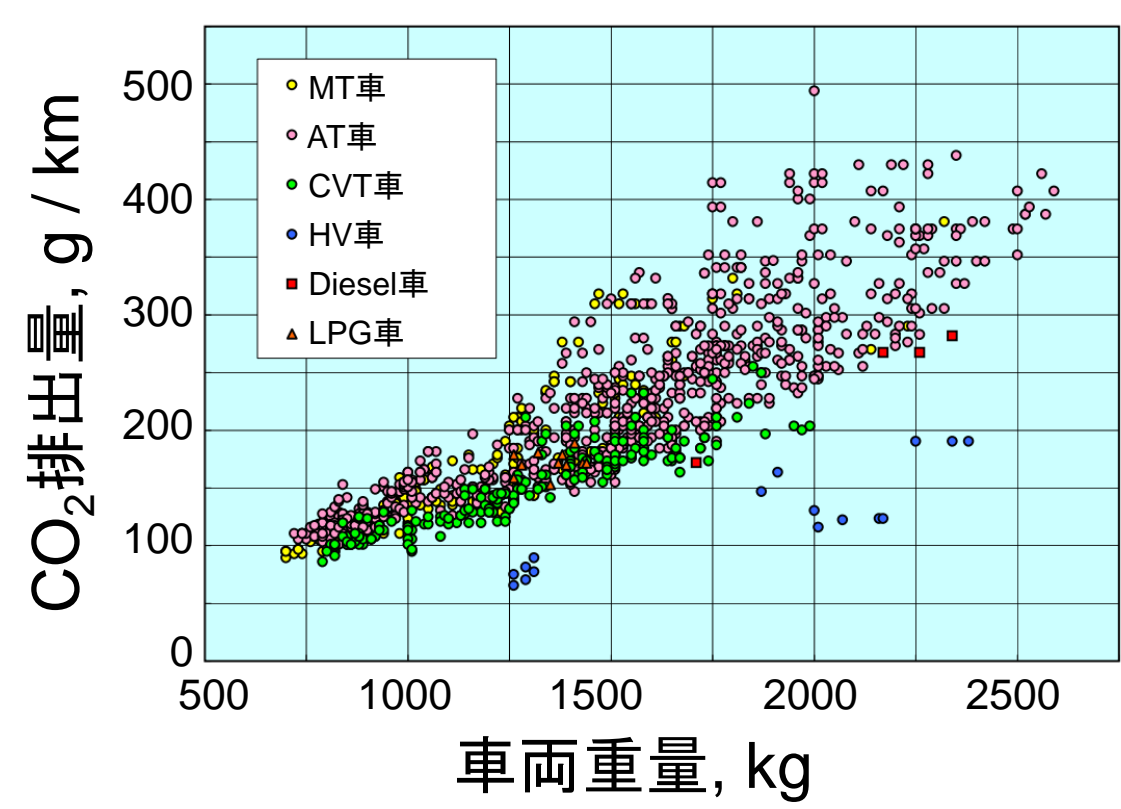


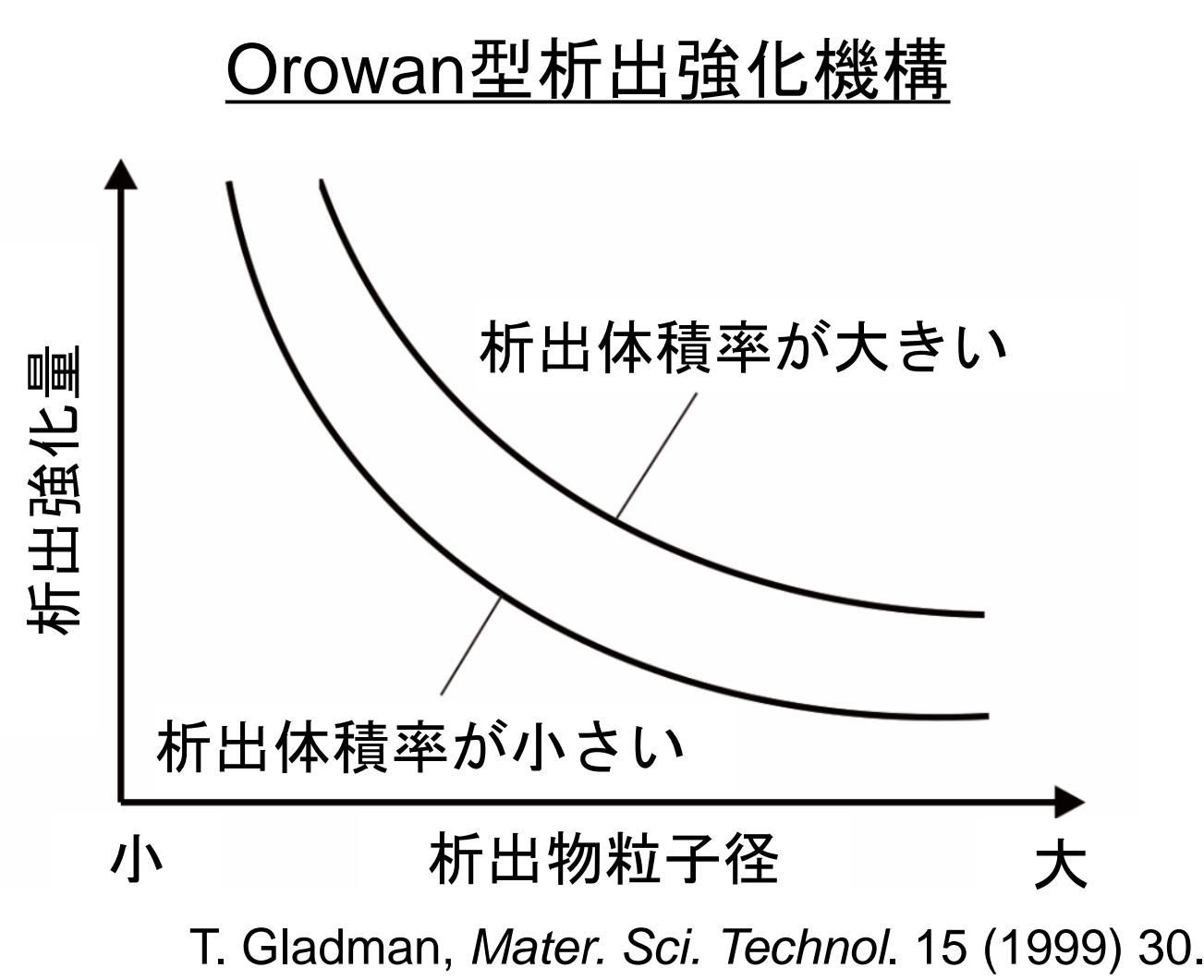


本研究は、東北大学金属材料研究所の古原忠教授、宮本吾郎准教授のご指導のもとに遂行され、ここに深く感謝申し上げます。

研究背景

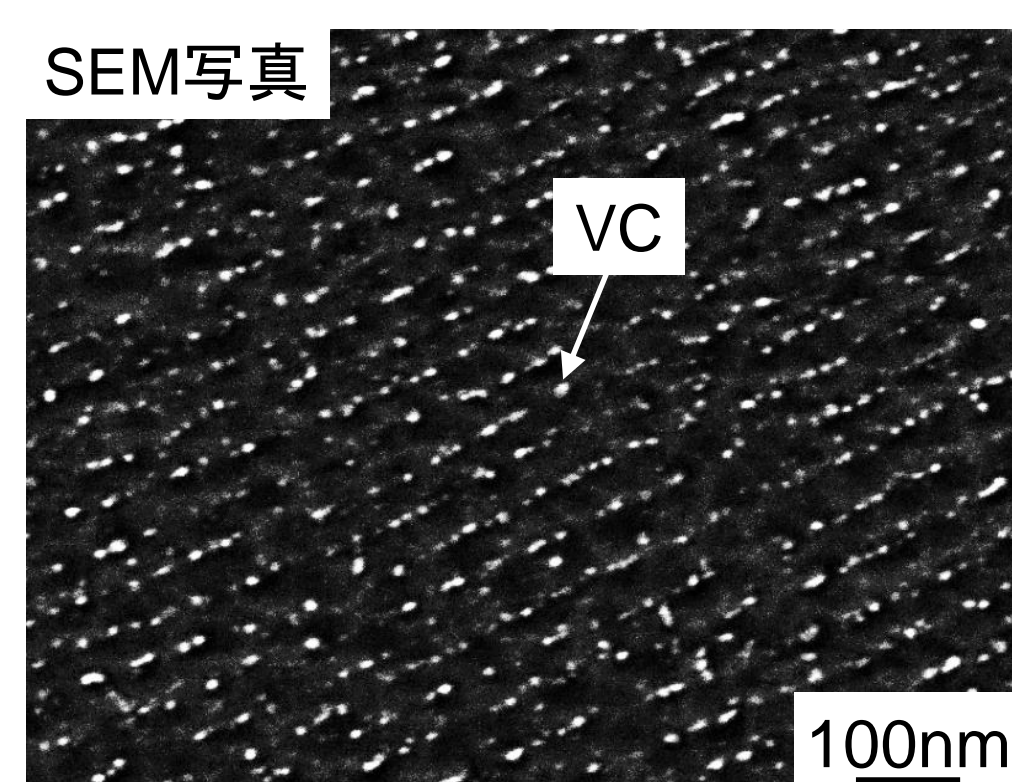


第二相析出物粒子の微細化による鉄鋼材料の高強度化は、自動車の燃費改善と衝突安全性の両立に非常に有効である。

