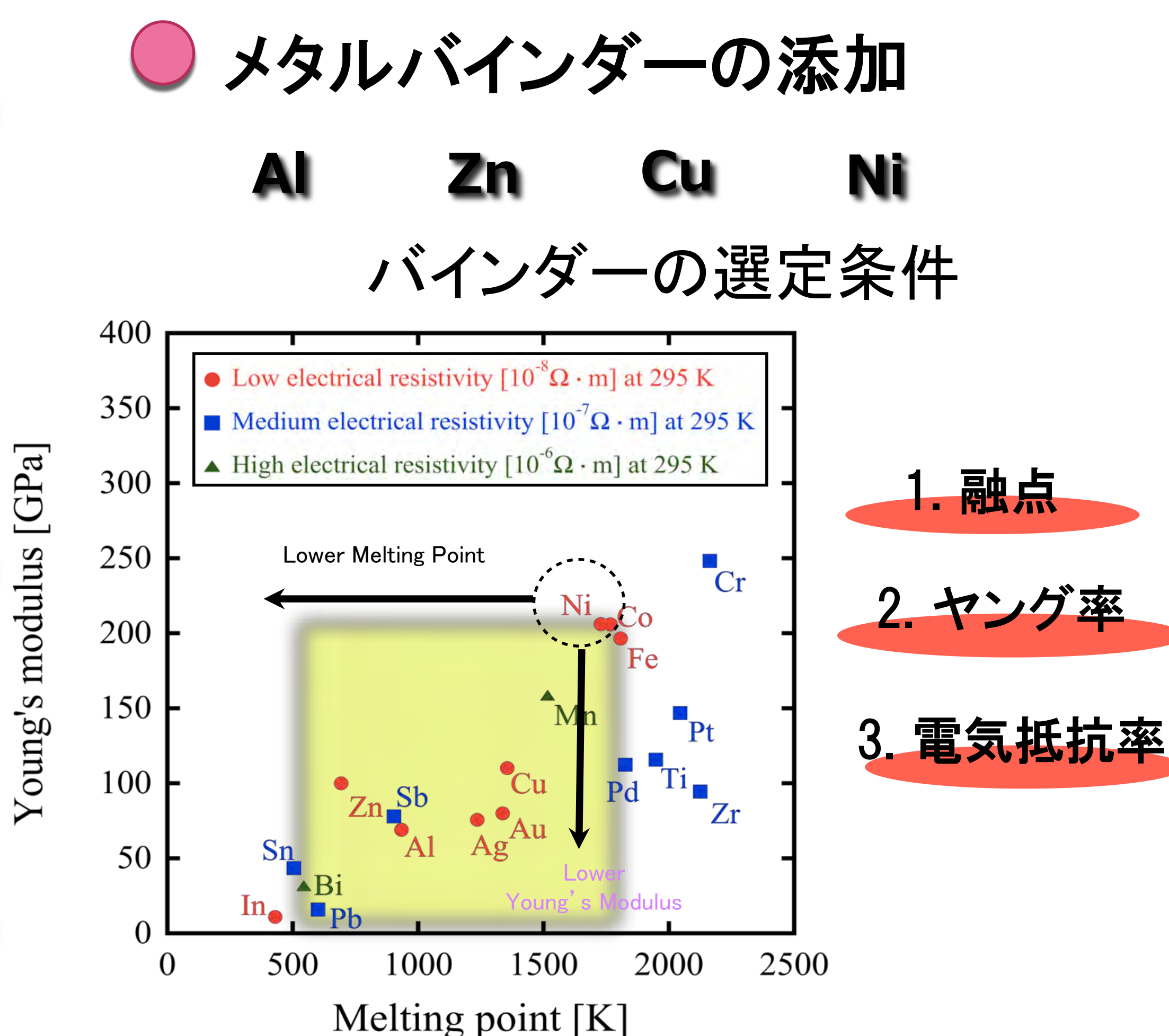
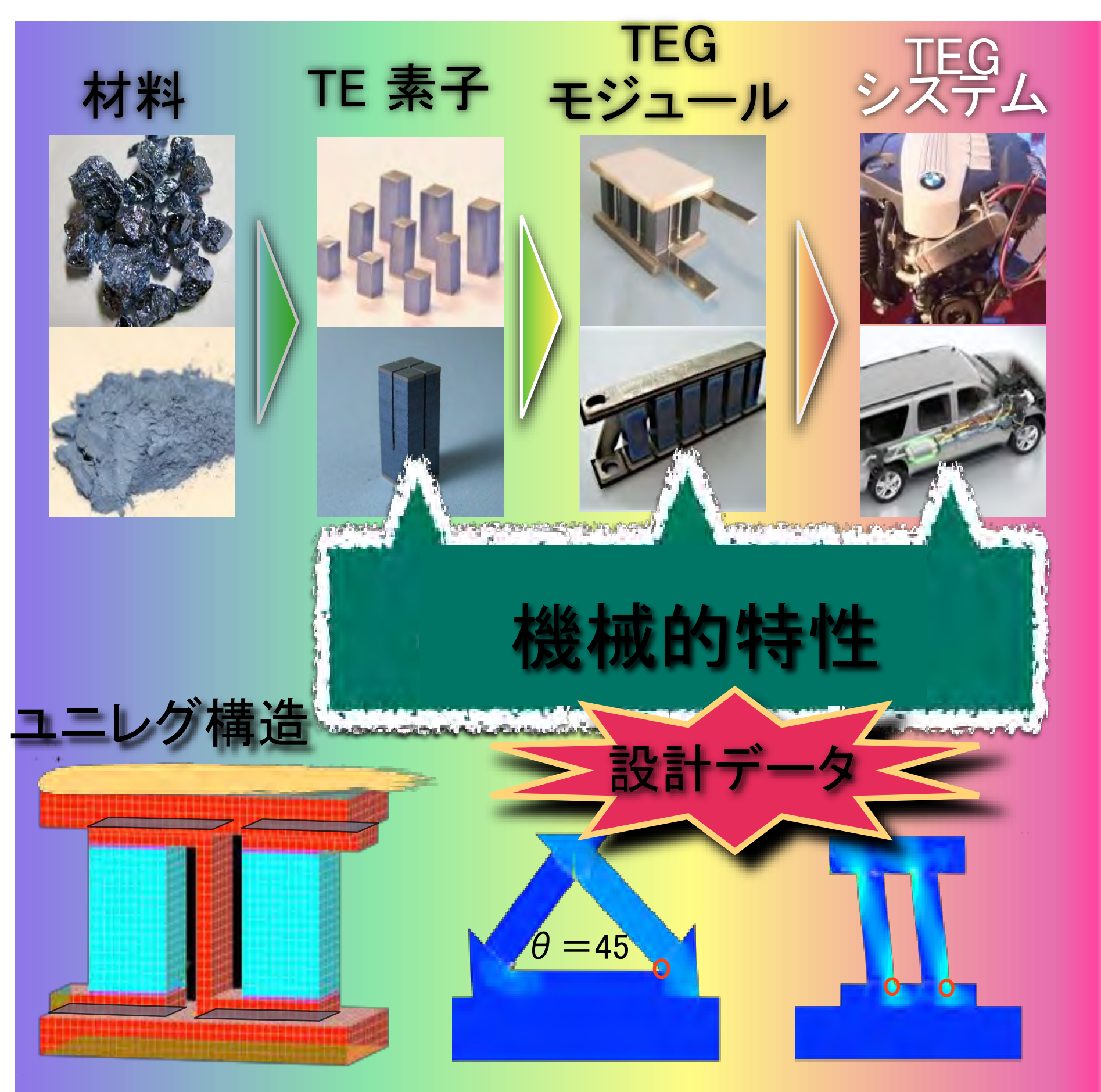


