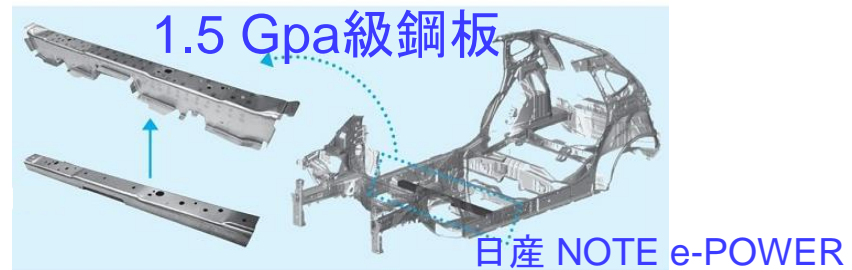


# 超高張力鋼板のせん断切口面における遅れ破壊と延性割れおよびハロゲンスポットヒーター加熱による抑制

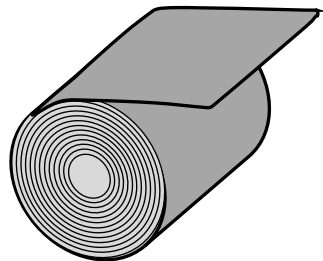
極限成形システム研究室 小寺悠五

## 燃費と衝突安全性の向上

## 自動車骨格部材への 超高張力鋼板の適用

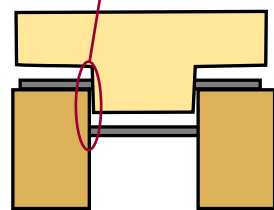


超高張力鋼板  
高強度・低延性



コイル材

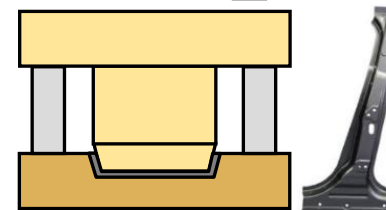
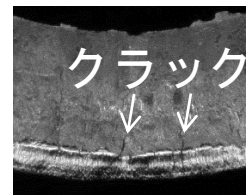
せん断変形：大  
引張残留応力：大  
延性低下



