

「新機能創出ガラスの加工技術開発プロジェクト／  
次世代光波制御材料・素子化技術」  
事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿 .....	1
プロジェクト概要 .....	2
評価概要（案） .....	10
評点結果 .....	16

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「新機能創出ガラスの加工技術開発プロジェクト」

次世代光波制御材料・素子化技術」(事後評価)

### 分科会委員名簿

(平成23年7月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	ふじわら たくみ 藤原 巧	東北大学大学院 工学研究科 応用物理学専攻 教授
分科会長 代理	いとう せつろう 伊藤 節郎	東京工業大学 応用セラミックス研究所 特任教授
委員	あらき けいすけ 荒木 敬介	キヤノン株式会社 オプティクス技術開発センター オプティクス第二開発部 主席研究員 宇都宮大学 オプティクス教育研究センター 客員教授
	きど かずひろ 木戸 一博	株式会社ニコン コアテクノロジーセンター 研究開発本部 材料・要素技術研究所 所長
	たなか かつひさ 田中 勝久	京都大学大学院 工学研究科 材料化学専攻 教授
	ほんぐう よしのり 本宮 佳典	株式会社東芝 研究開発センター 機械・システムラボラトリー 研究主幹
	ますだ ひでき 益田 秀樹	首都大学東京 都市環境科学研究科 分子応用化学域 教授

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

概要

		作成日 最終更新日	平成 20 年 5 月 30 日 平成 23 年 5 月 30 日						
プログラム(又は施策)名	ナノテク・部材イノベーションプログラム・エネルギーイノベーションプログラム・ITイノベーションプログラム								
プロジェクト名	次世代光波制御材料・素子化技術	プロジェクト番号	P06032(IT高)						
担当推進部/担当者	電子・材料・ナノテクノロジー部 坂井敦馬								
0. 事業の概要	<p>本事業では、光学部材関連産業の国際競争力強化のため、平成 22 年度までに、広い透過波長域、高屈折率、低屈伏点等の特性を兼ね備えた新規ガラス材料と、高温域でのガラス表面への微細構造の形成が可能な耐熱モールドおよび成型技術を、産学官を含む川上川下の垂直連携体制、および、材料創製と加工の水平連携体制の中で開発する。また、事業の後半では、材料メーカーとセットメーカーとが垂直連携体制の中で助成事業を立ち上げ、実用化を視野に入れた素子化技術の開発に取り組む。</p>								
I. 事業の位置付け・必要性について	<p><b>【NEDOが関与する意義】</b> 我が国が得意とする高性能な情報家電製品および光通信システムを支える光学部材関連産業（材料、素子、装置）は川上川下の垂直連携の希薄化、アジア諸国の低コスト攻撃に直面している。そのため我が国において産学官を含む連携の強化（川上川下の垂直連携、材料創成と加工の水平連携）を図ることで、従来のレンズ、ミラー、回折格子等の個々の光学部材では実現し得ない高度な機能を発現するための基盤技術を開発する必要がある。このような技術開発は、複数の研究機関及び企業の知見を結集する必要があるが、民間の自主的取り組みでは難しい。したがって、NEDOの関与により、市場原理のみでは達成し得ない基盤技術の開発を重点的に実施することが必要である。</p> <p><b>【実施の効果（費用対効果）】</b> 費用：【開発予算】に記載。 効果：情報家電、情報通信だけでなく、医療・バイオ等、幅広い産業に応用可能な次世代光学部材の開発を目指しており、製造プロセスが極めてシンプルなモールドプロセスを用いるため、製造エネルギーやスループットを大幅削減できる。また、開発する光学部材をDVDプレーヤーや高輝度液晶プロジェクターなどに応用した場合、性能向上と省エネ効果の両方が期待される。次世代光学部材を搭載した製品の市場見通し、および省エネ効果は以下のとおり。</p> <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>2015 年時点市場創出効果：約 2,070 億円</td> <td>省エネ効果（成功率 10% の場合の省エネ効果 石油換算） ①2010 年度：7.4 万 kl、②2020 年度：13.8 万 kl、 ③2030 年度：37.1 万 kl</td> </tr> </table>							2015 年時点市場創出効果：約 2,070 億円	省エネ効果（成功率 10% の場合の省エネ効果 石油換算） ①2010 年度：7.4 万 kl、②2020 年度：13.8 万 kl、 ③2030 年度：37.1 万 kl
	2015 年時点市場創出効果：約 2,070 億円	省エネ効果（成功率 10% の場合の省エネ効果 石油換算） ①2010 年度：7.4 万 kl、②2020 年度：13.8 万 kl、 ③2030 年度：37.1 万 kl							
<p><b>【事業の背景・目的・位置付け】</b> 産学官を含む川上川下の垂直連携、材料創成と加工の水平連携を図り、次世代部材分野でのイノベーションを促進することが、我が国の喫緊の課題である。本プロジェクトでは、日本が世界をリードしているデジタルスチルカメラ等の撮像光学系、光メモリドライブのピックアップ光学系、液晶プロジェクション光学系など、高いシェアを維持してきた情報家電製品群の中核となる光学部材のための新規材料・精密成型の技術革新を目的としている。本研究開発は、H17 年度に策定されたロードマップにおいて、新産業創造戦略重点 7 分野の 1 つである「情報家電」の中で、日本が高いシェアを維持し今後の技術革新が切望されている光メモリ、撮像、ディスプレイ、光通信用の「光学部材」に位置づけられる。</p>									
II. 研究開発マネジメントについて									
事業の目標	平成 22 年度までに、広い透過波長域、高屈折率、低屈伏点等、これまですべての条件を満足することが困難であった特性を兼ね備え、かつ、モールドによる成型に適した新規ガラス材料、高温域でのガラスへの微細構造の形成が可能な耐熱モールド、平面あるいは曲面ガラスの表面に形成された光の波長レベルあるいはそれ以下の微細構造等を活用した次世代光波制御素子のための基盤技術を開発する。また、本事業中期から、助成事業による実用化研究への取り組みを開始することを基本計画に定めた。								
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額		
	高屈折・屈伏点ガラスの研究(委託)	150	120	50	40	10	370		
	サブ波長微細構造成型技術の研究(委託)	412	278	233	107	25	1055		
	偏光分離素子の開発(助成)				35	19	54		

