

炎を制する **一超耐熱構造材料** 工学研究科材料工学専攻 乾 晴行

燃焼温度を高くすることが環境に優しいことを知っていますか？

国内のCO₂総排出量のうち約30%は発電プラント(うち**約99%**は**火力発電**)
火力発電からのCO₂削減が最も有効！

どうしたら火力発電所からのCO₂排出量を低減できるの？

最新型火力発電プラント(コンバインドサイクル型)

ガスタービンを使って発電した後、その排熱を利用して作った蒸気により**蒸気タービン**を 転させ、もう一度発電させるシステム

(1) 高い熱効率

蒸気タービン単独~43%,
ガスタービン単独~40%
⇒ コンバインドサイクル~50%以上

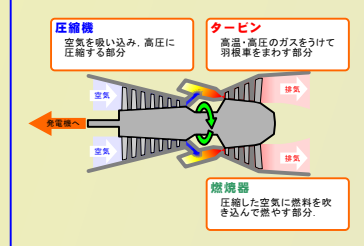
(2) 環境に優しい

CO₂, NO_x, SO_xの排出量: 少
海に流す温排水: 少

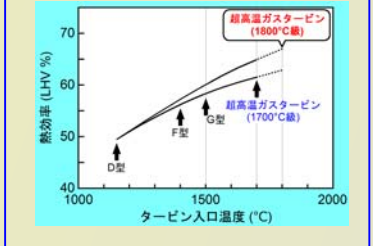
(3) 使用燃料量が少なく、省資源

さらなる高効率化にはガスタービンの性能向上が不可欠

ガスタービンの仕組み



タービン入口温度と熱効率

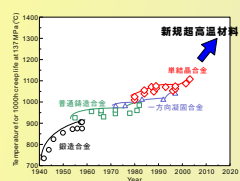


タービン入口温度(ガスの燃焼温度)を上昇させることで最も効果的に熱効率を向上させられる！
⇒ **「燃焼温度の上昇は環境に優しい」**

ガスタービンの燃焼温度を上げるはどうしたらいいの？

材料の耐用温度を上げることが重要

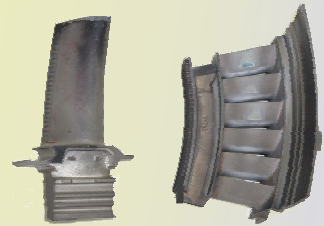
現行材料(Ni基超合金)の特性



現行材料(Ni基超合金)の融点は1350℃程度
⇒ 飛躍的な耐用温度の向上は困難
⇒ **新しい材料が必要！**

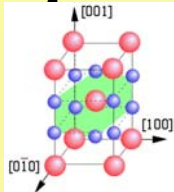
ガスタービン材料に要求される性能

- ・融点が高いこと
- ・高温で強いこと
- ・長時間使えること
- ・低温でも壊れないこと
- ・腐食により外見や機能が損なわれないこと



耐熱材料の切り札ーモリブデン・シリサイド(MoSi₂)

MoSi₂基軸材料



C11_b構造

Mo原子とSi原子が規則正しく配列した金属間化合物

特徴

- ・優れた塑性変型能
- ・高融点 (2020 °C)
- ・優れた耐酸化性
- ・軽量 (6.24 g/cm³)
- ・優れた熱・電気伝導性
- ・安価
- ・乏しい室温靱性
- ・不十分な高温強度

[低温での転位運動]

[Ni基超合金 ~ 1350℃]

[自己修復性SiO₂被膜形成]

[Ni基超合金 ~ 8g/cm³]

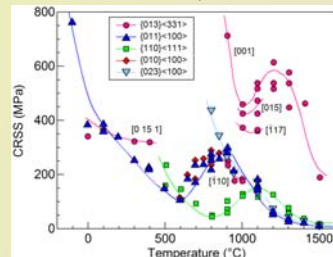
[放電加工も可能]

[戦略元素を含まない]

[単結晶: 2~4MPa^{1/2}]

[方位に強く依存]

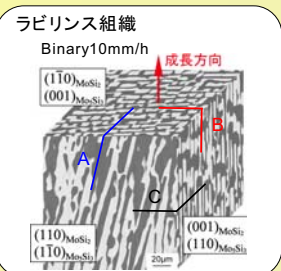
強度の温度依存性 (Inui et al., Phil. Mag.)



優れた特徴を最大限に活用しながら欠点を克服するには？

複相単結晶が有効

二相共晶合金 (MoSi₂+Mo₅Si₃)



三相共晶合金 (MoSi₂+Mo₅Si₃+Mo₅SiC)

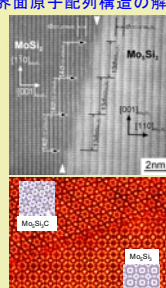
JST戦略的創造研究推進事業 先端的低炭素化技術開発事業(ALCA)

MoSi₂基Brittle/Brittle複相単結晶超耐熱材料の開発

複相単結晶材料中の界面の原子配列を制御し特性向上を目指す！

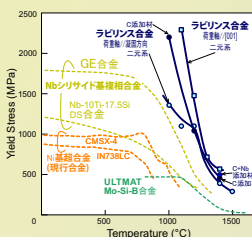
微細構造解析

最新型電子顕微鏡を駆使した界面原子配列構造の解析



優れた力学特性

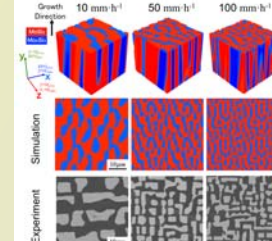
開発合金の強度の温度依存性



現行合金をはるかに凌駕する高温強度特性

計算機シミュレーション

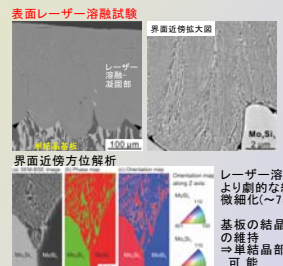
ラビンス合金凝固過程のシミュレーション



凝固速度の上昇に伴う組織微細化の再現に成功

部材化プロセス開発

金属積層造形法の適用に向けた基礎研究



レーザー溶融により劇的な組織微細化(~75nm) 基板の結晶方位の維持 ⇒ 単結晶部材化可能