

## 平成 2 1 年度実施方針

ナノテクノロジー・材料技術開発部

1. 件 名：プログラム名 エネルギーイノベーションプログラム・  
ナノテク・部材イノベーションプログラム  
(大項目) 鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発

## 2. 根拠法

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第 1 5 条第 1 項第 2 号及び第 3 号

## 3. 背景及び目的・目標

エネルギー資源の約 8 割を海外に依存する我が国にとって、これを効率的に利用すること、即ち、「省エネルギー」を図ることは、エネルギー政策上の重要な課題である。このため、更なる省エネルギー技術の開発・導入を進め、もって我が国におけるエネルギーの安定供給の確保を図ることを目的とした、エネルギーイノベーションプログラムの一環として実施する。

また、多様な連携（川上・川下産業の垂直連携、材料創製・加工の水平連携）による研究開発の推進により、当該市場のニーズに応える機能を実現する上で不可欠な高品質・高性能の部品・部材をタイムリーに提供し、または、提案することができる部材の基盤技術を確立することを目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環としても本プロジェクトを実施する。

鉄鋼材料の高機能化や長寿命化については、日本が最先端の技術力を維持し、世界を牽引してきた。しかし、エネルギー・インフラ分野で求められる極低温、腐食、高温・高圧など極限環境対応、輸送機器分野等での軽量化による高効率化、省エネルギー化、安全・安心等に向けて鋼材に対する社会的ニーズは、一段と高度化している。しかし、既存技術の延長ではこれらの課題に対処することが困難になってきている。

他方、近年の科学の進歩により、ナノスケールでの結晶組織制御、工業分野に応用しやすいレーザー発生など電子工学分野における各種の革新的技術、計算機科学の進歩による高度なシミュレーションなど、異分野の新科学・技術との融合による新たな材料技術革新の可能性も高まっている。

このため、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 技術開発機構」という。）は、産学の科学的知見を結集して鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤を構築し、これを産業技術へ繋げていくとともに、社会の共通基盤として情報の整備、提供を通じて、行政、産業界、地域住民等の間で科学的知見に基づいた正確かつ適切な認識の醸成を図る事業方針に基づき、以下のプロジェクトを実施する。

本プロジェクトの技術戦略マップ上の位置付けとしては、超長期エネルギー技術ビジョンにおいて、運輸分野の自動車軽量化、産業分野の素材・部材の高性能化、転換分野の超々臨界圧火力発電に該当する。また、部材分野とし研究開発項目では、安全・安心分野の建築材料、環境・エネルギー分野等の自動車用部材、プラント用部材ほかに該当する。

具体的には、高強度鋼、高機能鋼の実用化拡大の基盤となる（1）高級鋼厚板溶接部の信頼性・寿命を大幅に向上する溶接施工技術及び金属組織制御技術を基本とする溶接材料技術、（2）部材の軽量化を図るために強度、加工性等の最適傾斜機能を付与する機械部品鍛造技術の開発を行い、鋼構造物、

エネルギープラント等の高強度・高機能化・長寿命化、自動車等の更なる軽量化を可能とする。これにより、高度な省エネルギー社会を構築するとともに、日本製造業の国際競争力の更なる向上を図ることを目的とする。

鋼材の高強度化・利用技術及びその信頼性向上技術の開発により、プラント、構造物、自動車等に関する災害や事故から身体等の安全を確保する。具体的には共通基盤技術と実用化技術に分けて、下記の溶接技術と鍛造技術の2分野の技術開発を行う。

(中間目標：平成21年度、最終目標：平成23年度)

#### 【共通基盤技術】[委託事業]

研究開発項目① 高級鋼材<sup>\*</sup>の革新的溶接接合技術の基盤開発

(※高級鋼材とは、高強度鋼・低温用鋼・耐熱鋼の総称)

全体の最終目標 [予熱なしで980MPa以上の高級鋼(現状400MPa)の溶接を可能とする溶接技術と材料技術の基盤を確立する]

研究開発項目に対する個々の目標

##### 1) クリーンMIG溶接プロセス技術の開発

中間目標：溶接金属の含有酸素量：50ppm以下で無欠陥の安定した施工を確保する手法の明示

最終目標：25mm板厚でパス数半減、スパッタ発生率半減

##### 2) ファイバーレーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発

中間目標：板厚12mmの高強度鋼2パスすみ肉溶接継手の達成

最終目標：板厚25mmの高強度鋼多層突合せ継手、及びすみ肉継手をJIS1類の品質で形成する欠陥防止技術の開発

##### 3) 高強度鋼、低温用鋼厚板のための高強度・高靱性溶接金属の開発及び溶接継手信頼性評価技術の研究

中間目標：溶接割れのない高強度溶接金属組織の必要条件とクリーン溶接金属で高靱性が得られる溶接金属組織の必要条件明示。継手部残留応力と疲労強度の関係の定量化

最終目標：強度980MPaと靱性(-40℃で47J以上)を達成する要件を明示。継手部の残留応力適正制御技術、新溶接プロセス・新溶接金属による大型継手での破壊性能・信頼性評価技術確立

##### 4) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計指針提示と長時間クリープ強度予測法の開発

中間目標：溶接継手クリープ強度係数0.7以上、3万hクリープ強度100MPaの700℃級耐熱材料の合金設計指針の提示。溶接継手のクリープ特性と組織劣化パラメータをリンクできるプラットフォームの構築

最終目標：溶接継手クリープ強度係数0.7以上、10万hクリープ強度100MPaの700℃級プラント用耐熱材料の合金設計指針の提示。破断時間推定精度Factor of 1.2の高精度クリープ強度推定法の提案

##### 5) 溶接部水素侵入による低温割れ機構の研究

中間目標：単一の格子欠陥(空孔、転位、粒界等)を含む単純化された金属組織における格子欠陥と水素の相互作用エネルギーの定量化。メゾスケール(結晶粒数個~数十個レベル)での応力状態における水素の挙動解析技術の基盤構築。

最終目標：複数の格子欠陥が重畳する複雑金属組織での各種格子欠陥(空孔、転位、粒界等)における水素存在状態の定量化。メゾスケール(結晶粒数個~数十個レベル)での水素の

影響によるき裂の進展モデル構築。単純化した金属組織を持つ 980MPa 高強度鋼での局所応力-局所水素量に基づく破断限界の取得。

#### 研究開発項目② 先端的制御鍛造技術の基盤開発

全体の最終目標 [降伏強度 1000MPa 以上 (現状 600MPa) を有する傾斜機能部材の鍛造技術の基盤確立]

