

## TODAY

## 最近の競争的資金



大阪大学  
名誉教授 佐々木孝友

中国、インドなどの台頭もあり、世の中は不景気であり、会社はどこもかしくもリストラと合理化の嵐に揺れ動いていると言って過言ではない。永年の日本的経営方式というか、要は二番煎じの大量生産型では、生きて行けなくなっている。今まで、日本人がこれだけ裕福になり、世界中に旅行に出かけて遊びまわられたのも、敗戦後ひたすらに良い品物を安く大量に生産し、それを世界各国に売ることができたお陰であることは言うまでもない。ここに至って、この稼ぐための方程式が成り立たなくなって来た。いわば、日本国民が生き残っていくための根源が危くなってきている訳である。国はそれを察知し、とにかく、世界初のオリジナルなものを日本国内で生み出し、これに生き残り手段をかけるべく対策を打ち出した。これが総計何十兆円にもおよぶ、科学技術開発費である。

オリジナルなものを生み出すのは主として大学、国立研究機関ということで、このところ毎年のように「競争的資金」と銘うち、いろいろな形の大助成金が大学、国立研究機関についてきており、今や大学、国立研究機関は、未曾有の状態である。

さて、問題はこのように大枚な金額を投資して、本当に日本としてオリジナルで売れるものがどんどんと出来上がってくるのかどうかである。金をつぎ込んでなんとかしなくては、ということはよく分かるのだが、私にはどうもその効果はもうひとつのような気がしてならない。

ある報告会に出たとき、若い研究者の方で、なんとか大型予算を獲得し、しかもなかなか良い成果を出している方がおられた。その研究者が言っていたが、「使える成果」が出てはじめてプロジェクトは成功したのであり、「使える成果」が出ないプロジェクトは意味がない。

うまくいったのでそのような事が言えるのだ、という風にとれないこともない。また、研究は使えるとか、使えないとかいうような単純なものではないとも言えるかも知れない。しかし、どんなに難しい事を言って見たところで、要は本当に使えるオリジナルな結果がでていなければそれは過去の研究のやり方と同じであり、今、日本が目的としていることから、外れていると言わざるを得ない。

最近、大型予算のレビューアをやる機会があるが、研究のために買う装置は、おしげもなく米国その他から輸入している。例えば、レーザー関係で言えば、高価な装置を、バンバン購入している。プロジェクトで儲かっているのは米国と輸入業者だけではないのか、と思いたくなる。つまり日本の税金が米国にいつている訳である。それは、買わなければオリジナルなことができないのなら仕方がないかも知れない。が、それだけの金を投入したのなら、回収のできる成果を出さなければ、今までと同じような結果になりかねず、やはりこれはまずいのではないか、本来、まずどういう方針でやってゆくかという戦略の上で行動を開始すべきであるのに順序が逆転してしまって、先に予算がついてしまっている。という風に思えるところが多い。

大学も独法化になり、評価ということが大きな問題になってきている。今やっている大型研究資金の導入も、評価体制というものをしっかり検討することなしに始まってしまっていると杞憂している。とにかく予算がついてしまっているのだからなんとか処理をしなければ、ということが大いにあるように思われる。それでは結局、税金の無駄遣いに終わってしまうのではないか。まず、しっかりとした評価システムを構築することが必要ではないだろうか。

N E D O 「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」  
 における高温クリープS Gの活動報告  
 (700℃級高効率火力発電適用を目指した耐熱材料および強度予測技術の開発)

新日本製鉄 鉄鋼技術研究所 主幹研究員 長谷川 泰士

1. はじめに

地球規模での環境負荷低減技術が最重要課題として位置づけられるなかで、社会基盤を支える電気エネルギーは、その資源埋蔵量の観点より、長期的には石炭を使用する発電プラントが必須であり、図1に示すごとく、高発電効率化によるCO<sub>2</sub>排出削減の可能性を有している<sup>1)</sup>。

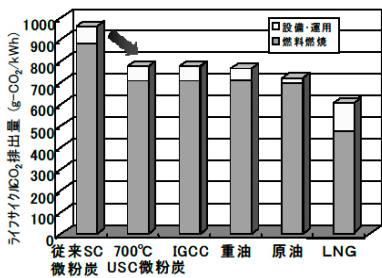


図1. 火力発電プラントにおけるCO<sub>2</sub>発生量の比較

高発電効率化にはプラントの蒸気条件の高温・高圧化は必須であり、そのための新しい耐熱材料の開発が不可欠である。本報告ではNEDO委託事業として、平成19年度から開始した「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」における700℃級の高効率火力発電用耐熱材料の研究開発の計画とこれまでの成果について述べる。