- 革新的要素技術(損失低減チーム) -

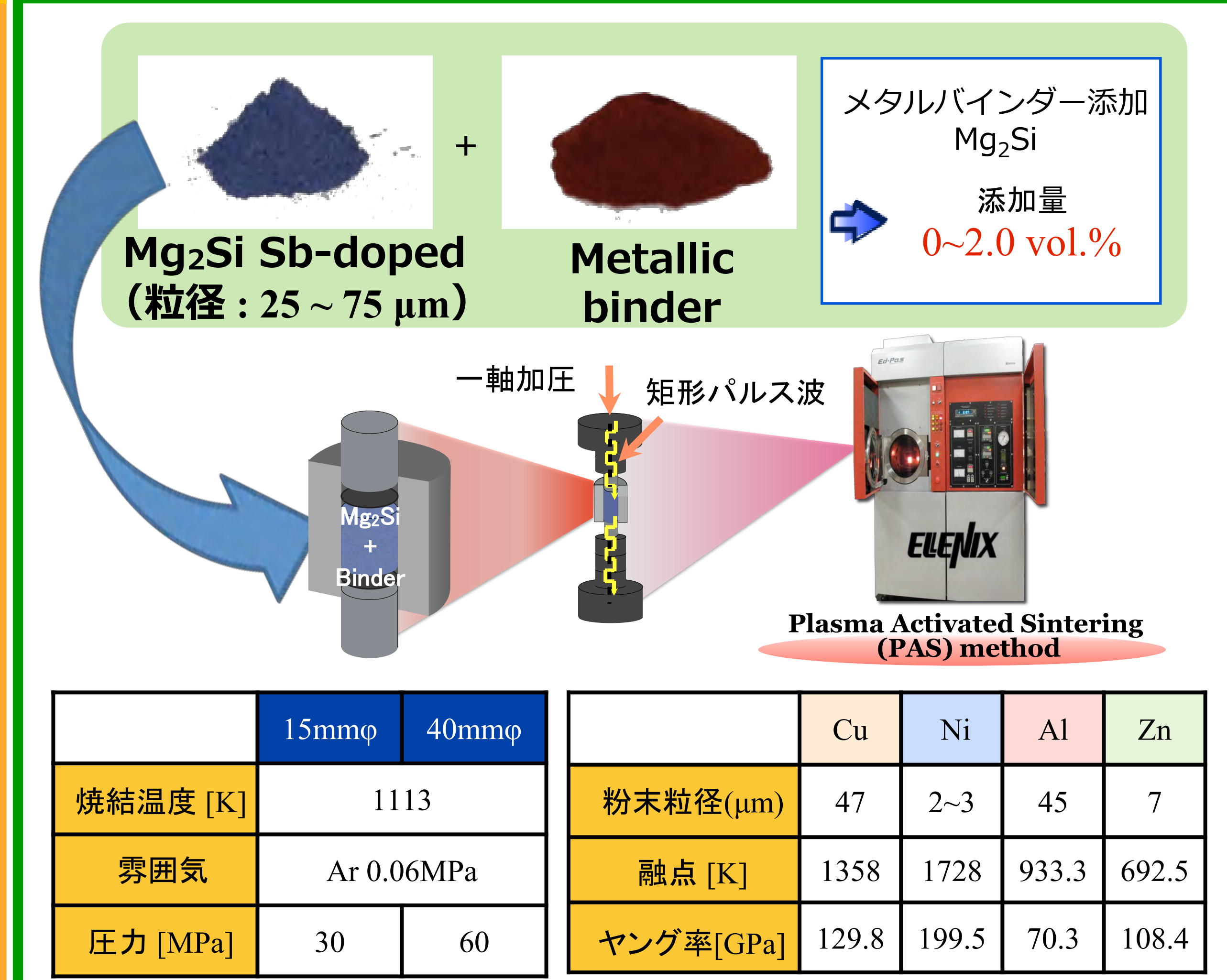
メタルバインダー添加Mg₂Siの機械的特性評価

東京理科大学 基礎工学部材料工学科 向後 保雄・飯田 努

Motivation



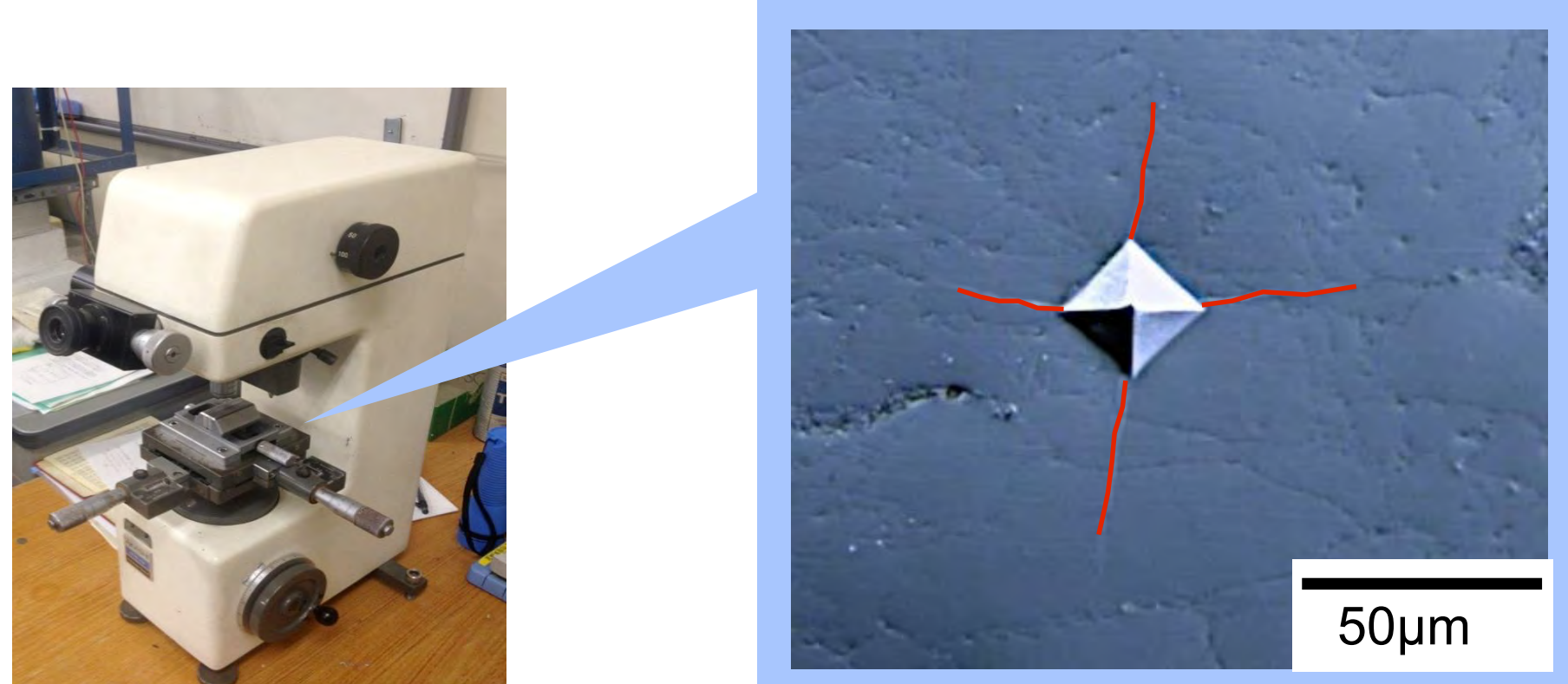
Materials



n-type-Mg₂Si-Metallic Binder 破壊靱性値 & 熱電性能

破壊靱性値測定法

IF (Indentation Fracture) 法 (JIS R1607)



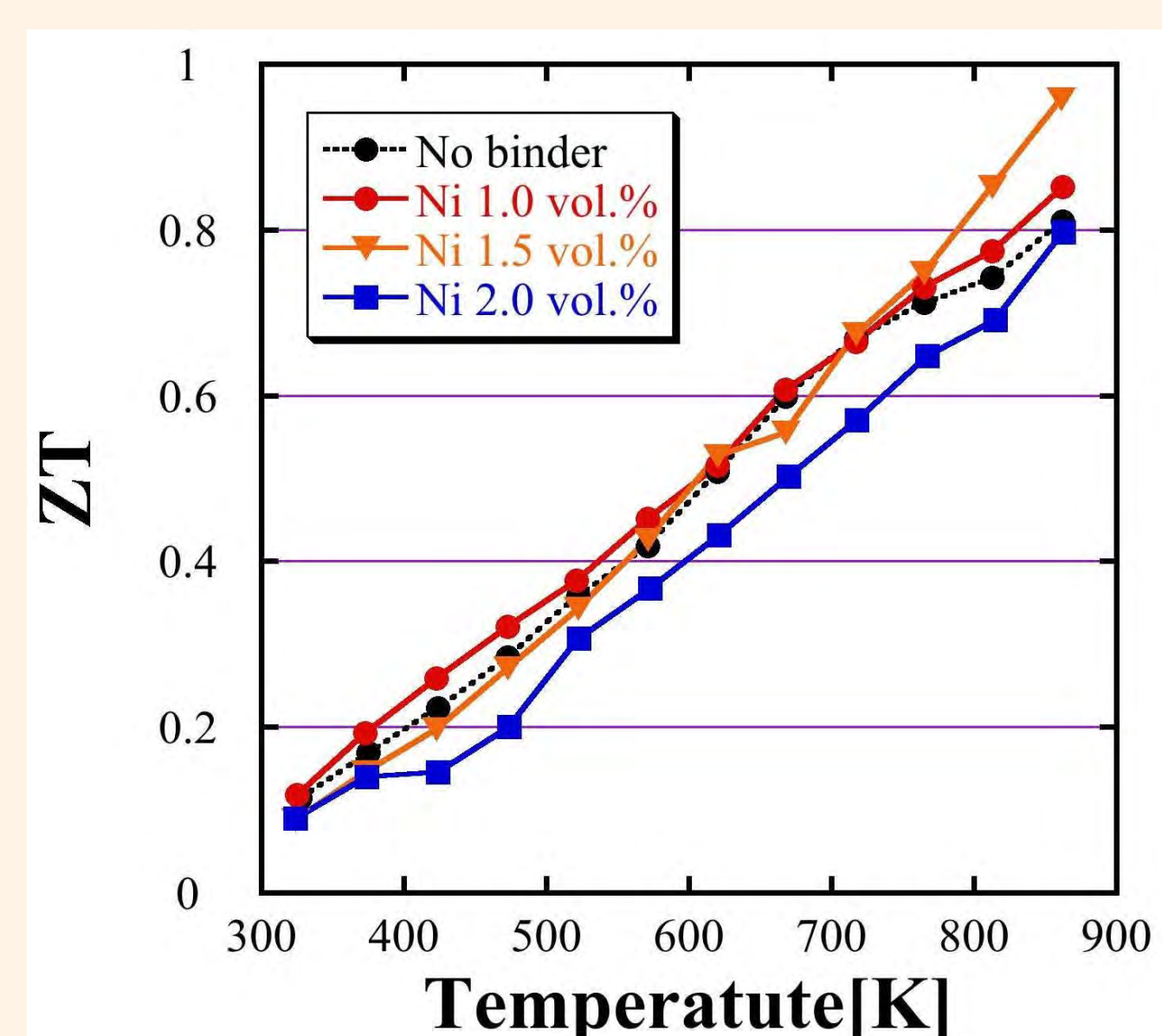
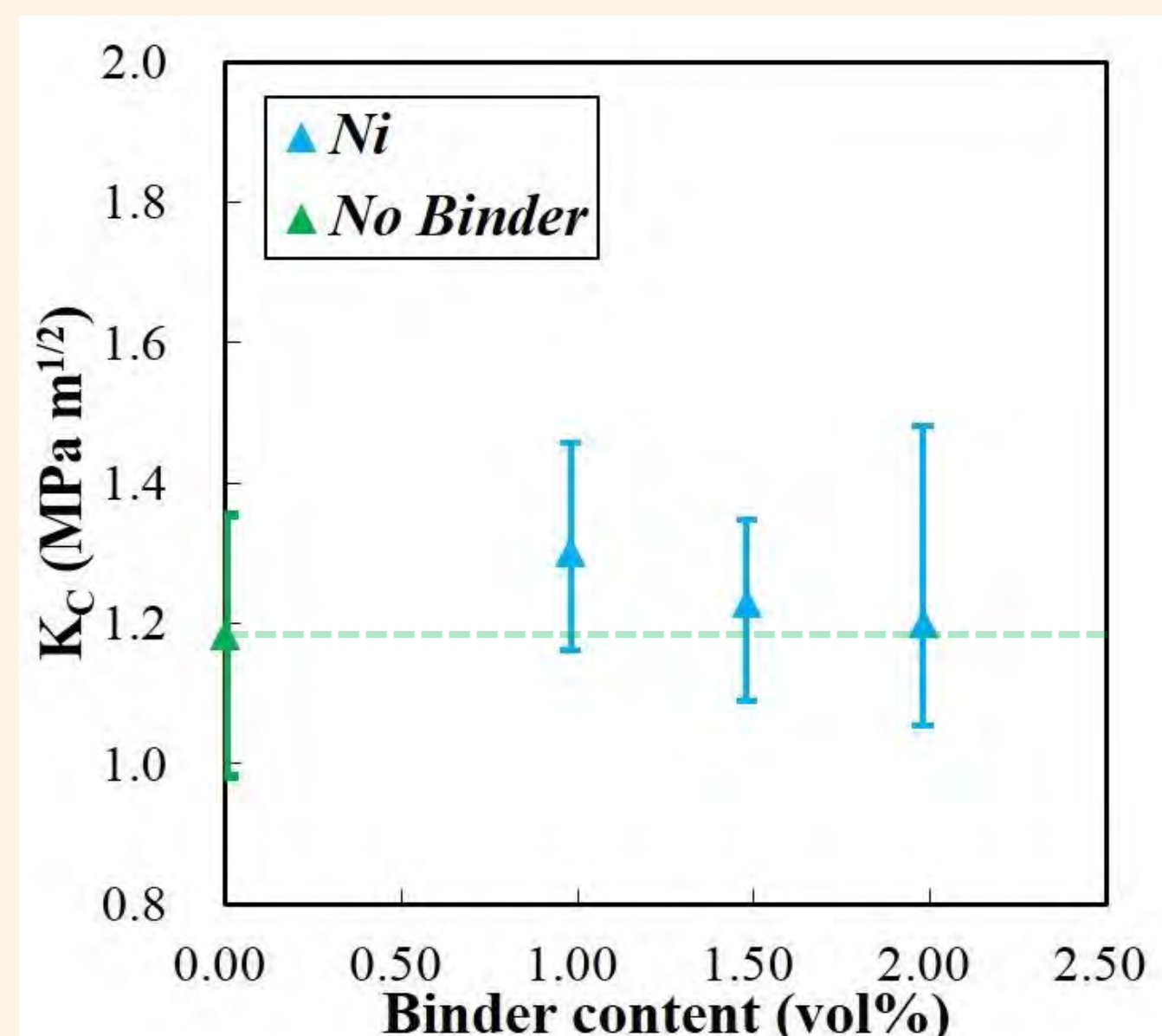
負荷加重 : 2.94 N

