

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

FOCUS

NEDO

創刊号
新エネルギー・産業技術総合開発機構

New Energy and industrial technology Development Organization



特集

広範な科学技術の基盤を支える
ナノテクノロジー・材料技術
..... 1

CLOSE UP

成果報告

- [1] 材料関連プロジェクトの最近の成果
..... 5
- [2] フォトン計測・加工技術プロジェクト
..... 7
- [3] 「臨床応用に向けた体内埋込み型人工心臓システム」
動物実験で連続使用3ヶ月相当を達成
..... 11
- [4] ヒューマンメディアの研究開発
..... 13
- [5] フレキシブル有機ELディスプレイ
..... 15
- [6] 球状シリコンマイクロソーラセルの開発
..... 17
- [7] 色別回収を必要としない
着色ガラスびんの新製造方法の開発
..... 19
- [8] 地熱井掘削時坑底情報検知システムの開発
..... 21

RESULT & REPORT

情報発信

- [1] イベント・分科会情報
- [2] 公募情報
..... 23

INFORMATION

広範な科学技術の基盤を支える ナノテクノロジー・材料技術

1 科学技術基本計画における位置付け

科学技術基本計画(平成13年3月30日閣議決定)において、「広範な分野に大きな波及効果を及ぼす基盤であり、我が国が優勢であるナノテクノロジー・材料分野」は、優先的に研究開発資源を配分することとされる重点4分野の一つとして位置付けられています。また、本分野の特徴は、

他の重要3分野(ライフサイエンス分野、情報通信分野及び環境分野)を含め、広範な科学技術分野の飛躍的な発展の基盤を支える重要分野であるとともに、特にナノテクノロジーは、21世紀においてあらゆる科学技術の基幹をなすものとして期待されるとされています。

表1 ナノテクノロジープログラムの内、材料関連の
プロジェクト名と研究開発期間

ナノマテリアル・プロセス技術(サブプログラム)	
精密高分子技術	平成13～19年度(一部平成12年度補正予算)
ナノガラス技術	平成13～17年度(一部平成12年度補正予算)
ナノメタル技術	平成13～17年度
ナノ粒子の合成と機能化技術	平成13～17年度
ナノコーティング技術	平成13～17年度
ナノ機能合成技術	平成13～17年度(一部平成12年度補正予算)
ナノ計測基盤技	平成13～19年度
材料技術の知識の構造化	平成13～19年度
ナノカーボン技術	平成14～18年度
炭素系高機能材料技術	平成10～14年度
ナノ加工・計測技術(サブプログラム)	
ナノ機能粒子のカプセル成形技術	平成14～18年度
3Dナノメートル評価用標準物質創成技術	平成14～17年度
ナノレベル電子セラミックス材料低温形成・集積化技術	平成14～18年度
次世代量子ビーム利用ナノ加工プロセス技術	平成14～18年度

表2 革新的部材産業創出プログラム関連のプロジェクト名と研究開発期間

精密部材成形用材料創製・加工プロセス技術	平成14～18年度
省エネ型金属材料(金属ガラス)成形加工技術	平成14～18年度
高効率マイクロ化学プロセス技術	平成14～18年度
シナジーセラミックス	平成6～15年度
次世代半導体デバイス用高密度化実装部材のための基盤技術開発	平成13～17年度

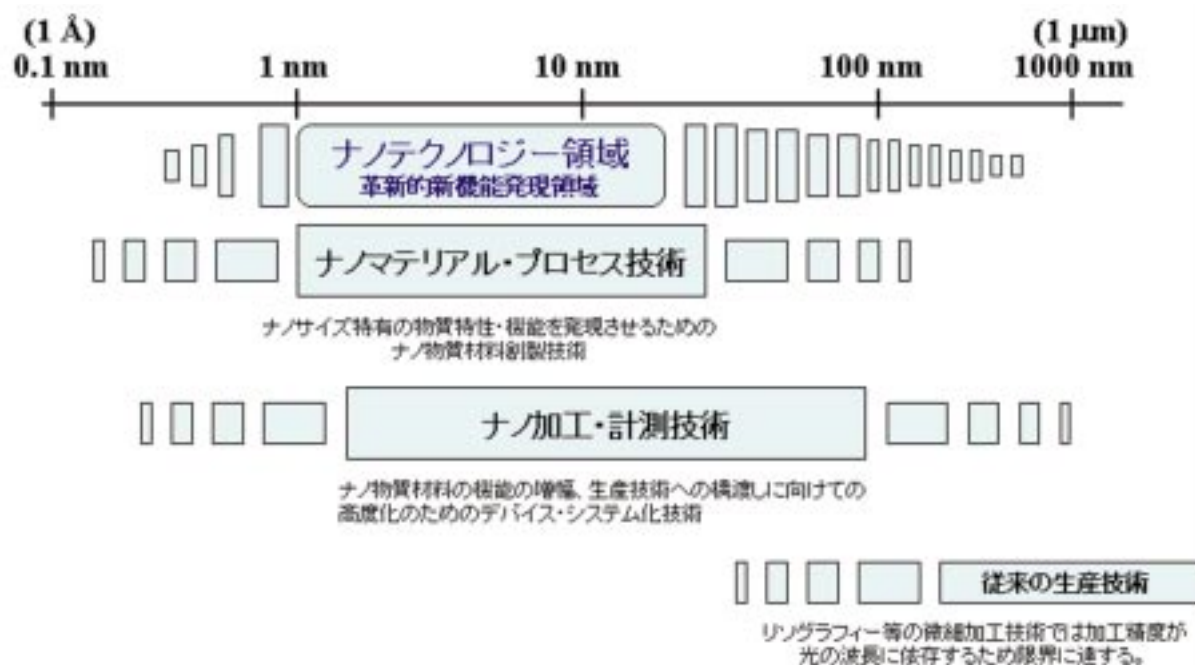


図1 ナノテクノロジー及び従来技術のスケールレベルでの対比
(ナノ加工・計測技術ワークショップ講演資料より)

2 経済産業省における研究開発プログラム

経済産業省においては、平成13年度より「材料ナノテクノロジー」プログラムとして8プロジェクトを立ち上げました。14年度には、「ナノテクノロジー」プログラムとして一層の充実を図り、材料関連では、13年度に開始した材料ナノテクノロジー8プロジェクトに新たに「ナノカーボン」プロジェクトを加えて「ナノ材料・プロセス技術」として再編し、また、「ナノ加工・計測技術」に係る4プロジェクトを立ち上げる予定です(表1参照)。また、材料技術分野においては、「革新的部材産業創出」プログラムを開始する予定です(表2参照)。

ナノテクノロジーは、ナノメートルオーダーで原子・分子を操作・制御すること等により、ナノサイズ特有の物質特性を利用して新しい機能を発現させる技術です。ナノ材料・プロセス技術及びナノ加工・計測技術で対象とする中心的なスケールを図1に示します。なお、ナノ加工・計測技術は、ナノ物質材料の機能の増幅、生産技術への橋渡しのためのデバイス・システム化技術であり、革新的部材産業創出プログラムにおける技術開発とも強い関連を持っています。

ナノサイズ特有の物質特性を引き出すためには、量子

効果のほかにも、サイズの効果(物質をナノメートルまで小さくすることで、比表面積の増大や体積の減少により反応活性・選択性の著しい向上や極低消費エネルギー等として具現化される効果)あるいは、規則性の効果(ナノスケールで原子や分子が規則正しく配列することで、平均化されていた物質特性が際立って発現し機能が著しく増大する効果)を利用することが必要です。

3 材料ナノテクノロジープログラムの概要

13年度に開始した材料ナノテクノロジーの8プロジェクト(概要は表3参照)に関しては、13年3月16日～5月9日に委託希望者を公募し、提案書の審査を経て委託先を決定しました。表4にあるように、8プロジェクトの参加(集中研への出向、共同研究、再委託を含む)組織の延べ数は、民間企業80、大学68、その他(独立行政法人、財団法人等)18に上ります。

各プロジェクトにおいて効率的な研究開発を推進するために、研究実施機関により研究体を構成し、研究開発の責任者としてプロジェクトリーダーを定め、また、可能な限り集中研究場所に集結して研究開発を実施しています(表5参照)。プロジェクトリーダーは、優れた知見に基づき研究開発内容をリードしていくことが期待されています(図2参照)。

表3 プロジェクトの概要

プロジェクト名	プロジェクト概要
精密高分子技術	有機高分子材料の性能・機能の飛躍的高度化及び環境調和化を目指し、高分子の一次及び高次構造を精密に制御する技術の基盤を構築すること
ナノガラス技術	原子・分子レベル(1nm以下)の電子状態等の構造評価と制御技術の開発、光の波長の1/10以下である1~数十nmレベルの超微粒子や異質相をガラス中に分散させる構造制御技術の開発、異質相をガラス中に規則的に配列してその構造により新たな機能を発現させる技術の開発、並びに光回路に適した低損失の導波路用ガラス材料等の開発
ナノメタル技術	金属材料の組成、組織を超精密・超微細に制御することで機械的特性(強度、延性等)・機能的特性(耐食性、電気・磁気特性等)を飛躍的に向上させること
ナノ粒子の合成と機能化技術	ナノ構造の創製やナノ機能の発現に重要なナノ粒子の合成技術及びナノ粒子への機能付加プロセス技術等の基盤を構築すること
ナノコーティング技術	高効率ナノコーティングプロセス技術の開発、理論や計算機援用を駆使したナノコーティングの構造の設計・制御技術の開発、並びに、その機能やパフォーマンスのナノからマクロにわたる迅速で超精密な評価技術の開発
ナノ機能合成技術	ナノスケールにおける構造と機能との相関を明らかにすることにより、電子・スピン機能及び分子機能を設計・合成する技術を確立すること
ナノ計測基盤技術	材料ナノテクノロジープログラムで実施されるプロジェクトに共通な超微細・高精度な計測基盤技術を構築するとともに、新たな標準物質を開発すること
材料技術の知識の構造化	材料種を限定せずに、プロセス・構造・機能及びそれらの連関という観点から、データベース及びモデリング、並びに、これらを実装したプラットフォームの開発を行うことによって、材料技術の知識を構造化し、材料開発の基盤として利用できるように構築すること

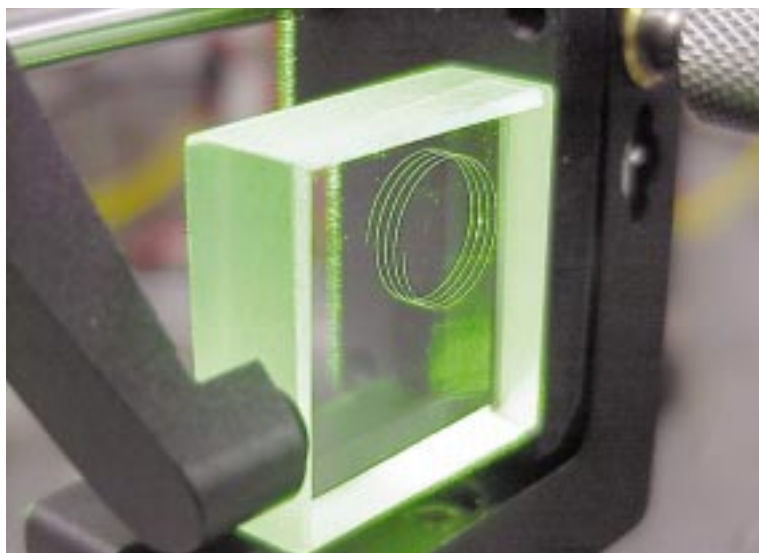
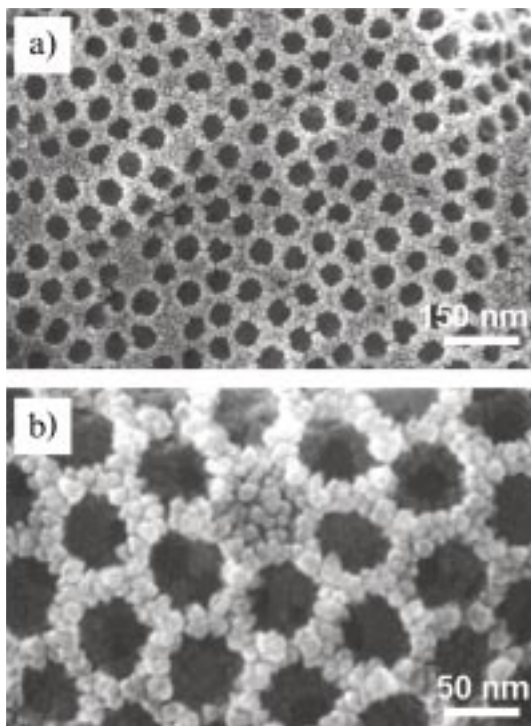
表4 提案と採用状況

