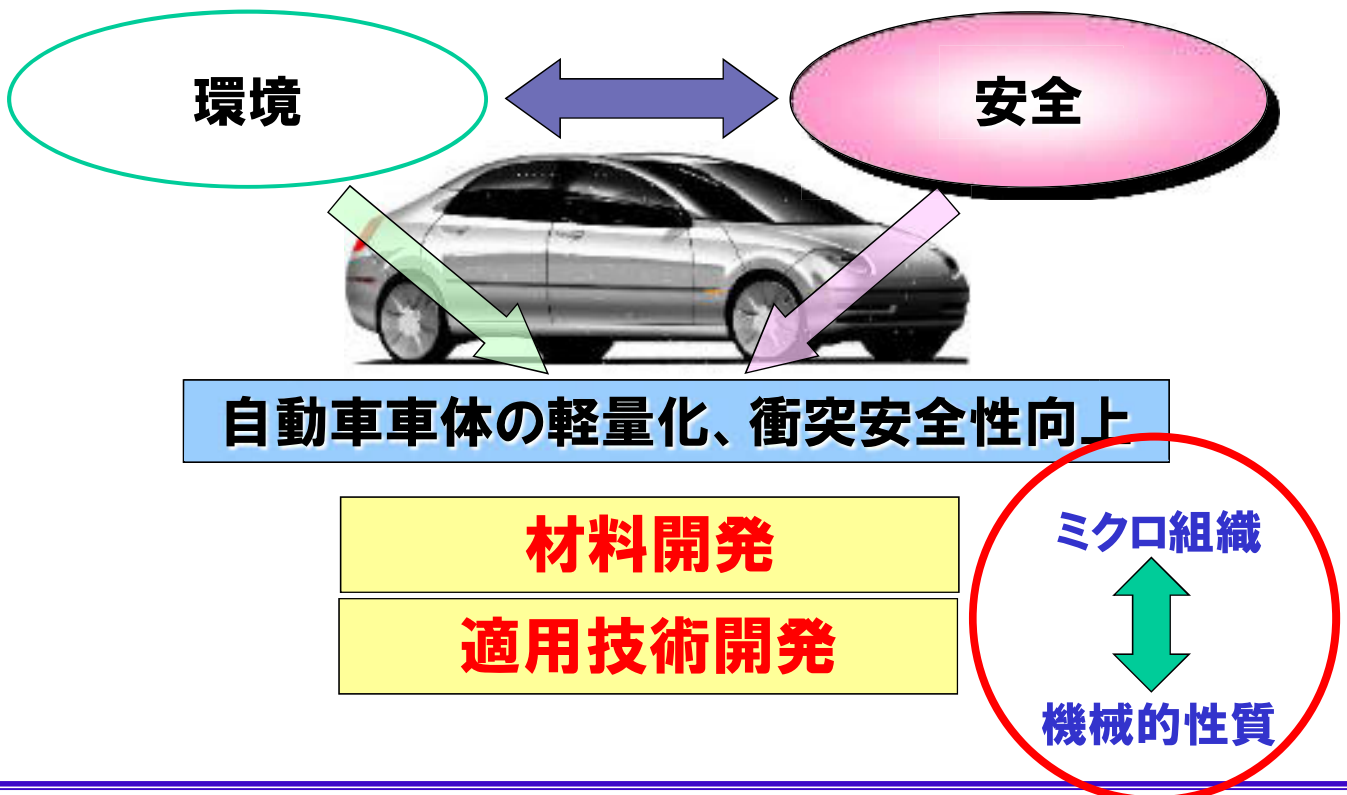


# 自動車用高強度鋼板とその適用技術

2

## 自動車軽量化への取組み



# 内容

## □自動車用鋼板の金属組織

- 強度が上がるメカニズム
- 金属組織の特徴

## □軽量化に貢献する高強度鋼板

- 冷間プレス成形用高強度鋼板とその特徴
- 熱処理型の高強度部品製造技術

## □高強度鋼板の適用を支える技術

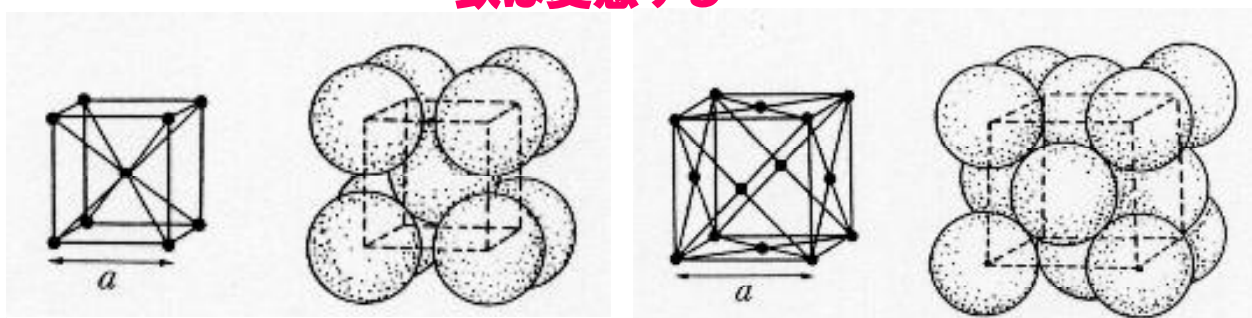
- プレス成形時の形状凍結性予測技術
- 衝突変形時の材料破断予測技術

# 自動車用鋼板の金属組織

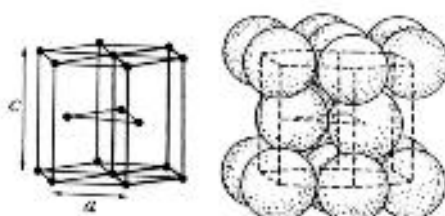
## 強度が上がるメカニズム

### 鉄の結晶構造

鉄は変態する



