

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

「鉄鋼材料の革新的高強度 ・高機能化基盤研究開発」

(2007年度～2011年度 5年間)

プロジェクトの概要 (公開)

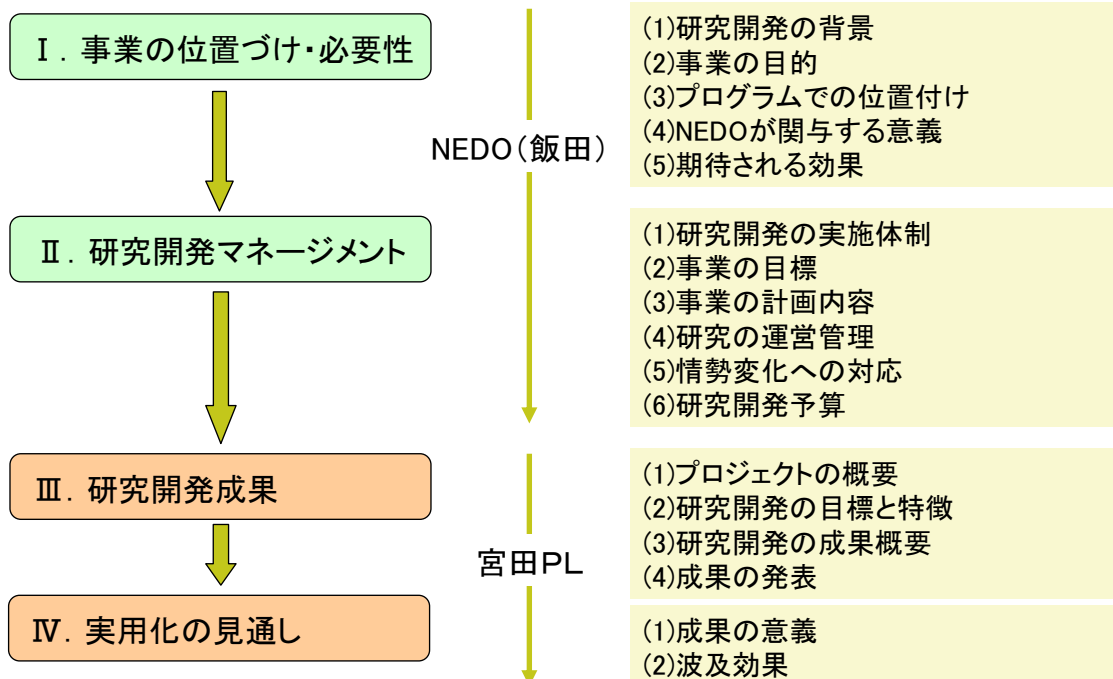
NEDO技術開発機構
ナノテクノロジー・材料技術開発部

2009年 7月 3日

p.1/32

内容

公開



p.2/32

I. 事業の位置付け・必要性について(研究開発の背景)

公開

【社会的ニーズ】

(ex)・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**極限環境への対応**
・輸送機器分野・産業機械分野等で求められる**軽量化への対応** etc

「高効率・省エネルギーの追求」「安全・安心かつ低炭素社会の実現」

にかかる鉄鋼構造物や部材に対する要求は年々高度化。

⇒既存技術の延長では対処困難

【解決すべき課題】<NEDO委託-JRCM調査委員会(平成17年8月～平成18年2月)結果 国内鉄鋼需要業界85社>

a.高強度鋼板の加工技術 …自動車業界を中心に精力的な研究実施中

b.応力腐食割れ防止技術の開発 …化学プラントユーザー中心に精力的な研究実施中

c.高強度鉄鋼構造物の溶接技術

d.高耐熱鋼材の開発

e.鍛造部品の高強度化と切削性を両立する技術の開発

・実用化までに長期間必要

・領域を越えた基礎研究成果と知識の集約が必要

【シーズの進歩と取り組み手法】

「ナノスケールでの結晶組織制御」「原子レベルでの欠陥分析評価技術」

「レーザー応用溶接加工技術」「高度シミュレーションシステム」etc

近年格段に進歩してきている新科学技術が融合できれば

材料技術革新の可能性高まる。

最先端技術を有する鉄鋼メーカー、プラントメーカー、大学及び独法等
研究機関の連携により、難題解決に挑戦

I. 事業の位置付け・必要性について(事業の目的)

公開

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の開発

(課題「高強度鉄鋼構造物の溶接技術」「高耐熱鋼材の開発」に対応)

(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

(課題「鍛造部品の高強度化と切削性を両立する技術の開発」に対応)

「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」を実現。

これにより、安全・安心な省エネルギー社会を構築すると共に、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。

