

当社の自動車用ステンレス鋼への取り組み

Present Situation and Future Prospect of Stainless Steels for Automobiles

樽谷芳男 / Yoshio Tarutani・総合技術研究所 ステンレス・チタン研究部 主任研究員

富士川尚男 / Hisao Fujikawa・鋼板事業部 専門部長 工博

星 弘充 / Hiromichi Hoshi・ステンレス・チタン事業部 次長

樋口賢次 / Kenji Higuchi・鋼管事業部 鋼管技術部 担当課長

橋詰寿伸 / Toshinobu Hashizume・総合技術研究所 ステンレス・チタン研究部

要 約

1970年代前半の自動車排ガス規制強化以降、排気系にステンレス鋼が使用されるようになった。特に、1975年以降のフェライトステンレス鋼の使用量増加が目立つ。ステンレス鋼の適用拡大は次に示す部位に代表される：(1)エキゾーストマニホールド、(2)エキゾーストパイプ、(3)マフラー、(4)外装用モール、(5)排ガス浄化触媒、(6) EGR 装置。背景としては、エンジンの高性能化、軽量化の動きよるところが大きい。

自動車用ステンレス鋼についての解説はすでに数多く報告されている。本報では、ステンレス鋼の使用されている主要排ガス部品の現状を紹介するとともに、当社排ガス系ステンレス鋼への取り組み状況と今後の展望についてまとめた。

Synopsis

Stainless steels have been applied to the automobile exhaust system since exhaust gas emissions regulation in the first half 1970's. The growth in the amount of ferritic stainless steel use was particularly remarkable after 1975. Outstanding growth of stainless steel use depends on new applications such as; (1) exhaust manifold, (2) exhaust pipe, (3) muffler, (4) exterior molding, (5) exhaust gas catalyzer, and (6) EGR system. Behind the new applications are social demands to improve the performance of the automobile in areas such as fuel efficiency.

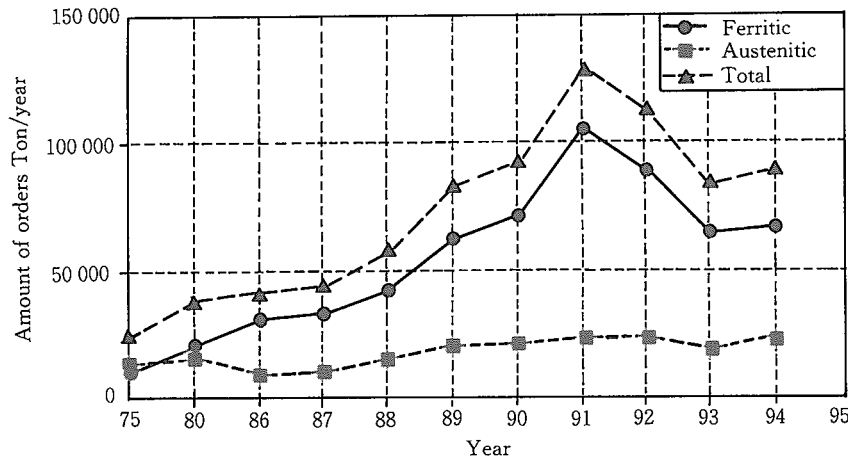
Many reports about stainless steels for the automobile are already recorded. This technical review will show you the present situation for the major exhaust system components. The future prospects for stainless steel use in automobiles will be summarized.

1. 緒 言

1970年代前半の自動車排ガス規制強化以降、排気系にステンレス鋼が使われるようになった。特に、フェライト系ステンレス鋼使用量の伸びは大きく、第1図に示した1975年以降の自動車用ステンレス鋼板の受注量実績の推移¹⁾をみても顕著である。背景としては、(1)エンジンの高性能化、軽量化の動きの中で、従来の鋳物に替わって排気マニホールドに適用されたこと、(2)排ガス温度の上昇に伴い排気系管全体に用いられたこと、(3)自動車モール材への適用が拡

大したこと、(4)マフラーへの適用等がある。また、排ガス浄化触媒担体への適用、EGR の搭載も適用範囲を拡大した。

実用化されている自動車用ステンレス鋼についての解説は既に数多く報告されているので²⁾⁻⁷⁾、詳細はそれらを参照していただくとして、本報では、ステンレス鋼の使用されている主要排ガス部品についての現状を紹介しながら、当社排ガス系ステンレス鋼への取り組み状況ならびに今後の展望についてまとめる。



