

## 刃物鋼の諸性質に及ぼすSの影響 (第2報)

Effect of Sulphur Content on the Properties of Cutlery Steel  
(The 2nd Report)

小柴定雄\* 菊田光男\*\*

Sadao Koshiba

Mitsuo Kikuta

## 内 容 梗 概

砂鉄系原料鉄製刃物鋼の各種機械的性質に及ぼす微量Sの影響を調べた結果、常温抗張力および降伏点は硬度の影響が現われるが、S含有率0.05%以上でやや大となる傾向にあり、伸びはあまり変化ないが絞りは高S側のみ低下する。熱間抗張力は850°C以上で常温の場合と逆傾向を示し、絞りは750°C以上ではS0.05%以上で明らかに小となる。

焼戻試料の衝撃値は焼戻温度が上昇すると高S側で低下する傾向にあり、焼鈍試料では低S側が高い。熱間衝撃値は600°Cまではあまり明らかな差が認められないが700°CではSの多いほど低下する。鍛接性はSにより悪影響をうける。以上の結果から特に刃物鋼に対しては微量のSも好ましくない不純元素といえる。

第1表 試料の化学成分

試料	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W, Mo, V	Ti	Cu
S-1	1.17	0.20	0.25	0.008	0.004	Nil.	0.04	Nil.	0.08	0.02
S-2	1.18	0.24	0.28	0.007	0.016	Nil.	0.06	Nil.	0.05	0.02
S-3	1.19	0.23	0.21	0.008	0.031	Nil.	0.06	Nil.	0.03	0.02
S-4	1.20	0.21	0.23	0.008	0.051	Nil.	0.05	Nil.	0.05	0.02
S-5	1.23	0.28	0.22	0.010	0.051	Nil.	0.05	Nil.	0.08	0.02

## 1. 緒 言

筆者らは前報<sup>(1)</sup>で刃物鋼の熱处理的諸性質に及ぼす微量Sの影響について述べたが、元来Sは流動性を害し収縮率を大にし亀裂気孔を生じやすいなど、铸造性に影響するとともに偏析を生ぜしめ、機械的性質、特に赤熱脆性に対してきわめて有害な因子となることが知られている。従来からの研究<sup>(2)</sup>はMnを加えることによりMnSとして脱硫作用を行わせ、ほとんどその害を除去できることを認めている。したがって機械的性質とS含有量にかんする研究<sup>(3)</sup>はかなり多いが、高炭素鋼に対する微量Sの影響はあまり詳細にされていないようである。一方Sはかなり微量でも黒鉛化を防止し<sup>(4)</sup>、あるいはPbとともに快削鋼としての有用な性質も知られている。

本報ではS含有量がきわめて少ないことを一つの特長とする砂鉄系原料鉄より造られた刃物鋼の機械的諸性質に及ぼす微量Sの影響について述べたものである。

## 2. 試料および実験方法

試料の履歴については前報に述べたから、ここでは化学成分のみ第1表にかかげた。

常温における引張り試験は14mmφ圧延素材を900°C油焼入後700°Cで軟化焼鈍を行い、これより平行部7mmφの試験片に成形後、800°Cより20°Cの水焼入したものを各温度に1時間焼戻し、アムスラ試験機により抗張力、降伏点、伸びおよび絞りの測定を行った。衝撃試験は前述の処理を行った12mm角圧延材より試験片を製作し同じく800°Cより水焼入し各温度で焼戻あるいは焼鈍を行いグラインダ仕上し、シャルピー衝撃試験機により実験を行った。また熱間の抗張力そのほかの試験

には常温の引張り試験と同様アムスラ試験機に電気炉をとり付け、試料を所要温度に加熱、15~20分保持後測定した。熱間の衝撃試験は軟化焼鈍状態の試料を電気炉で所要温度に30分加熱保持後、すみやかにとりだして測定を行った。鍛接試験は台金(地鉄—純鉄)と試料とともに木炭で十分還元雰囲気にした電気炉中で850°Cに予熱した後、鍛接用のフラックス(硼砂70%、純鉄粉30%)を60メッシュのふるいで鍛接面(鍛伸方向)に約1mmの厚さに撒布し両者の鍛接面を重ねてやはり還元雰囲気にした電気炉中で所要温度に「わかし」を行った。一定時間保持後、とり出し25kgのハンマを1mの高さから落下、鍛接面を一回打撃した。鍛接上1回では無理であるが、くり返すと冷却条件のほか打撃の条件が一定とならない。これを片手ハンマで数回叩き、剥離せぬものを中央より切断、研磨後顕微鏡でその鍛接状況を観測した。

