

明治大学 機械工学科 機械設計・製図 B

組立図の製図の方法  
締結部品の設計について

松本 章

## 本講義に使用するテキスト

- ・ディーゼルエンジンの設計 Part 2 部品寸法の決定 [10]
- ・ディーゼルエンジンの設計 Part 3 詳細仕様の決定 [16]
- ・コンロッド設計の勘所 [39]
- ・クランクジャーナル軸受、コンロッド軸受周りの設計手順 [41]
- ・締結部品の設計について [11]

Web「機械設計製図2」の「組立図の作成」の資料集参照

## 一般的な設計・製図の手順



## 機械設計・製図2の設計・製図の手順



**計画図とは：** 計算で求めた形状、計算では求まらない形状を作図して、製品(エンジン、車両、……)の全体を計画する図面  
設計者にとっては最も重要で時間をかける図面

**組立図とは：** 設計者の意図どおり、組立作業の方々に組み立てて貰う図面  
従って、部品表やバルーンの配置は見やすくすること

## 機械設計製図2における設計の順序

### 1. 計算

#### (1) 熱力学的検討[02](テキストPart.1)

- ・設計要件(出力、回転数)を満たすシリンダ内径 $D$ , ストローク $S$ を求める.
- ・PV線図を作成する。(滑らかな線図となるように計算ピッチを選定する)

#### (2) 部品寸法の決定[10](テキストPart.2)

- ・ピストン、コンロッド、クランクシャフトの主要寸法を決定する.
- ・各部の強度要件, 規格要件を満たす寸法とする.

#### (3) 詳細仕様の決定[16](テキストPart.3)

- ・各部品の詳細寸法を規格(JIS, 部品メーカー)や経験式に従い決定する.
- ・Fig.3.3(ピストンピン周りの寸法)、Fig3.9(クランクシャフトとコンロッド大端部)を作成する. ...組立図のベースとなる図のため重要!!

### 2. 組立図の作成

- ・組立図の製図方法[40]に従い作成する.
- ・シリンダ内径 $D$ , ストローク $S$ , クランク半径 $r$ , コンロッド長さ $l_c$ 以外の寸法は部品間の干渉等を避けるために強度, 規格を満足する範囲で変更は可能.

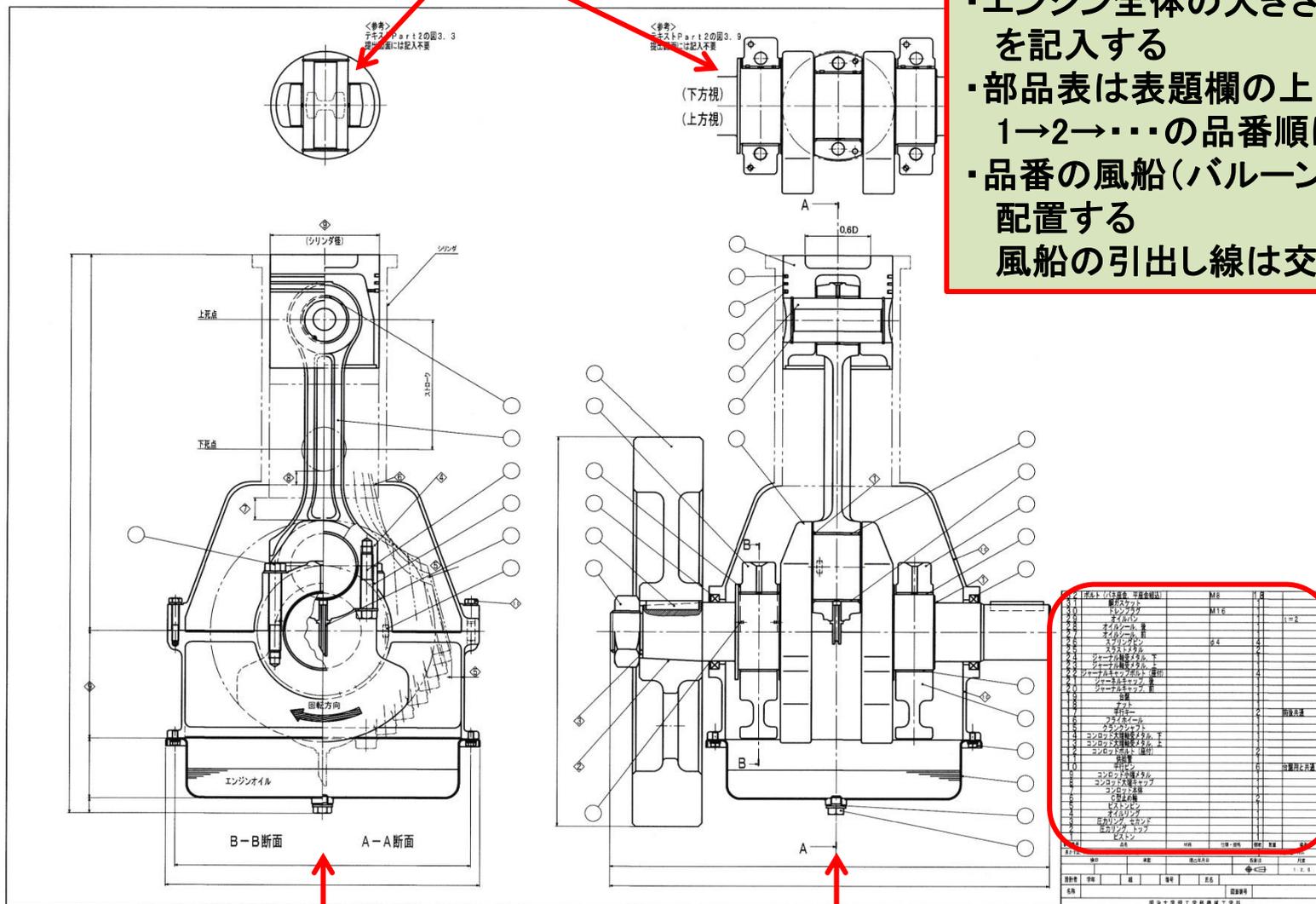
### 3. 部品図の作成

- ・部品図の製図方法[27]に従い部品図を作成する.

# 組立図の製図の方法 [40]

この図は、提出図面には記入不要

- ・縦・横断面図を書く
- ・エンジン全体の大きさ、主要寸法を記入する
- ・部品表は表題欄の上に1→2→...の品番順に下から書く
- ・品番の風船(バルーン)は見やすく配置する
- ・風船の引出し線は交差させないこと



横断面図

縦断面図

部品表

# 組立図の製図の方法 [40]

- ①. クランクシャフト, シリンダ中心線 (縦、横)
- ②. クランク半径 = ストローク / 2
- ③. コンロッド長さ =  $\lambda (3.4) \times$  ストローク / 2

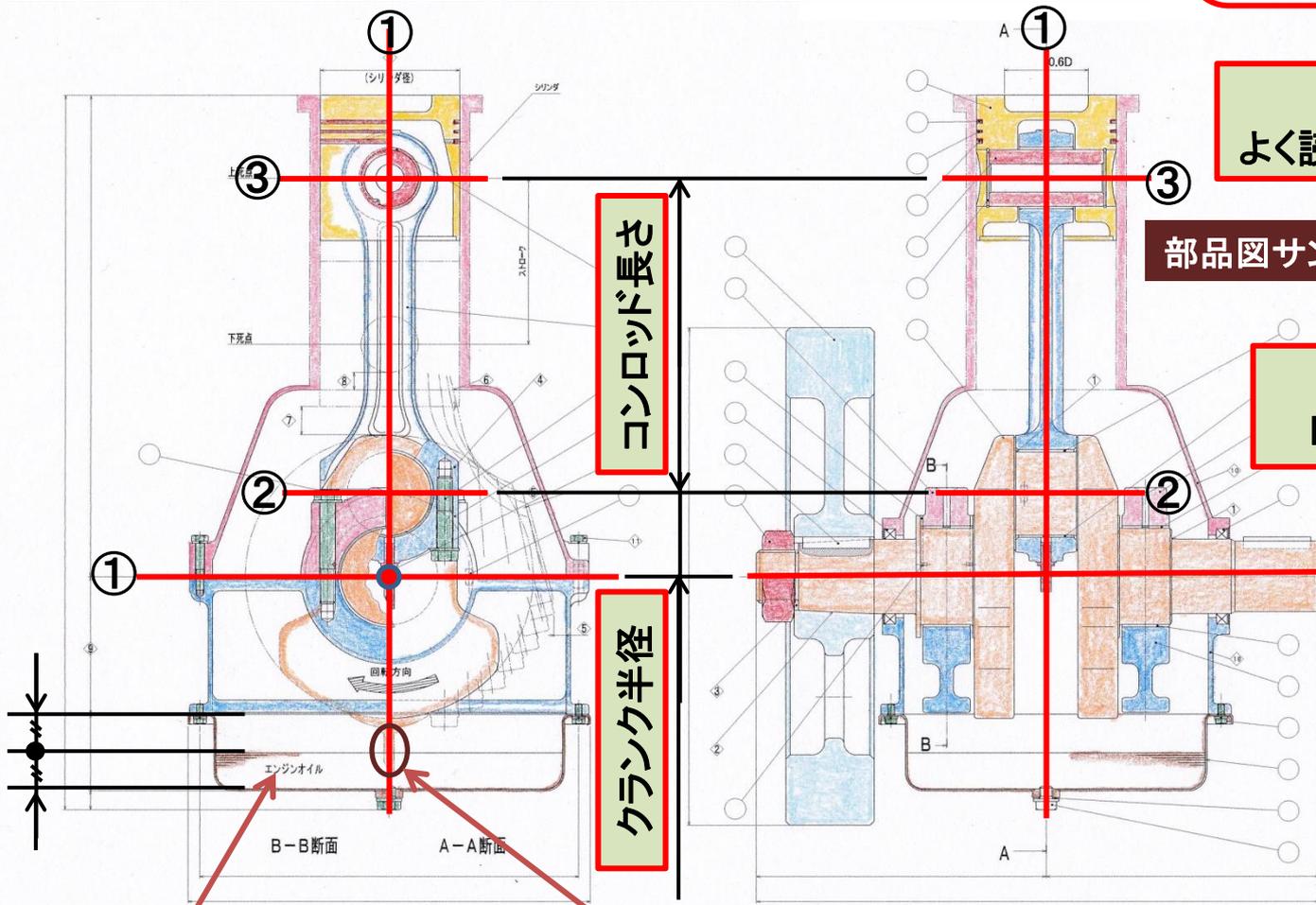
設計する順番に決まりはないが  
クランクシャフト → コンロッド → ピストンの順に各部品の整合性を  
をみながら設計するのがお勧め。

- 設計条件 (図面には記載不要)
- ①. クランクシャフトの隅部の加工Rは2とする
  - ②. クランクシャフトの先端は 1 : 10 テーパー・短軸端形状を参考とする
  - ③. フライホイールのナット締付面とクランクシャフトのテーパ軸端面間には隙間を設けること
  - ④. コンロッド大端部の外形寸法はシリンダ内径より小さくすること
  - ⑤. コンロッドの大端部振り出し軌跡と台盤壁面、クランクケース壁面との隙間は 10 以上確保する
  - ⑥. コンロッドの小端部振り出し軌跡とシリンダ内径面下端との隙間は 5 以上確保する
  - ⑦. 下死点におけるピストンスカートとクランクシャフトのバランスウエイトとの隙間は 5 以上確保する
  - ⑧. 下死点におけるピストンピン下端位置とシリンダ内径面下端との寸法は 5 以上あること
  - ⑨. 台盤の高さはシリンダ直径と同じ寸法とする
  - ⑩. 台盤、クランクケースの外壁面の肉厚は 5 とする
  - ⑪. 台盤 ~ クランクケース間の締付ボルトは M10、位置決め用平行ピンは  $\phi 12$  とする (但し、本組立図の部品一覧表には含まない)

この設計条件を  
よく読んで作図をすること

部品図サンプル図面を参照のこと

用紙: A1  
「枠A1(1\_2.5).FXD」



(参考) エンジンオイル量 = 排気量 × 1.5 ~ 2倍

供給管は、先端のテーパ部がエンジンオイルの中に入る長さに設計

品番	品名	数量	単位	仕様	備考
1	クランクシャフト	1	個		
2	コンロッド	1	個		
3	ピストン	1	個		
4	シリンダ	1	個		
5	台盤	1	個		
6	ボルト	10	個	M10	
7	ピン	2	個	$\phi 12$	
8	ナット	1	個	M10	
9	ワッシャー	1	個		
10	クランクケース	1	個		
11	フライホイール	1	個		
12	オイルパン	1	個		
13	クランクシャフト	1	個		
14	コンロッド	1	個		
15	ピストン	1	個		
16	シリンダ	1	個		
17	台盤	1	個		
18	ボルト	10	個	M10	
19	ピン	2	個	$\phi 12$	
20	ナット	1	個	M10	
21	ワッシャー	1	個		
22	クランクケース	1	個		
23	フライホイール	1	個		
24	オイルパン	1	個		
25	クランクシャフト	1	個		
26	コンロッド	1	個		
27	ピストン	1	個		
28	シリンダ	1	個		
29	台盤	1	個		
30	ボルト	10	個	M10	
31	ピン	2	個	$\phi 12$	
32	ナット	1	個	M10	
33	ワッシャー	1	個		
34	クランクケース	1	個		
35	フライホイール	1	個		
36	オイルパン	1	個		
37	クランクシャフト	1	個		
38	コンロッド	1	個		
39	ピストン	1	個		
40	シリンダ	1	個		
41	台盤	1	個		
42	ボルト	10	個	M10	
43	ピン	2	個	$\phi 12$	
44	ナット	1	個	M10	
45	ワッシャー	1	個		
46	クランクケース	1	個		
47	フライホイール	1	個		
48	オイルパン	1	個		
49	クランクシャフト	1	個		
50	コンロッド	1	個		
51	ピストン	1	個		
52	シリンダ	1	個		
53	台盤	1	個		
54	ボルト	10	個	M10	
55	ピン	2	個	$\phi 12$	
56	ナット	1	個	M10	
57	ワッシャー	1	個		
58	クランクケース	1	個		
59	フライホイール	1	個		
60	オイルパン	1	個		
61	クランクシャフト	1	個		
62	コンロッド	1	個		
63	ピストン	1	個		
64	シリンダ	1	個		
65	台盤	1	個		
66	ボルト	10	個	M10	
67	ピン	2	個	$\phi 12$	
68	ナット	1	個	M10	
69	ワッシャー	1	個		
70	クランクケース	1	個		
71	フライホイール	1	個		
72	オイルパン	1	個		
73	クランクシャフト	1	個		
74	コンロッド	1	個		
75	ピストン	1	個		
76	シリンダ	1	個		
77	台盤	1	個		
78	ボルト	10	個	M10	
79	ピン	2	個	$\phi 12$	
80	ナット	1	個	M10	
81	ワッシャー	1	個		
82	クランクケース	1	個		
83	フライホイール	1	個		
84	オイルパン	1	個		
85	クランクシャフト	1	個		
86	コンロッド	1	個		
87	ピストン	1	個		
88	シリンダ	1	個		
89	台盤	1	個		
90	ボルト	10	個	M10	
91	ピン	2	個	$\phi 12$	
92	ナット	1	個	M10	
93	ワッシャー	1	個		
94	クランクケース	1	個		
95	フライホイール	1	個		
96	オイルパン	1	個		
97	クランクシャフト	1	個		
98	コンロッド	1	個		
99	ピストン	1	個		
100	シリンダ	1	個		

## 設計条件(図面には記載不要)

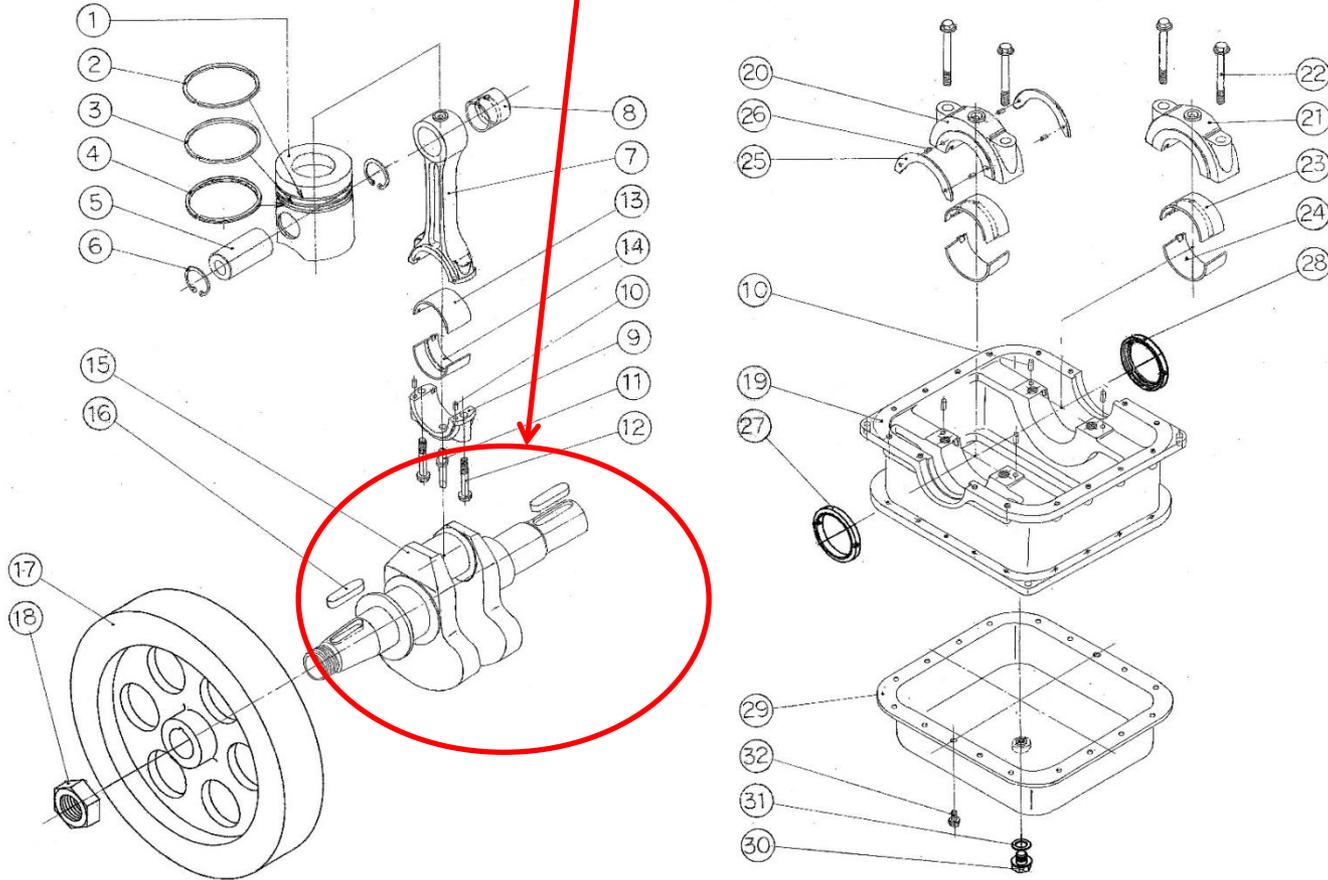
1. クランクシャフトの隅部の加工Rは2とする
2. クランクシャフトの先端は1:10テーパ軸・短軸端形状を参考とする
3. フライホイールのナット締付面とクランクシャフトの軸端面間には隙間を設けること
4. コンロッド大端部の外形寸法はシリンダ内径よりも小さくすること
5. **コンロッドの大端部振り回し軌跡と台盤壁面, クランクケース壁面との隙間は10以上確保する**
6. **コンロッド桿部振り回し軌跡とシリンダ内壁面下端との隙間は5以上確保する**
7. **下死点におけるピストンスカートとクランクシャフトのバランスウエイトとの隙間は5以上確保する**
8. **下死点におけるピストンピンの下端位置とシリンダ内壁面下端との寸法は5以上あること**
9. 台盤の高さはシリンダ内径と同じ寸法とする(必要に応じ変更も可)
10. 台盤, クランクケースの外壁面の肉厚は5とする
11. 台盤~クランクケース間の締付ボルトはM10, 位置決め用平行ピンはφ12とする(但し, 本組立図の部品一覧表には含めない)



