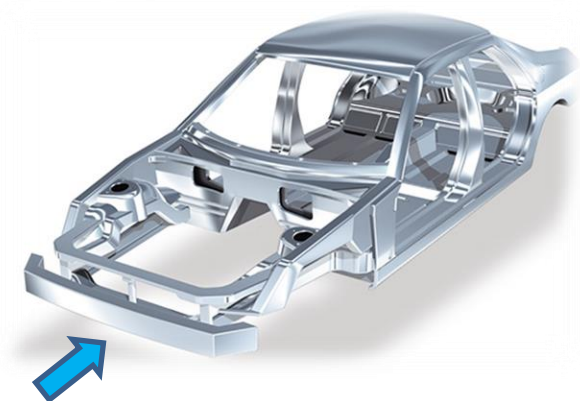
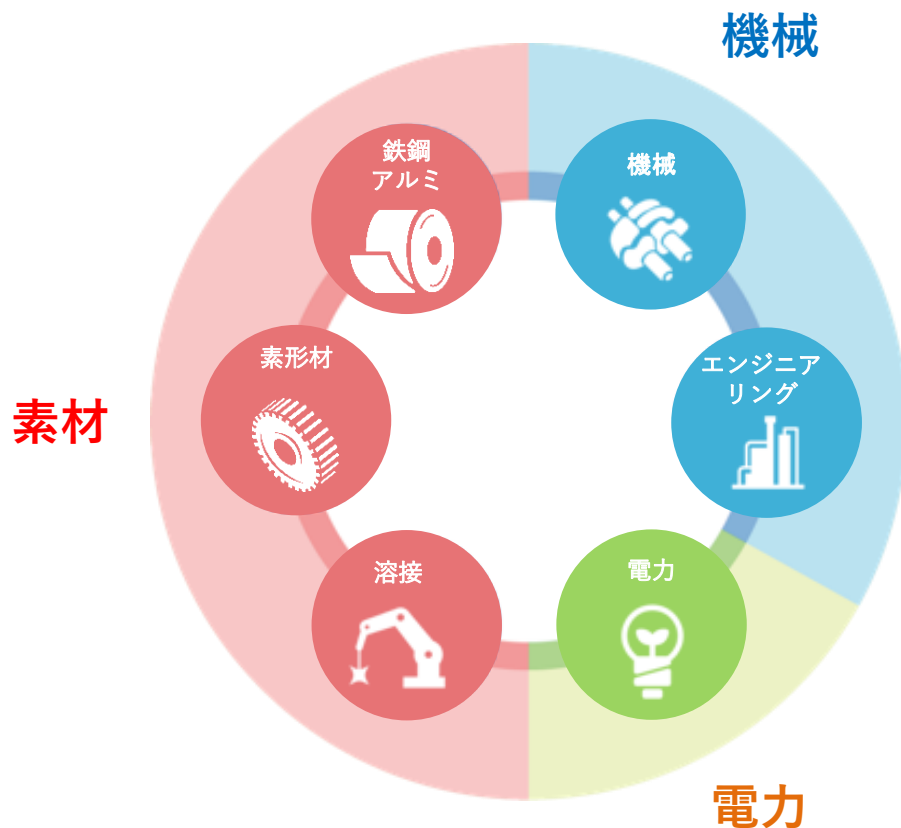


自動車バンパー用高強度7000系押出合金の開発



株式会社神戸製鋼所
素形材事業部門
アルミ押出・加工品工場
開発室
志鎌 隆広

神戸製鋼の事業構成



神戸製鋼はいま、

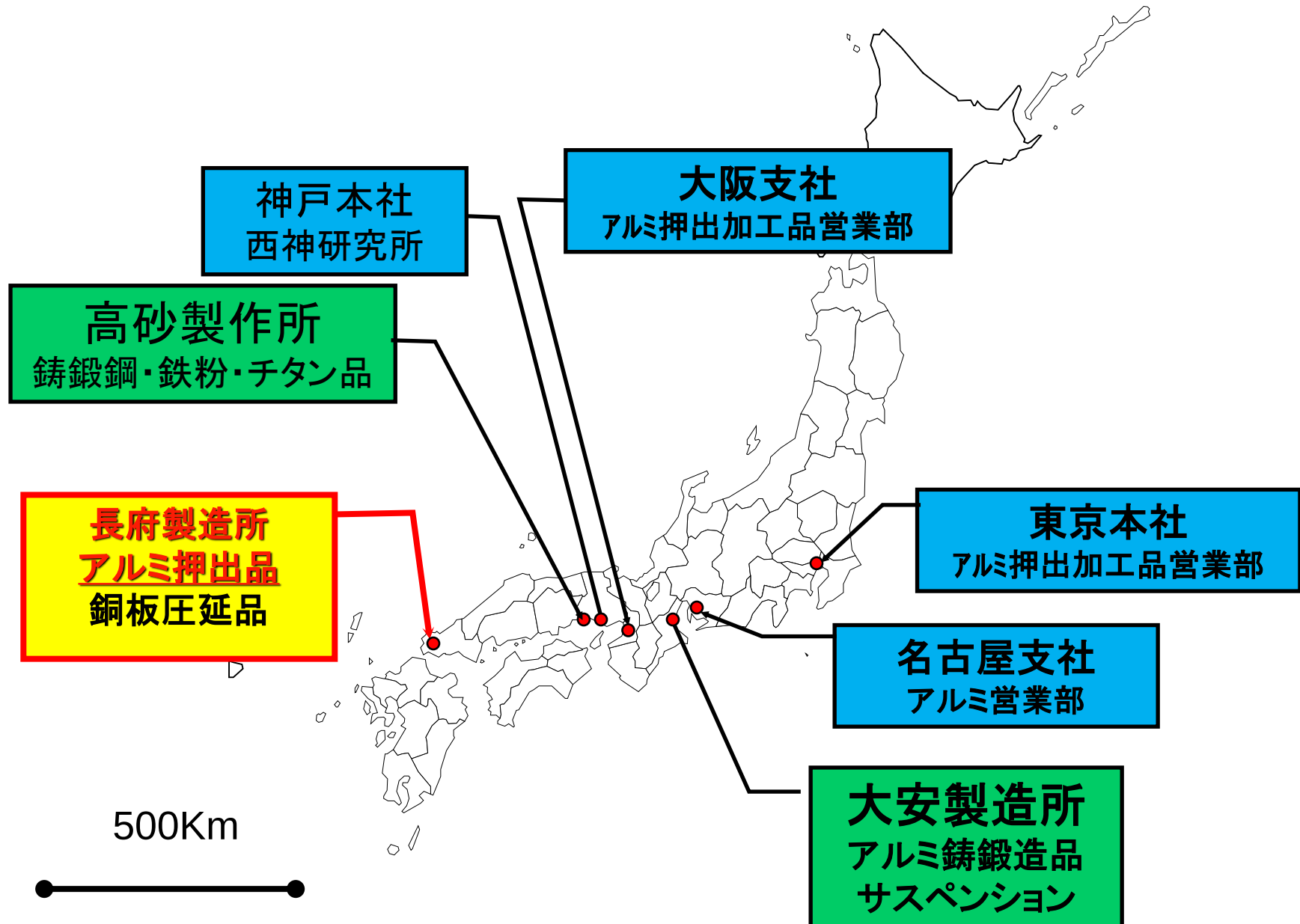
「**素材**」 「**機械**」 「**電力**」 という

3つの柱で成り立つ

複合経営をおこなっています。

鋳鋼だけだった時代から、
 マーケットはひろがり
 様々な製品やサービスで、
 人々の役に立てるようになりました。

所在地 素形材事業部門



長府製造所

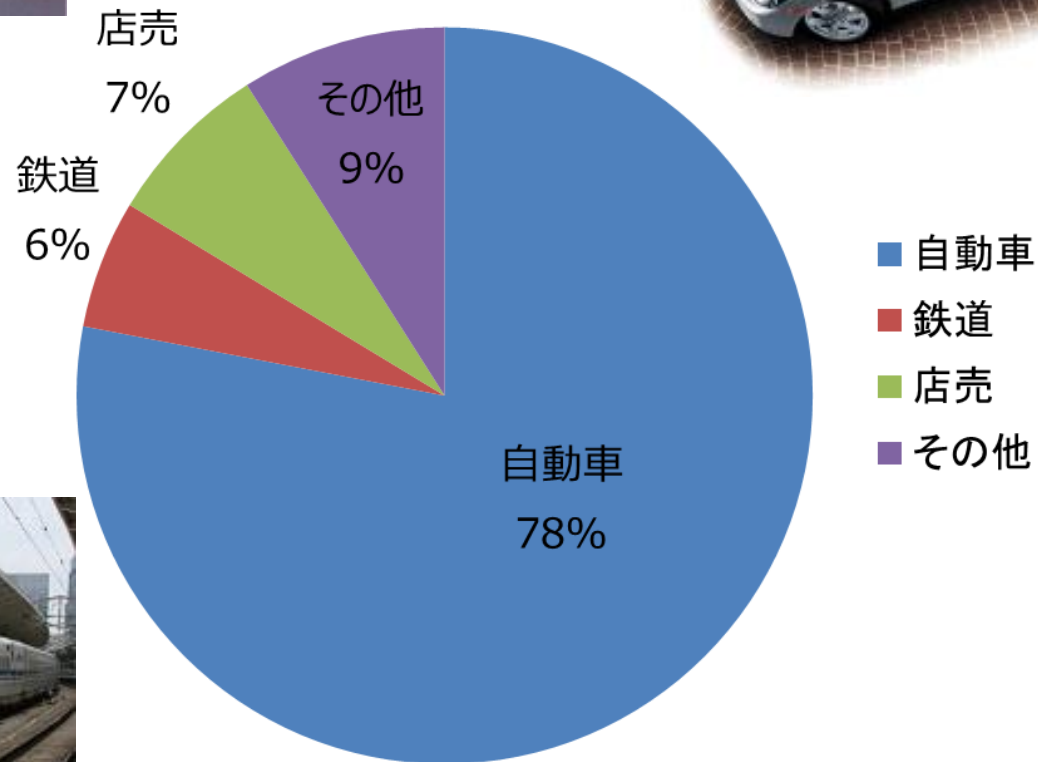
- ・所在地 : 山口県下関市長府港町14番1号
- ・敷地面積 : 371,300m²

- ・従業員 ('24.4.1現在)
所内全従業員 約1,292名
神鋼社員 824名 (銅板 : 296名, アルミ : 276名, 間接 : 252名)
SKSS 48名, 協力会 420名