2. 研究の目標

2.1. 700℃級A-USC石炭火力発電を可能とする耐熱材料の開発目標

図2の700℃級石炭火力発電を想定したプラントの構成図の中で新たに開発の必要な耐熱鋼の適用部位と想定蒸気温度の一例を示す<sup>2)</sup>。

フェライト系耐熱鋼で650℃、オーステナイト系耐熱鋼で700℃、最高温度部位に用いるNi基合金は750℃までの使用が想定されている。これらは、現在の实用耐熱材料に対して20～30℃の高温で10万時間耐久可能な100MPaのクリープ破断強度を具備する必要がある、溶接継手強度の向上を含めた新合金設計指針を提示する。

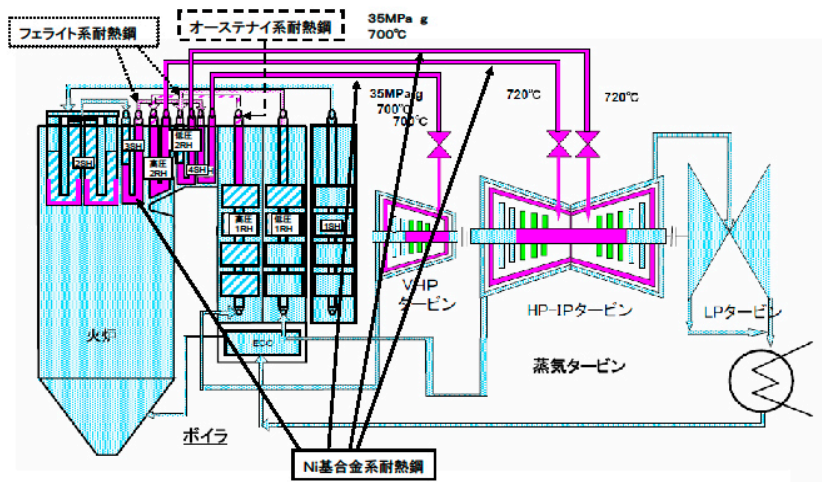


図2. 700℃級火力発電プラントにおける耐熱鋼の適用箇所

2.2. 長時間強度予測技術の開発目標

プラント用耐熱鋼は10万時間(約11年)のクリープ破断強度で設計されるため、長時間の高温・高圧環境下での材料組織変化を予測し、組織から強度を予測する技術の革新的高度化が必要である。また、開発合金の強度を短時間で評価し、実用化時期を早めるためには、長時間クリープ強度を精度高く予測する必要がある。したがって本研究では新しい評価技術の導入とその確立を図り、クリープ破断強度および変形挙動のデータベースの蓄積と、これらを用いた長時間強度予測プラットフォームを構築し、高精度の長時間クリープ強度予測技術を開発する。

継手において、フェライト系耐熱鋼ではほぼ不可避と考えられてきたType IV型損傷がほとんど生じていない結果も得た。現在、溶接高温割れ耐性を改善する目的で、化学成分の改良を進めている。

また、溶接継手の熱影響部組織を個々に抽出してクリープ試験を実施可能なSmall Punch Creep試験装置の開発、さらには熱影響部内各組織の変化状態を自由エネルギーとして数値化し、定量評価が可能な組織自由エネルギー法により、Type IV型損傷の発生機構がほぼ解明でき、Bを多く含有しない成分でも、図4に示すように、溶接に先行して特殊熱処理を加えることでType IV損傷の発生を抑制できる技術の目処も得られている。

3. これまでの研究進捗と成果

3.1. 溶接継手特性に優れた650℃、100MPa級フェライト系耐熱鋼

図3に示すように、9%Cr-3%W-NbV-低N-高B鋼の開発により、中間目標である650℃で3万時間において100MPaのクリープ破断強度を実現できる目処を得た。また、同材の溶接