運動部品

クランクシャフト

固定部品



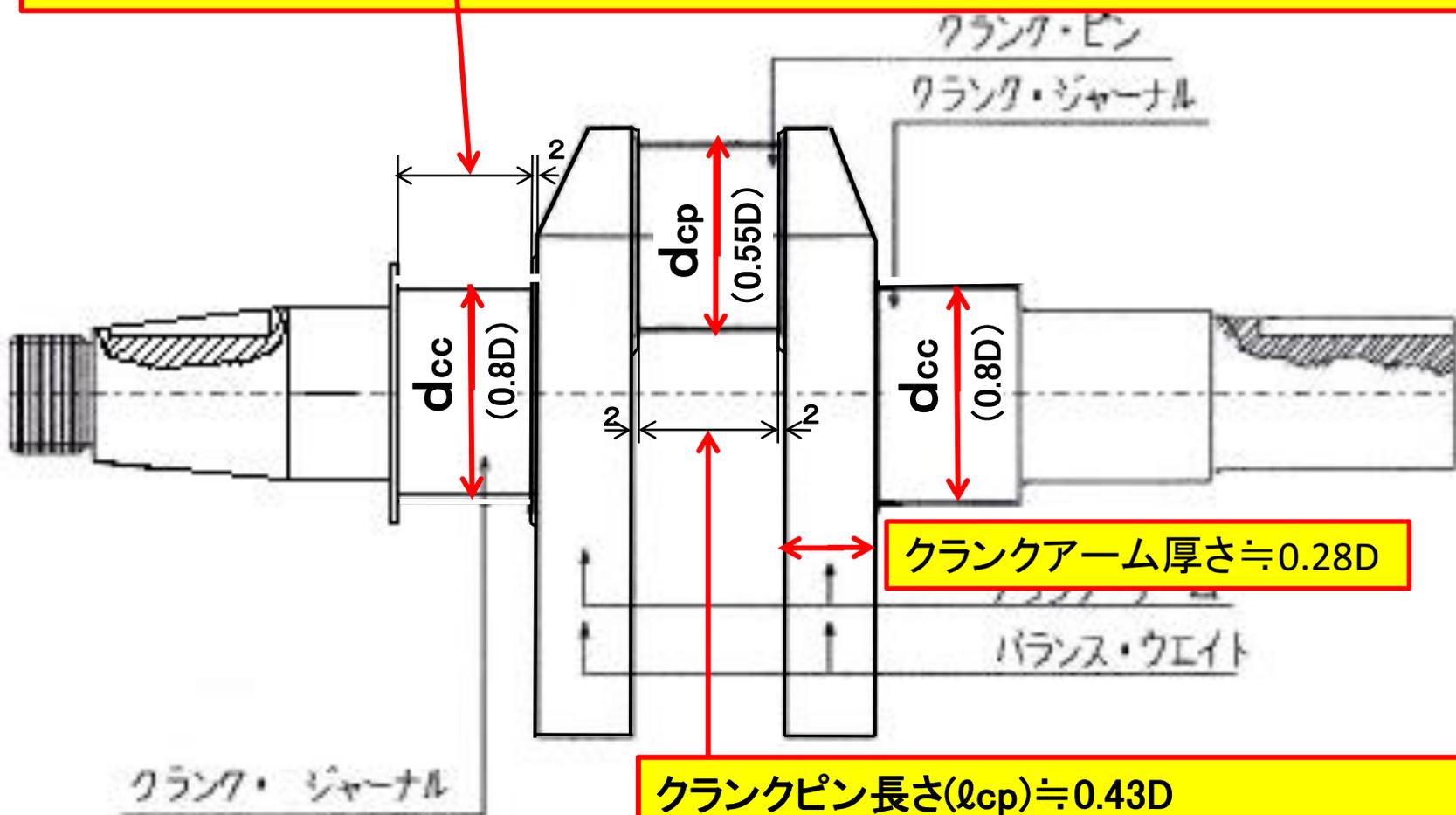
32	ボルト(バネ座金, 平座金組込)	18
31	閉ガスケット	1
30	ドレンプラグ	1
29	オイルパン	1
28	オイルシール(後)	1
27	オイルシール(前)	1
26	スプリングピン	4
25	スラストメタル	2
24	ジャーナル軸受メタル, 下	1
23	ジャーナル軸受メタル, 上	1
22	ジャーナルキャップボルト(兼付)	4
21	ジャーナルキャップ, 後	1
20	ジャーナルキャップ, 前	1
19	合蓋	1
18	ナット	1
17	フライホイール	1
16	平行キー	2
15	クランクシャフト	1
14	コンロッド大端軸受メタル, 下	1
13	コンロッド大端軸受メタル, 上	1
12	コンロッドボルト(兼付)	2
11	供給管	1
10	平行ピン	6
9	コンロッド大端キャップ	1
8	コンロッド小端メタル	1
7	コンロッド本体	1
6	C型止め輪	2
5	ピストンピン	1
4	オイルリング	1
3	圧カリング, セカンド	1
2	圧カリング, トップ	1
1	ピストン	1
品番	名 称	個数

ピストンクランク機構イラスト組立図(改1)

## クランクシャフト

「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 2 <sup>[10]</sup>

ジャーナル長さ( $l_{cc}$ ) $\cong 0.37D$   
 =(ジャーナルキャップ幅  $bd_j$ )+(スラストワッシャ厚さ $\times 2$ )



クランクピン長さ( $l_{cp}$ ) $\cong 0.43D$   
 =コンロッド大端部幅

## クランクシャフト

「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 <sup>[16]</sup>

P3/5 Fig. 5.5の説明

$\tau_s$ が許容せん断応力以下であることを確認

式(5.5)

$$\tau_s = 16T_m / \pi (d'_{c1})^3$$

式(5.4)

$$d_{c1} = (0.65 \sim 0.8) d_{cc}$$

短軸端を使用

$d'_{c1}$

$$d_{c2} = d_{c1} + 2\text{mm以上}$$

(オイルシール挿入部)

$d_{c2}$ : オイルシール挿入部軸径

平行キーを使用する

JISナット規格  
M64(最大)

$d_{c2}$

クランク・ピン  
クランク・ジャーナル

$d_{cc}$   
(0.8D)

$d_{c2}$

クランク・アーム  
バランス・ウエイト

1/10テーパJIS B0904

短軸端を使用

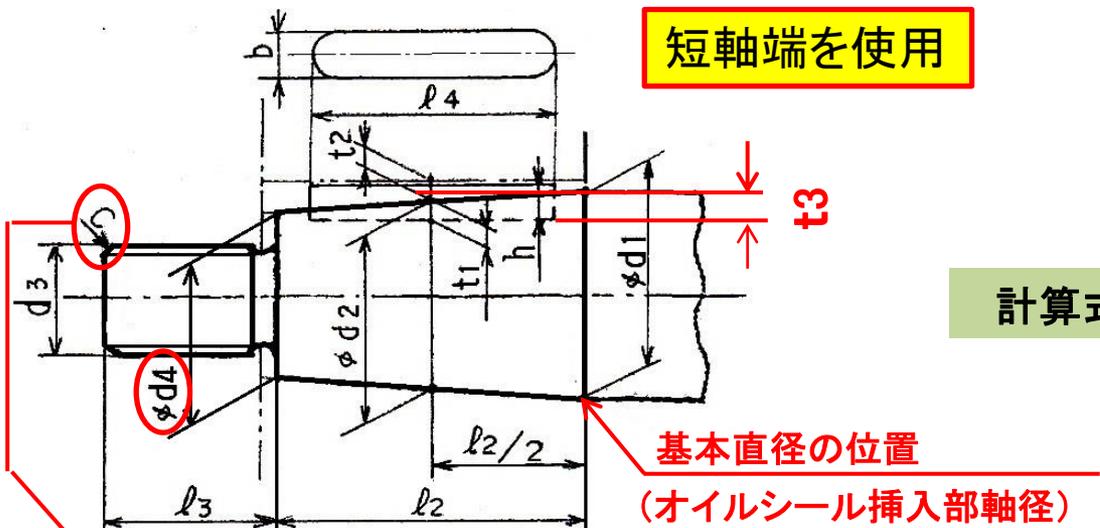
オイルシール挿入部軸径 $d_{c2}$ はオイルシールの規格及びフライホイール取付け部のテーパ軸規格(JIS B 0904)の基準径を満足するものを選定する。

## クランクシャフト先端 1:10テーパ軸形状の説明

参考JIS

JIS B 0904 (テーパ比1:10円すい軸端)

JIS B 1301 (キーおよびキー溝)



計算式

- 1)  $\phi d2 = \phi d1 - ((l2/2) \div 10)$
- 2)  $\phi d4 = \phi d1 - (l2 \div 10)$
- 3)  $t3 = t1 + ((l2/2) \div 10) / 2$

d1=80 の場合の計算例

$$\phi d2 = 80 - (45 \div 10) = 75.5$$

$$\phi d4 = 80 - (90 \div 10) = 71$$

$$t3 = 7.5 + ((45 \div 10)) \div 2 = 9.75$$

d1=90 の場合の計算例

$$\phi d2 = 90 - (45 \div 10) = 85.5$$

$$\phi d4 = 90 - (90 \div 10) = 81$$

$$t3 = 9 + ((45 \div 10)) \div 2 = 11.25$$

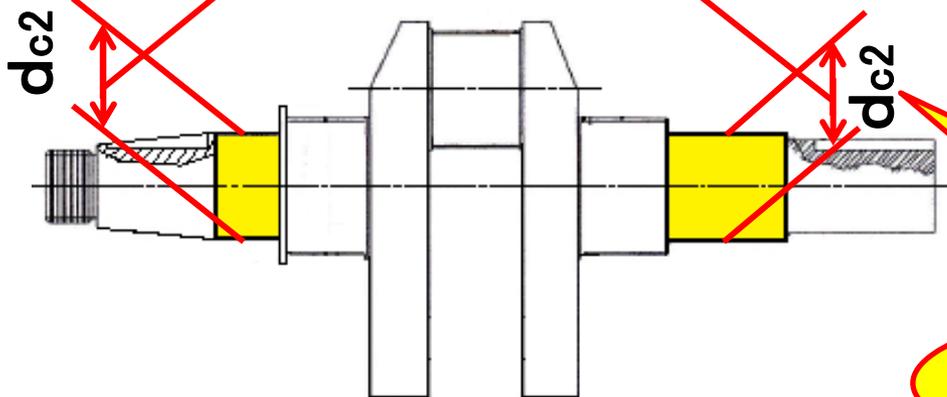
基本直径 d <sub>1</sub>	短軸端		おねじ		平行キー		キー溝深さ			
	l <sub>2</sub>	l <sub>3</sub>	サイズ d <sub>3</sub>	面取 C	寸法 b×h	長さ l <sub>4</sub>	軸側 t <sub>1</sub>	PW側 t <sub>2</sub>	基準径 d <sub>2</sub>	
60	70	35+3	M42×3	3	16×10	63	6	4.3	56.5	
63				3					59.5	
65				3					61.5	
70				3					66.5	
71				3					67.5	
75			M56×4	4	20×12	80	7.5	4.9	71.5	
80									7.5	75.5
85									7.5	80.5
90									7.5	85.5
95									7.5	90.5

変更可

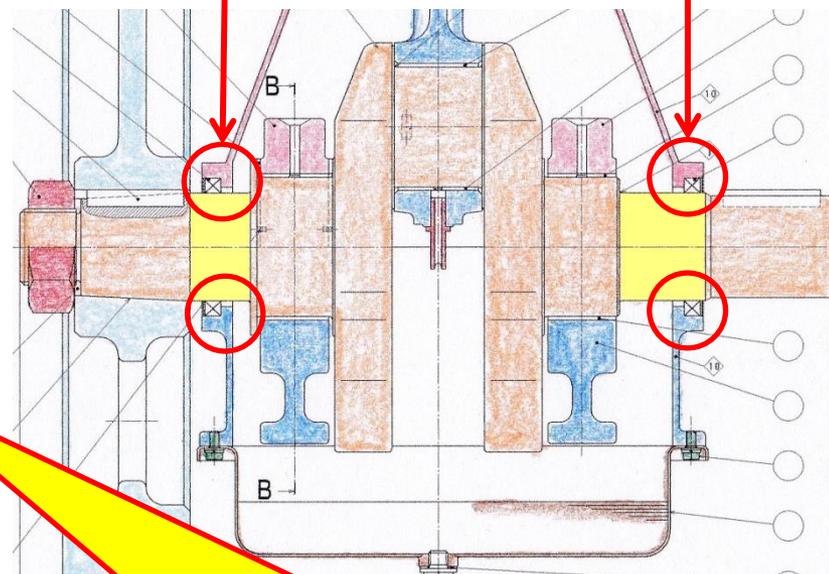
## 「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

オイルシール挿入軸部の長さは、クランクケースと台盤のオイルシール取付け部が周りの部品と干渉しないように、かつ極力コンパクトな寸法とする。

$d_{c2}$ : オイルシール挿入部軸径

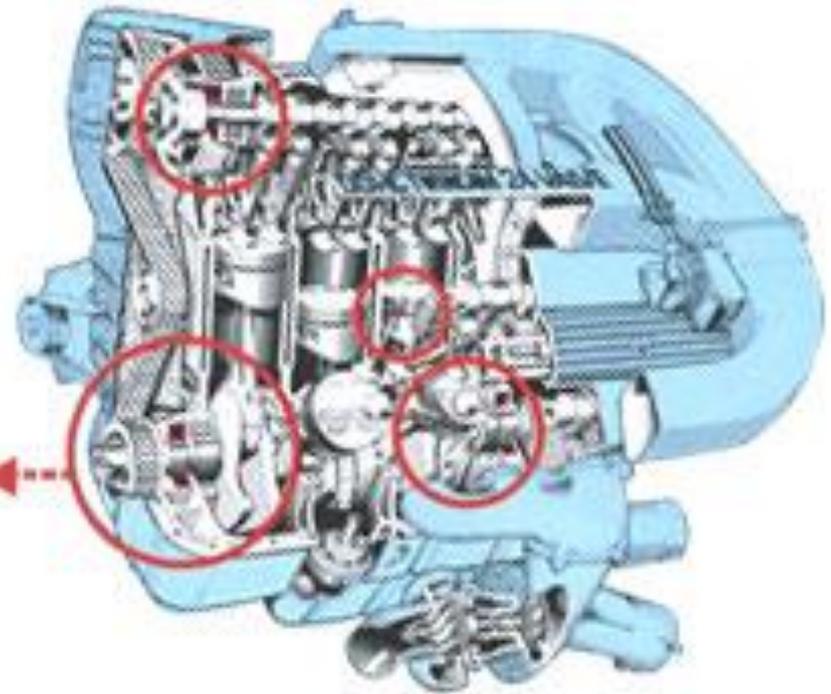


クランクケースと台盤の  
オイルシール取付け部



前後のオイルシール挿入部軸径  
は部品共通化のため同一とする。

オイルシール挿入部軸径  $d_{c2}$  はオイルシールの規格及びフライホイール取付け部のテーパ軸規格 (JIS B 0904) の基準径を満足するものを選定する。



「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

P4/5 5.3.3 オイルシールの説明

TC型・TB型 ふっ素ゴム(FKM)オイルシール

## TC型・TB型 ふっ素ゴム(FKM)オイルシール

### リップ材料

NOK F585

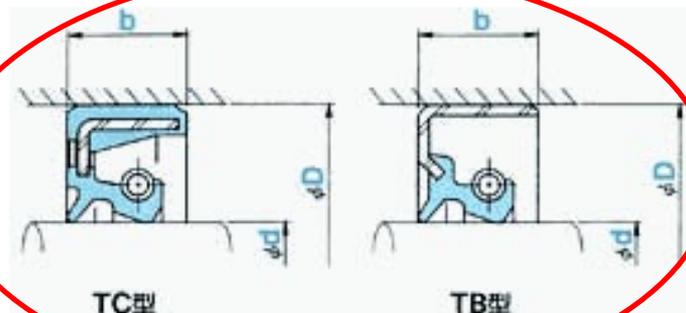
### 青字寸法

青字寸法は在庫を持っており、しかも価格が割安になっておりますので、青字寸法からお選び下さい。

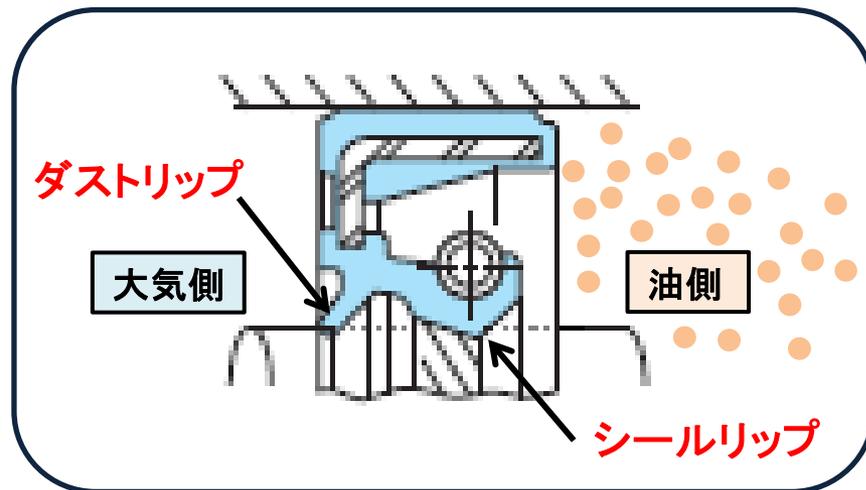
### 特別のご注文

この寸法表に記載されていないオイルシール、又は寸法表に記載されていても標準・専用材料と異なる材料（ゴム、金属環、ばね）のオイルシールをお求めの場合は、新たに成形型が必要となる場合がありますので、別途御見積を差し上げます。

出典：NOK(株)ホームページ



断面図はこのオイルシールの代表形状を示します。



組立図の部品表にオイルシールの下表の部品番号を記載すること

軸径 d	寸 法		部品番号	
	外径 D	幅 b	TC型	TB型
60	78	9	AE 3204 G2	-
60	82	12	AE 3222 G0	AD 3222 A3
65	88	12	AE 3400 F1	AD 3400 A3
65	90	13	AE 3409 F4	AD 3409 A5
68	95	13	AE 3463 E0	-
70	88	12	AE 3505 G3	-
70	92	12	AE 3519 M3	AD 3519 A3
70	95	13	-	AD 3527 A3
75	100	13	AE 3618 F3	AD 3618 A5
80	105	13	-	AD 3744 A3
85	110	13	-	AD 3842 A3
90	115	13	AE 3932 A6	AD 3932 H0
95	120	13	-	AD 3994 A3
100	125	13	AE 4063 I0	AD 4063 A4

## クランクシャフト

「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

P4/5 左列・最下部

ツバ: ・外径はスラストワッシャ外径に合わせる  
・厚さ5~10mm

スラストワッシャ外周に合わせて、クランクシャフトのツバ外周とクランクアームの側面に設ける台座(厚さ2mm)の外形を等しく決める。

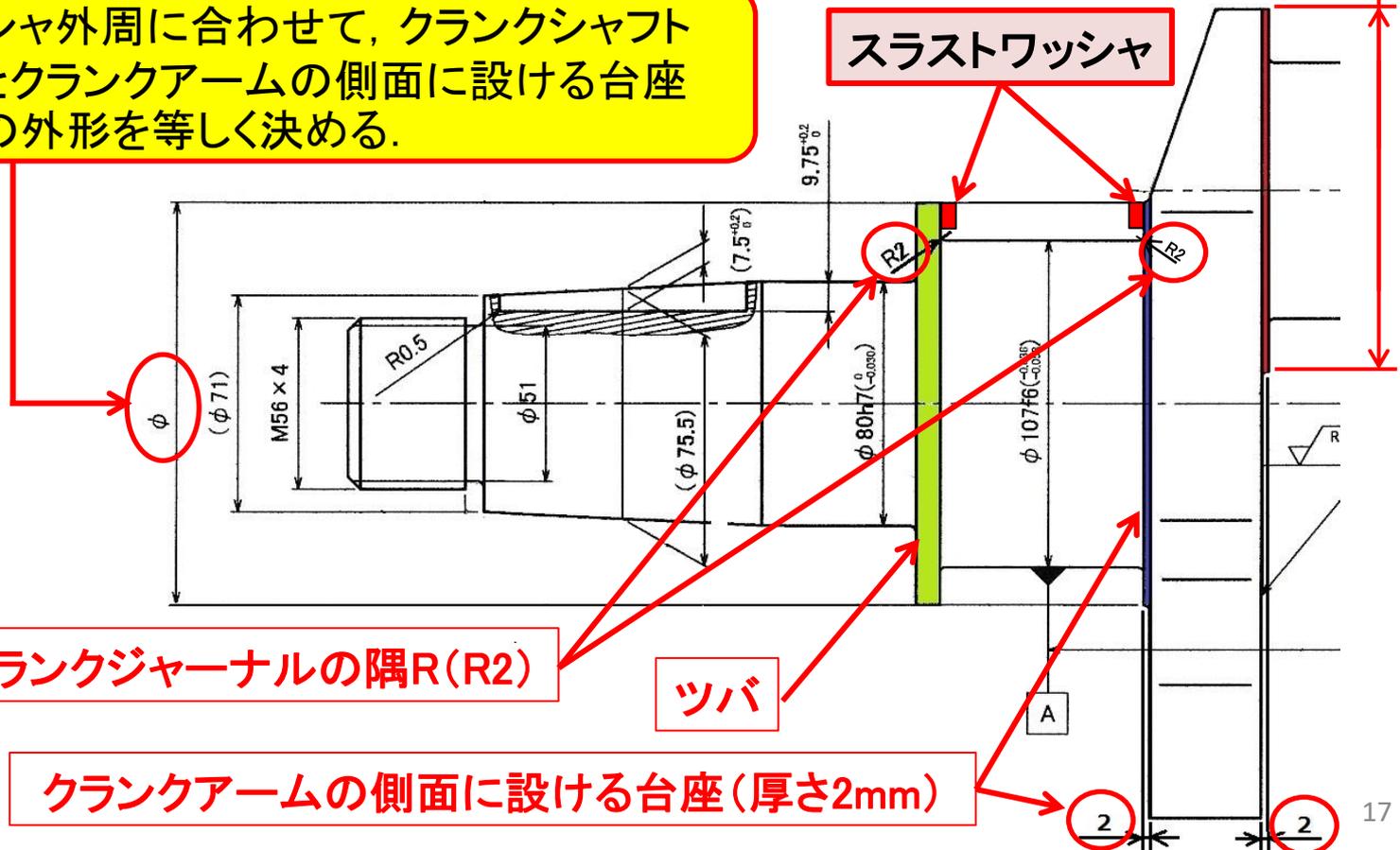
台座径 =  $d_{cp} \times 1.38$

スラストワッシャ

クランクジャーナルの隅R(R2)

