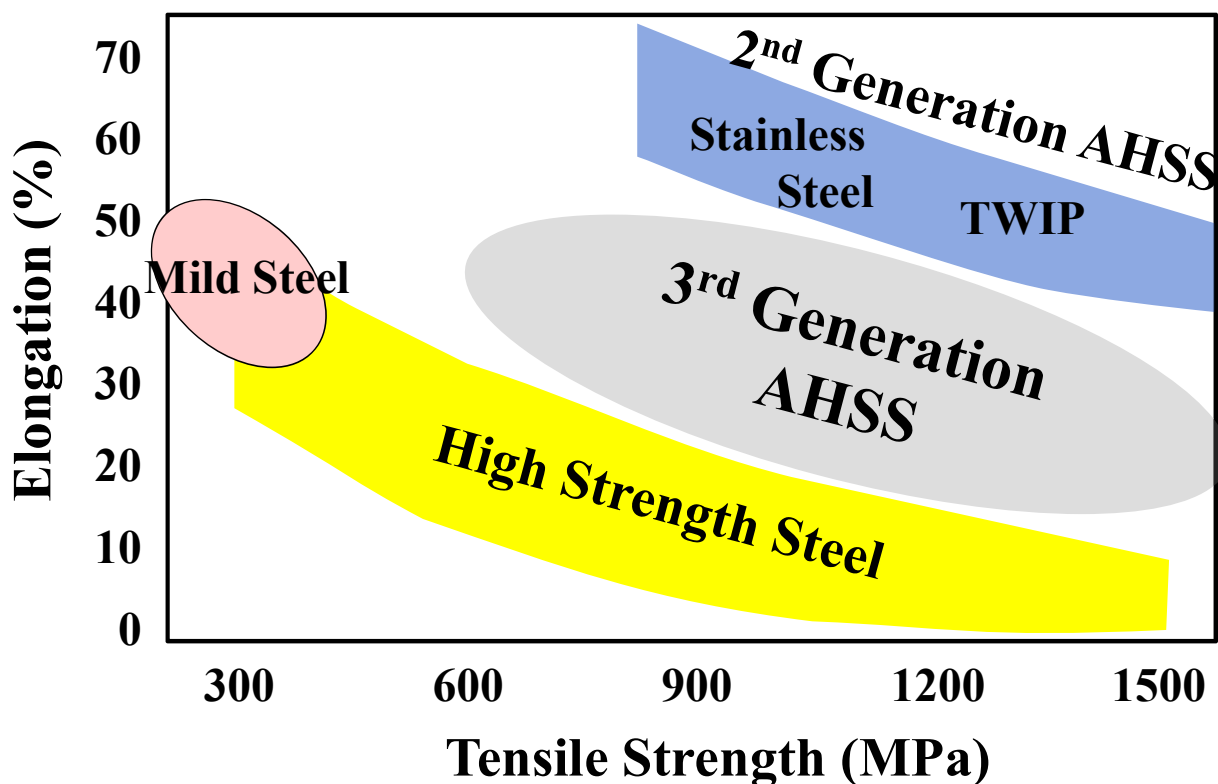
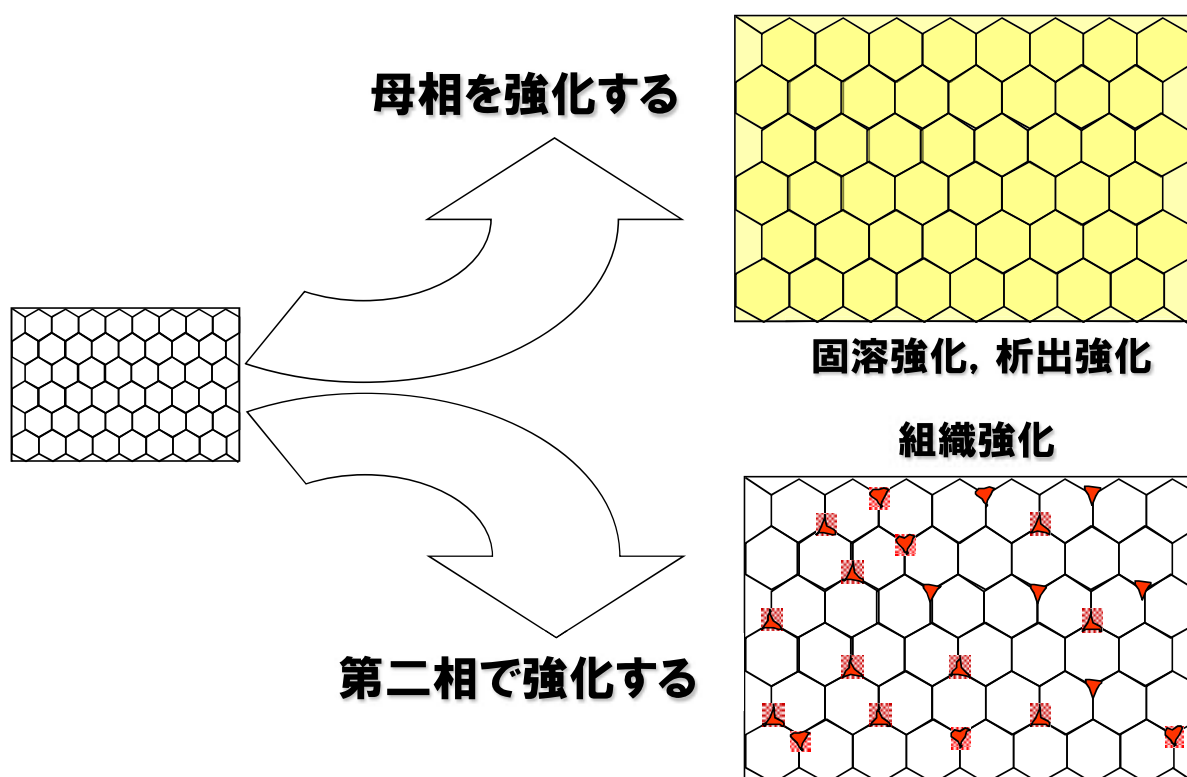


高強度鋼板の強度・延性



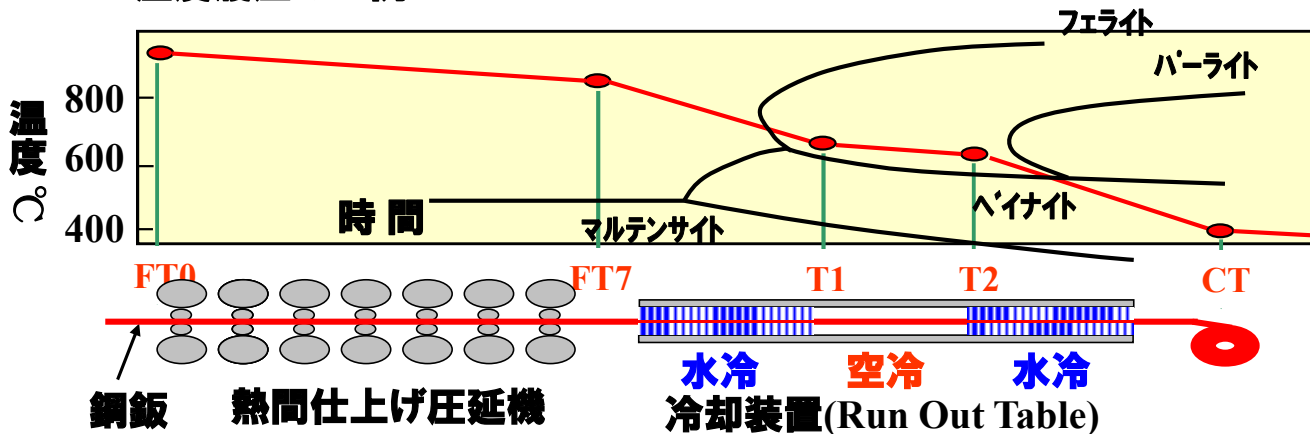
薄鋼板の強化の考え方



どのようにして金属組織を作り込むか

熱延工程(仕上～巻取)

温度履歴の一例



(影響因子)

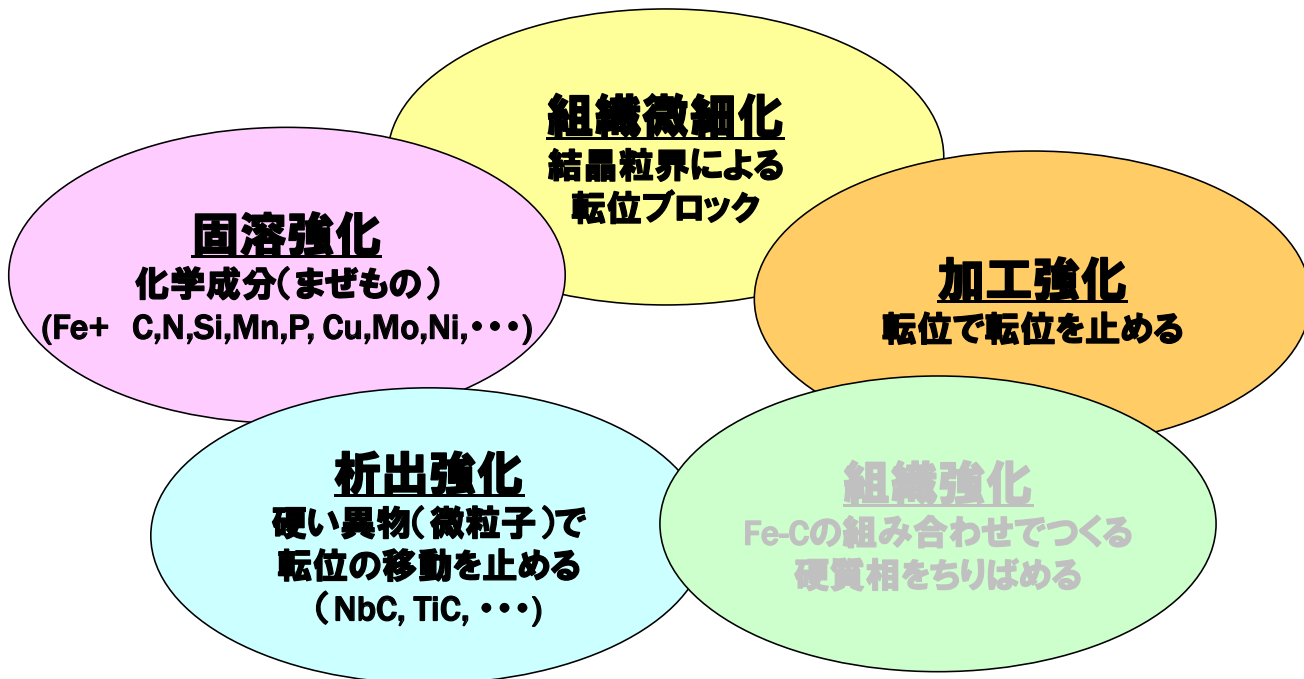
- 圧延温度
- ひずみ速度(圧延速度)
- ひずみ(圧下率)
- パス間冷却

(影響因子)

