

補足説明資料

特定兼用キャスクの構造及びその安全機能を担保する構成部材 に関する説明資料

目次

1.	目的	3
2.	キャスクの構造及び構成部材	3
2.1.	キャスク本体	5
2.2.	蓋部	6
2.3.	バスケット	7
3.	設計入力値	10
3.1.	低温用厚肉フェライト球状黒鉛鋳鉄品 FCD 300 LT - JIS G 5504	10
3.2.		13
3.3.		14
3.4.	一般構造用圧延鋼材 SS 330 - JIS G 3101	15
3.5.	ステンレス鋼棒 SUS 630 H1150-JIS G 4303	16
3.6.	ステンレス鋼鍛造品 SUS F347 - JIS G 3214	19
3.7.	圧力容器用ステンレス鋼鍛鋼品 SUS F316 - JIS G 3214	22
3.8.	低合金ボルト用棒鋼 SNB 21-2 - JIS G 4108	24
3.9.	ステンレス鋼板 SUS 347 - JIS G 4304 / JIS G 4305	26
3.10.	ステンレス鋼棒 SUS 410 - JIS G 4303	29
3.11.	ほう素添加アルミニウム合金 Al-B ₄ C	31
3.12.	ステンレス鋼板 SUS 304L - JIS G 4304	32
3.13.	アルミニウム合金板 A6061P - JIS H 4000	34
3.14.	ステンレス鋼板 SUS 304 - JIS G 4304	36
別紙 1		39
参考文献		42

1. 目的

本書は CASTOR® geo26JP 型の型式証明申請書及び補足説明資料に共通の CASTOR® geo26JP 型の構造及びその安全機能を担保する構成部材を説明するものである。

2. キャスクの構造及び構成部材

キャスクの構造について、図 1 に示す。

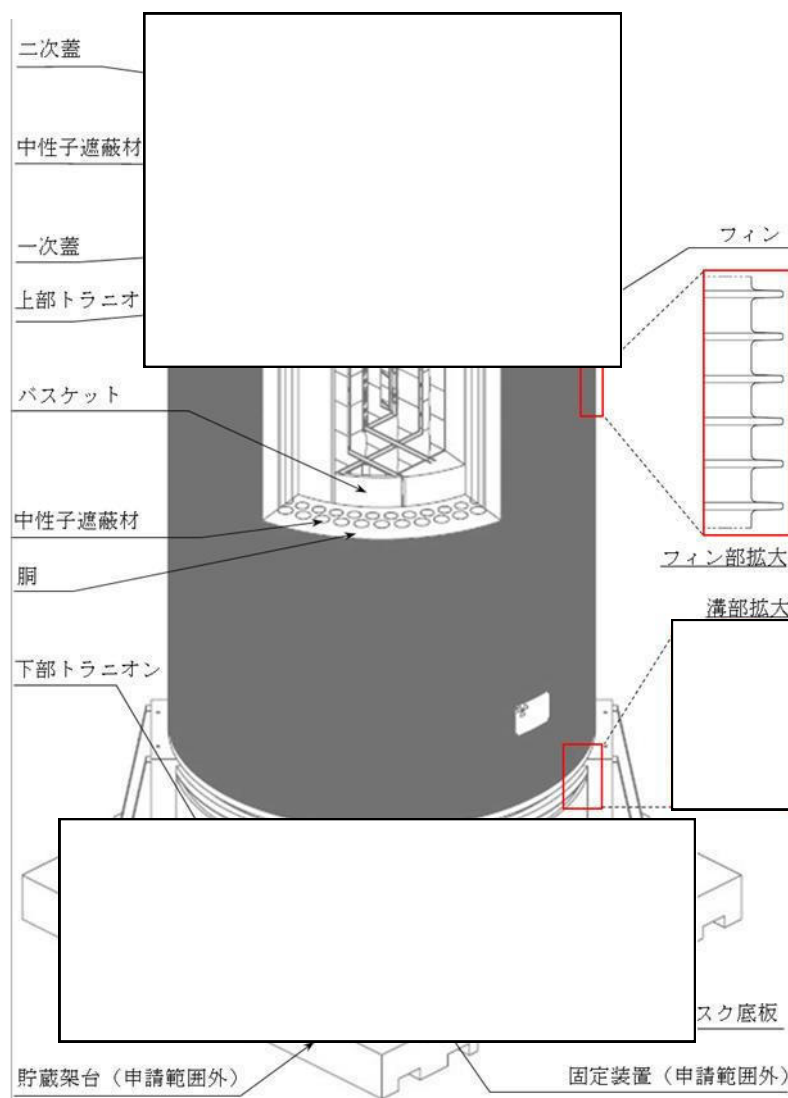


図 1 キャスクの構造図

キャスクの安全機能を担保する構成部材を表 1 に示す。

表 1 CASTOR® geo26JP 型の主な構成部材

部材		材料、規格又は製品名	担保する安全機能
キャスク本体	胴		閉じ込め 遮蔽
	中性子遮蔽材(棒状) (内列/外列)		遮蔽
	中性子遮蔽材(円板状) (蓋、底部)		遮蔽
	遮蔽棒		遮蔽
	トラニオン、トラニオンボルト		吊り上げ
	キャスク底板		-
蓋	一次蓋(一次蓋密閉力 バーを含む)、二次蓋		閉じ込め 遮蔽
	一次蓋ボルト、 二次蓋ボルト		閉じ込め
	金属ガスケット		閉じ込め
バスケット	H-ビーム		臨界防止 遮蔽
	熱伝導及び中性子吸収板		臨界防止 除熱
	コーナーエレメント、 バスケット側板		臨界防止 遮蔽
	鋼製エッジセグメント		遮蔽、除熱
	エッジセグメント		遮蔽、除熱
	バスケット底板		-