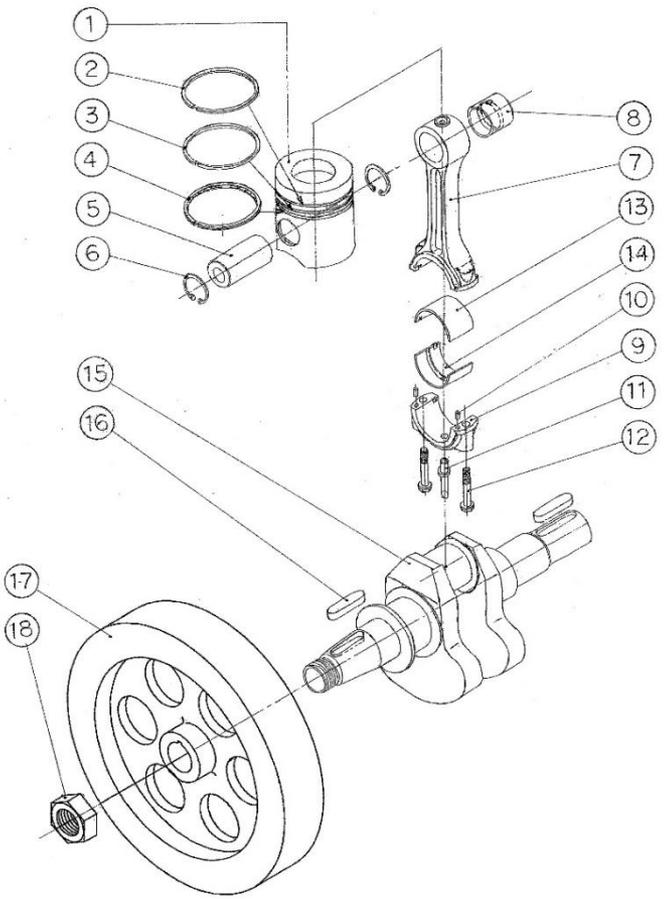
ツバ

クランクアームの側面に設ける台座(厚さ2mm)

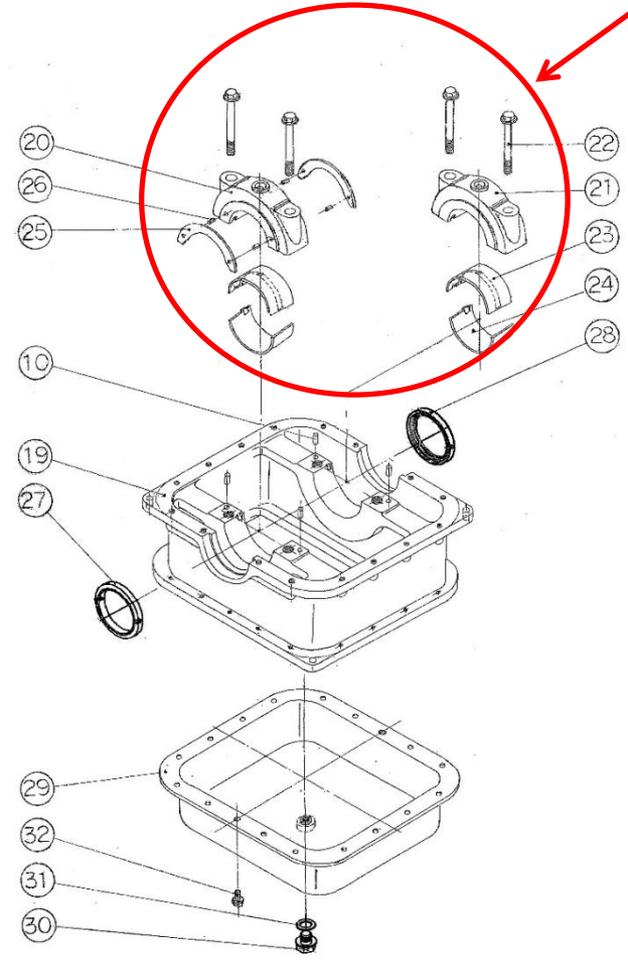


ジャーナルキャップ

運動部品



固定部品



32	ボルト(バネ座金, 平座金組込)	18
31	側ガスカート	1
30	ドレンプラグ	1
29	オイルパン	1
28	オイルシール(後)	1
27	オイルシール(前)	1
26	スプリングピン	4
25	スラストメタル	2
24	ジャーナル軸受メタル, 下	1
23	ジャーナル軸受メタル, 上	1
22	ジャーナルキャップボルト(庫付)	4
21	ジャーナルキャップ, 後	1
20	ジャーナルキャップ, 前	1
19	台座	1
18	ナット	1
17	フライホイール	1
16	平行キー	2
15	クランクシャフト	1
14	コンロッド大端軸受メタル, 下	1
13	コンロッド大端軸受メタル, 上	1
12	コンロッドボルト(庫付)	2
11	供給管	1
10	平行ピン	6
9	コンロッド大端キャップ	1
8	コンロッド小端メタル	1
7	コンロッド本体	1
6	C型止め輪	2
5	ピストンピン	1
4	オイルリング	1
3	圧カリング, セカンド	1
2	圧カリング, トップ	1
1	ピストン	1
品番		個数

ピストンクランク機構イラスト組立図(改1)

明治大学理工学部

# ジャーナルキャップ、軸受

# 組立図の製図の方法 [40]

ジャーナルキャップ幅(bdj) = クランクジャーナル長さ( $l_{cc}$ ) - スラストワッシャ厚さ  $\times 2$

ジャーナル  
キャップ

ジャーナル軸受

スラストワッシャ

記事

蓋なバラ、カエリがないこと  
44 f8幅・ $\phi 104H6$ 穴は、平行ピンと  
キャップホルルトで台盤に取付け、台盤と共加工のこと

25	スラストメタル	A17S	大同メタル	2		
23	ジャーナルメタル, 上	L23	大同メタル	2		
20	ジャーナルキャップ, 前	FC250		1		
参照番号	品名	材料	仕様・規格	個数	質量	備考
長さ寸法、角度寸法及び幾何公差の普通公差: JIS B0419-mK 等級 寸法単位: mm						
検印	承認	提出年月日	投影法	尺度		
設計者	学年	組	番号	氏名		
名称	部品図-ジャーナルキャップ			図面番号	4	
明治大学理工学部						(2016.07.30)

「テキスト」 クランクジャーナル軸受、コンロッド軸受周りの設計手順 <sup>[41]</sup>

## 軸受肉厚寸法の選定

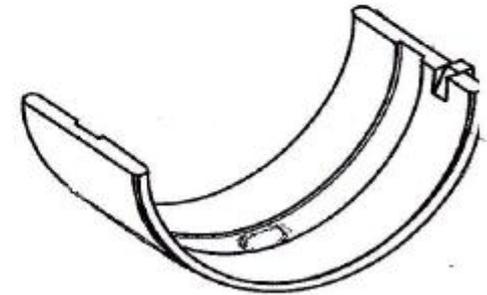
ジャーナル軸受の肉厚を選定

理工学部機械工学科 2014.04.01 [41]

### クランク ジャーナル軸受け、コンロッド軸受け周りの設計手順 (改2)

- クランクシャフトのジャーナル径、クランクピン径が決定されると軸受メタルの肉厚は以下の表での選定される  
ディーゼルエンジンの軸受けメタルの肉厚寸法 (大同メタル推奨値)

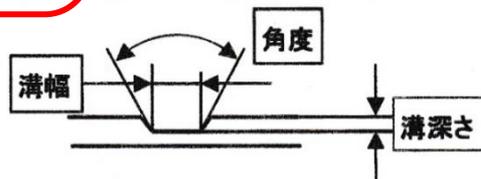
軸受け外径 $\phi D$ [mm]	肉厚の基準寸法 [mm]					
	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
$\phi 35 < \phi D \leq \phi 45$	○	○				
$\phi 45 < \phi D \leq \phi 60$	○	○	○			
$\phi 60 < \phi D \leq \phi 70$	○	○	○	○		
$\phi 70 < \phi D \leq \phi 85$		○	○	○		
$\phi 85 < \phi D \leq \phi 110$			○	○	○	
$\phi 110 < \phi D \leq \phi 125$				○	○	○
$\phi 125 < \phi D \leq \phi 150$					○	○



ジャーナル径( $d_{cc}$ )、クランクピン径( $d_{cp}$ )に軸受肉厚 $\times 2$ を加えたものが軸受外径である。

## 2 油穴、油溝の代表例

軸径 $\phi d$	油穴径	溝幅	溝深さ	角度
$\phi 25 < \phi d \leq \phi 40$	3	3	0.8	60°
$\phi 40 < \phi d \leq \phi 50$	4	4	1.2	
$\phi 50 < \phi d \leq \phi 80$	5	5	1.5	
$\phi 80 < \phi d \leq \phi 110$	6	6	1.5	
$\phi 110 < \phi d \leq \phi 140$	8	8	2.0	



大同メタル(株)技術資料より抜粋

表 油穴、油溝代表例

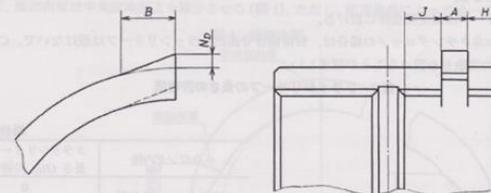
	主軸受	コンロッド軸受
油穴		
油溝		

油穴

爪の位置、寸法は古い規格(JIS D3102)を参照

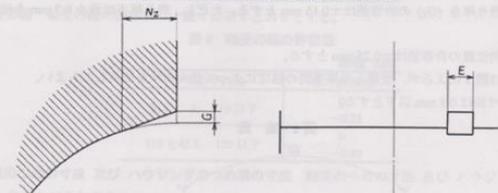
D 3102-1987

表 5 軸受のつめ寸法及び許容差



軸受の内厚	幅 (A)		突出 (No)		長さ (B)	
	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差	基準寸法	許容差
1.5	3.0		1.0		4.0	
2.0	4.0		1.4		5.6	
2.5	5.0	0	1.4	0	5.6	0
3.0	6.0	-0.1	1.7	-0.25	8.7	-0.8
3.5	6.0		1.7		8.7	
4.0	6.0		1.7		8.7	

表 6 ハウジングのつめ溝の幅及び許容差



軸受の内厚	幅 (E)		参考			
	基準寸法	許容差	深さ (G)		長さ (N2)	
			基準寸法	許容差	基準寸法	許容差
1.5	3.2		1.6		5.6	
2.0	4.2		2.0		7.2	
2.5	5.2	+0.1	2.0	+0.5	7.2	+1.5
3.0	6.2	0	2.4	0	10.3	0
3.5	6.2		2.4		10.3	
4.0	6.2		2.4		10.3	

2.4 クラッシリリーフ クラッシリリーフは、次のとおりとする。

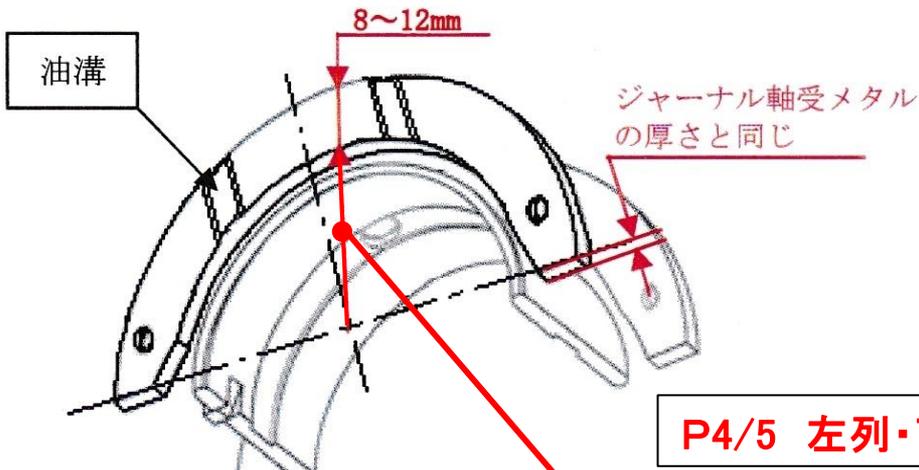
(1) クラッシリリーフの長さ (Hn) の許容差は、表 7 に示すとおりとする。

(2) クラッシリリーフの深さ (Pb) は、原則として 0.01~0.05 mm の範囲とし、必要な寸法は受渡し当事

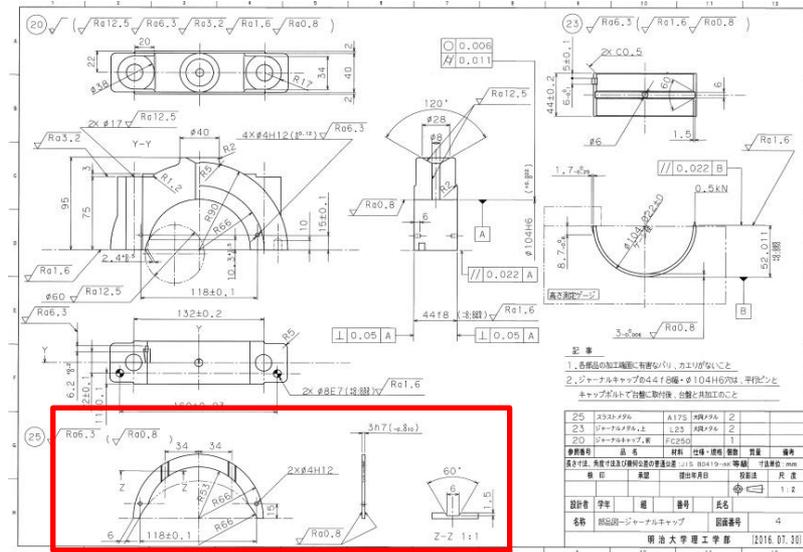
## スラストワッシャ

「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

P4/5 Fig. 5.6の説明

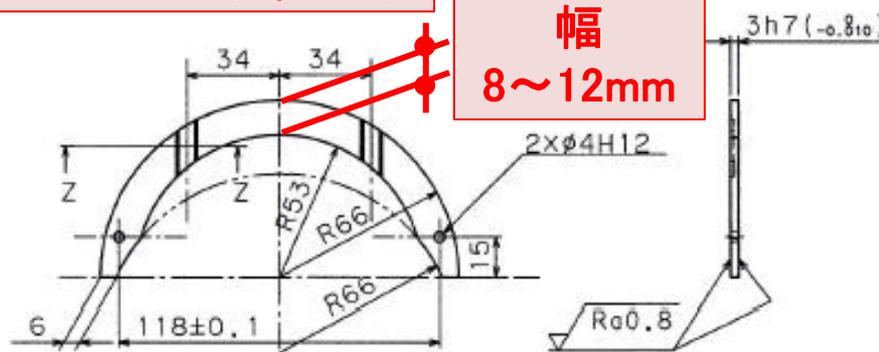


スラストワッシャ内周の半径は、クランクジャーナルの半径(dcc)にジャーナル軸受の厚さ(例: 2mm)をプラスしたものとす。

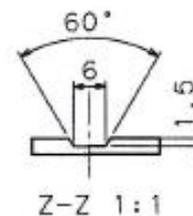


部品図サンプル図面  
「ジャーナルキャップ」を参照のこと

クランクジャーナル径φ98の例



ジャーナル軸受厚さと同一

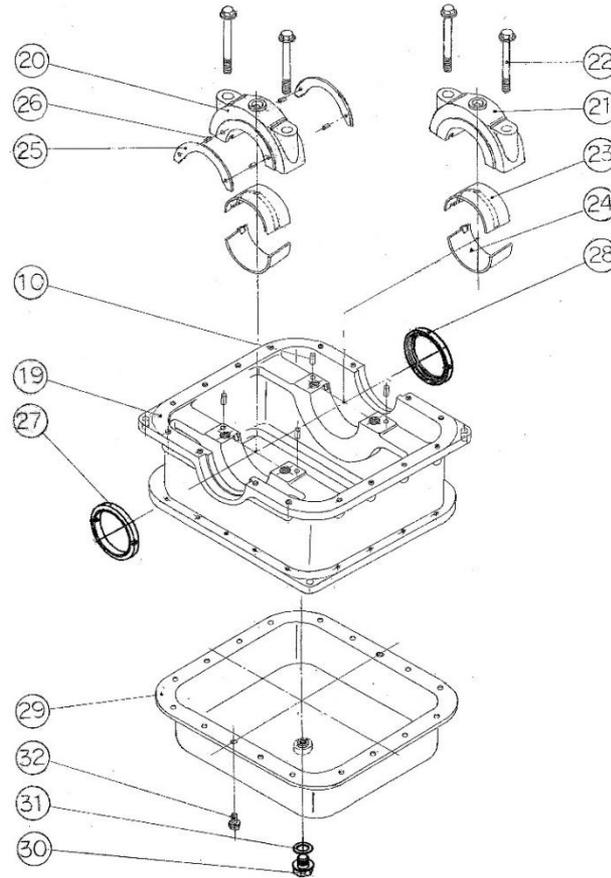
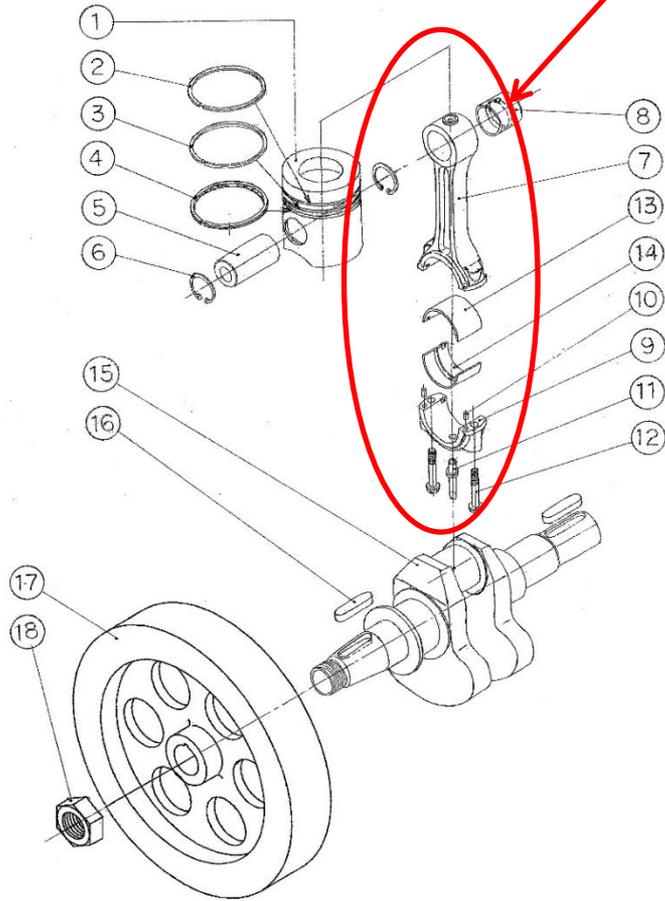