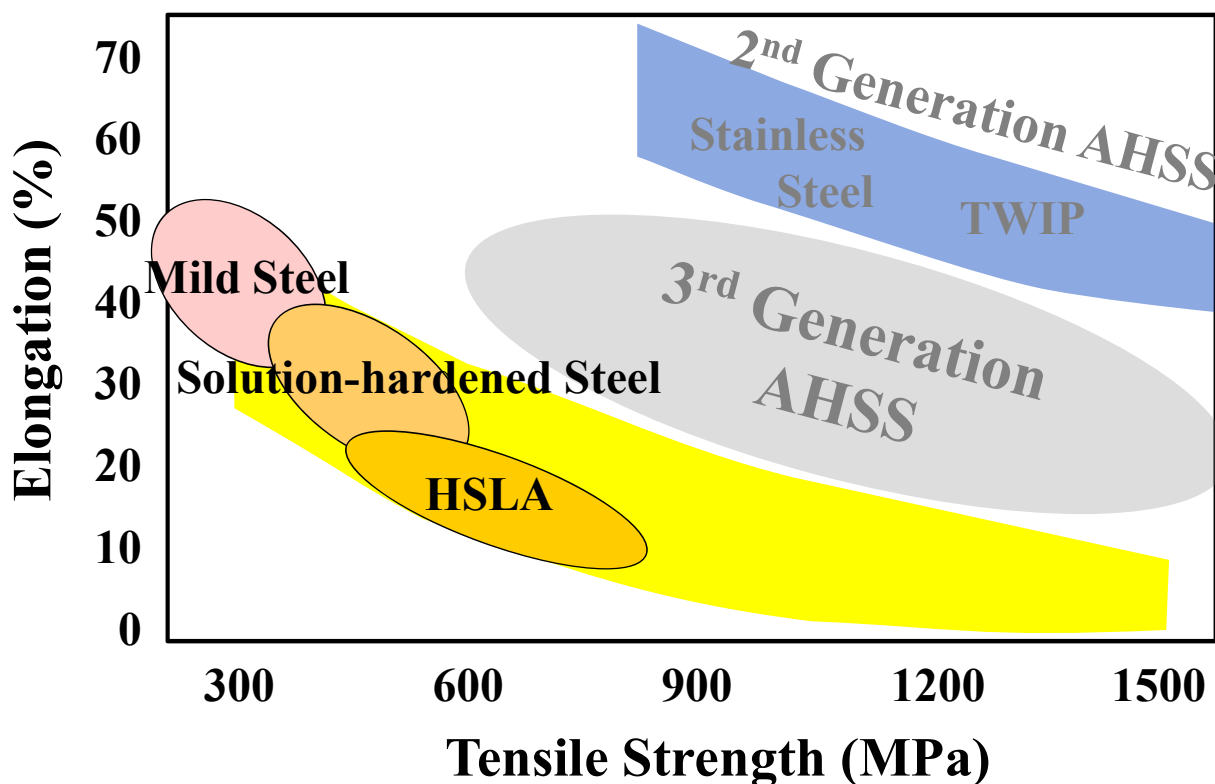
- 冷却速度/パターン
- 巻取温度

鋼を硬くする方法

— 転位(欠陥)を動きにくくする —



高強度鋼板の強度・延性

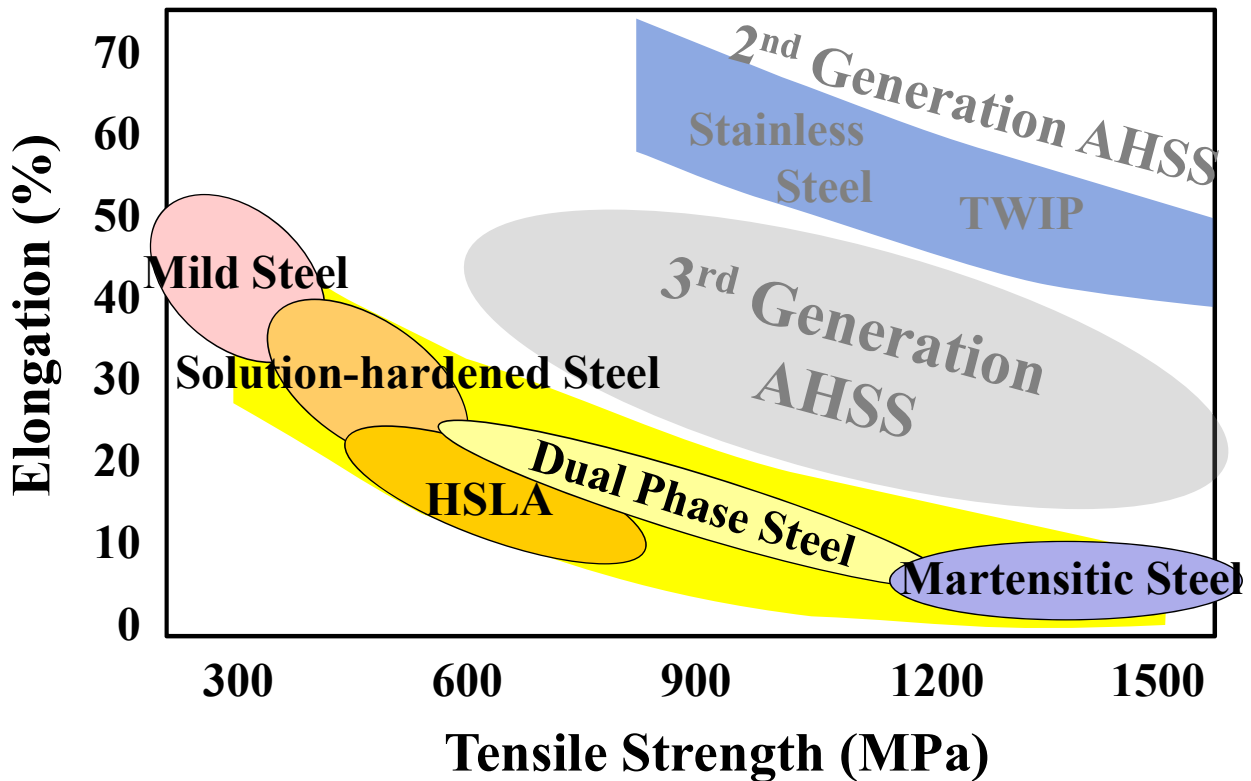


鋼を硬くする方法

— 転位(欠陥)を動きにくくする —



高強度鋼板の強度・延性

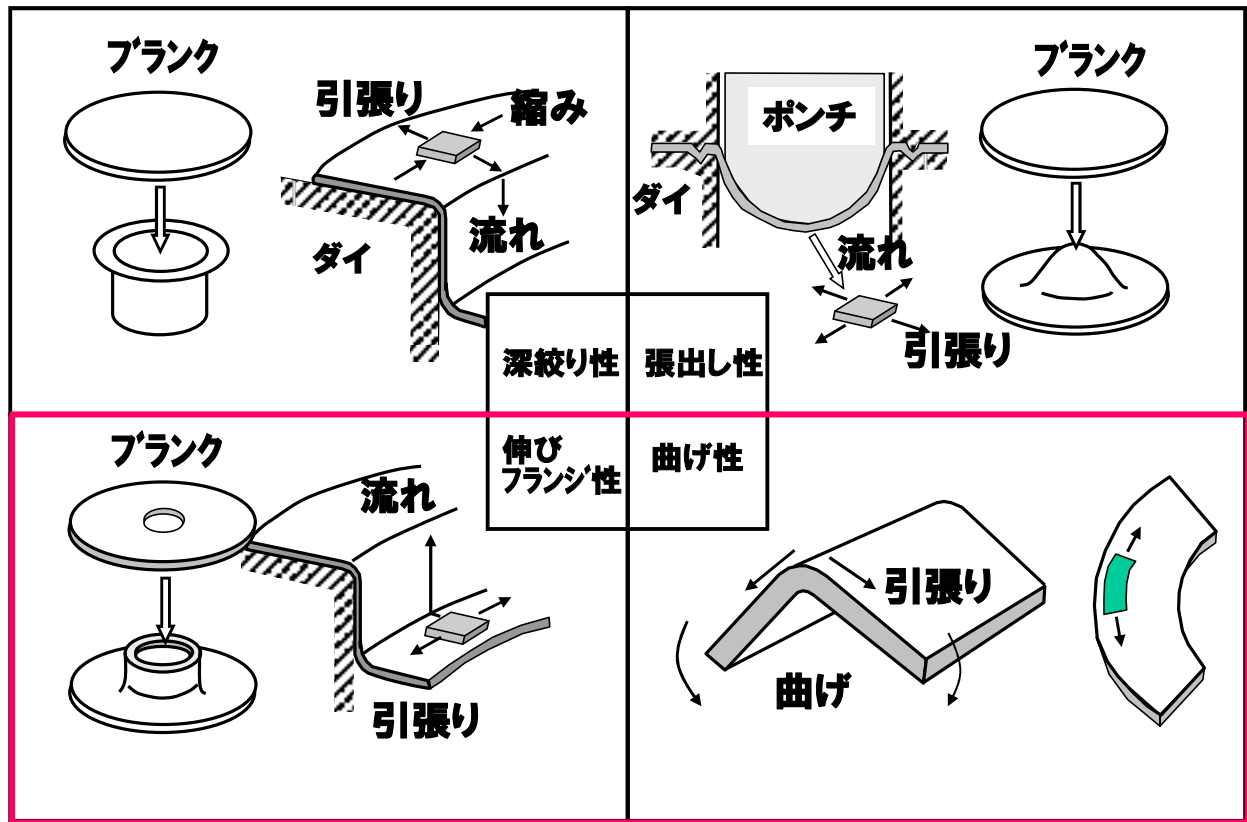


高強度鋼板の適用拡大のために

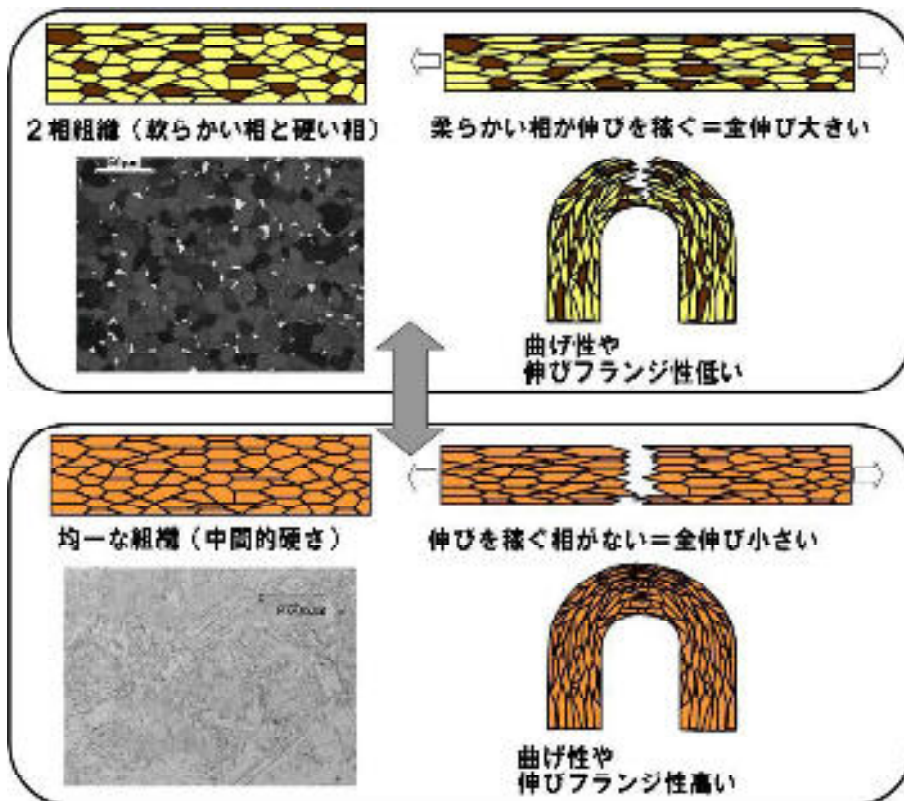
□超高強度鋼板(組織強化鋼)における留意点

- 引張試験での伸びが単一の成形性指標とならない。
