

## ナノテク・部材イノベーションプログラム

# 「超ハイブリッド材料技術開発」

(ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発)

## プロジェクト全体概要説明

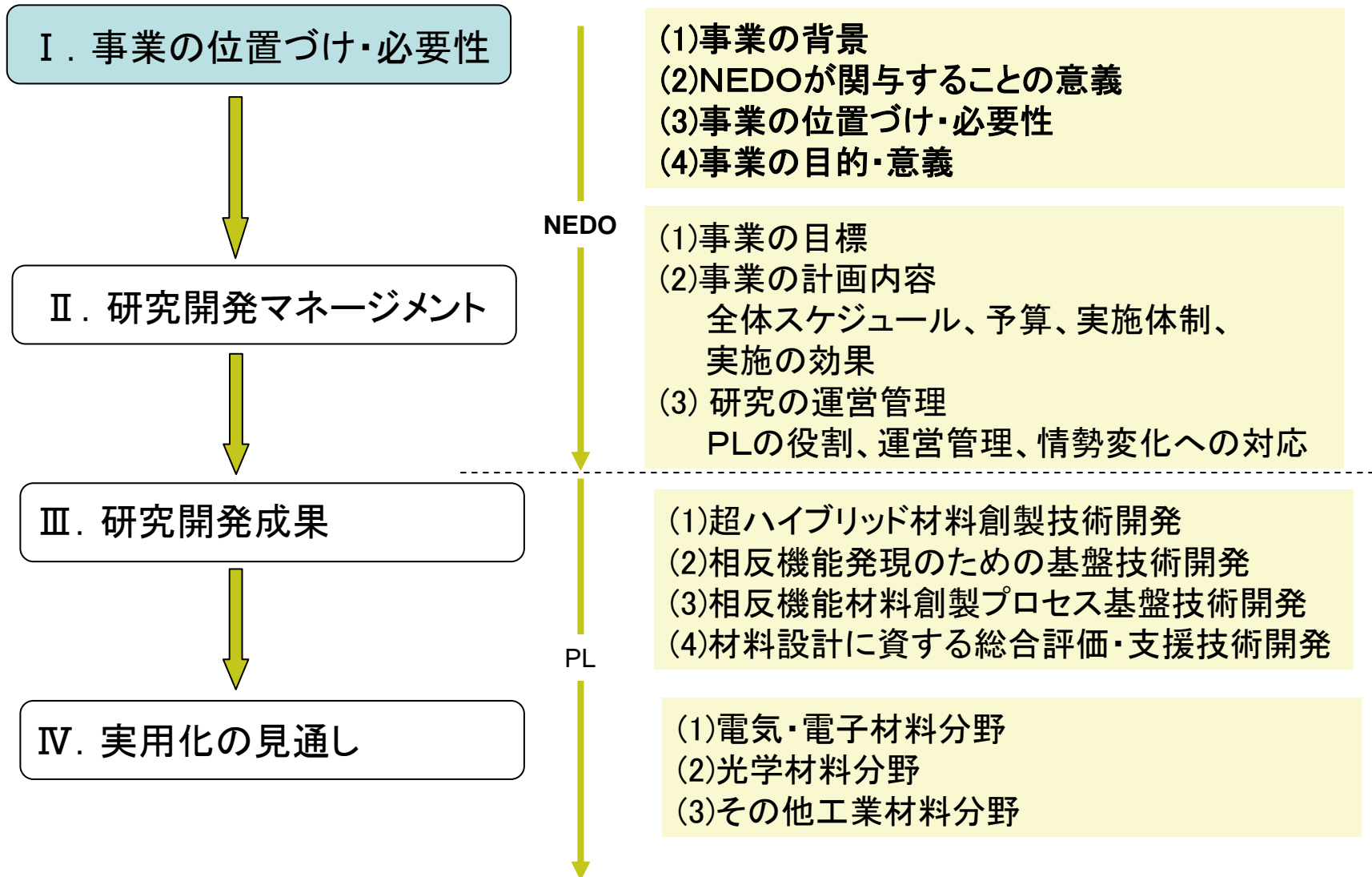
### 4. 1 事業の位置づけ・必要性、研究開発マネジメント

平成21年7月6日

新エネルギー・産業技術総合開発機構  
ナノテクノロジー・材料技術開発部

## 超ハイブリッド材料技術開発プロジェクト

## 概要説明 報告の流れ



# 事業の背景

## 超ハイブリッド材料の概要

高熱伝導材料(電子・電気分野)

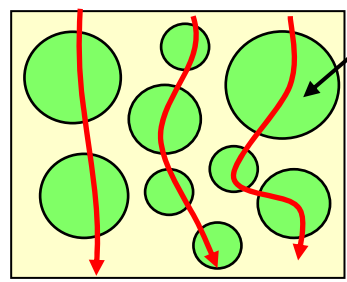
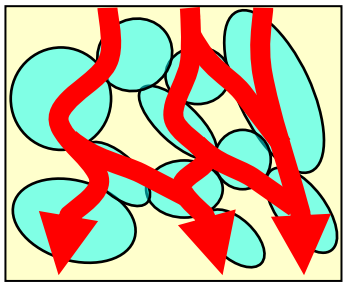
高屈折率材料(光学分野)

超ハイブリッド  
ナノ粒子表面・配列制御  
パス形成

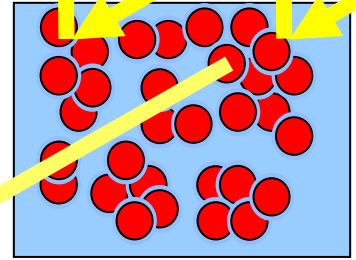
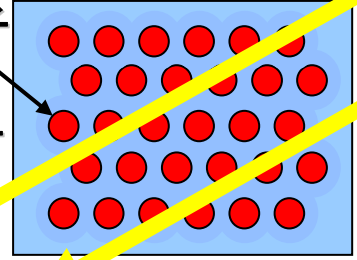
従来材料

超ハイブリッド  
ナノ粒子表面制御  
高濃度・完全分散

従来材料



無機粒子  
ポリマー



高熱伝導・易成形性

低熱伝導・難成形性

高屈折率・高透過率  
易成形性

高屈折率・低透過率  
難成形性

熱伝導 ↔ 成形性  
トレードオフ

高屈折率 ↔ 透過率  
成形性  
トレードオフ

超ハイブリッド材料

界面・ナノ構造制御によりトレードオフ(相反)を解消した有機・無機複合材料

# 事業の背景

情報家電・自動車分野

パワーデバイス・ICパッケージ



放熱材料・封止材料

材料メーカーへの要求

高热伝導性 ↔ 易成形性  
絶縁性      **トレードオフ**

高分子・金属・セラミック単体材料では実現できない

有機・無機複合材料開発  
(従来ハイブリッド)

材料メーカーの対応

高度情報通信分野

レンズ・反射防止膜



光学材料

高(低)屈折率 ↔ 易成形性  
**トレードオフ**

トレードオフの特性を両立できず

ナノテクノロジー活用

界面・ナノ構造制御

既存材料の複合化を分子レベルで制御



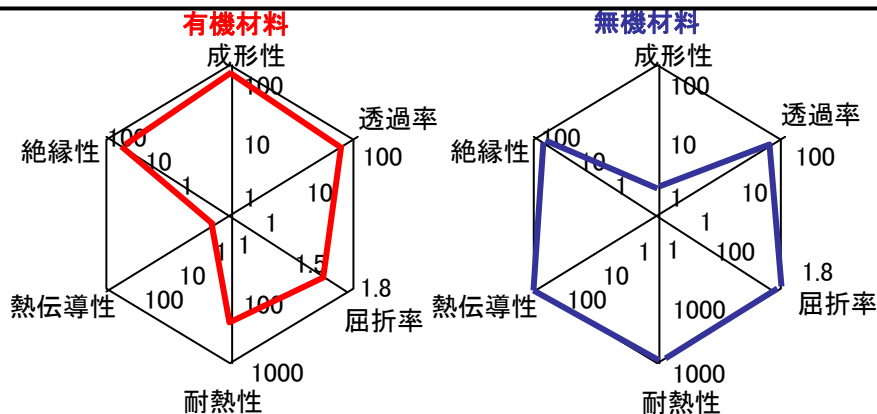
トレードオフの解消

# 事業の背景

## 従来材料

★ **軽くて成形性・加工性の良い有機材料**

★ **熱伝導性が高く耐熱性がある無機材料**



成形性が良く熱伝導性の高い材料があれば...

成形性が良く耐熱性の高い材料があれば

成形性が良く屈折率の高い材料があれば...



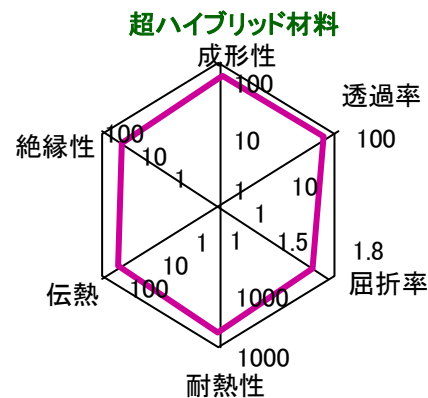
トレードオフ

従来の材料では両方を実現することは困難

## 超ハイブリッド材料

★ **軽くて加工性の良い熱伝導性が高く、**

**耐熱性がある超ハイブリッド材料**



— **トレードオフの解消により大幅に高性能化** —

電子・電気材料

インバータ

放熱性の向上によるインバータの小型化と性能向上

その他工業用材料

駆動部材

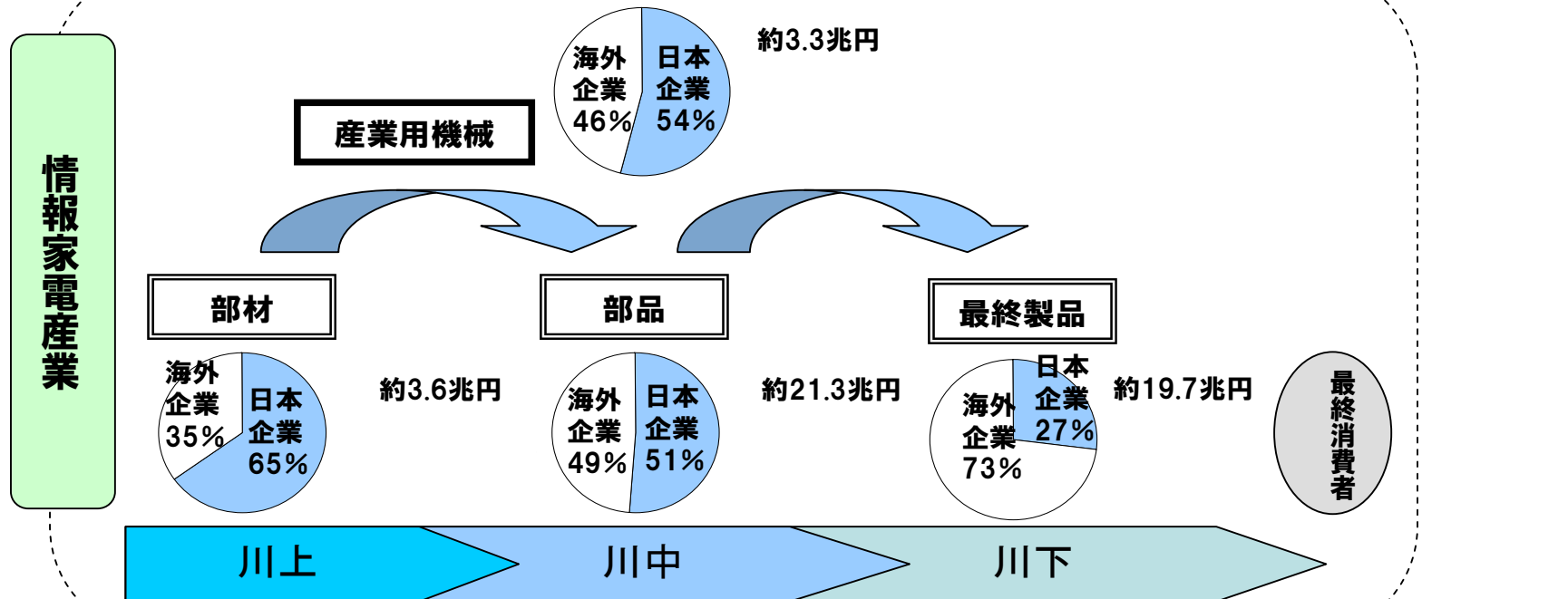
放熱性の向上による燃料電池車用高性能小型モーターハウジング

光学材料

レンズ

高屈折率化による部品の小型化

# 事業の背景



川上の部材産業のシェアは高い  
部材産業を支えるのは材料産業  
汎用材料はアジア諸国のキャッチアップ進行

- ・高度な材料・基盤技術開発必要
- ・トレードオフ解消を狙った試みはあるが成功例はない



超ハイブリッド材料技術開発

# NEDOが関与することの意義

## 超ハイブリッド材料技術開発

- 従来の材料では実現不可能であったトレードオフ(相反機能)を解消する新材料の実現
- 将来、幅広い産業分野で利用される基盤技術の形成
- 研究開発の難易度が高い
- 長期間、投資規模大→開発リスク大

### <我が国の材料産業>

汎用材料はアジア諸国のキャッチアップ進行

課題;次世代の部材分野でのイノベーションを促進

**NEDOによる国家的、集中的実施が必要**

# 事業の位置づけ・必要性

## イノベーションプログラムの中で実施

### 1. 「イノベーションプログラム」の中での体系的推進 (Inside Management & Accountability)

- 経済産業省の全ての研究開発プロジェクトは、政策目標毎に7つの「イノベーションプログラム」の下で体系的に推進。
- 各プログラムの中で、政策目標に向けたプロジェクトの位置付けと目標の明確化、市場化に必要な関連施策(規制改革、標準化等)との一体化を図り、イノベーション実現に向け各プロジェクトを効果的に推進。