プロジェクト名	提案数	採択数	研究実施者の組織別内訳		
			企業	大学	その他
精密高分子技術	12	5	28	18	2
ナノガラス技術	5	2	11	6	3
ナノメタル技術	4	2	17	10	3
ナノ粒子の合成と機能化技術	9	3	12	11	1
ナノコーティング技術	5	2	6	5	4
ナノ機能合成技術	6	3	5	5	1
ナノ計測基盤技術	1	1	0	0	2
材料技術の知識の構造化	3	2	1	13	2
	45	20	80	68	18

表5 プロジェクトリーダー及び主な研究実施場所

プロジェクト名	プロジェクトリーダー	主な研究実施場所
精密高分子技術	産総研高分子基盤技術センター 中浜精一 センター長	産総研高分子基盤技術センター
ナノガラス技術	京都大学 平尾一之 教授	筑波研究コンソーシアム 産総研(関西センター)
ナノメタル技術	東北大学 井上明久 教授	東北大学 九州大学 東京工業大学
ナノ粒子の合成と機能化技術	広島大学 奥山喜久夫 教授	広島大学 東京大学
ナノコーティング技術	東京大学 吉田豊信 教授	東京大学 産総研
ナノ機能合成技術	産総研ナノテクノロジー研究部門 横山浩 部門長	産総研ナノテクノロジー研究部門
ナノ計測基盤技術	産総研計量標準研究部門 田中充 副部門長	産総研計量標準研究部門 ファインセラミックスセンター
材料技術の知識の構造化	東京大学 小宮山宏 教授	東京大学

産総研は独立行政法人産業技術総合研究所の略



フェムト秒レーザーによりガラス内部に形成した光導波路(京都大学平尾教授提供)

自己組織化によりシリカ表面に形成される規則的空間(広島大学奥山教授提供)
a)低倍率 b)高倍率

図2 プロジェクトリーダーの有する技術的知見の一例

4 材料ナノテクノロジープログラムの運営

材料ナノテクノロジープログラムの運営管理を担う新材料・プロセス技術開発室は、特に次の3点に留意しています。

(1) 企業化の推進

研究開発によって生み出される成果の企業化・実用化を推進します。そのために、次の2項目を委託先をお願いします。

プロジェクト第3年度終了時点までに、研究開発目標の一部の特性あるいは機能を有する物質あるいは材料について、少なくとも1点を試用に供する段階まで作製すること。

プロジェクトの参加者は、他の参加者の有する特許、ノウハウ等に関して、実施許諾を求める話し合いができること。

(2) 情報発信の推進

ナノテクノロジーの推進には広範な分野の交流・融合が必要です。また、企業化・実用化のためには材料の開発者とユーザーとの情報交換が必要です。そのために、次の3項目を推進します。

ホームページ及びメーリングリスト等の開設を通じて、随時情報を公開します。メーリングリストについては約300名登録されています。

ナノテクノロジー・材料技術シンポジウムを継続的

に開催し、成果を公開するとともに、皆様からの意見を伺います。なお、第1回材料・ナノテクノロジーシンポジウムは、副題を材料技術の知識の構造化を目指してとし、13年12月12日に経団連ホールで開催し、約400名の方々に参加いただきました。

国際的にも人的ネットワークを構築し、情報交換、人的交流を進めます。

(3) プログラム全体としての運営、プロジェクト間の連携

材料ナノテクノロジープログラムの目標達成のために、プログラム全体としての運営に留意するとともに、プロジェクト間の連携を推進します。

岸輝雄物質・材料研究機構理事長を座長とし、プロジェクトリーダーを委員とする、材料ナノテクノロジープログラム技術検討会を設置し、プログラムの研究開発実施に関し検討します。

山口由岐夫東京大学教授を座長とし、各プロジェクトからの2名ずつをメンバーとする、知識の構造化連絡会において、個別プロジェクトの実施に関して情報を交換し、取り組み方等を討議し、プログラム横断的な知識の構造化の円滑な推進を図ります。

本記事の内容につきましては 下記宛てまでお問い合わせください。
NEDO 新材料プロセス技術開発室
佐藤 satoyst@nedo.go.jp

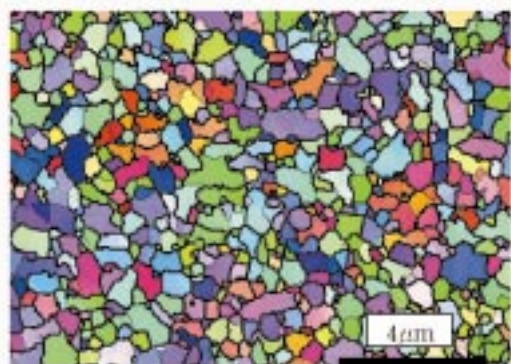
材料関連プロジェクトの最近の成果

材料関連プロジェクトの最近の成果として、優れた特性を有する材料開発、新たな計算科学技術の開発及び研究開発の知識・技術の普及に関連するいくつかの例を示します。成果を広く知らせることにより、ユーザーと研究開発実施者との情報交換を進め、研究開発成果の実用化を推進したいと考えております。

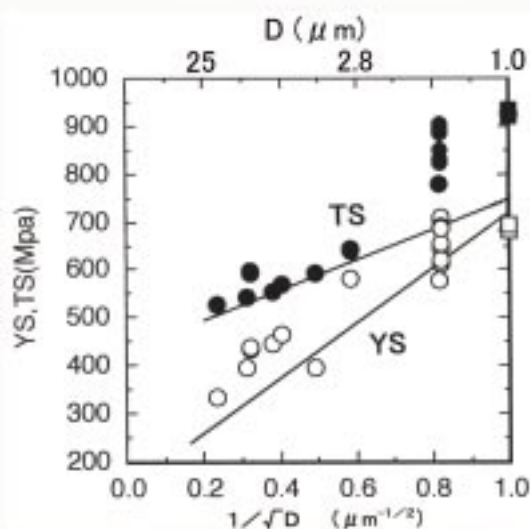
1. 優れた特性を有する開発材料の例

「スーパーメタル」プロジェクトは、平成9年度から5年間実施され13年度が最終年度です。このプロジェクトの研究テーマの一つである「鉄系メソスコピック組織制御材料創製技術」では、1回の圧下量が50%以上という大歪加工を基本技術として、実験室圧延機を用いた大規模試験により、合金元素を増加することなく、板厚が5mm、板幅が100mm以上で、ほぼ1 μm の結晶粒径を有する超微細結晶を有する鋼を創製することに成功しました。結晶の

微細化により900MPa級まで引張強度を達成するとともに、強度・延性バランス、靱性、疲労特性など優れた特性を有することを確認しています(図1参照)。また、研究テーマ「アルミニウム系メソスコピック組織制御材料創製技術」では、溶湯圧延並びに組織制御と歪蓄積のための冷間圧延と急速加熱焼鈍後工程を組み合わせ、微細結晶粒組織を持つ板材を製造するプロセスを開発し、約3 μm の微細結晶粒を有する、幅200mm以上、板厚1mmのAl-Mg-Mn合金コイル材の製造に成功しました(図2参照)。本



(a) 組織写真



(b) 粒径微細化による強度の向上



(a) 組織写真



(b) コイル外観

図1 微細結晶を有する鋼の創製

図2 微細結晶を有するアルミニウム材の創製

合金は、アルミニウム5052合金(2.5%Mg)に2~2.5%のMnを添加しており、5052合金と比較して、耐力が1.6~1.8倍に向上し、耐応力腐食割れ性でも優れています。

なお、以上2つの研究テーマは(財)金属系材料研究開発センターに委託して実施しています。

材料開発のもう一例は、「炭素系高機能材料技術」プロジェクト(平成10年度~14年度)における、ダイヤモンドによるエミッタアレイの創製技術です。フィールドエミッションディスプレイへの応用を想定して、単結晶ダイヤモンド薄膜表面に、エミッタを想定した尖鋭形状のダイヤモンド錐(10 μ m間隔)を加工する技術を開発しました(図3参照)。低電力消費、軽量、薄型のフィールドエミッションディスプレイは、今後の情報化進展での重要な装置の一つであり、いくつかの方式の開発が鎔を削っている段階ですが、この技術も有望な候補です。なお、このプロジェクトは(財)ファインセラミックスセンターに委託して実施しています。

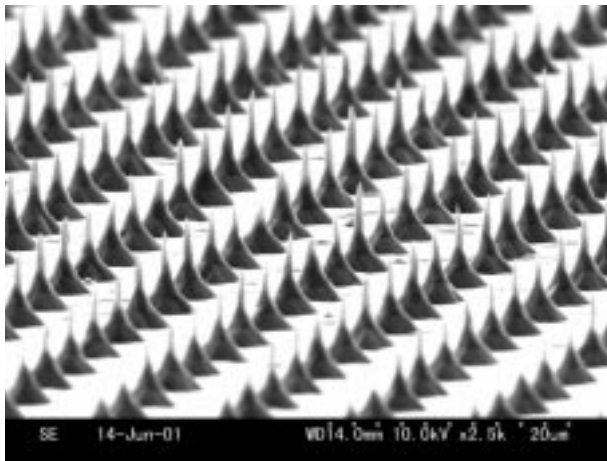


図3 単結晶ダイヤモンド薄膜表面に10 μ m間隔で配列したダイヤモンド錐観

2. 計算科学技術開発の例

「高機能材料設計プラットフォーム」プロジェクト(平成10年度~13年度)は、(財)化学技術戦略推進機構に委託して実施しています。名古屋大学土井正男教授をプロジェクトリーダーとして、(財)化学技術戦略推進機構に出向した企業研究員が、名古屋大学内に設置した集中研究場所に集結して、大学研究員とともに技術開発を行う体制を取っています。高分子材料を対象として、分子レベルから通常使用する材料スケールまでを自由に行き来しながら、それぞれのレベルでの構造や特性をシミュレーションする統合環境である材料設計プラットフォームを開発

しており、プロトタイプを参加企業で試用してユーザー意見を反映した改良を進めています。システム全体(OCTA)は、各スケールに対応するシミュレーションエンジン(スケールの小さい順にCOGNAC、PASTA、SUSHI、MUFFIN)とシミュレーションプラットフォーム(GOURMET)から構成され、プロジェクト終了後の本年4月に、一般にも公開する予定です。

3. 研究開発の知識・技術の普及例

冒頭にも述べましたが、研究開発成果の実用化にはユーザーとの情報交換が必要であり、材料開発の場合はその必要性は顕著です。したがって、研究開発と同時に成果普及も重要な業務です。

「シナジーセラミックス」プロジェクト(平成6年度~15年度)は、ファインセラミックス技術研究組合に委託して実施していますが、第一期(平成6年度~10年度)の研究開発成果を、282頁の書籍「シナジーセラミックス - 機能共生の指針と材料創成 -」(新エネルギー・産業技術総合開発機構監修、シナジーセラミックス研究体編、発行所技報堂出版、平成12年3月)として出版しています。また、特許データに関しても、(社)日本ファインセラミックス協会の協力を得て、「シナジーセラミックスの研究開発(第一期)における普及用特許データシート集」として冊子として作製・配布しています。

