http:// www.nedo.go.jp/

FOCUS NEDO

Vol.3 NO.10 2003.7

第10号（7月号）

新エネルギー・産業技術総合開発機構

New Energy and Industrial Technology Development Organization

REV（リカバリービークル）の回収作業：USERS（P11～12参照）

CLOSE UP

特集

1.「大口径・高密度プラズマ処理装置の開発」にて産学官連携功労者表彰　内閣総理大臣賞を受賞 …… 1

2. 民間航空機基盤技術プログラム …… 3

RESULT & REPORT

成果報告

1. 高次構造制御による新規無機材料の創製 …… 7

2. 知的材料・構造システム …… 9

3. 次世代型無人宇宙実験システム（USERS）の帰還回収状況について …… 11

4. 軽油超深度脱硫触媒の実用化 …… 13

5. 高性能色素増感太陽電池技術の開発 …… 15

6. 高効率クリーンエネルギー自動車の研究開発 …… 17

7. 急性期リハビリテーション用ベッドサイド型下肢運動療法装置の開発・実用化 …… 19

TOPICS･INFORMATION

話題の広場

オマーン国における海水淡水化研究協力に感謝状 …… 21

「国際エネルギー機関（IEA）太陽光発電システム国際会議2003」の開催結果 …… 22

情報発信

イベント情報 …… 23

「大口径・高密度プラズマ処理装置の開発」にて産学官連携功労者表彰　内閣総理大臣賞を受賞

第２回産学官連携推進会議　産学官連携功労者表彰（６月８日　於：国立京都国際会館）において、東北大学大見忠弘教授と東京エレクトロン株式会社がNEDOプロジェクト「大口径・高密度プラズマ処理装置の開発」により、内閣総理大臣賞（採択１件）を受賞いたしました。

大口径・高密度プラズマ処理装置は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が、技術研究組合超先端電子技術開発機構に委託して実施した「高効率半導体製造プロセス基盤技術開発」の１テーマとして技術開発が行われ、その成果をもとに製品化されたものです。本製品は最先端の半導体製造装置として既に世界の主要半導体メーカー15社に納入されている等、我が国産業の競争力強化に大きく貢献しております。

本技術は、東北大学大見研究室と東京エレクトロン株式会社との連携のもとに確立されたもので、半導体デバイスの高性能化及び低消費電力化を実現する製造プロセスとして高い評価を受けております。大学発のサイエンスに裏付けられた独自技術が先端半導体に結実し、グローバルな事業展開も着実に進展するなど、今後の産学連携のサクセスストーリーを形成する先駆的存在として評価されました。

1. 参加メンバー

本技術は、平成10年度第３次補正予算にて、NEDOが技術研究組合超先端電子技術開発機構（ASET）に委託した「高効率半導体製造プロセス基盤技術開発」の１テーマとして、東京エレクトロン株式会社（東哲郎社長（当時））と東北大学大見教授との連携により開発いたしました。さらに、NEDOプロジェクト終了後も同社が製品化開発を継続し、平成13年度に製品化に成功しました。

2. プロジェクトの内容

この開発技術は、東北大学大見研究室で行われたRLSA（Radial Line Slot Antenna）マイクロ波プラズマの半導体プロセスへの適用に関する研究成果をもとにしています。東北大学は、マイクロ波励起によるプラズマ生成に応用し、このプラズマを用いた極めて低ダメージの半導体プロセス技術を開発しました。

従来のプラズマ処理装置では、プラズマ中の高エネルギー粒子やそれによって装置内壁等から放出された金属原子による半導体基板への損傷や汚染が避けられませんでした。このため、高品位の絶縁膜形成が要求されるゲート形成工程へのプラズマ処理の適用は不可能と考えられていました。

これに対し東北大学の開発技術では、マイクロ波による励起とそれに伴うプラズマ生成が、RLSA近傍の限られた空間領域でのみ起こるため、半導体基板がプラズマに直接さらされることがなく、また、低電子温度プラズマであるため、不純物の混入や、反応ガスの不必要な解離がないため、損傷や汚染が極めて少ない処理が可能となります。

図1　受賞の様子

図2　表彰後の記念写真
右から、細田（科学技術政策担当大臣）、大見（東北大学教授）、東（東京エレクトロン社長（当時））、高市（経済産業省副大臣）

3. プロジェクトの成果

このような低電子温度、高密度プラズマによる低ダメージの酸化・窒化処理は、半導体デバイスの高性能化、低消費電力化に大きく寄与し、今後の微細化の進展による技術的難度の増大にも威力を発揮します。また、プロセス性能を変えることなく200mm径および300mm径ウェーハに対応可能である等の特徴を持っています。さらには、1000℃前後の従来のプロセスより大幅に低温（400℃以下）で処理できるため、省エネルギーの点からも優れています。

4. 終わりに

大学発のサイエンスに裏付けられた独自技術が先端半導体に結実し、グローバルな事業展開も着実に進展するなど、今後の産学連携のサクセスストーリーを形成する先駆的存在として評価されました。

NEDOは、大見教授、東京エレクトロン株式会社の内閣総理大臣賞の受賞をお慶び申し上げるとともに、今後も引き続き研究開発プロジェクトを起点とした世界をリードする技術の創出に貢献すべく、我が国の研究開発を一層推進していく所存です。

本件に関する問合せ先

NEDO電子・情報技術開発室 山中 yamanakamnt@nedo.go.jp

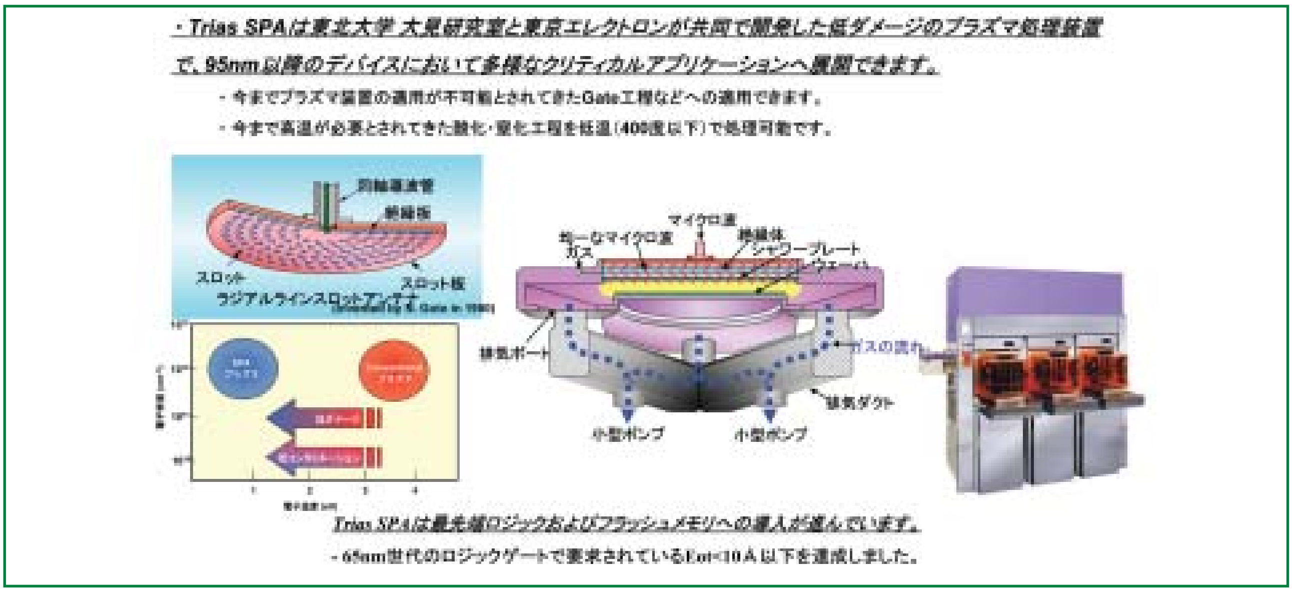


図3 大口径・高密度プラズマ処理装置

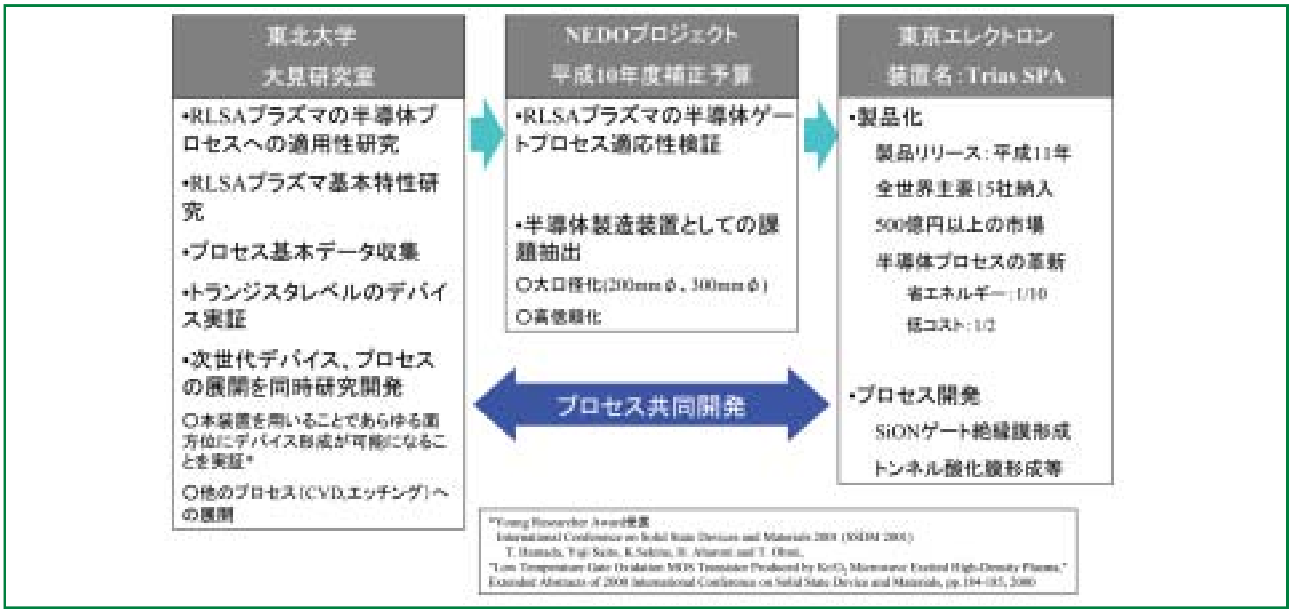


図4 RLSAプラズマ技術での産学協同研究による成果

民間航空機基盤技術プログラム

～我が国航空機産業の国際競争力強化を目指す～

1．民間航空機基盤技術プログラム

航空機産業は、最先端の技術をシステム統合するハイテク産業であることから、広範かつ高度な技術力を有する限られた国においてのみ自国産業として成立が可能であるとともに、その高度な技術力の維持・向上に貢献します。また、技術的困難性に加え、巨額の開発・販売コスト、長期の開発期間及び資金の回収期間を必要とし、開発・事業コストが極めて高いという特徴があります。かつ、安全保障に直結する産業です。このため、各国は、航空機産業を戦略産業として位置付け、直接・間接に積極的な支援を行っており、欧米等先行諸国の他、アジア諸国も含めて、競争の激化が進んでいます。

本プログラムは、大きな技術波及効果によって環境をはじめ、情報、材料等の分野に高付加価値を生み出す航空機関連技術について、平成21年度（2009年度）までに、材料・構造・システム関連等の中核的要素技術力を一層強化・保持するとともに、機体及びエンジンの完成機開発能力を獲得することを目標とします。また、こうした基盤技術力の維持・向上、これらを用いた航空機・エンジン等の国際共同開発への参画、並びに、環境適合等の要請に対応した民間航空機及びエンジン開発への取組を通じて、我が国航空機関連産業の国際競争力の強化を目指します。