## 3. 実験結果ならびにその考察

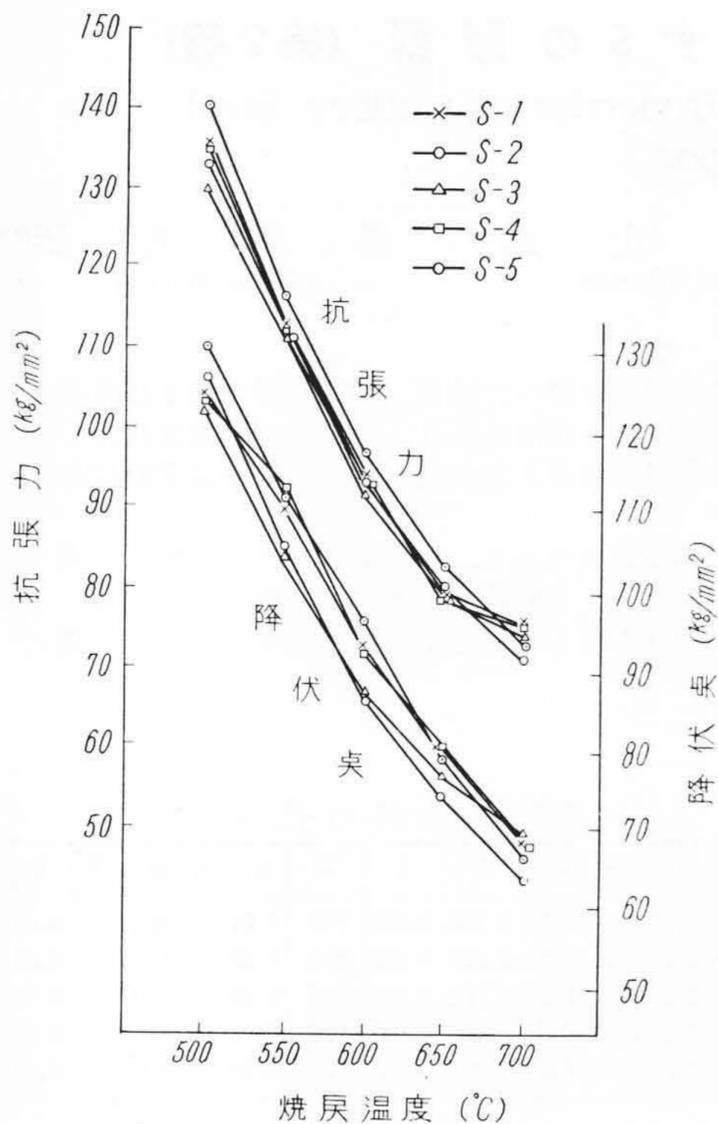
## 3.1 常温引張り試験

第1図は焼戻温度と抗張力および降伏点との関係を示す。各試料いずれも焼戻温度の上昇するにしたがい急速に抗張力と降伏点を低下するが、各試料間には多少の差が認められる。

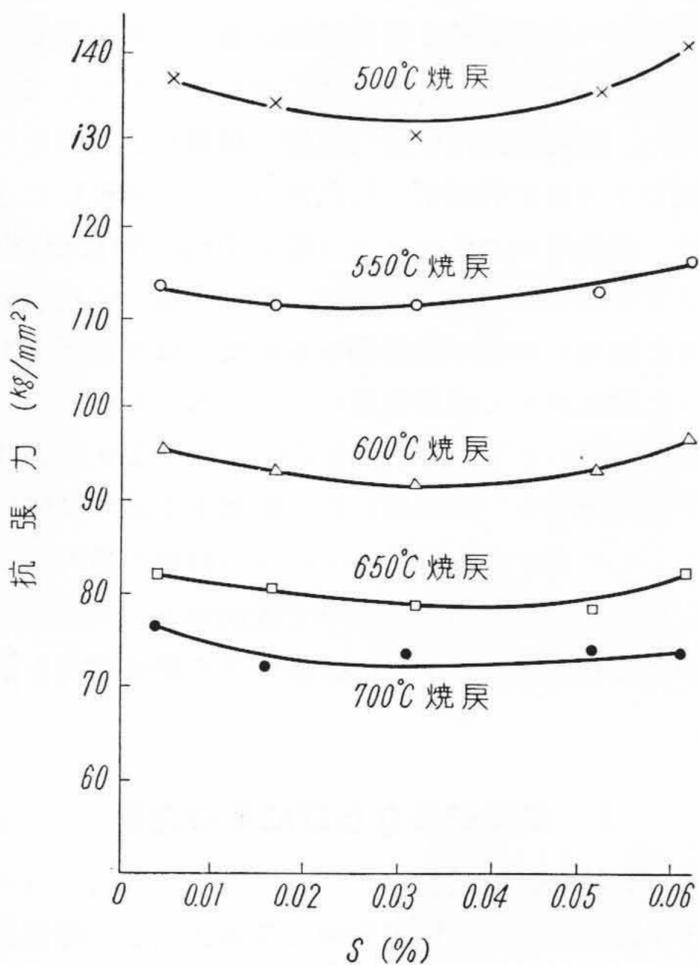
第2~3図はそれぞれ抗張力および降伏点に及ぼすS含有量の影響を示したもので、S量中位すなわち0.02~