研究開発項目に対する個々の目標

##### 1) 鍛造部材の組織制御による傾斜機能付与技術の研究

中間目標：母材の析出強化最大化方策の抽出と鍛造プロセスによる細粒化指針提示

最終目標：降伏強度 1000MPa 以上で $\gamma$ 域 (900℃) 加工でフェライト粒径  $2\mu\text{m}$  以下、 $\alpha$ 域及び $\alpha + \gamma$ 域加工でフェライト粒径  $1\mu\text{m}$  以下の超細粒の実現

##### 2) 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステム基盤技術の開発

中間目標：組織・硬さ分布予測可能なシステム構築 (一般的な鍛造プロセス使用)

最終目標：組織・硬さ分布予測可能なシステム構築 (開発鍛造プロセス使用、プロトタイプ試作モデルの強度測定にてシステム検証)

##### 3) 高強度鍛造材のき裂発生・伝播メカニズム解明

中間目標：初期き裂の 3次元形態と進展挙動の評価技術確立

最終目標：限界き裂長さに及ぼす非金属介在物と応力の影響を明確化

【実用化技術】 [助成事業(助成率：2/3以内)]

#### 研究開発項目③ 高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発

全体の最終目標 [980MPa 以上の高級鋼 (現状 400MPa) の溶接を可能とする溶接技術と材料技術を開発する]

研究開発項目に対する個々の目標

##### 1) クリーンMIG技術の低温用鋼・980MPa 級高強度鋼への適用性究明と継手性能評価

中間目標：施工安定性・制御性などの実用性評価により実用可能なプロセスを絞り込み、溶接装置を試作

最終目標：自動溶接システムを試作し、実構造を模擬した継手を作成。980MPa 級高強度鋼にて、純 Ar シールドで溶接品質：非破壊検査 J I S 1 類、溶接効率：現行MIG溶接同等以上、強度が 980MPa 以上、 $-40^\circ\text{C}$ での靱性値が 47 J 以上

##### 2) レーザー溶接、レーザー・アークハイブリッド溶接技術の 980MPa 級高強度鋼への適用と、制御手法、継手性能評価法の提示

中間目標：a. 12mm 厚鋼板の J I S 1 類品質の 1パス貫通突合せ溶接

b. HT780、12mm 板厚の予熱なしで低温割れが発生しない溶接金属 (靱性 47J 以上、 $-40^\circ\text{C}$ )

最終目標：a. 母材 HT780~HT980 において、溶接金属のシャルピー衝撃値が $-40^\circ\text{C}$ で 47J 以上、疲労強度が突合せ継手で J S S C 基準の E 等級、十字すみ肉溶接継手で D 等級を得る

b. 大型モデル溶接構造体を作成・継手性能を検証

##### 3) 予熱・後熱なしに低温割れの抑止を可能とする 980MPa 級鋼用溶接材料の開発

中間目標：高強度で高靱性が得られる溶接金属組織の必要条件の明確化

最終目標：プロトタイプの溶接材料の提案。目標値：予熱・後熱なしで低温割れなし、靱性 $-40^\circ\text{C}$ で 47J 以上、強度 980MPa 以上

4) 熱処理なしで割れのない 9Ni 系低温用鋼用溶接材料の開発

中間目標：溶接入熱と酸素量が溶接金属の機械的特性(耐力、強度、-196℃の靱性値)におよぼす基礎データベースを構築、溶接材料設計指針を提示

最終目標：プロトタイプ溶接材料の提案。TIG溶接の2倍の効率のプロセス条件下、耐力：590MPa以上、強度：690～830MPa、-196℃での靱性値：50J以上

5) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計

中間目標：実溶接継手強度係数0.7以上を実現できる、実機クリープ強度に及ぼす微細組織の変化機構・合金組成との関係の把握。耐熱鋼の新クリープ変形モデリング、新クリープ変形曲線予測法の提示

最終目標：下記 a.～c. の実証を通じ、700℃級超々臨界火力発電用耐熱鋼の設計指針提示と試作、溶接継手クリープ強度係数 0.7 以上の実証の目処。

a. フェライト系耐熱鋼；100MPa at 650℃

b. オーステナイト系耐熱鋼；100MPa at 700℃

c. Ni 基合金；100MPa at 750℃

・新クリープ変形モデリング、新長時間クリープ曲線予測法の高精度化及び組織診断プラットフォームの構築に基づくFactor of 1.2の高精度クリープ強度予測法の開発

6) 980MPa 級継ぎ手の水素侵入による低温割れの解明・信頼性確保のための予測手法の構築

中間目標：空孔、転位、粒界などの格子欠陥における水素存在状態の定量評価。上記存在状態における水素に対する炭化物及び固溶炭素の影響の定量評価

最終目標：粒界水素量の動的挙動の予測手法の構築。980MPa 級継ぎ手における粒界破断限界（水素量、局所応力）の予測手法の構築

研究開発項目④ 先端的制御鍛造技術の開発

全体の最終目標 [降伏強度 1000MPa 以上（現状 600MPa）を有する傾斜機能部材の鍛造技術の開発]

研究開発項目に対する個々の目標

1) 高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発

中間目標：同一成分鋼による2種類の加工熱処理条件で下記の性能を得る。

a. 大型部品想定：0.2%耐力 900MPa 以上(高強度部)と 900MPa 未満(軟質部)

b. 中型部品想定：0.2%耐力 900MPa 以上(高強度部)と 800MPa 以下(軟質部)

c. 小型部品想定：0.2%耐力 1000MPa 以上(高強度部)と 900MPa 以下(軟質部)

最終目標：同一部材内で下記の性能を達成するプロトタイプの試作。

a. 大型部品想定：0.2%耐力 1000MPa 以上(高強度部)と 900MPa 以下(軟質部)

b. 中型部品想定：0.2%耐力 1000MPa 以上(高強度部)と 800MPa 以下(軟質部)

c. 小型部品想定：0.2%耐力 1100MPa 以上(高強度部)と 900MPa 以下(軟質部)

2) 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステムデータベースの構築

中間目標：システムを構成する各モジュール用データベースの構築（一般的な鍛造プロセス使用）

最終目標：システムを構成する各モジュール用データベースの構築と、大変形マクロシミュレーションモデルの構築（開発鋼種、開発鍛造プロセスを使用した、プロトタイプ試作モデルによるシステム検証）