運動部品

コンロッド

固定部品



32	ボルト(木連金, 平座金組込)	18
31	扇ガスカート	1
30	ドレンプラグ	1
29	オイルパン	1
28	オイルシール(後)	1
27	オイルシール(前)	1
26	スプリングピン	4
25	スラストメタル	2
24	ジャーナル軸受メタル, 下	1
23	ジャーナル軸受メタル, 上	1
22	ジャーナルキャップボルト(兼付)	4
21	ジャーナルキャップ, 後	1
20	ジャーナルキャップ, 前	1
19	台座	1
18	ナット	1
17	フライホイール	1
16	平行キー	2
15	クランクシャフト	1
14	コンロッド大端軸受メタル, 下	1
13	コンロッド大端軸受メタル, 上	1
12	コンロッドボルト(兼付)	2
11	供給管	1
10	平行ピン	6
9	コンロッド大端キャップ	1
8	コンロッド小端メタル	1
7	コンロッド本体	1
6	C型止め輪	2
5	ピストンピン	1
4	オイルリング	1
3	圧カリング, セカンド	1
2	圧カリング, トップ	1
1	ピストン	1
品番	名 称	個数

ピストンクランク機構イラスト組立図(改1)



# コンロッド

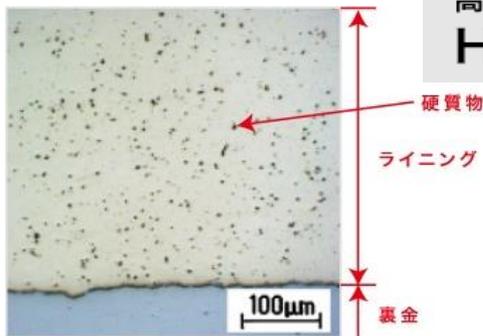
# 組立図の製図の方法<sup>[40]</sup>

## 「テキスト」コンロッド設計の勘所 [39]

種類	主な使用例
アルミ系材料	エンジン用軸受、トランスミッション等の自動車部品等に使用されています。
銅系材料 (オーバーレイ付き)	使用条件の厳しいディーゼルエンジンやスポーツタイプのエンジン用軸受として使用されています。(※1)
銅系材料 (オーバーレイなし)	エンジン用軸受(ピストンピンブッシュ)として、更に使用条件が厳しい自動車部品に使用されています。(※2)
樹脂材料	自動車用部品として様々な箇所に使用されています。

## 鉛フリー小端軸受

## (コンロッド上側)



〈断面組織〉

### 高耐疲労性・鉛フリー銅合金ブシュ材 HS221



出典：大同メタル工業(株)  
大豊工業(株)

## コンロッド小端軸受け 資料[39]の右側

1. ピストンピン径寸法の決定

2. 小端ブッシュの内厚の選定

ブッシュ外径 (ピストンピン径+内厚) φD [mm]	標準内厚寸法 T [mm]
φ10~φD ≤ φ20	1.0 (1.8)
φ20~φD ≤ φ30	1.5
φ30~φD ≤ φ47	2.0
φ47~φD ≤ φ70	2.5
φ70~φD ≤ φ110	3.0

3. ブッシュ外径の換代寸法

ブッシュ外径をハッキング内径が大きくなり、  
換代を持たせることにより、ブッシュのハッキング  
径公差の公差範囲を拡大し、回り止の機能  
も確保される。

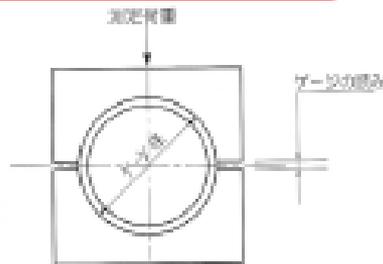


図2-30 換代の定例  
「φd」径は「φD」内径公差の最大値

小端軸受の  
肉厚を選定

φD [mm]	φd の公差範囲	ハッキング内径 HTの公差	ゲージの読み [mm]
φ18~φD ≤ φ24	+0.041~+0.062	0~+0.018	0.023~0.044
φ24~φD ≤ φ30	+0.048~+0.069	0~+0.021	0.028~0.048
φ30~φD ≤ φ40	+0.050~+0.085	0~+0.025	0.035~0.050
φ40~φD ≤ φ50	+0.070~+0.095	0~+0.025	0.045~0.070
φ50~φD ≤ φ65	+0.087~+0.117	0~+0.030	0.057~0.087
φ65~φD ≤ φ80	+0.102~+0.132	0~+0.030	0.072~0.102

4. ブッシュ内径

小端部に圧入後内径をH8の精度で加工する。

ピストンピンとの最小オイルクリアランス標準値

(回転する部品のオイルクリアランスは、回転運動する部品のクリアランスより小さくする)

適用箇所	精度方法	最小クリアランス比 (OC/軸径)
ピストンピン	飛検・強制	0.2/1000

「テキスト」 クランクジャーナル軸受け、コンロッド軸受周りの設計手順 <sup>[41]</sup>

## 軸受肉厚寸法の選定

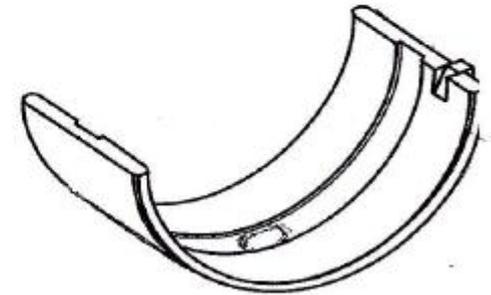
大端軸受の肉厚を選定

明治大学 機械工学科 2014.04.01 [41]

### クランク ジャーナル軸受け、コンロッド軸受け周りの設計手順 (2)

- クランクシャフトのジャーナル径、クランクピン径が決定されると軸受材の肉厚は以下の表での選定される  
ディーゼルエンジンの軸受け材の肉厚寸法 (大同材推奨値)

軸受け外径 $\phi D$ [mm]	肉厚の基準寸法 [mm]					
	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
$\phi 35 < \phi D \leq \phi 45$	○	○				
$\phi 45 < \phi D \leq \phi 60$	○	○	○			
$\phi 60 < \phi D \leq \phi 70$	○	○	○	○		
$\phi 70 < \phi D \leq \phi 85$		○	○	○		
$\phi 85 < \phi D \leq \phi 110$			○	○	○	
$\phi 110 < \phi D \leq \phi 125$				○	○	○
$\phi 125 < \phi D \leq \phi 150$					○	○



ジャーナル径( $d_{cc}$ )、クランクピン径( $d_{cp}$ )に軸受肉厚 $\times 2$ を加えたものが軸受外径である。

## 「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 2 [10]

P2/10 ~5/10

先端と大端部の下端には軸受けに通じる穴が設けられている。さらに、コンロッド大端部キャップには油かきのための棒が取り付けられる。この棒の先端が台板の中に保持された油に触れるように設計する。

供給管(油かき棒(パイプ))

コンロッド大端部幅  $\approx 0.43D$   
 = クランクピン長さ( $l_{cp}$ )

コンロッド大端穴径 = クランクピン径  $d_{cp}$  + 軸受厚さ  $\times 2$   
 クランクピン径  $d_{cp} \approx 0.55D$

鍛造の抜き勾配を考慮して作図すること

桿部  
(H型断面)

サンプル図の形状を参考に許容応力を満足する形状を決める

小端部

大端部

部品図サンプル図面「コンロッド&キャップ」を参照のこと

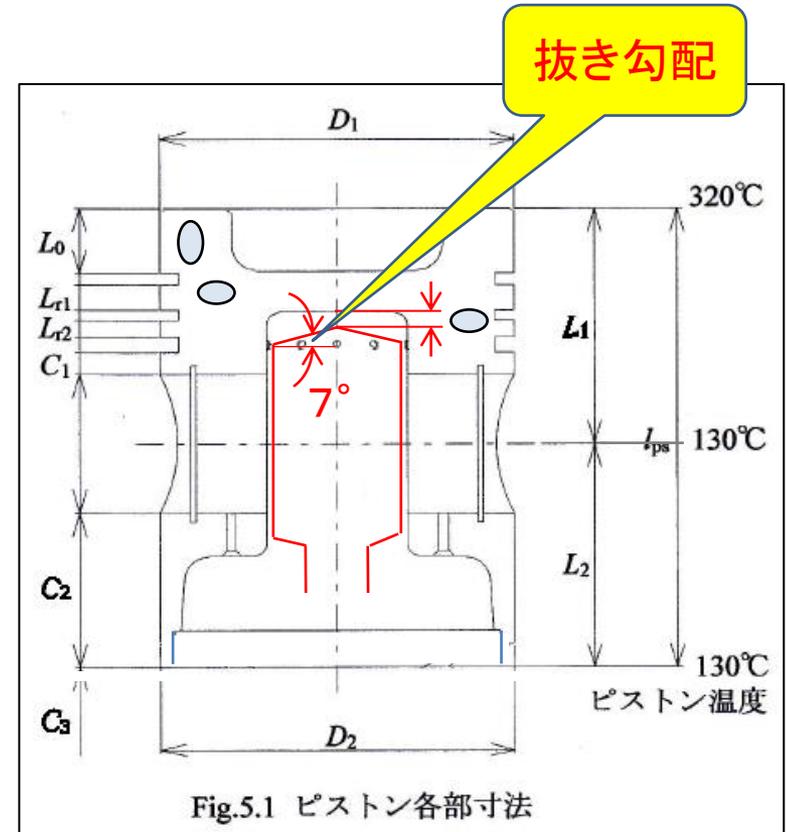
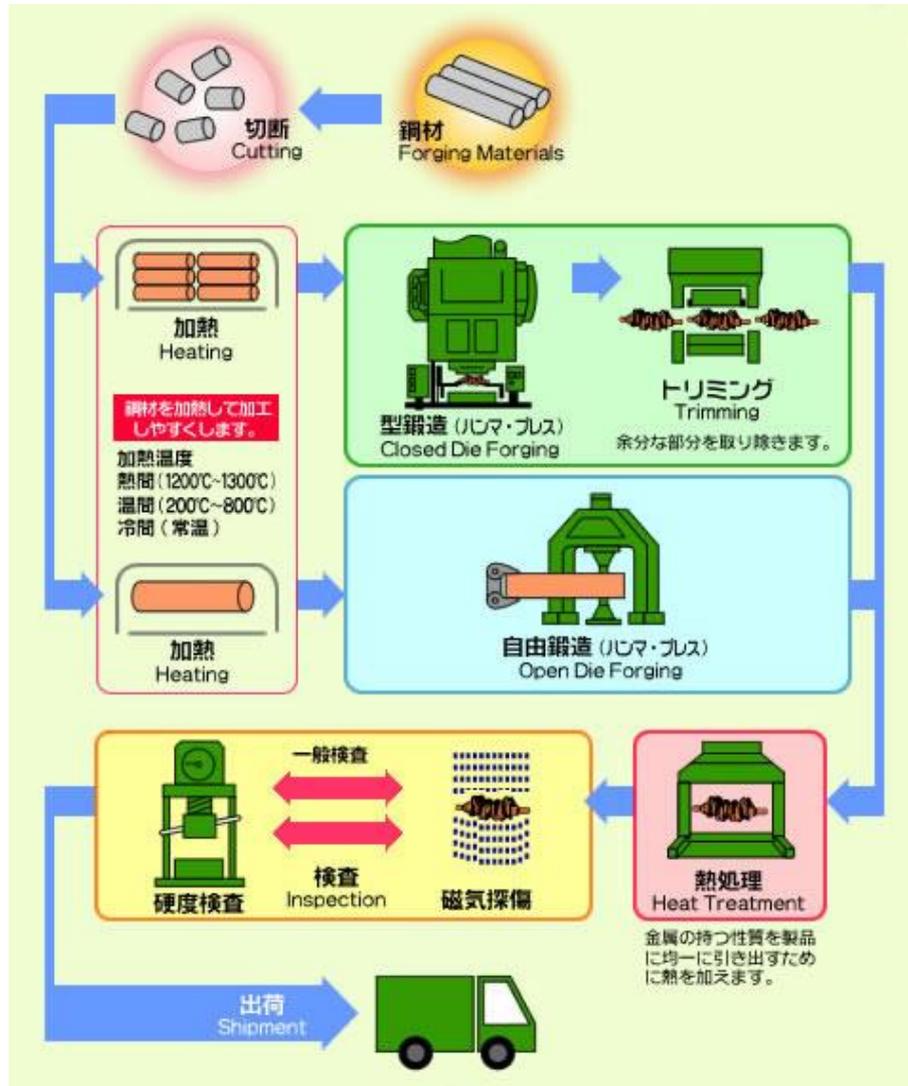
品番	名称	数量	単位	備注
12	コンロッドボルト(軸折)	2	個	M16, L=70
11	油かき棒	1	本	φ12, L=36
10	クランクピン	2	個	φ55, L19, R135A, 鋼
9	コンロッド小端部メタル	1	個	φ110, 鋼
8	コンロッド大端部キャップ	1	個	鋼
7	コンロッド本体	1	個	鋼