I. 事業の位置付け・必要性について(プログラムでの位置付け)

公開

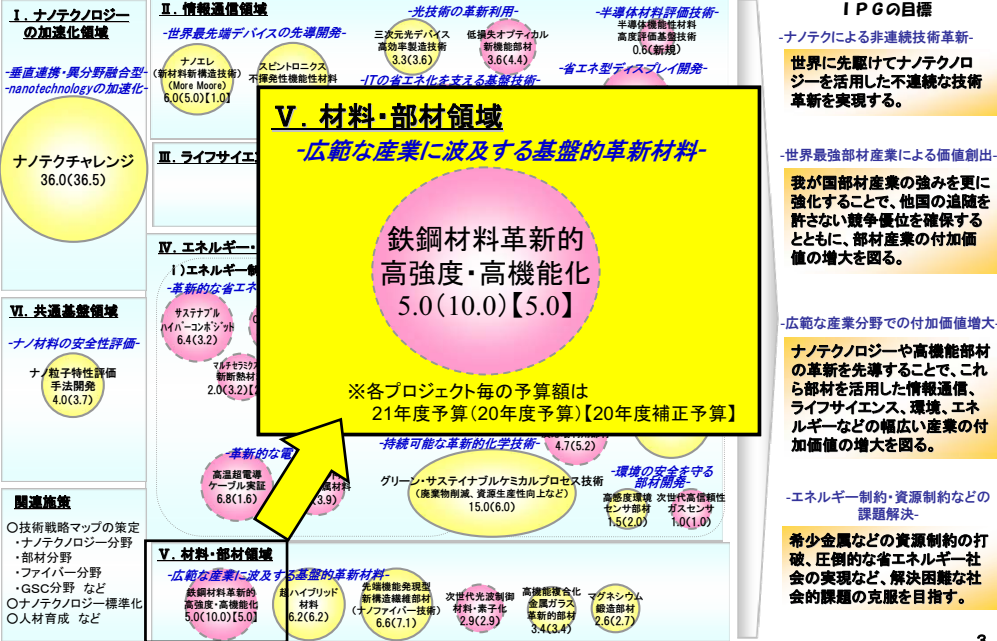
ナノテク・部材イノベーションプログラム

2. ナノテク・部材イノベーションプログラム

【平成21年度予算額：188億円】

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)【20年度補正予算】

○あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立する。
○我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服を可能とする。



I. 事業の位置付け・必要性について(プログラムでの位置付け)

公開

エネルギーイノベーションプログラム

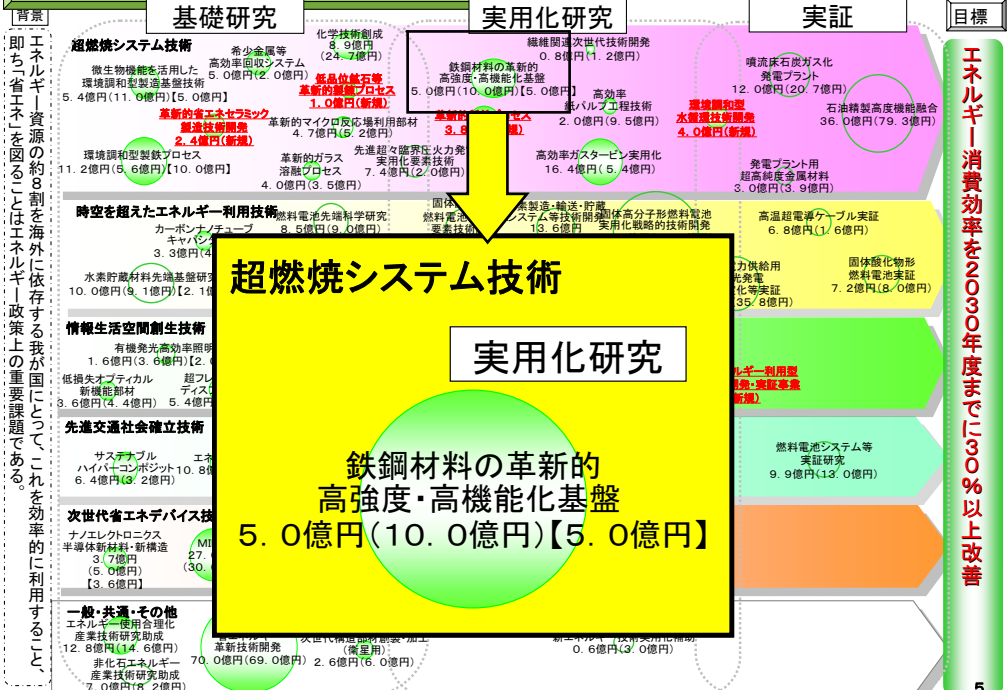
4. エネルギーイノベーションプログラム

① 総合エネルギー効率の向上

【平成21年度予算案：707億円】

※基礎、実用、実証の区分内は、任意に配置。

※各プロジェクト毎の予算額は21年度予算(20年度予算)【20年度補正予算】



鉄鋼材料の革新的高強度・高機能化基盤研究開発は、

- 社会的必要性:大、国家的課題
- 鉄鋼業界の国際競争力の更なる強化にも貢献
- 研究開発の難易度:高
- 最先端の研究機関の連携が必要
- 投資規模:大 = 開発リスク:大



NEDOがもつこれまでの知識・実績を活かして推進すべき事業

A. 省エネ効果(原油削減換算)

(1) 高級鋼の革新的溶接技術

- ① 高級鋼厚板(高強度・低温用)溶接時の予熱・後熱フリー化 : 16万kL/年
- ② 亜臨界or超臨界火力発電プラントから
超々臨界火力発電プラントへのリプレース : 380万kL/年

