

「平成10年度 超高温極限環境用材料の調査研究」

社団法人日本機械工業連合会委託研究

1. 委託事業の内容

超高温極限環境用材料に関する調査研究

従来まだ実現していない石炭を燃料とするガスタービン・スチームタービン複合発電による超高効率発電システムの開発には材料がキーテクノロジーとされ、その使用環境は極めて過酷であり、耐熱性、耐食性共に優れた材料の開発が待たれている。

そこで各種発電システムの現状と材料に対する要求特性を調査すると共に、セラミックス系複合材料を主な対象にとりあげ、その製造技術、材料への要求性能、設計システム、材料の評価法について調査した。

高温極限環境で稼働している実プラントの調査により材料要求される所要特性を把握した。この成果を踏まえて現用の高温耐食材料の今後解決されるべき課題を広範な視点から抽出した。

高温極限環境用材料として要求される将来の超高効率発電設備などの開発に必須の高性能化新材料の開発に明確な指標を与える今回の調査結果に基づいて、効率的な材料開発が可能となるものと期待される。

2. 調査研究報告書の概要

エネルギー資源の節約とその効率的な利用、さらには環境負荷の低減は現在の大きな技術課題である。その大きな部分を占める発電システムの効率向上の最も効果的な方法は燃焼温度を上げることにあるとされている。このため、材料の使用条件はますます過酷な極限環境へと移行しつつあり、すぐれた高温強度と高温耐食性を兼ね備えた超高温極限環境用材料の開発が必要であり、高融点金属や、セラミックス及びそれらの複合材料が候補材料として注目されている。

ここに、各種発電プラントの稼働条件、現在使用されている材料とその問題点、候補材料の具備すべき特性を明確にし、材料開発の目標を明らかにすることは意義深いものと考えられる。同時に、製造プロセス、評価技術、構造設計手法などについて、国内外の最新の技術動向を把握することも重要である。

本報告書は、以上の背景を踏まえ、超高温極限環境で使用される材料の動向、今後の検討課題などについて、大学、国研、企業の研究者からなる調査委員会で実施した、調査・検討結果をまとめたものである。

平成10年度「超高温極限環境用材料の調査研究」報告書の目次

序 ()

まえがき ()

委員名簿 ()

・ 総論調査概要 1

1. 調査目的 1

2. 調査内容 2

3. 調査の進め方 2

4. 調査委員会の経過 3

・ 各論超高温極限環境用材料

第1章 超高温極限環境とはどんな環境か？

今なぜ超高温極限環境か？

また、超高温極限環境用材料とは？

第2章 高温極限環境下で稼働している

実プラント

プラントの design criteria と実稼働条件、
将来動向にも触れる。

2.1 石油・LNG 燃焼高効率発電

熱効率 50 % 時代を迎える高温燃焼環境

2.2 石炭燃焼高効率発電

石炭燃焼ガスタービン - スチームタービン

複合発電 (PFBC, HIPPS 他)

2.3 航空宇宙エンジン

AMG, エコスマートエンジン (HYPR) 他

2.4 高効率コージェネレーションシステム)

2.5 高温廃棄物発電

2.6 水素燃焼タービン

2.7 その他 (核融合炉)

参考文献

第3章 高温極限環境用材料の使用環境と
要求特性

プラント別・機器別材料の設計基準と使用環境

3.1 超高温ガスタービン用材料

3.2 石炭 (及び低品位石油) 燃焼ガスタービン用
材料

3.3 航空宇宙用エンジン材料 (AMG 他)

3.4 高効率コージェネレーション材料

3.5 高温廃棄物発電用材料

(耐高温腐食エコマテリアル)

3.6 水素燃焼タービン用材料

3.7 その他 (核融合炉)

参考文献

第4章 超高温極限環境下で使用し得る
候補材料と検討課題

どんな候補材料が考えられるか、

適用に当たったの問題点は？

4.1 金属系材料

4.1.1 IMC

4.1.2 高融点金属系材料 (Nb 系)

4.2 セラミックス系材料

(Particle, Whisker, Continuous Fiber)

4.2.1 酸化物系 CMC

4.2.2 炭化物系 CMC

4.2.3 窒化物系 CMC

4.2.4 新しい発想に基づく高融点セラミックスの
探索 (例、MGC)

4.3 検討課題

参考文献

第5章 候補材料のプロセス設計と検討課題

特定の目標値を達成する技術、高性能化特性を連続制御するプロセス技術

- 5.1 Precursors (含繊維、マトリックス)
- 5.2 強化繊維の高性能化
- 5.3 繊維プリフォームのアーキテクチャー
- 5.4 界面設計 (繊維)
- 5.5 複合化技術

実部材化を考慮した複合化技術

- 5.6 コーティング技術 (CMC)
- 5.7 接合技術
- 5.8 検討課題

参考文献

第6章 候補材料の評価と検討課題

どんな評価技術が検討されているか？

その設計基準と特性データは？

- 6.1 評価技術、検査技術
 - 6.1.1 セラミックス基複合材料
 - 6.1.2 強化繊維 (ヤーン等)
 - 6.1.3 切欠き感受性
 - 6.1.4 高温腐食
 - 6.1.5 熱衝撃、熱疲労
 - 6.1.6 NDE
- 6.2 高温強度特性の評価
 - 6.2.1 高温クリープ強度
 - 6.2.2 高温疲労強度
 - 6.2.3 界面の力学特性評価
 - 6.2.4 切欠き感受性
- 6.3 高温環境脆化 (酸化、腐食)
- 6.4 長期信頼性 (寿命予測)
- 6.5 設計データベース

データベースの文献例の紹介

- 6.6 検討課題

参考文献

第7章 複合材料による構造設計の考え方と検討課題

- 7.1 複合材料による構造設計手法の概略
- 7.2 構造設計に必要な材料特性
- 7.3 構造設計における材料非線形性の取扱い
- 7.4 セラミックス系複合材料による構造設計例
- 7.5 検討課題

第8章 総括と結論

- 8.1 総括 (各章のまとめ)
- 8.2 結論
(各章ごとの“検討課題”を提言の形で要約)