\* 日立金属工業株式会社安来工場 工博

\*\* 日立金属工業株式会社安来工場

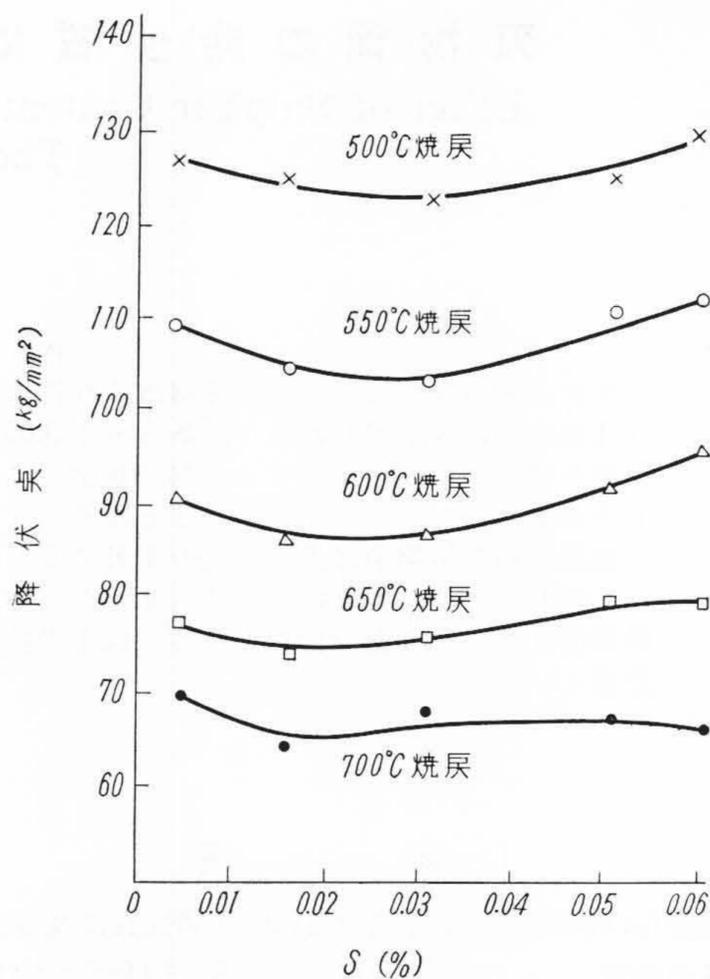


第1図 焼戻温度と抗張力および降伏点との関係



第2図 抗張力に及ぼすSの影響

0.03% を含有する試料はSのさらに低位の試料およびS量多い試料に比しやや抗張力ならびに降伏点の小さいことが知られる。またこの傾向は焼戻温度の高低にはあま



第3図 降伏点に及ぼすSの影響

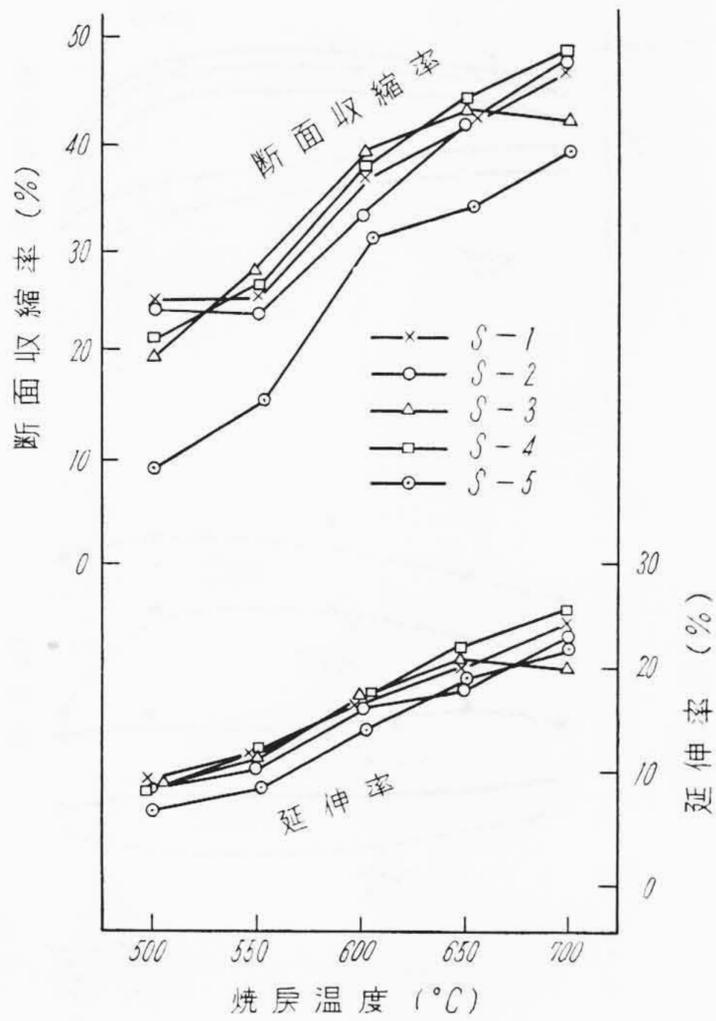
第2表 700°C焼鈍試料の引張り試験結果

試料	T. S. kg/mm <sup>2</sup>	Y. P. kg/mm <sup>2</sup>	E%	R%
S-1	78.0	49.5	17.6	31.5
S-2	81.9	52.0	19.0	33.8
S-3	84.5	60.0	16.5	31.5
S-4	84.5	44.5	18.0	36.2
S-5	81.9	49.5	19.0	35.0

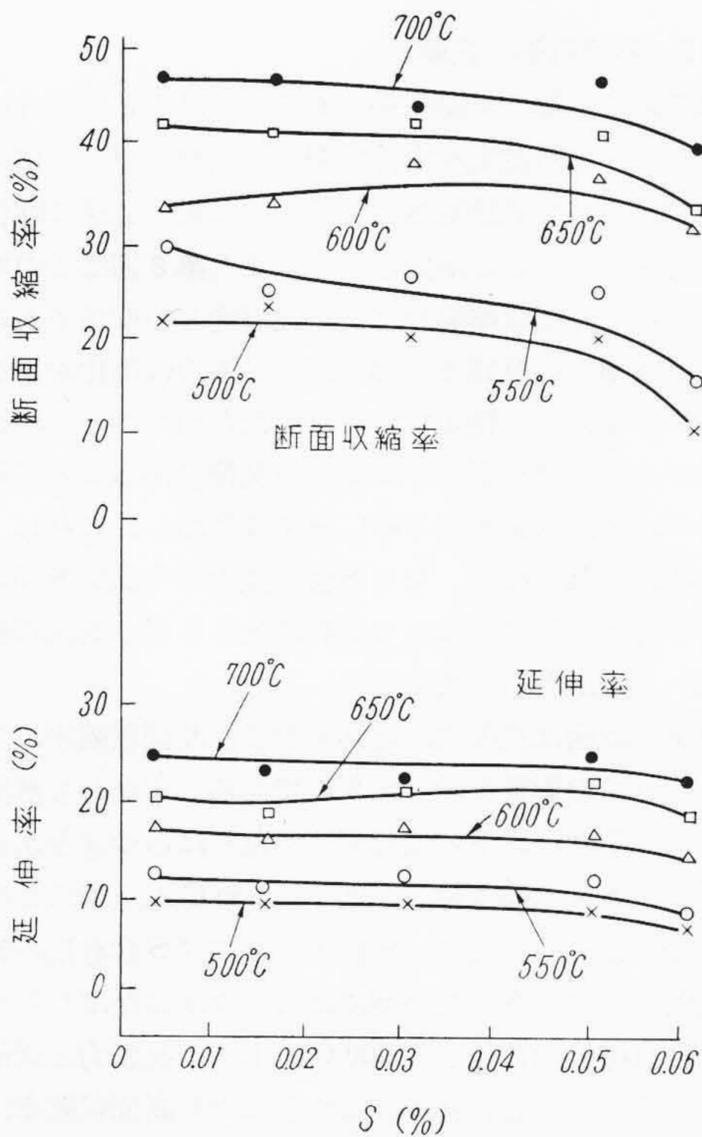
り関係ないが700°C焼鈍試料はややばらつきを示している。すなわちこの曲線は前報<sup>(1)</sup>の焼戻硬度とS含有量との関係曲線に近似しており、直接S含有率の影響が現われたものでなく、焼戻硬度の影響がそのまま現われたものとみるべきである。なおこの曲線は本研究成分以上にSが含有されると明らかに硬度増加のため抗張力および降伏点を上昇させることを示唆するものである。

第2表は700°Cで1時間焼鈍、すなわち加熱後炉中冷却を行った試料の抗張力と降伏点を参考のために調べた結果で、700°C焼戻(この場合は30分加熱後空冷)試料と比較してばらつきは多いが、大体抗張力において5~7 kg/mm<sup>2</sup>大となり降伏点は逆に10~20 kg/mm<sup>2</sup>小さくなっている。これはやはり炭化物の溶解、析出のためだけでなく基地中のMnS(あるいはFeS)固溶体の挙動の変化に基づくものと考えられる。

