

= . . . はじめに . . . =

本話より、現在では**自動車排気系部品**に多く適用されている**フェライト系ステンレス鋼**の**ミグ溶接**について、主に 1980 年代後半～2000 年の初めに掛けて、筆者が大同特殊鋼に勤務しフェライト系ステンレス溶接材料の開発担当および技術サービス担当の一員として、お客様の声を直接お聴きし、多くの適用課題に対応してきました。当時を振り返り基礎的な考え方と対応した事例のいくつかを紹介していく予定にします。

当時は自動車排気系部品に関する知識の持ち合わせは殆どなく、発行された**トヨタ自動車(株)殿の石川秀雄氏の論文***1) が手に入り大変参考にさせていただいたのを思い出します。

1990 年代前半の自動車排気系がめざした方向、とくにエキゾーストマニホールド等の部品の鋳物構造体からフェライト系ステンレス鋼のパイプ・板金構造体へのシフトに関する背景について、同論文の力を借りて、皆様にお伝えしたく、抜粋して紹介をします。

*1); 引用文献

「自動車用ステンレス鋼の利用技術と今後の展開」

Current Status and Future Trends of Stainless Steels for Automobile

トヨタ自動車株式会社 石川 秀雄

社団法人 日本鉄鋼協会 西山記念講座 平成 6 年 2 月 8 日 (151 回東京)

*自動車用材料と変遷

．．．特にステンレス鋼は**1975 年の本格的な排気ガス対策**以降に排気管、触媒容器等に導入されてから漸増している。

．．．今後の自動車用材料の動向を考える上では、当面の最大課題である地球環境問題への対応がどのような手段、技術で進められるかという点が大きなポイントになろう。

排気ガスを浄化する触媒システムの改良はもちろん、排気ガスの量を減少するために、エンジンの改良や車体の軽量化が一段と進展するであろう。そのために軽量材料、高強度材料、高耐熱材料等の採用が増加すると思われる。

*エキゾーストマニホールド

エキゾーストマニホールドには従来主に**鋳鉄鋳物**が採用されてきた。燃料向上のために軽量化・耐熱性向上が必要になり、一部のエンジンで**鋳鉄鋳物**が使用されはじめた。しかし一層の耐熱性向上の要求に対して材料面からはより高合金 (16~18Cr 含有) の**鋳鋼鋳物**等や**18%Cr 系のステンレス鋼板 (管) 製のエキゾーストマニホールド**が使われはじめた。従来の**鋳鉄鋳物製**では肉厚が**5 mm 程度**必要であったのに対して、**ステンレス製のエキゾーストマニホールド**は肉厚が**1.5~2.0mm 程度**であり、約**50%の軽量化**が計られている。**写真 1** にトヨタセルシオ (レクサス) に搭載されている V 型 8 気筒エンジン用の 2 種類のエキゾーストマニホールドを示す。

エンジン 1 台当たり、それぞれのエキゾーストマニホールドを左右に 2 個使用している。ステンレス鋼

板（管）製と鋳鋼鋳物製の使い分けは必ずしも明確ではないが、鋳鋼製の方が設計上に自由度が高いため耐熱性、耐振動・騒音性において要求のより厳しいエンジンに採用される傾向にある。

しかし、ステンレス鋼板（管）製のエキゾーストマニホールドは、薄肉・軽量であることにより、鋳鋼鋳物製に比べて熱容量が小さいために触媒の暖気性が改善され、エンジン始動直後の排気ガス中の炭化水素（HC）の量を15%程度低減出来たという例もある。

ステンレス鋼板（管）製のエキゾーストマニホールドが前述のように、薄肉・軽量であることのデメリットとして、振動・騒音対策を指摘する例もあるが、排気系の騒音解析技術や設計技術、さらに材料の加工性、溶接性、生産技術等の進歩とともに、低燃費対策、排気ガス浄化対策の一手段として、今後着実に採用が拡大されるであろう。排気ガス温度の一層の温度上昇（950~1000°C）に対応できる耐熱性（高温耐食性、耐熱疲労性等）の改善と生産性の向上による低コスト化のためにも、常温での曲げ、拡管、扁平加工等成形性の改善、さらに溶接部の切欠を極力小さくする設計、溶接技術も含めて、一層の溶接性改善が望まれる。