CASTOR® geo26JP 型は、キャスク本体、蓋、バスケットから構成され、それぞれの説明を次に示す。

2.1. キャスク本体

キャスク本体及び蓋部の構造を図 2 に示す。

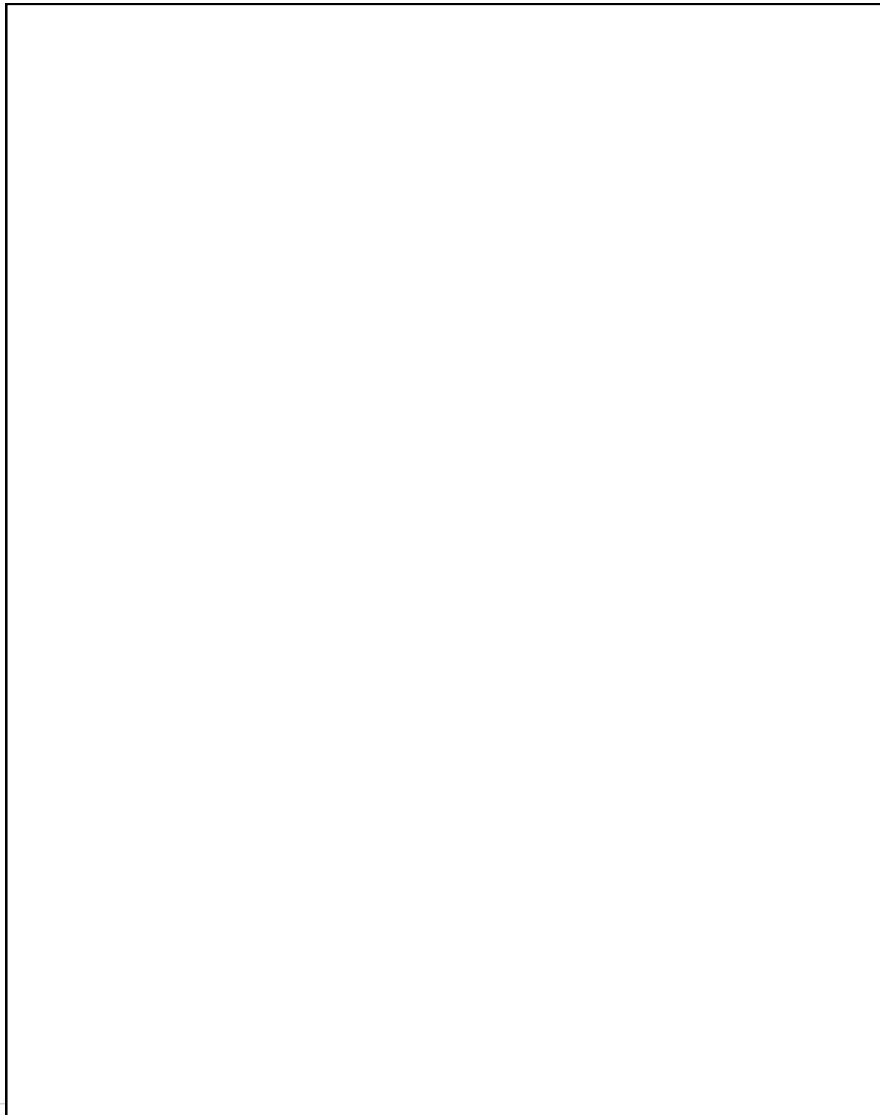


図 2 キャスク本体及び蓋部の構造

球状黒鉛鋳鉄製の胴の側部には、底面から円周方向に 2 列の軸方向の円筒(ボアホール)が機械加工されており、各ボアホールにはポリエチレン製の棒状の中性子遮蔽材が遮蔽棒及びスプリングとともに挿入されている。下部トランシオンのやや上方のキャスク胴には、キャスク固定装置の舌部が食い込む溝部が機械加工されている。

キャスクの底面にはポリエチレン製の円板状の中性子遮蔽材が取り付けられ、キャスク底板によって閉じられる。二次蓋にもポリエチレン製の円板状の中性子遮蔽材が取り付けられている。

キャスクの取扱いのために、キャスク本体には上部に 2 対のトランシオン、下部に 1 対または 2 対のトランシオンが取り付けられる(図 3 参照)。ステンレス鋼製のトランシオンは、キャスク本体に嵌め込まれ、六

角穴付きボルトで締め付けられる。上部トラニオンは、垂直及び水平方向のハンドリングに用いられ、下部トラニオンは、キャスクの立て起こし及び水平方向ハンドリングに用いられる。

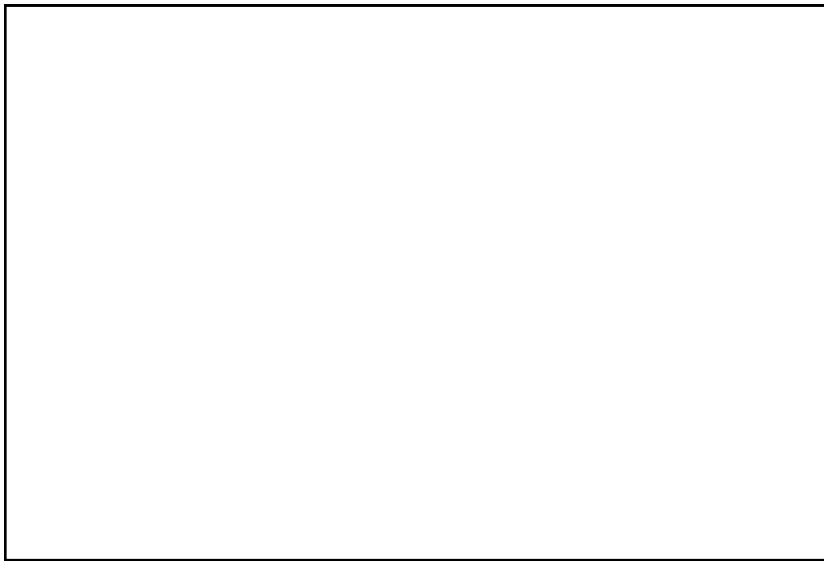


図3 上部トラニオン(左、a)と下部トラニオン(右、b)の形状

2.2. 蓋部

蓋部の構造を図2及びその詳細構造を図4に示す。

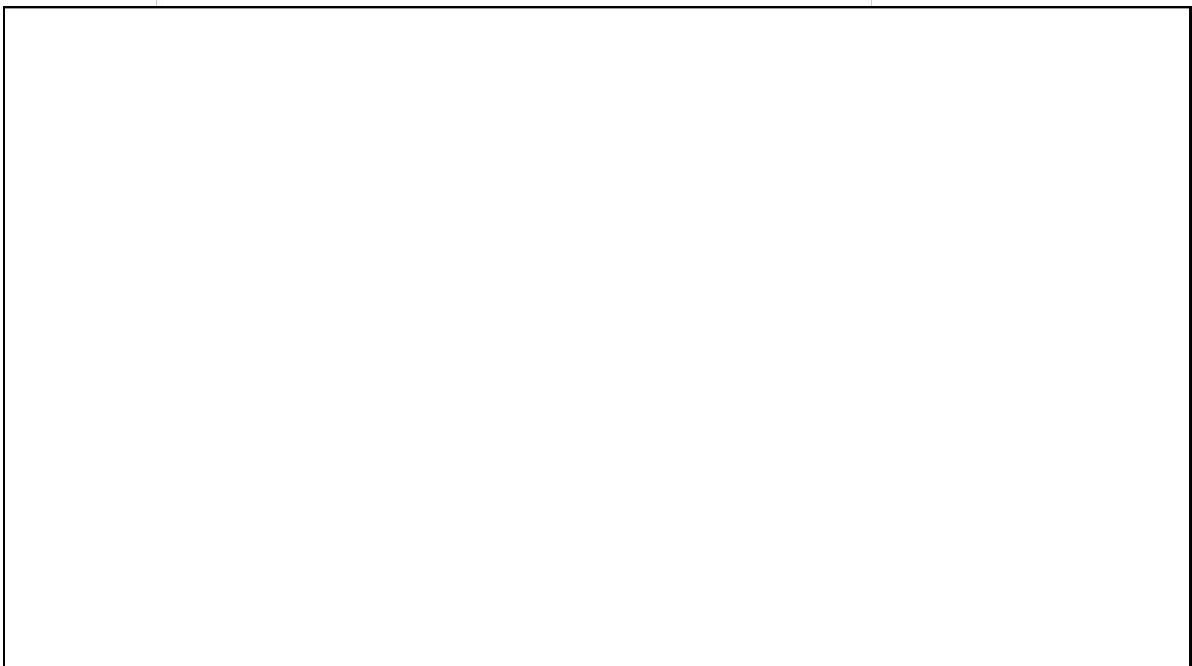









図4 蓋部の詳細構造

蓋部は一次蓋、二次蓋、一次蓋密閉カバー、クイックコネクタカバーで構成される。一次蓋密閉カバーは、一次蓋内の貫通口を、クイックコネクタカバーは二次蓋内のクイックコネクタの貫通口を塞ぐ。

一次蓋は  の一次蓋ボルトで固定され、 の金属ガスケットで閉じ込められる。一次蓋の金属ガスケットは、キャスクの頭部に一時的に取り付けられる漏えい試験用補助蓋と一次蓋との間の空間を利用して気密漏えい試験が行われる。

