

平成24年度 事業原簿（ファクトシート）

作成日：平成24年4月1日作成
更新時期：平成25年7月 現在

制度・施策名称	－	
事業名称	高効率石炭火力発電への適用に向けたフェライト系耐熱鋼の評価試験事業	PJコード：P12011
推進部	電子・材料・ナノテクノロジー部	
事業概要	<p>600～625℃級超々臨界圧（以下、「USC」という。）火力発電プラントに適用可能な高い強度特性を有するフェライト系耐熱鋼（以下、「高強度フェライト系耐熱鋼」という。）の国際標準化を促進し、早期普及を図ることを目的として、素材製造、実機使用条件での長時間クリープ試験等の検証試験データを取得する。さらに、クリープ劣化損傷の検出による寿命予測を行い、信頼性評価技術の高精度化を図る。また、国際標準化を効率的に推進するための戦略的なシナリオ及び体制づくりを行う。</p> <p>本事業では、高強度フェライト系耐熱鋼を対象に下記研究開発項目①、②を実施する。</p>	
	<p>研究開発項目①：フェライト系耐熱鋼の強度評価試験</p> <p>（1）高強度フェライト系耐熱鋼の最適化、検証試験データの収集および素材製造・試験体の製作</p>	
	<p>研究開発項目②：フェライト系耐熱鋼の信頼性評価試験及び標準化に向けた戦略的シナリオの策定</p> <p>（1）クリープ損傷の検出および寿命予測技術の高精度化</p> <p>（2）国際標準化に向けた戦略的シナリオの策定</p>	
事業規模	事業期間：平成24年度	
	契約等種別：委託（NEDO負担率100%）、助成（助成率2/3）	
	勘定区分：エネルギー需給勘定 [単位：百万円]	
		H24年度（実績）
	220	220
	144	144
1. 事業の必要性		
<p>国内の二酸化炭素排出量の3分の1以上を占める火力発電設備の高効率化は我が国のエネルギー政策や世界規模での温暖化対策の観点から重要かつ喫緊の課題である。中でも火力発電設備の高効率化を実現するためには、より高温、高圧の操業条件に対応可能なクリープ破断強度を一段と高めた耐熱鋼の開発が不可欠である。特に近年のエネルギー事情を反映し、最新鋭のUSC火力発電プラントに適用可能な優れた強度特性を有する耐熱鋼に対する需要が高まっている。</p> <p>独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として、平成19年度から平成23年度にかけて「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発プロジェクト」を実施し、次世代の700℃級先進的超々臨界圧（A-USC）の高効率火力発電プラントに適用可能な高強度耐熱鋼の研究開発を行い、強度レベルの異なる3つのタイプ、フェライト系耐熱鋼、オーステナイト系耐熱鋼及びNi基系耐熱合金において世界最高の強度を実現する新たな材料設計指針を構築した。なかでも、フェライト系耐熱鋼については、USC火力発電プラントにおいても運用上極めて有利な特性（超高強度、低熱膨張、高熱伝導率等）を有することが確認された。</p> <p>新しい高性能な耐熱鋼を世界的にオーソライズされた材料として早期に普及させるには、火力発電プラント用材料として長時間の使用に耐えうる強度特性を有することを高い精度で実証し、適切な機関を通じた国際標準化を進めることが必要である。また世界に先駆けて国際標準</p>		

<p>化を進めることで、新興国等での電力インフラ事業に材料技術を提供することが出来るなど、関連産業の発展に大きく貢献することが期待できる。</p>
<p>2. 事業の目標、指標、達成時期、情勢変化への対応</p>
<p>①目標</p> <p>U S C火力発電プラントに適用可能な高い強度特性を有する高強度フェライト系耐熱鋼の国際標準化を促進し、早期普及を図ることを目的として、素材製造、実機使用条件での長時間クリープ試験等の検証試験データを取得するとともに、クリープ劣化損傷の検出による寿命予測を行い、信頼性評価技術の高精度化を図る。また、国際標準化を効率的に推進するための戦略的なシナリオ及び体制づくりを行う。</p>
<p>②指標</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実機使用条件におけるクリープ特性データを取得し、10万時間の予測破断強度が625℃、100MPa以上であることを示す。 ・国際標準化に向けて取得したデータを整備し、標準化の申請及び登録の目途を得る。
<p>③達成時期</p> <p>平成24年度 (本事業終了後に標準化を申請し、平成26年度末までの登録を目指す。)</p>
<p>④情勢変化への対応</p> <p>事業の進捗によって国際標準化や実用化スケジュールに影響が生じると判断された場合、実施体制の変更等を検討する。</p>
<p>3. 評価に関する事項</p>
<p>①評価時期</p> <ul style="list-style-type: none"> ・毎年度評価：平成25年7月 外部有識者へのヒアリングを実施 ・事後評価：なし
<p>②評価方法（外部評価又は内部評価、レビュー方法、評価類型）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・毎年度評価：内部評価