3) 転動疲労メカニズム解明と非金属介在物組成・サイズ制御指針提示

中間目標：内部起点疲労損傷状況と初期き裂観察状況と合致する非金属介在物周囲の応力状況シミ

ュレーション技術を構築・検証。初期き裂形態に影響を及ぼす酸化物系介在物の要因を抽出  
最終目標：材料力学と材料因子の両方を考慮した世界初の転動疲労試験の寿命予測式を構築し、目  
標寿命値に対する介在物サイズの臨界値を得る

#### 4. 実施内容及び進捗（達成）状況

国立大学法人名古屋大学副総長 宮田隆司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。

##### 4. 1 平成20年度（委託）事業内容

###### 【共通基盤技術】（委託事業）

研究開発項目① 高級鋼材\*の革新的溶接接合技術の基盤開発

###### 1) クリーンMIG溶接プロセス技術の開発

研究開発項目①-1「クリーンMIG溶接プロセス技術の開発」

同軸複層ワイヤ法では、安定性を向上させた9%Ni 鋼用及び低合金系 HT980 級鋼用の同軸複層ワイヤ（第1次ワイヤ）を試作し、クリーンMIG溶接システム基本部の溶接電流制御（パルス制御）の影響度を明示して溶滴移行の一層の安定性を保証するクリーンMIG溶接制御システムの設計・試作を行った（①-1-1 NIMS）。一方、電離プラズマ法では、電離プラズマガス流とMIGアークの同時画像分光解析（「画像分光器」導入）によりプラズマMIG溶接の安定化制御因子を明示し、電離プラズマ流の安定化に最適なトーチ構造の設計指針策定を行った。また、溶滴移行と溶融池形成の高速現象解析からプラズマ及びMIG溶接の両電源特性と両者協調制御技術の最適化条件を提案しその効果を実証した（①-1-2 阪大）。

（実施体制：財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先：独立行政法人物質・材料研究機構，  
国立大学法人大阪大学）

###### 2) ファイバーレーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発

研究開発項目①-2「ファイバーレーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発」

プロセス基盤技術では、「センシング・適応制御装置」を導入し、溶接結果に及ぼすギャップの影響を調査し、レーザ出力変動の効果を利用する実際溶接におけるスパッタやポロシティ防止知見を得た。さらに、実用に向けた厚板適用実験を早期化するために、「高出力ファイバーレーザ溶接装置」を発注した（①-2-1 阪大）。溶接冶金技術では、ワイヤ添加元素の分布に及ぼす各種溶接パラメータの影響調査と溶接金属中の酸素含有量及びその分布挙動解析から、元素均質分布のための制御因子と組織制御に適した酸素量制御因子を抽出した。すみ肉ハイブリッド溶接で試みた出力変調制御の溶接欠陥防止効果確認と問題点抽出を行った（①-2-2 NIMS）。実用化制御技術では、すみ肉溶接に適用可能な「レーザ・アークハイブリッド溶接トーチシステム」を新たに搭載したハイブリッド溶接ロボットシステムにより、板厚 12mm のすみ肉溶接を行い滑らかな余盛形状を有するすみ肉溶接最適ハイブリッド溶接条件を見出した（①-2-3 阪大）。

（実施体制：財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先：独立行政法人物質・材料研究機構，  
国立大学法人大阪大学）

###### 3) 高強度鋼、低温用鋼厚板のための高強度・高靱性溶接金属の開発及び溶接継手信頼性評価技術の研究

#### 研究開発項目①-3「高強度鋼、低温用鋼厚板のための高強度・高靱性溶接金属の開発及び溶接継手信頼性評価技術の研究」

溶接冶金組織制御技術では、「溶接システム搭載回折計」を導入してその場観察技術を発展させ、組織形成挙動と割れ感受性や機械的性質に関する基礎データを構築した（①-3-2-1 阪大）。

溶接金属の水素挙動解明では、Ni-Cr 系溶接金属における残留オーステナイトの生成に関する定量的（速度論）取り扱い手法を用いた残留オーステナイト生成挙動の基礎的解析とトラップ効果を考慮した水素拡散集積シミュレーションの開発を行い（①-3-2-2 阪大）、残留オーステナイト量等のトラップ挙動（水素放出挙動）への影響実測データとともに負荷時におけるマルテンサイト変態挙動のデータを蓄積した（①-3-2-3 NIMS）。また、980 MPa 級鋼及び9%Ni 低温用鋼の溶接金属組織について、水素挙動に対する溶接金属組織の影響の観察手法としてマイクロプリント法の修得を完了し、「水素雰囲気下溶接熱・応力再現装置」を用いて、残留オーステナイトが水素の挙動及び脆性に及ぼす影響についての知見を蓄積した（①-3-2-4 阪大）。

レーザ溶接金属組織制御では、酸素-Ti-B 系レーザ溶接金属に生成されるアシキュラフェライト組織の結晶学的特徴が解明された（①-3-2-5 愛媛大）。

残留オーステナイトの力学的作用解明では、負荷を受けた継手溶接金属の残留オーステナイト量簡便評価法を開発し、多層溶接金属の低温靱性基本特性を纏め（①-3-2-6 NIMS）、結晶粒界の影響が考慮できる「靱性に対するトリップ効果の予測」モデルを開発した（①-3-2-7 阪大）。さらに、溶接部の中性子回折測定から酸素量と残留オーステナイト量が残留応力に及ぼす影響を明示し、残留オーステナイトが疲労き裂の進展に明瞭に影響を及ぼすことを提示した（①-3-3-1 阪大）。また、微視的な応力分布数値解析評価手法開発により、継手拘束度が低温割れ発生状況に及ぼす影響を明らかにした（①-3-3-2 阪大）。

溶接継手の安全性評価技術では、980MPa 級高強度鋼溶接継手及び9%Ni 鋼溶接継手に対して、継手破壊性能に及ぼす影響因子を数値解析し、継手性能を支配する材料特性を明らかにした（①-3-4 阪大）。レーザ溶接継手に対しては、高張力鋼 HT780 溶接金属の相変態を考慮した「熱弾塑性解析手法」により高張力鋼の溶接に伴う拘束応力・ひずみの基本的特徴を提示し、突合せ溶接継手およびレーザすみ肉溶接継手の疲労き裂の発生位置の特定やき裂の進展経路の計測を世界最初の試みとして高電流型電場指紋照合装置（FSM）を活用し実施（①-3-5-1 阪大）するとともに、シャルピー衝撃試験によるレーザ溶接継手の破壊靱性の簡易評価手法を確立し、小型破壊靱性試験結果から構造要素レーザ溶接継手の破壊性能を評価する手順の妥当性を検証した（①-3-5-2 阪大）。