一次蓋内のオリフィスは、排水、真空乾燥及びヘリウム充填に必要な機器の接続部である。一次蓋内の貫通口は、金属ガスケットが取り付けられ、 の六角穴付きボルトによって一次蓋密閉カバーが締め付けられることで閉じ込められる。

二次蓋には円板状の中性子遮蔽材が取り付けられており、蓋側の軸方向中性子遮蔽に寄与する。二次蓋は  の六角ネジで締め付けられ、 の金属ガスケットで閉じ込められる。

二次蓋は、一次蓋と二次蓋との間の蓋間空間への接続、例えばヘリウム充填又は圧力監視のための機器の接続、が可能な構造である。クイックコネクタが入っているオリフィスはクイックコネクタカバーで閉じられる。クイックコネクタカバーは金属ガスケットで密閉され、 の六角穴付きボルトで締め付けられる。二次蓋のもう一方のオリフィスは、貯蔵時の圧力監視に使用される。圧力監視装置が接続されていない時は、このオリフィスは二次蓋密閉カバーによって閉じられ、金属ガスケットによって密閉され、 の六角穴付きボルトによって締め付けられる。

2.3. バスケット

バスケットの構造を図 5 に示す。

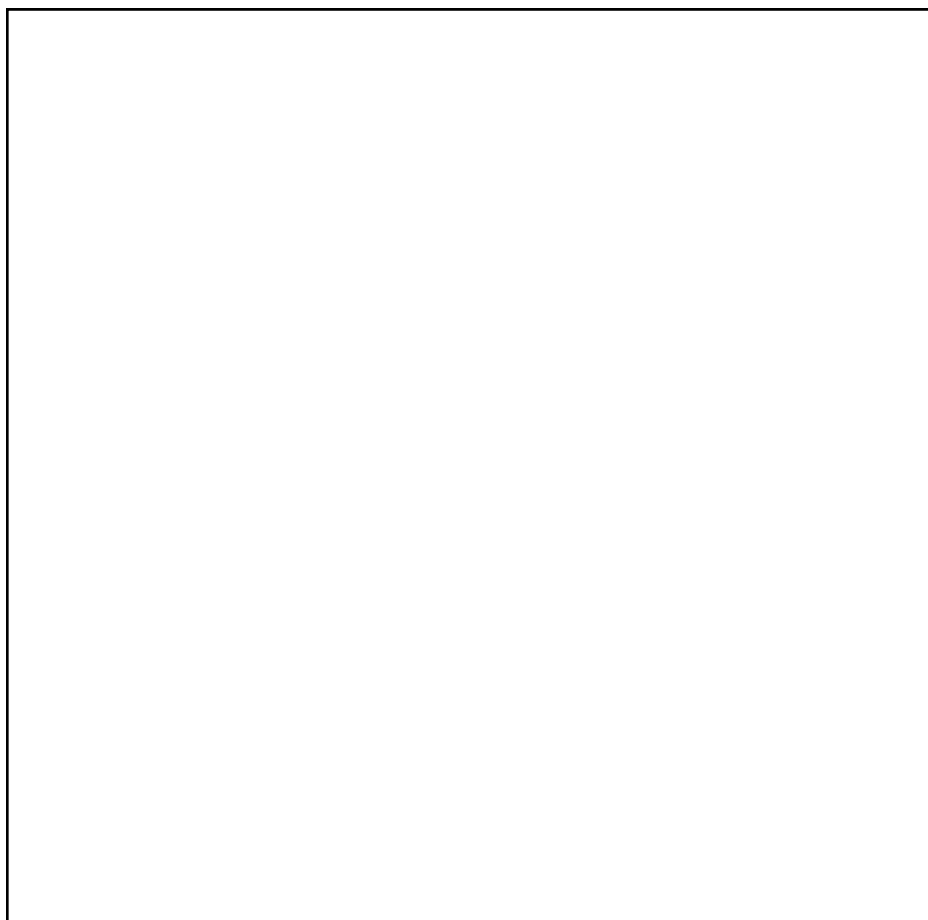


図 5 バスケットの構造

バスケットの格子構造を図 6 に示す。

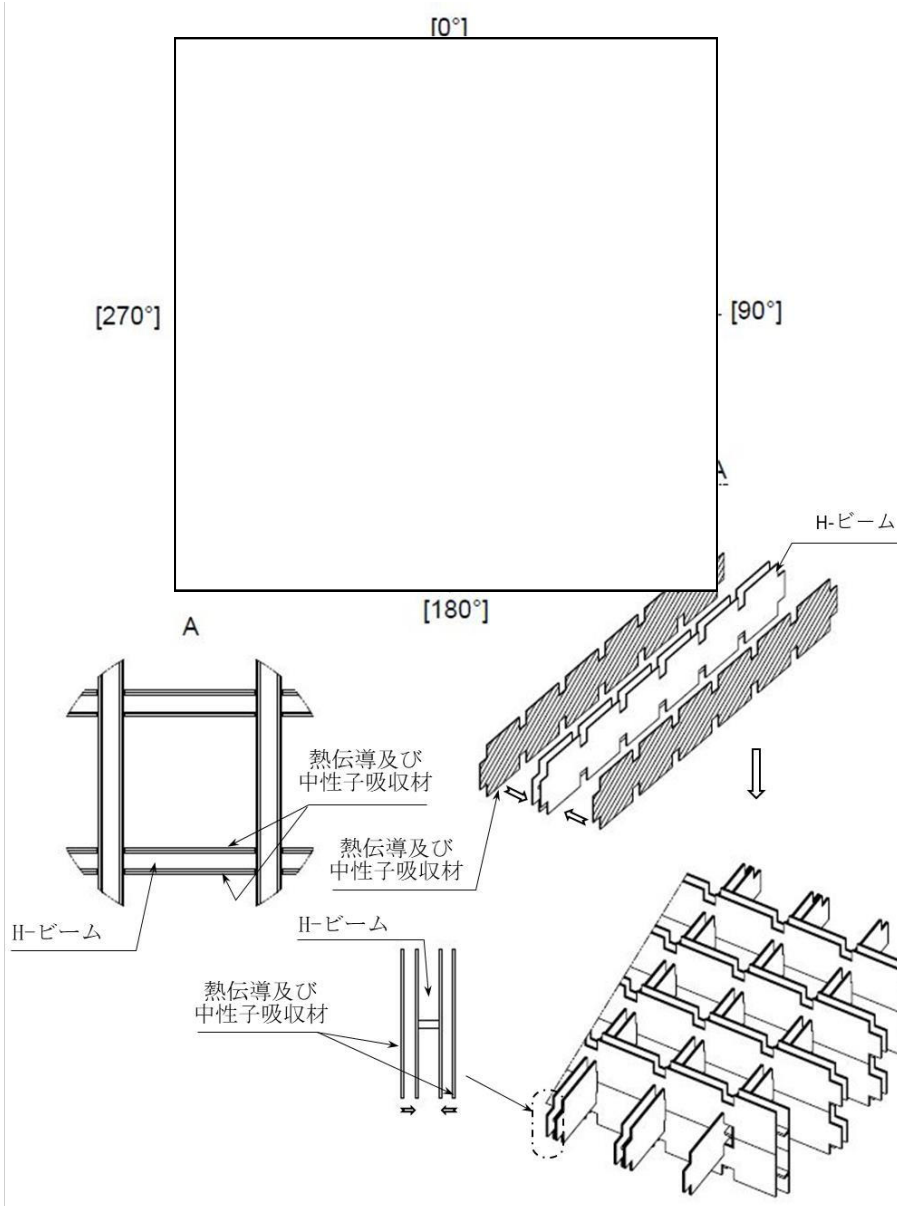


図 6 バスケット格子構造

バスケットは、ほう素添加アルミニウム合金製の熱伝導及び中性子吸収材とステンレス鋼製の H-ビームで構成される。熱伝導及び中性子吸収材は H-ビームに平行に密着する。これらで構成されたものが格子構造に配置される。それら格子構造のものが、ステンレス鋼製のバスケット側板で囲まれる。