設計者	学年	組	番号	図名	比例尺
				部品図-コンロッド&キャップ	1:2

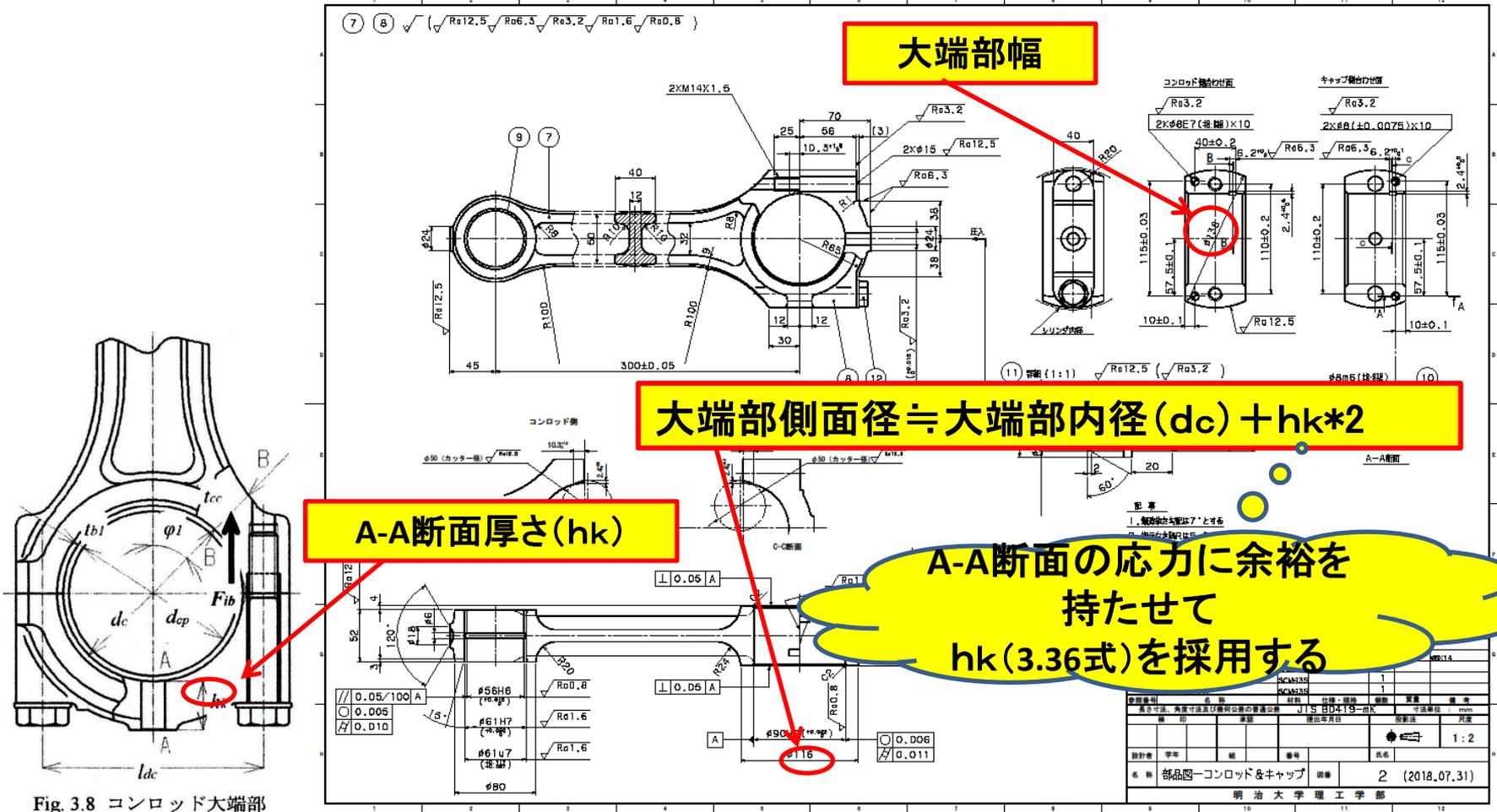
## コンロッド(鍛造品)の抜き勾配について

コンロッドは鍛造加工により製造されるため型鍛造の型から外しやすくするために7°の抜き勾配を付ける必要がある。



## 「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 2 [10]

P2/10-5/10

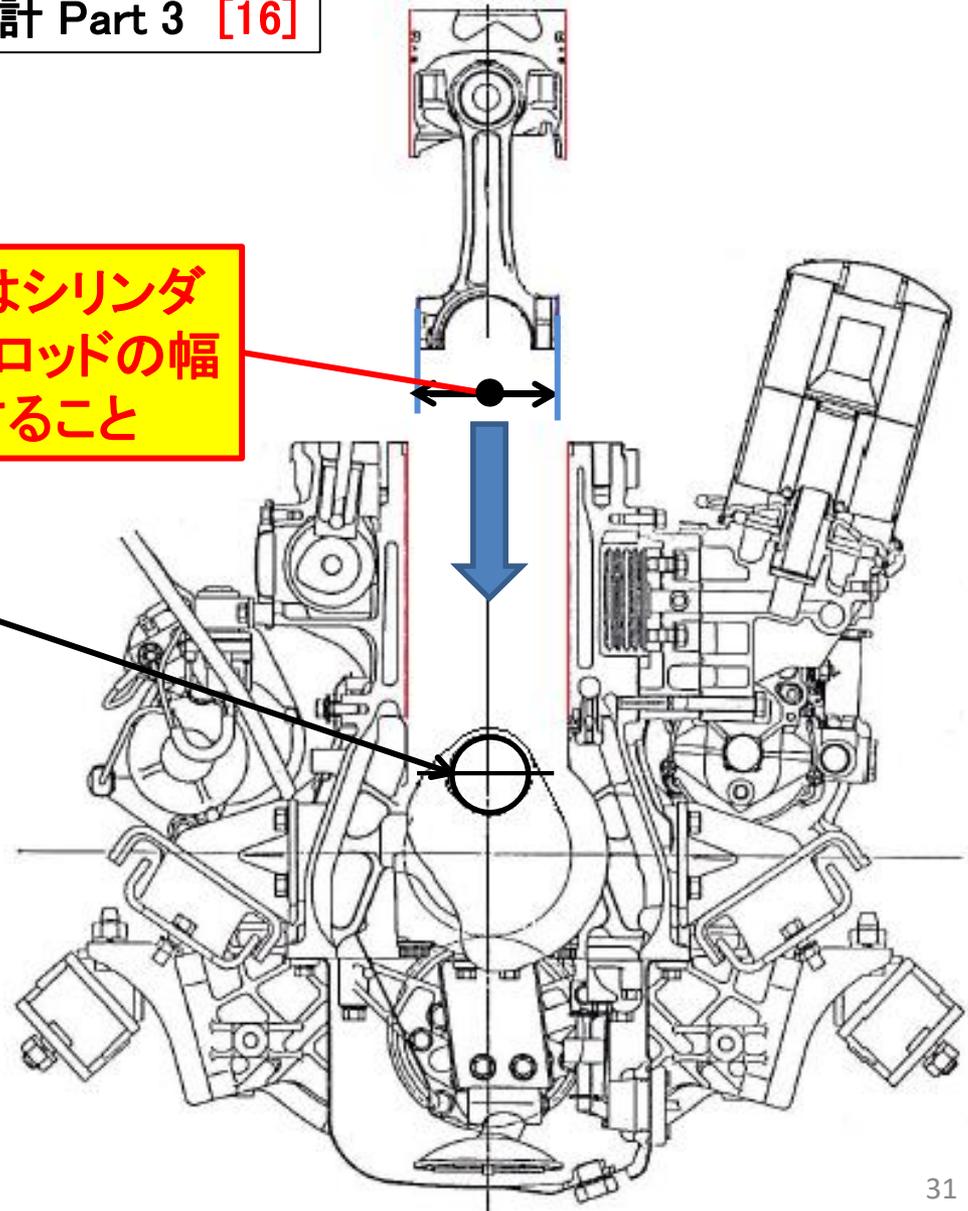


「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

P3/5 Fig. 5.4の説明

エンジン組立時にコンロッドはシリンダ上部から組付けるため、コンロッドの幅はシリンダ内径よりも小さくすること

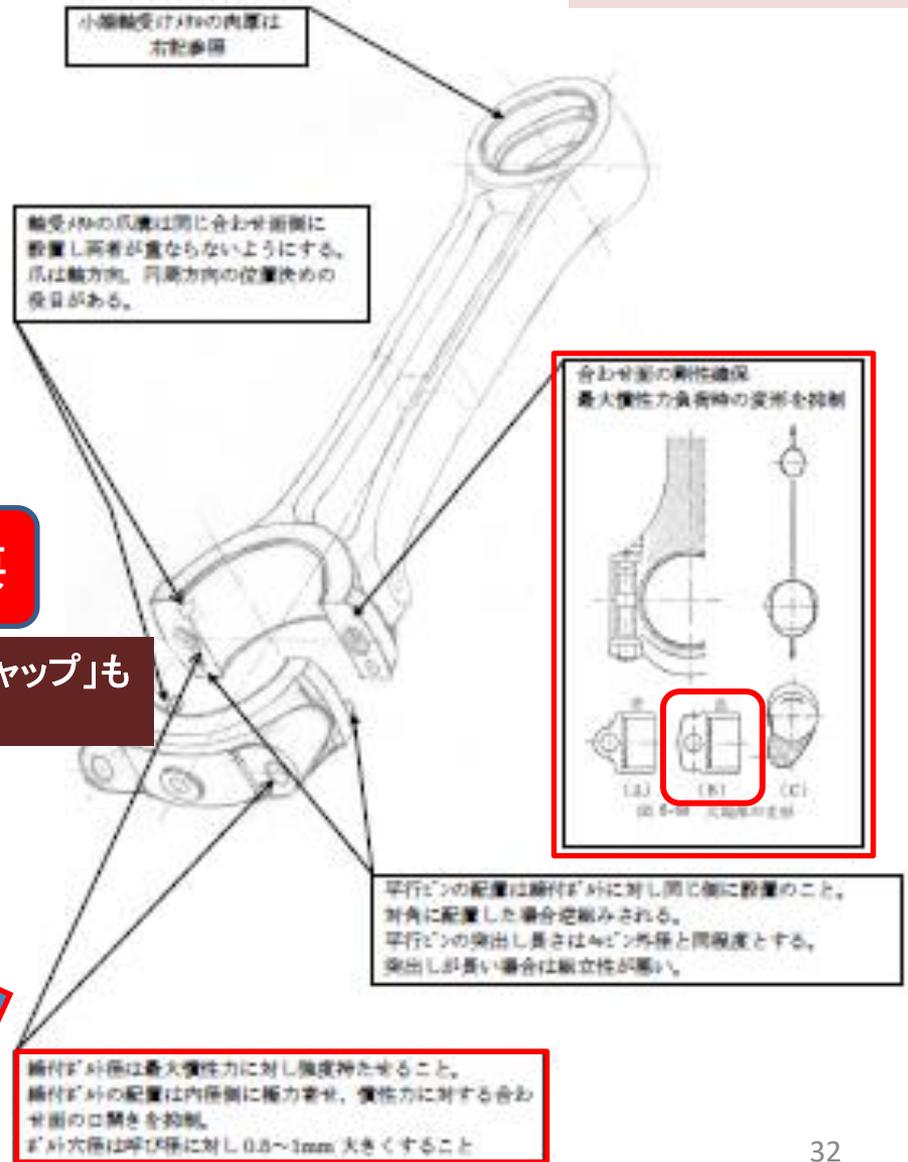
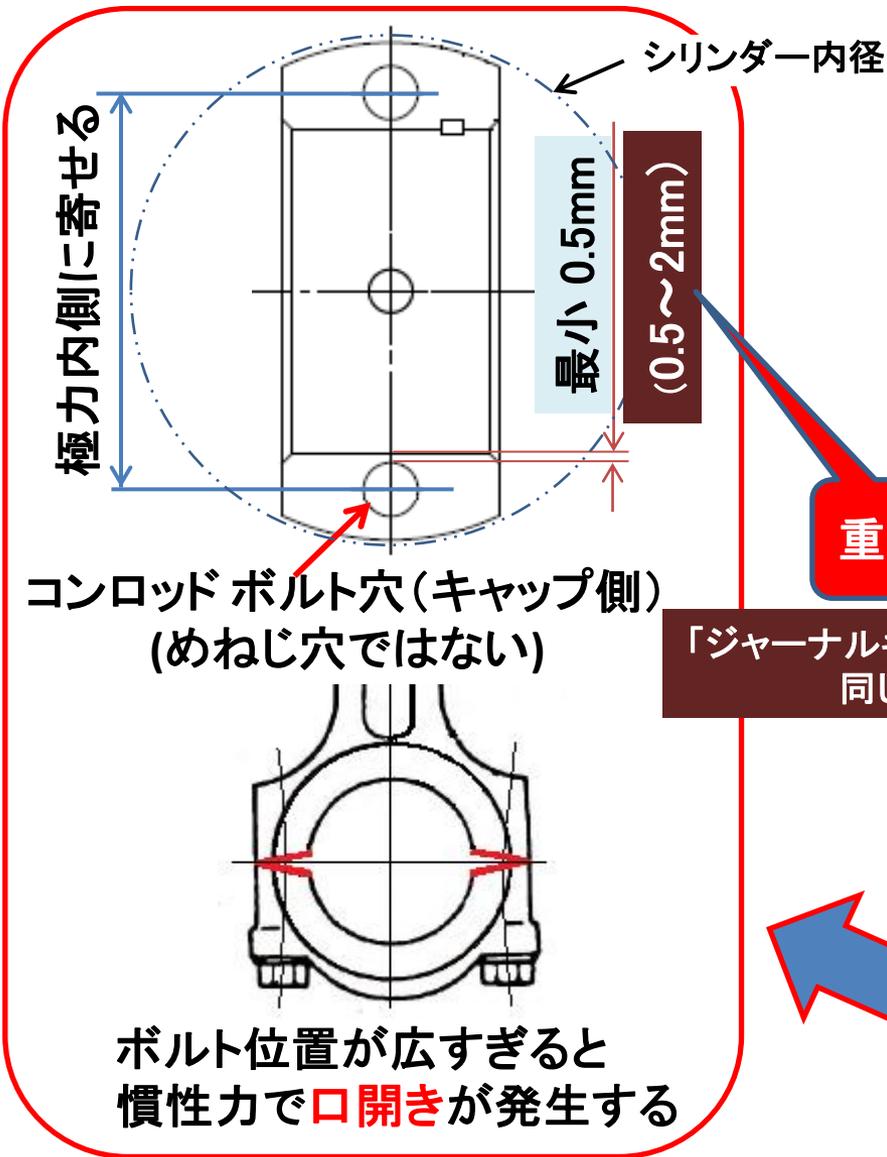
クランクピン



## 「テキスト」コンロッド設計の勘所 [39]

## コンロッド本体形状の設計ポイント

資料[39]の左側

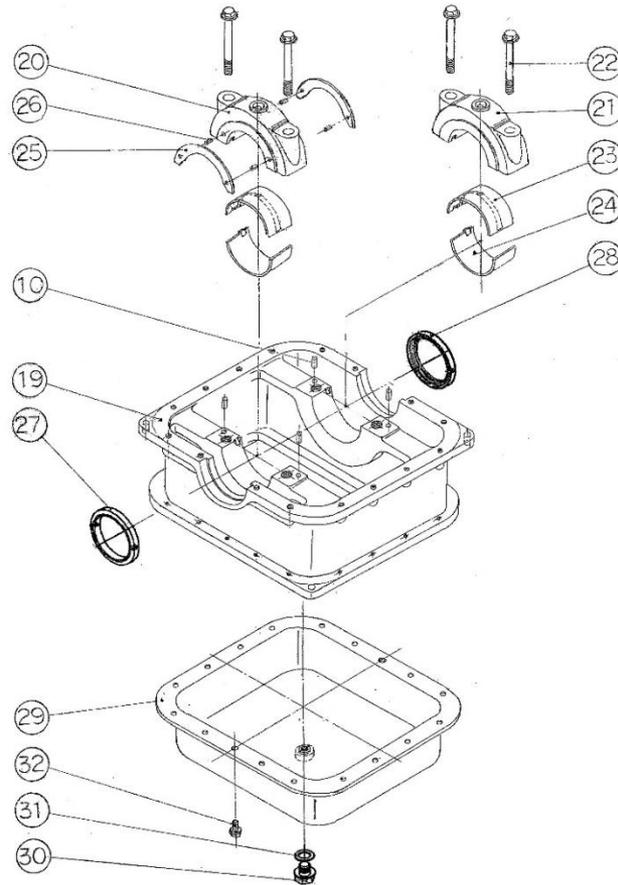
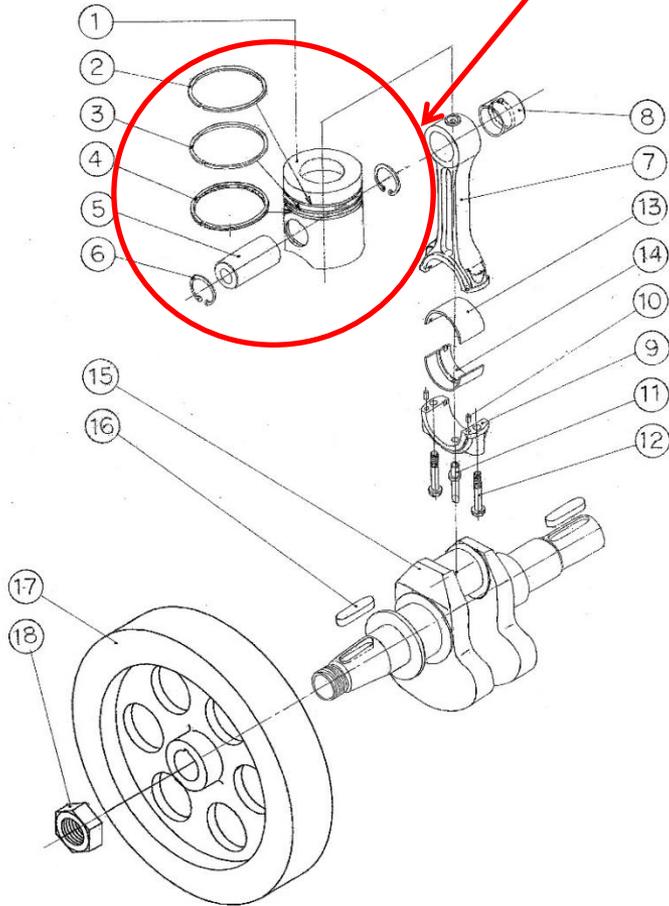




運動部品

ピストン

固定部品



32	ボルト(バネ座金, 平座金組込)	18
31	傾斜スケルト	1
30	ドレンプラグ	1
29	オイルパン	1
28	オイルシール(後)	1
27	オイルシール(前)	1
26	スプリングピン	4
25	スラストメタル	2
24	ジャーナル軸受メタル, 下	1
23	ジャーナル軸受メタル, 上	1
22	ジャーナルキャップボルト(添付)	4
21	ジャーナルキャップ, 後	1
20	ジャーナルキャップ, 前	1
19	台盤	1
18	ナット	1
17	フライホイール	1
16	平行キー	2
15	クランクシャフト	1
14	コンロッド大端軸受メタル, 下	1
13	コンロッド大端軸受メタル, 上	1
12	コンロッドボルト(添付)	2
11	供給管	1
10	平行ピン	6
9	コンロッド大端キャップ	1
8	コンロッド小端メタル	1
7	コンロッド本体	1
6	C型止め輪	2
5	ピストンピン	1
4	オイルリング	1
3	圧力リング, セカンド	1
2	圧力リング, トップ	1
1	ピストン	1
品番	名 称	個数

ピストンクランク機構イラスト組立図(改1)

明治大学理工学部

# ピストン

# 組立図の製図の方法 [40]

## 「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

### P1/5~2/5の説明

式(5.1)

トップランド長さ

$$L_o = (0.15 \sim 0.20) \times D$$

セカンドランド長さ

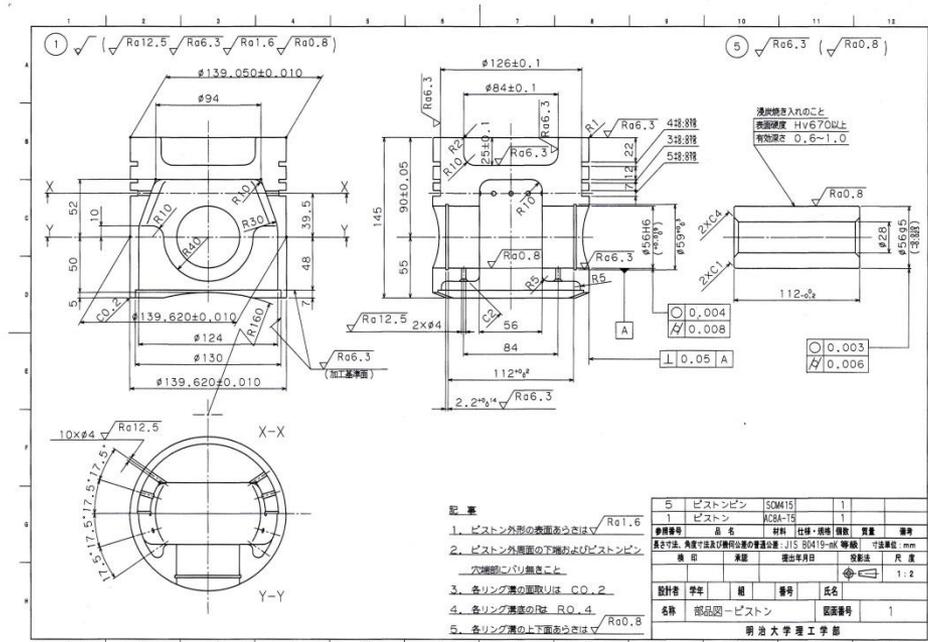
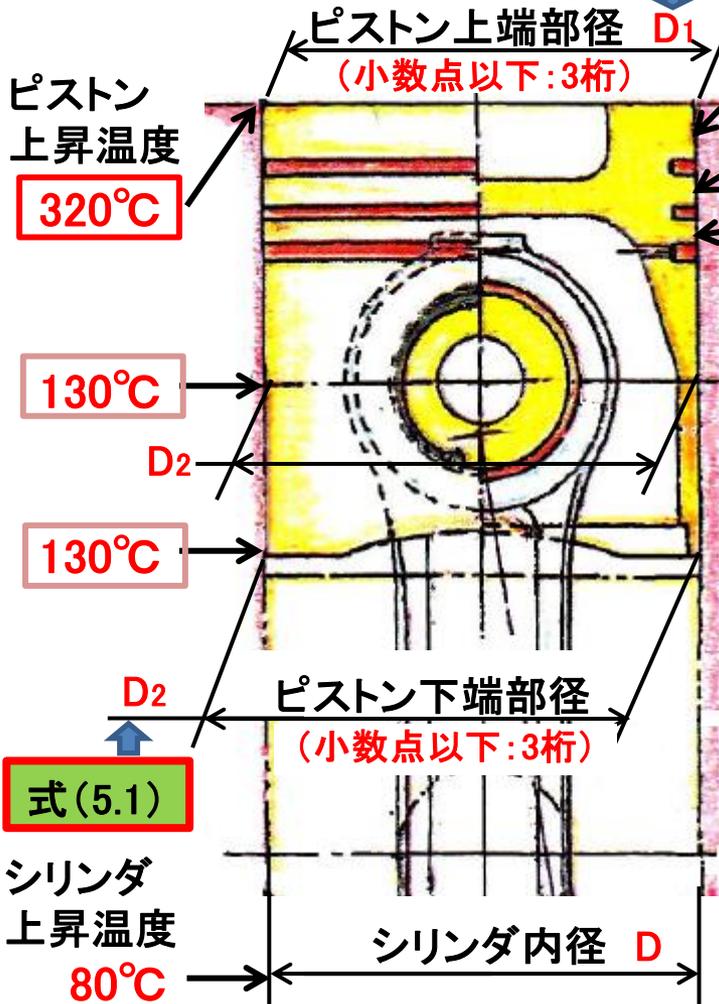
$$L_{r1} = (2.0 \sim 3.0) \times \text{第一圧力リング幅}$$

サードランド長さ

$$L_{r2} = (1.0 \sim 1.5) \times \text{オイルリング幅}$$

P2/5

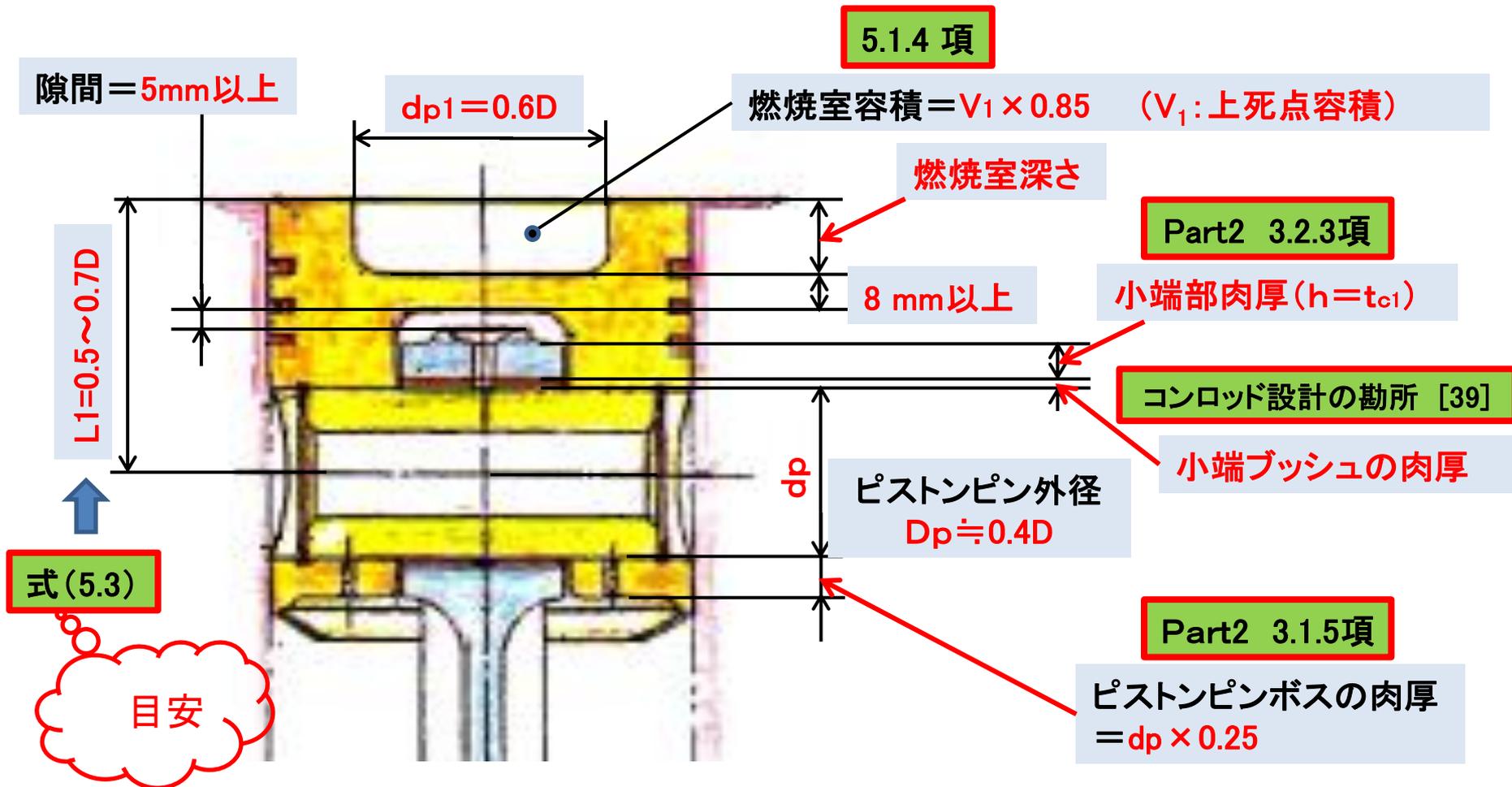
式(5.2)



部品図サンプル図面「ピストン」を参照のこと

「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

P2/5の説明



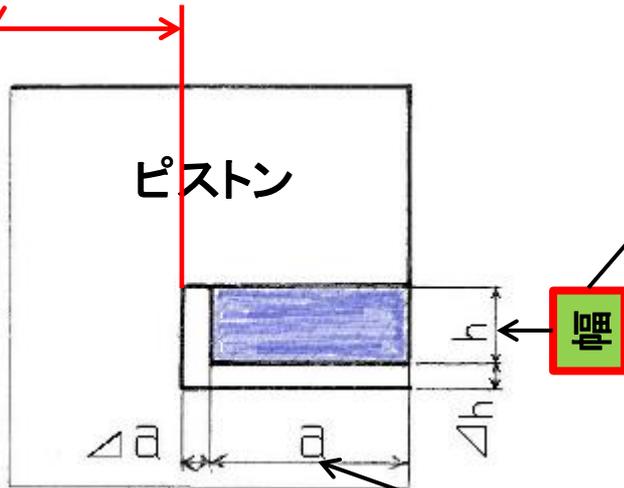
部品図サンプル図面「ピストン」、「コンロッド」を参照のこと

リング溝底径は小数点以下切り捨て

「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 <sup>[16]</sup>

P2/5 Fig. 5.3の説明

「JIS B8032」を参照のこと



ピストンリング幅寸法  $h$  JIS-B8032 に準じて設定

シリンダー径 $D$	圧力リング・ トップ $h$	圧力リング・ セカンド $h$	オイルリング $h$
30~74	2.5	1.75	3
75~89	2.5	1.75	3.5
90~109	3	2	4
110~139	3.5	2.5	4.5
140~174	4.0	3	5
175~200	4.5	3.5	6