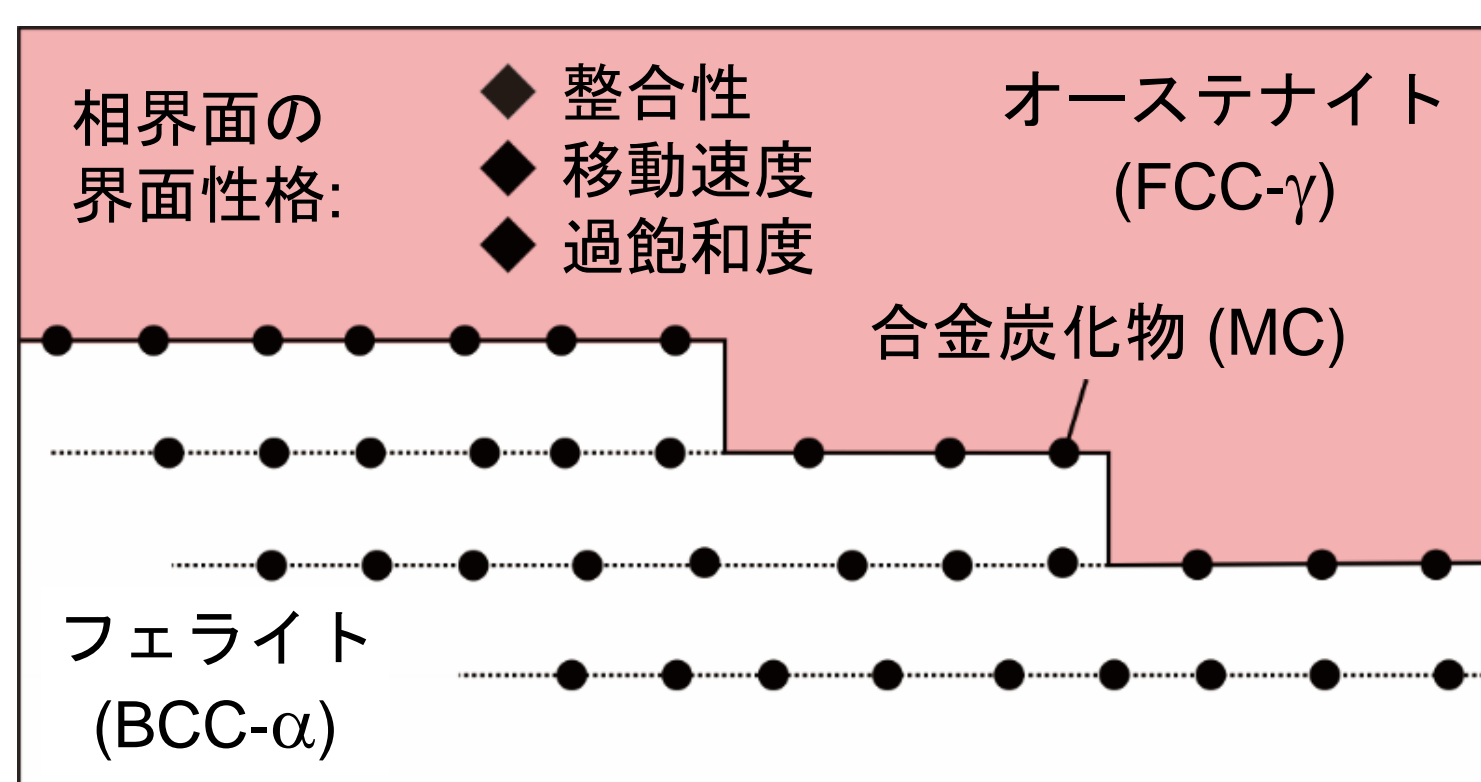


相界面析出とは

V添加鋼における平行な点列状分散



相界面析出合金炭化物分布の影響因子



研究目的

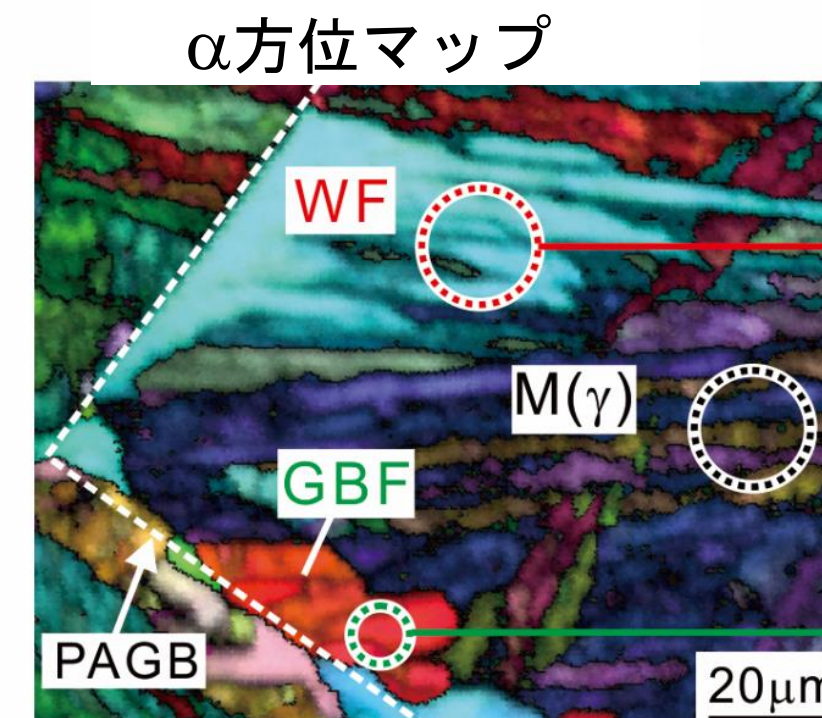
様々な先端解析技術を組み合わせることで、低炭素鋼における相界面析出ナノ合金炭化物の分布およびその強化におよぼす諸因子の影響を解明する。

実験方法

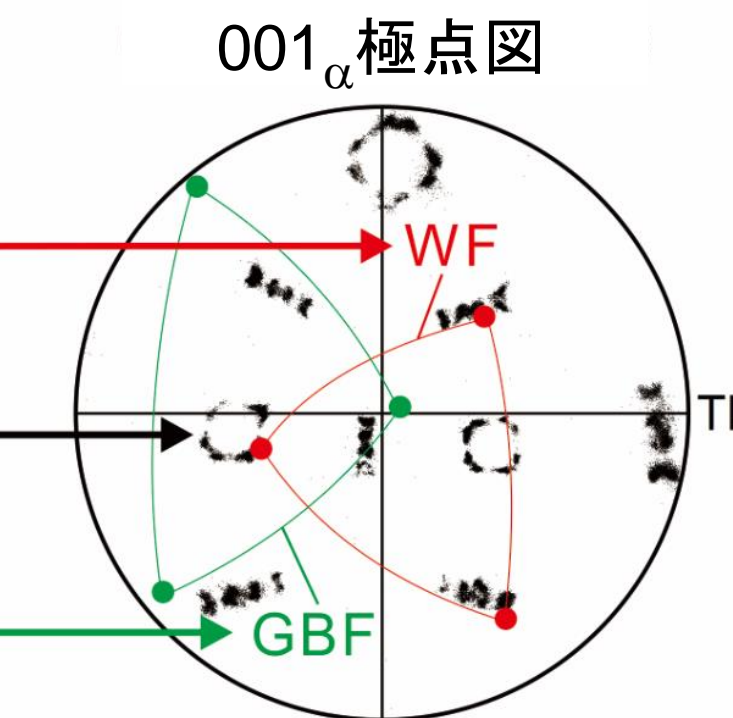
- 供試材 Fe-0.1C-1.5Mn (mass%) ベース + 各V, Nb, Ti添加材 + 高C, 低Mn, 高Si材
- 熱処理
 - γ溶体化処理
 - γ中VCの固溶温度
 - A_{e3} 993K
 - 60s
 - 873K
 - 水焼入れ
- 組織解析
 - 光学顕微鏡 (OM)
 - 電子線後方散乱回折 (EBSD)
 - 三次元アトムプローブ (3DAP)
- 特性評価
 - ビッカース硬度測定
 - ナノインデンテーション