*排気管・フレキシブルパイプ・マフラー

近年の排気系部品に対しては次に示すような様々な課題がある。そのために大幅な重量増加とコストアップを招いている。

- (1) 市場におけるマフラー長寿命化（3年保証体制等）のためのステンレス化
- (2) エンジン性能向上のために排気管の太径化、マフラーの容量増大、デュアルマフラー化（圧力損失低減）
- (3) 振動・騒音性能向上のためにマフラーの容量増大、サブマフラーの追加および排気管、マフラー、サポート類の剛性向上

図13に一例としてトヨタカローラ（1600cc）の排気系部品の全容を示す。

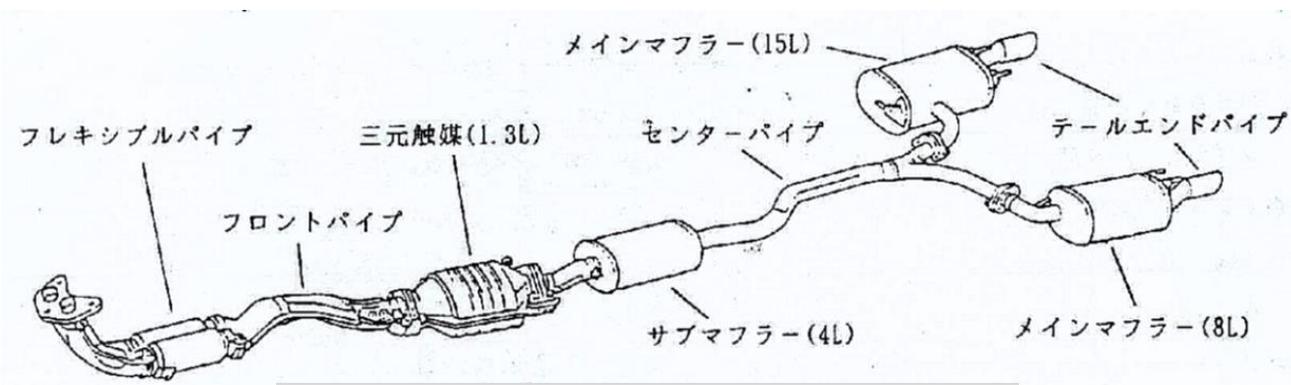


図13 トヨタカローラ(1600cc)の排気系部品

エキゾーストマニホールド直下のフロントパイプ部に写真2に示すようなフレキシブルシャフトが使われている。これはエンジン振動の排気管への伝達を防止するため、蛇腹状のパイプとそれを覆うアウターブレードから構成されている。蛇腹状のパイプはバルジ成形で作られ、板厚0.4mm程度の2重管である。材質はSUS304、SUSXM15J1等のオーステナイト系ステンレスが用いられている。アウターブレードは線径0.4mm程度のSUS304、SUS430等用いられている。フレキシブルパイプは構造上その凹部に、寒冷地に散布する融雪塩が堆積し易く、かつ高温になるため、高温塩化物腐食(写真3)が生じる可能性がある。今後の排ガス温度の上昇を考慮し、材料面での一層の改良が期待されている。

排気系の内、センターパイプ（含むサブマフラー）以降の排気ガス温度は比較的低温で、内外面からの湿式

腐食を受けやすい。従来溶融アルミニウム鋼管が多く採用されていたが、耐久性向上のためにステンレス鋼管の採用が増えている。曲げ、フランジ加工、溶接等の工程に耐えられるように、極低炭素ステンレス鋼管や Ti, Nb 添加ステンレス鋼管が使われ、一般的に SUS410 系, SUS430 系等が多い。排気管がますます太径、複雑形状になることが想定され、材料の加工性、溶接性等の一層の改善が必要であろう。

メインマフラーは**写真 4**にその一例を示すようにアウターシェル、インナープレート、インナーパイプ、エンドプレート等が溶接、かしめ等で組立てられている。

騒音対策、排気圧力損失低減のため、より大型・複雑形状が要求されており、重量増加、コストアップは大きな課題である。メインマフラーを通過する排気ガスの温度は 100°C 以下の頻度が多く、マフラー内部には多量の凝縮水が出来る。またマフラー外面も寒冷地で冬季散布される融雪塩が付着しても乾きにくく、内外面とも湿式腐食に対して極めて厳しい環境にある。

材質は従来の溶融アルミニウムめっき鋼板（管）からステンレス鋼板（管）への転換が急速に進んでいる。耐食性の点から SUS430 系が主体であるが、加工性の改善およびコスト低減のために、クロム含有量の低減材（SUS410L 等）も採用されている。

