

自動車排気系用ステンレス鋼の現状と今後の展望

Present and Future Trends of Stainless Steel for Automotive Exhaust System

井上 宜治^{*(1)}
Yoshiharu INOUE

菊池 正夫^{*(2)}
Masao KIKUCHI

抄 録

自動車部材へのステンレス鋼の適用は、初期には装飾用のモール等から始まったが、最近では排気系が主体となっている。排気ガス浄化や軽量化による燃費向上といった点から高耐熱性、高耐食性のステンレス鋼の特徴が好まれたためである。自動車排気系構成及び使用材料を概説した後、その変遷と今後の動向を詳しく述べた。併せて、最近になりステンレス鋼の適用が進展している二輪車排気系部材の変遷と今後の動向についても述べた。

Abstract

Stainless steel started to be used as material for decoration trims in automobile. However, in recent years, it is mostly used as material for the exhaust system. It is because that stainless steels with good performance of high temperature characteristics and high corrosion resistance meet the social needs for clean exhaust gases and reduced weight for better fuel economy. In this paper, the structure of automotive exhaust system and the materials used for the exhaust system are described. Then, the past change and future prospect of materials for the exhaust system of automobile are described and also those for exhaust system of motor bicycle in which stainless steel starts to be used recently are described.

1. 緒 言

ステンレス鋼は、耐食性、耐熱性、意匠性等に対して優れた特徴をもつため、各々の特徴を生かして多くの自動車部品に用いられている。図1¹⁾に自動車1台あたりのステンレス鋼使用量の推移を示す。現在では1台あたり20~30kg程度使用されている。ステンレス鋼の適用は、初期には優れた意匠性を生かした装飾用のモール等から始まったが、現在ではそれ以外の多くの部品に用いられている。その中でも排気系部材への適用量は著しく増加し、現在では自動車用ステンレス鋼の過半を占めている。

排ガス規制の強化、軽量化による燃費向上が社会的ニーズとなり、自動車メーカーはそれに応えるために、排気系部材に、より耐熱性、耐食性に優れた材料を必要とした。そのため排気系部材には、それまで使用されていた鋳物やアルミニウムめっき鋼板に替わって

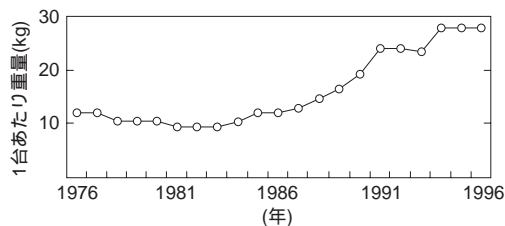


図1 自動車1台あたりのステンレス鋼使用量の推移

ステンレス鋼へ、更には、汎用ステンレス鋼からより高性能のステンレス鋼へと使用材料が変化しつつある。

本報では、自動車排気系各部品ごとに、その使用部材の変遷と今後の動向を述べる。併せて、最近になりステンレス鋼適用が進展している二輪車排気系についてもその動向について簡単に触れる。

2. 自動車排気系の構成と使用材料

図2²⁾に基本的な自動車排気系の構成を示す。エンジンに近い方から、エキゾーストマニホールド、フロントパイプ、フレキシブルパイプ、触媒コンバータ、センターパイプ、メインマフラー、テールエンドパイプまでの7部品からなっている。車種によっては、複数の触媒コンバータを搭載している場合や、サブマフラーを搭載している場合がある。

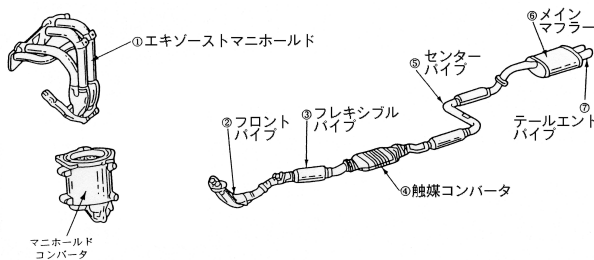


図2 自動車排気系部品

⁽¹⁾ 鉄鋼研究所 鋼材第一研究部 主任研究員
千葉県富津市新富20-1 〒293-8511 TEL:0439-80-2885

⁽²⁾ 鉄鋼研究所 鋼材第一研究部 主幹研究員 工博

表1 排気系部品と主要材料

部位(図2参照) 部品名	エキゾースト マニホールド	フロント パイプ	フレキシブル チューブ	触媒コンバータ		センター パイプ	メイン マフラ	テールエンド パイプ
				シェル	熱媒担体			
使用温度()	950 ~ 750	800 ~ 600		1000 ~ 1200		600 ~ 400	400 ~ 100	
必要特性	高温強度 熱疲労 耐酸化性 加工性	高温強度 高温疲労 耐高温塩害 加工性		高温強度 耐高温塩害 加工性	耐酸化性 耐熱衝撃性	耐塩害腐食	耐内面腐食性 (凝縮水) 耐外面腐食性 (塩害)	
現行材料	SUH 409L SUS 430J1L SUS 429 SUS 444 SUS XM15J1	SUS 304 SUSX 15J1		SUH 409L SUS 436J1L	SUH 21 20Cr-5Al セラミックス	SUH 409L	SUH 409L	SUH 409L SUS 409L-AI SUS 436 SUS 430J1L SUS 436J1L