(2) 先端的制御鍛造技術

- 自動車鍛造部品の軽量化による燃費改善 : 109万kL/年



505万kL/年の原油削減メリット = 1540億円/年のコスト削減効果

<前提:原油=50ドル/barrel=314.49ドル/kl、1ドル=97円(平成21年4月上旬 経産省新聞情報)>

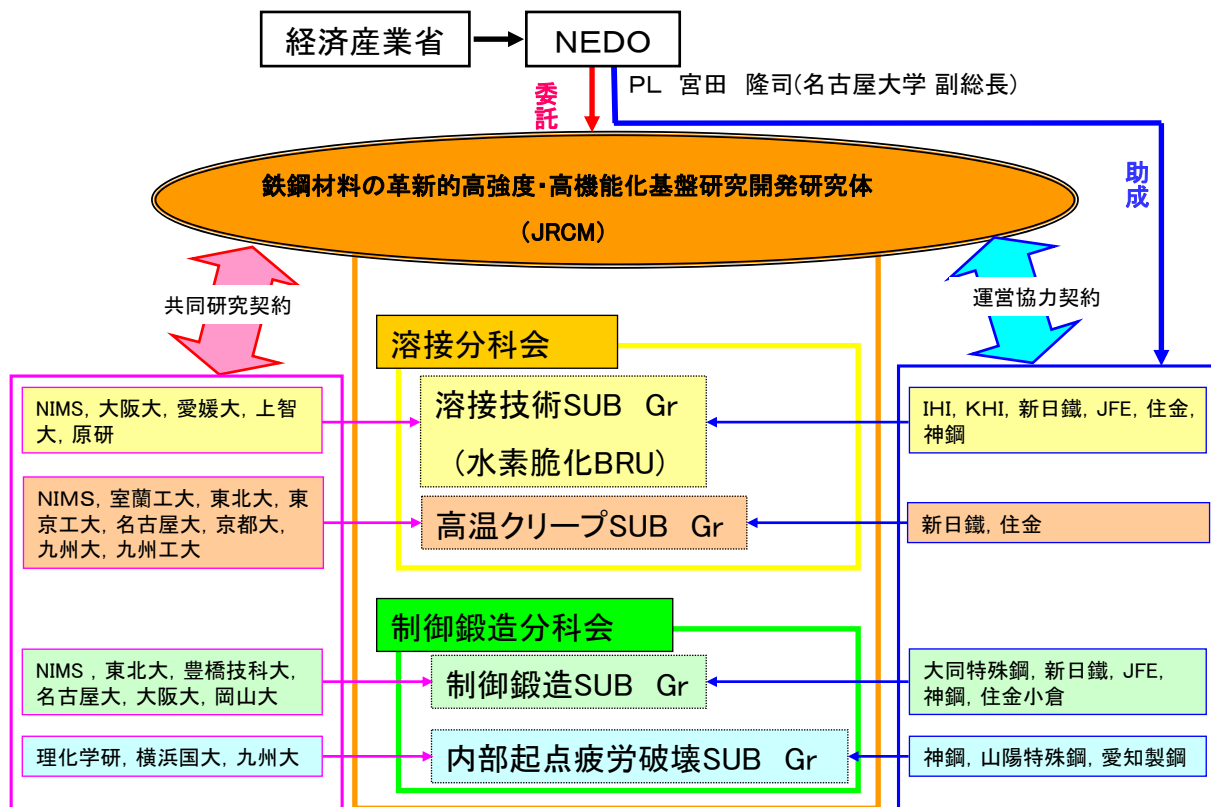
B. 火力発電建設材料コスト削減

=54億円/基(100万KWh級)のコスト削減効果

<前提:欧米のNi基合金のみによる建設に比較し、Ni基合金を1000ton→500tonに削減>

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(研究開発の実施体制)

公開



事業原簿 Ⅱ-12

p.9/32

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(事業の目標)

公開

<溶接分科会>

予熱無しで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開発。

<制御鍛造分科会>

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。

事業原簿 Ⅱ-1~4

p.10/32

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(事業の目標)

公開


委託(JRCM,大学,国研)		助成(企業)	
溶接技術 SG	① 高級鋼材の革新的溶接接合技術の基盤開発	③ 高級鋼材の革新的溶接接合技術の開発	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 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 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 4) 熱処理なしで割れない9Ni系低温用鋼用溶接材料の開発
	1) クリーンMIG溶接プロセス技術の開発 2) ファイバーレーザー、レーザー・アークハイブリッド溶接適用基盤技術の開発 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および溶接継手信頼性評価技術の研究	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	5) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計
	5) 溶接部水素侵入による低温割れ機構の研究	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	
水素脆化 BRU			
高温クリープ SG			
制御鍛造 SG	② 先端的制御鍛造技術の基盤開発	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 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
	1) 鍛造部材の組織制御による傾斜機能付与と技術の研究 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	3) 高強度鍛造材のき裂発生・伝播メカニズム解明	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
内部起点疲労破壊 SG			

事業原簿 Ⅱ-1~4

p.11/32

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(事業の計画内容)

公開

		H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	H23年度	H24年度	将来	
溶接分科会	溶接技術 SG	含有酸素量50ppm以下達成			バス数1/2、スパッタ1/2達成			【エネルギー・インフラ分野】 橋梁 LNGタンク  超々臨界火力発電所 【輸送機分野】 自動車部材(駆動系・足回り) 大型船舶	
		実用プロセス絞り込み・装置試作・継手性能確認			靱性47J(-40℃、980MPa鋼) 靱性45J(-196℃、低温用鋼)				
		板厚12mm貫通完全溶け込み溶接達成			板厚25mm突合せ・隅肉継手 靱性47J(-40℃、980MPa鋼)	溶接システム、大型溶接構造			
	溶接金属 および 信頼性評価	溶接金属開発、靱性47J(-40℃)			溶接金属組織データベース	溶接金属組織データベース			
		溶接金属設計・ワイヤ試作			溶接入熱・酸素量vs機械特性データベース	靱性47J(-40℃、980MPa鋼) 9Ni低温用鋼用溶接材料開発			
		溶接入熱・酸素量vs機械特性データベース							
水素脆化 BRU	水素挙動解析・破断限界取得(単純モデル)			格子欠陥の水素存在状態定量・炭素の影響調査	き裂進展モデル構築 粒界破断限界予測手法構築				
	700℃耐熱鋼の合金設計(3万h)			700℃耐熱鋼の合金設計(10万h)	破断時間推定精度F1.2 650~750℃耐熱鋼試作				
高温クリープ SG	クリープ強度予測技術高精度化			微細組織の変化機構・合金組成把握	高精度クリープ強度予測法開発				
	制御鍛造 SG	析出強化最大化方策・微細粒化指針提示			析出強化最大化方策・微細粒化指針提示	フェライト粒径1~2μm達成			
組織硬さ分布予測システム構築(一般プロセス)				組織硬さ分布予測システム構築(一般プロセス)	予測システム構築(開発鍛造プロセス)				
高強度部900~1000MPa、軟質部800~900MPa				高強度部900~1000MPa、軟質部800~900MPa	プロトタイプ試作				
バーチャルラボモジュール用データベース構築				バーチャルラボモジュール用データベース構築	大変形シミュレーションモデル構築・検証				
内部起点疲労破壊 SG	初期き裂の3次元形態・進展挙動評価技術確立			介在物周辺の応力状況シミュレーション技術	介在物・応力の影響明確化 転動疲労の寿命予測式構築				