もう一例、前年度に終了した「ケイ素系高分子材料」においては、研究テーマ毎に成果と担当者連絡先をA4版1枚ずつに記載して取り纏めたパンフレット「ケイ素系高分子材料 - 研究開発の成果 -」を作成し配布しています。プロジェクトとしては終了しましたが、参加企業は今後の実用化に引き続き検討しています。

以上、材料関連プロジェクトの最近の成果の例を、優れた特性を有する材料開発、新たな計算科学技術の開発及び研究開発の知識・技術の普及に分類して示しました。今後とも、成果の実用化・企業化の推進を図ってまいります。

本記事の内容につきましては、下記宛てまでお問い合わせください。
NEDO 新材料プロセス技術開発室
佐藤 satoyst@nedo.go.jp

フoton計測・加工技術プロジェクト

高性能レーザー加工・計測で製造業の革新を目指す

1. プロジェクトの背景

レーザーが発明されてから今日まで40年間におけるレーザー技術の進展はめざましく、また近年は周辺機器やソフトウェアの高度化も進んだ結果、各種レーザー装置並びにレーザー利用の加工・計測・通信・医療技術等の高度化と各方面への普及は急激に進んでいます。1970年代から工業技術院が実施した一連のレーザー関連研究開発プロジェクトも、このような進歩と普及に貢献したといえます。

わが国の高度経済成長の基となり、今世紀の持続的発展を支えるであろう製造業では、高品質・低コスト・短納期が厳しく求められていますが、レーザー加工は、材料に非接触で局所的に高精度な加工ができるという、切削加工等にはない特徴を活かして、切断・穴あけ・溶接からリソグラフィーやアニールまでさまざまな加工に使われ、ものづくりを支えるツールの一つとしてすでに重要な位置を占めています。一方、レーザー計測の採用は、製造業のみならず広範な産業における各種用途に急速に広がっています。

しかし、製造業にも強く求められる省エネルギー・省資源・低公害・リサイクル等、環境調和を含む観点で従来のレーザー装置を見ると、炭酸ガスレーザーではファイバーでの導光ができず、効率が約10%と高くなく、ランプ励起YAGレーザーでは効率が3~4%と極めて低く、ランプの寿命も短い、エキシマレーザーでは腐食性ガスを使うため付帯設備が大きく、高価であるなど、技術的改善の余地が大きいのが実状です。したがって、高性能・高効率レーザー装置の開発と、それをを用いた高度な加工技術、計測技術の確立が、製造プロセスや製造コストの大幅な改善、製品の生産性や信頼性、エネルギー利用効率の一層の向上につながり、今後の製造業に大きな変革をもたらすことは明らかです。

そこで、近年注目を集めていたのが、レーザーダイオード(LD)励起のYAGレーザーです。出力、効率、LDの寿命、ビーム品質のいずれも不十分あるいは未知で、LD自体も非常に高価でしたが、研究開発によって高出力化実現の可能性が高く、また効率は20%程度(ランプ励起の5~7倍)になって省エネ効果が大きく、LD寿命は10,000時間程度(ランプの10~20倍)でメンテナンスコストが大幅減と

なり、装置も小寸法になるなど、多くの利点が考えられたからです。そして、これらが実現すれば、将来はランプ励起YAGレーザーに取って換わるだけでなく、切断や穴あけ等現在炭酸ガスレーザーが使われている加工、さらにはスポット溶接やシーム溶接が使われている用途など、多方面で利用される可能性が高く、市場規模も急速に伸びると予測されていました。

このような状況から、工業技術院が平成9年度に高出力、高効率、高品質、低コストのフoton(レーザー)発生技術、並びにそれをを用いる高度な加工技術・計測技術に関する「フoton計測・加工技術」プロジェクトを開始し、NEDOが実施してきました。

2. プロジェクトの内容

2.1 研究開発テーマと体制

本プロジェクトでは「フoton発生技術」、「フoton応用加工技術」、「フoton応用計測技術」の3技術分野から、重点的に研究開発を行うべき6テーマを取り上げています。発生技術では「高出力完全固体化レーザー」と「高集光完全固体化レーザー」、加工技術では「マクロ加工」と「ミクロ加工」、計測技術では「in-situ状態計測」と「非破壊組成計測」です。各テーマには数値を含む目標が決められています。いずれもプロジェクト開始時点での技術レベルから見てかなり高く、リスクの大きい課題に果敢にチャレンジするという観点で決められたものです。また、プロジェクト開始後にさらに自主目標や年次目標を設定したテーマもいくつかあります。

NEDOから本プロジェクトの委託を受けた(財)製造科学技術センターでは、実施推進母体としてフotonセンターを設置し、同センター会員の民間企業13社・1大学に再委託する形で研究開発を進めてきました。工業技術院傘下の4研究所(昨年独立行政法人産業技術総合研究所として統合)も一部を分担し、また多くの会員企業が大学等と共同研究を行っており、産学官連携の研究開発プロジェクトであるといえます。

同センターでは、委員会等を介して研究開発の進捗状況や成果の定期的な把握、国内外における関連技術動向の調査等を行うとともに、NEDOに設置された推進委員会の了承も得つつ、研究開発の促進に努めてきました。

2.2 進捗状況と成果

本プロジェクトは平成9年8月末に委託契約が結ばれて開始され、本年3月末の終了まで残りわずかとなりましたが、各テーマともスタートダッシュ良く研究開発を進めた結果、今日まで順調に進捗して世界初・世界トップレベルの成果が数多く出ており、すでに目標を達成したテーマもあります。以下ではそれらの概略を紹介します。

(1) フォトン発生技術

「高出力完全固体化レーザー技術」では、各種加工用ツールとして利用できる、レーザーダイオード(LD)励起の高出力・高効率のYAGレーザー装置の開発が目標です。レーザー発振媒体のYAG結晶がロッド(円柱)状とスラブ(板)状の2方式について、平均出力10kW以上、発振効率(電気・光変換効率)20%以上、レーザーヘッド体積0.05m³以下を最終目標値として競争的に開発をした結果、両方式ともに毎年度の目標出力値を順調に達成し、最終年度に入りました。

ロッド方式では、YAG結晶の周囲にLDスタックを配置した独自設計の高効率な励起モジュール(図1)を6段直列に連結した共振器構成で、今年度上期に平均出力と電気・光変換効率の目標値を超え、ついで小型モジュールを製作した結果、平均出力12kW、変換効率23%、レーザーヘッド体積0.045m³と最終目標をすべて達成しました(図2)。現在、波形制御方式の確立、ビーム品質向上策の検討等、実用化への展開を図っています。

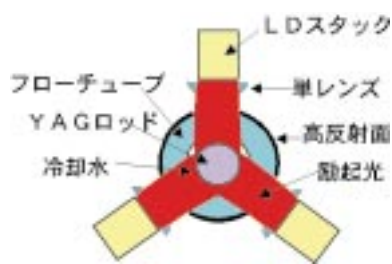


図1 ロッド方式の励起モジュール

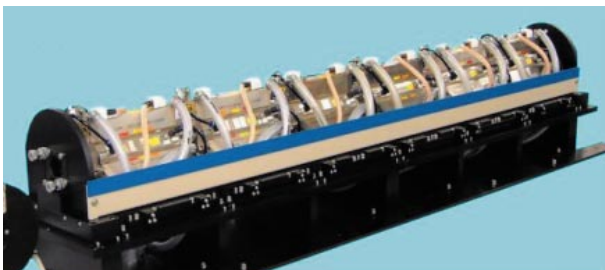


図2 ロッド方式の10kWレーザーヘッド

一方スラブ方式では、独特の設計の励起光閉じ込め方でLDスタックからの光をYAG結晶の両側面に入れる熱レンズ低減型4方向励起ヘッド(図3)を開発して、平均出

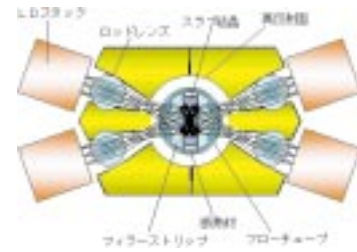


図3 スラブ方式の4方向励起ヘッド

力5.2kW、変換効率20.7%を達成し、かなり良いビーム品質を確認しています。現在、2台の励起ヘッドからの出力を合成させて10kWを達成する段階へと進んでいます。

「高集光完全固体化レーザー技術」では、精密・高精度加工用ツールとして利用できる、伝送系を経て加工対象物上の直径50μmの微小領域に集光可能な、平均出力1kW以上、電気・光変換効率20%以上の小型完全固体化レーザー装置を開発することが目標で、2方式の開発を行っています。一つはわが国独自の発想に基づく、これまでなかった構造体ファイバーレーザーであり、もう一つは集光用ウェッジレンズとロッド状YAG結晶を組み合わせた高エネルギーパルス型レーザーです。前者には、ファイバーレーザーの励起に必要な1cm当たり平均出力が60W以上、電気・光変換効率50%以上の高出力・高輝度LDの開発も含まれており、一方後者には、発生させた高エネルギーパルス・高品質レーザービームを基本波とし、2倍・4倍高調波を発生させるための波長変換技術の開発も含まれています。

構造体ファイバーレーザーでは、コア径90μm、一辺200μmの矩形断面の石英ファイバーを作製し、これを巻いて外径220mm、厚さ200μmの円盤状の構造体にして周辺からLDで励起する方式(図4)を開発し、この構造体を3台連結して出力(ピーク)1kWを得ています。また、励起用の高出力・高輝度LDについても、アルミニウムを含まない高強度結晶の活性層を持ち、噴流水冷の高効率冷却方式を採用したLDを開発して、1cmバー当たり平均出力80W以上、ピーク出力200W以上、変換効率50%以上と目標値を上回る数値を達成し、構造体ファイバーレーザーの励起用に供給しています(図5)。

一方、高エネルギーパルス・高品質レーザーでは、平均出力320W、電気・光変換効率28%を有する励起モジュール(図6)を開発し、これを2台直列に連結しYAGロッドの熱変形を互いに打ち消し合うように構成して、平均出力500W、電気・光変換効率20%のレーザービームを直径50μmのスポットに集光することに成功し、その後4台連結して平均出力1kW、変換効率23%、集光径50μm以下を同時に実現して、目標値を達成しました(図7)。

波長変換技術に関しては、新しいアイデアに基づく攪拌式結晶育成炉でレーザー損傷耐力の高い波長変換用結晶を作製する技術を開発し、難加工材であるこの結晶を高精度切断および超精密低湿度研磨加工した後、防湿パッケージして波長変換素子に組み上げる技術を完成させ、グリーンレーザー光(波長532nm)から出力23Wの紫外レーザー光(波長266nm)への変換に成功し、また出力20W超の安定動作(約100時間)を実証して、実用化の可能性が高いことを示しました。

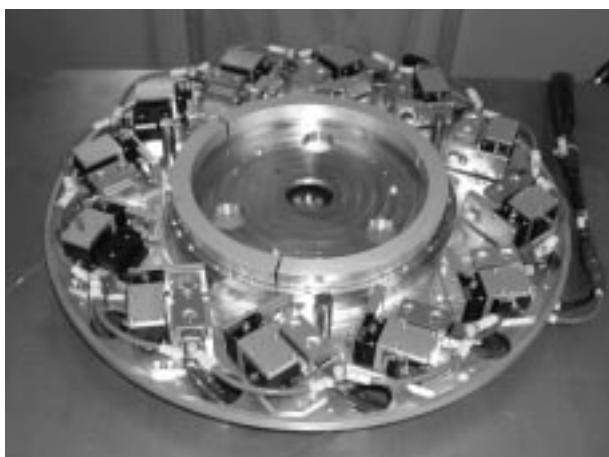


図4 構造体型ファイバーレーザー



図5 ファイバーレーザー励起用LDモジュール

(2) フォトン応用加工技術

レーザー加工はマクロからミクロまで、また非常に広範囲の産業分野での利用が可能です。本プロジェクトでは、かなり大きい市場規模が見込まれるが実用化段階までは達していないレーザー加工の中から、マクロ加工として金属厚板のレーザー溶接、ミクロ加工として超微粒子の生成・堆積による量子機能微小構造体の作製を選び、これら2テーマに絞って研究開発を行っています。

