



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	実験機器製作・加工上における材料特性とその選択
Author(s)	長谷川, 慶治; 平田, 康史; 女池, 竜二
Citation	北海道大学電子科学研究所技術部技術研究報告集, 2, 53-59
Issue Date	1994
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1454
Type	departmental bulletin paper
File Information	KJ00000697031.pdf



実験機器製作・加工上における材料特性とその選択

長谷川 慶治, 平田 康史, 女池 竜二

1. はじめに

当研究所に機械工作室が設置されて以来、我々が長年の課題としている点は、研究室より実験機器・装置等の製作を依頼された場合、製作精度の向上を図ることにより機器・装置等の目的性能を達成し、依頼者の要望に応えるよう常日傾心掛けていることである。

このためには高度な工作技術、依頼製品に関する種々の知識・技術も当然要求されるが、依頼された機器・装置等の使用目的に基づく性能を十分に発揮させるためには、相応しい製作材料の選定も必要不可欠な条件である。

そこで今回は、日常的に使用されている材料、あまり使用されない特殊な材料も含めて、材料の特性紹介と製作加工上の留意点などを交えながら簡単に述べる。

本論の前に、少々過去に話はさかのぼり、機械工作室の宣伝も兼ねながら当工作室で製作された装置・部品等を紹介する。

昭和 40 年代中頃迄は、機械工作室に依頼された製作物の材料は、あまり定かではないが、鉄類・黄銅・アルミニウム・銅そして非金属類の順序であったように記憶している。

特に、昭和 30 年代当時は、鉄アングルによる測定器用ラック、ガスレーザ用ベンチ、マイクロ波電波伝搬実験用に藻岩山山頂に設置された反射板用架台とアンテナ用架台、厚板を酸素溶断加工した真空用フランジ、その他種々の機器・装置を主に鉄を用いて製作・加工されていた。

その当時の非鉄金属による実験機器は、アルミ

ニウム材による発信・受信用チーズ型アンテナ、測定器用シャーシの製作、分光器の外來光による迷光を防ぐ光学実験用部品の製作が主であった。

黄銅材を用いた実験機器としては、4000~7000 MHz 変換用および 1 GHz用の E ベンド、H ベンド導波管、各サイズのショートプランジャー、フランジ、円筒形シャーシ、多線条マイクロ波フィルター、超音波干渉計等が主な製作物であった。

その後、真空実験による研究が盛んに実施され、当初は黄銅材の真空容器部分を半田付けか、銀鋸付けで接合加工していたが、希望通りの高真空度や実験結果が得られず、ステンレス材を用いた加工と溶接技術の必要性に迫られていた。

昭和 46 年にステンレス溶接技術を取得し、ステンレス製の真空装置の製作・加工が出来るようになった。これを契機にこれまで鉄や黄銅で製作されていた物はステンレス鋼に置き換わり、鉄製でなければならない物を除き現在はステンレス鋼が主役の座を占めているといっても過言ではない。

2. 各種材料の特性と用途

各種実験機器の製作・加工に用いられる材料毎の特性と材料特性を考慮した用途について述べる。

2.1 ステンレス鋼 (SUS)

ステンレス鋼とは、鉄の最大の欠点である耐食性不足を改善する目的で開発された、耐食用鋼の総称で、現在はあらゆる工業分野において一般的に用いられている。

この材料は、難削材の代表と言われるほど削り

にくい材料であったが、今日では刃物と切削加工技術等の開発・進歩により安定した加工が可能となっている。

ステンレス鋼は、成分分類から13クロムステンレス鋼（マルテンサイト系）、18クロムステンレス（フェライト系）、18-8ステンレス（オーステナイト系）の3種類に大別され、さらに配合される成分比により細分化され70種類以上に細分化される。（表 1.2 参照）

ステンレス鋼に付いている数字は、クロム(Cr)の配合割合で、18-8はクロム 18%、ニッケル 8%含有されている材料で、クロム数値が大きいほど錆びにくい材料である。一方、強度観点から考察すると、オーステナイト系、フェライト系、マルテンサイト系の順序で強度は強くなる。

