

13% Cr 鋼に関する二、三の実験*

前川 静 弥**・山下 健**

SOME EXPERIMENTS ON 13% CHROMIUM CAST STEEL

Sizuya Maekawa and Takeshi Yamashita

Synopsis:

The authors studied on the various properties of 13% Cr Cast steel (fluidity, machinability, corrosion-resistance, weldability, mechanical properties, etc).

The results obtained are as follows:

1) It was recommended to employ the materials consisted of such compositions as shown on the following table, in accordance with their proper uses.

Classification of industrial uses.		Chemical Composition (%)						Remarks
		C	Si	Mn	P	S	Cr	
I	Materials on which corrosion-resistance and machinability were required.	<0.13	0.8/1.2	<0.6	<0.04	<0.04	12/15	Addition of 0.5~1.0% Ni would be applied to the material on which specified hardness is required, and 0.1~0.25% Al addition would be good to increase the ductility.
II	Structural quality which ductility was required.	0.15 /0.20	0.3/0.5	<0.5	〃	〃	12/13	
	Materials on which high strength, cavitation and wear resistance were required.	0.3/0.4	1.0 max	<0.5	〃	〃	12/13	

2) The machinability was the best in annealed state. When heat-treatment was made, the cooling velocity changed in the order of oil and water.

3) The most favourable mechanical properties were obtained by quenching at 100°C and tempering at 700~780°C.

4) The annealing-brittleness possibly resulted from carbide precipitation on net work. It was improved by normalizing the materials.

5) In case welding was made with this steel, the best result would be obtained by the application of inverse-polarity using the electrode of 13% Cr or 10Ni-20Cr steel system.

I. 緒 言

13% Cr 鋼は耐蝕、耐熱材料として古くから実用されているが、当所に於いても製紙用サクシヨンプレス・ロール、及び発電所用ランナー並びにライナー等、大小の鋳造品を製作している。何れも熱処理及び機械加工を要し、特にサクシヨンプレス・ロールは多数の穿孔を施すもので、その被切削性がコストの面に相当大なる影響を与える。ここでは炭素量 0.5% 以下の一般構造材料の適

用範囲を求めべく、可鋳性、被切削性、熔接性及び機械的性質に及ぼす化学成分並びに熱処理の影響について行つた二、三の実験結果を報告する。

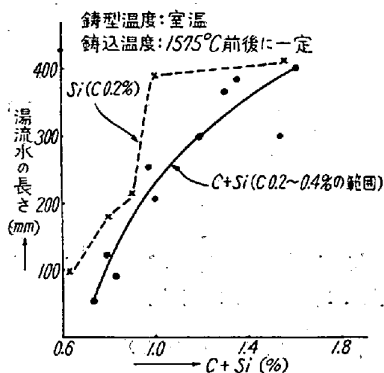
II. 実 験 結 果

(1) 可鋳性に及ぼす化学成分の影響

* 昭和 28 年 10 月本会講演大会にて講演

** 日本製鋼所室蘭製作所

試料の熔製は、6t エル式電弧炉及び木炭抵抗電気炉を用い、0.1~0.4% C, 0.6~1.4% Si, 0.4~0.9% Mn, 0.04% P 並びに S, 11~15% Cr, の範囲のものについて Saeger and Krynitsky による渦巻型試片により流動性を比較した。その結果を第1図に示す。