表1³⁾に排気系各部品の使用温度と要求特性ならびに使用されている現行材料を示す。エンジンに近い高温部(ホットエンド)では、高温強度、熱疲労特性、耐酸化性、耐高温塩害腐食性が、エンジンから遠い部分(コールドエンド)では、耐塩害腐食性、耐凝縮水腐食性が主要な要求特性である。更に、車体後部から見えるテールエンドパイプは、耐食性の他に意匠性も要求される。それぞれの部材には、これらの要求特性とコストを考慮して、表1に示したようなステンレス鋼が適用されている。

以下、各部品毎にその役割、要求される特性、及び使用されている材料について詳細に述べる。

2.1 エキゾーストマニホールド

エキゾーストマニホールドは、エンジンの各気筒から排出された排ガスを集めて、エキゾーストパイプへ排出する部品である。エンジンに最も近い部分であり、排ガス温度が900 程度に達するため、求められる特性は、耐酸化性、高温強度、熱疲労特性が優れていることである。加えて、複雑な形状に加工されるため、成型性にも優れている必要がある。

ステンレス鋼製エキゾーストマニホールドにはその構造から二つのタイプに分類される。一つは鋼板をプレスして溶接で組み立てるタイプであり、もう一つは鋼管を曲げ加工して溶接で組み立てるタイプである。鋼管タイプには、二重管構造のものもある。写真1に鋼管タイプのエキゾーストマニホールドの外観を示す。

エキゾーストマニホールドに使用されているステンレス鋼には、オーステナイト系とフェライト系の両方がある。オーステナイト系ステンレス鋼は高温強度に優れるが酸化スケールが剥離しやすいため、耐酸化性の点でフェライト系に劣る。使用されている鋼種とし

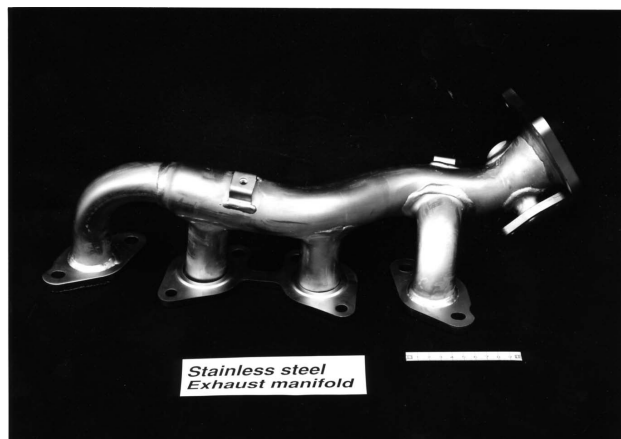


写真1 エキゾーストマニホールド外観

ては、SUS 304(18Cr-8Ni)やSUS XM15J1(18Cr-13Ni-4Si)がある。一方、フェライト系ステンレス鋼は酸化性に優れているが、高温強度はオーステナイト系に劣っている。しかし、熱膨張係数が小さいために熱疲労特性の面で有利となる。鋼種としては、SUH 409L(11Cr-Ti-LC)やSUS 430J1L(18Cr-0.5Cu-Nb-LC, N)が使用されていたが、近年の排ガス規制強化に伴い排ガス温度が高温化していく傾向にあり、950 にも達するようである。この場合、SUS 444(19Cr-2Mo)系が使用される。また、低コスト材として、Cr量を低減したSUS 429(15Cr)系も使用されている。

二重管タイプのエキゾーストマニホールドの場合、内管にはオーステナイト系、外管にはフェライト系が使用されることが多い。

2.2 フロントパイプ

フロントパイプは、エキゾーストマニホールドとフレキシブルチューブの中間に位置する。後段の触媒コンバータの触媒機能を低下させないために、放熱量をできるだけ少なくして排ガス温度の低下を防ぐ機能が要求される。また、騒音防止の効果も求められている。そのため、従来は単管であったが、薄肉中空の二重管への移行が始まっている。材料としては、SUH 409L、SUS 436L(17Cr-1Mo-LC, N)、SUS 430J1L等のフェライト系ステンレス鋼が用いられているが、中空二重管の場合、内管にオーステナイト系ステンレス鋼が使用されることもある。