局所的な組織・特性の解析手法

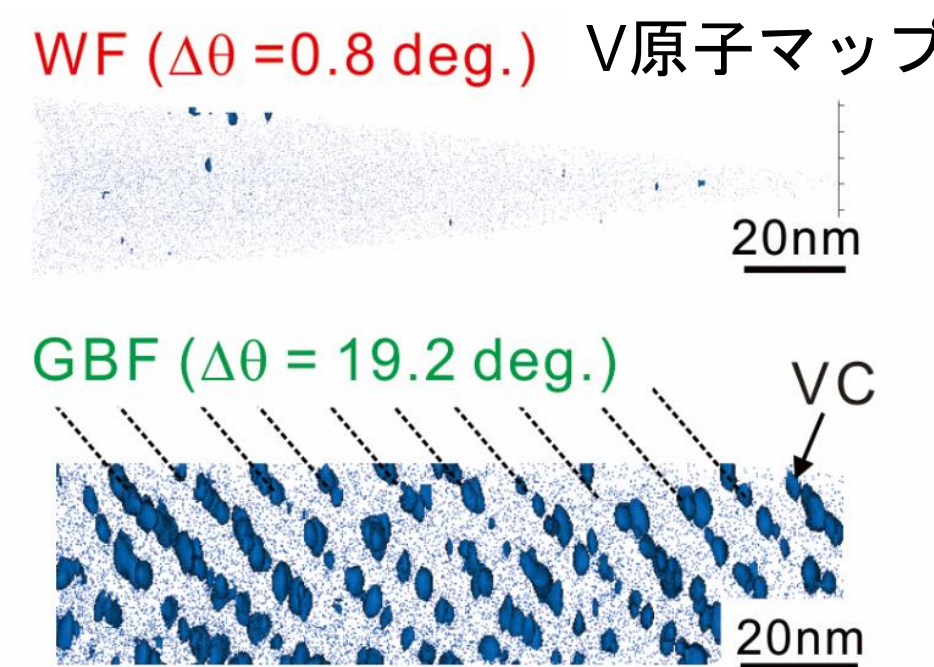
① α/γ結晶方位関係(OR)のEBSD解析



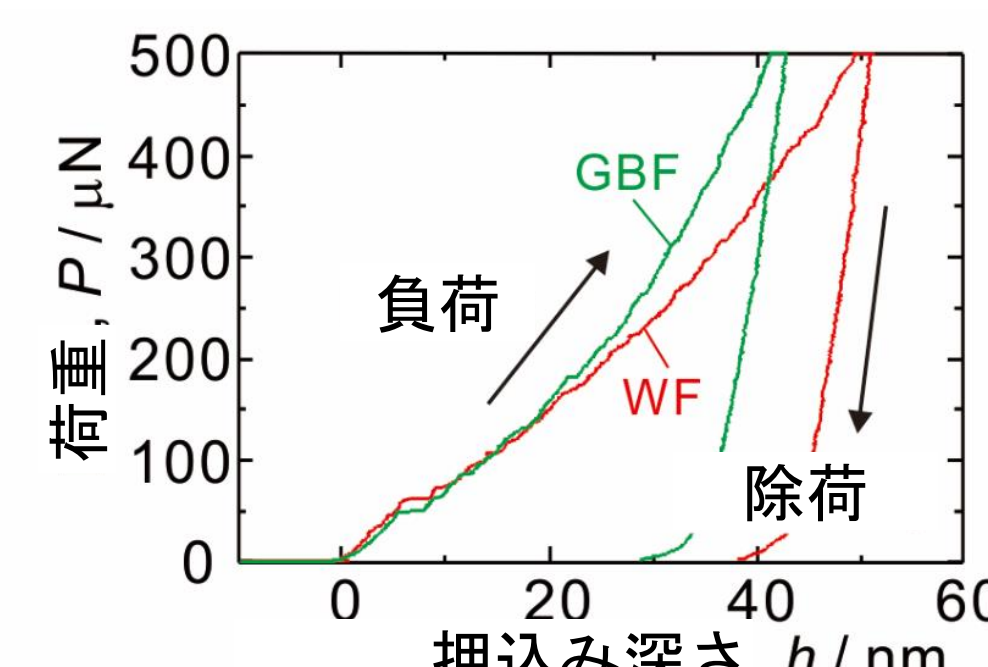
WF: ウィドマンシュテッテンα
GBF: 粒界アロトリオモルフα
PAGB: 旧γ粒界
M(γ): マルテンサイト
Δθ: 最密面・最密方向平行なK-S関係からのずれ角