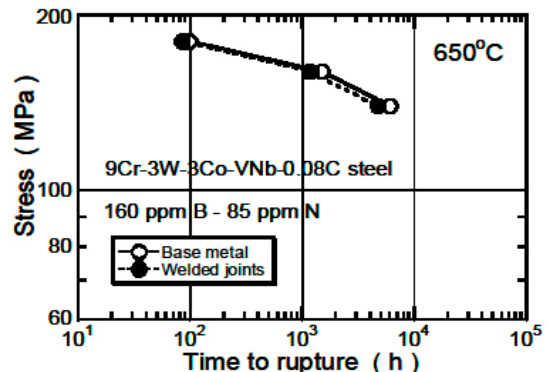


図3. 9Cr-W-B鋼のクリープ破壊強度

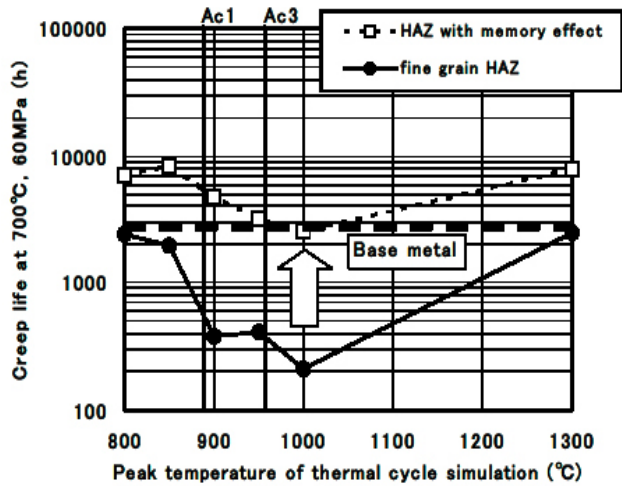


図4. 特殊熱処理による Type IV 損傷抑制効果

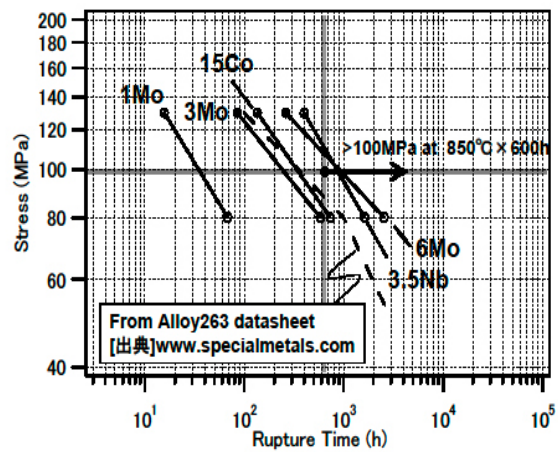


図6. Ni 基合金のクリープ破断強度におよぼす Mo の効果

### 3.2. 700°C、100MPa オーステナイト系耐熱鋼

オーステナイト系耐熱鋼の低応力下でのクリープ強化には熱力学的に平衡な析出相を粒内および粒界に適切に導入する合金設計が重要である。本研究では、700°Cにおいて従来に無い2種類の金属間化合物(TCP相とGCP相)が安定に生成する合金組成を設計し、図5に示すごとく短時間側でのGCP相による粒内析出強化と長時間側でのTCP相による粒界析出強化がそれぞれ異なる時期に発現し、クリープ歪みが加速域においても遅滞する化合物強化型耐熱鋼の試作・評価を進めている。また、鋼材の強度が高くなるため、溶接継手の強度が不安定にならないよう、高強度溶材を使用した継手のクリープ強度評価を進めている。