体心立方格子(BCC) :  $\alpha$  ←→ 面心立方格子(FCC) :  $\gamma$



Al, Mgなど

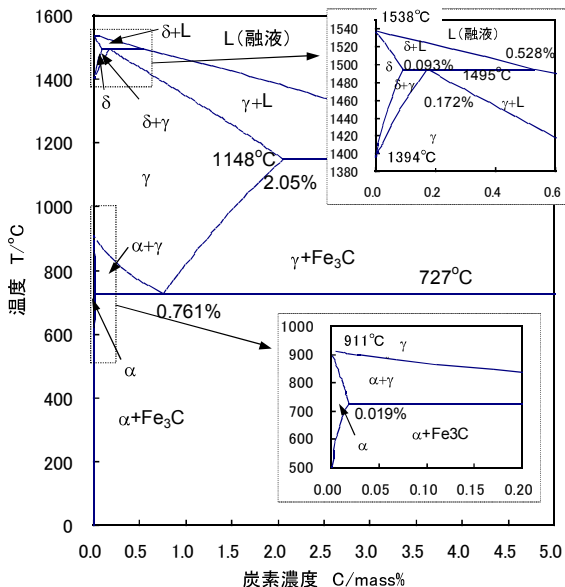
最密六方格子(HCP)

# 自動車用鋼板の金属組織

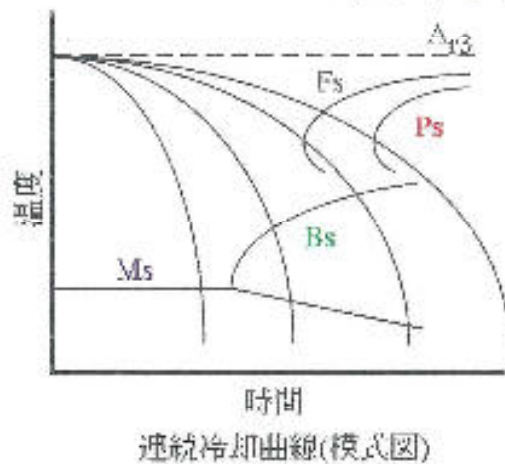
## 強度が上がるメカニズム

### 相と組織

オーステナイト:  $\gamma$   
 フェライト:  $\alpha$   
 セメンタイト:  $\theta(\text{Fe}_3\text{C})$



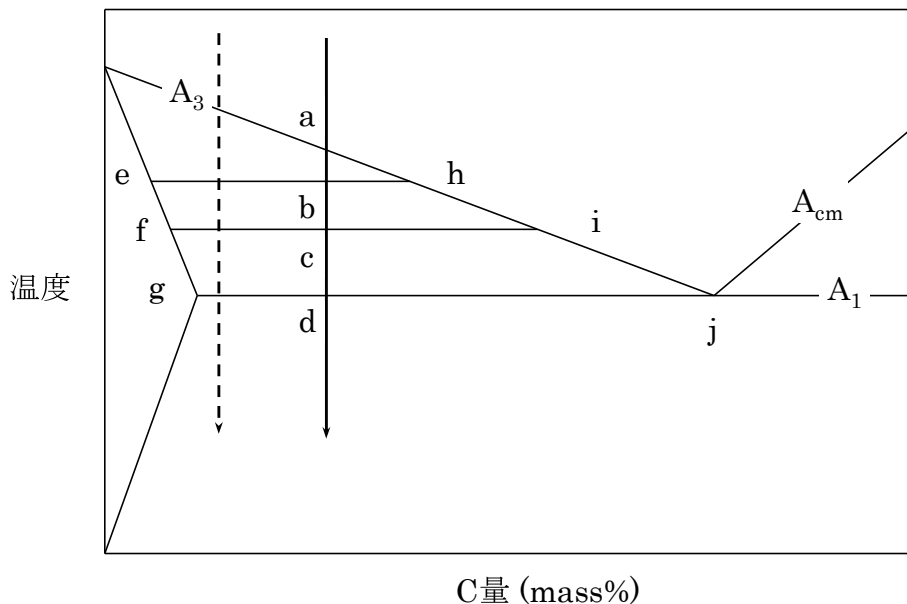
フェライト + パーライト(P)  
 ベイナイト(B)  
 マルテンサイト(M)