- 曲げ性や伸びフランジ性への配慮が必要。

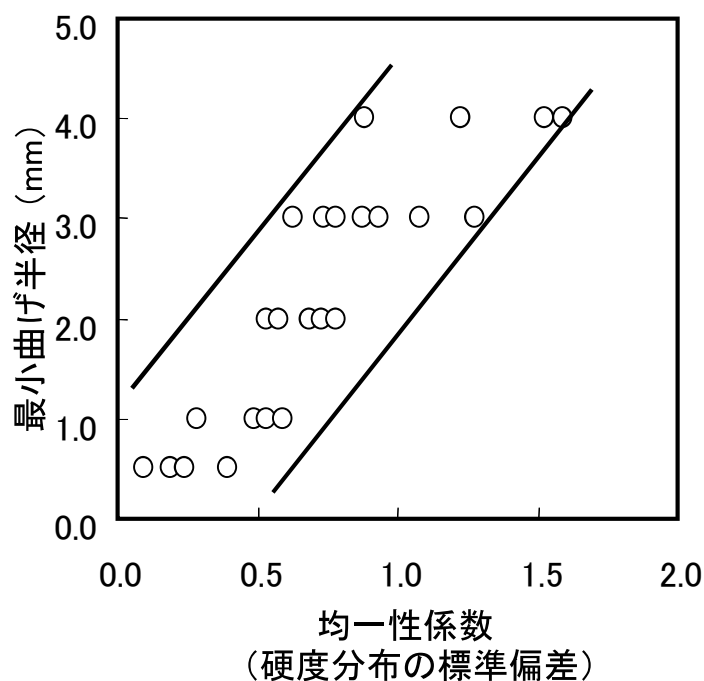
プレス成形性の分類と変形の特徴



超高強度鋼板の材質設計の考え方

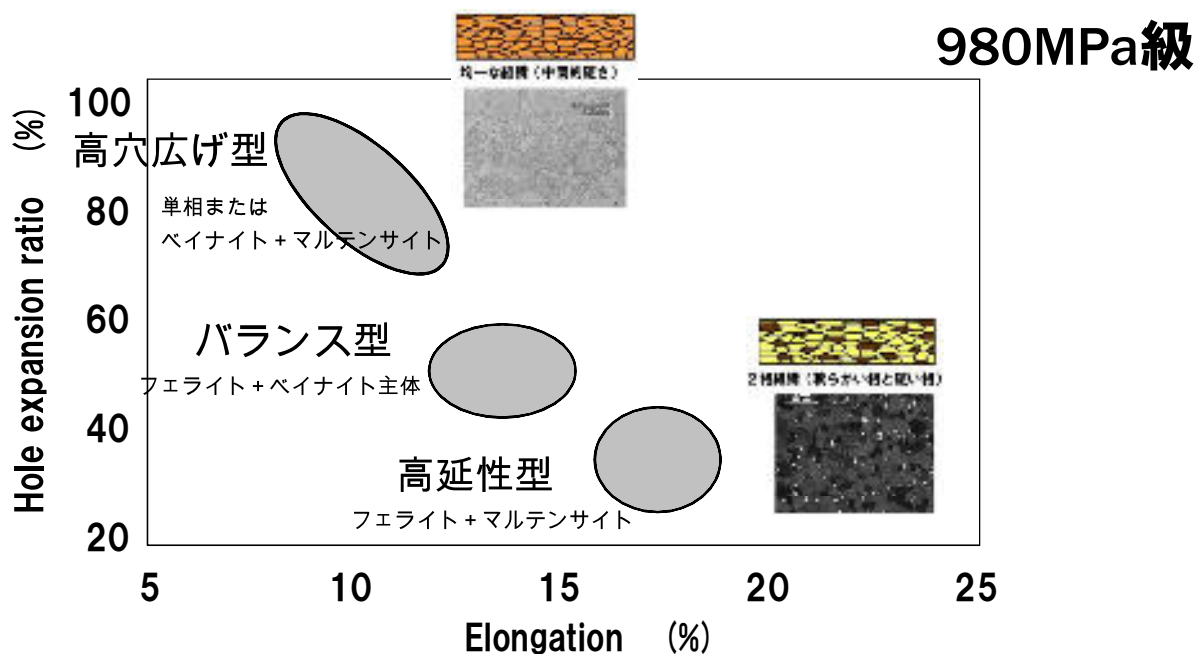


曲げ特性のマイクロ因子



山崎ら, 塑性と加工 416 (1995) 973-978

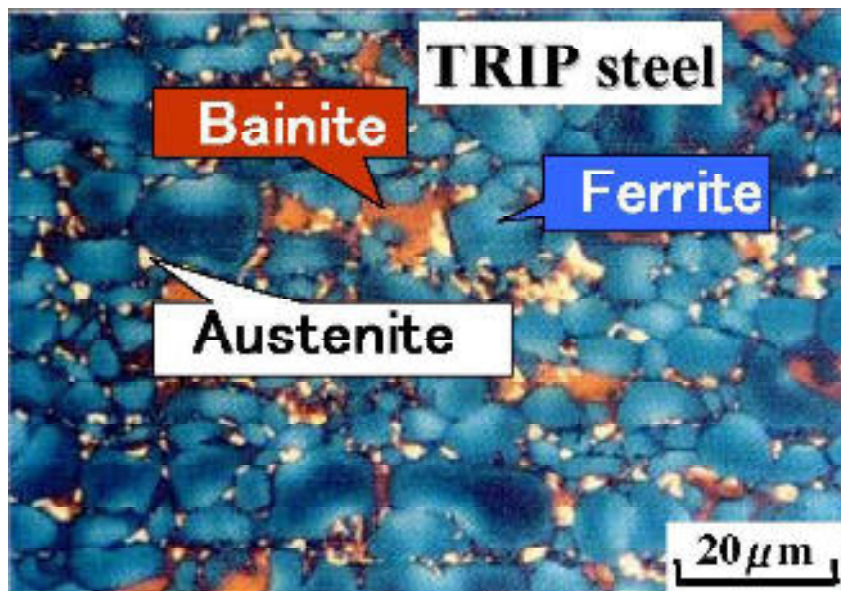
異なるプレス成形性に対応した超高強度鋼板



部品形状に応じて、延性と穴広げ性／曲げ性のバランスが異なる超ハイテンが存在

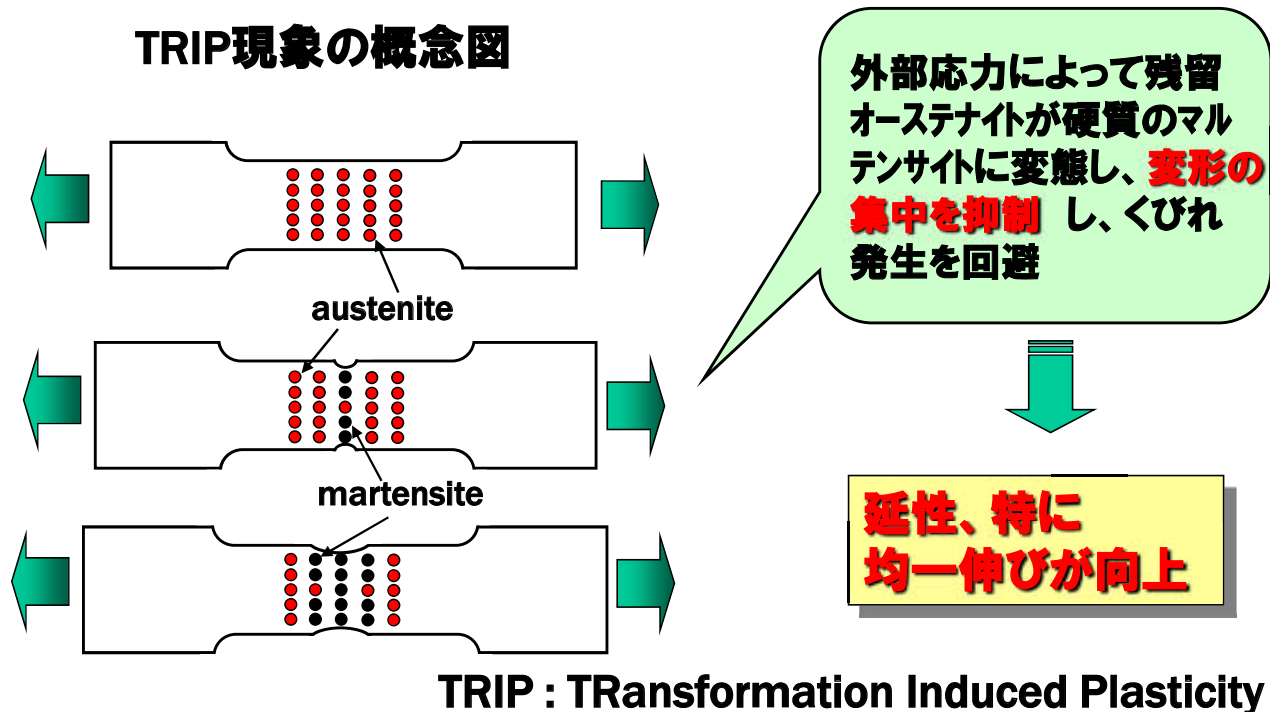