事業原簿 Ⅱ-5~11

共通基盤(委託)

実用化基盤(助成)

p.12/32

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(研究の運営管理)

公開

●NEDO主催による

「技術推進委員会(年1回)」開催

外部有識者の先生からのご助言を
研究体制を含めた運営管理に反映。

氏名	所属 部署
一柳 朋紀	(株)鉄鋼新聞社
国重 和俊	香川大学 工学部 材料創造工学科
粉川 博之	東北大学 大学院工学研究科
新田 明人	(財)電力中央研究所 材料科学研究所
※野本 敏治	東京大学
松川 不二夫	(財)日本自動車研究所 安全研究部

※は委員長

●PL主催による

「研究委員会(年2回)」開催

PLのマネジメント(予算配分等の運営管理)
に外部有識者からのご助言を反映。

氏名	所属 部署
※栗飯原 周二	東京大学
大堀 學	日本精工株式会社
酒井 拓	電気通信大学
高木 愛夫	東京電力株式会社
福神 健字郎	日産自動車株式会社
福田 祐治	パプコック日立株式会社
藤根 学	トヨタ自動車株式会社
松山晋作	前 神奈川工科大学
宮崎 建雄	ユニバーサル造船株式会社

※は委員長

●その他、以下の委員会を開催

「研究企画委員会(年4回)」PLを中心に研究内容の進捗確認と予算配分等の運営方針について協議

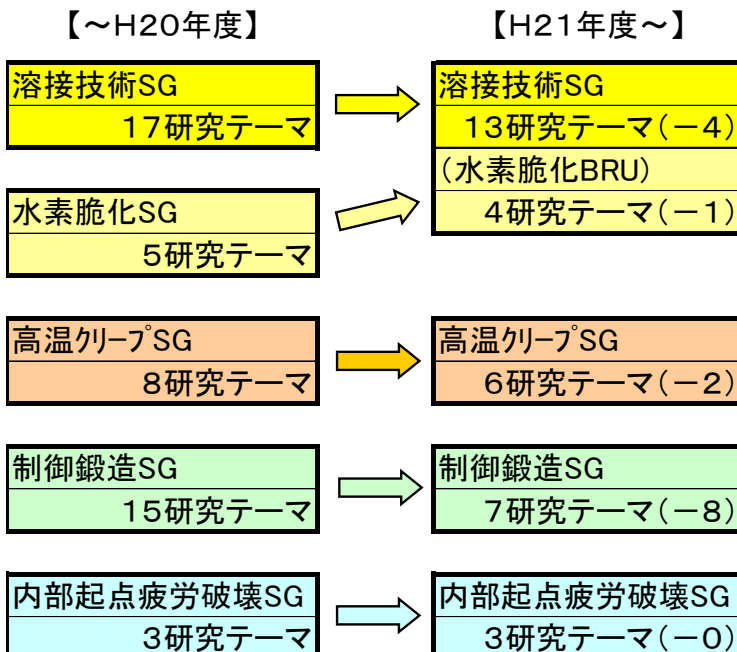
「各SG会議(年4回以上)」SGリーダーを中心に実務者レベルで研究内容の進捗確認と今後の方針を協議

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(情勢変化への対応)

公開

研究体制の再編成と研究テーマの選択と集中 (H20.12. 技術推進委員会 評価結果への対応)

主な変更点



(1)出口の明確化を目的に、
水素脆化SGを溶接技術SGに統合

(2)研究テーマの選択と集中

<制御鍛造SG>

・「析出強化」「微細化」の2法で検討。

↓
「析出強化」に集中

・委託最終目標の読替(案)

「降伏強度1000MPa以上で γ 域加工でフェライト粒径 $2\mu\text{m}$ 以下、 α 域および $\alpha+\gamma$ 域加工でフェライト粒径 $1\mu\text{m}$ 以下の超微細粒の実現」

↓
「降伏強度1000MPa以上を実現するVC析出形態と加工熱処理条件の明示」

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(情勢変化への対応)

公開

加速財源の投入

SG	年度	件名	金額(千円)
溶接技術SG	H19	高輝度光源装置	7,000
	H19	低温冷却装置装備5MN疲労・大変形引張装置	11,000
	H19	水素雰囲気溶接熱・応力サイクル再現装置	66,000
	H19	温度制御・計測システム装備 材料強度・破壊試験装置	12,000
	H19	高電流形電場指紋照合装置	12,000
水素脆化BRU	H19	サーマル電解放出型走査電子顕微鏡装置	38,000
高温クリープSG	H19	クリープ試験評価装置	23,000
	H20	組織・構造解析用試料高精度化装置	20,291
	H20	微小領域ひずみエネルギー解析装置	9,802
制御鍛造SG	H19	超微細結晶方位解析装置	33,000
	H19	捻り式熱間加工シミュレータ・高周波加熱装置および真空排気装置1式	22,000
内部起点疲労破壊SG	H19	非干渉型3chガウスメータ	20,000
	H20	超精密楕円振動切削装置	6,462

「高温クリープ時に起こる欠陥や内部組織変化挙動その場観察」
 を陽電子消滅法を用いて世界で初めて成功
 ⇒従来得られなかったクリープ損傷の機構解明が進捗
 ⇒寿命予測式の精度向上に必須のデータを収集・蓄積

Ⅱ. 研究開発マネジメントについて(研究開発予算)

公開

研究開発予算

(K¥)