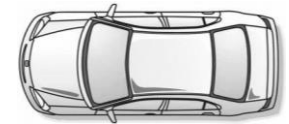
せん断加工



①曲げ部で延性割れ ②水素ぜい化遅れ破壊

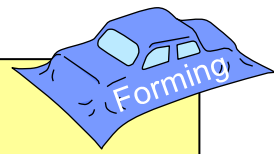


冷間プレス成形



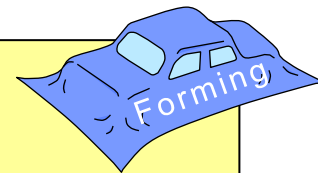
長時間の使用  
→水素の侵入

せん断加工された1.5GPa級超高張力鋼板の切口面における遅れ破壊と延性割れをハロゲンスポットヒーターの加熱により抑制する

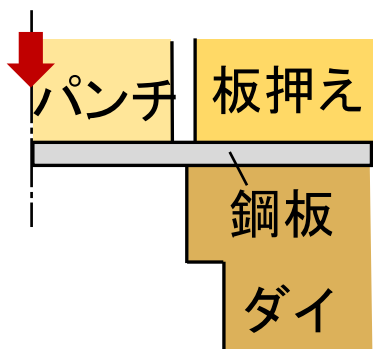


# 超高張力鋼板のせん断切口面における遅れ破壊と延性割れおよびハロゲンスポットヒーター加熱による抑制

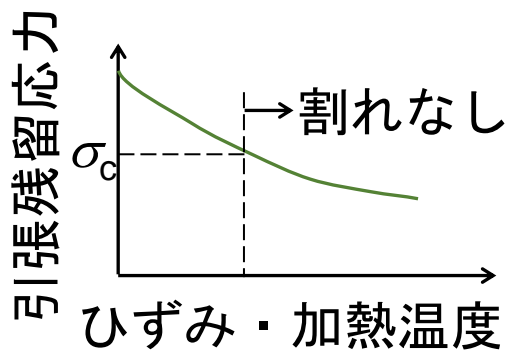
1. 引張残留応力の低減と遅れ破壊の抑制
2. 切口面の加熱と延性割れの抑制



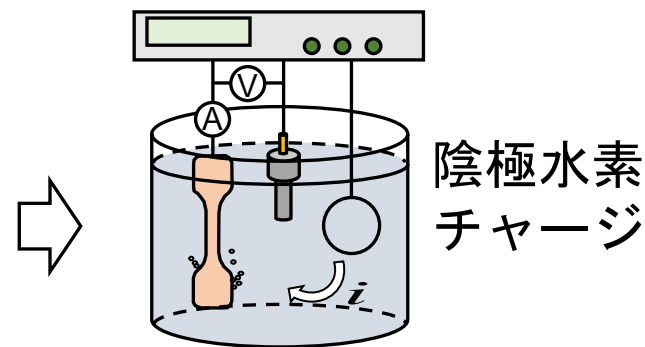
# 引張残留応力の低減と 切口面の遅れ破壊の抑制方法



(a) 打抜き加工



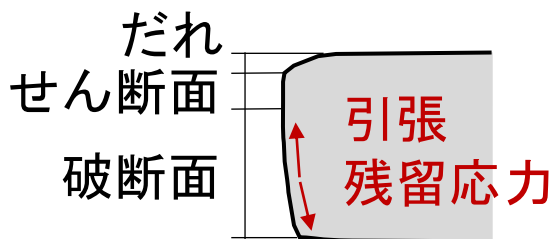
(b) 残留応力の低減



(c) 遅れ破壊試験

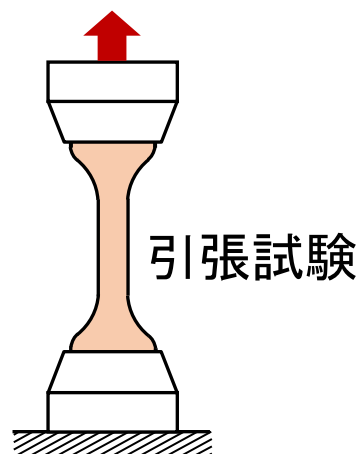
## 遅れ破壊

- ・ 高強度鋼
- ・ ひずみ
- ・ **引張残留応力**
- ・ 表面性状
- ・ 拡散性水素



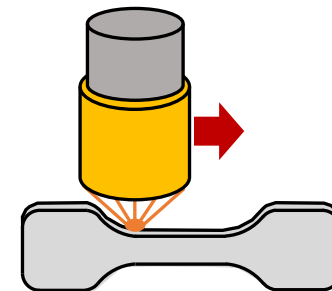
超高張力鋼板のせん断切口面

## 引張残留応力の低減方法



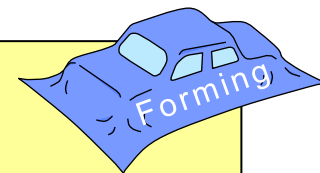
①ひずみ付与

ハロゲンスポット  
ヒーター



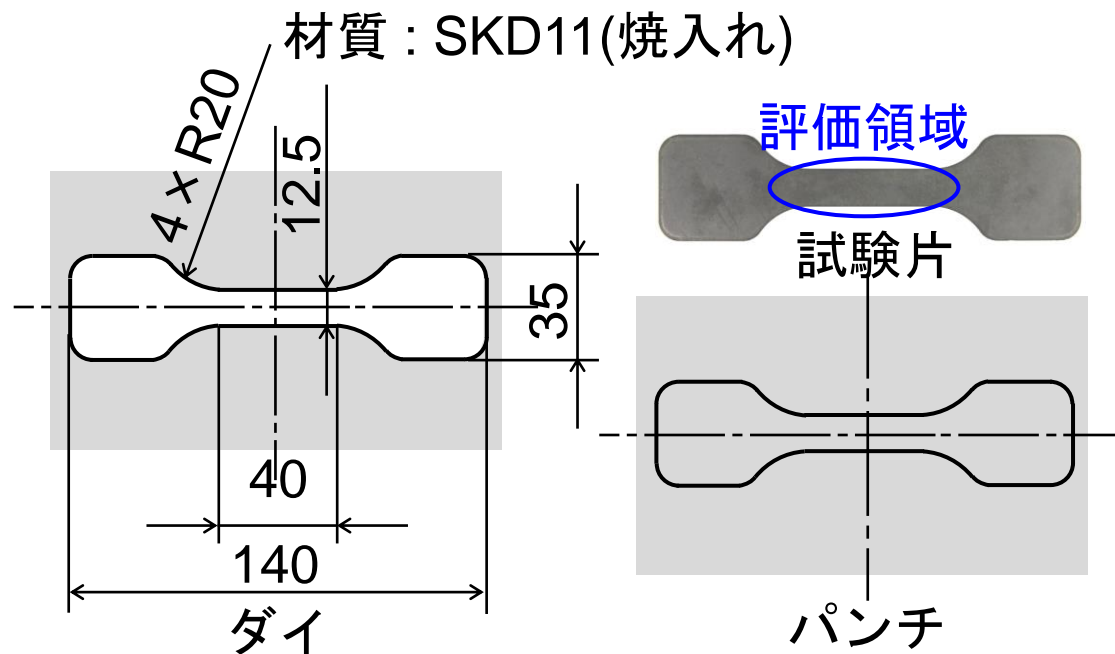
②切口面加熱

# 遅れ破壊評価に用いた鋼板および 打抜き加工における金型寸法と打抜き条件

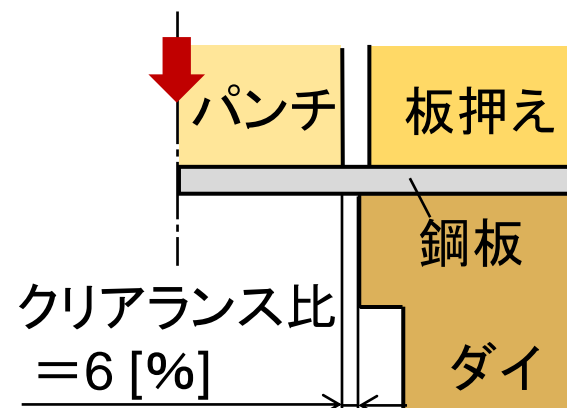


(a) 鋼板

鋼板	めっき	板厚 [mm]	引張強さ [GPa]	伸び [%]
22MnB5	Al-Si	1.6	1.530	6.8

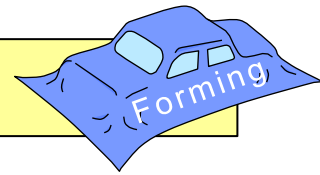


(c) 金型寸法

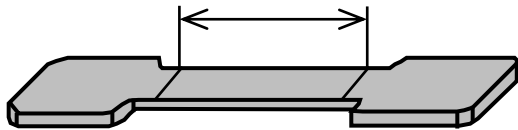


(b) 打抜き条件

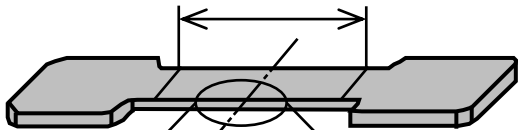
# ひずみの付与による引張残留応力の低減



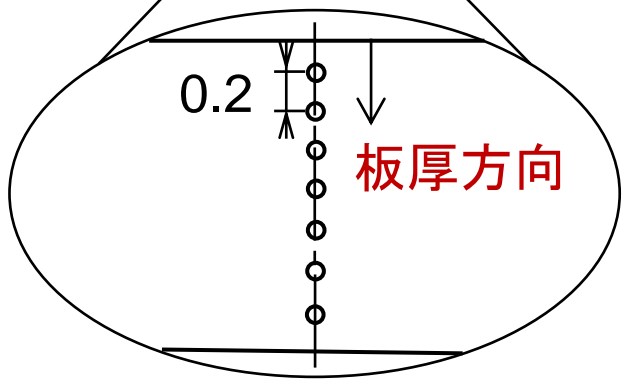
$L_0=40\text{mm}$  (標点間距離)