（実施体制：財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先：独立行政法人物質・材料研究機構、国立大学法人大阪大学，国立大学法人愛媛大学）

#### 4) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計指針提示と長時間クリープ強度予測法の開発

#### 研究開発項目①-4「溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計指針提示と長時間クリープ強度予測法の開発」

700℃級火力発電プラント用新合金（フェライト系、オーステナイト系）の設計指針を得つつある。具体的には、フェライト系耐熱鋼では、各種開発合金の強度係数向上対策を施した継手を試作し、溶接継手部のクリープ強度係数を0.7以上に確保できる成分系とそのメカニズムの提示、また、オーステナイト系耐熱鋼では、金属間化合物を用いた粒界強化法によるこれまでにないオーステナイト系耐熱鋼の可能性が明らかにされた。さらに、新規設備の導入と評価解析として共通材料を対象として進め、従来得られなかったクリープ損傷の機構解明に密接に関係する可能性の高い組織パラメータ、

例えば高温環境に曝された合金の欠陥種類に応じた陽電子消滅寿命、組織自由エネルギー値、SPクリープ試験データ、結晶粒界性格頻度分布、新たな金属間化合物安定領域の状態図の取得、クリープ破断データの領域区分解析の進捗等の研究成果が得られた。

(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:独立行政法人物質・材料研究機構, 国立大学法人東京工業大学, 国立大学法人九州工業大学, 国立大学法人室蘭工業大学, 国立大学法人名古屋大学, 国立大学法人京都大学, 国立大学法人九州大学, 国立大学法人東北大学)

## 5) 溶接部水素侵入による低温割れ機構の研究

### 研究開発項目①-5「溶接部水素侵入による低温割れ機構の研究」

実験的検証では、1050MPa 級焼き戻しマルテンサイト鋼(ボロン添加鋼、F10T)とプロジェクト想定溶接金属組織(焼き入れのままで1000MPa 級)を新たに作製し、炭素量や焼き戻しの有無によらず平均水素量が2%以上では粒界破断を起こし破断応力は700MPa程度で一定となることを見出した(①-5-1 NIMS)。また、「低温昇温脱離水素分析機構装置」(本PJ開発)により格子間水素、原子空孔、転位、結晶粒界にトラップされた水素を熱脱離するスペクトル分離にはじめて成功した。さらに弾性・塑性応力は、純鉄において水素放出促進を、高強度鋼においては水素放出抑制に働くことを見出した(①-5-2 上智大)。

原理計算では、「粒界割れ解析装置」の導入により、水素の粒界偏析により破壊表面エネルギーが大きく低下して粒界脆化が生じること、き裂先端の破壊表面に水素がさらに吸着することにより脆化効果がより大きくなることを見出した。さらに、連続体、メゾスケールレベルにおける階層的モデル化を実現し、応力、水素分布の予測を行い、水素の熱脱離スペクトル全体を再現することが出来る計算手法の開発から、実験で得られるスペクトルのピークの分離、解釈が可能になった(①-5-3 原研)。鉄中の原子空孔・空孔集合体における水素存在状態の大規模第一原理計算による解析を継続し、常圧下における空孔集合体の様々な水素トラップ状態を実験と協力して同定し、粒界水素偏析量を見積もった(①-5-4 NIMS)。さらに、「高性能並列計算機」を導入し、量子効果を考慮した水素拡散挙動評価手法を確立し、鉄中の水素拡散速度の温度依存性、および、転位・粒界・表面近傍の拡散速度とその異方性を定量的に評価した。その結果、欠陥近傍部での拡散速度は無欠陥部に比べ極めて遅いこと、拡散速度分布に異方性が見られないことを明らかにした。また、弾性場中の水素拡散挙動の解析を実施し、弾性場が水素拡散挙動に与える影響を明らかにした(①-5-5 阪大)。

(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:独立行政法人物質・材料研究機構, 国立大学法人大阪大学, 学校法人上智大学, 独立行政法人日本原子力研究開発機構)

## 研究開発項目② 先端的制御鍛造技術の基盤開発

### 1) 鍛造部材の組織制御による傾斜機能付与技術の研究

#### 研究開発項目②-1「鍛造部材の組織制御による傾斜機能付与技術の研究」

恒温変態時のフェライト中のVC相界面析出組織をSEM-FIB複合機を用いた、数ナノメートルサイズのVC析出粒子のサイズ分布および析出量の定量評価を行う手法の確立を行い、S45C鋼とそれにVを添加した鋼の恒温変態と連続冷却変態の明確化等を推進し、1000MPa以上に析出強化可能な熱処理条件の提示を行った。

$\gamma$ 域および $\alpha$ 域加工による微細粒 $\gamma$ または $\alpha$ 形成条件の検討を進め、大ひずみ・高ひずみ速度下での微細粒組織形成を明らかにし、マルテンサイトを出発組織とした場合、 $\alpha$ 域加工によって、強ひずみを必要とせずに粒径1 $\mu\text{m}$ 以下の超微細粒組織が得られることを見出し、0.45C材、0.75C材

を用いた温間圧延により平均粒径 0.5 一数ミクロンまでの微細組織を作り分けることを実証した。

(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:国立大学法人東北大学, 国立大学法人岡山大学, 国立大学法人豊橋技術科学大学, 国立大学法人大阪大学, 独立行政法人物質・材料研究機構)

## 2) 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステム基盤技術の開発

### 研究開発項目②-2「組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステム基盤技術の開発」

一軸圧縮試験により S45C 鋼のひずみ 1 までの変形抵抗データの採取と、広範囲な温度・ひずみ速度の測定し、および、S45C 材の逆変態により生じる  $\gamma$  結晶粒径を温度・保持時間の関数として定式化し、それらと Thermo-Calc を用いた熱力学的計算によるオーステナイト中 VC 固溶温度の検討を行い、VC 固溶、析出モデルについてバルク材からの合金炭化物析出を核生成、成長、粗大化まで取り扱うことのできる N モデル (Numerical モデル) を構築した。さらに、再結晶・粒成長モジュールおよびオーステナイト相からフェライトとパーライト組織への恒温変態のモジュールを構築できた。

既存の組織予測モデルをユーザサブルーチンに表現し、このとき鍛造の非定常大変形に対応させるために組織予測式を増分形に変更してベース鋼の軸対称部材の熱間鍛造解析の試行を行い、組織予測モデル組み込みの環境の準備を計画通り進めることができた。

(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:国立大学法人東北大学, 国立大学法人岡山大学, 国立大学法人大阪大学, 独立行政法人物質・材料研究機構, 国立大学法人豊橋技術科学大学, 国立大学法人名古屋大学)