	H19年度		H20年度		H21年度		合計
	委託 (JRCM・大学・国研)	助成 (企業)	委託 (JRCM・大学・国研)	助成 (企業)	委託 (JRCM・大学・国研)	助成 (企業)	
溶接技術SG	295,918	74,283	220,249	92,658	240,552	74,338	997,998
水素脆化BRU	128,242	7,557	96,509	17,888	73,757	17,816	341,769
高温クリープSG	104,670	43,996	164,299	94,832	78,622	61,000	547,419
制御鍛造SG	150,463	154,940	114,162	150,571	130,355	135,774	836,265
内部起点疲労破壊SG	88,721	42,820	53,046	29,088	77,103	43,518	334,296
合計	768,014	323,596	648,265	385,037	600,387	332,446	3,057,745

約10.9億円

約10.4億円

約9.3億円

Ⅲ. 研究開発成果(プロジェクトの概要)

公開

エネルギー資源の多くを海外に依存する我が国にとって、省エネルギーを図ることは、国として重要な課題である。本事業では鋼構造物やプラント、自動車等の革新的な高効率化、省エネルギー化、長寿命化、安全・安心化を図るため、鉄鋼を用いた**鋼構造物および部材の超高機能化**を目的に基盤的研究開発を行う。

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以下の開発を行う。

(1)高級鋼の革新的溶接技術

- ①980MPa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開発
- ②700℃級超々臨界火力発電用耐熱鋼の開発
- ③980MPa級溶接金属の水素割れ(破断)防止のための「破断限界マスターカーブ」と「粒界水素量予測マスターカーブ」の構築

(2)先端的制御鍛造技術

- ①降伏強度1000MPa以上(現状600MPa)と900MPa以下の強度分布を有する傾斜機能部材の鍛造技術の開発
- ②高強度鍛造材のき裂発生・伝播機構の解明と材料力学と材料因子を考慮した寿命予測式の構築

この結果、鋼構造物、エネルギープラント等の高強度・高機能化・長寿命化の大幅な加速、および自動車等の更なる軽量化を可能とする最適傾斜機能部材の製造が可能となり、低炭素社会を実現すると共に、日本製造業の国際競争力の更なる向上を図る。

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の目標と特徴)

公開

溶接技術SG <担当研究項目> 委託:① 1)~3), 助成:③ 1)~4)

<目標>

- ・高級鋼材の溶接部の強度・靱性・疲労・水素割れ等の課題を解決する施工法及び溶接材料の開発
 - * クリーン溶接(純Ar雰囲気下でのMIG溶接および中厚板レーザー溶接)技術の確立
 - * クリーンマルテンサイト高強度溶接金属組織設計の実現
 - * 予熱・後熱処理なしで割れない溶接金属の開発
- ・開発技術を基に施工される鋼構造物での目標強度(980MPa以上)及び靱性(-40℃で47J以上)の達成。

<特徴>

- ・我が国が世界をリードする世界最先端の鋼材として、**高強度鋼HT980と極低温用鋼9%Ni鋼**を取り上げ、その溶接技術の革新を目指している。
- ・本開発では、**クリーンMIG溶接**に加えて、次世代先端溶接技術として**ファイバーレーザー溶接**において、大出力化とそれによる厚板(25mm厚)への適用を世界に先駆けて取り組んでおり、溶接方法の革新性に特徴がある。
- ・さらに、硬質で脆いマルテンサイトをいかに安全に利用するかが成功の鍵を握る高強度HT980級溶接金属の組織制御では、軟質の**残留オーステナイト組織**を少量混在させて、**強度・靱性・疲労・水素割れ等の従来課題を解決する新しい組織制御技術**の革新を狙っていることも特徴である。

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の目標と特徴)

公開

水素脆化BRU <担当研究項目>委託:① 5), 助成:③ 6)

<目標>

- ・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。
- ・メゾスケールでの応力状態における水素の挙動解析技術の基盤構築。
- ・複雑な金属組織における各種格子欠陥における水素存在状態の定量化。
- ・単純化した金属組織をもつ1000MPa高強度高での局所応力-局所水素量に基づく破断限界の取得。

<特徴>

- ・「980MPa級継ぎ手の水素侵入による低温割れ機構の解明・信頼性確保のための粒界破断限界(局所水素量、局所応力)の予測手法の構築」を目指し、**粒界水素量予測技術と破断限界予測技術の構築のため、計算研究と実験研究とで協力しながら研究を進める。**
- ・**計算研究では、近年著しく進展している計算技術を用いて、実験だけでは得がたい電子・原子レベルの知見を得ると共に、それらの知見を元に実験検証可能なマクロ量を予測するモデルを構築する。**
- ・**実験研究では、高精度化した実験で計算結果の検証と実験データベースの構築を実施。**

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の成果概要)

公開

<達成状況 評価基準>

年度末における研究成果が

◎	中間目標を超過達成していると予想される。
○	中間目標達成可能と予想される。
△	中間目標未達となることが懸念されるが、来年度早期での挽回が可能。
×	中間目標未達となることが懸念され、来年度早期での挽回も困難。

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の成果概要-溶接技術SG①)