研究室から要求されるステンレス鋼の特性としては、製作材料が薬品などで変質・破壊されない耐食性、耐錆性、耐熱性、磁場の中に置いても磁気を帯びない非磁性、さらに真空中に於けるガス放出量が少なく高真空を維持できる材料である。このような条件を満たし、さらに安価であるステンレス鋼を試行錯誤の結果、現在は 18-8 ステンレス(SUS 304)鋼を主に使用して製作・加工している。

ステンレス鋼を用いた主な実験機器は、NMR 測定用クライオスタット・メタルジュワー、光学測定用ヘリウムクライオスタット、分子ビーム発生装置、真空チャンバー、角型真空セル、光散乱測定用クライオスタット、クライオミニ光散乱セル、膝関節靭帯の引っ張り強度測定用グリッパ、プッシュャープレート型補助人工心臓アクチュエータ（図1）などがある。

2.2 アルミニウム(Al)

地球上に広域かつ大量に存在しており、鉄に次いで広範囲に利用されているが、まだ利用歴史が浅い金属であるため、この後の利用拡大が予想される材料である。

本材の特性として、銀白色の柔らかい金属で、耐食性、電気・熱の伝導性に優れ、圧延・押し

・引抜き等による形状変形を容易にできる展伸性に優れている点などが挙げられ、薄膜や針金等に加工しやすい典型的な軽金属である。

一般に市販されているアルミニウムは、98.0～99.85%の純度であるが、純度が高いと柔らかすぎて加工がしにくいと共に機械的強度も低下するため取り扱いに注意を要する。

アルミニウムとアルミニウム合金との区別は、銅と銅合金とを明確に区別できないのと同様に、一般はもちろんのこと機械関係者でもアルミニウム合金をアルミニウムと称しているが、機械部品として使用されている物は殆どアルミニウム合金である。

アルミニウム合金の規格は、4桁の数値を用いて分類され、最初の数値は材料特性を特徴づける添加元素による合金系を表し、下記に主な合金系と特性を述べる。

● 1000番（純アルミニウム系）

強度は低い、耐食性が良い、溶接しやすい、熱・電気の良導体である。

● 2000番（銅系）

耐食性は劣る、溶接しにくい、強度は強い。

● 3000番（マンガン系）

耐食特性を維持して1000番台より強度を強くした系で、用途範囲は広い。

● 4000番（ケイ素系）

融点が低い、熱膨張率が小さい、用途範囲は限定される。

● 5000番（マグネシウム系）

耐食性は良い、溶接しやすい、比較的強い、最も種類が多い。

● 6000番（マグネシウム・ケイ素系）

耐食性は良い、押し出し加工に用いられる。

● 7000番（亜鉛・マグネシウム系）

アルミニウム合金の中で最も強度はあるが、耐食性に劣る。

以上のように7系統に大別され、ステンレス鋼程ではないが、細分化すると多種多様のアルミニウム合金が市販されている。

当工作室では、アルミニウム合金を用いて光学

実験機器を主に製作・加工しているが、板材を用いる作業も多い。この場合には銅・マグネシウム・マンガンを追加したジュラルミン17S(2017?)を使用する。本材は高強度で加工性に優れているが、耐食性に劣る特徴を有する。

アルミニウム材は、その持つ特性のため分子同士が咬み合い、可動困難となる場合もあり得るためネジ、スライド機構等の摺動部に用いる製作には適さない。この場合にはネジ等に異種金属を用いて咬み合いを防止する手法を当方では用いている。

アルミニウム合金を用いた製作機器には、光学用ミラーホルダ、ダイレーザ用ボックス、蝟管の音声録音・再生機器の駆動部、各種タイプのホトマルケース、六面体真空チャンバー、光偏光用液体温度制御セルなどがある。

2.3 黄銅(Brass)