## 3) 高強度鍛造材のき裂発生・伝播メカニズム解明

### 研究開発項目②-3「高強度鍛造材のき裂発生・伝播メカニズム解明」

局所的疲労損傷評価技術確立と影響因子の明確化を目的として、低炭素・高温焼戻しマルテンサイト組織を対象に、人工欠陥材の転動疲労試験で生じた初期き裂周りの断面セクショニング解析を行い、初期き裂がひずみ勾配領域に存在すること、初期き裂先端の塑性変形集中により微細粒が形成することを見出した。また、初期き裂形態 3 次元観察・介在物組織評価技術の確立を目的として、開発した切削ー観察システムにおいてフラット形状工具による高精度加工面の生成および介在物・き裂の高倍率観察を実施し、軸受鋼内部構造観察の顕著な高速化・高分解能化を実現した。さらに、初期き裂進展状況評価技術確立と影響因子明確化を目的として、非干渉型 3ch ガウスメーターを用いた 3 次元磁場顕微鏡等により、き裂周辺磁場の可視化および疲労による磁場変化の観察に成功するとともに、応力拡大係数との強い相関関係のある磁場のパラメータを発見した。これにより、き裂進展とその疲労状態の定量評価手法の確立に着手できた。

(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:国立大学法人横浜国立大学, 独立行政法人理化学研究所, 国立大学法人九州大学)

## 4. 2 平成 20 年度 (助成) 事業内容

【実用化技術】[助成事業 (助成率 2 / 3 以内) ]

### 研究開発項目③ 高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発

#### 1) クリーン M I G の低温用鋼・980MPa 級高強度鋼への適用検討

### 研究開発項目③-1「クリーンMIG技術の極低温用鋼・980MPa級鋼への適用性究明と継手性能評価」

極低温用鋼及び980MPa級高強度鋼に、開発されたプラズマMIG溶接法及び同軸複層ワイヤ法の各クリーンMIG溶接法を用いて予熱・後熱なしの条件での溶接施工性を検討するために、基礎継手を製作しその施工性の評価を完了した。(実施体制：川崎重工業株式会社、株式会社IHI)。

### 2) レーザ・アークハイブリッド溶接の980MPa級高強度鋼への適用検討

#### 研究開発項目③-2「レーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接技術の980級高強度厚鋼板への適用と、制御手法、継手性能評価法の提示」

HT780鋼レーザ溶接金属の化学組成と組織、靱性の関係を系統的に調査するために、C量および炭素当量(Ceq.-WES)を変化させた鋼板を試作し、これをレーザ溶接した場合の溶接金属組織と靱性の関係を調査して、目標の靱性と強度を達成するためのレーザ溶接金属の成分設計を明確にした。またレーザ溶接およびレーザ・アークハイブリッド溶接において適正溶接金属組成が得られる溶接ワイヤを選定した。溶接割れの防止についてはレーザ溶接に適した新たな割れ試験方法を考案し妥当性を確認した。品質保証のためのモニタリング技術についてはレーザ溶接に引き続き、ハイブリッド溶接でも重要因子のモニタリングが可能であることを確認した。破壊安全性に関してはレーザ溶接継手の破壊挙動を把握し、設計温度での安全性を確認した。(実施体制：株式会社IHI、JFEスチール株式会社)

### 3) 予熱・後熱なしに低温割れの抑止を可能とする980MPa級鋼用の溶接材料の開発

#### 研究開発項目③-3「予熱・後熱なしに低温割れの抑止を可能とする980MPa級鋼用の溶接材料の開発」

平成19年度の成果を踏まえ、基礎検討用鋼材(その2：耐割れ性および機械的特性のさらなる向上を図る成分系)を探索、製作し、評価するとともに、各委託事業に提供した。また、平成19年度で製作した基礎検討用溶接ワイヤによる溶接継手の評価を行い、これらの結果より、耐割れ性および機械的特性に優れた成分系の見極めを行った。(実施体制：新日本製鐵株式会社、住友金属工業株式会社)

### 4) 予熱・後熱なしで低温割れのしない9Ni系低温用鋼溶接材料の開発

#### 研究開発項目③-4「予熱・後熱なしに割れの抑止を可能とする9Ni系低温用鋼のプロトタイプ溶接材料の開発」

9Ni共合金系溶接金属の低温靱性確保に向け、酸素量の影響につき、溶接入熱、溶着量の関係とあわせてデータベース化を完了した。また委託事業で検討しているクリーンMIGプロセスの溶着量・酸素量の範囲で低温靱性が確保できる見込みを得た。さらに凝固割れ防止技術の確立に向け、偏析モデルを構築し、委託事業で得たその場観察データからモデルの妥当性を検証した。(実施体制：株式会社神戸製鋼)

### 5) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計

#### 研究開発項目③-5「溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計」

700℃級火力発電プラント用新合金(フェライト系、オーステナイト系、Ni基合金)の設計指針を得つつある。各種開発合金の強度係数向上対策を施した継手を試作および各種新技術によるクリープ評価解析につきGr共通材料を対象として進めるための試験材の作成と提供を進めた。溶接継手部強度係数 $>0.7$ を目標に対しては、フェライト鋼系耐熱鋼では溶接継手部の熱処理によるメモリー効果で、またオーステナイト系耐熱鋼では溶接金属のオーバーマッチング溶材の利用により、その目標を達成

できることを確認した。また、Ni 基合金では革新的拡散接合の開発によりも強度とともに従来の大きな課題であった延性についても 20%を確保できることを実証した。組織診断プラットフォームの構築に対しては、委託研究における新規データおよびNIMS 保有のクリープデータベースを活用し、基づく Factor of 1.2 の高精度クリープ強度予測法の開発に着手出来た。(実施体制:住友金属工業株式会社、新日鐵株式会社)

#### 6) 980MPa 級継手の水素侵入による低温割れの解明・信頼性確保のための予測手法の構築

研究開発項目③-6「980MPa 級継手の水素侵入による低温割れの解明・信頼性確保のための予測手法の構築」

計算を中心とする研究では、TiC 炭化物による水素トラップ状態を明らかにした。また、マルテンサイト模擬組織の変形時の粒界応力のマクロ解析を進めるとともにメゾスケール解析技術を導入した。また、実験を中心とする研究では、破壊限界予測のための原理モデル構築のため 980MPa 級溶接金属の詳細組織解析を実施し、微視組織構造の定量的評価を行った。また、中性子線回折による内部応力分布を測定し、溶接金属表層部に大きな圧縮残留応力が生じていることを確認した。(実施体制:新日鐵株式会社、J F E スチール株式会社)