測定点数 : 15点

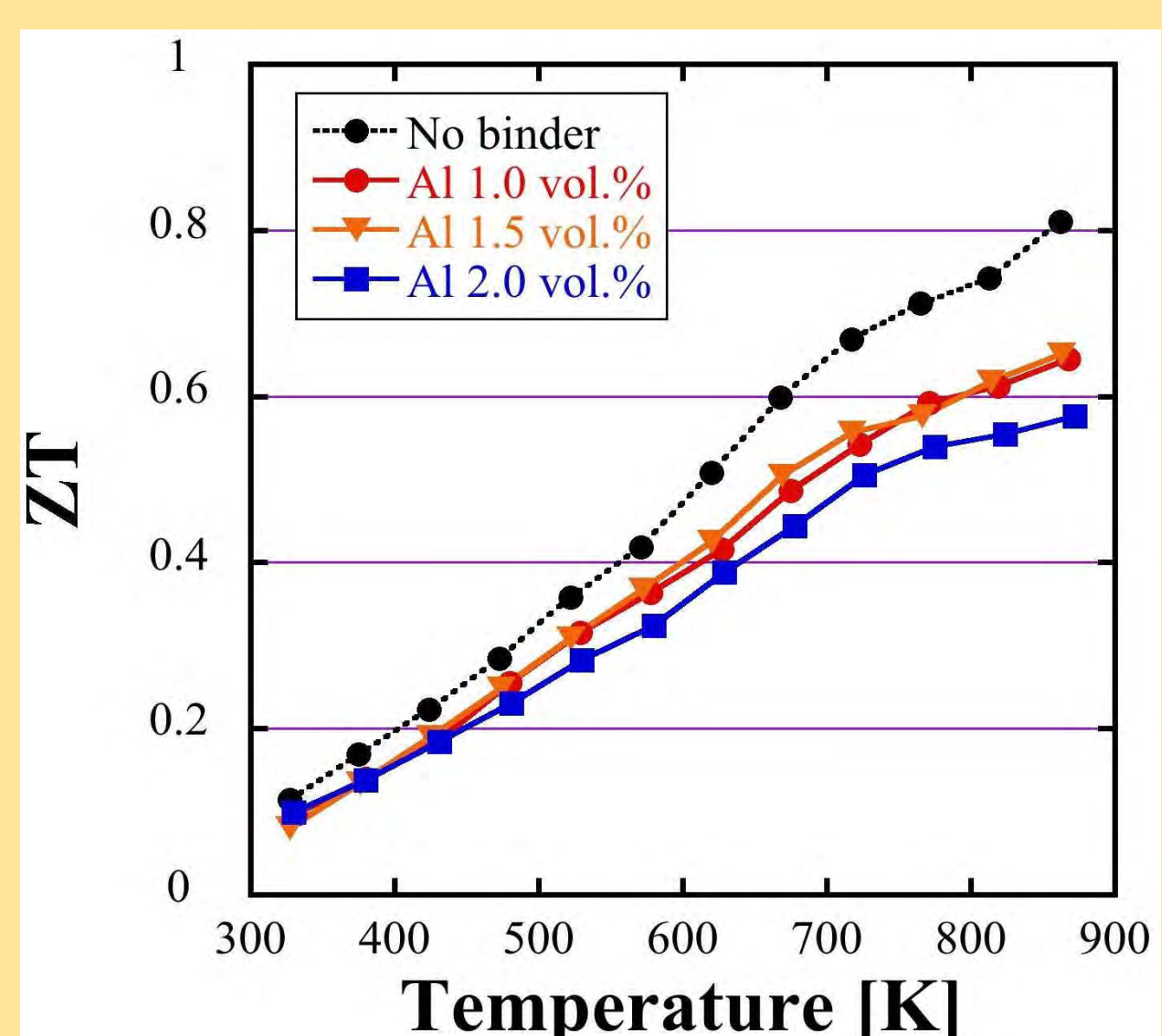
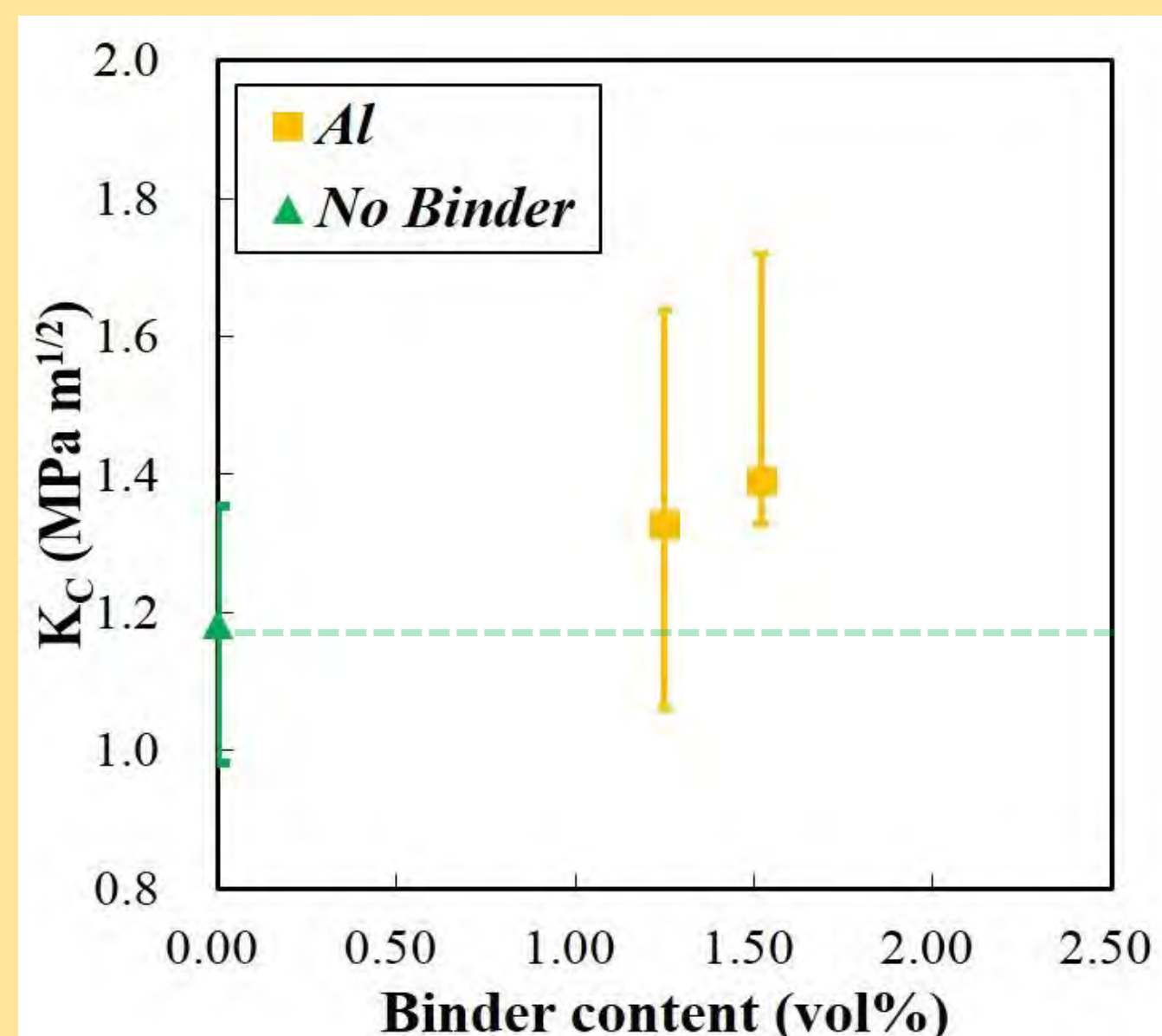
$$K_C = 0.018 \left(\frac{E}{HV} \right)^{1/2} \left(\frac{P}{C^{3/2}} \right) = 0.026 \frac{E^{1/2} P^{1/2} a}{C^{3/2}}$$