	屈折・回折複合素子の開発(助成)			74	27	16	117
	広帯域無反射素子の開発(助成)				55	28	83
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額
	一般会計	0	0	0	0	0	
	特別会計 (電源・需給の別)	360	320	271	264	98	1313
	加速予算 (成果普及費を含む)	202	78	86	0	0	366
	総予算額	562	398	357	264	98	1679
	(委託)	562	398	283	147	25	1415
	(助成) : 助成率 1/2			74	117	73	264
(共同研究) : 負担率△/□	-	-	-	-	-	-	
開発体制	経産省担当原課	製造産業局住宅産業窯業建材課					
	プロジェクトリーダー	北海道大学 電子科学研究所 西井準治					
	委託先(*委託先が 管理法人の場合は 参加企業数および 参加企業名も記載)	パナソニック(株) コニカミノルタオプト(株) 日本山村硝子(株) 五鈴精工硝子(株) (独)産業技術総合研究所					
情勢変化への対応	<p>H18年度には、研究開発項目①-4. 光学的・熱的物性の精密評価、②-1-2. モールド表面のエッチング技術、②-1-4. モールド表面処理技術、②-1-5. ガラス成型技術の4テーマに研究加速財源を充て、材料評価とモールド表面処理技術に関する研究の加速と成果の向上を図った。</p> <p>H19年度には、②-1-2. モールド表面のエッチング技術、②-1-4. モールド表面処理技術の2テーマに研究加速財源を充て、素子評価と高温物性評価に関する研究成果の向上を図った。</p> <p>H22年度には、研究予算の大幅削減のため、やむを得ず委託研究を大幅に縮小し、助成事業を中心に継続することとした。</p>						
中間評価結果への対応	<p>中間評価では高い評価を受けた一方で、実用化に向けて、材料の特性やコストなどを考慮した研究の推進を指摘された。そこで、委託事業と助成事業で分担して、ガラスの耐候性等の基礎物性、モールドの耐久性と光学特性との相関などを詳細に調べ、製品化のために必要なデータを蓄積した。</p>						
評価に関する事項	事前評価	17年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料部					
	中間評価	20年度 中間評価実施					
	事後評価	23年度 事後評価実施					

<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>1. 共通基盤技術 以下の通り、平成 22 年度末までに最終目標を達成した。</p> <p>【研究開発項目①高屈折・低屈伏点ガラスの研究】(最終目標達成：◎) 最終目標は、波長 589nm での屈折率が 1.8 以上、屈伏点 450℃以下で、透過波長下限 400nm 以下のガラス材料を開発することである。これらの目標値を達成するために、リン酸塩系とホウ酸塩系で組成開発に取り組み、微細構造の転写が可能なガラスを開発した。</p> <p>①-1. リン酸塩系組成開発 (日本山村硝子株式会社) 平成 22 年度までに、ビスマスリン酸塩系ガラスにおいて、屈折率(<math>n_D</math>)1.80、屈伏点(At)432℃、波長 400nm での内部透過率 80%以上(厚み 3mm)のガラスを開発し、最終目標を達成した。また、回折・屈折光学素子のために、求められる光学物性(<math>\nu_{45}</math>以上、<math>n_D</math>1.65~1.70、波長 400 nm における内部透過率が 80%以上)を満足する分散を制御したニオブリン酸塩系ガラスの開発を行った。中間評価までに開発したガラス系でもこれらの数値を満足していたが、液相温度が 1000℃以上と高く、成型が困難であった。さらなる組成改良の結果、光学特性を維持したまま、液相温度 780℃、At455℃のガラスを開発した。得られたガラスをパナソニックに提供して、反射防止構造および鋸歯構造の良好な転写を実証した。</p> <p>①-2. ホウ酸塩系組成開発 (五鈴精工硝子株式会社) 平成 22 年度までに、ビスマスホウ酸塩系ガラス系において、<math>Bi_2O_3</math>含有量の増加に伴う紫外域の透過性低下を抑えるために電気陰性度の高い成分の添加が望ましいことを見出し、基本組成として <math>Bi_2O_3</math>-<math>GeO_2</math>-<math>B_2O_3</math>系、<math>Bi_2O_3</math>-<math>Ga_2O_3</math>-<math>Li_2O</math>-<math>B_2O_3</math>系を選択した。前者では、<math>n_D</math>1.82、At468℃、波長 400 nm における内部透過率 80%以上(厚み 3mm)、また後者では、屈折率 <math>n_D</math>1.80、At448℃、波長 400 nm における内部透過率 80%(厚み 3mm)のガラスをそれぞれ開発した。得られたガラスをコニカミノルタオプトに提供して、1 次元周期構造の良好な転写を実証した。</p> <p>①-3. ガラス表面改質技術 (産業技術総合研究所、一部を京都工機大へ再委託) イオン交換によって、<math>Ag^+</math>イオンをガラス表面に導入することにより、その領域の屈伏点を低下できること、ガラスの組成を選択することによってイオン交換後も着色しないこと、などがわかった。また、この技術は、モールド成型による微細構造転写が可能な低屈伏点ガラスの作製に有効であることが示された。</p> <p>①-4. 光学的・熱的物性の精密評価 (産業技術総合研究所、一部を北海道大学へ再委託) 酸化ビスマス含有ホウ酸塩系ガラスの密度、ガラス転移温度、屈折率、吸収端波長の組成依存性を調べた。酸化ビスマス含有量の多いガラスには 350nm 付近に吸収ピークが存在し、ガラスの吸収端波長に影響を与えることを見出した。酸化ビスマス添加リン酸塩系ガラスにおいて、ガラス化範囲を系統的に調べるとともに、密度、屈折率、屈伏点温度、吸収端波長の組成依存性を調べた。また、ホウ酸塩系及びリン酸塩系ガラスにおいて、プレス時に問題となる着色現象について調査した。屈伏点近傍での成型における離型特性について、離型力の直接測定及び表面張力の観点からの評価を実施した。種々の光学ガラスにおいて、その成型・離型性の定量的評価できることを示した。また、ガラスの屈伏点温度付近の変形、破壊特性を調査した。</p> <p>【研究開発項目②「サブ波長微細構造成型技術の研究」】(最終目標達成：◎) 最終目標は、a)直径 10nm 以上の光学平面上に、周期 5<math>\mu</math>m 以下の同心円で、各円の直径方向の断面の段差が 500nm 以上の鋸歯構造、b)直径 50nm 以上の光学平面上に、高さ 300nm 以上の矩形または錐形の構造が周期 300nm 以下で 1 次元あるいは 2 次元的に配置される構造、c)直径 50nm 以上の曲面上に微細構造をもつ光学部材のシミュレーションが短時間で可能な専用シミュレータ、および、微細加工による形状の制限条件を付加できる自動設計ソフト、d)低分子ガラスの成型にかかわる材料、プロセスの最適化が可能なマイクロレベルのシミュレーション技術、および、原子レベルの欠陥、モールド界面挙動の解明が可能なナノレベルのシミュレーション技術を開発することである。これらの目標値を達成するために、以下のような取り組みを実施した。</p> <p>②-1. モールド作製・成型技術 ②-1-1. モールド表面へのパターニング技術 ②-1-1-1. 電子線描画法 (産総研、パナソニック株式会社、コニカミノルタオプト株式会社) 中間評価までに、グラッシーカーボン(GC)や炭化ケイ素(SiC)等のモールド表面に、周期 200~500nm、面積 6mm 角以上の範囲に波長板のための 1 次元周期パターンを安定に描画できる条件を確立した。また、反射防止構造のための 2 次元周期パターン描画速度を、0.1cm<sup>2</sup>/日から 1.0cm<sup>2</sup>/日に高速化した。 中間評価以降は、装置メーカーと共同で、曲面描画のための装置改造を行い、周期 250nm の 2 次元周期パターンの描画に成功した。中間評価までに、周期 10<math>\mu</math>m、高さ 557nm の鋸歯形状の描画にも成功したが、実用化を考慮して機械加工法に変更した。</p>
----------------------	---