「マクロ加工」では、鉄鋼板で板厚30mm、アルミニウム合金板で20mmの厚板を、高いアスペクト比(板厚/溶接幅)、毎分1m以上の速度で、母材と同等以上の強度を持つように、高信頼性でレーザー溶接する技術を確立するのが目標です。これを実現するために、レーザー溶接現象の解明、インプロセスモニタリングの確立、欠陥防止のための最適溶接条件の解明、制御手法の開発などを

行い、各種センサーで溶接状況をリアルタイムモニタリングし、予測制御技術を適用して最適条件でレーザー溶接するシステムの開発へと進んできました。

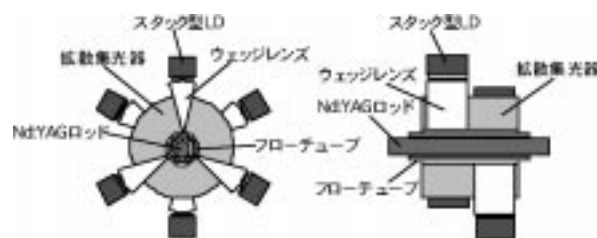


図6 高集光用励起モジュールの構成



図7 高集光用1kWレーザー発振器

これまでに、YAGレーザーとよう素レーザー(波長がYAGとほぼ同じ)の出力を合成して得られたビーム(16kW)により、板厚20mmのステンレス鋼を毎分0.8mで溶接することに成功しており、また板厚30mmについては両面からの溶接ながら毎分1mの速度で良好な溶接結果を得ています(図8)。一方、高反射材であるため溶接が難しいアルミニウムに関しては、板厚20mmのレーザー溶接まで実験しており、YAGレーザーと紫外レーザーのハイブリッド溶接により溶け込み深さが約5%増加することも確認できました。溶接部の強度確認試験もすでに実施しており、総合評価の段階に入っています。

「ミクロ加工」では、レーザーを用いて粒径10nm以下の粒径制御されたSiの超微粒子を生成し、堆積させて発光等電光変換機能を有する量子ドット構造デバイスを作製する技術と、同じく粒径20~50nmの高融点金属の超微粒子を生成し、堆積させて電気抵抗・容量可変等の機能を有する微細配線・回路を作製する技術を開発するのが目標です。

高純度な超微粒子の生成技術と、生成した超微粒子を目標値である幾何標準偏差1.2以下にするための分級技術はすでに確立しており、昨年度からは超微粒子を集積・堆積させて、所要の機能を有する素子等を作製する段階にきています。Siの超微粒子では、パルスレーザーによる超微粒子と透明導電体の2元堆積プロセスを構築して、

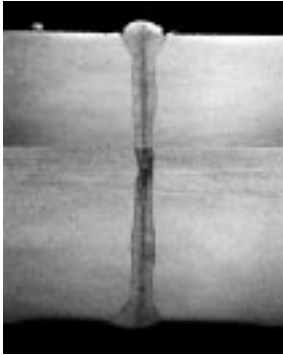


図8 板厚30mm鋼板の溶接断面

2元堆積させたものの構造・光学特性を調べて発光を確認しており、他方、高融点金属の超微粒子では、2種類(NiとCr)の超微粒子の混合・複合化による抵抗体の作製、微細配線の直接描画(図9)等を行って、作製した素子や配線の特性・機能を評価しています。

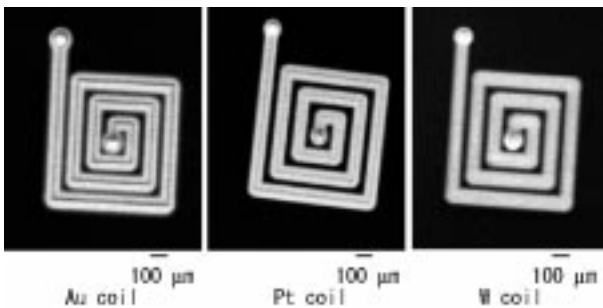


図9 直接描画によるマイクロコイルの例

(3) フォトン応用計測技術

レーザーを用いた計測技術にも非常に多くの種類及び用途がありますが、加工技術と同様に、市場規模はかなり大きいが実用化段階までは達していない技術として、in-situ状態計測と非破壊組成計測の2テーマを選定して、研究開発を実施しています。

「in-situ状態計測」の赤外吸収によるガス濃度計測では、昨年度中に可視 $\sim 3\mu\text{m}$ の波長範囲で検出可能な量子型赤外検出器の開発に成功し、計測システムも完成させたので、最終の計測実験に取り掛かっています。一方、LIB(レーザーブレイクダウン)による微粒子の粒径・成分元素計測では、粒径 $30\sim 40\text{nm}$ の粒子の原子発光の計測に成功しており、最終システムの完成も間近です。形状計測では、白色レーザーを用いたヘテロダイン干渉計を開発し、精度 40nm の形状計測に成功しています。また、高温物体の高分解能温度計測を実現するための、量子効果を利用した高感度波面補償素子の開発では、昨年度までに試作した素子をシステムに組み込んで温度計測を行い、外乱による影響を補償する性能を有することを確認しました。

「非破壊組成計測」では、高密度短波長フォトン(X線)を用いた内部透過計測装置を製作し、高精度3次元DT像

を撮影して、空間分解能 $1\mu\text{m}$ 以上の欠陥測定が可能であることを確認しました。光電子分光技術では、飛行時間型光電子分光装置を製作し、波長 3.37nm までの軟X線光源を完成し、空間分解能 $0.3\mu\text{m}$ を達成しています。さらに、蛍光X線分析による不純物検出のため、バルクのアルミニウム単結晶を使用した超伝導X線検出素子を開発し、システムに組み込んでいます。

このように、計測技術ではいずれも各要素技術の設計製作を完了しており、現在計測システムに組み上げて、実際に計測を行って感度、精度を評価し、最終目標達成の確認あるいは達成に向けた最後の改良を行っている段階です。

なお、総合調査研究として、フォトン計測・加工技術に関連する国内外の技術動向、将来の市場性、産業界に及ぼすインパクト・波及効果等についてこれまで調査を実施してきており、本プロジェクトの成果が近い将来に実用化され、新規産業の創出や既存産業の高度化・活性化につながることを期しています。

3. 今後の展開

本プロジェクトでは、上記のように、世界トップレベルの成果が数多く出ており、すでに最終目標を達成した、あるいは達成までもう少しという段階に達しています。残りわずかな期間ですが、全テーマでの最終目標達成に向けて最後の努力を続けている状況です。

これまでの成果は、学協会、国際会議、シンポジウム、新聞雑誌等で公表してきており、かなりの数の特許出願にも結びついています。本プロジェクトの成果には、国内外の各方面から大きな関心が寄せられており、プロジェクト終了後できるだけ早期に実用化、さらに普及へと結びついて、製造業の再活性化や革新、新規産業の創出につながるよう期待されています。

なお、諸外国でもレーザー技術の重要性・将来性は十分に認識しており、本プロジェクトとほぼ同時期に多くの予算を投入して産官学連携で広範囲にわたる研究開発を行っています。製品化に近い技術開発やデータベースの蓄積、教育にも非常に力を注いでおり、ユーザー産業の熱意も非常に高い状況です。

本プロジェクトの成果を諸外国に負けないように早期に実用化するためには、もう一段階の開発も必要であると思われます。産学官の関係各位の一層のご支援とご鞭撻をお願いする次第です。

フォトンセンターの諸活動等については、ホームページ <http://www.photon.mstc.or.jp> に記載していますので、ぜひご覧下さい。

「臨床応用に向けた体内埋込み型人工心臓システム」 動物実験で連続使用3ヶ月相当を達成

要 旨

本プロジェクトで開発を進めているシステムは、機能不全に陥った心臓を切除し、2個の血液ポンプで肺および体循環を代行する全置換人工心臓システムと、心臓は残して、2個の血液ポンプで左右心の循環を補助し、全身循環を維持する両心補助人工心臓システムの2種類あります。今回の第1回動物実験では、拍動流型全置換人工心臓システムと連続流型両心補助人工心臓システムにおいて、連続使用日数で各々86日と90日を達成しました。これにより人工心臓の実用化について、十分な期待が持てることを確認できました。

1. プロジェクトの概要

本プロジェクトでは、全置換人工心臓システムおよび両心補助人工心臓システムにおいて、研究完了時の目標を「各8例3ヶ月以上の動物実験を行うこと」(FDA：米国食品医薬局の要求値)としています。

平成13年度は研究2年目にあたり、まだシステムの改良途中ではありますが、今回の第1回動物実験の結果、目標数値をほぼ達成できたことにより、システム完成度の高さが証明できました。

今回の第1回動物実験では子牛を用い、心臓ポンプ部分のみ体内に埋込んだもので行いました。今後は心臓ポンプ以外の部分(バッテリー、制御装置等)も体内に埋込みを行うとともに、実験数を増やしていく計画です。

なおこの研究は、研究委託先である(株)アイシン・コスモス研究所・国立循環器病センター、東京理科大学と(株)ミワテック、ソフトロニクス(株)・ペイラー医科大学(米国)により達成されたものです。

2. プロジェクトの背景

心疾患は先進諸国における主要な死亡原因の一つであり、わが国でも悪性腫瘍、脳血管疾患とともに三大死亡原因の一因を構成しています。重症心不全患者では、心臓移植しか有効な治療手段がない場合も多く、欧米では年間3,000例以上の心臓移植が行われていますが、実際にはその10倍以上の待機患者がいると言われています。

国内でも1997年の移植法成立により法的に脳死移植が可能となりましたが、提供臓器の不足および小児・高齢患者への適応の制限もあり移植で救命される患者数はごく僅かです。

このため、小柄な患者にも適用でき、移植待機患者のブリッジとしての利用あるいは重症心不全患者の社会復帰に資することができる長期使用可能な体内埋込み型人工心臓システムの開発が囑望されています。

本研究開発では、耐久性、生体適合性および安全性の向上を図り、長期使用可能な完全体内埋込み型人工心臓の開発を目指しています。動物実験で3ヶ月の生存をコンスタントに達成するとともに、2年以上の耐久性を確保することを目標としました。

3. プロジェクトの内容

全置換人工心臓システムは拍動流型であり油圧駆動方式を採用しました。心臓を摘出したあとの、容積の限られた胸腔内には血液ポンプのみを配置し、腹部に駆動機構を配置することにより体重50～60kg程度の標準的な日本人に埋込みが可能なシステムとしています。油圧ポンプを正逆転する事により、左右の血液ポンプを交互に駆動する方式とし、その駆動機構としては摩擦ポンプを、血液ポンプにはダイヤフラム型を採用しました。

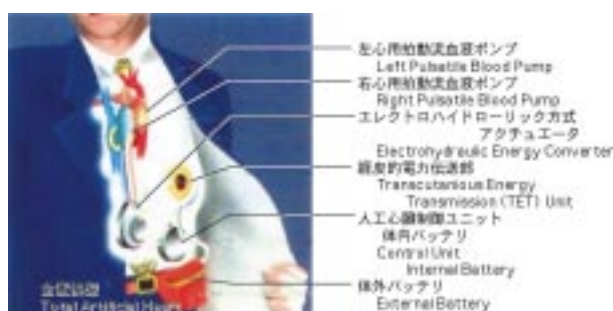


図1 全置換型システム

両心補助心臓システムは遠心ポンプを採用した連続流人工心臓です。2つの小型遠心ポンプを横隔膜下に埋め込むため、小柄な日本人女性にも埋め込みが可能です。ハウジングとダブルピボットベアリングで支えられたインペラからなり、底面に装着した駆動装置がインペラを駆動します。回転数に応じてインペラが浮上することによりピボットベアリングの発熱を低減し抗血栓性にも有利な構造としました。