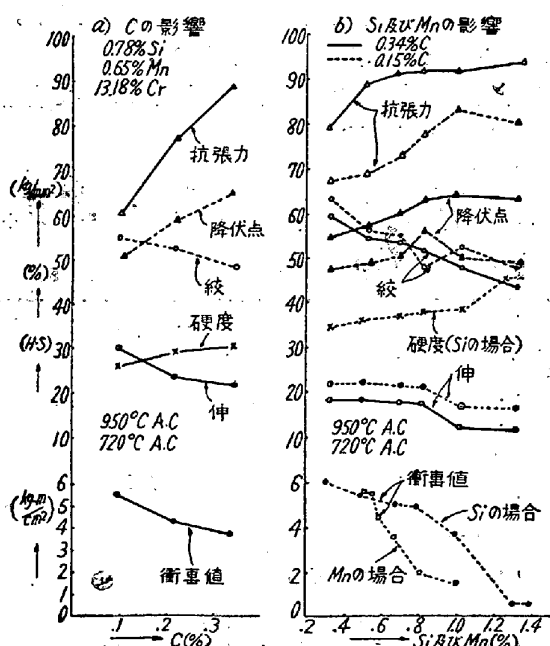
第1図 化学成分と流動性との関係

すなわちC及びSiの増加によつて流動性は良好となり、縫目鑄肌を生ぜず、また、1.0% Si 以上では大差がない。

(2) 機械的性質に及ぼす化学成分並びに熱処理の影響

i. 化学成分の影響

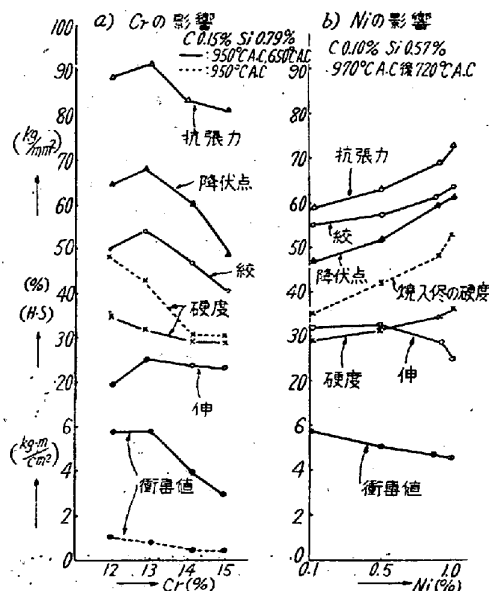
上述の成分範囲のものに、さらに0.1~1.0% Ni 及び0.03~0.3% Al を加えた試料について、焼準温度 (950°C) 焼戻温度 (650~720°C) を一定とした場合、C, Si, 及び Mn の影響を第2図 a 及び b に示した。



第2図 機械的性質に及ぼす化学成分の影響

Cの増加と共に抗張力、降伏点及び硬度は向上するが靱性は低下する。また Si は 1.0% まで抗張力、降伏点、硬度を向上し、それ以上では却つて低下する。0.8% Si, 0.6% Mn, 以上では共に靱性が低下する。

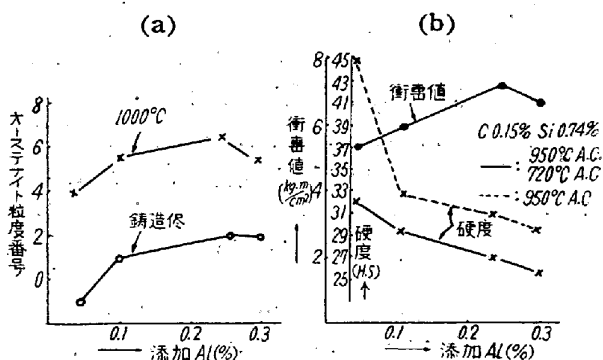
Cr 及び Ni は第3図 a 及び b に示す如く、Cr は 14



第3図 機械的性質に及ぼす化学成分の影響

~15%になると抗張力、降伏点が低下し、焼戻後に於いても 12~13% Cr に比して衝撃値は低い。Ni は 0.8~1.0% に於いて硬度が高く、衝撃値は硬度に比例して低下しない。

Al を 0.03~0.3% の範囲に添加したもののオーステナイト粒度並びに熱処理後の衝撃値及び硬度との関係は第4図 a 及び b に示す如く、脱酸程度の Al 量では明瞭



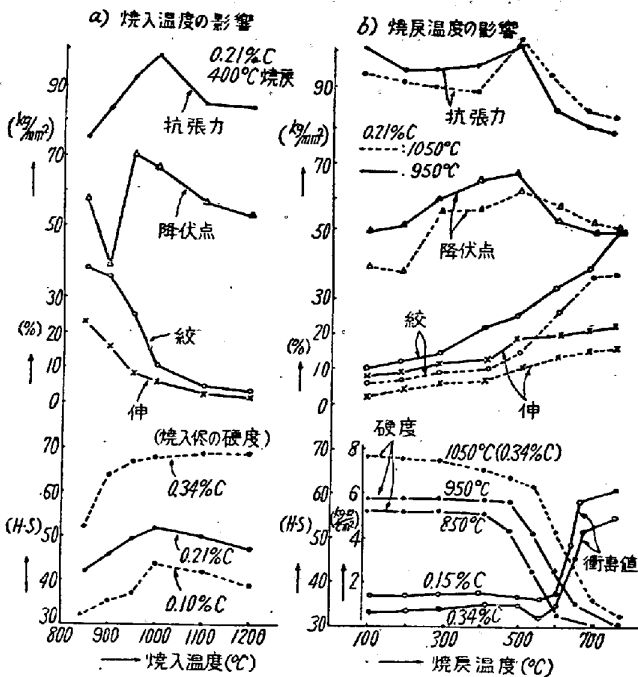
(a) 添加 Al 量がオーステナイト粒度に及ぼす影響
(b) 添加 Al 量と衝撃値並びに硬度との関係