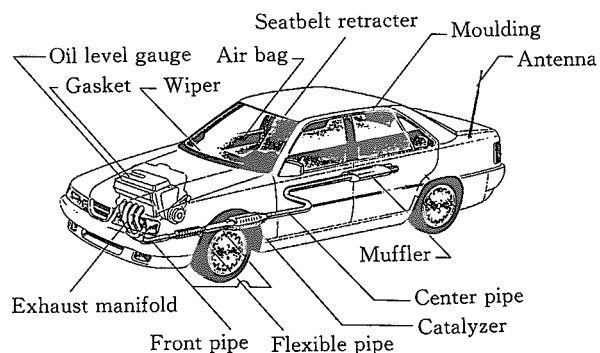
第1図 自動車用ステンレス鋼の受注量

Fig.1 Amount of stainless steels applied for automobiles

2. ステンレス鋼の使用されている部位の主な材料構成

ステンレス鋼が用いられている主な適用部位を第2図に示す。1台当り、およそ20から30kgのステンレス鋼が使われており、今後も増加が期待できる。最近ではエンジンガasket、エアバックインフレーター、センサー類にも使用されている。

最近の新たな動きとして、エンジン始動直後の排ガス浄化効率を高めるために排気マニホールド、フロントパイプの二重構造化が自動車各社で検討されている。また、鋳物製排気マニホールドのステンレス化も進行しており、ステンレス鋼の使用量が増加している。



第2図 ステンレス鋼が用いられている自動車の主要部位

Fig.2 Main applications of stainless steels for automobiles

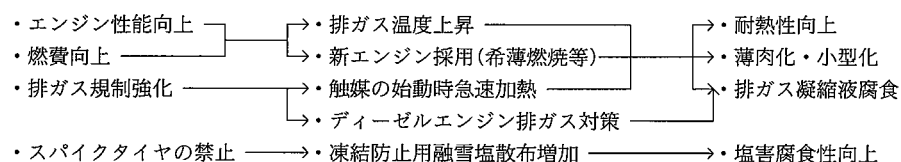
今後も、(1)金属光沢があり、(2)錆びにくく、(3)耐熱性があり、(4)加工しやすい、さらには、(5)溶接部の耐食性が良い、(6)生産効率改善効果のあるステンレス鋼の新たな需要拡大が期待される。

以下において、排気系およびその他の用途について、それぞれの材料の現状と動向について概説する。

3. 排気系材料

先にも述べたように、排気系の材料はステンレス化が進み、適用できそうな部位には適用された状況といえる。今後は、鋳物製排気マニホールド、Alめっき鋼板等からの切り替えによる更なる量的な拡大を図るのが課題といえるが、依然として素材としてのコスト高の問題が残されている。コスト高を克服して更なる需要を喚起してゆくためには、一層の高性能化と低コスト化、品質改善による素材としての魅力を高めてゆくとともに、排気系部品メーカーにおける生産効率向上、歩留まり向上、製造コスト低減にまで踏み込んだ取り組みと協力が必要と考える。欧州排気系部品で導入された液圧バルジ成形法による製造コスト低減等は、好例である。

最近の排気系材料に影響を及ぼす動向をまとめると、第3図のようになる。基本的には軽量化もエンジン性能向上も燃費向上に含まれる課題である。排ガス規制もスパイクタイヤ問題も環境対応課題といえる。



