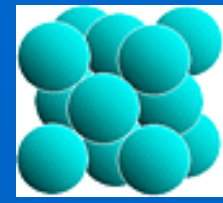
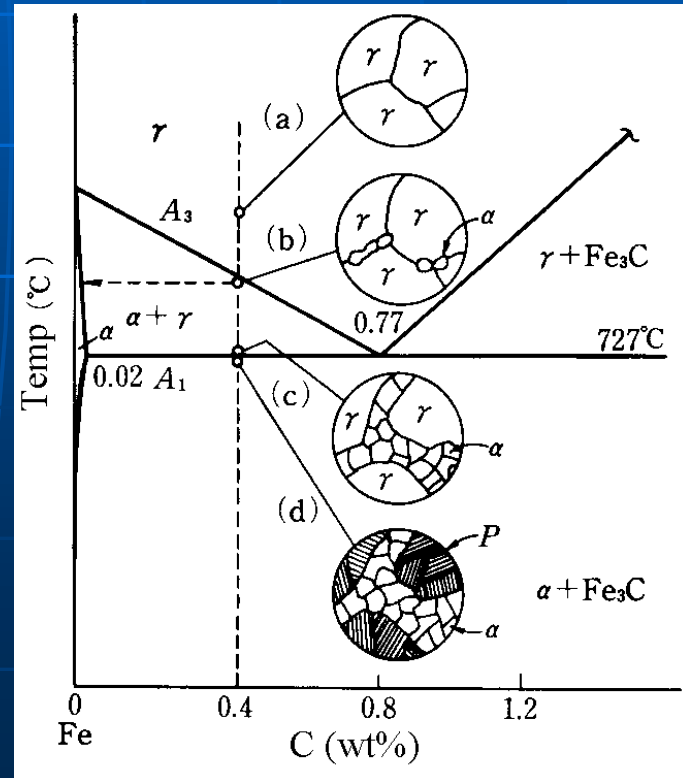


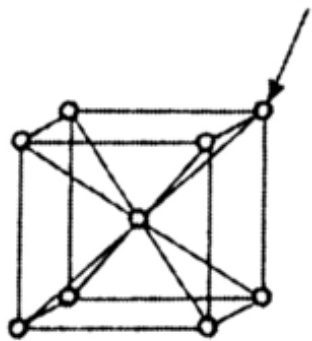
オーステナイト
FCC: 面心立方格子
Face Centered Cubic
= 最密 (closed pack) !



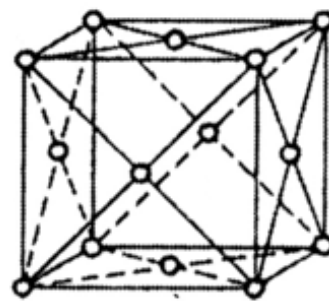
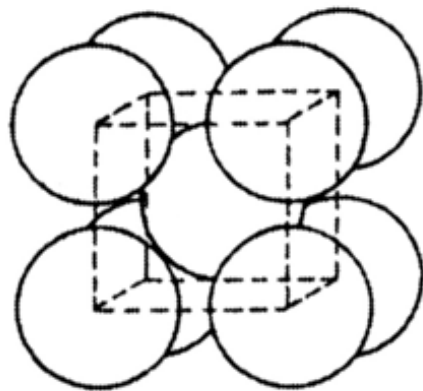
α, δ -フェライト
BCC: 体心立方格子
Body Centered Cubic



鉄原子の中心の位置



体心立方格子



面心立方格子

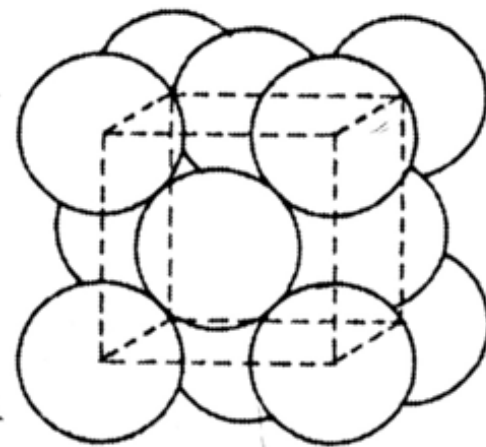
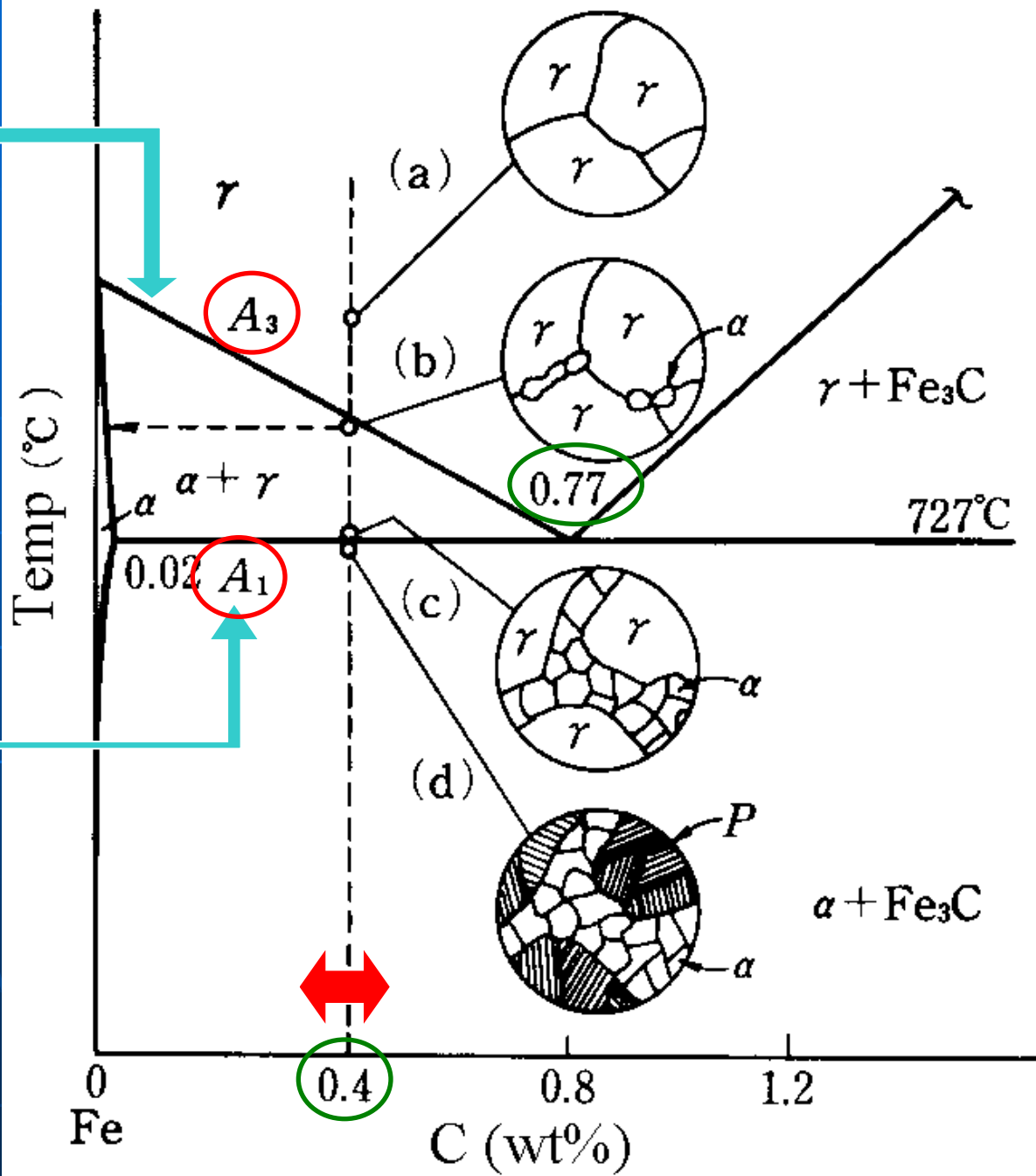


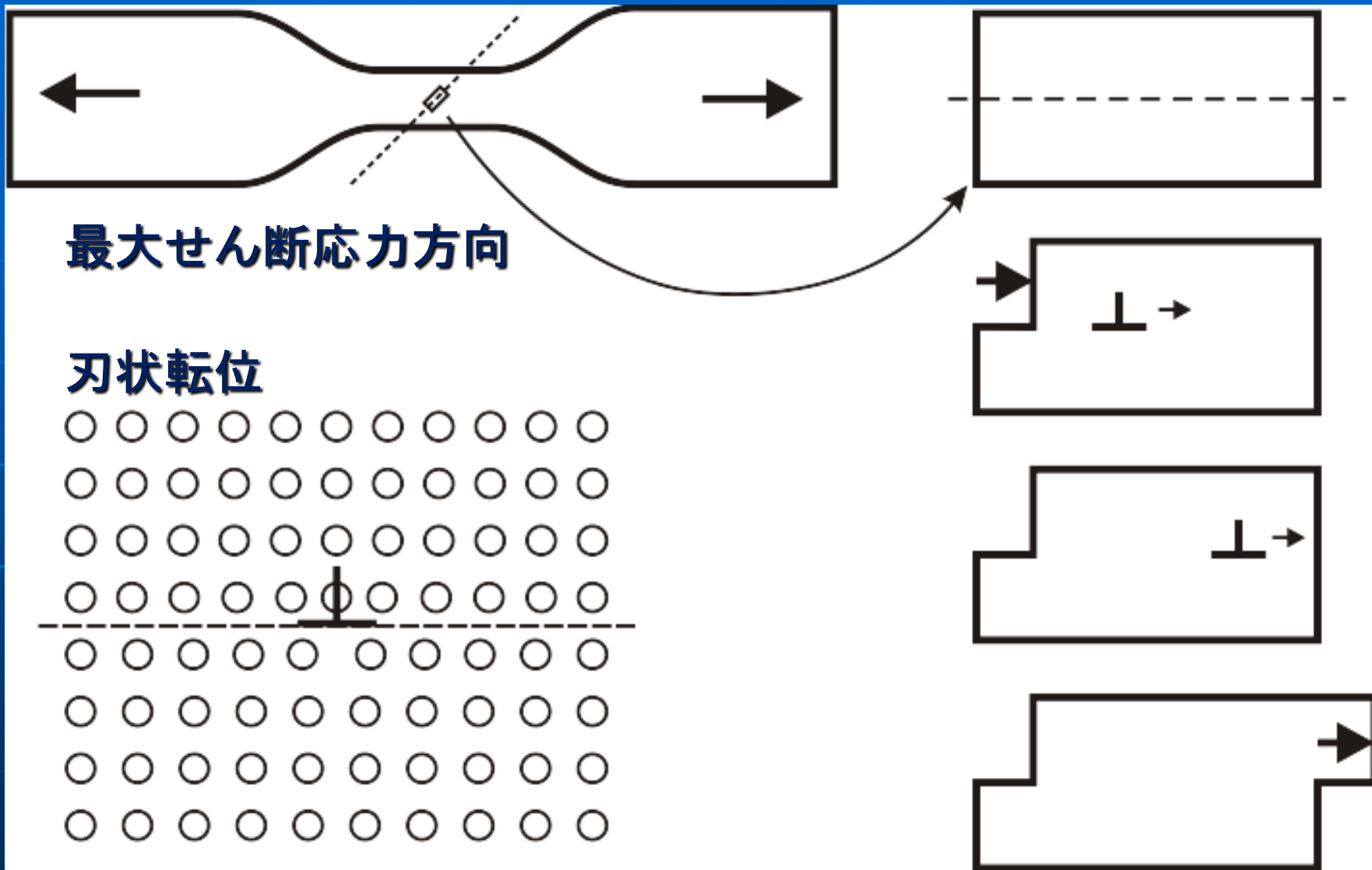
図 2.3 鉄の結晶格子

A1変態温度
(A1変態線)

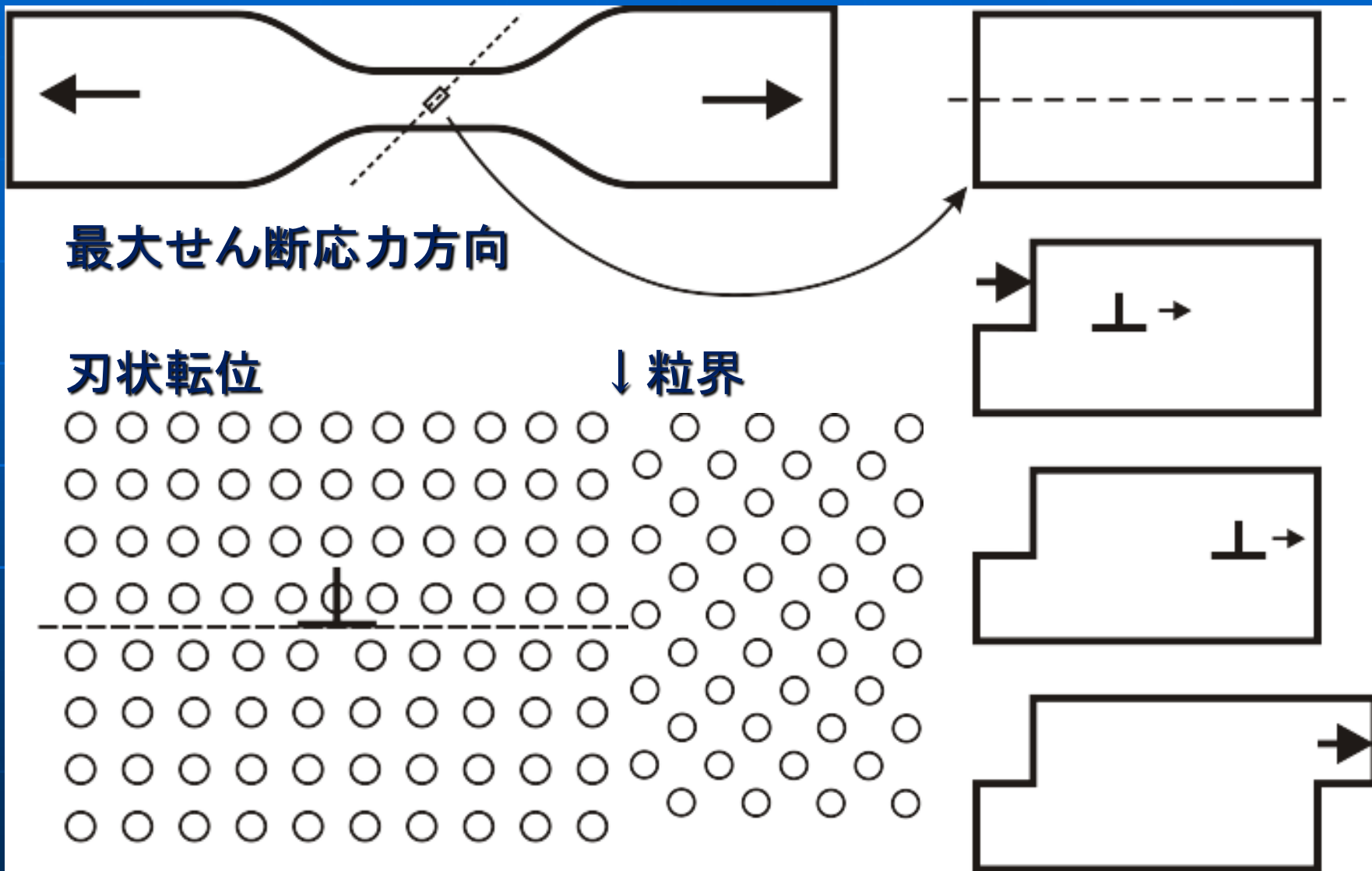
A3変態温度
(A3変態線)