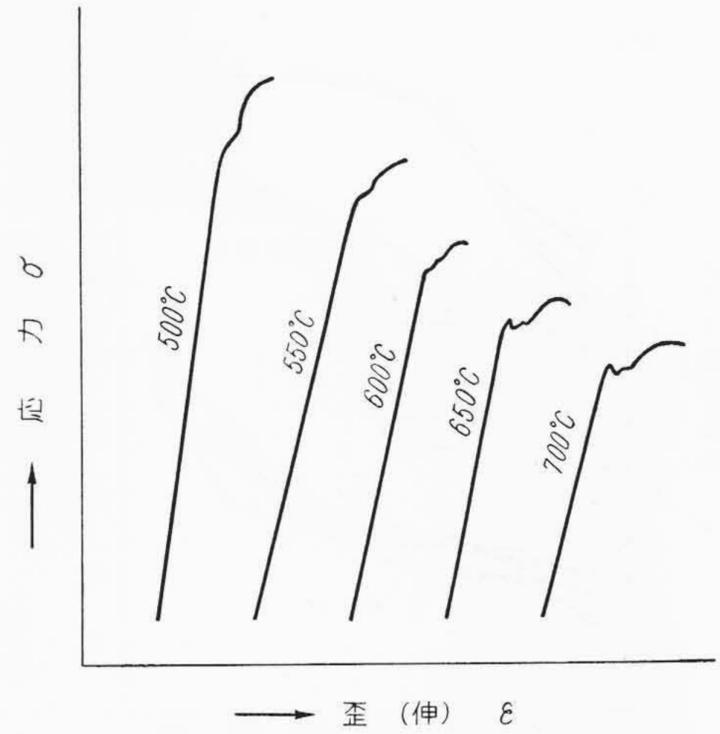
第4図は焼鈍温度と伸びおよび絞りの関係を示し、第5図は同じくS含有量との関係を示したものである。試料の平行部径が小さくまた切断面も小さい関係で特に絞りの数値はばらつきが大きい、両図より延伸率、断面



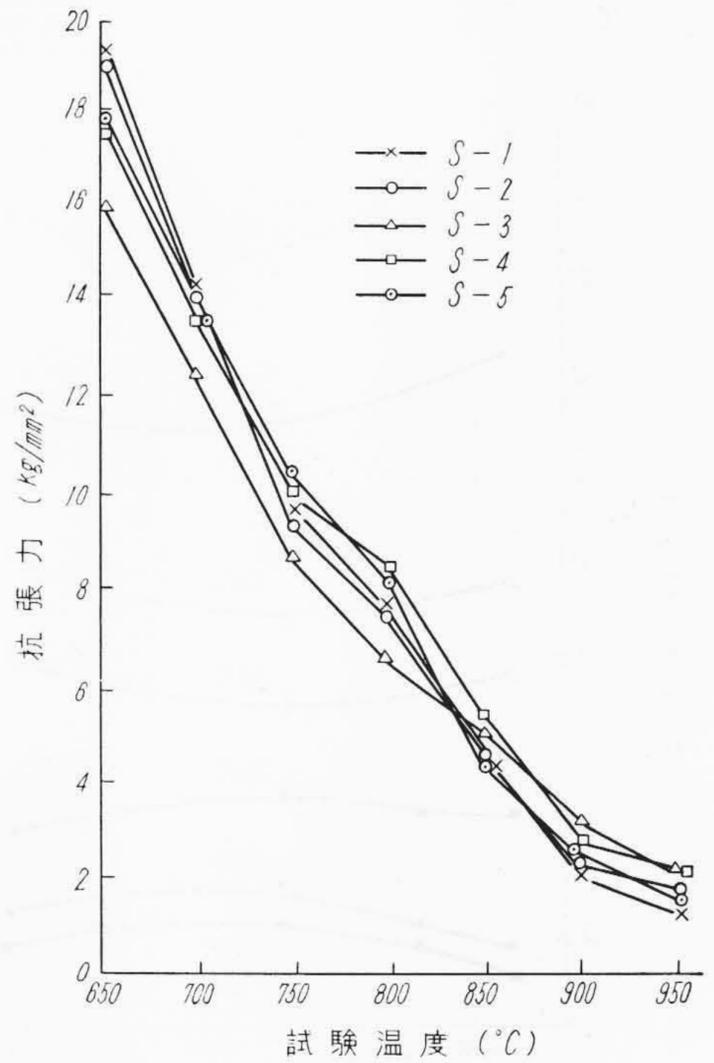
第4図 焼戻温度と断面収縮率および延伸率との関係



第5図 断面収縮率および延伸率に及ぼすSの影響



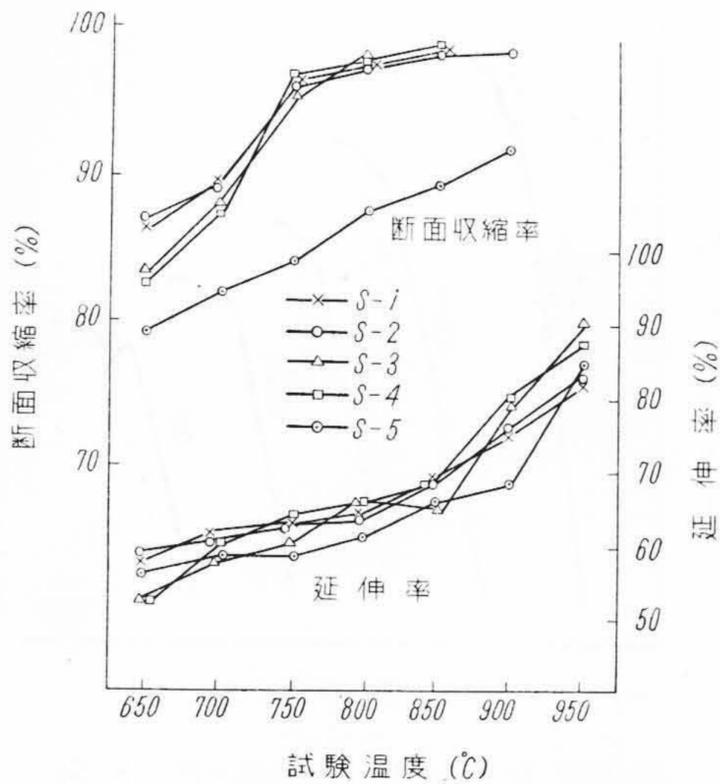
第6図 ひずみ—応力線図の一例 (S-5)