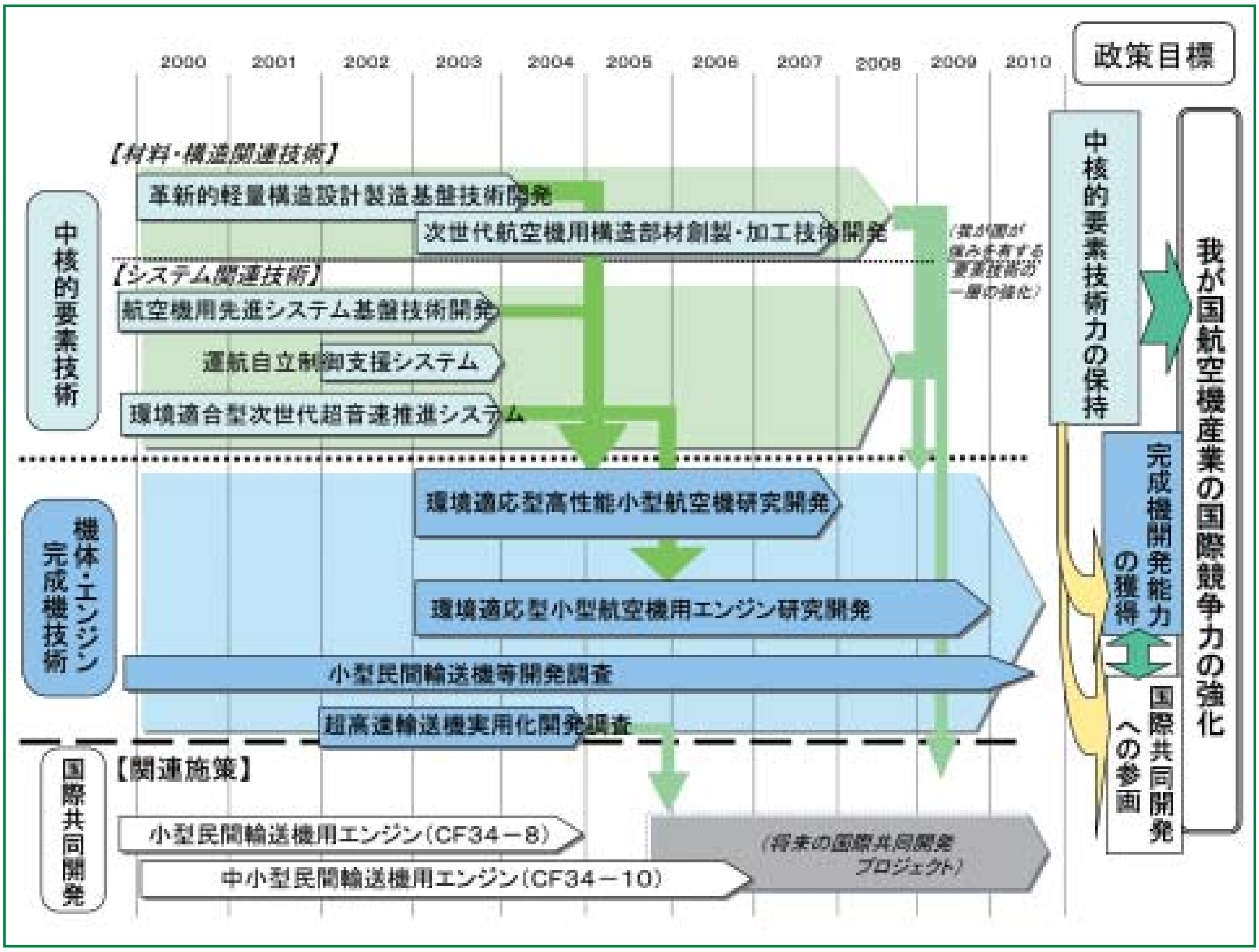


図1　民間航空機基盤技術プログラム

2. 民間航空機基盤技術プログラムの政策上の位置付け

航空機の開発は先端技術と高度な材料・部品等のシステム統合であることから、科学技術基本計画（2001年３月30日閣議決定）等において示されている重点分野のうち、「材料」、「情報通信」、「環境」及び「製造技術」分野の要素技術を包含します。特に、今後不可避と考えられる環境負荷低減を実現するための技術課題が多く、地球温暖化対策技術として、「環境」分野と関連します。

科学技術基本計画においては、航空機は国民生活を支える基盤技術として「社会基盤」分野に掲げられており、他の輸送機器とともに、「豊かで安心・安全で快適な社会を実現するために、社会の抱えているリスクを軽減する研究開発や国民の利便性を向上させ、質の高い生活を実現するための研究開発を推進すること」とされています。

また、「産業発掘戦略－技術革新」（「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2002」（2002年６月閣議決定）に基づき2002年12月取りまとめ）の、「環境・エネルギー」分野における戦略目標―環境・エネルギー技術へのチャレンジを産業競争力の源泉に（技術のグリーン化）、「情報家電、ブロードバンド・IT」分野における戦略目標―グローバルな需要予測・調達、リアルタイムの在庫・物流等の管理、経営情報等の把握・分析に資する統合業務ソフトの普及、並びに、「ナノテクノロジー・材料」分野における戦略目標―10年後に世界市場を主導できる我が国発の企業をナノテクノロジー・材料分野の‘５つの産業’で創出する、に対応します。

3. 民間航空機基盤技術プログラムの概要及び運営

民間航空機プログラムでは、本年度新たに３プロジェクトを立ち上げました。産業技術開発室では、平成15年３月31日～４月30日に委託及び助成希望者を公募し、提案書の審査を得て委託先及び助成先を決定しました（表１参照）。

フォーカス21プロジェクトである「環境適応型高性能小型航空機用研究開発」については、研究開発期間内に小型航空機の飛行実証を目標として、実用化に特に力点をおいて研究開発を実施します。

「環境適応型小型航空機用エンジン研究開発」については、初年度が委託事業で調査を行い、次年度以降の研究開発は助成事業として実施予定であることから、有識者から成る技術検討会を設置し、研究開発の進捗を適切に把握して実施します。

「次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発」については、プロジェクトリーダーである独立行政法人航空宇宙技術研究所先進複合材評価技術開発センター石川隆司センター長と密接に連携して、研究開発を推進します。

（1）環境適応型高性能小型航空機用研究開発

本事業は、課題設定型の助成事業であり、製品化を目指して環境負荷低減等の高性能小型航空機の開発を行う民間企業等に対し開発費用の１／２を助成し、その実用化を支援します。

機体の軽量化・低抵抗化による環境負荷の低減、操縦計器類のデジタル化と操縦システムにおける動力伝達システムの合理化による操縦容易性の確保、CAD／CAMによる開発・生産システムの効率化の技術開発を行い、これらの技術を活用した小型航空機（サイズとしては、30～50席クラスジェット旅客機と同規模）を試作、飛行を含む試験を実施します。

表1　プロジェクト参加法人等

プロジェクト名	参加法人等
環境適応型高性能小型航空機用研究開発	三菱重工業㈱、富士重工業㈱、　日本航空機開発協会、独立行政法人航空宇宙技術研究所、東北大学
環境適応型小型航空機用エンジン研究開発	石川島播磨重工業㈱、川崎重工業㈱、三菱重工業㈱、　日本航空機エンジン協会、超音速輸送機用推進システム技術研究組合、独立行政法人航空宇宙技術研究所
次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発	次世代金属・複合材料研究開発協会、独立行政法人航空宇宙技術研究所、東邦テナックス㈱、川崎重工業㈱、㈱ジャムコ、原子燃料工業㈱、三菱レイヨン㈱、三菱重工業㈱、横浜ゴム㈱、東レ㈱、富士重工業㈱、日立電線㈱、三菱電機㈱、石川島播磨重工業㈱、㈱コベルコ科研、福田金属箔粉工業㈱

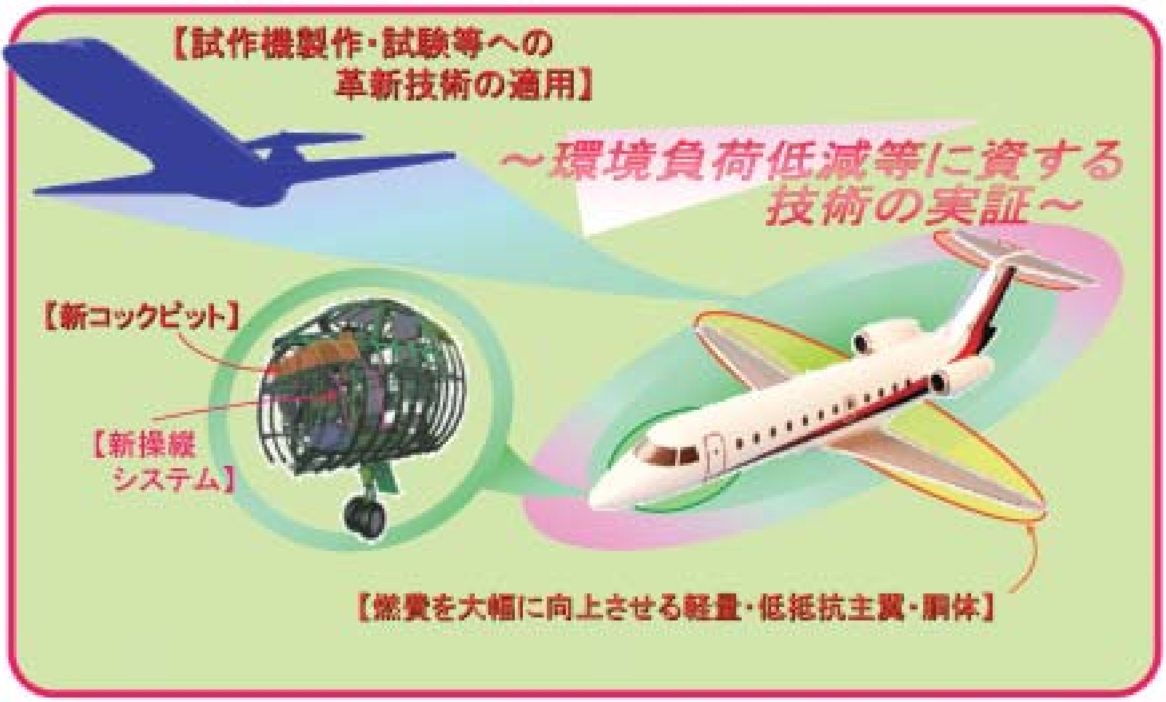


図2　小型航空機（30～50席クラス）に関する技術の開発・実証

（2）環境適応型小型航空機用エンジン研究開発

本プロジェクトは、エネルギー需給構造の高度化を図る観点から、従来の航空機用エンジン技術の延長線上から飛躍的に進んだ技術を適用することにより、エネルギー使用効率を大幅に向上し、かつ低コストで環境対策にも優れた次世代小型航空機用エンジンの実用化に向けた技術の開発を目的とします。

航空機用エンジンの動向調査及びエンジン要素技術検討を実施し、具体的な技術開発課題を設定し、①エネルギー使用効率を大幅に向上する構造設計技術（シンプル化技術）、②騒音、NOx等の環境負荷対応に優れた環境対策技術、③予知予防制御等のインテリジェント化技術、④高バイパス比化等の高性能化技術といった要素技術を開発するとともに、それらを取り入れた小型航空機用エンジンの全機インテグレーションを目指します。

図3　環境適合型高性能小型航空機用エンジン

（3）次世代航空機用構造部材創製・加工技術開発

本プロジェクトは、複合材料の非加熱成形技術、マグネシウム合金の耐食成形技術等、先進材料を用いた革新的な構造部材の創製・加工技術を開発し、需要増加の激しい航空機、高速車両等の輸送機器への先進軽量材料の本格導入を加速させ、エネルギー使用効率の大幅向上実現を目的としています。

複合材料については、非加熱成形用の素材及び成形プロセスを開発し、非加熱成形による航空機構造模擬部材の試作、試験、評価を通して、複合材料非加熱成形プロセスを確立します。また、航空機複合材構造の信頼性向上のため健全性診断技術の実用化開発を行います。

マグネシウム合金については、航空機構造部材としての耐食性・強度を満足する合金組成を開発するとともに、特性を満足した安全な製造プロセスを開発し、機体模擬部材の試作、試験、評価を通して、次世代マグネシウム合金成形プロセスを確立します。

