



## 車両用ステンレス鋼板の現状

鋸 屋 正 喜\*

### Present Status of Stainless Steel Sheet for Railway Rolling Stock

Masayoshi OGAYA

#### 1. はじめに

我が国ではじめてステンレス鋼が鉄道車両に使用されたのは昭和 36 年で、東急車両(株)で製造され、東京急行電鉄に採用された<sup>1)</sup>。当時、ステンレス鋼を使用した目的は車両外板の無塗装化、錆発生防止ならびに保守面での省力化であった。したがって、用途的にそれほど高強度を必要としなかつたため、通常のオーステナイト系 SUS 304 鋼 (18Cr-8Ni) が使用されていた。いつぼり、昭和 47 年のオイルショック以来、省エネルギーを図る上で車両の軽量化の必要性が大きくクローズアップされてきた。車両の軽量化を図るためには、高強度ステンレス鋼を使用し、材料の薄肉化を図ること、更に外板のみならず、骨材、梁材および床材などにも高強度ステンレス鋼を使用して、用途範囲を拡大することであった。このような背景から、従来の SUS 304 鋼では軽量化が困難なため、これに代わって高強度が得られるオーステナイト系 SUS 301 鋼 (17Cr-7Ni) の調質圧延材を使用することにより、車両の軽量化はかなり前進することとなつた。特に、最近では SUS 301 鋼の炭素量 (以下 C 量と呼称する。) を低減し、耐食性の改善を図つた Type 301M 鋼 (C 量: 0.08% 以下, 301M 鋼と呼称する。) および Type 301L 鋼 (C 量: 0.03% 以下, 301L 鋼と呼称する。) が次々に材料メーカーで開発され、車両の軽量化ならびにメンテナンスフリーを可能とするに至つた。

ここでは、これら 301M 鋼および 301L 鋼の製造方法の特徴ならびに材料特性などについての概要を説明する。

#### 2. ステンレス車両の生産量推移

ステンレス車両には次のような種類がある。

##### (1) スキステンレス車両

重量的には普通鋼車と同じで、外板のみがステンレス鋼。

##### (2) セミステンレス車両

外板のほか骨、梁の構造物がステンレス鋼。

##### (3) オールステンレス車両

台枠の一部を除いてほとんどがステンレス鋼を使用し、普通鋼車より約 2 t 軽量化されている。

##### (4) 軽量ステンレス車両

軽量ステンレス車両は、設計および製造技術の進歩でオールステンレス車両を一段と軽量化したもので、普通鋼車よりも約 4 t も軽量化されている。車両一両当たりの構体に使用する鋼材重量は、車種によつて当然異なるが、一例を示すと表 1 のごとくである。表中でステンレス車はスキステンレス、セミステンレスおよびオールステンレスに移行するにつれて、普通鋼の使用量は減

表 1 構体重量の構成 (車両構造部材のみ, 単位 kg)<sup>2)</sup>

	鋼製車	スキステンレス	セミステンレス	ミオールステンレス	オールステンレス	軽量ステンレス
普通鋼	10 000	9 200	4 500	2 900	1 900	
ステンレス鋼	0	800	5 000	5 100	4 400	
合計重量	10 000	10 000	9 500	8 000	6 300	

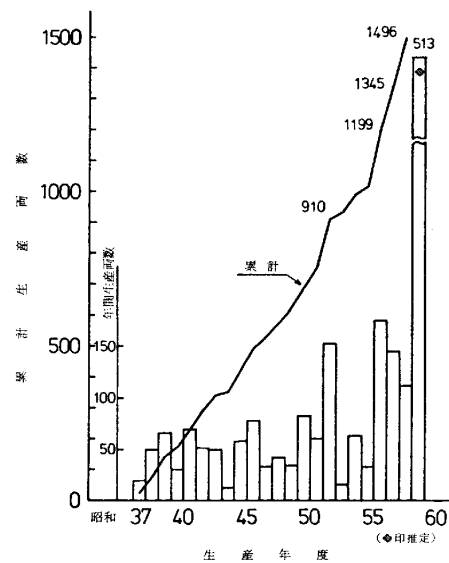


図 1 国内におけるオールステンレス車両生産両数<sup>2)</sup>

昭和 59 年 5 月 28 日受付 (Received May 28, 1984) (依頼解説)

\* 日本ステンレス(株)直江津研究所 (Naoetsu R & D Laboratory, Nippon Stainless Steel Co., Ltd., 2-12-1 Minato-cho Joetsu 942)

表 2 車両用ステンレス材料の化学成分 (重量%)<sup>2)</sup>

鋼種	項目	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	N
JIS SUS	201M	0.08以下	1.00以下	5.50~7.50	0.04以下	0.03以下	3.50以上	16.0以上	0.25以下
	301M	0.08以下	1.00以下	2.00以下	0.04以下	0.03以下	6.50以上	17.0以上	約0.07%
	304	0.08以下	1.00以下	2.00以下	0.04以下	0.03以下	8.00~10.50	18.0~20.0	—
	201L	0.03以下	1.00以下	5.50~7.50	0.04以下	0.03以下	3.50~5.50	16.00~18.00	0.25以下
	301L	0.03以下	1.00以下	2.00以下	0.04以下	0.03以下	6.50~8.00	16.00~18.00	約0.12%
JIS SUS	301	0.15以下	1.00以下	2.00以下	0.045以下	0.030以下	6.00~8.00	16.00~18.00	—
JIS SUS	201	0.15以下	1.00以下	5.50~7.50	0.060以下	0.030以下	3.50~5.50	16.00~18.00	0.25以下