$L$ : 除荷後の距離

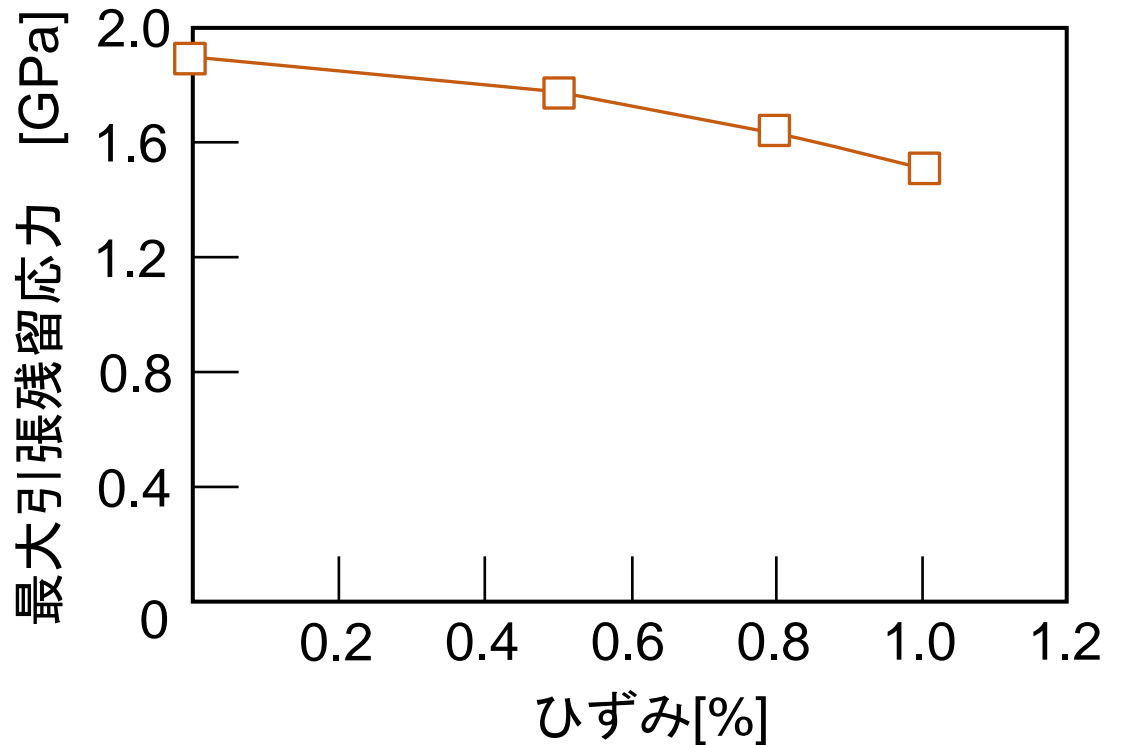


0.2  
↓  
板厚方向



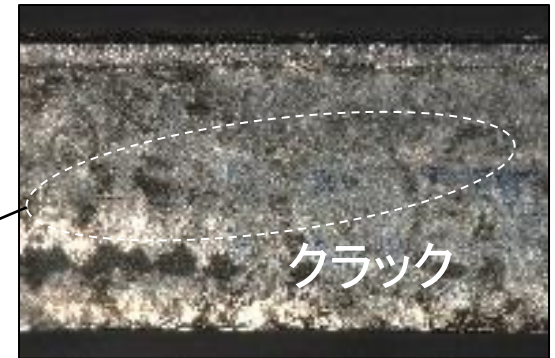
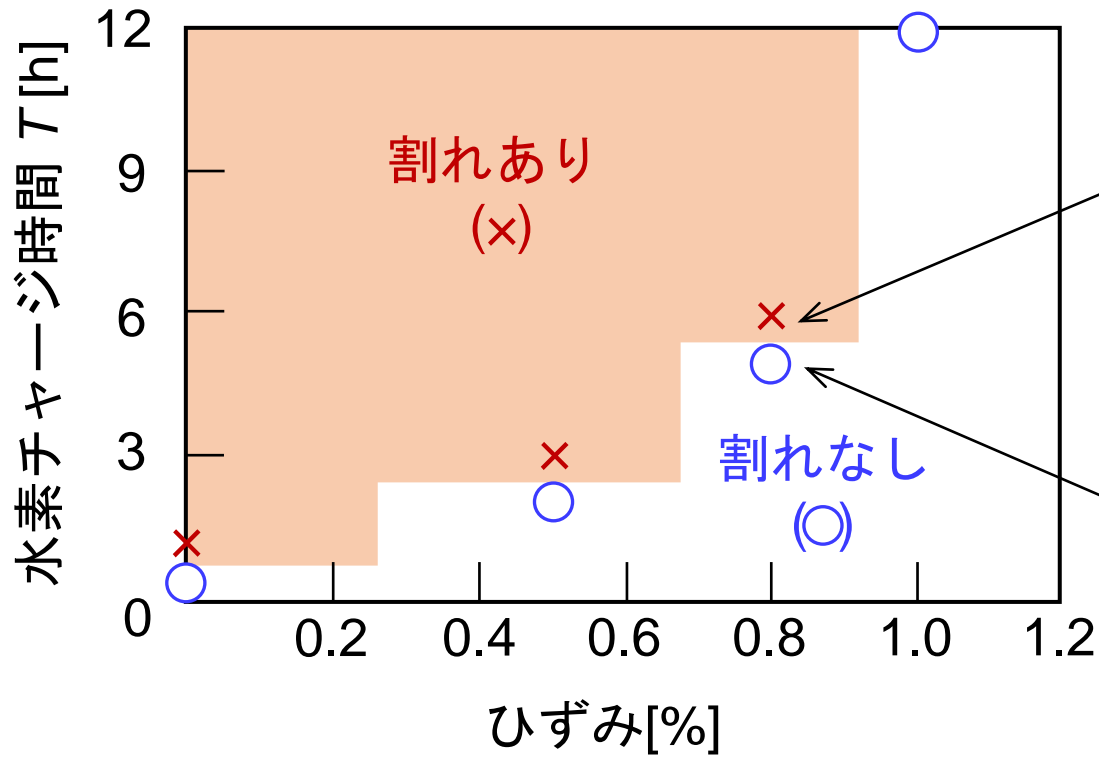
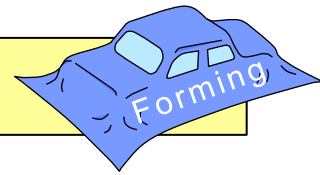
(a) 残留応力測定位置

$$\text{ひずみ}[\%] = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

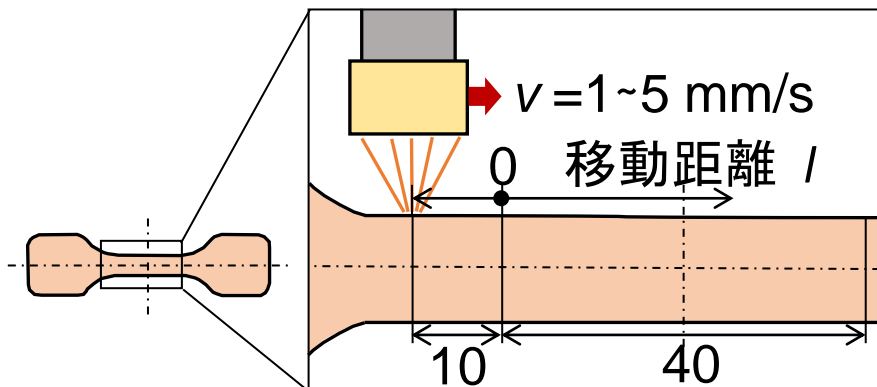
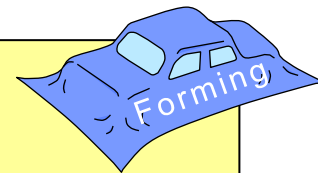