銅に亜鉛を加えた合金で、一般的には真鍮とも呼ばれている。黄銅が人工的に製作され始めたのは、1520年頃に亜鉛元素が発見されてからであり、非鉄金属の中で最も日常生活に深く関わっている材料である。

銅に亜鉛を追加すると記したが、化学的には銅を主成分とした銅・亜鉛合金にせず、マンガン、鉄等の元素を微量加えた合金であり、銅と亜鉛の混合比により七三黄銅、六四黄銅などと称せられ、JIS規格の棒材では銅割合は70%、65%、60%の三種類に限られている。

本材の特性は、銅・亜鉛ともに本来は柔らかい金属ではあるが、合金となると両者より硬くなり、のびは急激に小さく、引っ張り強度が増強する点であり、さらに、比較的安価、展延性もよく、錆にも強く、見た目にも良いため利用範囲は広い。

特に、六四黄銅は上記特性を遺憾なく発揮し、快削性に富み、分子同士が咬み合う心配もなく、機械部品、ネジ、スライド機構の摺動部等の広範囲に用いられる材料である。

なお、真空中では、亜鉛からのガス放出が多いため、真空容器、真空内で使用する部品等の製作

には不適當である。

黄銅を用いた製作機器には、光学用X・Y移動用ステージ、フォトンエコー測定システム、各種ミラーホルダ、微調整用ネジ等の光学用部品などがある。

2.4 銅(Cu)

元素の金属の一つで、金・銀と共に貨幣金属と呼ばれ、一般的に黄銅鉱を主原料とした精錬加工により生産される。

本材の特性としては、電気・熱の伝導性が良い、展延性に優れ、板材・針金等の曲げ加工(塑性加工)性が良いなどの長所を有する一方で、耐食性については乾燥空気中では品質安定しているが、多湿空気中では時間経過と共に塩基性炭酸塩を生じ緑色の緑青が表面を覆う。

また、機械加工材としての観点からは、展延性が大きいいため製作精度の向上を図られない難削材であり、一般的な実験機器・部品の製作には不向きであり、製作依頼は少ない。数少ない製作依頼の使用目的は、熱伝導率の良さを利用する実験機器である。

なお、切削加工時には切削オイルを用いるが、この切削オイル中に含まれる物質が切削時に発生する熱と反応し、材料表面を黒く変色させる場合があるため、切削オイルの選定には十分な注意が必要である。

銅を用いた製作機器には、その大きな特性である熱伝導率の良さを生かした光散乱実験用の温度可変セル、クライオスタットのサンプルホルダ、温度可変用高圧セルのコントロール用ジャケットなどがある。

2.5 ベリリウム銅(Be-Cu)

銅にベリリウム金属を1.6~2.0%とニッケル、コバルトを追加した合金である。

特性としては、耐食性がよい、容器の耐圧強度の目安とする引っ張り強度は、硬化熱処理後には最高約125kg/mm²あり、圧力10kbar以下の容器に使用可能な耐圧強度がある。

硬化熱処理前の機械加工性は、銅材とほぼ同じ程度ではあるが、切削時に熱を発生させすぎると硬化して加工が困難となるため注意を要する。

特にドリル加工時には十分な配慮が必要である。

ベリリウム用いた製作機器には、本材の耐圧強度がステンレス鋼の2倍以上ある特性を生かした超音波測定用圧力容器などがある。

2.6 アクリル樹脂

本材はプラスチックの一種であり、無色透明で光・紫外線の透過減衰は普通ガラスより小さい、耐酸、耐油性、耐水性、電気絶縁性に優れている。ガラスより透明性に優れ、普通ガラスの約半分の重量で、各種強度・硬度・耐熱性は劣るが、上記耐性があるため、有機ガラスとも称せられている。