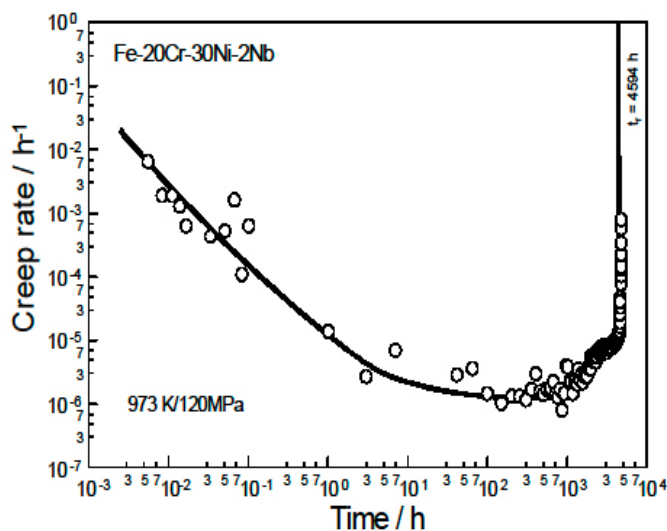


図5. TCP と GCP 析出によるオーステナイト耐熱鋼クリープ速度抑制効果

### 3.3. 750°C、100MPa 級 Ni 基合金

現在、タービン用材料として使用されている Alloy 263 合金をベースに、クリープ延性を考慮した Ni 基合金を試作評価中である。特に  $\gamma'$  相を強化析出相として活用し、Nb,Mo,Co の影響を系統的に探索した。その結果、一部の合金で、図6に示すように中間目標である3万時間、100MPaの獲得に目処を得た(850°C温度加速クリープ試験による推定値)。今後、さらに析出相の安定化や破断延性向上の可能性を探索して、最終的に10万時間の強度100MPa以上を達成可能な合金設計指針提示に向けて開発を進める。

また、Ni 基合金の接合は、特に厚肉の配管部材において、通常の溶接技術の適用が困難と想定される。本研究では液相拡散接合の適用を

開発材料に適用し、3% Mo の探索鋼において安定した母材破断と約30%の室温破断延性が得られ、実用可能な接合技術の目処を得ることが出来た。

### 3.4. 高精度長時間強度予測技術の開発

#### 3.4.1 組織変化の定量化を含む強度予測技術

特に高密度転位組織変化を形成する全ての隣接結晶方位の変化の指標となる粒界性格を追跡する「結晶粒界性格」診断技術を、実プラントでの経年使用材料をモデルとして開発している。また、組織変化との対応が現れやすい「極低歪み速度域」における変形挙動をコイル形状の試験片を用いて高精度で測定できるバネクリープ試験法を開発し、組織変化との関係解明を進めている。こうした組織の数値化技術を新たに開発することで、長時間の変形挙動を推測するクリープ変形モデル(CDM)を高精度化することが可能であり、現在継続して組織定量化とモデル化を進めている。

#### 3.4.2 クリープ破断曲線の高精度予測技術

クリープ破断曲線はクリープ変形の支配因子が時間、温度によって随時変化すると推定されている。そこで、破断曲線個々の時間、温度領域を各個に区分し、精度の高い「クリープ破断曲線領域区分法」を開発中である。また、クリープ特性は部材の曝される環境、合金の生産時の化学成分または熱処理のばらつきなどによっても大きく影響を受ける。こうした実使用環境におけるクリープ変形への影響因子を個別に抽出して、それぞれを定量的に評価することも、高精度強度予測、さらには合金設計指針提示において必要不可欠の課題である。本研究

は、実際に設計指針を提示するモデル合金の実用上における強度の変動の可能性と、それらを誘引するナノ組織因子の解明を同時に進め、実際の発電プラントが持つ安全裕度を含めて、材料の高強度化指針提示に活用し、寿命誤差を100% (寿命10万時間の最大誤差が10万時間) から20% (同2万時間以内) へと格段に低減した、Factor of 1.2 の高精度クリープ強度予測技術を目指す。

### 3.4.3 実用環境におけるクリープ変形の直接観察技術

本務研究では陽電子消滅寿命測定法を用い、クリープ変形中に高温で直接測定できる装置および解析技術の開発を進めている。図7に装置の概念図を示す。測定結果は従来にない組織変化定量パラメータとして、強度予測技術の高精度化に適用するとともに、合金開発にもフィードバックし、設計指針提示にも活用する予定である。

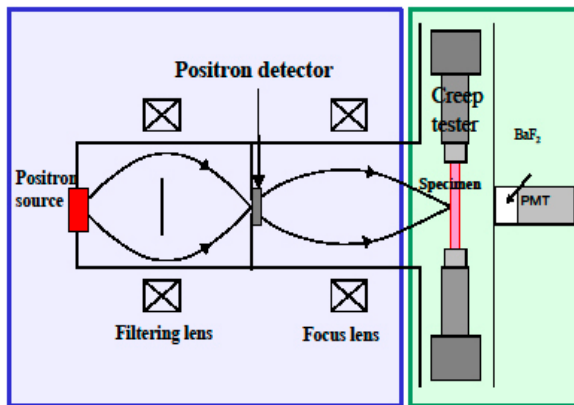


図7. 陽電子消滅時間測定法を用いたクリープ試験時のin-site組織計測法

### 3.4.4. 高精度強度予測のためのデータベース構築とプラットフォームの構築

以上に述べた新計測技術によるクリープ破断強度および変形挙動のデータベースと従来の多くの蓄積されたデータの整合性を考慮し、これまでにプラットフォーム構築に有効なデータベースを選定すると共に、欧州クリープ委員会(ECCC)における解析法(PD6605<sup>3)</sup>)について検討し、鋼種/データベースによっては経済産業省SHC委員会で