ピストンリング幅 $h$ の 基準寸法と公差	$h$	-0.010 -0.030
ピストンリング溝幅 $h+\Delta h$ の 基準寸法と公差	$h$	+0.015 +0.035
ピストンリング溝間隙	$\Delta h=0.025\sim 0.065$	
ピストンリング厚さ	$a=0.04D$	
リング溝底隙間	$\Delta a=0.1a$	
ピストンリング溝底径	$D_1-2a-2\Delta a$	
ピストンリング溝底径公差	$\pm 0.1$	

ここで  $D_1$  は式(5.1)で与えられる。(注.  $D$  ではない)



## 「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

### P2/5 5.1.3 ピストンピン

#### 5.1.3 ピストンピン

ピストンピン (Piston pin) はピストンと連接棒 (Connecting rod) を連結するもので、大きなガス圧力がかかり、ピストンとコンロッドとの間である程度潤滑するから、強度の大きい磨耗に耐えるものが必要である。このため材質は炭素鋼、クロムモリブデン鋼などを使用し、また軽量化のために中空にする。

ピンが抜け出さないようにピンの両端でC型止輪 (スナップリング: JIS B2804) を用いて固定する。ピストンピンが挿入される孔の溝がC型止め輪を押えるためのものである。(Fig.5.1 参照) 詳細はJIS規格(JIS B2804)を参照する。ピストン上面とピストンピン軸間の距離  $L_1$  は、

$$L_1 = (0.5 \sim 0.7)D \quad L_1 \text{は必要最小限に!!} \quad (5.3)$$

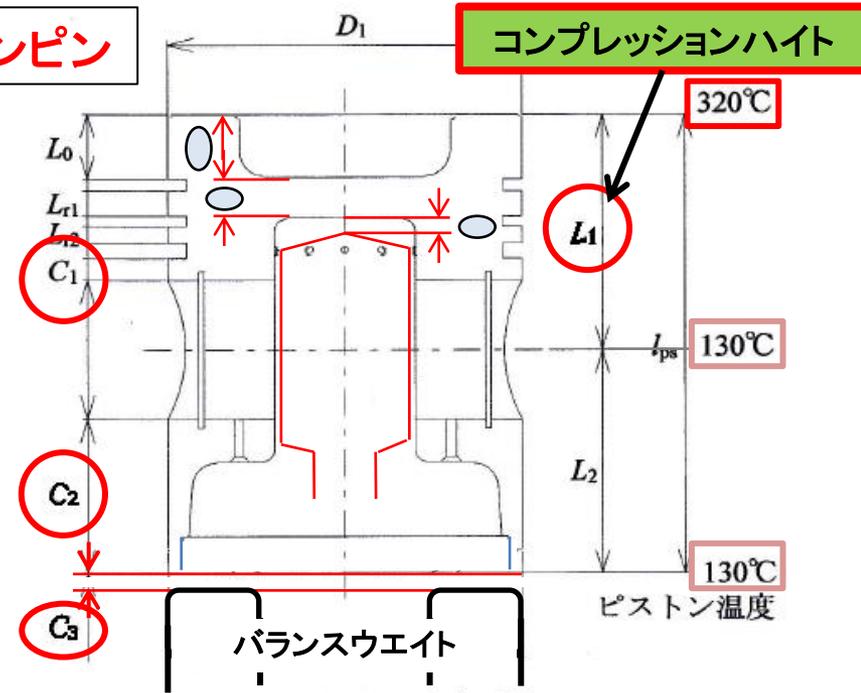
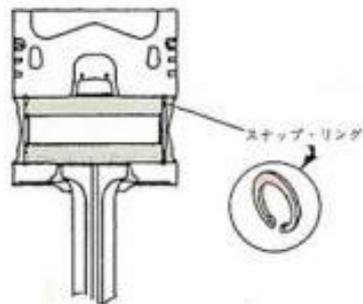


Fig.5.1 ピストン各部寸法

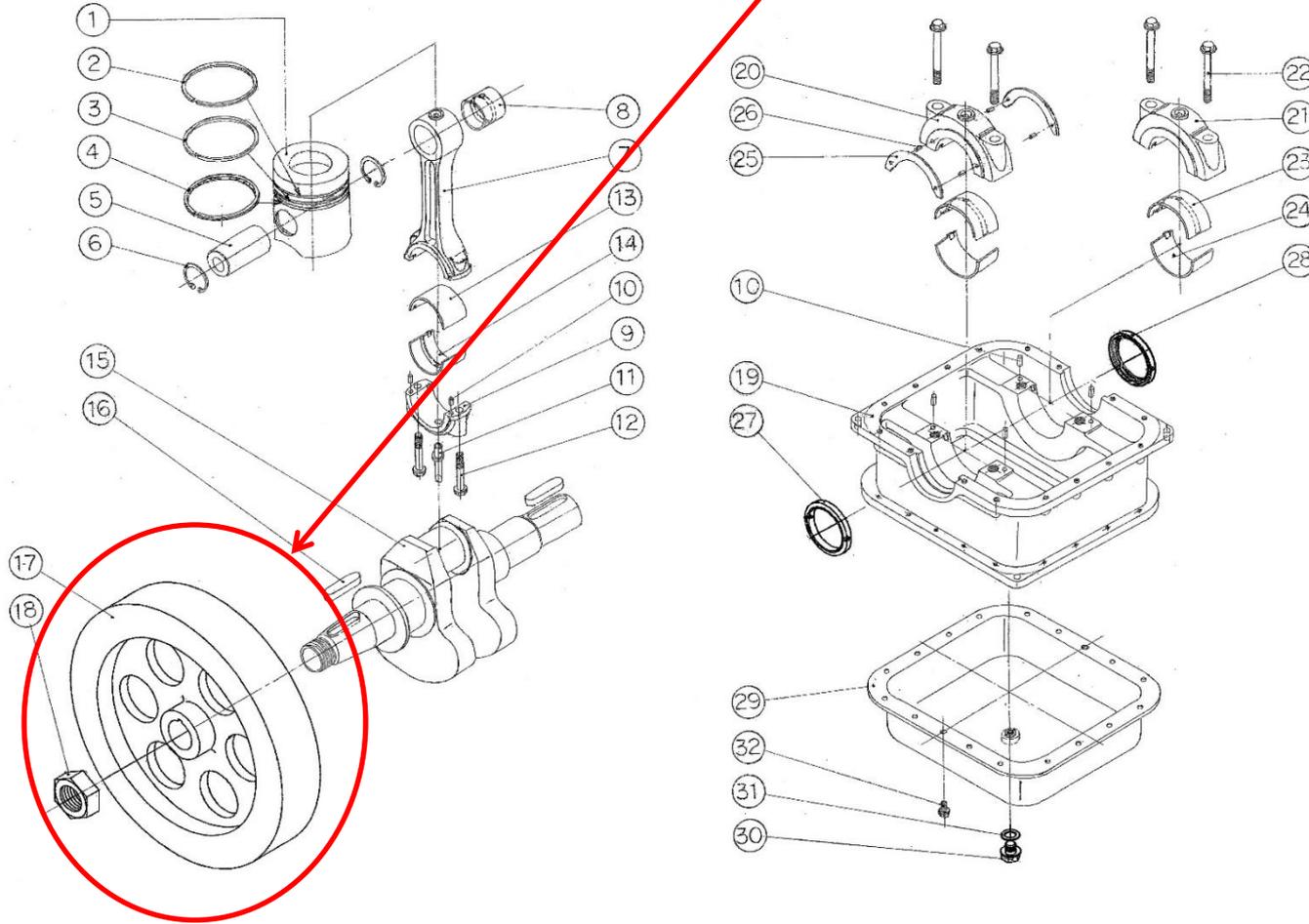
で与えられる。ここで、 $L_1$  は、オイルリングとピストンピン間の距離  $C_1$  とピストンピンとピストン下端部間の距離  $C_2$  が 0 にならないように決定しなければならない。さらに、ピストン下面とクランクシャフトの先端 (実際にはバランスウエイトの下端) が干渉しないように、その間隔  $C_3$  が 5mm 以上となるように調整する。場合によってはピストンスカート部を削ることも検討する。



運動部品

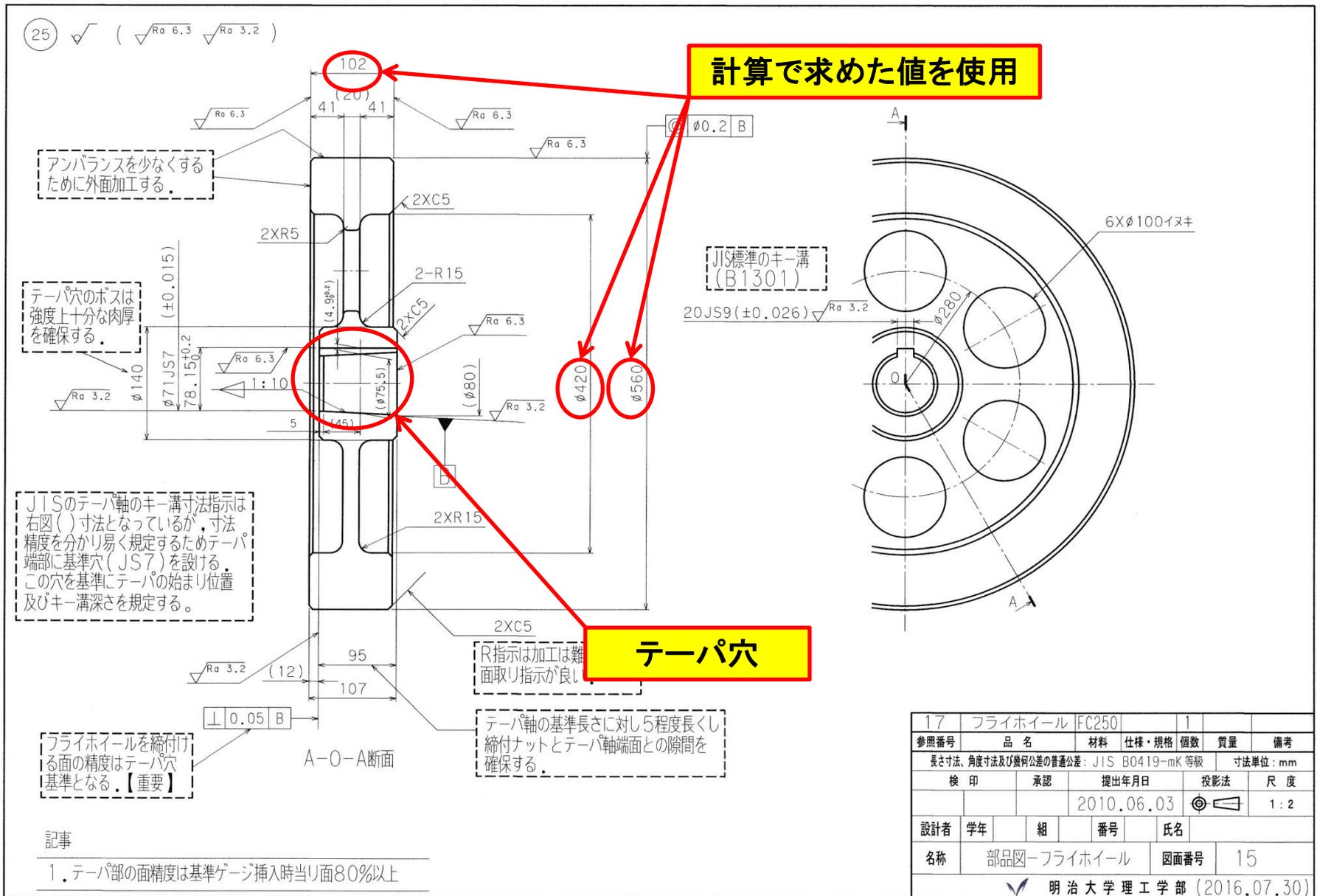
固定部品

フライホイール



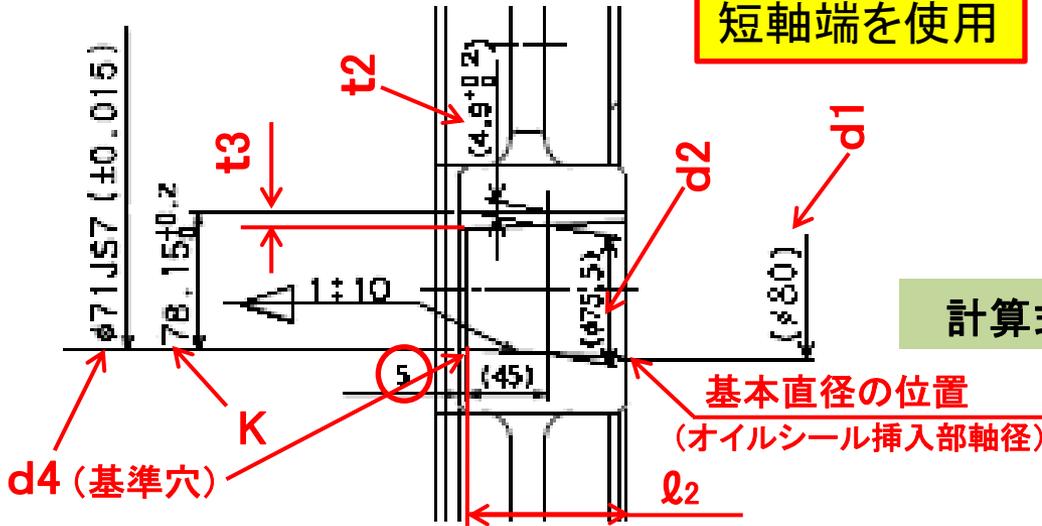
32	ボルト(内庫金, 平座金組込)	18	
31	銅ガスケット	1	
30	ドレンプラグ	1	
29	オイルパン	1	
28	オイルシール(後)	1	
27	オイルシール(前)	1	
26	スプリングピン	4	
25	スラストメタル	2	
24	ジャーナル軸受メタル, 下	1	
23	ジャーナル軸受メタル, 上	1	
22	ジャーナルキャップボルト(庫付)	4	
21	ジャーナルキャップ, 後	1	
20	ジャーナルキャップ, 前	1	
19	台盤	1	
18	ナット	1	
17	フライホイール	1	
16	平行キー	2	
15	クランクシャフト	1	
14	コンロッド大端軸受メタル, 下	1	
13	コンロッド大端軸受メタル, 上	1	
12	コンロッドボルト(庫付)	2	
11	振給管	1	
10	平行ピン	6	
9	コンロッド大端キャップ	1	
8	コンロッド小端メタル	1	
7	コンロッド本体	1	
6	C型止め輪	2	
5	ピストンピン	1	
4	オイルリング	1	
3	圧カリング, セカンド	1	
2	圧カリング, トップ	1	
1	ピストン	1	
	品番	名称	個数

ピストンクランク機構イラスト組立図(改1)



## フライホイールの 1:10テーパ穴形状の説明

短軸端を使用



計算式

参考JIS

JIS B 0904 (テーパ比1:10円すい軸端)  
JIS B 1301 (キーおよびキー溝)

- 1)  $\phi d2 = \phi d1 - ((l2/2) \div 10)$
- 2)  $\phi d4 = \phi d1 - (l2 \div 10)$
- 3)  $t3 = t2 + ((l2/2) \div 10) \div 2$
- 4)  $K = d4 + t3$

d1=80 の場合の計算例

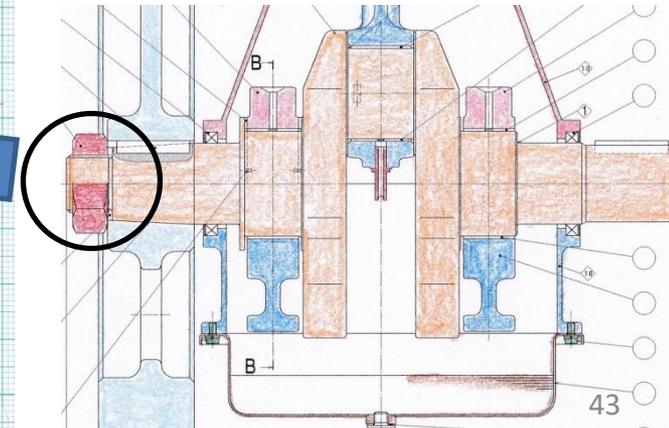
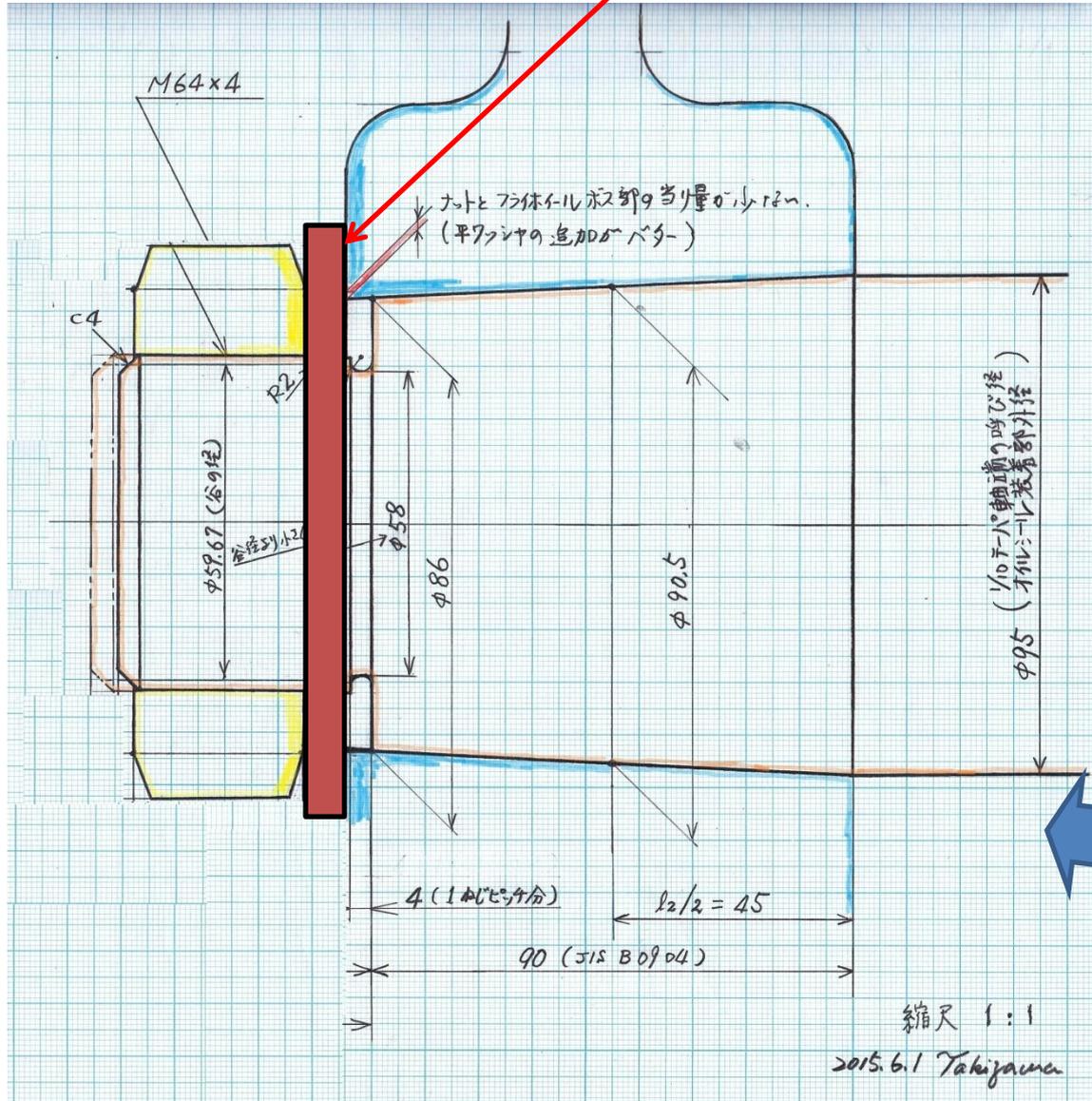
$$\begin{aligned} \phi d2 &= 80 - (45 \div 10) = 75.5 \\ \phi d4 &= 80 - (90 \div 10) = 71 \\ t3 &= 4.9 + ((45 \div 10)) \div 2 = 7.15 \\ K &= 71 + 7.15 = 78.15 \end{aligned}$$

d1=90 の場合の計算例

$$\begin{aligned} \phi d2 &= 90 - (45 \div 10) = 85.5 \\ \phi d4 &= 90 - (90 \div 10) = 81 \\ t3 &= 5.4 + ((45 \div 10)) \div 2 = 7.65 \\ K &= 81 + 7.65 = 88.65 \end{aligned}$$

基本直径 d <sub>1</sub>	短軸端		おねじ		平行キー		キー溝深さ		
	ℓ <sub>2</sub>	ℓ <sub>3</sub>	サイズ d <sub>3</sub>	面取 C	寸法 b×h	長さ ℓ <sub>4</sub>	軸側 t <sub>1</sub>	FW側 t <sub>2</sub>	基準径 d <sub>2</sub>
60	70	35+3	M42×3	3	16×10	63	6	4.3	56.5
63									59.5
65									61.5
70									66.5
71									67.5
75	90	40+4	M48×3	3	18×11	63	7	4.4	71.5
80									75.5
85									80.5
90									85.5
95									90.5

座面 面圧低減のため、平座金の追加またはフランジナットの使用が必要



## 課題

「テキスト」 ディーゼルエンジンの設計 Part 3 [16]

P 4/5 6. 組立図の作成

### 6.1 課題

- JIS 規格は, (1) 0606 室の本棚の JIS ハンドブック, (2) 日本工業標準調査会のウェブサイト (<http://www.jisc.go.jp/>) のいずれかを参照する.
- 組立図は, 用紙サイズ : A1, 縮尺 : 1:2.5 にて作図と, 「枠 A1(1-2.5).FXD」テンプレートファイルの使用を推奨する. (但し, 印刷時には A3 に縮小すること.)
- 各部品の品番は「ピストン・クランク部品表」に従う.
- バランスウェイト質量の検討結果は組立図提出時に合わせて提出する. (資料[24]参照)
- オイルパン, 台盤の部品図は不要とする.