表 3 車両用ステンレス材料における各種調質材の機械的性質<sup>2)</sup>

調質	板厚 mm	仕上げ	耐力 kg-f/mm <sup>2</sup>		引張強さ kg-f/mm <sup>2</sup>		伸び (最少)%	曲げ試験
			最少	最大	最少	最大		
L T	1.6以下 } 1.6以上 }	2 D	21.1	—	52.7	—	50	{ 180°密着 180°1/2T 180°1/2T
			22.5	—	56.3	—	45	
D L T	—	2 B	35.2	49.2	70.3	87.9	40	{ 180°1/2T 180°3/4T
			42.2	56.3	77.3	94.9	35	
S T	—	2 B	42.2	56.3	77.3	94.9	35	{ 180°3/4T 135° 1 T
			49.2	66.8	84.4	101.9	25	
M T	—	2 B	49.2	66.8	84.4	101.9	25	{ 180° 1 T 180° 1 T
			70.3	84.3	94.9	116.0	20	
H T	0.6以下 } 0.6~1.1 } 1.1以上 }	2 B	70.3	84.3	94.9	116.0	20	{ 180° 1 T 180°11/2T 135°11/2T
			—	—	—	—	—	
JIS SUS	301	—	21.0	—	53.0	—	40	
SUS	304	—	21.0	—	53.0	—	40	

少し、代わつてステンレス使用量が大幅に増加している。また、ステンレス車両の生産量は年々増加の傾向を示し、一例としてオールステンレス車両の年次別生産量を図1に示す<sup>2)</sup>。図中で最近3~4年間にオールステンレス車両の生産量は急激に伸びていることが注目される。そのほか、国内のみならず輸出用ステンレス車両の生産も積極的に進められている<sup>2)~4)</sup>。

このようなステンレス車両の生産量増加の傾向は、使用者側としての電鉄会社の要望に対して、車両メーカーと材料メーカーとの密接な協力関係による成果が、大きな要因となつている。

### 3. 車両用ステンレス鋼の種類および用途

鉄道車両用としては一般にオーステナイトステンレス鋼が使用されており、その代表例を表2に示す<sup>2)</sup>。

なお、JISではSUS 301鋼のC量は0.15%以下と規定されているだけで、表中のような細かなC量の分類までには至っていない。したがつて、ここではC量によつてSUS 301鋼(C量:0.15%以下)、301M鋼および301L鋼に分類することとした。あまり強度を必要としない部材ならびに内装の一部にはSUS 304鋼を使用しているが、骨材を中心とした高強度を必要とする個所には301Mまたは301L鋼が使用されている。従来はC量の高いSUS 301鋼が使用されていたが、溶接熱影響部に発生する粒界腐食の問題から、最近ではC量を低減した中炭素301M鋼、更にC量を0.03%以下まで減少した低炭素301L鋼が使用されている。したがつて、溶接部のCr炭化物の析出が極めて少なくなり、溶接作業におけるアーク溶接の範囲を広げることが可能となつ

た<sup>5)</sup>。なお、SUS 301鋼に比べてMn量が多く、Ni量が少ないSUS 201鋼についてはC量により201M鋼および201L鋼があるが、市場性がないため、国内ではほとんど使用されていない。ところが、輸出用には一部使用されている。上記の鋼種の中で車両用としては301M鋼および301L鋼が主体であるが、最近では耐食性の良好な301L鋼が主流を占める傾向になつている。表3は車両用として必要な車両用ステンレス材料の各種調質材の機械的性質を示したものである<sup>2)</sup>。車両材は用途によつて5種類の調質材に分類され、強度レベルはLT材(Low Tensile)、DLT材(Dead-Lite Tensile)、ST材(Special Tensile)、MT材(Medium Tensile)およびHT材(High Tensile)の順位で高くなつている。これらの材料はいずれも調質圧延率(冷間圧延率)を調整することによつて、それぞれの強度レベルを確保しており、図2は301M鋼および301L鋼の冷延率と機械的性質の変化を示すものである<sup>6)</sup>。更に、車両材の機械的性質の特徴としては、耐力および引張強さなどは上限値と下限値を規定していることである。すなわち、下限値は必要な強度を確保する上で規定し、いつぼう、上限値はあまり強度が大になると延性不足となり、ベンダー加工性などが劣化するためである。図3は軽量ステンレス車両の構体断面における主要材料の使用分類の一例を示したものである<sup>2)</sup>。図3から明らかなように、構体各部位の強度レベルおよび加工性などによつて、各種の調質圧延材料が使用されている。軽量ステンレス車両の場合には、台枠の一部を除いて引張強さ約100kgf/mm<sup>2</sup>級の301M鋼または301L鋼のHT材が多用され、SUS 304鋼はほとんど使用されていないことがわかる。