K_C : 破壊靱性値[MPa m^{1/2}] HV : ビッカース硬さ
 C : 亀裂長さ [m] P : 負荷荷重 [N]
 a : 圧痕サイズの半分 [m] E : ヤング率 [Pa]

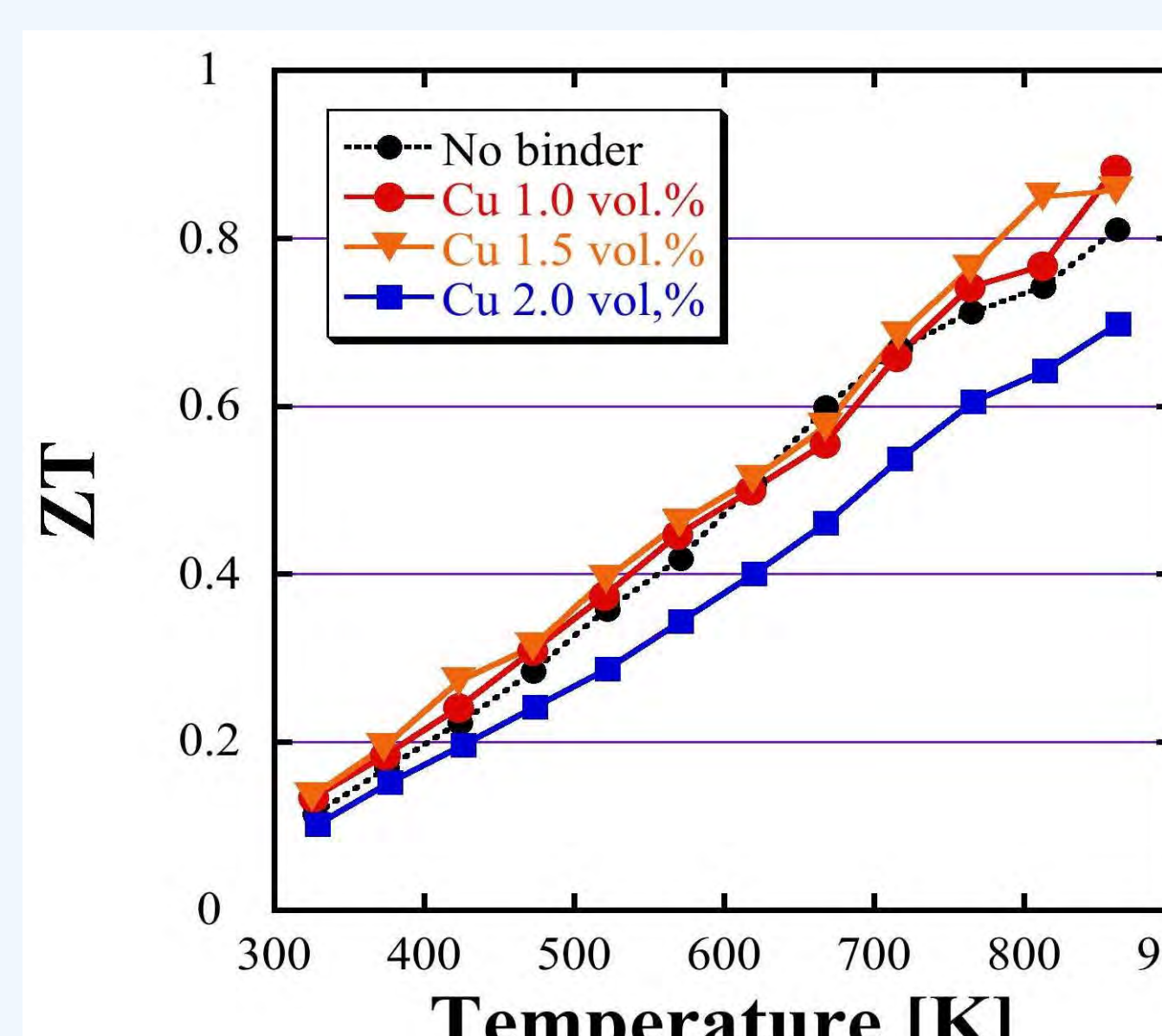
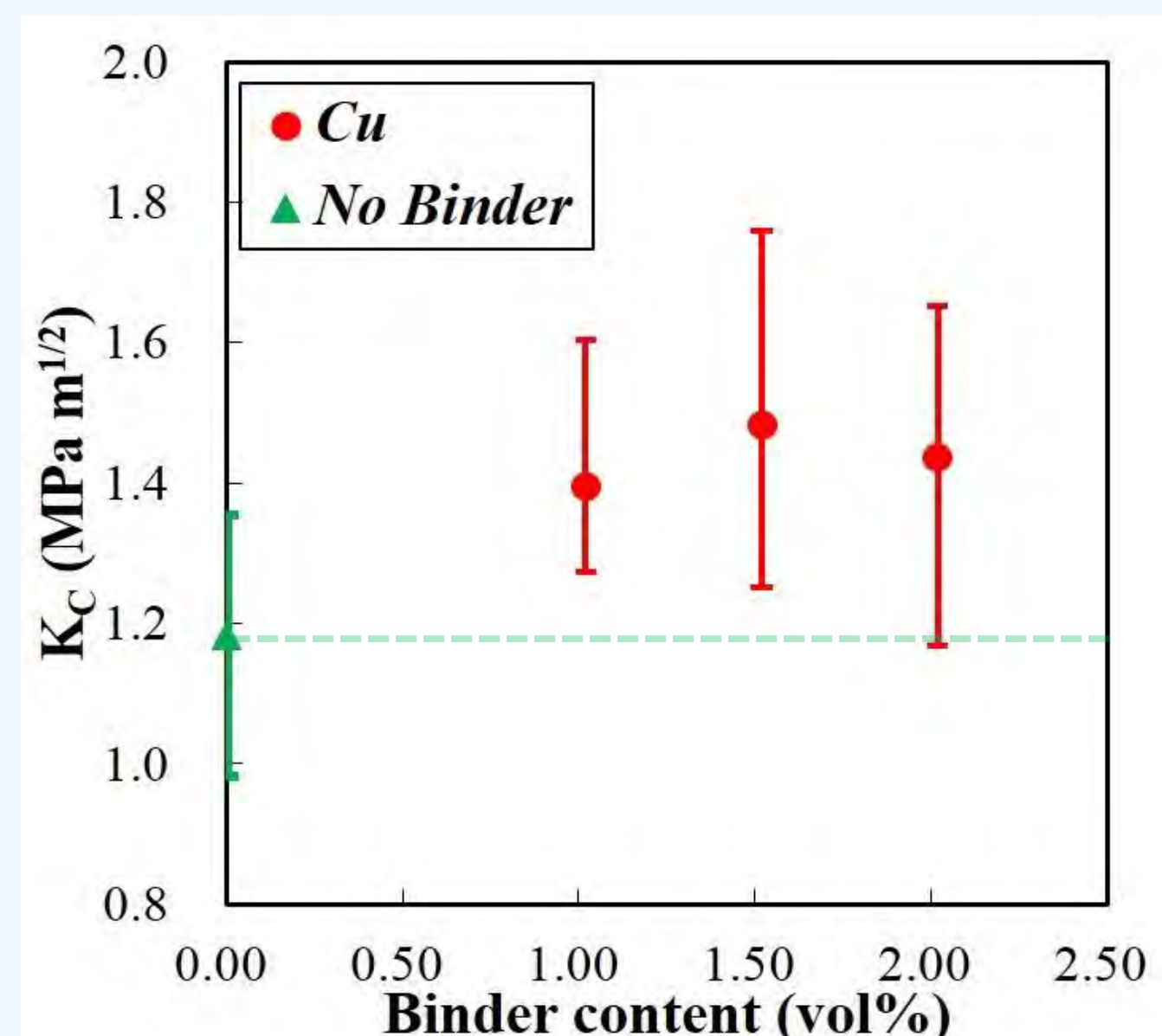
Ni Binder