変形＝転位の動き



変形＝転位の動き



鉄鋼材料の熱処理

■ 構造

- γ -オーステナイト (FCC)
- α -フェライト (BCC)
- セメントライト (Fe_3C)

■ 空冷(放冷) -> フェライト+パーライト

■ 急冷(水, 油) -> マルテンサイト

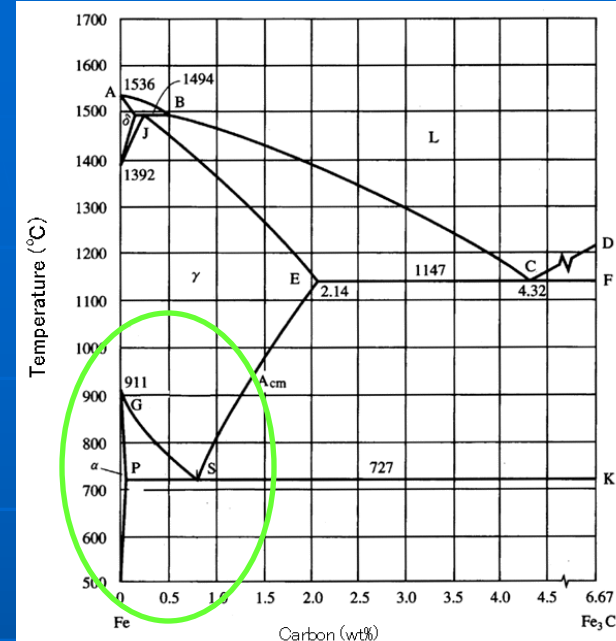
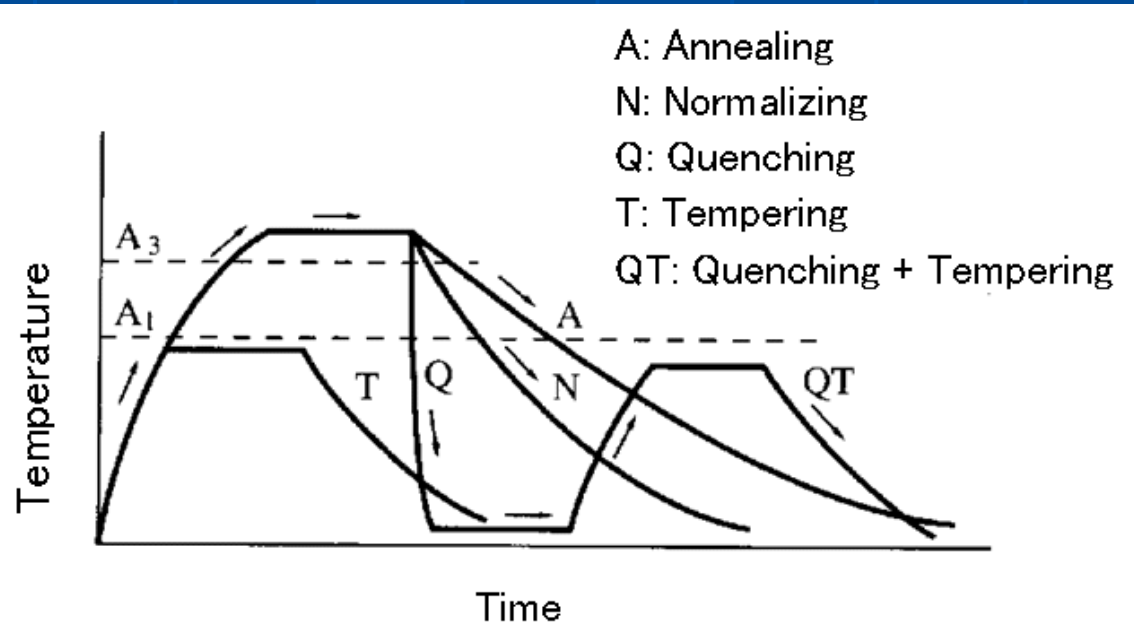
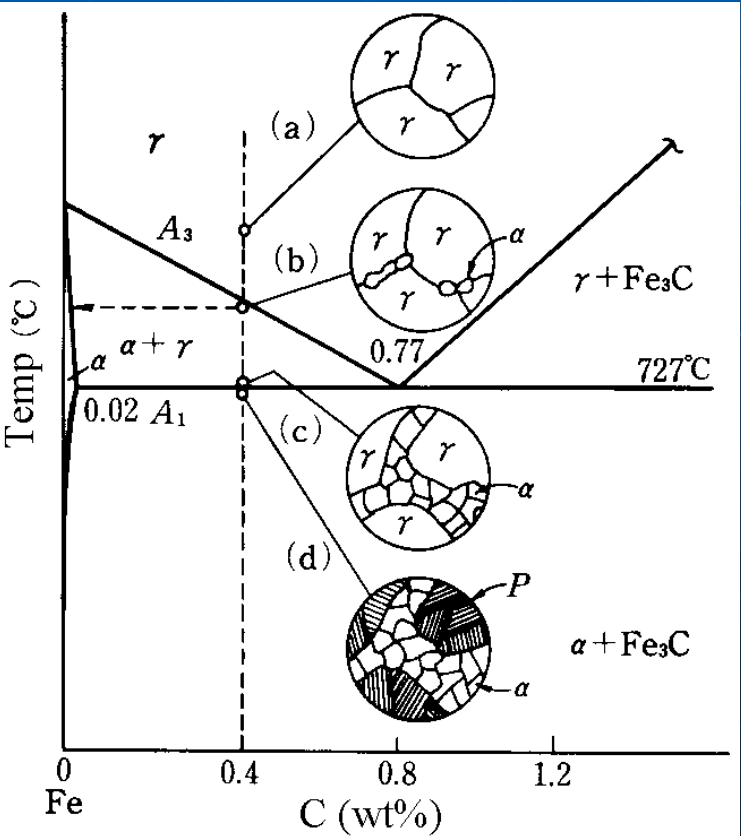


Fig. 2.1 Constitution diagram of Fe-C



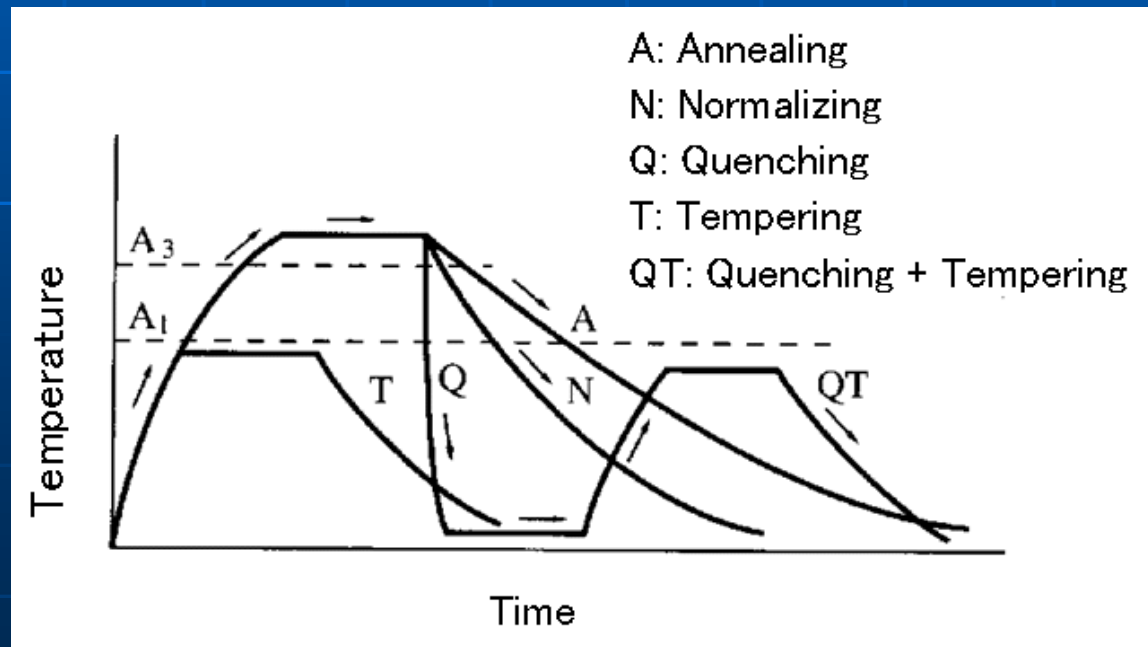
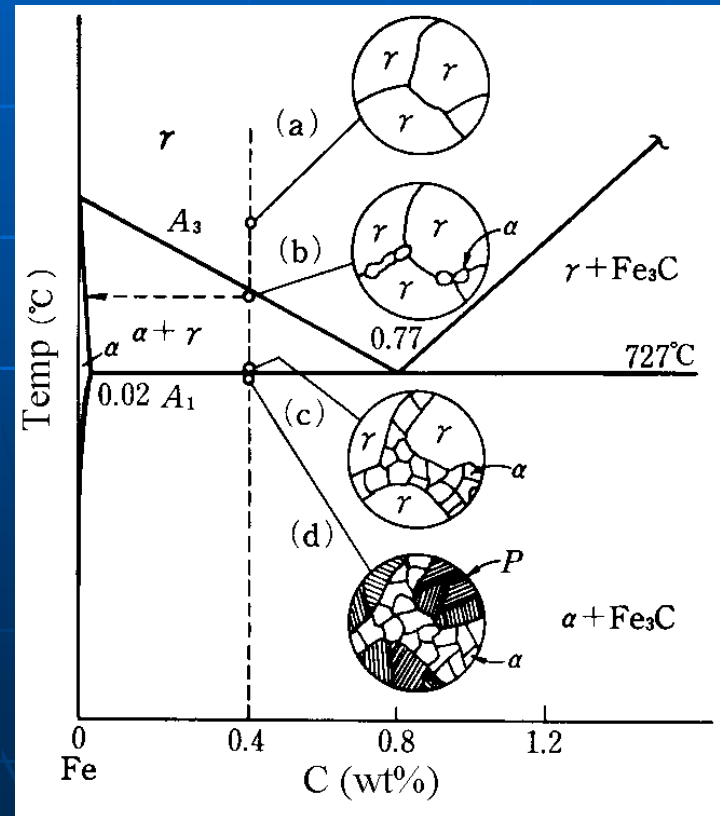
- A: Annealing
- N: Normalizing
- Q: Quenching
- T: Tempering
- QT: Quenching + Tempering

鉄鋼材料の熱処理

- A : 炉冷
- N : 空冷, 放冷
- Q : 焼き入れ
- QT : 焼き入れ&焼き戻し

マルテンサイト

焼き戻しマルテンサイト



鋼, 炭素鋼 : Fe + C (<2%)

■ 分類 炭素量による分類

- 低炭素鋼 ~0.3%
- 中炭素鋼 0.3~0.5%
- 高炭素鋼 0.5%~

その他

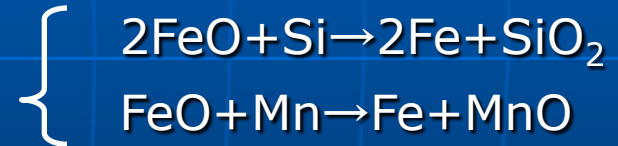
- 亜共析鋼 ~0.77%
- 共析鋼 0.77
- 過共析鋼 0.77~%

■ 合金元素

Mn, Si, Ni, Cr, Cu, Mo, Nb, V, Al, Ti, and B

- 低合金 ~5%
- 高合金 10%~

Mn, Si : →溶接 (還元, 脱酸)



Mn, Si, Al : ←製鋼プロセス

- リムド鋼 (Cで脱酸→気泡rimming action)
- セミキルド鋼
- キルド鋼 (Si, Alで脱酸)



■ 不純物

S, P → ラメラテア, 高温割れ

鉄鋼材料規格

■ 炭素鋼

- 一般構造物 SS {引張強度} (ex. SS400, SS490, etc...)
- 溶接構造物 SM {引張強度}
- 溶接建築構造物 SN {引張強度}