バスケットは、燃料集合体を収納する 26 個の [] の格子を形成する。バスケット側板及びキャスク本体内壁との間の隙間は、[] [] で埋められる。なお、[] [] で配置される。

[]

[] が配置されており、これらがバスケットを支持している (図 5 参照)。

これらで構成されたものがステンレス鋼製のバスケット底板に載せられ、コーナーエレメント及びバスケット底板により固定される。バスケット底板の凹部は、真空乾燥時にキャスク内部からの排水を促進する。

H-ビーム、バスケット側板及びコーナーエレメントが、バスケットの構造健全性を担保する部材となる。

3. 設計入力値

1. 及び 2. に示した構成部材に関する安全設計への入力値について示す。

0～3.14 に記載されている設計応力強さ、設計降伏点及び設計引張強さの値は、特別の記載がない限り、最低要求値である。また、特別の記載がない限り、記載された物性値は制限温度まで有効である。なお、温度の中間における値は、比例法によって計算する。

3.1. 低温用厚肉フェライト球状黒鉛鑄鉄品 FCD 300 LT – JIS G 5504

表 2 FCD 300 LT の物性値

制限温度 $T_{max}^{(1)}$	350 ° C
質量計算用密度 ⁽²⁾	7200kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.29

(注 1) 参考文献[1] 参照

(注 2) 参考文献[2]、表 PRD – 鑄鉄

表 3 FCD 300 LT の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	3.0 – 3.7
Si	1.2 – 2.3
Mn	≤ 0.25
P	≤ 0.03
Cu	≤ 0.1
Ni	≤ 1.0
Cr	≤ 0.07
Mg	≤ 0.07

(注 1) 参考文献[3]附属書「原子力用使用済燃料等輸送・貯蔵容器(キャスク)の追加要件」参照

表 4 FCD 300 LT の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
-30 - 40	100	200	300
75	82	165	245
100	78	158	235
150	77	151	230
200	75	147	225
225	75	146	224
250	74	145	222
275	74	144	221
300	73	142	220
325	71	139	212
350	68	136	203

(注 1)参考文献[1]別表 5-1 参照

(注 2)参考文献[1]別表 5-8 参照

(注 3)参考文献[1]別表 5-9 参照

表 5 FCD 300 LT の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
20	163000
50	160000
75	158000
100	156000
125	154000
150	152000
175	150000
200	148000
225	146000
250	143000

(注 1)参考文献[1]別表 6-1 参照

表 6 FCD 300 LT の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ 上段: 係数 A、下段: 係数 B、 [10 ⁻⁶ mm/mm °C]		熱伝導率 ⁽²⁾ [W / (m × K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [×10 ⁻⁶ m ² /s]
	20	11.29 11.82	37.50	11.44
50	11.53 11.96	38.50	11.59	
75	11.72 12.08	39.18	11.56	
100	11.92 12.19	39.73	11.51	
125	12.11 12.30	40.15	11.44	
150	12.31 12.42	40.45	11.36	
175	12.50 12.53	40.64	11.26	
200	12.70 12.65	40.73	11.13	
225	12.89 12.76	40.73	10.99	
250	13.09 12.88	40.64	10.83	
275	13.28 12.99	40.47	10.65	
300	13.48 13.11	40.23	10.44	

(注 1) 参考文献[1] 別表 6-2 参照

係数 A: 瞬間熱膨張係数 (×10⁻⁶ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°C から指示温度までの平均熱膨張係数 (×10⁻⁶ mm/mm/°C)。

(注 2) 参考文献[2]、表 TCD-延性鑄鉄

3.2.

[Redacted]

表 7

[Redacted]

--

表 8

[Redacted]

--

表 9

[Redacted]

--

3.3.

表 10

--

表 11

--

表 12

--

3.4. 一般構造用圧延鋼材 SS 330 – JIS G 3101

表 13 SS 330 の物性値

温度制限 T_{\max} ⁽¹⁾	371 °C
質量計算用密度 ⁽²⁾	7750kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.3

(注 1)参考文献[2]、表 2A- Carbon steel

(注 2)参考文献[2]、表 PRD- Carbon steels を参照

表 14 SS 330 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	-
Mn	-
P	≤ 0.050
S	≤ 0.050

(注 1)参考文献[9]参照

表 15 SS 330 の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽³⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽³⁾ [x10 ⁻⁶ m ² /s]
20	11.5	60.4	18.10
	11.5		
	0		
50	12.0	59.8	17.03
	11.8		
	0.4		
75	12.3	58.9	16.27
	11.9		
	0.7		
100	12.7	58.0	15.60
	12.1		
	1.0		
125	12.9	57.0	15.00
	12.3		
	1.3		

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α	熱伝導率 ⁽³⁾	熱拡散率 ⁽³⁾
	上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	λ [W/(m×K)]	[$\times 10^{-6}$ m ² /s]
150	13.2	55.9	14.43
	12.4		
	1.6		
175	13.5	54.7	13.90
	12.6		
	2.0		
200	13.8	53.6	13.40
	12.7		
	2.3		
225	14.0	52.5	12.90
	12.9		
	2.6		
250	14.3	51.4	12.42
	13.0		
	3.0		
275	14.6	50.3	11.95
	13.2		
	3.4		
300	14.9	49.2	11.48
	13.3		
	3.7		

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1- Coefficients for Carbon Steels, Group 1 参照

(注 2) 係数 A:瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B:20°Cから指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C:20°Cから指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD - Group A 参照

3.5. ステンレス鋼棒 SUS 630 H1150-JIS G 4303

表 16 SUS 630 H1150 の物性値

制限温度 T_{\max} ⁽¹⁾	350 ° C
質量計算用密度 ⁽²⁾	7920kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1)参考文献[10]参照

(注 2)参考文献[2]、表 PRD- Precipitation hardening steel 参照

表 17 SUS 630 H1150 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	≤ 0.07
Si	≤ 1.00
Mn	≤ 1.00
P	≤ 0.04
Cu	3.00 - 5.00
Ni	3.00 - 5.00
Cr	15.00 - 17.50
S	≤ 0.03
Nb	0.15 - 0.45

(注 1)参考文献[11]参照

表 18 SUS 630 H1150 の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	311	725	930
75	311	687	846
100	311	666	846
150	311	640	845
200	303	621	826

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 1 参照

(注 2) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 19 SUS 630 H1150 (ボルト材) の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	242	725	930
75	229	687	846
100	222	666	846
150	214	640	845
200	207	621	826
225	204	612	817
250	201	603	809

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
275	198	595	802
300	196	588	797
325	194	582	791

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 2 参照

(注 2) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 20 SUS 630 H1150 の弾性率

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
-75	203000
25	195000
100	190000
150	186000
200	183000
250	178000
300	176000
350	173000
400	169000
450	166000

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 6、表 1 参照

表 21 SUS 630 H1150 の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段: 係数 A、中段: 係数 B、下段: 係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽³⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽³⁾ [x10 ⁻⁶ m ² /s]
20	11.5	17.3	4.80
	11.5		
	0		
50	11.8	17.6	4.84
	11.6		
	0.3		
75	12.0	18.0	4.85
	11.8		
	0.6		

