

特 別
寄 稿

金属の腐食防食および耐食金属材料 ②

最終講義

大阪大学名誉教授 多 賀 谷 正 義

II 耐食金属材料

表4 純金属の耐酸性

●硝酸に強い。○硫酸に強い。+塩酸に強い。－有機酸に強い。◎稀硫酸又は濃硫酸に耐える。

●	Si, Nb, Ru, Au, Ta, W, Os, Tr, Pt	● +	Rh	○ +	Mo, Sb	● +	Cr Al Ti	+	Ag
○		—		—				—	
+		+	V, Hg	◎ +	Bi	○	Pb	◎	Cu
—			Ni, Fe	—	Sn, Co				

表5 耐食特性による合金の分類

酸化を伴う腐食に強い		
耐酸化性酸 (耐有機酸)	耐(耐熱) (耐酸化性酸)	耐 腐 食
ステンレス鋼, チタニウム, 高クロム鉄 (Cr>20%), 高珪素鉄, アルミニウム	高クロム鉄, 高Cr高Ni-鋼, Ni-Cr, Fe-Cr-Al, ステン レス鋼, 5%Cr-鋼, オース テナイト鉄	ニッケル合金, 銅合金, 鉛, アルミニウム, 低合金鋼
酸化を伴わない腐食に強い		
耐塩酸 その他の非酸化性酸	耐硫酸 その他の非酸化性酸	耐 アル カ リ
Ni-Mo 合金, Sb-合金, Cu-合金, 高珪素鉄, 鉛	高珪素鉄, 鉛, 銅合金, Ni-合金, Fe-Ni-Cu-(Mo), Fe-Ni-Si-(Mo), 前二者に Cr を含む合金, オーステナイト鉄	Ni, Ni-合金, 低炭素鋼, ステンレス鋼 銅合金

表6 Cr-Ni ステンレス鋼

SAE	AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Ti	Cb	Se	特 徴
30615 Type 1	303	<0.20	<2.0	<1.0	<0.04	0.18~0.35	17~20	7~10	or Zr <0.6	—	—		快 削
" Type 2	303	"	"	"	0.12~0.17	<0.04	"	"	"	—	—	0.15~ 0.35	"
30705	321	<0.10	"	"	<0.04	<0.04	17~19	8~11	—	>4× C	—		Stabilized
"	347	"	"	"	"	"	"	9~12	—	—	>8× C		"
30905	316	"	"	"	"	"	16~18	10~14	2~3	(16—13—3)			18-8 Mo
"	304	<0.08	"	"	"	"	18~20	8~10		(19—9)			18-8 S
30915	302	0.08 ~0.20	"	"	"	"	17~20	7~10					18-8
(A + F)	301	"	"	"	"	"	16~18	6~8		(17—7)			冷間加工用
	309	0.20	"	"	"	"	22~24	12~15		(25—12)			

生産と技術

主として耐熱用

F + A	312	0.2~0.3	<0.75	<1.0	<0.04	<0.04	28~30	8~10		(29—9)	400°~800°で σ-相を生ず
	310	<0.25	<2.0	<1.5	"	"	24~26	19~22		(25—20)	400°~800°で σ-相を生ず
	330						15	35		(15—35)	σ-相を生ぜず
F	327						30	4.5			
F	329						30	4.5	1.5		

A=Austenite, F=Ferrite, その他は全部 Austenite

表10 高珪素鑄鉄

名 称	C	Si	Mn	P	S	備 考
ジュリロン アリロン	0.6~0.7	14.5~15.0	0.3~0.6	<0.05	<0.02	適正成分
Thermisilid Extra	~0.6	16~17	0.5	"	"	耐酸性大
Durichlor	~0.7	15	Mo 2~3	"	"	耐温塩酸

