬度との関係(試料D93~96)

減少し變態点を上昇し、大洲田區域を狭め焼入によつて生成するマルテンの量の少い爲である。而して焼入温度

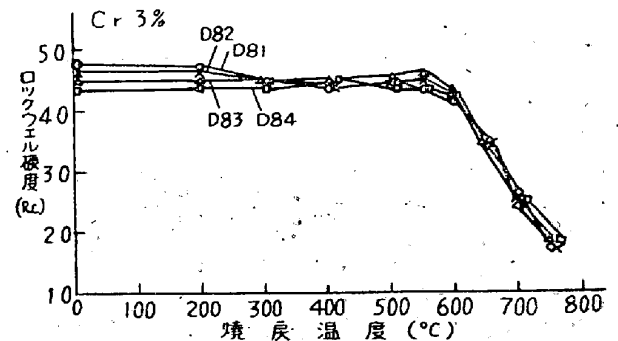
を上昇するとある程度W量高い程焼入硬度を増す。之は焼入によつて多量のマルテンを生成する爲にして、W量の低い場合硬度を減少するは寧ろ残留オーステンを生ずる爲と考へられる。

(2) 焼戻温度と硬度との關係

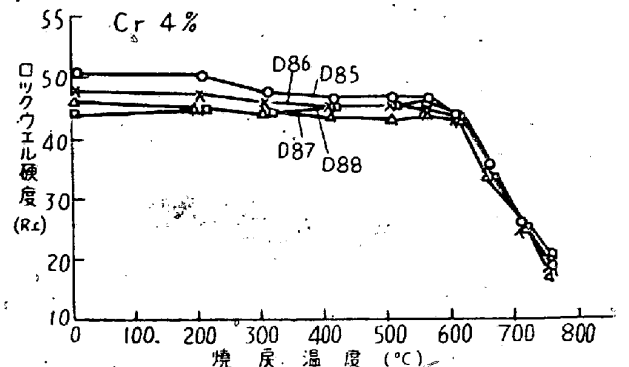
各試料の 900°, 1000° 及び 1100°C から焼入した試料の焼戻温度と硬度との關係を調べたが、1000°C の場合の結果を第 8~第 12 圖に示す。又第 13 圖及び第 14 圖はそれぞれW量及び Cr 量に對する 650°C に於ける焼



第8圖 D77-80試料の焼戻温度と硬度との關係(焼入温度1000°C)

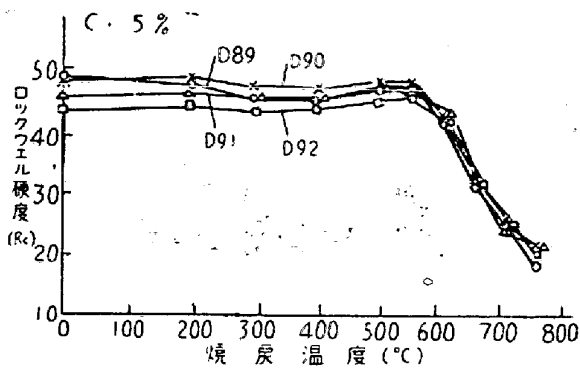


第9圖 D81-84試料の焼戻温度と硬度との關係(焼入温度1000°C)

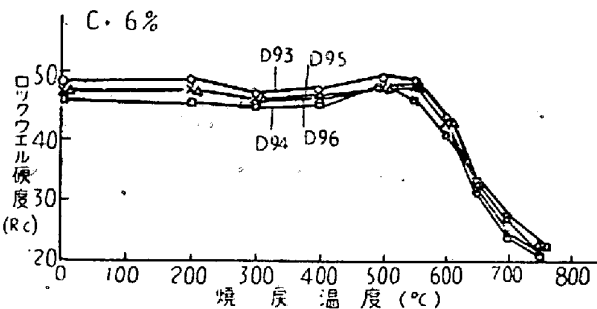


第10圖 D85-88試料の焼戻温度と硬度との關係(焼入温度1000°C)

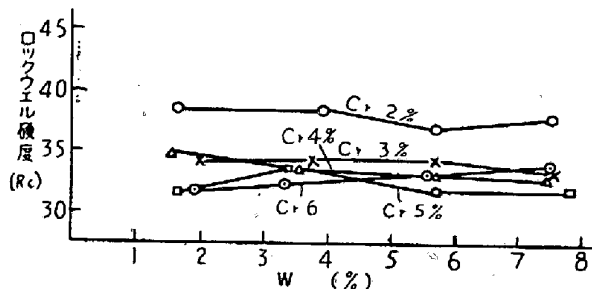
戻硬度の關係を示した。Cr 2% の場合には各 W 量共 600°C 附近までは硬度の變化少く、650°C 以上は急激に減少する。Cr 3% 以上は約 550°C までは硬度の減少は少く殊に Cr 5% 以上は僅か乍ら此の温度附近で二次硬化現象を現はす。而して 600°C 以上は稍急激に減少する。次に 650°C に於ける焼戻硬度とW量との關係を見