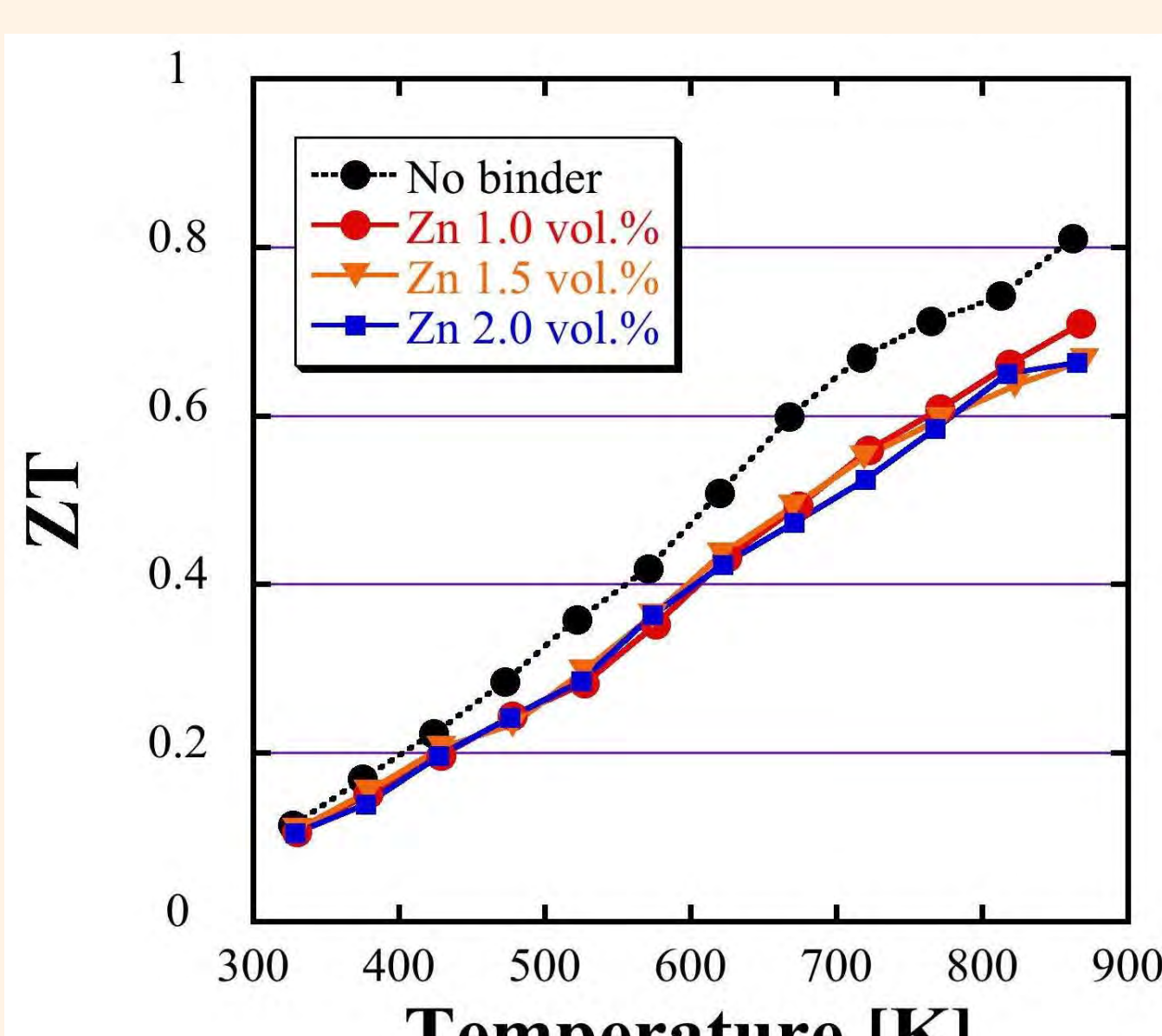
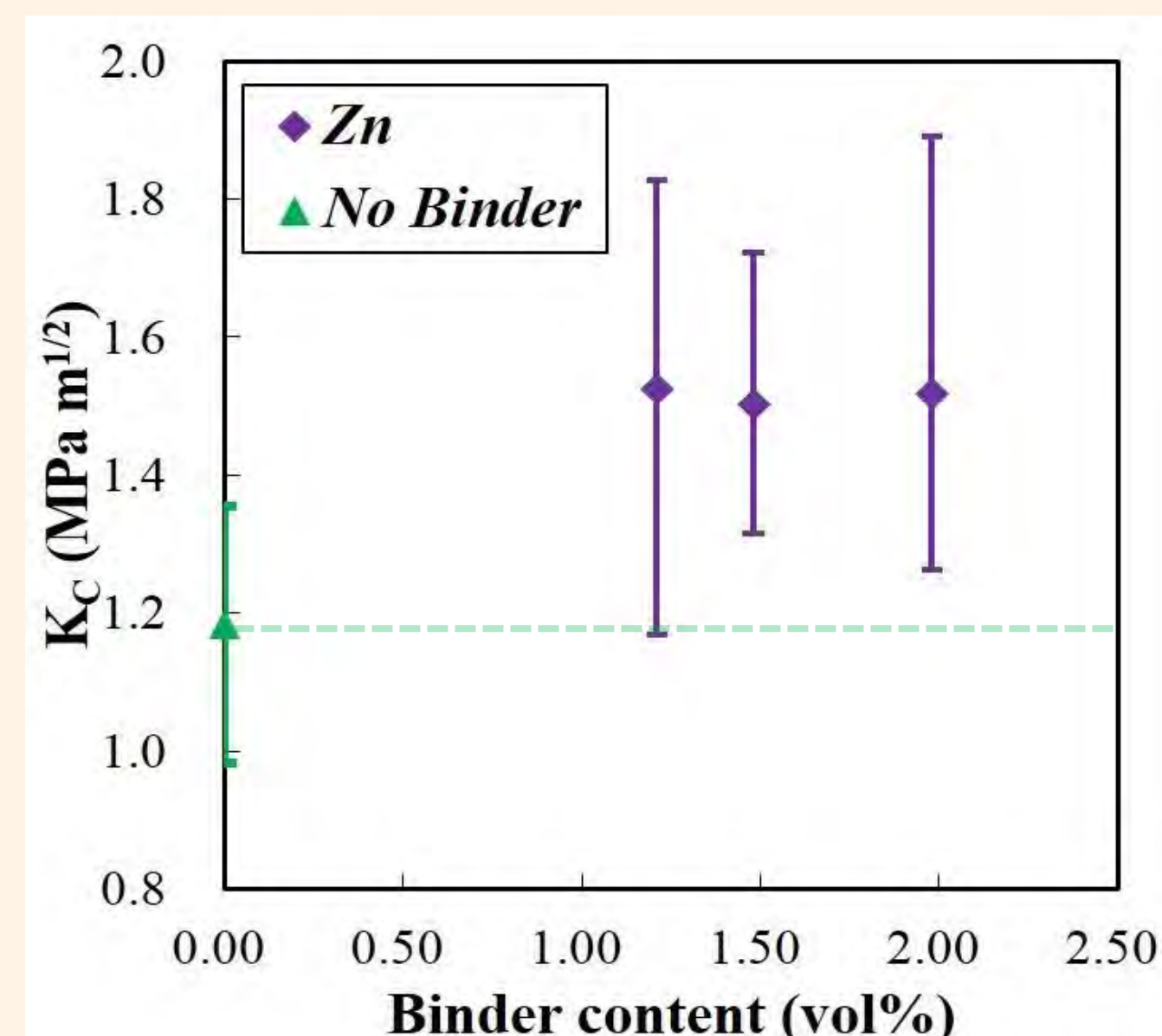
Al Binder



Cu Binder



Zn Binder



● 破壊靱性値

バインダー添加による変化 小

バインダー添加によりK_C 上昇
~ 1.5 MPa m^{1/2}

● 熱電性能 ZT

上昇傾向(~ 1.5 vol%)
~ 0.95

低下傾向

上昇傾向(~ 1.5 vol%)
~ 0.88

低下傾向

破壊靱性の向上メカニズム

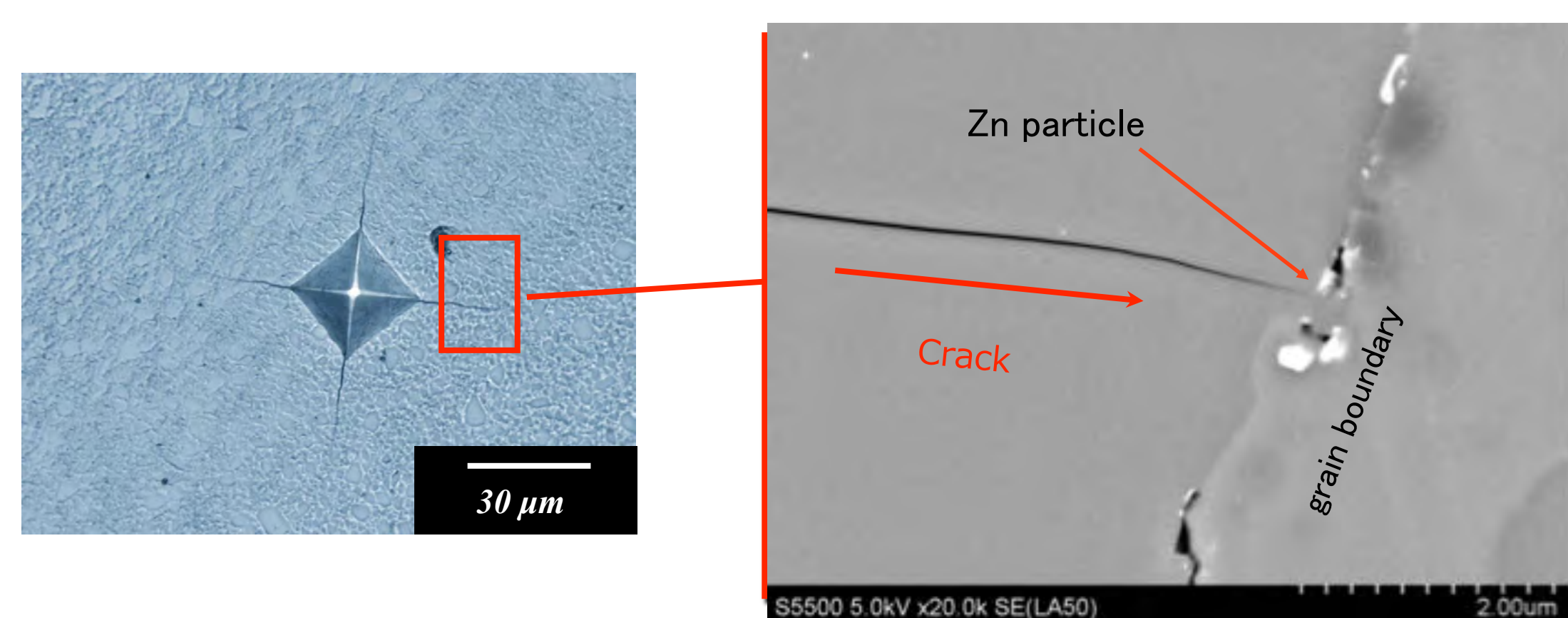
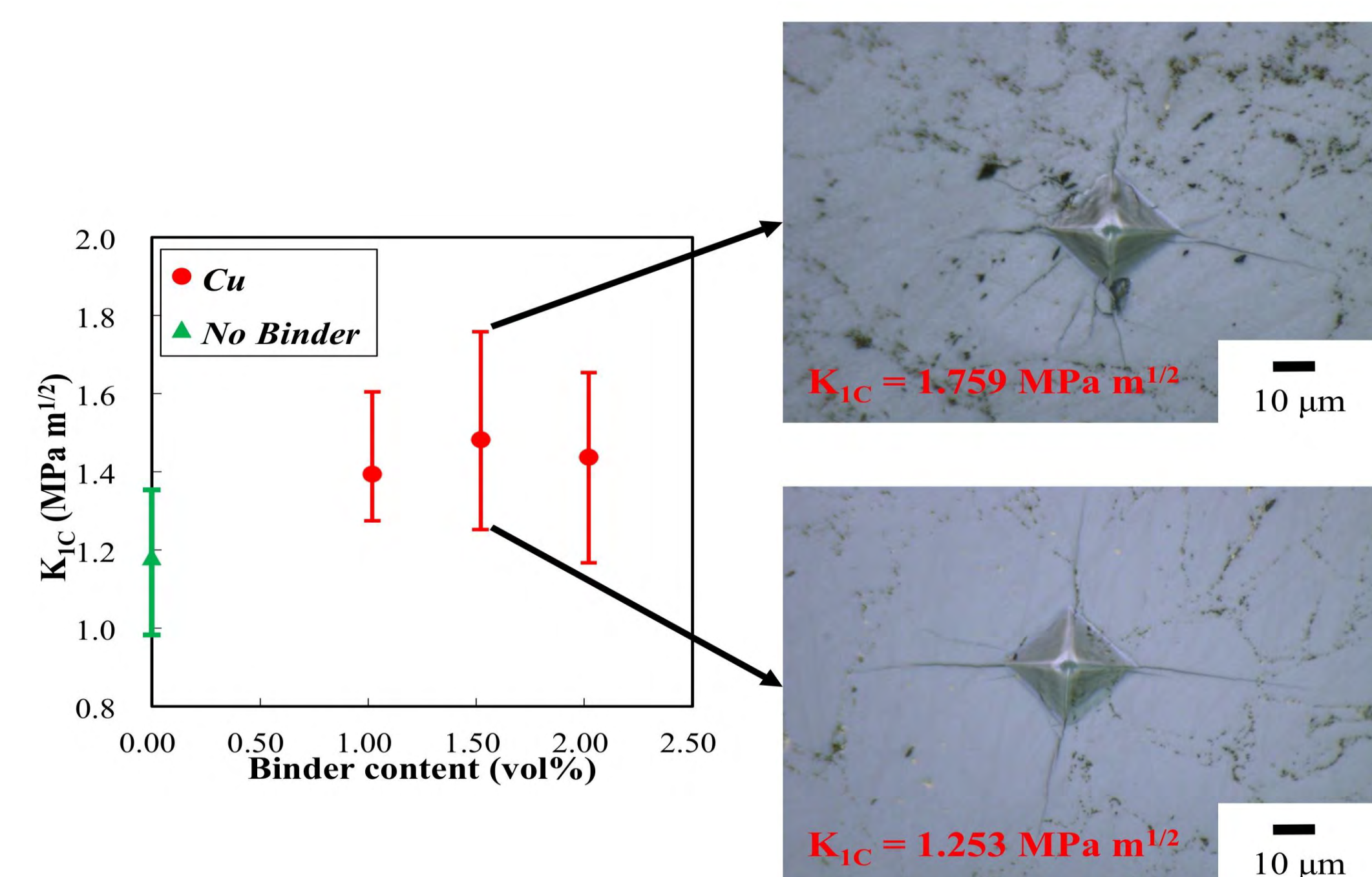