(b) 切口面の最大引張残留応力と引張試験のひずみの関係

# 水素チャージ時間とひずみの関係

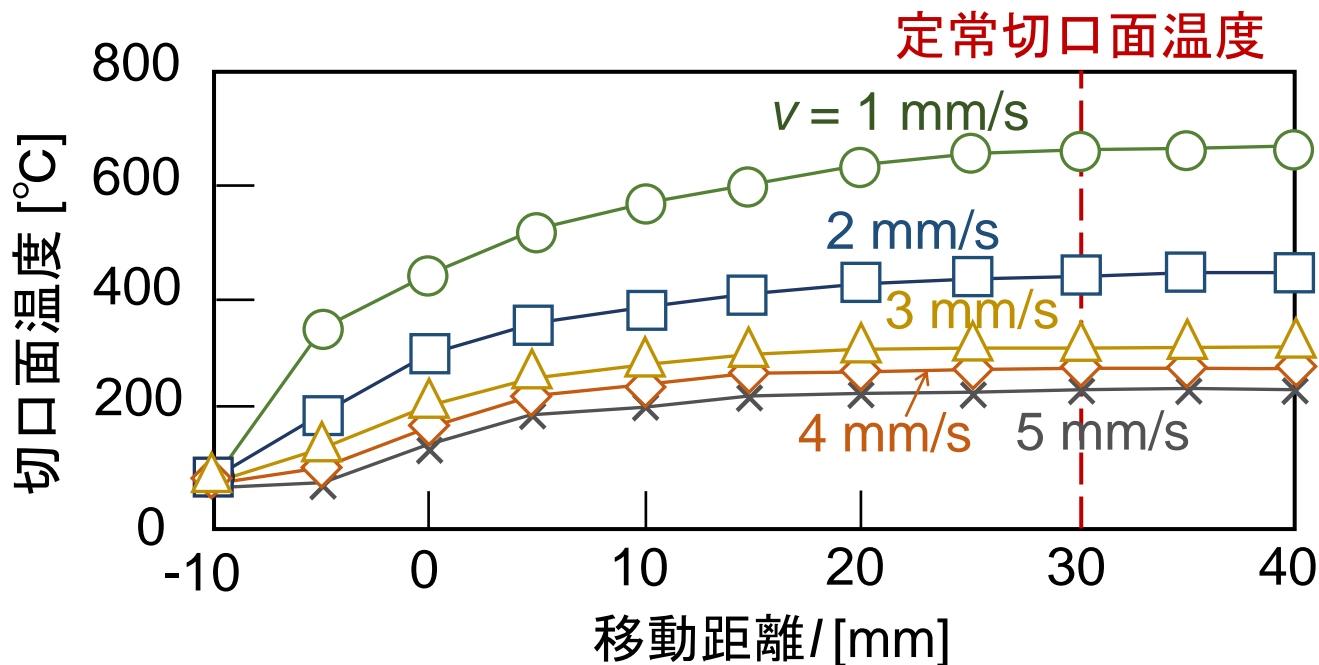


# ハロゲンスポットヒーターの切口面加熱における切口面温度と移動距離の関係

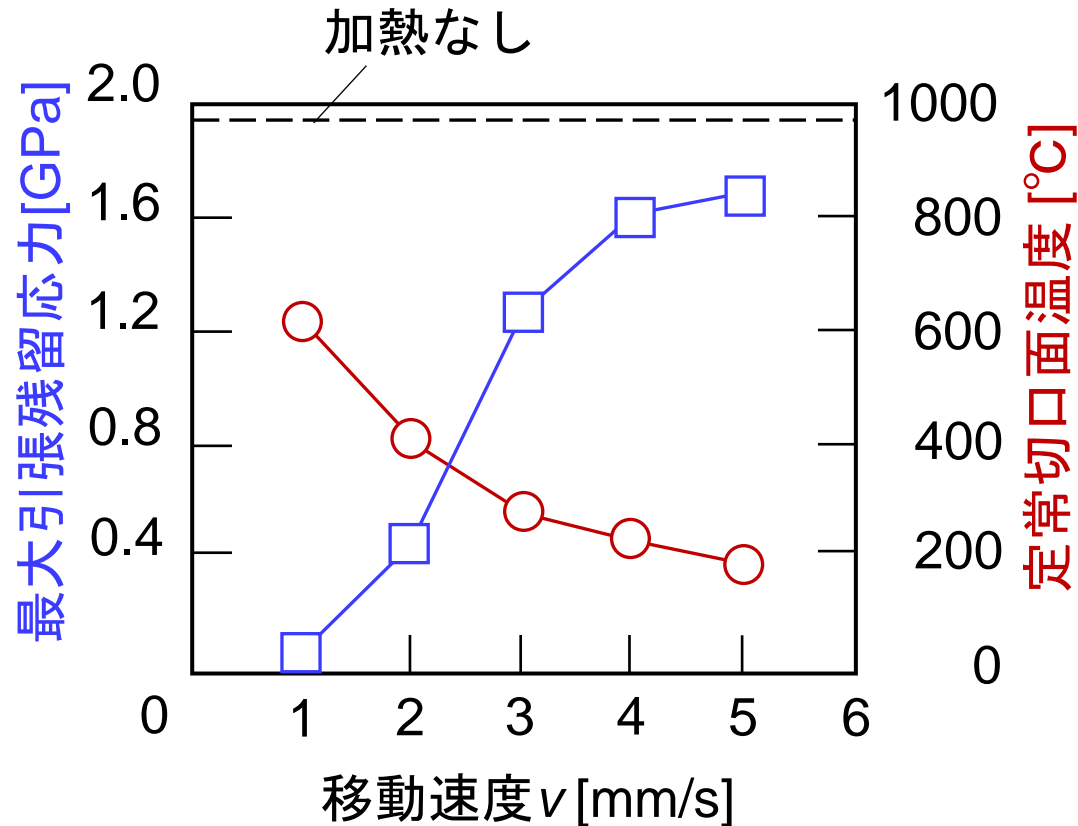
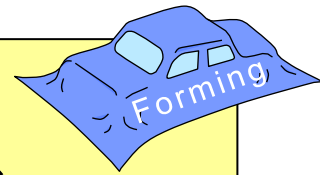


電圧 : 36 V  
電力 : 450 W  
焦点距離 : 30 mm  
加熱スポット径 : 8 mm

ハロゲンスポットヒーター

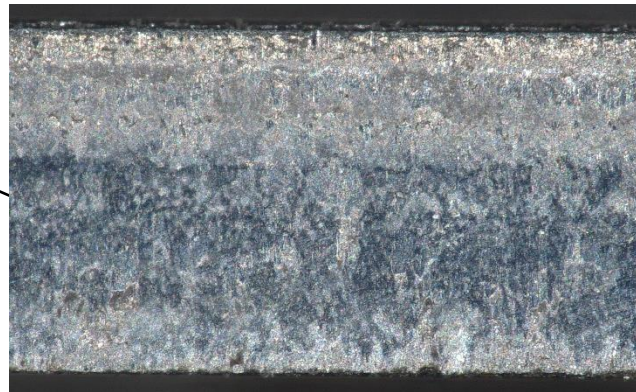
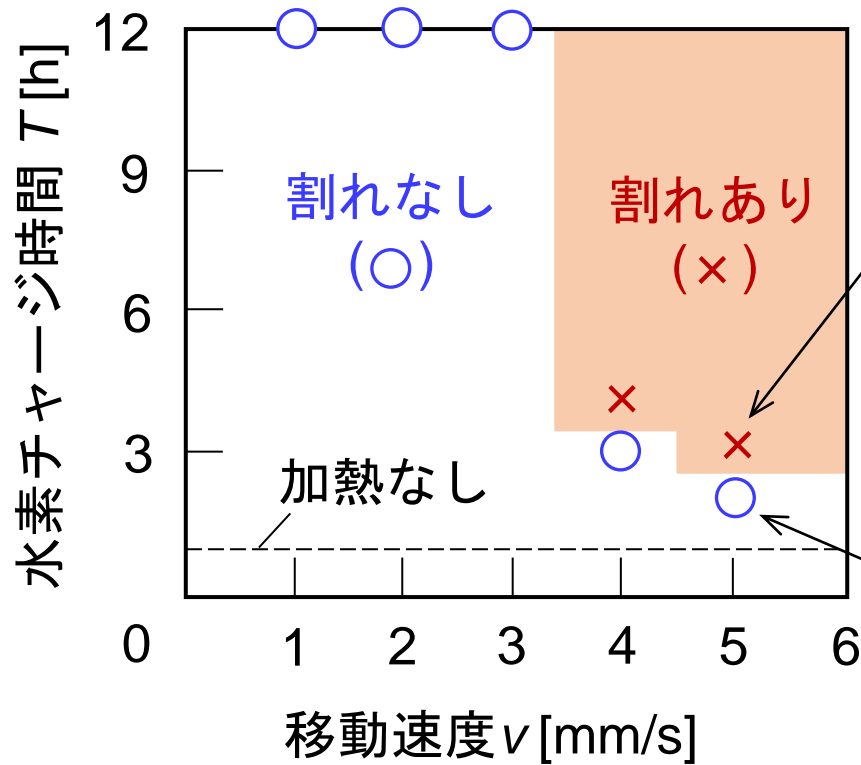
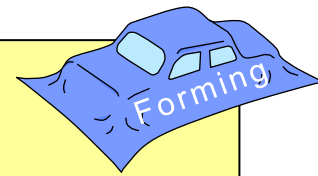