また、弾性に富んでいるため衝撃に耐え、成形加工も容易である。接着は、接着面の仕上がり程度に応じてジクロロメタン、アクリルポンド等の接着剤を使い分ける。

ただし、長時間紫外線や高温にさらされたり、有機溶剤には弱いため保管には注意を要する。

アクリル材を用いた製作機器には、脳内動脈モデル内の血流測定水槽、血管の水透過速度測定装置（図2）、細胞層と半透膜の透過速度測定装置、高分子濃度測定装置などがある。

2.7 その他

その他の樹脂材として、デルリンとテフロンが一般的に使用する。

以前に、デルリン加工物が色素を溶かした強力な有機溶剤液に侵され、テフロンを用いた場合には同条件下でも使用に耐えた経験を基に、両者の酸・アルカリ・有機溶剤などに対する影響を比較調査した結果、デルリンは対象物により耐えたり、侵されたりするが、テフロンはどの対象物についても影響を受けなかった。

製作・加工性精度は両者共に同等位である。これらを用いた製作機器は、色素レーザー用ハウジングなどがある。

3. おわりに

各研究室からの実験機器・装置等の製作依頼を受けた場合に使用する、一般的な使用材料に関する特性・特徴、および、製作・加工上の留意点を、その材料を用いて当工作室において製作した機器・装置の紹介を交えて説明してきた。

このように各材料による特徴があるため、依頼者の使用目的に応じた材料選択と、製作の加工性と精度にウェイトをおいた材料選択とは必ずしも一致しない場合も生じる。

このような場면을回避するためにも、事前に両者の打ち合わせを充分に行い、適材適所な材料選択を心掛ける必要がある。

当工作室では、製作依頼に関する要望を充分とは言いがたいが叶えるべく心掛けているので、気軽に相談に来室してもらいたい。

参 考 文 献

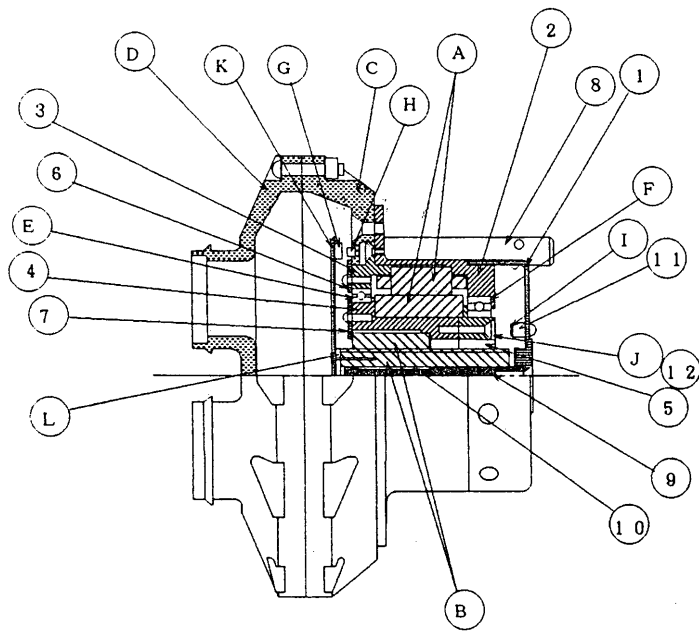
「金属材料のマニュアル」 大河出版

JIS ステンレス鋼の性質・用途 (表1)