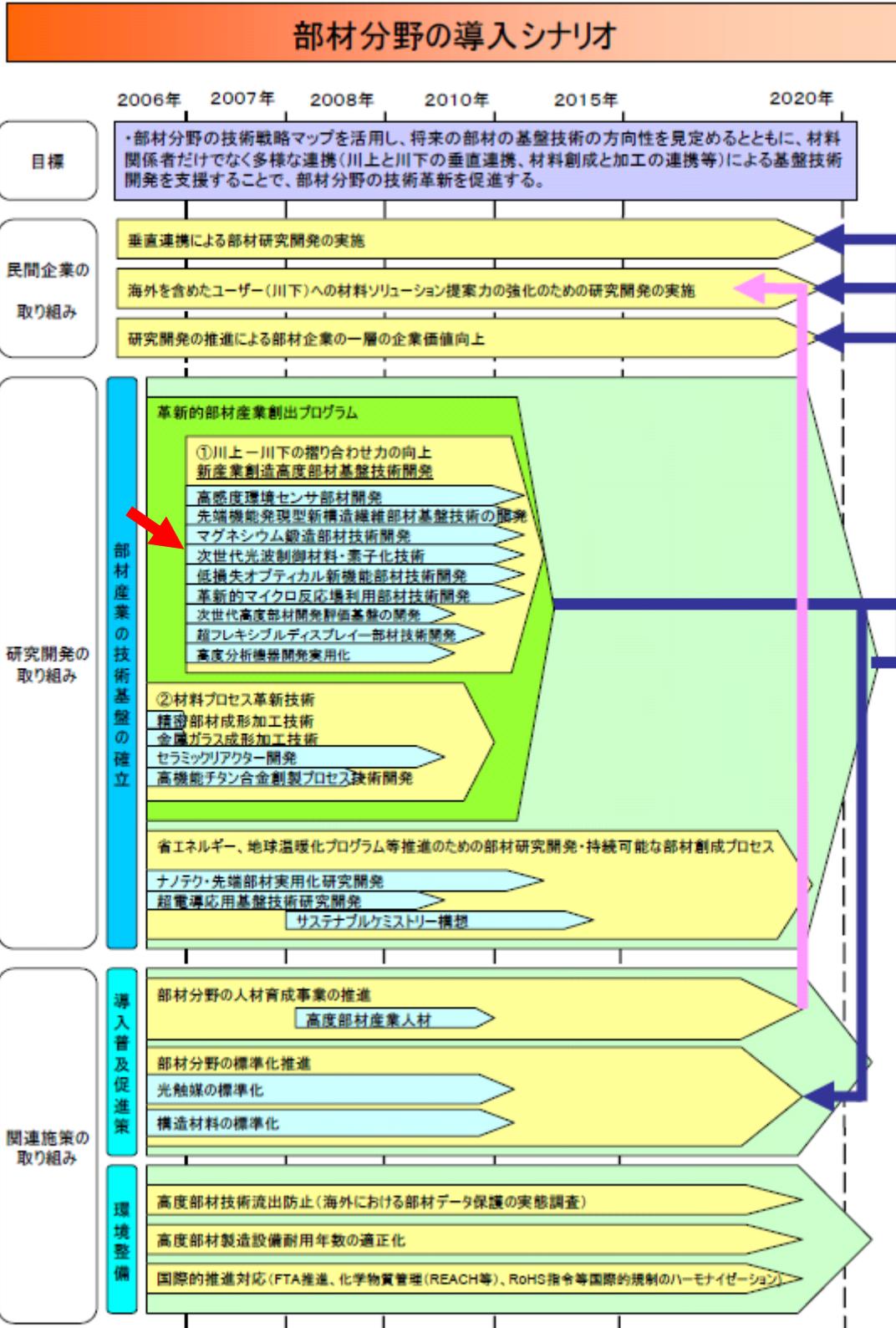
<p>Ⅲ. 研究開発成果について(続き)</p>	<p><u>②-1-1-2. 大面積平面干渉露光 (産業技術総合研究所、一部、京都工繊大および北大に再委託)</u></p> <p>中間評価までに、He-Cd レーザー(波長 325nm)を用いた干渉露光により、シリコン、石英および SiC 基板表面への周期 290nm、溝深さ 730nm の 1 次元レジストパターンおよび、周期 290nm、穴型 100~150nm の 2 次元周期構造を、平面および曲面に形成した。</p> <p>京都工繊大では、周期 500nm 以下の 1 次元周期構造の格子周期微調整技術に加え、位相マスクを用いた干渉露光による鋸歯形状のレジストパターン作製法、および、円柱ミラーを利用した異周期グレーティング一括作製技術を開発し、集中研での鋸歯構造モールドへの応用に関する検討を開始した。</p> <p>中間評価以降に再委託した北大では、He-Cd レーザーの二光束干渉露光において、入射光の偏光状態がパターンに与える影響などを最適化し、これまでで最も狭い周期 230 nm の均一な 1 次元および 2 次元のレジストパターンを形成した。</p>
	<p><u>②-1-1-3. 曲面上へのパターンニング技術 (産業技術総合研究所、大阪府立大学へ再委託)</u></p> <p>YAG レーザー 4 倍波(波長 266nm)の干渉露光で、直径 10mm、曲率半径 10mm の凹面レンズの表面に周期 250nm のパターンを形成した。さらに、二つの球面波が作る干渉縞を利用して曲面上に等周期のパターンニングを行う方法を考案し、周期変化の少ないパターンニングが行えることを示した。</p>
	<p><u>②-1-2. モールド表面のエッチング技術 (パナソニック株式会社、コニカミノルタオプト株式会社)</u></p> <p>中間評価までに、Ge、SiC、W の平板のドライエッチングに成功し、周期 300~500nm で 1~2 次元の周期構造を作製した。特に、SiC のドライエッチングにおいては、エッチングガス組成によって表面に形成される周期構造の溝側壁の傾斜角度を制御できることを見出し、企業と産総研が共同で特許出願した。さらに、切削加工装置を導入し、NiP メッキ膜の表面に、傾斜角 15~30° の鋸歯構造モールドを作製した。</p> <p>中間評価以降は、偏光分離素子の周期 200nm、250nm、300nm の SiC 平面 1 次元格子、および、反射防止レンズ用の周期 250nm の SiC 曲面 2 次元格子を形成した。さらに、切削加工装置の導入により、屈折回折複合レンズ用の NiP 曲面鋸歯状格子の形成に成功した。</p>
	<p><u>②-1-3. 電鍍技術 (パナソニック株式会社、コニカミノルタオプト株式会社)</u></p> <p>中間評価までに、X線リソグラフィで作製した 2 次元レジストパターンにニッケル電鍍を施し、レジストパターンの反転形状を有し、周期 300nm、構造深さ 350nm、面積 20mm 角のニッケル電鍍モールドの試作に成功した。中間評価以降は、同様な形状が SiC 表面に形成できる EB 描画法とドライエッチング法に集約した。</p>
	<p><u>②-1-4. モールド表面処理技術 (産業技術総合研究所)</u></p> <p>中間評価までに、イオンビームスパッタ法および貴金属イオン注入法で種々の離型膜を形成し、その性能評価を行った。前者では、耐久性の高いカーボン離型膜を形成できた。後者では、数百ナノメートルオーダーの貴金属ドロブレットがモールド表面に付着するため、装置の改良が必要であった。高温レオロジー解析装置を導入し、離型膜とガラスの相性を調べたところ、冷却の途中で離型する貴金属系よりも高温離型が可能なカーボン系の方が周期構造の成型には好ましかった。</p>
<p><u>②-1-5. ガラス成型技術 (パナソニック株式会社、コニカミノルタオプト株式会社)</u></p> <p>中間評価までに、Ge モールドを用いた 1 次元周期構造の形成、石英モールドを用いた反射防止構造の形成に成功し、共にプレス発表を行った。また、SiC モールドを用いた周期 300nm の 1 次元周期構造によって位相差 0.8λ(波長 400nm)を達成した。さらに、2 次元周期構造を形成した SiC モールドで、15×15mm<sup>2</sup>、周期 300nm、高さ 290nm の反射防止構造の成型に成功し、反射率 0.2%(波長 530 nm)を達成した。一方、干渉露光を用いた曲面 SiC モールドを作製し、周期 290nm の反射防止構造を有するガラスレンズの成型に成功した。</p> <p>中間評価以降では、以下の成果を得た。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) ビスマスホウ酸塩系ガラス(<math>n_D 1.82</math>)の両面に、体積含有率 0.5、周期 300nm、構造高さ 170nm および 150nm の 1 次元周期構造を形成し、波長 400nm で位相差 0.23λを達成した。</li> <li>(2) SiC 平板モールドを用いて、リン酸塩系ガラスにφ50mm、周期 300nm、反射率 0.2%の反射防止構造を形成した。</li> <li>(3) EB 描画による曲面モールドに反射防止構造を形成し、両面反射防止ガラスレンズ(φ10mm、曲率半径 20mm、反射率 0.2%)の成型に成功した。</li> <li>(4) 耐熱 NiP レンズモールドに同心円状で周期 100μm の鋸歯構造を切削加工し、低分散ニオブリン酸塩系ガラスレンズを成型した。さらに、高分散樹脂とのハイブリッド化によって可視域での回折効率 95%以上を達成した。</li> <li>(5) ロール法によるガラス成型に取り組み、周期 2μm の 1 次元格子を連続転写することに成功した。</li> </ol>	

