

Hydroforming

当社のハイドロフォーミング

**HYPREX**



YAMAMOTO SUIATU KOGYOSHO Co., LTD

## 【当社の経歴】

創立 1930 年以來、社名の通り水圧機器(水圧ポンプ、各バルブ等)とその応用装置を中心に開発し、今日に至っております。

経営理念に「水五則」を掲げ、弊社の製品は水をテーマにし、その「圧力活かす」で取組んでまいりました。

- ・ 圧力を静的 (Static)に活用すると水圧試験装置や 高圧カプセル
- ・ 水圧力を動的 (流れ=Flow)に活用したのがハイドロフォーミングです。
- ・ 更に動的な圧力を噴射(Dynamic)で活用すると洗浄やマーキング、カッティング装置

当社は、水圧力を動的に活用した多種多様な管加工のお手伝いを行ってきました。

## 【ハイドロフォームの脚光は】

1963年に、「T継手成型」を製作して以来取組んでまいりました「ハイドロフォーミング」は当時、「バルジフォーミング」呼ばれていました。単に色んな形に膨らます加工が中心で絞り、曲げ、穴加工等は別工程(装置)で行なわれていました。水圧力を利用して凹みや曲げ、穴加工も同時に出来る加工法がハイドロフォーミングと称しています。当時、最も効果があった製品は、水道蛇口は鋳物で製造していた工程からハイドロ化したことで大幅な人員削減とメッキ面光沢で著しい品質向上となりました。

1990年ドイツでのTUBE国際見本市に出展すると同時に、ハイドロフォーミングの講演を行い、ヨーロッパでは大きな反響が有りました。

その後の1995年ドイツ車が、ハイドロフォーミング部品を搭載して世界に送り出され一躍脚光を浴びました。

日本では 1998 年に自動車技術会大会で国際鉄鋼協会がわが国の高炉メーカー5社を含む世界18ヶ国の主要鉄鋼メーカー35社が参加する大型プロジェクト「ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body)」を日本で初めて公開されました。安全性・剛性を維持しつつ、鋼製車体をどこまで軽量化できるかを追求するのが目的でした。

弊社は、某鉄鋼メーカー研究所に35000KNハイドロフォームとパイプベンダーを納入して多くの部品の実用化に何らかの形で関与させていただき、加工技術のノウハウを掴めたと言えます。

近年は、自動車部品のみならず柱上開閉器ボディーケースなど多様な用途に利用されています。

# Hydroforming 技術 の紹介



## 1. Hydroforming 技術 の日本の歴史・背景紹

- 1962年当社が日本初  
「Bulge Forming」によるT管製造機を製作



- 1964年名古屋工業研究所にて自転車のLugを開発一躍 Bulge formingが注目された



金属液圧加工 200°-400° 液圧バルジ加工機

金型に組み込まれた鋼管の内側に超高压 (3000 kgf/cm<sup>2</sup>) をかけて、「T」継手を製造する装置。超高压のシール技術、成形圧力と成形押し量の同期回路の工夫、超高压機能部品の開発を行った。



株式会社  
山本水圧工業所  
(1962年)

その後次々と開発を行ったが主に「一般産業向け」が多かった。

この技術はULSAB Project以降自動車に採用されてから脚光を集めることとなりました。

## 2. ULSAB (Ultra Light Steel Auto Body) Project

1994年「Phase1」Start により  
**「高度な複合加工技術」**で、用途拡大が進み  
**新たな加工法**として脚光を集め  
**「Hydroforming」**として広く浸透した。