分類	鋼種	概略組織	性質と用途
オ イ ト 系	SUS 201	17 Cr-4.5 Ni-6 Mn-N	Ni 節約鋼種、301の代替鋼、冷間加工により磁性を持つ。鉄道車両。
	SUS 202	18 Cr-5 Ni-8 Mn-N	Ni 節約鋼種、302の代替鋼、料理道具。
	SUS 301	17 Cr-7 Ni	冷間加工により高強度が得られる。鉄道車両、ベルトコンベヤ、ボルト・ナット、ばね。
	SUS 301L	17 Cr-7 Ni-低 C-N	SUS 301の低炭素鋼で、耐粒界腐食性、溶接性に優れる。鉄道車両等。
	SUS 301J1	17 Cr-7.5 Ni-0.1 C	304よりストレッチ加工及び曲げ加工性に優れ、加工硬化は、304と301の中間。ばね、ちゅう(厨)房用、器物、建築、車両など。
	SUS 302	18 Cr-8 Ni-0.1 C	冷間加工により高強度が得られるが、伸びは301よりやや劣る。建築物外装材。
	SUS 302B	18 Cr-8 Ni-2.5 Si-0.1 C	302より耐酸化性が優れ、900℃以下では310Sと同等の耐酸化性と強度を有する。自動車排ガス浄化装置、工業炉等高温装置材料。
	SUS 303	18 Cr-8 Ni-高 S	被削性、耐焼付性向上。自動盤用として最適。ボルト・ナット。
	SUS 303Se	18 Cr-8 Ni-Se	被削性、耐焼付性向上。自動盤用として最適。リベット、ねじ。
	SUS 304	18 Cr-8 Ni	ステンレス鋼・耐熱鋼として最も広く使用、食品設備、一般化学設備、原子力用。
	SUS 304L	18 Cr-9 Ni-低 C	304の極低炭素鋼、耐粒界腐食性に優れ、溶接後熱処理できない部品類。
	SUS 304N1	18 Cr-8 Ni-N	304にNを添加し、延性の低下を抑えながら強度を高め、材料の厚さ減少の効果がある。構造用強度部材。
	SUS 304N2	18 Cr-8 Ni-N-Nb	304にN及びNbを添加し、同上の特性を持たせた。用途は304N1と同じ。
	SUS 304LN	18 Cr-8 Ni-N-低 C	304LにNを添加し、同上の特性を持たせた。用途は304N1準ずるが、耐粒界腐食性に優れる。
	SUS 304J1	17 Cr-7 Ni-2 Cu	SUS 304のNiを低め、Cuを添加。冷間成形性、特に深絞り性に優れる。
	SUS 304J2	17 Cr-7 Ni-4Mn-2 Cu	SUS 304より深絞り成形性に優れる。風呂がま、ドアノブなど。
	SUS 304J3	18 Cr-8 Ni-2 Cu	304にCuを添加し、冷間加工性と非磁性を改善、SUS 304と SUS XM7 の中間成分で、冷間加工用ボルト、ナット等。
	SUS 305	18 Cr-12 Ni-0.1 C	304に比べ、加工硬化性が低い。へら絞り、特殊引抜き、冷間圧造用。
	SUS 305J1	18 Cr-13 Ni-0.1 C	305の低炭素鋼で、加工硬化性が低い。305と用途は同じ。
	SUS 309S	22 Cr-12 Ni	耐食性が304より優れているが、実際は耐熱鋼として使われることが多い。
	SUS 310S	25 Cr-20 Ni	耐酸化性が309Sより優れており、実際は耐熱鋼として使われることが多い。
	SUS 316	18 Cr-12 Ni-2.5 Mo	海水をはじめ各種媒質に304より優れた耐食性あり、主として耐孔食材料。
	SUS 316L	18 Cr-12 Ni-2.5 Mo-低 C	316の極低炭素鋼、316の性質に耐粒界腐食性を持たせたもの。
	SUS 316N	18 Cr-12 Ni-2.5 Mo-N	316LにNを添加し、延性の低下を抑えながら強度を高め、材料の厚さ減少効果がある。耐食性の優れた強度部材。
	SUS 316LN	18 Cr-12 Ni-2.5 Mo-N-低 C	316LにNを添加し、同上の特性を持たせた。用途は、316Nに準ずるが、耐粒界腐食性に優れる。
	SUS 316Ti	18 Cr-12 Ni-2.5 Mo-Ti	SUS 316にTiを添加して耐粒界腐食性を改善。
	SUS 316J1	18 Cr-12 Ni-2 Mo-2 Cu	耐食性、耐孔食性が316より優れている。耐硫酸用材料。
	SUS 316J1L	18 Cr-12 Ni-2 Mo-2 Cu-低 C	316 J1 の低炭素鋼、316J1 に耐粒界腐食性を持たせたもの。
	SUS 317	18 Cr-12 Ni-3.5 Mo	耐孔食性が316より優れている。染色設備材料等。
	SUS 317L	18 Cr-12 Ni-3.5 Mo-低 C	317の極低炭素鋼、317に耐粒界腐食性を持たせたもの。
	SUS 317LN	18 Cr-13 Ni-3.5 Mo-N-低 C	SUS 317LにNを添加、高強度かつ高耐食性を有する。各種タンク、容器等。
	SUS 317J1	18 Cr-16 Ni-5 Mo	塩素イオンを含む液を取扱う熱交換器、酢酸プラント、硝酸プラント、漂白装置など、316L、317Lが耐えない環境用。
	SUS 317J2	25 Cr-14 Ni-1 Mo-0.3N	SUS 317に対し、高Cr、低Moとし、N添加。高強度かつ耐食性に優れる。
SUS 317J3L	21 Cr-12 Ni-2.5 Mo-0.2N-低 C	SUS 317より耐孔食性が優れ、公害処理機器、酢酸環境。	
SUS 317J4L	22 Cr-25 Ni-6 Mo-0.2N-低 C	SUS 317Lより耐孔食性が優れ、パルプ・製紙工業、海水熱交換器。	
SUS 317J5L	21Cr-24.5Ni-4.5Mo-1.5Cu-極低C	耐海水性に優れ、各種海水使用機器等に使用。	
SUS 321	18 Cr-9 Ni-Ti	Tiを添加し、耐粒界腐食性を高めたもの。装飾部品には推奨できない。	
SUS 347	18 Cr-9 Ni-Nb	Nbを含み、耐粒界腐食性を高めたもの。	
SUS 384	16 Cr-18 Ni	305より加工硬化度が低く、厳しい冷間圧造、冷間成形用材。	
SUS XM7	18 Cr-9 Ni-3.5 Cu	304にCuを添加して冷間加工性の向上をはかった鋼種、冷間圧造用。	
SUS XM15J1	18 Cr-13 Ni-4 Si	304のNiを増し、Siを添加し、耐応力腐食割れ性を向上。塩素イオンを含む環境用。	