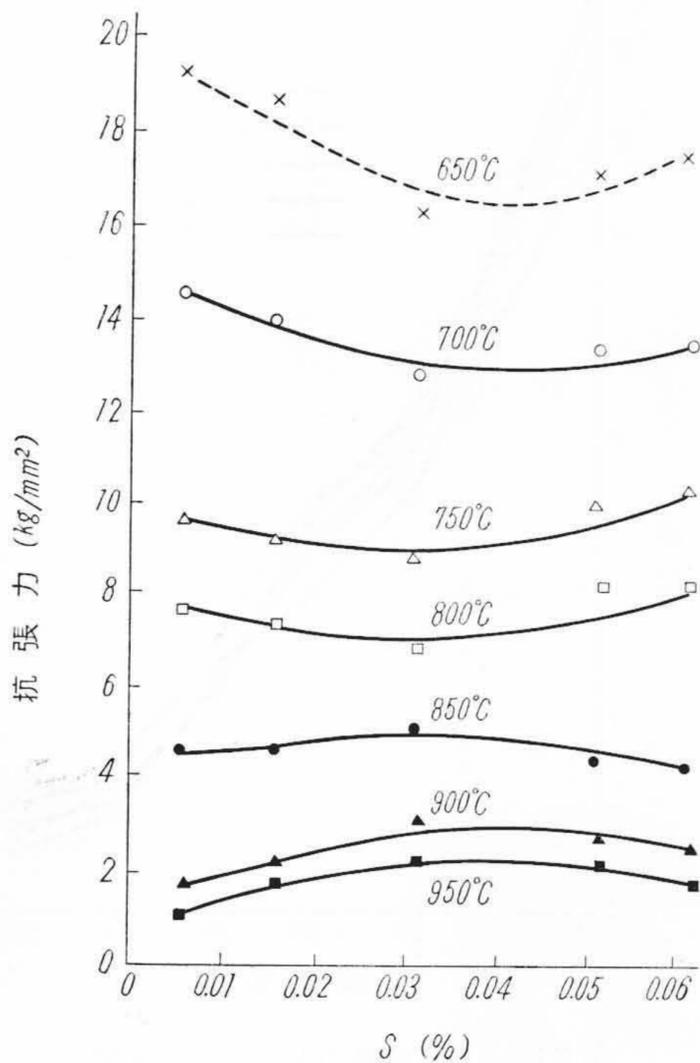
第7図 熱間抗張力と温度との関係

収縮率ともに焼戻温度の高いほど大きくなるのは当然として、Sの多いほど伸びはわずかに低下する傾向を示すが、絞りはこの傾向が明瞭で特にSの多いものほど絞り値を低下することがうかがわれる。これに対し700°C焼鈍試料は第2表のように伸び、絞りいずれも700°C焼戻試料の場合よりやや小さくかつばらつきが多いためS含有量との関係は明らかでない。

第6図はひずみ—応力線図の一例をS含有量の最も高



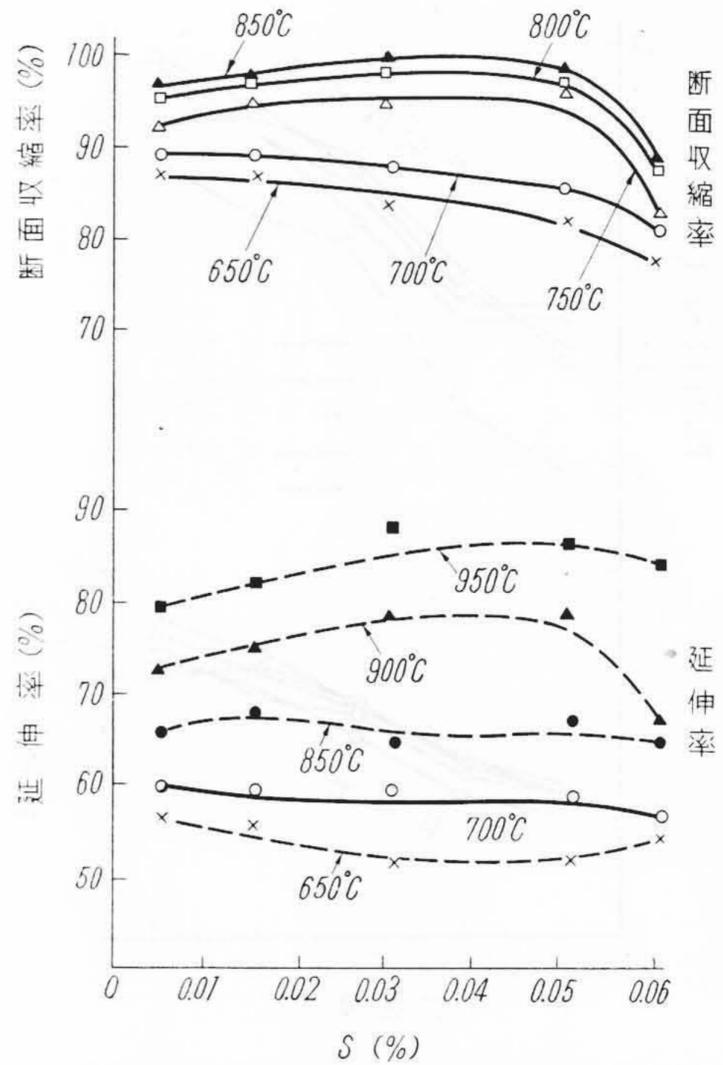
第8図 熱間断面収縮率および延伸率と温度との関係



第9図 熱間抗張力に及ぼすSの影響

いS-5によって示したものであり、別段変わった点は認められない。

以上の実験結果よりいえることはSはかなり微量でも高炭素鋼の硬度に影響し、ために抗張力、降伏点などに変化を生ぜしめるが、その影響が著しく現われるのは本研究に用いた試料のS含有量以上の場合においてであろう。