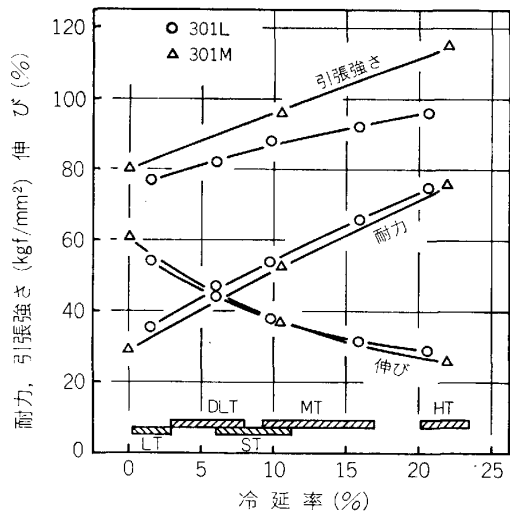


図 2 301M 鋼および 301L 鋼の機械的性質におよぼす冷延率の影響<sup>6)</sup>

なお、最近では前述のごとく、301M鋼より低C量の 301L鋼への交替が積極的に進められている。

#### 4. 車両用ステンレス鋼の製造法の特徴

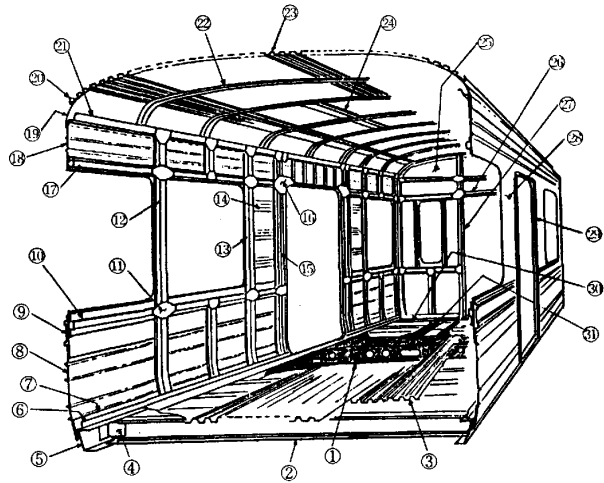
##### 4.1 溶製上の対策

車両用ステンレス鋼の代表例として 301L 鋼板の製造工程の概要を図 4 に示す。最近は炉外精錬技術の進歩により、C量を 0.03% 以下に低減することは容易となった。また、約 0.1% の窒素 (以下Nという) を添加することもNガス吹き込みにより可能である。ところが、車両材は冷間圧延により表 3 に示すような強度を得ているため、延性不足による曲げ加工不良が発生することがある。したがって、脱酸および脱硫を十分施し、曲げ加工性を劣化させるストリンガー状介在物は極力低減する必要がある。更に、後述する機械的性質の変動は化学成分に大きく影響されるので、溶製時の成分調整に当たっては変動幅を極力小さくするような配慮が払われている。

##### 4.2 冷延板の形状制御および機械的性質の管理

本鋼の冷間圧延および調質圧延には一般に 20 段セン

ジミア圧延機が使用されているが、本圧延機は 2 段または 4 段圧延機に比べてワークロール径が小さいため、形



主要材料名称

①	マクラハリ	SPA-HT	t: 8~4.5
②	横ハリ	301L-HT	t: 3
③	床板	301M-MT	t: 0.6
④	ガセット	301L-HT	t: 3
⑤	側ハリ	301L-HT	t: 4.5
⑥	長土台	301M-HT	t: 1.5
⑦	スソ板	301M-HT	t: 1.5
⑧	腰外板	301M-ST	t: 1.5
⑨	腰外オビ	301M-LT	t: 1.5
⑩	腰オビ	301M-HT	t: 1.5
⑪	ガセット	301M-HT	t: 2.0
⑫	間柱	301M-HT	t: 1.2
⑬	戸尻柱	301M-HT	t: 1.5
⑭	外板補強	301M-HT	t: 0.8
⑮	外柱	301M-HT	t: 2.5
⑯	ガセット	301M-HT	t: 2.5
⑰	幕オビ	301M-HT	t: 1.5
⑱	幕板	301M-DLT	t: 1.5
⑲	屋根ツナギ	301M-HT	t: 1.5
⑳	雨ドイ	304	t: 1.2
㉑	長ケタ	301M-HT	t: 2
㉒	タルキ	301M-ST	t: 1.0
㉓	屋根板	301M-MT	t: 0.4
㉔	縦ケタ	301M-ST	t: 1.5
㉕	妻外板	301M-DLT	t: 1.5
㉖	ノケタ	301M-ST	t: 1.5
㉗	妻柱	301M-ST	t: 1.5
㉘	側外板	301M-DLT	t: 1.5
㉙	出入口フレーム	304	t: 4.0
㉚	端ハリ	301L-LT	t: 4.0
㉛	中ハリ	SPA-HT	t: 8~4.5