強度区分	JIS 区分	種類の 記号	化 学 成 分 %								
			C		Si	Mn	P	S	C _{eq}		P _{CM}
			厚さ 6≤ (mm) ≤50	50< ≤100					厚さ 6≤ (mm) ≤40	40< ≤100	
400N/mm ²	JIS G 3136(SN材)	SN400A	≤0.24		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—
		SN400B	≤0.20	≤0.22	≤0.35	0.60~1.40	≤0.030	≤0.015	≤0.36		≤0.26
		SN400C					≤0.020	≤0.008			
	JIS G 3101(SS材)	SS400	—		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—
	JIS G 3106(SM材)	SM400A	≤0.23	≤0.25	—	2.5C≤	≤0.035	≤0.035	—		—
		SM400B	≤0.20	≤0.22	≤0.35	0.60~1.40			—		—
SM400C		≤0.18		≤1.40		—			—		
490N/mm ²	JIS G 3136(SN材)	SN490B	≤0.18	≤0.20	≤0.55	≤1.60	≤0.030	≤0.015	≤0.44	≤0.46	≤0.29
		SN490C					≤0.020	≤0.008			
	JIS G 3101(SS材)	SS490	—		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—
	JIS G 3106(SM材)	SM490A	≤0.20	≤0.22	≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	—		—
		SM490B	≤0.18	≤0.20					—		—
		SM490C	≤0.18						—		—
SM490YA		≤0.20		≤0.55					≤1.60	≤0.035	≤0.035
		SM490YB	≤0.20		≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	※		※

※厚さ50mm以下：C_{eq}≤0.38, P_{CM}≤0.24, 50mm超100mm以下：C_{eq}≤0.40, P_{CM}≤0.26

強度区分	JIS 区分	種類の 記号	降伏点または耐力 N/mm ² (鋼材の厚さ mm)					引張 強さ N/mm ²	降 伏 比 %	伸び % (鋼材の厚さ mm)			シャル ピー vE ₀ J	厚さ 方 向 絞 り %	超音波 探傷試験
			6≤ <12	12≤ <16	16	16< ≤40	40< ≤100			1A号 ≤16	1A号 16< ≤50	4号 40<			
										17≤	21≤	23≤			
400N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN400A	235≤			215≤	400 ~510	—	17≤	21≤	23≤	—	—	—	
		SN400B	235≤	235		215		≤80YP上限 規定のあるもの	18≤	22≤	24≤	27≤	—	13≤tについてオプション	
		SN400C	—	—	~355			~335	—	—	—	—	25≤	JIS G 0901 等級 Y	
	JIS G 3101 (SS材)	SS400					400	—	17≤	21≤	23≤	—	—	—	
	JIS G 3106 (SM材)	SM400A	245≤		235≤	215≤	~510	—	18≤	22≤	24≤	—	—	13≤tについて オプション	
		SM400B										27≤			
SM400C						47≤									
490N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN490B	325≤	325		295	490 ~610	≤80YP上限 規定のあるもの	17≤	21≤	23≤	27≤	—	13≤tについてオプション	
		SN490C	—	—	~445								~415	25≤	JIS G 0901 等級 Y
	JIS G 3101 (SS材)	SS490	285≤		275≤	255≤	490 ~610	—	15≤	19≤	21≤	—	—	—	
	JIS G 3106 (SM材)	SM490A						~610	—	17≤	21≤	23≤	—	—	13≤tについてオプション
		SM490B	325≤		315≤	295≤	27≤								
		SM490C					47≤								
SM490YA		365≤		355≤	※	490 ~610	—						15≤		
SM490YB					27≤										

※40<t≤75 : 335≤, 75<t≤100 : 325≤

■ 炭素鋼

● 溶接構造物

SM {引張強度}

強度区分	JIS 区分	種類の 記号	化 学 成 分 %								
			C		Si	Mn	P	S	C _{eq}		P _{CM}
			厚さ 6≤ (mm) ≤50	50< ≤100					厚さ 6≤ (mm) ≤40	40< ≤100	
400N/mm ²	JIS G 3136(SN材)	SN400A	≤0.24		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—
		SN400B	≤0.20	≤0.22	≤0.35	0.60~1.40	≤0.030	≤0.015	≤0.36		≤0.26
		SN400C	≤0.18				≤0.020	≤0.008			
	JIS G 3101(SS材)	SS400	—		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—
	JIS G 3106(SM材)	SM400A	≤0.23	≤0.25	≤0.35	2.5C≤	≤0.035	≤0.035	—		—
		SM400B	≤0.20	≤0.22		0.60~1.40			—		—
SM400C		≤0.18		≤1.40		—			—		
490N/mm ²	JIS G 3136(SN材)	SN490B	≤0.18	≤0.20	≤0.55	≤1.60	≤0.030	≤0.015	≤0.44	≤0.46	≤0.29
		SN490C	≤0.18				≤0.020	≤0.008			
	JIS G 3101(SS材)	SS490	—		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—
	JIS G 3106(SM材)	SM490A	≤0.20	≤0.22	≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	—		—
		SM490B	≤0.18	≤0.20					—		—
		SM490C	≤0.18						—		—
		SM490YA	≤0.20						—		※
SM490YB		≤0.20		—					※	※	

※厚さ50mm以下：C_{eq}≤0.38, P_{CM}≤0.24, 50mm超100mm以下：C_{eq}≤0.40, P_{CM}≤0.26

強度区分	JIS 区分	種類の 記号	降伏点または耐力 N/mm ² (鋼材の厚さ mm)					引張 強さ N/mm ²	降伏 比 %	伸び % (鋼材の厚さ mm)			シャルピー vE ₀ J	厚さ 方向 絞り %	超音波 探傷試験						
			6 ≤ <12	12 ≤ <16	16	16 < ≤40	40 < ≤100			1A号 ≤16	1A号 16 < ≤50	4号 40 <									
400N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN400A	235 ≤			215 ≤	400 ~510	— ≤80YP上限 規定のあるもの	17 ≤	21 ≤	23 ≤	—	—	—							
		SN400B	235 ≤	235		215			18 ≤	22 ≤	24 ≤				27 ≤	13 ≤ t についてオプション					
		SN400C	—	—	~355				~335	—	—				—	25 ≤	JIS G 0901 等級 Y				
	JIS G 3101 (SS材)	SS400					—	17 ≤	21 ≤	23 ≤	—	—	—								
	JIS G 3106 (SM材)	SM400A	245 ≤		235 ≤	215 ≤	400 ~510	—	18 ≤	22 ≤	24 ≤	—	—	13 ≤ t について オプション							
SM400B						27 ≤															
SM400C						47 ≤															
490N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN490B	325 ≤	325		295	490 ~610	≤80YP上限 規定のあるもの	17 ≤	21 ≤	23 ≤	27 ≤	—	13 ≤ t についてオプション							
		SN490C	—	—	~445										~415	25 ≤	JIS G 0901 等級 Y				
	JIS G 3101 (SS材)	SS490	285 ≤		275 ≤	255 ≤	490 ~610	—	15 ≤	19 ≤	21 ≤	—	—	—							
	JIS G 3106 (SM材)	SM490A													—	17 ≤	21 ≤	23 ≤	—	—	13 ≤ t についてオプション
		SM490B	325 ≤		315 ≤	295 ≤													27 ≤		
SM490C						47 ≤															
		SM490YA	365 ≤		355 ≤	※	490 ~610	—	15 ≤	19 ≤	21 ≤	—	13 ≤ t についてオプション								
		SM490YB				27 ≤															

※40 < t ≤ 75 : 335 ≤ , 75 < t ≤ 100 : 325 ≤

■ 炭素鋼

- 溶接建築構造物 SN {引張強度}

強度区分	JIS 区分	種類の記号	化学成分 %												
			C		Si	Mn	P	S	Ceq		P _{CM}				
			厚さ 6≤ (mm) ≤50	50< ≤100					厚さ 6≤ (mm) ≤40	40< ≤100					
400N/mm ²	JIS G 3136(SN材)	SN400A	≤0.24		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—				
		SN400B	≤0.20	≤0.22	≤0.35	0.60~1.40	≤0.030	≤0.015	≤0.36		≤0.26				
		SN400C					≤0.020	≤0.008							
	JIS G 3101(SS材)	SS400	—		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—				
	JIS G 3106(SM材)	SM400A	≤0.23	≤0.25	—	2.5C≤	≤0.035	≤0.035	—		—				
		SM400B	≤0.20	≤0.22	≤0.35	0.60~1.40			—		—				
SM400C		≤0.18		≤1.40		—			—						
490N/mm ²	JIS G 3136(SN材)	SN490B	≤0.18	≤0.20	≤0.55	≤1.60	≤0.030	≤0.015	≤0.44	≤0.46	≤0.29				
		SN490C					≤0.020	≤0.008							
	JIS G 3101(SS材)	SS490	—		—	—	≤0.050	≤0.050	—		—				
	JIS G 3106(SM材)	SM490A	≤0.20	≤0.22	≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	—		—				
		SM490B	≤0.18	≤0.20					—		—				
		SM490C	≤0.18						—		—				
		SM490YA	≤0.20						≤0.55		≤1.60		≤0.035		※
SM490YB		※													

※厚さ50mm以下：Ceq≤0.38, P_{CM}≤0.24, 50mm超100mm以下：Ceq≤0.40, P_{CM}≤0.26

降伏比: $\text{Yield ratio} = \sigma_{\text{Yield}} / \sigma_{\text{Tensile}} = \{\text{降伏応力}\} / \{\text{引張強さ}\}$

強度区分	JIS 区分	種類の 記号	降伏点または耐力 N/mm ² (鋼材の厚さ mm)					引張強さ N/mm ²	降伏比 %	伸び % (鋼材の厚さ mm)			シャルピー vE ₀ J	厚さ 方向 絞り %	超音波 探傷試験
			6≤ <12	12≤ <16	16	16< ≤40	40< ≤100			1A号 ≤16	1A号 16< ≤50	4号 40<			
			400N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN400A	235≤				215≤	400 ~510	≤80YP上限 規定のあるもの			
		SN400B	235≤	235		215	18≤	22≤	24≤	27≤			25≤	13≤tについてオプション JIS G 0901 等級 Y	
		SN400C	—	—	~355		~335	—	—	—			—	—	
	JIS G 3101 (SS材)	SS400					400 ~510	—	17≤	21≤	23≤	—	—	—	
	JIS G 3106 (SM材)	SM400A	245≤		235≤	215≤			—	18≤	22≤	24≤	—	13≤tについて オプション	
		SM400B							27≤			47≤			
		SM400C					47≤								
490N/mm ²	JIS G 3136 (SN材)	SN490B	325≤	325		295	490 ~610	≤80YP上限 規定のあるもの	17≤	21≤	23≤	27≤	—	13≤tについてオプション	
		SN490C	—	—	~445								~415	25≤	JIS G 0901 等級 Y
		JIS G 3101 (SS材)	SS490	285≤		275≤	255≤	490 ~610	—	15≤	19≤	21≤	—	—	
		JIS G 3106 (SM材)	SM490A										—	17≤	21≤
			SM490B	325≤		315≤	295≤	490 ~610	—	17≤	21≤	23≤	27≤	—	
			SM490C										47≤		
		SM490YA	365≤		355≤	※	490 ~610						—		15≤
		SM490YB						27≤							

※40<t≤75: 335≤, 75<t≤100: 325≤

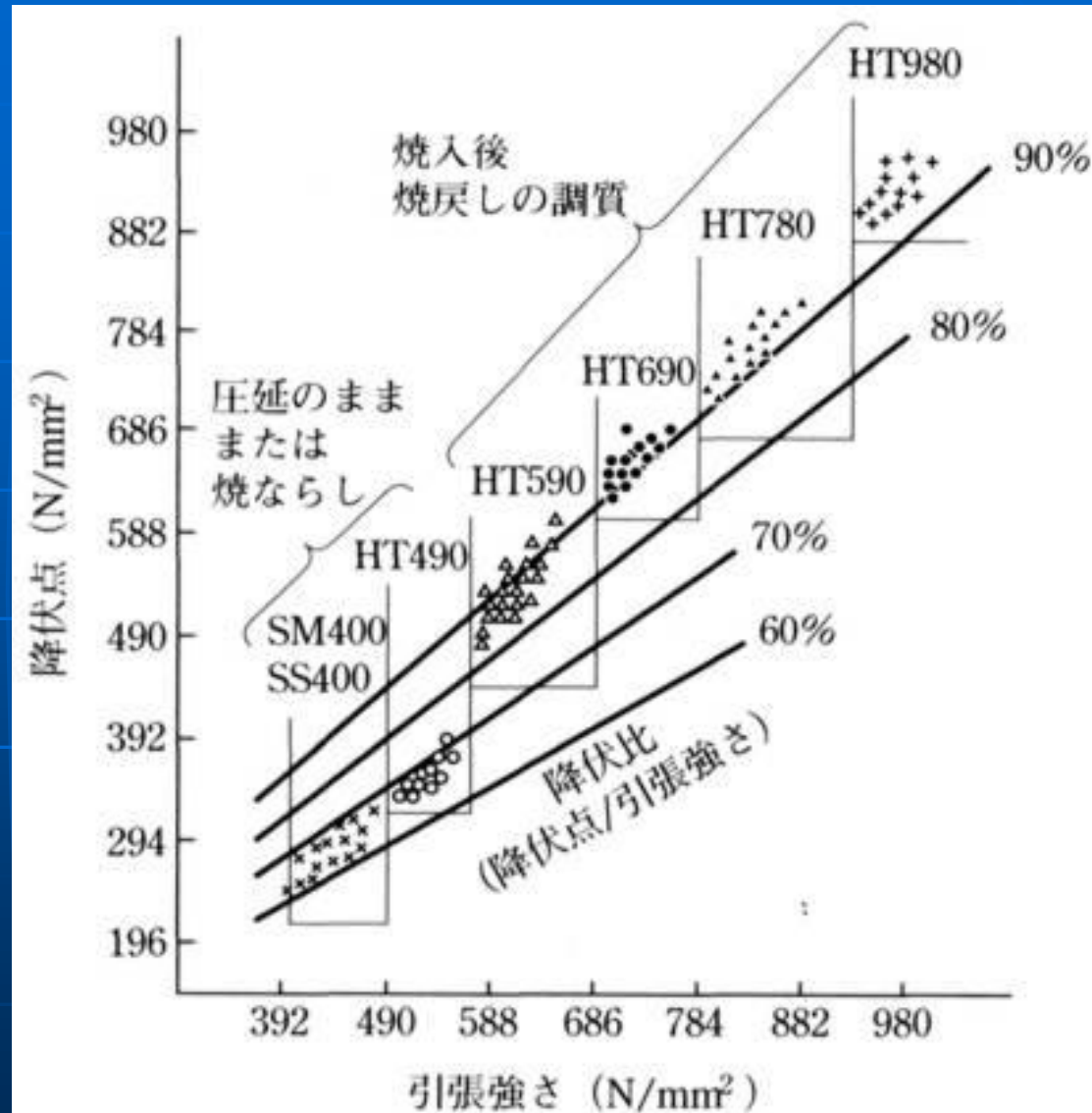
■ 炭素鋼

- 溶接建築構造物
SN {引張強度}

降伏比:

$$\text{Yield ratio} = \sigma_{\text{Yield}} / \sigma_{\text{Tensile}}$$

= {降伏応力} / {引張強さ}



鉄鋼材料規格

■ 炭素鋼

- 一般構造物 SS {引張強度} (ex. SS400, SS490, etc...)
- 溶接構造物 SM {引張強度}
- 溶接建築構造物 SN {引張強度}

