

平成20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15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^{*}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パス隅肉溶接継手の達成

最終目標：板厚25mmの高強度鋼多層突合せ継手、及び隅肉継手を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 γ 域 (900℃) 加工でフェライト粒径 $2\mu\text{m}$ 以下、 α 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°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°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°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、十字隅肉溶接継手で 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°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°C 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°C 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°C 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°C

b. オーステナイト系耐熱鋼；100MPa at 700°C

c. Ni 基合金；100MPa at 750°C

・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19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」については、年度計画通り必要な設備導入を完了し、プロセス技術の研究に着手。第1課題であった純Ar中での溶接安定化を検証し、さらに加速設備も導入し年度目標を上回る成果を達成した。（詳細は以下を参照。）

研究開発項①-1-1「同軸複層ワイヤによるクリーンMIG溶接プロセス技術の開発」は、低温用鋼を対象とした高合金系同軸複層ワイヤと、アルカリ金属を添加した低合金系同軸複層ワイヤについて、それぞれで試作した0次ワイヤにより純Ar中で溶接が安定化できることを検証し、これに基づき1次ワイヤ成分と構造を決定するとともに、クリーンMIG溶接システム基本部の設計を完了。さらに、加速設備（高輝度光源）を投入し新同軸複層ワイヤの最適化に着手し、本年度の目標を十分達成見込み。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先（独）物質・材料研究機構）

研究開発項①-1-2「電離プラズマ流を活用するクリーンプラズマMIG溶接プロセス技術の開発」は、電離プラズマガス流発生トーチ及びプラズマガスとMIGアークの協調制御電源の設計試作を完了させ、これによるプラズマガス流とMIGアークの相互作用基礎データ並びに純アルゴン雰囲気における溶接ビード形成基礎データの取得を完了しており、本年度の目標を十分に達成した。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、順調に年度目標達成のための研究を遂行し、板厚12mmの安定した突合せ貫通裏波溶接を達成する等の目標を上回る成果を上げることができた。（詳細は下記を参照。）

研究開発項①-2-1「ファイバーレーザ溶接現象の解析、溶接欠陥発生機構の解明及び欠陥防止策の開発」は、高出力ファイバーレーザを用いて予熱なしの条件で溶接欠陥のない貫通溶接部を製作する条件を確立するとともに、高速度ビデオ及びX線透視法を駆使して詳細な溶接現象の解明・解析を行い、特に溶接欠陥に関してその発生状況を明確にし、防止策の指針を示しており十分に本年度の目標を達成した。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-2-2「溶接金属組織及び溶接品質最適化のためのプロセス制御技術の開発」は、突合せ貫通溶接金属のワイヤ添加元素の分布挙動に及ぼす各種溶接パラメータの影響を解析し、均質分布を得るための制御因子を明確にした。また、レーザ単独隅肉溶接及びファイバーレー

ザ溶接において適切な変調周波数の元でポロシティが有効に抑制できることを明らかにするとともに隅肉溶接における問題点を抽出し、年度目標を十分に達成した。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項①-2-3「レーザ・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発」は、ハイブリッド溶接ロボットシステムの構築を完了し、ファイバーレーザ・マグアークハイブリッド溶接においてルートギャップ 1.0mm を有する板厚 12mm の安定した突合せ貫通裏波溶接を達成するとともに、アークのタンデム化（新提案）による滑らかな溶接ビード余盛形成に成功しており、平成 19 年度目標を上回る見込み。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、年度目標を達成するための研究の立ち上げと設備の導入を計画通り遂行し、溶接時の二相凝固が観察可能であることや、残留 γ による靱性と疲労寿命向上効果を確認する等、加速も含めて初年度としての目標を上回る成果を上げることができた。(詳細は以下を参照。)

研究開発項①-3-1「溶接金属の凝固・組織形成挙動その場観察技術の確立」は、直接その場観察装置の設計・製作を完了し、第三世代大型放射光施設 Spring-8 の undulator beam line に設置して、一部の材料で先行試験を行い二相凝固が観察可能であることを確認する等、年度目標を上回る成果を得る見込み。この成果を受け、本研究開発項目は平成 19 年度をもって完了させる。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-3-2-1「高合金系溶接金属の凝固組織解析と組織微細化」は、溶接金属組織形成過程明確化と最終組織の提案において、平成 20 年度の準備の年度と位置づけてデータベース構築のための化学組成の決定と試料作成を実施した。炭素とニッケルに注目してこれらを変化させた約 15 種の検討鋼種の成分を決定し、試作するとともに、これらの鋼を用いて実験用の試料作成を完了し、目標を達成した。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-3-2-2「Ni-Cr 系溶接金属の γ 生成挙動と水素集積挙動解析」は、Ni-Cr 系溶接金属の組織解析から三相組織の相同定、残留オーステナイトの生成状況及び生成量を明らかにし、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においても、水素拡散集積挙動を解析するための手法調査と計算機シミュレーションに向けた基本的な解析モデル構築を完了する見込みである。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-3-2-3「オーステナイトを残留する高 Ni, Cr 系溶接金属における水素含有時のトラップ効果と変態挙動の計測」は、アーク溶解試料に水素を適正添加する手法を開発し、昇温脱離試験における水素放出スペクトルの計測・解析から、残留オーステナイトのトラップ的傾向を示すこと、オーステナイトからマルテンサイトに変態する過程で水素が放出、拡散することなどを見出した。また無負荷時の Ni, Cr 系溶接金属の Ms 点、変態膨張量、残留オーステナイト量などのデータを収集・評価し、目標を達成した。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項①-3-2-4「高級鋼共合金系溶接金属の特性支配因子ならびに残留オーステナイトによ

る水素トラップの功罪の明確化」は、電子ビーム溶接法で作製した 980 MPa 級鋼及び 9%Ni 低温用鋼の模擬クリーン M I G 溶接金属の組織と機械的特性の評価を完了するとともに、残留オーステナイト量の評価法として X 線回折法を確立し、残留オーステナイトからの水素放出挙動調査に向けたマイクロプリント法開発でも有望な結果を得ており、これに基づく加速設備（溶接水素シミュレータ）の導入など、年度目標は十分に達成見込み。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-2-5「急冷溶接金属の微細 A F の結晶学的解析」は、アシキュラーフェライト（A F）の核生成サイトの導入が溶接後の冷却速度の制御によって可能であることを見出し、結晶学的見地から靱性上昇を期待できる多バリエーション生成も可能性があることを示唆できる見込みで、年度目標は達成見込み。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 愛媛大学）

研究開発項①-3-2-6「Ni-Cr 系クリーン溶接金属における靱性改善に及ぼす誘起変態効果の計測と実証」は、残留オーステナイト量の異なる溶接金属の C T O D 試験（-196℃）により γ の誘起変態の低温での有効性を示すとともに、残留オーステナイトの熱安定性も明らかにした。さらに、 $vE \geq 70J$ の極低温用新成分系溶接金属の発見から加速財源を獲得して -196℃ の多層溶接継手 DEEP-NOTCH 実験に着手し、クリーン多層溶接継手実用化への検討課題抽出を進めており、年度目標を超過達成した。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先（独）物質・材料研究機構）

研究開発項①-3-2-7「組織数値モデル化に基づいた誘起変態による局部応力緩和メカニズムの解明」は、誘起変態をとまなう 2 相組織を有する鋼材の強度及び靱性を推定するための基礎的シミュレーションモデルを作成し、相変態、降伏応力、加工硬化、組織が強度及び靱性に及ぼす影響を明らかにし、目標を達成。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-3-1「残留応力場計測と疲労強度の関係の定量化」は、極低 Ms 点溶接金属からなる溶接部において中性子回折を用いた圧縮残留応力の実測に成功。平成 19 年度クリーン溶接金属継手における残留応力の計測・評価目標を上回る成果見込み。一方、電場指紋照合装置を高電流化することで精度向上が得られることを見出し加速案件として改良装置を導入し、クリーン溶接金属継手における疲労破壊挙動（T R I P 効果遅延）の明確化目標を加速達成した。また相変態を導入した残留応力計算ソフトを構築し、既存データで検証した。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-3-2「残留オーステナイトを有する高強度鋼溶接金属の低温割れ評価手法の開発」は、自拘束型溶接割れ試験における継手拘束度が低温割れ発生状況に及ぼす影響の定量的整理を行い、材料組織レベルの微視的な応力分布を算定できる数値解析手法の基本アルゴリズムも開発中で、年度終了時点において当初目標を達成できる見込み。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-4「高強度鋼・低温用鋼溶接継手の限界 C T O D 評価と大型継手の破壊性能評価手法の構築」は、ワイブル応力を媒介として小型破壊靱性試験で得られる限界 C T O D から構造要素溶接継手の破壊性能を評価する手順の基本フレームを構築し、これによる両継手の継手破壊性能に及ぼす影響因子解析を実施しており年度目標を達成見込み。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-5-1「レーザ溶接継手の拘束応力・ひずみ評価に基づく低温割れ感受性、疲労

強度評価」は、HT780 の機械的性質の温度依存性を考慮した改良解析プログラムによる 3 次元熱弾塑性解析手法を R R C 試験シミュレートで確立し、次ステップのスリット溶接シミュレーションに移行中。平成 19 年度加速設備（高電流型電場指紋照合装置）で 1mm 以下の微小き裂の検知を達成し、超過達成。これによるレーザ溶接部の微小疲労き裂挙動の解明に向けた実験を優先するように手順を変更したが、影響なく年度目標達成見込み。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-5-2「溶接部領域狭隘化（レーザ溶接等）継手の破壊靱性・破壊性能評価手法の構築」は、シャルピー衝撃試験からレーザ溶接継手の破壊靱性を簡易に評価する手法提示により、小型破壊靱性試験結果からレーザ溶接構造要素の破壊性能を評価する手順の基本フレームを提案し、継手破壊性能と狭隘化度（硬化部幅、母材との強度的ミスマッチ）の関係を明らかにし、年度目標を達成。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、年度目標の達成のため、計画した設備導入を行い、またサブグループ内での共通試料の作成とそれによる組織評価に着手し、従来よりも 2 桁程度低いひずみ速度領域の変形挙動をとらえることができ、目標以上の研究成果を達成した。（詳細は以下を参照。）

研究開発項目①-4-1-1「フェライト系耐熱鋼の局所的な組織脆化と長時間クリープ強度劣化機構の解明」については、9Cr 鋼の 650°C におけるクリープ試験及び溶接熱影響部の組織観察を行い、140ppm ボロン添加では窒素が 90ppm 以下なら BN が生成せず溶接熱影部の細粒化、及び、溶接継手のクリープ強度劣化が抑制されることを明らかにした。また、12Cr-1Mo-1W-0.3V 鋼の長時間クリープ寿命劣化に及ぼす不純物アルミの効果、9Cr 鋼のクリープ寿命と最小クリープ速度の関係を明らかにした。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先（独）物質・材料研究機構）

研究開発項目①-4-1-2「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」については、本合金設計の基礎となる Fe-M1-M2（M1: Ni, Co, Mn, M2: Ti, Nb）3 元系の相平衡について調べ、 γ -Fe と平衡する T C P 相 (Laves 相) 及び G C P 相領域を特定するとともに、Fe-Ni-Ti 系については相互作用パラメータを求めて計算状態図を作成した。また、モデル合金 Fe-20Cr-30Ni-2Nb 鋼を用いて 700°C~900°C、最長 4600h 時効材の組織観察を行い、800°C 以上では Fe₂Nb (Laves 相) のみが、また、700°C では Fe₂Nb の析出に先立って準安定な G C P 相である (Fe, Ni)₃Nb- γ 相が析出し、安定相 δ へと変化することを見出し、その T T P 図を構築した。さらに上記のモデル鋼及び比較材として炭化物を強化相とする SUH347 鋼（助成研究の住金提供）の 700°C/70~200MPa におけるクリープ試験を開始し、モデル鋼は 347 鋼よりも優れたクリープ破断強度を有することを見出した。（実施体制：（財）金属系材料研究開発センター 共同実施先 東京工業大学）

研究開発項目①-4-1-3「極限環境下での材料の機能安定性に及ぼすナノ組織因子の解明と極限環境使用材料の開発に必要な実プラント課題解析及び指導原理提示」において、材料設計因子である材料成分及び構成相がクリープ破断強度に及ぼす影響を明らかにし、助成研究のプラットフォーム構築のための機能安定性発現因子に関する知見を獲得した。また、平成 20 年度より実施するクリープ劣化損傷過程の定量評価（硬さ測定及び電気抵抗測定）に備え、サブグループ共通試験材である Gr. 91 及び Gr. 92 の母材及び継手のクリープ試験を予定通り開始した。さらに、クリープ劣化損傷進行に伴う硬さ測定結果（既得データ）に基づいて、組織診断の概念

を提案するとともに、硬さ測定による寿命予測モデルの概念を構築した。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 九州工業大学)

研究開発項目①-4-2-1「超小型試験片による局所クリープ特性診断技術の高精度・高度化」については、改良型スモールパンチ(S P)クリープ試験装置の平成20年7月の完成を目指して、その構造に関する詳細設計が計画通り進捗した。また、既存治具の改良により、極小試験片を作成して既存 8Cr 鋼で試験を実施し、設計中の装置機能の発揮目処を得た。加えて、助成研究のプラットフォーム構築に必要な S P クリープデータベースを作成開始(サブグループ 共通試験材である Gr. 91、Gr. 92、TP347 の溶接継手の超小型試験片による S P クリープ試験を計画通り実施)した。さらには、助成研究の溶接継手強度低下機構解明に不可欠となる既存 600℃級フェライト鋼(長時間使用した Gr. 91 や Gr. 92 など)のナノ・マイクロ組織解析により、ブロック粒界のマクロ強度への影響を分離できた。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 室蘭工業大学)

研究開発項目①-4-2-2「組織自由エネルギーに基づく局所的な劣化モデルの提案と、損傷評価指標と鋼材強度発現に寄与するパラメータならびに原理の提案」については、9Cr フェライト系耐熱鋼の調質材、溶接 H A Z 部、及び溶接 H A Z を模擬した熱処理材における組織エネルギーを算出した。その結果、転位密度測定を基にしたマルテンサイト相のひずみエネルギー変化は H A Z 部と調質材母材部、あるいは溶接熱履歴模擬材で極めて敏感に変化し、溶接部を評価するひとつの指標となりうるということが明らかとなった。一方、界面エネルギー、特に旧オーステナイト粒界エネルギーについては、ほとんど組織自由エネルギーの変化に影響を及ぼさないことが明らかとなったが、炭化物の析出量の変化にともなう界面エネルギーはひずみエネルギーの大きさに匹敵することがわかった。これらの知見とともに、母材及び溶接 H A Z 部について、ひずみエネルギー、界面エネルギー、化学的自由エネルギーの総和としての組織自由エネルギーの算出を行った。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 名古屋大学)

研究開発項目①-4-3-1「陽電子消滅寿命測定手法の高精度化・高度化と測定スペクトル解析ソフトの開発」については、平成19年度目標の高精度エネルギー選別型陽電子ビーム発生装置を開発するために、電磁場中の陽電子の軌道計算のシミュレーションと実験を駆使し、高エネルギーの陽電子を高い効率で耐熱鋼に照射する磁場レンズと陽電子ビーム発生装置本体の設計と製作に成功した(平成19年度目標達成)。強力な希土類磁石レンズの新規採用と陽電子線源位置等の最適化によって、陽電子寿命の高計数率化のめどがつき、中期目標の早期達成が期待される。加えて、加速財源の獲得により新設計のクリープ変形評価機構を同上装置に組み込むことにも成功し、クリープ変形による耐熱鋼中の組織劣化を、陽電子消滅寿命測定によりその場観察できる装置と技術を整備できた(加速目標達成)。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項目①-4-3-2「フェライト系耐熱鋼の局所的方位解析と新組織診断技術データベースの構築」については、代表的な 9Cr フェライト系耐熱鋼である改良 9Cr-1Mo 鋼において、方位像顕微鏡による局所方位解析を行った結果、構成する各種粒界・境界の性格分布をとらえ、典型的なマルテンサイト組織の中から、K-S の関係を用いてブロック境界、パケット境界の分離が行えることを確認した。また、コイルバネクリープ試験機を開発・導入し、線材をコイルバネ形状に加工した試験片、ならびにパイプ材をコイルバネ形状に加工した試験片に対してクリープ試験を行った。その結果、従来よりも2桁程度低いひずみ速度領域の変形挙動をとらえることができた。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 九州大学)

研究開発項目①-4-3-3「長時間寿命推定法」については、先進高Crフェライト系耐熱鋼母材のクリープデータ解析を行なった。長時間クリープ強度評価で最大の障害となるのは、応力-破断時間データに破断時間の活性化エネルギー(Q値)の低い領域が出現することである。高Crほどこの領域が早期に出現すること、この出現時期は同種の材料内では差が小さいことなどを明らかにした。これらの成果は、低Q領域の出現条件を種々の材料で予測可能にしてくれ、「溶接継手クリープ特性と組織パラメータをリンクできるプラットフォームの構築」に、予定どおりの貢献をした。(実施体制: (財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、必要な研究設備の設置を行い、計画通り研究を遂行し、従来研究ではわからなかった、①刃状転位だけでなくらせん転位も水素の輸送に大きく関与、②ひずみ速度 $10^{-5}/s$ 以下の遅い場合だけでなく、 $10^{-3}/s$ オーダーでも水素が転位に輸送されること等を明らかにし、目標以上の成果を上げることができた。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目「①-5-1 高強度マルテンサイト鋼の水素低温割れに関する実験的研究」については、引張強度 1050MPa の焼き戻しマルテンサイト鋼を対象にして、応力集中係数を 2.1 と 3.3 と変化させて種々の水素量における引張破断応力を測定し、破断応力-平均水素量カーブを取得するとともに走査電子顕微鏡による破壊起点の近傍の破壊様式を観察した。その結果、応力集中係数 2.1 においても高水素濃度域では粒界割れを起こし破断応力は大きく低下することを明らかにした。(実施体制: (財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項目「①-5-2 各種組織因子を含んだ鋼中水素の存在状態解析に関する研究」については、各種組織因子(平成19年度は原子空孔と転位)と水素熱脱離スペクトルの対応を明らかにすることを目標とした。その結果、主に①試験片厚さ、②昇温速度、③化学研磨等を工夫することで、原子空孔と転位から脱離した水素スペクトルの分離を可能とした。さらに、平成19年度の当初計画を年度途中で達成したため、実使用を想定した弾性・塑性応力下における水素の挙動解析に着手した。その結果、室温において、弾性応力下では水素の脱離が促進されることは無く、塑性応力に達すると水素の脱離が急激に増加し、その後徐々に減少するが破断まで水素の放出が続く。すなわち、室温において、塑性応力下では転位の移動に伴って水素が輸送される。従来研究では明らかとなっていなかった点として、①刃状転位だけでなくらせん転位も水素の輸送に大きく関与、②ひずみ速度 $10^{-5}/s$ 以下の遅い場合だけでなく、 $10^{-3}/s$ オーダーでも水素が転位に輸送されることを明らかにした。(実施体制: (財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 上智大学)

研究開発項目①-5-3-1「水素による原子レベルの粒界き裂発生に関する計算科学的研究開発」については、単純な鉄の対応傾角粒界における水素原子の種々の偏析濃度及び偏析配置に対して、偏析エネルギー、粒界凝集エネルギー、粒界強度を第一原理計算により求めた。その結果、基本的には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。また、粒界破断に対する実験結果と第一原理計算による結果の間の定量的な関係を得るため、実験試料に対応する連続体レベルと粒界上のマイクロき裂に対応するメゾスケールレベルの有限要素法に基づくシミュレーション手法、コードの開発を行った。(実施体制: (財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)日本原子力研究開発機構)

研究開発項目①-5-3-2「実験で得られた熱脱離の研究開発」については、実験で得られる水

素の熱脱離スペクトルにおけるピークの原因を解析し、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を行った。欠陥によるトラップサイトと拡散サイトの平衡理論と質量についての1次元連続の式を結合させたシミュレーションコードを開発することにより、実験により得られたスペクトル形状を再現することに成功した。この手法の開発により、計算で得られる各種欠陥と水素の結合エネルギーの結果を基に、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。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)日本原子力研究開発機構)

研究開発項目「①-5-4 水素遅れ破壊に影響を及ぼす空孔等の点欠陥蓄積に関する計算科学的研究」については、鉄中の原子空孔・空孔集合体における水素存在状態を大規模第一原理計算により解析し、空孔集合体の安定構造、及び形成・拡散・凝集のエネルギーエジェクティブ、それに及ぼす水素の効果を調べた。その結果、水素の存在により原子空孔の拡散が抑えられ、空孔集合体の安定構造が変化することを明らかにした。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項目①-5-5「炭素等の存在する鉄結晶中の水素挙動に関する計算科学的研究」については、第一原理計算、分子動力学計算を用いて、鉄結晶中の欠陥のらせん転位、刃状転位、表面、粒界、固溶炭素と水素との相互作用、水素による鉄の弾性特性の変化、結晶すべり変形時のエネルギー変化の水素濃度依存性を定量的に評価した。そして、1)刃状転位だけでなく、らせん転位も水素をトラップすること、2)結晶中の原子面同士のすべりが水素を集めること、3)水素によって原子面同士のすべりが助長されること、4)欠陥と水素の弾性相互作用は長距離に及ぶが、化学的相互作用は1nm程度に収まること、5)水素が結晶の弾性定数を変化させることを明らかにした。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

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」については、研究に必要な設備の設置と年度目標達成のための研究を計画通り遂行し、数ナノメートルサイズのVC析出粒子のサイズ分布及び析出量の定量評価を行う手法を確立する等、目標を上回る研究成果を達成できた。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目②-1-1-1「VC析出メカニズムの実験的解明」については、試料作製及びレンタル契約により導入したSEM-FIB複合機の立ち上げを行った。また電気抵抗測定装置を自作し、相変態及び析出挙動の測定を行った結果、相変態温度については精度良く測定できることが明らかとなった。固溶温度の測定のための実験手段として自作の電気抵抗測定装置の組み立てを行い、VC固溶現象の測定の可能性について検討した。その結果、電気抵抗による相変態温度の測定は精度良く行えるが、VC溶解の検出については析出量が少ないこと、高温保持時の酸化等の問題で再現性に欠けるという知見を得ている。恒温変態時のフェライト中のVC相界面析出組織をSEM-FIB複合機を用いた局所領域からTEM試料を切り出して観察を行い、数ナノメートルサイズのVC析出粒子のサイズ分布及び析出量の定量評価を行う手法を確立した。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 東北大学)

研究項目②-1-1-2[析出強化最大化に及ぼす第三元素の影響]についてはVCの析出挙動に及ぼす第三元素の影響としてSi, Mn, Biの影響について検討し、Si, Biの添加は析出強化能の冷却

速度依存性を小さくし、通常の鍛造品の自然冷却速度の範囲である 1°C/sec から 3°C/sec の間では安定した析出強化が得られることを明らかにした。また、第 3 元素として Cu を添加して VC と ϵ -Cu の複合析出による析出強化最大化を狙った実験では両析出物による強化は加算的ではなく熱処理条件によって加算量が異なることが分かった。購入した Thermo-calc を用いることにより本研究の実験条件を適切に設定することができ、理論的な考察も可能になり、今後の研究方向も明確になった。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター - 共同実施先 岡山大学)

研究項目②-1-1-3 「析出を伴う相変態制御強化と析出強化材の力学特性の解明」については、「高精度加熱・冷却パターン制御装置」を増設した全自動変態記録測定装置を使って S45C 鋼とそれに V を 0.3% 添加した鋼の恒温変態と連続冷却変態を γ 化温度を変えて測定した。また購入した「解析用計算機」により変態の開始、終了、変態の進行を数式化した。また変態温度の影響を購入した「熱力学・拡散データベース」を使って、VC の固容量を計算し、相変態の解析を変態の駆動力をベースに進めた。力学特性の解明には、購入した「微小硬さ試験機」と「熱間加工装置冷却能力増強」により得られた試料から切り出した引張試験片で求めた降伏強度を比較し、相変態制御強化材の力学的特性評価のデータを蓄積した。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 豊橋技術科学大学)

研究項目②-1-2-1 「再結晶及び相変態を利用した結晶粒微細化原理の解明」については、 $\alpha \rightarrow \gamma$ 逆変態による γ 粒微細化におよぼす初期組織、復熱速度の影響を明確化し、中炭素鋼での $\alpha \rightarrow \gamma$ 逆変態により、粒径 10 μm 弱までの γ 微細化が可能であることを解明した。初期組織が M の場合の方が、 $\alpha + P$ の場合よりも γ が微細化すること、 γ 粒径は復熱速度の影響をあまり受けないことが明らかとなった。さらに、マルテンサイトを出発組織とした場合の α 域大ひずみ加工時の動的再結晶により、1 μm 弱までの α 微細化と HV270 以上の高強度化が可能であることを見出した。これらは年度目標を上回る成果である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究項目 ②-1-2-2 「微細組織鍛造材の力学特性の解明」については、0.45C 材、0.75C 材を用いて α 域温間圧延により平均粒径 0.5 μm の微細フェライト+セメンタイト組織及びフェライト+パーライト組織を得た。更に熱処理により、種々のフェライト粒径を有する組織を得た。これらの試料を用い、降伏強さ、引張強さ、伸びと粒径の関係を調査した。C 濃度の増加、粒径の微細化により、YS が増加することが認められた。フェライト/セメンタイト組織(F/C)とフェライト/パーライト組織(F/P)は特性が大きく異なり、F/C は F/P に比して降伏比が大きく、高い YS が得られることを明らかにした。(0.75C 材では F/P \sim 0.6 に対し、F/C \sim 1.0) これらは、年度目標通りの成果である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究項目②-1-2-3 「微細化メタラジー確立のための高ひずみ速度・大ひずみ熱間加工シミュレーターの導入と基礎データ収集(平成 19 年度加速財源)」については、一軸圧縮試験を通じた S45C 鋼の変形抵抗及び組織変化データを前倒しで獲得したことを受けて、当初 3 年計画で導入予定であったねじり試験機の駆動部、高周波加熱部、真空雰囲気部を、加速予算によって 2 年前倒しで全て一括して導入し、系統的な熱間大ひずみ・高ひずみ速度試験を行う環境を整えた。別途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を、広範囲な温度・ひずみ速度で測定し、ねじり試験により得られる大ひずみ域の変形抵抗データの較正に着手した。これらは、年度目標を上回る成果である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同

実施先 大阪大学)

研究項目②-1-3[組織とメタルフロー制御による高剛性化技術の開発]については熱間加工によって得られた材料の集合組織をEBSPによって測定し、ヤング率の高い{111}方位が集積高くなる加工モードについて検討し、せん断が加わる加工によって生成した集合組織から比較的ヤング率が得られる可能性を明らかにした。また、集合組織からヤング率を求める計算モデルを作成した。加速財源で導入した超微細領域方位測定装置の導入立ち上げを行った。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター - 共同実施先 岡山大学)

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」については、年度目標達成のための設備導入と、研究を計画通り実施し、VC析出の構築、変態速度の定式化、結晶粒成長速度の定式化等計画通りに目標を達成した。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目②-2-1-1「VC固溶析出予測モジュールの開発」については、ThermoCalc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った。VC固溶、析出モデルについては、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。本モデルはオーステナイト中及びフェライト中からの析出に応用可能で、相界面析出モデルでもフェライト中の核生成/成長も取り扱う必要があるため有効と考える。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 東北大学)

研究項目②-2-1-1-2[モデル構築のための析出メカニズムの数式化]についてはオーステナイト域のVCの析出モデルを作成した。このモデルはVとCの添加比が大きく変わっても精度良く析出挙動が予測でき、析出後の粒成長による析出物の粗大化ならびに析出物の数の減少も計算できるモデルになっている。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター - 共同実施先 岡山大学)

研究項目②-2-1-1-3「大ひずみねじり変形抵抗データベースの構築」については、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を、広範囲な温度・ひずみ速度で測定した。加速予算により、熱間ねじり試験機が2年前倒しで導入されることになったため、新たに項目②-1-2-3をたて、研究を大きく推進した(該当項目参照)。これらは、年度目標を大きく上回る成果である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究項目②-2-1-1-4「逆変態モジュールの開発」については、JFEスチールより提供された実験データを用いて、S45C材の逆変態により生じる γ 結晶粒径を温度・保持時間の関数として定式化した。これは、当初目標通りの成果である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究項目②-2-1-1-5「再結晶・粒成長モジュールの開発」については、50%再結晶時間の定式化に注力し、Fe原子の拡散に基づいた理論的なモデル速度式を提案した。従来の多量の実験データをもとに温度、ひずみ、ひずみ速度の寄与を求めるやり方で得られた速度式と比較して、おおむね一致した。目標通りの成果である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究項目②-2-1-1-6「相変態予測モジュールの開発」については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の基本構成を作り上げた。住金小倉が④-2-9-1-4で構築したベース鋼(S45C, S45C+0.3V)についての相変態データベースを基に、変態

の速度を理論的に解析し、数式化を行った。年度内にマイクロ組織と変態曲線の対応予定で、年度計画通り進捗中。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 豊橋技術科学大学)

研究項目②-2-1-1-7「組織－特性予測モジュールの開発」については、新日鐵が④-2-9-1-5 で構築する、前方押しにおける組織と特性の関係のデータベースの内容を決定した。また、組織因子と降伏強度の関係の数式化の基本構成をまとめ、プログラムに組上げるための準備を計画通り進捗中である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 豊橋技術科学大学)

研究項目②-2-1-2「物質予測FEM鍛造システムの開発」については、バーチャルラボFEM鍛造解析システムの構築のため、有限要素解析ソフト(DEFOR M-2D)を調達し、各組織予測モジュールをユーザサブルーチンへ展開するため、ソフトの機能と限界について調査した。既存の組織予測モジュー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った。妥当な結果を得ることができ、解析環境の準備はできた。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、計画通りに設備導入と研究の遂行を行い、介在物・き裂の3次元観察技術とその可視化及び高精度き裂観察が可能な磁場顕微鏡システムの高精度化を達成し、目標以上の成果を上げることができた。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目②-3-1「局所的疲労損傷分布評価技術の確立」については、断層イメージを取得するための試料調整に用いるイオン照射断面研磨装置と、高品位・高速で回折データを可視化するCCDカメラの導入を完了し、平成20年1月現在、低炭素・高温焼戻しマルテンサイト組織を対象に引張試験や人工欠陥材の軸疲労及び転動疲労試験等のデータを収集して評価を進めており、年度目標を達成する見込み。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 横浜国立大学)

研究開発項目②-3-2「高強度鋼の初期き裂形態3次元観察及び介在物組成評価技術の確立」については、高強度鋼の逐次断面観察に不可欠な試料表面の精密切削を実現する超音波楕円振動切削装置の導入を完了し、鉄鋼材料の鏡面加工と顕微鏡観察を自動で行うシステムを構築した。また、介在物が含有した軸受鋼試験片に関して内部構造観察を行い、内在する介在物形状の3次元モデルを複数例作成した。平成20年1月現在、更なる高分解能、高精細な内部構造観察と、より多断面の鏡面加工を実現するため、加工精度や工具寿命を向上させる最適加工条件を検討している。この検討とともに軸受鋼内部介在物の観察例を増やしており、年度目標を達成する見込み。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)理化学研究所)

研究開発項目②-3-3「高強度鋼の初期き裂進展状況評価技術確立と影響因子明確化」については、19年度に、1軸の磁気センサーを用いて、き裂先端の磁場分布を観察する基礎的な磁場顕微鏡システムの高精度化を行った結果、世界初となる常温大気中で $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ の平面分解能を有する顕微鏡の作製とき裂とその周辺の塑性領域の短時間観察に成功した。平成20年1月現在、非干渉型3chガウスメーターを用いた3次元磁場顕微鏡の製作により、き裂先端周辺の磁場分布の観察をベクトル化することにより高精度化し、従来法に比べて数十倍のき裂観察速度で精度良く

観察することにより、年度目標を上回る成果を得る見込み。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 九州大学)

4. 2 平成19年度(助成)事業内容

【実用化技術】(助成事業)

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」は、極低温用鋼では、次年度に実施するクリーンMIG溶接との比較検討のため、現行の9%Ni系共金溶接材料によるTIG溶接継手の実継手データ(溶接施工性、継手性能、溶接金属中の酸素濃度)を収集した。さらに、クリーンMIG溶接継手で想定される板厚方向に不均質な溶接継手の安全性評価試験用模擬継手を作成した。また、980MPa級高強度鋼ではクリーンMIG溶接法であるプラズマMIG溶接の適正溶接条件範囲の検討ならびに現行のMAG溶接との比較を実施した。さらに試作溶接材料を用いたプラズマMIG溶接による基礎試験を実施した。(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」は、レーザ溶接の実用化評価と実証のため、「レーザ溶接施工の品質保証用モニタリング技術」に関しては、「溶接現象モニタリング装置」を導入し、各種モニタリング因子の挙動を把握した。「溶接割れの防止」に関しては、レーザ溶接割れ試験方法を提案し、溶接割れ試験を実施した。また、レーザ溶接中に溶接金属に吸蔵される拡散性水素量を把握するため測定試験方法を立案し、平成20年度実施に向けて実験、測定の準備を完了した。「現状の継手性能把握」及び「破壊安全性の検討」に関しては、レーザ溶接条件を選定、継手評価試験体を作製し、試験を実施した。「溶接金属の靱性改善技術(組織制御)」に関しては、低酸素マルテンサイト系及び高酸素アシキュラーフェライト系の両方から検討を進め、前者に関して炭素当量及び炭素量などを変化させた鋼板の試作を完了した。(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」は、基礎検討用鋼材14鋼種を製作し、高温割れ感受性、低温割れ感受性及び強度・靱性の機械的特性の評価を実施。耐割れ性及び機械的特性に及ぼす溶接金属成分の影響を検討した成分範囲内にて把握した。また、製作した基礎検討用鋼材を大阪大学、(独)物質・材料研究機構の6研究機関に提供し、組織調査、疲労特性評価等の委託事業に使用され、溶接材料開発に指針となる基礎知見が出されている。さらに、基礎検討用溶接ワイヤ4鋼種の製作を完了した。(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」は、平成19年度にシールドガスが純Arで形成された共金系溶接金属のシャ

ルピー衝撃値と溶接入熱、溶着速度の関係につきデータベース化を完了した。委託事業で検討しているM I G溶接プロセスの溶着速度範囲では、最終目標の一項目(-196℃での靱性値が 50J)を達成できる可能性を見いだした。(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」については、650℃級、700℃級、750℃級の耐熱鋼開発のために、既存鋼P91、SUS347H、Nimonic263、Alloy740のクリープ(中断)試験を開始した。また、既存合金の組織解析により強化機構を推定しモデル合金を試作、中間目標達成の可能性と、最終目標達成の方向性を明確にできた。更に加速財源による800℃超での強度・延性の両立についても着手した。併せて、高精度クリープ強化予測法の開発のために、プラットフォーム構築に有効なデータベースを選定、抽出し、欧州E C C Cにおける解析法(P D 6 6 0 5)の検討や、CDM組織劣化モデリングのために、転位密度測定による損傷パラメータ化に着手した。(実施体制：住友金属工業株式会社、新日鐵株式会社)共同実施

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」については、鋼中の炭素と水素との相互作用エネルギー及び TiC 炭化物の水素トラップ状態の第一原理計算に着手し、前者では最近接では強い反発力を持つことを、後者では TiC 中の炭素空孔が強い水素トラップ能を持つことを明らかにした。さらに、粒界破断のモデル化に必要な急冷マルテンサイト組織での局所粒界応力の計算に着手した。また、委託事業で用いる熱処理条件、加工条件を変化させた純鉄サンプルを試料作成し、その組織評価を行った。さらに、980MPa 級溶接金属模擬試料を作成し、その組織解析に着手するとともに、980MPa 級金属の残留応力測定に着手した。(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」については、VC析出強化制御を主体とした高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発として、VC析出強化量の飽和現象の原因を解明するとともに、冷却速度制御により析出強化量を大幅に増加(HV320⇒400)させることに成功した。また、0.6%以上のV量でも高硬度化することを確認し、さらには低温域で加工を加えることによりさらに20HV程度高硬度化することができ、今年度の目標を達成するとともに、中間目標を達成する見込みが得られた。細粒強化を主体とした高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発としては、逆変態に及ぼす前組織、熱履歴の影響や微細組織形成に及ぼすC量及び加工条件の影響を明確し、平均粒径1μm以下の微細フェライトと球状セメンタイトの混合組織の造り込みに成功し、今年度の目標を達成するとともに、中間目標を達成する見込みが得られた。(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」については、ベース鋼(S45C, S45C+0.3V)に関して、加熱時のVC固溶量データベース、初期加熱時の逆変態γ粒径データベース(S45Cのみ)、再結晶挙動データベース、変態予測

データベースとして等温変態線図を採取し、委託事業②-2のモジュール作成につなげた。また、組織と特性予測については、前方押し試験用の制御冷却装置等を導入した。中間目標であるデータベース構築に向けて、今年度分の目標範囲は達成した。(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」については、疲労メカニズム明確化及び寿命予測式構築のため、酸化物系介在物の影響調査用の共通試験材を用い、超音波探傷技術と転動寿命試験との組合せにより、介在物起点の転動疲労過程の評価、寿命評価に着手し、データ取得を進めた。また、転動疲労過程での損傷、き裂評価を委託研究の各機関で実施するため共通試験材を提供した。さらに、転動疲労における介在物周辺の応力シミュレーションの基本フレームを構築した。以上、年度目標どおりの成果を得る見込みである。(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)

4. 3 実績推移

	19年度 (契約額)	
	委託	2/3 助成
実績額推移		
石特会計 (エネ高) (百万円)	768	324
特許出願件数 (件) (委託事業)	0	—
論文発表数 (報) (委託事業)	3	—
フォーラム等 (件)	15	2

5. 事業内容

5. 1 平成20年度事業内容

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。

【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」については、平成19年度の研究成果を基に、クリーンMIG溶接の安定化制御技術として、新溶接ワイヤーの検討、電離プラズマガス流の検討、アーク熱源分布制御の検討、高速熱プラズマ流の検討等を行い、クリーンMIG溶接制御システムの設計・試作を行う。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目①-1-1「同軸複層ワイヤによるクリーンMIG溶接プロセス技術の開発」においては、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)を試作する。溶滴移行の一層の安定性を保証するために、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、クリーンMIG溶接制御システムの設

計・試作を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項①-1-2「電離プラズマ流を活用するクリーンプラズマMIG溶接プロセス技術の開発」において、電離プラズマガス流とMIGアークの同時画像分光解析によりプラズマ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う。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の検討を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、平成19年度の成果を基に、中・厚板の突き合わせ及び隅肉継手を対象に、溶接欠陥発生機構の解明、溶接金属内ガス含有量、溶加材添加・合金化プロセス・ビード形状などの制御技術の高度化を進める。(詳細は以下を参照。)

研究開発項①-2-1「ファイバーレーザ溶接現象の解析、溶接欠陥発生機構の解明及び欠陥防止策の開発」において、ギャップを有する突き合わせ継手のファイバーレーザ溶接を行い、溶接結果に及ぼすギャップの影響を調査する。また、実際の溶接におけるスパッタやポロシティ防止用の知見を得るため、レーザ出力変動の効果の確認を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-2-2「溶接金属組織及び溶接品質最適化のためのプロセス制御技術の開発」において、隅肉ハイブリッド溶接において、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を明らかにするとともに、均質分布を得るための制御因子を抽出する。また、溶接金属中の酸素含有量及びその分布挙動を解析し、組織制御に適した酸素量制御のための制御因子を抽出する。さらに、隅肉ハイブリッド溶接に出力変動制御を試み、その防止効果を調べるとともに問題点の抽出を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項①-2-3「レーザ・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発」においては、前年度に構築したハイブリッド溶接ロボットシステムに、隅肉溶接に適用可能なファイバーレーザヘッドを新規に設置し、板厚12mmの隅肉溶接への適用を図り、前年度の成果を活用してハイブリッド溶接条件の最適化により、両面溶接による滑らかな余盛形状を有する隅肉溶接ビード形成を目標とする。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、平成19年度の成果を基に、溶接金属の凝固・組織形成挙動その場観察技術、溶接金属の凝固割れならびに低温割れ防止の検討、溶接材料の成分設計に必要な金属組織と化学組成設計指針を進める。また、信頼性評価技術として、残留応力制御技術、低温割れ評価試験法、疲労伝播解析法等の開発を行う。(詳細は以下を参照。)

研究開発項①-3-2-1「高合金系溶接金属の凝固組織解析と組織微細化」においては、前年度に確立したその場観察技術を駆使し、組成を変化させた高Cr-高Niマルテンサイト系材料や

9%Ni 系材料を用いて溶接時の凝固・変態過程を直接観察することにより、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する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-3-2-2「Ni-Cr 系溶接金属の γ 生成挙動と水素集積挙動解析」においては、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）取り扱い手法を提案するとともに、本手法を用いた残留オーステナイト生成挙動を解析する予定である。また、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では、解析コードの開発を行う予定である。なお、水素分布の可視化・解析は、平成21年度に実施する計画である。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-3-2-3「オーステナイトを残留する高 Ni, Cr 系溶接金属における水素含有時のトラップ効果と変態挙動の計測」においては、残留オーステナイト量（性状）の異なる試料により、放置時間経過に伴う昇温脱離法による水素放出パターン変化を計測し、残留オーステナイト量等のトラップ挙動（水素放出挙動）への影響を実測データとして明示し、蓄積する。また平成20年度は負荷時におけるマルテンサイト変態挙動を検討し、そのデータを蓄積する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項①-3-2-4「高級鋼共金系溶接金属の特性支配因子ならびに残留オーステナイトによる水素トラップの功罪の明確化」においては、前年度に引き続き 980 MPa 級鋼及び 9%Ni 低温用鋼の電子ビーム溶接金属の組織、機械的特性の評価を行い、また2つの残留オーステナイトの評価法の得失の比較、及びマイクロプリント法の確立を目指す。さらに水素雰囲気下溶接熱・応力再現装置を用いて、種々の組織と水素量を有する試験片を作製し、上記の評価法を適宜利用し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する。溶接金属の作製法として電子ビーム溶接以外に、より適切な方法がないか、また現象解明に、より有利な溶接金属の化学組成がないかについても検討する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-3-2-5「急冷溶接金属の微細 A F の結晶学的解析」においては、実材料を利用して、光学顕微鏡法による巨視的組織観察ならびに透過電子顕微鏡法によって A F の下部組織観察と構造解析を行い、基礎データの収集を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 愛媛大学)

研究開発項①-3-2-6「Ni-Cr 系クリーン溶接金属における靱性改善に及ぼす誘起変態効果の計測と実証」においては、負荷を受けた継手溶接金属の残留オーステナイトを XRD や EBSD 解析以外の手段で評価する簡便法を開発し、残留オーステナイト量と負荷レベル（ひずみ）の関係を組織解析等によって評価する。また、多層溶接金属の低温靱性基本特性を纏めるとともに、継手破壊試験の破壊過程における局部ひずみ変化計測装置の基本仕様を決める。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項①-3-2-7「組織数値モデル化に基づいた誘起変態による局部応力緩和メカニズムの解明」においては、中間目標の一つである「力学モデルの開発と検証」のため、平成19年度において作成した基礎的シミュレーションモデルの改良及び実験との検証を進めるとともに、同じく中間目標の一つである「靱性に対するトリップ効果の予測」に向けて、基礎的シミュレーションモデルに対して結晶粒界の影響が考慮できるモデルの開発を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項①-3-3-1「残留応力場計測と疲労強度の関係の定量化」においては、平成19年

度の結果に基づき、企業側と検討し製作した、成分の異なる4種のソリッドワイヤー（共通ワイヤー）を用いて溶接部の中性子回折測定を実施し、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、溶接条件による変動も含めてより詳しく明らかにする。成分を変えた4種のソリッドワイヤー（共通ワイヤー）を用いて溶接部を作成し、溶接金属の疲労伝播試験を電場指紋法装置を用いて実施し、酸素量と残留オーステナイト量が疲労伝播速度に及ぼす影響をより系統的に明らかにする。また今年度開発した相変態を導入した残留応力計算ソフトを用いて平成19年度に得られた残留応力分布を対象に、数値計算を行う。そのために必要となる溶接金属の諸物性値をもとめる。実験と計算の対応を調べながら残留応力計算ソフトの充実を図る。（実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-3-2「残留オーステナイトを有する高強度鋼溶接金属の低温割れ評価手法の開発」においては、平成19年度に実施した、自拘束型溶接割れ試験における継手拘束度が低温割れ発生状況に及ぼす影響の定量的整理と、材料組織レベルの微視的な応力分布を算定できる数値解析手法の基本アルゴリズム開発を踏まえ、自拘束型試験において継手拘束度によって溶接金属部の変態膨張による残留応力低減効果が変化することが予想されることから、マルテンサイト変態膨張を生じるNi-Cr系溶接材料や高張力鋼用の既存溶接材料による自拘束型溶接割れ試験において継手拘束度が低温割れ発生状況に及ぼす影響を解析的に把握する。また、低温割れに及ぼす残留オーステナイトの割合や分布形態の影響をミクロ力学的な観点から検討する。（実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-4「高強度鋼・低温用鋼溶接継手の限界CTOD評価と大型継手の破壊性能評価手法の構築」においては、980MPa級高強度鋼溶接継手及び9%Ni鋼溶接継手に対して、平成19年度に提案した小型破壊靱性試験で得られる限界CTODから構造要素溶接継手の破壊性能を評価する手順の妥当性を、模擬溶接継手の破壊試験を実施して検証する。本手法に基づき、両継手の継手破壊性能に及ぼす影響因子を数値解析し、両継手の革新的溶接金属の設計に活かす情報を取得する。（実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-5-1「レーザ溶接継手の拘束応力・ひずみ評価に基づく低温割れ感受性、疲労強度評価」においては、解析プログラムに導入するための鋼材（3鋼種）、HAZ部及び溶接金属の機械的性質の温度依存性を採取し、「熱弾塑性解析手法の確立」を図る。また、レーザ溶接残留応力の計測、シミュレーション、解析プログラムの改良などを進めながらパラメトリック解析からレーザ溶接の拘束応力・ひずみの基本的特徴を提示する。さらに、高電流型電場指紋照合装置（FSM）を活用した、世界初のレーザ隅肉溶接継手及び突合せ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計測などに挑戦する。（実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学）

研究開発項①-3-5-2「溶接部領域狭隘化（レーザ溶接等）継手の破壊靱性・破壊性能評価手法の構築」においては、平成19年度に提案した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の妥当性を実験により検証し、手法の確立を図る。また、平成19年度に提案した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、構造要素溶接継手の破壊試験を実施して検証する。（実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、平成19年度の成果を基に、クリープ変形時の組織劣化機構、局所的組織回復機構、クリープ損傷機構等の解明継続し、助成研究のプラットフォーム構築に必要な概念・データの蓄積を図り、合金設計指針の検討の基盤を構築する。(詳細は以下を参照。)

研究項目①-4-1-1「フェライト系耐熱鋼の局所的な組織脆化と長時間クリープ強度劣化機構の解明」については、ボロンによる9Cr鋼溶接熱影響部の細粒化抑制及び継手クリープ強度劣化抑制のメカニズム解明、オーステナイト系SUS347HTB鋼の長時間クリープ寿命を劣化させる金属組織因子の解明、9Cr鋼の最小クリープ速度と組織安定性との関係解明を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項目①-4-1-2「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」については、平成19年度での成果を踏まえて、Fe-Ni-Nb(Ti)及びFe-Nb-M3元系合金における γ -Fe、 Fe_2M 及び Ni_3M 相間の相平衡を引き続き検討するとともに、相互作用パラメータを決定して、低温側での計算状態図を求める。また、Fe-20Cr-30Ni-2Nb鋼をベースに、Nbの一部を他の元素で置換した鋼を溶製し、TCP相及びGCP相の核生成、成長・粗大化に及ぼす微量元素の役割を調べる。また、 Fe_2Nb (Laves相)の格子定数に及ぼすに固溶元素の効果を置換サイト考慮して解析し、 γ 母相と化合物相との方位関係及び界面性状について調べ、化合物相の相安定性を検討する。さらに、前年度に引き続きモデル合金Fe-20Cr-30Ni-2Nb鋼及びSUS347鋼の700°C～800°C/100～200MPaにてクリープ及びクリープ中断試験を行い、クリープ抵抗と組織形態との関係を明らかにする。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 東京工業大学)

研究開発項目①-4-1-3「極限環境下での材料の機能安定性に及ぼすナノ組織因子の解明と極限環境使用材料の開発に必要な実プラント課題解析及び指導原理提示」において、平成19年度に引き続き、熱処理条件や機械的性質等とクリープ破断強度との関係解析を継続・発展させるとともに、平成20年度に実施するクリープ中断材及び破断材の硬さ測定及び電気抵抗測定結果と合わせて、材料劣化損傷機構を解明し、強度機能安定性発現のための合金設計・組織制御指針の提案へとつなげていく。さらに、前述の成果も取り込みながら、平成19年度に創出した高精度寿命予測モデルの概念をブラッシュアップし、助成研究のプラットフォーム構築に必要な概念を構築する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 九州工業大学)

研究開発項目①-4-2-1「超小型試験片による局所クリープ特性診断技術の高精度・高度化」については、改良型SPクリープ試験装置を製作した後、サブグループSC共通試験材であるGr.91、Gr.92、TP347及び経年劣化材の溶接継手を対象に試験を実施し、助成研究のプラットフォーム構築に必要なSPクリープデータベースの作成を進める。また、本手法を高精度クリープ強度推定法として確立させるために、薄板の塑性変形理論に基づいた塑性応力・ひずみ解析や汎用プログラムABAQUSを用いた有限要素法解析により単軸クリープ試験との関係を定量化する。加えて、平成19年度に引き続き、助成研究の溶接継手強度低下機構解明に不可欠である既存600°C級フェライト鋼のナノ・マイクロ組織変化の解析と破壊の物理化学的機序の解明を進める。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 室蘭工業大学)

研究開発項目①-4-2-2「組織自由エネルギーに基づく局所的な劣化モデルの提案と、損傷評価指標と鋼材強度発現に寄与するパラメータならびに原理の提案」については、溶接継手に対する長時間クリープ強度予測の指針を得るために、組織自由エネルギー変化とクリープ特性との対応について調べる。すなわち、クリープ中断試験材及び破断試験材について組織自由エネルギーを算出するとともに、そのエネルギー変化に対する応力効果を評価する。これらの結果

を、前年度に得られた 9Cr フェライト系耐熱鋼の調質材、溶接HAZ部、及び溶接HAZを模擬した熱処理材における組織エネルギーの結果と比較し、溶接HAZ部における局所的な組織劣化状態を検証する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 名古屋大学)

研究開発項目①-4-3-1「陽電子消滅寿命測定手法の高精度化・高度化と測定スペクトル解析ソフトの開発」については、前年度の予算及び加速財源によって開発した陽電子ビームクリープ損傷その場観察装置を用いて、サブグループ共通試験材のクリープ変形による内部組織劣化をその場観察する。あわせて、クリープ試験中断材についても陽電子寿命を測定し、内部組織劣化評価を実施する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究開発項目①-4-3-2「フェライト系耐熱鋼の局所的方位解析と新組織診断技術データベースの構築」については、フェライト系耐熱鋼の共通試料である Gr.91 の種々の条件で行ったクリープ破断材の組織劣化評価を、平成19年度に確立した局所方位解析法による粒界・境界判別法により行い、新組織診断技術データベースの構築を目指す。また、極低ひずみ速度クリープ試験をフェライト系耐熱鋼において実施し、低応力下での強化機構の解明を目指す。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 九州大学)

研究開発項目①-4-3-3「長時間寿命推定法」については、先進高Crフェライト系耐熱鋼母材のクリープデータ解析を類似材料に拡大し、高Crほど長時間強度を大幅に過大評価する(短時間データと長時間データの活性化エネルギー差が大きい)原因を解明する。また、領域区分法に基づくクリープデータ解析を溶接継手にも適用し、「溶接継手クリープ特性と組織パラメータをリンクできるプラットフォームの構築」をより広範な分野に広げることに寄与する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 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」については、平成19年度の研究成果を基に、純鉄を対象とした水素昇温脱離プロファイルを求め、水素トラップサイトのトラップエネルギーや局所応力-局所水素量に基づく破断限界を実験的に求める。また原子、分子レベルでの計算手法を用いては、複雑な鉄モデル粒界等を対象に、トラップサイトのトラップエネルギー等を求める。さらに結晶粒界強度に対する水素の影響を評価し、水素の影響によるき裂の進展等のモデル化を行う。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目①-5-1「高強度マルテンサイト鋼の水素低温割れに関する実験的研究」については、1050MPa級焼き戻しマルテンサイト鋼(ボロン添加鋼、F10T)における検討を引き続き行うとともに、プロジェクトでの溶接金属組織として想定される焼き入れのままで1000MPa級となるモデル材料を新たに作製し、破断応力-平均水素量カーブの取得、金属組織観察及び破面様式観察を行う。さらに得られたデータをもとに、破壊起点における局所応力及び局所ひずみと局所水素量を求め破壊を支配する因子の検討を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項目「①-5-2 各種組織因子を含んだ鋼中水素の存在状態解析に関する研究」については、熱脱離スペクトルからの水素存在状態解析に関する研究に関しては、結晶粒界密度の異なる純鉄を作製し、低温昇温脱離水素分析機構装置を用いて、従来、室温～200℃で重なって放出される水素の中から、結晶粒界にトラップされた水素熱脱離スペクトル分離を試みる。さらに、弾性・塑性応力下における水素存在状態に関する研究に関しては、平成19年度に応力下での純鉄中の水素挙動検出が可能となったため、実用鋼の弾性・塑性応力下における水素の

挙動に着手する。実施体制：(財)金属系材料研究開発センター―再委託上智大学)

研究開発項目①-5-3-1「水素による原子レベルの粒界き裂発生に関する計算科学的研究開発」については、第一原理計算手法を用いた水素による粒界強度変化、偏析エネルギーの予測において、より複雑な鉄モデル粒界を用いた計算を実施し、平成19年度に実施した単純なモデル粒界における結果の妥当性を検証する。また、粒界破断の実験結果を第一原理計算結果から定量的に予測し、複数の結晶粒が存在するときのき裂進展モデルを構築するため、連続体、メソ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う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)日本原子力研究開発機構)

研究開発項目①-5-3-2「実験で得られた熱脱離の研究開発」については、平成19年度に開発した水素の熱脱離スペクトル解析コードを用いて、種々の欠陥と水素の結合エネルギーのシミュレーションデータを取り入れ、新たに得られる詳細な実験結果を解析し、粒界における水素量の予測を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)日本原子力研究開発機構)

研究開発項目「①-5-4 水素遅れ破壊に影響を及ぼす空孔等の点欠陥蓄積に関する計算科学的研究」については、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引き続き行い、空孔集合体における水素トラップ・エネルギーを解析し、熱脱離分析実験との比較を行う。さらに、空孔と介在物・欠陥の相互作用に及ぼす水素の効果を大規模第一原理計算により解析し、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、粒界水素偏析量の見積りに繋げる。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究開発項目①-5-5「炭素等の存在する鉄結晶中の水素挙動に関する計算科学的研究」については、平成19年度に得られた鉄中格子欠陥と水素との相互作用に基づいて、フェーズフィールド計算法により、各種温度での欠陥部での水素濃度を評価する。さらには、水素-欠陥相互作用下における水素の拡散プロセスを経路積分分子動力学法によって同定する。そして、これらの情報からフェーズフィールドマルチスケールマルチフィジクス計算で用いるパラメータを決定し、欠陥と水素が相互作用する系の時間発展を調べるためのツールを獲得する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

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」については、平成19年度の研究成果を基に、成長抑制や準安定相析出など検討、析出メカニズムと相変態制御の検討により、析出強化を最大にする指導原理を研究する。また、逆変態・動的再結晶・動的変態、微細複合組織の創生技術、多方向加工等の細粒化指導原理の研究を行う。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目②-1-1-1「VC析出メカニズムの実験的解明」については、S45CにVを添加した鋼について恒温変態完了後の更なる保持によるVC析出組織の変化を定量的に評価する。また、恒温変態前の前加工によるVC析出組織への影響、共析鋼パーライトにおけるVC相界面析出挙動を明らかにする。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 東北大学)

研究項目②-1-1-2「析出強化最大化に及ぼす第三元素の影響」については、析出強化最大化のためメタラジー指導原理を明確にする目標を達成するために平成19年度に得られた結果を基

に析出強化最大化のメタラジーを明確にする。特に、V と Cu の複合添加で析出強化をより効率的に行わせる成分設計を探索する。また、Si 添加、Bi 添加で冷速 0.5°C/s から 3°C/s の間で硬度がほとんど冷速の影響を受けないメカニズムを解明することにより強度ばらつき低減のメタラジーを明確にする。また、低 C-高 V+第 3 元素による析出強化最大化のためメタラジーを検討する。**実施体制：(財) 金属系材料研究開発センター - 共同実施先 岡山大学)**

研究項目②-1-1-3「析出を伴う相変態制御強化と析出強化材の力学特性の解明」については、V 添加量の異なる鋼の恒温変態と連続冷却変態を γ 化温度を変えて測定する。フェライトとパーライトの変態の速度、硬さを測定し、試料全体の降伏強度と組織の関連を解明する。また γ 中で加工を加え、変態の進行と強度に対する加工の影響を析出挙動に注目して明らかにする。(実施体制：(財) 金属系材料研究開発センター 共同実施先 豊橋技術科学大学)

研究項目②-1-2-1「再結晶及び相変態を利用した結晶粒微細化原理の解明」については、前年度の結果を受け、中炭素鋼の $\alpha \rightarrow \gamma$ 逆変態時の γ 核生成サイトを、初期組織 ($\alpha + P$ 、M または B) 毎に明らかにし、 γ 微細化のための初期組織の制御指針を得る。また、 $\alpha \rightarrow \gamma$ 逆変態を通じた γ 微細化に及ぼす合金元素 (Nb など) の影響を明確化する。平成 19 年度に、マルテンサイトを出発組織とした場合に 1 μm 弱までの α 微細化が可能であることが明らかになった。これは非常に重要な成果である。平成 20 年度は、上記プロセス中の α 微細化の原理を明らかにする。(実施体制：(財) 金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究項目②-1-2-2「微細組織鍛造材の力学的特性解明」については、平面ひずみシミュレータの能力増強を行い広範な微細組織を作り込むとともに、25 トン圧延鍛造シミュレータを用いて、微細化グループでの知見に基づく微小引張を行う。YS \geq 900 MPa の達成を目標とする。また、平成 19 年度の結果を発展させ、炭素量を変化させ、フェライト+セメンタイト組織、フェライト+パーライト組織の粒径、セメンタイト体積率・粒径の関係について系統的に検討を行い、関係を定式化する。微小引張試験片と通常サイズ試験片の比較も行う。(実施体制：(財) 金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独) 物質・材料研究機構)

研究項目②-1-2-3「微細化メタラジー確立のための高ひずみ速度・大ひずみ熱間加工シミュレータの導入と基礎データ収集 (平成 19 年度加速財源)」については、前年度導入した熱間ねじり試験機を用いて、S45C 鋼のひずみ 10 に至る大ひずみ域までの熱間変形抵抗データを系統的に測定する。得られる変形抵抗は、バーチャルラボシステムの根幹的なデータとなるとともに、各助成研究で行なわれる熱間加工シミュレーション実験の標準化に寄与する。大ひずみ加工材の組織を詳細に明らかにし、新しい微細化手法の確立と、その原理解明を行なう。これは、微細化に関する全ての助成テーマに大きく寄与する。(実施体制：(財) 金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究項目②-1-3「組織とメタルフロー制御による高剛性化技術の開発」については、鋼の高強度化に伴う部材の薄肉化は剛性の劣化をもたらし、場合によっては、剛性がネックになり、期待する薄肉化が果たせない可能性がある。そこで、制御鍛造の組織制御技術を用いて必要部材の高剛性化を実現して高強度、高剛性による部品の軽量化を実現する。剛性は結晶方位依存性が大きく、鋼の場合は $\langle 111 \rangle$ 方向の剛性(ヤング率)は $\langle 100 \rangle$ 方向に比べると 2 倍の大きさがあり、剛性の必要な方向に $\langle 111 \rangle$ 方位を揃えることにより剛性を向上させることが可能である。この原理を鍛造部品の製造プロセスで有効に機能させるための組織制御を確立するために、平成 20 年度は以下の項目を実行する。

①実験用の金型を設計製作する。

② $\langle 111 \rangle$ 方位の鮮明化に及ぼす変形モード、加工率、加工温度などの影響を系統的に明らかにし、高

剛性部材の製造指導原理を明確にする。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター - 共同実施先 岡山大学)

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」については、平成19年度の研究成果を基に、ベース鋼の一般的な鍛造プロセスに対してデータベースの蓄積とモジュールの高精度化を研究する。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目②-2-1-1-1「VC固溶、析出予測モジュールの開発」については、VC固溶温度について電気抵抗装置の改良とともに、示差熱分析等の他の測定手段の検討を行う。また、提案、構築する析出モデルの妥当性について、②-1-1-1での実験データを基に検討する。モデル構築では②-2-1-1-2「モデル構築のための析出メカニズムの数式化」(瀬沼)の検討結果を用いる。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 東北大学)

研究項目②-2-1-1-2「モデル構築のための析出メカニズムの数式化」については、組織ならびに強度を予測する制御鍛造のバーチャルラボシステムを構築する目標を達成するために鍛造工程の析出挙動を予測する一貫析出予測モデルを開発する。平成20年度はC-V基本成分系のフェライト域の固溶・析出予測モジュールを作成する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター - 共同実施先 岡山大学)

研究項目②-2-1-1-3「大ひずみねじり変形抵抗データベースの構築」については、S45C鋼のひずみ10に至る大ひずみ域までの熱間変形抵抗データを広範囲の温度・ひずみ速度条件化で系統的に測定し、大ひずみ域までの変形抵抗データベースを世界ではじめて構築する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究項目②-2-1-1-4「逆変態モジュールの開発」については、昨年度定式化したS45Cに引き続き、S45CをベースにVを添加した鋼の初期過熱時の逆変態により形成される γ 組織の結晶粒径を予測するモジュールを開発する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 大阪大学)

研究項目②-2-1-1-5「再結晶・粒成長モジュールの開発」については、50%再結晶時間に関して、従来モデルとの比較からの問題点を修正するとともに、VC析出状態におけるモデル式の構築を行う。また、再結晶粒径、粒成長に関しても、理論式の提案を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)物質・材料研究機構)

研究項目②-2-1-1-6「相変態予測モジュールの開発」については株式会社住友金属小倉が④-2-9-1-4で構築するベース鋼S45C(+0.3%V)をオーステナイト域で加工を付与した時のフェライト/パーライトの相変態データを使って、加工の影響を含んだ変態の進行を数式化し、予測モジュールを構築する。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 豊橋技術科学大学)

研究項目②-2-1-1-7「組織-特性予測モジュールの開発」については、新日鐵が④-2-9-1-5で構築するベース鋼(S45C、S45C+0.3%V)の前方押し実験のデータを使って、組織因子と降伏強度の関係を理論的に解析し、数式化を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 豊橋技術科学大学)

研究項目②-2-1-2「物質予測 FEM 鍛造システムの開発」については、解析結果の高精度化に必要な境界条件データベースを構築し、各組織予測モジュールを統合して鍛造FEM解析ソフトに組み込む。前方押しにおける組織予測解析を実施する。(実施体制：(財)金属系材料研究開

発センター 共同実施先 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」については、平成19年度の研究成果を基に、疲労損傷評価技術、3次元のき裂観察技術、磁気特性測定によるき裂進展挙動の評価技術の高度化を図り、データベースの蓄積と、き裂進展挙動に及ぼす種々要因の影響調査を行う。(詳細は以下を参照。)

研究開発項目②-3-1「局所的疲労損傷分布評価技術の確立」については、人工欠陥材に転動疲労を与えた試験片における疲労き裂近傍の組織解析から変形勾配の評価を検討するとともに、0.6mass%C 材への適用評価を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 横浜国立大学)

研究開発項目②-3-2「高強度鋼の初期き裂形態 3次元観察及び介在物組成評価技術の確立」については、平成19年度に開発した観察システムを利用して、転動疲労試験片内部のき裂の観察を行う。き裂伝播における各過程の試験片について内部観察を行い、き裂の初期形状から進展課程における形態を3次的にモデル化する。また、き裂観察精度の向上を目指し、高倍率観察を実現するための精細な鏡面加工条件の検討を行う。さらに、これら観察結果や最適条件探索の調査結果に基づき、軸受鋼の内部き裂の3次元観察に最適化したシステムの提案を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 (独)理化学研究所)

研究開発項目②-3-3「高強度鋼の初期き裂進展状況評価技術確立と影響因子明確化」については、き裂の実験と磁気センサーを用いた観察システムを用いて、軸受鋼でのき裂先端の塑性領域観察技術の基礎確立を行う。(実施体制：(財)金属系材料研究開発センター 共同実施先 九州大学)

その他、総合調査研究として、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。

【実用化技術】(助成事業)

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」において、極低温用鋼ならびに980MPa級高強度鋼とも、開発されたプラズマMIG溶接法ならびに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とともに、基礎継手を製作し、その継手性能評価を実施する。さらに、平成19年度に実施した従来溶接法(TIG溶接、MAG溶接)の基礎データとの比較検討も実施する。(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」において、レーザ溶接の実用化評価と実証のため、「レーザ溶接施工の品質保証用モニタリング技術」に関しては、溶接品質確保のためのパラメータ範囲を把握し品質保証手法を提示する。「溶接割れの防止」に関しては、割れ試験を実施し、

割れ発生の限界条件及び防止策の要否を検討する。また、レーザ溶接金属の拡散性水素量を従来MAG溶接と比較して調査する。「現状の継手性能把握」、「破壊安全性の検討」、「大型試験体でのレーザ溶接実用化検討」に関しては、大型試験体を作製、大型破壊試験を実施する。「溶接金属の靱性改善技術（組織制御）」に関しては、低酸素マルテンサイト系レーザ溶接金属及び高酸素アシキュラーフェライト系レーザ溶接金属の靱性、強度（硬さ）を系統的に調査し、各強度レベルでの適正溶接金属組成を提示する。（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」において、平成19年度の成果を踏まえ、基礎検討用鋼材（その2：耐割れ性及び機械的特性の更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評価する。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、耐割れ性及び機械的特性に優れた成分系を見極め、平成21年度で製作する一次試作溶接ワイヤの基本成分設計を完了する。（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」において、共金系溶接金属のシャルピー衝撃値におよぼす酸素の影響につき、溶接入熱、溶着速度の関係とあわせてデータベース化する計画である。構築したデータベースを基に、委託事業の目標である酸素量が 50ppm 程度でシャルピー衝撃値を目標達成できる溶接材料成分の検討を進める計画である。（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」については、650℃級、700℃級、750℃級の耐熱鋼開発のため、加速財源にて試作したNIMS成果によるB最大活用モデル合金の組織やクリープ特性を評価する。また、東工大知見並びに成果を活用した新析出相モデル合金試作と短時間クリープ特性評価を実施する。さらにモデル合金クリープ（中断）試験材組織の定量化と損傷機構の明確化を図る。そして、高精度クリープ強度予測法の開発のため、抽出データベースに加え、組織変化の定量評価パラメータ提案とともに、共通試験材のデータベースを構築する。さらに、CDM基本構成式の構築と、妥当性の検証、改良を実施する。（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」については、鋼中の炭素と水素との相互作用エネルギー計算の高精度化及びTiC炭化物界面の水素トラップ状態の計算を実施するとともに、急冷マルテンサイト組織での局所粒界応力の平均応力との差異を計算により明らかにする。また、委託事業で水素存在の評価に用いる結晶粒径を変化させた純鉄サンプルの組織評価を行う。さらに、980MPa 溶接金属の残留応力測定を実施する。（実施体制：新日鐵株式会社、JFE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」については、VC析出強化制御を主体とした高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発として、加工を付与した場合の析出強化量最大化、加工熱処理条件がVC析出に与える影響について研究し、前方押し出しを主体とした加工熱処理条件が再現可能なラボ試験を確立し、 $Y P \geq 900\text{MPa}$ あるいは $Y P \geq 1000\text{MPa}$ を達成できる成分・加工条件を見出す。細粒強化を主体とした高強度化・傾斜機能付与のための合金設計・プロセス開発としては、逆変態+加工再結晶による γ 粒微細化効果に及ぼす鋼材成分、加工熱処理条件の影響を調査し、さらに逆変態+加工再結晶により得られた細粒鋼におけるV析出強化の検討を行う。また、微細組織鋼の強度（硬さ）に及ぼす固溶強化元素の影響について検討し、中間目標（強化部0.2%耐力 $\geq 900\text{MPa}$ 、非強化部0.2%耐力 $\leq 800\text{MPa}$ ）を達成するための最適成分を検討する。同一部材内で高強度と軟質部を併せ持つプロトタイプ部品の作製研究として、ハブ模擬のプロトタイプ部品が製造可能な加熱・冷却装置の境界条件を同定し、想定した熱履歴が再現可能とする。また、岡山大学で検討される高剛性化技術の実用化技術の検討として、高剛性化プロセスが再現可能な金型・設備の設計・製作を行う。（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）

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」については、平成19年度に引き続き、ベース鋼（S45C, S45C+0.3V）に関して、加工時のオーステナイトに析出するVC量のデータベース、初期加熱時の逆変態 γ 粒径データベース（S45C+0.3V）、粒成長データベース、オーステナイト域で加工した場合のフェライト/パーライト変態データベース、前方押し出し試験による組織と特性予測データベースの構築を行い、委託事業②-2のモジュール作成につなげる。（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」については、酸化物系介在物を含む複数の材料を供試材として溶製試作し、転動疲労損傷過程、転動疲労寿命評価のデータ取得を進め、また、応力シミュレーションの基本フレームを発展させる。さらに委託研究での成果と合わせることで転動疲労メカニズムを明確化し、寿命予測式の骨格を構築する。（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. 2 平成20年度事業規模

委託事業+助成事業

特別会計（需給）

950百万円（継続）

（注）事業規模については、変動があり得る。

6. その他重要事項

6. 1 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。

6. 2 複数年度契約の実施

委託事業に関しては、平成19～20年度の複数年度契約とする。助成事業については、平成19～21年度の複数年度契約とする。

6. 3 助成事業に関する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20年度助成先：川崎重工業(株)、石川島播磨重工業(株)、JFEスチール(株)、新日本製鐵(株)、住友金属工業(株)、(株)神戸製鋼所、大同特殊鋼(株)、(株)住友金属小倉、愛知製鋼(株)、山陽特殊製鋼(株)

7. スケジュール

本年度のスケジュール： 平成20年3月上旬・・・部長会
3月中旬・・・運営会議

8. 実施方針の改訂履歴

(1) 平成20年7月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「3. 背景及び目的・目標」の記載を改訂。