Fig. 粒界上に存在するZnによる亀裂伸展抑制

- ・粒界で亀裂の伸展抑制
- ・粒界にバインダーが存在

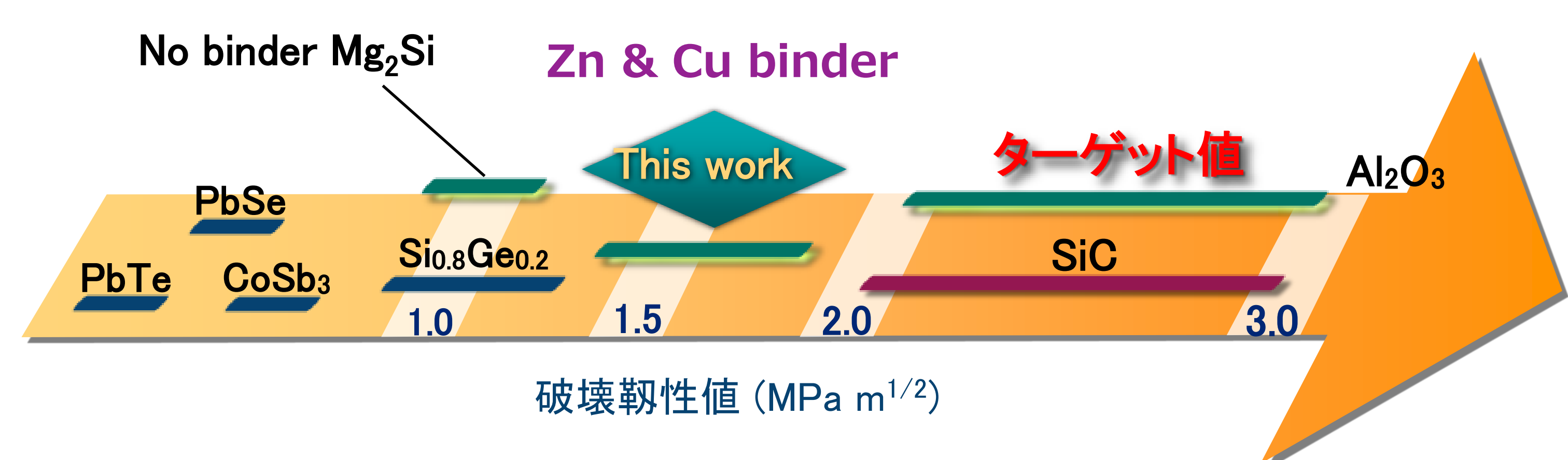
高靱化理由 → 粒界に存在するバインダーが亀裂の伸展を抑制

破壊靱性の”ばらつき”



- ・Mg₂Siの粒径が小さい部分では破壊靱性値が大きく向上 (~ 1.5 MPa m^{1/2})
- ・Mg₂Siの粒径が大きい部分では低い破壊靱性値 (~ 1.2 MPa m^{1/2})
- ・結晶粒径の分布が”ばらつき” の原因

Summary



破壊靱性値の向上は、粒界に存在するバインダーが亀裂伸展を抑制したためだと考えられる。しかし、結晶粒径が25 ~ 75 μmと広く分布することで、破壊靱性値にも大きな”ばらつき”を生じたと考えられる。

破壊靱性値、熱電性能ZTの測定結果から、Cuをバインダーとして添加することが有効であると示唆された。今後は、”ばらつき”の低減、更なる高靱性化に向け粒径制御や複合化によるプロセスを検討予定である。