現在地

当社アルミ押出材の用途構成

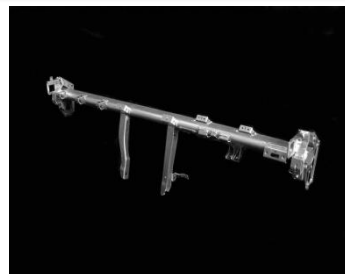


自動車に使われている当社のアルミ押出製品

- 自動車に採用されてきた押出製品を下記の通り。これまで様々な部品への採用事例がある。



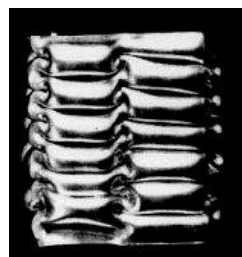
コンプレッサー用
ピストン



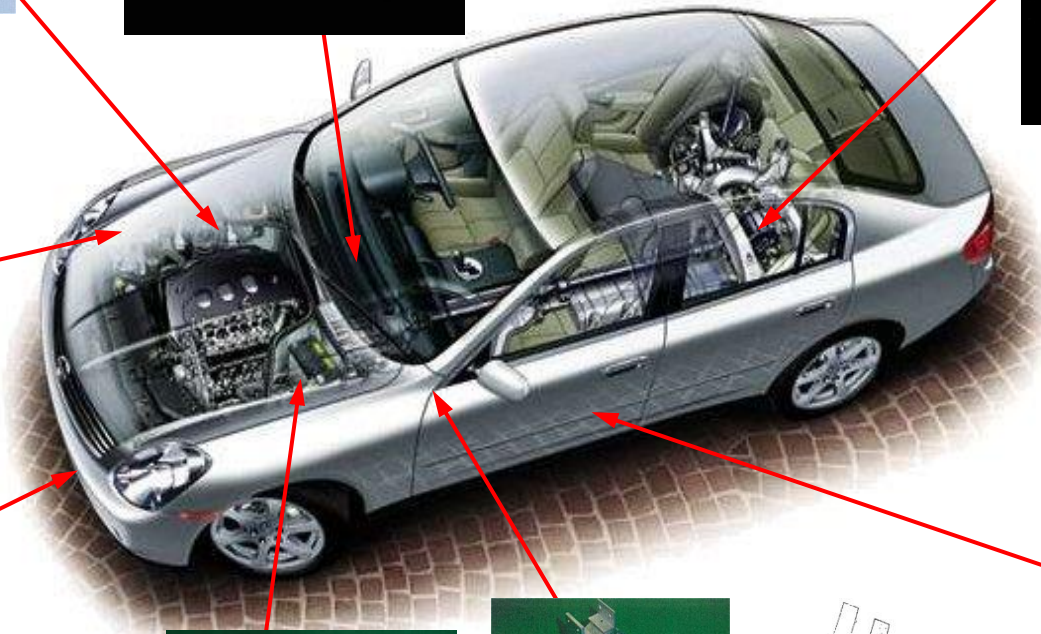
ステアリング
サポートメンバー



サブフレーム



クラッシュブル
フレーム



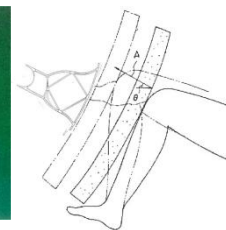
バンパーR/F、ステイ



ABSハウジング



ニーボルスター



ドアビーム

自動車バンパー用高強度7000系押出合金の開発

背景・目的(バンパー用合金の変遷)

【6000 系】

【7000 系 phase1】

→

【phase2】

1990 ----->

2000 ----->

2010 ----->

YS:230N/mm²

YS:310N/mm² ---> 350N/mm²

YS:400N/mm²

6005C-T5

Z35B-T5/T7

New7000
-T7



Bumper example

Mcr: $P_{max} * L/4$

P_{max} : Maximum Load

L: distance of Support

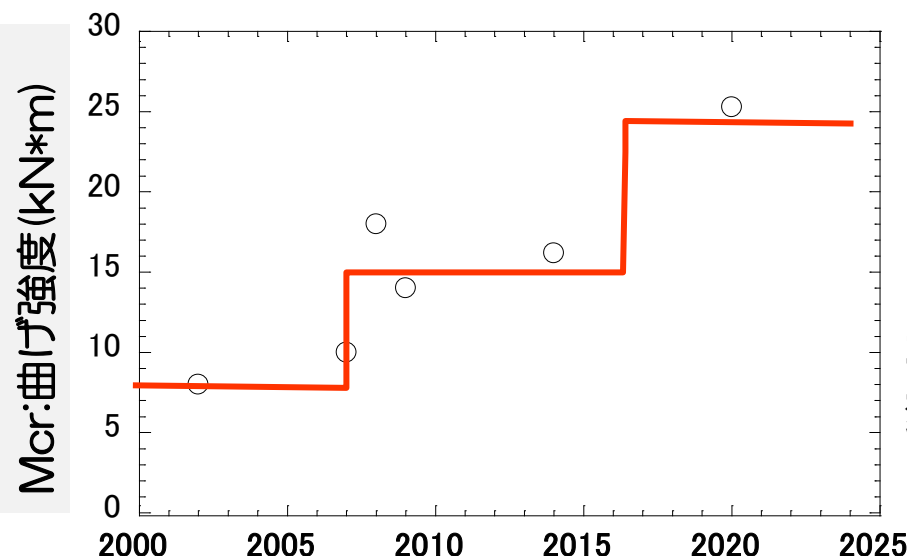


Fig.
要求曲げ強度の
変化

衝突法規/アセスメントの厳格化

ポール衝突 (8km/h)

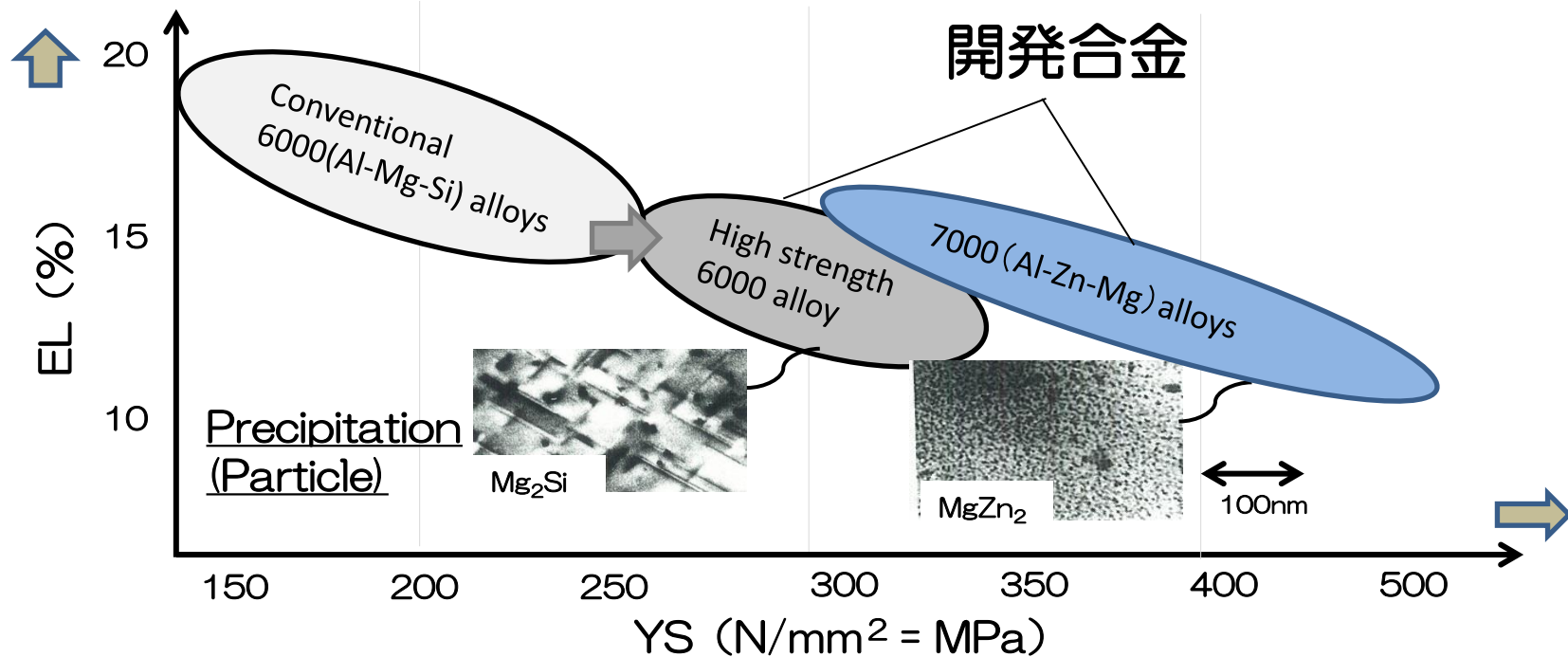
センターバリアー衝突
(10km/h)

オフセット衝突
(56km/h)

高速
衝突

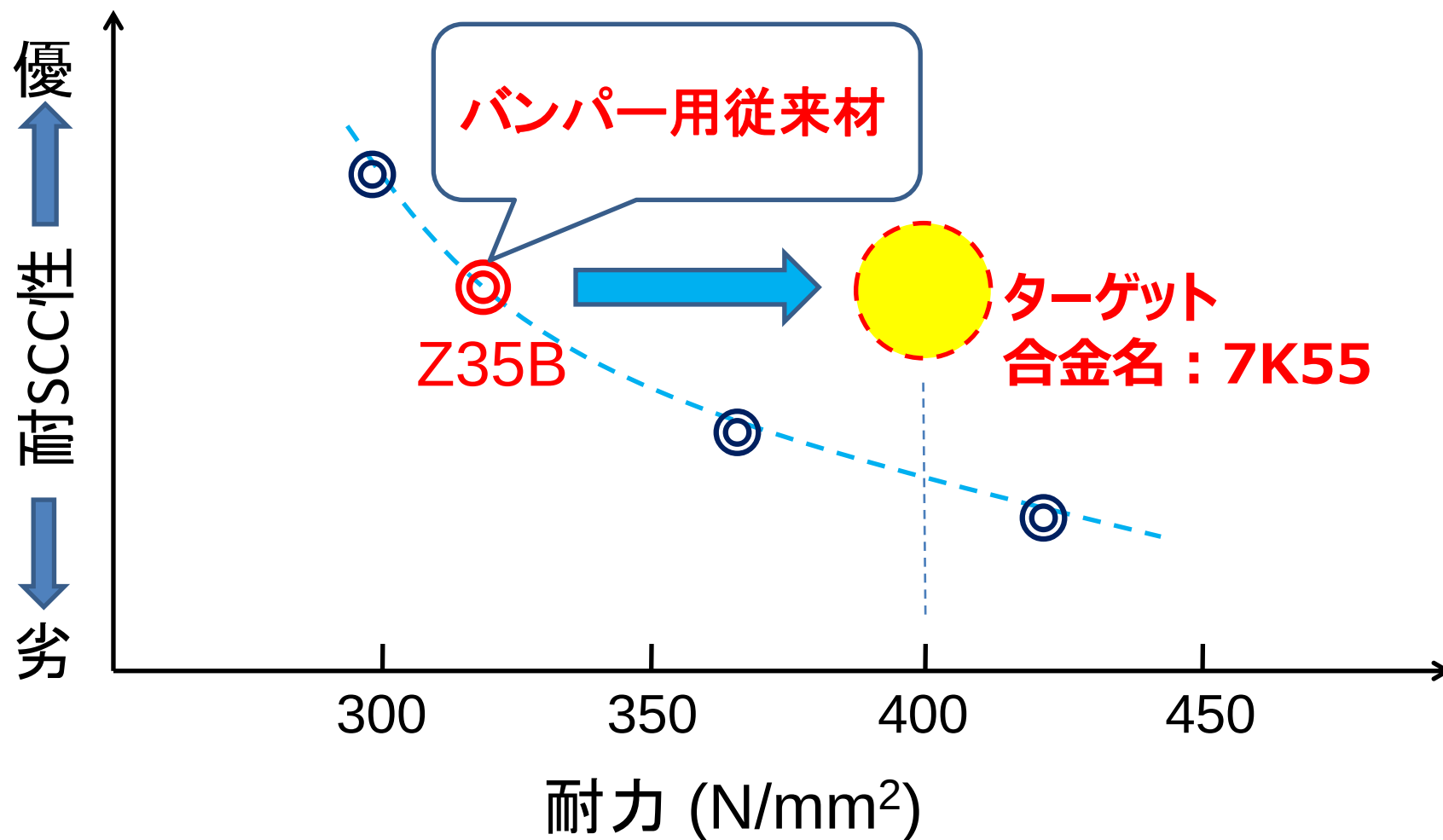
アルミ押出用合金の高強度化

(強度 vs 伸び)