■ 高張力鋼

引張強度 > 490 MPa

←QT, TMCP (Thermo-Mechanical Control Process), etc

HT {引張強度},

HW {降伏応力or耐力}, SPV {降伏応力or耐力}

■ 低温用鋼

- SLA, Al, Ni, オーステナイト系ステンレス (304, 304L)

■ 高温用鋼

- SB : ボイラー用 (Mo)

■ その他

- SMA : 耐候性鋼

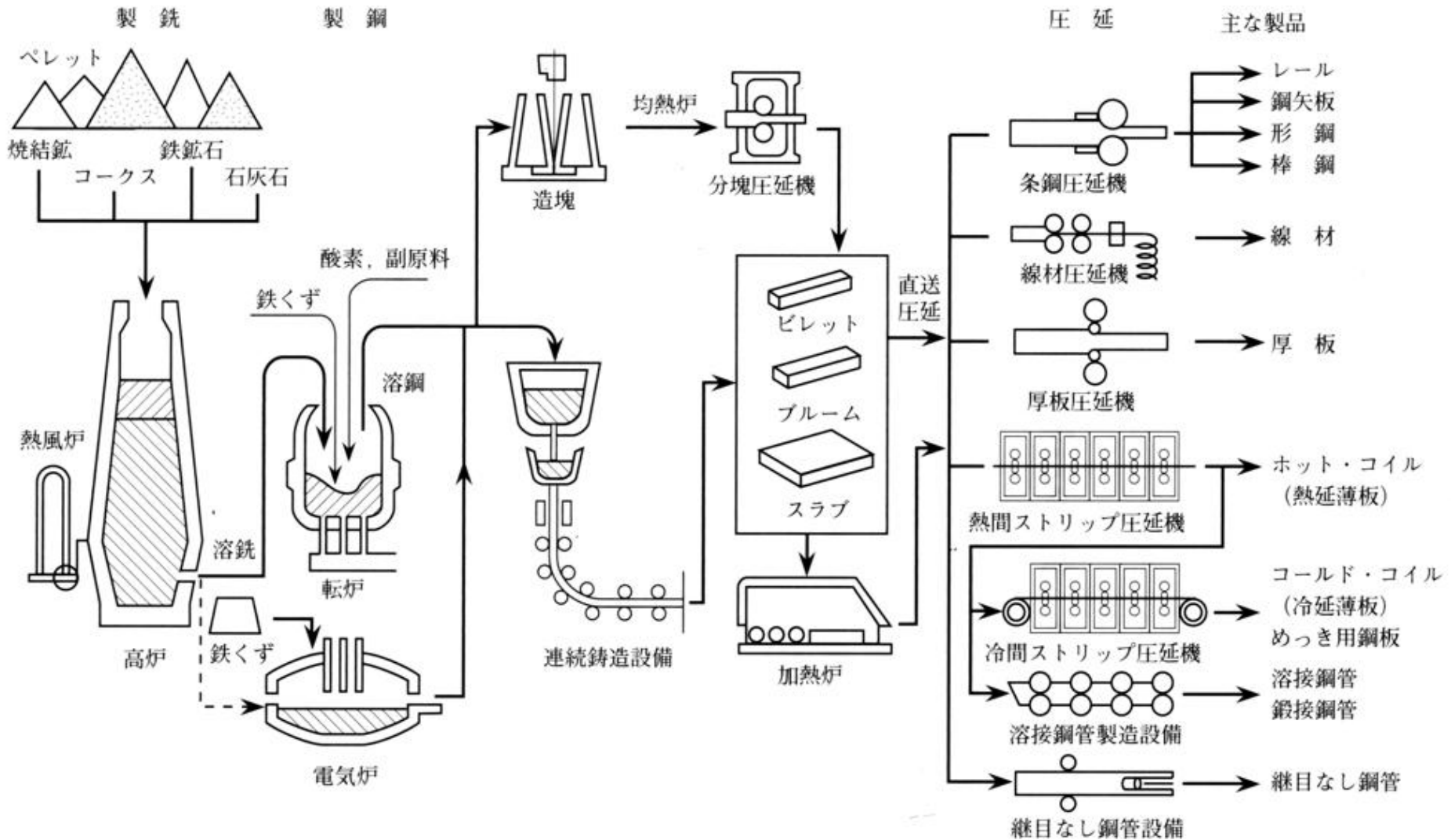
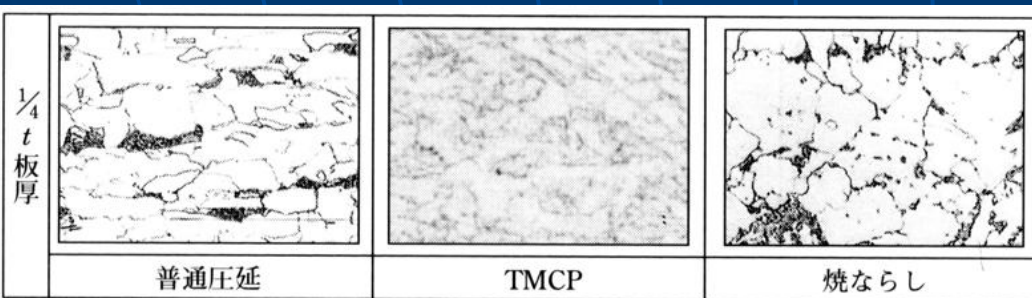
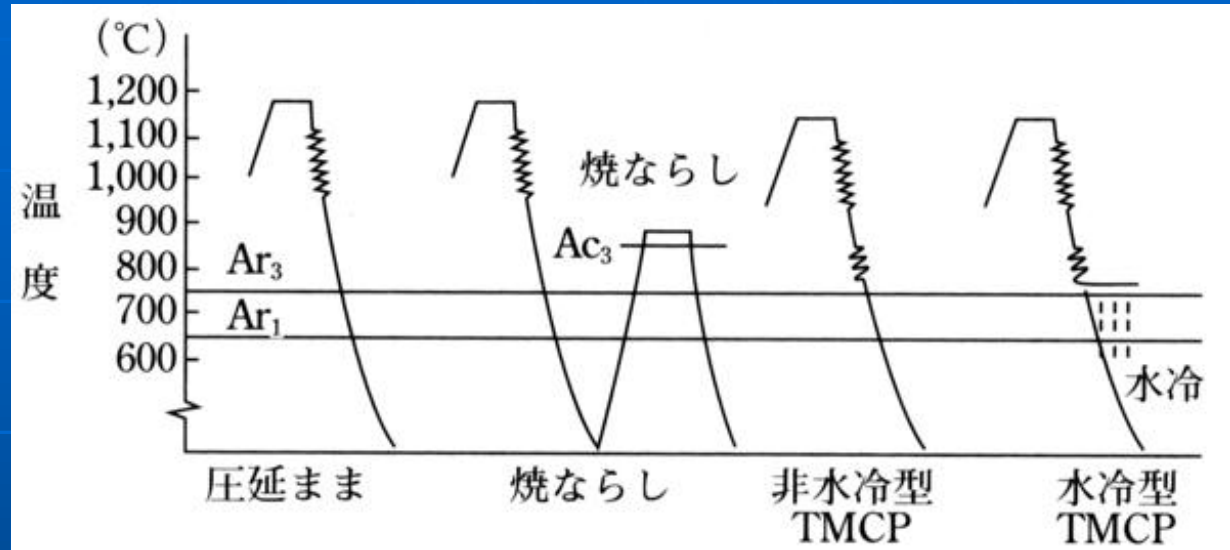
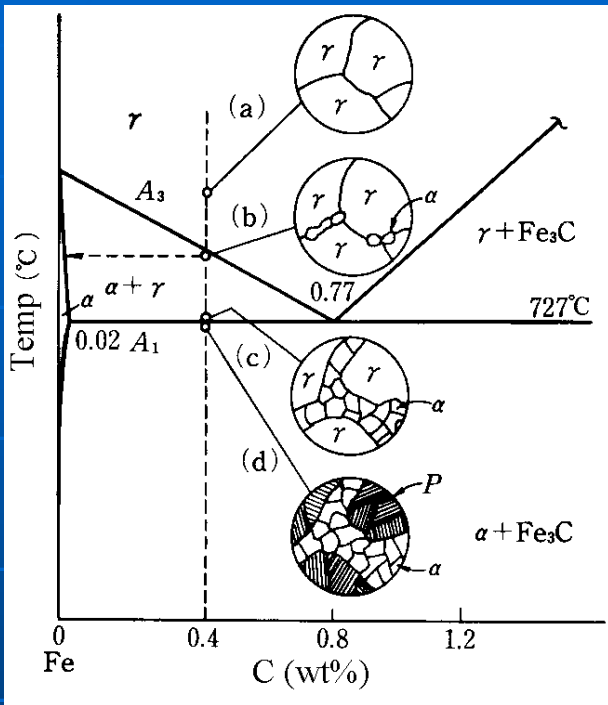
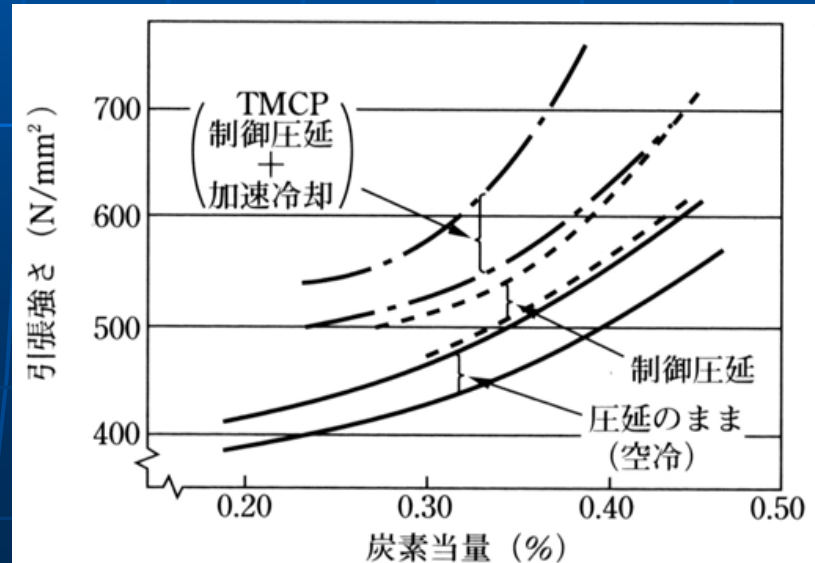


図 2.1 鉄鋼の製造工程の概要¹⁾

TMCP (Thermo Mechanical Control Process)



(b) ミクロ組織の比較



(c) TMCP鋼の炭素当量と強度との関係

表 2.4 主要高張力鋼の規格の概要

規 格 名	記 号	最小降伏強度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)
JIS G 3106 溶接構造用圧延鋼材	SM 490	315	490~610
	SM 490Y	355	490~610
	SM 520	355	520~640
	SM 570	450	570~720
JIS G 3115 圧力容器用鋼板	SPV 315	315	490~610
	SPV 355	355	520~640
	SPV 410	410	550~670
	SPV 450	450	570~700
JIS G 3128 溶接構造用高降伏点鋼板	SHY 685	685	780~930
	SHY 685N		
	SHY 685NS		
JIS G 3114 溶接構造用耐候性 熱間圧延鋼材	SMA 490W	355	490~610
	SMA 490P		
	SMA 570W	450	570~720
	SMA 570P		
WES 3001 溶接構造用高張力鋼板	HW 355	355	520~640
	HW 390	390	560~680
	HW 450	450	590~710
	HW 490	490	610~730
	HW 550	550	670~800
	HW 620	620	710~840
	HW 685	685	780~930
	HW 785	785	880~1030
HW 885	885	950~1130	

板厚により最小降伏強度の異なるものは板厚16~40mmの値を記載

- 炭素鋼 (SS, SM, SN)
- 高張力鋼 (HT, HW, SPV)
- 低温用鋼
 - 低炭素鋼 (SLA)
 - Al キルド鋼 (Si-Mn type)
 - Ni 鋼
 - Al 合金
 - オーステナイト系ステンレス (304, 304L) : Ni合金
 - 高Mn鋼
 - インバー (34%Ni-Fe) : Ni合金
- 高温用鋼
 - SB : ボイラー (Mo)
- その他
 - SMA : 耐候性鋼