公開

検討項目	研究成果	達成状況
①-1) クリーンMIG溶接プロセス技術の開発(委託研究)	(1) 同軸複層ワイヤ法:同軸複層ワイヤの試作とパルス波形制御法の開発により純Arによる 基本クリーンMIG溶接を実現(世界初) した。安定溶接条件下では、表面および内部欠陥の発生はなく、 40ppm(平均値)の低酸素化を達成 した。 (2) 電離プラズマ法:新構造プラズマMIGトーチ(電極径最適化)と プラズマ/MIG協調電流制御による基本溶接制御法(世界初)を開発 し、安定した高速溶接施工(50cm/min)を実現した。最適条件下で表面と内部欠陥防止と 酸素量24ppmを達成 した。	◎ ◎
①-2) ファイバーレーザー、レーザー・アークハイブリッド溶接適用基礎技術の開発(委託研究)	(1) a. 集光特性適正化設計によりレーザー光軸上パワー密度分布を制御する 長焦点深度光学系 により、キーホールの安定化を実現し、貫通完全溶込み溶接でJIS1類相当品質のポロシティの低減を達成。25kWによる 25mm厚溶接(世界初)を実施見込み 。2パス隅肉平滑ビード形成の基礎技術となる最適狙い位置を導出した。 (2) レーザ後方ワイヤ添加と酸素含有(≧2%)シールドガス法による均質合金化指針提示を提示した。実用的なギャップ突合せ貫通溶接についてアークタンデムのハイブリッド化というビード表面形状制御の基盤技術指針を提示しそれを実現するトーチを開発した。	◎ ○
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および溶接継手信頼性評価技術の研究(委託研究)	(1) 溶接凝固過程の 高時間分解その場観察システムを構築 し、溶接金属組織の 非平衡析出挙動の観察に成功(世界初) 。観察基礎データベースに基づき凝固割れ抑制に有効な凝固モードを明示し、対応する成分系も明示できる見込みを得た。 (2) フルマルテンサイト組織の水素放出スペクトル解析から残留γによるトラップ効果(放出ピーク温度の高温遷移:約200℃→300℃)を実証した。これにより予熱なしで溶接割れが生じない溶接金属組織の必要条件を明確化できる見込みを得た。 (3) 中性子回折法による定量的残留応力計測(継手では初)から、200~400MPaの残留応力低減に対応して疲労強度が上昇することが高Ni-Cr系溶接金属では確認された。 (4) クリーン溶接金属において、マルテンサイトに7%以上の残留γが存在するとき、疲労伝播速度が2.5~4倍遅延することを明示した。 (5) クリーン溶接金属(酸素含有20ppm)において-80℃で0.26mmの(安全)GTOD値を達成。15%の残留γ相導入で-196℃では約10倍の顕著な向上効果を確認した。	◎ ○ ○ ○ ○
①-5) 溶接部水素侵入による低温割れ機構の研究(委託研究)	(1) 鉄中の空孔、転位、粒界、表面と水素の相互作用エネルギー(Eb)を第一原理計算と分子動力学法により定量的に決定。 (世界初の成果、空孔>転位>粒界を明示) (2) 各種格子欠陥のEbを実験的に求める基盤構築を達成。 (世界唯一の低温昇温脱離分析装置の開発に成功) (3) 1000MPa級鋼の破断応力を水素量4ppmまで実験的に取得。(応力と水素量の危険域を明示) (4) 水素粒界割れによる破断応力の低下を第一原理計算に基づき定量評価。 (世界初の成果)	◎ ◎ ○ ○

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の成果概要-溶接技術SG②)

公開

検討項目	研究成果	達成状況
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(助成研究)	(1) クリーンMIG試作溶接装置を導入。9%Ni鋼に対するクリーンMIG溶接試験を実施し、 溶接施工性ならびに溶接継手性能を把握 。 (2) HT980鋼に対するクリーンMIG溶接試験を実施し、プロセスの棲み分け提示と試作装置仕様を決定。 Cr-Ni系一次試作ワイヤにて予熱なしでの低温割れなし、および目標継手性能を達成 。	○
③-2) 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(助成研究)	(1) レーザ溶接割れ試験法の開発と妥当性の検証。継手破壊データの収集。継手健全性を保障するモニタリング手法の開発。最終的に 12mm厚のJIS1類1パス貫通突合せ溶接技術確立の見込み 。 (2) 高強度レーザー溶接金属のマイクロ組織におよぼす化学成分の影響を調査し、目標特性(強度:980MPa、靱性:αE=40℃≧47J)を満足する レーザー溶接金属の成分設計指針(組織制御)を明確化 。またレーザー溶接金属に吸蔵される拡散性水素量の測定し、溶接割れ防止に向けた冶金学的基礎データを収集。	○
③-3) 予熱・後熱なしに低温割れの抑制を可能とする980MPa級鋼用溶接材料の開発(助成研究)	(1) Cr-Ni成分系において、①予熱なしで低温割れが回避される成分範囲、②目標以上の引張強さを得る成分範囲を把握でき、更に③酸素量を抑えることで高い衝撃値確保できることを把握した。 (2) 耐低温割れ性、強度、靱性を同時に満足する溶接金属の推奨成分範囲を提示	○
③-4) 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(助成研究)	(1) 9Ni系溶接金属の強度・靱性に及ぼす入熱・酸素量・成分の影響を把握するデータを採取し、クリーンMIGプロセス条件範囲で強度・靱性が確保できる成分系を見出した。 (2) 耐割れ性兼備に向け、偏析計算モデルを構築し、偏析挙動に及ぼす溶接条件・溶接材料成分の影響を把握できるようにした。	○
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(助成研究)	(1) 粒界、転位、空孔の 主要格子欠陥を変化した鉄鋼モデルサンプルを作製 。これらを用いた低温TDS(委託)と第一原理計算(委託)から目標とした主要水素トラップサイトにおける水素存在状態の定量評価(脱離順位明示)を達成した。 (2) 水素存在状態を可視化するマイクロプリント法により、粒界からの放出水素量が予歪(転位増)とともに低下すること確認し、 粒界水素量に及ぼす転位の影響を定量的に見出した 。 (3) TiC炭化物の各種水素トラップサイトのトラップエネルギーを解明し、炭素空孔位置が強いトラップサイトであることがわかった。 (炭素空孔~1.3eV、整合界面~0.5eV、整合歪<0.15eV、TiC格子間 非トラップサイト) (4) 固溶炭素は水素に対して強い反発となる最近接位置以外では極めて相互作用が弱く、影響が無視できることがわかった。	○

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の目標と特徴)

公開

高温クリープSG <担当研究項目>委託:① 4), 助成:③ 5)