■ **発端**はAluminum台頭への危機感より

■ **目的**

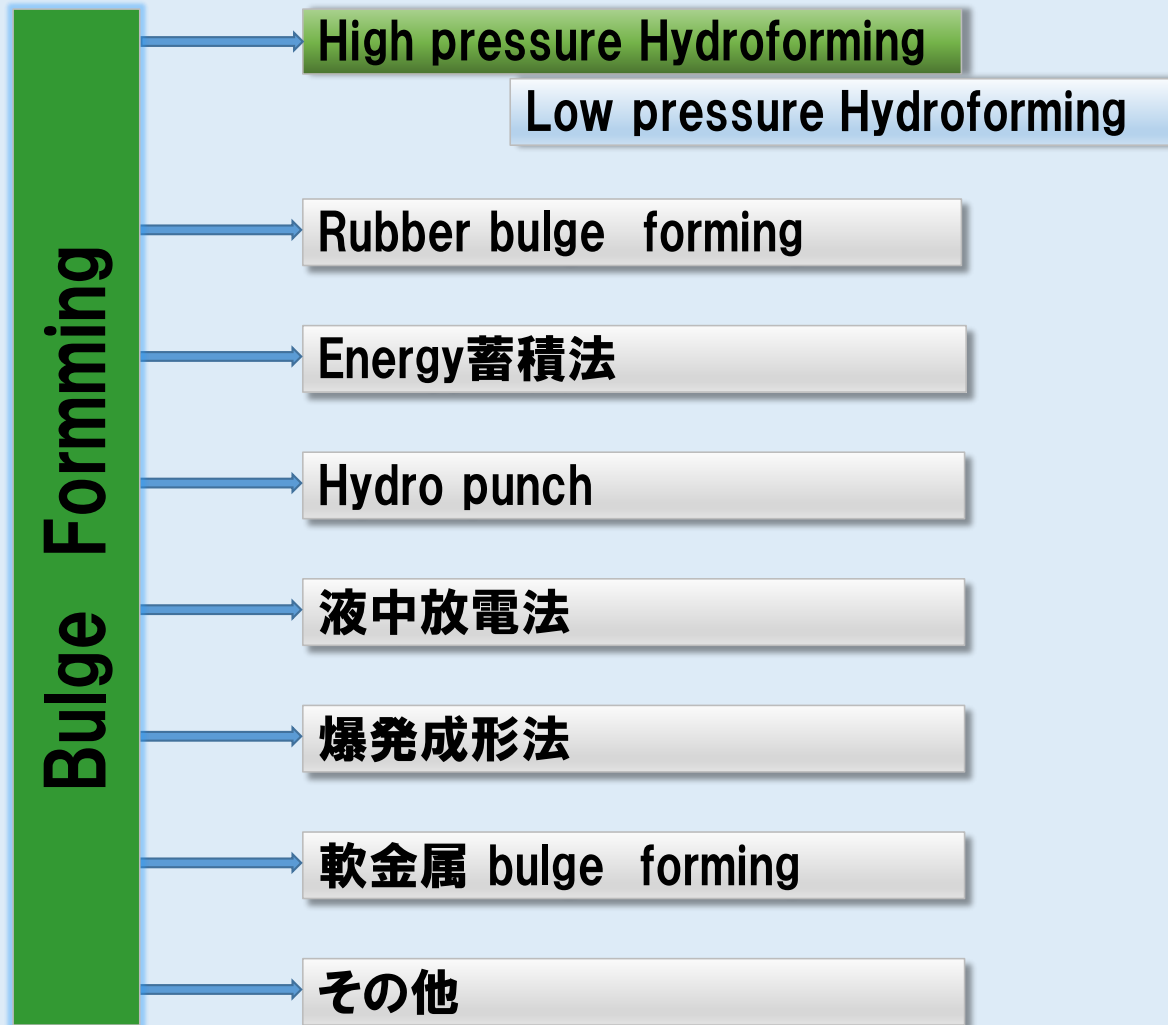
**安全性・剛性を維持し、鋼製車体をどこまで軽量化できるか追求**

■ **結果**

- ・ 軽量化 …… ホワイต์ボディ質量が約200Kgと、現行車の平均値より25%軽減  
 (全長4.8m全幅1.8mの大型車で、ドア、フロントフードなどのリッド類を除いた)
- ・ 安全性 …… 時速55kmでの50%Offset 衝突などに対応
  - 時速50km での側面衝突
  - 時速56km での前面および後面Full lap衝突



### 3. Bulge Forming分類





## 4. 何故 Hydroforming ?

1	<b>複雑形状中空部材の成型が可能</b>
2	<b>加工硬化による剛性向上</b> ・一般的に高圧Hydroformingでは5~15%拡管を行い比較的均一に加工硬化が発生する
3	<b>肉厚減少が少ない</b> ・軸圧縮荷重を加えるので減肉が少なく出来る
4	<b>一体成形で溶接工数の削減と断面係数の拡大</b> ・重量軽減が可能（一体成形により剛性が向上するぶん板厚が薄くできる）
5	<b>品質の向上</b> ・パスカルの原理に従い全面に同一圧力が掛かる為に、応力歪が安定する
6	<b>コストの削減</b> ・加工工程の削減 ・金型費用の削減
7	<b>ピアシング加工（穴加工）が同時に行なえる</b>

### ●環境に優しい！

- ・高圧水による成形
- ・軽量化 ⇒ 車はCO2排出削減
- ・部材の削減 ⇒ 資源の削減
- ・工程の削減 ⇒ 装置の削減にてCO2排出削減

**Pipe材で出来るHydroformingは軽量化と剛性向上の相反する問題を解決する手段として有効である**

## 5. Hydroforming とは？ ( Process )

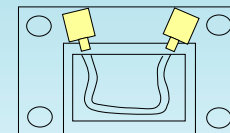
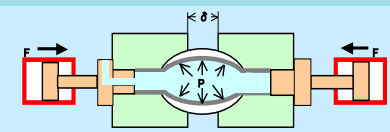
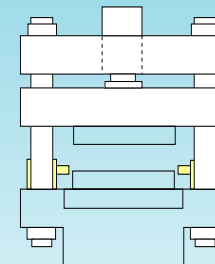
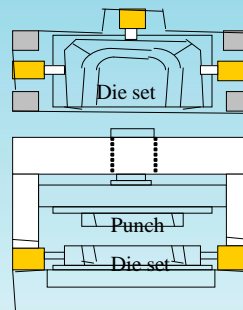
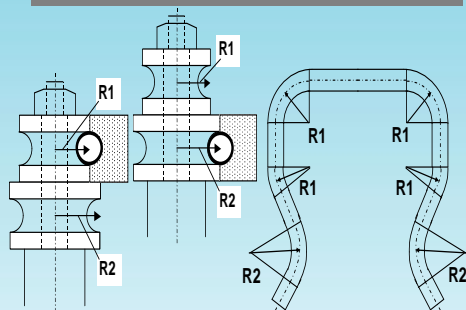
管材を内側から高い水圧力と軸圧縮力を加えて膨らませ、  
 外型形状に沿って変形させる成形加工方法。  
 通常曲げ加工、潰し加工を取り入れた複合成形となる。