② 合金炭化物分布の3DAP解析

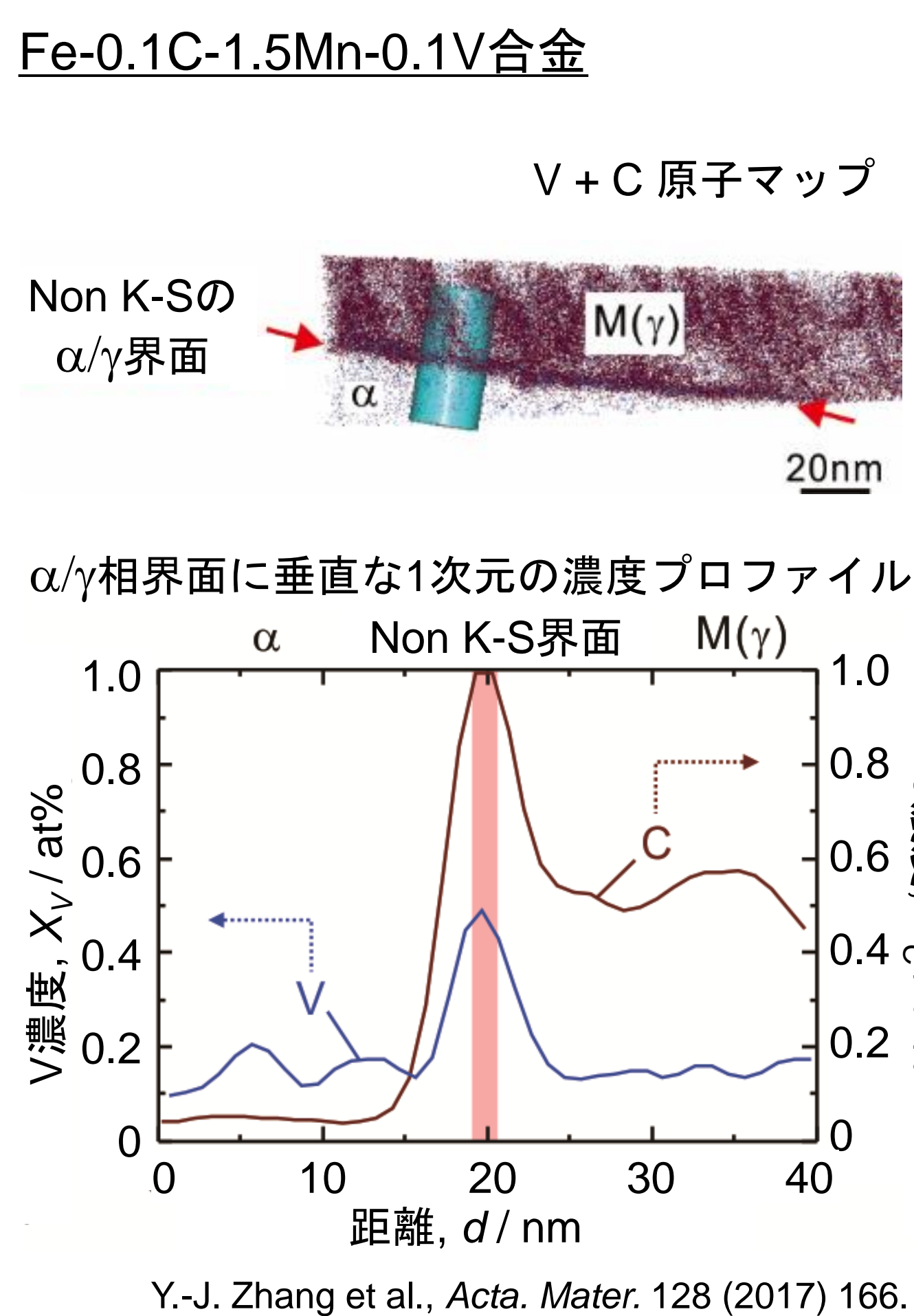
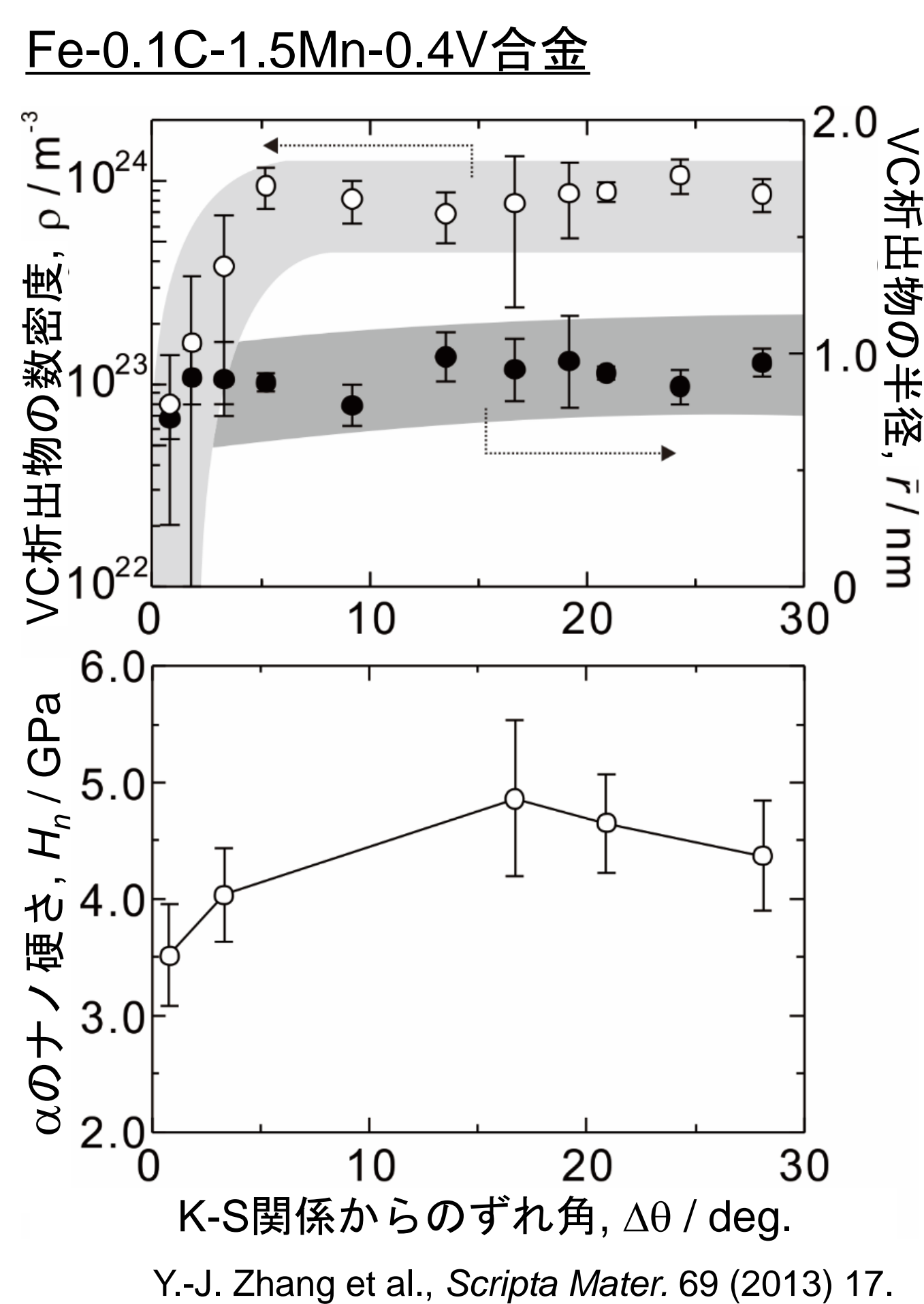