### 2. 「技術戦略マップ」に基づく戦略的企画立案 (Outside Communication & Networking)

- 先端産業技術動向を把握し、国が取り組むべき技術課題とイノベーションの道筋を明確化するため、産学官で協働するロードマッピング手法を導入(『技術戦略マップ 2005/2006/2007/2008』)。
- 研究開発プロジェクトの選定に当たっては、イノベーションプログラムにおける政策目標を基に技術戦略マップに位置付けられた重要技術課題を抽出し戦略的に企画立案。

#### IT IPG

- ①ITコア技術の革新 94億円
- ②省エネ革新 42億円
- ③情報爆発への対応 44億円
- ④情報システムの安全性等 63億円

21年度予算 244億円

#### ナノテク・部材 IPG

- ①ナノテク加速化領域 36億円
  - ②情報通信領域 28億円
  - ③ライフサイエンス・健康・医療領域 16億円
  - ④エネルギー・資源・環境領域 78億円
  - ⑤材料・部材領域 27億円
  - ⑥共通領域 4億円
- 21年度予算案 188億円

#### ロボ IPG

- ① 12億円
  - ② 12億円
- 21年度予算 50億円

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

#### 環境 IPG

- ① 102億円
  - ② 28億円
- 21年度予算 130億円

#### エネルギー IPG

- ①総合エネルギー効率の向上 707億円
- ②運輸部門の燃料多様化 278億円
- ③新エネルギー等の開発・導入促進 369億円
- ④原子力等利用の推進とその大前提となる安全の確保 268億円
- ⑤化石燃料の安定供給確保と有効かつクリーンな利用 479億円

21年度予算 1,281億円※2

#### 環境安心 IPG

- ①地球温暖化防止新技術 60億円
- ②3R 33億円
- ③環境調和産業バイオ 57億円
- ④化学物質総合評価 11億円
- ⑤共通領域 4億円

21年度予算案 165億円

#### 航空機・宇宙産業 IPG

- ①航空機産業の基盤技術力の維持・向上 233億円
- ②宇宙産業の国際競争力強化 87億円

21年度予算案 320億円

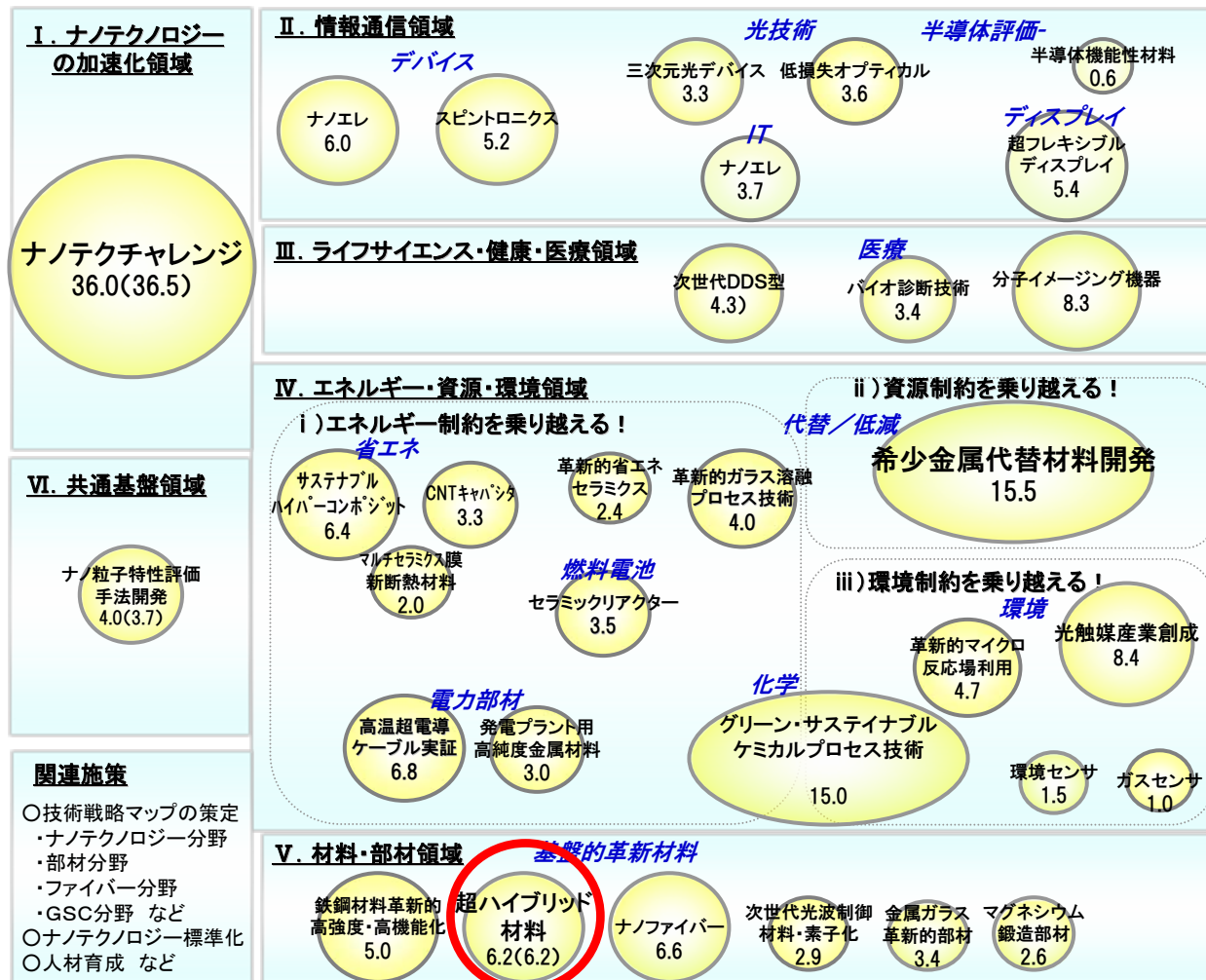


# 事業の位置づけ・必要性

## 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】

- 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。



### IPGの目標

-ナノテクによる非連続技術革新-

世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。

-世界最強部材産業による価値創出-

我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。

-広範な産業分野での付加価値増大-

ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。

-エネルギー制約・資源制約などの課題解決-

希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギー社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

# 事業の位置づけ・必要性

## 経産省技術戦略マップ

### [部材]情報家電分野-半導体関連部材(パワーデバイス材料)

#### 2. 情報家電分野

技術番号	対象部材 (大項目)	対象部材 (小項目)	出口から部材に対し求められる機能	求められる機能を発現する高度部材
2-01-01	半導体 関連部材	パワーデバイス材料	大電流、高電流密度、処理性能、低コスト、導電性・高硬度	窒化物半導体/SiC/ダイヤモンド/CNT/パワーデバイス、有機・無機ハイブリッド材料
2-01-02		層間絶縁材料	低誘電率、低誘電損失、高速化、微細化、低消費電力化	ブロック共重合体、フッ素系、有機無機複合
2-01-03		LSIプロセス用材料	微細加工対応(光反応性、平坦化性、高精密性)、高易加工性	脂環式高分子レジスト、無機有機複合CMP材料、高易加工性材料(NiW)、高精密金属金型材料(WC)
2-01-04		超ホール輸送材料、横方向輸送材料	電荷輸送性	高分子、複合材料、ナノ誘電体
2-01-05		ローパワーデバイス材料	小電流化、低電流密度	アンチモン化インジウム、high-k材料

# 事業の位置づけ・必要性

## 経産省技術戦略マップ

### [部材]光学部材(空間光制御部材)

2-04-01	光学部材	光メモリ用光学部材	光ピックアップ用光学部材	紫外透過、低損失	ワイドバンドギャップ無機材料(微量成分添加、ハイブリッド化、耐熱性の向上)、高純度ポリマー材料(高純度化、耐熱性の付与)	
2-04-02			光記録媒体(ホログラフィ、光テープ)	高精度化、高アスペクト比化	一次元サブ波長構造体(矩形周期構造形成、製造コスト低減)	
2-04-03			超高密度光メモリ用記録再生部材	高速性、低電力、高S/N 高密度化	高屈折率変化フォトポリマー材料(高感度化、多重度の増加) 無機材料(相構造変化)、スーパーアトム(構造制御)、多層化(焦点深度内薄層多層化)	
2-04-04	撮像用光学部材		結像マイクロレンズ	短焦点・無収差	高屈折率・低分散ガラス(希土類、重元素、ハロゲン添加、無鉛化)、屈折率制御ガラス材料(屈折率制御)、高屈折・低分散ポリマー材料(ナノ粒子分散、屈折率温度無依存性(アサーマル))	
2-04-05			無反射コート膜	無反射	2次元サブ波長構造体(円錐・四角錐周期構造形成)	
2-04-06	空間光制御部材	FPD用光学部材	表示機構	偏光制御	1次元サブ波長構造体(矩形周期構造形成)、LCD用各種フィルム(製造コストの低減)	
2-04-07				フィルター	反射制御	3次元サブ波長構造体(円錐・四角錐周期構造形成)
2-04-08			干渉制御		有機電子発光材料(製造速度向上)	
2-04-09			位相制御	1次元サブ波長構造体(製造速度向上)		
2-04-10			界面コート膜	波長制御	IRカットフィルター(色素分散形成)	
2-04-11			透明電極膜	透明、低電気抵抗、低価格	ワイドバンドギャップ透明電極(AZO,GZO,TiO2など)(インジウム代替の酸化物および導電性高分子)	
2-04-12			液晶プロジェクションディスプレイ用光学部材	無反射	偏光制御	多層膜(大面積・高効率・広波長帯域化技術)
2-04-13						1次元サブ波長構造体(面折型(矩形周期構造形成)、反射型(ワイヤーグリッド形成))、微粒子分散材料(吸収型(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御などによる可視域透過型構造形成))、近接場相互作用ナノ構造部材(発光型(金属ナノ構造寸法・位置高精度制御))
2-04-14			隔壁部材	高精度発光セル部材	リブ基板(高速成形)	
2-04-15			防湿部材	低透湿	低透湿多層膜(低透湿材料合成)	

# 事業の位置づけ・必要性

## 経産省技術戦略マップ

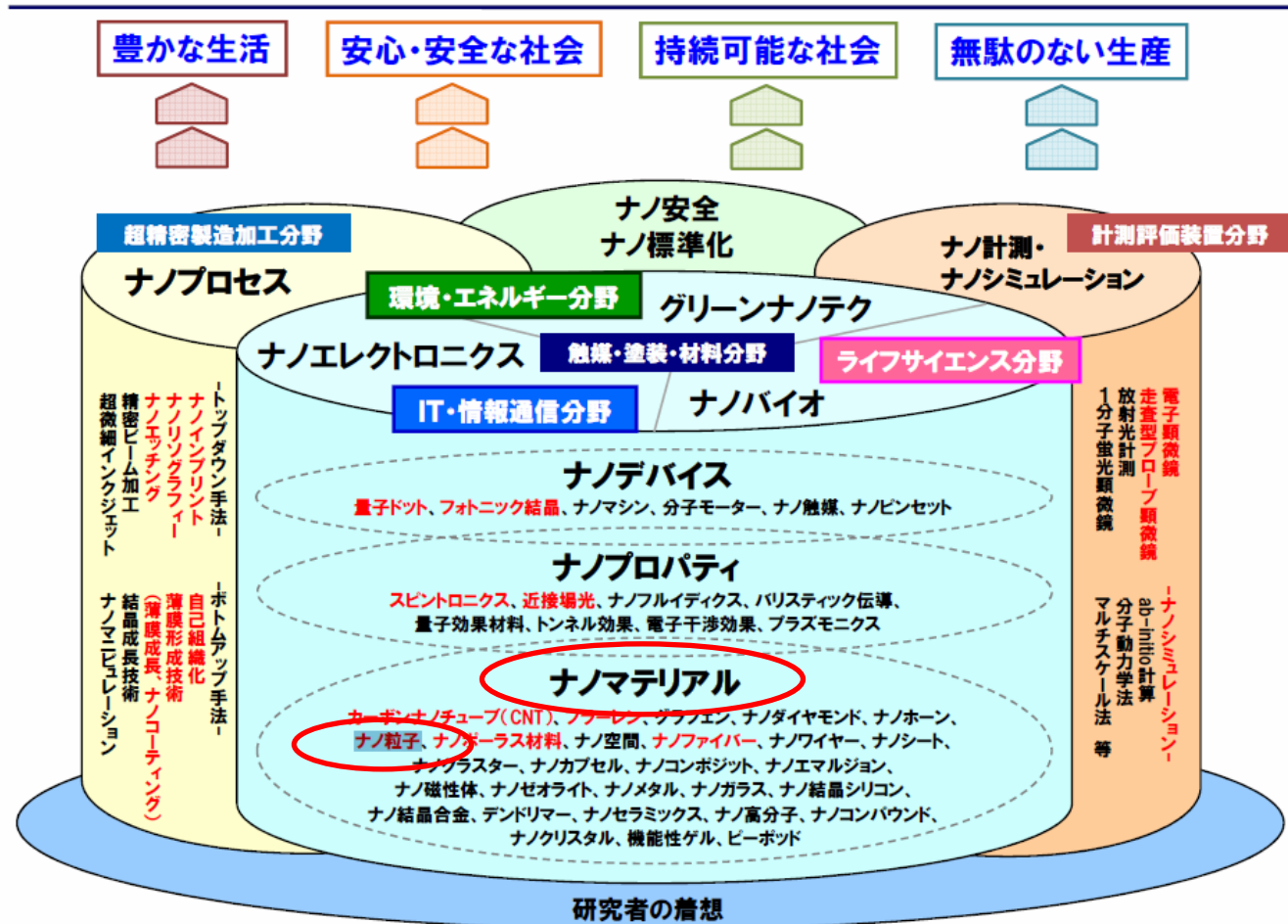
### [部材]ディスプレイ部材(透明多機能膜)