第4図

でないが、0.1~0.3% Al の添加はオーステナイト粒度を細粒化し、特に 0.25% に於いて靱性が著しく改善される。

ii. 熱処理の影響

焼入及び焼戻温度の影響を第5図 a 及び b に示す。



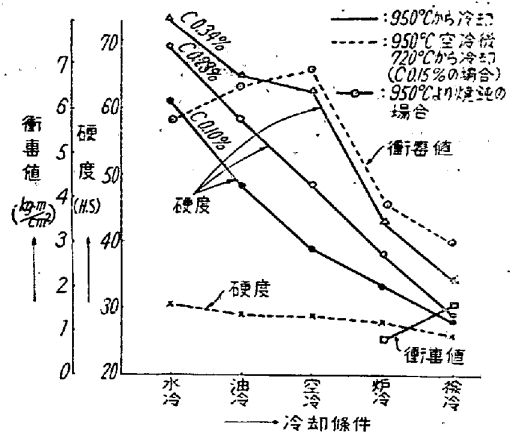
第5図 機械的性質に及ぼす焼入及び焼戻温度の影響

最高の材力を得る焼入温度は1000°Cで、焼戻後の材力は焼入温度の影響を受ける。焼戻温度700~750°Cに於いて最良の靱性を得、500~550°Cに焼戻脆性点がある。

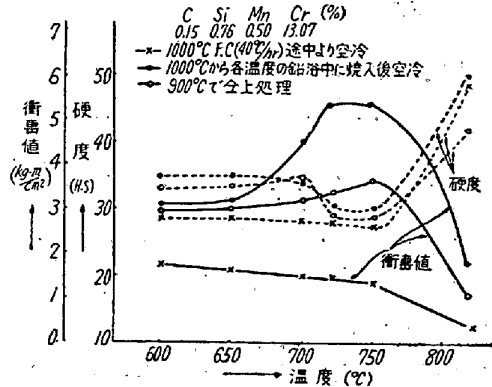
なお各加熱温度よりの冷却条件の影響は第6図に示す如く、オーステナイト化温度からの冷却速度は水冷→油冷→空冷の順に硬度は低下するが、高炭素のものは油冷と空冷との差は僅少である。また焼戻温度からでは硬度に大差なく、衝撃値は空冷→油冷→水冷→炉冷の順に低値となる。特に注目されることは炉中焼鈍による脆性である。

この脆性発生の時期について焼鈍途中よりの焼入及び恒温変態処理を行つた結果を第7図に示す。

徐冷途中変態以下の温度で焼入れたものは衝撃値が著



第6図 焼入及び焼戻温度からの冷却速度が硬度並びに衝撃値に及ぼす影響



第7図 焼鈍冷却中より焼入及び恒温処理による衝撃値と硬度との関係

しく低く、また恒温処理に於いてパーライト変態領域のものは最良の靱性を得る。従つてこの脆化はパーライト変態までに生成せる炭化物によるものと考えられ、オーステナイト化温度の低いもの程著しい。

これら析出炭化物の防止並びに軽減法について各熱処理法を比較した結果を第1表に示した。

恒温処理が最も良く、焼準後空冷調質によつても改善されるが、焼鈍状態で使用するものにはパーライト変態

第1表 各種熱処理法と硬度及び衝撃値並びに顕微鏡組織の比較

区分	熱処理条件	硬度 (S. H. N.)	衝撃値 (kgm/cm ²)	顕微鏡組織
I	950°C × 2hr 後炉冷 冷却速度(200°C/hr) 冷却速度(10°C/hr)	39 28	1.2 1.2	フェライト+トルースタイト網状炭化物
II	900°C × 1½hr 炉冷, 750°C × 5hr 及び 670°C × 6hr 炉冷	25	4.4	フェライト+パーライト, 稍々微細の炭化物
III	98°C × 1½hr 空冷, 730°C に保持せる 炉中に装入 10 時間保持後空冷	28	6.1	フェライト+球状パーライト
IV	1050°C × 2hr 炉冷, 1000°C × 1½hr 空 冷, 720~750°C × 2hr 後空冷	29	5.2	フェライト+ゾルビチックパーライト