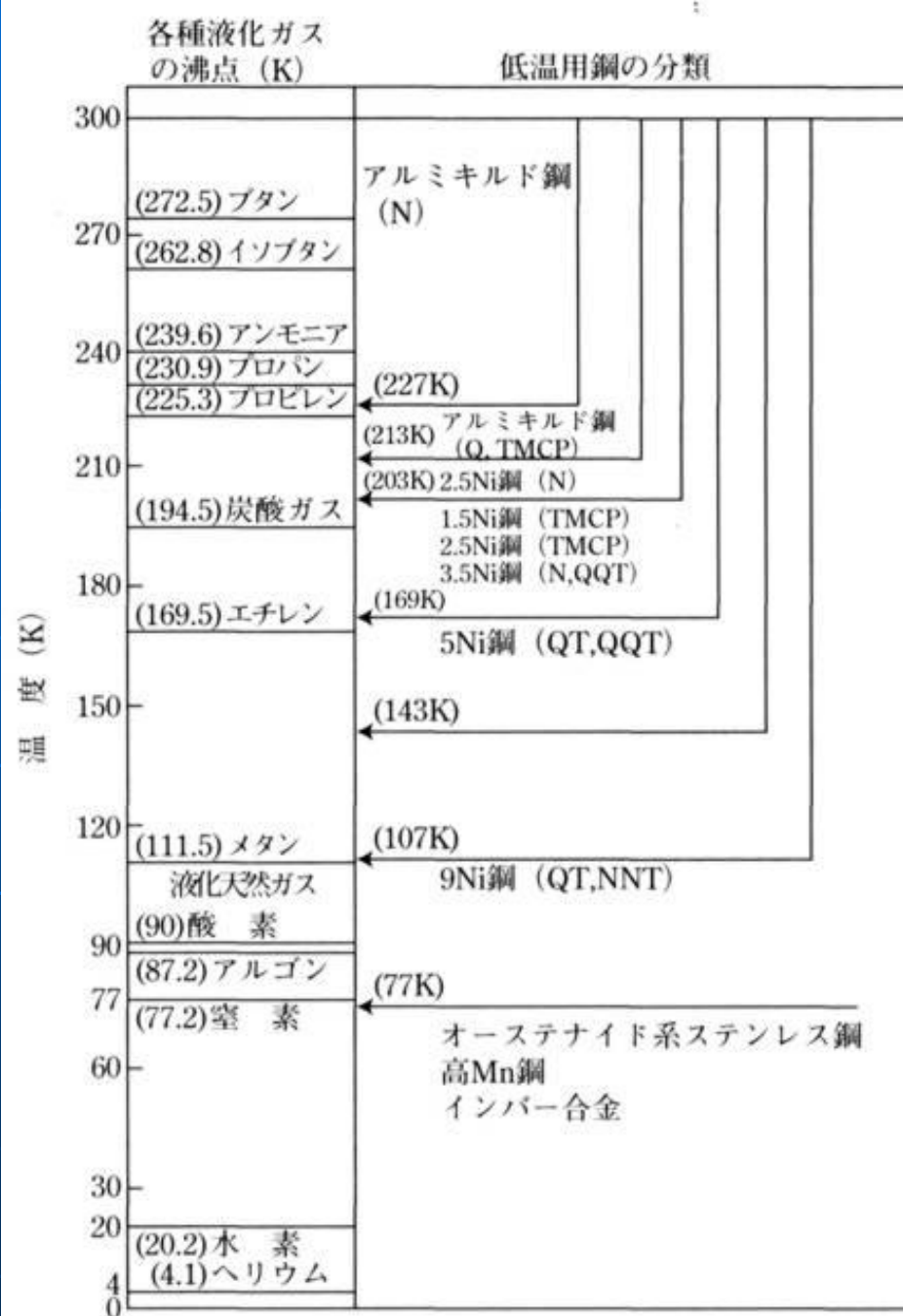


図 2.11 液化ガスの沸点と低温用鋼適用例

鉄鋼材料規格

- 炭素鋼 (SS, SM, SN)
- 高張力鋼 (HT, HW, SPV)
- 低温用鋼 (Al, Ni, Mn)
- 高温用鋼 (Mo, Cr, Mn)
- その他

	<i>s</i>		<i>d</i>										<i>p</i>						
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII			IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	BIIB	0	
1	H																		He
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	Fr	Ra	**																

		<i>f</i>														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
6	*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
7	**	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

鉄鋼材料規格

- 炭素鋼 (SS, SM, SN)
- 高張力鋼 (HT, HW, SPV)
- 低温用鋼 (Al, Ni, Mn)
- 高温用鋼 (Mo, Cr, Mn)
 - 炭素鋼
 - 0.5Mo鋼, Mn-0.5Mo鋼
 - 1Cr-0.5Mo鋼
 - 1¹/₄Cr- 1Mo鋼

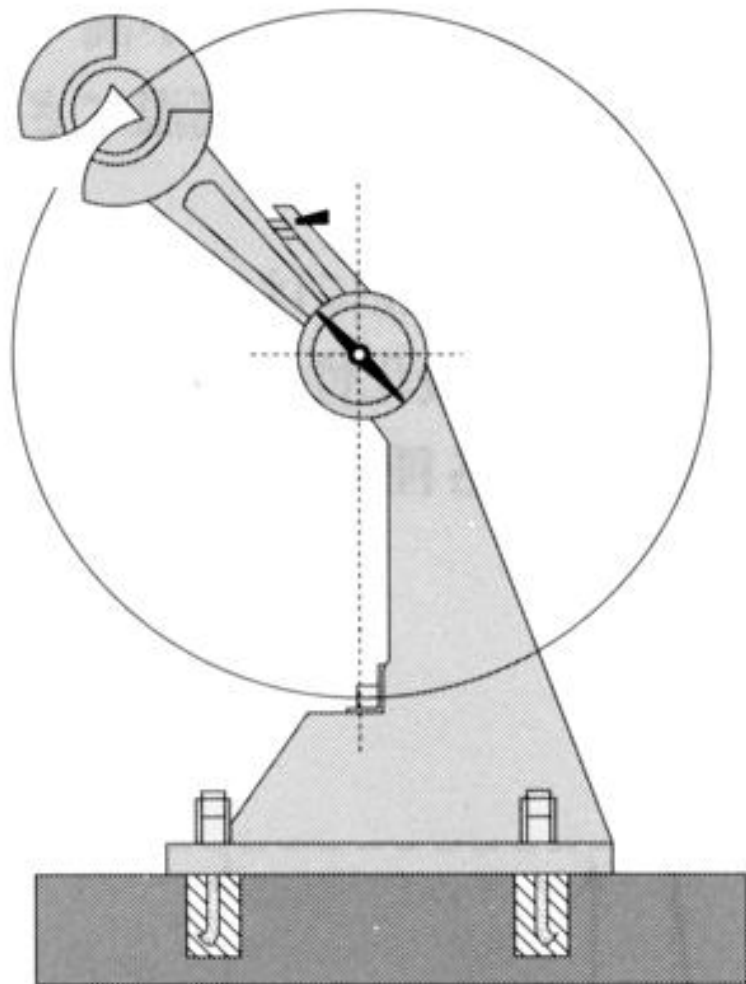
要求性能

- 高温強度
- クリープ性能
- 耐腐食性
- 耐高圧水素性能

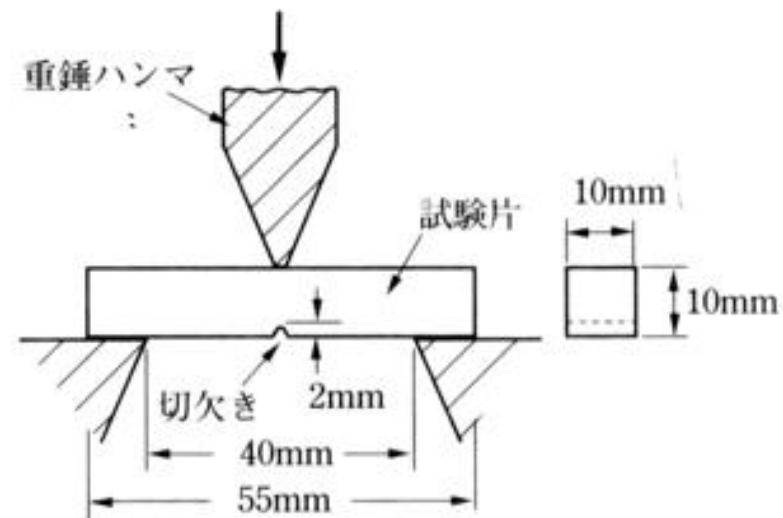
- その他
 - SMA : 耐候性鋼

	<i>s</i>		<i>d</i>										<i>p</i>						
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII				IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	BIIB	0
1	H																		He
2	Li	Be											B	C	N	O	F		Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl		Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I		Xe
6	Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn
7	Fr	Ra	**																
				<i>f</i>															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
6		*		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb		Lu
7		**		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No		Lr

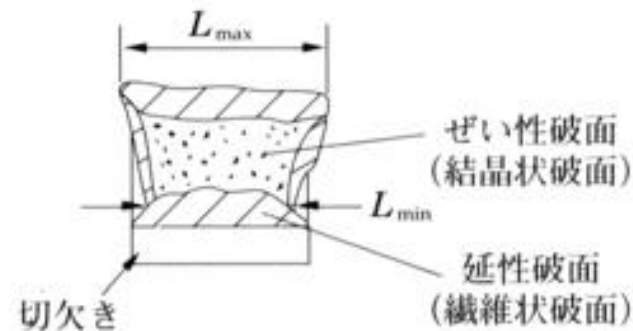
シャルピー試験



(a) シャルピー衝撃試験機



(b) シャルピー衝撃試験



$$L_{max} - L_0 (10\text{mm}) = \text{横膨張量}$$

$$L_0 (10\text{mm}) - L_{min} = \text{収縮量}$$

(c) 2mm Vノッチシャルピー試験片の破面

図 3.14 シャルピー衝撃試験

シャルピー試験

- 吸収エネルギー
- 遷移温度

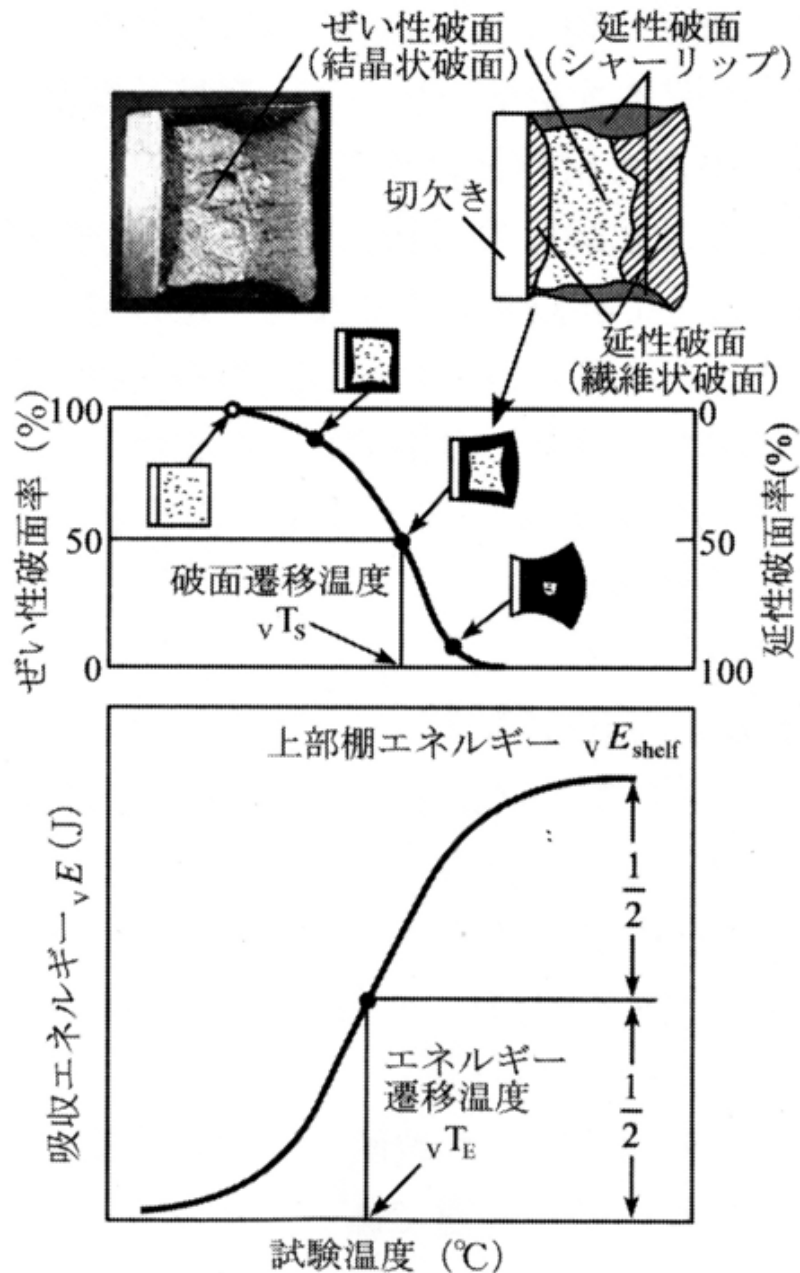


図 3.15 シャルピー試験における吸収エネルギーおよびぜい性破面率の遷移挙動

ステンレス鋼の溶接

■ ステンレス鋼 ← 12% Cr

■ 特徴

- **低い伝導率:** 炭素鋼の1/3~1/4
熱 & 電気 (Wiedemann-Franz 則)
- **高い熱膨張率:** 炭素鋼の1.5倍

■ 種類

● Cr タイプ

マルテンサイト系

: SUS403, 410

フェライト系

: SUS430

● Cr-Ni タイプ

オーステナイト系 (FCC)