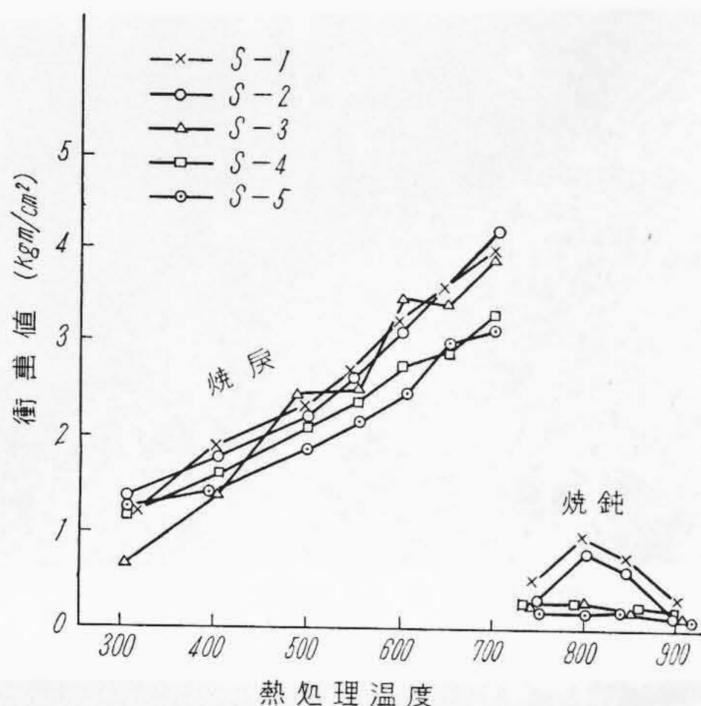


第10図 熱間断面収縮率および延伸率に及ぼすSの影響

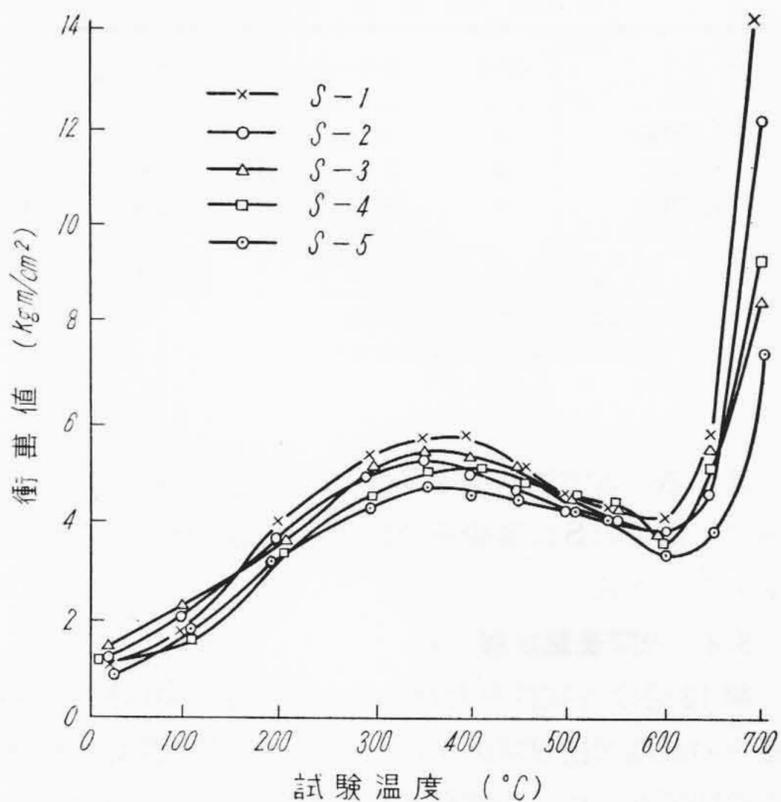
### 3.2 熱間引張り試験

第7図は前節の常温引張り試験におけると同様寸法の試料につき加熱温度を変えて引張り試験を行った結果を示す。すなわち試験温度の上昇するに従い急速に軟化し抗張力を減ずることが知られる。また第8図はこの場合の延伸率と断面収縮率および試験温度との関係である。断面収縮率の高温側で一部ぬけているのは酸化および変形がはなはだしく測定できなかったためである。両図より伸び、絞りは抗張力とほぼ逆の関係にあることが知られるが、断面収縮率は750°Cまでは急増し、これ以上ではあまり増加しない。ただS含有量の最も高いS-5のみはその傾向を異にしほかの試料に比しかなり断面収縮率の低いことが明らかである。

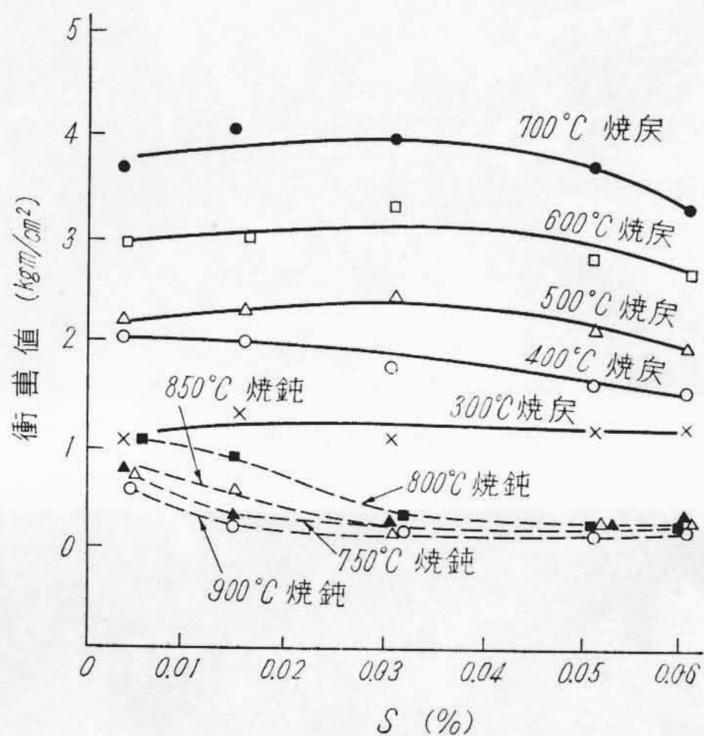
第9~10図は抗張力、延伸率および断面収縮率に及ぼすS含有量の影響を示したものである。すなわち熱間の抗張力は750°C以下の低温ではかなりばらつきを示しているが、S量0.03%付近が低く、850°C以上ではこの関係がまったく逆となる。延伸率に及ぼすS含有量の影響は試料の軟化変形のため特にばらつきがはなはだしく大部分は点線で示したが、900°C以上では抗張力と同傾向を有するものと思われる。これらに対し断面収縮率は比較的明瞭な関係が認められる。すなわち700°C以下ではSの多いものほど小となるが、750°C以上ではS 0.04