本件に関する問合せ先
NEDO産業技術開発室　TEL：03-3987-9356

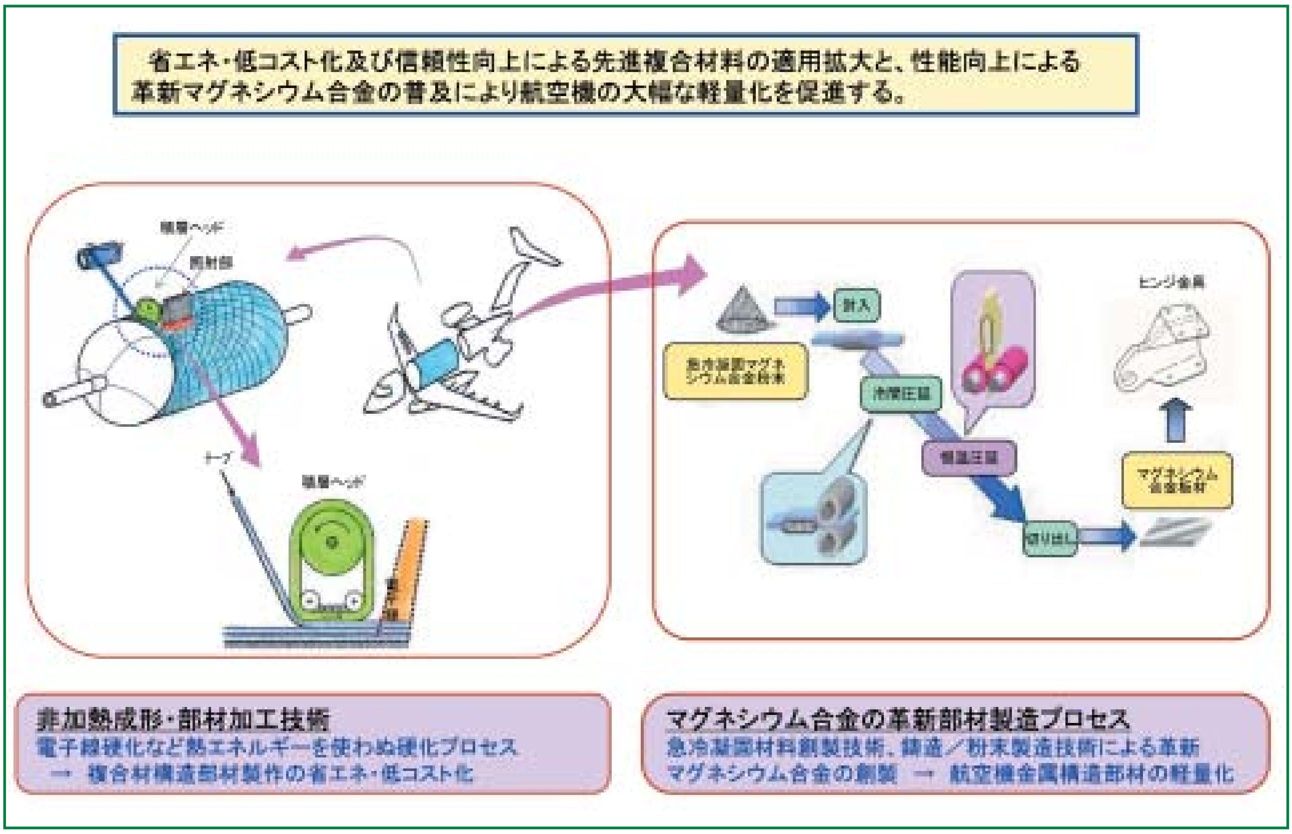


図4　次世代航空機用構造部材創製･加工技術開発

高次構造制御による新規無機材料の創製

～シナジーセラミックスの研究開発（平成6～15年度）～

1. 背景・目的

地球環境問題の深刻化により、省資源・省エネルギー効果に優れた技術やクリーンエネルギー技術など、環境調和型技術の開発が求められています。

セラミックス材料は過酷な環境下で優れた特性を発揮するため、環境問題の解決に有望な材料と位置づけられていますが、エネルギー・環境分野に広く適用されていくためには多機能性や環境調和性に加えて高い信頼性が要求されます。

本プロジェクトでは、ミクロからマクロにわたる構造を同時に制御する「高次構造制御技術」を用いて種々の機能を同時付与するとともに、それらの相乗作用による新規機能の発現を可能とする革新的な材料：シナジーセラミックスの創製技術の確立を最終目標としています。

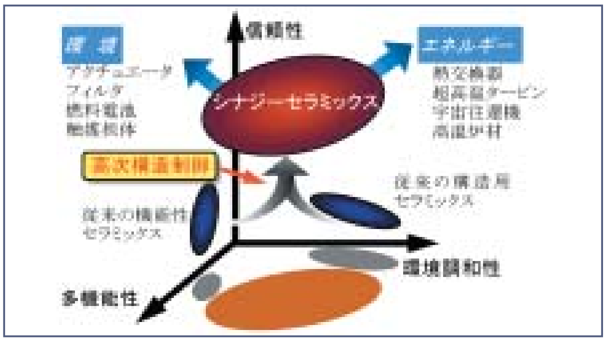


図1　シナジーセラミックスの特性

2. 概要

（1）研究開発体制

国立研究所、大学、民間がイコール・パートナーシップのもとに「シナジーセラミックス研究体」を構成し、互いに密接な連携を保ちながら協力してプロジェクトを推進しています。

【参画団体・企業・大学】㈱産業技術総合研究所、ファインセラミックス技術研究組合、旭硝子㈱、石川島播磨重工業㈱、㈱いすゞ中央研究所、新日本製鐵㈱、住友電気工業㈱、電気化学工業㈱、㈱東芝、トヨタ自動車㈱、日産自動車㈱、日本ガイシ㈱、㈱日立製作所、（財）ファインセラミックスセンター、大阪大学、東北大学、名古屋大学、横浜国立大学、ケンブリッジ大学、スウェーデンセラミック研究所、ハンブルグ工科大学、ペンシルバニア州立大学、リムリック大学

（2）研究開発テーマ

全研究開発期間を２期に分け、第１期（平成６年度～10年度）では高次構造制御技術の基礎的研究開発と支援技術としての解析・評価技術の開発を行いました。

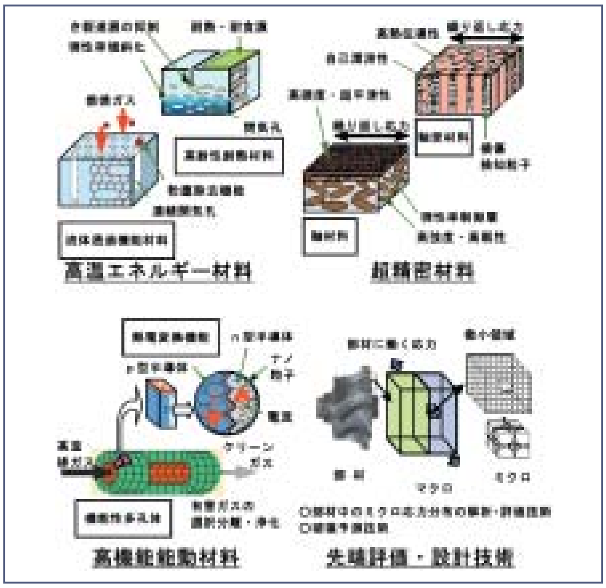
第２期では、第１期で開発された高次構造制御技術等を駆使し、エネルギー・環境分野への波及効果が期待される３種の材料、および部材開発に不可欠な材料設計技術に対象を絞って開発を推進しています。

高温エネルギー材料：耐熱・耐食性や損傷・変形許容性を兼ね備えた高耐性耐熱材料や、流体透過機能と高温耐性機能を併せ持つ流体透過機能材料。

超精密材料：摺動熱を逃がす高熱伝導性と低固体摩擦係数の両立や、高強度・高靭性と耐摩耗性の両立等を実現する高速・高荷重摺動材料。

高機能能動材料：高温・酸素共存下でのNOx浄化機能と熱電変換機能とを多重化した自己完結型NOx浄化セラミックス材料。

先端評価・設計技術：ミクロおよびマクロ構造要素から構成される複雑な不均質部材の設計に必要な応力解析技術と破壊予測技術。



山下　岳史
NEDO
ナノテクノロジー・材料技術開発室　主査

3. 研究開発成果

（1）高温エネルギー材料

世界最高レベルの1500℃の耐熱性を有する窒化ケイ素材料を開発しました。本材料を発電用ガスタービンに適用することによって高効率運転が期待されます。また、高温燃焼ガスフィルター用として、50μmΦ以下の気孔径を制御可能な高気孔率セラミックス材料（気孔率：40%以上）を開発しました。さらに宇宙等の極限環境で使用しうる耐久部材や高温部材、および低圧損フィルター用一次元ナノ貫通気孔膜、燃料電池の燃料改質用ナノ複合材料を開発しています。

図2　窒化ケイ素製のタービン静翼モデル部材

（2）超精密材料

強度と靭性、および耐摩耗性または熱的特性の両立により、低粘性オイル潤滑や高温、無潤滑などの厳しい環境下で使用しうる新規摺動部品用材料（窒化ケイ素、炭化ケイ素、炭化ホウ素、アルミナ）を開発しました。また耐摩耗性と放電加工性を両立させた精密金型用材料や、自己潤滑性を有する、あるいは表面を低摩擦化処理したエンジン部品用材料、無機・有機ハイブリッドの特性を活かしたエンジン部品用可とう性摺動材料を開発しています。

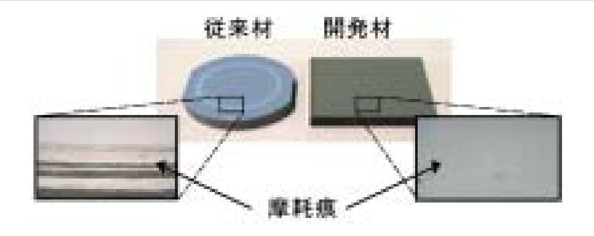


図3　耐摩耗性向上の例（窒化ケイ素）

（3）高機能能動材料

電気化学セルの触媒電極部に高次構造制御を適用することによってNOxの浄化反応効率を飛躍的に向上させ、実用的な浄化性能を世界で初めて実現しました。さらに排ガス廃熱を電気エネルギーに変換する熱電変換セラミックスを開発し、電気化学セルとの一体化による自己作動型環境浄化セルの実現を目指しています。そのほか、積層ハニカム型の耐食性電気化学セルの作製技術やNO_2ガスを選択吸着し、センシングする機能性ハイブリッド材料、超高電界下でも抵抗値が安定な電力機器用抵抗材料を開発しています。

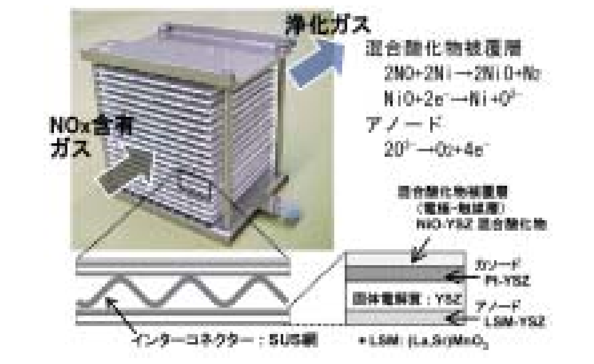


図4　電気化学セル（100mm×100mm）のスタックモデル

（4）先端評価・設計技術

ミクロ領域の機械的性質や応力の測定技術と破壊挙動評価技術、ミクロ・マクロ領域応力評価・解析技術を開発し、ミクロ特性情報をマクロ部材の変形・破壊に結びつけるミクロ・マクロブリッジング技術を新たに開発しました。これにより、不均質セラミックス部材の破壊予測を可能とする部材設計技術確立への道を拓きました。

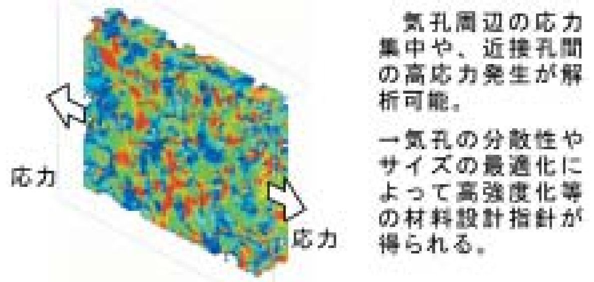


図5　局所応力分布計算結果例（3μm角の要素の集合）

4. 今後の展開

平成15年度はプロジェクトの最終年度であり、シナジーセラミックス材料の用途を想定した部材化やモデル作製と、その有用性の検証などを通して、実用化を視野に入れた成果の取り纏めを行っています。

新規材料は実用化に至るまでに、部材化→製品組み込み→システム構築へとステップを踏む必要があります。さらに製造プロセスの確立や信頼性の実証、実用的コスト収支の成立が不可欠であるため、実用化に時間を要します。今後、プロジェクト成果の用途や目的を明確にして実用化計画を策定し、参加企業を中心として開発を継続します。

知的材料・構造システム

～「支える」材料構造から「知覚し判断し働く材料システム」実現を目指して～

1. プロジェクトの背景

高速輸送、発電、産業機械等の分野では、省資源、省エネルギーの観点から、複合材料適用による軽量化・高性能化が進められています。また、複合材料の優れた耐食性や強度向上が認められ、土木・建築構造物や港湾施設、船舶等への適用も増加しています。今後とも、複合材料への高度な機能の付与、材料・構造の信頼性・寿命の向上により、適用の範囲、量ともに、一層拡大するものと期待されています。