# 明治大学 機械工学科 機械設計・製図 2

## 締結部品の設計について

## 「テキスト」 締結の設計について [11]

2個以上の部品を組み合わせ締結するボルトは機械部品にとって重要である。組み上がった製品の機能を満足させるは、以下の点に注意し設計する必要がある。

### I. 締結用ボルトにはメートル並目ねじと細目ねじが用いられる

並目ねじと細目ねじボルトは、相手部品の材料によって使い分ける。(雌ねじの損傷を避けるため)

相手部品が 鋳鉄、アルミの場合 ———— 並目ねじ (例：ジャーナルキャップボルト)

〃 鋼鉄の場合 ———— 細目ねじ (例：コンロッドボルト)

注：鋼鉄材料で雄ねじ部品を制作する場合も細目ねじとする。

(例：クランクシャフト (S45C) 先端の雄ねじ)

雄ねじ、雌ねじの図示方法は「ねじの種類」「呼び径」×「ねじピッチ」とする。(例：M10×1.25)

ねじピッチは教科書 p.101 表 5.1 (並目ねじ)、p.102 表 5.2 (細目ねじ) を参照すること。

注：細目ねじは表 5.2 に記載のとおり同一呼び径で複数の「ねじピッチ」があるが、その中で最も大きいピッチを使うこと。(例：M10×1.25 M56×4 M64×4)

### II. ボルトのねじ込み代について

ねじ込み代が少ないと相手側の雌ねじを損傷させる場合あり。また使用中の弛みの原因となる。

必要ねじ込み代は相手側の材料により下記値を確保すること。(D：ねじのサイズ)

- ・ 鋼鉄製の場合 ———— 1. 2.5 × D
- ・ 鋳鉄製の場合 ———— 1. 5 × D
- ・ アルミ製の場合 ———— 2. 0 × D

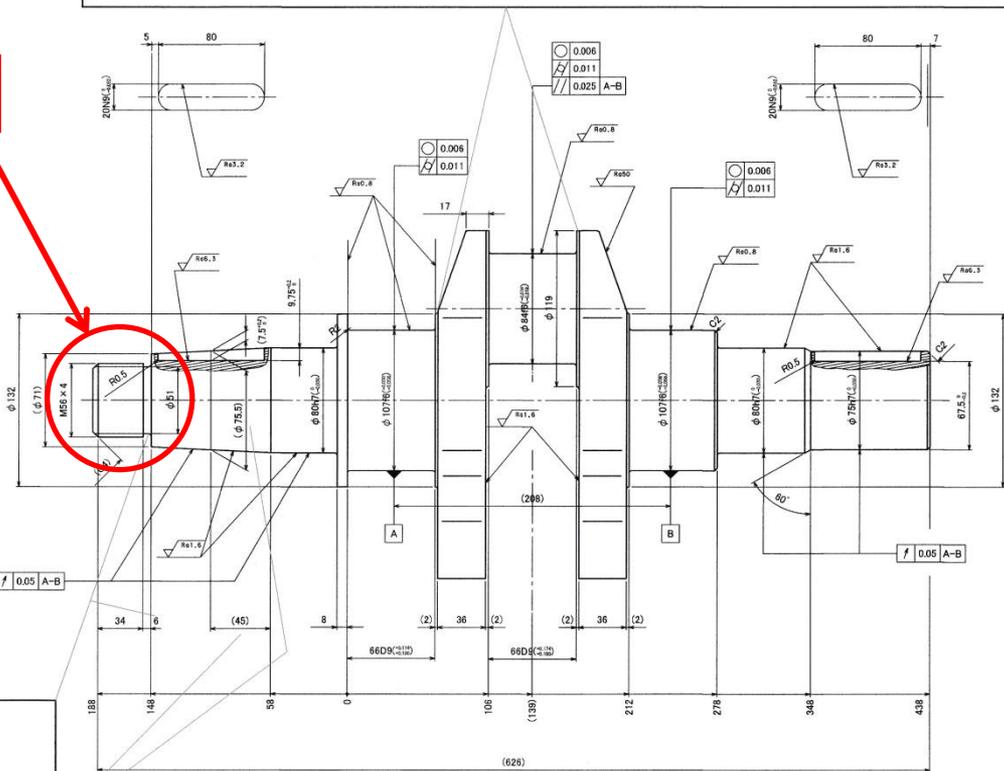
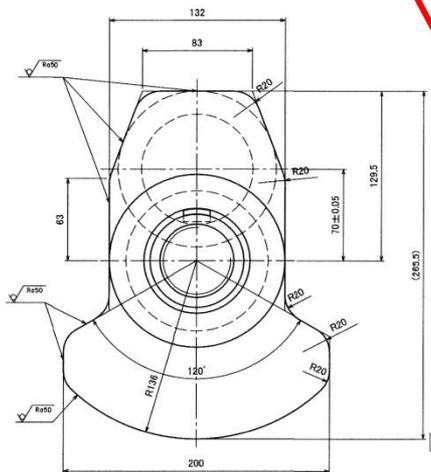
## 「テキスト」 締結の設計について [11]

### 部品図サンプル図面「クランクシャフト」を参照のこと

#### クランクシャフト先端の雄ねじ

$\sqrt{\sqrt{Ra50} \sqrt{Ra6.3} \sqrt{Ra3.2} \sqrt{Ra1.6} \sqrt{Ra0.8}}$

クランクアーム部とクランクピン・ジャーナルとの接合部には2mmの台座を設ける



- ねじ切部の逃げ溝は以下とする
  - 溝径：ねじの谷径 - (1 ~ 2)
  - 溝幅：ピッチ × (1 ~ 1.5)
- テーパー軸のキー溝支持方法
  - JISでは( )寸法の数値で溝深さを指示しているが計算が難しい
  - φ80h7軸を基準に溝深さを指示した方が直接的でわかりやすい

- 記述
- クランクピン及びクランクジャーナル部に軟酸化処理を施すこと
  - 指示無き加工面の隅Rは2Rとする
  - 加工面の端部バリ・カエリ無きこと
  - 1:10テーパー部の精度は基準ゲージ挿入時の外径全体当り面が80%以上であること

15	クランクシャフト	S45C	1		
参照番号	品名	材料	仕様・規格	個数	備考
			JIS B 0419-nK 等		寸法単位 mm
検印	承認	提出年月日	投影法	尺度	
			第一角法	1:2	
設計者	学年	組	番号	氏名	
名称	部品図-クランクシャフト			図面番号	3
明治大学理工学部					

## 「テキスト」 締結の設計について [11]

VI. ボルトの座面は加工面とする

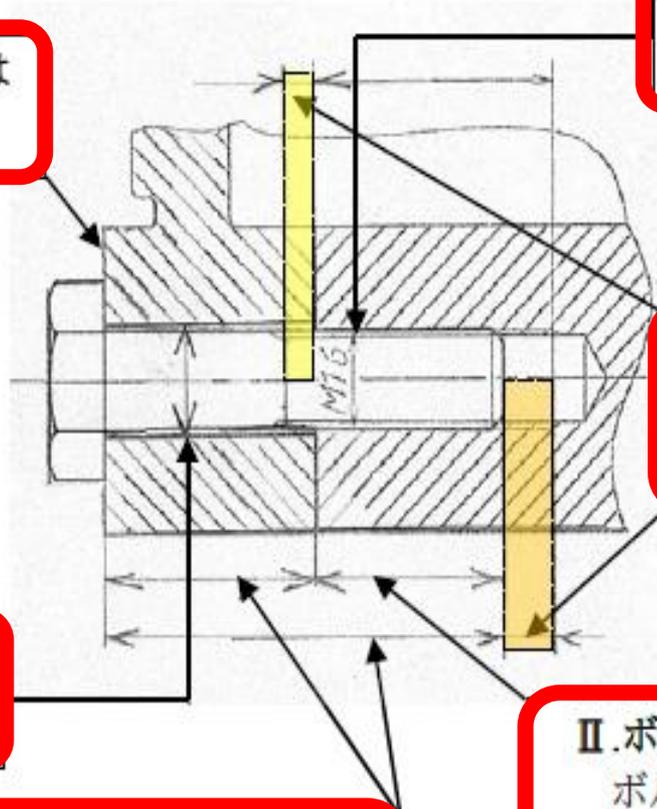
I. ボルトは特別の理由がない限り一般用メートルねじを使用

III. ボルトは不完全ねじ部までねじ込まない  
ねじ切りに対し余裕を持たせる

V. ボルト穴径はボルト径に対し大きくする

IV. ボルト長さは、被締付部品（ボルト穴側）のフランジ厚さ及びねじ込み代を考慮し決定

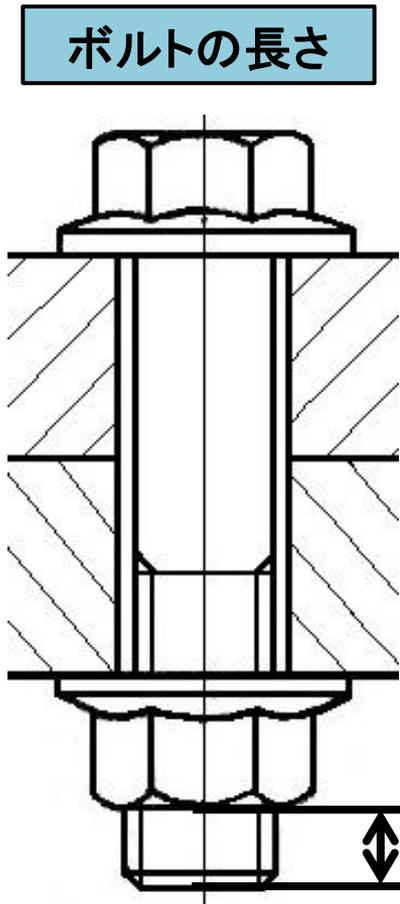
II. ボルトのねじ込み代は十分確保する  
ボルトのねじ込長さは相手側の材料により長さが異なる



# 締結部品の設計について [40]

「テキスト」 締結の設計について [11]

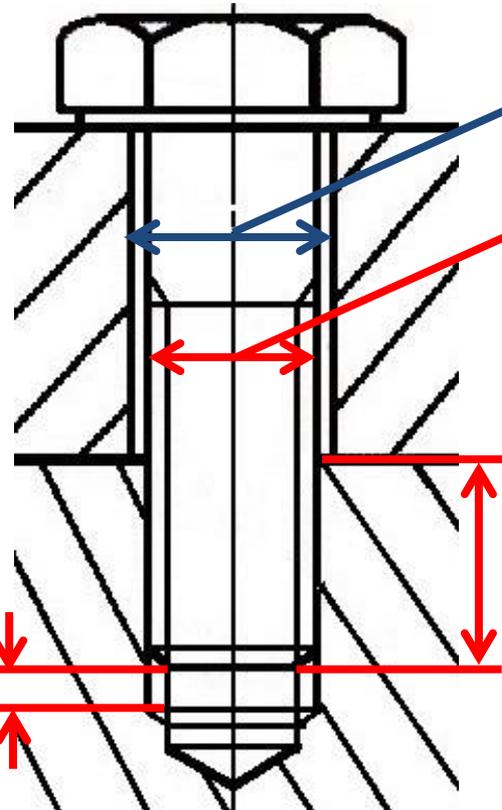
ねじ込み深さ、めねじ深さ



ボルト先端(最長値)と  
めねじ深さの隙間

2 mm以上

M8~M12 : 2.5 mm以上  
M14~ : 3.0 mm以上



穴径  $d+\alpha$

ねじの呼び径  $d$

最少ねじ込み深さ

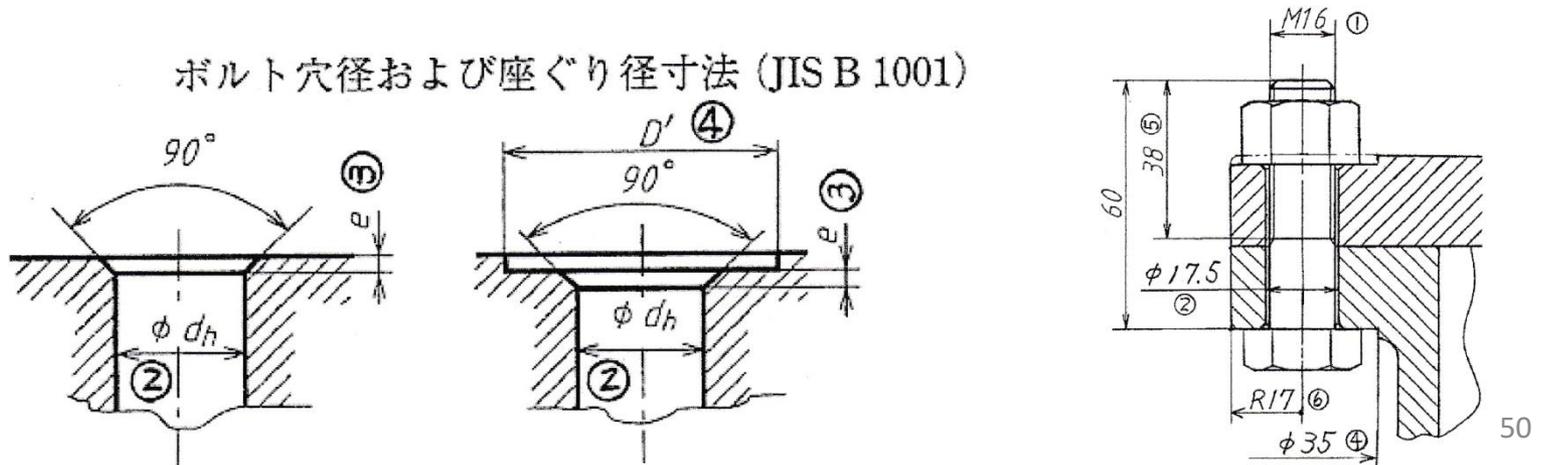
鋼	: 1.25 d
鋳鉄	: 1.5 d
銅合金	: 1.5 d
アルミ	: 2.0 d

## 「テキスト」 締結の設計について [11]

参考

①メートル並目ねじ		ねじ込み代		②ボルト穴径, ③面取り, ④座ぐり径				⑤ボルトの ねじ切り長	⑥ボルトホスの半径
ねじ呼び	ピッチP	鋼鉄	鋳鉄・アルミ	1級	2級	面取り	座ぐり径		R=D+1
M6	1	5~7	9~12	φ6.4	φ6.6	0.4	φ15	18	R7
M8	1.25	6~10	12~16	φ8.4	φ9	0.6	φ20	22	R9
M10	1.5	8~12	15~20	φ10.5	φ11	0.6	φ24	26	R11
M12	1.75	10~15	18~24	φ13	φ13.5	1.1	φ28	30	R13
M14	2	11~17	21~28	φ15	φ15.5	1.1	φ32	34	R15
M16	2	13~20	24~32	φ17	φ17.5	1.1	φ35	38	R17
M18	2.5	15~22	27~36	φ19	φ20	1.1	φ39	42	R19
M20	2.5	16~24	30~40	φ21	φ22	1.2	φ43	46	R21

ボルト穴径および座ぐり径寸法 (JIS B 1001)



## 「テキスト」 締結の設計について [11]

細目ボルトの選定は下記のサイズより選定、なおネジピッチは教科書の最も大きいピッチを推奨する。(教科書part2参照)

形状確認

呼び(A) ISO対応 その他 ユーザ 登録

呼び径 全ねじ 有効径 並目 細目 等級A 等級B 等級C

M8x1	M12x1.5	M20x1.5
M10x1	(M14x1.5)	(M20x2)
(M10x1.25)	M16x1.5	(M22x1.5)
(M12x1.25)	(M18x1.5)	M24x2

ボルト長さ(B) 推奨するボルト長さ 49.5~120.7 単位 mm

50	70	110
55	80	120
60	90	
65	100	

ボルト長さ(1) 50.000  
 ねじ部長さ(2) 30.000  
 ねじ逃げ(3) 6.000  
 タップ逃げ(4) 6.000  
 ザグリ径(5) 28.000  
 ザグリ深さ(6) 9.000  
 逃がし径(7) 14.000  
 板厚(8) 9.500

正面図(C)     頭部のみ(F)     座金なし(K)     中心線(O)  
 平面図(D)     タップなし(G)     平座金(L)     ザグリ(P)  
 側面図(E)     タップあり(I)     ばね座金(M)     逃がし(Q)  
 シャフトのみ(J)     両方(N)     座金は別部品とする(S)     隠れ線(R)  
 隠れ面(T)

ねじ部長さ(参考) 30 計測結果(W) 0.000000

OK キャンセル メニュー(Y) 属性表示(Z) 計測(X) ヘルプ(H)

## 明治大学 機械工学科 機械設計・製図 2

「テキスト」 締結部品の設計について [11]  
に関連する追加の説明

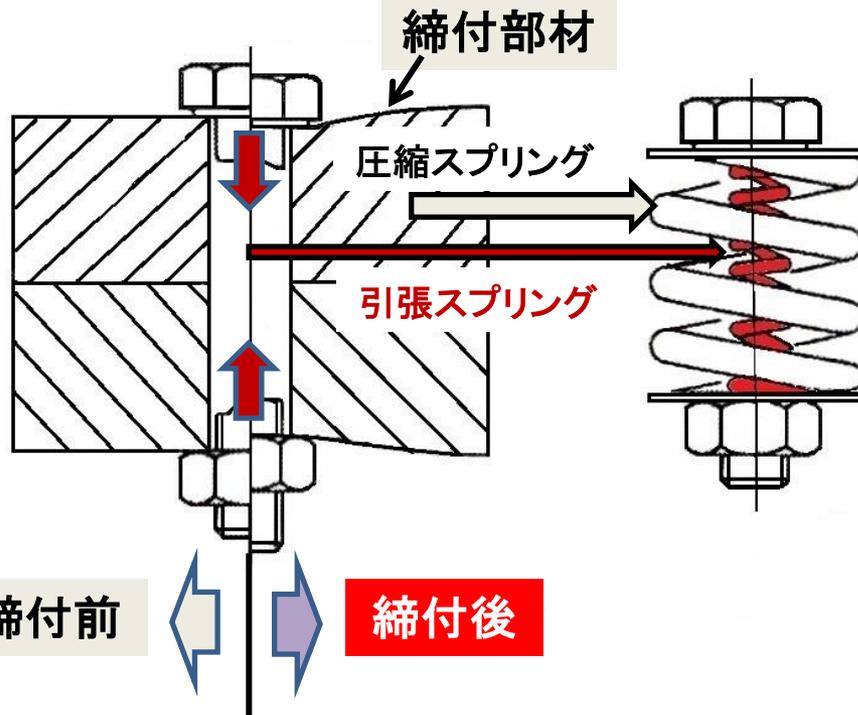
## なぜボルトが弛むのか？

ボルトを締めると

ボルトは伸び締付部材は縮む  
共に戻ろうとする力で釣り合う

・ボルトは引張スプリング  
・締付部材は圧縮スプリング

ボルトは  
ねじ面と座面の摩擦で  
回転しない(緩まない)