今後の動向としては、低コスト、かつ、耐酸化性や熱疲労特性の優れたフェライト系ステンレス鋼が主流であることは間違いなく、更には、排ガス温度の高温化やパイプの薄肉化のために、より高温特性の優れた鋼種、例えばSUS 429クラスが用いられていくものと考えられる。

2.3 フレキシブルチューブ

エンジンの振動が排気管に伝達することを防止するために、エキゾーストマニホールドと触媒コンバータの中間に設置される。写真2にその外観を示す。その構造は、蛇腹状の二重管とそれを覆うステンレス鋼ワイヤーメッシュのアウターブレードから構成されている。使用性能としては、高温疲労特性が要求され、蛇腹形状とするために加工性も必要である。更には、寒冷地では道路の凍結防止のために融雪塩が使用されることから、管の外側での耐高温塩害腐食性も必要となる。

使用されている材料はSUS 304が主体である。しかし、寒冷地では道路の凍結防止用に融雪塩を使用するため、管の外側では耐高温塩害腐食性も必要となる。そのため、Siを添加してNi量も増加させたより高機能なSUS XM15J1が使用されている。最近では、SUS



写真2 フレキシブルチューブ外観

XM15J1より安価であり、SUS 304より耐粒界腐食性の高いSUS 316L (18Cr-12Ni-2.5No-LC) が用いられ始めている。

2.4 触媒コンバータ(触媒担体及びシェル)

自動車の排ガスによる大気汚染を緩和するために、触媒コンバータと呼ばれる排ガス浄化システムが搭載されている。これは、エンジンから排出される汚染物質のうち、HC(炭化水素)類と一酸化炭素を二酸化炭素と水に変え、NO_x(窒素酸化物)を窒素と酸素に変えるものである。その構造は、触媒種、助触媒、触媒担持体、及び触媒担体から構成されている。

触媒コンバータは、エキゾーストマニホールド直下や床下等に搭載されるため、高温や振動等の過酷な条件に耐える必要がある。触媒担体にはコーゼエライト性のセラミック担体とともにフェライト系ステンレス鋼箔を用いたメタル担体も使用されている。フェライト系ステンレス鋼箔が使用される理由は、熱衝撃特性が小さいことと、かつ、熱容量が小さいことである。メタル担体はステンレス鋼箔からなるハニカム状のコアとステンレス鋼板からなるシェルで構成されていて、ハニカム上のコアは平坦な箔と波状の箔を巻き、ろう付け、溶接等で接合されている。シェルは高温強度、耐高温塩害性及び加工性が要求される。写真3にメタル担体製触媒コンバータの外観を示す。

箔素材には、優れた耐酸化性が要求されるため、Fe-Cr-Al系フェライトステンレス鋼が用いられている。代表的な鋼種がFe-20Cr-5Al合金である。酸化皮膜の密着性を向上させる目的でHf, Sc, Y, Ce等の希土類金属元素(REM)を少量添加したものもある。今後、更に高い耐酸化性が求められる傾向にある。

触媒コンバータのシェルには、SUS 430(17Cr)系が使用されている場合が多いが、排ガス温度の上昇に伴い、SUS 430J1LやSUS 429系のより高温特性に優れたフェライト系ステンレス鋼も使用されつ

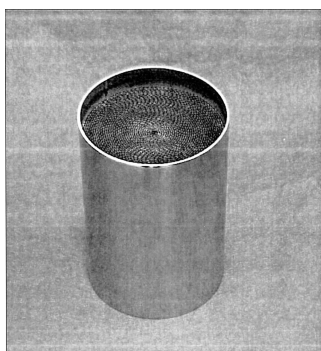


写真3 メタル担体製触媒コンバータ外観

つある。

2.5 センターパイプ

センターパイプは触媒コンバータとメインマフラーをつなぐパイプであり、中間にサブマフラーが設けられていることも多い。この位置では、排ガス温度は比較的低くなり、高温特性に対する要求は厳しくなくなるが、その反面、耐食性に対する要求が厳しくなる。すなわち、内面は排ガス中の水蒸気の結露によって生じる凝縮水による凝縮水腐食、外面は融雪塩による塩害腐食に対する耐久性を要求される。

センターパイプ用材料として、従来、溶融アルミニウムめっき鋼板が使用されていたが、内外両面の湿食対策のためにステンレス鋼化が急激に進行し、SUS 410(13Cr)系や、SUH 409L、及びSUS 430系が用いられている。

2.6 メインマフラー

写真4⁴⁾に外観を示すメインマフラーは排ガス放出時の騒音を吸収、低減させる役割をはたしており、アウターシェル、インナープレート、インナーパイプ、エンドプレート等の部品から構成されている。