<目標>

- ・700°C級超々臨界火力発電(A-USC)用耐熱鋼の提示
 - * 650°C(フェライト系)、700°C(オーステナイト系)、750°C(Ni基合金系)で10万時間クリープ強度100MPaを実現できる鋼組成の提示
 - * クリープ寿命診断精度 Factor of 1.2の高精度クリープ強度予測法の確立

<特徴>

従来の日本国内で蓄積された高温クリープデータと革新的組織劣化計測法(「スモールパンチクリープ試験法」、「陽電子消滅時間測定法」、「バネクリープ試験法」、「粒界性格変化評価法」および「組織自由エネルギー法」)による新規採取データとの総合化により、**高温クリープ組織劣化機構の解明**を図り、高温下での安定稼動を可能とする革新的耐熱鋼の合金設計指針の提示を行う。さらに、それらのデータを基に、高精度のクリープ強度予測技術の確立を図る。

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の成果概要-高温クリープSG)

公開

検討項目	成果	達成状況
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 (委託研究)	(1)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°C級耐熱材料の合金設計指針を世界で初めて明確化した。 ①650°C用フェライト系耐熱鋼:高B低N鋼を提案、粒界強化モデルを提案 ②700°C用オーステナイト系鋼:金属間化合物粒界析出強化鋼を提案(18Cr-30Ni-3Nb鋼) (2)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プロトタイプを提案した。 ①組織劣化パラメータによる新劣化診断法の確立(組織自由エネルギー法、粒界方位差測定法、高精度陽電子寿命測定法、極小SPクリープ試験法) ②クリープ強度新解析法の提案とデータベースの収集・蓄積	◎ ○
③-5) 溶接継手特性に優れた耐熱鋼の合金設計 (助成研究)	(1)新開発鋼のクリープ強度が中間目標を超過達成可能な 組織モデル、合金設計指針に沿って試作・評価を実施し検証すると共に、フェライト鋼で実溶接継手強度係数0.7以上を実現できる組織制御技術(高B&メモリーイフェクト)を世界で初めて実証した。 ①650°C α系耐熱鋼:高B低N鋼の提案。安定粒界強化モデルの知見獲得。細粒域抑制技術で継手強度係数>0.7を実現。 ②700°C γ系耐熱鋼:粒界析出強化モデル合金を提案。オーバーマッチ継手効果も検証。 ③750°C Ni基合金: γ/γ' 整合析出型モデル合金試作。高延性。 液相拡散接合高延性継手も目処。 (2)各種組織因子パラメータによる強度評価法として新クリープ変形モデリング、新クリープ変形曲線予測法を提案。データベース収集+プラットフォーム概念提案。	◎ ○

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の目標と特徴)

公開

制御鍛造SG <担当研究項目> 委託:② 1)2), 助成:④ 1)2)

<目標>

- ・同一部材内で、高強度部1000MPa以上、軟質部900MPa以下の傾斜機能を発現できる鍛造技術の開発
 - * VC析出制御および結晶粒径微細化技術による高強度化の達成
- ・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の 基盤構築
- ・プロトタイプ鍛造技術を生かした試作(コンロッド模擬部品等)

<特徴>

「フェライト+パーライト」組織において、相界面析出するVCの粒度および析出量(分布や平均粒子の半径分布)の最適化、結晶粒径の細粒化により高強度化を図る。
また同時に、軟質化条件の最適化により高強度部と軟質部の造り込みプロセスを確立する。

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の成果概要-制御鍛造SG)

公開

検討項目	成果	達成状況
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(委託研究)	(1)VC析出の定量的評価手法を新たに確立した。 (2)VC析出強化は低温ほど大きいこと、等温変態では析出強化を最大にする保持時間が存在すること、加工による変態促進により高温でもVC析出強化を大きくできることを示した。	◎
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(委託研究)	(1)VCのオーステナイト中、フェライト中、ならびに相界面析出予測モジュールを構築し、一般鍛造プロセスにおけるV添加非調質鋼の組織と0.2%耐力の分布予測可能な有限要素解析システムを構築。	◎
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(助成研究)	(1)低温での小さな加工ひずみと変態を同期させる技術(加工誘起析出と想定)により、強化部想定で0.2%耐力1085 MPa、軟質部想定で875MPaを達成 (2)VC析出と相変態を同期させた冷却制御により高強度化を果たすと同時に、加熱温度差付与で同一TP内 高強度部0.2%耐力 1094MPa、軟質部 537MPaを達成 (3)微細ラマ間隔パーライト+微細VCを最大限活用する高強度化手法により、0.2%耐力1350MPa達成と同時に、軟質部形成条件も解明し、同成分鋼で0.2%耐力750MPaを達成。	◎
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(助成研究)	(1) VC固溶、析出予測D/B構築: γ 域でのVC析出挙動には γ 粒界からの不均一核生成と、粒内での均一もしくは転位上への核生成の両方が存在し、モデルを構築するには両方を勘案する必要と判明 (2)逆変態D/B構築: V添加による粒成長抑制効果とその温度依存性に関する定量データを採取 (3)再結晶・粒成長D/B構築: V添加による再結晶の遅延(VC析出との相互作用大)の定量的データを採取 (4)相変態予測D/B構築: V添加によるフェライト/パーライト変態の遅延等の定量的データを採取 (5) 60水準の組織-特性D/B構築 ・VC析出強化量には加熱温度が大きく影響し、1000℃加熱で200MPa弱、1200℃加熱で400MPa弱の強化	○

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の目標と特徴 -内部起点疲労破壊SG)

公開

内部起点疲労破壊SG <担当研究項目> 委託:② 3), 助成:④ 3)

<目標>

- ・初期き裂の3次元形態と進展挙動の評価技術確立
- ・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各種要因を抽出