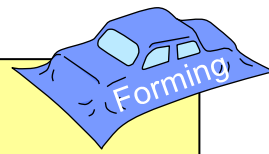
# 移動距離30 mmにおける加熱後の 切口面の最大引張残留応力と移動速度の関係





# 移動距離30 mmにおける 水素チャージ時間と移動速度の関係

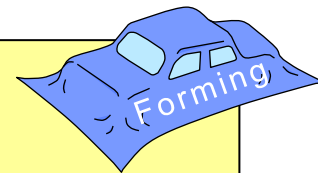




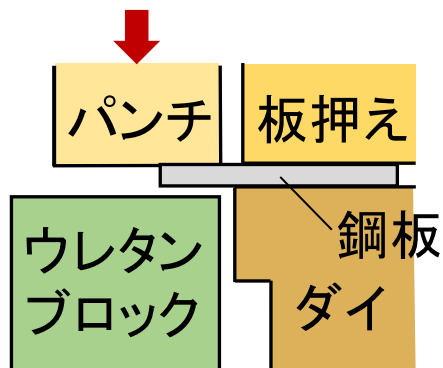
# 超高張力鋼板のせん断切口面における遅れ破壊と延性割れおよびハロゲンスポットヒーター加熱による抑制

1. 残留応力の低減と遅れ破壊の抑制
2. 切口面の加熱と延性割れの抑制

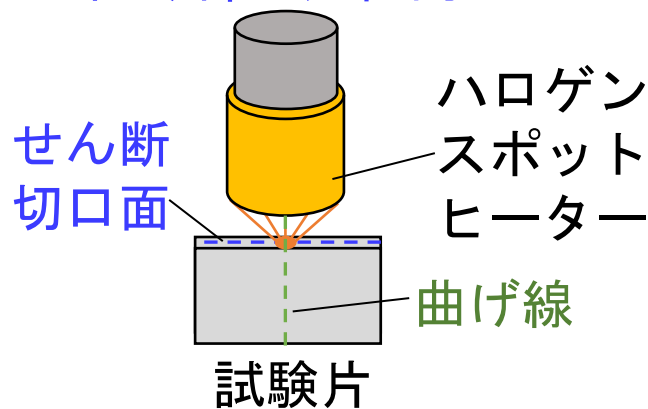
# ハロゲンスポットヒーター加熱による延性割れの抑制方法



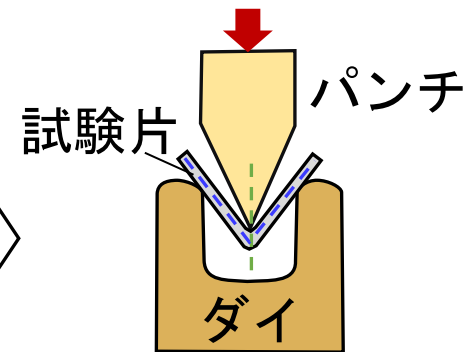
## 曲げ部の延性向上



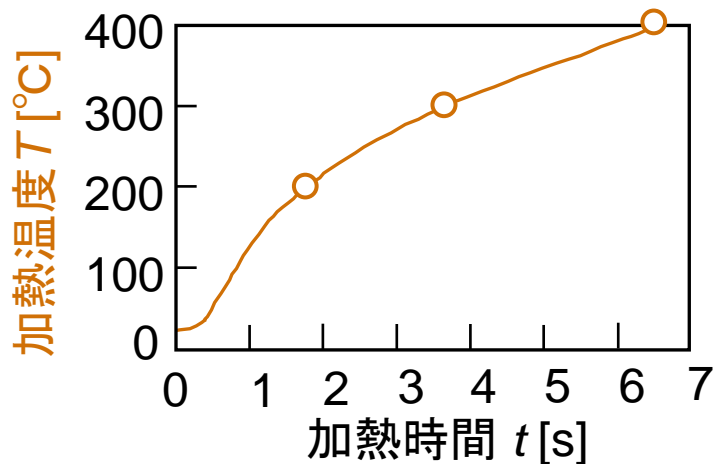
(a) せん断加工



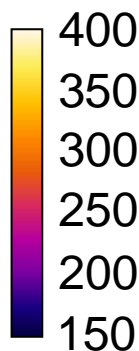
(b) 切口面の局所加熱



(c) V曲げ試験



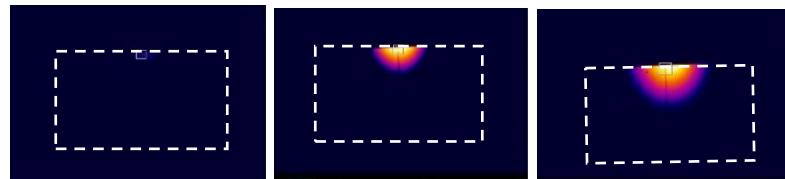
加熱温度  $T$  [°C]