# 自動車用鋼板の金属組織

## 強度が上がるメカニズム

### Fe-C系状態図から判明する内容

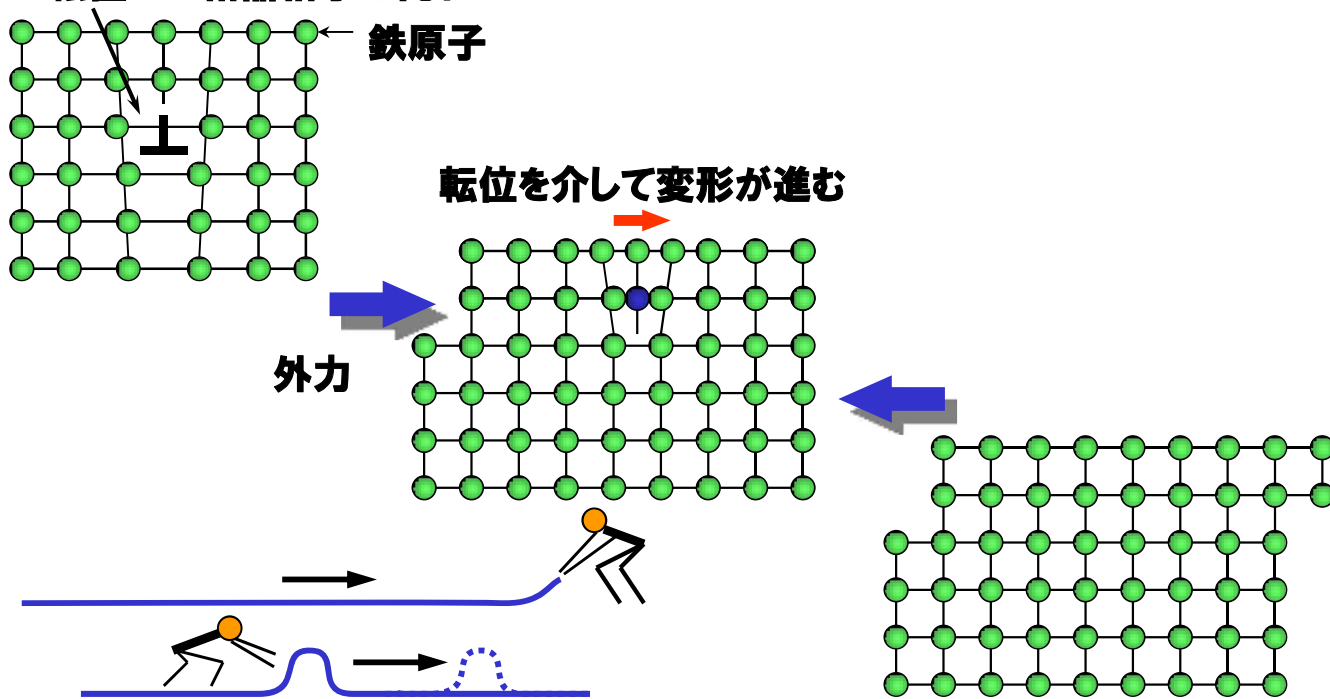


# 自動車用鋼板の金属組織

## 強度が上がるメカニズム

鋼の変形：転位を介して形が変化

転位：結晶格子の乱れ



# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

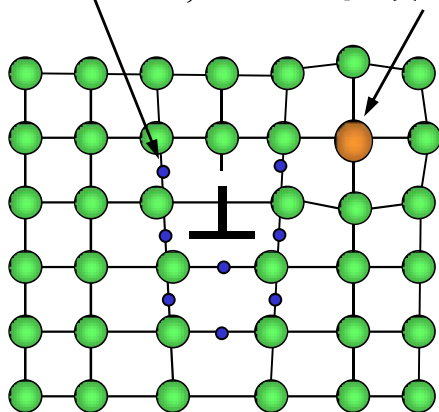
強化 = 転位の移動を妨げる。

### 鋼の強化方法 1

#### ① 固溶強化

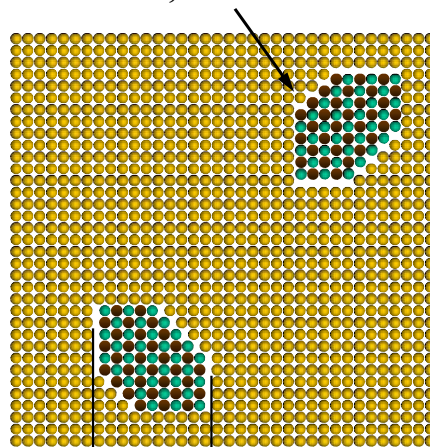
C, Nなどの侵入型固溶元素

Mn, Siなどの置換型固溶元素



#### ② 析出強化

TiC, NbCなど析出物

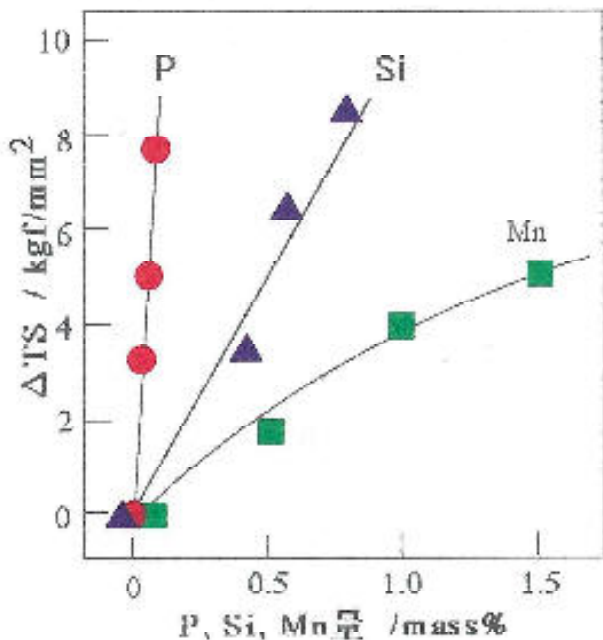


数 $n$ ~数10nm

# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

### ① 固溶強化

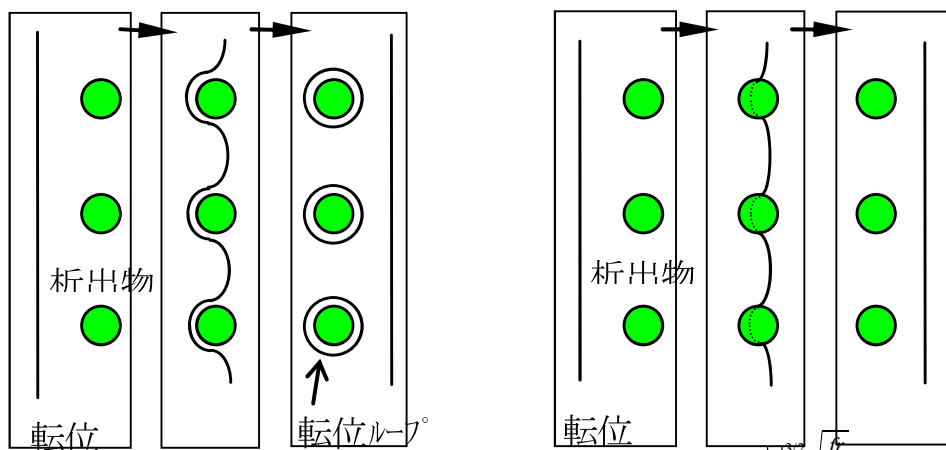


鉄との原子サイズ差に比例

# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