曲げ加工 Prebending )

潰し加工 ( Preforming )

ハイドロフォー ( Hydroforming )



## 6. Bulge Forming の代表的な特徴

### ● Hydroforming

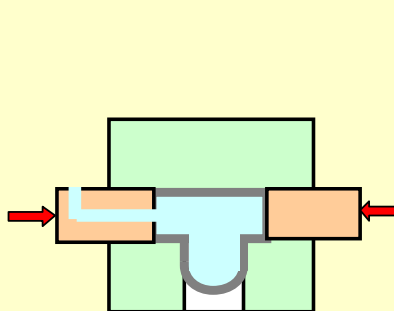
膨張量大きい、複雑な形状や 大形品も可能

### ● Rubber bulge forming

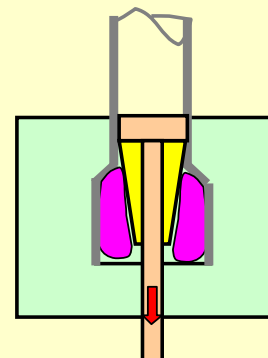
膨張量少ない、簡単な形状に適する

### ● 軟金属 bulge forming

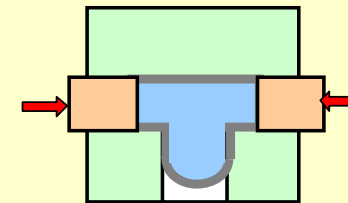
膨張量非常に大きい、主として空調用銅継手の成形に用いられる



Hydroforming



Rubber Bulge Forming



軟金属 Bulge Forming

## 7. Hydroforming の特徴

### ①. 複雑形状中空部材の成形が可能

#### Crossing member



Crushing

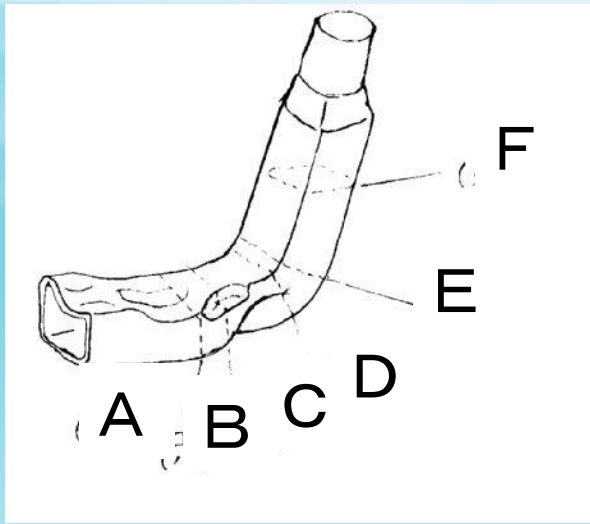


Hydroforming

素管材質 STKM11A  
 $\phi 76.3 \times t2.3 \times R110$

# 7. Hydroforming の特徴

## ①. 複雑形状中空部材の成形が可能



**F部側面**



**A部**



**B部**



**C部**



**F部**



**E部**



**D部**

半分のみ表示

写真右側潰し加工 / 左側 THF 加工品

# 7. Hydroforming の特徴

## ②. 加工硬化による剛性向上

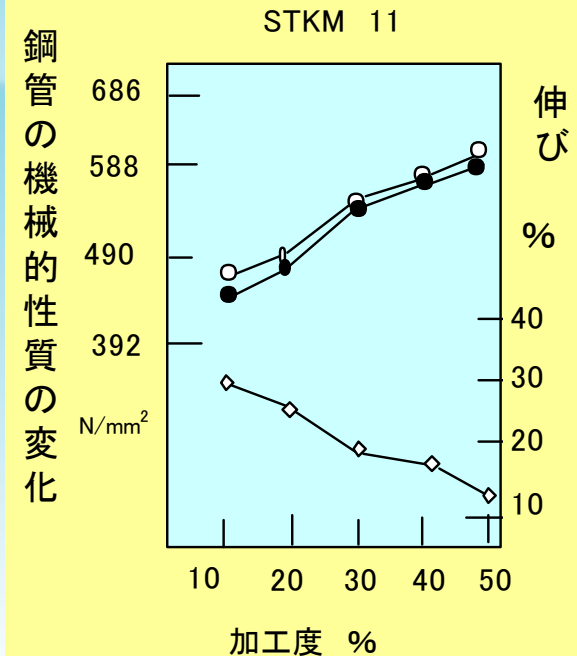
通常高圧Hydroformingでは5～15%拡管を行い加工硬化発生

### 溶接構造との強度UP比較

<b>Bending stiffness</b>	<b>+40%</b>
<b>Bending stress</b>	<b>-30%</b>
<b>Torsional stiffness</b>	<b>+7%</b>
<b>Torsional stress</b>	<b>-21%</b>