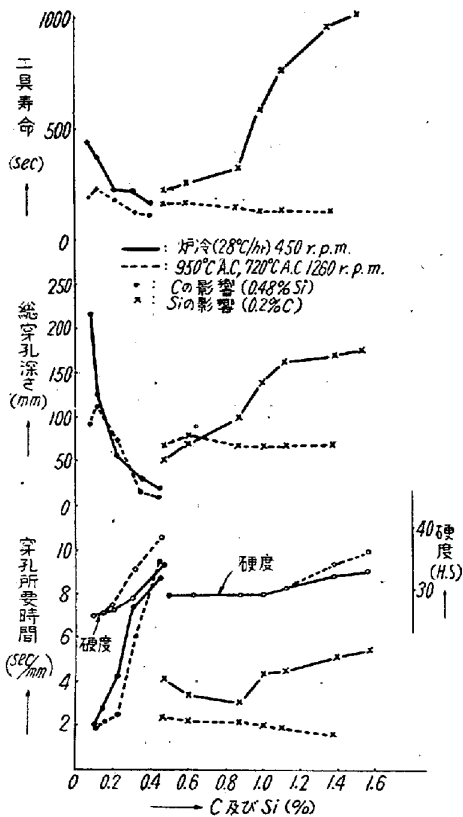
直上の温度で球状化焼鈍を行うことにより靱性は回復する。

(3) 化学成分及び熱処理と被切削性

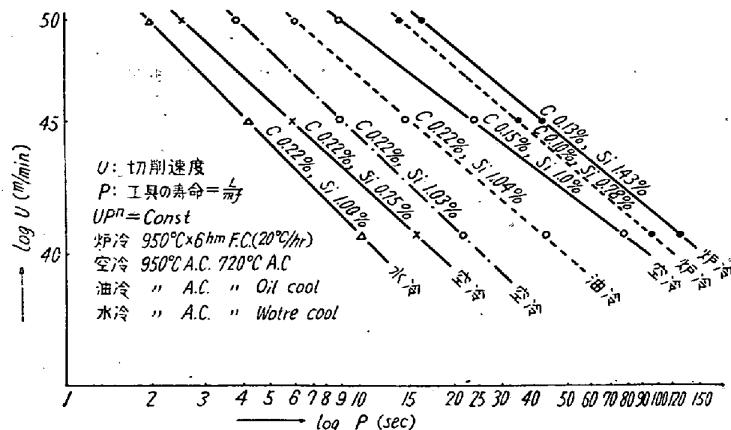
鑄鋼は表皮効果及び鑄造状態の結晶組織等によつてその被削性は鍛鋼に比して複雑である。上述の各実験に示した組成のものについて被切削性の比較を行つた。

i. 被穿孔性

厚さ 50 mm, 巾 100×150 mm の角材で硬度 26~39 (S.H.N) の範囲のものを供試材とし, 高速ボール盤により穿孔性を比較した結果を第 8 図に示す。使用した工具は第 2 種高速度鋼で径 5 mm, ストレート・シャンク



第 8 図 化学成分及び熱処理と被穿孔性との関係



第 9 図 化学成分及び熱処理と被旋削性との関係

ドリル, 廻転数 450, 1260 (r. p. m), 何れも手動によつたものである。

すなわち焼鈍組織のものは工具の寿命及び総穿孔深さは C の増加によつて低下し, Si 量の増加により大となる。又単位穿孔時間は Si 0.9% 前後に於いて最低値を示し硬度とも一致する。又調質によつてソルバイト化されたものは廻転速度を早めることによつて; 単位切削量の時間は短縮されるが, 工具の寿命が短い。