本研究開発は、複合材料への高度な機能の付与、材料・構造の信頼性・寿命の向上を実現するために、複合材料を母構造とする知的複合材料（スマートコンポジット）の開発を目指し、平成10年度～14年度の５年間に渡って実施しました。

2. プロジェクトの内容

複合材料・構造物（骨格）に、繊維あるいは箔状にしたセンサ材料・素子（神経）、アクチュエータ材料・素子（筋肉）を一体融合化し、情報処理・制御（脳）を行う、すなわち、生命体と同じような知覚・判断・応答といった知的機能を付与したシステムの基盤技術を開発するプロジェクトでした。

具体的には、①ヘルスモニタリング技術、②スマートマニュファクチャリング技術、③アクティブ・アダプティブ構造技術、④アクチュエータ材料・素子の各要素技術開発を行い、それらを統合した、実構造物による実証試験として⑤デモンストレータ試験を実施し、それぞれの目標達成を検証しました。

3. プロジェクトの成果

（1）ヘルスモニタリング技術の開発

構造システムをリアルタイムで自己検知・診断し損傷制御を行うヘルスモニタリングシステムの開発を目的としました。成果として、複合材の母構造の強度を損なうことなく埋め込むことのできる細径（40μm）の光ファイバーセンサを開発（図１参照）し、それを用いた計測システムが複合材料の損傷検知に有効であることを確認しました。また、複合材料積層内に形状記憶合金箔を挿入し、その変形によって積層の剥離損傷を抑制できる事を確認しました。

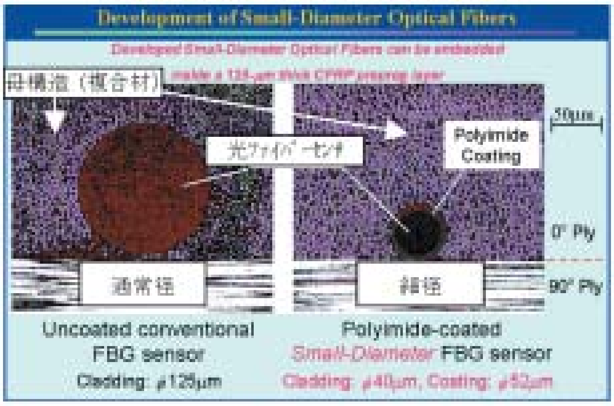


図1　細径光ファイバーセンサ

（2）スマートマニュファクチャリング技術の開発

母構造にセンサを埋め込む成形技術及び複合材料成形のプロセスをモニタリングしながら制御することにより、不良品発生を防ぐ技術を開発しました。

成果として、複合材料の一般的成形過程である熱硬化成形において、その硬化状態をセンサにてモニタしながら最適な条件で成形させることに成功しました。また、液状の樹脂を型の中の繊維にしみこませて硬化させる成形法であるResin Transfer Molding（RTM）成形において、樹脂の含浸状況をモニタし、ボイド（気泡）が生じないよう樹脂の流れを制御する技術を開発しました。

（3）アクティブ・アダプティブ構造技術の開発

母構造に組み込まれたセンサとアクチュエータ等によって、状況に応じてアクティブに、最適形状等を実現したり、振動や騒音を低減するための制御技術の開発を実施しました。

成果として、分布変数系である柔構造体（図２参照）

図2　柔構造体

大崎　裕司
NEDO
産業技術開発室　主査

の振動抑制や構造材を通して伝わる騒音低減について、振動減衰係数20%以上向上、騒音３dB減を実現しました。

（4）アクチュエータ材料・素子の開発

知的材料・構造システムの母構造に埋め込むアクチュエータ材料・素子である圧電セラミックス素子及び形状記憶合金について、高性能化、高信頼性化の技術開発を実施しました。

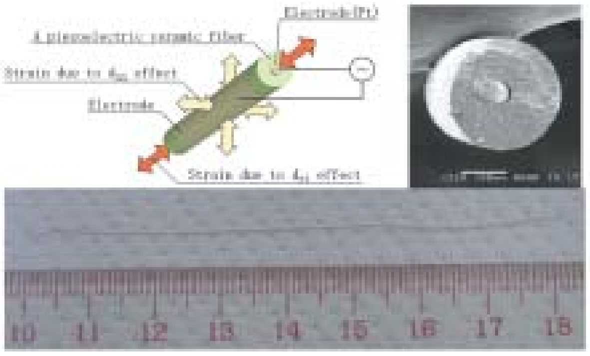


図3　ファイバー状セラミックアクチュエータ

成果として、圧電セラミックス素子の一種であるPZTについては、マイクロ波を用いたハイブリッド焼結法を開発して、世界最高性能の圧電定数d31（430×10^{-12}m／V以上）を達成しました。また、圧電セラミックス素子をファイバー状に成形したアクチュエータ（図３参照）の製作にも成功し、構造内部埋め込み実用化により一層近づけることが出来ました。形状記憶合金では、電磁浮遊ノズルレス急冷凝固法により、より高速に応答する材料の開発に成功し、力と速さを兼ね備えたアクチュエータとして期待されます。

（5）デモンストレータ試験

デモンストレータ試験は、(1)～(4)の各要素研究を統合し、実構造物模擬供試体にて技術の有効性を実証するものです。ここでは、①損傷検知・損傷抑制、②騒音・振動低減の２種類のデモンストレータ（図４参照）により試験を実施しました。

成果として、①損傷検知・損傷抑制デモンストレータ試験では、航空機胴体模擬供試体（図４上）に損傷を発生する大きさの曲げ応力または衝撃力を加えた際の、損傷発生程度と位置の特定を、埋め込んだ光ファイバーセンサにより検出する（図５参照）ことに成功しました。また、形状記憶合金箔を埋め込むことにより亀裂が発生する歪が約30%増加すること、つまり、埋め込みにより通常に比較して大きい歪で亀裂が発生し、損傷抑制に有

図4　損傷検知・損傷抑制デモンストレータ（上）
騒音・振動低減デモンストレータ（下）

効性であることを実証しました。②騒音・振動低減デモンストレータ試験では、外部からの騒音及び振動に対して、それらをうち消す振動を航空機胴体模擬供試体（図４下）の外板に加えることにより、円筒内部の騒音が約４dB低減、振動の減衰係数が31%以上向上することを実証しました。

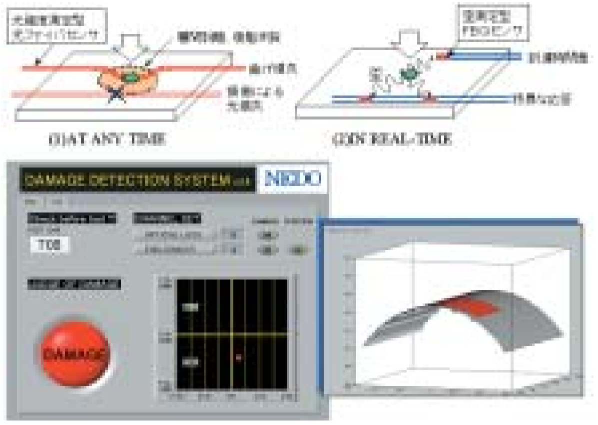


図5　損傷検知システム

4．今後の展望

本プロジェクト成果により、知的材料・構造システムの有効性が実証されました。特に損傷検知、損傷抑制技術は航空機等の輸送機械の安全性、信頼性向上に大きく貢献できるものと思われます。本成果を十分に活用、発展させ、実際の航空機等への適用開発が期待されます。

次世代型無人宇宙実験システム（USERS）の帰還回収状況について

次世代型無人宇宙実験システム（USERS）の開発が完成し、2002年９月10日に打ち上げ、約8.5ヶ月にわたり高温超電導材料製造実験を行い、2003年５月30日に実験装置の搭載されたカプセルを小笠原東方沖海上に着水させ、回収しました。今回の宇宙実験に用いた希土類系酸化物バルク材料は極めて反応性が強く、地上実験では容器と反応してしまうため、大型の結晶を製造することはできず、得られる磁束密度にも制約がありました。微小重力環境を利用して、実験試料の中心の種結晶部を一点支持にして、直径127mm、厚さ20mmの高温超電導材料結晶成長実験を行いました。

1. はじめに

USERSは、経済産業省及び新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託を受けて、財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構（USEF）が開発し、運用を行っている宇宙実験システムです。USERS宇宙機システムは図１に示す通り、軌道上で実験を行う機器を搭載し、実験終了後地上に帰還するカプセル形状のリエントリモジュール（REM）と、軌道上においてはREMに様々なリソースとサービスの提供を行うサービスモジュール（SEM）から構成されています。全体の重量は約1.7tトン（SEM：800kg、REM：900kg）で、太陽電池パドル出力約2.5kWです。USERSプロジェクトの目的は：1）約8.5ヶ月間の軌道運用後、リエントリモジュールを自律的に大気圏に再突入させ、帰還させる我が国初の技術の開発、実証を行う、2）軌道上の微小重力環境下において大型高温超電導材料の結晶成長実験を行い、地上における生産に必要な結晶成長メカニズムを解明する、3）民生技術・部品の宇宙環境下における機能を検証し、将来の衛星バス製造に適用するための知見を得る、ことです。図２にこれらの目的を達成すための運用シナリオを示します。

2. 帰還回収運用概要

USERS宇宙機システムは、2002年９月10日（火）17時20分にNASDAデータ中継技術衛星（DRTS）との相乗りにて種子島宇宙センタよりH-IIA３号機で打ち上げ、チェックアウトの後、10月２日より2003年３月31日までREMに搭載した３台の超電導材料製造実験装置（SGHF）により３個の大型高温超電導材料の結晶成長実験を完了し、2003年５月30日４時５分52秒にSEMより分離、５時44分53秒にRBMに点火／軌道離脱し、６時23分頃にREMの帰還カプセル部分であるリエントリビークル（REV）を小笠原東方沖の公海上に帰還着水させ、無事回収しました。

帰還回収運用は図３に示す体制にて実施しました。

3. 帰還回収状況

00時30分（USOC）：１時過ぎから朝にかけて帰還回収を行う一連の可視群運用を前に、各オペレータ、技術支援、運用チームリーダ等、各自緊張の面持ちで配置に就く。NASDA追跡管制へも帰還実施GOの判断を伝え

図1　USERS宇宙機システムフライトモデル

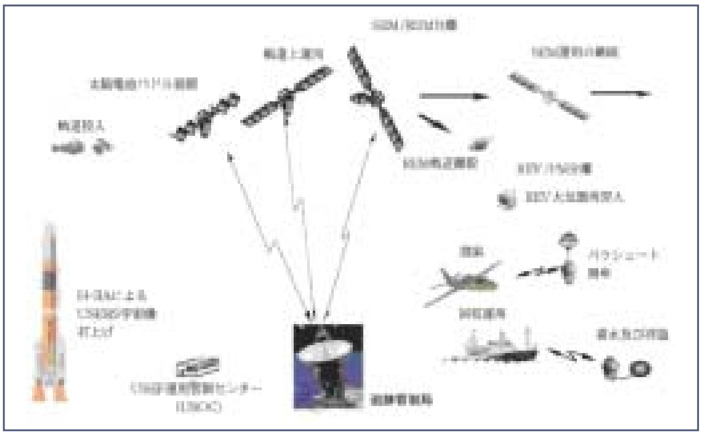


図2　USERS運用シナリオ

USERS：Unmanned Space Experiment Recovery System
USEF：Institue for Unmanned Space Experiment Free Flyer
USOC：USEF Space Operations Center
UROC：USERS Retrieve Operations Center

REM：Reentry Module
SEM：Servis Module
SGHF：Super Conductor Gradient Heating Furnace
REV：Recovery Vehicle
RBM：Retro Boost Motor