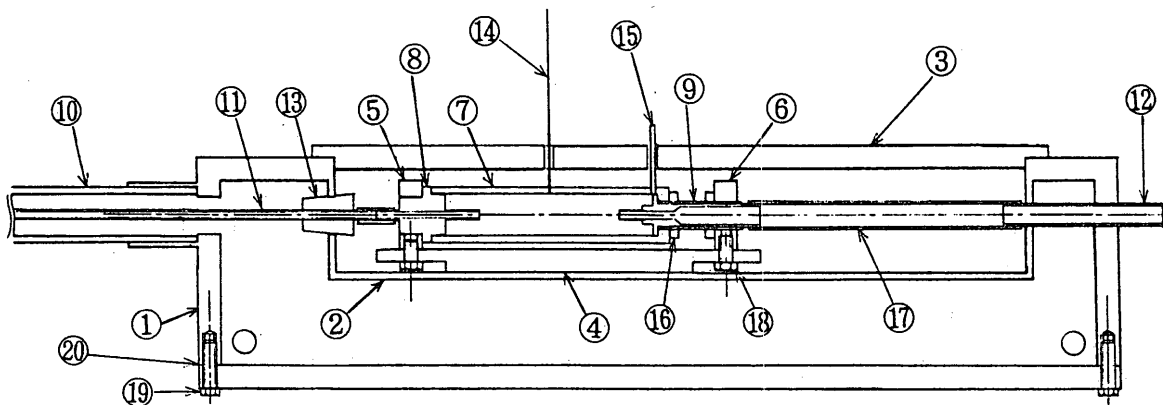
JIS ステンレス鋼の性質・用途 (表2)