図 3 ステンレス構体の主要材料<sup>2)</sup>

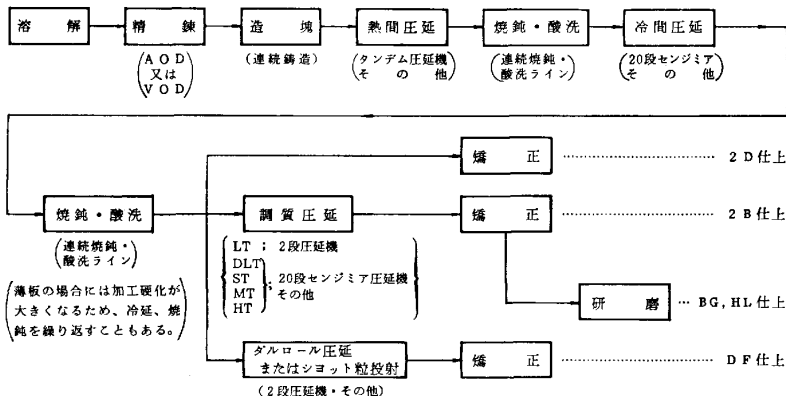


図 4 車両ステンレス鋼板製造工程

状不良が生じやすい。それゆえ、形状不良を矯正するため、ストレッチャー、レベラーまたはテンションレベラーなどが使用されている。矯正後、材料の機械的性質が変動したり、また、製品板厚が大で、かつ引張強さ 100 kgf/mm<sup>2</sup> 級の HT 材のような高強度材になると矯正も困難となる。したがって、圧延作業には十分な配慮がなされている。また、調質圧延時の圧延温度、圧延速度および油温度などは機械的性質に大きな影響を与えるので、十分な製造管理のもとで行われている。最近、従来の調質圧延方法で高強度を得るのではなく、冷間圧延後調質熱処理を施して各種の強度レベルを得る方法なども検討されている<sup>7)</sup>。

### 4.3 製品板の表面仕上げ

車両材の表面仕上げは、表 4 に示すような仕上げ記号にもとづいて種々の方法がある。骨材などは調質圧延を施したままの状態 (2 B 仕上げ) で使用されている。外板材については、実際に走行中のステンレス車両に接するとわかるように、キラキラした光沢のあるもの、逆に梨地肌でつやのないものなど、いろいろな色調をもつたものが使用されている。すなわち、比較的光沢が要求される場合は BG 仕上げ (Belt Grinder Finish) および HL 仕上げ (Hair Line Finish) などが、落ち着いた色調の要求には DF 仕上げ (Dull Finish) などである。なお、DF 仕上げはかなり高度の表面処理技術が必要である。ショット粒を素材表面に投射する方法またはあらかじめ冷間ロールにショットをかけこれで素材を冷間圧延して、ロール面の凹凸を板に転写する方法などがあるが、後者の方法は前者に比べ表面仕上げが均一で、しかも板の平坦度が優れているので、外板材として多用されている。

## 5. 材料特性

### 5.1 機械的性質

13Cr ステンレス鋼や 17-4 PH ステンレス鋼などは熱処理で高強度を得ることが可能であるが、301 鋼のようなオーステナイトステンレス鋼は熱処理によつて強度

表 4 車両用ステンレス材料の表面仕上げ

表面仕上げの記号	備 考
2 B	冷間圧延後熱処理・酸洗又はこれに準ずる処理を施したあとと適当な光沢を得る程度に冷間圧延して仕上げたもの
B G	JIS R 6001 (研摩材粒度) による適当な粒度で研摩して仕上げたもの
H L	JIS R 6001 (研摩材粒度) による適当な粒度で連続したみがき目がつくように研摩して仕上げたもの
D F	ダルロールで転圧、ショットブラスト又は薬品処理によって表面を梨地に仕上げたもの
羽 布	適当な粒度の羽布材で研摩して仕上げたもの