(Technische Mitteilungen文献より)

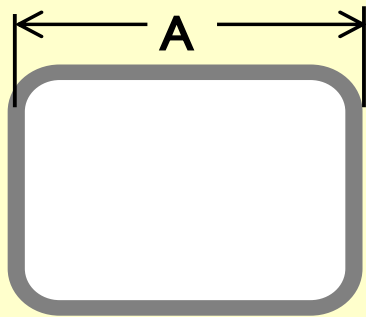
### Work hardening chart



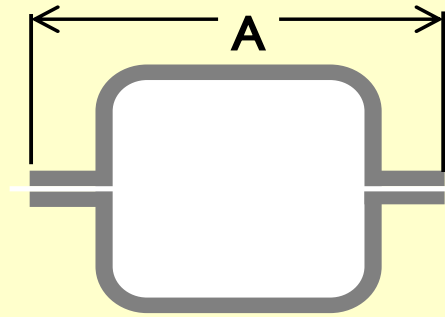
## 7. Hydroforming の特徴

### ③. 溶接工数の削減と断面係数の拡大

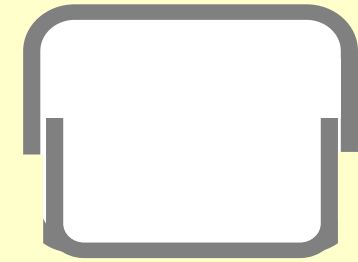
- 一体成形で溶接 Flange がない。
- Flangeがない分大断面の部材が設計できる。