メインマフラーでは、長距離走行の場合には、排ガスによって最高400程度まで加熱されるため、水分の凝縮は生じないが、短距離走行の場合には、排ガス温度は上昇せず、マフラー内部には排ガス凝縮液が生成する。この凝縮液には、NH₄⁺、CO₃²⁻、SO₄²⁻、Cl⁻、有機酸等が含まれ、運転、停止が繰り返されることによって、これらのイオンが次第に濃縮していく。表2⁵⁾に凝縮液組成の一例を示す。この凝縮液の存在により、マフラー内部は非常に過酷な湿食環境となる。また、マフラー外面は、融雪塩等による塩害腐食が生じやすい環境となる。

メインマフラー用材料としては、現在ではSUS 436Lが主に使用されているが、低コスト化のため、Moを低減したSUS 432系(17Cr-0.5Mo)の使用が増えつつある。アウターシェル、エンドプレート等には、見栄えと防食対策から、アルミニウムめっきステンレス鋼が使用される場合もある。

2.7 テールエンドパイプ

テールエンドパイプは、排ガスの出口にあたるマフラー後部に位置し、人目につくため、耐食性のみでなく、意匠性も要求される。テールエンドパイプは使用温度が低いので、材料として性能上はア

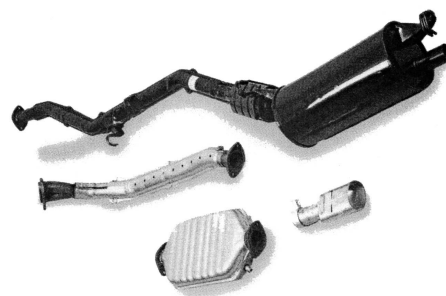


写真4 メインマフラー外観

表2 排ガス凝縮水組成

排気ガス 凝縮液	Cl ⁻ × 10 ⁻³	SO ₄ ²⁻ × 10 ⁻³	CO ₃ ²⁻ × 10 ⁻³	NO ₃ ⁻ × 10 ⁻⁵	NH ₄ ⁺ × 10 ⁻³	FE ₃ ⁺ × 10 ⁻⁴	pH
	0.69	0.82	2.8	1.6	8	3.1	8.1
	2.80	2.6	9.8	1.6	54	2.5	8.4

その他、有機酸も少量含まれる

ルミニウムめっき鋼板で充分である。しかし、意匠性の観点から SUS 409L, SUS 430系, SUS 436系の高純フェライト系ステンレス鋼が用いられる場合や、オーステナイト系のSUS 304が使われる場合がある。特に意匠性が要求される場合は、装飾Crめっきステンレス鋼管や溶融アルミニウムめっきステンレス鋼管が使われることもある。

3. 新日本製鐵の自動車排気系用ステンレス鋼

表3に自動車排気系用途に使用されている新日本製鐵の汎用及び独自鋼種を示す。鋼種名と概略成分, JIS類似鋼及び代表用途を示している。YUS409Dは最も汎用的に使用されるフェライト系鋼種である。YUS432, YUS436SはMo含有フェライト系鋼種で耐食性に優れているため、主にマフラー用途に使用されている。YUS450-MS, YUS190-EMは、Nb-Ti複合添加を特徴とする耐熱用鋼種であり、主としてエキゾーストマニホールド用途に使用されている。また、メタル担体用箔素材としてYUS205M1を供給している。オーステナイト系はSUS 304が主体であり、耐高温塩害性を高めた鋼種としてYUS731の供給を行っている。

フェライト系の独自鋼種が多いが、これは、フェライト系がオーステナイト系と比較して安価であるため、自動車用材料として使用されやすかったことを背景に、自動車排気系を構成する部材に適したステンレス鋼を開発してきた結果である。

これらに加えて、耐食性及び意匠性を高めたAlめっきステンレス鋼(NSAIシリーズ: NSAIYUS409D, NSAIYUS432, NSAIYUS436S など)の供給も行っている。

4. 自動車排気系用材料の変遷と今後の動向

4.1 エキゾーストマニホールド

従来、この部品には球状黒鉛鋳鉄等が用いられていたが、エンジン性能の向上に伴い排ガス温度の上昇、また、部品重量の軽減ニーズからステンレス鋼の使用が増加している。

エキゾーストマニホールドに使用されているステンレス鋼はオーステナイト系とフェライト系がある。図3⁶⁾に各種ステンレス鋼の高温強度、図4⁶⁾に耐酸化性を示す。これらから分かるように、オーステナイト系ステンレス鋼は高温強度に優れるが、酸化スケールが剥離しやすいため、耐酸化性の点でフェライト系に劣る。一方、フェライト系ステンレス鋼は耐酸化性に優れているが、高温強度はオーステナイト系に劣っている。しかし、図5に示すように、熱膨張係数が小さいフェライト系ステンレス鋼は熱疲労特性の面で有利である。したがって、エキゾーストマニホールド用途としてはフェライト系鋼種が主に使用されている。