知久　多喜眞
財団法人無人宇宙実験システム
研究開発機構　専務理事

小笠原　誠
NEDO
産業技術開発室　主査

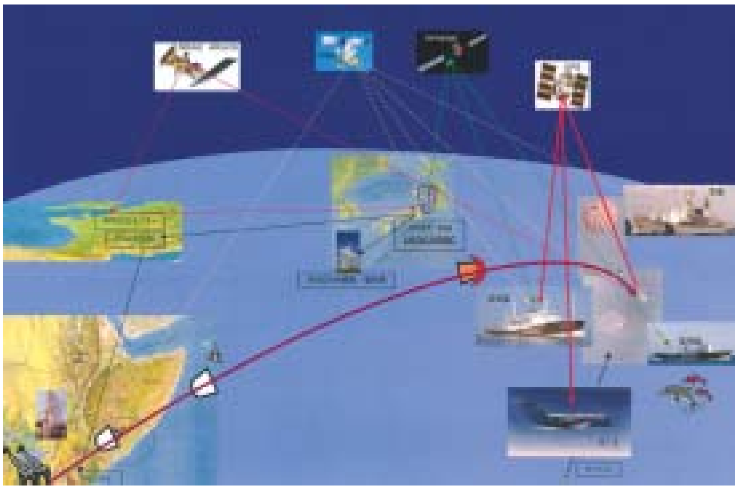


図3　USERS帰還回収運用体制

る。NASDAの「了解」の声にも緊張が伺える。

01時30分（UROC／回収船）：ブリッジに上がる。既に関係者は全員揃い、緊張の中にもやる気十分。船の揺れから感じる波には全くの不安は感じられない。

02時42分（USOC）：沖縄／増田局可視。分離姿勢への移行、REM内外電源切替、REMモーメンタムホイールランアップ確認等、分離のための準備は予定通り進行。

03時56分（USOC）：マリンディ局可視。異常無し。04時05過ぎに分離許可コマンド送信。固唾を呑んでテレメトリモニタを見守る。SEM及びREMとも姿勢正常で、マリンディ局からの「機械的分離正常確認」の声に思わず拍手が出る。帰還への第一の関門突破を確認。

04時22分（USOC）：沖縄／増田局可視。分離後のSEM及びREMとも正常に飛行していることを確認。

04時40分（UROC／回収船）：探索航空機の無事離陸を受信。「いよいよ探索開始」の感がある。

05時37分（USOC）：REMは正常な姿勢で信号を受信。軌道離脱モータ（RBM）点火を待つ。05時44分53秒RBM点火、予定通りの燃焼時間を確認。第二の関門無事突破。

05時50分（UROC／回収船）：船の向きを#2着水点予測位置の方角210度近辺に向けて待機。

06時10分（UROC／回収船）：#3着水点の指示があり、回収船／監視船は移動を開始。

06時23分頃（USOC／UROC）：探索航空機より、GPSビーコン電波受信の一報の一分後、正確な着水位置の通報。第三の関門突破。

図4　発見時の浮遊状況

06時34分（USOC／UROC）：探索航空機がREVを目視確認との連絡。

08時57分（UROC／回収船）：回収船着水場所に到着。REVを目視確認し、回収作業を開始。

09時50分（UROC／回収船）：REV回収船上に引上げ完了。USOC／UROC関係者一同あまりにシナリオ通りに進んだ大成功に喜ぶというより茫然自失の状態で一時無言。その後徐々に喜びの声が上がる。

図5　回収作業状況

4. 今後の予定

REMが分離された後の軌道上に残されたSEMは、搭載している５種類の先進的バス機器実験の本格的な運用を６月17日より開始しました。今後は宇宙機器の低コスト化と高性能化に寄与するための実験運用が軌道上運用の中心となります。

日本で初めての軌道上から実験成果を持帰ったのみならず、良好な微小重力環境を長期間にわたって維持することができ、自律的に目的の場所へ帰還することが可能なインフラストラクチャとしての無人宇宙実験システムが完成したと言えます。

最後に、このUSERSプロジェクトの成功は、ひとえに関係者の皆さまの御協力と御努力の賜ものであり、ここにあらためて深く感謝します。

軽油超深度脱硫触媒の実用化

～石油精製汚染物質低減等技術開発の成果～

1. プロジェクトの背景

ディーゼル車からの排出ガスに含まれる窒素酸化物（NOx）、粒子状物質（PM）等の一層の低減には、ディーゼル車への排ガス処理装置搭載が必要となります。この排ガス処理装置の性能を発揮させるためには、軽油中の硫黄分の更なる低減が求められています。

「石油精製汚染物質低減等技術開発」プロジェクトは、このような背景のもとに、平成11年度より５年間の計画でスタートしました。以来、中間目標として硫黄分50ppm以下を可能とする軽油超深度脱硫触媒を平成13年度に開発し、最終目標（平成15年度）として硫黄分15ppm以下を可能とする触媒の開発を進めています。最終年にあたる平成15年度は昨今の情勢を踏まえ、サルファフリー（10ppm以下）も視野に入れた研究開発を実施しています。

この度、平成13年度に開発した硫黄分50ppm以下を可能とする軽油超深度脱硫触媒をコスモ石油株式会社坂出製油所の軽油深度脱硫装置へ充填することが決定しました。本年４月より石油各社は前倒しで低硫黄軽油（50ppm以下）を供給していますが、この開発触媒の適用は今後の低硫黄軽油の生産に大きく貢献するものと期待します。

2. プロジェクトの体制

本プロジェクトはNEDOの委託を受け、石油産業活性化センター（PEC）が研究開発を実施しています。触媒開発について、PEC幸手研究室、PEC袖ヶ浦第１研究室、PEC戸田第１研究室、PEC千代田研究室の４つの研究分担先があり、その中の一つである、PEC幸手研究室（コスモ石油株式会社）が今回充填する軽油超深度脱硫触媒の開発を担当しています。さらに島根大学と九州大学が共同研究の形で開発を支援し、産学官が一体となり研究開発を実施しています。

3. プロジェクトの成果

（1）概要

軽油に含まれている硫黄を除去する（脱硫）ためには、軽油中の硫黄化合物を水素の存在下で分解し、硫化水素の形で除去する方法（水素化脱硫法）が用いられています。研究開発対象である脱硫触媒は硫黄化合物と水素との化学反応を促進させる役割を担っています。これまでの軽油深度脱硫は比較的脱硫が容易な硫黄化合物を除去していたのに対し、超深度脱硫の領域では従来の触媒では脱硫反応が進まない難脱硫性硫黄化合物を効率よく除去することができる触媒開発が必要です。

PEC幸手研究室では、従来のアルミナ担体に固体酸（HYゼオライト）を付与することで難脱硫性硫黄化合物を効果的に除去することに成功しました。詳細な硫黄化合物定量分析等は九州大学と連携して実施しました。加えて、触媒上の化学反応が起きる部分（脱硫活性点）である活性金属：コバルトモリブデン（CoMo）の結晶構造を多層化することで、活性点を増大させることに成功しました。分子レベルでの活性点の分析、評価は島根大学と連携して実現しました。

図1　開発触媒の写真

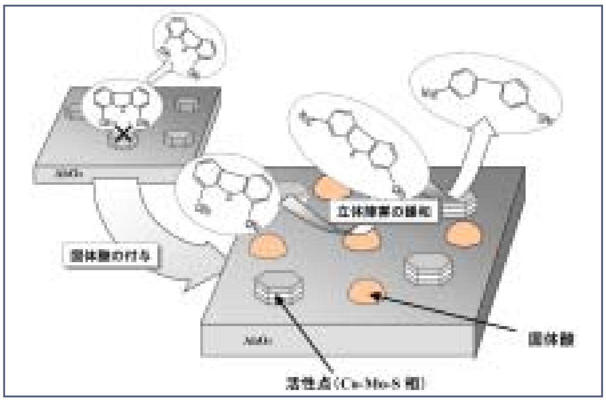


図2　異性化脱硫モデル

鹿嶋　一浩
NEDO
エネルギー・環境技術開発室　主査

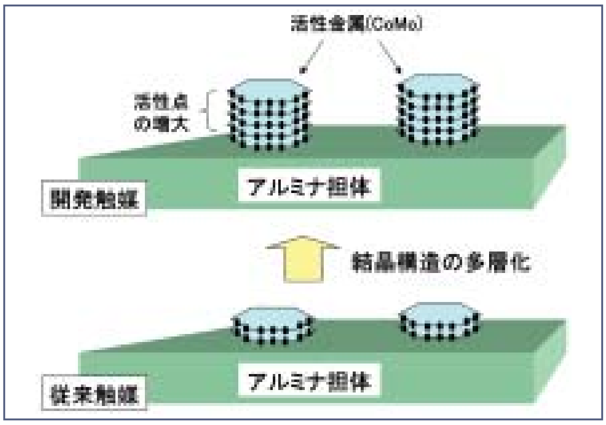


図3　結晶構造の多層化モデル

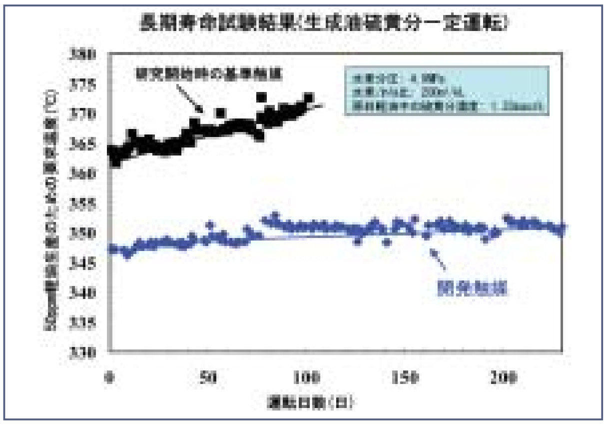


図4　開発触媒のパイロット評価

これらの結果により、従来のアルミナ系コバルトモリブデン触媒の脱硫活性を飛躍的に高めることに成功しました。開発した触媒は従来触媒に比べ高活性でかつ安定に低硫黄軽油を生産できます。

（2）開発触媒の特徴

開発触媒の写真を図１に示します。アルミナ（Al_2O_3）に固体酸（HYゼオライト）を付与したものを担体として、活性金属にコバルトとモリブデンを用いています。

この開発触媒は、次の２つの特徴があります。

①固体酸（HYゼオライト）の付与

4,6ージメチルジベンゾチオフェンに代表されるアルキルジベンゾチオフェン類の難脱硫性硫黄化合物を脱硫することは、軽油の低硫黄化の課題です。これは硫黄原子近傍のアルキル基が立体障害となり、触媒の脱硫活性点への接触を妨げるため（図２の左上部）です。開発触媒は固体酸（HYゼオライト）により硫黄原子近傍のアルキル基を異性化することで（図２）、脱硫活性点に硫黄原子が接触しやすい分子構造に変えてやり、効果的に除去することができます。

②活性金属の多層化及び活性点の増大

脱硫活性点構造としては、図３に示すモデル図のように活性金属の多層化に成功し、さらに、その側面に形成される活性点数を増大させることができました。活性金属の積層数について電子顕微鏡で観察した結果、開発触媒は従来の軽油深度脱硫触媒と比較して約1.5倍以上多層化されていることを確認しました。

（3）開発触媒のパイロット評価

開発触媒の長期寿命試験結果を図４に示します。図は、同一条件で低硫黄軽油を生産するのに要求される反応温度を示します。開発触媒は従来の触媒よりも約20℃程低い温度で、かつ運転日数250日以上においても安定して低硫黄軽油が生産できることを確認しました。

（4）坂出製油所

充填が決まったコスモ石油株式会社坂出製油所（香川県坂出市）は原油処理能力日量120,000バーレルで西日本への製品供給の生産拠点（図５）です。軽油深度脱硫装置は公称能力40,000バーレル／日、触媒充填量は約110m^3を予定しています。本年７月の定期整備でこの開発触媒に取替えます。

4．今後の展開

現在、市況の軽油は硫黄分50ppmですが、近い将来の更なる低硫黄化に向けて、当プロジェクトでは、今回の固体酸付与コバルトモリブデン触媒に加え、ニッケルモリブデン触媒、ニッケルタングステン触媒、チタニア担体触媒の開発を行っています。各々の触媒の特徴を活かし、多様な製油所ニーズに応えた低硫黄化技術を提示していきたいと考えています。

図5　コスモ石油坂出製油所

高性能色素増感太陽電池技術の開発

1. プロジェクトの背景

太陽光電は最も有力なクリーンエネルギー供給形態のひとつであり、低コスト・高性能に向けて研究開発が行われていますが、従来型の太陽電池は依然コスト高であり、太陽光発電の大量普及を実現するには、発電コストを大幅に低減できる新しい発想の次世代型の太陽電池の開発が求められています。色素増感太陽電池は、製造プロセスが簡単で材料費も安く、低コストで高性能な太陽電池として期待されています。このような背景から、色素増感太陽電池の高性能化について、本太陽電池の実用化の可能性を見極めるための研究開発が提案され、平成13年度の革新的次世代太陽光発電システム技術研究開発のテーマとして採択されました。

2. プロジェクトの概要

色素増感太陽電池を構成する要素技術である、酸化物半導体光電極、増感色素、電解質溶液等について性能向上、最適化を計り、3年後（平成16年3月末）の開発目標値として光電変換効率11%（世界最高値）の達成を目指しています。この目標が達成されますと、その電池モジュール製造コストとして94円／Wp以下の可能性が予想されます。また、将来、色素増感太陽電池技術によるモジュール製造コストとして50円／Wpレベル程度の低コスト化の見通しが可能かどうかの指針も得ることにしています。