③ 局所的力学特性のナノインデンテーション測定



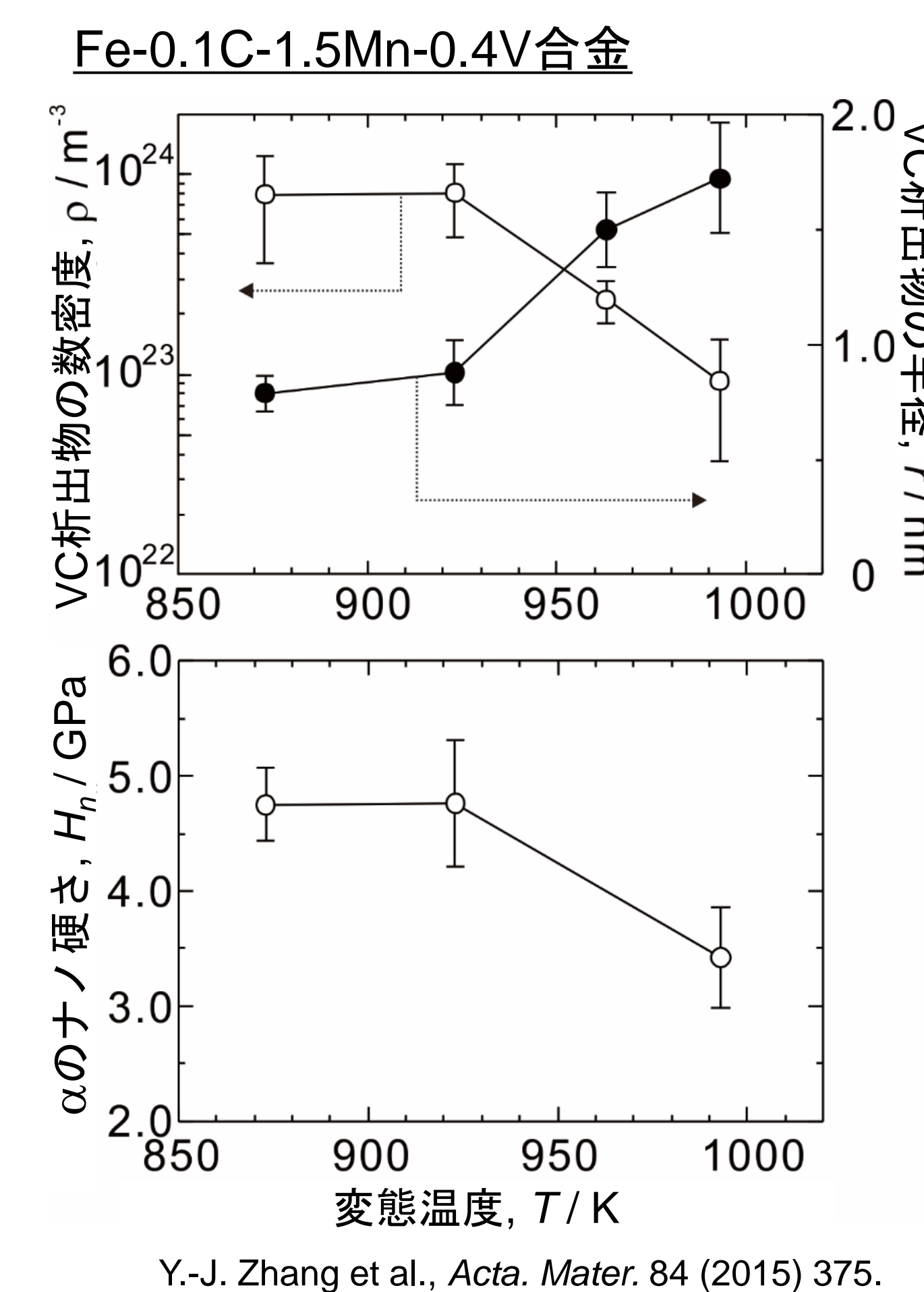
実験結果

α/γ結晶方位関係の影響

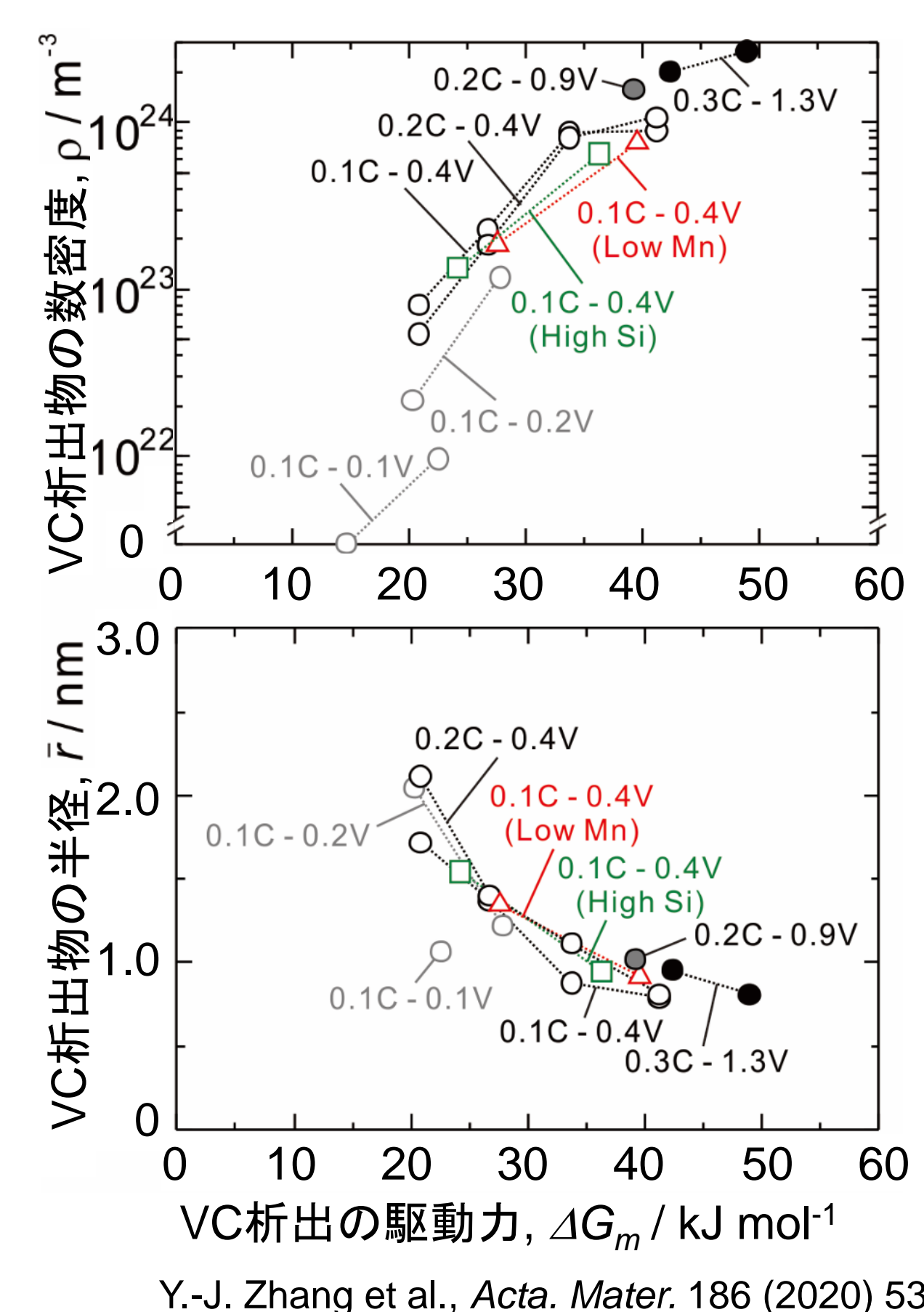


- K-S関係を持たず整合性の悪いα/γ界面にVが偏析する結果、相界面析出で生じたVC析出物の数密度は高く、その析出強化によりαが硬くなる。

変態温度および合金添加の影響



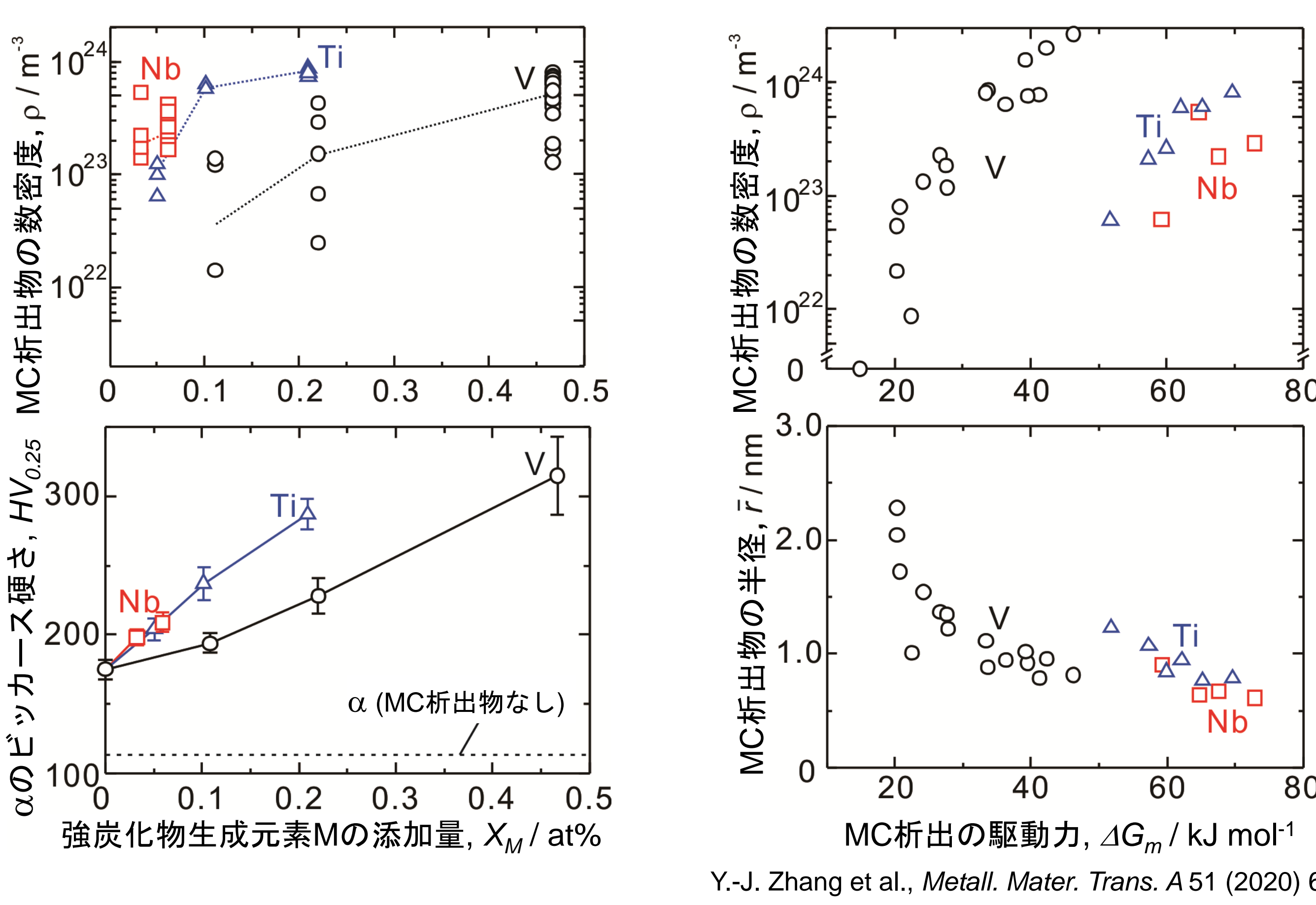