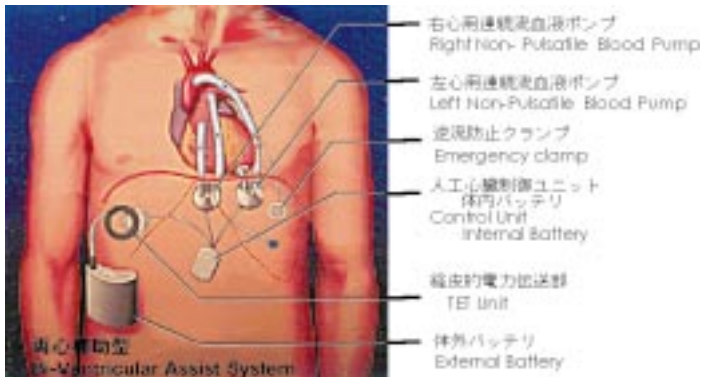


図2 両心補助型システム

4. これまでの成果

全置換人工心臓システムでは安静時や軽い運動時などの生体の変化に対応できる制御機構を開発するため、生体が必要とする血液量を検知するセンサーと、それに応じ拍出流量を変化させる制御方法の開発を行っています。このため体内に埋め込んだ状態で長期間安定して動作するセンサーとして、絶対圧センサーや超音波センサー、光を用いた血液酸素飽和度センサーなどを血液ポンプに組み込み動物実験による評価を行っています。また摩擦ポンプの小型化、効率向上を図った改良を進めており、重量580g、5L/min吐出時のシステム効率15.0%を達成しています。この他、皮膚を貫通する電線を使用せず非接触で電力を体内に供給する経皮的エネルギー伝送システム、経皮的情報伝送システム、体内二次電池などは、個々に動物実験評価を進めています。

血液ポンプと摩擦ポンプからなる拍動流型ポンプシステムの仔牛を用いた動物実験では約3ヶ月(86日)の生存を、空気圧駆動による血液ポンプ単体の動物実験では189日の生存を達成し、システムの有効性と抗血栓性を確認しています。



図3 拍動流型ポンプシステム(血液ポンプ及び摩擦ポンプ)

両心補助心臓システムでは2つの小型遠心ポンプを横隔膜下に埋め込み、左心、右心系の両心補助を行います。制御は小型の埋め込み型コントローラーにて行い、心室

壁吸引や急激な負荷変動(動脈圧、静脈圧の変化)に対応して適切な流量が維持されるよう自動的に調節を行います。また、緊急の際の手動による流量制御、さらにポンプが緊急停止した際のポンプを介しての大動脈左心室逆流停止と併せ、手動でのポンプの駆動、停止が可能です。これらの外部よりのフィードバックシグナル、内部よりの情報シグナル、及び電力の供給は経皮的エネルギー情報伝達装置で行い、小型体内二次電池と組み合わせた完全埋め込み型のトータルシステムです。



図4 連続流型ポンプ

チタン合金製ポンプの大きさは53×65×65mmで小柄な日本人女性にも使用が可能です。インペラ回転軸と軸受け間に0.6mmのクリアランスを設定し、インペラの回転数に依存してインペラ自体が浮き上がる構造として血栓形成防止効果を得ています。また局所的な発熱が低減され、インペラ下ベアリング周囲の血栓形成を抑えることが出来ました。ベアリングの耐久性向上についても現在検証中です。

このポンプの仔牛を用いた動物実験では、左心補助実験で最高283日間の生存、両心補助実験では最大90日間の生存を達成しており、実験結果からも優れた抗血栓性を確認しました。

5. 今後の研究開発

全置換型システム、両心補助型システムともに今後も安定して長期生存を達成できるようにシステムの改良を行い、動物実験評価を続けていくとともに、耐久性、安全性を確認するための耐久試験を開始し、システムの完成を目指していきます。

ヒューマンメディアの研究開発

我が国オリジナルのコンセプトに基づく人間中心のメディア技術

プロジェクトの背景

近い将来訪れる高度情報化社会では、増加・氾濫する情報を適切に処理することが求められています。

本プロジェクトは、我が国オリジナルのコンセプトに基づく人間中心のメディア技術に関するものであり、欧米に遅れていると云われるソフトウェア分野において国際競争力を有する技術確立するという観点から国の政策として推進する必要性がありました。

人間中心の新しい情報環境の実現には、知識メディア、感性メディア、仮想メディアの3つの要素技術の高度化とそれらの融合方法に関して、それぞれブレークスルーが必要であり、個別企業での研究開発ばかりでなく、国家プロジェクトとしての長期的な視点に立った研究が不可欠でした。



図1 全体像

プロジェクト内容

情報機器・ネットワーク・機械など広義の情報システムと人間との間で、人間の視点に立って情報処理するための基盤技術確立することを目指しました。(研究開発期間：平成8年度 - 12年度)

具体的には、知識メディア技術、感性メディア技術、仮想メディア技術の3つの要素技術の高度化と融合化の基盤の確立を目的に、研究開発を進める手法として、各メディア技術を内包し、かつそれぞれの技術の特徴がでる以下の3つの具体的な実問題をとりあげ研究開発を行いました。

(1)次世代プラント

プラントのような複雑なシステムと利用者(運転員)の間の情報提示やプラント状況の把握に関するヒューマンインタフェース技術の研究開発を行いました。

目標

大規模かつ複雑化する情報環境を理解・納得して快適・安全に接するため、運転に必要な情報を、統合的、直感的に、素早く、的確に把握できるような次世代のプラント運転インタフェースの要素技術、及びプラントインタフェースのミドルウェアとなる基盤技術の開発。

(2)感性工房

利用者の主観的な情報の判断や表現方法にマッチした情報機器や情報サービスへのアクセス機能、インタラクション機能、結果表示機能等を提供する技術の研究開発を行いました。

目標

デザイナーの意図や消費者の嗜好を反映した工業デザインを容易にするために、個々の利用者の価値観や嗜好などの主観的・感性的な違いに対応して個人の自立と創造力の発揮を支援できるような情報システム、及びそのための感性基盤技術の開発。

(3)都市環境

都市街区、構造物のような大規模、多様な空間を仮想的に共同設計し、多人数で体験評価できる技術の研究開発を行いました。

目標

文化的な差異や多様性を前提にした共感に基づく協調・協創可能な社会のため、都市街区の設計・評価を複数の異なる分野の専門家が協調設計出来る技術、及び仮想都市を多人数が同時に体験可能な技術の開発。

プロジェクト成果

(1)次世代プラント

これまでのプラント監視システムでは、障害時には障害データそのものを提示するだけで、その意味の解釈はすべて運転員に任されてきました。

本システムでは、プラントを構成する各機器の機能やその関係をプラントの知識としてオントロジー技術を用

いてDB化し、障害発生時にその知識に基づき原因を推定する、また、過去の運転データを事例として蓄積することで、同じ障害の発生時には過去の対応策を提示するといった、システムが能動的に運転員をサポートする機能を開発しました。また、各種情報の提示においても、情報の重要度などに応じて、提示の仕方を時々刻々最適に表示するといった手法を開発しました。

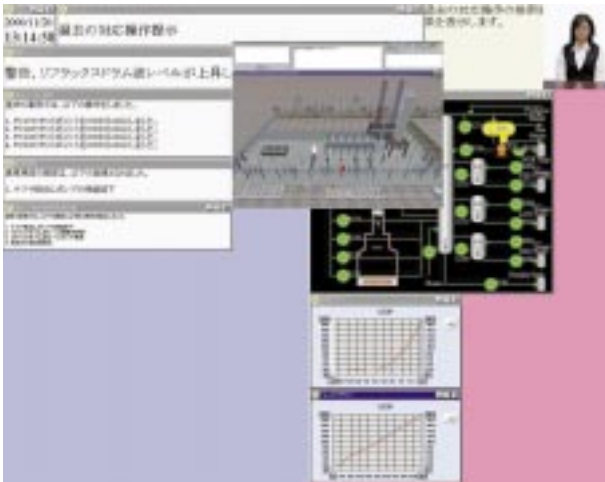


図2 次世代プラント 大画面表示

(2)感性工房

私たちは部屋の模様替えをするとき、例えば「落ち着いた部屋にしたい」といった希望をデザイナーに伝えて、部屋の壁紙などの選択を依頼します。

この「落ち着いた」といった感性表現を、コンピュータでどのように処理するか、またある絵を示してこれと似たような絵を探してほしいといった要求をどのように処理するかといった仕組みを開発しました。また、同じ「落ち着いた」といっても、人によってその意味するところは、微妙に変化します。そういった個々の人の感性に応じて、選択対象を変化させる機能も開発しました。



図3 感性工房感性検索の例

以上の機能に関連して、元になるデータの品質を高めるために、暗くつぶれて細部が判断できないカラー画像の明暗や色彩コントラストを調整してきれいな画像に変換する技術も開発しました。

(3)都市環境

6.8mの大型ドームに建築物を実寸大で立体表示することで、複数の人たちが一緒にその建築物の評価を行えるシステムを開発しました。そのデータはネットワークで結ばれて遠く離れたところの人とも一緒に検討評価も行える仕組みも開発しました。

さらに、その建物の周辺にある既存の建物をビデオで撮影した映像から、立体モデルを自動的に復元する仕組みを開発し、そのデータもあわせて表示することで、周辺環境との調和も評価できるようになりました。

さらに、地下街で火災が発生し煙が立ち込める中で安全に避難できるか体験できる仕組みや、建物周辺の風の状況を人の髪の毛の揺れや、傘にかかる力を体験することで誰にでもわかりやすく理解できる仕組みも開発しました。



図4 都市環境 6.8m大型ドームでの等身大スケールの体験

参加メンバー

- ・プロジェクトリーダー：東京大学 原島博
- (1) 次世代プラント
 - ・大阪大学（溝口理一郎）岡山大学、石川島播磨重工業(株)、三菱電機(株)、日石三菱（株）
- (2) 感性工房
 - ・電子技術総合研究所（加藤俊一*1）凸版印刷(株)、オムロン(株)、株式会社総合研究所 *1 現：中央大学
- (3) 都市環境
 - ・奈良先端科学技術大学院大学（竹村治雄*2）東京工業大学、松下電工(株)、(株)大林組 *2 現：大阪大学
- (4) 調査WG
 - ・早稲田大学（橋本周司）ほか

<http://oje.tokyo.image-lab.or.jp/hm/>

フレキシブル有機ELディスプレイ

ここでは、平成11年度「マッチング・ファンド方式による産学連携研究開発事業（大学研究成果推進事業）」で採択されたプロジェクトの中で、短期的な実用化に繋がる顕著な研究成果を上げた事例を紹介します。本事業は、大学等の研究技術シーズを産業界での実用化・事業化に資することを目的に、所管官庁の異なるNEDOと日本学術振興会（JSPS）が、共同で公募・選定し、NEDOが企業等に、JSPSが大学等に研究開発を委託するといったこれまでにない画期的な方式で実施されております。全国各地の企業・大学の研究連携体から489件の応募があり、その中から優秀なプロジェクト33件が採択され、特許出願が30件行われるなど、実用化に向けた大きな研究成果を上げております。

1 はじめに

有機ELディスプレイは、自発光タイプのディスプレイであり、視野角が広い、コントラストが高い、応答速度が速い等、既存の液晶表示装置を大きく上回る特長を持つことから、次世代の表示デバイスとして、大きな期待を集めています。また、有機EL素子は基板上にサブミクロン厚の有機薄膜を2つの電極で挟みこんだシンプルな構造ですので、その特徴を生かしてプラスチック基板を用いると、巻物の様なフレキシブルな表示デバイスにすることも可能です。

尚、本プロジェクトは、山形大学の城戸助教授の基礎研究成果を基に、先生のご指導を得て、山形大学・バイオニア（株）・大日本印刷（株）の3機関で研究開発が進められたものです。

2 高品質ディスプレイ形成技術の開発

山形大学の材料・成膜・素子構造の基礎技術を基に、低分子型有機EL材料の蒸着技術をベースとして、高品質なフレキシブル有機ELディスプレイ形成技術の開発を行いました。