$t = 1.5$  s  
 $T = 200$  °C

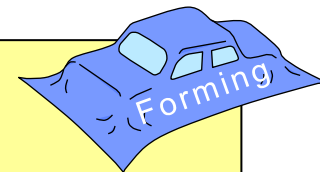
$t = 3.8$  s  
 $T = 300$  °C

$t = 6.4$  s  
 $T = 400$  °C



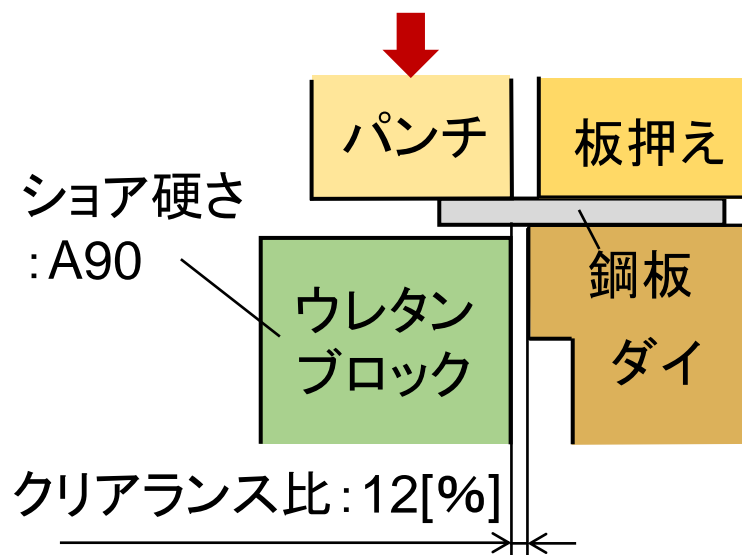
(d) 加熱時間と切口面温度

# 延性割れの抑制に用いた鋼板 およびせん断加工条件

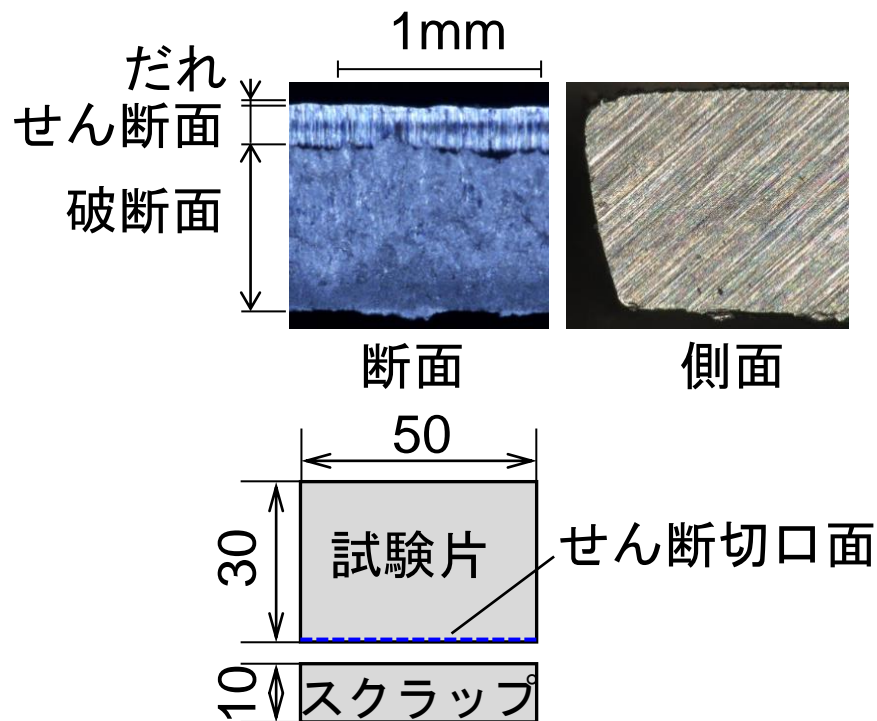


(a) 鋼板

鋼板	板厚 [mm]	引張強さ [GPa]	伸び [%]
1.5GPa 級鋼板	1.0	1.58	5.1

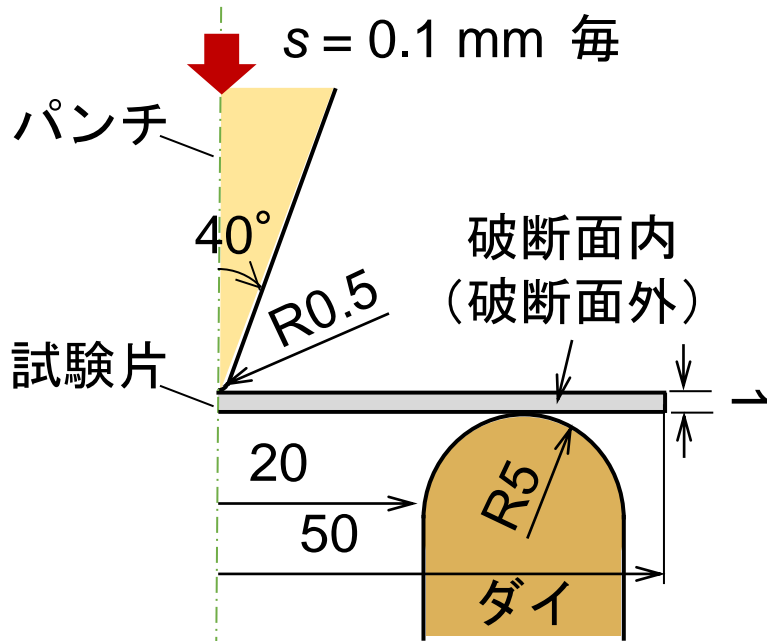
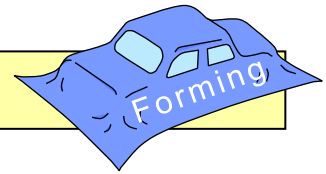