	<p>②-2 シミュレーション技術（産業技術総合研究所）</p> <p>②-2-1. 光波シミュレーション技術</p> <p>②-2-1-1. 大面積光学部材対応光波解析シミュレータ（大阪府立大へ再委託）</p> <p>平成 21 年度までに、サブ波長構造内の光線追跡として、RCWA 法を用いて構造内の電磁場分布を算出し、ポインティング・ベクトルからエネルギー流の方向を求める手法を考案し、大面積光学部材用の光波解析シミュレータに適用した。これにより、多層膜群速度法では精度の悪かった傾斜の大きい微細構造内での光線追跡が可能になり、兼中研での曲面への反射防止構造形成の研究を加速した。また、作成したシミュレータを使って、モスアイ構造が付加されることによって発生する波面収差を補正するためのシステムを開発した。非球面レンズへの反射防止構造の付加によって発生する収差は、バックフォーカスの調整で低減できることを示した。</p> <p>②-2-1-2. 微細加工による形状制限を組み込んだ光学部材の自動設計ソフトの開発（愛媛大へ再委託）</p> <p>平成 21 年度までに、波長 405nm、650nm、780nm において 0.25λ の位相差を発生する 1 次元周期構造をガラス成型によって作製することを目的に、微細加工による形状制限を組み込んだ光学部材の自動設計ソフトの開発を行った。充填率と離型性の向上に必須の周期構造の側壁傾斜角度の減少に伴って透過率は増加するが、位相差が減少することがわかった。また、周期構造の先端形状は傾斜角度に比較すると無視できる程度であった。</p> <p>2. 実用化技術（最終目標達成：◎）</p> <p>【研究開発項目③「偏光分離素子の開発」】（コニカミノルタオプトと五鈴精工硝子の連携）</p> <p>コニカミノルタオプトは、高屈折率ガラス表面に構造性複屈折を有する 1 次元周期構造成型技術確立し、青色レーザーに対応した高密度光ディスクの高性能化を実現するガラスをベースとした偏光分離素子として光メモリディスクドライブのピックアップ素子等への搭載の有効性を検証した。五鈴精工硝子は、量産化に向けて、委託事業で開発したホウ酸塩系高屈折率ガラスプリフォームの自動形成技術を構築した。</p> <p>【研究開発項目④「屈折・回折複合素子の開発」】（パナソニックと日本山村硝子との連携）</p> <p>パナソニックは、託事業で構築した切削法による高耐熱メッキ膜加工の実績をベースに、実用レベルの鋸歯構造レンズモールドの加工技術を構築し、高屈折・低分散ガラスの成型、樹脂とのハイブリッド化、および実機搭載による評価を実施した。日本山村硝子は、委託事業で開発した高屈折・低分散ガラスの組成改良と脈理フリーガラスプリフォームの量産化に向けた連続溶融技術を構築した。</p> <p>【研究開発項目⑤「広帯域無反射素子の開発」】（パナソニックと日本山村硝子との連携）</p> <p>パナソニックは、委託事業で構築した曲面への電子ビーム描画による反射防止レンズモールドを用い、両面に反射防止構造が形成された青色レーザー用コリメートレンズを試作し、実機搭載による性能評価を実施した。日本山村硝子は、委託事業で開発した高屈折・低屈伏点ガラスの組成改良と量産化に向けた連続溶融技術を構築した。</p> <table border="1" data-bbox="470 1344 1473 1489"> <tr> <td>投稿論文</td> <td>「査読付き」44 件、「その他」9 件</td> </tr> <tr> <td>特 許</td> <td>「出願済」24 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 5 件）</td> </tr> <tr> <td>その他の外部発表 （プレス発表等）</td> <td>口頭発表：147 件 新聞・雑誌記事：28 件、 受賞：5 件</td> </tr> </table>	投稿論文	「査読付き」44 件、「その他」9 件	特 許	「出願済」24 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 5 件）	その他の外部発表 （プレス発表等）	口頭発表：147 件 新聞・雑誌記事：28 件、 受賞：5 件
投稿論文	「査読付き」44 件、「その他」9 件						
特 許	「出願済」24 件、「登録」0 件、「実施」0 件（うち国際出願 5 件）						
その他の外部発表 （プレス発表等）	口頭発表：147 件 新聞・雑誌記事：28 件、 受賞：5 件						
<p>IV. 実用化、事業化の見通しについて</p>	<p>本事業では、基本計画に基づいて、委託事業で構築した共通基盤技術を活用して、平成 20 年度以降にガラスメーカーとセットメーカーとの垂直連携による 3 つの助成事業を開始した。研究開発項目毎の実用化の見通しは以下の通りである。</p> <p>【研究開発項目③「偏光分離素子の開発」】（コニカミノルタオプトと五鈴精工硝子の連携）</p> <p>プロジェクト終了後、製品レベルでコスト対応できるように技術検討を行い、平成 24 年度に次世代光ディスクで使用される光学評価用光ピックアップユニットに搭載する予定である。また、平成 26 年度には、これらシステム販売に加え、精度を緩和した量産対応技術の構築を行うことで、コストダウンを図った素子のサンプル供給を開始し、平成 27 年度にサンプル供給から本格量産に移行できれば、150 億円の事業規模が期待できる。</p> <p>【研究開発項目④「屈折・回折複合素子の開発」】（パナソニックと日本山村硝子との連携）</p> <p>プロジェクト終了後、製品レベルでの機能開発、量産技術の開発、信頼性の確認、コスト力の検討などを実施し、平成 24 年度からのデジタルスチルカメラへの搭載を目指して開発を推進している。さらに、撮像光学系だけでなく青色レーザー対応の光ピックアップ等への展開を図る。ガラス回折レンズ技術をベースに樹脂とのハイブリッド化、さらには高屈折率ガラスと低屈折率ガラスのハイブリッド化を図り、その応用展開先をプロジェクター光学系、車載光学系などへの拡大も視野に入れる。</p>						