Vを添加したFe-0.1C-1.5Mnの合金シリーズ



- VC析出物の数密度は低温や高V添加量ほど増加し、析出物分布の微細化は温度と合金組成の変化による析出駆動力上昇の結果である。

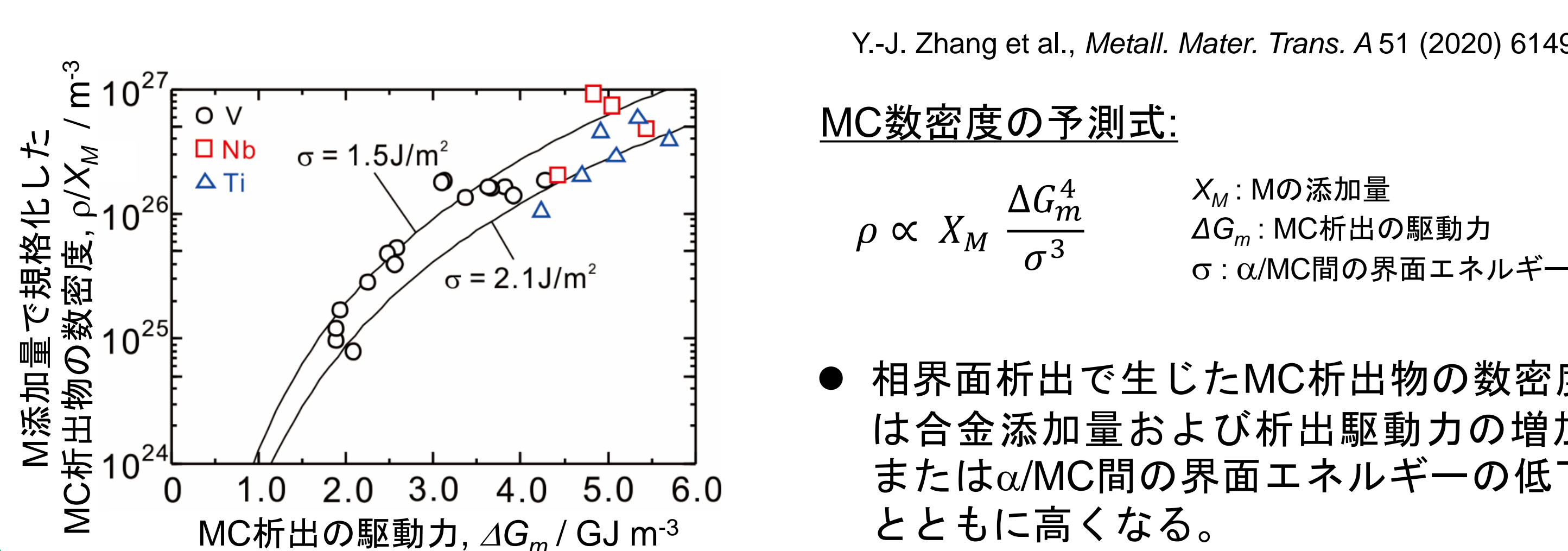
V, Nb, Ti添加鋼の比較

V, Nb, Tiを添加したFe-0.1C-1.5Mnの合金シリーズ



- V添加鋼と同様に、添加量に伴うMC析出物の数密度とα硬さの上昇はNb, Ti添加鋼でも見られ、VCよりもNbCとTiCの微細分散は大きい析出駆動力のためである。

MC相界面析出の数密度の予測モデル



まとめと今後の展望

低炭素鋼における相界面析出の分布およびその強化について、以下の結論が得られた:

1. 相界面析出の発現はK-S関係からずれた、整合性が悪いα/γ相界面が必要である。
2. 相界面析出におよぼす温度と合金元素の影響は、析出駆動力の変化から理解できる。
3. 相界面析出の分布を微細化することで、析出強化によるαの硬さ上昇が大きくなる。

相界面析出の駆動力が一定で、大きな添加量および小さなα/MC間の界面エネルギーを実現できる炭化物生成元素の複合添加により、低炭素鋼のさらなる高強度化が期待される。