

＝ 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 ＝

1. 排気系部品の構成と役割、特長

前話において、自動車排気系部品に関するトヨタ自動車(株)石川秀雄様の論文を引用させて頂き、ほぼ1990年代の変化と考え方について見ました。

1) 排気系システムとその部品

システムを構成する各部品は、自動車のフロア下に組み込まれている。

図181-01に代表的な排気系システムの主な部品名と構成例を示します。

同時に図181-02には「大同特殊鋼100年史」の溶接材料編に掲載された「排気系システムにおける高温部と低温部」の概略の区別を示します。

前記論文にあるように950~1000°Cの高温となった排ガスをエキゾーストマニホールドを介してコンバーター部に送られ、エンジンからの排ガスを浄化しマフラーを経て消音し後方から排出する役目を担っている。

2) エキゾーストマニホールド

エンジンから高温の排ガスを排気システム(触媒)に送り込む役目を果たします。

それ以前の昔は鋳物製でしたが、鋳物では肉厚が厚くなり排ガス温度の低下を招きやすく、極力高温で触媒(コンバーター)と反応させ排ガス浄化を達成する目的から薄肉(主に $t=1.5$)で低熱容量化が可能なステンレス化が1980年代後半から検討され、実用化されてきました。

筆者も1980年代の後半に所属の大同特殊鋼にて、自動車メーカーからエキゾーストマニホールド溶接用のミグ溶接ワイヤ開発の要請を受け、取り組んだ経緯があります。

溶接ワイヤ取り組みのあらすじは後述することにして、ここでは当時よく理解できていなかった「フェライト系ステンレス鋼」への概要について、当時の資料を参考にしながら説明します。

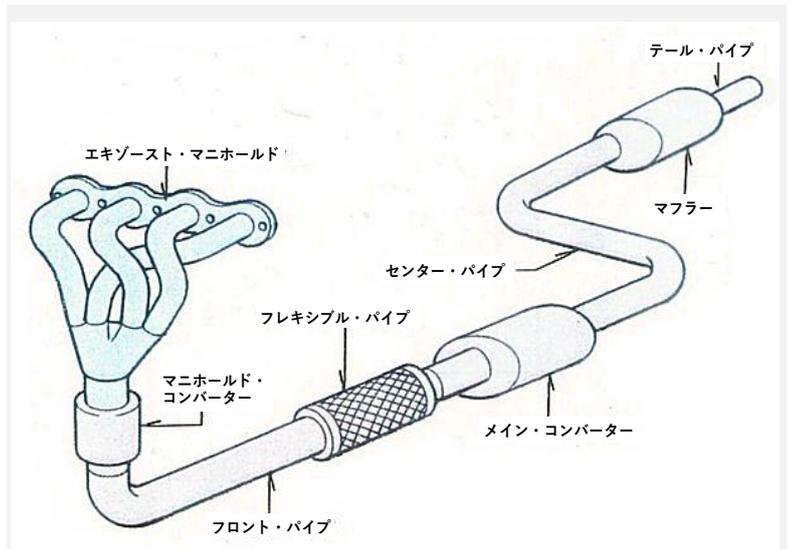


図181-01 自動車排気系システムの主な部品名と構成例

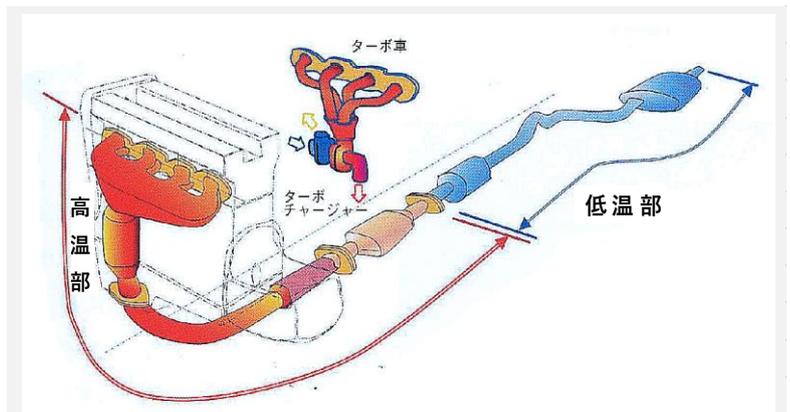


図181-02 自動車排気系システムにおける高温部と低温部

大同特殊鋼 100年史 第8章 溶接材料 P465より抜粋

2. エキゾーストマニホールドとフェライト系ステンレス鋼についての思い出

当時、或る自動車メーカーのエキゾーストマニホールド（以下エキマニと略す）の溶接組み立てを担当する責任者からエキマニの評価試験について、以下のコメントをお聴きできた。

*エンジン性能の評価試験とともにエキマニの試験も併せ行う。

*おおよそ300℃と900℃の繰り返し冷熱耐久試験を行う。

*高温での連続耐久試験に掛ける など。

その際、仮に通常の鋼材（エキマニ取り付け部ブラケット）にくらべ熱膨張率が大きいオーステナイト系ステンレス鋼をパイプ、板金材などに使えば高温にさらされ形をとどめない、また仮にオーステナイト系ステンレスワイヤを適用すると変形が大きく全く適用できないなどのことを教えて頂き、よく理解できました。