### ② 析出強化



強い析出物

弱い析出物

オロワン機構

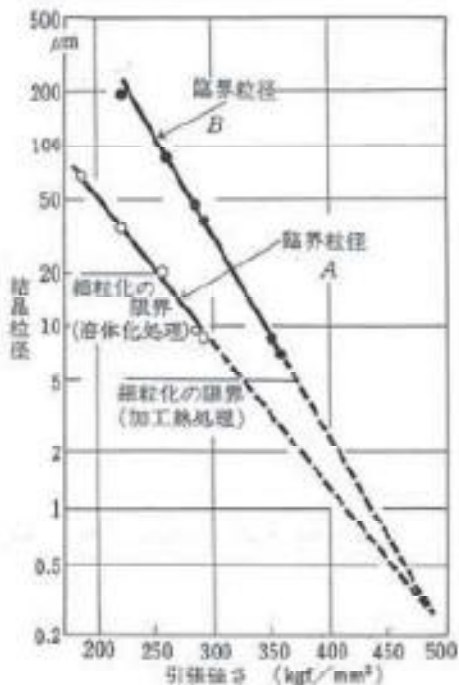
$$\tau_{OR} = \frac{\mu b}{L_0} \approx \frac{0.7 \mu b \sqrt{f}}{r}$$

$$\tau_m \approx \mu |\epsilon|^{3/2} \sqrt{\frac{fr}{b}}$$

# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

### ②析出強化(マルエージ鋼)



金属材料技術研究所:阿部他

# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

強化 = 転位の移動を妨げる。

### 鋼の強化方法 2

#### ③変態強化

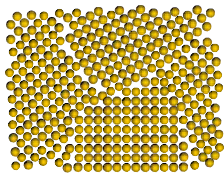
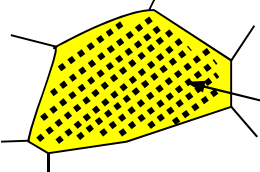
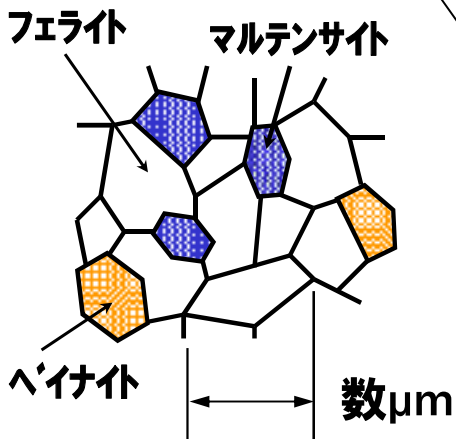
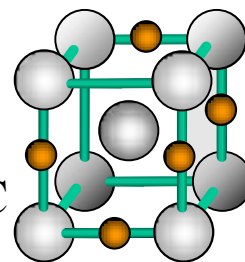
急冷して硬い組織とする。

a) 固溶強化

b) 析出強化

c) 粒界強化(細粒化強化)