➡析出物の微細化・高密度化により高強度な7000系合金を開発

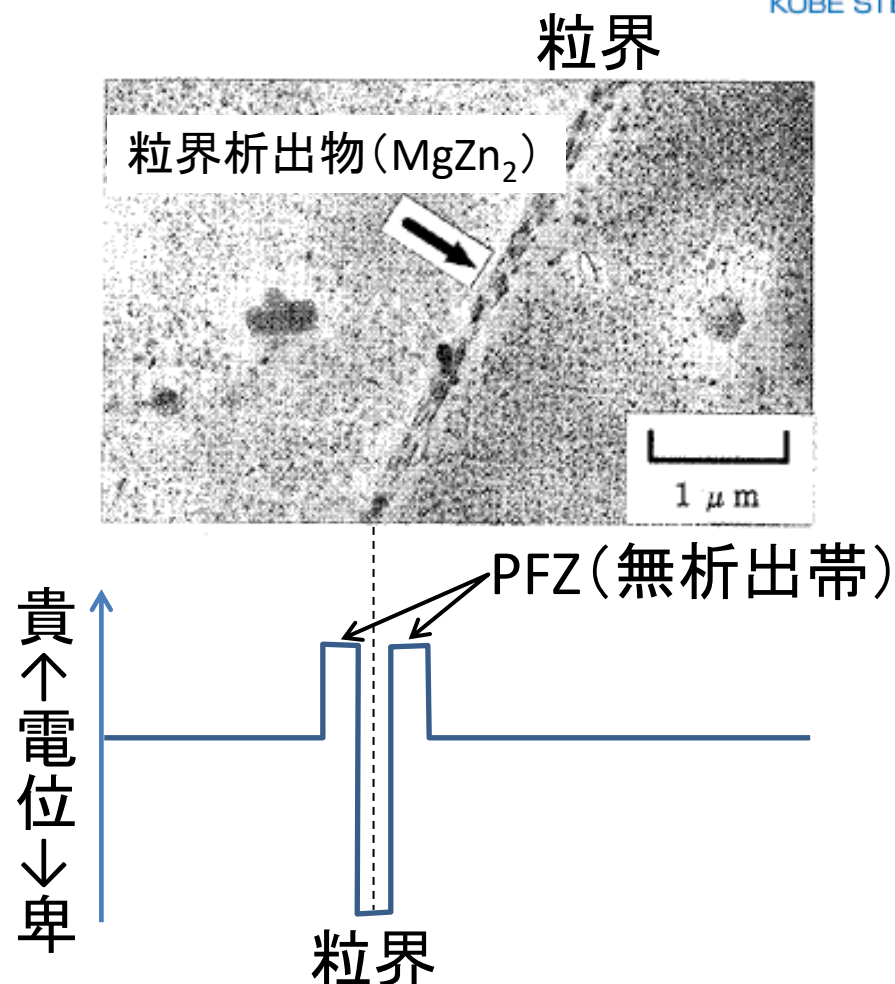
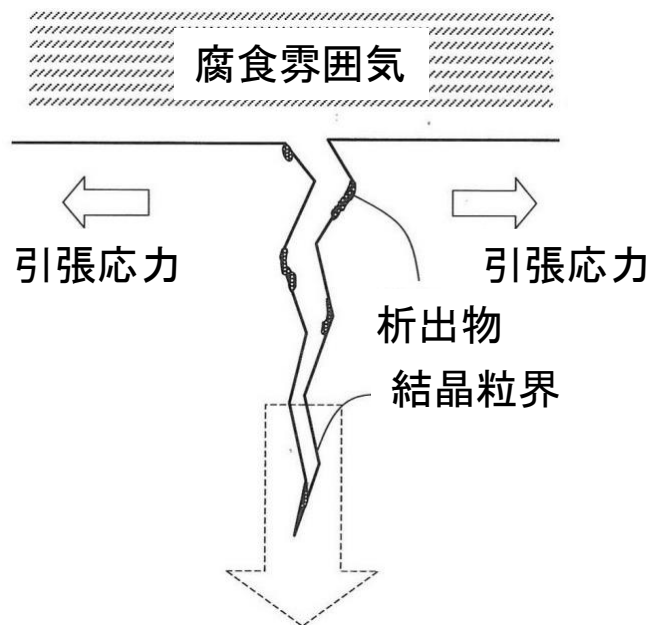
開発ターゲット



耐力400N/mm²級、耐SCC性は従来材Z35Bと同等を目標とした

11

【SCC発生メカニズム】



材料(感受性) × 腐食雰囲気 × 引張応力 ⇒ SCC発生

結晶粒界上の析出物の優先溶解によってき裂が進展

7000系押出材のSCCクラック先端の観察

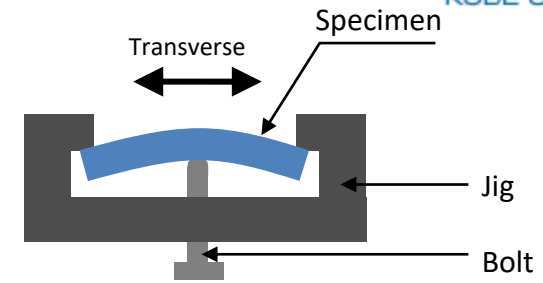
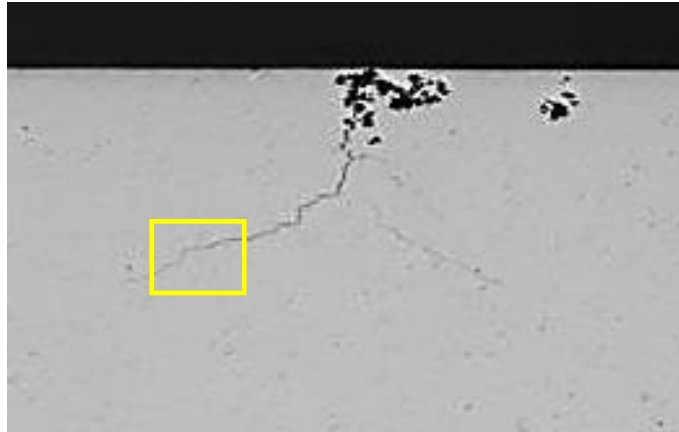
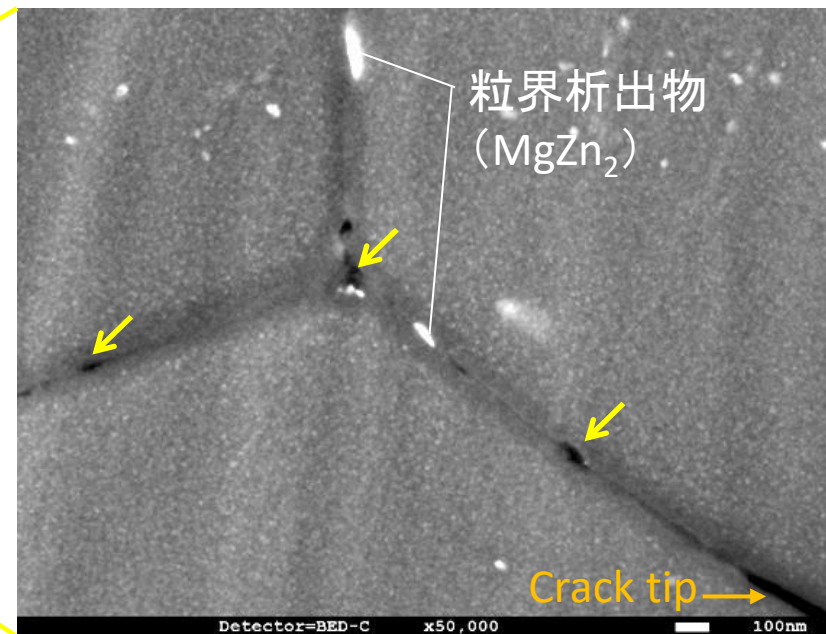
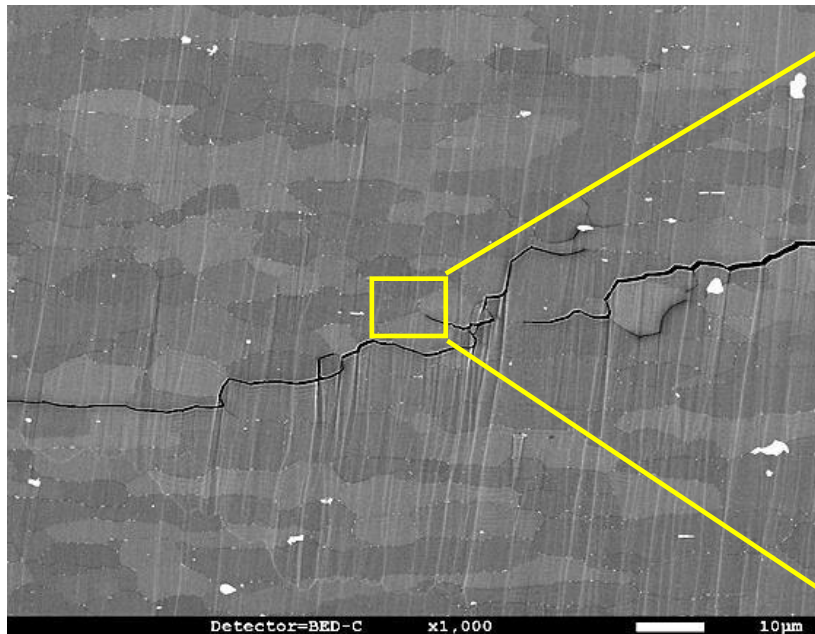