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段: 係数 A、中段: 係数 B、下段: 係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽³⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽³⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
100	12.3 11.9 1.0	18.4	4.86
125	12.5 12.0 1.3	18.9	4.87
150	12.7 12.1 1.6	19.3	4.87
175	12.9 12.2 1.9	19.8	4.87
200	13.1 12.3 2.2	20.2	4.88
225	13.2 12.4 2.6	20.7	4.88
250	13.4 12.5 2.9	21.1	4.88

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1 Coefficients for Precipitation Hardened 17Cr-4Ni-4Cu Stainless Steels, Condition 1150 参照。

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°Cから指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°Cから指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD - Group I 参照

3.6. ステンレス鋼鍛造品 SUS F347 - JIS G 3214

表 22 SUS F347 の物性値

制限温度 T_{\max} ⁽¹⁾	425 °C
質量計算用密度 ⁽²⁾	8030kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1) 参考文献[10]参照

(注 2) 参考文献[2]、表 PRD- High alloy steels を参照

表 23 SUS F347 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	≤ 0.08
Si	≤ 1.00
Mn	≤ 2.00
P	≤ 0.04
S	≤ 0.03
Ni	9.00 – 13.00
Cr	17.00 – 20.00

(注 1)参考文献[12]参照

表 24 SUS F347 の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	137	205	480
75	137	195	427
100	137	188	416
150	137	177	385
200	137	166	364
225	137	161	359
250	137	157	354

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 1 参照

(注 2) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 25 SUS F347 の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
-75	201000
25	195000
100	189000
150	186000
200	183000

(注 1)参考文献[2]、表 TM-1, Group G 参照

表 26 SUS F347 の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
20	15.3 15.3 0	14.1	3.57
50	16.0 15.6 0.5	14.6	3.64
75	16.5 15.9 0.9	15.0	3.69
100	17.0 16.2 1.3	15.4	3.75
125	17.4 16.4 1.7	15.7	3.8
150	17.8 16.6 2.2	16.1	3.86
175	18.1 16.8 2.6	16.5	3.92
200	18.4 17.0 3.1	16.8	3.98

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1- Coefficients for Austenitic Stainless Steels, Group 3 参照

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°C から指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°C から指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD - Group K 参照

3.7. 圧力容器用ステンレス鋼鍛鋼品 SUS F316 – JIS G 3214

表 27 SUS F316 の物性値

制限温度 T_{max} ⁽¹⁾	425 °C
重量計算用密度 ⁽²⁾	8030kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1)参考文献[10]参照

(注 2)参考文献[2]、表 PRD – High alloy steels (300 series)参照

表 28 SUS F316 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	≤ 0.08
Si	≤ 1.00
Mn	≤ 2.00
P	≤ 0.04
S	≤ 0.03
Ni	10.00 – 14.00
Cr	16.00 – 18.00
Mo	2.00 – 3.00

(注 1)参考文献[12]参照

表 29 SUS F316 の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	137	205	480
75	137	187	438
100	137	176	437
150	137	161	430
200	132	149	421

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 1 参照

(注 2) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 30 SUS F316 の弾性率

温度	弾性係数 ⁽¹⁾
T [°C]	E [MPa]
-75	201000
25	195000
100	189000
150	186000
200	183000

(注 1)参考文献[2]、表 TM-1、G 群参照

表 31 SUS F316 の熱特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
20	15.3	14.1	3.57
	15.3		
	0		
50	16.0	14.6	3.64
	15.6		
	0.5		
75	16.5	15.0	3.69
	15.9		
	0.9		
100	17.0	15.4	3.75
	16.2		
	1.3		
125	17.4	15.7	3.8
	16.4		
	1.7		
150	17.8	16.1	3.86
	16.6		
	2.2		
175	18.1	16.5	3.92
	16.8		
	2.6		

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α	熱伝導率 ⁽²⁾	熱拡散率 ⁽²⁾
	上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	λ [W/(m×K)]	[$\times 10^{-6}$ m ² /s]
200	18.4 17.0 3.1	16.8	3.98

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1 - Coefficients for Austenitic Stainless Steels, Group 3 参照

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°Cから指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°Cから指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD - Group K 参照

3.8. 低合金ボルト用棒鋼 SNB 21-2 - JIS G 4108

表 32 SNB 21-2 の物性値

制限温度 T_{\max} ⁽¹⁾	350 ° C
質量計算用密度 ⁽²⁾	7750kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1) 参考文献[10]参照

(注 2) 参考文献[2]、表 P PRD - High alloy steels 参照

表 33 SNB 21-2 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	0.36 - 0.44
Si	0.2 - 0.35
Mn	0.45 - 0.70
P	≤ 0.025
S	≤ 0.025
Cr	0.80 - 1.15
Mo	0.5 - 0.65
V	0.25 - 0.35

(注 1) 参考文献[13]参照

表 34 SNB 21-2 の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ Strength ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	321	960	1070
75	312	937	971
100	306	919	945
150	297	891	945
200	289	867	945

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 2 参照

(注 2) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 35 SNB 21-2 の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
-75	210
25	204
100	200
150	197
200	193

(注 1) 参考文献[2]、表 TM-1, Group C 参照

表 36 SNB 21-2 の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段: 係数 A、中段: 係数 B、下段: 係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m × K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [×10 ⁻⁶ m ² /s]
20	11.5 11.5 0	41	11,87
50	12.0 11.8 0.4	40,8	11,47
75	12.3 11.9 0.7	40,7	11,16

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m × K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
100	12.7 12.1 1.0	40,6	10,88
125	12.9 12.3 1.3	40,5	10,6
150	13.2 12.4 1.6	40,4	10,33
175	13.5 12.6 2.0	40,3	10,08
200	13.8 12.7 2.3	40,1	9,82

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1 – Coefficients for Carbon and Low Alloy Steels, Group 1 参照

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°C から指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°C から指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD – Group C 参照

3.9. ステンレス鋼板 SUS 347 – JIS G 4304 / JIS G 4305

表 37 SUS 347 の物性値

制限温度 T_{\max} ⁽¹⁾	425 ° C
質量計算用密度 ⁽²⁾	7920 kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1) 参考文献[10]参照

(注 2) 参考文献[2]、表 PRD – High alloy steels 参照

表 38 SUS 347 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	≤ 0.08
Si	≤ 1.00
Mn	≤ 2.00
P	≤ 0.045
S	≤ 0.03
Ni	9.00 – 13.00
Cr	17.00 – 19.00

(注 1)参考文献[14]参照

表 39 SUS 347 の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	137	205	520
75	137	195	488
100	137	188	474
150	137	177	444
200	137	166	429
225	137	161	423
250	137	157	417

(注 1)参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 1 参照

(注 2)参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3)参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 40 SUS 347 の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
-75	201000
25	195000
100	189000
150	186000
200	183000
250	179000

(注 1)参考文献[2]、表 TM-1、G 群参照

表 41 SUS 347 の熱特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散係数 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
20	15.3 15.3 0	14.1	3.57
50	16.0 15.6 0.5	14.6	3.64
75	16.5 15.9 0.9	15.0	3.69
100	17.0 16.2 1.3	15.4	3.75
125	17.4 16.4 1.7	15.7	3.8
150	17.8 16.6 2.2	16.1	3.86
175	18.1 16.8 2.6	16.5	3.92
200	18.4 17.0 3.1	16.8	3.98
225	18.6 17.2 3.5	17.2	4.05
250	18.8 17.4 4.0	17.6	4.11