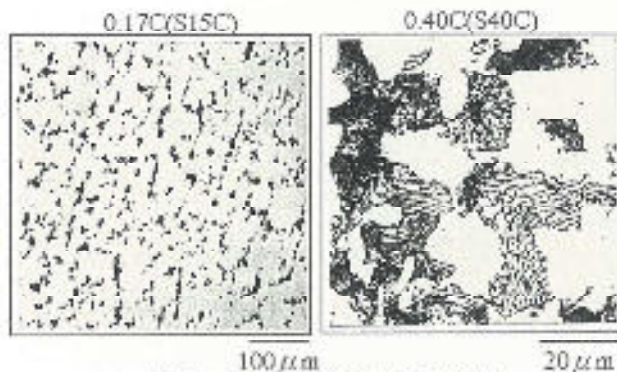
d) 転位強化(冷間加工強化)



# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

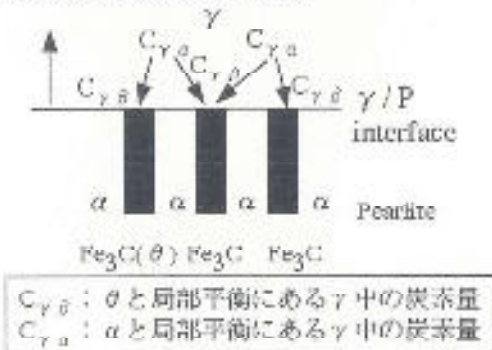
## 変態強化1: パーライト



100 μm (丸智: 「鉄鋼の顕微鏡写真と解説」)

20 μm

パーライトが成長する時の炭素の拡散



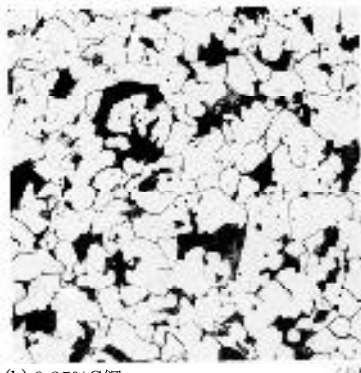
# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

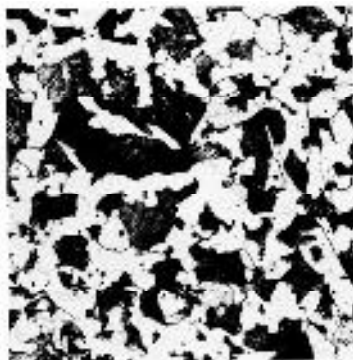
## 変態強化1: パーライト



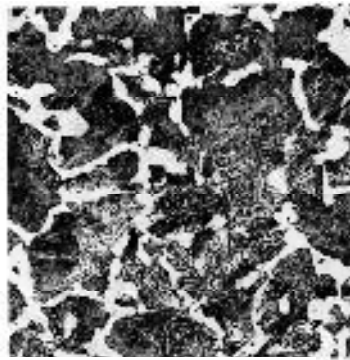
(a) 高純度鉄



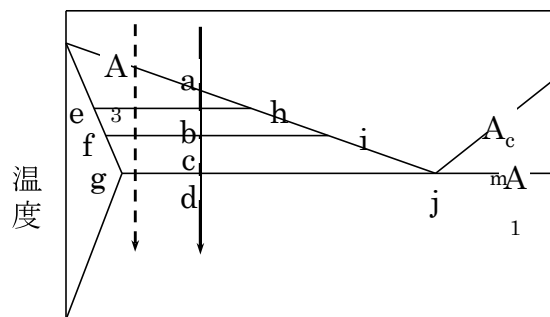
(b) 0.25% C鋼



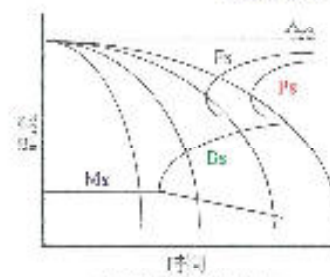
(c) 0.43% C鋼



(d) 0.60% C鋼



フェライト  
 パーライト(P)  
 バイナイト(B)  
 マルテンサイト(M)

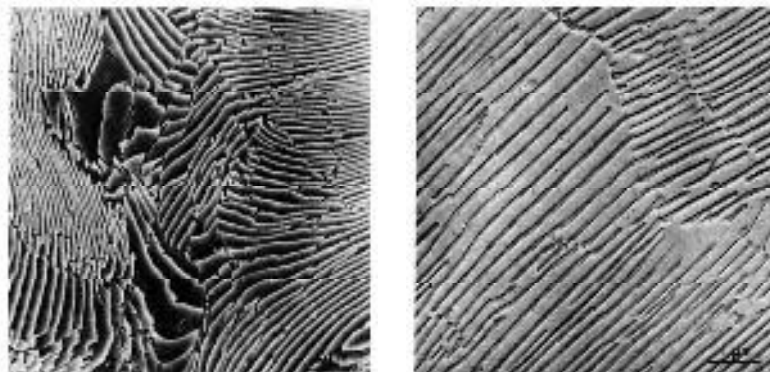


源: 鉄鋼の組織と熱処理

# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

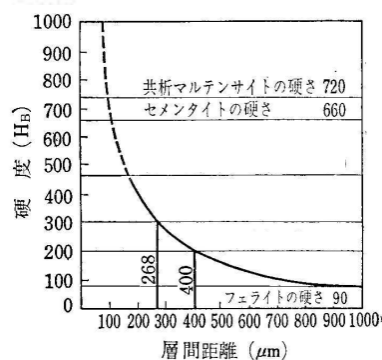
### 変態強化1:パーライト



(SEM写真)