一方、フェライト系ステンレス鋼は軟鋼と熱膨張率は、同程度であるため適用可能であり、エキマニ溶接用フェライト系（クロム系）溶接ワイヤの開発取り組みの出発点となりました。

3. フェライト系とオーステナイト系ステンレス鋼の概略の比較

表 181-01 に両ステンレス鋼および炭素鋼（軟鋼）との概略の比較を示す。

両ステンレス鋼の呼称について慣れない間は若干の違和感がありましたが、フェライト系ステンレス鋼をクロム系と呼ぶのにすぐに慣れることができました。

また、クロム系は鋼種番号が400番台、ニッケル系は300番台に分類されます。

主な物理的性質の中で、着目すべき性質は上述しましたように「熱膨張率、線膨張係数」の大きさと筆者は考えます。表 181-01 を参考にして頂ければ幸いです。

表181-01 フェライト系とオーステナイト系ステンレス鋼の比較（含む炭素鋼との比較）

比較項目	フェライト系ステンレス鋼	オーステナイト系ステンレス鋼	炭素鋼	
主な呼称	フェライト系, クロム系, α系など	オーステナイト系, ニッケル系, γ系など		
主な金属学的組成	Fe-Cr系	Fe-Ni-Cr系		
代表的な鋼種名	SUS410, 410L SUS430, 434, 436 SUS444 など	SUS304, 304L SUS309S, 310S SUS316, 316L など		
主な物理的性質	鋼種例	SUS430	SUS304	軟鋼 SS400
	平均線膨張係数 ; 20~200℃ (10 ⁻⁶ /℃)	10.4 軟鋼とほぼ同じ	17.3 軟鋼の1.5倍	11.4
	熱伝導率 (W/(m・℃))	26.1 軟鋼の約1/2	16.3 軟鋼の約1/3	46.9
	電気比抵抗 (10 ⁻⁸ Ω・m)	60 軟鋼の約4倍	75 軟鋼の約4~6倍	15
	磁性	有	無	有
	酸化限界温度 ; 連続加熱	815℃	870℃	—

エキマニが鋳物構造体からクロム系ステンレス鋼によるパイプ・板金構造体に大きく変化できた背景には、1970年代半ば頃からの、**フェライト系ステンレス鋼における製鋼法の革新**があります。クロム系（ α 系）ステンレス鋼が、ニッケル系（ γ 系）ステンレス鋼に比較して靱性・加工性・溶接性に劣る大きな原因は、鋼中に不純物として存在するC、Nによるものと考えられます。1970年代に適用開始されたアルゴン・酸素脱炭法（AOD）あるいは真空酸素脱炭法（VOD）などの炉外精錬法の進歩により鋼中のC、Nを低レベルに制御する技術が工業的に確立され、「**高純度フェライト系ステンレス鋼**」が市場に供給できるようになったことによります。因みに、各炉外精錬法によるC、Nのレベルは当時の資料でみると表181-02に示すように極低値に抑制できています。

表181-02 フェライト系ステンレス鋼の各精錬法によるC、N値レベル

炉外精錬法の種類	AOD	VOD
C	≤ 0.06	≤ 0.05
N	≤ 0.10	≤ 0.06

また、フェライト系ステンレス鋼および耐熱鋼（SUH×××）に関する1968年以降のJIS規格の変化を表181-03に示す。

表からわかるように多くの鋼種が1970年代の検討段階を経て、1981年にはほぼ全鋼種においてJIS制定を完了させ、1980年代後半の自動車排気系のステンレス化への対応に間に合ったことを物語っている。

表181-03 JIS規格の変化（1968年以降）

1991	1984	1981	1977	1972	1968
SUS405	SUS405	SUS405	SUS405	SUS405	SUS38
SUS410L	SUS410L	SUS410L	—	—	—
SUS429	SUS429	SUS429	SUS429	SUS429	—
SUS430	SUS430	SUS430	SUS430	SUS430	SUS24
SUS430F	SUS430F	SUS430F	SUS430F	SUS430F	
SUS430LX	SUS430LX	SUS430LX	—	—	—
SUS434	SUS434	SUS434	SUS434	SUS434	—
SUS436L	SUS436L	SUS436L	—	—	—
SUS444	SUS444	SUS444	—	—	—
SUS447J1	SUS447J1	SUS447J1	—	—	—
SUSXM27	SUSXM27	SUSXM27	—	—	—
SUH21	SUH21	SUH21	SUH21	—	—
SUH409	SUH409	SUH409	SUH409	—	—
SUH446	SUH446	SUH446	SUH446	SUH446	SUH446

次話では、理解への基礎となるフェライト系ステンレス鋼の金属学的組織の特長と溶接性について説明します。
以上。