高橋: 第209,210回西山記念技術講座

TRIP効果の活用による高延性化



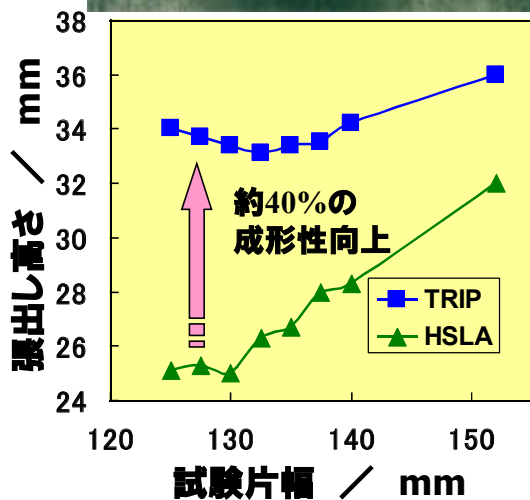
残留オーステナイト相・・・延性に寄与(Transformation Induced Plasticity)

TRIP効果による延性(均一伸び)の向上機構



TRIP効果による張り出し性、深絞り性の向上

球頭張出し成形性

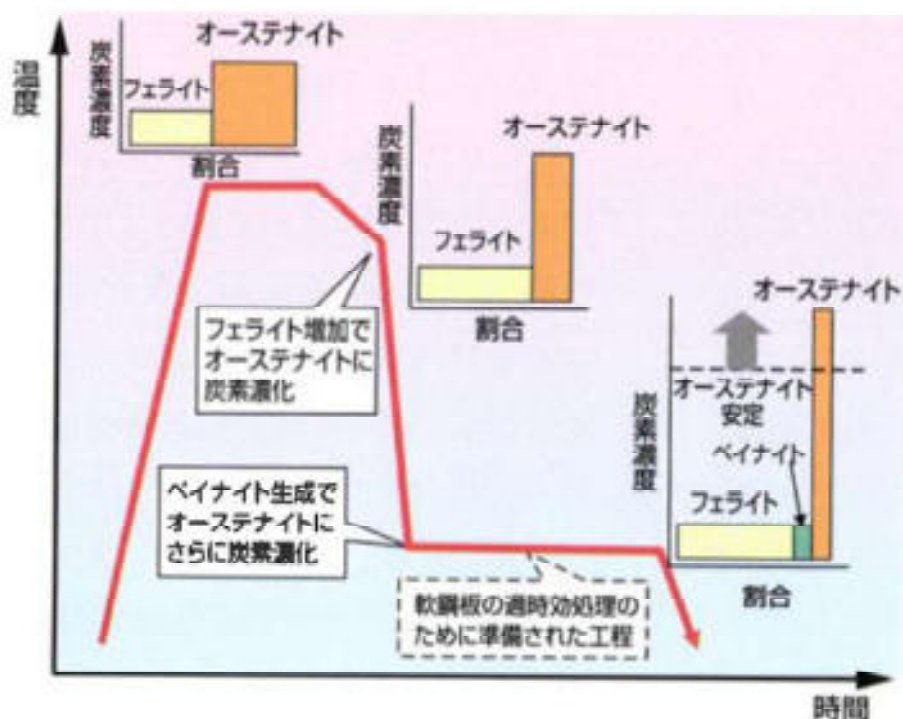


円筒カップ深絞り成形性

1.4t: Punch Dia. 100mm, Punch R10mm

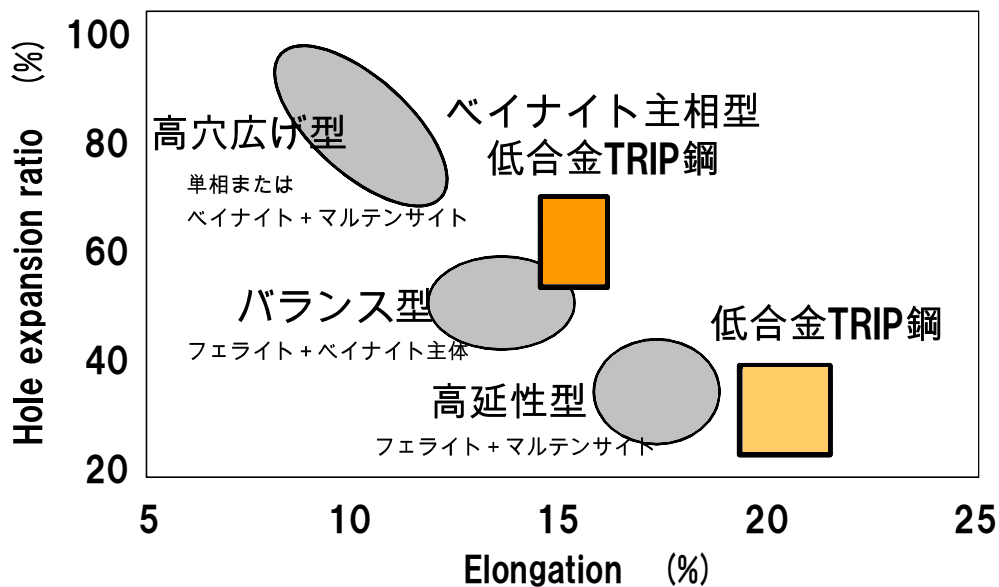


TRIP鋼の製造工程(冷延鋼板)