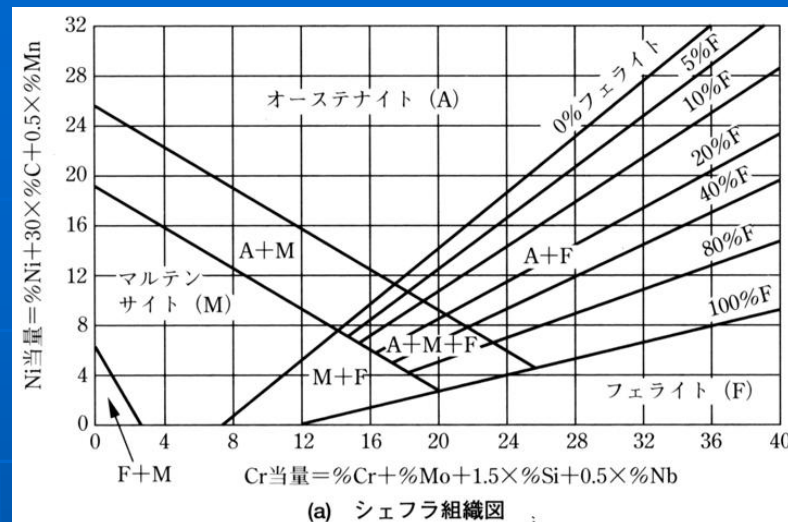
: SUS304, 316

2相系

: SUS329J1

■ 弱点

- 低温割れ
- 475°Cぜい性, σ (シグマ) 相ぜい性
- 鋭敏化 (ウェルドディケイ, 粒界腐食)
- 高温割れ
- 応力腐食割れ



特論 p.177

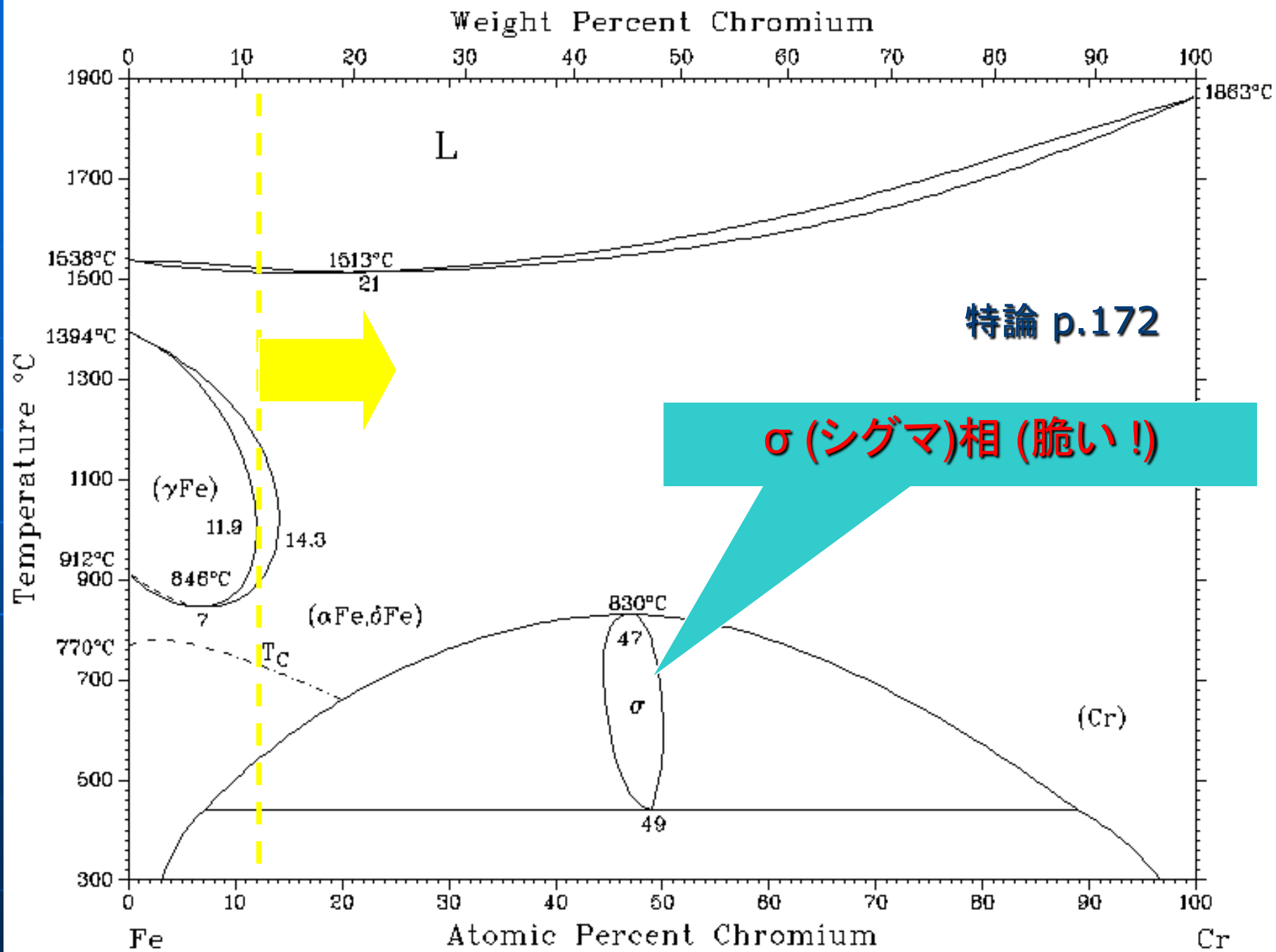
特論 p.170

表 2.21 代表的なステンレス鋼の化学組成 (wt%)

分類	鋼種	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	その他	
Cr系	マルテンサイト系	SUS 410	≤0.15	≤1.00	≤1.00	≤0.04	≤0.03	-	11.50~13.50	-	-
	フェライト系	SUS 430	≤0.12	≤1.00	≤1.00	≤0.04	≤0.03	-	16.00~18.00	-	-
Cr-Ni系	オーステナイト系	SUS 304	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	8.00~10.50	18.00~20.00	-	-
		SUS 304L	≤0.03	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	9.00~13.00	18.00~20.00	-	-
		SUS 316	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	10.00~14.00	16.00~18.00	2.00~3.00	-
		SUS 321	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	9.00~13.00	17.00~19.00	-	Ti:5xC%以上
		SUS 347	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	9.00~13.00	17.00~19.00	-	Nb:10xC%以上
		SUS 309S	≤0.08	≤1.00	≤2.00	≤0.045	≤0.03	12.00~15.00	22.00~24.00	-	-
	オーステナイト・フェライト系	SUS 329J1	≤0.08	≤1.00	≤1.50	≤0.04	≤0.03	3.00~6.00	23.00~28.00	1.00~3.00	-

表 2.22 各種金属の物理的性質

	鉄	フェライト系 ステンレス鋼 SUS 430	オーステナイト系 ステンレス鋼 SUS 304	アルミニウム	アルミニウム 合金 75S-T6	純チタン	チタン合金 Ti-6Al-4V	ハステロイ	銅
融点(°C)	1,530	1,480~1,510	1,400~1,427	660	476~638	1,668	1,540~1,650	1,305	1,083
密度(g/cm ³)	7.86	7.78	8.03	2.70	2.80	4.51	4.42	8.92	8.93
ヤング率(N/mm ²)	19.21×10 ⁴	19.9×10 ⁴	19.9×10 ⁴	6.9×10 ⁴	7.1×10 ⁴	10.6×10 ⁴	11.3×10 ⁴	20.4×10 ⁴	11.7×10 ⁴
電気比抵抗 (μΩ·cm, 20°C)	9.7	60	72	2.7	5.8	47~55	171	130	1.7
電気伝導率 (Cuに比べ, %)	18.0	2.8	2.4	64.0	30.0	3.1	1.1	1.3	100
磁性	有	有	無	無	無	無	無	無	無
熱伝導率 (cal/cm ² /sec/°C/cm)	0.145	0.053	0.039	0.487	0.294	0.041	0.018	0.031	0.923
線膨張係数 (cm/cm/°C, 0~100°C)	12.0×10 ⁻⁶	10.4×10 ⁻⁶	16.5×10 ⁻⁶	23.0×10 ⁻⁶	23.1×10 ⁻⁶	8.4×10 ⁻⁶	8.8×10 ⁻⁶	11.5×10 ⁻⁶	16.8×10 ⁻⁶
比熱(cal/g/°C)	0.11	0.11	0.12	0.21	0.23	0.12	0.13	0.09	0.09



特論 p.172

σ (シグマ)相 (脆い!)

ステンレス鋼の弱点

- 低温割れ
- 475°Cぜい性
- σ (シグマ)相ぜい性 ← σ 相600~800°C
 - 熱処理 (溶体化処理:900 °C加熱+急冷)
- 鋭敏化 ←Cr炭化物500~850°C
(ウェルドディケイ, 粒界腐食)
 - 熱処理 (1000 °C加熱+急冷)
 - 低炭素ステンレス (SUS304L, SUS316L)
 - 安定化ステンレス (SUS321(Ti), SUS347(Nb))
→ナイフラインアタック
 - 2相ステンレス 5~10%のフェライト (Duplex)
- 高温割れ (S, P, Si, Nb)
 - 2相ステンレス 5~10%のフェライト (Duplex)
 - Mnの多いステンレス (SUS310)
- 応力腐食割れ (Stress Corrosion Cracking)
引張応力 x 腐食環境 (主にハロゲン, ex. Cl⁻)
 - 2相ステンレス 5~10%のフェライト (Duplex)
 - Niの多いステンレス (SUS316 or SUS310S)