図 応力負荷模式図（3点曲げ）



粒界析出物の溶解と思われる空隙がき裂先端で見られた

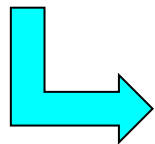
Al-Zn-Mg-(Cu) 系

特長

- 高強度 ⇒ 軽量化
- 高溶接性

開発ポイント

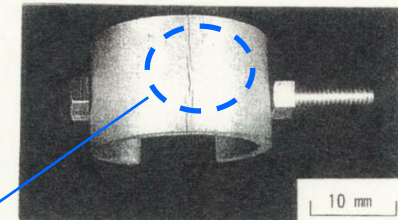
- 耐SCC性
 - 化学成分
 - 熱処理



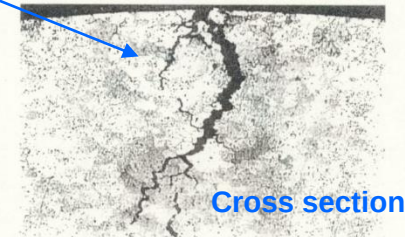
ミクロ組織制御

- 結晶粒微細化
- 粒界析出物

SCC :
Stress Corrosion Cracking



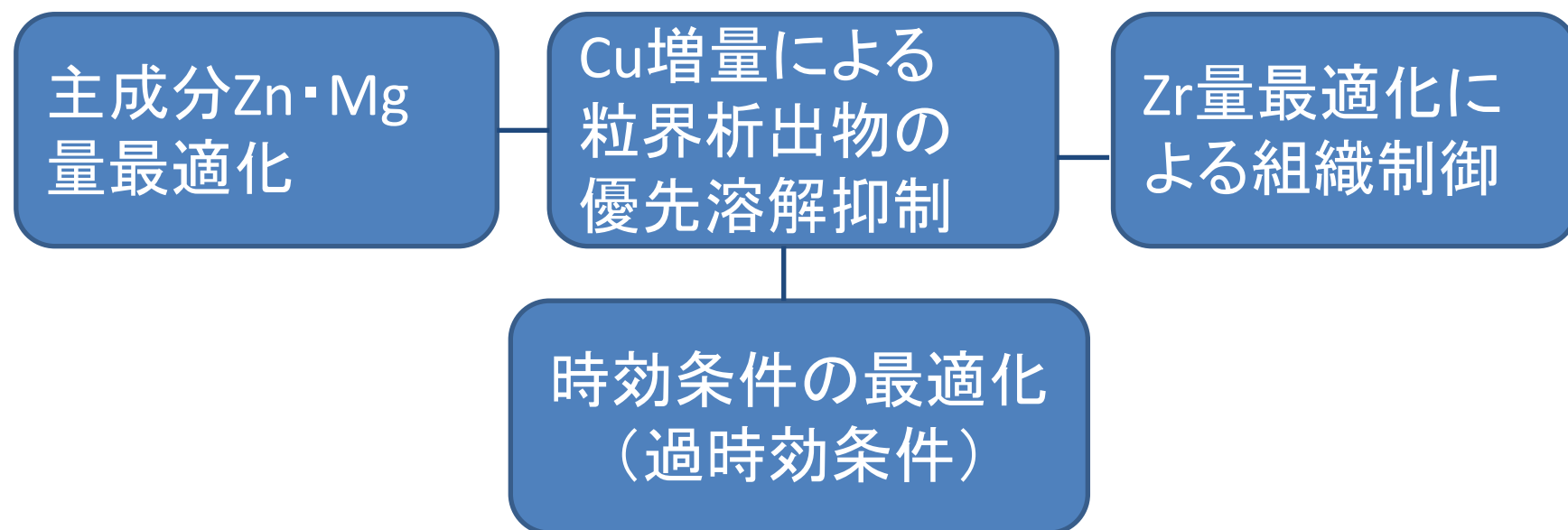
Test piece(C ring)



Microstructure
of crack

SCCき裂断面写真

『強度と耐SCC性のバランス』を図るための手段

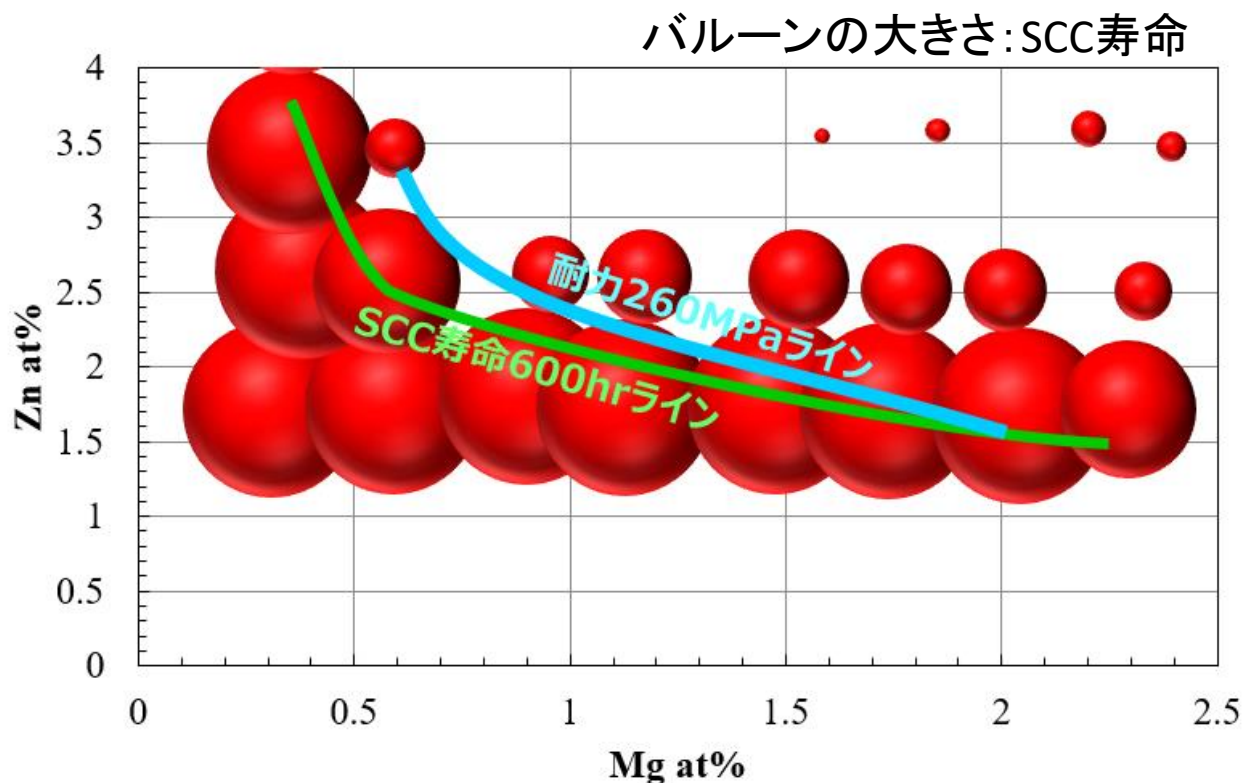


化学成分の最適化

(1) ZnおよびMg(主成分)

【従来知見】主成分(Zn、Mg)と耐SCC性の関係

- ・Zn量が少ないとSCC寿命が長い
- ・Zn/Mg比が小さいとSCC寿命が長い



参考 ; 馬場:軽金属,24(1974),227

化学成分の最適化

(1) ZnおよびMg(主成分)

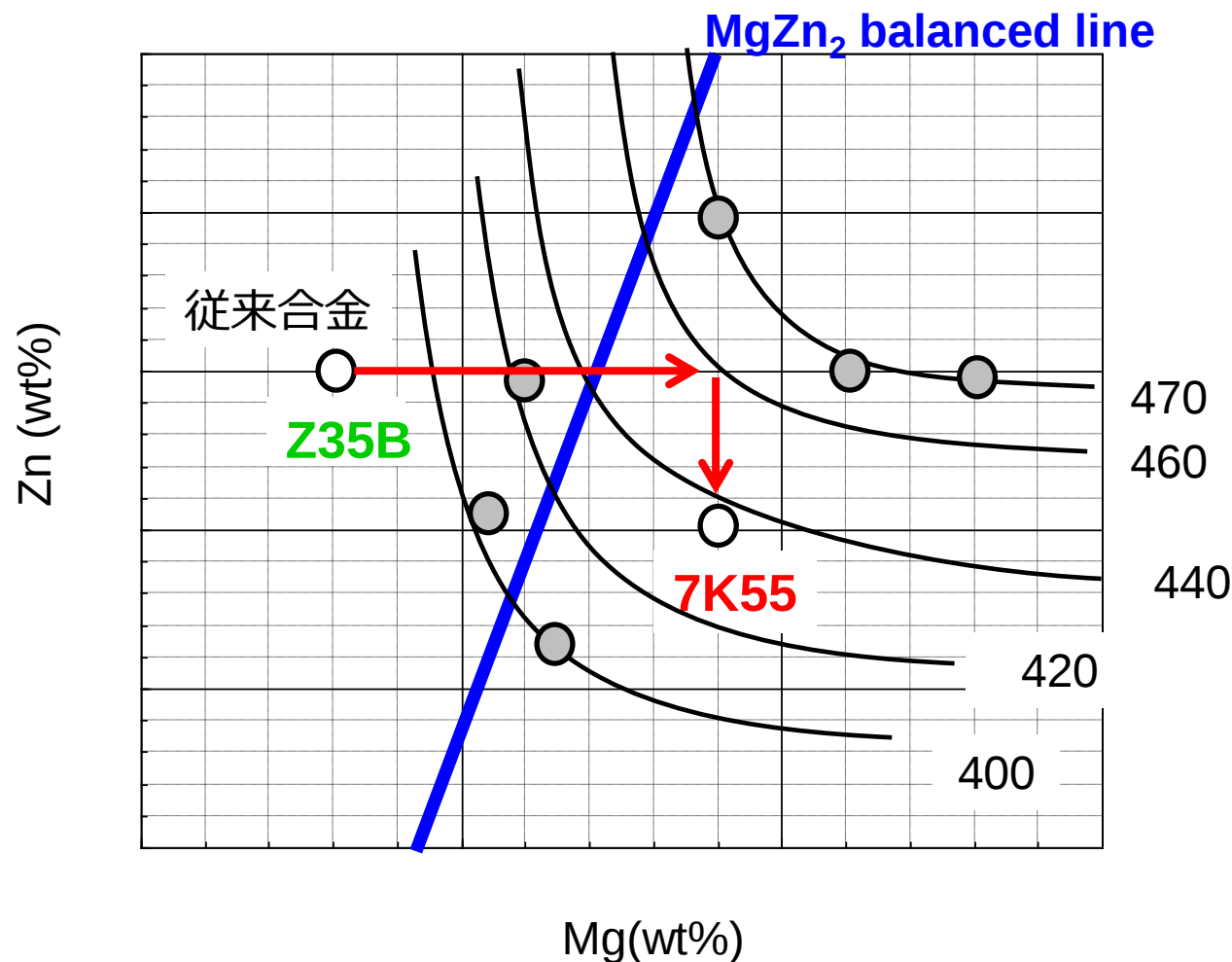


図 Zn・Mgマップと耐力の等高線

従来材Z35BからMg増量により強度UP、Zn減により耐SCC性劣化抑制

(2) Cu添加(粒界析出物溶解抑制)

【従来知見】 微量添加元素が耐SCC性に及ぼす影響

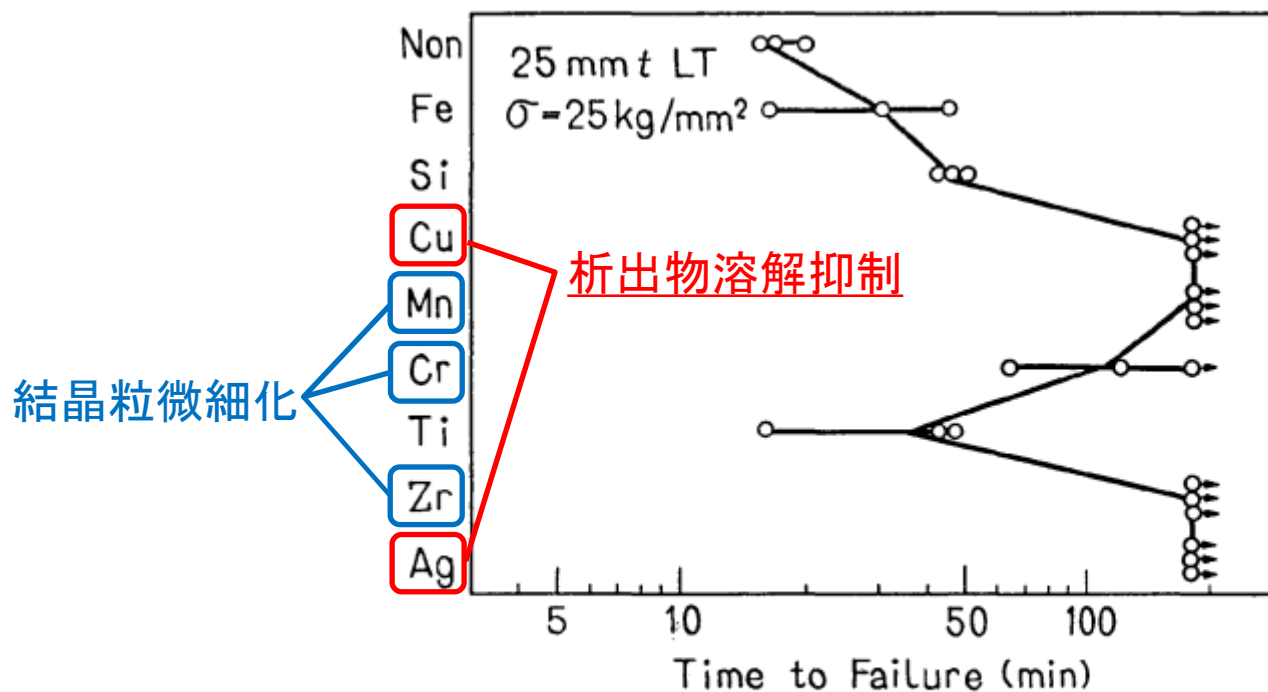


Fig. 3 Stress corrosion resistance in the LT-direction.