<p>IV. 実用化、事業化の見通しについて (続き)</p>	<p>【研究開発項目⑤「広帯域無反射素子の開発」(パナソニックと日本山村硝子との連携) プロジェクト終了後、製品レベルでの機能開発、量産技術の開発、信頼性の確認、コスト力の検討などを実施し、平成 25 年度より、デジタルスチルカメラなどの撮像光学系における無反射構造カバーガラスあるいはレンズとしての搭載を予定している。その後さらに種類の拡大を図るとともに、光ピックアップなど他分野への展開も予定している。</p>	
<p>V. 基本計画に関する事項</p>	<p>作成時期</p>	<p>18 年 2 月 作成</p>
	<p>変更履歴</p>	<p>(1) 平成 18 年 6 月、研究開発責任者(プロジェクトリーダー) 決定に伴い改訂。 (2) 平成 20 年 7 月、イノベーションプログラム基本計画の制定により、「(1) 研究開発の目的」の記載を改訂。 (3) 平成 21 年 7 月、研究開発責任者(プロジェクトリーダー) の所属変更に伴い改訂。</p>

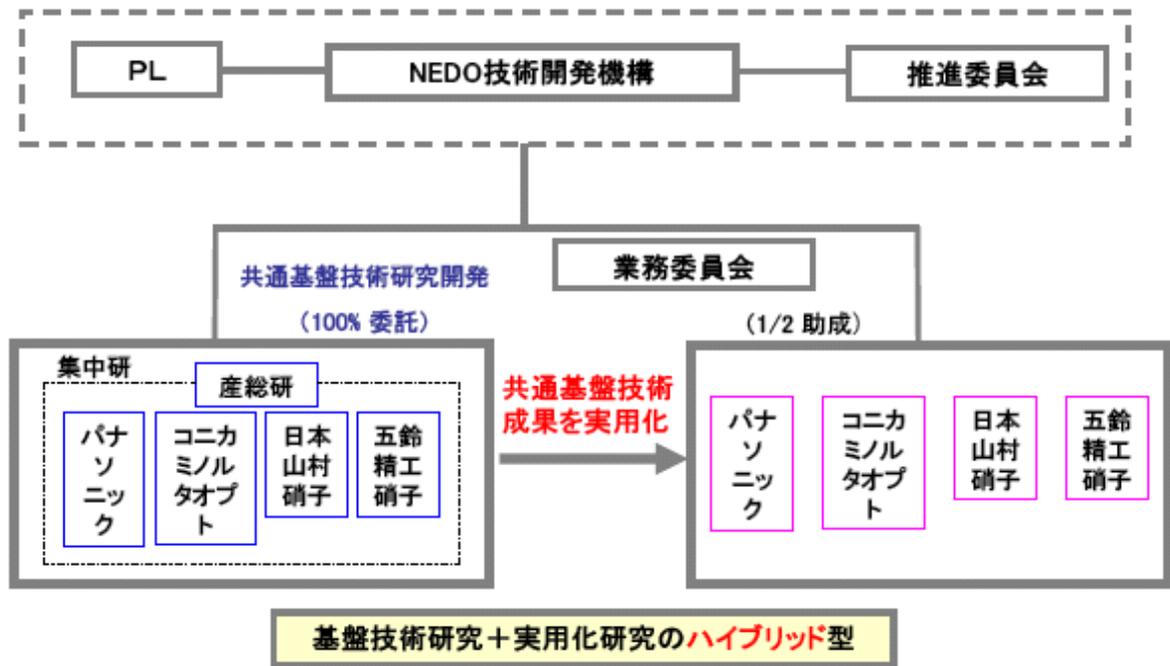
# 技術分野全体での位置づけ

(分科会資料6より抜粋)



「新機能創出ガラスの加工技術開発プロジェクト／  
次世代光波制御材料・素子化技術」

全体の研究開発実施体制



# 「新機能創出ガラスの加工技術開発プロジェクト」

## 次世代光波制御材料・素子化技術」（事後評価）

### 評価概要（案）

#### 1. 総論

##### 1) 総合評価

本プロジェクトは、NEDO 事業として、確かな位置付けや運営により、学術的な情報の収集や産業界の動向の調査に基づいて各々の技術開発における目標値が的確に設定・実施され、高屈折・低屈伏点ガラスの開発から、モールド加工技術、更には、素子の開発・評価まで多くの課題に対し、最終的に目標を上回る成果が得られたと高く評価できる。