平成24年度 事業評価書

平成25年9月26日作成

制度・施策名称	-	
事業名称	高効率石炭火力発電への適用に向けたフェライト系耐熱鋼の評価試験事業	PJコード：P12011
推進部	電子・材料・ナノテクノロジー部	
0. 事業実施内容		
<p>600～625℃級超々臨界圧（以下、「USC」という。）火力発電プラントに適用可能な高い強度特性を有するフェライト系耐熱鋼（以下、「高強度フェライト系耐熱鋼」という。）の国際標準化を促進し、早期普及を図ることを目的として、素材製造、実機使用条件での長時間クリープ試験等の検証試験データを取得するとともに、クリープ劣化損傷の検出による寿命予測を行い、信頼性評価技術の高精度化を図った。また、国際標準化を効率的に推進するための戦略的なシナリオ及び体制づくりを行った。具体的には、高強度フェライト系耐熱鋼を対象に下記研究開発項目①、②を実施した。</p> <p>研究開発項目①（助成）：フェライト系耐熱鋼の強度評価試験 （1）高強度フェライト系耐熱鋼の最適化、検証試験データの収集および素材製造・試験体の製作 高強度フェライト系耐熱鋼の国際標準化や実用性の検証に必要な各種特性の評価試験データの収集を目的とした試作、試験を行う。</p> <p>研究開発項目②（委託）：フェライト系耐熱鋼の信頼性評価試験及び標準化に向けた戦略的シナリオの策定 （1）クリープ損傷の検出および寿命予測技術の高精度化 実機使用条件を模擬したクリープ破断および未破断の試験片を対象に金属組織の劣化損傷を検出し、最適な寿命予測法による評価、解析を行い、寿命評価技術の高精度化に資する。またこれらデータの取得及び解析を行い、高強度フェライト系耐熱鋼が625℃、10万時間、100MPaの強度を満足することを学術的根拠と合わせて裏付ける。</p> <p>（2）国際標準化に向けた戦略的シナリオの策定 本事業の運営管理を行うワーキンググループを設置し、国際標準化に向けた戦略的な体制とシナリオを検討する。</p>		
1. 必要性（社会・経済的意義、目的の妥当性）		
<p>東日本大震災以降、国内のエネルギー政策が見直され、原子力へのエネルギー依存度が縮減していく方向の中で火力発電の重要性は増大している。さらに我が国では高度成長期に建設された基盤インフラの多くが計画寿命を迎え、適切な更新、あるいは部分補修が課題となっている。そのような中、エネルギー・電力安定供給の観点から燃料のベストミックスとCO₂排出削減の両立が必要であり、中でも我が国が世界トップレベルの技術を保有する高効率新型発電プラントの導入と安定的な稼働は、国際的にもCO₂排出削減の先導的な役割を果たすものとして期待されている。</p> <p>火力発電プラントの高効率化を実現するには、高温、高圧で長時間使用できる耐熱材料が不可欠であり、熱応力軽減のために熱膨張係数が低く熱伝導率の高いフェライト系耐熱鋼が使用されている。しかし、標準的に使用されている既存のフェライト系耐熱鋼では溶接継手部の局所的なクリープ強度低下現象であるType-I V損傷による早期破断の問題が解決しておらず、最新鋭の高効率火力発電プラントでの使用にはさらに強度特性に優れたフェライト系耐熱鋼が望まれている。</p> <p>独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が平成19年度から平成23年度にかけて実施した「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発プロジェクト」では、次世代の700℃級先進的超々臨界圧（A-USC）の高効率火力発電プラントに適用可能な高強度耐熱鋼の研究開発を行い、強度レベルの異なる3つのタイプ、フェライト系耐熱鋼、</p>		

オーステナイト系耐熱鋼及びNi基系耐熱合金において世界最高の強度を実現する材料設計指針を獲得した。なかでもフェライト系耐熱鋼については、Type-I V損傷の発生を克服するなど、現在の高効率火力発電プラントにおいても運用上極めて有利な特性を有することが確認された。

新しい高性能な耐熱鋼を世界的にオーソライズされた材料として早期に普及させるには、火力発電プラント用材料として長時間の使用に耐えうる強度特性を有することを高い精度で実証し、適切な機関を通じた国際標準化を進めることが必要である。また世界に先駆けて国際標準化を進めることで、新興国等での電力インフラ事業に材料技術を提供することが出来るなど、関連産業の発展に大きく貢献することが期待できる。