210

軽金属 (1973)

Al-Zn-Mg 合金の応力腐食割れ性の方向性におよぼす
微量添加元素の影響*

平松 剛毅**・筑田 昌宏**・宮木 美光**・平野 正和**

(2) Cu添加(粒界析出物溶解抑制)

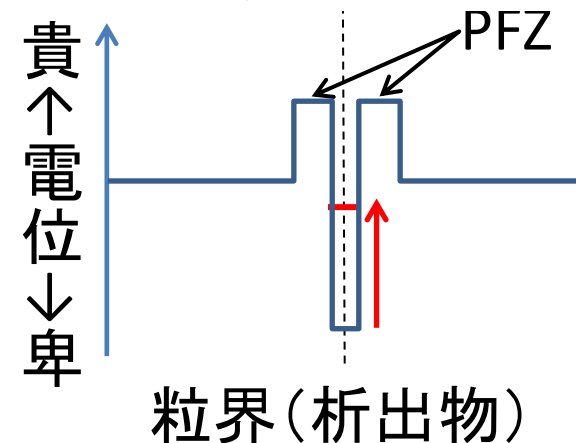
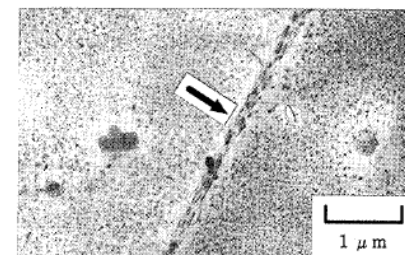
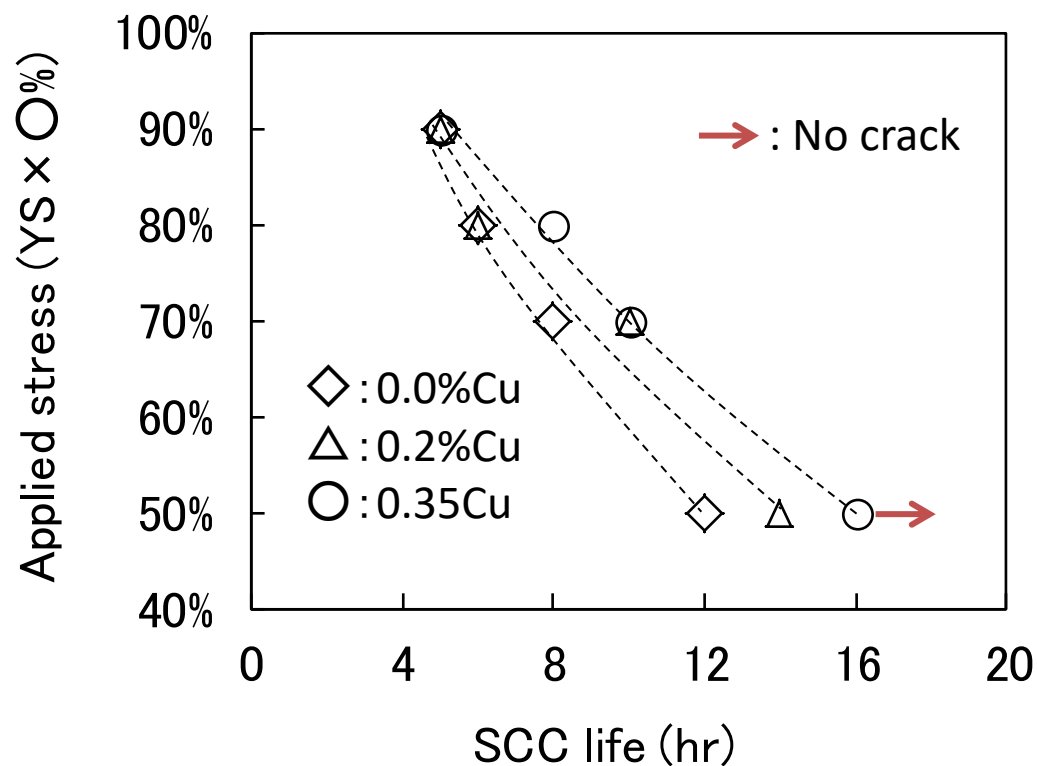
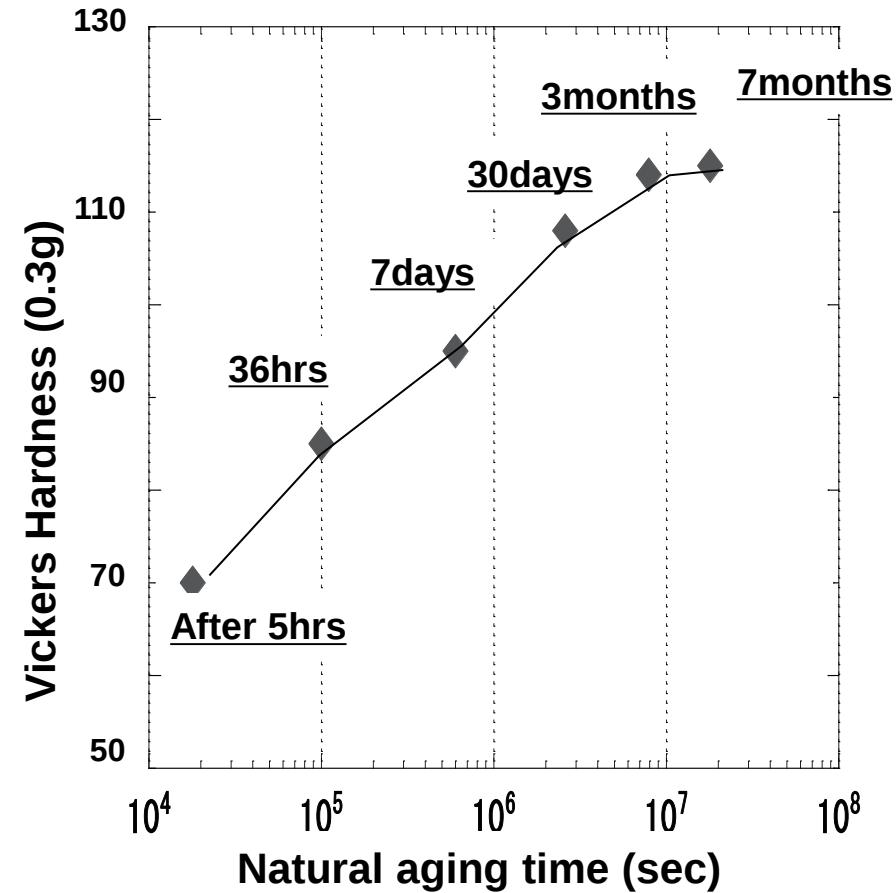
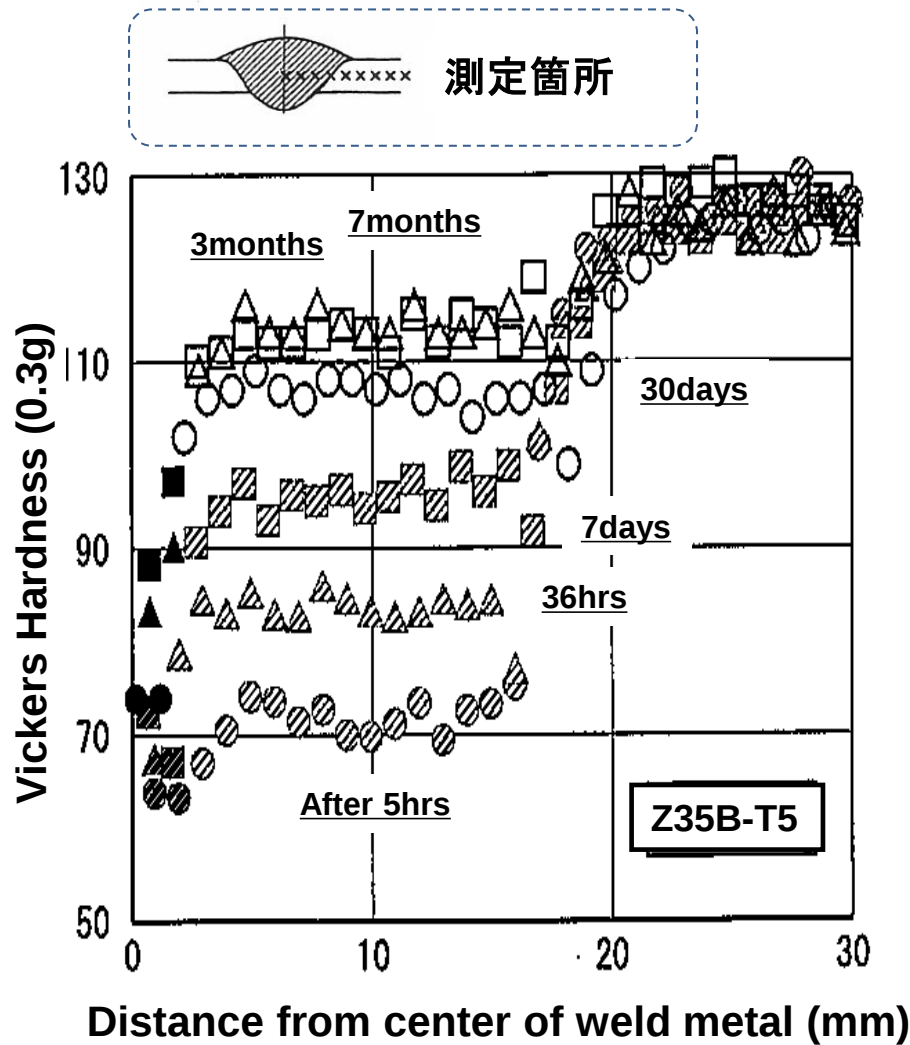


図 粒界近傍の電位模式図

図 7K55合金のCu添加量とSCC寿命(クロム酸試験)

Cu添加量増加に伴って、SCC寿命も増加

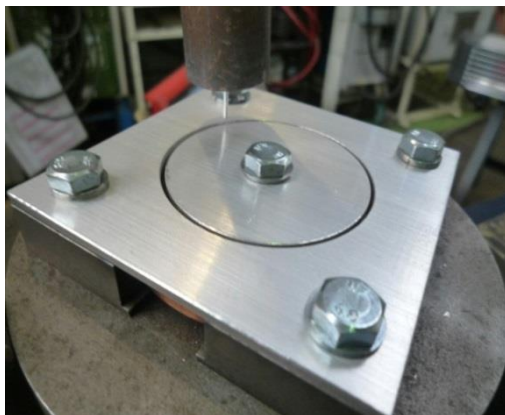
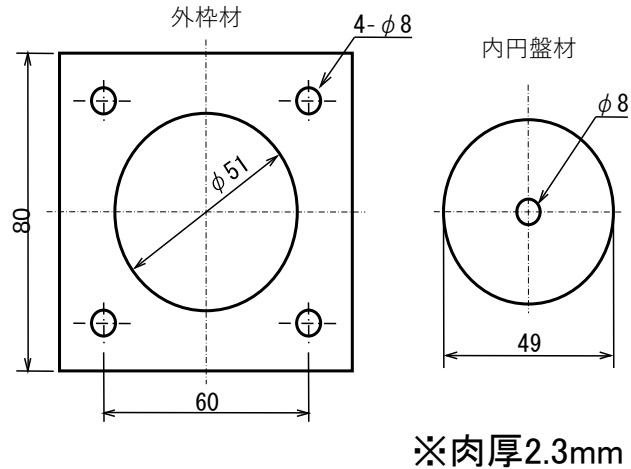
7000系合金の溶接後の強度回復