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1 – Coefficients for Austenitic Stainless Steels, Group 3 参照

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°C から指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°C から指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD – Group K 参照

3.10. ステンレス鋼棒 SUS 410 – JIS G 4303

表 42 SUS 410 の物性値

制限温度 $T_{max}^{(1)}$	350 ° C
質量計算用密度 ⁽²⁾	7750kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1)参考文献[10]参照

(注 2)参考文献[2]、表 PRD – High alloy steels (400 series)参照

表 43 SUS 410 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	≤ 0.15
Si	≤ 1.00
Mn	≤ 1.00
P	≤ 0.040
S	≤ 0.030
Ni	≤ 0.60
Cr	11.50 – 13.50

(注 1)参考文献[11]参照

表 44 SUS 410 の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S_m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S_y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S_u [MPa]
最大 40	179	345	540
75	179	267	438
100	179	262	437
150	179	254	430
200	179	246	423
225	174	243	420
250	172	240	417

(注 1)参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 1 参照

(注 2)参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3)参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 45 (45)SUS 410 の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
-75	208000
25	201000
100	195000
150	192000
200	189000
250	186000

(注 1)参考文献[2]、表 TM-1, Group F 参照

表 46 SUS 410 の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /秒]
20	10.6 10.6 0	24.6	7.12
50	11.1 10.9 0.3	24.7	6.93
75	11.3 11.0 0.6	24.7	6.80
100	11.5 11.1 0.9	24.8	6.69
125	11.7 11.3 1.2	24.9	6.58
150	11.8 11.4 1.5	24.9	6.48
175	11.9 11.4 1.8	25.0	6.37
200	12.0 11.5 2.1	25.0	6.26

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /秒]
225	12.1 11.6 2.4	25.1	6.14
250	12.1 11.6 2.7	25.1	6.02

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1 – Coefficients for 13Cr Steels 参照

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°Cから指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°Cから指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD – Group G 参照

3.11. ほう素添加アルミニウム合金 Al-B₄C

表 47 Al-B₄C の物性値

--

表 48 Al 合金基地組織の化学組成

--

表 49 Al-B₄C の熱膨張率

--

表 50 Al-B₄C の熱伝導率

--

3.12. ステンレス鋼板 SUS 304L – JIS G 4304

表 51 SUS 304L の物性

制限温度 $T_{max}^{(1)}$	425 ° C
質量計算用濃度 ⁽²⁾	8030kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1) 参考文献[10]参照

(注 2) 参考文献[2]、表 PRD – High Alloy Steels (300 series)参照

表 52 SUS 304L の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	≤ 0.03
Si	≤ 1.00
Mn	≤ 2.00
P	≤ 0.045
S	≤ 0.030
Ni	9.00 – 13.00
Cr	18.00 – 20.00

(注 1) 参考文献[14]表 2 参照。

表 53 SUS 304L の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	118	175	480
75	115	155	431
100	115	145	408
150	115	131	390
200	109	122	372
250	103	114	367

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 1 参照

(注 2) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 54 SUS 304L の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
-75	201000
25	195000
100	189000
150	186000
200	183000

(注 1) 参考文献[2]、表 TM-1, Group G 参照

表 55 SUS 304L の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段: 係数 A、中段: 係数 B、下段: 係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m × K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
20	15.3 15.3 0	14.8	3.90
50	16.0 15.6 0.5	15.3	3.94
75	16.5 15.9 0.9	15.8	3.99
100	17.0 16.2 1.3	16.2	4.04
125	17.4 16.4 1.7	16.6	4.08
150	17.8 16.6 2.2	17.0	4.14
175	18.1 16.8 2.6	17.5	4.19
200	18.4 17.0 3.1	17.9	4.24

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-1 – Coefficients for Austenitic Stainless Steels, Group 3 参照

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°Cから指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°Cから指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD – Group J 参照

3.13. アルミニウム合金板 A6061P – JIS H 4000

表 56 A6061P の物理的性質

質量計算用密度 ⁽¹⁾	2700kg/m ³
ポアソン比 ⁽¹⁾	0.33

(注 1) 参考文献[2]表 PRD – (A96061)参照

表 57 A6061P の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]		
Si	0.40 - 0.80	
Fe	≤ 0.7	
Cu	0.15 - 0.40	
Mn	≤ 0.15	
Mg	0.80 - 1.20	
Cr	0.04 - 0.35	
Zn	≤ 0.25	
Ti	≤ 0.15	
その他	個々	≤ 0.05
	合計	≤ 0.15

(注 1)参考文献[16]、表 2 参照。

表 58 A6061P の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
-200	77000
-125	74000
-75	72000
25	69000
100	66000
150	63000
200	60000

(注 1)参考文献[2]、表 TM-1、A96061 参照。

表 59 A6061P の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
20	21.7	166.2	68.66
	21.7		
	0		
50	23.3	168.6	68.54
	22.6		
	0.7		

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /s]
75	23.9 23.1 1.3	170.2	68.41
100	24.3 23.4 1.9	171.7	68.29
125	24.7 23.7 2.5	173.0	68.12
150	25.2 23.9 3.1	174.1	67.87
175	25.7 24.2 3.7	175.3	67.61
200	26.4 24.4 4.4	176.2	67.57

(注 1) 参考文献[2]、表 TE-2 参照

(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 B: 20°C から指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

係数 C: 20°C から指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3) 参考文献[2]、表 TCD - A96061 参照

3.14. ステンレス鋼板 SUS 304 - JIS G 4304

表 60 SUS 304 の物性値

制限温度 T_{\max} ⁽¹⁾	425 ° C
質量計算用密度 ⁽²⁾	8030kg/m ³
ポアソン比 ⁽²⁾	0.31

(注 1) 参考文献[10]参照

(注 2) 参考文献[2]、表 PRD - High Alloy Steels (300 series)参照

表 61 SUS 304 の化学組成

化学組成 ⁽¹⁾ [%]	
C	≤ 0.08
Si	≤ 1.00
Mn	≤ 2.00
P	≤ 0.045
S	≤ 0.030
Ni	8.00 - 10.50
Cr	18.00 - 20.00

(注 1) 参考文献[14]表 2 参照。

表 62 SUS 304 の機械的性質

温度 T [°C]	設計応力強さ ⁽¹⁾ S _m [MPa]	設計降伏点 ⁽²⁾ S _y [MPa]	設計引張強さ ⁽³⁾ S _u [MPa]
最大 40	137	205	520
75	137	183	466
100	137	171	441
150	137	155	422

(注 1) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 1 参照

(注 2) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 8 参照

(注 3) 参考文献[10]、付録材料図表 part 5、表 9 参照

表 63 SUS 304 の弾性係数

温度 T [°C]	弾性係数 ⁽¹⁾ E [MPa]
25	195000
100	189000
200	183000

(注 1) 参考文献[2]、表 TM-1, Group G 参照

表 64 SUS 304 の熱的特性

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段: 係数 A、中段: 係数 B、下段: 係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m × K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [×10 ⁻⁶ m ² /秒]
20	15.3 15.3 0	14.8	3.90

温度 T [°C]	熱膨張率 ⁽¹⁾ α 上段:係数 A、中段:係数 B、下段:係数 C ⁽²⁾	熱伝導率 ⁽²⁾ λ [W/(m×K)]	熱拡散率 ⁽²⁾ [$\times 10^{-6}$ m ² /秒]
50	16.0 15.6 0.5	15.3	3.94
75	16.5 15.9 0.9	15.8	3.99
100	17.0 16.2 1.3	16.2	4.04
125	17.4 16.4 1.7	16.6	4.08
150	17.8 16.6 2.2	17.0	4.14