2-05-01	ディスプレイ部材	駆動用半導体	AmSi並の移動度、高オンオフ比	CNT分散有機半導体
2-05-02		回路部材	導電性、透明性、柔軟性、耐熱性、低価格化	印刷による回路形成用導電性高分子(ペースト)、分子導細線、CNTビア配線材料
2-05-03		ガラス代替パネル	軽量化、低価格化、可とう性、透明・軽量	プラスチックパネル・膜(透明高分子)
2-05-04		基板	可操性、低膨張係数	有機材料、有機無機複合材料
2-05-05		透明多機能膜	超低透水性、ガスバリア性、光位相制御、柔軟性、防汚性、表面反射抑制、光利用効率、耐熱性、耐機械性、紫外透過	有機膜材料、機能ガラス、ナノ加工・アトリソグラフィによる微小光学部材(ナノファイバー)、有機-無機ハイブリッド材料、偏光子
2-05-06		ブラックマトリクス	遮光性、光反応性	高分子、有機材料
2-05-07		発光材料(光源)	高輝度、高効率、長寿命、低エネルギー	燐光、蛍光発光材料(有機)、無機LED、有機EL(高分子、低分子、 dendrimer)、高効率低速電子励起発光材料(無機)
2-05-08		絶縁膜材料	表面化学特性制御、機械特性、均一薄膜形成	ケイ素系基板適合低誘電率材料
2-05-09		FED電子源	高導電性、易電子放出特性、低価格、均一性	スーパーグロースCNT

# 事業の位置づけ・必要性

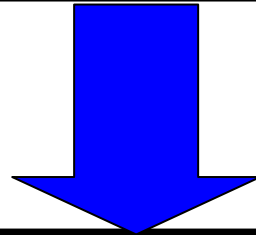
## 経産省技術戦略マップ [ナノテク]ナノマテリアル-ナノ粒子

ナノテクノロジー分野の技術マップ (1/1)



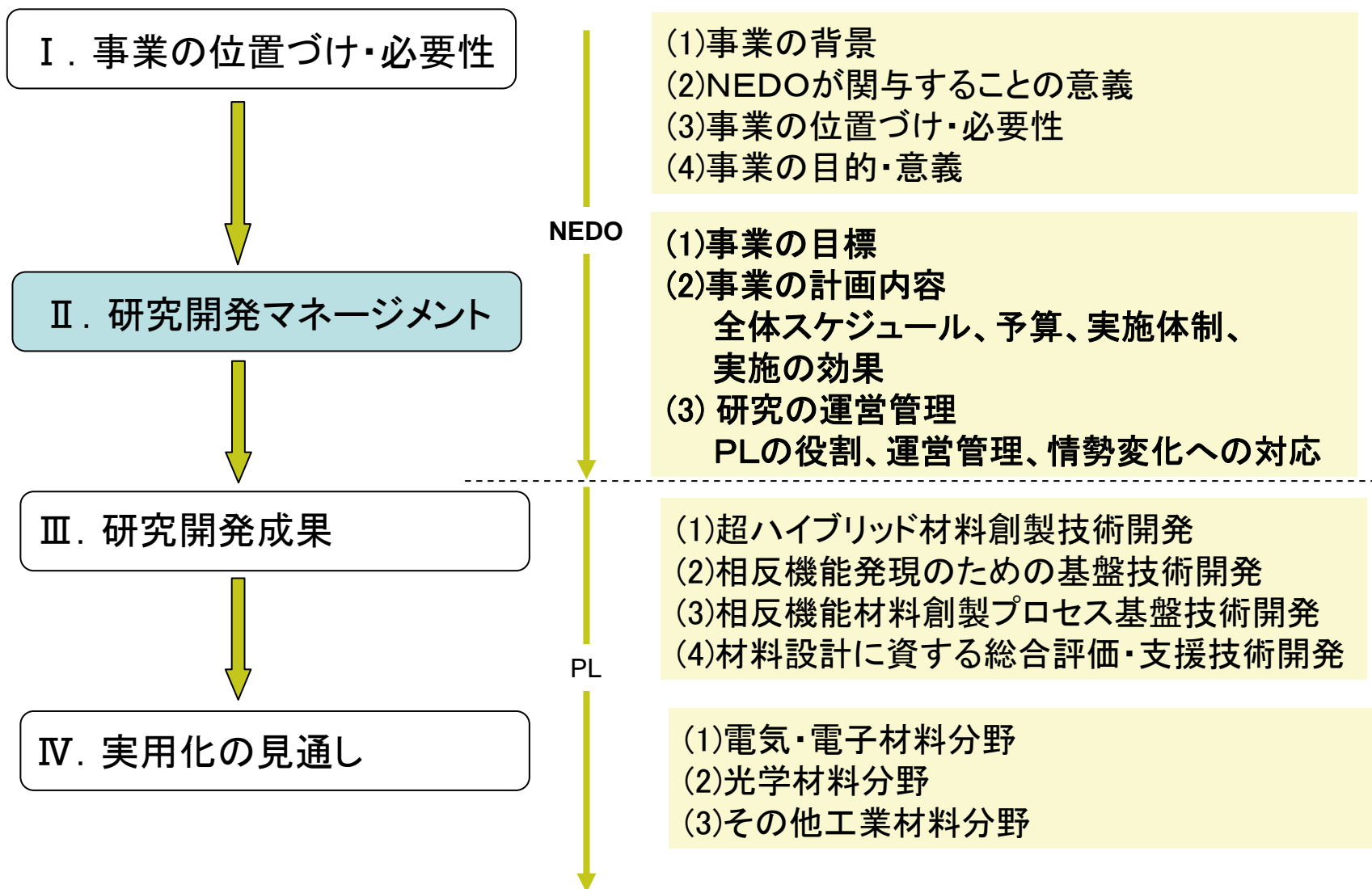
## 事業の目的・意義

1. 単一材料では達成できない高機能部材の実現が、我が国モノ作りの国際競争優位を維持・強化するために必要不可欠である。
2. 有機材料に無機材料を混ぜていくと、無機材料の性質が付加されるものの、有機材料の長所が失われる。界面制御、ナノ構造制御により、有機材料の長所と無機材料の長所を兼ね備えた超ハイブリッド材料を創製する。
3. 分子レベルでの表面修飾や界面制御などにより、材料構造が制御された合成技術、プロセス技術等に関する基盤技術を開発する。

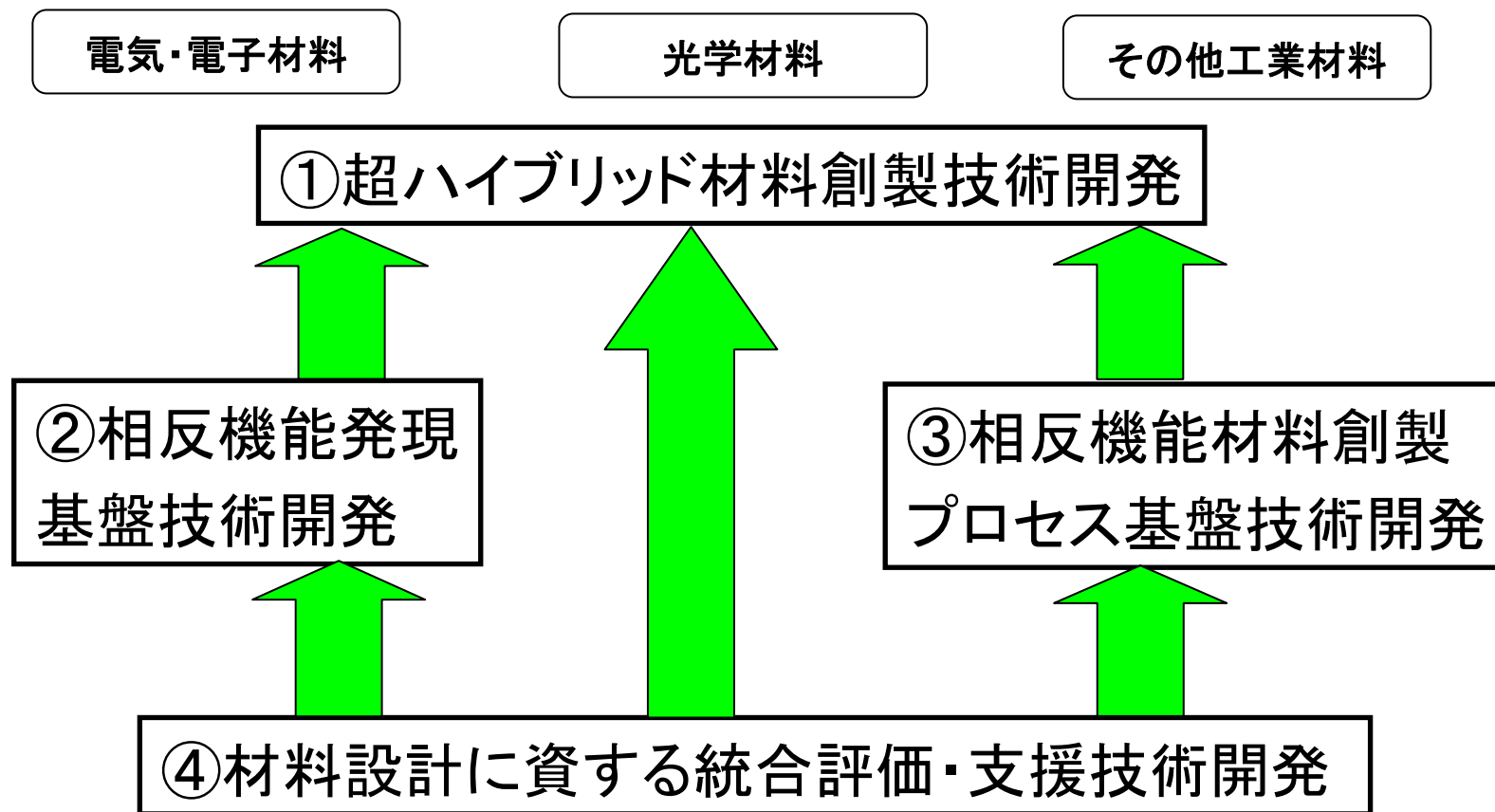


トレードオフとなる有機材料の長所と無機材料の長所を併せ持った超ハイブリッド材料、基盤技術を作り、日本の材料産業に貢献する。

# 超ハイブリッド材料技術開発プロジェクト 概要説明 報告の流れ



# 事業の目標





# 事業の目標

## ①超ハイブリッド材料創製技術開発

### 電子・電気材料分野

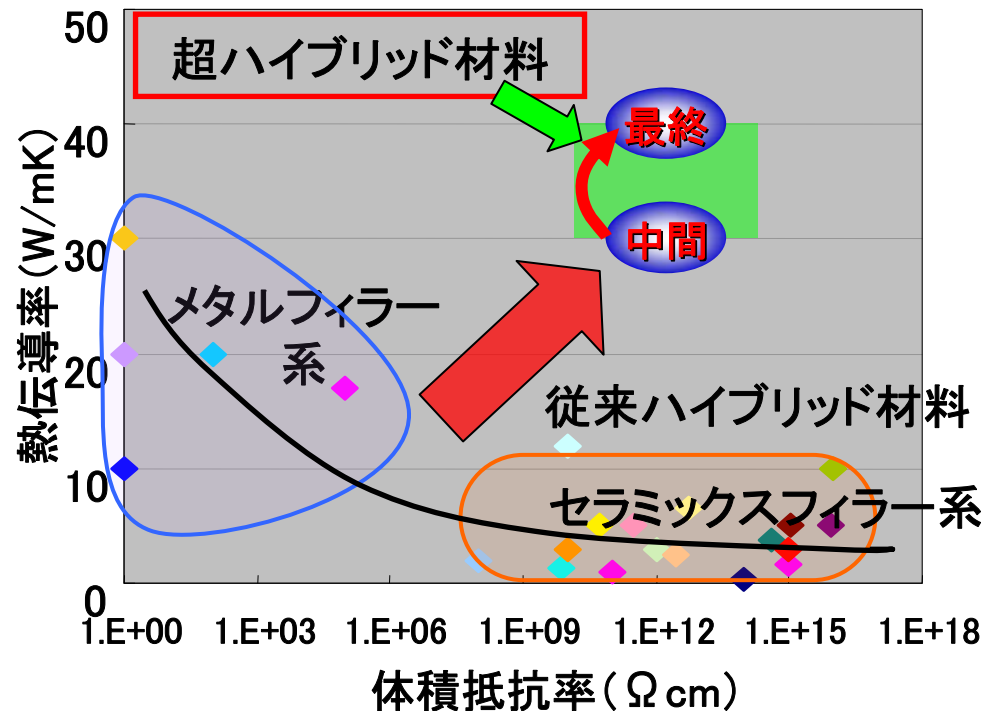
用途	中間目標(平成21年度末)	最終目標(平成23年度末)
パワーデバイス周辺材料 (モータ、自動車電装品)	熱伝導率 $\geq 30\text{W/mK}$ 耐熱性 $\geq 300^\circ\text{C}$ 絶縁破壊電圧 $\geq 30\text{kV/mm}$ 易成形性であること	熱伝導率 $\geq 40\text{W/mK}$ 耐熱性 $\geq 400^\circ\text{C}$ 絶縁破壊電圧 $\geq 50\text{kV/mm}$ 易成形性であること
ICパッケージ周辺材料 (非絶縁タイプ) (熱伝導材料、封止材)	熱伝導率 $\geq 40\text{W/mK}$ 接着強度 $\geq 1\text{MPa}$ (at $260^\circ\text{C}$ ) (熱サイクル1000回後)	熱伝導率 $\geq 60\text{W/mK}$ 接着強度 $\geq 1\text{MPa}$ (at $260^\circ\text{C}$ ) (熱サイクル1000回後)
	(絶縁タイプ) 熱伝導率 $\geq 7\text{W/mK}$ 体積抵抗率 $\geq 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ (at $150^\circ\text{C}$ ) 接着強度 $\geq 1\text{MPa}$ (at $260^\circ\text{C}$ ) (熱サイクル1000回後)	熱伝導率 $\geq 15\text{W/mK}$ 体積抵抗率 $\geq 10^{11}\Omega\cdot\text{cm}$ (at $150^\circ\text{C}$ ) 接着強度 $\geq 1\text{MPa}$ (at $260^\circ\text{C}$ ) (熱サイクル1000回後)
高放熱性材料	熱抵抗値 $\leq 0.03^\circ\text{C}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$ (厚み $10\text{--}100\mu\text{m}$ ) 硬化前粘度 $\leq 200\text{Pa}\cdot\text{s}$	熱抵抗値 $\leq 0.01^\circ\text{C}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$ (厚み $10\text{--}100\mu\text{m}$ ) 硬化前粘度 $\leq 100\text{Pa}\cdot\text{s}$
高耐熱材料	貯蔵弾性率の低下率 $\leq 10\%$ (室温と $300^\circ\text{C}$ での値の比較) 熱膨張係数 $\leq 2.0 \times 10^{-5}\text{K}^{-1}$ 硬化前粘度 $\leq 200\text{Pa}\cdot\text{s}$	貯蔵弾性率の低下率 $\leq 10\%$ (室温と $300^\circ\text{C}$ での値の比較) 熱膨張係数 $\leq 1.5 \times 10^{-5}\text{K}^{-1}$ 硬化前粘度 $\leq 100\text{Pa}\cdot\text{s}$