自然時効により溶接部周辺の強度が母材の80%程度まで回復する
[6000系では35%程度]

7000系合金のCu添加量と溶接割れ関係調査 リング形試験(パッチテスト)

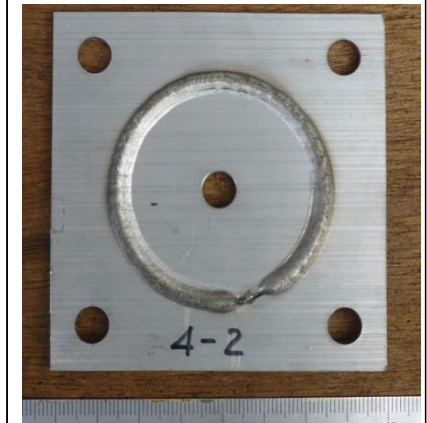
試験方法



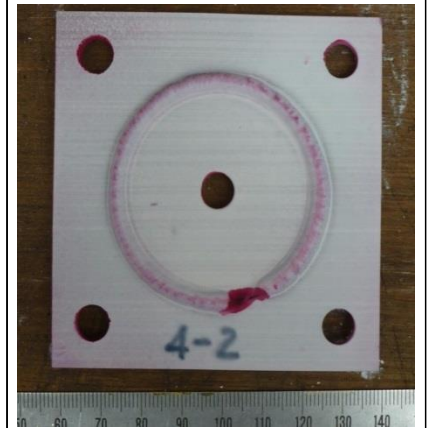
表ビード

裏ビード

0.4Cu材
溶接後
外観

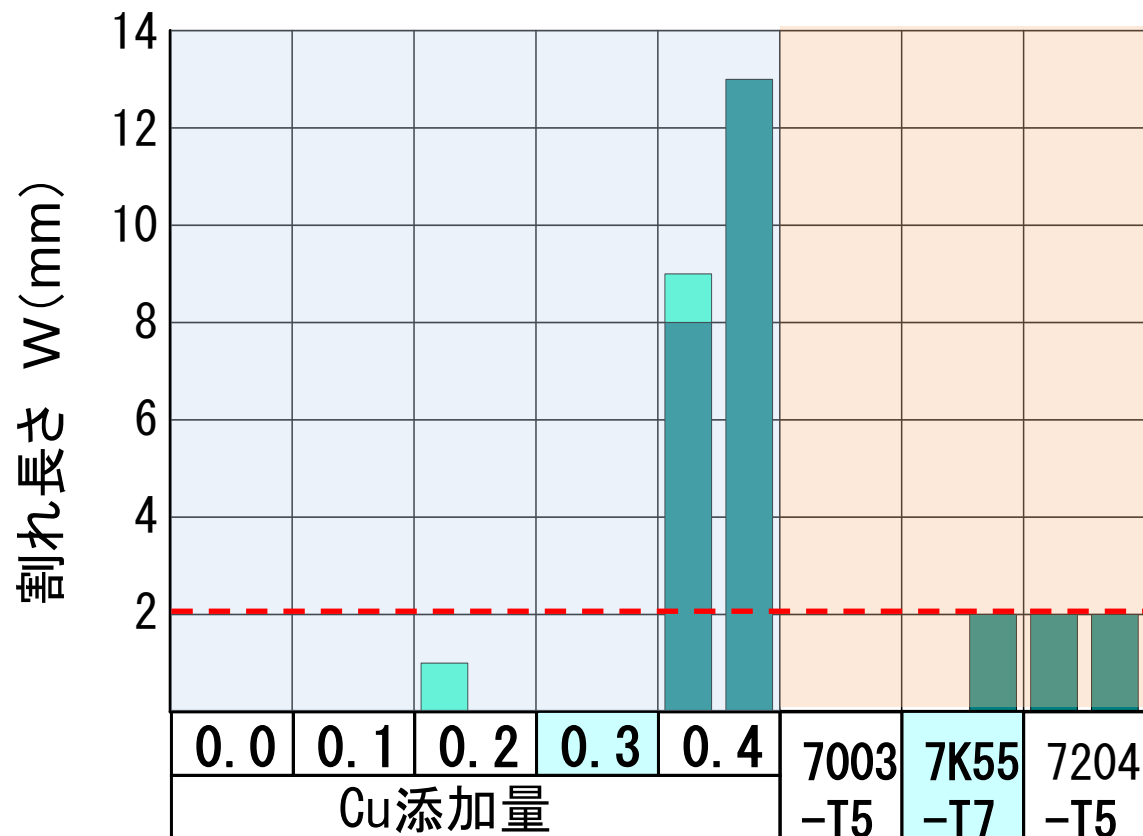


0.4Cu材
浸透探傷
試験後



Cu添加量と溶接割れの確認

リング形試験(パッチテスト)結果



■ 表デポ割れ
■ 裏デポ割れ



$$W(\text{mm}) = W1 + W2 + \dots$$

Cu添加量0.4%から溶接性が劣化
⇒Cu添加量の最適化

(3) Zr添加(結晶粒微細化)

【従来知見】 微量添加元素が耐SCC性に及ぼす影響

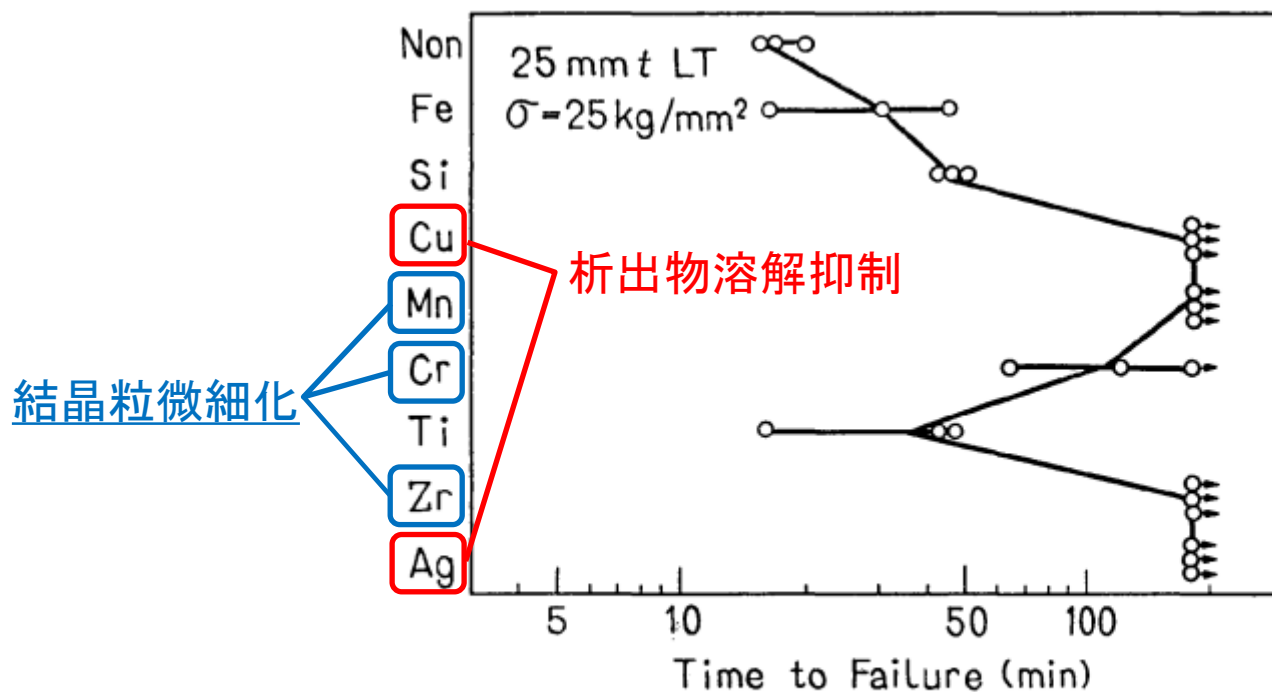


Fig. 3 Stress corrosion resistance in the LT-direction.

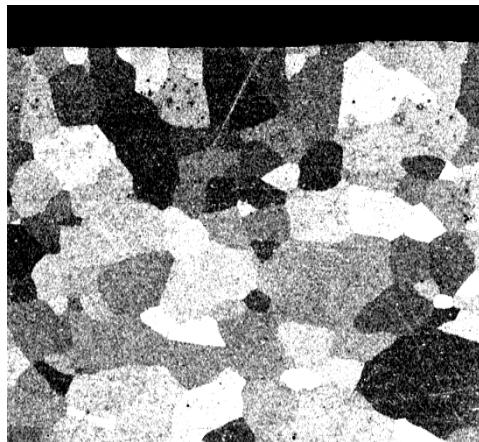
210

軽金属 (1973)