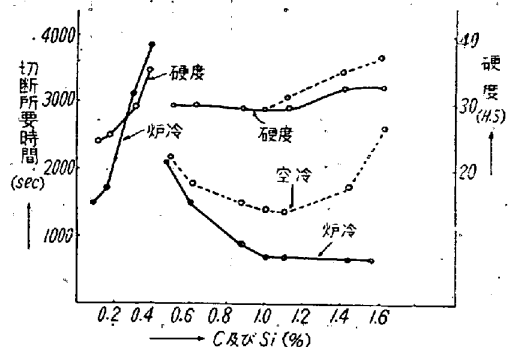
ii. 被旋削性

同上組成のものについて, 供試体の寸法を 90φ×500 mm, 黒皮付とし, 使用したバイトは高速度鋼第 2 種, 25 mm 角, 右直剣で, 横掬角 15 度, 逃角 5 度, 切込 1.5, 送り 0.42 (m/r.p.m) に一定とし, 切削速度を 41, 45 及び 50 (m/min) とせる場合の比較結果を第 9 図に示す。

図中, 直線が右のもの程良好な被旋削性を示している。同一熱処理条件に於いて, 低 C, 高 Si のものが良好であり, また略々同一化学成分及び硬度でも, 冷却速度は炉冷→油冷→水冷の順に被削性が低下し, 組織との関連性が強い。

iii. 被鋸削性

40φ mm の黒皮付試料について hack-saw で鋸削性を比較したものを第 10 図に示す。



第 10 図 化学成分及び熱処理と被鋸切断性との関係

これによれば C の増加により切断時間を要し, Si の増加によつて短縮され, 調質後のものより焼鈍のものがよい。

結局以上の三者を比較して被切削性は C を可及的に低く, Si 0.9~1.2% で焼鈍組織のものが最も良く, また表皮効果を含めて鍛鋼材の約 1/2 の切削速度が好結果を得る。

(4) 熔接加工の影響

熔接による構造物の組立及び補修を行う場合を対象に熔接性について比較した。使用熔接棒の芯線成分及び熔着鉄の機械的性質は第 2 表に示す如くである。

第2表 各種熔接棒の芯線成分と熔着鉄内の機械的性質

種数	化学成分 (%)								機械的性質				
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	etc	処理	降伏点 (kg/mm ²)	抗張力 (kg/mm ²)	伸 (%)	曲げ角度 (°)
To #1	·14	·25	·26	·033	·008	tr	13·44	Cu ·26	As Weld 730°C A.C	23 39	31 54	4 22	30 90
To #2	·15	·40	14·0	0·16	0·18	·10	16·13	Cu 1·17	As Weld 730°D A.C	32 34	51 48	18 24	80 90
To #3	·10	·68	·44	·018	·014	8·70	18·56	Ti ·13	As Weld 730°C A.C	39 30	46 44	20 14	90 85
To #4	·07	·33	4·26	·028	·012	9·70	20·64	Ti ·03	As Weld 730°C A.C	37 29	57 51	32 30	120 130
Ta #1	·06	·39	·70	·052	·013	8·53	18·12	Mo ·61	As Weld 730°C A.C	30 29	44 40	29 27	110 130
Ta #2	·11	·59	2·18	·018	0·18	11·40	17·43	Mo 1·78	As Weld 730°C A.C	41 39	52 49	28 23	100 130

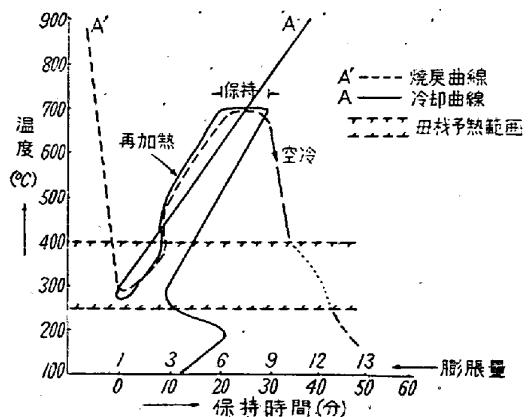
第3表 熔接部の各層に於ける硬度分布並びに听力加工硬化の比較

種類	処理条件*	熔接部平均硬度 (S.H.N)			熔着鉄内の加工による平均硬度 (S.H.N)			
		熔着鉄中心	熔融境界	熱影響部	表皮下 1 mm	听力 3 mm	听力後 0·5 mm 仕上	听力後 1·0 mm 仕上
To #1	A	58	62	40~50	57	55	55	54
	B	25	30	29	28	29	29	28
	C	25	27	26	27	29	27	26
To #2	A	36	51	53~45	36	59	52	36
	B	37	37	29	37	56	52	37
	C	36	35	27	38	57	50	37
Ta #2	A	38	63	60~40	38	64	63	37
	B	36	32	29	36	64	48	36
	C	33	33	27	34	57	48	32
To #4	A	35	61	60~40	32	56	54	32
	B	32	32	29	31	58	42	32
	C	31	30	27	31	58	39	32