3. プロジェクトの内容と成果

本プロジェクトは、7つの検討項目、高性能チタニア光電極の作製､高性能複合系酸化物半導体光電極の開発､高性能金属錯体色素の開発、高性能有機色素の開発、高性能電解質の開発、固体電解質の開発、総合性能評価・解析基盤研究で構成されています。

それぞれの検討項目について、最適化を行い、これまでの成果としては、ルテニウム金属色素であるブラック・ダイ色素と光吸収効率を最適化したチタニア光電極を用いた色素増感太陽電池（封止セル、反射防止膜付き）で、光電変換効率約9.6%～9.9%（AM1.5、100mW／cm^2）が得られています。以下に主たる検討項目の成果について述べます。

（1）高性能チタニア光電極の作製

太陽光を効率的に吸収するための工夫がチタニア光電極作製において検討されています。すなわち、チタニア薄膜光電極に入射した光の効率的な利用を達成するため、光を透過するチタニアナノ粒子と光を散乱するチタニア粒子の最適な組み合わせをもつ多孔質チタニア膜光電極の作製を目的としています。

その結果図1に示すチタニア散乱粒子積層型構造を持つチタニア薄膜光電極を用いたブラック・ダイ色素増感太陽電池では光電変換効率9.6%～9.9%を得ることが出来ました。図2にブラック・ダイ色素増感太陽電池の電流－電圧曲線を示します。

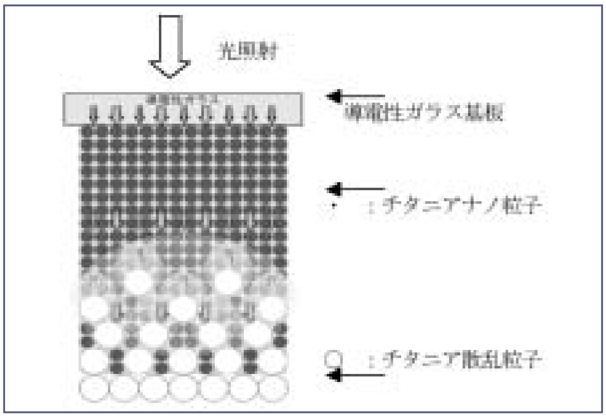


図1　チタニア散乱粒子積層型構造を持つ薄膜光電極の構造

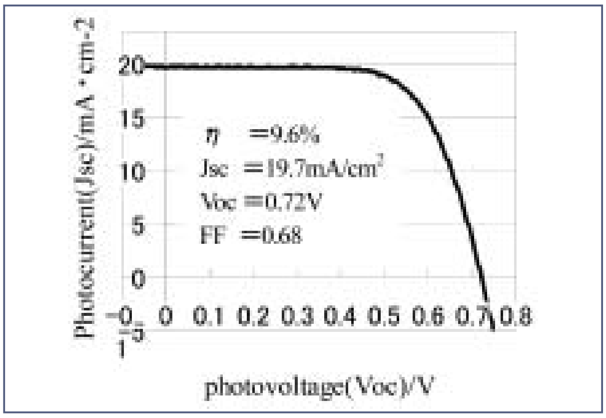


図2　ブラック・ダイ色素増感太陽電池のI-V曲線

（2）高性能複合系酸化物半導体光電極の開発

色素増感太陽電池の特徴のひとつに電池材料が限定されない多様性があります。これらの観点から、酸化物半

荒川　祐則
独立行政法人産業技術総合研究所
光反応制御研究センター長

導体光電極材料として種々の複合酸化物の広範な探索や種々の単一酸化物の複合法について検討を行なっています。その結果、酸化亜鉛薄膜を電気化学的手法でチタニア光電極表面に修飾した複合系ZnO／TiO_2光電極をもつ色素増感太陽電池で優れた複合効果を見出しています。この光電極を用いたN719色素増感太陽電池では光電変換効率9.3%を達成しています。

（3）高性能金属錯体色素の開発

金属錯体色素の開発では、既に報告されているルテニウム色素であるブラック・ダイ色素やN719色素にかわる高性能色素の開発を行っています。今までに数種の新しいルテニウム色素の合成に成功していますが、現在世界最高性能を誇るブラック・ダイの光吸収効率を上回る、テルピリジンβ－ジケトナート色素の開発に成功しました。図３にブラック・ダイ色素の構造と新しく合成されたテルピリジンβ－ジケトナート色素の構造を示します。この色素を用いた新しいチタニア太陽電池で光電変換効率8.2%を達成しました。各要素因子の最適化により、さらなる高性能化が期待されます。

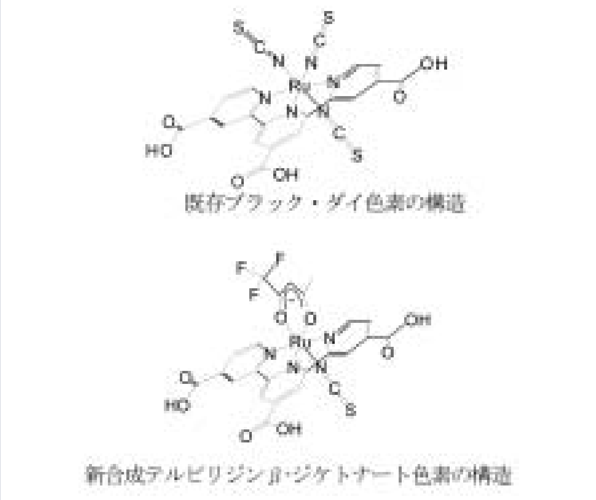


図3　ブラック・ダイ色素の構造と新規に開発されたテルピリジンβ－ジケトナート色素の構造

（4）高性能有機色素の開発

金属錯体色素よりも安価に製造できる有機色素は資源的制約がなく、安価に大量生産出来る可能性があり高性能有機色素が開発できれば、色素増感太陽電池のみならず太陽電池の世界においても新たな展開が予想されます。これまでの研究では、有機色素を用いた色素増感太陽電池の光電変換効率は、たかだか１%程度でした。本プロジェクトにおいては、有機色素の広範な探索から有望色素の絞り込みを行い、ポリエン系やクマリン系色素において光吸収領域の拡張と、効率的な電子移動の為の設計を行い、光電変換効率６%～７%を達成する色素を数種類開発しました。中でも図４に示すクマリン基本骨格にチオフェン環を導入した新色素を用いたチタニア太陽電池では、有機色素を用いた太陽電池としては世界最高の光電変換効率7.7%を達成しました。その性能は、ルテニウム金属色素を用いた太陽電池の性能に匹敵します。図４にそれらを用いた色素増感太陽電池の光電変換特性の波長依存性（IPCE）を示します。図から明らかなように400nmから650nmまでの広い波長範囲で単色光の光電変換効率が70%以上を示してします。

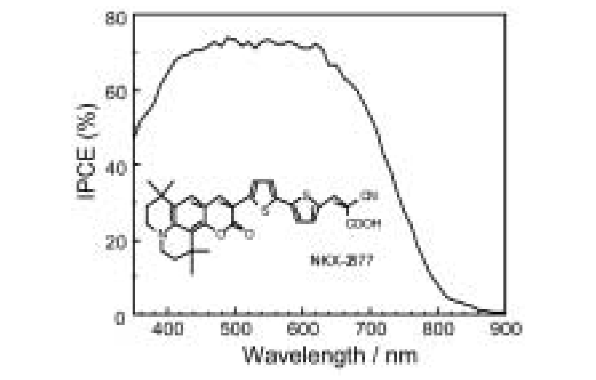


図4　高性能有機色素の構造と、それを用いたチタニア色素増感太陽電池の光電変換効率の波長依存性（IPCE）

（5）固体化電解質の開発

高分子系電解質を用いた色素増感太陽電池の高性能化を検討しています。高イオン導電率を持つ高分子電解質を開発し、この材料を用いた擬固体化色素増感太陽電池において8.1%の光電変換効率を得ることに成功しています。

4．今後の展望

光電変換効率9.6%～9.9%の色素増感太陽電池を実証し、平成14年度の全体目標である光電変換効率10%の目標は、ほぼ達成しました。プロジェクト最終年度の最終目標11%（世界最高値）の達成に向けて、各要素技術の更なる最適化を検討して行きます。

また本プロジェクトで新しく開発されたルテニウム色素（Ruテルピリジン・βジケトナート色素）や有機色素を用いたオリジナルな色素増感太陽電池で10%以上の光電変換効率の達成するためには、光電圧（Voc）の向上が必須となっていますので、さらなる開発を進めます。

色素増感太陽電池が真に革新的次世代太陽電池の有力候補としての可能性があるかどうかを検証するため努力を積み重ねて行きたいと考えています。

高効率クリーンエネルギー自動車の研究開発

～燃費を大幅に向上させるハイブリッド機構と クリーンエネルギーを組み合わせた新しい自動車の実現に向けて～

1. 研究開発の背景

地球温暖化問題の高まりの中、二酸化炭素の排出抑制の必要性が増大していますが、我が国の二酸化炭素排出量のうち、運輸部門の占める割合は約２割を占めており、自動車からの二酸化炭素排出規制は極めて重要な課題となっています（運輸部門の二酸化炭素排出量の内、自動車の占める割合は約９割です）。このため、自動車の燃費向上、自動車燃料としてのクリーンエネルギー利用の必要性が高まっています。

また、一次エネルギーの太宗を石油資源に依存する我が国としては、石油代替エネルギー対策として、クリーンエネルギー（天然ガス、合成燃料等）を自動車燃料として導入していくことが重要です。

さらに、大気環境の保全の観点からも自動車からの排出ガス（窒素酸化物［NOx］、粒子状物質［PM］等）を削減することが重要です。

これらの課題を達成していくために、燃費を大幅に向上させるハイブリッド機構とクリーンエネルギーを組み合わせた新しい自動車の研究開発をおこなっています。

「高効率クリーンエネルギー自動車の研究開発」プロジェクト（ACEプロジェクト：Advanced Clean Energy Project）は、このような背景のもとに、平成９年度に研究開発をスタートし、本年度が最終年度となるプロジェクトです。

2. 高効率クリーンエネルギー自動車とは

高効率クリーンエネルギー自動車とは、燃費を大幅に向上させるハイブリッド機構とクリーンエネルギーを組み合わせた自動車です。ハイブリッド機構とは作動原理の異なる２種類以上の動力を組み合わせたもので、減速時のエネルギーを回生しながら、走行条件に応じたエンジン・モーターの使い分けで省エネを実現するシステムです。また天然ガスや合成燃料等のクリーンエネルギーを使用することで、排出ガスをクリーンにするとともに、石油代替を実現するという狙いです（図１）。

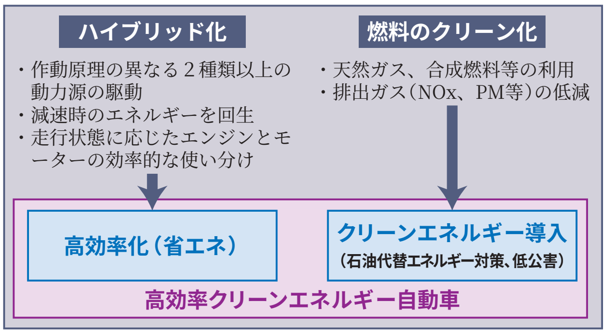


図1　高効率クリーンエネルギー自動車とは

3. プロジェクトの内容

（1）研究開発体制

研究開発体制は、通産省からの補助を受けNEDOから日本自動車研究所および参加企業へ委託されています。また、要素技術開発については日本自動車研究所から、参加企業に再委託されています。

（2）研究開発の内容

各参加企業の研究開発内容は図２、３に示します。

№	参加企業		本田技術研究所	いすゞ中央研究所	三菱ふそうトラック・バス	日野自動車工業	日産ディーゼル工業
1	研究開発自動車		ANGエンジン搭載ハイブリッド自動車（シリーズ方式）	セラミックス断熱型クリーンエネルギートラック（シリーズ方式）	CNGエンジン搭載ハイブリッドトラック（シリーズ／パラレル併用方式）	DMEエンジン搭載ハイブリッドバス（シリーズ／パラレル併用方式）	LNGハイブリッドバス（シリーズ方式）
2	主なハイブリッド要素		エンジン＆フライホイール／バッテリー	エンジン＆キャパシター	エンジン＆バッテリー	エンジン＆キャパシター	エンジン＆キャパシター
3	車種		乗用車	トラック	トラック	路線バス	路線バス
4	目標	燃費の向上	2倍	2．5倍	2倍	2倍	2倍
		クリーンエネルギーの利用	吸蔵天然ガス（ANG）	主に圧縮天然ガス（CNG）	圧縮天然ガス（CNG）	ジメチルエーテル（DME）	液化天然ガス（LNG）
		排出ガスの低減		重量車新短期規制[illegible]の[illegible]1/4以下			
5	主な技術内容		・フライホイール ・吸蔵剤を用いて天然ガスを吸蔵するANG技術	・セラミックスエンジン ・排気エネルギー回収装置併用シリーズ機構 ・キャパシター ・高効率ディーゼル燃焼技術	・リチウムイオン電池を用いたシリーズ／パラレル併用ハイブリッド機構 ・天然ガスエンジン	・キャパシターを用いたシリーズ／パラレル併用ハイブリッド機構 ・DME燃料エンジン	・LNGミラーサイクルエンジン ・キャパシターを用いたシリーズハイブリッド機構