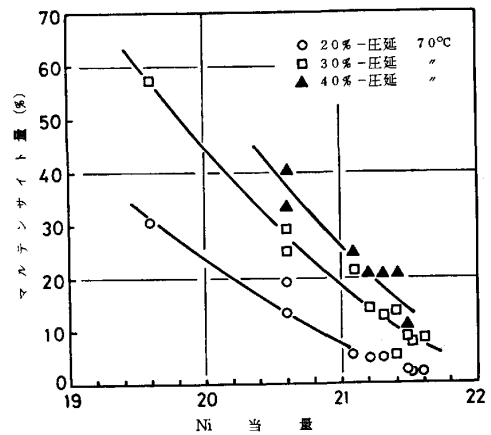


図 5 加工誘起マルテンサイトにおよぼすオーステナイト安定度の影響<sup>6)</sup>

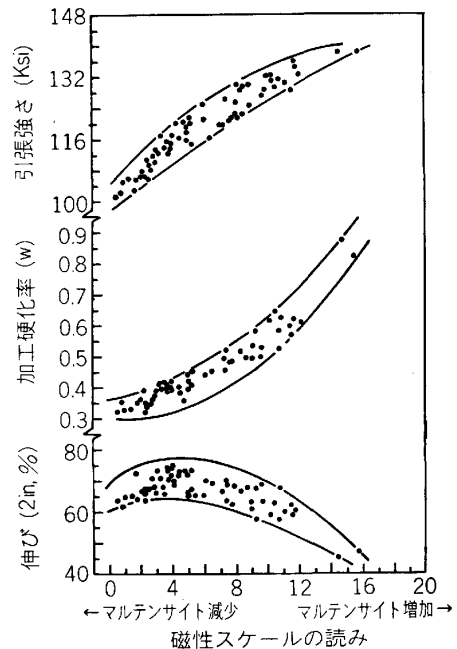


図 6 0.5 in/min の引張速度で試験した SUS 301 のマルテンサイト量と引張強さ、加工硬化係数および伸びの変化<sup>11)</sup>

を得ることができないので、冷間圧延 (調質圧延) で高強度を得ている。すなわち、冷間圧延によりオーステナイト相自身の加工硬化のほか加工誘起マルテンサイト (以下  $\alpha'$  という。) が発生し、高強度を得ている。 $\alpha'$  の生成はオーステナイトの安定度と深い関係にあり、オーステナイトの不安定な材料ほど冷間圧延時に  $\alpha'$  は発生しやすくなる。オーステナイト安定度の指標としては、ANGEL<sup>8)</sup>、GLADMAN<sup>9)</sup> および平山<sup>10)</sup>らにより多数の指標が提唱されている。図 5 は平山らの指標の一部を修正した Ni 当量  $\{Ni\% + 0.35Si\% + 0.5Mn\% + 0.65Cr\% + 12.6(C+N)\%$  と  $\alpha'$  量の関係を示したものである<sup>6)</sup>。 $\alpha'$  量はオーステナイトが不安定になると (すなわち、Ni 当量が小になる。) 増加し、かつ冷間圧延率が大きくなると

増加する。ところで、SUS 301 鋼において  $\alpha'$  量と機械的性質の関係を示すと図 6<sup>11)</sup>のごとくである。 $\alpha'$  量の増加とともに引張強さは増大するが、伸びは  $\alpha'$  量が少なくても多くても低下し、適正な  $\alpha'$  量の範囲がある。したがって、車両材の場合は加工性ならびに機械的性質を考慮し、適正な  $\alpha'$  量が得られる成分調整がどうしても必要となる。また、先の図 2 に示したように、301 鋼は冷間圧下率の増加によりかなり強度は上昇するので、301 鋼の高強度は冷間加工により得られることは明らかである。

以上述べた  $\alpha'$  は Ms 点 (マルテンサイト変態の開始温度) と Md 点 (加工によるマルテンサイト変態の発生上限温度) の中間温度で、冷間加工した場合に発生し、かつ加工温度が上昇するとともに減少する。図 7<sup>12)</sup> に示す 301L 鋼の冷間圧延率、圧延温度と機械的性質の関係から明らかなように、同一圧延率の場合は圧延温度が高いほど引張強さは低下し、伸びは上昇する傾向が見られる。したがって、1パス当たりの圧下率、圧延速度および圧延油温度など、材料の温度上昇をまねく要因については十分な管理が必要である。

次にオーステナイト相そのものの強度を大にするために固溶体強化を図ることが必要である。特に、301M 鋼および 301L 鋼は従来の高炭素 SUS 301 鋼より C 量を低減しており、当然強度の低下をまねくこととなる。図 8 は 18Cr-10Ni 鋼の 0.2% 耐力と各種合金元素との関係を示すもので<sup>13)</sup>、オーステナイト相の強化に対しては C, N など侵入型元素が最も大きく寄与していることがわかる。強度に及ぼす C, N の影響については詳細な検討が行われ<sup>6)14)</sup>、現用の 301M 鋼および 301L 鋼についてはいずれも適正量の N を添加することで高強度を確保している。

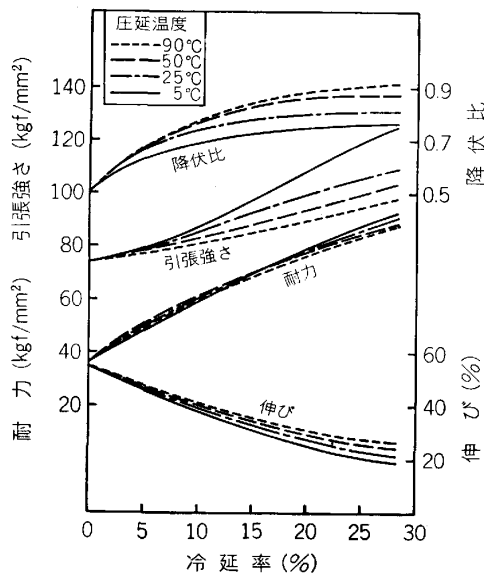


図 7 301L 鋼の機械的性質におよぼす冷延率および圧延温度の影響<sup>12)</sup>

5.2 耐食性

オーステナイトステンレス鋼は 600~900°C の温度範囲に均熱されると、結晶粒界に Cr 炭化物が析出し、粒界腐食が発生する。特に、溶接熱影響部は冷却中に上記の温度範囲から徐冷されるので、粒界腐食が発生しやすい