* 処理条件 A: As Weld, B: 730°C A.C, C: 950°C F.C (徐冷)

熔接のままでは 13% Cr 系の磁性棒はオーステナイト系のものに比して材力は劣るが、焼戻により改善される。曲げ角度の点では 20 Cr~10 Ni 系のものが最良である。さらに熔接部の各層に於ける硬度分布及び冷間加工効果の影響を第3表に示した。

何れの棒を用いても熔接境界部の硬度は高く、熔入率の高いオーステナイト系の棒はこの硬化層の範囲が広い。これは元素の拡散 (特にC及びNi) によるものである。熱処理によつて 13% Cr 系のもは母材と同等の硬度となり色調も不鮮明となるが、オーステナイト系のもは熔着鉄内の硬度が高く、且つ色調が明瞭で、听力による冷間加工硬化により作業が困難となる。



第11図 亀裂及び靱性回復処理法の一例

第4表 使用目的による化学成分の適用範囲

化学成分 (%)	C	Si	Mn	P	S	Cr	備 考
使用目的							
耐蝕性並びに被削性を要するもの	<0.13	0.8/1.2	<0.6	<0.04	<0.04	12/15	Ni 0.5~1.0% は硬度, 又 Al 0.1~0.25% の添加は靱性を要求するものに適する.
靱性を要する構造物	0.15 /0.20	0.3/0.5	<0.5	<0.04	<0.04	12/13	
強度と耐摩耗並びに耐潰蝕性を要するもの	0.3/0.4	1.0 max	<0.5	<0.04	<0.04	12/13	

なお 13% Cr 鋼は自硬性が強く、熔接部に亀裂を生じ易いが、亀裂及び靱性回復処理法として第 11 図の如く熔接後変態を利用した火焰焼戻が効果的である。本法はオーステナイト系の棒にも適用出来るが、この場合母材の予熱は不要である。

III. 結 言

以上の結果を括約すると次の如くである。

(1) 耐蝕性の点では C が可及的に低いことが望ましいが、可鍛性被切削性及び機械的性質の点から用途により第 4 表の如き成分のものが適当である。

(2) 同一化学成分の場合、被削性は焼鈍状態に於けるフェライト及びパーライト組織のものが最も良く、調質したものは、油冷→空冷→水冷の順に低下する。

(3) 焼入温度は 950~1000°C、焼戻温度は 700~750°C に於いて最良の機械的性質を得、焼入効果は、水冷→油冷→空冷、また焼戻は、空冷→油冷→水冷→炉冷の順に低下する。

(4) 普通焼鈍に起る脆性はオーステナイト中に未溶、及びその温度からの徐冷途中に析出する網状炭化物に起因するものと考える。

(5) 焼鈍脆性は爾後の焼準によつて改善されるが、被削性の点を加味して等温焼鈍が有効である。

(6) 組立または補修の場合の熔接は 13% Cr 系及び 20Cr~10Ni 系熔接棒を用い、普通鋼に比して電流は 10% 低く、熔接速度は 4~4.5 (m/sec) とし、逆極性を採用して、熔接後変態を利用した局部火焰焼戻、又は 700°C の再加熱空冷が亀裂防止及び靱性を改善する。

終りに本研究の発表を許可された K.K. 日本製鋼所室蘭製作所々長取締役柳武氏、副所長取締役皆川孝光氏、及び御指導を賜つた同所検査課長阿部富美夫氏並びに試料採取その他種々御援助を載いた製鋼課及び研究課の方々に深く感謝する。(昭和 29 年 7 月寄稿)

文 献

- 1) 平木俊章: 日本鉄鋼協会 27 年度第 43 回講演大会発表
- 2) Monypenny: "Stainless Iron and Steel" I, John. Wirley & Sons. Inc, New York. (1931) 575.
- 3) 高橋孝吉: 鉄と鋼, 39, No. 3. 1953. 216.
- 4) Alloys of Iron Research Monographs: "The Alloys of Iron and Chromium."