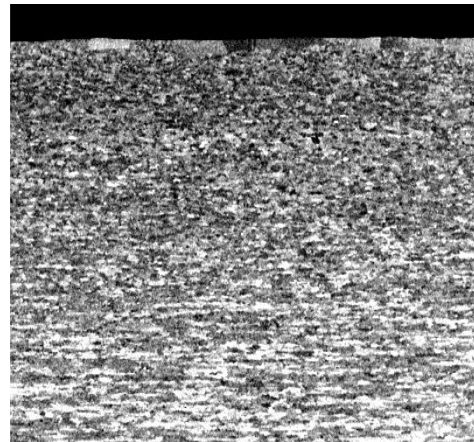
Al-Zn-Mg 合金の応力腐食割れ性の方向性におよぼす
微量添加元素の影響*

平松 剛毅**・筑田 昌宏**・宮木 美光**・平野 正和**

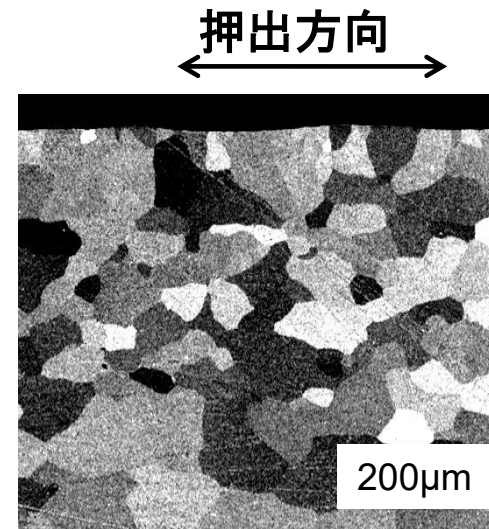
押出材のミクロ組織



Base

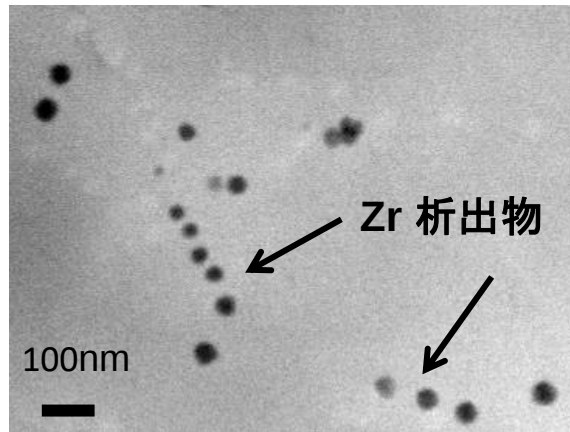


+0.2Zr

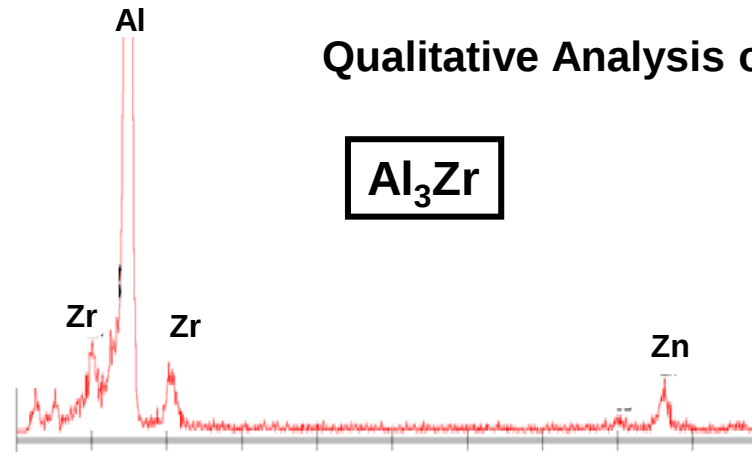


+0.35Mn

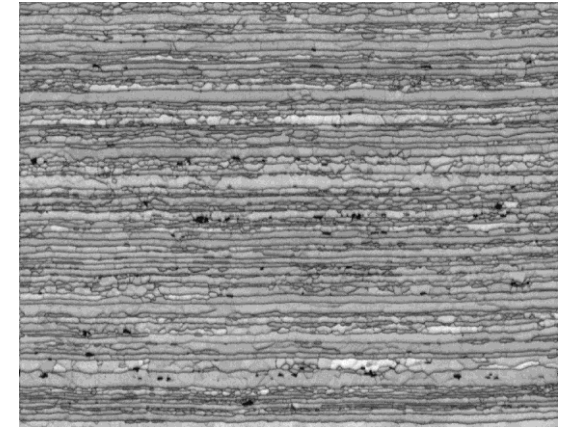
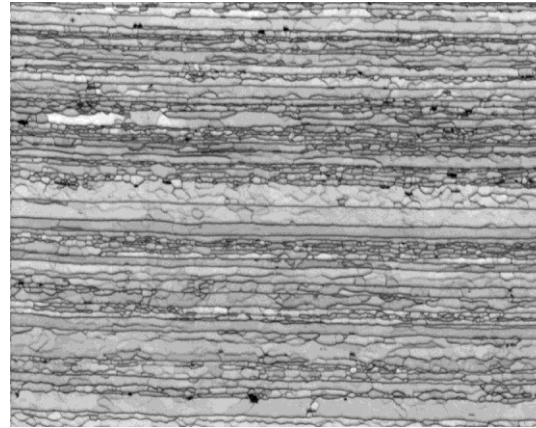
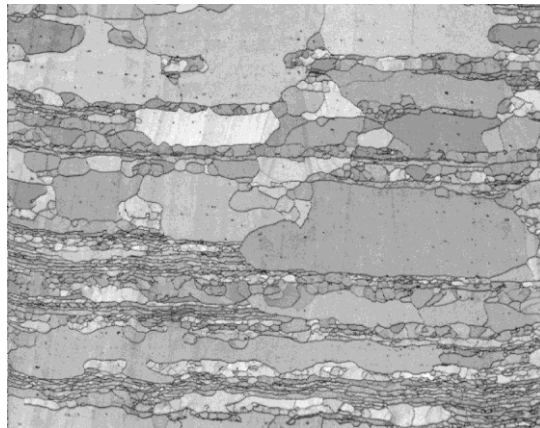
Zr添加がMn添加よりも結晶粒微細化効果が高い