# 目標値設定の根拠

## パワーデバイス材料

中間目標(平成21年度末)
熱伝導率 $\geq 30\text{W/mK}$
耐熱性 $\geq 300^\circ\text{C}$
絶縁破壊電圧 $\geq 30\text{kV/mm}$
易成形性であること
最終目標(平成23年度末)
熱伝導率 $\geq 40\text{W/mK}$
耐熱性 $\geq 400^\circ\text{C}$
絶縁破壊電圧 $\geq 50\text{kV/mm}$
易成形性であること

アルミナ相当・セラミック代替可能  
(デバイス構造限定)  
SiCデバイス使用可能  
インバータ要求値の1.5倍  
樹脂の特徴維持



# 事業の目標

## その他工業材料分野

用途	中間目標(平成21年度末)	最終目標(平成23年度末)
放熱性材料 (液晶画面用LED放熱用 燃料電池車・ロボット駆動部放熱用)	熱伝導率 $\geq 20\text{W/mK}$ 成形粘度 $\leq 1000\text{Pa}\cdot\text{s}$ 耐衝撃性 $\geq 15\text{J/m}$ 比重 $\leq 3.5$ 体積抵抗率 $\geq 10^{12}\Omega\cdot\text{cm}$	熱伝導率 $\geq 40\text{W/mK}$ 成形粘度 $\leq 100\text{Pa}\cdot\text{s}$ 耐衝撃性 $\geq 24\text{J/m}$ 比重 $\leq 2.5$ 体積抵抗率 $\geq 10^{12}\Omega\cdot\text{cm}$

## 光学材料分野

用途	中間目標(平成21年度末)	最終目標(平成23年度末)
低屈折材料 (機能性光学薄膜、ディスプレイ基板 光導波路)	屈折率 $\leq 1.42$ 鉛筆硬度(JIS K5600) $\geq 3\text{H}$ 全光線透過率 $\geq 90\%$ 易成形性MFR(JIS K7210) $\geq 10\text{g}/10\text{min}$	屈折率 $\leq 1.4$ 鉛筆硬度(JIS K5600) $\geq 4\text{H}$ 全光線透過率 $\geq 90\%$ 易成形性MFR(JIS K7210) $\geq 30\text{g}/10\text{min}$
高屈折材料 (機能性光学薄膜、ディスプレイ基板 光導波路)	屈折率 $\geq 1.6$ 鉛筆硬度(JIS K5600) $\geq 3\text{H}$ 全光線透過率 $\geq 90\%$ 易成形性MFR(JIS K7210) $\geq 10\text{g}/10\text{min}$	屈折率 $\geq 1.7$ 鉛筆硬度(JIS K5600) $\geq 3\text{H}$ 全光線透過率 $\geq 90\%$ 易成形性MFR(JIS K7210) $\geq 10\text{g}/10\text{min}$

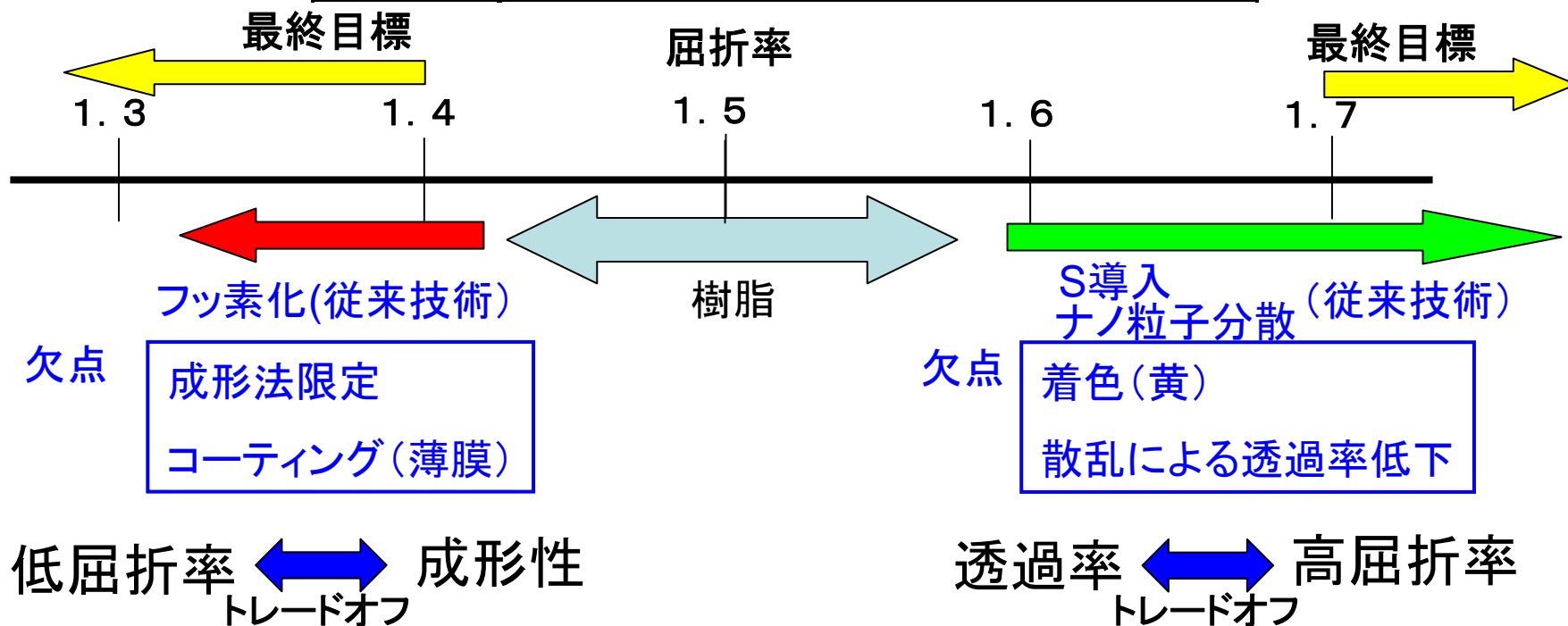
MFR:メルトフローレイト

目標達成を客観的に判断できるように、市場評価が可能な条件(形態・数量)を明らかにし、成果物を供試する。市場評価を受けて、実用化するための課題を客観的に抽出する。

# 目標値設定の根拠

## 光学材料分野

項目	最終目標(平成23年度末)
低屈折率	屈折率 $\leq 1.4$ 鉛筆硬度(JIS K5600) $\geq 4H$ 全光線透過率 $\geq 90\%$ 易成形性MFR(JIS K7210) $\geq 30g/10min$
高屈折率	屈折率 $\geq 1.7$ 鉛筆硬度(JIS K5600) $\geq 3H$ 全光線透過率 $\geq 90\%$ 易成形性MFR(JIS K7210) $\geq 10g/10min$



# 事業の目標

## ②相反機能発現基盤技術開発

[中間目標(平成21年度末)]

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」の達成目標に掲げる相反機能の発現手法を提供し、中間目標達成に寄与する。

[最終目標(平成23年度末)]

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」の最終目標に達成する相反機能の発現機構を明らかにし、それに基づき相反機能発現材料のナノ空間・構造制御手法を確立する。

## ③相反機能材料創製プロセス基盤技術開発

[中間目標(平成21年度末)]

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」の達成目標に掲げる相反機能の発現する材料を合成するプロセス技術を提供し、成果物を供試し、中間目標達成に寄与する。

[最終目標(平成23年度末)]

研究開発項目①「超ハイブリッド材料創製技術開発」の最終目標に達成する相反機能の発現する材料を合成するプロセスを確立する。

# 事業の目標

---

---

## ④材料設計に資する統合評価・支援技術開発

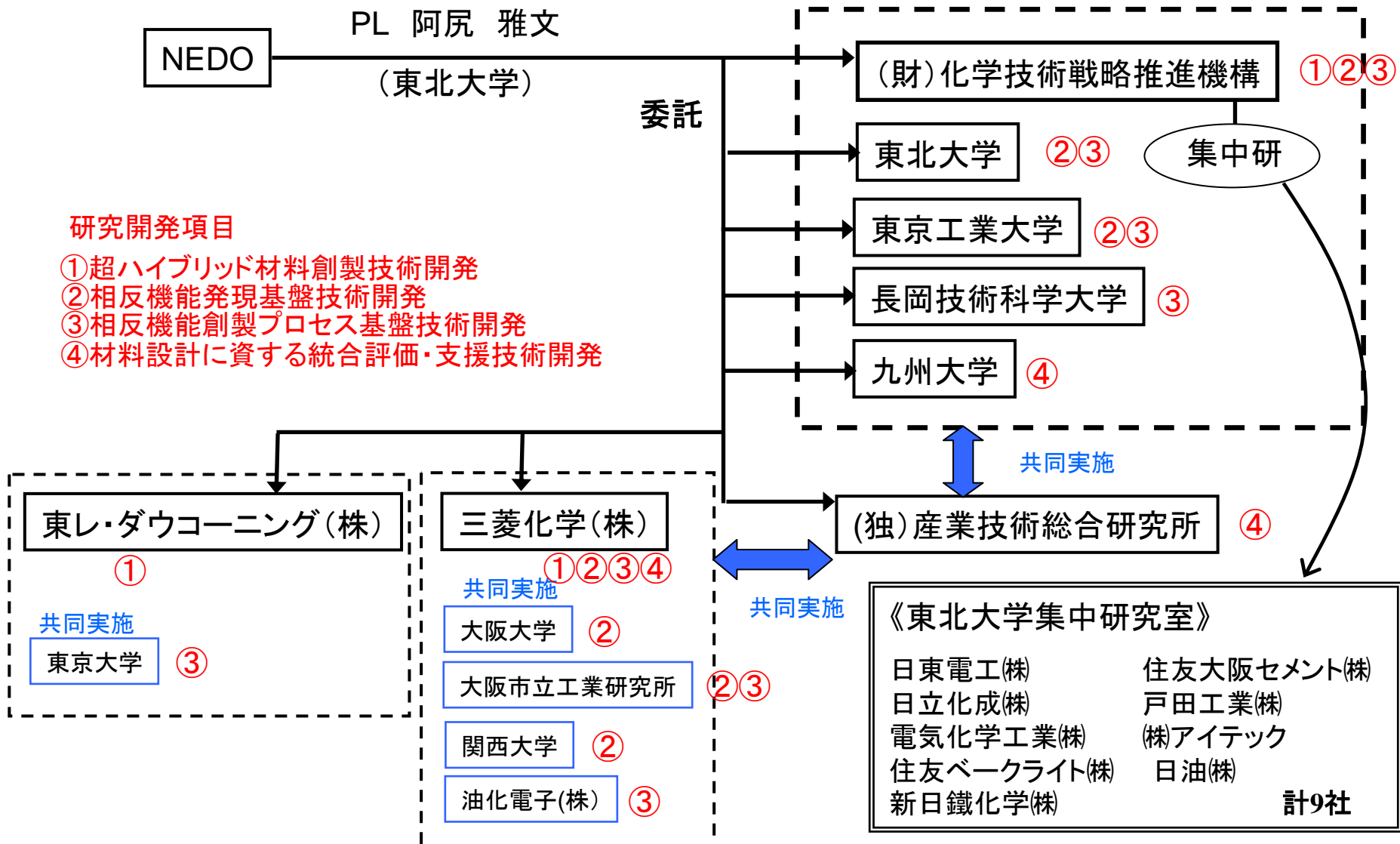
[最終目標(平成23年度末)]