有機EL材料は水分や酸素に非常に弱いため、単にプラスチック基板上に有機EL素子を作製しても、基板を通して水分等が有機材料に悪影響を及ぼし、非発光エリアがどんどん拡大してしまいます。水分等のガスは図1に示すように基板側から浸入するものと、素子側から浸入するものがあります。素子側から浸入する水分等のバリア膜（保護膜）に関して、以前、我々はプラズマCVD法を用いて窒化シリコン膜を成膜する手法を開発しておりました。しかし、茶褐色に着色しており、透明性の面で不十分でした。また、液晶用のディスプレイで実用化されている酸化シリコン膜では、光透過性は問題ないものの水分遮断性が不足しておりバリア膜としては不適でした。そこで我々は、窒化シリコンと酸化シリコン双方のメリットを持たせ得る窒化酸化シリコンに着目し検討しましたところ、窒素酸素比率が凡そ40%から80%の組

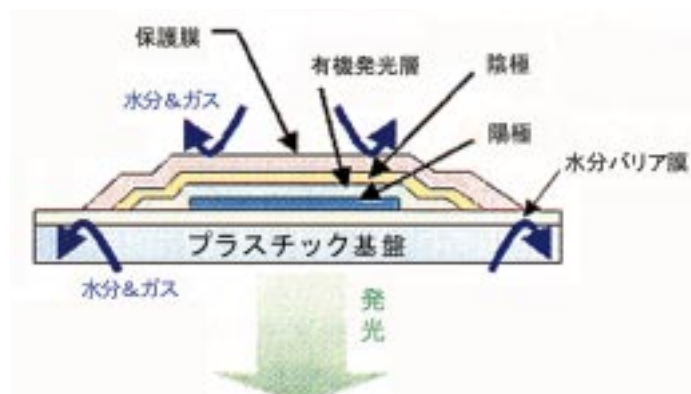


図1 フレキシブル有機EL素子の構造

成比の窒化酸化シリコン膜において、光学透過率と水分バリア性の双方を満足するという結果を得ました。これらのバリア膜を用いて、図2に示すような有機ELフィルムディスプレイを作製いたしました。このディスプレイは厚さ0.2mm、重量1g（ICを含む）という非常に薄型であると同時に、曲面表示も可能なデバイスですので、ディスプレイの応用範囲を大きく広げる事が可能となりました。



図2 有機ELフィルムディスプレイ

3 印刷法フレキシブル有機ELの開発

山形大学城戸助教授のご指導のもと、印刷技術をベースに、大量安価なディスプレイ開発を目指して高分子有機EL材料を印刷でフレキシブル基板に形成する方法を開発しました。

高分子EL材料はウェットコーティングが可能であるため、印刷プロセス用にインキの適正化、印刷版の改良、印刷条件等の検討を行い、グラビア印刷という雑誌と同じ方式で有機ELを印刷することに成功しました。この技術を用い、図3に示すような緑・赤の2色のエリアカラーディスプレイを作製いたしました。

赤・緑・青3色の発光材料を100 μ m間隔で塗り分ける

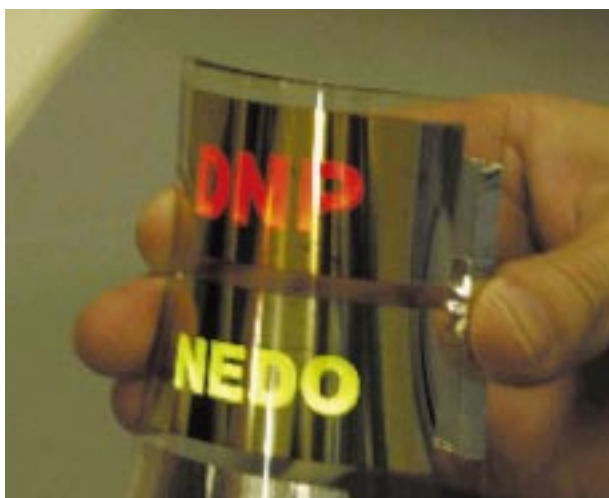


図3 印刷法エリアカラー有機EL

手法も確立しており、フルカラー化にも対応可能です。

有機ELにダメージを与える水蒸気や酸素の侵入を遮断する高バリアフィルムは当社がこれまで培ってきたパッケージ用バリアフィルムの技術を応用して開発しました。作製したディスプレイはバリアフィルムで高分子有機EL層を挟み込んだ構造をしており、厚さ0.25mmです。図4に示しますように、丸めても壊れにくく、薄型・軽量のフレキシブルディスプレイとして各種アプリケーションへの展開が見込まれます。

今回、印刷技術を用いて有機ELディスプレイを作製する基礎技術を開発した事により、大気下でロール・ツー・ロールでフレキシブル有機ELを製造するプロセスの可能性が示され、将来、コストを低減させるとともに大型サイズへの対応も期待できるようになりました。今後はバリアフィルム基材や有機ELインキなどの性能をさらに向上させるとともに、量産技術を確認してまいります。



図4 フレキシブル有機EL

4 おわりに

本プロジェクトを実施したことにより、フレキシブル有機ELディスプレイの基礎開発に多大な成果があっただけでなく、従来の携帯電話やモバイル以外にも、ウェアディスプレイや電子POP、ディスプレイ付カード等新規のアプリケーションへの道を拓くことができました。図5にメディアファッション2001というファッションショーで展示されたウェアラブルディスプレイの写真を示します。

尚、パイオニア㈱、大日本印刷㈱の両社とも、本プロジェクトの成果をもとに、2003年度を目途に、事業化に取り組んでいるところです。



図5 有機ELウェアラブルディスプレイ

球状シリコンマイクロソーラセルの開発

1. はじめに

今世紀は、化石エネルギー消費の増加により資源の枯渇と地球の自然環境悪化が心配されております。そんな中で尽きることなく降り注ぐ太陽エネルギーを利用した太陽光発電は、資源枯渇の心配がなくクリーンで自然環境にやさしいエネルギーであり人類がもっと積極的に利用を図るべき新エネルギーです。しかし、太陽電池を利用した太陽光発電システムは発電が日中に限られることや、まだ発電コストが火力や原子力発電に比べ数倍高いとされ、大量普及までに解決すべき課題があります。

その中で、弊社では、NEDOの産業技術実用化開発助成金を受けて太陽電池セル及びモジュールの高効率化とコストの更なる低減に向けて球状マイクロソーラセルの実用化研究に取り組んでおります。

この球状マイクロソーラセルの実用化には、従来にならぬ新しいコンセプトに基づいた太陽電池構造と製造法が取り入れられております。以下にその新型太陽電池としての球状マイクロソーラセルを紹介します。

2. 高効率化の新しいコンセプト - 球状マイクロソーラセル

球状マイクロソーラセルは、直径が1～2mm程度の小さなシリコン単結晶を用いて作ります。これを用いてシリコンの表面から1ミクロンメートル程度の深さまで不純物を拡散して球面状のpn接合を形成し、そのpとnの表面に対向した1対の電極を設けてセルを作ります。図1にその球状マイクロソーラセルの基本構造を示します。光起電力はpn接合とその近傍で光を吸収して発生します。シリコンの球面に合わせて球面状のpn接合があり球の中心を挟んでpとnの各表面に小さな対向電極を設けてあるため、光に対する指向性が非常に少なく周囲のあらゆる方向から来る直射、反射、散乱光を3次元でとらえ効率よく電気に変換します。この一粒の球状マイクロソーラセルからは、昼間の強い太陽光のもとで0.5ボルト以上の起電力を発生し、500～600マイクロワットの電氣的出力が得られます。球状マイクロソーラセルは、受光面がほぼ球面全体に及ぶため、周囲の光を3次元で捉えることが出来ます。光電変換効率の測定に当たって、均一な強度の光が全表面に入射させるように行くと、同じ直径の従来の片面受光形の太陽電池と比べると理論上では4倍の光入力が取込め、それだけ大きな電氣的出力が得られることに

なります。

実際の使用状態では、太陽光の直射方向は常に変化しますので、指向性が少ないマイクロソーラセルは、太陽直射光の方向が変わっても出力の変動が少なく、パッケージによる集採光作用を用いることによってより大きな光電変換が可能になります。

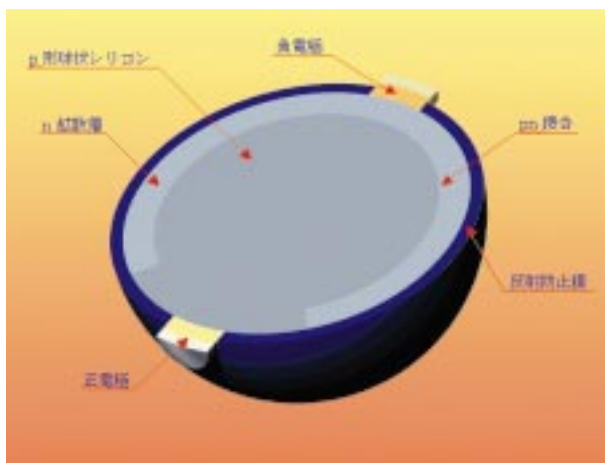


図1 球状マイクロソーラセル断面図

3. 利便性の高い太陽電池モジュール

球状マイクロソーラセルは、必要な出力電圧、電流に応じて直並列接続を行いモジュールの形にして利用します。図2は、球状マイクロソーラセルを用いたモジュールの試作品の一例を示します。このモジュールは、昼間の直射光のもとで電圧約25ボルトを発生し、1ワットの電力を出すことが出来ます。モジュールのサイズは130×130×10(mm)であり球状マイクロソーラセルが透明樹脂ケース内で直列に57個、並列に30個が接続されており、コンパクトに仕上げられます。光は、両主面のみならず側面光も透明樹脂ケースの導光作用によって発電に寄与します。このモジュールをユニットとしてさらに必要な数だけ連結すればさらに大きな出力電圧、電流を持つ太陽電池パネルが出来あがります。

球状マイクロソーラセルを用いたモジュールでは、出力電圧、電流や全体の大きさ、形状に設計上の自由度が高く、また、透明シートを用いたフレキシブルな太陽電池モジュールやペアガラスでサンドウィッチした耐水、耐火に優れたコンパクトなシースルーのモジュールを作ることにも出来、用途の合わせた様々な形態のモジュールが実現出来ます。

4. 無重力利用技術による安価なシリコン単結晶の製造

単結晶のシリコンを用いた太陽電池は、製造コストが高い難点がありますが光電変換効率が高く従来から多くの実績があります。球状マイクロソーラセルで用いるシリコンは、製造コストを下げるため、純度が比較的低く大量に生産されているシリコン原料に用いるとともに加工ロスが減らすため落下中の無重力を利用して原材料を短時間で溶融し球状化して単結晶製造を作ります。図3にその球状シリコン単結晶製造装置の概念図を示します。一定量のシリコン原料を装置の上部で高温溶融部に送って瞬時に溶融し、そのまま自由落下させ無重量状態にします。融けて表面張力により球状化したシリコン原料は、1.5秒間の自由落下中で冷却され単結晶に凝固します。シリコン原料はおおむね太陽電池セルに使用する量だけで済むこと、落下中で単結晶化すること、その後のpn接合形成、電極形成などセル化プロセスはシンプルなプロセスでかつ省エネ化した装置で製造を行うことが出来、省資源省エネを実現します。さらに、太陽電池セルを小さな球形にしたことで体積に対する表面積の割合が大きく原料の使用量効率が向上します。将来の大量需要に対する原料面からの供給制約を回避するために役立つものと考えられます。

