

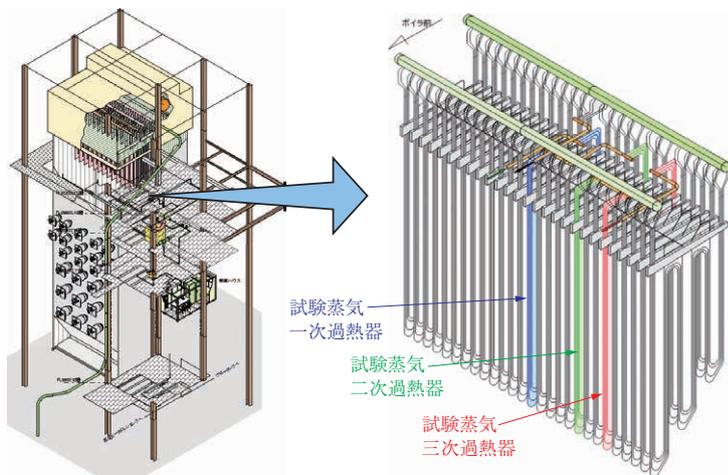
Ni 基合金が拓く 高効率な発電ボイラへの道

600℃ 級超々臨界圧 (USC) から 700℃ 級先進超々臨界圧 (A-USC) へ

石炭焚き発電ボイラにおける CO₂ 排出削減に向けた取り組みのなかで、経済性に優れた対応として、温度が 700℃ 超の蒸気を発生させて発電の高効率化が図れることを実証する試験を実施している。

株式会社 IHI
エネルギー・プラントセクター
エネルギーシステムセンター
ボイラプロジェクト統括部

室木 克之



左：既設ボイラおよび実在試験設備鳥かん図、右：実在試験用伝熱面構成



700℃級過熱器炉内状況

地球環境負荷低減に有効な A-USC 発電ボイラ

東日本大震災後、調達上の地政学的リスクが低く、経済性にも優れた石炭燃料を使用する石炭火力発電が、エネルギーセキュリティーのニーズ（エネルギー供給源を分散させる観点など）から、安定電源として再認識されつつある。

一方、化石燃料のなかで発電量当たりの CO₂ 排出量が相対的に大きい石炭火力発電においては、地球環境負荷低減（温室効果ガス排出削減）のため、CO₂ の回収・貯留（CCS）やバイオマス混焼といったさま

ざまな取り組みが進められている。そのなかで、経済性を確保しつつ、CO₂ 排出量を削減する手段として、熱効率の向上（少ない投入熱エネルギーで同程度の電力が得られること）が効果的であるとされている。

既存の石炭火力発電設備を高効率化するためには、タービン入口（ボイラ出口）蒸気をさらに高温・高圧化する必要がある。従来、600℃ 級であったタービン入口蒸気温度を 700℃ 級まで上げることで、送電端での発電効率を相対値で 10% 程度上昇させることが可能となる（CO₂ 排出量で 10% 程度の削減に相当）。

蒸気の高温化による効率向上は、従来技術の延長で対応できるため、実用化の観点からほかのCO₂削減に向けての取り組みと比較して、開発項目が少ないといったメリットがある。また、従来ボイラと同様に、幅広い燃料性状にも対応可能で、燃料面からの制約が少ない特長がある。

実缶試験の取り組み

このような背景から長期的な視野に基づき、国内電力会社の次期新設・既設石炭火力発電所のリプレース（更新）を念頭に、商業機における700℃級実証試験ループ（デモプラント）を設置しての、実缶試験（事実上の実証試験）を目指した取り組みをすでに進めている。本取り組みは、その開発規模の大きさから、国家プロジェクトとして国内各ボイラ、タービン、材料メーカーが中心となり2008年に開始し、2014年からは電力会社も開発推進体制にアドバイザーとして参画している。

2014年12月、国家プロジェクトのメンバーで選定した株式会社シグマパワー有明の三川発電所（福岡県、石炭焚きボイラはIHI納入）にデモプラントを据え付け、試運転を経て、2015年5月に実缶試験を開始した。

700℃級石炭焚きボイラ実現に必要な開発項目

700℃級石炭焚きボイラの実現に当たり、まず必要となるのが、実績のある高温材料の600℃での許容引

張応力と同程度の許容引張応力を700℃超の条件で有する高温材料の開発である。従来の600℃級ボイラは9Cr鋼を開発することで実現されてきた経緯があるが、700℃級となると従来ボイラでは経験がない。このため、高温・高圧下においてこれまで使用実績のないNi基合金材料の開発が必須となる。