今後の騒音規制の強化や市場での排気音（音色）に対する要望の多様化などにより、マフラーの大型化、複雑化が進み、さらに**図 14**に示すようにマフラー内の経路の可変機構等が導入されていることもあり、素材の加工性、溶接性、コスト等の一層の改善が期待される。

*まとめ

自動車に使われているステンレス鋼を**表 4**にまとめて示す。一般的な小型乗用車において一台あたり 15~25 kg のステンレス鋼が使われていると推定される。近年のステンレス鋼の利用技術の傾向の一つは、ステンレス鋼を使うことにより、従来の目的であった耐久性（例えば高温耐酸化性）が向上することに加えて、部品が薄肉、軽量になり、熱容量が小さくなる利点を積極的に活用していることであろう。たとえば、エキゾーストマニホールドなどへのステンレス鋼の利用は排ガス浄化率の向上に大きく寄与している。一方触媒担体へのステンレス鋼箔の利用は排気圧損の低減にも寄与し、エンジン性能の向上に役立っている。このような付加価値の高い利用技術が今後の自動車へのステンレス鋼の採用拡大をもたらすであろう。そのためには素材メーカー、自動車メーカー、部品メーカーが一層連携を密にして開発を推進する必要がある。



写真1 セルシオ (レクサス) のエキゾーストマニホールド

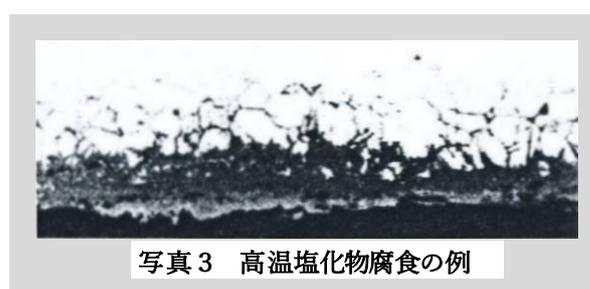
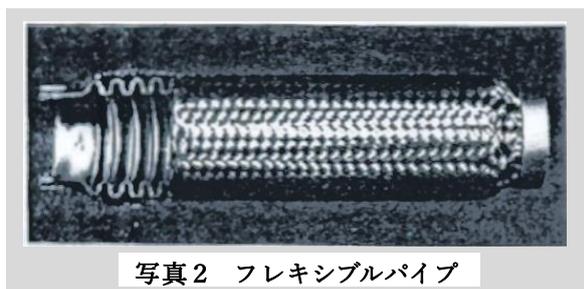




写真4 メインマフラーの構造例

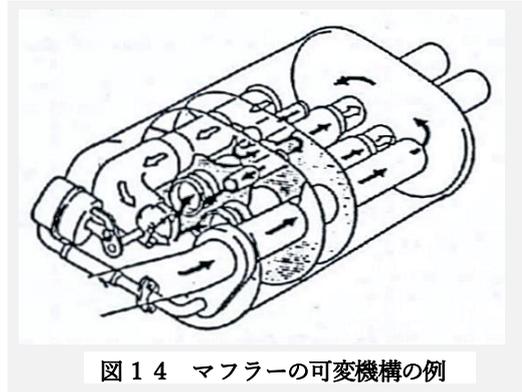


図14 マフラーの可変機構の例

表4 自動車部品に使われる主なステンレス鋼

部 品	鋼 種 (近似鋼種を含む)
エンジンシリンダーヘッドカスケット	SUS301
EGRパイプ	SUS410L, SUS304, SUS321
冷却水パイプ	SUS304
ピストンリング	13Cr-0.6c-Fe
燃焼圧センサーダイアフラム	SUS631
排気管フロントパイプ	SUS410L, SUS430J1L, SUS304
排気管フレキシブルパイプ	SUS304, SUSXM15J1
同 アウターブレダ	SUS430, SUS304
触媒コンバーターシェル	SUS410L
同 ワイヤーネット	SUS316
同 メタル担体	20Cr-5Al-Fe(ハニカム体), SUS430J1L(外筒)
排気管センターパイプ	SUS410L, SUS430J1L
マフラー	SUS410L, SUS430J1L, SUS304
ヒートインシュレーター	SUS430J1L
ボルト・ナット	SUS430J1L, SUS304, SUS305J1
ワイパーアーム・ブレード	SUS430J1L
ラジオアンテナ	SUS631

次話では「自動車排気系部品とフェライト系ステンレス鋼への理解」と題して、種々説明をします。
以上。