(b) レプリカ写真

図1.2.1-11 パーライト組織

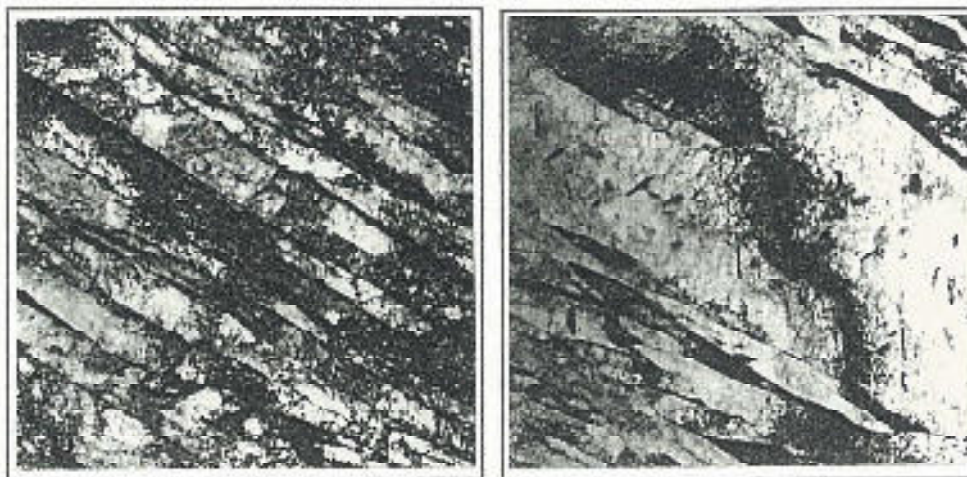


# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

### 変態強化2:ベイナイト

0.08C - 0.26Si - 1.55Mn - 0.60Cr - 0.04Nb - 0.023Ti - 0.0015B



1 μm

2 μm

(日本鉄鋼協会:「鋼のベイナイト写真集-1」、p.117)

$B_s(^{\circ}C) = 830 - 270(\text{mass}\%C) - 90(\text{mass}\%Mn) - 37(\text{mass}\%Ni) - 70(\text{mass}\%Cr) - 83(\text{mass}\%Mo)$



# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

## 変態強化2:ベイナイト



(a) 上部ベイナイト(高温域)



(b) 下部ベイナイト(低温域)

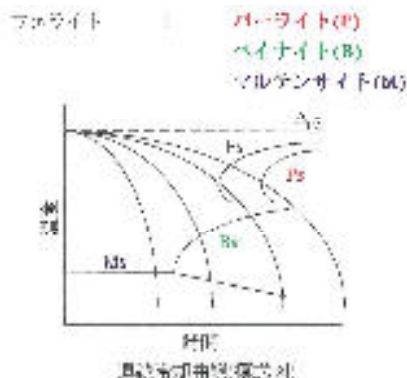


図1.2.1-12 ベイナイト組織のレプリカ写真  
(a) 上部ベイナイト, (b) 下部ベイナイト

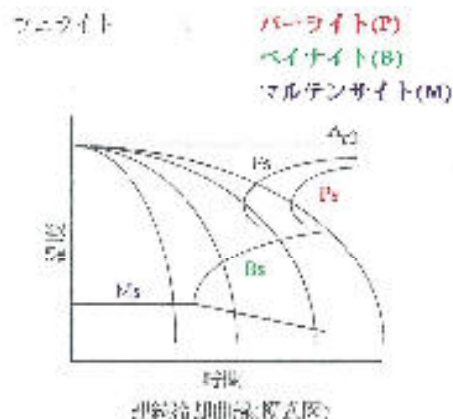
# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

## 変態強化3:マルテンサイト



0.02C-2Mn

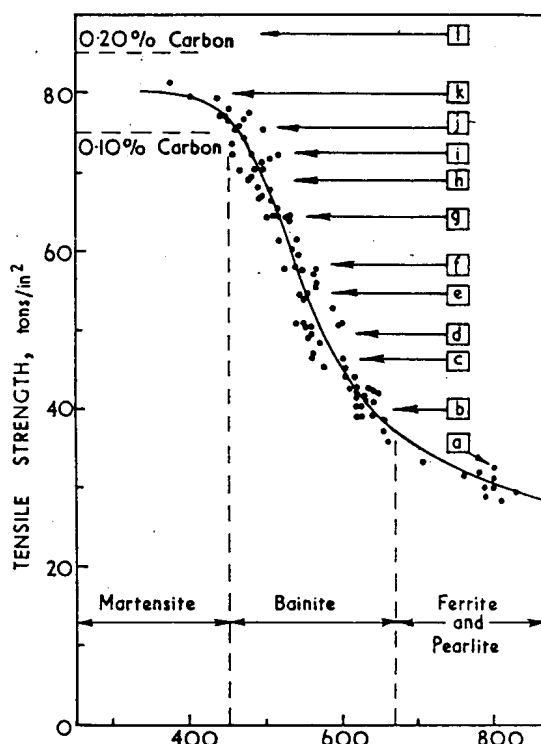


Ms(°C) = 561 - 474(mass% C) - 33(mass% Mn) - 17(mass% Ni) - 17(mass% Cr) - 21(mass% Mo)

# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

## ミクロ組織と強度の関係

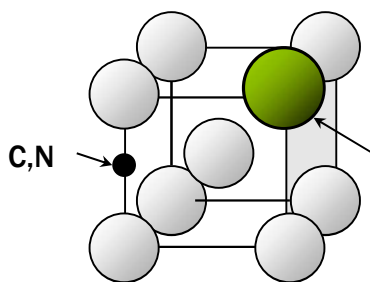


# 自動車用鋼板の金属組織

## 金属組織の特徴

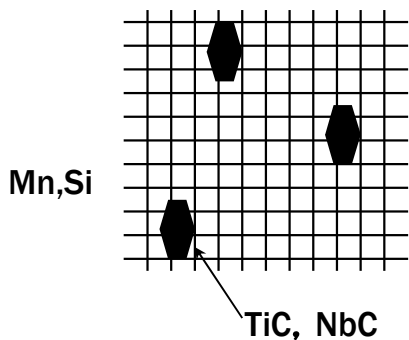
### 鋼の強化方法と得られる強度(実用鋼)

#### 固溶強化



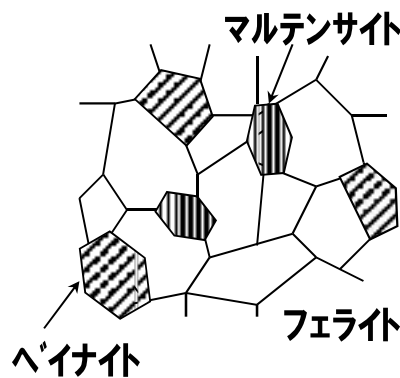
強度 270 390

#### 析出強化



590 780

#### 変態強化



980 1180 MPa

固溶強化



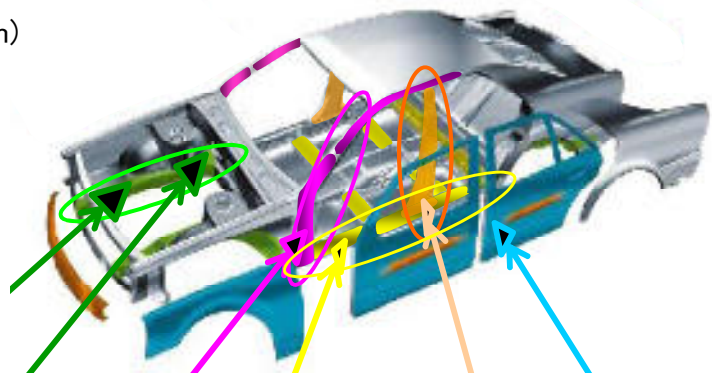
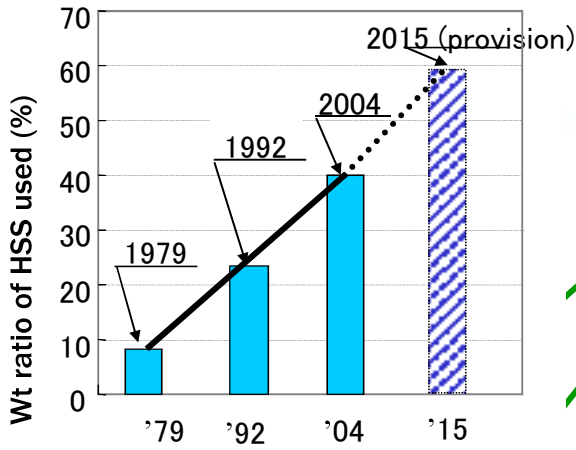
析出強化