#### 研究開発項目④ 先端的制御鍛造技術の開発

##### 1) 高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発

研究開発項目④-1「高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発」

VC 析出制御による降伏点強度 1000MPa 以上の高強度化の研究では、①無加工条件で、0.5%V 鋼の 1°C/s 連続冷却で 409Hv、0.5°C/s 連続冷却で 383Hv と、YP 1000MPa 以上に相当する硬さを確保できる制御冷却条件を見出した。また、②1200°C加熱で 620°Cの低温加工を付与した場合、加工なしの水準に比べて約 20HV ほど硬度上昇が得られ、427HV (引張強度換算で 1300MPa 以上) という高い硬度が得られた。

結晶粒超微細粒化 (結晶粒径 < 1  $\mu$  m) の研究では、①S45C 鋼の逆変態に伴い形成される  $\gamma$  粒径に及ぼす加熱温度・時間の影響を調べ、それを定式化し、②マルテンサイト組織を出発組織とすれば、中炭素鋼においても、ひずみ 1 程度の温間域加工によって、粒径サブミクロンの超微細粒のフェライトと球状セメンタイト組織を比較的容易に得る事が可能である事を実証した。(実施体制:株式会社神戸製鋼所, 株式会社住金小倉, 大同特殊鋼株式会社, 新日本製鐵株式会社, J F E スチール株式会社)

##### 2) 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステムデータベースの構築

研究開発項目④-2「組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステムデータベースの構築」

目標強度分布 (傾斜機能) を得るための最適鍛造工程設計を可能とするバーチャルラボシステム構築においては、S 4 5 C 鋼の基礎データおよびバーチャルラボシステムのモジュール構築用データの採取を行い、①オーステナイト中の VC 析出挙動データベース、②等温変態挙動データベース、③再結晶・粒成長データベース、④逆変態データベースの蓄積を推進、システムとしてのモデル化を開始した。(実施体制:株式会社神戸製鋼所, 株式会社住金小倉, 大同特殊鋼株式会社, 新日本製鐵株式会社, J F E スチール株式会社)

### 3) 転動疲労メカニズム解明と非金属介在物組成・サイズ制御指針提示

#### 研究開発項目④-3「転動疲労メカニズム解明と非金属介在物組成・サイズ制御指針提示」

精密超音波探傷技術を活用し確立した非破壊的経時変化観察手法を用い、介在物起点内部き裂が疲労過程の極めて初期段階で発生し、そのき裂が直ちに開口・進展する可能性が低いことを示す、従来にはないデータを採取できた。また、転動疲労における繰り返し負荷での歪蓄積を考慮した介在物周囲の応力シミュレーションモデルを構築するとともに、FIB-SEMを用いた初期微小き裂の3次元観察技術を確認し、介在物形状・初期き裂位置・方向に関する基本情報を取得した。これら計算と観察とは定性的に一致することを確認した。(実施体制：愛知製鋼株式会社，株式会社神戸製鋼所，山陽特殊製鋼株式会社)

#### 4. 3 実績推移

	19年度		20年度
	委託	2/3助成	
需給勘定(百万円)	768	324	950
特許出願件数(件)(委託事業)	0	4	3
論文発表数(報)(委託事業)	7	0	26
フォーラム等(件)	17	2	84

#### 5. 事業内容

上記の目的を達成するため、国立大学法人 名古屋大学 副総長 宮田 隆司氏をプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。また、研究開発進捗管理のための研究会等を開催する。実施体制については、別紙を参照のこと。

##### 5. 1 平成21年度(委託)事業内容

###### 【共通基盤技術】(委託事業)

#### 研究開発項目① 高級鋼材\*の革新的溶接接合技術の基盤開発

##### 1) クリーンMIG溶接プロセス技術の開発

#### 研究開発項目①-1「クリーンMIG溶接プロセス技術の開発」

平成21年度は、本開発課題における中間目標「溶接金属の含有酸素量：50ppm以下で無欠陥の安定した施工を確保する手法を明示」を達成する年度であることを踏まえ、委託研究の①-1-1 および①-1-2は、HT980(高張力)鋼と9%Ni(極低温用)鋼の2鋼種に適合したプロトタイプ溶接機(適性電源とその制御システム)を助成(実用化)研究③-1で製作するために、平成20年度までの成果を利用してプロト溶接機的设计指針を提案する。(実施体制：財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先：独立行政法人物質・材料研究機構，国立大学法人大阪大学)

##### 2) ファイバーレーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発

#### 研究開発項目①-2「ファイバーレーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発」

平成21年度は、本開発課題における中間目標「高強度鋼2パスすみ肉溶接継手」を達成する年度であることを踏まえ、以下を実施する。

委託研究①-2では、助成（実用化）研究③-2で平成22年度から計画しているモックアップ試験（実規模溶接継手の作成と評価）に向け、25mm厚HT980鋼の溶接を具体化するため、委託研究①-2-1で世界最大級の15kWの大出力ファイバーレーザー装置を投入し、最大26kWの溶接を実現する。これにより、世界初の25mm厚鋼板のレーザー溶接技術を具体化する。プロセスでは、レーザー溶接実継手（模擬構造体）製作に向けて、冶金面からは溶接金属成分の均質化（①-2-2）方法の確立を、制御面からはハイブリッド条件の制御法（①-2-3）の提案を行う。（実施体制：財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先：独立行政法人物質・材料研究機構，国立大学法人大阪大学）

### 3) 高強度鋼、低温用鋼厚板のための高強度・高靱性溶接金属の開発及び溶接継手信頼性評価技術の研究

研究開発項目①-3「高強度鋼、低温用鋼厚板のための高強度・高靱性溶接金属の開発及び溶接継手信頼性評価技術の研究」

委託研究①-3では、助成（実用化）研究③-3（HT980用）と③-4（9%Ni用）で計画している溶接ワイヤの試作（平成21年度）、および実物模擬溶接継手の製作（平成22年度以降）のために、設計指針を具体化する必要がある。

そのため、委託研究①-3-2-1～①-3-5では、溶接金属の設計（成分と組織制御ターゲット）とそれを実現する溶接材料の確立を行う。委託研究①-3-2-1～①-3-2-6においては、平成19～20年度の成果から残留 $\gamma$ の制御が技術実用化の成否の鍵を握っていることが確認されており、引き続き中間目標の達成に向けて組織と性能（耐水素割れ、靱性等）の係わりを追求していく。（実施体制：財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先：独立行政法人物質・材料研究機構，国立大学法人大阪大学）