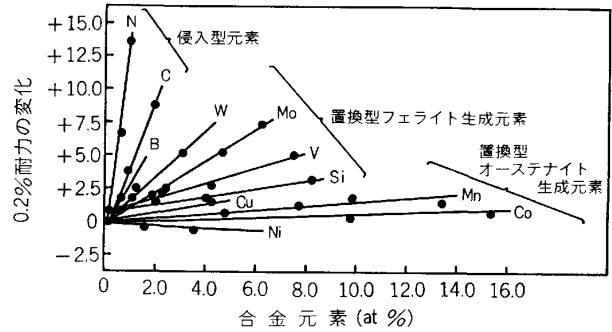


図 8 18Cr-10Ni 鋼の 0.2% 耐力におよぼす合金元素固溶の影響<sup>13)</sup>

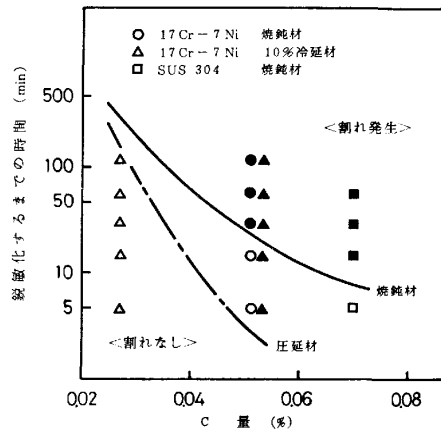


図 9 301 系ステンレス鋼の粒界腐食特性におよぼす C, 冷間加工の影響<sup>14)</sup>  
(鋭敏化温度=650°C)  
(白印は割れなし黒印は割れ発生)

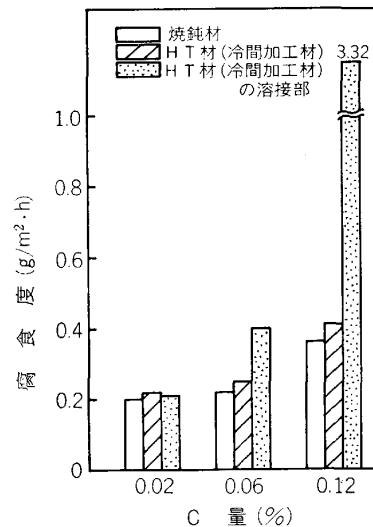


図10 301 系ステンレス鋼板の HUBY 試験結果<sup>15)</sup>

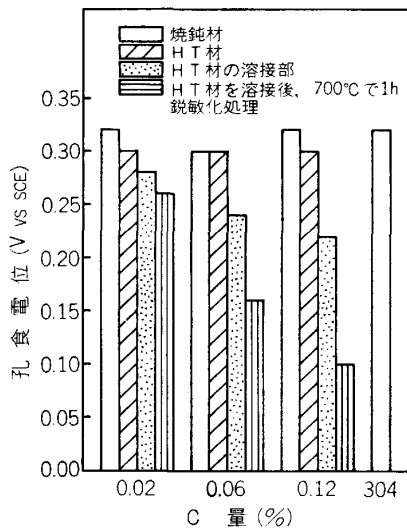


図11 60°C 0.01M NaCl 水溶液中での 301 系ステンレス鋼板の孔食電位<sup>15)</sup>

表 5 301 系ステンレス鋼板の耐応力腐食割れ試験結果<sup>15)</sup>

仕 様	C 量 (%)	NaCl conc. (boil)	
		3%	20%
焼 鈍 材	0.02	○	○
	0.06	○	○
	0.12	○	○
H T 材	0.02	○	○
	0.06	○	○
	0.12	○	○
HT 材の溶接部	0.02	○	○
	0.06	○	△ (100 h)
	0.12	○	△ (100 h)

300 h 浸漬 ○: 割れなし, △: 孔食発生

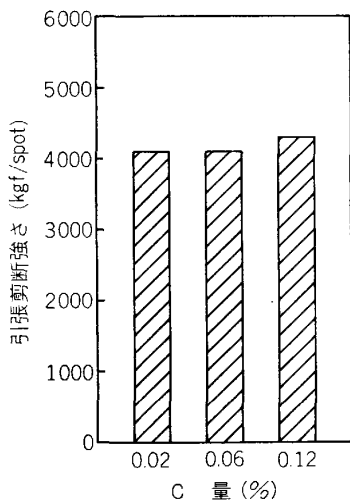


図12 301 系HT材のスポット溶接材の引張剪断強さ<sup>15)</sup>

い。したがって、従来はC量が約 0.12% の SUS 301 鋼が使用されていたが、現在は Cr 炭化物の析出を減少させるために、C量が 0.08% 以下または 0.03% 以下の 301M 鋼および 301L 鋼に変更されている。図 9 は