また、Ni基合金を使用するうえで、構造面の検討、製造加工技術の確立および運転中の保守管理といった面についても課題となる。そのため、こういった開発課題に対する検討項目・対策を明確にし、材料評価を中心とした基礎的な要素試験は国家プロジェクトで実施し、それ以外は各社の独自開発として取り組んでいる。

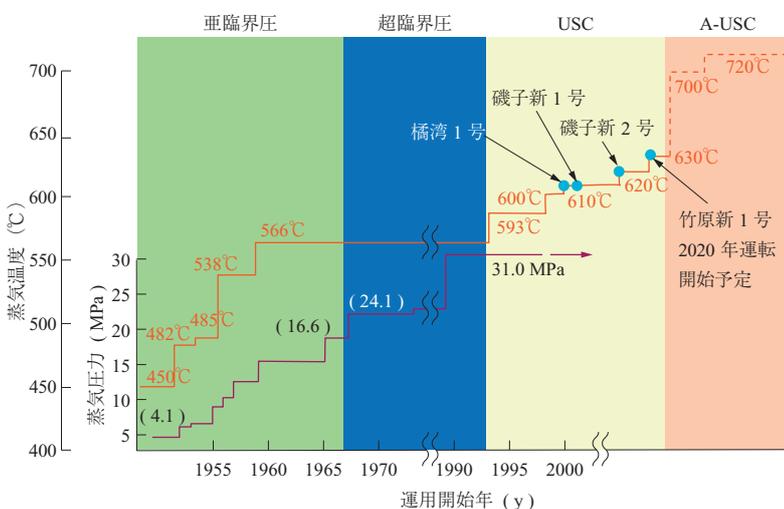
Ni基合金をベースとした各種ボイラ候補材料の開発に当たっては、強度、延性、加工性など、各材料の特徴を考慮し、材料試験を実施している。ただし、Ni基合金は非常に高価な材料であるため、コスト競争力の観点から、適用部位を最小化し、適切な材料選定を行うことが設計上のポイントとなる。

Ni基合金特有の課題としては、

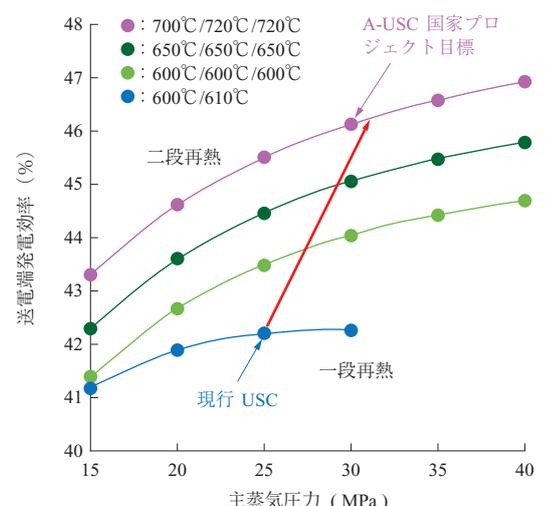
- ・ 素材が硬く、溶接割れが発生しやすい
- ・ 熱膨張率が高く、熱応力の設計上の配慮が必要
- ・ 非常に高価な材料