(注 1)参考文献[2]、表 TE-1- Coefficients for Austenitic Stainless Steels, Group 3 参照

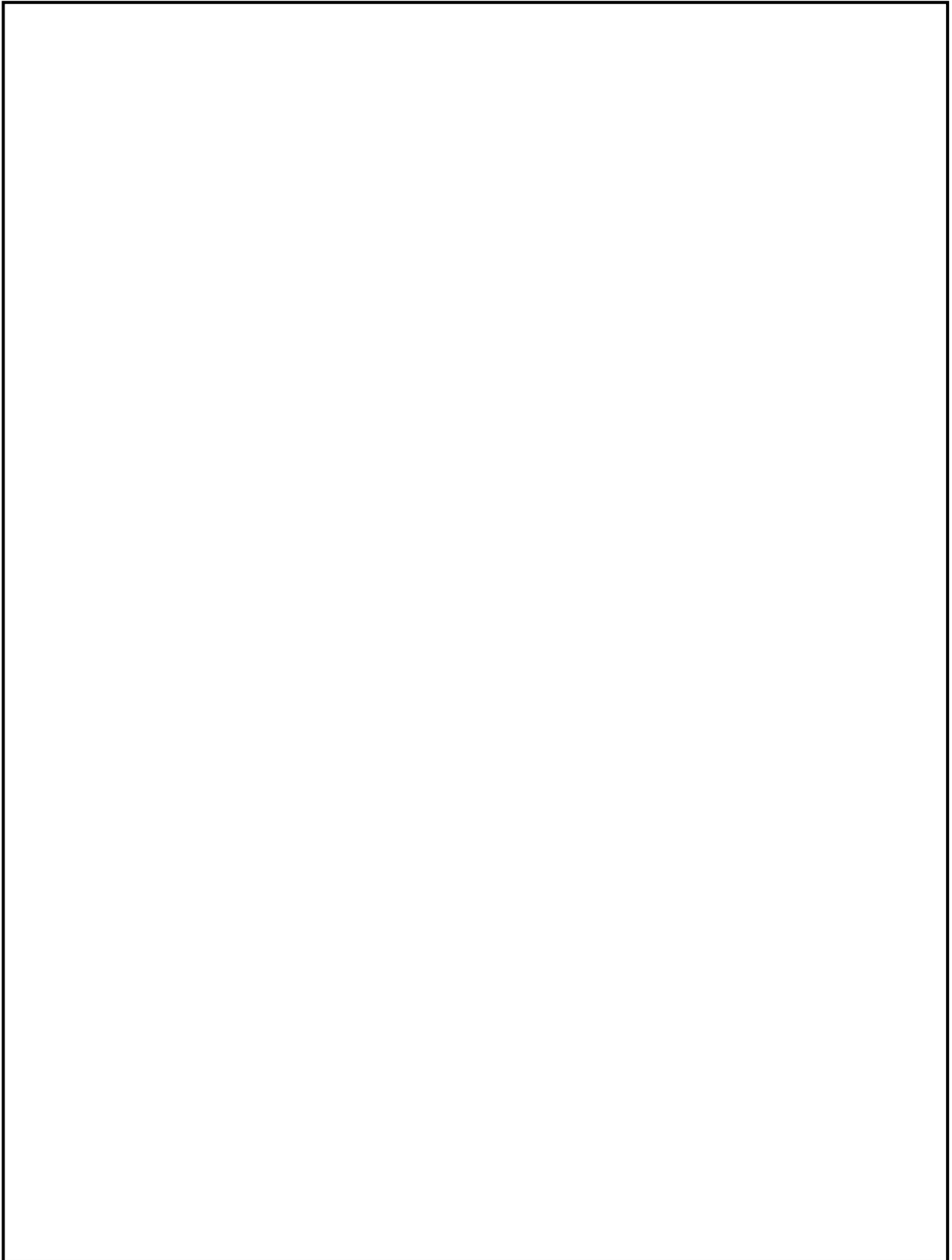
(注 2) 係数 A: 瞬間熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

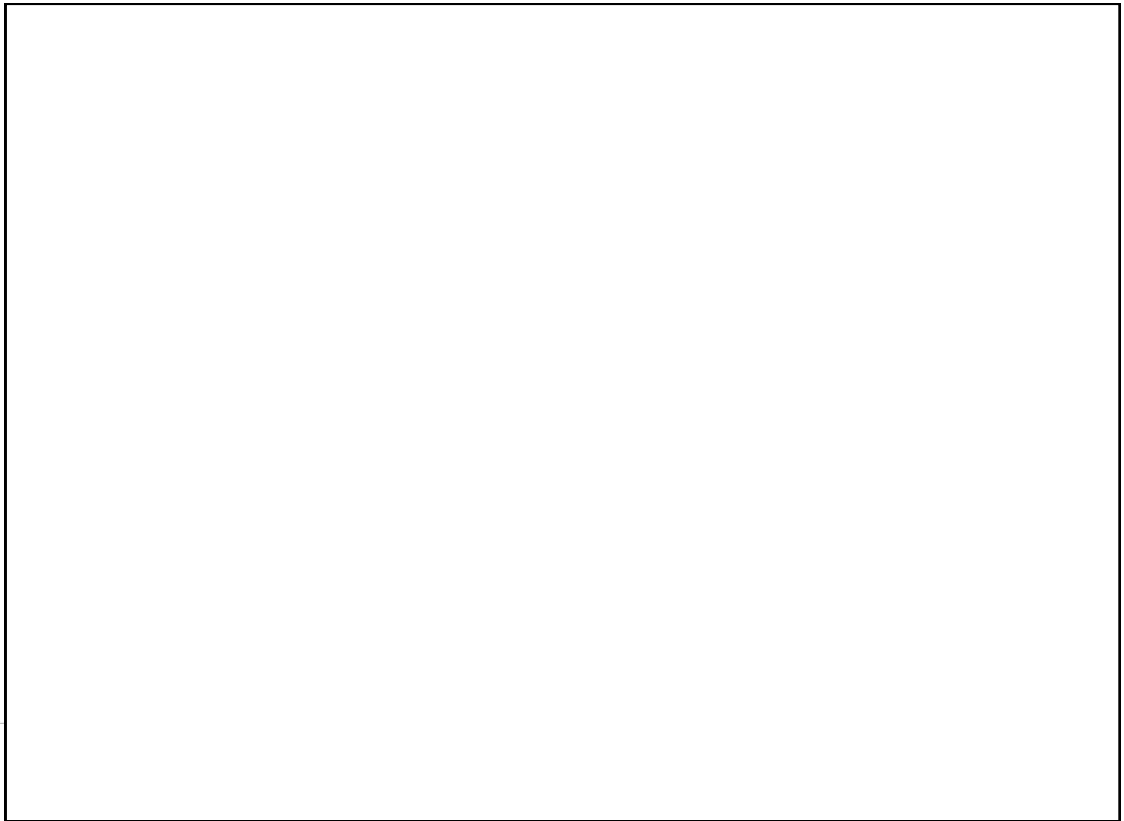
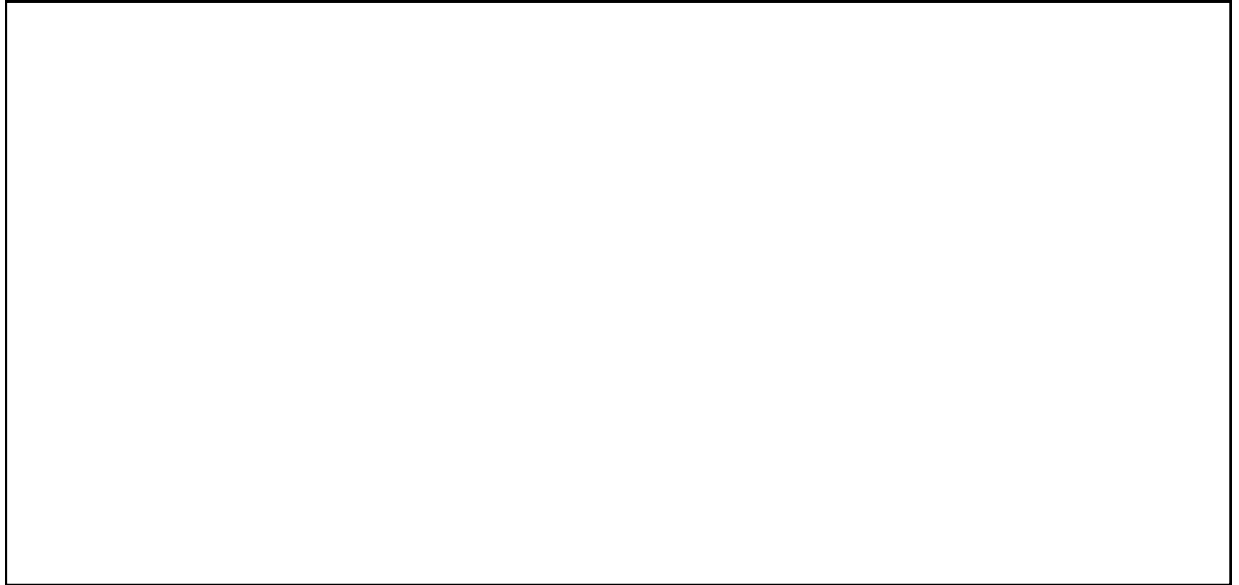
係数 B: 20°Cから指示温度までの平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/mm/°C)。