変態強化



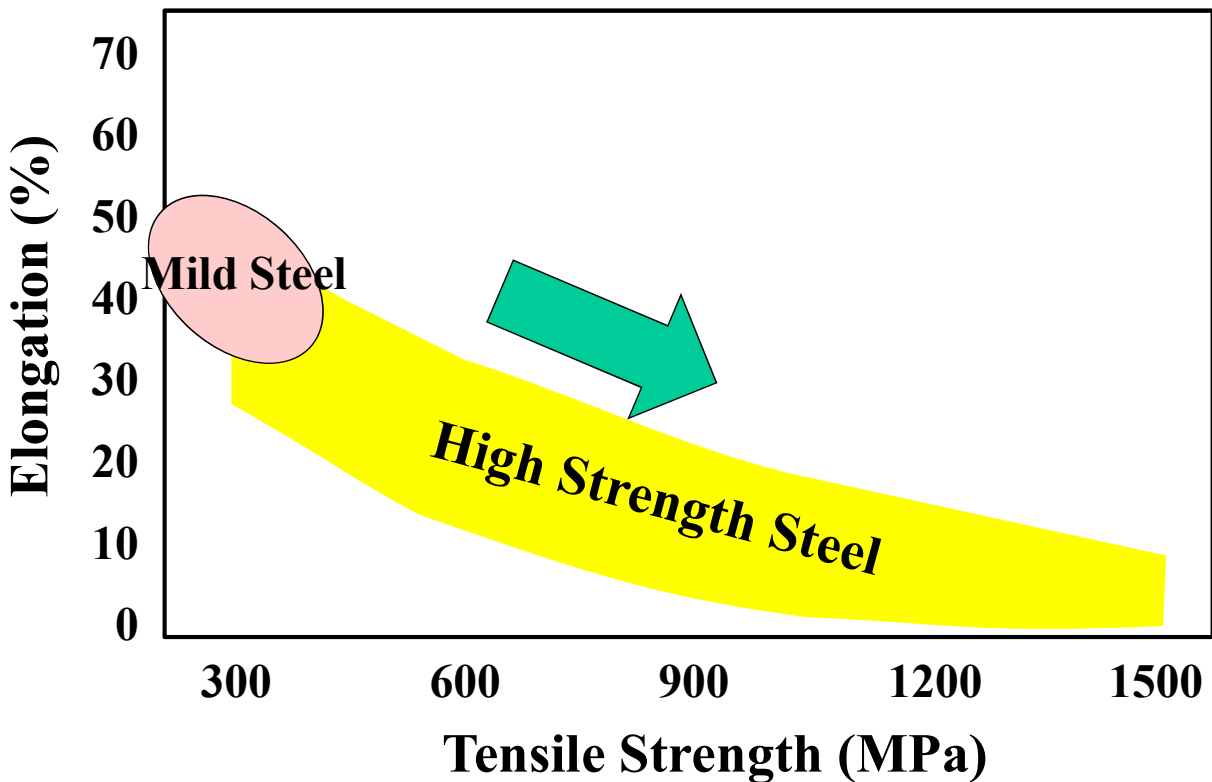
# 自動車用(骨格/パネル)高強度鋼板



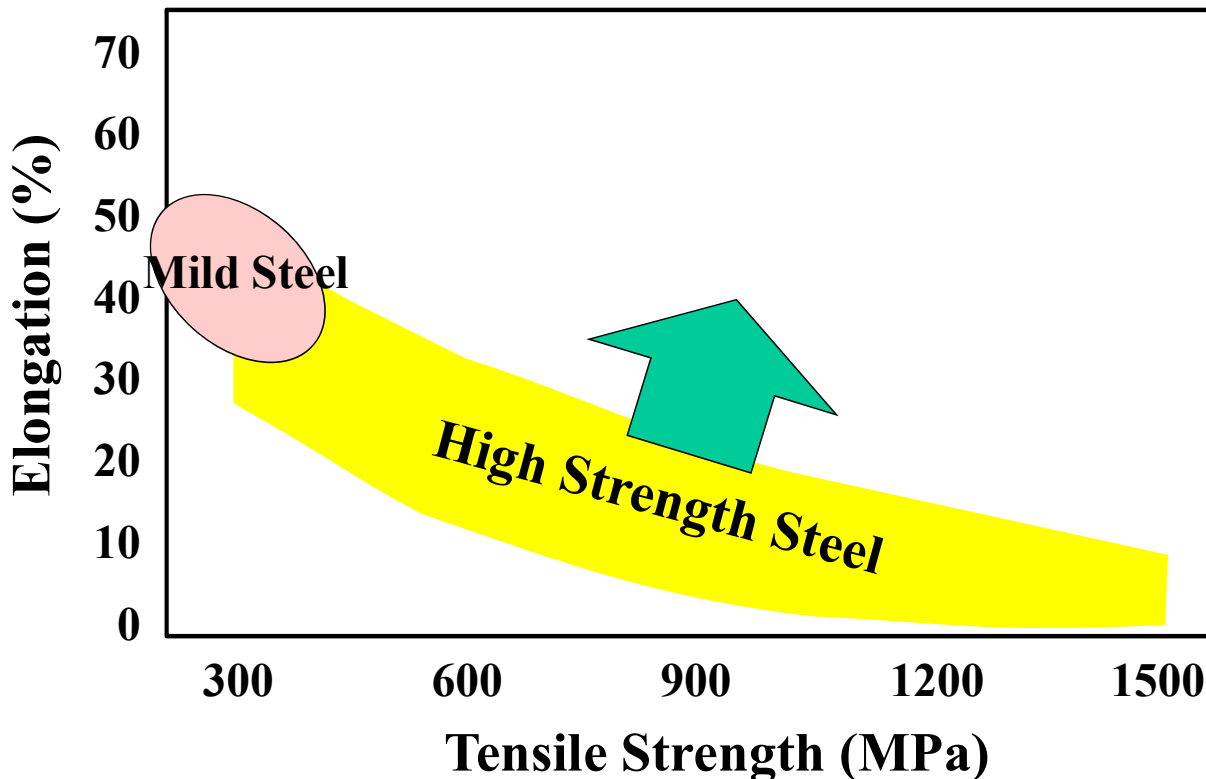
| Year | Fr.Side. Member | Rail Ext. | A-pillar, Roof Rail | Rocker      | B-pillar  | Door |
|------|-----------------|-----------|---------------------|-------------|-----------|------|
| 1995 | 270 (440)       | 440 (590) | 440                 | 590         | 270 (340) |      |
| 2000 | 590             | 590/780   | 590                 | 780         | 340       |      |
| 2015 | 780             | 780/980   | 780/980/1180        | 980/1180    | 440       |      |
|      | Frontal Crash   |           | Load path           | Side Impact | Dent      |      |

Steel grade (strength)

# 高強度鋼板の強度・延性



## 高強度鋼板の強度・延性



## 高強度鋼板の強度・延性