(b) せん断条件



(c) 試験片寸法

# V曲げ試験条件と曲げ加工限界の評価法

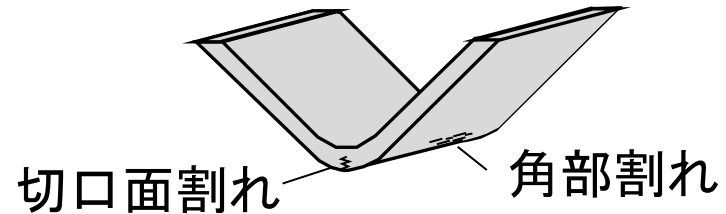


(a) V曲げ試験条件



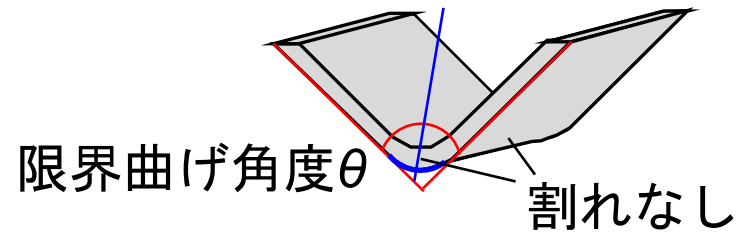
(b) 切口面の観察

0.1 mm 以上で割れ判定



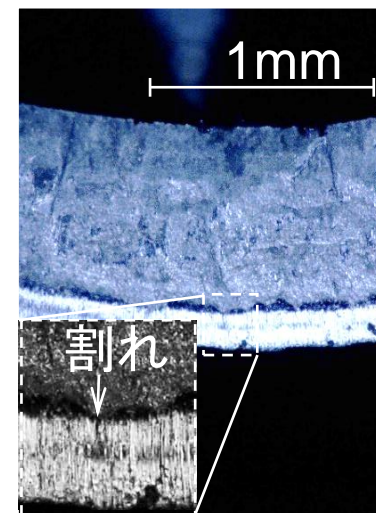
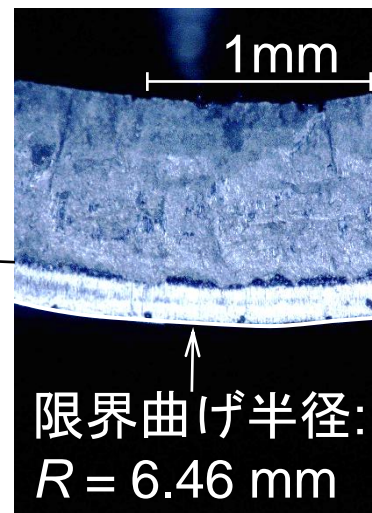
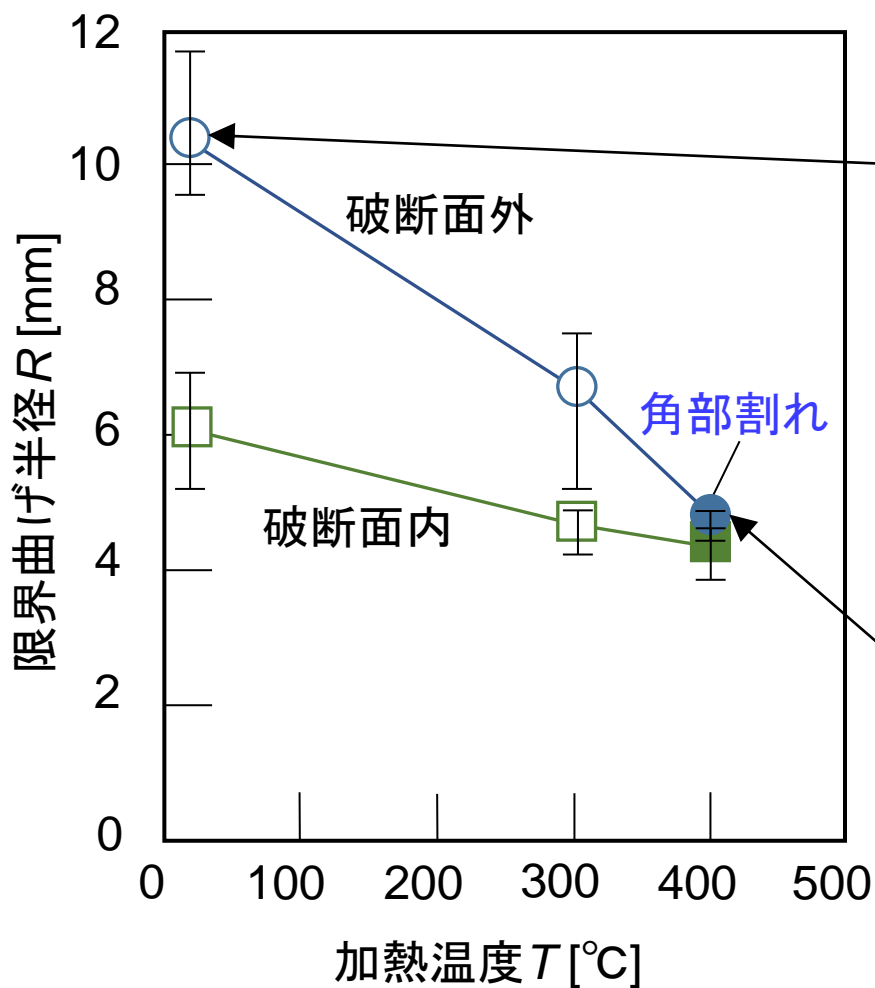
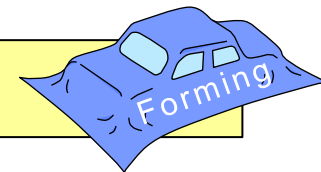
(c) 割れ条件

限界曲げ半径  $R$

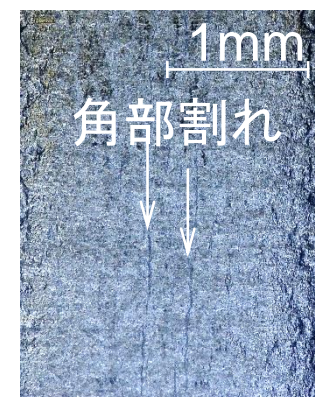
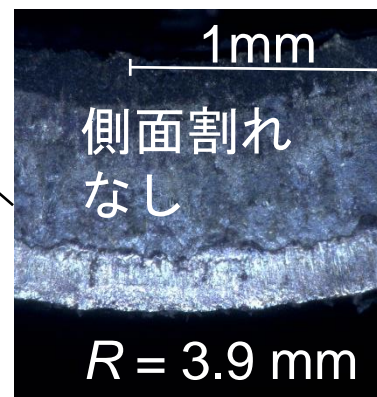


(d) 曲げ加工限界の評価法

# V曲げ試験における限界曲げ半径

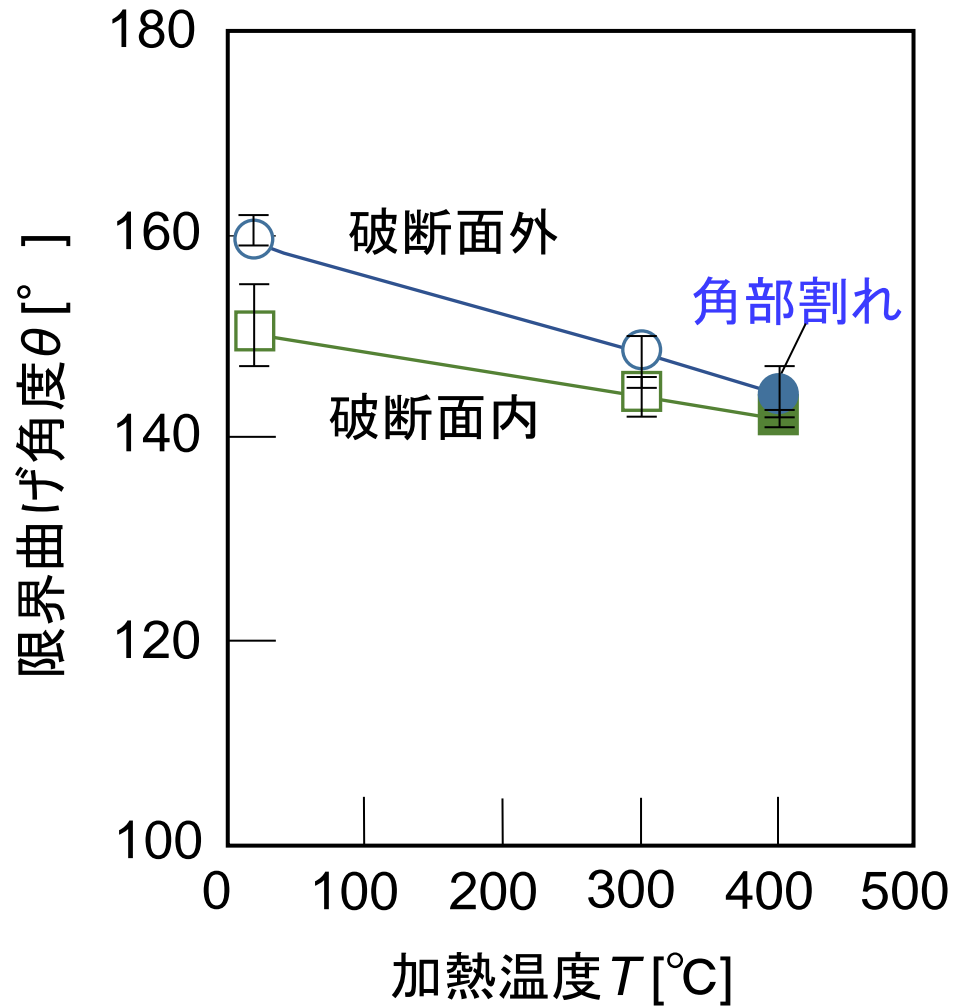
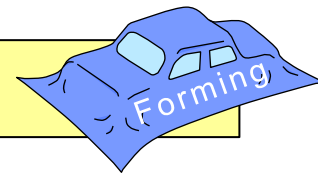