表7 クロム・ステンレス鋼

SAE	AISI	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	組 織	特 徴
51210	410	0.08~0.15	<1.0	<1.0	<0.04	<0.04	11.5~13.0	—	—	Pearlite	半硬化性
51310	414	"	"	"	"	"	"	1.25~2.5	—	"	"
51335	420	0.25~0.40	"	"	"	"	12~14	—	—	Martensite	硬化性
×51410	420F 416	<0.15	<1.2	"	"	0.18~0.35	"	—	or Zr <0.6	Pearlite	快(Sの代りに) 削(同量のSe)
51710	430	<0.13	<1.0	<1.0	<0.04	<0.04	16~18	—	—	Ferrite	非硬化性
	430F	"	"	"	"	0.18~0.35	"	—	or Zr <0.6	"	同上, 快削
	440	0.60~1.2	"	"	"	<0.04	"	—	—	Martensite	刃物用, 強硬化性
	444	<0.20	"	"	"	"	18~23	—	—	Ferrite	耐食, 非硬化性
	446	<0.35	"	"	"	"	23~28	N<0.25	—	"	耐熱, 非硬化性
	431	<0.20	"	"	"	"	15~17	1.25~2.50	—	Martensite	耐食, 強硬化性

431=米陸海空軍 AN-QQ-S-770=英軍 S80 (Twoscore)

表8 その他のステンレス鋼

名 称	組 成 %							特 徴
	C	Cr	Ni	Mo	Si	Cu	Al	
Durimet 20 (Carpenters. S. 20)	<0.07	20	29	2.5		3.5		耐非酸化性酸
Armco 17-4 PH	0.05	16.5	4			4		析出硬化性
" 17-7 PH	0.07	17	7				1	"
Krupp V 2A	<0.2	17—20	7—10					耐非酸化性酸 " " "
" V 4A	"	"	"	2.5				
" V 6A	"	"	"			2.5		
" V14A	"	"	"	5—7				
" V16A	"	20	25	3—6		2.5		

Clad Steel
Stainless (18-8)-Clad, Ni-Clad, Cu-Clad, Monel-Clad,
Inconel-Clad, Ag-Clad (耐塩酸)

表9 耐 酸 鋼 (耐非酸化性酸)

名 称	Ni	Cr	Cu	Mo	W	Si	備 考
Fe-Ni-Cu 系 (多 賀 谷)	15 30	— —	3 5	2 5	1 5	— —	耐酸度は18-8, ニクロムの 5~1000倍
ステンレス系	10~50 25	15~30 20	1~5 1.75	1~5 3	— —	1~3 3	{316, Durimet 20, V 4 A V 6 A, V14A, V16Aなど Worthite

表11 ニッケル合金及コバルト合金

種 別	名 称	組 成 %												備 考
		Ni	Co	Cu	Cr	Mo	W	Fe	C	Al	Si	Mn	その他	
普通 Ni—合金	モ ネ ル	67	—	2.8	—	—	—	2	<0.3	—	1	2		RK-モネル, S-モネル, Duranickel 等は Al Si によ る析出硬化性を附与せるもの
	K-モネル	63	—	3.0	—	—	—	1.5	<0.2	3.5	0.2	0.5		
	サンプラチ ナ	>70	—	<3	6~ 15			<5	<0.1				Ag 1~2	
	Illium	60	—	7	21	4.7	1			1		1		InconelX, InconelW は Ti, Al, Cbによる析出硬化性を附与せるもの
	Inconel	>70	—	—	11~ 15			<10	<0.15		<0.5	<1		
	Contracid	58~ 61	—	—	15	2~7	<10	10~ 20				2		
耐塩 酸合金	タガヤ合金 B	59	—	1	—	30	5	5	<0.1	—	—	—		Bergit A
	Hastelloy A	53~ 57	—	—	1	20~ 22	—	18~ 20	<0.12	—	1	1		
	" B	60~ 67	—	—	1	26~ 30	—	4~7	"	—	1	1		
	" C	50~ 58	—	—	15~ 17	16~ 18	4~5	4~6	<0.15	—	1	1		Chlorimet 2, Bergit B, Langalloy 4 R
	" D	83~ 85	—	4	1	—	—	—	<0.12	—	8~10	1		Chlorimet 3, BergitC, Langalloy 5 R
	FM-Metal		0.2 2.5					4					Sb96	Langalloy 6 R
Co— 合金	Stellite (Vitallium)	50 7 60	—	25 7 35	0 7 10	5 7 20	—	0.5 7 2.5	—	—	—			
	Döhlisch	>50									<50			

表12 銅 合 金 及 鉛 合 金

種 別	名 稱	組 成 %											備 考
		Sn	Zn	Mn	Ni	Al	Si	Fe	P	Pb	Sb	Cu	
耐 酸	砲 金	10	2									殘	耐非酸化性酸 Ampco, Avialite
	磷青銅 { 鑄物 板	7~15							<0.5			〃	
		5~6								〃			
	Al-青 銅						5~10		0~6				