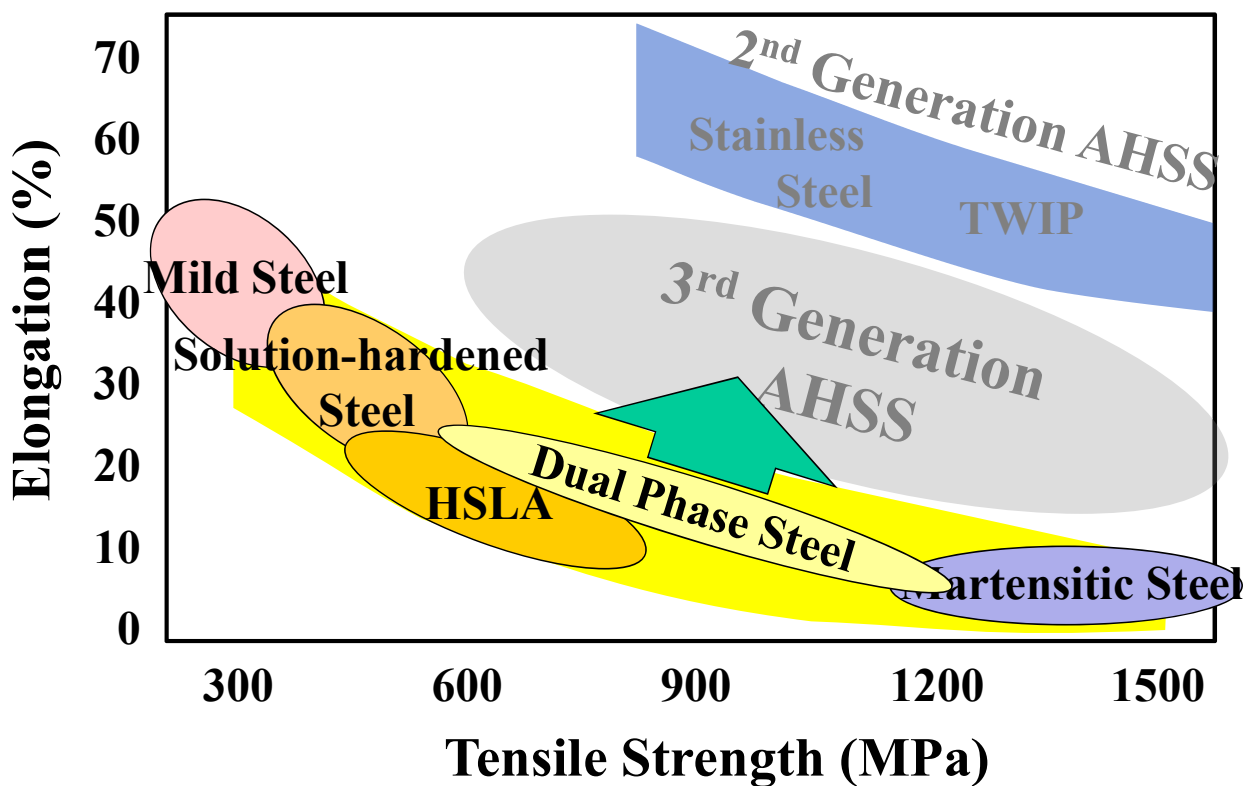


異なるプレス成形性に対応した超高強度鋼板

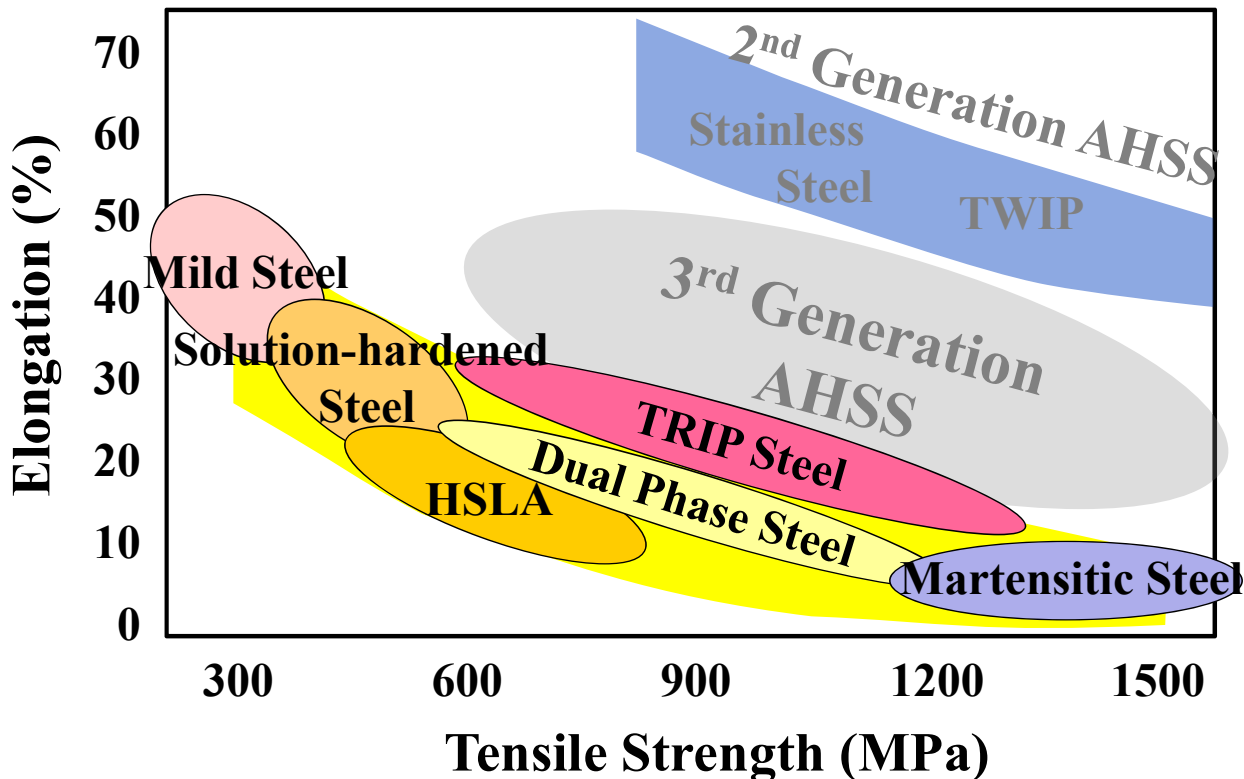
980MPa級



高強度鋼板の強度・延性

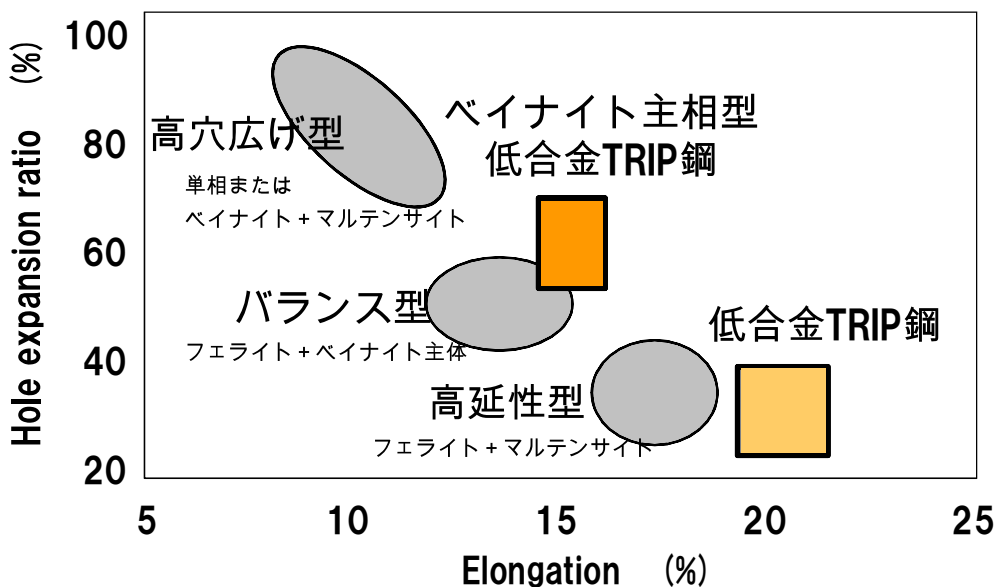


高強度鋼板の強度・延性



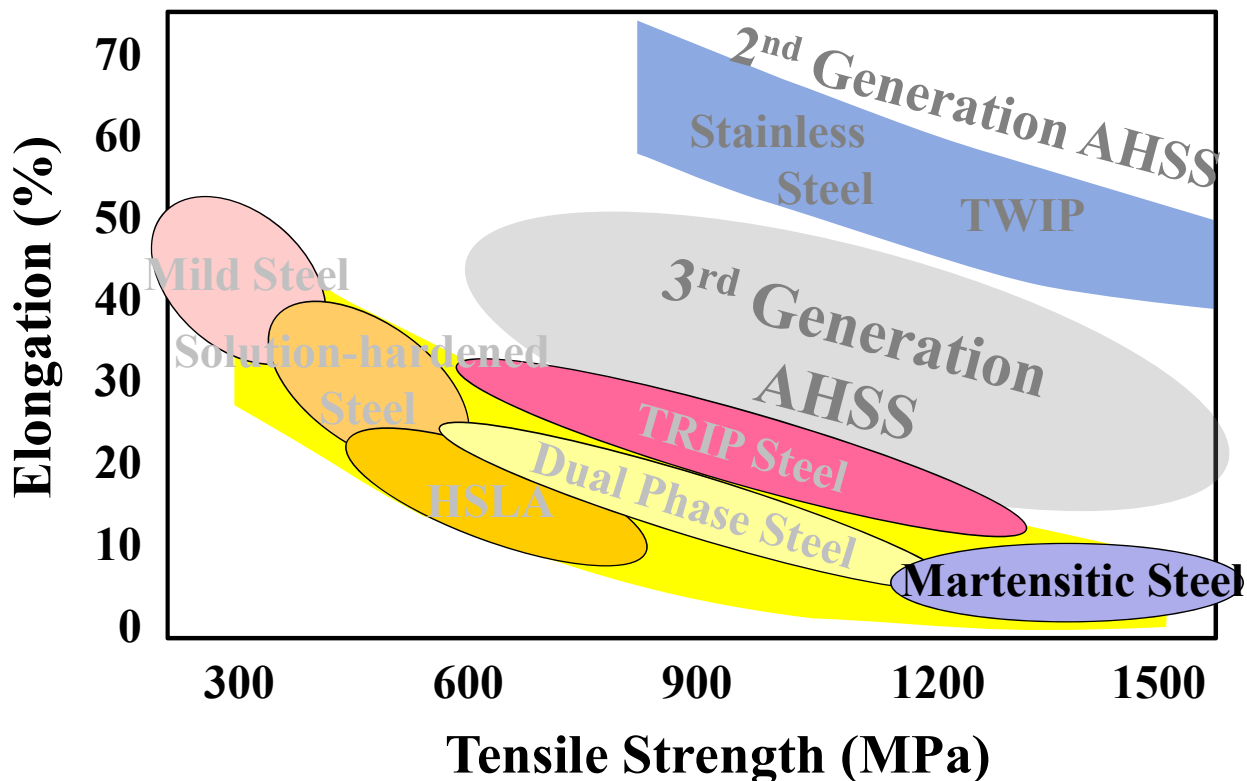
異なるプレス成形性に対応した超高強度鋼板

980MPa級

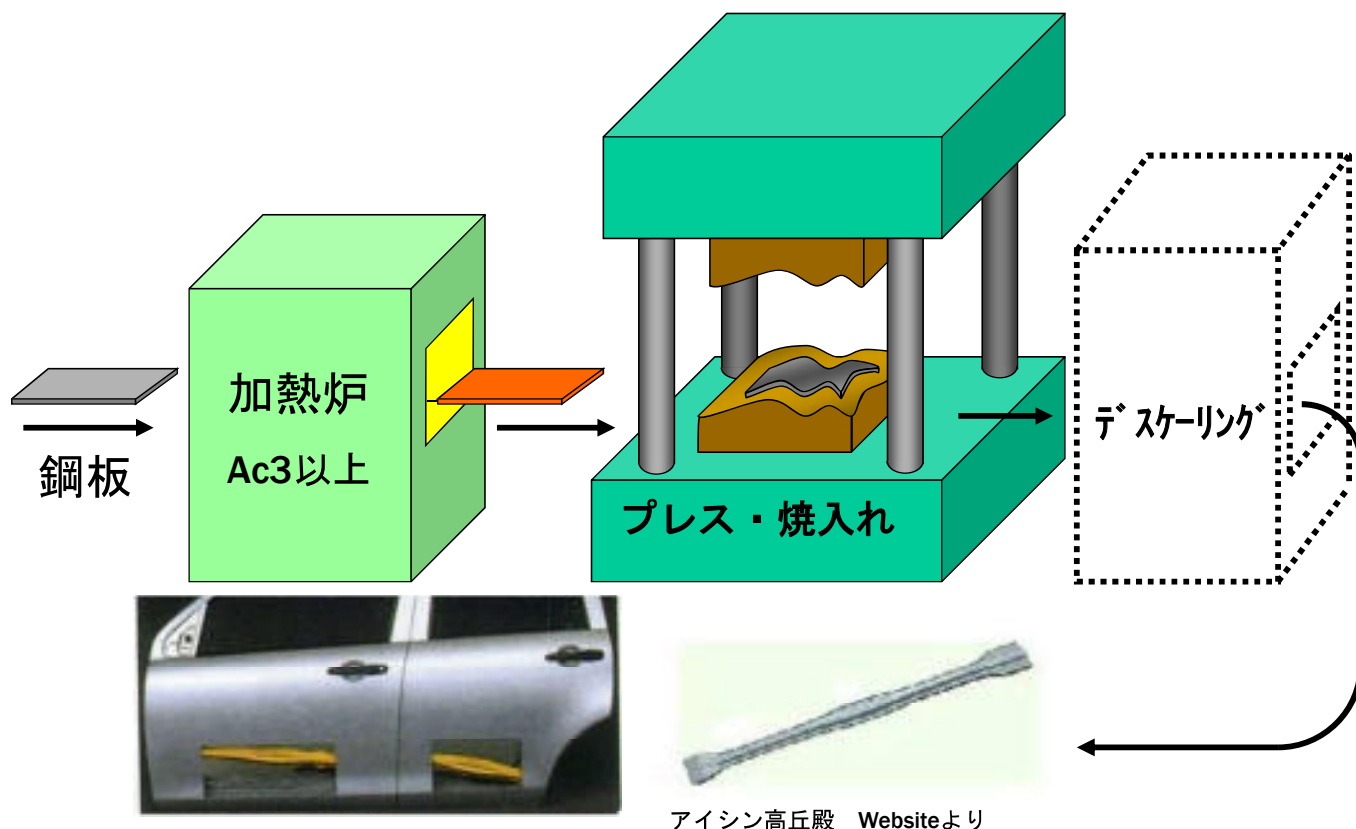


◇ 実部材への適用を考えた場合には伸びだけでなく他の特性とのバランスが必要.

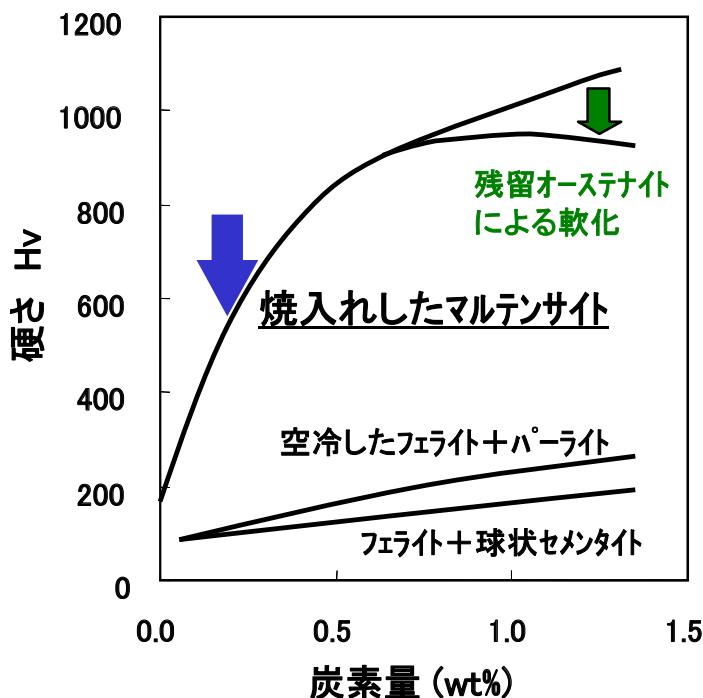
高強度鋼板の強度・延性



ホットスタンピングによる高強度部材製造⁴⁶

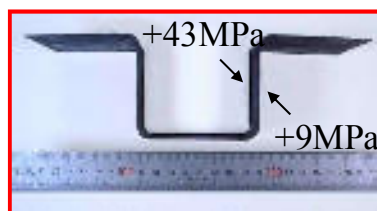
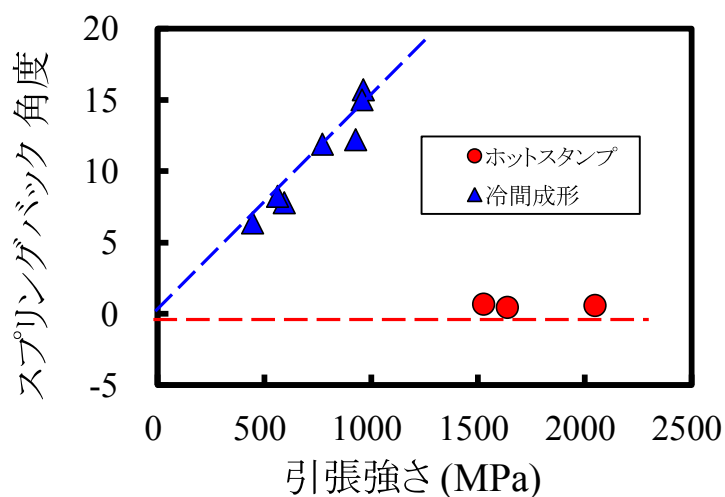