マルテンサイト系
フェライト系

オーステナイト系

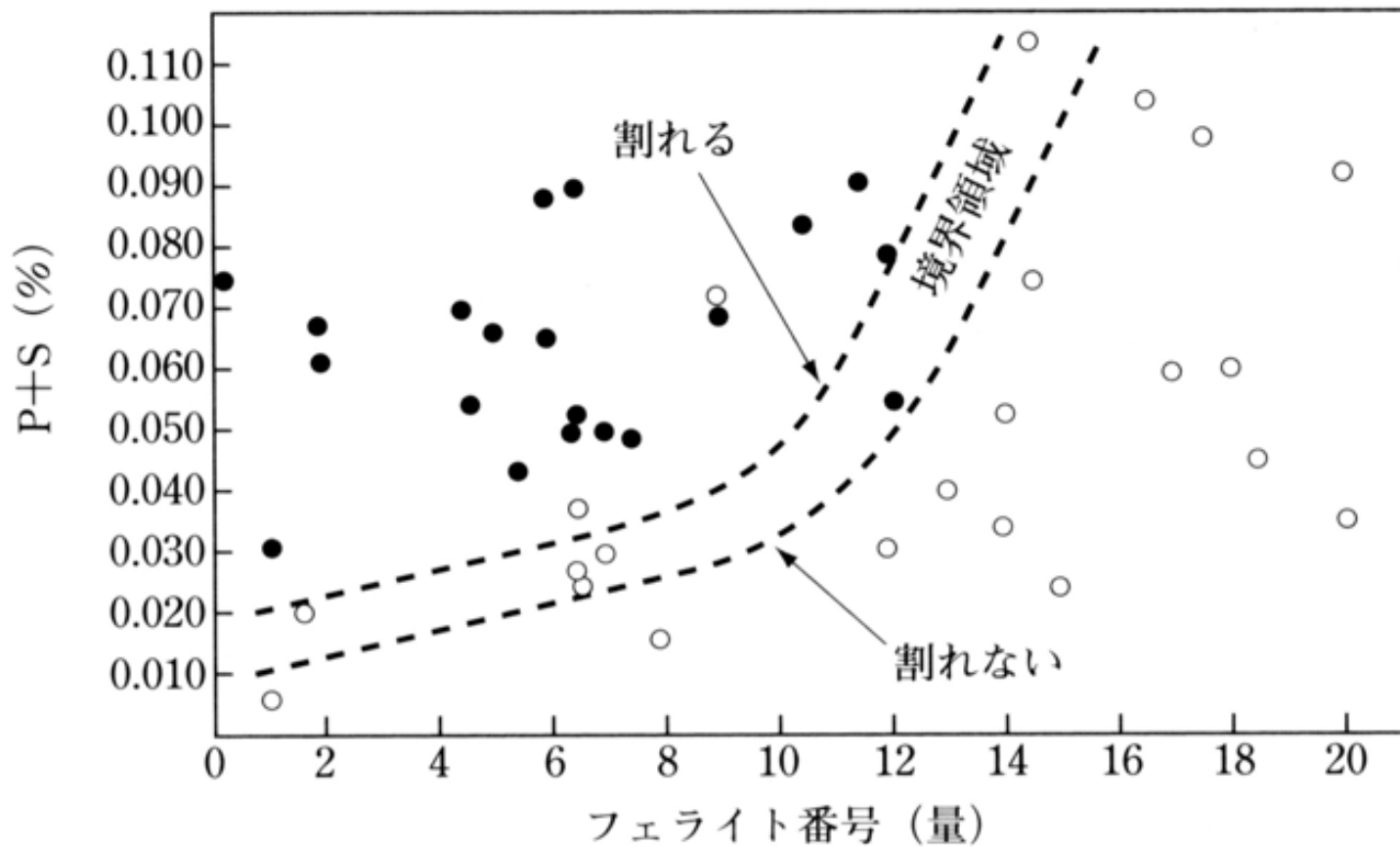


図 2.54 オーステナイト系ステンレス鋼 309 溶接金属の高温割れ感受性に及ぼす (P+S) 量ならびにフェライト番号 (量) の影響

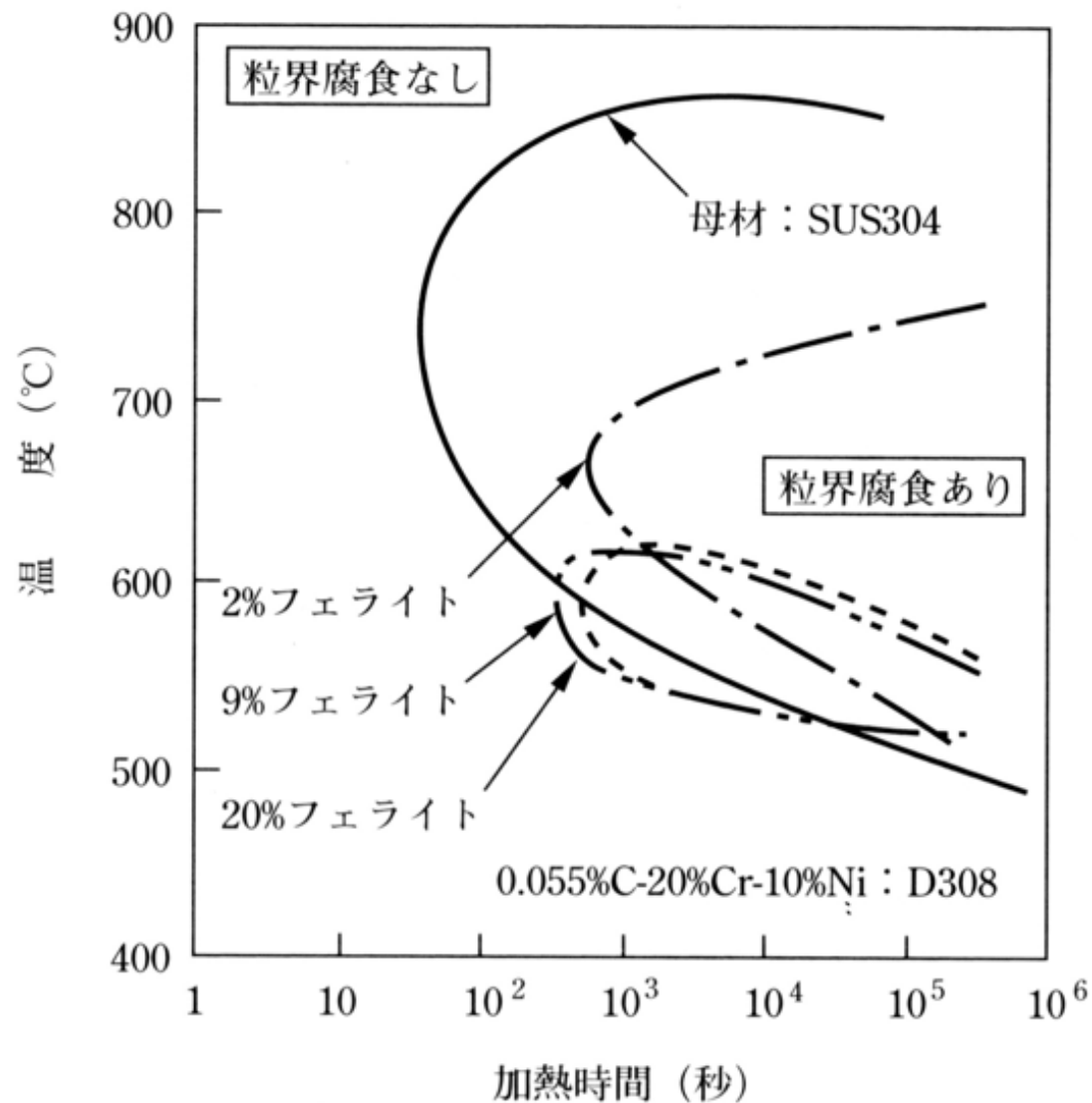
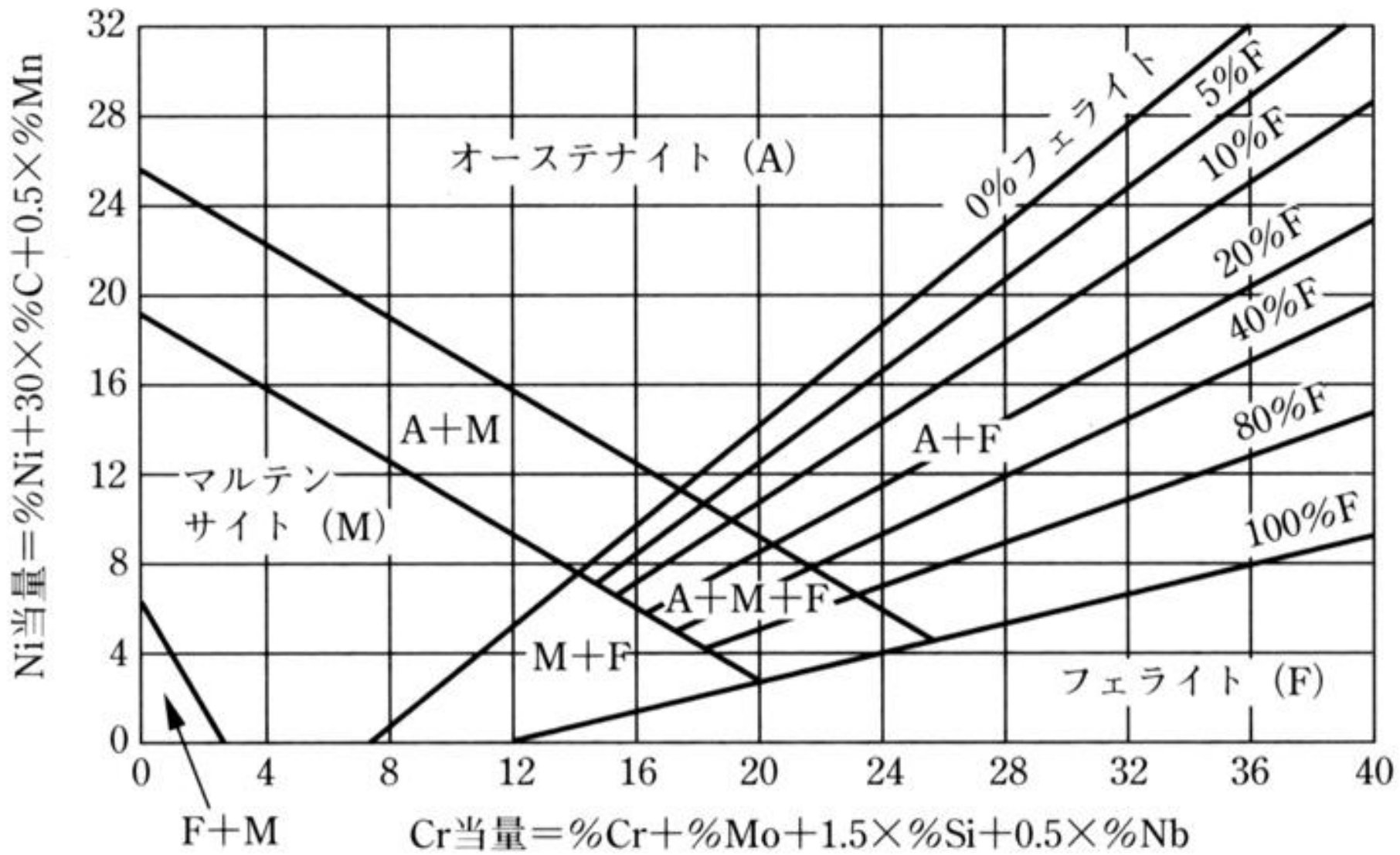


図 2.73 SUS304 ステンレス鋼と D308 系溶接金属の鋭敏化領域に及ぼす δ フェライトの影響 (硫酸・硫酸銅腐食試験)



(a) シェフラ組織図

ステンレス鋼の種類

Cr タイプ	マルテンサイト系	:SUS403, 410
	フェライト系	:SUS430
Cr-Ni タイプ	オーステナイト系 (FCC)	:SUS304, 316
	2相系	:SUS329J1

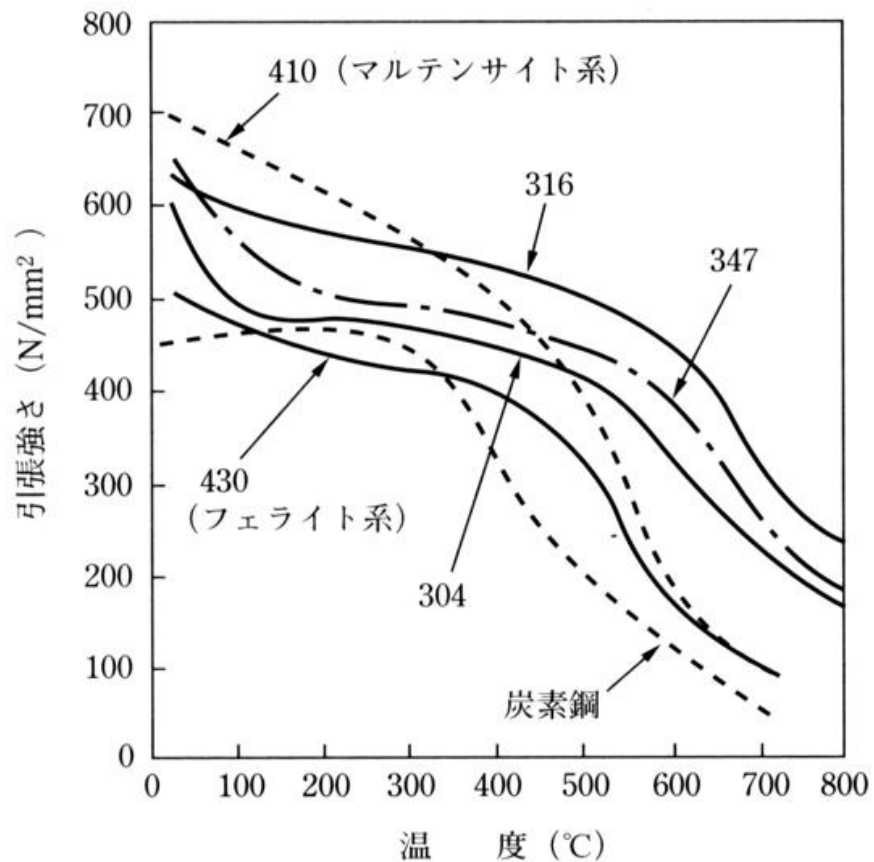


図 2.51 各種ステンレス鋼の引張強さ

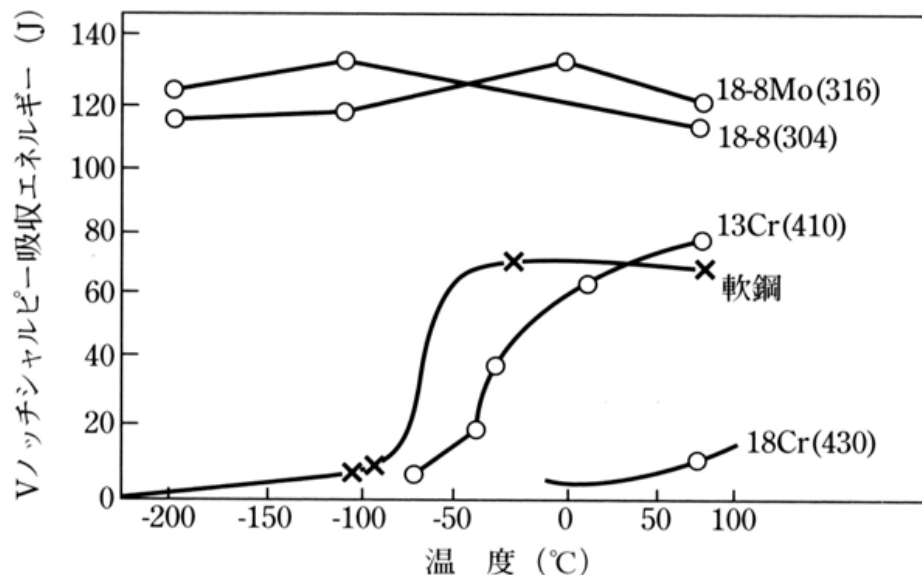


図 2.53 各種ステンレス鋼の吸収エネルギー

アルミニウムおよびアルミニウム合金の溶接

■ 特徴

- **高い伝導性**(熱&電気) → 要, 集中熱源
炭素鋼の4倍
- 低い融点
- **高い熱膨張率** → 高温割れ
炭素鋼の倍
- 安定な表面酸化物 → クリーニング作用 → TIG か MIG

■ 種類

- 熱処理合金 (Al-Cu, Al-Mg-Si, Al-Zn-Mn)
- 非熱処理合金 (Al, Al-Mn, Al-Si, Al-Mg)

■ 弱点

- ブローホール(H₂水素)
- 高温割れ(S,P) ← {
 - ・ 粒界偏析
 - ・ 熱収縮
 - ・ 液体の欠乏
 - 凝固割れ
 - 液化割れ (多パス)

表 2.25 アルミニウム合金の種類（展伸材）

熱処理の区分	主要添加元素別	JIS記号	代表的材料記号	
非熱処理合金	Al 99.0%以上	1×××	1050, 1200	
	Al-Mn（マンガン）系	3×××	3003	
	Al-Si（けい素）系	4×××	4043	
	Al-Mg（マグネシウム）系	5×××	5052, 5056, 5083	
熱処理合金	Al-Cu（銅）系	2×××	2014	
	Al-Mg-Si系	6×××	6061, 6063	
	Al-Zn(亜鉛)系	[Cuを含む	7×××	7075
		Al-Zn-Mg系	7×××	7003

表 2.26 代表的アルミニウム合金の成分と用途例

合金	Cu	Si	Mn	Mg	Cr	Zn	用途例
A1060	99.60% Al min						化学用機器, 車上タンク
A2014	4.4	0.8	0.8	0.5	—	—	トラック, フレーム, 航空機構造用
A3003	—	—	1.2	—	—	—	厨房器物, 化学装置, 板金工作物, 建材
A4043	—	5	—	—	—	—	溶加棒, ワイヤ
A5052	—	—	—	2.5	0.25	—	溶接構造物, 圧力槽
A5083	—	—	0.7	4.5	0.15	—	圧力容器, 船舶, 自動車, 低温用タンク
A6061	0.25	0.6	—	1	0.2	—	耐食性構造, トラック, 船舶, 車両
A7075	1.6	—	—	2.5	0.3	5.6	航空機, スキー