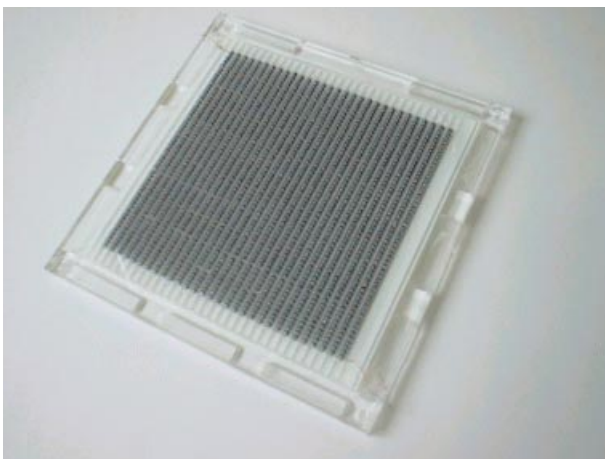


図2 1W級太陽電池モジュール

5. 期待される新しい特長

新形の球状マイクロソーラセルとそのモジュールの特長は、下記の通りです。

- (1) 太陽直射光の角度が変化しても指向性が広いので、光を取り込み量の減少が少なくかつ周囲の反射、散乱光も有効に取りこみ1日当たりの発電量が増やせる。
 - (2) 単結晶シリコン利用のため光電変換効率が高くアモルファス太陽電池のような光劣化がない。
 - (3) マイクロソーラセルは独立した発電セルであり、これを自由に直並列接続することで低電圧から高電圧まで、小電流から大電流まで様々な出力の太陽電池モジュールが実現できる。
 - (4) 樹脂一体成型によって量産や小型化がしやすく、様々な曲面形状やフレキシブルなモジュールの製造も可能になる。
 - (5) 自由落下による球状単結晶製造法は、シリコン原材料が少なくすむため、製造時間、製造所要エネルギーが少なくすむ製造コスト低減や省エネ化に向いている。
 - (6) セル及びモジュールの構造がシンプルであり部材点数やその使用量が少なくできる。
 - (7) 製造プロセスが短く、かつセル及びモジュールの製造設備費が少なくすむ。
- 以上

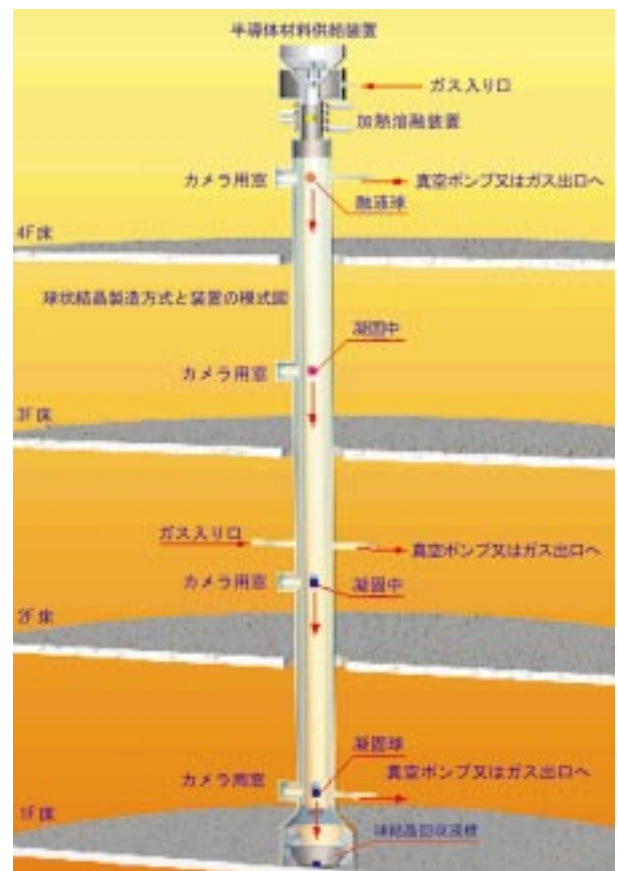


図3 球状結晶製造方式と装置の模式図

色別回収を必要としない 着色ガラスびんの新製造法の開発

地域新生コンソーシアム研究開発事業

1. 開発の背景

容器包装リサイクル法の平成12年4月完全施行に伴い、ガラスびんの再資源化が従来にも増して求められています。ガラスびんには、多種多様な色のものがあるので、ガラスびんのリサイクルのためには、色による分別回収が必要となり、相当の労力、費用、エネルギーが必要となります。特に、ガラスびん回収が進むにつれて緑色の廃ガラスびんのように緑色の再生ガラスびん需要が少ないために再資源化が困難となる廃ガラスの問題も発生しております。これは、通常、ガラスの着色にはガラス中に金属イオンを含ませることによって行われていますが、一旦含まれた金属イオンを取り除くことは非常に困難だからです。

この緑色ガラスのような、茶色以外の着色ガラスびん（約8億本）を新しい技術で製造することで、300億円の着色ガラスびん関連市場規模が見込まれます。

今回、このようなガラスリサイクルの課題を解決するため、大阪府立大学 南努学長をプロジェクトリーダーとする産学官共同研究グループが、色別回収を必要としないリサイクルが容易な着色ガラスびんの新製造法の開発を行い実用化に成功しました。



図1 鮮やかに着色されたガラスびん

2. 開発の概要

このプロジェクトは、NEDOのテーマ公募型事業の一つである地域新生コンソーシアム研究開発事業として実施されたものです。この地域新生コンソーシアム事業とは地域において産学官により研究共同体（コンソーシアム）を形成し、地域の新規産業創出に貢献するために、大学等の独創的技術シーズを実用化に結びつける開発を行うことを目的にした事業です。

プロジェクト名は「リサイクルに適した機能性薄膜の新規製造法と着色ガラスへの応用に関する研究開発」で、開発期間は平成9年9月～平成12年3月、開発費は約2.5億円。プロジェクトリーダーは大阪府立大学 南努 学長（当時：工学部機能物質科学科 教授）。参加機関は、大阪府立大学、近畿大学、独立行政法人 産業技術総合研究所（関西センター）、大阪府立産業技術総合研究所、（株）アサヒビールボックス、セントラル硝子（株）、帝国化学産業（株）〔現：ナガセケムテックス（株）〕、富士色素（株）及び管理法人：（財）大阪科学技術センターです。

3. 開発の内容

この着色ガラスびんの新製造技術は、透明なガラスびんの表面に、着色皮膜をコーティングするものです。皮膜の主成分にガラスびんと同様な無機材料を使用し、着色成分に有機顔料を使用することで、リサイクルが容易なコーティング皮膜を形成します。さまざまな色に着色したガラスびんも、450 位で加熱すると着色成分である有機顔料が燃焼、分解してなくなりますので、無色透明に戻ります。そのため、従来のような色による分別回収の必要がなく、リサイクルが容易になります。

今回開発したリサイクルが容易な着色ガラスびんというのは、ゾルゲル法という特殊な加工技術を用いて、透明ガラスびんの表面に着色皮膜をコーティングして得られたガラスびんのことです。このゾルゲル法というのは、出発原料は溶液であり、溶液の成分が化学反応を起こして、コロイド粒子が生成したゾル（液体）となります。そして、さらに化学反応が進むと、ゲル（固体）と呼ばれる状態になる現象を利用するものです。ゾルの段階で、基板をゾルに浸しますと、その基板にゾルがコーティングされ、200 位で熱処理を行うと、ゲル化したコーティン

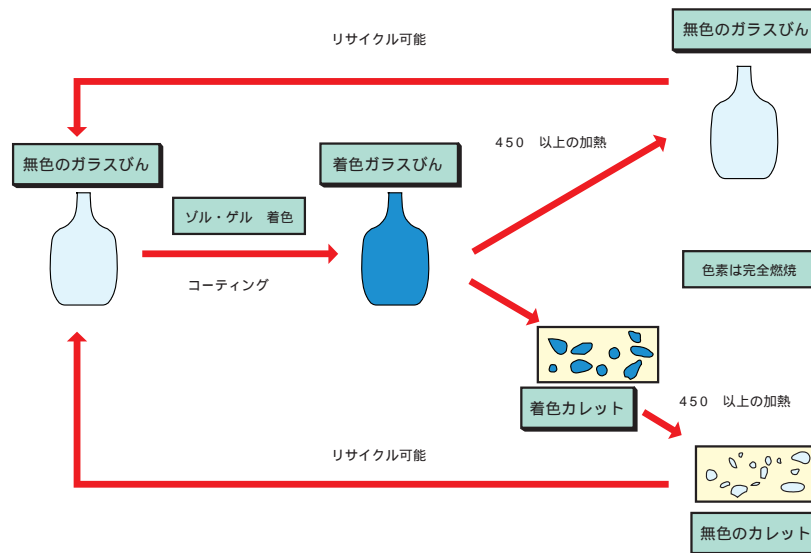


図2 着色ガラスびんのリサイクル

グ膜が得られます。このゾルゲル法の技術シーズは大阪府立大学の南学長の研究成果が基になっています。

コーティングする際、ソルに顔料を入れておきますと、その顔料を含んだゲルが得られます。この時、透明な着色膜とするためには顔料粒子は少なくとも0.1ミクロン以下の細かさが必要です。顔料の色を選べば、さまざまな色の着色ガラスびんが製造できます。

この色素や顔料の技術シーズは同大学工学部機能物質科学科の中澄教授の研究成果が基になっています。

コーティング方法には、既存のコーティング機を用いると厚膜になり、しかも生産性が低いので、高速スピン塗布装置を開発しました。約1ミクロンの着色コーティング膜が得られ、90本/分の生産能力があります。さらに種々の形状のガラスびんに対応できるスプレー方式の塗布装置も併せて開発しました。



図3 発売された清酒びん

4. 開発の成果

実用化のためには、コーティング膜の性能として、表面に傷がつかないための機械的強度、また、ガラスびんの殺菌、洗浄用に使用される水酸化ナトリウム水溶液等への耐アルカリ性等が要求されます。

まず、これらの実用化のためのコーティング膜性能を実証するために、酒造メーカ2社の協力を得て、開発した着色ガラスびんを用いて、実際の流通過程での耐久性評価のためのテストを行いました。1社については、300本の緑色のワインびんを用いて、実ラインでワインを充填し、テスト輸送してコーティング膜の傷の発生の有無等について評価しました。その結果、傷の発生も認められず、良好な結果が得られました。また、他の1社へは400本の梅酒用緑色ガラスびんを約200Km輸送し、実ラインで梅酒の充填を行い、試験輸送し、結果は良好でした。

これらの実証試験のあと平成13年には、メンバーである(株)アサヒビールパックスがコーティング着色清酒びんを酒造メーカーに供給し、酒造メーカから製品が発売されました。清酒びんラベルには、「このスーパー・エコ・コートびんは、特殊な技術により着色されていますので、溶解により無色となり、通常の透明ボトルとして再生されます。」と表示がなされています。

今後、さらに、全国の飲料メーカ、酒造メーカに向けて新しい着色ガラスびん販売の拡大を図る予定とのことです。また、欧州への技術輸出も期待できることから、市場規模は今後拡大が見込まれています。

地熱井掘削時坑底情報検知システムの開発

坑井試験により実用性能が高いことを確認

本システムは地熱井掘削の能率および坑跡精度向上を目的として平成3年度から開発されてきています。装置は坑内に入れるゾンデと地上装置および解析システムから構成されています。ここでは、ゾンデと地上装置について説明します。

1. ゾンデ

ゾンデの大きな特徴は200 の環境下で動作するエレクトロニクスと駆動機構部です。電子回路は市販の素子をスクリーニングした様々な部品で構成されています。センサはフラックスゲート式方位計、サーボ加速度型傾斜計とダイオード型温度計です。電源は高温リチウム電池です。駆動機構部は主に泥水パルスを生成するためのパルス弁、弁駆動用DCモータ、高温高压用の多段軸シールなどから構成されます。