相反機能材料の表面・界面、バルク・深さ方向の構造及び状態をナノレベルまでの分解能で複合的・多元的に解明できる計測手法を構築する。得られた計測結果に開発部材の機能評価、相反機能発現・相反機能材料創製過程における評価から得られる分解能、雰囲気などが異なる階層的なデータを統合、情報科学的に処理し、機能発現に関わる経験則などの新しい知識体系として取り出すための手法を開発する。得られた結果を超ハイブリッド材料の設計に反映させる。

# 事業の計画内容 全体スケジュール

研究開発項目	H19	H20	H21	H22	H23
①超ハイブリッド材料技術 電気・電子材料 光学材料 工業材料	基本検討・原理試作・評価		試作評価・ 実用化課題抽出	実用化検討(助成事業:助成率1/2)	
②相反機能発現基盤技術 界面制御・ナノ空間制御 構造制御・最適化技術	発現手法検討・手法提供			ナノ空間・ 構造制御技術確立	発現機構解明
③プロセス基盤技術 官能基導入ナノ粒子合成 均一分散・配列・配向 プロセス最適化	ナノ粒子流通式合成・技術・供試物提供			流通式大量合成	
	分散・配列・配向予備検討			分散・配列・配向技術開発	
	流通式装置導入・検討	スケールアップ・可視化技術		大量合成装置設計技術確立	
④統合評価・支援技術	概念設計 環境整備	データ収集・選定指針 統計処理アルゴリズム開発		統合プログラム 開発	設計支援 データ解析
	課題抽出	高度化		系統的なデータ収集と解析	

# 研究開発の実施体制



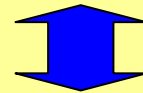


# 研究開発の実施体制

阿尻PL

ユーザ企業

垂直・水平連携



情報交換

## ①超ハイブリッド材料創製技術開発

三菱化学(株) 東レ・ダウ(株) JCI (日東電工(株) 住友大阪セメント(株) 日立化成(株)  
電気化学工業(株) 住友ベークライト(株) 日油(株) 新日鐵化学(株)

## ②相反機能発現基盤技術開発

東北大 東工大 三菱化学(株)  
(大阪大 関西大 大阪市立工業研究所)

## ③相反機能材料創製プロセス基盤技術開発

東北大 東工大 長岡技科大 JCI((株)アイアテック  
(株)戸田工業) 東レ・ダウ(株)(東京大学)  
三菱化学(株)(大阪市立工業研究所 油化電子(株))

## ④材料設計に資する統合評価・支援技術開発

(独)産業技術総合研究所・九州大学・三菱化学(株)

# PLの役割

**NEDO**

指示・協議



- 研究室の組織構成の決定
- 研究体所属研究者の選任
- 予算の配分
- 年度毎の概算要求案の策定
- 研究計画の変更
- 研究経過の報告
- 研究終了報告
- 研究体知的財産権取扱管理
- 論文発表管理
- 各種関係会議への対応、総括
- 事業計画の策定および実施

# 研究開発の実施体制(開発テーマと担当)

## ①超ハイブリッド材料創製技術開発 10テーマ1法人9社

### 〈電気・電子材料分野〉

- ・次世代型放熱シートの開発 【JCII(日東電工(株))】
- ・高熱伝導絶縁シート材料の開発 【JCII(日立化成工業(株))】
- ・熱伝導性に優れた新規窒化ホウ素材料の開発 【JCII(電気化学工業(株))】
- ・高熱伝導性接着剤及び封止材の開発 【JCII(住友ベークライト(株))】
- ・ポリシロキサン系放熱性超ハイブリッド材料技術開発 【東レ・ダウコーニング(株)】
- ・ポリシロキサン系耐熱性超ハイブリッド材料技術開発 【東レ・ダウコーニング(株)】

### 〈その他工業材料分野〉

- ・超ハイブリッド材料創製技術開発 【三菱化学(株)】

### 〈光学分野〉

- ・低屈折率及び高屈折率光学材料の開発 【JCII(日油(株))】
- ・高屈折光学材料の開発 【JCII(新日鐵化学(株))】
- ・高屈折率光学材料の開発 【JCII(住友大阪セメント(株))】

\* JCII:(財)化学技術戦略推進機構

# 研究開発の実施体制(開発テーマと担当)

## ②相反機能発現基盤技術開発

11テーマ4大学1法人1機関1社

### 〈有機・無機材料界面の制御技術〉

- ・超臨界法による粒子界面制御技術開発 【東北大学】
- ・分子レベルでの面特異吸着による界面制御技術開発 【東北大学】

### 〈ナノ空間制御技術開発〉

- ・低屈折率樹脂中での均一分散基礎技術開発 【東北大学】

### 〈ナノ構造制御技術〉

- ・ナノ粒子表面の有機修飾の基盤技術開発 【東北大学】
- ・前駆体法による無機ナノ粒子分散系薄膜材料の開発 【東京工業大学】

### 〈ナノ空間・構造制御手法最適化技術〉

- ・表面修飾ナノ粒子と媒体との相互作用の評価法開発 【東北大学】
- ・パターン基板と表面修飾モデル粒子との相互作用解析による分散因子検証 【東北大学】
- ・マイクロ相分離による材料開発及び*in-situ*光学測定法開発 【東京工業大学】

- ・絶縁性と高熱伝導性を有する無機フィラーの開発 【三菱化学(株)(大阪大学)】
- ・液晶性エポキシ樹脂の開発 【三菱化学(株)(関西大学)】
- ・無機ナノ粒子-樹脂ハイブリッド化技術開発 【三菱化学(株)(大阪市立工業研究所)】

## 研究開発の実施体制(開発テーマと担当)

### ③相反機能材料創製プロセス基盤技術開発

10テーマ4大学1機関1法人3社

#### 〈官能基導入ナノ粒子合成プロセス技術〉

- ・超臨界法によるナノ粒子合成基盤技術開発
- ・液中レーザーを用いた高熱伝導性ナノシート形成  
及び有機無機ハイブリッド合成技術開発
- ・超臨界水熱合成装置の開発
- ・超臨界水反応による高速大量表面修飾プロセス開発

【東北大学】

【長岡技術科学大学】

【JCII(株式会社アイテック)】

【JCII(株式会社戸田工業)】

#### 〈高分子中ナノ粒子等均一分散・配向・配列プロセス技術開発〉

- ・高分子中ナノ粒子等  
均一分散・配向・配列プロセス基盤技術開発
- ・延伸熱処理による無機ナノ粒子の配向・配列制御技術開発

【東北大学】

【東京工業大学】

#### 〈プロセス最適化技術〉

- ・プロセス最適化技術

【東北大学】

- ・ポリシロキサン系相反機能材料創製プロセス基盤技術開発

【東京大学】

- ・浸漬型ナノ被覆プロセス技術開発

【三菱化学(株)(大阪市立工業研究所)】

- ・ハイブリッド材料成型ナノプロセス技術開発

【三菱化学(株)(油化電子(株)、  
大阪市立工業研究所)】

## 研究開発の実施体制(開発テーマと担当)

---

---

### ④材料設計に資する統合評価・支援技術開発

2テーマ1大学1法人1社

- ・材料設計に資する統合評価・支援技術開発 【(独)産業技術総合研究所・九州大学】
- ・超ハイブリッド材料における熱物性計測法の開発 【三菱化学(株)  
・(独)産業技術総合研究所】

# 事業の計画内容 開発予算

H20: 項目①②③  
加速97百万円

研究開発項目	H19	H20	H21	合計
①超ハイブリッド材料創製技術開発	353	222	136	711
②相反機能発現技術開発	159	109	68	336
③相反機能材料創製プロセス基盤技術開発	155	208	230	593
④材料設計に資する統合評価・支援技術開発	133	81	66	280
合計	800	620	500	1,920

H19: 経産省直執行

単位百万円

# 実施の効果(費用対効果)

## 効果

(提案時)

研究開発費用(提案時)	5年間で約40億円(H19~H23)
期待される市場	電気電子材料、光学部材、その他工業材料
適用できる市場	約5,000億円以上 [2010年]

成長市場であり、さらに押し上げ効果が期待できる

## 根拠

分野	ディスプレイ (電気・電子)	機構材料 (自動車・電気・電子)	光学	その他工業材料	合計
用途	ハードコート、 透明導電フィルム等	ポリマー系 ナノコンポジット材料	有機・無機ハイブリッド 高低屈折率材料 バリア性透明フィルム 等	燃料電池車用 セパレータ、 電解質膜等	
市場予測(億円)	4151	290	504	194	5139

出展『2006年ハイブリッドマテリアルの現状と将来展望』  
『2007年機能性高分子フィルムの現状と将来展望』



# 運営管理

■ 全体会議

● 総合調査委員会

●

三菱全体会議

●

東レ・ダウー東大定例会議

◆ 材料評価分科会

★

阿尻PL「研究方針指導、加工性(相反機能)発現の共通基盤情報交換」6回

★

阿尻PL「共通基盤としての超臨界技術の指導」3回

JCII・産総研G 開発検討会(1回/月)

三菱化学G 定例会議(1回/月)

東レ・ダウG 定例会議(2回/月)

H19年度

H20年度

H21年度

経産省直執行(H19年度)

技術推進委員会

中間評価

年度ごとの進捗状況と達成度等を外部有識者が評価  
→ テーマの加速、推進を決定

	氏名(敬称略)	所属・役職
委員	西 敏夫	東北大学 教授
委員	菅原 義之	早稲田大学 教授
委員	住田 雅夫	東京工業大学 教授
委員	高原 淳	九州大学 教授

(敬称略・順不同)

・研究項目①②③については期待どおりの成果

・光学、電気電子材料分野では有望な結果が得られつつある。

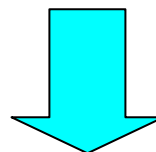
→ 加速

## 情勢変化への対応

- 目覚ましい成果の期待できるテーマに関しては、研究加速財源を配分

### <H20年度加速案件(97百万円)>

研究開発項目	項目	金額
①②	・表面修飾ナノ粒子複合解析機・分光装置	45百万円
①③	・分散装置 (小型混練・成型機)	18百万円
①③	・多機能薄膜材料評価X線回折装置	34百万円



①超ハイブリッド材料創製で中間目標を前倒しで達成  
または、達成の見通しを得ることができた。

## ナノテク・部材イノベーションプログラム

---

---

# 「超ハイブリッド材料技術開発」

(ナノレベル構造制御による相反機能材料技術開発)

## プロジェクト全体概要説明

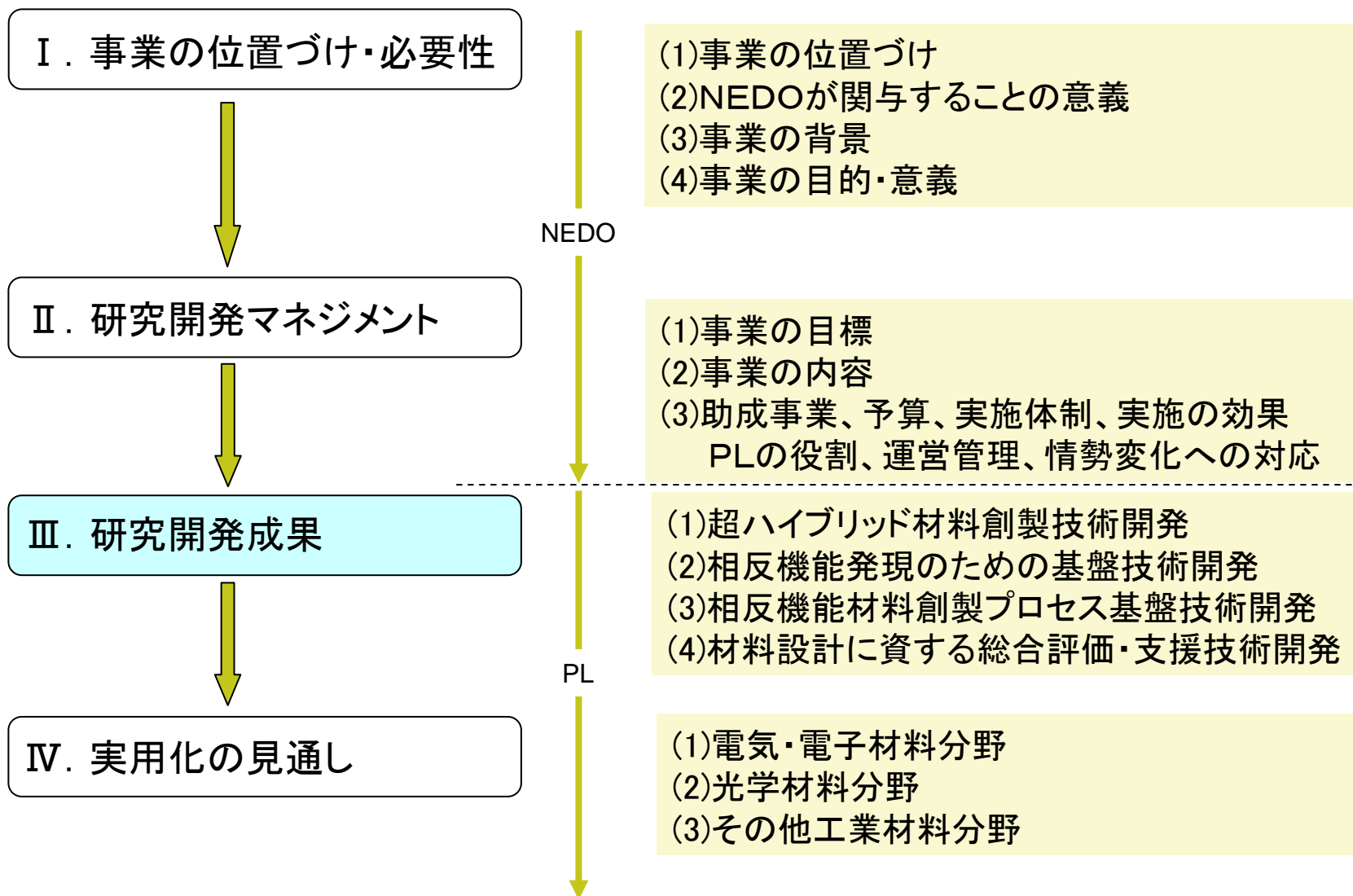
### 4. 2 研究開発成果、及び実用化の見通しについて

平成21年7月6日

東北大学  
阿尻 雅文

## 超ハイブリッド材料技術開発プロジェクト

## 概要説明 報告の流れ



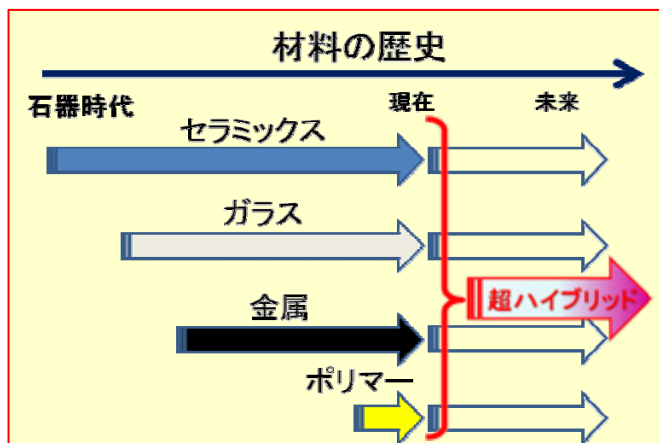
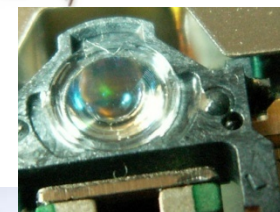
# 内容