第3図 排気系材料に影響を及ぼす動向

Fig.3 Some trends of materials for automobiles

技術解説

排気系部位ごとの必要性能、現状の新たな課題の概要を第4図に示す。素材メーカーであり見方に偏りもあるとも考えるが、大筋はこのように考えている。

3-1 排気マニホールド

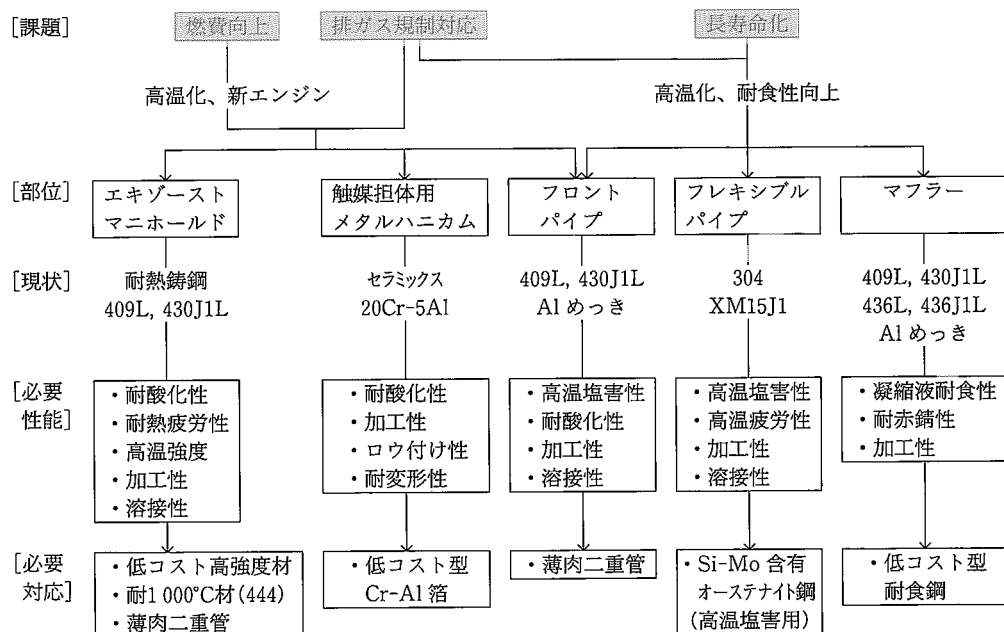
燃費向上および軽量化の観点から、排気マニホールドのステンレス化は今後も主流であると考えられる。熱疲労特性に優れる Nb 含有の SUS430J1L 系のフェライトステンレス鋼が広く用いられているが、理想空燃比付近での高効率燃焼を目指す動きの中でさらに耐熱性と熱疲労特性を有する高性能フェライトステンレス鋼が必要になり、適用されてゆくと判断される。また、エンジン始動直後の排ガス浄化性能を改善するために、排気マニホールド、フロント管を二重構造化する動きが顕著になっている。内層側の材料には、薄肉でありながらも耐酸化性と高温強度に優れる耐熱材料が求められ、欧州系の一部高性能車ではオーステナイト系高合金が用いられている。国内においても、構造を工夫することにより熱膨張の問題を解決したオーステナイト系ステンレス鋼製排気マニホールドが登場してくる可能性がある。

また、低コスト化指向の中で 13Cr-Si-Nb 系の材料が開発され実用化された。従来の SUS430J1L に替わって高温部位に適用されている。Cr 量の低下に伴う製造コスト低減

により、低コスト化が図られた。Cr 量の低下に伴う耐酸化性の低下は、高 Si 化により改善されている。高 Si 材料でありながら、低 Cr 化したことで従来の SUS-430J1L 相当の優れた加工性を有している。

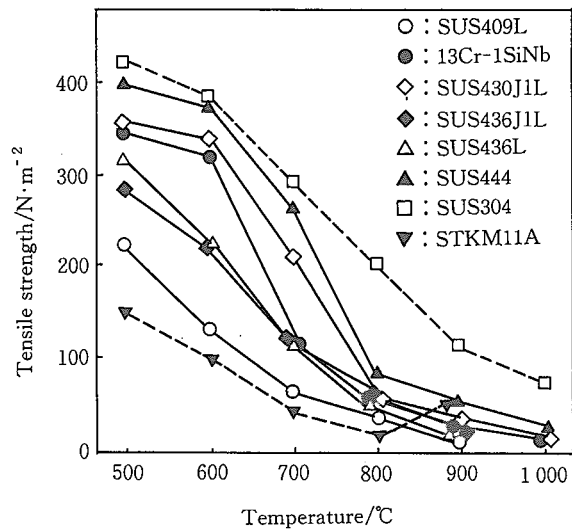
一方で、薄肉耐熱ステンレス鋼製排気マニホールドが実用化され、市販車に搭載されている。現状の薄肉化の限界は 2.5mm といったところであるが、部位により肉厚を制御できる精密鋳造法の採用により、高温強度確保と耐酸化性確保の両立が図られている。製造コストは、ステンレス鋼製に比較して高いと判断される。今後は、エンジン始動時の排ガス浄化性能が厳しく要求される中で、二重構造化の進むステンレス鋼製排気マニホールドとの性能、コスト競争が注目される。