図2　研究開発内容（要素技術及び車両開発）

木下　昌三
NEDO
省エネルギー技術開発室　主査

No.	参加企業	トヨタ自動車	三菱総合研究所
1	調査研究項目	合成燃料のエンジン性能への影響調査	高効率クリーンエネルギー自動車関連技術動向調査
2	内容	合成燃料（合成ガソリン及び合成軽油）に関する下記の調査を行い、エンジン側からの燃料性状への要求事項及び排出ガス対策の方向を明らかにします。 ・性状、コスト、エネルギー効率、供給能力、安全性及び合成／製造技術等の調査 ・燃料サンプルの組成分析調査 ・ガソリンエンジン／ディーゼルエンジンの排出ガス分析 ・燃費・エンジン本体への影響調査	高効率クリーンエネルギー自動車に関する下記の調査を行います。 ・国内外の技術研究動向調査 ・国内外の開発普及／政策動向調査 ・クリーンエネルギーに関する調査 ・総合効率評価 ・社会的／経済的評価／分析 ・要素技術開発調査

図3　調査研究内容

㈱本田技術研究所がハイブリッドの要素技術としてフライホイールバッテリーと吸着天然ガスシステム（ANG：Absorbed natural gas system)、㈱いすゞ中央研究所と三菱ふそうトラック・バス㈱がハイブリッドトラックを、日産ディーゼル工業㈱と日野自動車㈱がハイブリッドバスを開発します。それらの高効率ハイブリッド車両の開発にあたっては、高効率エンジン、ハイブリッド機構（ハイブリッド方式、エネルギー回生システム及びエネルギー貯蔵システム等）の開発は重要です。各社が開発するハイブリッド車両のコンセプトを図４に示します。

燃費目標は基準車の２倍以上、排出ガスの低減目標は重量車新短期規制（H15〜）の超低排出ガスレベル以下を目指します（図５）。燃料は、いすゞ中央研究所がCNG、日産自動車がメタノール、日産ディーゼル工業がLNG、日野自動車がDME、本田技研がANG、三菱自動車がCNGとなっています。また、調査研究として、トヨタ自動車が合成燃料のエンジン性能への影響調査、三菱総合研究所が高効率クリーンエネルギー自動車関連技術動向調査を実施しています。

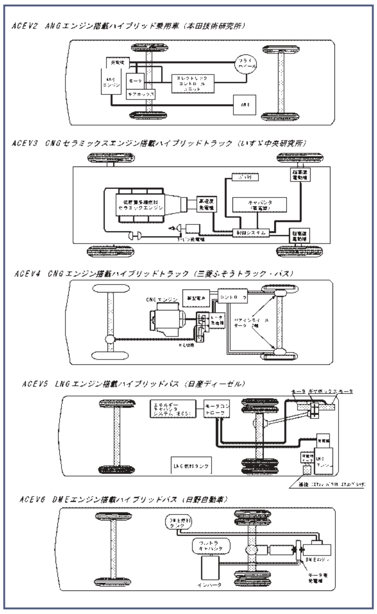


図4　ハイブリッドのコンセプト

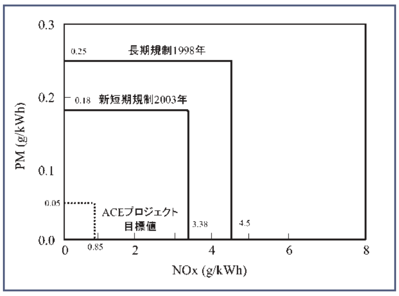


図5　排出ガス規制

4. プロジェクトの成果

プロジェクトの開発状況は、要素技術の開発およびハイブリッドバスおよびトラックの試作はほぼ終了し、総合評価（実走行による燃費性能、排ガス測定、運転性能等）をすることが今後の予定となります。そのような状況のなか、すでに開発および調査研究を終了しました２つの研究成果につきまして下記します。

（1）LNGエンジン搭載ハイブリッドバスの研究開発

日産ディーデル工業は燃費目標および超排出ガスレベルをクリヤーしたLNGエンジン搭載ハイブリッドバスを開発しました（図６）。シリーズハイブリッド方式で、エンジンにはディーゼルエンジンと同等の熱効率をもつ高効率ミラーサイクル天然ガスエンジンを、蓄電装置にはエネルギー密度が高くライフサイクルが長いキャパシターを、モータ、発電機には高効率で小型、軽量な永久磁石式同期型交流電動機を、制御系には電子制御エアーブレーキシステムおよびエネルギーフローマネージメント等高機能制御システムを開発し、車両に仕上げました。また、開発した要素技術を応用して世界で初めての蓄電装置であるスーパーパワーキャパシターを搭載した「キャパシターハイブリッドトラック」を実用化しました（図７）。エネルギー・環境改善のため、大いに寄与していくことが期待されます。

（2）合成燃料の調査研究

トヨタ自動車は、合成燃料の調査を行って、合成燃料の生産技術、成分等の情報収集を実施し、特に硫黄分が低い合成軽油（10ppm以下）については自動車用クリーンエネルギーとしての可能性を提示しました。

また、合成軽油をJIS２号軽油と比較して、低公害性を明らかにしました。この合成軽油の調査の結果から、セタン価が高いこと、着火遅れが短く失火しにくいこと、PMが少ないということがわかりました。

図6　LNGエンジン搭載ハイブリッドバス

図7　実用化されたキャパシターハイブリッドトラック

急性期リハビリテーション用ベッドサイド型下肢運動療法装置の開発・実用化

平成13年度　産学連携実用化開発補助事業
平成14年度　戦略的産業技術実用化開発補助事業

1. はじめに

少子・高齢社会の到来とともに、国民病とも呼ばれる脳卒中をはじめとする脳血管疾患患者や、人工関節置換手術の患者が増加してきており、その一方で医療・介護スタッフの不足等が深刻化しています。また、最近では、国民医療費の抑制や保険制度の抜本改革が叫ばれる中、医療の効率化が施策として掲げられ、前述の患者等のリハビリでも早期回復・早期退院が誘導されています。しかしながら、マンパワーの問題や設備等のハード面の問題から、実際の急性期医療の現場では十分なリハビリが行われていないのが現状であり、急性期病床やICU等では、患者の早期回復・早期離床のため、リハビリの専門家以外の医療スタッフが簡単で安心して使用できる、早期リハビリテーション装置の導入が期待されています。

そこで、当社では、このような社会的要請に応えるために、NEDOの平成13年度産学連携実用化開発補助金と経済産業省の平成14年度戦略的産業技術実用化開発補助金を受けて、九州大学医学部附属病院と共同で、「急性期リハビリテーション用ベッドサイド型下肢運動療法装置」（以下、急性期リハ装置という）を開発・実用化しました（図1）。これは、九州大学医学部附属病院の急性期リハビリテーション技術・ノウハウをベースとして、当社のロボット開発技術を用いて装置化し、附属病院での臨床試用を共同で繰り返して実用化したものです。以下に本装置の開発成果を述べます。

図1　急性期リハ装置の外観

なお、本装置は、平成15年2月に販売名「ベッドサイド型下肢運動療法装置　TEM LX2」として福岡県薬務課に製品届出を受理され、同3月より国内販売を開始しています。

2. 急性期リハ装置のシステム構成と仕様

本装置は、図2に示すように、移動可能な本体部にロボットアームと制御盤（内蔵）、及び操作パネルを搭載しコンパクトな構造としました。また、異なるベッド高さに対応するため電動昇降機能も装備しています。

スプリントに患者の下肢を固定し、予め入力した下腿長さ等の患者情報からロボットアーム及びスプリントの軌道と姿勢を計算し動作させることで、下肢の各関節を所望の可動範囲、関節角速度で動かすことができます。表1に主な仕様を示します。

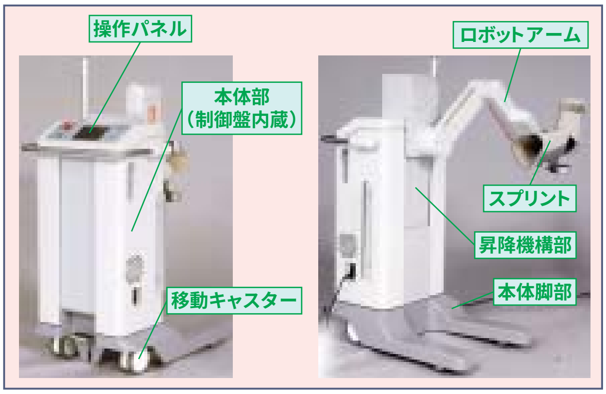


図2　急性期リハ装置のシステム構成

表1　急性期リハ装置の主な仕様

対象患者	身長	1,400 ～ 1,800 mm
	体重	80 kg 以下
寸　法		825×540×1,250 mm（奥行×幅×高さ）
本体質量		約 98 kg
電　源		AC100V　50/60 Hz
電源入力		350 VA
電撃保護形式		クラスⅠ　B形機器
表示装置		ﾀｯﾁﾊﾟﾈﾙ付 6.5 ｲﾝﾁ TFT ｶﾗｰ液晶ﾃﾞｨｽﾌﾟﾚｲ
関節可動域	股	10 ～ 100°（治療モードにより異なる）
	膝	0 ～ 140°（治療モードにより異なる）
	足	30°（背屈）～ 45°（底屈）
昇降ストローク		300 mm（適応ベッド高さ：450 mm～）

宮村　俊哉
株式会社　安川電機
ロボティクスオートメーション事業部　技術開発部

韮澤　仁
NEDO
研究開発業務部　研究業務課

3. 急性期リハ装置の主な特長

本装置は次のような特長を持っています。

（1）目的に応じた5種類の治療パターンを準備

医師・療法士が行う熟練した療法技術を再現する治療動作パターンを内蔵しており、簡単操作で画面メニュー（図３）から選択することで股・膝・足の各関節を同時に独立制御し、長時間に渡り他動運動させることができます。各パターンと期待される効果を以下に記します。

①【３関節１】

足関節の角度を維持（背屈）したまま膝関節を屈伸して、ふくらはぎ部の筋肉（腓腹筋、ヒラメ筋）をストレッチし、尖足（足先が伸びたままで固まること）を予防します。

②【３関節２】

股・膝・足の各関節を同時に動かすことで関節の拘縮を予防するほか、長時間繰り返すことによって意識障害患者の意識レベルの改善が期待できます。

③【足関節】

外傷等により股・膝関節が動かせない場合に、足関節だけを屈伸（底背屈動作）し、足関節の拘縮を予防し、血行も改善します。

④【SLR】（Straight Leg Raising）

膝関節を伸ばしたまま脚を上下させることで、下肢からの静脈還流が大きくなり、深部静脈血栓症（足やふくらはぎに血の塊が出来る症状）や肺塞栓（血の塊が肺に到達して肺動脈を閉塞して起こる肺循環障害）を予防します。

⑤【CPM】（Continuous Passive Motion）

くるぶしの高さ位置を一定に保ったまま、股・膝関節を屈伸し、人工関節置換術後の関節の可動範囲を拡げ、疼痛を軽減します。

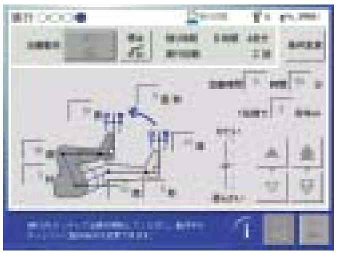


図3　治療パターンの画面メニュー（【3関節2】の例）

（2）簡単操作で楽々リハビリテーション

患者がベッドに寝たままでリハビリが出来るよう、４輪キャスター付きでベッド間や病室間の移動が簡単にできるベッドサイド型としました。また、機器に不慣れな医療スタッフでも簡単に操作ができるようメニューガイド方式を採用し、液晶パネルに表示される案内に従って画面をタッチするだけで簡単に治療を提供できます。