---

1. 背景
2. 研究開発の実施体制
3. 開発目標と達成状況
4. 検討内容  
と今後の課題(予定)

# 1. 背景 新技術を創出するための新しい材料と機能

## 相反機能



# 1. 背景 従来技術の問題点とブレイクスルーポイント

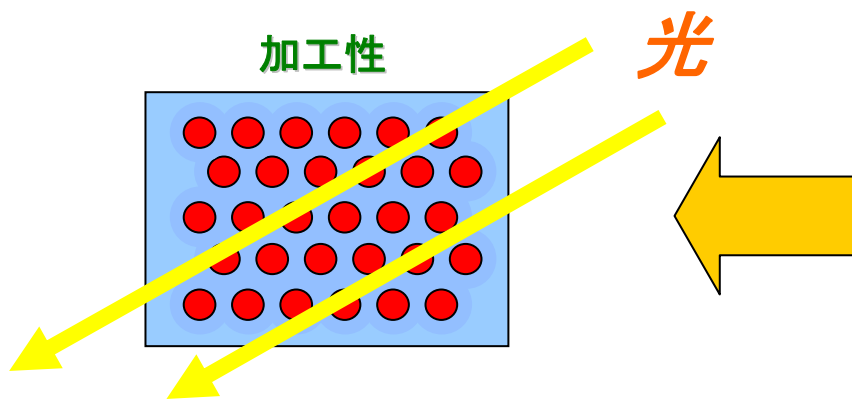
## ハイブリッド材料に要求される相反機能

光学材料： 屈折率・透明性・加工性

### 超ハイブリッド

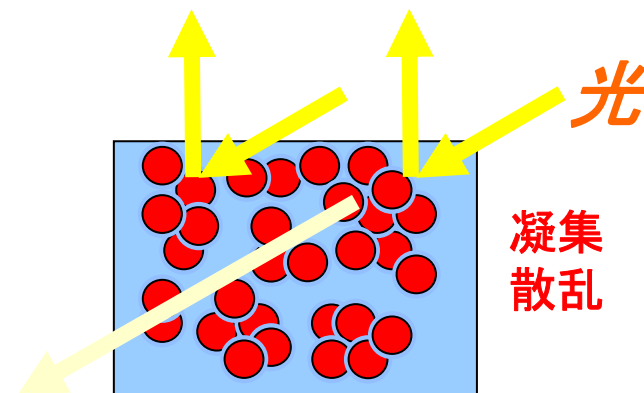
ナノ粒子表面制御  
高濃度・完全分散

加工性



★ブレイクスルー・ポイント：  
ナノ粒子-高分子間の  
分子レベル親和性制御

### 従来法



★問題点：ナノ粒子の凝集

# 内容

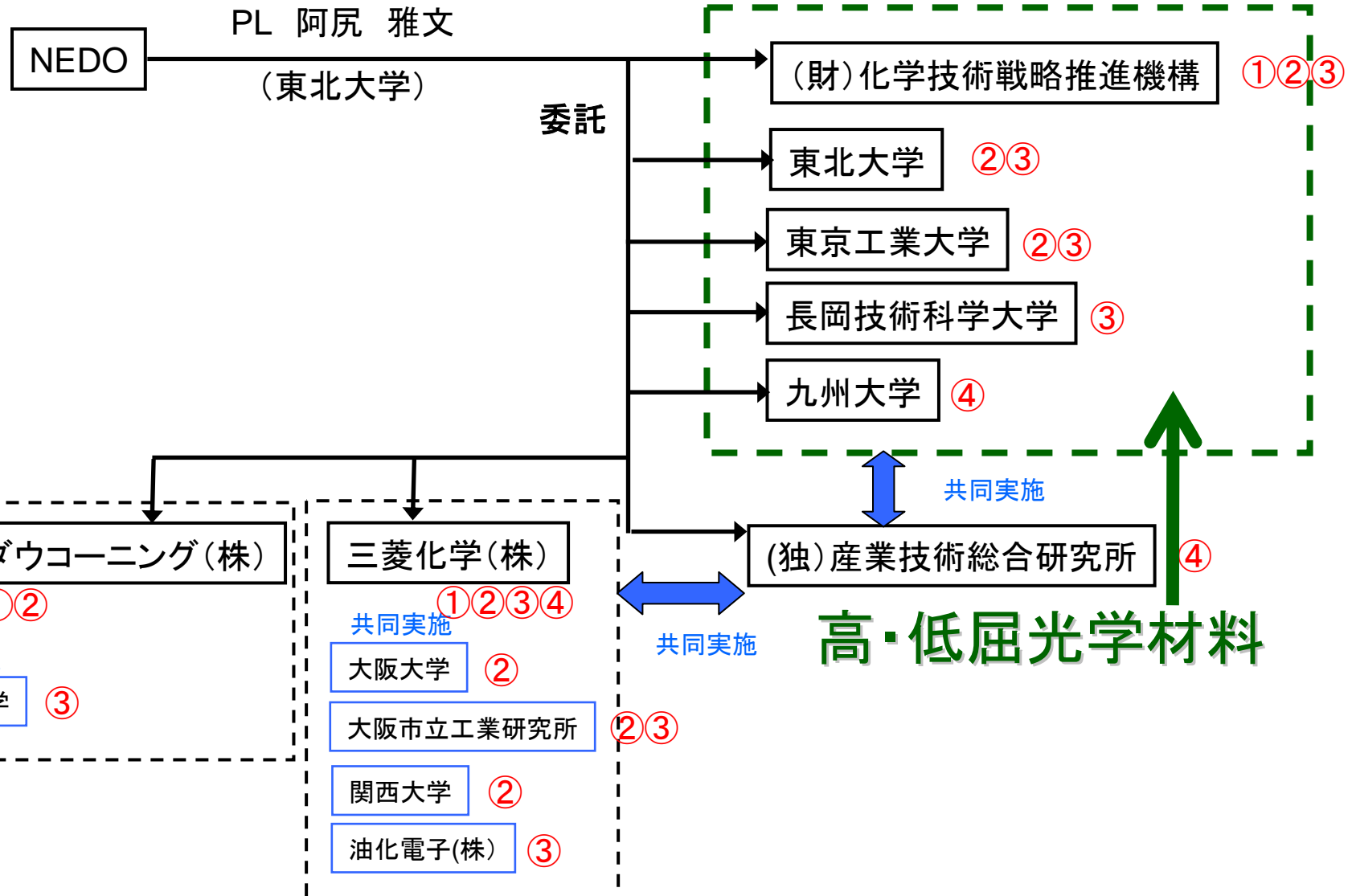
---

---

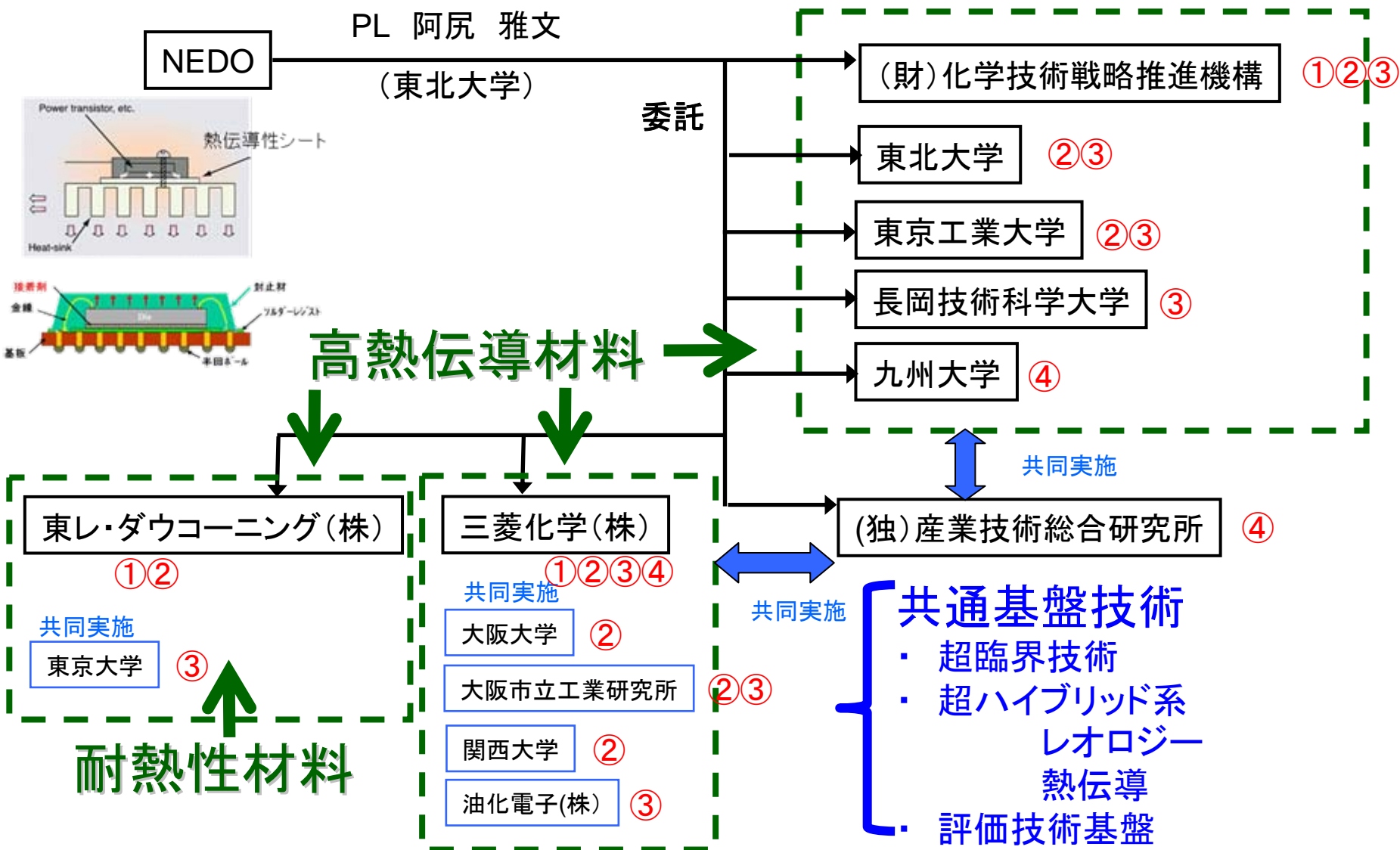
1. 背景
2. 研究開発の実施体制
3. 開発目標と達成状況
4. 検討内容  
と今後の課題(予定)