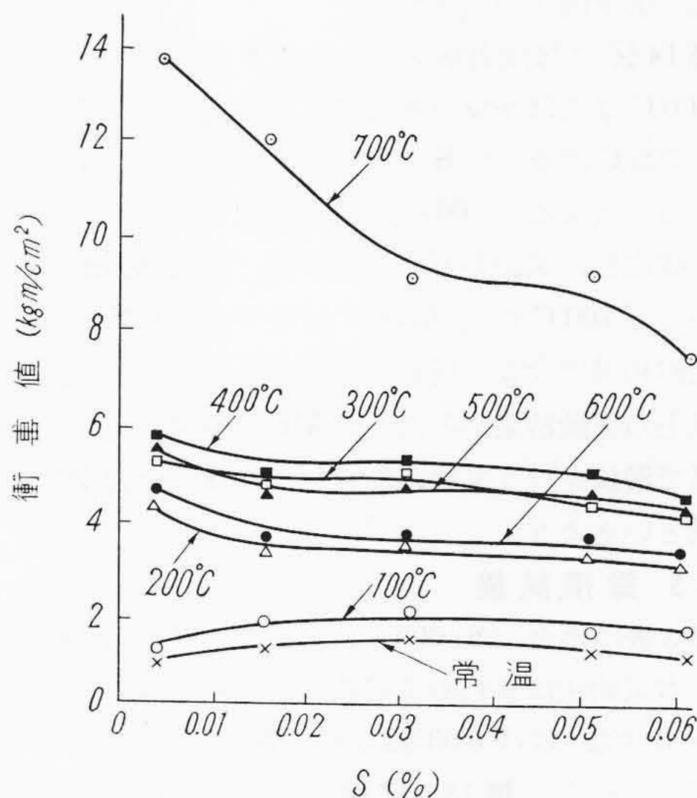
第11図 熱処理温度と衝撃値との関係



第13図 熱間衝撃値と温度との関係



第12図 衝撃値に及ぼすSの影響



第14図 熱間衝撃値に及ぼすSの影響

%まではやや大となり、0.05%以上で急に低下する傾向を示す。

以上の実験結果から高炭素鋼を高温加工する場合たとえその加工速度(ひずみ速度)がかなり遅くても0.04%以上のSは好ましくないといえる。

3.3 常温衝撃試験

第11図は700°Cに1時間焼鈍後、800°Cから水焼入し各温度で焼戻および焼鈍処理した場合のシャルピー衝撃値と熱処理温度との関係を示す。各点はいずれも2個の平均値であるが、かなりばらつきがある。また第12図はS含有量との関係を示したものである。両図より焼戻衝撃値は焼戻温度の上昇するにしたがい大となるが、同時にS含有量の多いものが小となる傾向が大きい。ただしS 0.04%まではあまり変りない。また焼鈍試料においては各試料いずれも衝撃値が低い、程度の差はあれ

Sの多い試料ほど衝撃値を減じS 0.03%以上ではその差が現われない。この傾向は800°C焼鈍の場合が最も明らかで、この点前報<sup>(1)</sup>に述べたセメンタイトの球状化性と密接な関係があると考えられる。本実験では通常のシャルピー試験を行ったので、比較的脆弱な焼鈍状態では衝撃値があまり近く、このため試料間の差は現われにくいのであろう。さらに硬度の点を考慮すると、焼戻の場合はやはり硬度の影響がそのまま衝撃値に現われたとみてよいが、焼鈍試料の場合は低S側はむしろ硬度が高いため組織すなわちセメンタイトの球状化性あるいは基地におけるMnS(あるいはFeS)の存在などを考える必要がある。

第3表 鍛接度判定結果

わかし温度	試料	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5
1,050°C		2	×	○	×	○
1,100°C		6	5	6	5	4
1,150°C (フラックスなし)		8	8	8	4.5	4
平均		8	6.5	7	4.75	4

注： ×印は鍛接できなかったもの  
○印は切断のさい剥離したもの

要するに本実験結果より焼戻、焼鈍いずれの処理を行っても微量のSは多少その衝撃値を低下せしめる傾向があるといえる。

### 3.4 熱間衝撃試験

第13図は各試料を素材のまま各温度に30分加熱保持後その温度で衝撃試験を行った場合の試験温度と衝撃値との関係を示す。各試料ともに350°C付近に極大値を、また600°C付近に青熱脆性を現わし、これ以上の温度で軟化し衝撃値を急増する。

第14図は熱間衝撃値に及ぼすSの影響を示したもので600°Cまでは多少の変化はあるが、その差は明らかでなく700°Cに至ってSの多いほど衝撃値を減少する傾向が明らかとなる。700°C以上の温度では前述のように試料が軟化し、試験不可能であるが、熱間の引張試験の結果からも700°C以上1,000°C付近でやはりSによる赤熱脆性が相当に大きく現われるものと考えられる。

以上の実験結果からたとえMnを多少含有していても高温で鍛練を行う刃物鋼に対してはSは極力少ない方が安全といえよう。

### 3.5 鍛接試験

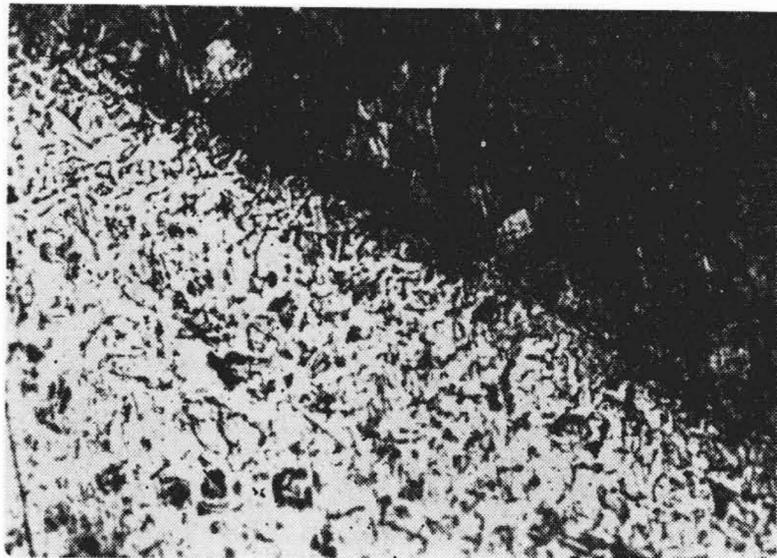
第3表は地金(S 000)と試料との鍛接試験結果である。本試験法はきわめて定性的なものではあるが同表よりS-3すなわちS 0.03%以上は鍛接性を低下させるものと判定される。第15~17図は鍛接断面の一例を示したものである。