排気マニホールドに必要な高温強度、耐酸化性および熱疲労特性について第5図から第8図に示す。700℃を超える温度域ではフェライトステンレス鋼に比べてオーステナイトステンレス鋼の高温強度が顕著に高い。フェライトステンレス鋼でも Nb を含有するフェライトステンレス鋼の方が 600℃ 以上での高温強度が高い特徴を有している。排気マニホールド用として SUSXM15J1, NAR-315SN (18Cr-9Ni-SiMoCu), NAR-AH4 (23Cr-11Ni-N-Ce) 等のオーステナイトステンレス鋼の適用が期待される。



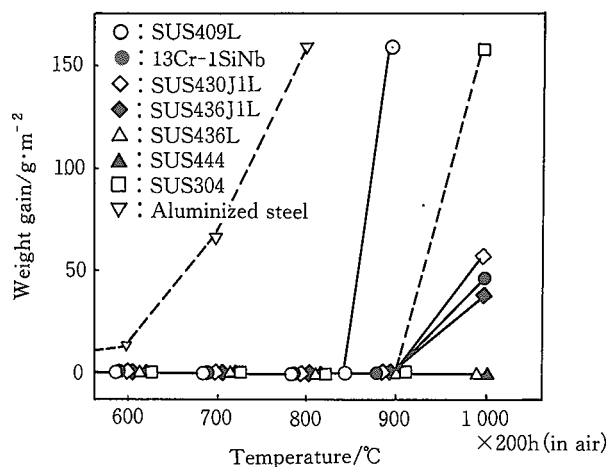
第4図 排気系用材料の必要性能と課題

Fig.4 Necessary performances and problems of material for exhaust systems



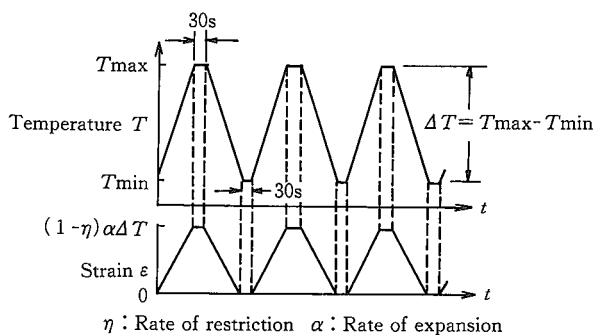
第5図 高温引張強度の温度依存性

Fig.5 Tensile strength at elevated temperature



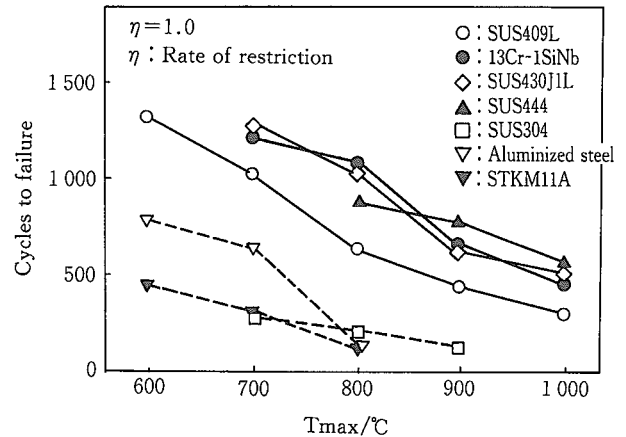
第6図 高温酸化試験結果

Fig.6 Isothermal oxidation properties



第7図 熱疲労試験時の温度およびひずみ波形

Fig.7 Thermal fatigue test pattern

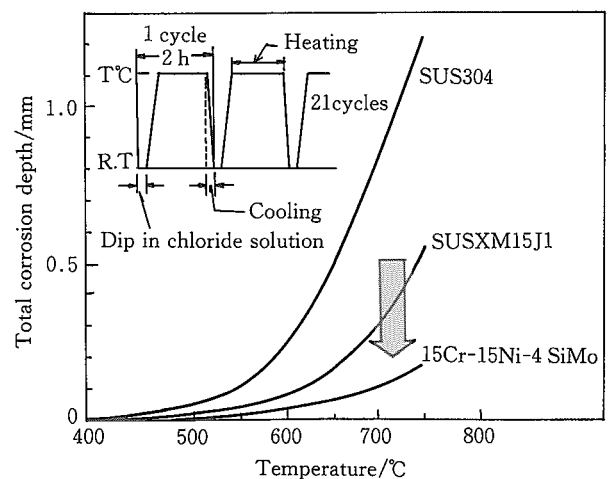


第8図 熱疲労試験結果

Fig.8 Results of thermal fatigue test

3-2 フレキシブルパイプ

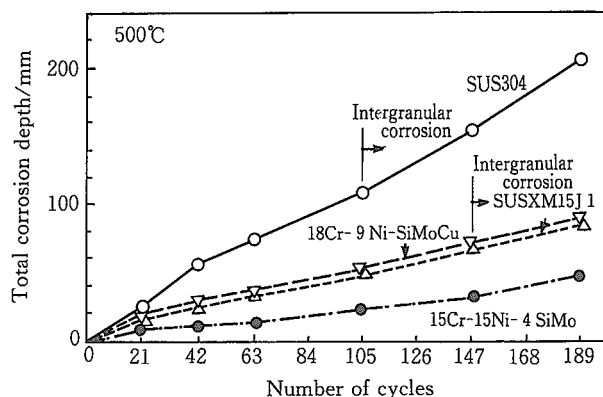
フレキシブルパイプは、排気系の高温側と低温側を結ぶ排気系部品であり、振動と熱膨張の問題を軽減している。フレキシブル加工のための優れた加工性が要求されるため、フェライトステンレス鋼の適用が困難であり、SUS304、SUSXM15J1といったオーステナイトステンレス鋼が用いられてきた。この部位は、冬場の融雪剤による高温塩害腐食が問題である。当社の代表的なフレキシブルパイプ用素材の高温塩害特性を第9図、第10図に示す。