## 2. 研究開発の実施体制



## 2. 研究開発の実施体制 共通基盤



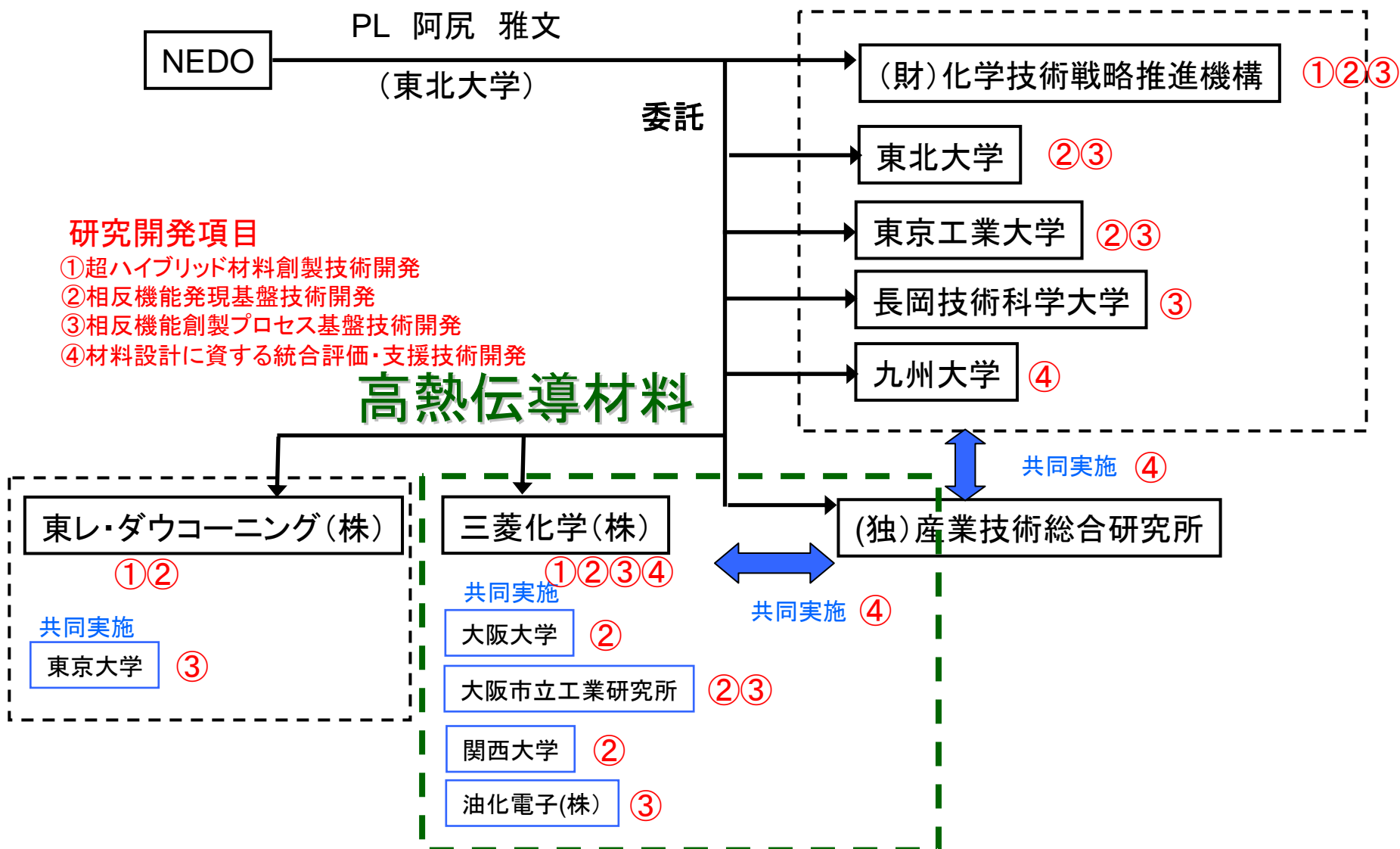
# 内容

---

---

1. 背景
2. 研究開発の実施体制
3. 開発目標と達成状況
4. 検討内容
5. まとめと今後の課題(予定)

### 3. 開発目標と達成状況 (三菱化学一産総研)



### 3. 開発目標と達成状況

---

---

#### ◎、○、△、× の定義

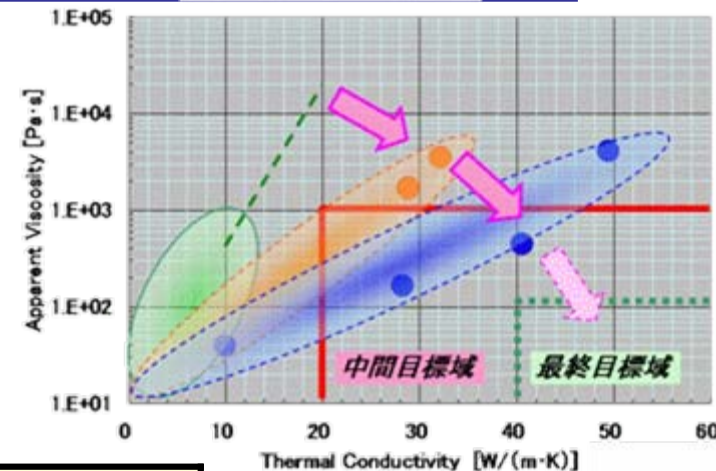
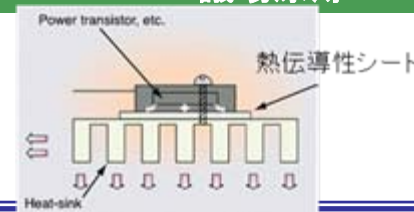
◎: 達成済み

○: 年度中に、達成見込み

△: 年度中には、達成困難

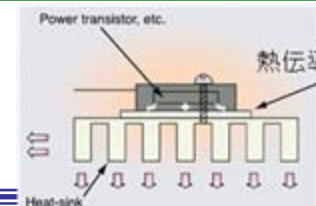
×: 達成不可

### 3. 開発目標と達成状況 (三菱化学)



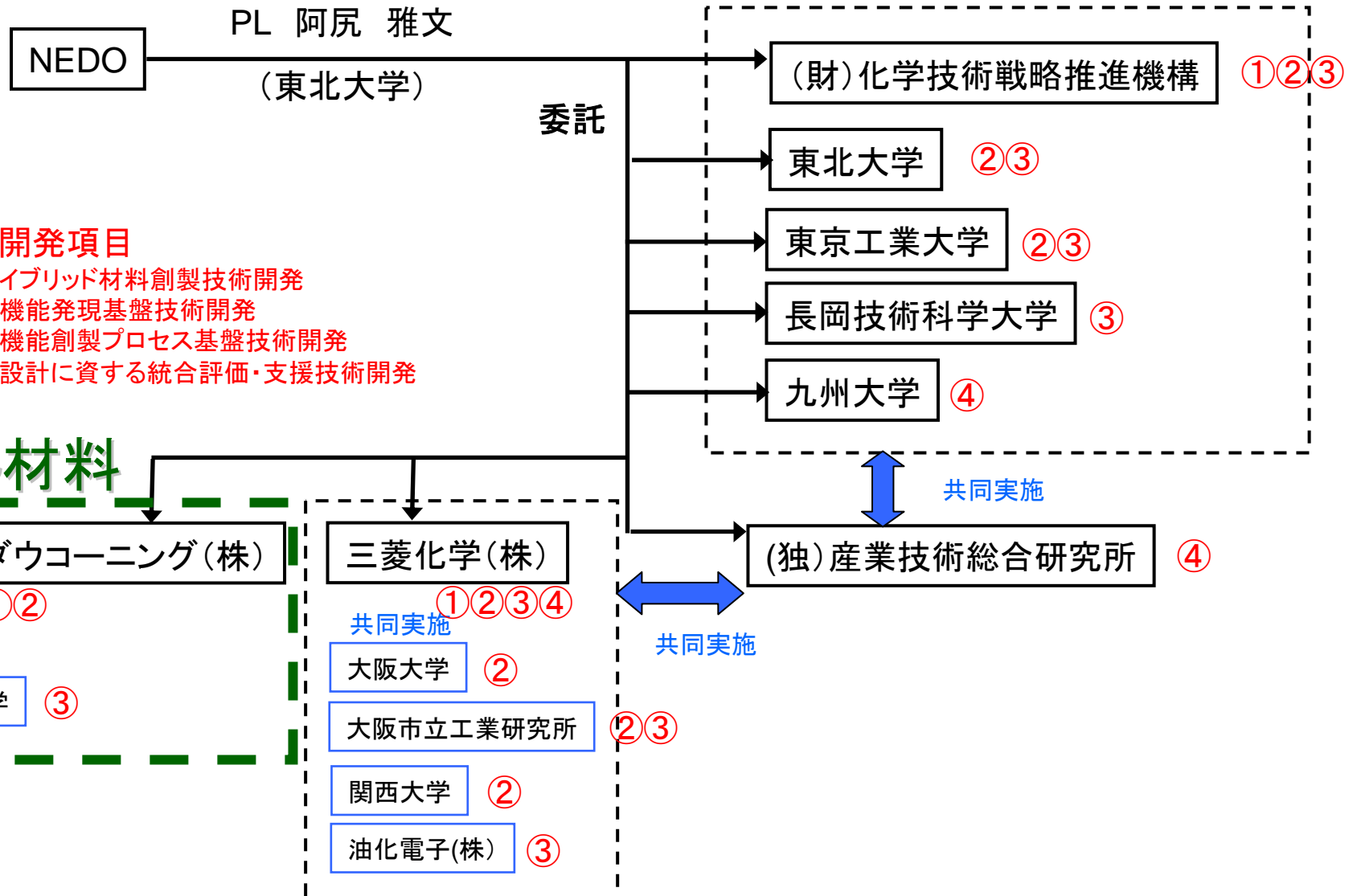
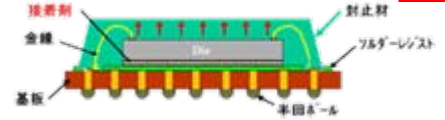
	中間目標	最終目標	現状-1	現状-2	中間目標 達成度
熱伝導率 W/m·K	$\geq 20$	$\geq 40$	24	41	◎
粘度 Pa·s	$\leq 1,000$	$\leq 100$	170	450	◎
比重	$\leq 3.5$	$\leq 2.5$	1.8	1.9	◎
耐衝撃強度 J/m	$\geq 15$	$\geq 24$	22	33	◎
電気抵抗値 $\Omega \cdot \text{cm}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{14}$	$\geq 10^{14}$	◎

### 3. 開発目標と達成状況(三菱化学)



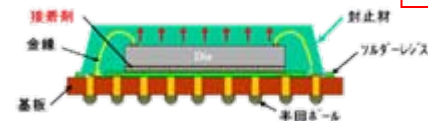
研究開発項目	成果	達成状況
②相反機能発現のための基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高結晶高純度BNナノシート、<math>\text{Si}_3\text{N}_4</math>ナノワイヤー、Agナノロッドの<math>\text{Ti}(\text{iOPr})_4</math>絶縁被覆などに成功。</li> <li>・ドメイン高配向が可能な主鎖にターフェニル骨格を有する液晶エポキシの合成に成功。高配向と易成形性が期待されるターフェニル型ツインメソゲンエポキシの合成にも着手、高重合度のエポキシモノマー含有で液晶性発現を見出す。</li> <li>・BN粒子表面修飾により粘度低下、力学強度(引張剪断強度)向上、熱伝導率向上を確認。</li> </ul>	◎
③相反機能材料創製プロセス基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・エポキシ紡糸には長さ378mのヒーターが必要(現実的に不可能)であること、BN塗布繊維は熱伝導率の目標値100W/mKに対して20W/mK程度であることを確認した。</li> <li>・表面修飾BN粒子被覆フェノール樹脂粒子のハニカム構造で熱伝導率2倍(35vol%時)、櫛型構造成型体で熱伝導向制御の可能性、液晶エポキシ樹脂の熱特性を磁場配向により評価し、約2倍の高熱伝導率化を達成するなどを成果を得た。</li> </ul>	— ◎
④材料設計に資する統合評価・支援技術開発	AIST熱物性DBを統合処理、体系化のフレームワークの中心として試行導入し、体系化に必要な物性項目を定め、実測データ値を加えDBを充足させた。微視的解析、巨視的解析を実施した。	◎
①超ハイブリッド材料創製技術開発	<p>新コンセプトに基づき中間目標を達成した。</p> <p>家電メーカーA社に30W/m・Kのサンプルを持ち込み、コスト重視でない、新しい製品への搭載検討を継続。</p> <p>三菱化学Gr会社にて熱伝導シートを検討することになった。</p>	◎

### 3. 開発目標と達成状況 (東レ・ダウ)





### 3. 開発目標と達成状況 (東レ・ダウ)



#### 耐熱材料: ポリシロキサン+超臨界法・表面修飾シリカナノ粒子

##### 耐熱性材料開発

	中間目標	最終目標	到達値	達成状況	コメント
粘度 (Pa·s)	≤ 200	≤ 100	41	◎	制御された表面修飾技術
熱膨張係数 ( $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )	≤ 20	≤ 15	50	○	今年度中に達成見込み
貯蔵弾性率低下率 (%)	≤ 10	≤ 10	76	○	今年度中に達成見込み
長期耐熱性 (力学強度変化率) (% : 250 °C, 100 hrs)	-----	-----	± 0	◎	250°C耐熱材料。日本初