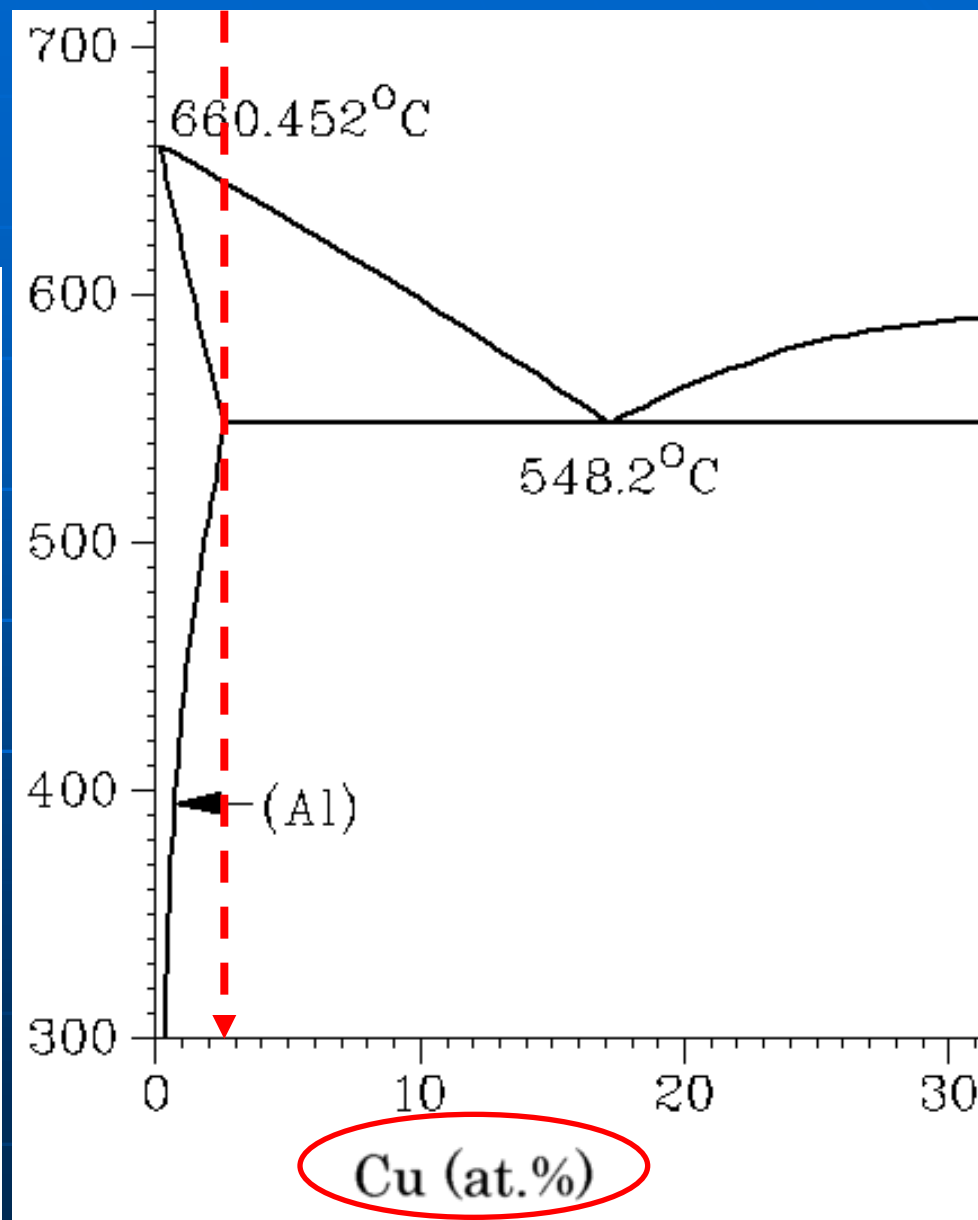
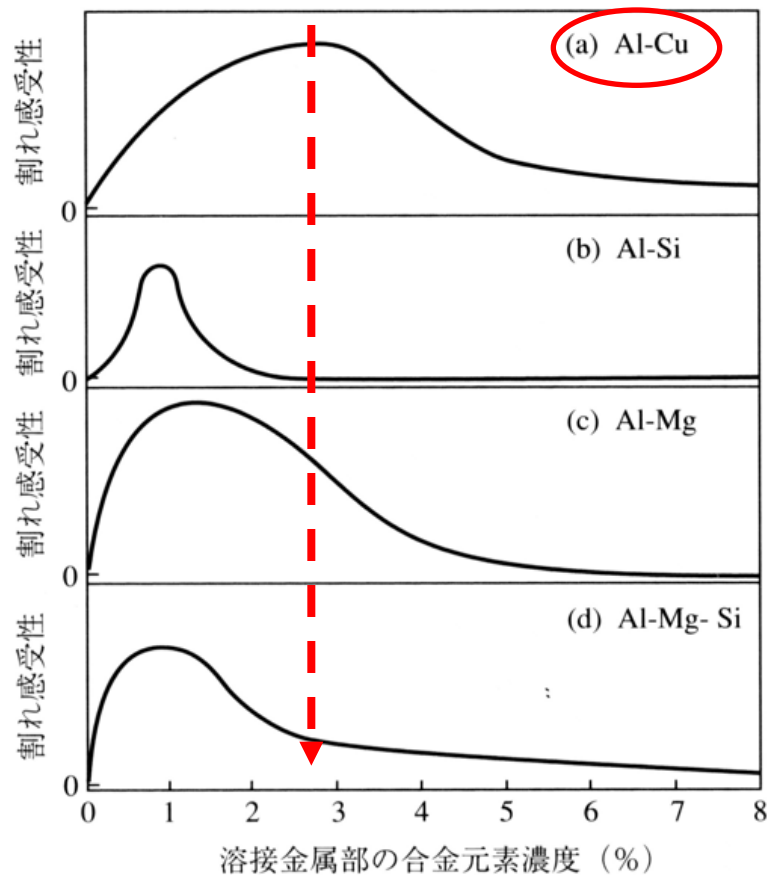
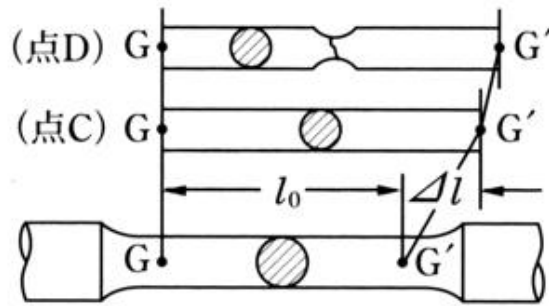


図 2.62 アルミニウム合金溶接部の高温割れ感受性³⁴⁾

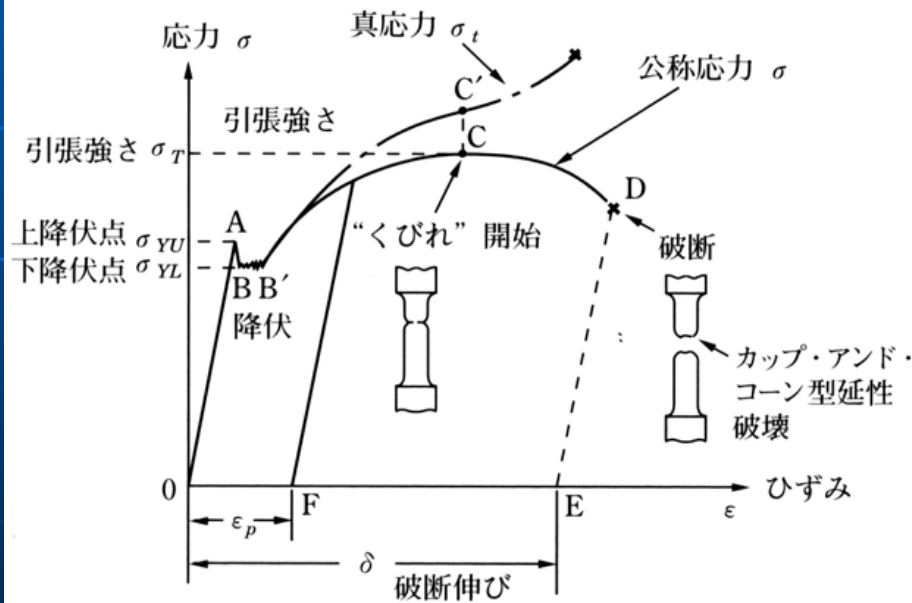
おわり

引張試験

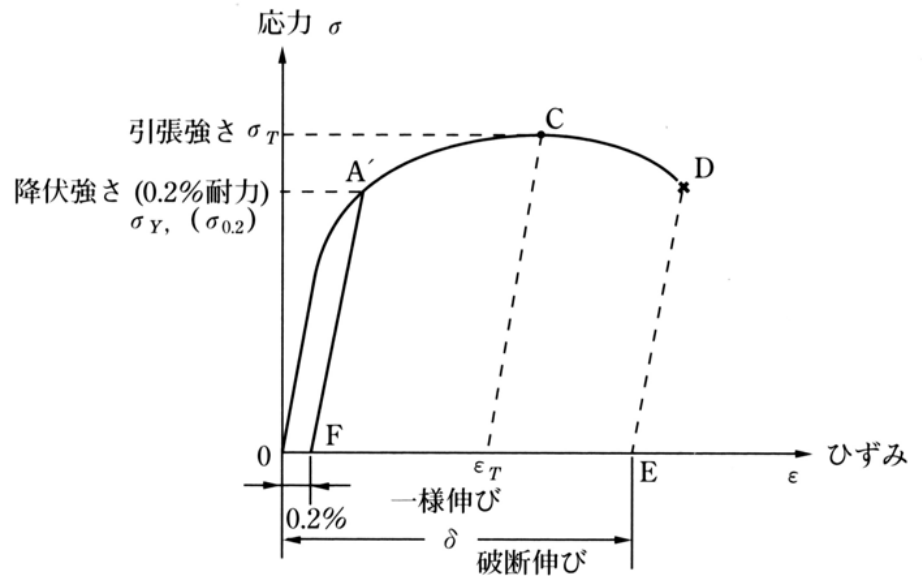
特論 p.218



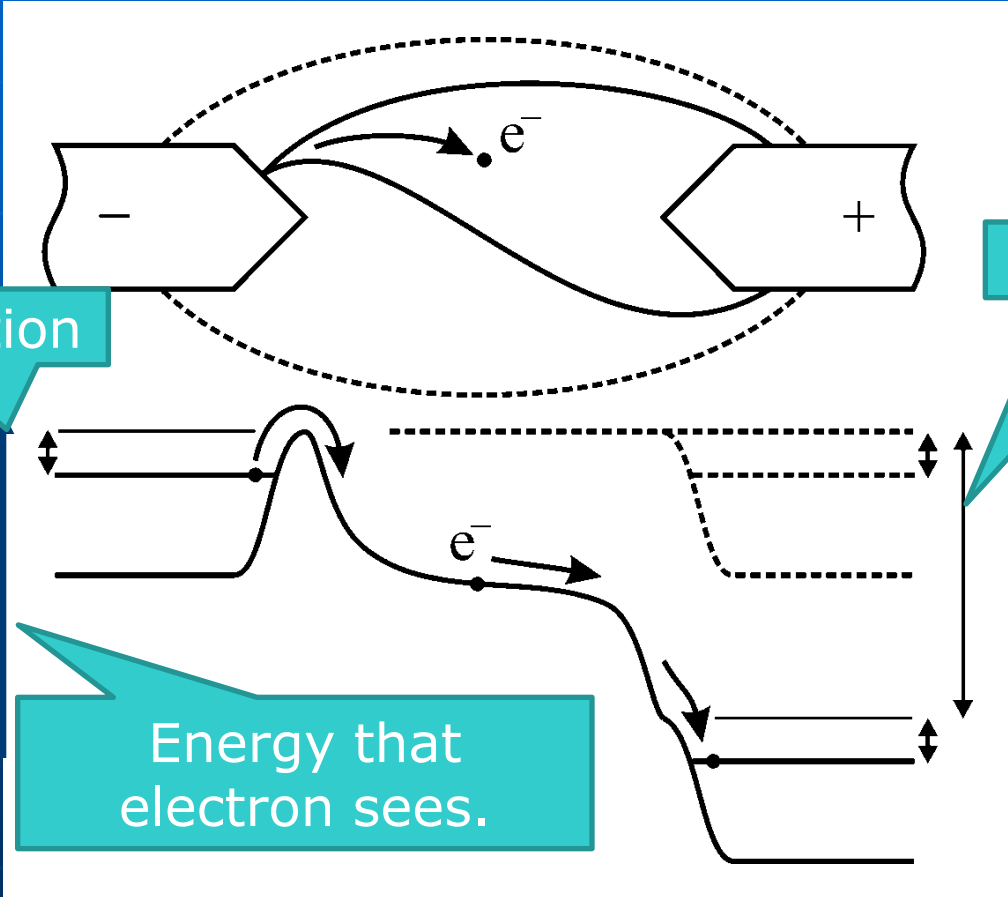
引張試験片



(a) 軟鋼の場合



(b) 高張力鋼, 合金鋼およびアルミニウム合金の場合



Work function

Arc voltage

Energy that electron sees.

周期律表

	<i>s</i>		<i>d</i>										<i>p</i>					
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6
	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII			IB	IIB	IIIB	IVB	VB	VIB	BIIB	0
1	H																He	
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
6	Cs	Ba	*	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
7	Fr	Ra	**															

		<i>f</i>														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
6	*	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
7	**	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr