

メタル資源リスク増大に対して、レアメタル使用量を低減した低合金低コストハイテンを開発する技術で、日本鋼材の国際競争力維持に寄与する技術である。

④国が実施する必要性について

現在、超高強度高延性領域での鋼板実用化に向けた開発は、世界的に非常に困難な状況にあるが、本事業においては、複層化・接合技術を用いての鋼板軽量化基盤技術開発により、世界に先駆けて、当該領域の鋼板実現を目指すもの。

鉄鋼メーカーでは、従来技術の延長線上にない新たな鋼材開発を基礎研究から事業化までについて、適用可能な接合技術・加工技術の開発も含め、長期間、単独で行うことは困難。一方、複層化技術、革新的接合・加工技術等に関する基盤技術は大学が有し、本技術開発に求められる異なる鋼板、他材質等の積層・複合の特性を生かすノウハウを企業は持ち得ていない状況。

については、国の事業として、大学等と企業が一体となったコンソーシアムを組織し、複数の大学が持つ技術と複数企業の持つ優れた要素技術を見極め、それぞれの開発知見を結集させることにより、本技術的課題の早期解決を図ることができる。

⑤省内又は他省庁の事業との重複について

重複する事業はない。

3. 新規研究開発事業を位置付けた技術施策体系図等

○別添参照(「鉄鋼分野の技術戦略マップ」「製鉄分野ロジックツリー」)

## 第2章 評価コメント

### 新規研究開発事業の創設の妥当性に対するコメント

#### ①政策的位置付けの妥当性について

鉄鋼材料の高強度化は、安全安心な社会環境実現と省エネルギー・CO2 排出量削減を同時に達成するために必須の基盤技術である。高強度・高加工性・経済性を兼ね備えた鉄鋼材料の更なる軽量化(高強度化)基盤技術開発を、世界に先駆けて実施すべきである。また、二酸化炭素排出量削減、レアメタル使用抑制、安全性向上等の要求が一段と高まっている現状において、革新的鋼板創製の国家的取り組みは、きわめて適切な提案であり、材料技術、製造技術、メカニズム解析の3身が一体となった活動が必要で、国の主導のもと、産業と大学および研究機関が共同で実施すべきものである。

なお、高い目標値を設定した革新的技術開発を目指しているため、長期スパンでの開発計画となっており、その場合、当初掲げた技術シーズだけにこだわらず、開発中も常に新しい技術シーズに目を配り、柔軟に取捨選択と軌道修正を図ることによって高い目標値達成が望まれる。また、持続可能な循環型社会の構築のために、構造材料のリサイクル性の改善も緊急の課題である。

#### ○肯定的意見

- ・ 自動車、鉄道、船舶、橋梁、高層建築物等の製造・構築に不可欠な鉄鋼材料の高強度化は、安全安心な社会環境実現と省エネルギー・CO2排出量削減を同時に達成するために必須の基盤技術である。高強度・高加工性・経済性を兼ね備えている鉄鋼材料を代替する材料を人類が手にする可能性は見当たらず、将来を見据えた更なる軽量化(高強度化)基盤技術開発を、世界に先駆けて実施すべきである。
- ・ 二酸化炭素排出量削減およびレアメタル使用抑制や鉱石の品位劣化に対する抜本的対策が急がれていたのに加えて、東日本大震災等により機械・構造物の安全性向上の要求が一段と高まっている現在の状況で、革新的鋼板創製の国家的取り組みは、きわめて適切な提案であると思う。
- ・ 高強度で高成形性を有する鋼板は自動車等を軽量化し、また、二酸化炭素を削減する上での必須の技術。このような鋼板を実用化するためには、材料だけでなく、接合や解析を含めた観点での推進が不可欠。強度、延性、水素脆化、成形、接合、耐食性とその解析技術という観点で検討を実施すべきである。また、上記の複数の項目をいずれも成立させるためには、材料技術、製造技術、メカニズム解析の3身が一体となった活動が必要であり、国の主導のもと、産業と大学および研究機関が共同で実施すべきものである。

#### ○問題点・改善すべき点

- ・ 高い目標値を設定した革新的技術開発を目指しているため、長期スパンでの開発計画となっている。その場合、当初掲げた技術シーズだけにこだわらず、開発中も常に新しい技術シーズに目を配り、柔軟に取捨選択と軌道修正を図ることによって高い目標値を達成していただきたい

い。

- ・ 持続可能な循環型社会の構築のために、構造材料のリサイクル性の改善も緊急の課題である。

#### 事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性に対するコメント

##### ②事業の目的及び実施によるアウトプット、アウトカムの妥当性について

鉄鋼材料高強度化による輸送機器軽量化は、衝突安全性と省エネ性(燃費の向上、電気自動車等の航続距離の増大等)を同時に実現。中高炭素低合金鋼を延性・じん性に富む材料と積層し、高強度と高延性・じん性を達成しようという挑戦的開発研究の提案であり、また、高分子材料等との組み合わせ等への発展が展望されているのも好ましい。中高炭素低合金鋼は高強度だが、脆く・難溶接のため、利用対象はごく一部。それを積層板として延性・じん性を高め、接合方法を開発して利用するには、最適製造方法開発や特性発現機構解明が必要であり、中性子ビーム利用等の発展著しい組織・構造解析技術の活用により、開発機構解明のブレークスルーが期待できる。

なお、単体材料でも優れた特性を有する層状組織材料の接合技術開発、層状組織固有の力学特性解明、さらに延性に富む材料との積層による広範囲な特性発現可能性検討も有効。実用化観点では、高強度鋼同士の接合は、接合部の強度が低下し、高強度鋼適用の利点が激減するため、高強度鋼接合強度確保についても具体的目標を提示し検討に加えるべきである。また、技術が確立されてもコストが高いと実使用は困難である。コストを念頭においた基盤技術開発が必要である。

##### ○肯定的意見

- ・ 鉄鋼材料の高強度化で実現される輸送機器の軽量化は、衝突安全性と省エネ性(燃費の向上、電気自動車等の航続距離の増大等)を同時に実現する。一方、高強度鉄鋼材料の出現は、社会インフラの安全性を向上させると同時に、現状では建設不可能である長大橋梁や超高層建築物の建設をも可能にする。
- ・ 本技術開発提案は、①複層鋼板製造技術、②異種・異材接合技術、③革新的鋼材組織解析技術が柱になっている。将来の対象を鉄鋼材料のみに限定せず、高分子材料等との組み合わせ等への発展が展望されているのも好ましい。
- ・ 具体的な開発項目では、現在、企業を中心に開発研究が進められている高張力鋼板単体の特性改善は限界に近づいていると判断し、まったく異なる観点から、中高炭素低合金鋼を延性・じん性に富む材料と積層して、高強度と高延性・じん性を達成しようという挑戦的開発研究を提案している。
- ・ 中高炭素低合金鋼の焼き入れ状態(マルテンサイト)はきわめて高強度を示すが脆く、溶接に難点があり、利用対象はごく一部の部品に限られていた。それを積層板として延性・じん性を高めて、接合方法を開発して利用することをねらうわけであり、最適な製造方法の開発や特性発現機構の解明には、近年、目覚ましい発展がみられる組織・構造解析技術の活用が必須である。

- ・ 学術的にはナノ層状組織からマクロ積層材に至る統一的な力学特性の理解が望まれる。解析技術においては、TEMやアトムプローブ分析等による界面構造を中心に原子配列のナノ観察から製造・特性発現中のSEM/EBSD、放射光や中性子ビームを用いたその場観察を活用することでブレークスルーが期待される。

#### ○問題点・改善すべき点

- ・ 中高炭素低合金鋼の活用において、最高硬さを示すもののきわめて脆いマルテンサイト組織に限定することなく、それ自体の強靱性のバランスを向上させた組織制御の研究を加えることが良いと思う。
- ・ 実用材料の最高強度を示す材料はパーライト組織の強加工（伸線加工）材である。パーライト組織はセメンタイト板とフェライト板の層状組織を呈しており、ラメラ間隔を小さくすることによって強度は2GPaを超え延性も十分にある。パーライト組織のラメラ間隔は熱処理のみでは80nm程度以下にするのは難しいが塑性加工と焼鈍によって小さくすることができる（長大橋用線材等）。一方、熱処理のみで10nm程度のフェライト・オーステナイト層状組織を示すナノベイナイト鋼の強度は2GPaを超え、十分な破壊じん性値と良好な延性を有する。これら単体材料でも優れた特性を有する層状組織材料の接合技術の開発、層状組織固有の力学特性の解明、さらに延性に富む材料との積層による広範囲な特性発現の可能性も検討したらどうであろうか？
- ・ 実用化という観点でまず第一の候補となるのが高強度鋼と高強度鋼の接合。その際、接合部の強度は低下し高強度鋼適用の利点が激減する。高強度鋼接合での強度確保についても具体的目標を提示し検討に加えるべきである。
- ・ 技術が確立されてもコストが高いと実使用は困難である。コストを念頭においた基盤技術開発としてほしい。

#### 事業の優先性に対するコメント

##### ③事業の優先性について

輸出立国日本は、自動車、電気機械、一般機械産業とそれらを支える鉄鋼業のたゆみない技術開発によって支えられてきた。昨今の中韓の激しい追い上げの中で、将来にわたって日本が技術的優位を維持するために、未来を開拓する革新的な基盤技術開発をめざす本事業は高い優先性を有する。

#### ○肯定的意見

- ・ 輸出立国日本は、自動車、電気機械、一般機械産業とそれらを支える鉄鋼業のたゆみない技術開発によって支えられてきた。昨今の中韓の激しい追い上げの中で、将来にわたって日本が技術的優位を維持するために、未来を開拓する革新的な基盤技術開発をめざす本事業は高い優先性を有する。

#### ○問題点・改善すべき点

—

## 国が実施することの必要性に対するコメント

### ④国が実施することの必要性について

厳しいグローバル競争を勝ち抜くために、国が産官学一丸となった研究開発組織を立ち上げ先導する必要性は極めて高い。高強度で高成形性を有する鋼板は自動車等を軽量化し、二酸化炭素削減の必須技術。これらの鋼板実用化には、材料だけでなく、接合や解析を含めた観点での推進が不可欠。強度、延性、水素脆化、成形、接合、耐食性とその解析技術という観点で検討を実施すべき。これらの成立には、材料技術、製造技術、メカニズム解析の3身が一体となった活動が必要で、国主導のもと、産業と大学および研究機関が共同で実施すべきである。

### ○肯定的意見

- ・ 1990年当時世界一の生産量を誇った新日鐵でさえ、その後の世界的な鉄鋼事業再編により、現在では世界第5位となっている。このような厳しいグローバル競争を勝ち抜くために、国が産官学一丸となった研究開発組織を立ち上げて先導する必要性は極めて高い。
- ・ 高強度で高成形性を有する鋼板は自動車等を軽量化し、また、二酸化炭素を削減する上での必須の技術。このような鋼板を実用化するためには、材料だけでなく、接合や解析を含めた観点での推進が不可欠。強度、延性、水素脆化、成形、接合、耐食性とその解析技術という観点で検討を実施すべきである。また、上記の複数の項目をいずれも成立させるためには、材料技術、製造技術、メカニズム解析の3身が一体となった活動が必要であり、国の主導のもと、産業と大学および研究機関が共同で実施すべきものである。

### ○問題点・改善すべき点

—

## 省内又は他省庁の事業との重複に対するコメント

### ⑤省内又は他省庁の事業との重複について

結晶粒微細化、複層化、非溶融接合、低合金化等の要素技術の基礎研究成果はすでいくつかの大学で蓄積されており、それらを融合し、革新的鋼板創製をめざす本事業を鉄鋼課が担うべきである。

### ○肯定的意見

- ・ 結晶粒微細化、複層化、非溶融接合、低合金化等の要素技術の基礎研究成果はすでいくつかの大学で蓄積されており、それらを融合して革新的鋼板の創製をめざす本事業を鉄鋼課に担って頂きたい。

### ○問題点・改善すべき点

—

### 第3章 評価小委員会のコメント及びコメントに対する対処方針

本研究開発事業に対する評価小委員会のコメント及びコメントに対する推進課の対処方針は、以下のとおり。

#### 【革新的鋼板創製による軽量化基盤技術開発】

##### コメント

##### ①戦略・体制等について

- ・ 鉄鋼だけの比較でなく、他の素材も含めて、日本の産業の基盤を作る意気込みで、鉄鋼に関連した素材開発をし、垂直統合的なコンソーシアム作りを積極的に推進してほしい。
- ・ 護送船団形式や横並びで研究開発をやる時代ではないので、主な企業がすべて入るのであれば、プロジェクトが実のあるものになるようなマネジメントが必要。
- ・ 10年間というターゲットとするとハイエンドのものを開発したとしても、ユーザーが使えるコストであるか否かが非常に重要であり、長期的な計画の作成と、コスト目標の策定が必要。

##### ②技術関係について

- ・ 異種材料の接合というのは昔から取り組まれているが、余り成功した例がないので、どのようなコンソーシアムにするかにもよるが斬新なアイデアが必要。
- ・ 改めて鋼種開発から始めるのではなく、マイクロロイに押されてお蔵で眠っている鋼種の量産技術の開発に焦点を絞るべき。

##### ③人材育成・確保について

- ・ 今、中韓に負けているのは製品だけに限らず、人材育成でも負けている。大学も体力が落ちて金属材料をやっているところが非常に細っており、ボトルネックになっているので、このコンソーシアムの中で、どうやって人材を大学と企業で育成していくのが重要。

##### ④知財管理について

- ・ 知財管理について、国のプロジェクトとしてバイ・ドール条項を適用して企業側に知財を全部わたすべきか否かという点について、よく検討することが必要。

##### ⑤結論

- ・ 垂直統合的なコンソーシアムを作るべき。
- ・ 製造プロセスがコストに見合い、エネルギー原単位が低くて、下流で加工の手間がかからないようなプロセス開発に焦点を当てて、鋼種開発にとどまるのではなく、最新の制御技術を導入するなど、プロセス技術の開発プログラムに重点を置くべき。

## 対処方針

### ①戦略・体制等について

Q1: 鉄鋼だけの比較でなく、他の素材も含めて、日本の産業の基盤を作る意気込みで、鉄鋼に関連した素材開発をし、垂直統合的なコンソーシアム作りを積極的に推進してほしい。

A1: 省内検討の結果、輸送機器等関係素材(鉄、非鉄、炭素繊維複合材料 以下3素材)所管課連携による研究開発体制を整備予定。また、大学・研究機関、素材企業からユーザー企業までを踏まえたコンソーシアムを予定し、各素材テーマ間連携による相乗効果により、日本の素材産業・製造産業の競争力強化を目指す。

Q2: 護送船団形式や横並びで研究開発をやる時代ではないので、主な企業がすべて入るのであれば、プロジェクトが実のあるものになるようなマネジメントが必要。

A2: 研究開発の大きな枠の中でシナジー効果を期待し、必要な企業が必要な部分に参加できるコンソーシアムを組み、オールジャパンを進めていく。

Q3: 10年間というターゲットとするとハイエンドのものを開発したとしても、ユーザーが使えるコストであるか否かが非常に重要であり、長期的な計画の作成と、コスト目標の策定が必要。

A3: 3素材連携による部素材戦略を検討中。革新鋼板コスト目標においては、現在のハイテンと同等のコストを目指す。

### ②技術関係について

Q1: 異種材料の接合というのは昔から取り組まれているが、余り成功した例がないので、どのようなコンソーシアムにするかにもよるが斬新なアイデアが必要。

A1: 関連研究機関・企業による集中的開発を行う。例えば、有望技術として、異種材レーザー接合、FSW(摩擦攪拌接合)等の技術に注目し、コンソーシアムにおける効率的連携体制により、ブレークスルーを目指す。

Q2: 改めて鋼種開発から始めるのではなく、マイクロアロイに押されてお蔵で眠っている鋼種の量産技術の開発に焦点を絞るべき。

A2: 鉄鋼関係のナショナルプロジェクトは 25 年ぐらい前から継続的に実施されており、ナショナルプロジェクトで培われた基盤技術が、今日のハイテン、TRIP鋼開発(マイクロ結晶構造つくり込みによる高機能化)に大きく寄与しているところ。

現在、これら技術の進展は、飽和状況にあり、従来の延長線上の技術ではない、鋼材複層化技術開発による革新鋼板創製により、次の新しい飛躍を目指す。

### ③人材育成・確保について

Q1: 今、中韓に負けているのは製品だけに限らず、人材育成でも負けている。大学も体

力が落ちて金属材料をやっているところが非常に細っており、ボトルネックになっているので、このコンソーシアムの中で、どうやって人材を大学と企業で育成していくのかが重要。  
A1: 今後、国内における金属材料系若手研究者の活躍の場確保は重要な事案。未来型長期プロジェクトを通じ、産官学ネットワークの中で新しいものを開発していくという環境形成により、人材育成にもつなげていく。

#### ④知財管理について

Q1: 知財管理について、国のプロジェクトとしてバイ・ドール条項を適用して企業側に知財を全部わたすべきか否かという点について、よく検討することが必要。

A1: 知財のどの部分については特許化し、あるいはどの部分についてはオープンにしないでいくかというような選別をし、必要に応じて、バイ・ドール条項適用の検討を行う。

#### ⑤結論

Q1: 垂直統合的なコンソーシアムを作るべき。

Q2: 製造プロセスがコストに見合い、エネルギー原単位が低くて、下流で加工の手間がかからないようなプロセス開発に焦点を当てて、鋼種開発にとどまるのではなく、最新の制御技術を導入するなど、プロセス技術の開発プログラムに重点を置くべき。

A1,2: コンソーシアムは、大学・研究機関、素材企業からユーザー企業までを踏まえた垂直統合的な体制を予定。また、10年間のプロジェクトスコープとして、マイクロな組織制御によるレアメタル削減鋼板開発とそれらを活用した最終目標の複層鋼板開発(高強度鋼層と高延性鋼層の層状構造を有した高機能革新的鋼板)の出口があり、鋼種開発、製造プロセス開発、プロトタイプライン検証による最終コスト評価も踏まえ、利用技術としての異種材・難接合材接合技術開発も合わせたアレンジを予定し、コストと性能の両立を目指す。



鉄鋼分野の技術マップ(2/11)

大項目	中項目	小項目	ID	技術概要	技術開発課題	重要度	重点化の指標								主な出口イメージ							
							1	2	3	4	5	6	7	8	代表製品	キーワード						
資源対応	資源対応	鉄鉱石資源対応	微粉鉱石への対応	S2111	微粉鉱石対応技術	新規成化技術(冷間・低温接合技術)	◎	○								○	鉄鋼製品全般	微粉鉱石、低温接合				
			低品位鉄石利用拡大	S2112	低品位鉄石のアップグレード技術	低品位鉄石の選鉱・精鉱技術	☆	○	○	○	○						○	鉄鋼製品全般	低品位、選鉱、精鉱			
			陸続粘性鉄石利用拡大	S2113	陸続粘性鉄石の多量使用技術	高粘暴水鉄石の改善技術	◎	○									○	鉄鋼製品全般	高粘暴水、陸続粘性			
		石炭資源対応	非常粘炭・一般炭の利用拡大	S2121	コークスの事前処理	石炭性状評価・新配合技術、新事前処理技術	◎	○									○	鉄鋼製品全般	非常粘炭、事前処理			
				S2122	粘結材の製造及び利用技術	粘結材(石油系、石灰系)の有効利用	◎	○									○	鉄鋼製品全般	粘結材			
				S2123	未利用炭素源のコークス化	低品位炭の改善技術	○	○	○	○	○	○						○	鉄鋼製品全般	低品位炭、改善		
		希少資源対応	希少資源代替	S2131	希少資源代替技術	希少金属の代替技術	◎	○										○	鉄鋼製品全般	希少金属資源		
				S2132	希少有価資源回収	鉄鋼製造工程、スクラップ、スラグからの有価資源回収技術	☆	○	○									○	鉄鋼製品全般/希少資源	希少有価資源		
				S2133	希少有価資源回収	都市鉱山資源の有効利用	◎	○	○									○	鉄鋼製品全般	都市鉱山		
		輸送機械・電気機器分野	省エネ・温暖化ガス削減のための鉄鋼材料開発	輸送機械等の製造時における温暖化ガス削減技術	加工工数削減等の効率化に寄与する材料・技術	S3111	鍛造部品なみの強度・靱性を有する鍛造部品により、鍛造工程を省略、または鍛造品を代替することにより部品製造にかかるCO2排出量を低減する。	【材料】 高強度鍛造部品	◎	○	○	○	○					○	自動車部品	エンジン・シャーシ、工数削減、CO2削減、大型制御		
						S3112	鍛造における実寸・実重、冷間鍛造におけるスプリングバックなどの弊害により、後加工を省略して製造時エネルギーおよびCO2排出量を削減する。	【技術】 ネットシェイプ鍛造(成形加工レス)	○	○	○	○	○						○	自動車部品	エンジンシリンダブロックなど、高精度、新製造プロセス、工数削減	
						S3113	普通鋼鉄に比べて靱性に劣る炭素鋼鉄の、快削化により、生産の効率化を図る。	【材料】 快削性に優れた球状黒鉛鋼鉄	◎	○	○	○	○	○						○	自動車部品 鉄道部品	シャーシ部品(自動車)、ブレーキ(鉄道用台車部品)、工程高速化
						S3114	塑性結合技術により溶接接合に対してCO2排出量を削減する。	【技術】 塑性結合技術(摩擦攪拌接合)	○	○	○	○	○								○	自動車部品、金型、鉄道車輛構造体
加工速度低減などエネルギー削減に寄与する材料・技術	S3121			自動車部品製造用の合金材料において、鋼材焼き入れによる高硬度材と同等の硬度等を有する鋳物材を使用することにより、合金加工における除去体積、熱処理によるエネルギーロスを低減する。	【材料】 高硬度・高靱性・精密鋳物合金材	○	○	○	○	○								○	自動車部品、合金	鋳物、省エネ化、省資源化、レアメタル削減		
	S3122			浸炭処理速度を高速化して、処理時間を短縮することにより、処理に要するエネルギーおよびCO2排出量を低減する。	【技術】 高速浸炭適用拡大技術	◎	○	○										○	自動車部品、鉄道用台車部品	トランスミッション用歯車など高強度部品(自動車)、歯車および軸受け(鉄道)、新材料開発、工程高速化、省エネ化		
	S3123			塑性結合技術により溶接接合に対してCO2排出量を削減する。	【技術】 塑性結合技術(摩擦攪拌接合)	○	○	○	○	○									○	自動車部品、金型、鉄道車輛構造体	新製造技術、接合技術、生産性向上、CO2削減	
輸送機械等の使用時における温暖化ガス削減技術	機体の軽量化に寄与する技術・材料			S3131	成型性に優れた超高強度材の開発により、薄肉製品の製造が可能となり、自動車・車両などの輸送機械の軽量化を達成する。	【材料】 超微粒ハイテン鋼材	◎	○	○	○	○							○	自動車部品 鉄道用台車部品	ボディー骨格、内装部品、新材料開発、軽量化、超微粒化		
				S3132	革新的な強度・靱性バランスを有するハイテン技術(TS:2000MPa級、εL:40%など)	【材料・技術】 革新的超高強度・高靱性ハイテンおよび製造技術	☆	○	○	○	○								○	自動車部品	ボディー骨格、内装部品、新材料開発、軽量化	
				S3133	組織の微細粒化により強度と成型性の両方を向上させ、必要な部分を高強度化して部品の軽量化を達成する。	【技術】 部分強化型高強度部材	○	○	○	○	○								○	自動車部品	シリンダヘッドブロック、微細粒化、高強度、成形性	
S3134	薄肉化も考慮に入れて鋼板のヤング率を向上させ、自動車・車両などの車体用鋼板をグレンジダウンし、輸送機械の軽量化を計る。	【材料】 高ヤング率鋼板車体部材	☆	○	○	○	○									○	自動車部品	車台(プラットフォーム)、外板、軽量化、高強度化				
S3135	タイヤの軽量化により、燃費を向上させることができる。	【材料】 高強度鋼線(ステールラジアルタイヤ用)	○	○	○	○	○									○	タイヤ、油圧ホース	耐久性、軽量化、安全性				

凡例 【技術課題の重要度】 ☆総合評価の上位10%以内 ◎上位10%~50% ○残り50%

【性格分類】 1 企業課題 2 業界課題 3 公的支援課題

【重点化の指標】 1. 日本の競争力優位、2. 共通基盤性、3. ブレークスルー技術、4. 市場のインパクト、5. 基礎技術の開発が必要、6. 安全・安心、7. 標準化、8. 省資源・省エネ