第9図 高温塩害腐食に対する温度依存性

Fig.9 Effect of temperature on cyclic hot corrosion test behavior

技術解説



第10図 500°Cでの高温塩害腐食性

Fig.10 Hot salt corrosion behavior at 500°C

3-3 触媒担体用ステンレスハニカム

排ガス浄化用触媒担体としてはコーゼライト製のセラミクス担体が一般的であるが、厳しくなる排ガス規制に対応するために、熱容量が小さく熱衝撃特性に優れ昇温特性にも優れた耐熱フェライトステンレス箔製触媒担体がエンジン寄りの高温部位用触媒として搭載されるようになってきている。厚さ40~50ミクロンの20% Cr-5% Al系高純度フェライトステンレス箔が用いられており、高性能化の観点より微量の希土類元素添加が行われている。低温側に設置される触媒担体についても18Cr-3Al系あるいは17Cr-4Al系の低コスト材の適用が検討されている。

セラミクス系とのコスト差問題は依然として残されていると判断される。セラミクス担体においても熱衝撃特性の改善と小熱容量化が図られ、薄肉で高性能の担体が実用化されている。ステンレス製の触媒担体が従来のセラミクス触媒に替わって広く用いられるためには、素材コストばかりではなく担体として組み上げられるまでの製造コスト低減が必要であり、現在も検討が続けられている。

希薄燃焼エンジン、直噴式エンジンなどの次世代高性能エンジンが実用化される中で、燃焼排ガスは酸化性雰囲気となるため、現状の三元触媒ではNO_xの低減が行えず、各社とも新たな触媒の開発が行われている。担体としてのステンレス鋼の性能が従来のままで良いものかどうかは注目しておく必要がある。さらに、今後のディーゼルエンジン排ガス規制適用に際して、触媒あるいはパーティキュレート除去装置関係でどのような動きが出てくるのかも注意しておく必要がある。

3-4 マフラー

排ガス規制以前においてはAlめっき鋼板が用いられていたが、排ガス規制が強化され触媒が搭載されるようになってからは、排ガス凝結液による内面側からの穴あき腐食が問題となった。当初はSUS410L、SUS409Lといった12% Cr系のフェライトステンレス鋼が適用されたが、その