本結果より刃物鋼として要求される鍛接性の点からもS含有量はもちろん少ないことが望ましい。特に刃物鋼の鍛接は高温で鍛伸しつつ鍛接する機会が多いから、これまでに述べた高温加工性に及ぼす害とあいまって微量のSでも割疵のほか刃物に有害な作用をもたらすものと考えられる。

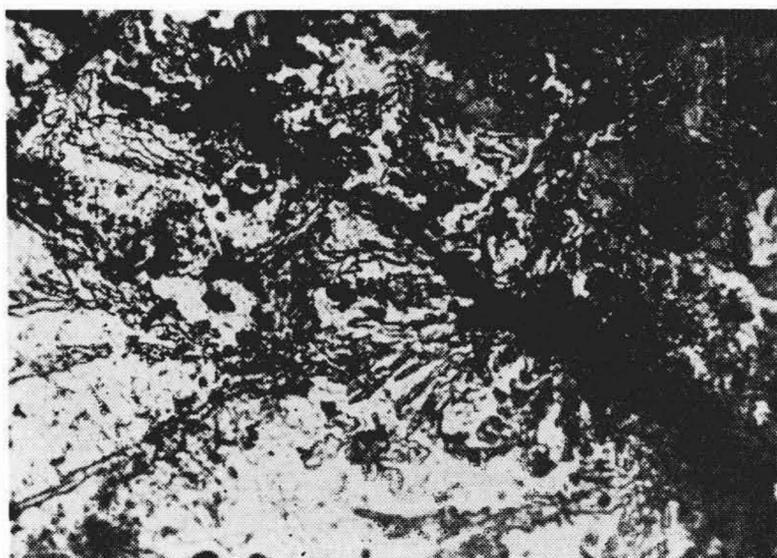
## 4. 結 言

以上の実験結果を要約すれば次のとおりである。

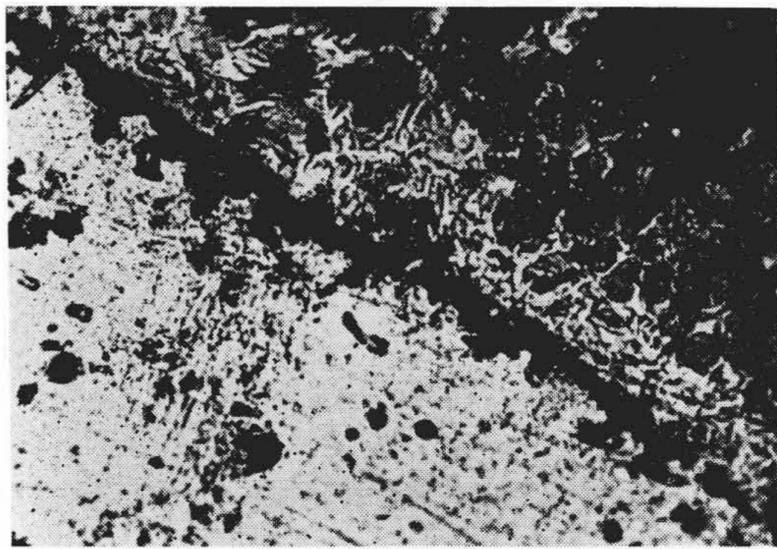
(1) 常温引張り試験の結果、焼戻試料の抗張力、降伏点は硬度の影響があらわれSの特に多い場合大となる傾向がある。延伸率は本研究試料の成分範囲内ではあまりSの影響が認められないが、断面収縮率はSの多いほ



第15図 S-3 1,100°C 鍛接状況



第16図 S-4 1,100°C 鍛接状況



第17図 S-5 1,100°C 鍛接状況

ど急減の傾向がある。

(2) 熱間の抗張力は800°Cまでは常温の場合と同傾向であるが、850°C以上でSの特に多い試料の抗張力が低くなる傾向を得た。熱間の断面収縮率も750°C以上で特にこの傾向を示す。

(3) 常温衝撃試験の結果、焼戻試料の衝撃値は焼戻温度が高いほど高S含有量のものが低く、焼鈍試料では低S含有量のものが衝撃値大なる傾向を示す。

(4) 熱間衝撃値は600°C付近まではSの影響が認め

られず、700°CでかなりSによる赤熱脆性を生じはじめる。

(5) Sは鍛接性に対し有害である。

以上の結果より双物鋼に対しSは微量でも明らかに望ましくない不純元素と判定される。

終りに本実験に熱心に従事された塩谷所員の労を多とするものである。

参 考 文 献

(1) 小柴, 菊田: 日立評論 40, 4, 549 (昭 33-4)

(2) たとえば Sauveui: The metallography and heat treatment of Iron and Steel 3rd Ed. 73 (1926)

Stead: Stahl u. Eisen 28, 1431 (1908)

Levy: Jour. Iron and Steel Inst. 11, 33 (1908)

Anderson and the others: Jour. of Metal. 6, 835 (1954)

(3) たとえば Unger: Iron Age 97, 146 (1916)

(4) たとえば Hatfield: Jour. Iron and Steel 1st. 1, 133 (1913)

(5) たとえば森山, ほか: 鉄と鋼 28, 3. 280 (1942)

特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その7)

(第84頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	485727	X線写真撮影用移動枠に対するカセット取付装置	亀戸工場	和田正脩 小林本一 松伊伊一	33.12.9
"	485728	X線写真連続撮影装置	亀戸工場	和田正脩 小林本一 松伊伊一	"
実用新案	485729	X線透視台の駆動装置	亀戸工場	和田正脩 小林本一 松伊伊一	33.12.9
"	485769	モーターローラ	亀戸工場	伊藤藤虎	"
"	485781	端子板	亀戸工場	荒川秀春	"
"	485701	多数共同加入電話回線における割込防止装置	戸塚工場	田島喜平 江大森五 北木塚英	"
"	485711	コネクタ-の話中復旧装置	戸塚工場	北木村敏 木村慮一	"
"	485752	コンベアの间歇駆動装置	戸塚工場	斎藤喜美	"
"	485849	水晶共振器	戸塚工場	松本五郎	"
実用新案	485702	電子管	中央研究所	松橋森戸 橋本戸辺	33.12.9