変態組織による鋼の強化

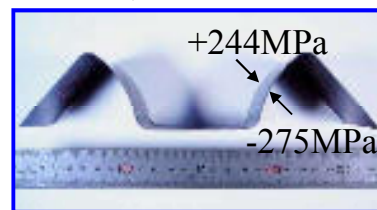


高炭素鋼の焼入れで
3000MPa程度の強度
確保可能

ホットスタンピング部材の形状凍結性

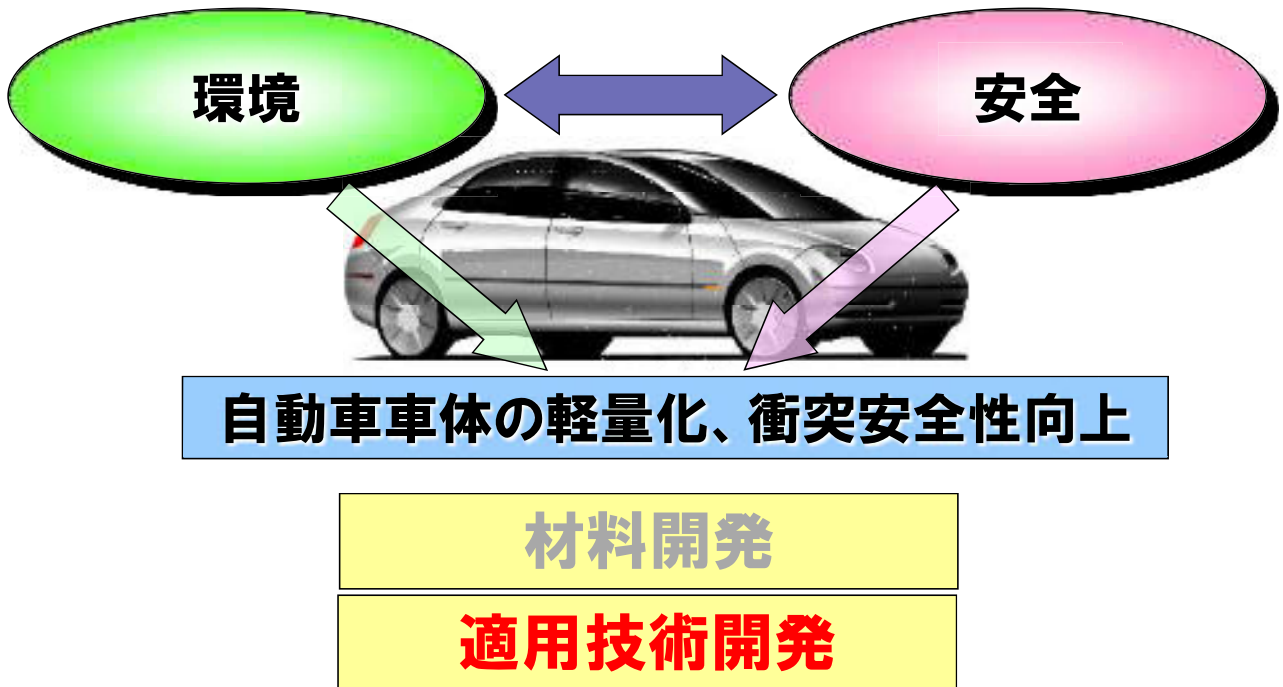


ホットスタンプ



980MPa級冷間プレス

自動車軽量化への取組み



高強度鋼板の適用を支える技術

□ プレス成形時の形状凍結予測技術

- 大ひずみ域での加工硬化特性
- 反転負荷時の変形応力の低下(バウシंगा効果)

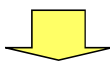
□ 衝突変形時の材料破断予測技術

- 高速変形特性の把握→衝突時エネルギー吸収特性の予測
- 成形→衝突のような複雑な経路変化がある場合の破断予測
- 衝突解析コードと連動して破断の予測が可能

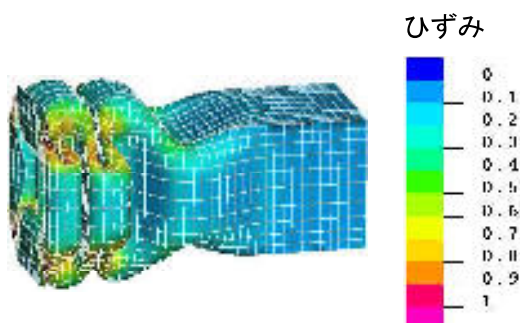
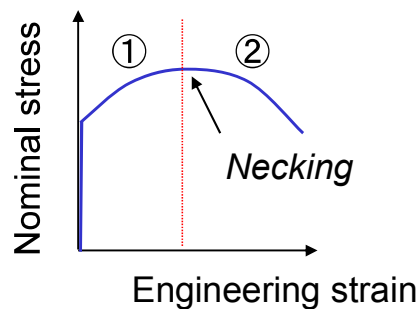
大ひずみ域での加工硬化挙動