分類	鋼種	概略組織	性質と用途
フェーステナイト系	SUS 329L1	25 Cr-4.5 Ni-2 Mo	二相組織を持ち、耐酸性、耐孔食性に優れ、かつ高強度を持つ。排煙脱硫装置等。
	SUS 329J3L	22 Cr-5 Ni-3 Mo-N-低C	硫化水素、炭酸ガス、塩化物等を含む環境に抵抗性がある。油田管、ケミカル・タンカー用材、各種化学装置用等。
	SUS 329J4L	25 Cr-6 Ni-3 Mo-N-低C	海水等、高濃度塩化物環境において、優れた耐孔食性、耐 SCC 性がある。海水熱交換器、製塩プラント等。
フェライト系	SUS 405	13 Cr-Al	高温からの冷却で著しい硬化を生じない。タービン材、焼入用部品、クラッド材。
	SUS 410L	13 Cr-低C	410S よりCを低くし、溶接部曲げ性、加工性、耐高温酸化性に優れる。自動車排ガス処理装置、ボイラー燃焼室、バーナーなど。
	SUS 429	16 Cr	430の溶接性改良鋼種。
	SUS 430	18 Cr	耐食性の優れたはん(汎)用鋼種、建築内装用、オイルバーナー部品、家庭用器具、家電部品。
	SUS 430F	18 Cr-高S	430に被削性を与えたもの。自動盤用、ボルト・ナット
	SUS 430LX	18 Cr-Ti 又はNb-低C	430にTi 又はNb を添加、Cを低下し、加工性、溶接性改良。温水タンク、給油用、衛生器具、家庭用耐久機器、自転車リム。
	SUS 430J1L	18 Cr-0.5Cu-Nb-極低(C, N)	430にCu, Nb を添加し、極低C, Nとしたもの。耐食性、成形性、溶接性を改善し、自動車の外装材、排ガス材等に使用される。
	SUS 434	18 Cr-1 Mo	430の改良鋼種、430より塩分に対して強く、自動車外装用として使用。
	SUS 436L	18 Cr-1 Mo-Ti, Nb, Zr-極低(C, N)	434のCとNを低下し、Ti, Nb 又はZr を単独又は複合添加し、加工性、溶接性をよくした。建築内外装、車両部品、ちゅう(厨)房器具、給湯・給水器具。
	SUS 436J1L	19 Cr-0.5 Mo-極低(C, N)	430にMo, Cu, Nb を添加し、極低C, Nとしたもの。耐食性、成形性、溶接性を改善し、厨房機器、建築内外装材、自動車外装材、家電製品等。
SUS 444	19 Cr-2 Mo-Ti, Nb, Zr-極低(C, N)	436L よりMo を多くし、更に耐食性を高めた。貯湯そう、貯水そう、太陽熱温水器、熱交換器、食品機器、染色機械など、対応力腐蝕割れ用。	
SUS 447J1	30 Cr-2 Mo-極低(C, N)	高Cr-Moで、C, Nを極度に低下し、耐食性に優れる。酢酸、乳酸などの有機酸関係プラント、か性ソーダ製造プラント、ハロゲンイオンによる耐応力腐食割れ性、耐孔食性用途、公害防止機器。	
SUS XM27	26 Cr-1 Mo-極低(C, N)	447J1に類似の性質、用途、耐食性と強磁性の両方が必要とされる用途。	
マルテンサイト系	SUS 403	13 Cr-低Si	タービンブレード及び高応力部品として良好なステンレス鋼・耐熱鋼。
	SUS 410	13 Cr	良好な耐食性、機械加工性をもつ、一般用途、刃物類。
	SUS 410S	13 Cr-0.08C	410の耐食性、成形性を向上させた鋼種。
	SUS 410F2	13 Cr-0.1 C-Pb	410の耐食性を劣化させない Pb 快削鋼。
	SUS 410J1	13 Cr-Mo	410の耐食性をより向上させた高力鋼種。タービンブレード、高温用部品。
	SUS 416	13 Cr-0.1C-高S	被削性がステンレス鋼中最良の鋼種、自動盤用。
	SUS 420J1	13 Cr-0.2 C	焼入れ状態での硬さが高く、13 Crより耐食性が良好、タービンブレード。
	SUS 420J2	13 Cr-0.3 C	420J1 より焼入れ後の硬さが高い鋼種。刃物、ノズル、弁座、バルブ、直尺など。
	SUS 420F1	13 Cr-高S	420J2の被削性改良鋼種。
	SUS 420F2	13 Cr-0.2 C-Pb	420J1の耐食性を劣化させない Pb 快削鋼。
	SUS 429J1	16 Cr-0.3 C	耐摩耗性と耐食性の必要な用途に適する。オートバイブレーキ・ディスクなど。
	SUS 431	16 Cr-2 Ni	Niを含むCr鋼、熱処理で高い機械的性質を持つ。410、430より耐食性良。
	SUS 440A	18 Cr-0.7 C	焼入れ硬化性に優れ、硬く440B、440Cより靱性が大きい。刃物、ゲージ、ベアリング。
	SUS 440B	18 Cr-0.8 C	440Aより硬く、440Cよりじん性が大きい。刃物、弁。
SUS 440C	18 Cr-1 C	すべてのステンレス鋼・耐熱鋼中最高の硬さを持つ、ノズル、ベアリング。	
SUS 440F	18 Cr-1C-高S	440Cの被削性を向上した鋼種、自動盤用。	
析出硬化系	SUS 630	17 Cr-4 Ni-4 Cu-Nb	Cuの添加で析出硬化性を持たせた鋼種、シャフト類、タービン部品、積層板の押板、スチールベルト。
	SUS 631	17 Cr-7 Ni-1 Al	Alの添加で析出硬化性を持たせた鋼種、スプリング、ワッシャー、計器部品。
	SUS 631J1	17 Cr-8 Ni-1 Al	631の伸線加工性を向上させた鋼種、線用、スプリングワイヤー。