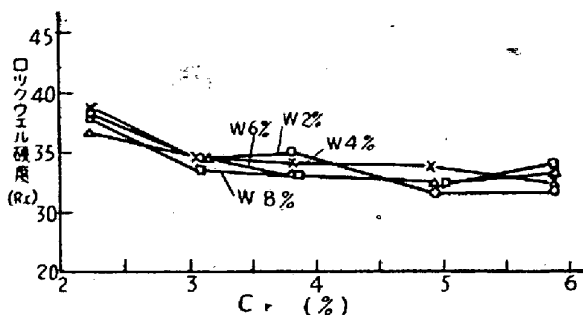
第11圖 D89-92試料の焼戻温度と硬度との関係(焼戻温度1000°C)



第12圖 D93-96試料の焼戻温度と硬度との関係(焼戻温度1000°C)



第13圖 W量と650°に於ける焼戻硬度との関係(焼戻温度1000°C)



第14圖 Cr量と650°に於ける焼戻硬度との関係(焼戻温度1000°C)

るに Cr 2~4% に於てはW約 4% 以上は僅かに減少する。Cr 5% の場合はW約 4% で最高それ以上は減少する。Cr 6% の場合にはW量を増す程増大する。尚硬度値は各W量共 Cr 約 2% の場合が最も高い。Cr 3~6% に於ては大差ない。一方 Cr 量との関係を見るに各W量共 Cr 量を増す程概ね硬度を減少する。

焼戻温度 1100°C の場合の曲線圖は省略するが各 Cr 量共W量を増す程焼戻硬度は概ね増大する。W約6~8%

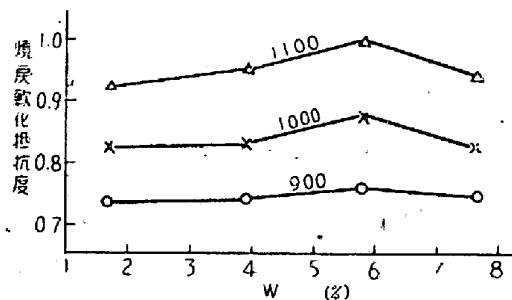
に於ては餘り大差ない。一方各W量共 Cr 量を増す程前述と同様硬度を減少する。

(3) 焼戻時間の影響

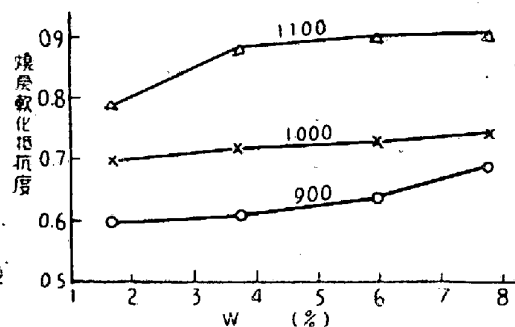
各試料を 1000°C より油中焼入し 650°C に焼戻をなし、之を 300°C 及び 600°C の温度に反覆加熱しその硬度の變化を調べた。300°C の場合には 20 時間まで反覆加熱するも餘り硬度に變化ない。600°C の場合も反覆加熱及び冷却による硬度の減少は少い。殊に各 Cr 量共W量低い方概ね硬度の變化は少い傾向を示す。Cr 5% 以上は大差ない。

(4) 焼戻軟化抵抗度と高温硬度持続性

熱間工具鋼としては焼戻硬度高く且つ焼戻軟化抵抗度も大なる程望しく、これによつて高温硬度も高いことになるであらう。それ故各組成に對し焼戻軟化の抵抗度を調べてみた。その一例を第 15 圖及び第 16 圖に示す。但し焼戻温度 650°C の場合である。各焼入温度共又各

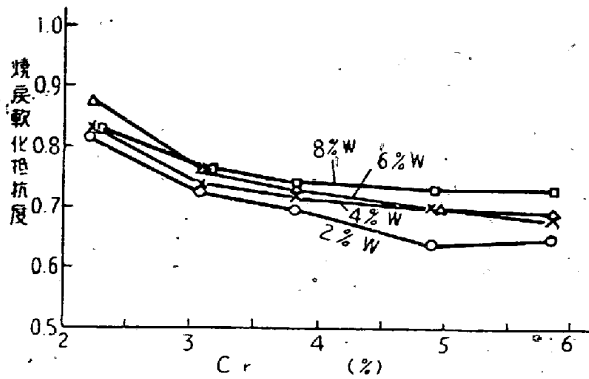


第15圖 Cr 2%の場合のW量と焼戻軟化抵抗度(焼戻温度650°C)