2. 効率性（事業計画、実施体制、費用対効果）

①手段の適正性

本事業はUSC火力発電プラントに適用可能な高強度フェライト系耐熱鋼の国際標準化を促進し、早期普及を図ることを目的としている。

本事業の助成先（新日鐵住金株式会社）は耐熱鋼鋼管の製造実績が豊富であり、本事業を確実に遂行し、事業終了後も計画に基づいて実用化に向けた検討を遂行する能力があると判断される。また、本事業の委託先（新日鐵住金株式会社、九州大学、京都大学）はいずれも「鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発」に参画した経験を有しており、高強度フェライト系耐熱鋼のクリープ損傷の検出および寿命予測に関し、高い技術力を保有している。また、委託事業の再委託先（電力中央研究所、物質・材料研究機構）はボイラ・圧力容器規格において世界的に権威の高い米国機械学会（以下、「ASME」という。）の標準化に豊富な経験を有しており、参画が必要である。標準化を確実に進めるため、企業がリーダーシップをとって各事業者が密に連携する実施体制を取っており、事業目的に照らし合わせて適切と判断される。また、事業期間を1年間としたことは、予算の効率的な運用と成果の早期普及を目指したものであり妥当である。

②効果とコストとの関係に関する分析

本事業の実施によって国際標準化を早期に実現させることで、高強度フェライト系耐熱鋼の実用化が加速されることが期待できる。2020年以降、高効率火力発電プラントの新規建設需要が国内外で30基あると仮定した場合、フェライト系耐熱鋼は約144億円の市場規模があると予測できる。また高性能な高強度フェライト系耐熱鋼が普及することで、世界トップレベルにある国内発電プラントメーカーの火力発電技術の向上に貢献し、新興国への電力インフラ事業の進出など国内産業競争力の強化に繋がることを期待できる。

3. 有効性（目標達成度、社会・経済への貢献度）

1. 目標達成度

1-1. 事業の成果について

研究開発項目①、②において以下の実績を得て本事業の目標は達成した。

研究開発項目①：フェライト系耐熱鋼の強度評価試験

（1）高強度フェライト系耐熱鋼の最適化、検証試験データの収集および素材製造・試験体の製作

- a) 国際標準化（ASMEボイラ・圧力容器規格）への申請に向け、高強度フェライト系耐熱鋼の成分範囲を最適化し、母材、溶接継手の室温及び高温特性やクリープ特性のデータを整備した。
- b) 実機製造性や加工性、溶接性、データの再現性等、実用面での性能が既存の耐熱鋼と同等以上であることを確認した。
- c) 高強度フェライト系耐熱鋼の長時間のクリープ破断強度をASME法や領域区分法といった最新の寿命予測法によって推定し、予測破断強度が625℃、10万時間、100MPa以上であることを確認した。

研究開発項目②：フェライト系耐熱鋼の信頼性評価試験及び標準化に向けた戦略的シナリオの

策定

(1) クリープ損傷の検出および寿命予測技術の高精度化

- a) 実機使用条件を模擬した内圧クリープ試験の試験体、試験条件を設定して高強度フェライト系耐熱鋼の試験を実施し、クリープ強度低下の問題となるType-IV損傷の発生がないことを実験的に検証した。
- b) 転位密度パラメータや組織境界長さの時間変化を陽電子消滅寿命測定法及び局所方位解析法に新たな劣化診断パラメータとして導入し、寿命予測技術を高精度化した。またこれらを母材、溶接継手の強度予測に適用し、Type-IV損傷が発生する可能性がないことを予測し、目標強度達成の評価に繋げた。

(2) 国際標準化に向けた戦略的シナリオの策定

- a) 助成事業との共同ワーキンググループを設置し、ASMEボイラ・圧力容器規格の許容応力の算定手法やデータパッケージに必要なデータ種類等を検討し、標準化の申請に向けた第一次データパッケージを作成した。
- b) ASMEボイラ・圧力容器規格委員会のCode Weekや関連する国際会議に参加し、高強度フェライト系耐熱鋼の認知度向上を図ると共に、標準化の申請に必要な技術データの最新情報を収集し、データパッケージの作成に反映した。

1-2. 事業成果の今後の見通し及び取り組みについて

事業期間は実質的に1年未満の短期間であったが、事業者によって許容応力の算定、クリープデータの取得、強度予測法の高精度化等が精力的に進められ、USC火力発電プラントに適用可能なフェライト系耐熱鋼の国際標準化を早期に実現できる目途を得た。