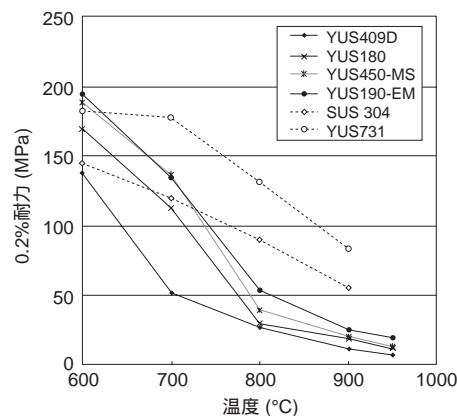


図3 各種ステンレス鋼の高温強度の比較

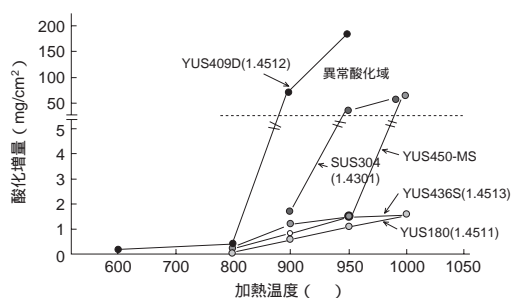


図4 各種ステンレス鋼の耐酸化性の比較

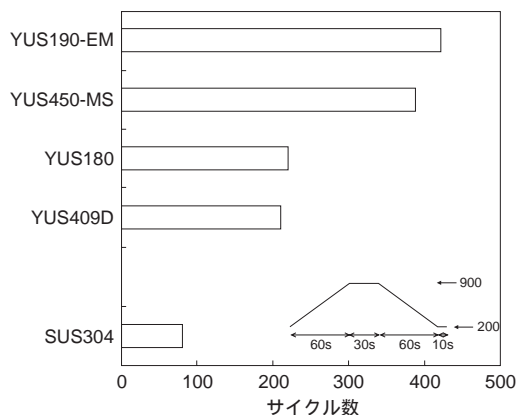


図5 各種ステンレス鋼の熱疲労特性(100%拘束)

図6に新日本製鐵のエキゾーストマニホールド材の変遷を示す。初期には、排ガス温度800 程度までの対応材料としてYUS409D (11Cr-Ti) が使用された。次いで、排ガス規制強化のために排ガス温度が上昇することへの対応として、高温特性に優れた19%Cr-Nb添加のYUS180(19Cr-Nb) が適用された。その後、高温特性に経済性を加味して、成分を最適化したYUS450-MS(14Cr-0.5Mo-Nb-Ti) が開発

表3 新日本製鐵の自動車排気系用ステンレス鋼

系	鋼種	概略成分	JIS類似鋼	代表用途
系	YUS409D	11Cr-Ti	SUH 409L	マフラー、フロントパイプ、センターパイプ
	YUS432	18Cr-0.5Mo-Ti	SUS 432	マフラー、フロントパイプ
	YUS436S	18Cr-1.2Mo-Ti	SUS 436L	マフラー、フロントパイプ
	YUS450-MS	14Cr-0.5Mo-Ti-Nb	SUS 429	エキゾーストマニホールド
	YUS180	19Cr-Nb	SUS 430J1L	エキゾーストマニホールド、フロントパイプ、コンバータシエル
	YUS190-EM	19Cr-1.7Mo-Ti-Nb	SUS 444	エキゾーストマニホールド
	YUS205M1	20Cr-5Al	-	触媒メタル担体
系	SUS304	18Cr-8Ni	-	テールエンドパイプ
	YUS731	19Cr-13Ni-3Si-0.7Cu	SUS XM15J1	二重管エキゾーストマニホールド内管、フレキシブルパイプ

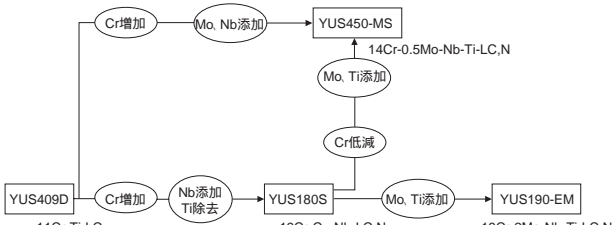


図6 新日本製鐵のエキゾーストマニホールド用ステンレス鋼の変遷

された。一方、近年の排ガス規制強化に伴い、排ガス温度が更に高温化し、950 に達すると従来の材料では対応できず、CrやNbの添加量を増し、Moを添加して、耐酸化性や高温強度を高めたYUS190-EM(19Cr-2Mo-Nb-Ti)を開発した。

新日本製鐵のエキゾーストマニホールド材(YUS450-MS, YUS190-EM)の特徴はNb-Ti複合添加にある。これにより、高温特性、特に熱疲労特性を向上させることができる。