Qualitative Analysis of particle



押出方向

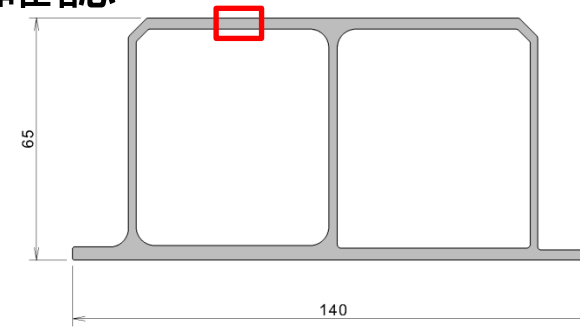


+0.08%Zr → +0.14%Zr → +0.22%Zr

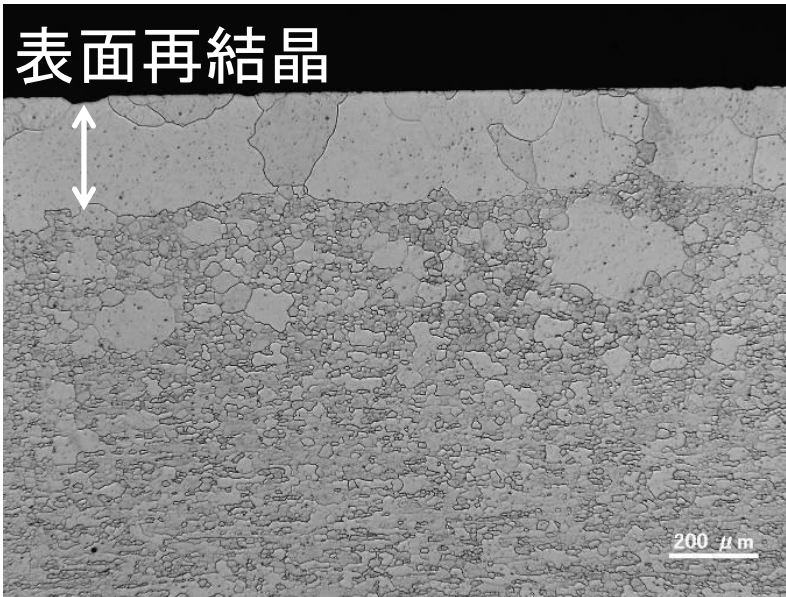
50μm

Zr添加量の増加に伴い、結晶粒が微細化（繊維状化）し耐SCC性も向上

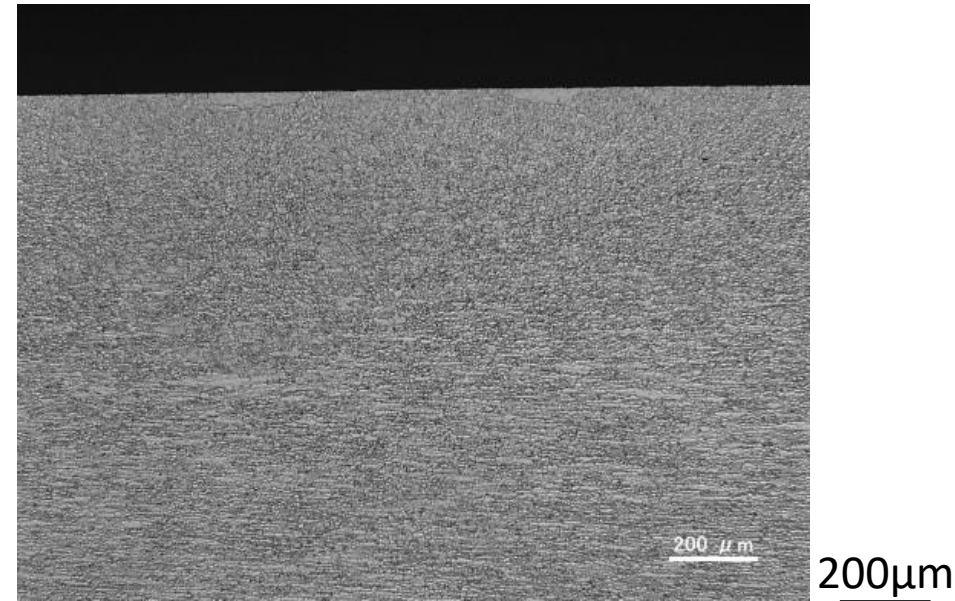
量産試作(バンパー)でのマイクロ組織確認



マイクロ観察部位



(a) Zr添加量 0.12%



(b) Zr添加量 0.14%

Zr下限材でのバンパー量産試作で組織微細化効果を確認

焼入れ性に及ぼす微量元素の影響

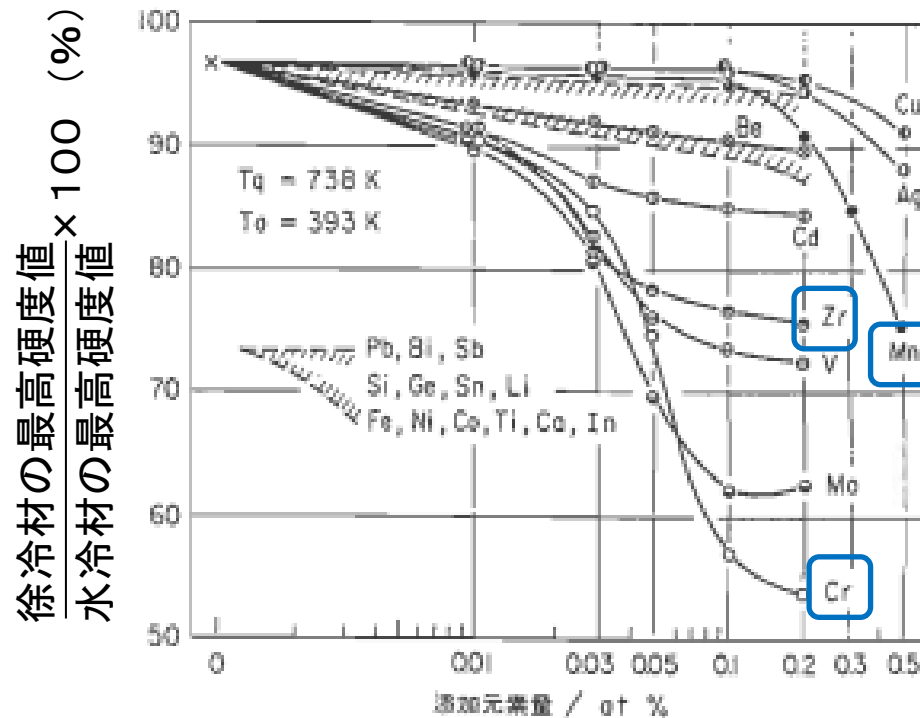


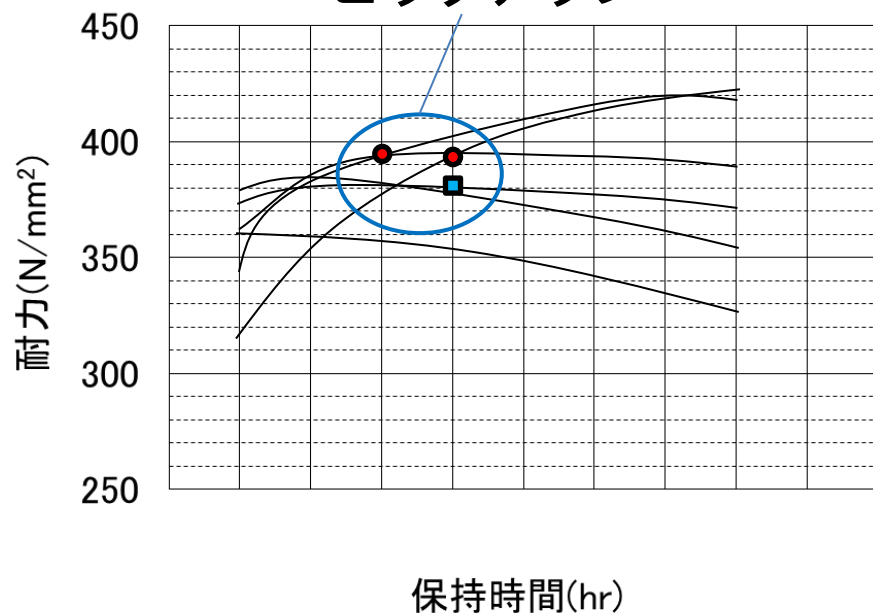
図5 Al-6%Zn-1.8%Mg合金の焼入れ性におよぼす微量添加元素の影響

Y. Baba: Trans-JIM, 7 (1996), 224

Zrは焼き入れ性に及ぼす影響が比較的小さい

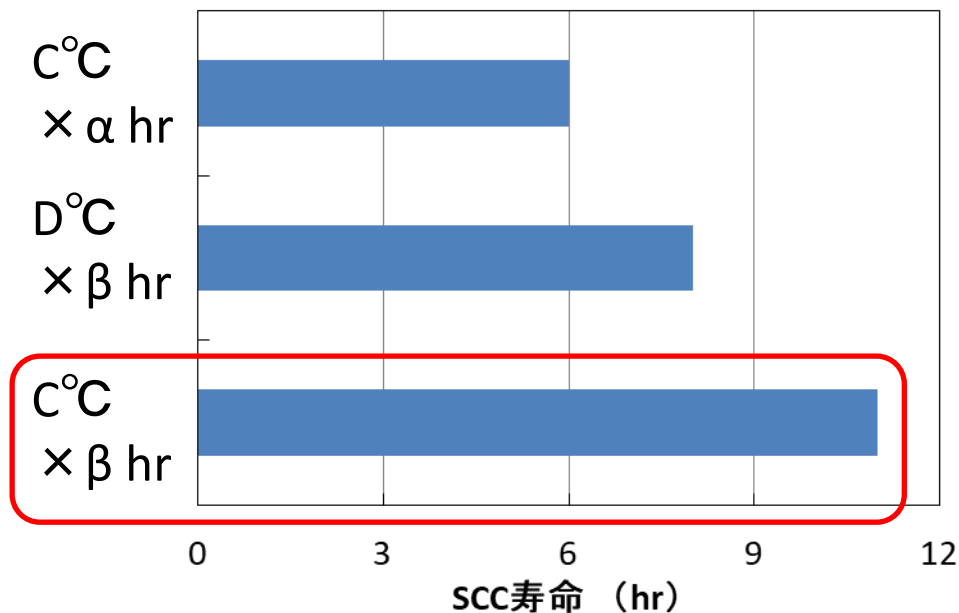
(4) 時効条件の最適化

過時効条件を
ピックアップ



7K55合金時効カーブ

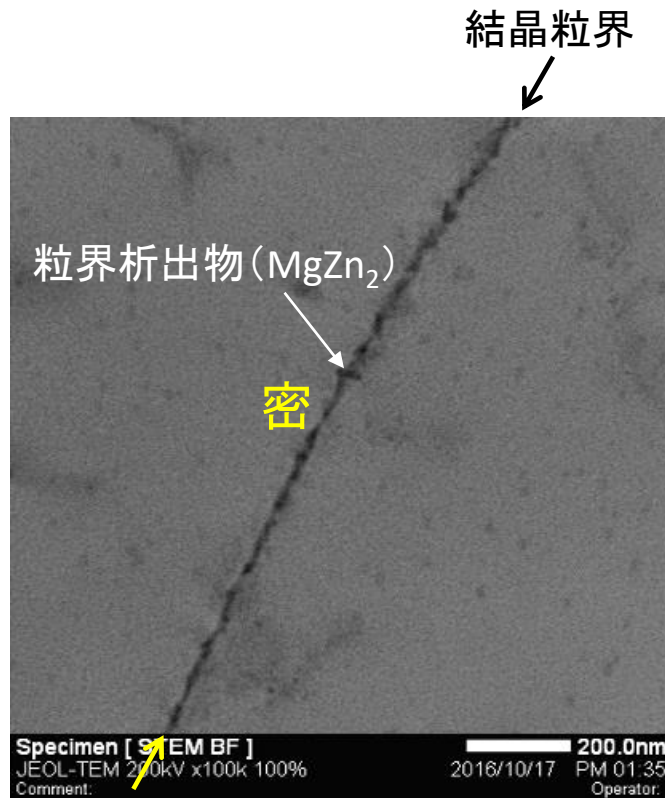
LT方向
負荷応力: YS × 95%



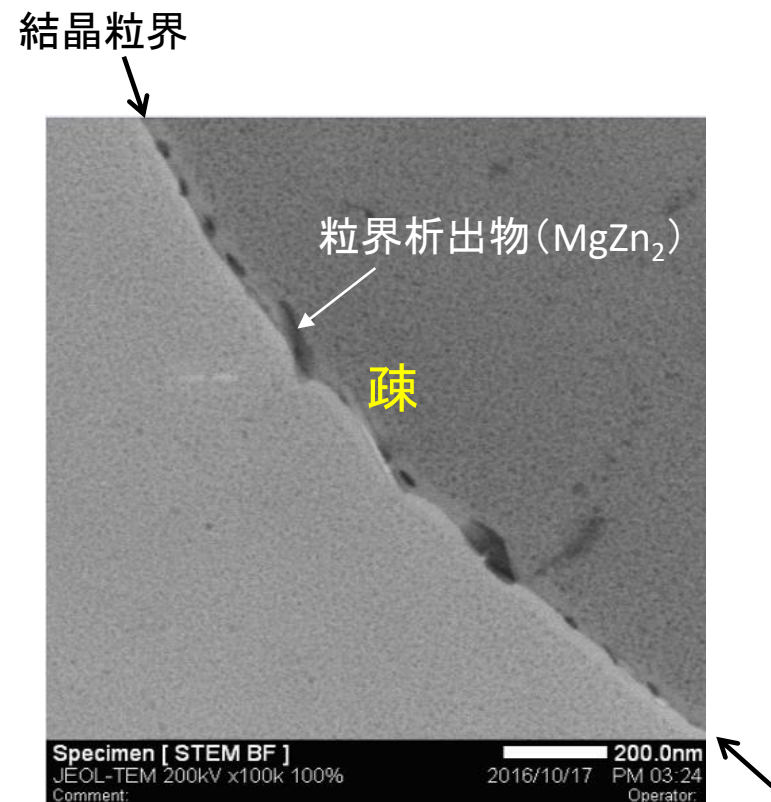
クロム酸SCC試験結果

耐SCC性と強度がバランスする時効条件を決定

粒界析出物の分布状態と耐SCC性



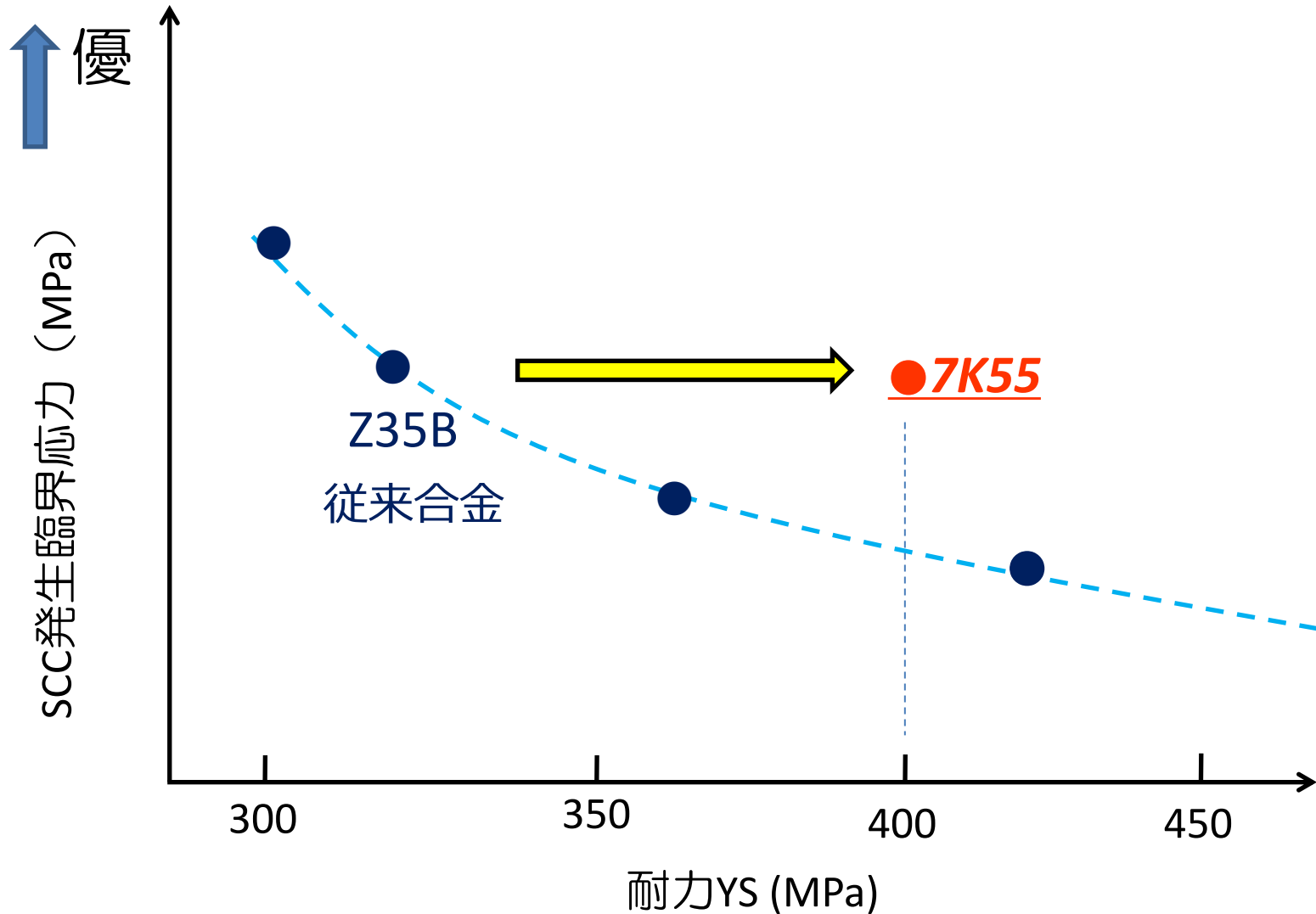
(a) ピーク時効



(b) 過時効

- ・密に粒界析出物が並んでいるピーク時効に対し、過時効は粒子間があいて疎になる。
- ・粒界析出物が溶解してもき裂が繋がりにくく、き裂進展が遅れる。

従来バンパー用7000系合金との性能比較



従来材Z35Bの耐SCC性を維持しつつ高強度化を図った

耐SCC性に優れる自動車（バンパー）用高強度7000系押出合金の開発を行いました。

- 主成分Zn、Mgの高濃度化（最適範囲）により高強度化（但し、耐SCC性劣化を最小限に抑制）
- Cu微量添加による粒界の優先溶解抑制、Zr添加による結晶粒微細化により耐SCC性改善
- 目標強度および耐SCC性が得られる人工時効条件(T7)の最適化

7K55合金製バンパーは現在量産中の自動車にご採用頂いており、車体軽量化による燃費向上を通して環境負荷の低減および衝突安全性向上に貢献しております。