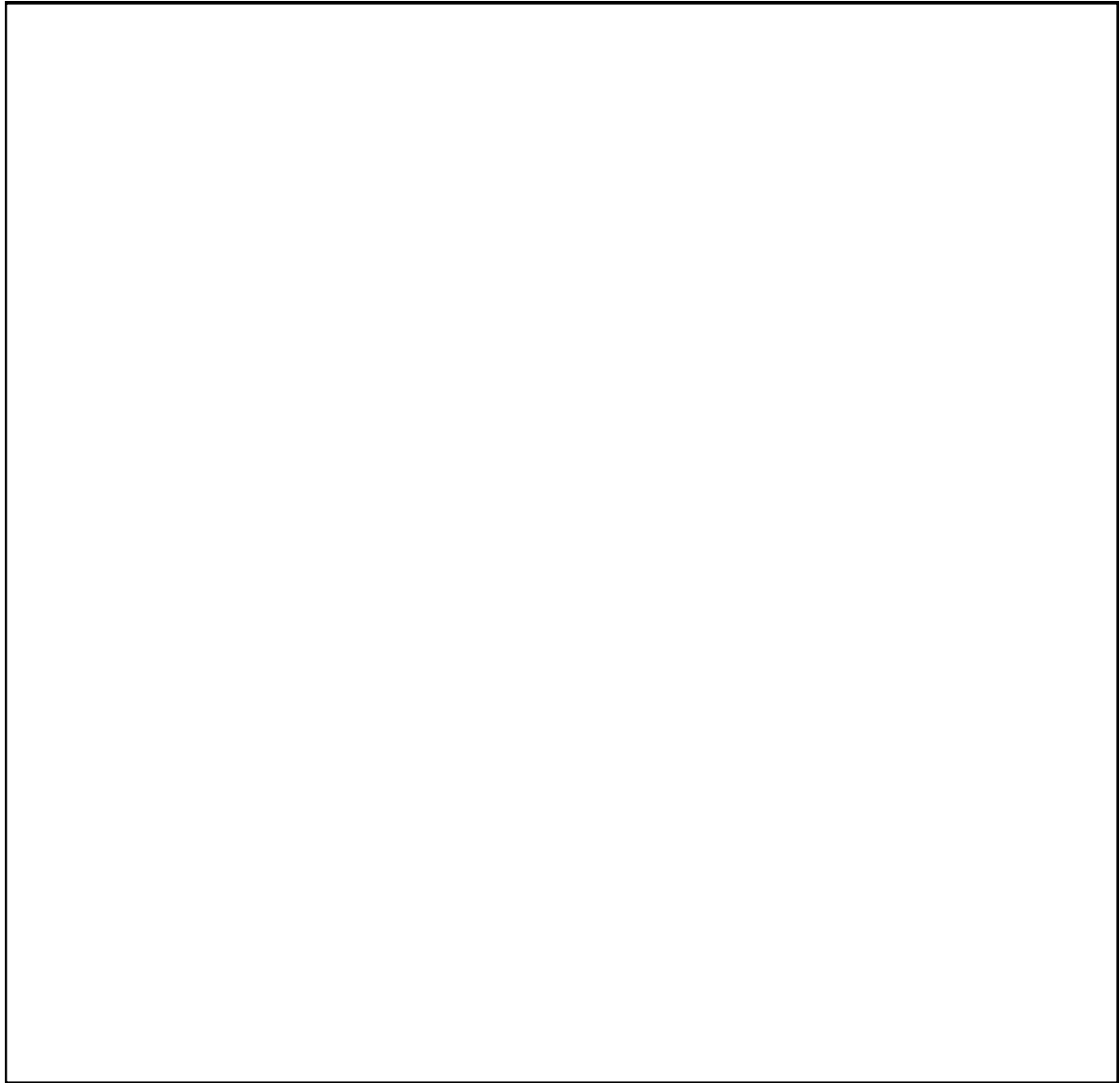
係数 C: 20°Cから指示温度までの線膨張係数 (mm/m)。

(注 3)参考文献[2]、表 TCD - Group J 参照

別紙 1:







参考文献

- [1] JSME FAS FA1-2007-使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格(2007年版),(社)日本機械学会
- [2] ASME Code Section II Part D, Properties (metric), Edition 2017
- [3] JIS G 5504: 2005 – 低温用厚肉フェライト球状黒鉛鑄鉄品
- [4]
- [5] S. GmbH, Auslegung von Kunststoffkonstruktionen, Die Querkontraktionszahl in der Konstruktionspraxis, Tab. 2, "Richtwerte der Querkontraktionszahl verschiedener Kunststoffgruppen", Separatdruck aus KunststoffXtra (Seite 27 – 30), 6301 Zug., 6/2011.
- [6] F. M. White, "Heat and Mass Transfer", Addison Wesley, 12.1991.
- [7] H. Domininghaus, "Die Kunststoffe und ihre Eigenschaften" Springer, 1998.
- [8]
- [9] JIS G 3101: 2015 – 一般構造用圧延鋼
- [10] JSME S NC1 – 2005 発電用原子力設備規格 設計建設規格(2005年版), (社)日本機械学会
- [11] JIS G 4303: 1998 – ステンレス鋼の棒鋼
- [12] JIS G 3214: 1991 – 圧力容器用ステンレス鍛鋼品
- [13] JIS G 4108: 1994-特殊用途ボルト材料用合金鋼棒鋼
- [14] JIS G 4304: 1999-熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯
- [15]
- [16] JIS H 4000: 2014 – アルミニウム及びアルミニウム合金の板及び条