図7⁷⁾にフェライト系ステンレス鋼の950 での0.2%耐力に及ぼす合金元素の影響を示す。Nb, Mo, W及びTaが強化に有効であり、特にNbが少量でも効果が高いことがわかる。また、MoやNbが固溶状態で高温強化に寄与していることが明らかにされている^{7,8)}。しかしながら、Nbは高温での長時間使用中に炭化物やラーフェス相として析出するため、固溶Nb量は時間とともに低下し、高温強度も低下する。そこで、この固溶Nb量の低下による高温強度低下を抑制するためにNb-Ti複合添加が検討された。図8⁷⁾は、Nb単独添加鋼とNb-Ti複合添加鋼の900 での0.2%耐力の、900 時効に伴う変化を示したグラフである。Nb-Ti複合添加鋼の方が時効に伴う強度低下が小さいことがわかる。これは、Ti添加により粗大なNbの炭化物(M₆C)析出が抑制されたことに起因する^{7,9)}。

図9⁹⁾に示す高温強度をもつ14Cr系のNb単独添加鋼とNb-Ti複合添加鋼の拘束率を変えた熱疲労試験の結果を図10⁹⁾に示す。拘束率とは、自由膨張伸びのうち伸びを抑制する比率を示したもので、100%拘束とは、試験片を完全に拘束して熱膨張による伸びを許容

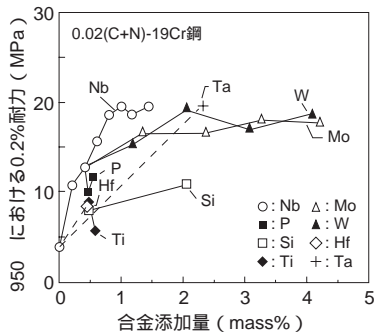


図7 フェライト系ステンレス鋼の高温強度に及ぼす添加元素の影響

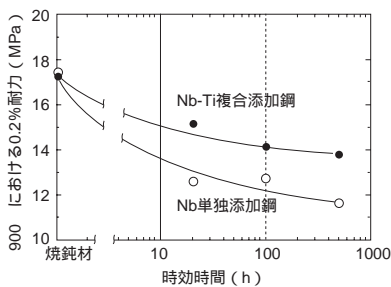


図8 Nb単独添加鋼とNb-Ti複合添加鋼の900 時効に伴う900 における耐力の変化

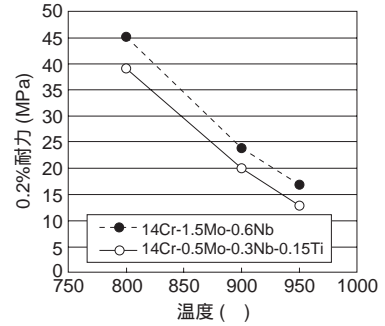


図9 14Cr系Nb単独添加鋼とNb-Ti複合添加鋼の高温強度

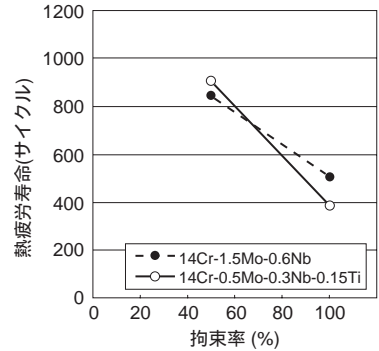


図10 14Cr系Nb単独添加鋼とNb-Ti複合添加鋼の熱疲労特性(200 / 900 繰返し)

しないことを意味する。100%拘束ではNb-Ti複合添加鋼は高温強度が低いこともあり、Nb単独添加鋼より熱疲労寿命は短い。ところが50%拘束にすると、Nb-Ti添加鋼の熱疲労寿命の伸びは大きく、Nb単独添加鋼のそれを上回る。これは、拘束率を低下させると全体的に熱疲労寿命が長くなり、高温に保持される時間が長くなるため、上述のようなNb-Ti複合添加鋼では、Ti添加によってNbの炭化物としての析出が抑制され、高温での強化能の低下が小さくなるためであると考えている。

実際の自動車排気系部材は周囲の部品で拘束された状態で繰り返しの熱履歴を受けるため、熱疲労特性が重要であるが、実際には拘束率100%はありえないので、拘束率が低い場合でのNb-Ti複合添加による耐熱疲労特性の向上は非常に有効である。

今後の動向としては、排ガス温度は上昇していく傾向にあり、更に高温強度、熱疲労特性の優れた材料が必要とされている。また、エキゾーストマニホールドは複雑な形状を持つため、加工を容易にする成形性の向上が期待されている。

4.2 メインマフラー

図11に各種ステンレス鋼の耐凝縮水腐食性を比較した結果を示す。塩化物が共存する条件下で孔食が発生しやすいことが示されている。このような環境下での孔食の発生抑制には、Cr, Mo添加が有効であり、この観点から材料開発が進められてきた。