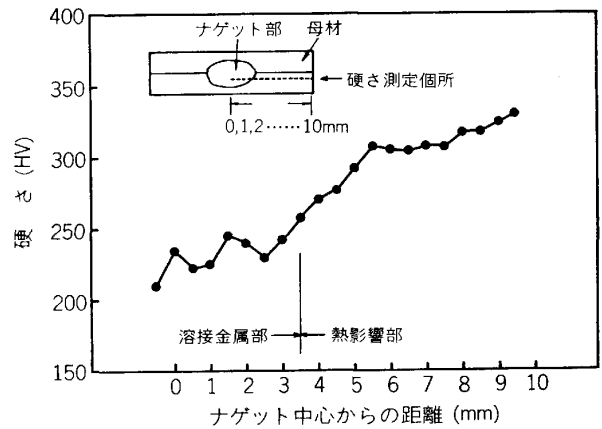


図13 301L HT 材のスポット溶接部の硬さ分布<sup>15)</sup>

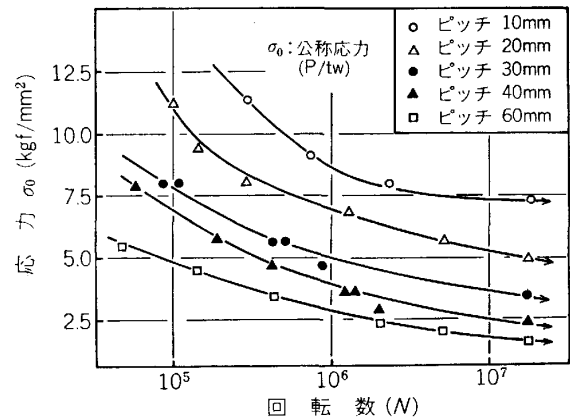


図14 SUS 301 (0.12%C) スポット溶接材の S-N 曲線<sup>15)</sup> (応力比 0)

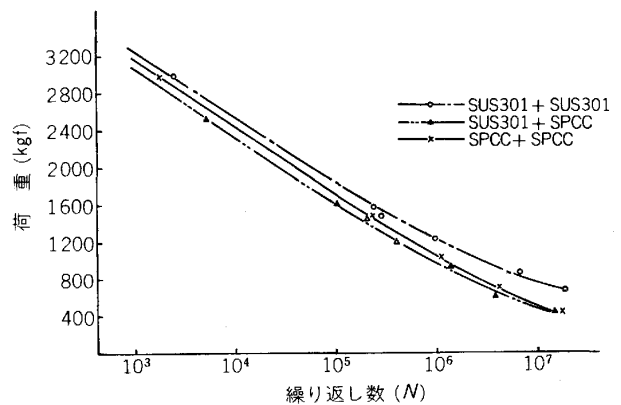


図15 多点スポット溶接 (4点) 材の S-N 曲線<sup>1)</sup>

耐粒界腐食性に及ぼすC量および冷間加工の影響を示すもので、C量の増加および冷間加工により粒界腐食感受性は大きくなる。ところが、C量が 0.03% 以下では冷間加工材に鋭敏化処理 (650°C×2 h) を施しても粒界腐食を起こさないことが明らかになっている<sup>14)</sup>。このことは HUEY 試験の結果からも明らかで、図 10 に示すように、C量が 0.03% 以下では冷間加工材 (以下 HT 材

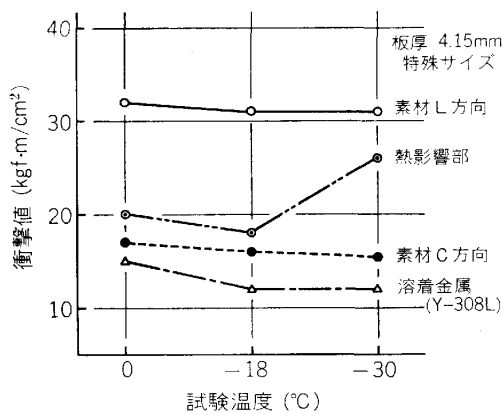


図16 301L MT 材の試験温度別衝撃値の変化<sup>20)</sup>  
(Y-308L: 低 C-20Cr-10Ni)

という.) および HT 材の溶接部も焼鈍材と同様に良好な耐粒界腐食性を示すことがわかる<sup>15)</sup>.

耐孔食性は図 11 に示す C 量別の孔食電位の比較から明らかなように, HT 材の溶接熱影響部 (図中の HT 材の溶接部および HT 材を溶接後, 700°C で 1 h 鋭敏化処理を行った両者を含む.) では C 量が減少すると改善され, 0.02% までに低下すると母材 (HT 材) と同程度の良好な耐孔食性を示すことがわかる<sup>15)</sup>. 表 5 に示す応力腐食割れ試験結果から明らかなように, NaCl 20% 溶液において C 量 0.06% および 0.12% の HT 材の溶接部に孔食が認められ, 更に, 長時間試験を継続すれば応力腐食割れに発展する危険性を示している. いっぽう C 量が 0.02% には HT 材の溶接部に応力腐食割れおよび孔食は発生していない<sup>15)</sup>. 以上述べたように, C 量を従来の 0.12% から低減した 301M 鋼および 301L 鋼の耐食性は改善され, 特に C 量 0.03% 以下の 301L 鋼は溶接熱影響部を含めて耐食性は著しく優れていることがわかる.