Cu 合金	Ni-青銅			0.5~2	3~6	5~10	0~5	1~6				"	同上, アームスブロンズ, CA合金, ダイナモブロンズ, KMC
	Si-青銅												耐塩酸, (常温)
	Everdur A R 高珪素銅	0.5~3	Ag 0.1~1	Cd 0.1~1				3~5				"	
								3~5				"	
								5~15				"	
	タガヤ耐塩酸A	1~5						1~3			5~10	"	同上(中温)
Pb 合金	純鉛									<99.9			耐火性大
	含銅鉛								残		0.1~0.3		
	硬鉛								"	1~20			鋳物

表13 各種腐食作用に耐える金属材料

A 酸類及びハロゲン

腐食剤	条 件	適	不適
硫酸	a. 最濃酸 (98-100%)	1. 高温 金	ステンレス鋼 銅合金 鉛
	b. 濃酸 (75~98%)	1. 高温 金, 低炭素鋼(78~98%), 高珪素鉄 (60%以上は沸点まで) 白金 (95%以下200°Cまで, 25.0°C以上は不適) ステンレス系耐酸鋼	
		2. 常温 a. 記載のもの, 低炭素鋼及鋳鉄 (酸が薄まったときは危険), 18-8, 18-8-Mo, 18-8-Cu, ニッケル(塩酸素共存の場合は不適) ニクロム, イリウムG, ステライト, 耐酸鋼	クロムステンレス鋼合金
	c. 中濃度 (75~40%)	1. 高温 a. 特殊高珪素鉄 (60%以上は沸点まで) 鉛 (78%以下, 純鉛ならば硝酸及酸化窒素を少量含むもよし) タンタラム (50%以下では100°Cまで) 白金	ステンレス鋼 黄銅 錫
		2. 常温 a. b1 (炭素鋼を除く). c1 記載のもの. Cu-Si 合金, 耐酸鋼, アルミニウム青銅 (60%以下)	
	b. 稀酸 (40%以下)	1. 高温 a. b1 (炭素鋼及び高珪素鉄を除く) c1 (特殊高珪素鉄は多少侵さる). 耐酸鋼, AR, エバデュール, 高珪素銅 (25%以下), ステライト, モリブデン, 耐塩酸合金	
		2. 常温 a. b (炭素鋼を除く, 高珪素鉄も多少侵さる) c, d1, 特殊高珪素鉄, オーステナイト鋳鉄 (5%まで) 銅 (侵されるが, 広く用いられる) 砲金, アルミニウム (1%以下) モネル, 銀	
発煙硫酸	a. 各濃度及温度	金	鋳鉄, 鉛 銅合金
	b. 遊離 SO ₃ 11~20%	1. 高温 a. 18-8, 18-8-Mo (11%SO ₃ には多少侵さる. 60%SO ₃ では70°Cまで完耐)	
		2. 常温 a, b1, 高珪素鉄, 高クロム鉄	
	c. 遊離 SO ₄ 20%以上	高温 a, b, 低炭素鋼 鉛 (85%H ₂ SO ₄ 共存下で SO ₃ コンデンサー)	
	a. 水溶液	1. 高温 18-8-Mo (20気圧まで), 鉛, 錫, 砲金及 燐青銅 (腐食されるも亜硫酸パルプ工業のポンプ材に一般に用いられる) Cu-Sb, アルミニウム (1%以下)	
		2. 常温 a1, 18-8 (飽和溶液) 銅 (10%以下) アルミニウム (10%以下) ニクロム	

亜硫酸

b. 湿ガス	1. 高温	a1, アルミニウム (400°Cまで)
	2. 常温	a, 特殊高珪素鉄 (多少侵される) アルミニウム
c. 乾燥ガス	1. 高温 (100°C以上)	a1, b1, 低炭素鋼, 鑄鉄, 18-8及び18-8-Mo (300°Cまで, 500°Cでは多少侵される) 特殊高珪素鉄 (750°Cまで)
	2. 常温	a, b, c1, 亜鉛, モネル
		亜硫酸パルプ工業には一般に18-8Moを用う.