$T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$  (室温)



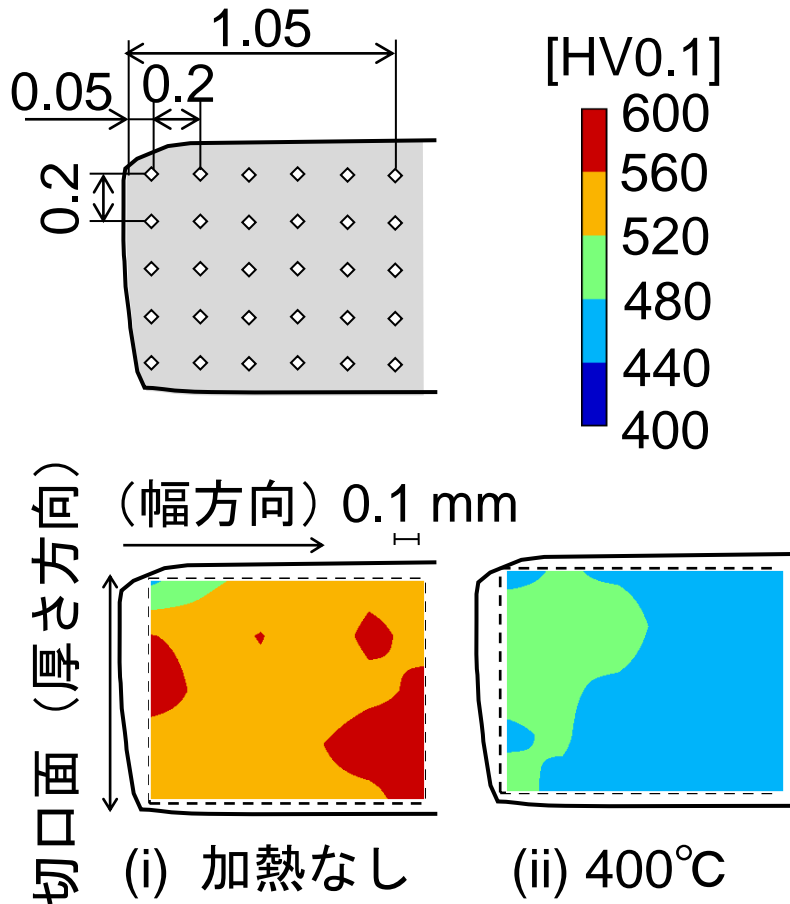
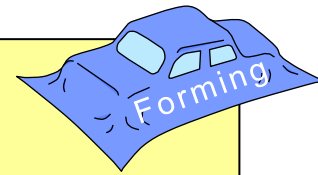
$T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$

# V曲げ試験における限界曲げ角度

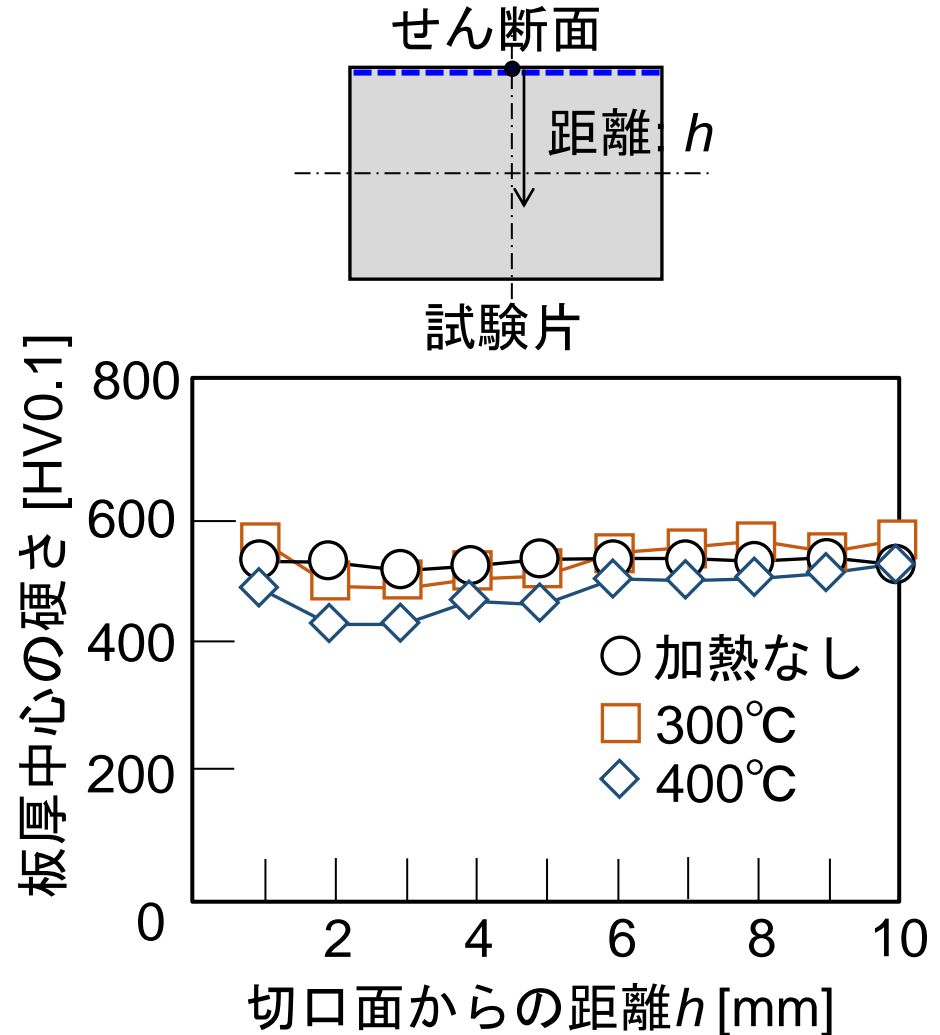




# 加熱した1.5GPa 超高張力鋼板の ビッカース硬さ試験結果



(a) 切口面近傍の硬さ分布



(b) 鋼板内部の硬さ分布



## 結言

1. ひずみ1 %以上では水素チャージ12時間でも遅れ破壊が発生しなかった.
2. 切口面温度300 °C以上 (3 mm/s 以下) では, 水素チャージ12時間でも遅れ破壊が発生しなかった.
3. 切口面を400 °Cで加熱することで, 母材の延性限界に達し曲げ加工時の延性割れが抑制された.
4. 加熱による鋼板内部の硬さ低下はほとんどなかった.