また、プロジェクトリーダーのリーダーシップのもと、設備、人材両面で効果的な協力体制を構築し、産官学の連携及び棲み分けが非常にうまくバランスしており、最短の時間で最大限の成果を引き出した。さらに、製品化の計画や市場調査も行われ、成果の実用化方針も具体的に見えることから、実用化に結びつくものと期待できる。

一方、目標とする実用化レベルに達した成果は多いものの、他に対抗技術（代替技術）がある部分もあり、コストも含めた競争力について今後の差別化を伴った実用化検討がさらに重要である。

##### 2) 今後に対する提言

本技術を用いて、我が国の得意とする情報家電の分野の市場拡大を狙うために、社会ニーズや技術動向の変化を調べ、現在進行している技術に対し本技術の開発により差別化がどこまで可能となるのか、実現の可能性と最終的な製品性能のバランスを取りながら、商品化を目指して欲しい。

また、プロジェクトで生み出されたガラスの微細加工に関する技術は汎用性に富むため、対象とする波長範囲を広げることで他の分野への展開も大いに期待される。とりわけ赤外域を対象とした医療、生命、セキュリティの分野への展開は意義のあるものであり、さらなる研究を進めて欲しい。

今後、グローバルな競合時代を迎え、一企業や一研究機関の枠を超えて、横断的なオールジャパンによる研究開発体制がますます重要となる。その場合、複数の研究機関の成果・知的資源を包括的にマネジメントする機構が必要である。なお、委託事業が科学的な観点からの新しい要素技術の開発を目的とするならば、単なる製品開発に留まらない真に必要な技術かどうかを問うための方策、例えば、助成事業

の一般公募なども今後の検討課題であろう。

## 2. 各論

### 1) 事業の位置付け・必要性について

ナノテク・部材イノベーション及びITイノベーションプログラムにおける重点分野の一つであり、これまで日本が技術的に得意とする分野をさらに強固にし、当該分野において、これからの世界的な優位性を確実にすることを狙う、時宜を得た重要な事業である。

また、ガラス表面にプレス成形でナノオーダーの構造を形成させる技術は、将来的にも非常に重要な技術であるが、高度な技術開発を要するので民間だけでの開発ではリスクが大きく、NEDOの事業として妥当である。

一方、事業効果として、充分大きな経済的効果が期待されるものの、応用の想定される産業分野は、社会状況や技術動向の変化が激しく、海外との競争も激しい分野である。今後、厳しい競争に伍していくためには、効果の詳細な検証と並行して積極的な技術開発を進めることも必要である。

### 2) 研究開発マネジメントについて

従来は個別・独立的に進められる基盤技術研究と実用化研究を同一事業の中で推進するという極めて困難なシステムにおける運営・展開であったが、プロジェクトリーダーの強いリーダーシップの下で、産総研、大学、メーカー等に分散していた関連技術の連携が十分行われ、集中研を軸とした委託事業と、応用を軸とした助成事業の二つのフェーズに分けた進め方が、うまく機能した。特に、成果の受け取り手がプロジェクトに参画し、事業化までの垂直立ち上げを強く意識した計画・体制により、十分な成果を上げたことは評価できる。

プロジェクトは、いったん走り出すと目標値達成が使命となりがちであるが、本プロジェクトのように実用化を目指す開発研究は、社会情勢やニーズの変化にフレキシブルに対応できることが重要であり、常に目標値を見直すシステムを整えておくことが必要である。

### 3) 研究開発成果について

研究成果に対する全体的な評価として、各テーマは目標値を十分に達成している。また、目標の一部は前倒し、あるいは目標を超えて達成されており、数値目標として挙げられた項目以外にも、実用を想定した的確な仕様が達成され、事業化に向けた取り組みが進められている。

開発されたガラス微細構造成型技術は世界的にもトップレベルにある技術であり、低コストかつ大面積のナノ構造形成技術を想定した目標と成果は、助成事業において示された各種応用展開に留まらない波及効果があり、今回の技術目標を達成した意義は今後ますます高まることが期待される。また、特許の出願、論文、学会等での発表、シンポジウムの開催、プレスリリース等、知的財産権の取得や成果の普及

は適切に実行されている。

一方、本プロジェクトは、競争の激しい分野であり、他の競合技術を常に比較検討し、本開発で得られた技術の優位性を常に見極めて行く必要がある。また、実施者に限らぬ国内産業の発展にも成果が十分活かされるよう、ノウハウ的な部分の成果についても、可能な範囲で普及に努めて欲しい。

#### 4) 実用化の見通しについて

ガラスの微細加工に基づく光の変調現象の発現とそれを利用した光学部品、光学素子の開発、具体的なシステムや製品への展開にかかわるビジョンは明確であり、本プロジェクトによって開発された新しい材料や新規なプロセス技術を助成事業に引き継ぎ、実用化への技術課題を明確にして、事業化に向けて取り組んでいる。また、企業内および企業間の研究開発が明確で、実用化に向かって計画は着実に進んでいる。

一方、市場規模や成長性は常に変化しており、また新たな技術開発も進んでいるので、競合技術の性能およびコストに対して差別化できる技術になり得るかが課題となる。市場が要求するコスト及びそれに対応できる技術的な見通しを見極めながら、実用化技術の開発を進めてほしい。

なお、これまで予想してきた市場とは全く異なる市場への波及効果も期待できるので、種々の分野での本技術の利用可能性についても調査してほしい。

## 個別テーマに関する評価

	研究開発成果について
高屈折・低屈伏点ガラスの研究	<p>市販されている光学ガラスの屈折率と屈伏点の広範なデータに基づいて目標値が的確に設けられ、非常に多くの成分と組成を検討して、光学ガラスとしては未だ実用化されていない世界最高レベルの高い目標を達成している。ガラス組成の探索の際、単なる試行錯誤ではなく、高屈折率と低屈伏点の観点から主としてビスマスホウ酸塩系とビスマスリン酸塩系に重点を置き、目的の物性のガラスを得ることに成功している。また、プロジェクトに参画しているユーザーである製品メーカーとの共同開発であるので、開発されたガラス素材の確実な普及につながっている。</p> <p>一方、ガラスの組成開発としては、数値目標に表れない仕様の中にも、実用性の重要な指標となるものがあり、高屈折・低屈伏点の目標値だけでは評価が難しい面もある。素材を実用するには、最終製品としてのトータルな機能が優れていることが重要であるので、普及への見直しは周辺部材との適合性やコスト等、目標値以外の物性も含めて総合的に評価する必要がある。</p>
サブ波長微細構造成型技術の開発	<p>モールドの形状や材質、さらには耐久性に至るまで、コストや量産性といった事業化を意識しながら、プレス成型により、大面積に高アスペクト比で微細構造を形成する技術を開発し、偏光分離、反射防止、屈折・回折制御などの素子に適応できる微細構造形成を可能にした。これらは世界的にもハイレベルの技術であり、実用化可能な光学材料・デバイスの開発に成功した点は高く評価できる。また、知財の確保も適切になされており、プレス発表など成果の普及にも積極的に努めている。</p> <p>一方、高度な基盤技術を確立できたが、実用化に向けては耐久性、信頼性など、モールドの材質と構造、ガラス組成、加工の条件など複数の側面からのさらなる検討が必要である。</p> <p>今後、ガラスのプレス成型によって形成されるアスペクト比、周期性、曲面形状などの微細構造の限界を明らかにすれば、本技術の応用範囲の見極めが可能となり、新分野・新市場への展開の可能性が拡大する。</p>