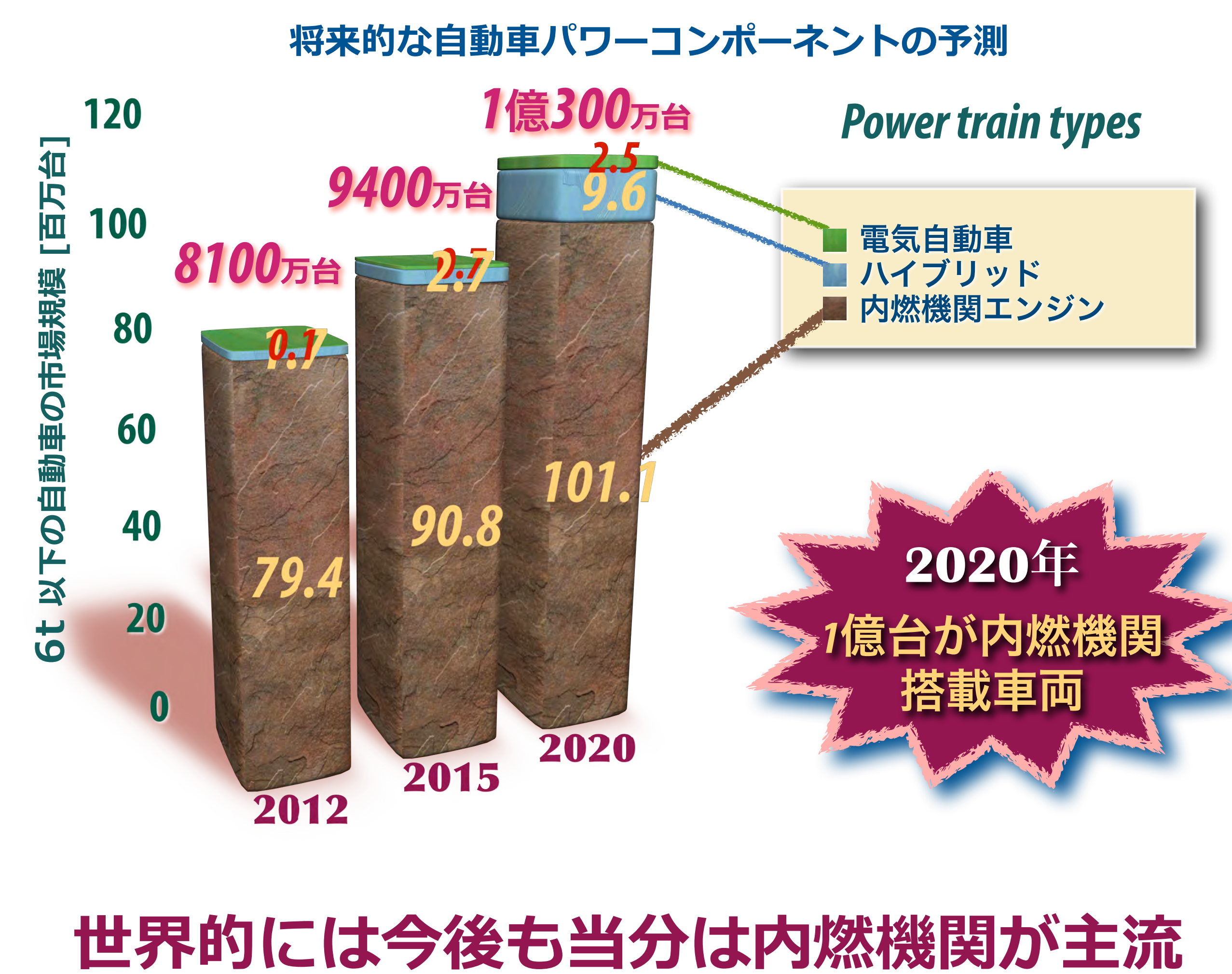
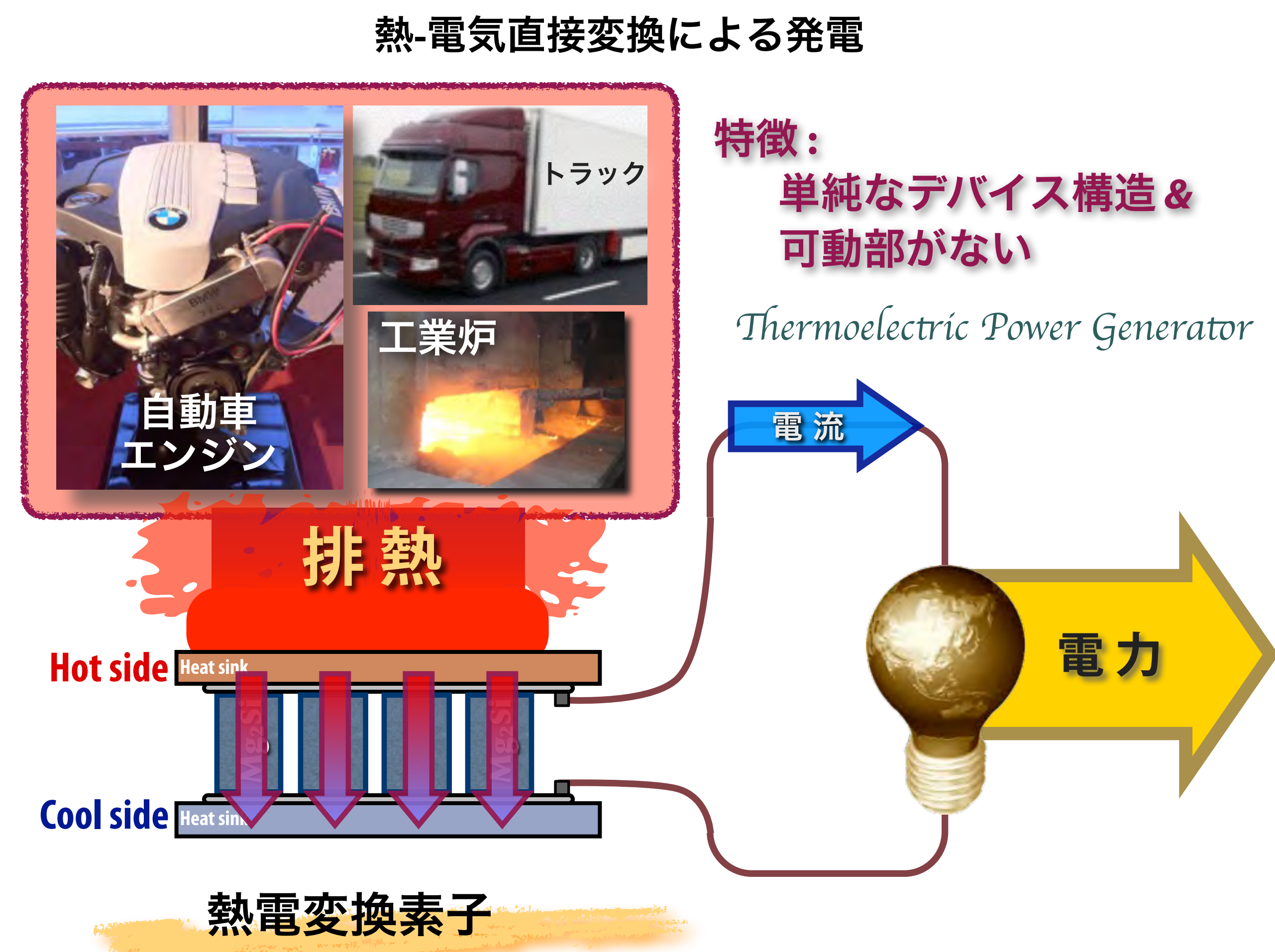
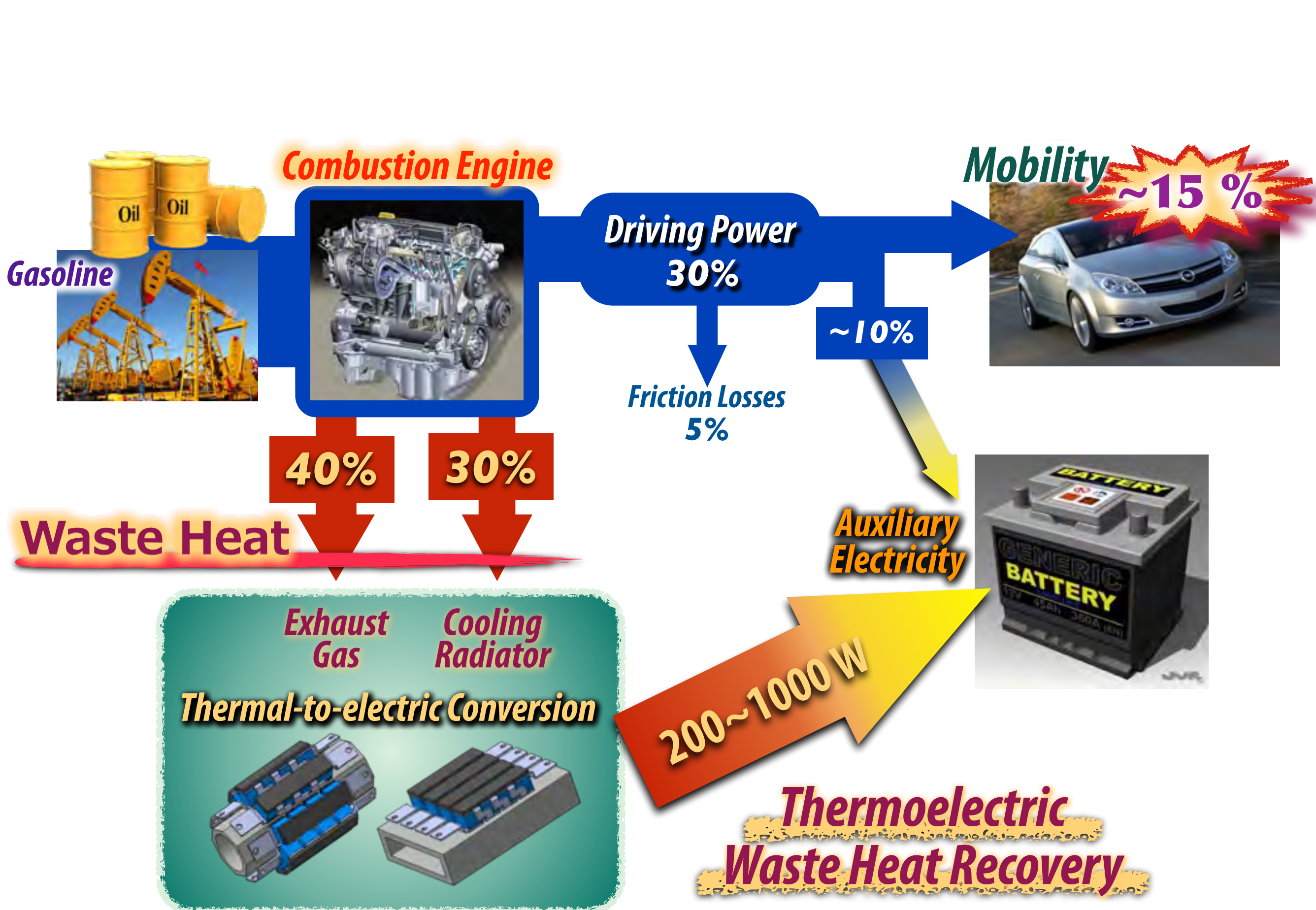