(A) ハイドロフォーミング  
Hydroforming



(B) 最中方式



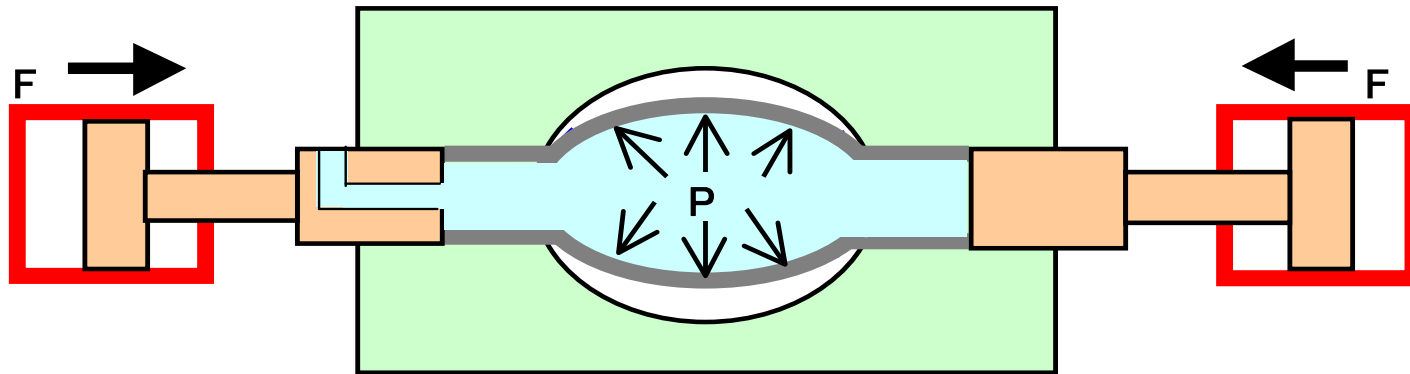
(C) 弁当箱方式

溶接構造と断面比較

## 7. Hydroforming の特徴

### ④. 減肉が少ない

- 軸圧縮荷重を加えるので減肉が少ない



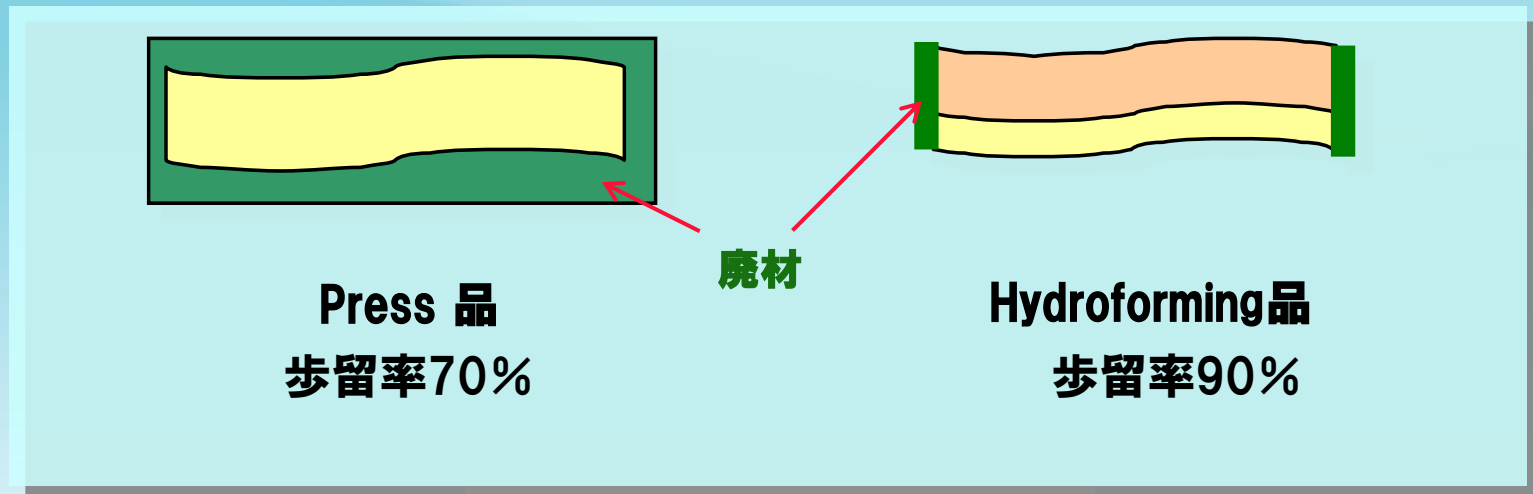
Pipe押し込み



## 7. Hydroforming の特徴

### ⑤. 部材Costの削減

- Seal 部を切り捨てるだけなので歩留まりが良い。  
用途によっては100%使用可能

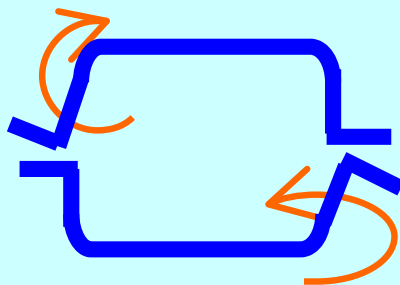


歩留の比較

## 7. Hydroforming の特徴

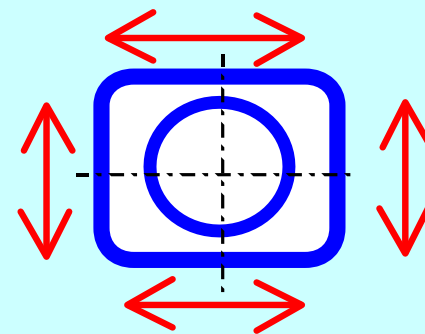
### ⑥. 品質の向上

- 閉断面で応力歪みが安定し精度が良い
- 閉断面で合わせ不良がない
- 拡管により降伏点( $Y_p$ )を越えSpring backが小さい
- Piercing等の加工が同一工程で行え精度が上がり再現性が良い



精度0.5mm

Press品



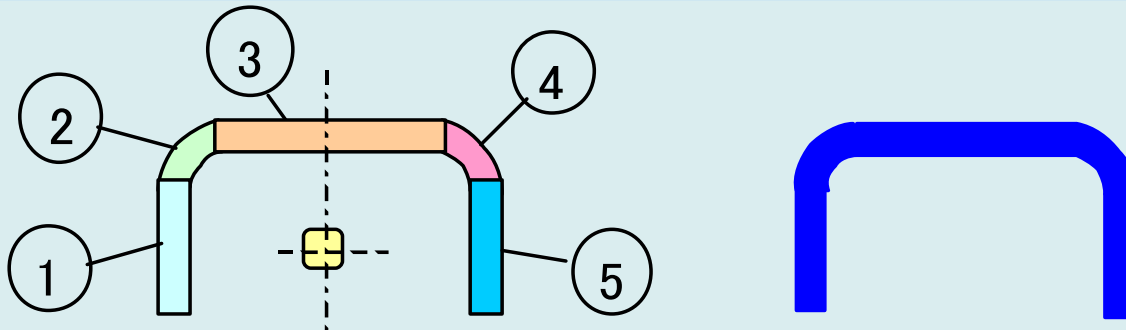
精度0.2mm

Hydroforming品

## 7. Hydroforming の特徴

### ⑦. 工程数の削減

- 一体化が容易で前後の工程数を減らすことが可能
- 工程が非常にSimple
- 精度向上によりRobot 化が容易
- ピアシング加工、端末加工等が同一工程で可能