（3）安全で、安心して治療に使用できます

動作中にアームに触れると、タッチセンサが感知し自動停止する「挟み込み防止機能」や、患者の不随意的な動きなどに対して患者への負荷が減少するようにロボットアームが柔らかく動作する「過負荷防止機能」など、患者の立場で安全、安心を提供します。

4. 急性期リハ装置の臨床評価

本装置の治療効果の検証として、本装置の想定対象疾患に対する最適な治療動作パターンの研究、及び患者への臨床適用を実施しました。その結果、ICU・一般病床で用いる最適な治療動作パターンを導出するとともに、臨床適用により筋萎縮の予防や意識レベルの改善など一部に効果の可能性が示唆されました。図４に治療動作パターンの研究の実施状況を、図５に患者への臨床適用の実施状況をそれぞれ示します。

図4　治療動作パターンの研究の実施状況

図5　患者への臨床適用の実施状況

5. おわりに

以上、本装置の開発成果についてご紹介しました。今後さらに、最近の診療報酬改定による急性期医療強化やリハビリテーション機能整備等の政策誘導を追い風に、より医療現場スタッフの受容性の高い、前例のない新規性を有する画期的な運動療法装置としての事業化・企業化への展開を図ります。

最後に、本装置の実用化にあたり、お力添えをいただいた九州大学医学部附属病院救急部およびリハビリテーション部の医師、療法士の先生方に深謝いたします。

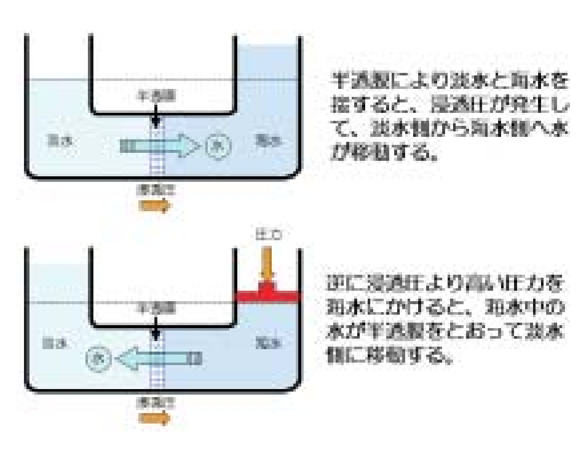
オマーン国における海水淡水化研究協力に感謝状

NEDOは平成13年度より、オマーンにおいて同国の最大研究機関であるスルタンカブース大学と海水淡水化システムに関する研究協力事業を実施しています。その活動に対し、本年５月にオマーン国王が同大学を訪問した際に開催された式典において同大学学長より感謝状が贈られました。

中東に位置するオマーンは我国にとって重要な原油供給国のひとつです。オマーンでは、他の中東諸国と同様に、水資源が非常に限られており、上質の水資源を確保することが、この国を支える石油産業をはじめとする産業の発展にとって最も重要な問題となっています。

現在、実用化されている海水淡水化技術としては、主に蒸発法と逆浸透膜法があります。蒸発法は文字どおり海水を蒸発させて真水を得る方法です。一方、逆浸透膜法は水は通すが塩分を通さない「半透膜」という特殊な膜を中心に、片側に淡水、もう片側に海水をおいて、海水側に圧力をかけることにより、海水中の水が淡水側に半透膜を通して移動していく現象を使って、淡水化する方法です。中東地域は今まで電力とセットで供給できる蒸発法が主流でした。しかし、蒸発法はエネルギーを大量に消費するため、最近では逆浸透膜法も徐々に普及しつつあります。今回の研究協力もこの逆浸透膜法をベースとしたプラントを使っています。

しかし、逆浸透膜法は油分など汚濁物質があると、膜の表面に汚濁物質が付着し使用できなくなる等の問題があります。オマーンの面しているオマーン湾はペルシャ湾へ出入りするタンカーの通り道になっており、油分の海洋投棄や石油掘削の油濁排水などによる海洋汚染が問題化しています。



逆浸透膜法の原理

以上のような背景から、油分汚濁のある場合にも安定的に運転の出来る海水淡水化システムについてスルタンカブース大学に研究協力を実施することとなりました。この研究協力は同システムの有効性を実機ベースで実証し、中東諸国への普及を図っていくという意味合いがあります。さらに、このシステムで採用されている日本の膜技術のアピールも出来るものと期待されます。

研究協力は平成13年度より　造水促進センターに助成金を交付し、同財団がスルタンカブース大学工学部と実施しています。平成14年の７月には海水淡水化実証プラントが完成し、８月から実証運転に入りました。平成16年度まで実証運転を続け、油分除去に関する検討や、最適運転条件の把握など研究を進めていく予定です。

この研究協力はまだ実施途上ですが、オマーン国内でも注目されており、オマーンと日本の友好関係を維持・発展するための「水のとりもつ縁」として大きな成果があがるものと期待されています。

本件に関する問合せ先
NEDO国際協力部　TEL：03-3987-9466

海水淡水化実証プラント実験施設

逆浸透膜法海水淡水化実証プラント

「国際エネルギー機関(IEA)太陽光発電システム国際会議2003」の開催結果

国際エネルギー機関（IEA）太陽光発電システム国際会議は、５月19日、20日の両日にわたりIEA／PVPS（太陽光発電システムプログラム実施協定）執行委員会と新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の共同主催により大阪で開催されました。IEA加盟国間ではIEA／PVPSの発足後10年間にわたり国際協力が行われてきましたが、本会議はこの10周年の機会に、この重要な国際協力プログラムの成果を紹介するとともに、太陽光発電システム市場の持続的成長と拡大のために必要となる今後の方策について討論を行う目的で開かれたものです。IEA／PVPS加盟国のみならず、初めて非加盟国代表の参加も得て、24ヶ国から296名の出席者により成功裡のうちに終了しました。

オープニングでは、高市経済産業副大臣、ハウグIEAエネルギー効率・技術局長からの来賓挨拶、ホスト国として牧野新エネルギー・産業技術総合開発機構理事長の歓迎挨拶、稲盛京セラ名誉会長の「太陽光発電の普及には地球環境との共生を可能とする社会への変革が大前提」を内容とした基調講演がありました。

その後のセッションでは、政策機関と産業界の双方から太陽光発電の今後についての視点が提示・議論され、また世界市場の多くを占める日・米・欧の産業界の将来ビジョンと目標達成のためのロードマップが示されました。アジアの国々からは太陽光発電システムの市場導入に関する現状や今後の課題が示されました。これに続くセッションでは、IEAと国際金融公社（IFC）及びクリーン開発メカニズム（CDM）のような国際機関の枠組みにおける太陽光発電の可能性が取り上げられました。IEAハウグ局長からは太陽光発電市場は急速に成長しているが、今後他の再生可能エネルギー技術との競争も進み、さらなる産業の成長にむけ勝ち残るための新たな挑戦が必要になるとのメッセージが出されました。

また、太陽光発電の継続的な普及を支援するため、最も重要な分野として分散型系統連系への展開と、発展途上国の村落電化等が取り上げられ、技術的・非技術的課題の解決が、今後必要な国際協力として確認されました。

本会議は、今後の太陽光発電の普及拡大に関する主要な課題を取り上げ、議論を行う貴重な機会となりましたが、これらの意見、提案は、５月21日、22日に開催されたIEA／PVPS執行委員会において提示され、今後のIEA／PVPSプログラムの戦略と活動に取り入れられることとなりました。

本件に関する問合せ先
NEDO太陽・風力技術開発室　TEL：03-3987-9421

オープニング・セッション

ラウンドテーブディスカッション

高市経済産業副大臣

牧野理事長

ハウグIEAエネルギー効率･技術局長

稲盛名誉会長

ノワック議長

橋本議長

◆イベント情報

開催日	件　名	開催地	問合先（TEL）
8月（予定）	第１回九州地域新エネルギー環境政策講座	福岡県内	029-411-7904： 九州支部開発業務部振興課
8月（予定）	九州地域新エネルギー導入交流プラザ	宮崎県内	029-411-7904： 九州支部開発業務部振興課
8月1～3日	環境広場さっぽろ	札幌市	011-281-3355 北海道支部振興課
8月5日	近畿バイオマスシンポジウム	大阪国際会議場	06-6945-4555 関西支部開発業務部振興課
8月6日	～産業人のための～新エネルギー講座開講	大江ビル13階会議室 （大阪市中央区）	06-6945-4555 関西支部開発業務部振興課
8月19日	分かり易いセミナー＆CCT教職員見学会	ウェルシティ徳島厚生年金会館 橘湾発電所	06-6945-4575 関西支部計画部計画課
8月21日	～産業人のための～新エネルギー講座開講	大江ビル13階会議室 （大阪市中央区）	06-6945-4555 関西支部開発業務部振興課
8月26日	CCT親子見学会	高砂火力発電所 （兵庫県高砂市）	06-6945-4575 関西支部計画部計画課
9月（予定）	９月５日（石炭の日） 「クリーン・コール・デー」関連イベント	未定	092-411-7833： 九州支部開発業務部調査課
9月（予定）	９月５日（石炭の日） 「クリーン・コール・デー」関連イベント	未定	011-281-3355： 北海道支部振興課
9月（予定）	新エネルギーと地球環境を考えるセミナー	福岡県内	029-411-7904： 九州支部開発業務部振興課
9月（予定）	新エネルギー全国合同施設研修会	未定（大阪市内）	06-6945-4555 関西支部開発業務部振興課
9月上旬	地域新エネルギー導入促進シンポジウム	札幌市内	011-281-3355： 北海道支部振興課
9月3日	CLEAN COAL DAY in JAPAN 2003 国際講演会	第一ホテル東京（東京都港区） （予定）	03-3987-9442： クリーン・コール・デー実行委員会 NEDOエネルギー・環境技術開発室
9月4日	CLEAN COAL DAY in JAPAN 2003 石炭利用国際会議	第一ホテル東京（東京都港区） （予定）	03-3987-9442： クリーン・コール・デー実行委員会 NEDOエネルギー・環境技術開発室
9月11日	～産業人のための～新エネルギー講座開講	大江ビル13階会議室 （大阪市中央区）	06-6945-4555 関西支部開発業務部振興課
10月（予定）	第３回九州福祉用具フォーラム2003	熊本市内（予定）	092-411-7833： 九州支部開発業務部調査課
10月（予定）	九州地域新エネルギー導入フォーラム	福岡県内	029-411-7904： 九州支部開発業務部振興課
10月1日	福祉用具の日 あったら便利な夢の福祉用具アイデア募集!! 募集期間；平成15年6月1日（日）～7月31日（木）		03-3987-9353 健康福祉技術開発室
10月22日～24日	実用化開発助成事業成果展示会2003 in OSAKA	インテックス大阪 （大阪市住之江区南港北）	03-3987-9326 研究開発業務部研究業務課
10月22日～24日	NEDOかんさいフォーラム2003PLUS	インテックス大阪 （大阪市住之江区南港北）	06-6945-4575 関西支部計画部計画課
11月（予定）	第２回九州地域新エネルギー環境政策講座	福岡県内	029-411-7904： 九州支部開発業務部振興課
11月4日～7日	実用化開発助成事業成果展示会2003 in Tokyo	東京ビッグサイト （東京都江東区有明）	03-3987-9326 研究開発業務部研究業務課
11月5日～7日	びわ湖環境ビジネスメッセ2003	滋賀県長浜ドーム	06-6945-4575 関西支部計画部計画課
11月6～7日	第17回北海道技術ビジネス交流会	札幌市 アクセス札幌	011-281-3355 北海道支部振興課
11月13～15日	P.P.C2003第５回西日本国際福祉機器展　出展	西日本総合展示場　本館 （北九州市小倉　JR小倉駅前）	092-411-7833： 九州支部開発業務部調査課
12月11～13日	エコプロダクツ展	東京ビッグサイト （東京都江東区有明）	03-3832-7085 産業環境管理協会調査企画部 03-3987-9369 NEDO環境調和型技術開発室

『Focus NEDO』は、産業・環境技術・新エネルギー・省エネルギー分野におけるNEDOの事業と成果を紹介する広報誌です。

NEDOは**新エネルギー・産業技術総合開発機構**の略称です。

Focus NEDO Vol.3 第10号（平成15年7月31日発行）
発行所：新エネルギー・産業技術総合開発機構
〒170-6028　東京都豊島区東池袋3丁目1番1号　サンシャイン60　28階
TEL：03-3987-9313　FAX：03-5992-2290
発行人：新エネルギー・産業技術総合開発機構 総務部 広報室長　佐々木　正
印　刷：ホクエツ印刷株式会社

R100 古紙配合率100%再生紙を使用しています