- 引張試験のくびれ以降の挙動は真の材料挙動と異なる。

引張試験ではくびれのため、大ひずみ域の特性取れない

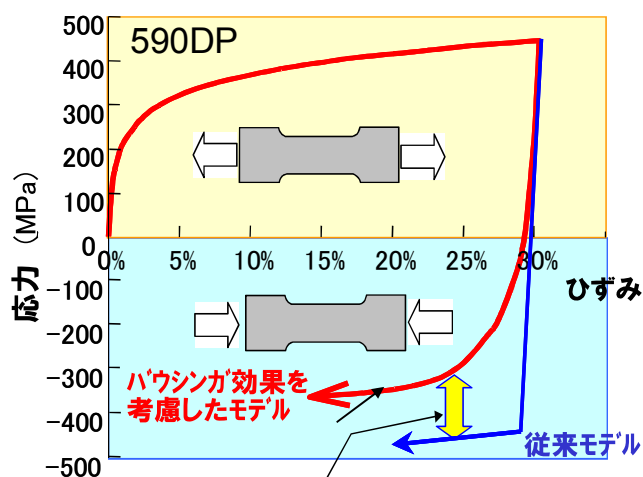


解析では大ひずみ域に到達



	①	②
$\sigma = \frac{P}{A_0} \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0} \right)$	$\sigma > \frac{P}{A_0} \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0} \right)$	
$\varepsilon = \ln \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0} \right)$	$\varepsilon > \ln \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0} \right)$	

バウシング効果と形状凍結性予測

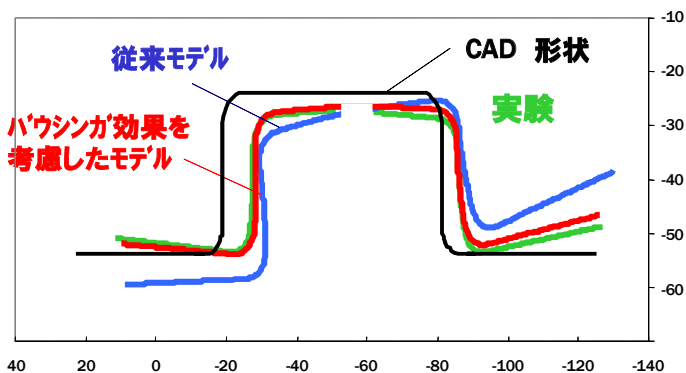


バウシング効果

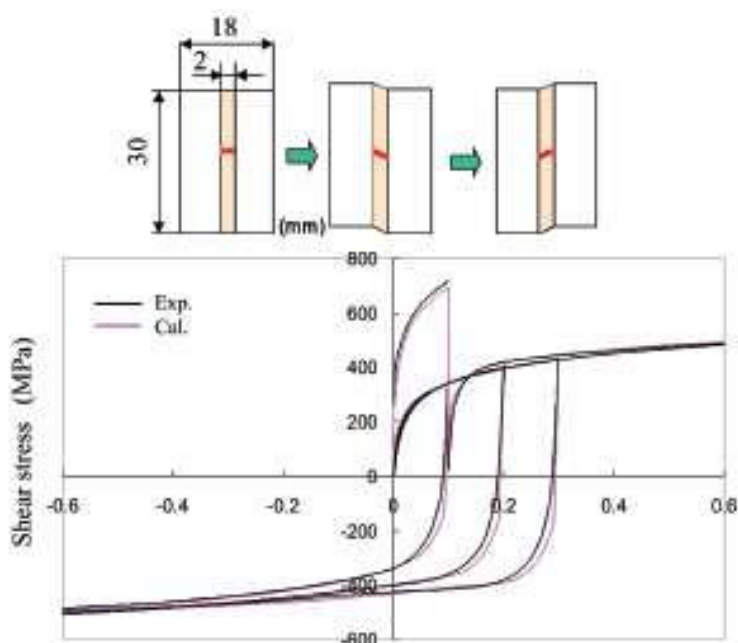
反転負荷時の応力ひずみ関係

バウシング効果を考慮することで、予測精度が向上する。

リアメンバモデル型での検討例

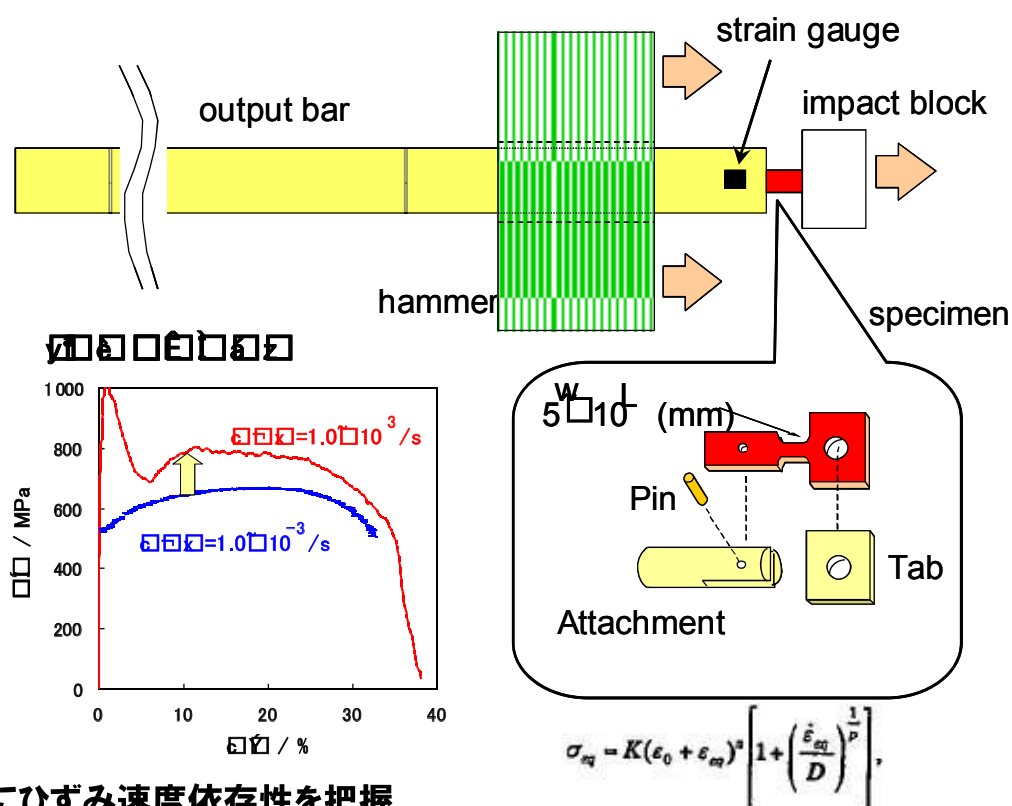


単純せん断試験結果



- バウシंगा効果は変形とともに顕著となる。
- 材料強化によりその程度が変化する。

高速変形特性の把握



材料毎にひずみ速度依存性を把握

高速変形特性の把握

実験と解析の比較例

落重試験



解析

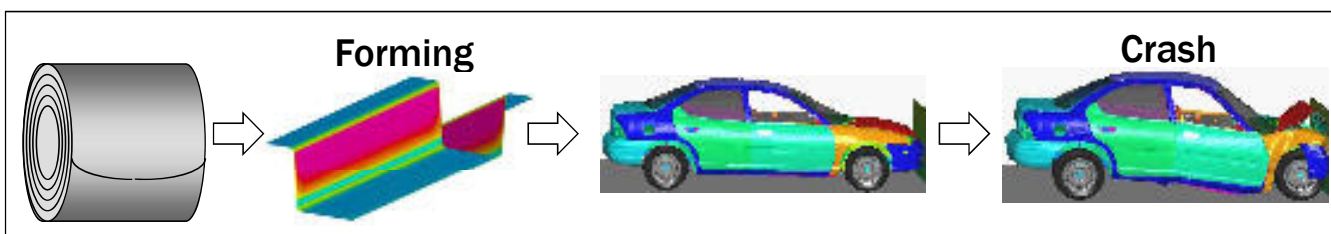


PAM-CRASH (3D, dynamic-explicit)
elasto-plastic isotropic 4-nodes shell
element size 7mm × 5mm
(circumferencial) (axial)

Cowper-Symonds empirical formula

$$\sigma(\dot{\epsilon}, \epsilon) = F \left(\epsilon + \epsilon_0 \right)^n \left\{ 1 + \left(\dot{\epsilon} / D \right)^{1/m} \right\}$$