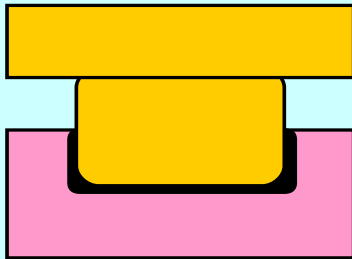


部品構成比較

## 7. Hydroforming の特徴

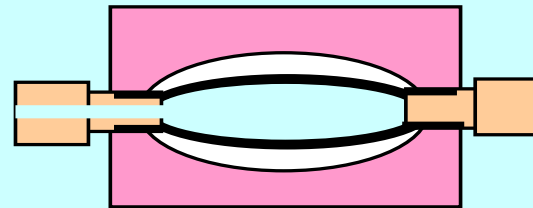
### ⑧. 金型費用の削減

- 金型との摩擦が少ないため磨耗少ない
- 工程数減少で金型費用が削減
- 雄型が不要である



型寿命40～50万回

Press



型寿命90～100万回

Hydroforming

## 7. Hydroforming の特徴

### ⑨. 作業環境の向上

- Pipe構造で鋭く尖った角がなく安全に梱包 搬送ができる
- 溶接個所削減により作業環境が良くなる

### ⑩. 物流Costと労務費の削減

- 工程数が少なく物流Costが少ない
- 組付部品の減少で直接労務費が安くなる

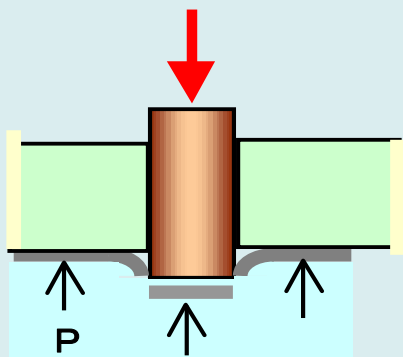
### ⑪. 重量の軽減削減

- 一般には20～30%軽くなると言われている

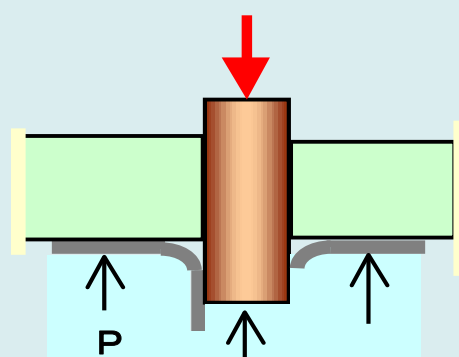
# 7. Hydroforming の特徴

## ⑫. Piercing加工(穿孔)が同一行程内で行える

- 多種多用の穴が明けられる
- 十数個の穴を同時に明ける事が可能（実例50箇所）

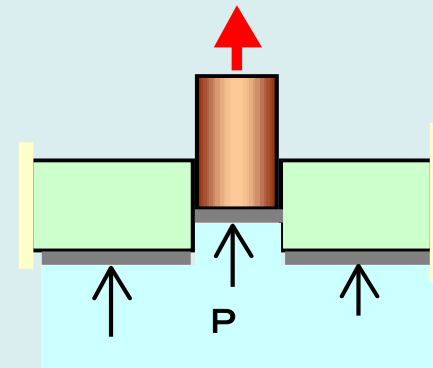


内抜き方式



Louver方式