### 4) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計指針提示と長時間クリープ強度予測法の開発

研究開発項目①-4「溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計指針提示と長時間クリープ強度予測法の開発」

超々臨界圧火力発電（700℃、300気圧以上）想定プラントに適用可能なフェライト鋼、オーステナイト鋼合金設計指針を提示して中間目標を達成するため、陽電子消滅寿命測定手法等の革新的組織劣化計測手法の高精度化・高度化と測定スペクトル解析ソフトの開発を継続し、フェライト超耐熱鋼のクリープ損傷機構の基礎的解明、金属間化合物を強化相とするオーステナイト系耐熱鋼の析出制御機構と設計指針の提示する。

また、従来のクリープデータ解析及び上記革新的組織計測データを用い、新しいクリープ強度予測法のベースとなる組織診断プラットフォームのプロトタイプを構築し、中間目標を達成、Factor of 1.2の高精度クリープ強度予測法の開発に目処をつける。（実施体制：財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先：独立行政法人物質・材料研究機構、国立大学法人東京工業大学、国立大学法人九州工業大学、国立大学法人室蘭工業大学、国立大学法人京都大学、国立大学法人九州大学）

### 5) 溶接部水素侵入による低温割れ機構の研究

研究開発項目①-5「溶接部水素侵入による低温割れ機構の研究」

平成21年度から本研究課題は、平成20年度の推進評価を受けてより出口を鮮明にした取り組みとするため、溶接サブグループテーマ（①-1～4）との緊密な連携のもと、第一原理計算や精緻な水素分析実験に基づく本質的な水素脆化現象の解明を継続する。

平成21年度において(1)単一の格子欠陥(空孔、転位、粒界等)を含む単純化された金属組織における格子欠陥と水素の相互作用エネルギーの定量化と(2)メゾスケール(結晶粒数個~数十個レベル)での応力状態における水素の挙動解析技術の基盤構築および単純化したモデル組織での局所応力-局所水素量に基づく破断限界の解析について、応力下の三次元モデルを対象とした数値計算を実施し、中間目標を達成する。(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:独立行政法人物質・材料研究機構、国立大学法人大阪大学、学校法人上智大学、独立行政法人日本原子力研究開発機構)

## 研究開発項目② 先端的制御鍛造技術の基盤開発

### 1) 鍛造部材の組織制御による傾斜機能付与技術の研究

#### 研究開発項目②-1「鍛造部材の組織制御による傾斜機能付与技術の研究」

鍛造部品の高強度化と被削性との両立を達成するために、強化部は従来以上の強度を出しながら、強度をそれほど必要としない箇所には相応の強度を持たせるという強度の傾斜機能化を達成する事を目標に、鍛造における鋼の析出制御メタラジー、現実的かつ効率的な鍛造部品の析出制御指導原理を確立する。

これにより、母材のVC析出強化最大化方策の提示と、合金設計指針を明確にし、中間目標達成を達成する。(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:国立大学法人東北大学、国立大学法人豊橋技術科学大学)

### 2) 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステム基盤技術の開発

#### 研究開発項目②-2「組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステム基盤技術の開発」

鍛造における鋼の析出制御メタラジーを基礎的に解明し、高強度化を可能とする鍛造部品の析出制御の指導原理を確立する。これを用い、一般的な鍛造プロセス用の組織・強度分布予測可能なシステムを構築するために、各予測モジュールを開発し、鍛造用のFEMシステムへ導入し精度を検証し、最適工程設計を可能とするシミュレーションシステム基盤技術の開発を進める。(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:国立大学法人東北大学、国立大学法人豊橋技術科学大学、国立大学法人名古屋大学)

### 3) 高強度鍛造材のき裂発生・伝播メカニズム解明

#### 研究開発項目②-3「高強度鍛造材のき裂発生・伝播メカニズム解明」

電子線後方散乱分析による局所的疲労損傷評価技術、および、3次元内部構造顕微鏡システム、非干渉型3chガウスメーターを用いた3次元磁場顕微鏡、等の高度観察技術の研究を進め、

初期き裂の3次元形態と進展挙動の評価技術を確立する。これにより、中間目標を達成するとともに、最終目標(限界き裂長さに及ぼす非金属介在物と応力の影響を明確化)に向けた研究指針を明確化する。(実施体制:財団法人金属系材料研究開発センター 共同実施先:国立大学法人横浜国立大学、独立行政法人理化学研究所、国立大学法人九州大学)

その他、総合的な情報収集・分析として、上記研究開発項目に関する学会参加等を必要に応じて実施する。

## 5. 2 平成21年度（助成）事業内容

【実用化技術】[助成事業（助成率2／3以内）]

研究開発項目③ 高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発

### 1) クリーンMIGの低温用鋼・980MPa級高強度鋼への適用検討

研究開発項目③-1「クリーンMIG技術の極低温用鋼・980MPa級鋼への適用性究明と継手性能評価」

980MPa級高強度鋼では、提案された同軸複層ワイヤ法の各クリーンMIG溶接法においてワイヤ試作評価を進め、ワイヤ改良を図るとともに、クリーンMIG試作溶接装置を導入し、実用継手を作製、施工性と継手特性を評価する。一方、極低温用鋼においても、クリーンMIG実用溶接機を導入し、厚板での多層盛り溶接施工を実施し、実用溶接継手レベルの施工性ならびに継手性能を評価する。（実施体制：川崎重工業株式会社、株式会社IHI）。

### 2) レーザ・アークハイブリッド溶接の980MPa級高強度鋼への適用検討

研究開発項目③-2「レーザ、レーザ・アークハイブリッド溶接技術の980級高強度厚鋼板への適用と、制御手法、継手性能評価法の提示」

市販の板厚12mmのHT780鋼板を用いて前年度までに得られた溶接プロセスおよび冶金学的知見を考慮してレーザ溶接継手を作成し、溶接金属の欠陥発生状況や溶接継手性能（溶接金属靱性、継手強度、硬さ、疲労特性など）を検証する。品質保証モニタリングおよび破壊安全性に関しては、疲労も含めてデータを蓄積し信頼性を高めていく。また、平成22年度のモックアップ試験に向けて試験体形状の検討を開始する。（実施体制：株式会社IHI、JFEスチール株式会社）