などがある。

Ni基合金を使用したボイラ耐圧部の製作は、新たな加工技術および溶接技術の確立が必要となる。IHIでは、各ボイラ候補材料に対して、

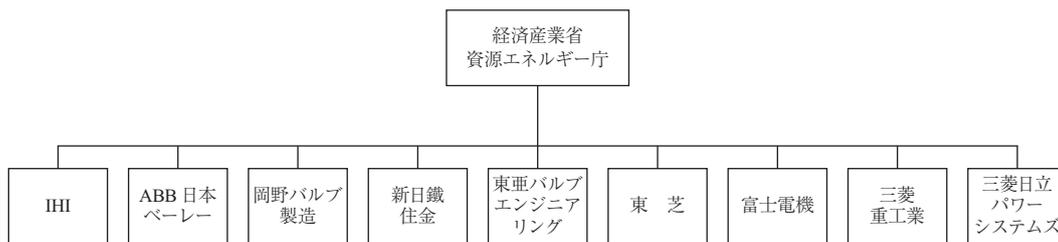


蒸気条件の変遷



各蒸気条件での送電端発電効率

(注) ・ 一段再熱では2種類、二段再熱では3種類の圧力の異なる蒸気を扱う。
 ・ 図中の温度は、それぞれの蒸気の温度を示す。



(注) 電力会社(中部電力, 電源開発)はアドバイザーとして参画
700℃級実証試験に向けた国家プロジェクト体制

		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
システム設計		システム設計・経済性									
ボイラ技術	材 料	高温大径管・伝熱管材開発									
	製造・加工	長時間クリープ試験									
タービン技術	材 料	材料試験・試作									
	製造・加工	溶接・曲げ加工									
タービン技術	材 料	材料試験・試作									
タービン技術	材 料	ロータ・ケーシング・ボルト材開発									
タービン技術	材 料	長時間クリープ試験									
高温弁技術	材 料	材料試験・試作									
ボイラ・タービン実証試験	材 料	試験計画 製作 試験									

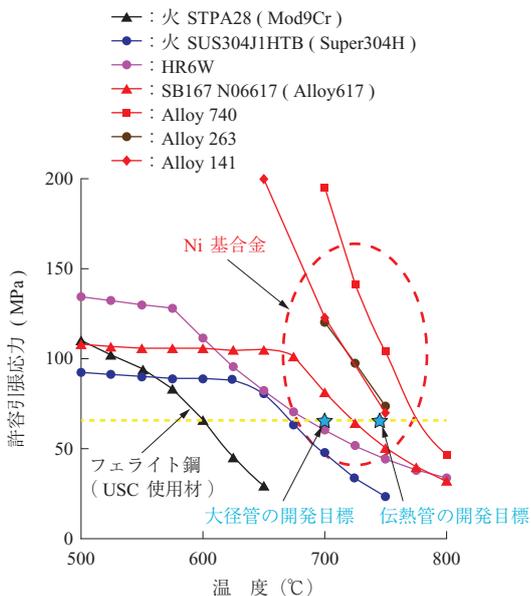
国家プロジェクトスケジュール

- ・ 曲げ/切削加工性の確認
 - ・ 熱処理条件の確立
- を実施し、健全性を確認している。
また、溶接技術についても
- ・ 同材, 異材の溶接性の確認
 - ・ 熱処理条件の確立
 - ・ 溶接部の機械的性質の確認
 - ・ 溶接部のクリープ強度の確認
- を実施し、健全性を確認している。

デモプラントの検証を経て実用化を目指す

前述のとおり、実証試験用デモプラントでは 2015 年 5 月から 700℃ 超の蒸気を発生させ、700℃ での 10 000 h の運転時間達成を目標に試験を継続している。

700℃ 級発電ボイラを実現するためにはさまざまな課題があり、お客さまの要求を踏まえた対応が必要となるだけでなく、100 000 h の材料試験を継続する必要がある。それゆえ、全ての試験結果がそろうまでに時間が掛かり、実現までの道りは長いのが実情である。



各材料の許容引張応力比較



高周波曲げをした Ni 基合金大径管



Ni 基合金過熱器管管寄せ



Ni 基合金再熱器管管寄せ



IHI 相生工場で溶接した 700°C級実証試験ループ



株式会社シグマパワー有明
三川発電所で稼働している 700°C級実証試験用設備



700°C級実証試験ループ据付状況

しかし、新材料開発のプロセスのなかで新たな知見を得るなど、主な課題についてはほぼ解決のめどを付けることができた。また、新材料で製作されたデモプラントの現地据え付けは、既設ボイラが IHI 製品であったこともあり、IHI グループが執り行うなど、IHI グループの技術力を結集して実証試験に貢献している。

700°C 級の実用化に向けては、ヨーロッパ、アメリカ、中国、インドなどボイラ、タービンメーカーを有する各国で取り組まれている。しかし、実用化達成については世界でもまだ例がなく、現時点で実証の試験を進めている日本がリードしていると自負している。

また、日本国内においても、石炭火力発電所の老朽

化が進行しており、次世代石炭焚き火力発電に向けた既設石炭焚きのリプレース用として、700°C 級の高温蒸気条件が採用されることが期待される。

IHI は 700°C 級 A-USC 発電ボイラの実用化を目指して開発を続けていく。

問い合わせ先

株式会社 IHI

エネルギー・プラントセクター

営業・マーケティングセンター

国内営業部

電話 (03) 6204 - 7414

URL : www.ihico.jp/