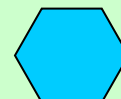
一部切り残り切粉を残す



外抜き方式

平坦度が良い

穴の形状

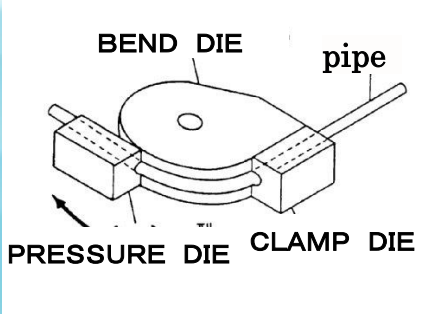


等多様

## 8. Preforming技術（この技術で70%成功）

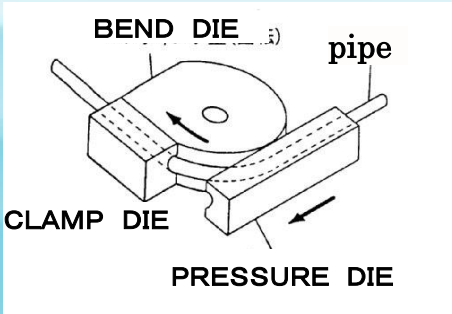
### BENDERの種類と主な特徴

引き曲げ



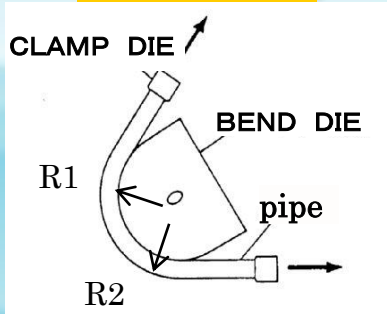
厚肉から薄肉までの小R精密曲げ可能

押付け曲げ



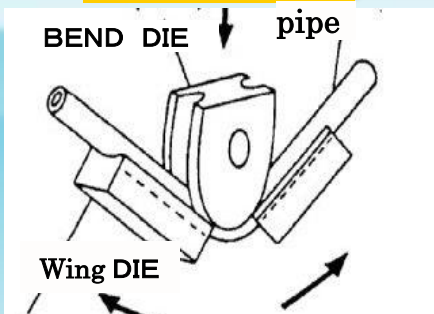
装置が安価で作業性が良いが小Rには不向き

引張曲げ



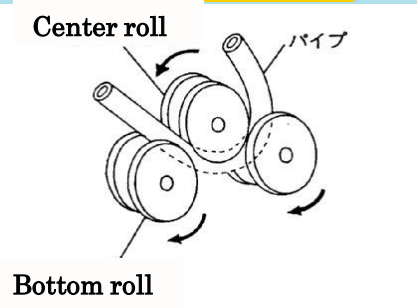
複合R曲げに適す。航空機、アルミサッシュ等加工

Press曲げ



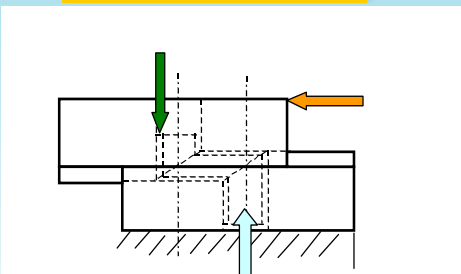
生産性は良いがパイプの変形が大きい

ロール曲げ



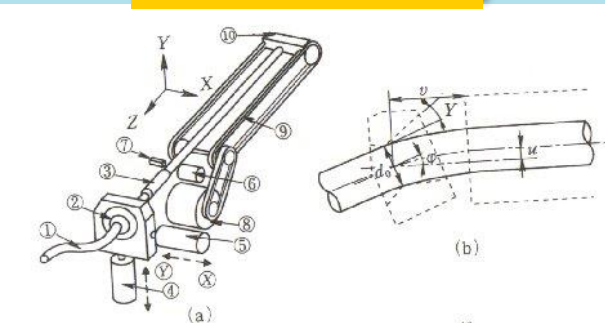
大きな曲げRに適す。任意にR調整可能

せん断曲げ



極小R曲げ可能

押し通し曲げ

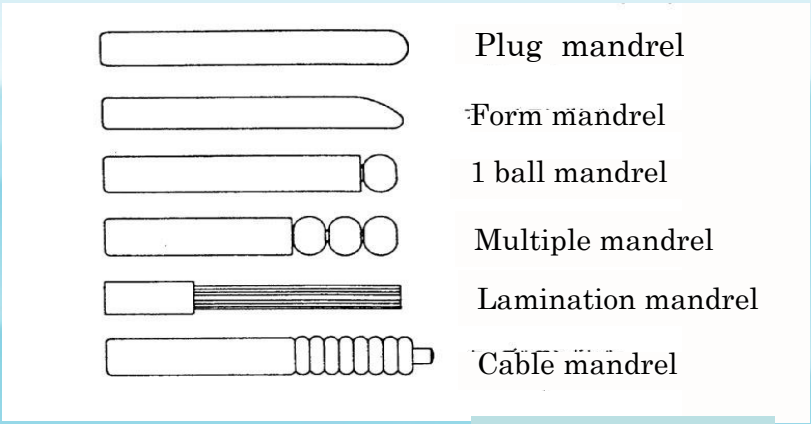
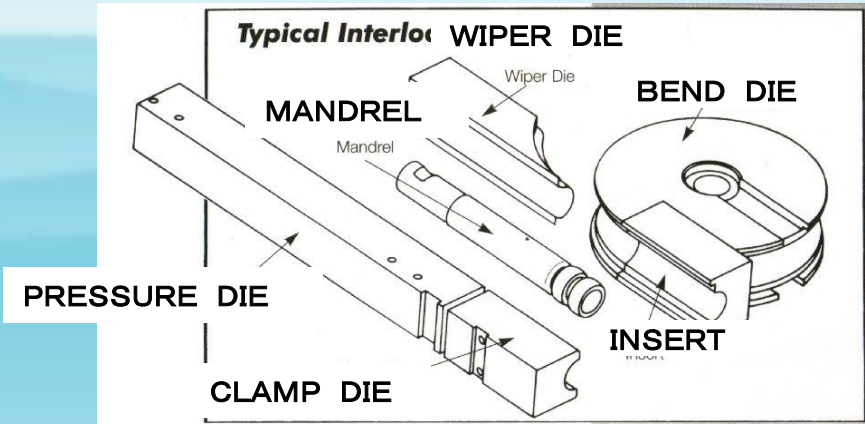