### 3) 予熱・後熱なしに低温割れの抑止を可能とする980MPa級鋼用の溶接材料の開発

研究開発項目③-3「予熱・後熱なしに低温割れの抑止を可能とする980MPa級鋼用の溶接材料の開発」

平成20年度までの成果を踏まえ、耐割れ性および機械的特性に優れた成分系を確定し、一次試作溶接ワイヤの基本成分設計および試作を完了する。（実施体制：新日本製鐵株式会社、住友金属工業株式会社）

### 4) 予熱・後熱なしで低温割れのない9Ni系低温用鋼溶接材料の開発

研究開発項目③-4「予熱・後熱なしに割れの抑止を可能とする9Ni系低温用鋼のプロトタイプ溶接材料の開発」

機械的特性におよぼす溶接入熱と酸素量の影響に関する基礎データベース化を完了させるとともに、その支配因子を明確化し、最終目標であるプロトタイプ溶接材料の成分設計指針を獲得する。（実施体制：株式会社神戸製鋼所）

### 5) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計

研究開発項目③-5「溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計」

従来限界600℃を100℃上回る超々臨界圧火力発電（700℃、300気圧以上）想定プラントに適用可能なフェライト鋼、オーステナイト鋼、Ni基合金の強化法、合金設計指針を提示して、それぞれ下記材料のラボ試作・評価を進め、機構の解明と、新しいクリープ強度予測法のベースとなる組織診断プラットフォームのプロトタイプを構築し、中間目標を達成する。（実施体制：住友金属工業株式会社、新日鐵株式会社）

①650℃、3万時間クリープ強度100MPa級新フェライト系耐熱鋼の合金設計指針の提示およびその

ラボ試作 [溶接継手の強度係数 $>0.7$ ]

②700℃、3万時間クリープ強度 100MPa 級オーステナイト鋼の合金設計指針の提示、ラボ試作と評価、溶接継手のラボ試作

③750℃、3万時間クリープ強度 100MPa 級 Ni 基合金の設計指針の提示、ラボ試作と評価、溶接継手のラボ試作

6) 980MPa 級継手の水素侵入による低温割れの解明・信頼性確保のための予測手法の構築

研究開発項目③-6「980MPa 級継手の水素侵入による低温割れの解明・信頼性確保のための予測手法の構築」

計算を中心とする研究開発では、平成 21 年度は本開発課題における中間目標である「粒界水素量の動的挙動を予測モデルのプロトタイプを作成」と「TiC 炭化物中の水素存在状態の定量評価および固溶炭素存在下での水素存在状態との定量比較」を達成する年度であり、助成研究の成果を取り入れ、炭素を含むモデル実用鋼での予測モデルのプロトタイプを作成し、予測技術実用化に向けた課題を抽出する。実験を中心とする研究では、助成研究の成果を取り入れ鋼中水素量と炭化物、固溶元素、ミクロ組織等の組織因子との関係明確化する。また、980MPa 級溶接金属の微視組織構造ならび内部応力の特徴を考慮した粒界破壊予測モデル(プロトタイプ)の検討を進める。(実施体制:新日鐵株式会社、J F E スチール株式会社)

研究開発項目④ 先端的制御鍛造技術の開発

1) 高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発

研究開発項目④-1「高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発」

委託研究で確立された析出制御の指導原理を元に、鍛造部材の高強度化と加工性(切削性)を両立させるために、化学成分の最適化(合金設計)と加工熱処理条件の最適化(プロセス開発)を行い、前方押し材で、各部品に対応した強化部・軟質部強度の中間目標を達成するアロイデザイン・プロセスを確立する。(実施体制:株式会社神戸製鋼所、株式会社住友金属小倉、大同特殊鋼株式会社)

2) 組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステムデータベースの構築

研究開発項目④-2「組織・特性分布を予測する鍛造プロセスのバーチャルラボシステムデータベースの構築」

平成 21 年度は、平成 20 年度までに開発してきたベース鋼の各要素モジュールの高精度化と統合を行い、FEM に実装し、十分な精度検証を行う。これにより、実用化に向けたバーチャルラボシステムの枠組みを完成させ中間目標を達成させるとともに、平成 22 年度以降の開発鋼のシステム構築の指針を明確にする。(実施体制:株式会社神戸製鋼所、株式会社住友金属小倉、大同特殊鋼株式会社、新日本製鐵株式会社、J F E スチール株式会社)

3) 転動疲労メカニズム解明と非金属介在物組成・サイズ制御指針提示

研究開発項目④-3「転動疲労メカニズム解明と非金属介在物組成・サイズ制御指針提示」

転動疲労試験時の介在物やき裂の非破壊的経時変化観察、初期微小き裂の 3 次元観察、および、介在物周囲応力シミュレーションモデル・き裂生成-伝播モデルの更なる精度向上により、内部起点疲労損傷状況と初期き裂観察状況と合致する非金属介在物周囲の応力状況シミュレーション技術を構築・検証する。また、初期き裂形態に影響を及ぼす酸化物系介在物の要因を抽出する。これにより、

中間目標を達成するとともに、最終目標（材料力学と材料因子の両方を考慮した世界初の転動疲労試験の寿命予測式を構築し、目標寿命値に対する介在物サイズの臨界値を得る）に向けた研究開発指針を明確化する。（実施体制：愛知製鋼株式会社、株式会社神戸製鋼所、山陽特殊製鋼株式会社）

### 5. 3 平成21年度事業規模

	委託事業+助成事業
需給勘定	475百万円（継続）

事業規模については、変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### （1）評価の方法

NEDO側技術開発機構は、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成21年度内に実施する。

### （2）運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDO技術開発機構は、経済産業省及び研究開発責任者と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、四半期に一回程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。

### （3）複数年度契約の実施

平成19～21年度の複数年度契約とする。

### （4）継続事業に係る取扱いについて

助成先は前年度と変更はない。

平成21年度助成先：川崎重工業株式会社、IHI株式会社、JFEスチール株式会社、新日本製鐵株式会社、住友金属工業株式会社、株式会社神戸製鋼所、大同特殊鋼株式会社、株式会社住友金属小倉、愛知製鋼株式会社、山陽特殊製鋼株式会社

### （5）その他

本研究によって得られたあらゆる知的財産、また本研究の過程又は成果に基づき開発したプログラム、サンプルもしくは装置などの成果物について、本プロジェクト外（国内外）への供試・開示については、事前にプロジェクトリーダーとNEDO技術開発機構に連絡する。その際に、NEDO技術開発機構が申請書の提出を求めた場合は、これに応じ速やかに提出する。

## 7. スケジュール

本年度のスケジュール：平成21年3月上旬・・・部長会

## 8. 実施方針の改訂履歴

- (1) 平成21年3月、制定