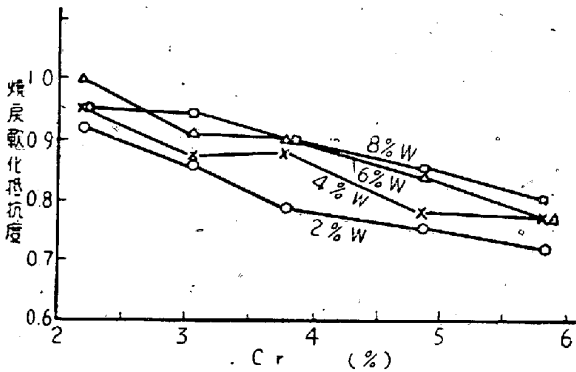


第16圖 Cr 4%の場合のW量と焼戻軟化抵抗度(焼戻温度650°C)

Cr 量共W量を増す程焼戻軟化抵抗度を概ね増大する。但し Cr 2% の場合は W 6% で最大でそれ以上かへつて減少する。又第 17 圖及び第 18 圖はそれぞれ焼入温度 1000°C 及び 1100°C の場合の Cr 量と焼戻軟化抵抗度の關係を圖示したものである。兩者共各W量何れも Cr 量を増加する程焼戻軟化抵抗度を減少する。これらの理由は前述の如く焼入温度 1000°C 及び 1100°C に於ては同一 Cr 量に對してW量を増す程マルテンの生成量を減少し焼入硬度を減少し、一方焼戻硬度は殆ど變化なきか或は多少減少するもその程度は僅かで、従つて焼戻



第17圖 Cr量と焼戻軟化抵抗度(焼入温度1000°, 焼戻温度650°C)



第18圖 Cr量と焼戻軟化抵抗度(焼入温度1100°, 焼戻温度650°C)

軟化抵抗度を増すものである。又各W量共 Cr 量を増す程焼戻軟化抵抗度を減少するは焼戻硬度が Cr 量を増す程減少する爲にして焼戻によつて軟化し易い爲である。

これらの焼戻軟化抵抗度と前述の焼戻硬度との関係から焼入温度 1000°C の場合 Cr 2~3% に於ては W 4~6% の場合熱間工具鋼としての適性が大なるものと考へられ、高温硬度も高いことが窺はれる。焼入温度 1100°C の場合 Cr 2~3% に於ては W 6~8% が焼戻硬度が高く且つ焼戻軟化抵抗度も大なる故熱間硬度も高いと推察され熱間工具として適當と考へられる。尙 Cr 量を 3% 以上増大するも前述の如く焼戻硬度は減少し、焼戻軟化抵

抗度も低下する故熱間工具鋼として不適當なることが首肯される。

V. 結 論

上述の研究結果を要約すると次の通りである。

(1) C 0.25, Mn 0.7, V 0.45% に於て Cr 2~6% に對する W 2~8% の相互關係に就て熱間工具用鋼としての適性を調べた。

(2) 焼戻温度 650°C 附近までは各W量共 Cr 2% の場合焼戻硬度最も高く 3% 以上はかへつて減少する。従つて高温硬度も Cr 2% 附近が適當と考へられる。

(3) 焼戻軟化抵抗度は各 Cr 量共 W 量を増す程概ね増大する。又各W量共 Cr 量を増加する程減少する。

(4) Cr 2~3% に於ては W 4~6% の場合が最も適當と思はれ、前の研究結果⁷⁾とよく一致する。尙焼入温度 1100°C の場合には各一定 Cr 量に對して W 6~8% が焼戻硬度も高く、焼戻軟化抵抗度も大である。

(5) Cr 3% 以上の高 Cr 含有に於ては焼戻硬度も低く、焼戻軟化抵抗度も減少する故熱間工具鋼としては不適當である。

終りに臨み本研究を遂行するに當り終始懇篤なる御指導を賜りたる菊田博士に敬意を表し、又實驗に従事された又咲君の勞を多とする。(昭²⁴, 1 月寄稿)

文 献

- 1) 小柴, 永島: 鐵と鋼, 第35年4號, p. 110~114.
- 2) 小柴, 永島: " , 第35年6號, p. 173~176.
- 3) 小柴, 永島: " , 第35年7號, p. 211~214.
- 4) 小柴, 永島: " , 第35年8號, p. 251~254.
- 5) 小柴, 永島: " , 第36年3號, p. 104~107.
- 6) 小柴, 永島: " , 第36年4號, p. 147~151.
- 7) 小柴, 鐵と鋼, 第35年10號, p. 345~349.