### 5.3 溶接性

普通鋼製車両は主としてアーク溶接によつて組み立てられているが, オールステンレス車両はスポット溶接が主体を占めている. この理由はステンレス鋼の場合, アーク溶接によると変形歪みの発生が大きく, 歪み取り作業は母材への影響や無塗装による出来栄などを考慮すると非常に困難となる. また, アーク溶接はスポット溶接に比べ熱入力が大きいため, 冷却速度がおおくなり, 比較的 C 量の高い SUS 301 鋼や 301M 鋼においては耐粒界腐食, 耐応力腐食割れ感受性が增大する. スポット溶接方法およびその溶接条件などに関する検討結果は, これまでに多数報告されており<sup>1)16)~19)</sup>, それらの結果から適正な溶接施工技術はすでに確立されている. 図 12 は 301 系 HT 材のスポット溶接部の引張剪断強さを示すもので, C 量を低減した 0.06% (301M 鋼) および 0.02% (301L 鋼) は, いずれも従来の 0.12% (SUS 301 鋼) と同等の強度を有している<sup>15)</sup>. 図 13 は 301L

HT 材のスポット溶接後の硬さ分布を示すもので, 母材に比べて溶接金属部および熱影響部は軟化している. これは調質圧延により発生した  $\alpha'$  が溶接時の入熱により消失したため軟化したものである. したがって, 調質圧延により高強度を得ているオーステナイトステンレス鋼の溶接に当たっては, 設計および製造上の配慮が必要である.

スポット溶接部の疲労強度は重要な性能の一つである. 疲労強度を向上させるために, ナゲット径の大きさ, 多点スポット法およびスポット間隔など種々検討されている. 図 14 に示すように, スポット点の間隔を 60 mm から 10 mm と小さくすることにより, 疲労強度は著しく改善されることがわかる<sup>18)</sup>. また, 図 15 に示す各種の多点スポット材の S-N 曲線から明らかなように, SUS 301 鋼は SPCC 鋼と同等またはそれ以上の疲労強度が得られる<sup>1)</sup>.

図 16 は 301L 鋼 MT 材の MIG 溶接部の試験温度別の衝撃値を調査した結果である. 最も衝撃値の劣化する溶着金属でも -30°C で 10 kgf·m/cm<sup>2</sup> 以上の高い値を示しており, 実用上は問題ないことがわかる<sup>20)</sup>.

## 6. ま と め

鉄道車両の軽量化ならびにメンテナンスフリーを図る目的で, ステンレス車両に使用されている 301M 鋼および 301L 鋼の材料特性を中心にその概要を説明したが, 強度, 耐食性および溶接性などあらゆる面で低炭素の 301L 鋼は優れた特性を有している. 今後ステンレス車両について, いつそうの軽量化を図るとすれば車両設計および製造面での入念な検討と, あわせて要望に応じられるような材料特性の改善が必要と思われる.

## 文 献

- 1) 竹重直彦, 森泉信一: 溶接技術, 31 (1982), p. 39
- 2) 鳩野五世夫: ステンレス, 27 (1983), p. 1
- 3) 藤井秀一, 岩村 明: 車両技術 (1984) 165, p. 67
- 4) 佐藤 健: 車両技術 (1982) 160, p. 29
- 5) 松沢 浩: 鉄と鋼, 69 (1983), p. 1967
- 6) 田中照夫, 大崎慶治, 渡辺治幾, 星野和夫: 鉄と鋼, 69 (1983), p. 1456
- 7) 木下 昇, 長谷川隆, 吉田 博: 鉄と鋼, 69 (1983), S 1474
- 8) T. ANGEL: JISI, 177 (1954), p. 165
- 9) T. GLADMAN, J. HAMMOND and F. W. MARSH: Sheet Metal Ind., 51 (1974), p. 219
- 10) 平山俊成, 小切間正彦: 日本金属学会誌, 34 (1970), p. 507
- 11) J. P. BRESSANELLI and A. MOSKOWITZ: Trans. ASM, 59 (1966), p. 223
- 12) 鋸屋正喜, 横山賢治: 日本鉄鋼協会北陸支部・日本金属学会北陸信越支部昭和 56 年度講演概要集 (1981), p. 5
- 13) K. J. IRVINE, D. T. LLEWELLYN and F. B.

- PICKERING: JISI, 199 (1961), p. 153
- 14) 平松博之, 中田潮雄, 住友秀彦, 吉村博文: 鉄と鋼, 70 (1984), p. 588
  - 15) 住友金属工業(株), 日本ステンレス(株): 日本ステンレス技報, 17 (1982), p. 137
  - 16) 森本義博, 渡辺武征, 福寄一成, 高山領一: 溶接技術, 31 (1983), p. 15
  - 17) 藤田正美, 福寄一成, 奥野澄生: 日立論評, 64 (1982), p. 45
  - 18) T. UEDA and H. KAWATAKA: Trans. ISIJ, 9 (1969), p. 388
  - 19) 須賀啓二, 石塚寿彦, 村重信生, 川添和彦: 川崎重工技報, 79 (1982), p. 36
  - 20) 寺本富彦, 酒井康士, 天野 隆: 日本車両技術資料, 29 (1982), p. 49
-