<特徴>

鋼材を高強度化したとき、および、制御鍛造により傾斜機能を付与したときに課題となる内部起点型疲労損傷の中で、最も重要かつ現象やメカニズムが知られていない**転動疲労**を取り上げる。**応力状況と損傷、ならびにき裂の発生・伝播状況の比較にもとづく、寿命予測式の提案。**

Ⅲ. 研究開発成果(研究開発の成果概要-内部起点疲労破壊SG)

公開

研究開発項目	成果	達成
②-3) 高強度鍛造材のき裂発生・伝播メカニズム解明(委託研究)	(1)マルテンサイト鋼において、電子線後方散乱回折法による疲労損傷評価基礎技術、介在物の高速・自動切削法による3次元構造観察技術、磁場顕微鏡による疲労き裂先端の検出技術を開発し、疲労初期き裂の3次元観察技術の基礎を確立 ①ひずみ勾配の可視化と組織変化の検出に成功し、き裂形成がひずみ勾配領域であることを発見 ②フラットバイトと楕円振動切削を組み込んだ3次元内部構造顕微鏡を構築し、鉄系材料内部の介在物・き裂の三次元形状をサブミクロン精度で自動観察する手法を世界で初めて実現 ③磁場顕微鏡観察において、応力拡大係数と磁場の相関性を発見 構造物の疲労劣化診断の新技術開発に成功	◎
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(助成研究)	(1)初期き裂生成に関する応力シミュレーション技術を構築した。 (2)応力シミュレーションと3次元観察結果との対応を検証し、初期き裂長さに対する影響因子を抽出した。(酸化物系介在物) (3)き裂生成-伝播に基づいた概略破壊モデルが提示できた。 全寿命=伝ば寿命であって、初期き裂長さが寿命の支配要因である。[世界初の知見] (4)非金属介在物大きさからの下限寿命予測を行った。(酸化物系介在物)	◎

Ⅲ. 研究開発成果(成果の発表)

公開

- 研究成果は、学会発表のほか、パンフレットの作成・配布等により、成果の普及を積極的に実施した。
- 2008年4月に、2日間のシンポジウムを開催し、参加希望者400名、2日間延べ600名が参加され、研究成果に対する高い評価を得た。

	H19	H20	H21 ※	計
研究発表・講演	27件	132件		159件
うち査読付き論文	6件	38件		44件
特許出願	2件	8件	(9件)	10+(9)件
受賞実績			1件	1件
新聞・雑誌等への掲載	10件	3件		13件
シンポジウム開催			1件	1件

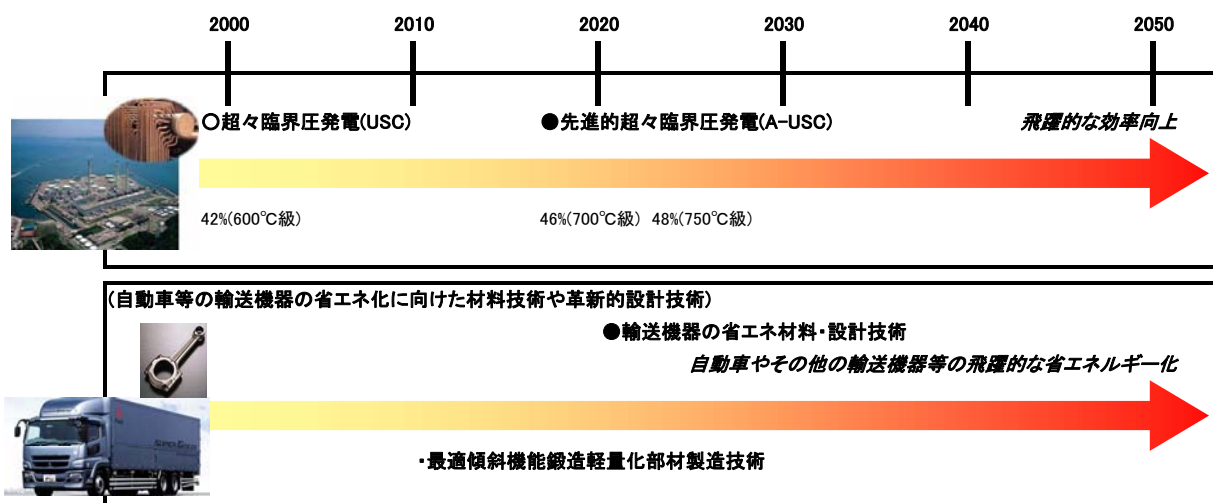
※ : 平成21年度5月29日現在
 (括弧) : 平成21年度内の実施予定案件

Ⅳ. 実用化の見通し(成果の意義)

公開

- 日本の技術政策テーマとして位置づけられており、汎用性が大きく、その研究成果が期待されている。

本研究成果の実用化タイムスケジュール



(METI資料より抜粋)

●実用化の見通しは経営戦略に基づくことから、詳細は各社から報告。

IV. 実用化の見通し(成果の意義)

公開

●下記の具体的出口ニーズ、メリットに対応したプロジェクトであり、研究成果の実用化の可能性および汎用性は非常に高い。

A. 省エネ効果(原油削減換算)

(1) 高級鋼の革新的溶接技術

①高級鋼厚板(高強度・低温用)溶接時の予熱・後熱フリー化 : 16万kL/年

②亜臨界or超臨界火力発電プラントから
超々臨界火力発電プラントへのリプレイス : 380万kL/年

(2) 先端的制御鍛造技術

自動車鍛造部品の軽量化による燃費改善 : 109万kL/年



505万kL/年の原油削減メリット = 1540億円/年のコスト削減効果

<前提:原油=50ドル/barrel=314.49ドル/kl、1ドル=97円 (平成21年4月上旬経産省新聞情報)>

B. 火力発電建設材料コスト削減

=54億円/基(100万KWh級)のコスト削減効果

<前提:欧米のNi基合金のみによる建設に比較し、Ni基合金を1000ton→500tonに削減>

IV. 実用化の見通し(波及効果)

公開