加工途中に曲げR可変可能  
加工精度に難あり

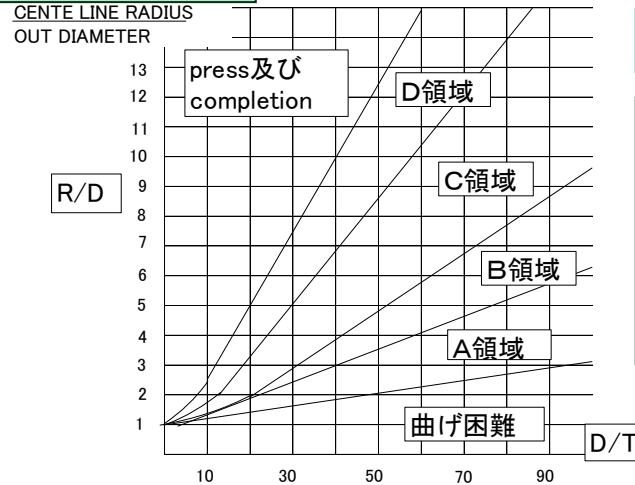
## 8. Preforming技術（この技術で70%成功）

最も多く使用される引き曲げベンダーとは

### BEND DIE TOOL SET



曲げ形状はD/TとR/Dで決まる



### 芯金の種類

### BEND DIE 選定表

	領域			
	A	B	C	D
BEND DIE	○	○	○	○
CLAMP DIE	○	○	○	○
PRESSURE DIE	○	○	○	○
PLUG MANDREL	—	—	○	—
1 BALL MANDREL	—	○	○	—
MULTIPLE MANDREL	○	—	—	—
WIPER DIE	○	○	—	—

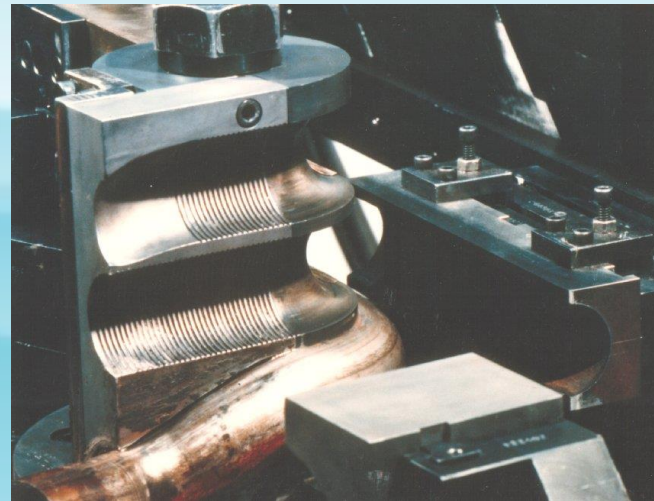


## 8. Preforming技術（この技術で70%成功）

最も多く使用される引き曲げベンダーとは

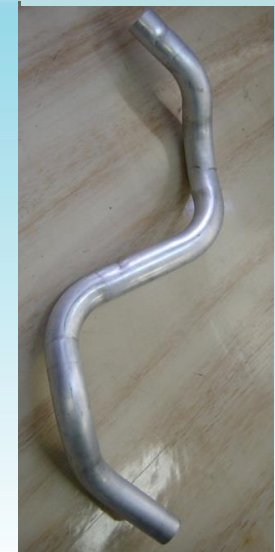


Engine cradle 曲げ



MANIFOLD 曲げ

Aluminum  
( sub frame )

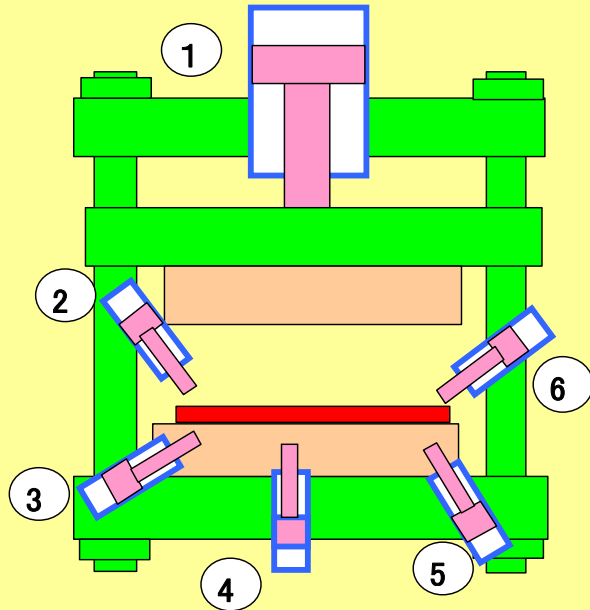


### Result of Draw Bend

Material	Outer Dia	Thickness	Bend. Radius	Bend. Angle	Note
A5056-O	φ 65	3.0	R100	90°	
A5083-O	φ 65	3.0	R100	90°	
A5154-O	φ 80	4.0	R120	90°	
A6061-O	φ 65	3.0	R100	45°	90° failed

## 8. Preforming Press.

金型噛込防止のためPipeに潰し加工を行う



	Cylinder stroke mm					
工程	1	2	3	4	5	6
1	25		50	20		30
2	30	20	60		30	
3		30		35		40
4	40		70	50	50	60
5						
6						



6軸 Preforming Press

## 9. Hydroforming press 製作例



型締め力量 : 35,000KN



型締め力量 8,000KN



リングロック式



型締め力量 1,200KNメカロック