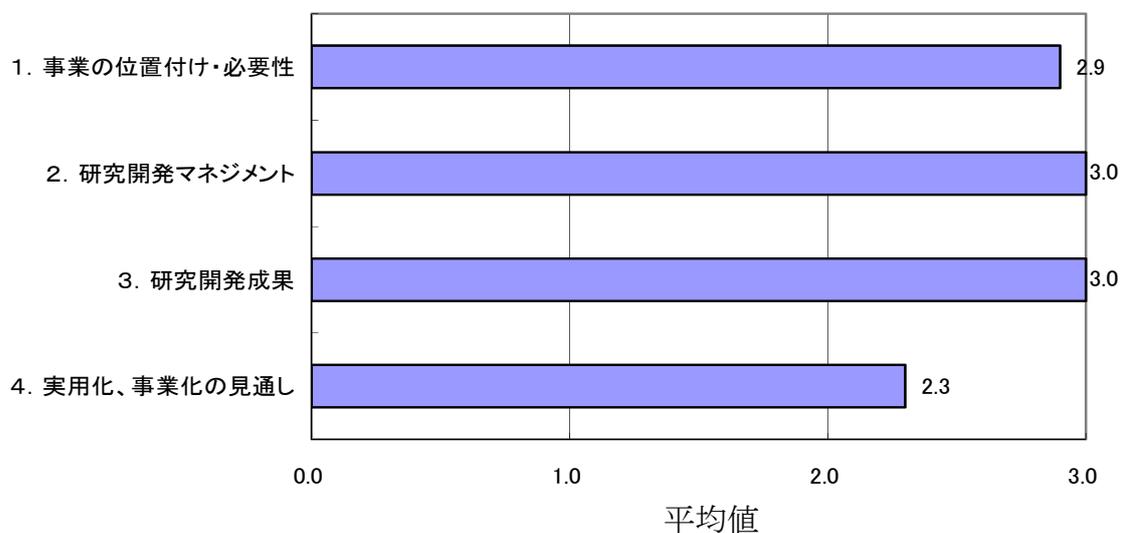
	研究開発成果、実用化・事業化の見通し及び今後の提言
偏光分離素子の開発	<p>新規開発されたガラス材料を用いてモールドによる複合的な構造を形成し、単一のガラスプリズム表面で波長板の機能と位相制御を実現するなど、実用レベルをクリアする特性が実機検証として得られており、目標は達成されている。偏光に依存した種々の特性を高い自由度で実現できるものであり、想定されている光ディスク光学系以外にも、各種の光学機器への波及効果も十分期待される。</p> <p>一方、光ディスク光学系は、既に従来技術で相当の高機能が低価格で実現されており、競合技術に対しての優位性を見極める必要がある。また、量産化する場合、プレス成型部の精細性、連続プレスの耐久性・信頼性など、コストや生産性については、まだ確認すべき課題を残している。</p>
屈折・回折複合素子の開発	<p>ガラスの成型過程ではモールドの問題点を的確に解析・解決し、ガラス表面に精度良く微細構造を形成した。さらに屈折率とアッベ数の観点から樹脂との整合性の良いガラス組成の開発も行い、解像度、コントラストなど従来レンズに比べて同等以上の性能を持つ屈折・回折レンズの作製や大面積加工に成功して、当初の目標値をクリアしており、評価できる。</p> <p>実用化に関しては、樹脂のみを複合化したレンズに対する優位性が具体的に示されており、従来技術に比べ高品位な画像を提供できるとともにレンズ系を短縮できるので、本技術はDSC（デジタルスチルカメラ）製造技術における重要技術となり、市場規模の拡大に貢献できる。</p> <p>一方、ガラスの成型過程において、屈伏点の低いガラスでは離型の際に割れが生じる傾向が見られる。製品としての特性には問題がないとのことであるが、本プロジェクトの主旨の一つである低屈伏点ガラスの開発の観点からは、この種のガラスであっても割れを防ぐことが可能なプロセスを見いだすことを実用化や量産化に向けて考慮すべきである。</p>
広帯域無反射素子の開発	<p>微細構造を持つ曲面モールドの作成およびそのプレス成型の基礎技術を確立し、錘型微細構造が2次元に形成された広帯域反射防止素子を開発して、設定した目標を達成し、実用化可能な素子を製造出来る見通しを得たことは評価できる。複数の競合技術に対する優位性が発揮されており、新規な特性をもたらす差別化技術として今後の事業化が期待できる。さらに、曲面上に反射</p>

防止構造を形成し、ゴースト、回折フレアなしの高難度の技術の開発により、他分野や新分野での応用発展性など当初の想定外の波及効果についても期待される。

一方、実用化に関しては、モールドの寿命が重要であり、高耐久性モールド材の改良やガラス組成の改善などの問題が残されている。また、量産化する場合には、他のコーティング技術との性能やコスト面での優位性を明確にする必要がある。

今後、現在市場に出ている同機能を持つ素子に対し、構造を制御できるメリットを活かした機能的な差別化ができることに期待したい。

## 評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	B	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	B	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
3. 研究開発成果について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	B	A	A	B	B	B	B	B

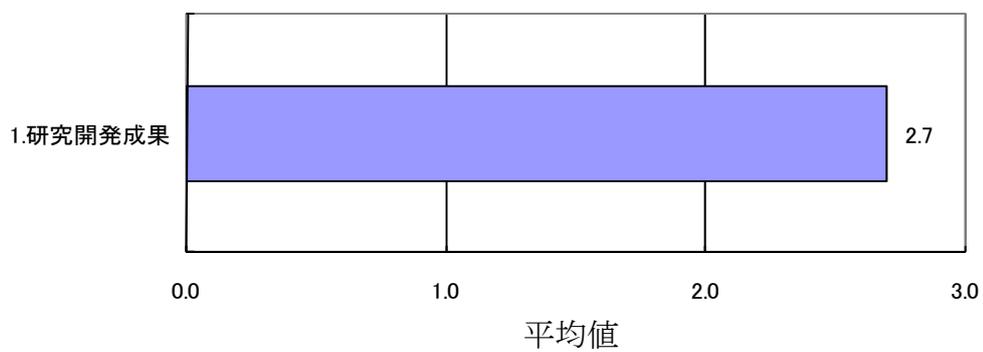
(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