図12に新日本製鐵のメインマフラー用ステンレス鋼の変遷を示す。内外両面で腐食環境の厳しいメインマフラー用の材料としては、従来は、溶融アルミニウムめっき鋼板、及びSUS 410L, YUS409Dが使用されてきたが、より高耐食性を持つステンレス鋼への変換が進行した。初めは高Crで耐食性に優れたYUS180やSiを低減して加工性を向上させたYUS180Sが用いられた。

その後、実マフラー材の腐食環境の評価が進展し、それに基づいた様々なステンレス鋼評価試験法が提案された。新日本製鐵は、半浸漬加熱サイクル試験法(以下、NSC試験法と記す)を提案した。図

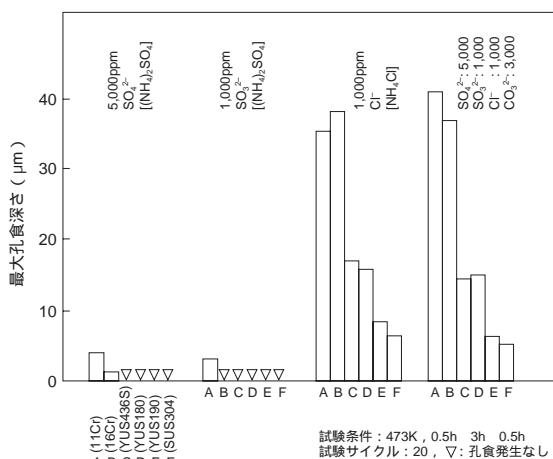


図11 各種ステンレス鋼の耐凝縮液腐食性

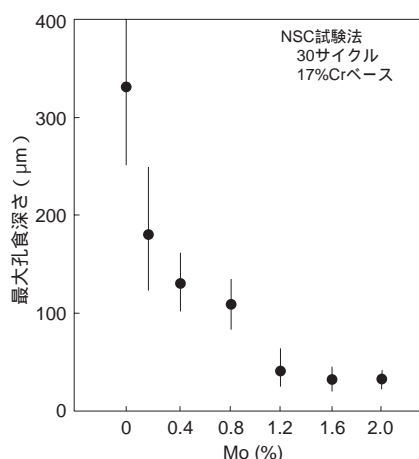


図14 NSC試験法によるCr-Mo添加鋼の孔食深さ

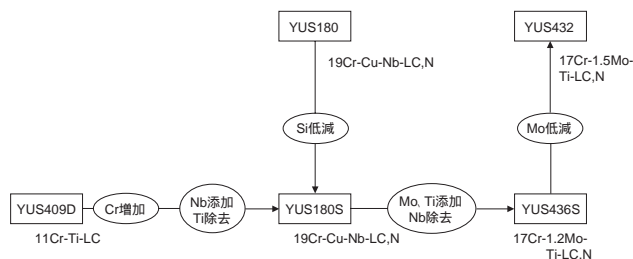


図12 新日本製鐵のマフラー用ステンレス鋼の変遷

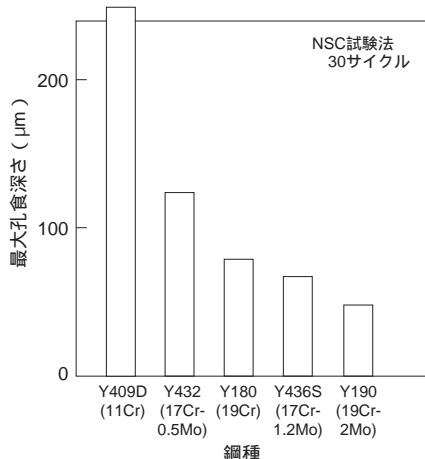


図15 NSC試験法による実用ステンレス鋼の孔食深さ

13⁹⁾に試験法の模式図、表4⁹⁾に使用する模擬凝縮液組成を示す。この方法を用いることにより、マフラー用材料の実環境に近い形での耐食性評価が可能になった。その結果、凝縮液中でのステンレス鋼の局部腐食発生抑制にはCr, Mo添加が有効であることが明らかになり、YUS436S(17Cr-1.2Mo-Ti)が開発された。本鋼は、Cr, Mo量の最適化により、マフラー寿命を決定する孔食の発生、進展を抑制したことと、炭窒化物固定にNbではなくTi添加を選択したため、高効率の普通鋼製造プロセス(タンデムミルによる冷間圧延-連続焼鈍-酸洗)による製造を可能にしたことを特徴としている。

図14⁹⁾にNSC試験法による17Cr鋼での孔食深さのMo依存性及び、図15⁹⁾にNSC試験法による実用ステンレス鋼の孔食深さを示す。現在、YUS436Sは排気系部材として広く用いられるようになっている。