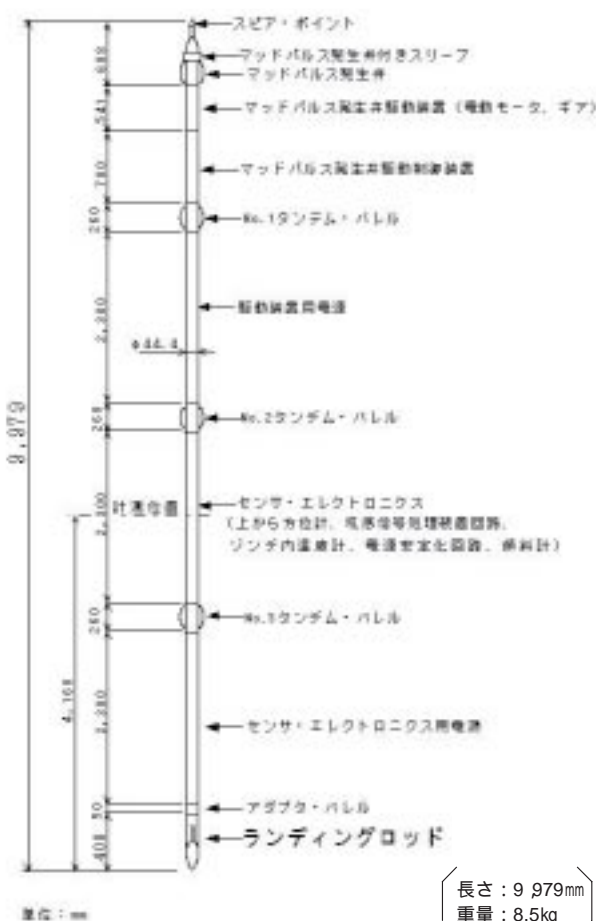


図1 ゾンデ概要図

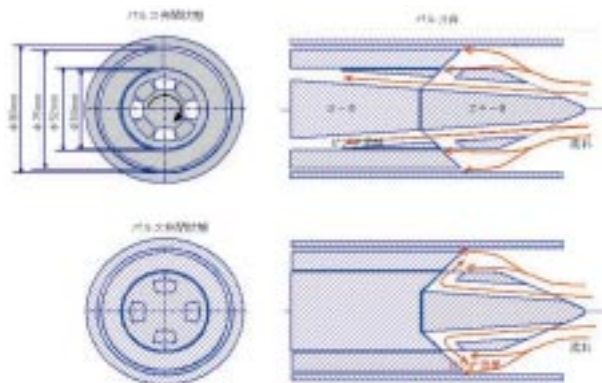


図2 流体素子を応用したパルス弁
ロータが回転して、流路が堰き止められたときにパルス波を生ずる。
ピンチ効果でパルス強度が増大する方式

2. 地上装置

地上装置の特徴は泥水ポンプ、ビット、ダウンホールモータ等による圧力ノイズに埋もれたパルスを検出するノイズ処理機能です。

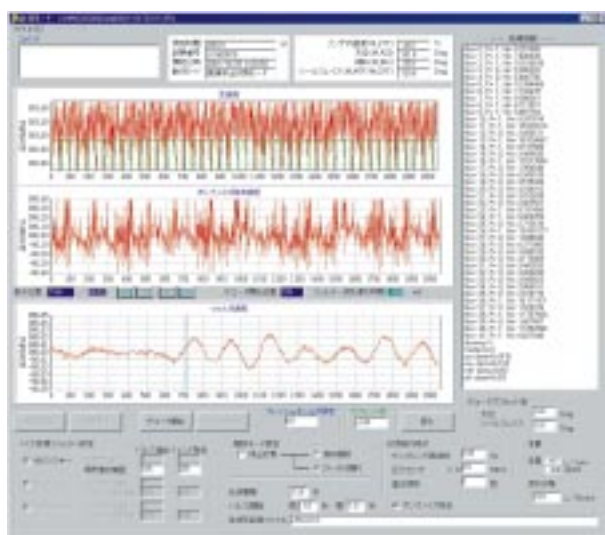


図3 実坑井試験で得られたパルス波形（地上装置画面）
上段はリグ上で得られた圧力生波形、中段はポンプノイズ除去後の波形、下段はフィルタリング後のパルス波形

3. 目標仕様

ゾンデの主な開発目標仕様は、オペレーティング状態で200 × 50時間、サバイバル状態で220 × 5時間です。また、地熱掘削では硬い地質が多いため振動、衝撃に強いことが求められ、耐振動性を30G(50～500Hz)×6時間、

耐衝撃性を $1,000G \times 0.5msec$ としています。その他、掘削トラブル発生時にソンドを素早く回収するリトリリーブ(回収)機能のためソンド外径が44.4mmと細くできています。全長は約10mです。



図4 実坑井試験中のソンドリトリリーブ作業
リグ上でソンドを掘管内に降下している様子

検知する坑底情報は方位、傾斜、ツールフェイス、ソンド内温度で、将来的にはビット荷重、ビットトルク、圧力を付加できます。坑底から地上への情報伝送には泥水中に圧力波を発生させるいわゆるポジティブパルスアップ方式を採用しています。符号化手法はパルス間隔一定のビットシリアル方式で、比較的深度による減衰が小さく、重合処理も可能なためノイズに強い特徴を持っています。ツールフェイス伝送レートは30秒以下です。

4. 実坑井試験

平成8年度に2台の試作機を製作して、地上試験装置および実坑井試験によりその機能を評価、改良してきました。平成13年度は最終年度で、鹿児島県の大霧地熱発電所で坑井掘削中に試験を実施し、深度約800mからの坑底情報の伝送に成功しました。

事前に、弁流入速度とパルス強度の関係およびパルス距離減衰特性を分析し、そのデータベースに基づき、実坑井の泥水循環流量に対して最適な弁スリーブを選定しました。また、机上シミュレーションして実坑井でのパルス伝搬を確認しました。

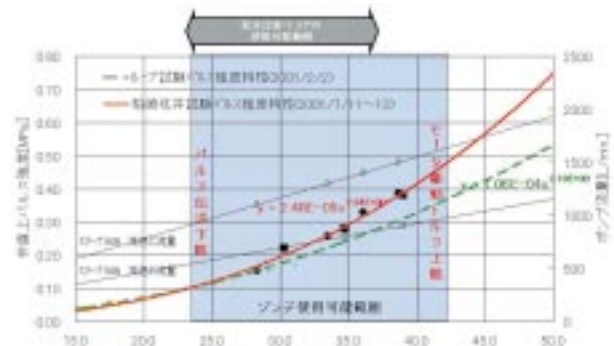


図5 パルス弁流入速度とパルス強度の関係
陸上ループ試験と実坑井試験結果

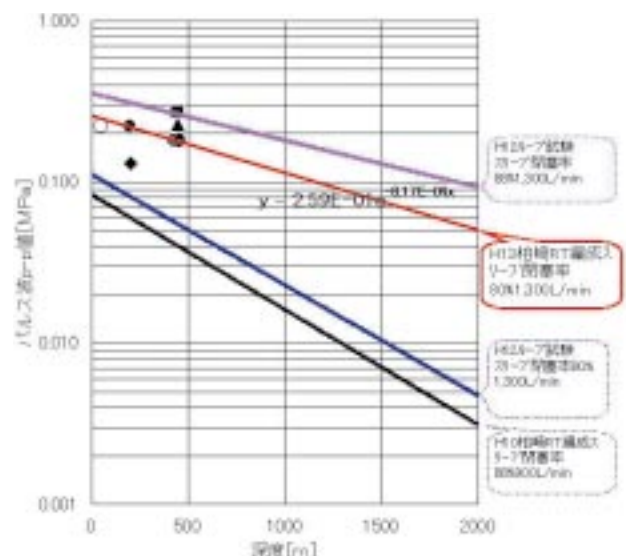


図6 パルス波の距離伝搬減衰特性
パルス強度は指数関数的に減衰します。

その結果、実坑井試験で所定の強度のパルスを得ることができ、また最適パルス弁スリーブの選定方法を確立することができました。

本研究開発プロジェクトの概要については、下記アドレスをご参照ください。

<http://www.nedo.go.jp/chinetsu/mwd/index.htm>
NEDO地熱開発室

イベント・分科会情報

開催日(平成14～15年)	件 名	開催地	問合せ先(TEL)
1月16日～3月31日	技術ネットワークショッ	http://www.RandD-forum-nedo.com	03-3987-9379：産業技術企画課
2月21日～22日	アジア地熱シンポジウム2001	インドネシア	03-3987-9451：地熱開発室
2月22日	技術評価委員会「新規環境産業創出型技術研究開発制度」第3回分科会	かんぽヘルスプラザ東京	03-3987-9382：技術評価部
2月26日	NEDOかんさい FORUM2002	梅田スカイビル	06-6945-4555：関西支部
2月26日	第2回技術評価委員会	サンシャイン60 59階	03-3987-9382：技術評価部
2月27～28日	インドネシア-日本 石炭液化に関する合同セミナー	インドネシア(ジャカルタ)	03-3987-9441：エネルギー・環境技術開発室
2月28日	技術評価委員会「Cat-CVD法による半導体デバイスの製造プロセスの研究開発」第2回分科会	かんぽヘルスプラザ東京	03-3987-9382：技術評価部
2月28日	技術評価委員会「超電導電力貯蔵システム技術開発」第2回分科会	かんぽヘルスプラザ東京	03-3987-9382：技術評価部
3月4～5日	REGTEC2002 (地域コンソーシアム研究開発事業の成果展示及び報告会)	東京国際フォーラム	03-3987-9419：地域基盤課
3月4～5日	実用化開発助成事業成果展示会	東京国際フォーラム	03-3987-9326：研究業務課
3月4～6日	APEC CFE テクニカルセミナー	マレーシア(クアラルンプール)	03-3987-9441：エネルギー・環境技術開発室
3月4～8日	CCT推進セミナー	中国(瀋陽市、太原市)	03-3987-9441：エネルギー・環境技術開発室
3月 5日	技術評価委員会「エネルギー使用合理化シリコン製造プロセス開発」第2回分科会	かんぽヘルスプラザ東京	03-3987-9382：技術評価部
3月 8日	技術評価委員会「即効的・革新的エネルギー環境技術研究開発/吸着材を用いた新規な天然ガス吸着貯蔵技術研究開発」第2回分科会	かんぽヘルスプラザ東京	03-3987-9382：技術評価部
4月18～19日	技術評価に関する国際会議(仮称)	東京	03-3987-9382：技術評価部
5月10日	健康福祉機器技術開発ワークショップ(仮称)	国立京都国際会館	03-3987-9353：健康福祉技術開発室
9月3～5日、18日	クリーン・コール・デー・イン・ジャパン2002(仮称)	東京	03-3987-9441：エネルギー・環境技術開発室
平成15年			
5月12日～16日	WCPEC(太陽光発電世界会議)	大阪	03-3987-9421：太陽・風力技術開発室
5月19日～21日	IEAエグゼグティブ会議日本開催	大阪	03-3987-9421：太陽・風力技術開発室

公募情報

件 名	応募期間	問合せ先(TEL)
平成14年度国際共同研究助成事業(NEDO Grant)	平成14年 1月15日～平成14年 3月13日(必着)	03-5952-0071：研究助成課
平成14年度IMS国際共同研究補助事業	平成14年 2月18日～平成14年 3月29日	03-3987-9326：研究業務課
平成14年度プログラムに係るプロジェクト関係	平成14年 3月中旬	03-3987-9379：産業技術企画課
平成14年度新エネルギー草の根支援事業	平成14年 1月10日～平成14年 4月 5日(必着)	03-3987-9399：新エネルギー導入促進部
平成14年度省エネルギー草の根支援事業	平成14年 1月10日～平成14年 4月 5日(必着)	03-3987-9440：省エネルギー対策部
平成14年度地域新エネルギービジョン策定等事業	平成14年 1月10日～平成14年 4月12日(必着)	03-3987-9399：新エネルギー導入促進部
平成14年度地域省エネルギービジョン策定等事業	平成14年 1月10日～平成14年 4月12日(必着)	03-3987-9440：省エネルギー対策部
平成14年度地域省エネルギー普及促進対策事業	平成14年 1月10日～平成14年 4月12日(必着)	03-3987-9440：省エネルギー対策部
平成14年度産業等用太陽光発電フィールドテスト事業	平成14年 2月12日～平成14年 4月19日	03-3987-9319：新エネルギー導入促進部

『Focus NEDO』は、産業・環境・新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。

Focus NEDO Vol.1 創刊号(平成14年2月18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(総務部広報室)

発行人：新エネルギー・産業技術総合開発機構 広報室長 大場 修一

印刷：株式会社アイシーシー