革新的要素技術（損失低減チーム）

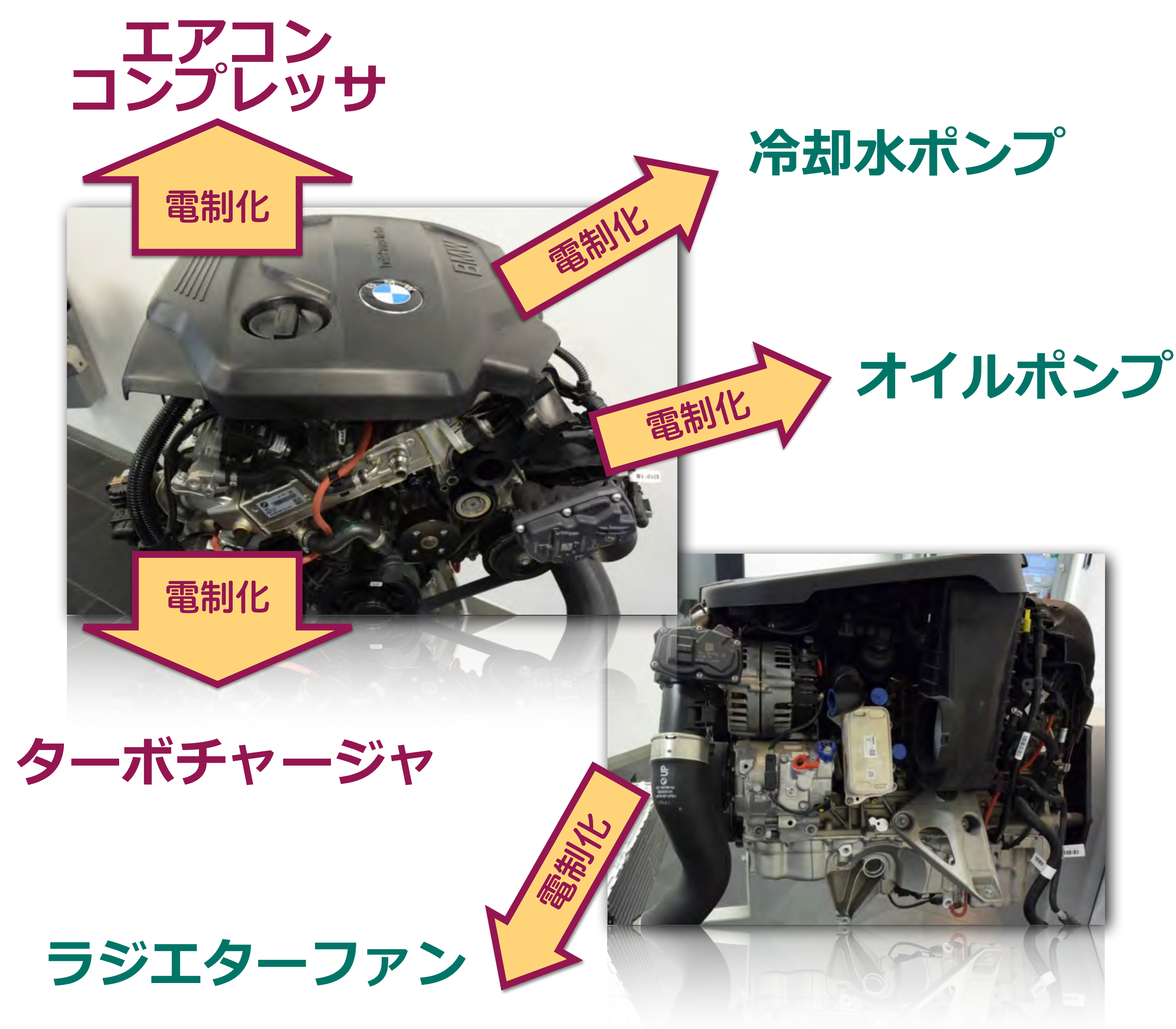
熱的・機械的に高耐久な実用熱電排熱発電システム開発

東京理科大学 基礎工学部材料工学科 向後 保雄・飯田 努

自動車の排熱エネルギーと排熱発電



自動車エンジンシステムにおける損失低減とシステム効率向上

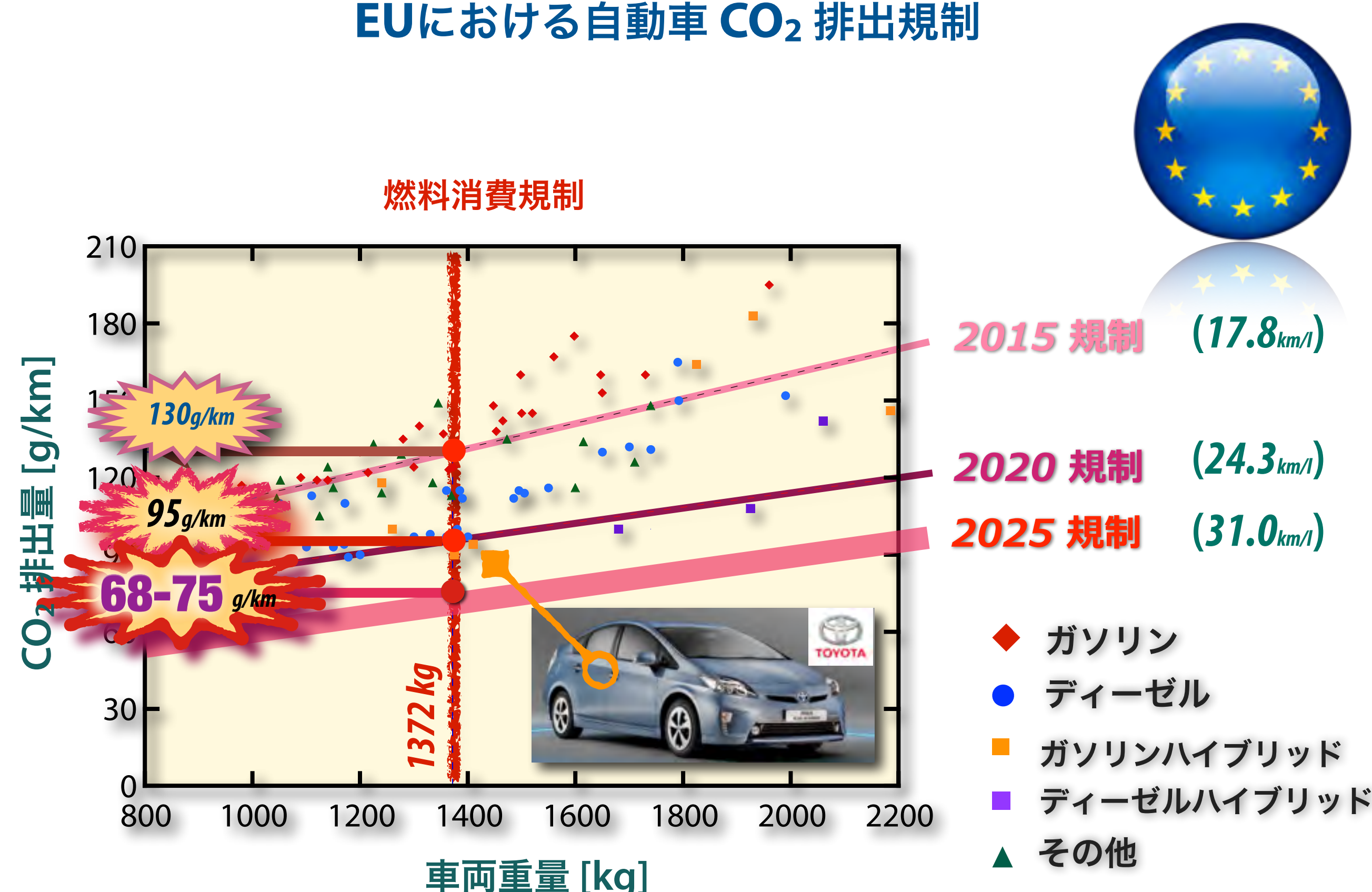


エンジン補機類の電制化による損失低減

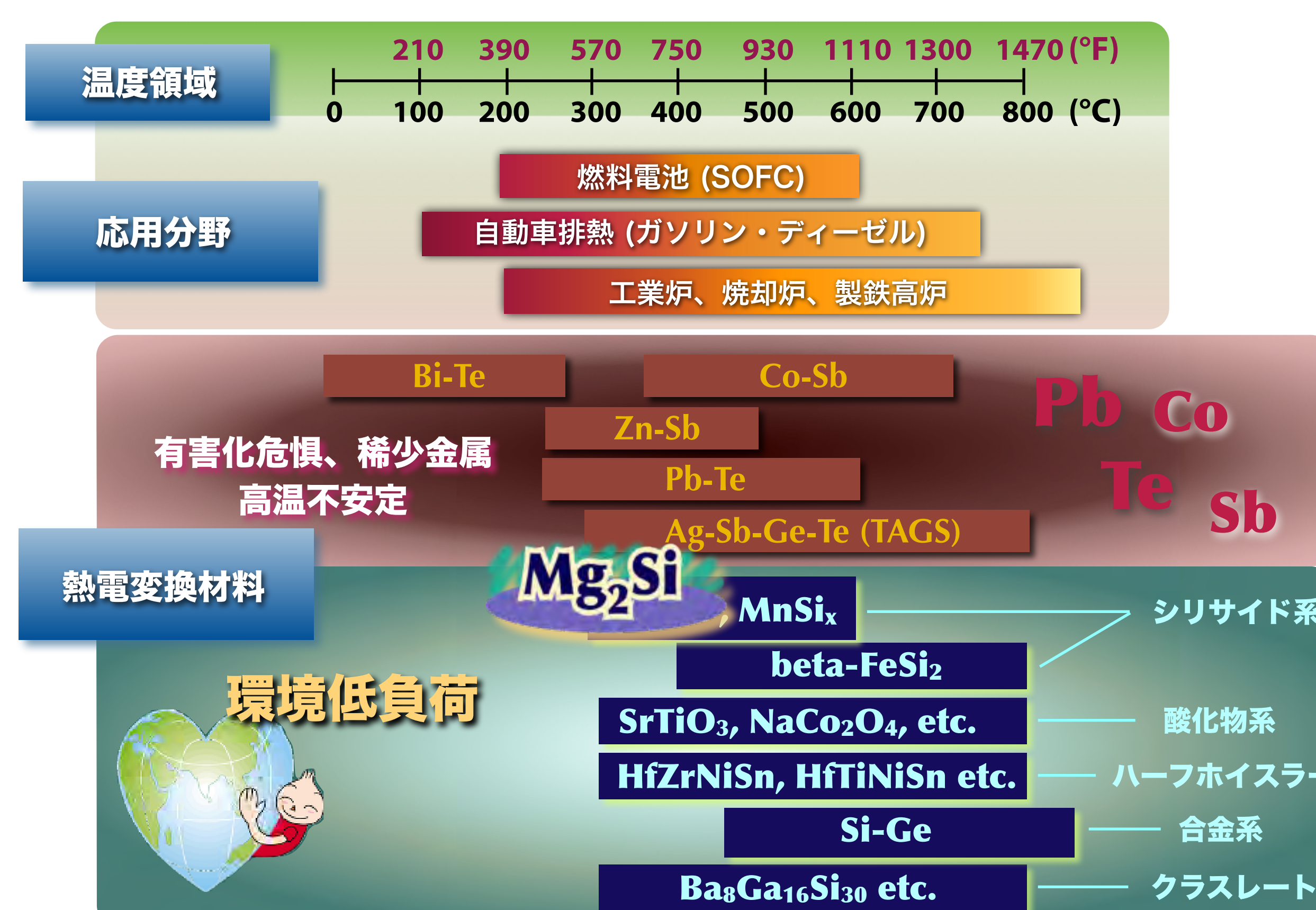
- 機械的コンポーネント電制化によるエンジン負荷の低減
- 機械的損失低減
- Operation On Demand 損失低減
- 排熱発電によるオルタネータ・エンジン負荷削減

欧州の厳しい燃費規制と自動車用途に最適な環境低負荷型熱電変換材料系

EUにおける自動車 CO₂ 排出規制



熱電変換材料の種類と応用分野



		シリサイド系 (Mg ₂ Si)	ビスマス-テルル系 (Bi-Te)	鉛-テルル系 (Pb-Te)	コバルト-アンチモン系 (Co-Sb)
効 率 (%)	素子	9.0	10	5	11
	材料	10	10.5	6	13
軽量性: 密度 (g/cm ³)		2.0	7.7	8.2	7.6
効 率	素子	4.8	1.3	0.6	0.9
	材料密度	5.5	1.4	0.7	1.1
資源埋蔵量 (ppm) *1		Mg: 32,000 Si: 268,000	Bi: 0.06 Te: 0.005	Pb: 8 Te: 0.005	Co: 29 Sb: 0.2
コスト (千円/トン) *2		Mg: 200 Si: 90	Bi: 849 Te: 9,000	Pb: 98 Te: 9,000	Co: 3,500,000 Sb: 430
有害性 *3		無し	有り	有り	有り
中温度域耐久性		○	×	○	△
動作温度: 大気中 (°C)		300-600	0-250	250-600	350-600

*1: 地殻に含まれる割合 (2007, 1.10 Newton財団 完全公開調査報告書) より抜粋
*2: Si以外: 東北経済産業局、我が国における鉱物資源/リサイクル/用途等 (2008)
Si: NEDO エネルギー使用合理化シリコン製造プロセス開発事後評価報告書より (2001)
*3: 安全衛生センター GHSモジュールMSDSより