### 〈判定基準〉

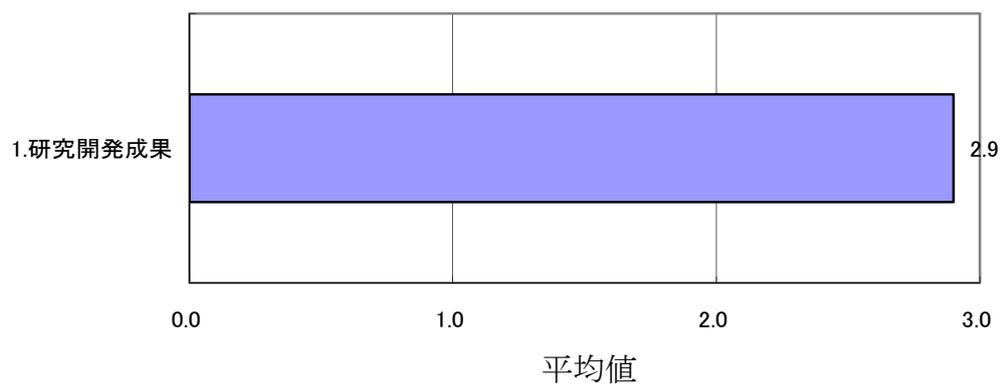
1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D

## 評点結果〔個別テーマ〕

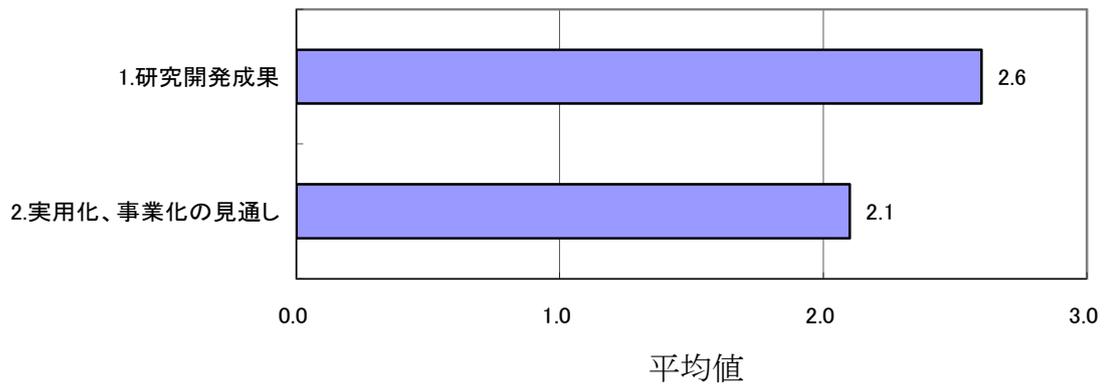
### 高屈折・低屈伏点ガラスの研究



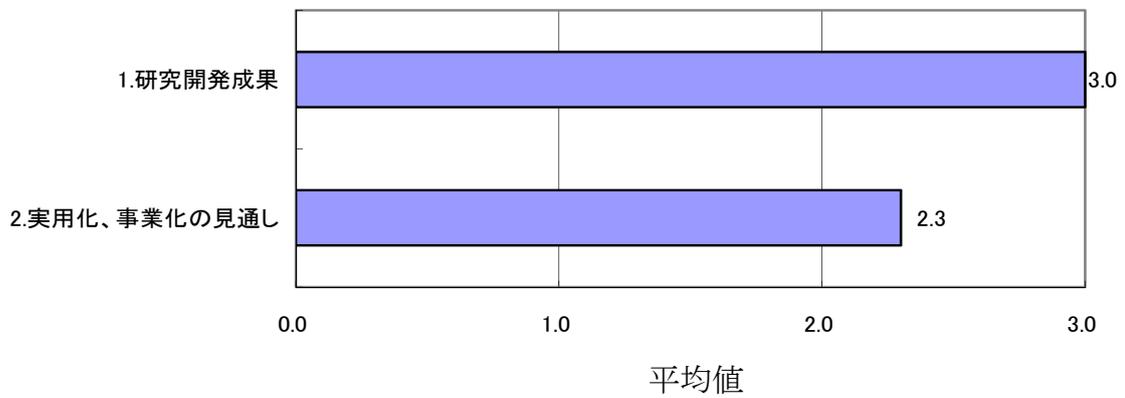
### サブ波長微細構造成型技術の開発



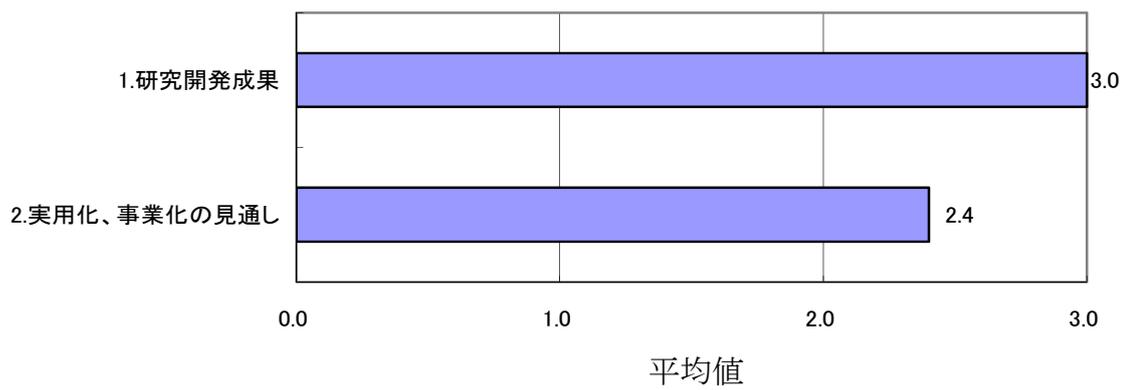
### 偏光分離素子の開発



### 屈折・回折複合素子の開発



### 広帯域無反射素子の開発



個別テーマ名と評価項目	平均値	素点 (注)							
高屈折・低屈伏点ガラスの研究									
1. 研究開発成果について	2.7	A	B	B	A	A	A	A	A
サブ波長微細構造成型技術の開発									
1. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	A	B	A	
偏光分離素子の開発									
1. 研究開発成果について	2.6	A	A	B	A	A	B	B	
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.1	B	A	B	B	A	B	C	
屈折・回折複合素子の開発									
1. 研究開発成果について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.3	B	A	A	B	B	B	B	
広帯域無反射素子の開発									
1. 研究開発成果について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 実用化、事業化の見通しについて	2.4	B	A	A	B	B	A	B	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 研究開発成果について	2. 実用化、事業化の見通しについて
・非常によい	→A ・明確 →A
・よい	→B ・妥当 →B
・概ね適切	→C ・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない	→D ・見通しが不明 →D