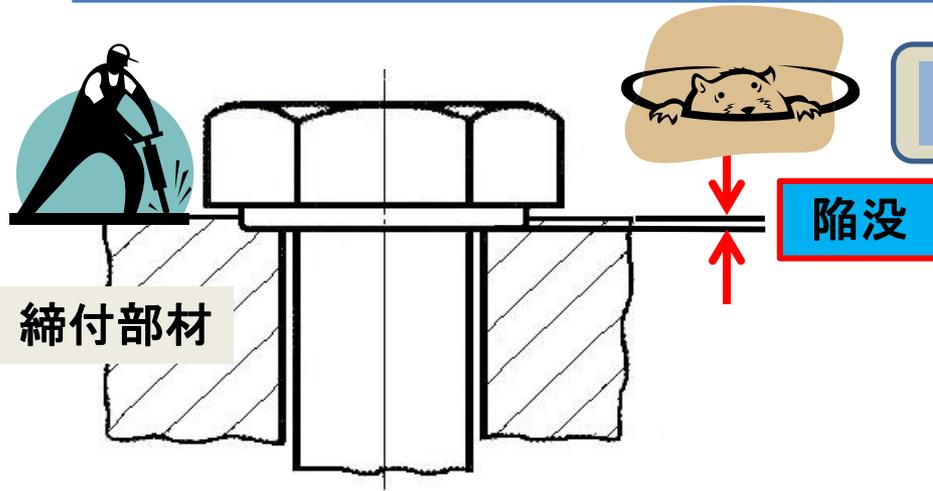


エンジンの主要部品を締結している高締付力のボルト(コンロッド、ジャーナルキャップ、フライホイール、シリンダヘッド、...)では締付部材のへこみ(陥没)によるボルトの弛みが発生する場合があります

ボルトの弛み(=締付力の低下)は、締付部材のへこみ(陥没)による

**ボルト(ナット)の座面々圧は限界以下にする！**

# 締結部品の設計について [40]



初期の締付力 大 + 作用力 大

ボルト(ナット)の座面々圧の  
限界オーバー

座面の陥没

締付力の低下  
(ボルトの緩み)  
(ボルトの脱落)

限界面圧 (N/mm<sup>2</sup>)

締付部材	(例)記号	引張強さ	限界面圧
低炭素鋼	S10	370	260
中炭素鋼	S30C	500	420
炭素鋼(QT)	S45C	800	700
CrMo 鋼	SCM440	1000	850
ステンレス鋼	SUS316	500~700	210
鋳鉄	FC25	250	800
アルミ合金鋳物	AC2B	—	200
アルミ合金	A1200	160	140

限界面圧の目安

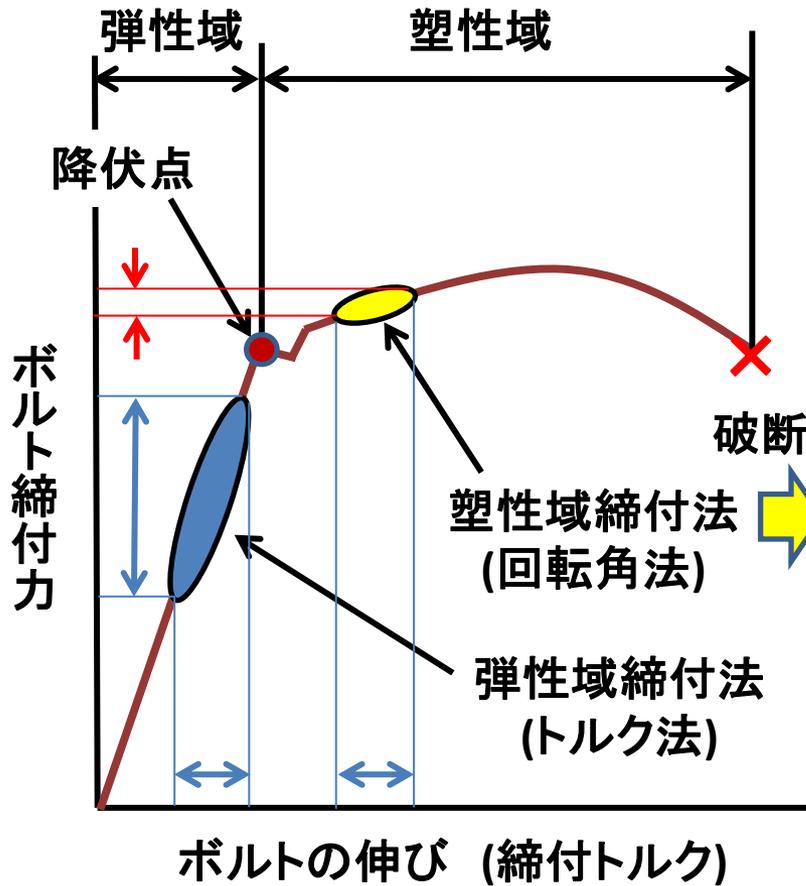
- ・鉄鋼、ステンレス = 降伏点、耐力
- ・鋳鉄 = 引張強さの3.5倍
- ・アルミ合金 = 引張強さの80%

## ボルトの締付法

従来、弾性域締付法 主流



近年、重要部位のボルトは塑性域締付法



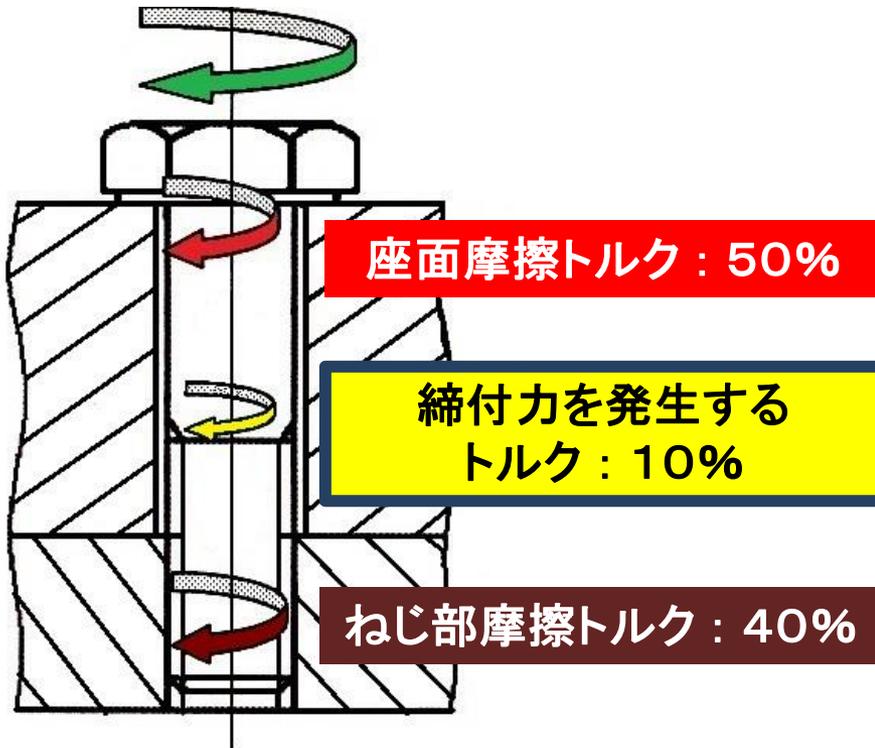
利点	・高締付力 ・締付力のバラツキ少
欠点	・再使用性が劣る → ボルト長さで判断
留意点	・高締付力 → ボルト座面の陥没注意 ・降伏点のバラツキ低減 → 材質管理強化

参考 重要部位のボルトとは？

例： シリンダヘッド、コンロッド、メインキャップ、フライホイール…など

## 締付力を発生させるトルクはわずか10%程度

締付トルク (100%)



### ボルトの締付法

ドライ法

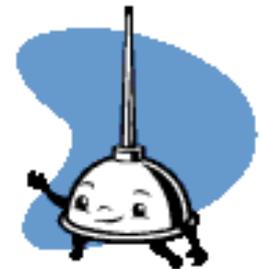
ウェット法



オイル  
塗布なし

ボルト座面と  
ねじ部に  
オイル塗布

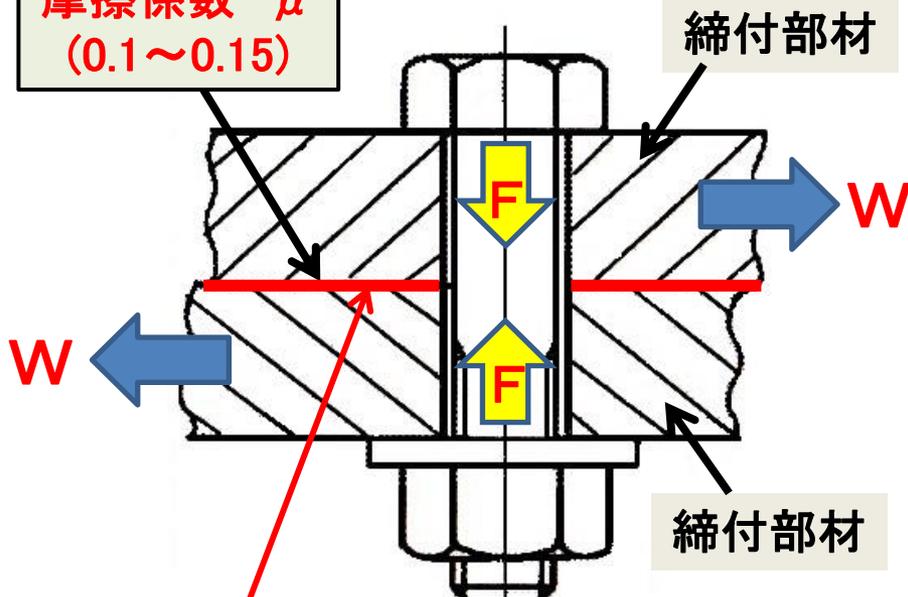
- ・ウェット締付は、締付力のバラツキを低減できる
- ・重要ボルトはウェット締付



# 締結部品の設計について [40]

ボルト軸の直角方向作用力

摩擦係数  $\mu$   
(0.1~0.15)

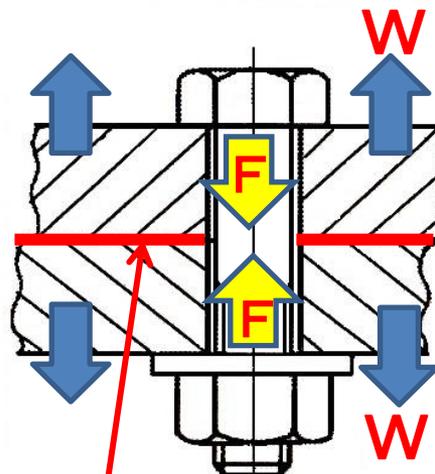


$$F \times \mu > W$$

締付部材の間に絶対に滑らせないこと

- ・ボルトにせん断力をかけないこと
- ・せん断力でボルトは容易に破損する

ボルト軸の方向作用力



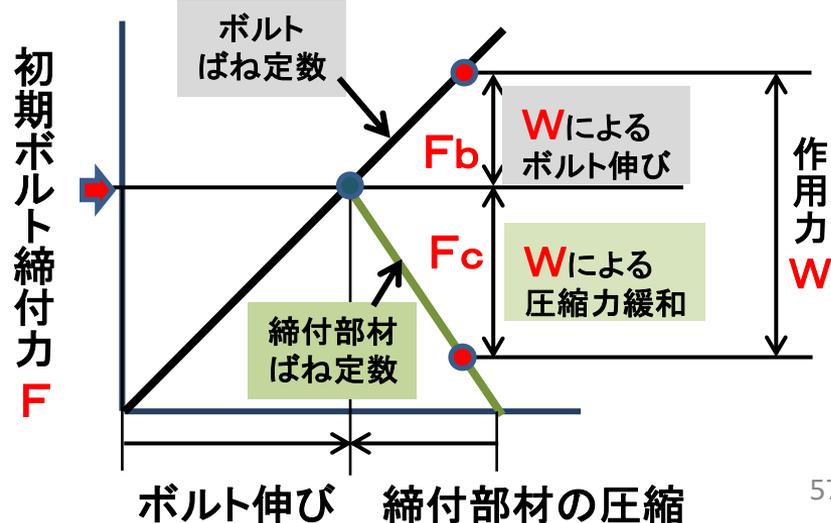
締付部材間が離れる

$$F \leq F_c$$

設計目安

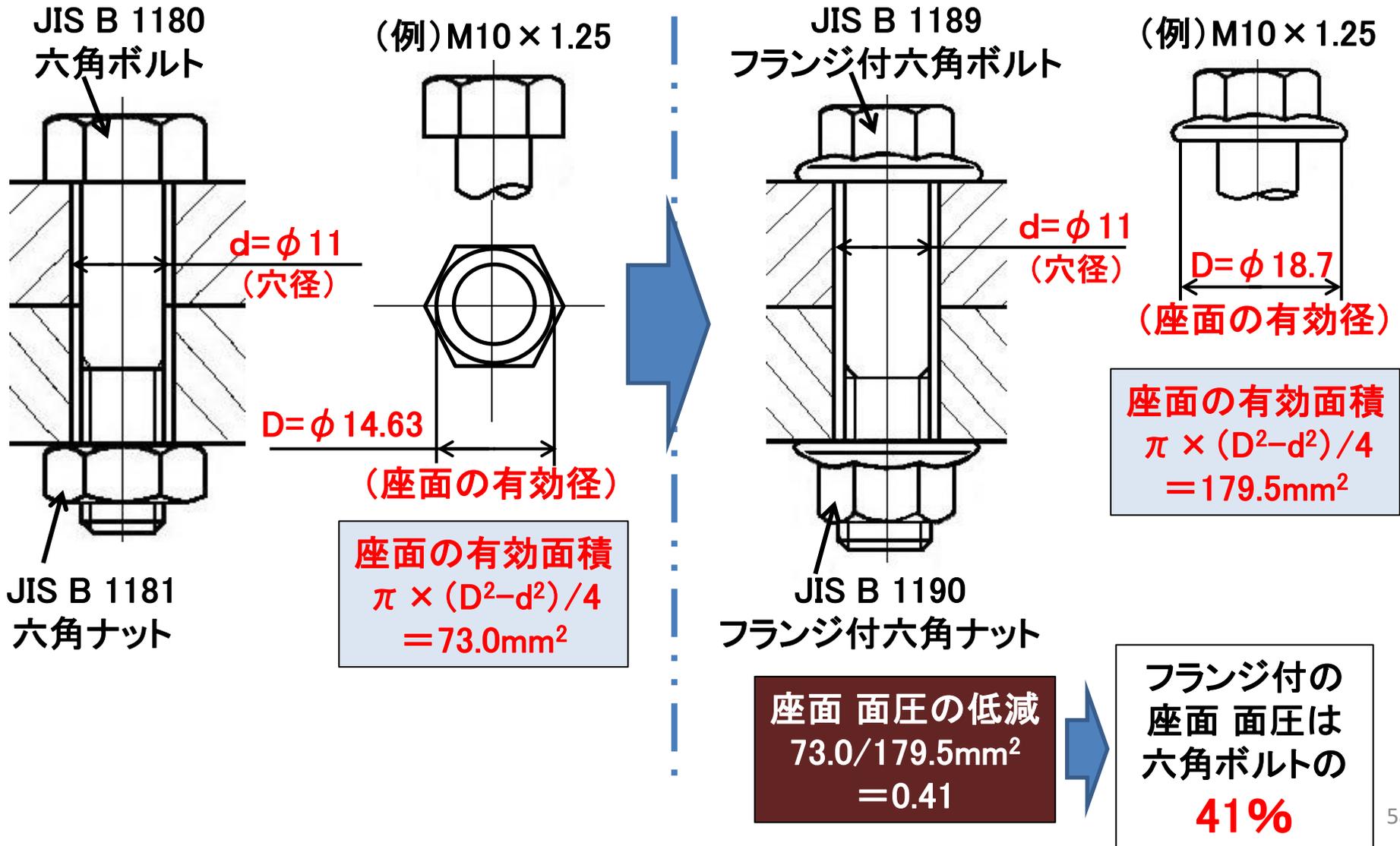
$$F_c < 0.8 \times F$$

締付部材間は絶対に離さないこと



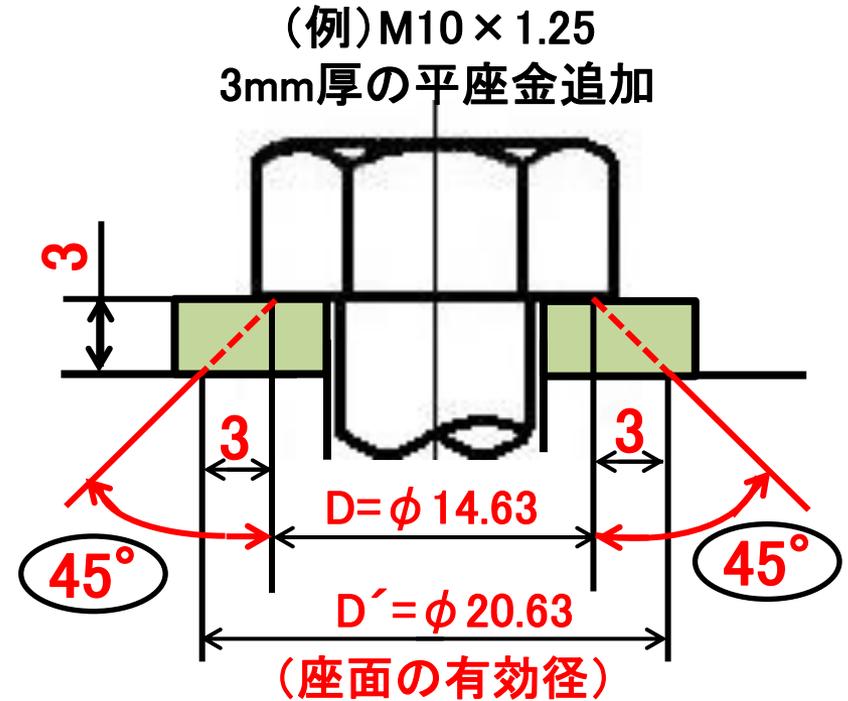
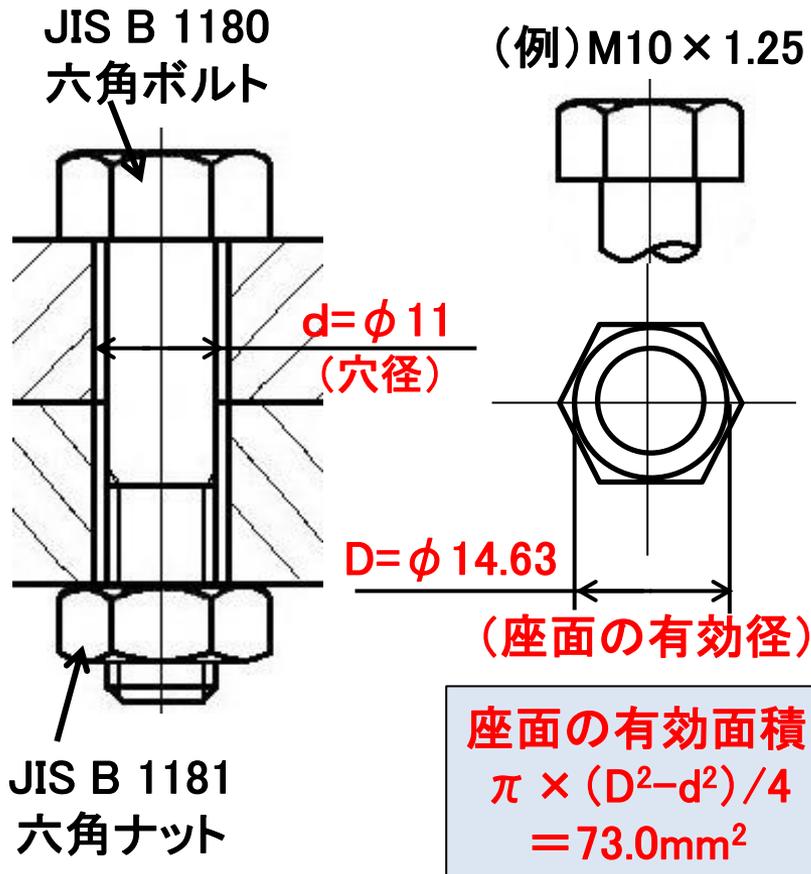
## ボルト(ナット)の座面 面圧低減手法

## フランジ付ボルト・ナット



## ボルト(ナット)の座面 面圧低減手法

## 平座金の追加



座面 面圧の低減  

$$73.0 / 239.1 \text{ mm}^2 = 0.31$$

平座金追加の  
座面 面圧は  
六角ボルトの  
**31%**

おわり