品番	品名	材質
1	ケーシング	SUS304
2	アウト・ハウジング	SUS304
3	インナ・ハウジング	SUS304
4	フロント・ロータ	セアラ
5	リア・ロータ	セアラ
6	フロントステータ部ワッシャ	SUS304
7	フロントロータ部ワッシャ	SUS304
8	コンプライスチェンバコネクション	SUS304
9	ロッド	SUS304
10	鋼球	SUS440C
11	光センサ用スペーサ	セアラ
12	回転エンコーダ取付板	セアラ
A.	DCブラシレスモータ	
B.	研削ボールスクリュウ	
C.	ハウジング 裏	
D.	ハウジング 表	
E.	ボールベアリング (フロント)	
F.	ボールベアリング (リア)	
G.	マグネット	
H.	ホールセンサ	
I.	光センサ	K. プッシャープレート
J.	回転エンコーダ	L. クッション

図1 プレッシャープレート型補助人工心臓アクチュエータ



NO	品名	個数	材質	NO	品名	個数	材質	NO	品名	個数	材質
1	恒温槽本体	1	アクリル板厚10	8	クリップ	11	SUS 304	15	空気抜栓	1	SUS 304
2	2次恒温槽	1	" 厚 3	9	"	11	SUS 304	16	ナット	2	SUS 304
3	蓋	1	" 厚10	10	恒温槽延長	2	アクリル管24	17	チューブ	1	シリコン
4	資料台	1	SUS 304	11	流入管	11	SUS 304	18	ボルト	2	SUS 304
5	ホルダー	1	SUS 304	12	流出管	1	SUS 304	19	"	18	SUS 304
6	"	1	SUS 304	13	シリコン栓	1	シリコン	20	ガスケット	1	シリコン
7	資料槽	1	アクリル管24	14	測定管	1	ガラス				

図2 血管の水透過速度測定装置