最近になり、低コスト化ニーズから、実マフラー腐食環境の見直しとそれに伴う材料の適材化が進行しつつあり、Moを低減した

YUS432(17Cr-0.5Mo-Ti)も使用されるようになってきている。

アウターシェルやエンドプレートは、外面の見栄えと防食対策からアルミニウムめっきが施される場合もある。YUS409D, YUS436S, YUS432のAlめっき鋼板(NSAIYUS409D, NSAIYUS436S, NSAIYUS432)が使用されている。

5. 二輪車の排気系

二輪車の排気系の部品は、主にエキゾーストパイプとマフラーから構成されている。二輪車の排気系で四輪車と異なる点は、排気系全体が目につけやすいため、意匠性にも十分な注意を払う必要があることである。

日本国内において、1998年の排ガス規制強化以前は、二輪車の排気系部材にはCrめっき鋼板や塗装鋼板等の普通鋼が使用されていた。しかし、1998年10月から始まった排ガス規制強化への対策として、二輪車の排気系も排ガス浄化のための触媒搭載が本格的に行われるようになってきた。そのため触媒作用による排ガス温度の上昇で、マフラー内の排ガス温度が500 から900 へ上がるようになり、その結果、マフラーのみならずエキゾーストパイプも含んだ排気系全体のステンレス鋼化が急激に進展するようになってきている。

二輪車排気系部品用ステンレス鋼は、基本的には自動車排気系用ステンレス鋼と同様のものが使用されている。しかしながら、車種によっては触媒を排気管に担持させるものがあり、その場合、Fe-Cr系のステンレス鋼では耐酸化性が不十分となる。その対策として、

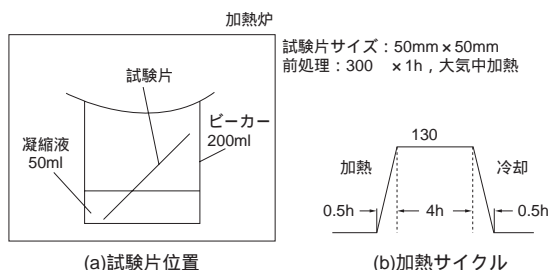


図13 NSC試験法の模式図

表4 NSC試験法に用いる模擬凝縮液組成

(ppm)						
pH	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	NO ₃ ⁻	NH ₄ ⁺	HCOOH
8.5	50	100	500	-	220	-

pH: NH₄OHで調整
いずれもアンモニウム塩で添加

例えばYUS436S製の鋼管と触媒層の間にアンダーコート層を設けて触媒層の劣化を防ぐ方法も採用されている場合もあるが、鋼管そのものに耐酸化性が高いSUH 21(18Cr-3Al)が使用されている場合もある。しかし、SUH 21は加工性、溶接性に難点があり、排気系部品を製造することが困難であった。新日本製鐵では、最近になり、耐酸化性がSUH 21とほぼ同等で、加工性を大幅に改善した新鋼種YUS21M(18Cr-2Al-0.5Si)を開発した。ユーザー評価も好評で新規に採用されつつある。

今後、二輪車の排ガス規制は、国内のみならず海外でも厳しくなる一方であり、二輪車排気系のステンレス鋼化は今後とも進行していくものと考えている。しかし、最近になり、軽量化と意匠性を目的にTiが二輪車の排気系に使用されるようになってきており、Tiとの競争も激化するものと考えられる。

6. 結言

自動車及び二輪車の排気系に用いられているステンレス鋼について、その部品ごとに概要を述べた。次世代自動車の本命と言われていた燃料電池自動車の普及にはまだしばらく時間がかかると見られていることから、現在の内燃機関方式の自動車がまだまだ主力であ

る。そのため、排ガス浄化と軽量化による燃費向上によって、地球環境への負荷を軽減することが自動車メーカーに課せられた社会的使命であることは間違いない。その使命を達成するために、素材メーカーに要求される材料特性も高度化していくであろう。自動車排気系のステンレス鋼化はほぼ完了したと言えるが、今後はより高機能、かつ、低コストな材料が用いられていくものと考えている。また、二輪車においては、排気系のステンレス鋼化が今後進展していくものと考えている。

参考文献

- 1) JSSF国内市場開発委員会:ステンレス 42.12 (1998)
- 2) 石川秀雄:ステンレス鋼便覧 第3版 東京,日刊工業新聞社,1995 p.1265
- 3) 菊池正夫:金属学会シンポジウム"自動車材料の高温特性研究の最先端" 2001, p.1
- 4) 新日本製鐵㈱,カタログ"YUSシリーズ"
- 5) 佐藤栄治,田上利男:新日鉄技報 (354),11 (1994)
- 6) 新日本製鐵㈱,カタログ"自動車材料" 2000, p.9
- 7) 藤田ら:新日鉄技報 (361) 20(1996)
- 8) 藤田ら:新日鉄技報 (371) 30(1999)
- 9) 井上ら:材料とプロセス. 16 (3), 543 (2003)