の解析値と同等の結果が得られることを明らかにした。今後、プラットフォームの構築と最適化を進め、開発合金の強度予測精度向上に活用していく予定である。

## 4. まとめ

700℃級石炭火力発電プラントの実現に必要な耐熱鋼開発と強度予測技術を各種技術を多面的に活用し、総合的に合金設計指針の提示および予測技術開発を進め、上述の成果およびプロジェクト目標達成の目処を得るに至った。

### 参考文献

- 1) 渡辺和徳: 第22回環境工学連合講演会「地球温暖化対策—省エネルギー技術による貢献」、平成20年4月15日、日本学会議講堂。
- 2) 日本機械学会、「700℃級超々臨界圧(A-USC)発電技術に関する調査研究分科会」成果報告書、P-SCD353、(2007.12)
- 3) British Standards Institution; Guidance on methodology for assessment of stress-rupture data (PD 6605-1, 1998)

## 活動報告

### ■ 非鉄材料研究部

#### 「革新的高強度マグネシウム合金用射出成形技術に関するフィージビリティスタディ」

財団法人 機械システム振興協会が公募した「平成20年度総合システム調査開発事業」に係るフィージビリティスタディのテーマとして、JRCMが提案した「革新的高強度マグネシウム合金用射出成形技術に関するフィージビリティスタディ」が平成20年4月23日に開催された総合システム調査開発委員会での審議を経て選定されました。地球温暖化対策(二酸化炭素排出削減)のために自動車の軽量化が強く求められており、実用金属の中で最も軽いマグネシウムが注目されていますが、従来のマグネシウ

ム合金はアルミニウム合金に比べて機械的強度の点で優位性が少ない点が問題となっています。本テーマは現在、世界で最も機械的性質が優れている熊本大マグネシウム合金専用のビレット方式の射出成形機をユニオンパーツ工業(株)と協力して開発するもので、具体的な内容は以下の通りです。(1) 熊本大マグネシウム合金ビレット方式射出成形機の開発: ビレット方式の射出成形機として唯一製品化されているソディックプラスチック製のビレット式成形機(Mg-PLUS)の射出部と溶解部を改造して、空気の巻き込み、酸化物の発生とその巻き込み等を防ぐ工法を開発します。(2) ビレット方式射出成形用熊本大マグネシウム合金の開発: 現在開発されている熊本大マグネシウム合金を基に、ビレット方式射出成形に適

した合金成分を開発します。

(3) 熊本大マグネシウム合金製ビレット方式射出成形品の可能性検証: 開発するビレット方式射出成形機で作製した熊本大マグネシウム合金製品の機械的性質、欠陥発生状況(巣、気泡巻き込み、酸化物巻き込み、湯ジワ)を評価し、ビレット方式射出成形機と熊本大マグネシウム合金製ビレット方式射出成形品の自動車部品等への実用化可能性を検証します。

### ● 人事異動

平成20年6月18日付

畑中 耕一

[新] 退職

[旧] 参与・総務企画部長

総務課長、会計課長、  
産学官連携グループ長

The Japan Research and Development Center for Metals

JRCM NEWS / 第261号

内容に関するご意見、ご質問はJRCM総務企画部までお寄せください。  
本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用しています。  
本書の内容を無断で複製・複製・転載することを禁じます。

発行 2008年7月1日

発行人 小紫正樹

発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター

〒105-0003 東京都港区西新橋一丁目5番11号 第11東洋海事ビル6階

T E L (03)3592-1282 (代) / FAX (03)3592-1285

ホームページ URL <http://www.jrcm.or.jp/>

E-mail [jrcm@oak.ocn.ne.jp](mailto:jrcm@oak.ocn.ne.jp)