後の市場評価で十分な耐穴あき腐食性を有していないことが明らかとなり、耐食性に優れるSUS430J1L、SUS436L系の材料が開発され用いられるようになっていく。最近における4年あまりの市場評価と市中回収マフラー解体調査を経て、マフラーとしてはほぼ満足できる耐食性を有していることが確認されつつある。SUS436L系でMo量を低減した材料も製品化されており、今後はMo低減材への切り替えも進むと判断される。

触媒搭載のディーゼルエンジン車用のマフラーには、当面はSUS409L系が適用される模様であるが、市場での評価を通じて見直しが行われる可能性もある。

マフラー用材料の腐食は、触媒性能、排ガス凝結の状況、すす付着状況、加熱による表面酸化により左右されることが明らかになっている。今後の動向によっては、見直しも必要になる可能性はあるが、当面は現状の適用材料からの選択により実用上の問題はないと判断している。

3-5 排気系以外の用途

アスベスト公害問題からガasketのステンレス化が進行している。エンジンシリンダー頂部に使用されるガasketには熱的、機械的な疲労に対する耐へたり性のある高強度薄板材の開発が求められている。

排気系以外でのステンレス鋼適用例は既に紹介したが、代表的なものとして外装用装飾モールがある。SUS430J1Lが主体に用いられているが、火山灰による腐食問題が起きやすい一部の地域においてはオーステナイト系ステンレス鋼、Crめっきステンレス鋼、高耐食フェライトステンレス鋼などが使われている。また、車体のフラットサーフェス化と色調統一化の流行により、ここ数年、SUS430に有機樹脂をかぶせた樹脂モールが使われる傾向がある。

裸で使われる外装用装飾モールの腐食は、“しみ”状の局部的な光沢低下であり、激しい場合には赤錆となることもある。大気中浮遊塵等の付着物との隙間腐食が支配的と判断している。光沢との関係から光輝焼鈍材が用いられているが、光輝焼鈍の際に表面に形成される高温酸化皮膜が耐“しみ”性向上に効果的であり、SiO₂主体の高温酸化皮膜であることが望ましい。光輝焼鈍時の炉内露点管理を強化することで制御が可能である。

安全上の要求が厳しいエアバック装置、燃料噴射装置、酸素センサー等の重要部品にもステンレスが用いられている。

4. 結 言

自動車用ステンレス鋼の動向に関しては多くの報告があり、語り尽くされている面がある。それらに比べて少しでも新しい内容を盛り込むべく努力したが、材料屋としての一面しか捕らえられない立場にあり、情報が少ない中での

誤った予想、偏りのある判断もあると思われる。ひとつの見方として捕らえていただければ幸いである。

自動車社会を迎えようとしているアジア諸国での自動車による大気汚染問題は極めて深刻な状況にある。社会基盤整備が十分でない中での急激な成長による歪みの一面と捕らえて座視することなく、同じ道を歩いてきた先達としての範を示すべきときと考える。微力ではあろうが、材料メーカーとしての寄与を模索すべきと考える。

米国での規制にあわせて、高性能二次電池を搭載した電気自動車も製品化されようとしている。ステンレスが多く使用されている排気系を必要としない電気自動車の登場は、今後の需要拡大にとって憂慮すべき側面も有している。材料メーカーが力を合わせて市場形成と維持に向けて取り組んでゆくときなのかもしれない。



樽谷芳男/Yoshio Tarutani

総合技術研究所 ステンレス・チタン研究部 主任研究員

(問合せ先：06(489)5754)

参考文献

- 1) ステンレス協会：用途別受注統計年鑑，(1995)
- 2) 石川秀雄：材料とプロセス，4 (1991)，p.1760
- 3) 石川秀雄：日本鉄鋼協会西山記念講座，(1994)，p.255
- 4) 富樫房雄：日本鉄鋼協会西山記念講座，(1994)，p.269
- 5) 奥学，植松美博：日本鉄鋼協会・自動車技術会共催，自動

車材料シンポジウム (1994)，p.59

- 6) 富士川尚男，高祖正志，宮原光雄，時政勝行，樋口賢次：住友金属，41 No.2 (1989)，p.89

- 7) 樽谷芳男，宮原光雄，橋詰寿伸，樋口賢次，富士川尚男：住友金属，45, No.5 (1993)，p.92