経路変化がある場合の破断予測の課題

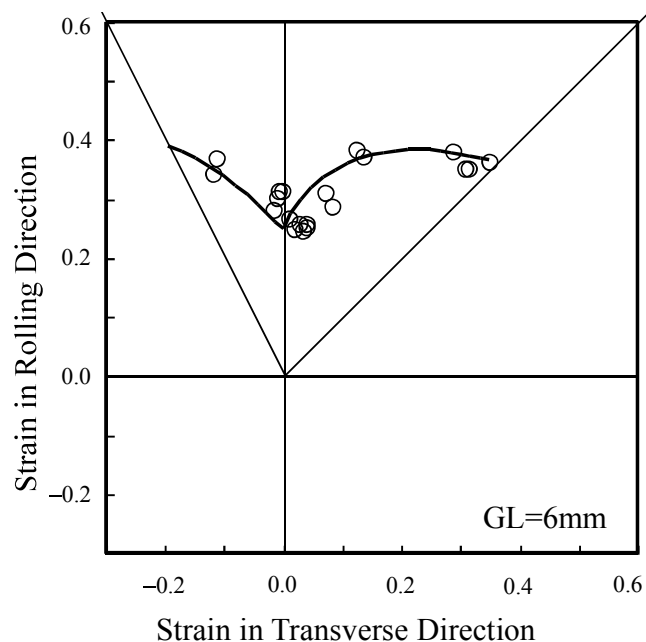
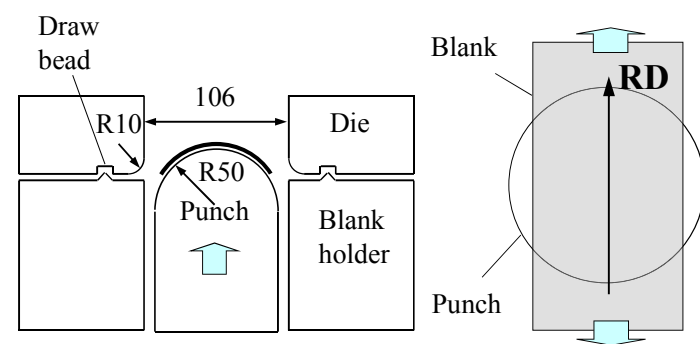


- 材料の高強度化は延性の低下と薄肉化の双方の観点で材料破断の懸念が高まる。
- 成形→衝突で材料が変形を受ける方向は複雑に変化する。
- 破断を予測しようとする必要はあるがその限界は変形経路に依存して変化する。

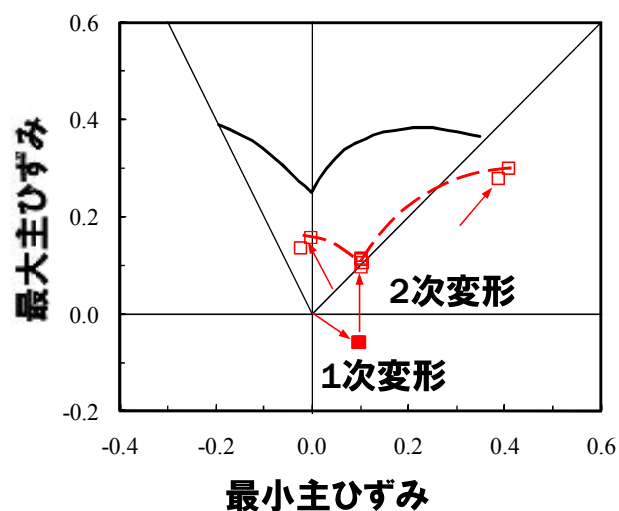
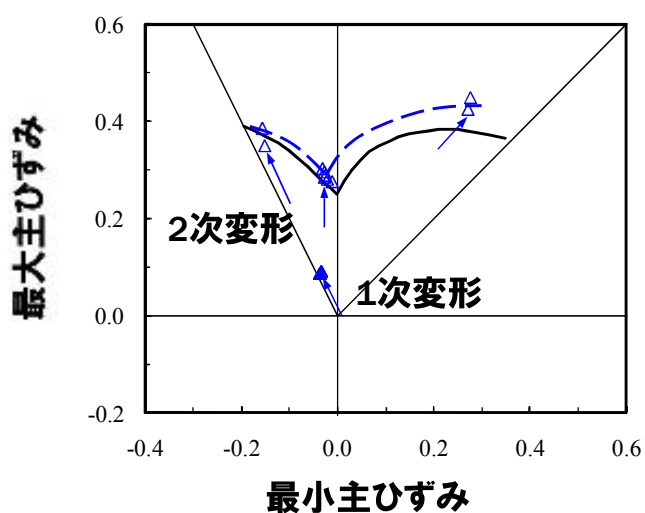


材料変形の理論解析を基に、破断限界の一般解を探求した。

比例負荷経路での破断限界



破断限界の経路依存性



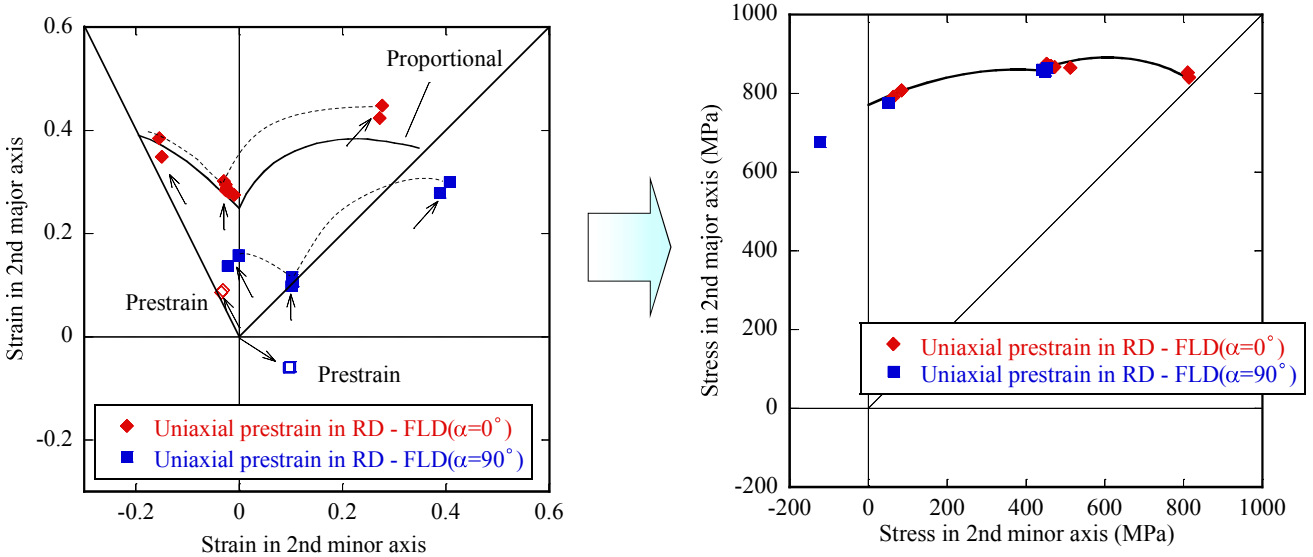
最初に変形(1次変形)を加えた後、別方向に変形を加えると(2次変形)、元々の破断限界とは異なる限界ひずみで破断が生じる。



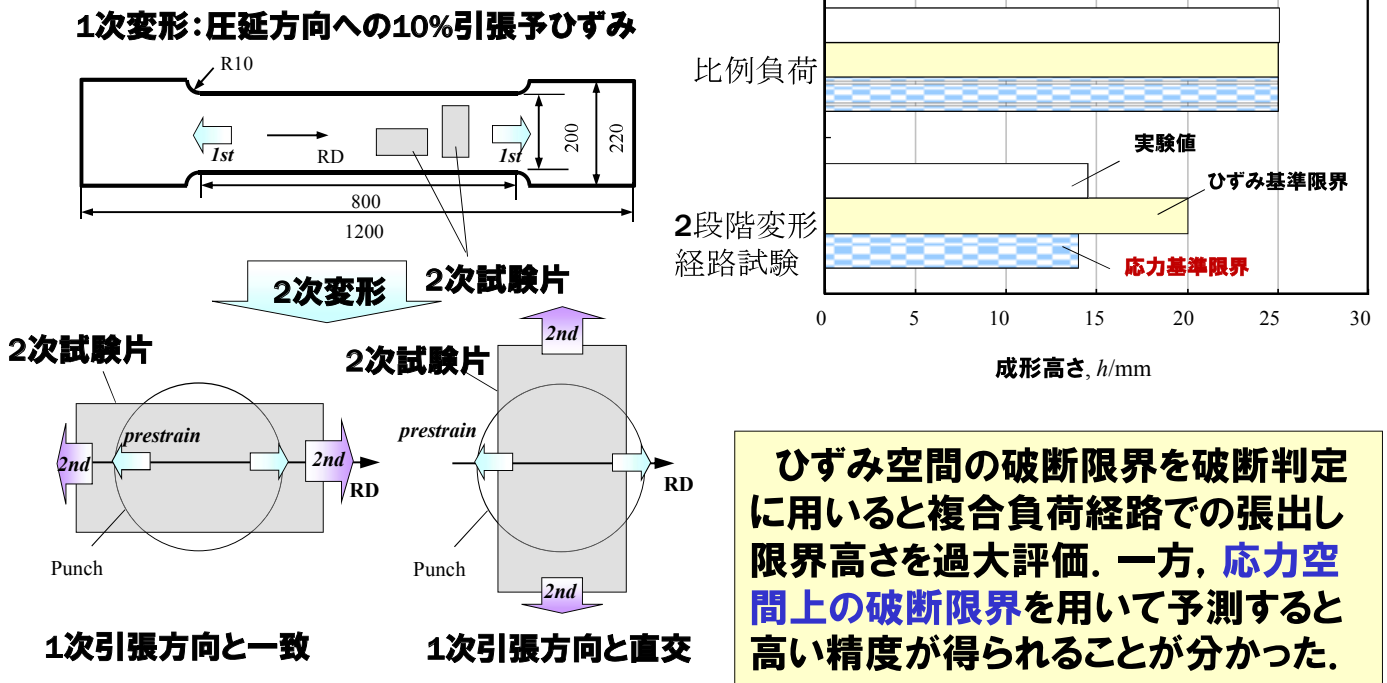
成形→衝突の際には経路変化のため、それぞれの破断限界が必要

応力を基準とした破断限界(NSafe[®]-MAT)

応力を基準として破断限界を考えると変形経路依存性がなくなるという理論的考察を基に、実際の材料で確認を行った。変形経路によらず破断限界が求められる。



予測精度の検証



まとめ

- 高強度鋼板について、強化機構との関係からその材料特性について紹介した。
 - 実使用性能を考えた場合、伸び特性だけでなく、曲げ性や伸びフランジ性も重要である。
 - 材料の適用可否の際に数値解析が活用されているが、材料特性の観点から見た留意点を述べた。
 - 複雑な変形経路下での破断(衝突時)を予測できる手法を紹介した。
-