本事業終了後、助成事業者によってデータパッケージがさらに拡充され、ASMEボイラ・圧力容器規格委員会へ申請される予定である。計画では本事業を実施しなかった場合と比較し、標準化の申請が約2年前倒しされ、平成25年11月以降に開始される予定である。その後、審議を経て平成26年度末には標準化を実現できる見込みである。

また本事業では、高強度フェライト系耐熱鋼の実機製造性や加工性、溶接性、データの再現性等の実用面での性能も既存の耐熱鋼と同等以上であることが確認されており、標準化への取り組みと並行して実用化に向けた取り組みも助成事業者において継続的に実施される。

2. 社会・経済への貢献度

世界的に権威のあるASMEボイラ・圧力容器規格での標準化が完了すれば、オーソライズされた耐熱鋼として火力発電プラントの建設や立て替え補修での使用が可能となり、我が国鉄鋼業が世界市場での優位性を確保することが期待できる。また、本事業成果の普及は国内発電プラントメーカーの火力発電技術の向上にも貢献し、新興国への電力インフラ事業の進出など国内産業競争力の強化に繋がることが期待できる。

本事業成果の普及により、主蒸気温度625℃で操業可能な高効率火力発電プラントが設計された場合、既存の600℃級火力発電プラントに対して発電効率を42%から44%へ向上することが期待できる。これにより、1000MW級の発電所一基あたり年間約19万tのCO₂削減効果が期待できる。

4. 優先度（事業に含まれるテーマの中で、早い段階に、多く優先的に実施するか）

特記事項なし。

5. その他の観点（公平性等事業の性格に応じ追加）

特記事項なし。

6. 総合評価

①総括

国内の最新鋭の石炭火力発電プラントは高効率の操業条件（主蒸気圧力26MPa、蒸気温度600～610℃、発電効率42%）での稼働を実現しており、我が国の技術は世界トップレベルにあるが、その実現には耐熱材料のブレークスルーが重要な役割を果たしてきた。

本事業では、新たに開発された高性能な高強度フェライト系耐熱鋼の早期普及を実現するため、国際標準化を促進することを目的に火力発電プラント用材料として長時間の使用に耐える強度特性を有することを高い精度で実証し、ASMEボイラ・圧力容器規格での標準化に向けたデータを整備した。実質的な事業期間は1年未満という短期間でありながら、高性能なフェライト系耐熱鋼の標準化を早期に実現できる目途を得たことは、予算の効率的な運用と成果の早期普及の点においても意義は大きい。また、本事業の対象である高強度フェライト系耐熱鋼の標準化が完了すれば、オーソライズされた材料として火力発電プラントの建設や立て替え補修で使用可能となり、我が国鉄鋼業が世界的な市場での優位性を確保することが期待できる。

世界の発電電力量のおよそ40%は石炭火力発電に依存しており、中でも中国、インドにおける石炭火力発電の割合は高い。高度な技術レベルでの耐熱材料の開発を基盤として、我が国が優位性を持つインフラ技術をこうした新興国へ展開することは、国内製造業の国際競争力の強化だけでなく、世界的なCO₂排出削減への貢献が期待できることから、本事業の社会的・経済的意義は大きい。

なお、事業評価書及び実施意義等について外部有識者へヒアリングを実施し、下記のようなコメントを頂いた。

事業評価書に関するコメント

Type IV損傷の発生がない高強度フェライト鋼の開発は、USC火力プラントへの適用に対して有効であり、早期の普及が期待される。クリープデータの整備ならびに実機製造性、加工性の確認が行われ、目標が達成されており、今後の標準化、国際規格化への取り組みが継続して実施されることを期待する。実用化に向けては、溶接材料のマッチングも含めた実用面での性能評価が必要であり、継続した取り組みが必要と考える。

実施意義等に関するコメント

原発の稼働の問題から、火力発電の重要性は増しており、その高効率化は急務である。次世代700℃級A-USC発電プラントの開発に期待がかかるが、実用的にはコストも課題である。その観点でも高強度フェライト鋼の開発は有意義であり、直近での620℃、650℃級火力発電プラントへの適用が期待できる。さらに、現行の温度においても、板厚の低減などのコストダウンにも貢献できる。海外プラントにおける高温化も含め、日本の技術を世界に示す意味でも本PJの意義は高いと考える。

また、実用化に重要なASMEの標準化が約2年前倒しできる見込みとなった意義は大きい。

②今後の展開

平成24年度事業としての目標は達成し、事業を終了する。今後、助成事業者を中心に高強度フェライト系耐熱鋼の標準化と実用化への取り組みが継続的に推進されることが見込まれる。事業終了後、企業における実用化・事業化については企業化状況報告などによる調査を行い、把握する。