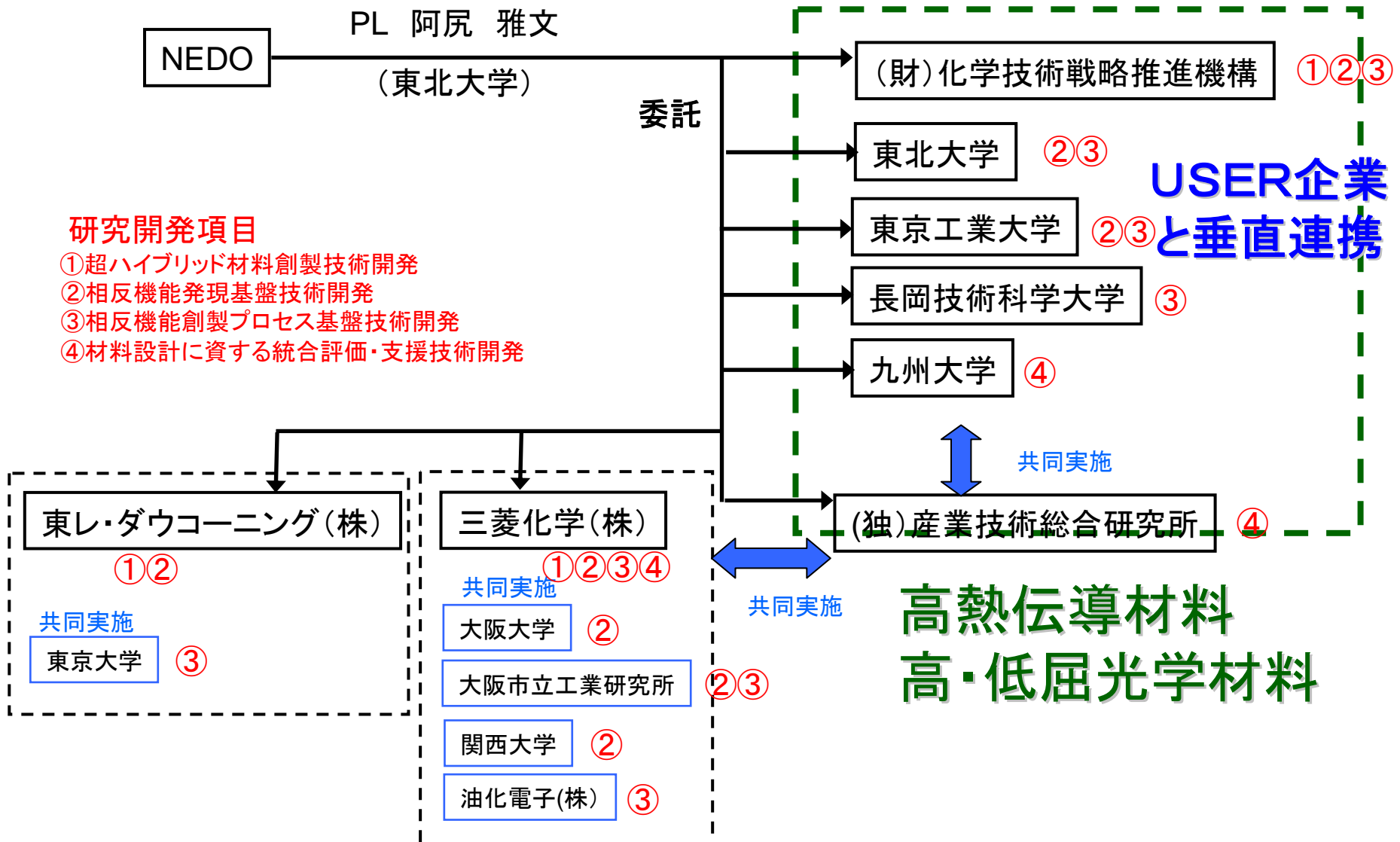
##### 放熱性材料開発

	中間目標		到達値	達成状況	コメント
粘度 (Pa·s)	≤ 200		800	△	東大での基盤技術の結果を反映して材料化予定
熱抵抗値 ( $\text{K} \cdot \text{cm}^2/\text{W}$ )	≤ 0.03		0.79	△	

### 3. 開発目標と達成状況 (東レ・ダウ)

研究開発項目	成果	達成状況
③相反機能材料 創製プロセス基盤 技術開発	・耐熱性ナノ粒子をポリシロキサンに良分散させるための基盤技術を検討し、高温高圧水を使用した新規合成法により、表面修飾率が制御されたポリシロキサン修飾ナノ粒子を得ることに成功した。	◎
	・有機ケイ素修飾金属粒子(放熱性材料)の合成条件について詳細に検討し、エポキシシロキサンの修飾剤および還元剤としての優位性を確認するとともに、二段階加熱反応による表面修飾、酸化状態の制御可能性を実験的に実証した。	◎
	・有機ケイ素修飾熱伝導性微粒子の大量・精密合成技術について検討し、粒子径の制御が可能な高効率製造法開発のための要素技術を見出した	○
①超ハイブリッド 材料創製技術開 発	・今回開発した技術を用い、耐熱性微粒子の表面を表面エネルギーの低いポリシロキサンで適切に修飾することにより、成形材料の粘度を大幅に低下させ、加工性の良好なケイ素系耐熱性ハイブリッド材料が創製可能であることを実証した。	◎
	・材料の耐熱性(熱膨張係数および弾性率低下率)については、中間目標値を達成できていない。ただし、上記表面修飾技術の最適化およびポリシロキサンの架橋密度増加により、達成可能であると思われる。	○
	・顧客訪問により、市場評価のための用件を明らかにした。それに基づき、 <b>250℃での連続使用が可能</b> と考えられる耐熱性ハイブリッド材料を、パワー半導体メーカーA社およびB社に供試した。	◎
	・放熱材料については、東京大学の基盤技術確立をまって進めることとした。	△

### 3. 開発目標と達成状況 (JCII)



### 3. 開発目標と達成状況 (JCII)

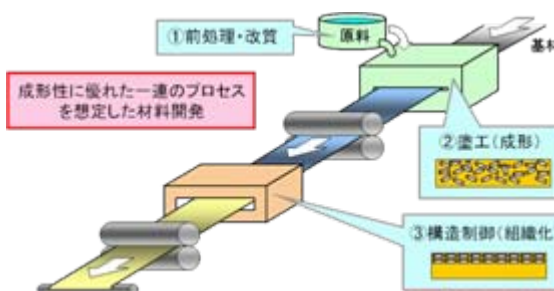
世界初 超臨界法  
ハイブリッドナノ粒子合成  
(20g/hr)



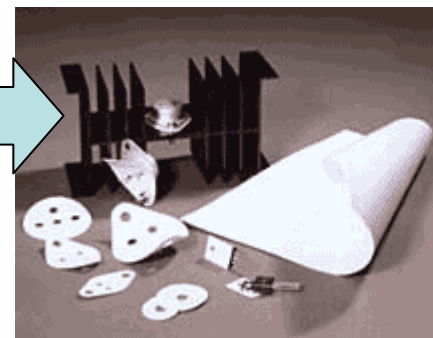
界面制御

低粘性・加工性  
高充填率  
界面熱抵抗低減

実際の連続加工  
プロセスの開発



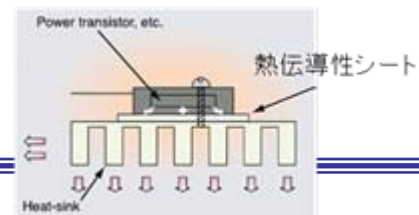
User企業の要望に  
応じた成型加工



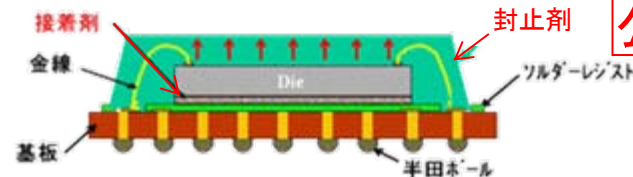
成型品についての物性値評価

### パワーデバイス周辺材料

検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成状況	コメント
熱伝導率	$\geq 30 \text{ W/mK}$	$\geq 40 \text{ W/mK}$	(//面) 35 W/mK ----- (⊥面) 35 W/mK	◎ ----- ◎	フィラ高充填、配向化により向上
耐熱性	$\geq 300 \text{ }^\circ\text{C}$	$\geq 400 \text{ }^\circ\text{C}$	300 $^\circ\text{C}$	◎	現状レベルを維持可能
絶縁破壊電圧	$\geq 30 \text{ kV/mm}$	$\geq 50 \text{ kV/mm}$	25kV/mm	○	プロセス最適化で向上可能
成形性	易成形性	易成形性	易成形性	◎	成形性を有するプロセスを適用



### 3. 開発目標と達成状況 (JCII)



#### ICパッケージ周辺材料／封止材

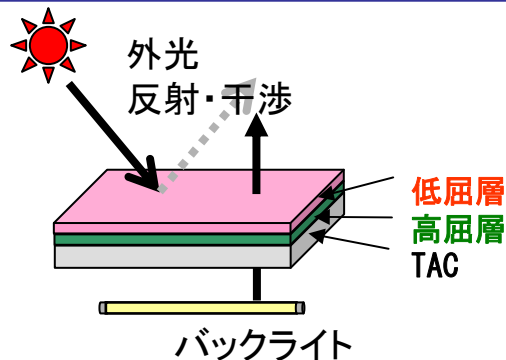
検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成状況	コメント
熱伝導率	$\geq 7 \text{ W/mK}$	$\geq 15 \text{ W/mK}$	6 W/mK	○	表面修飾の粘度低減効果により、更なるフィラー高充填、熱伝導率向上が可能
密着強度 (260°C)	$\geq 1 \text{ MPa}$	$\geq 1 \text{ MPa}$	6MPa	◎	現状レベルを維持可能
体積抵抗率 (150°C)	$\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$	$\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$	$10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$	◎	更にアルミナ高充填しても達成可能

#### ICパッケージ周辺材料／接着剤



検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成状況	コメント
熱伝導率	$\geq 40 \text{ W/mK}$	$\geq 60 \text{ W/mK}$	38 W/mK	○	コアシェル粒子配合率及びプロセス最適化により、更なる高充填が可能
密着強度 (260°C)	$\geq 1 \text{ MPa}$	$\geq 1 \text{ MPa}$	4MPa	◎	現状レベルを維持可能

### 3. 開発目標と達成状況 (JCII) 高・低屈光学材料



検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成状況
低屈折率光学材料				
低屈折率	$\leq 1.42$	$\leq 1.4$	1.38 ~ 1.40	◎
鉛筆硬度	$\geq 3H$	$\geq 4H$	3H	◎
成形加工性 (MFR, JIS K7210)	$\geq 10g/10min$	$\geq 30g/10min$	$\geq 30g/10min$	◎
供試物作製			作製済 (ARフィルム)	◎
高屈折率光学材料				
高屈折率	$\geq 1.6$	$\geq 1.7$	1.78	◎
光線透過率	$\geq 90\%$	$\geq 90\%$	$\geq 90\%$	◎
成形加工性 (MFR, JIS K7210)	$\geq 10g/10min$	$\geq 30g/10min$	$\geq 30g/10min$	◎
供試物作製			作製済 (20φ、t=1mm) (ARフィルム)	○ ◎

### 3. 開発目標と達成状況 (JCII)

研究開発項目	成果	達成状況
①超ハイブリッド材料創製技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ICパッケージ周辺材料 封止剤については、<b>表面改質によりアルミナ粒子の高充填化</b>が可能となり開発目標を達成した。接着剤については、<b>銀粒子のコアシェル化</b>により目標を達成した。</li> <li>・パワーデバイス周辺材料 <b>高熱伝導フィラーの高充填化及び配向技術</b>により目標を達成。</li> <li>・光学材料(低・高屈折率材料) 目標値を達成、実用化に向け<b>バランスの取れた材料設計</b>へ。</li> </ul>	◎
②相反機能発現のための基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・界面制御技術開発 ①<b>超臨界水熱合成・In-situ表面修飾</b>をTiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>粒子及びBN粒子に適応し、<b>高屈折率材料および高熱伝導材料</b>へ供給できた。</li> <li>②<b>高度水熱合成・表面修飾技術</b>として高熱伝導フィラー <b>h-BNの形成に成功した</b>。</li> <li>③<b>メカノケミカル分散・In-situ 表面修飾技術</b>をTiO<sub>2</sub>粒子、SiO<sub>2</sub>粒子に実施した。</li> <li>・分散制御技術開発 ナノ粒子系熱力学に基づき<b>有機修飾分子の設計・合成指針</b>を得ることが出来た。</li> <li>・構造制御技術開発 <b>二段重合法</b>により<b>ナノ粒子の均一分散</b>を可能とした。</li> </ul>	◎
③相反機能材料創製プロセス基盤技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・官能基導入無機ナノ粒子等合成プロセス技術 有機修飾ナノ粒子の<b>流通式連続合成</b>を実現し、<b>光学材料、電気・電子材料の合成グループ</b>に提供した。</li> <li>・高分子中ナノ粒子等均一分散・配向・配列プロセス <b>ナノ秒パルスの超高压電界</b>により、マトリックス中の<b>ナノ粒子を配列</b>する手法を<b>世界に先駆けて提案、実現</b>。</li> <li>・プロセス最適化技術 産業規模への<b>スケールアップ</b>を目指し、キーとなる<b>装置群、シミュレーション技術</b>を開発。</li> </ul>	◎
④材料設計に資する統合評価・支援技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ハイブリッド構造解析技術基盤 超ハイブリッド材料特有の評価解析技術として、<b>高分解能TEM 固体NMR、陽電子ビーム等の測定機</b>を駆使し、<b>開発性能機能と構造との相関</b>を提供できた。</li> <li>・材料インフォマティクス 不均一系材料のゆらぎのマイクロ、マクロデータを統合解析する空間統計学(<b>パリオグラム</b>を材料構造ゆらぎデータに初めて適用開始)。</li> </ul>	◎

### 3. 開発目標と達成状況

#### 中間目標の達成度

	三菱化学	東レ・ダウ	JCII
② 基盤技術	◎		◎
③ プロセス	◎	◎	◎
④ 解析評価	◎		◎
① 材料創生	◎	○(耐熱)△(放熱)	◎

#### 成果の意義

- ・世界最高水準 (国際学会への招待講演 50件(国内16件))
  - ー超臨界技術 (日本発の基盤技術)
  - ーパルス電界配向技術 (世界初)、二段重合法 他
- ・相反機能発現 (市場拡大)
- ・その他 ナノオロジー(新たな技術領域)



### 3. 開発目標と達成状況

知的財産権等の取得(予定含む)

成果の普及(論文、学会発表、新聞雑誌)

	JCIIG	三菱G	東レG	合計
論文および 国際学会発表	165	7	2	<b>174</b>
国内学会発表	92	19	4	<b>115</b>
特許	18	4	2	<b>24</b>
新聞雑誌	8	0	0	<b>8</b>
学会招待講演 (国内)	50 (16)	0	0	<b>50</b> <b>(16)</b>
展示会	28	2	0	<b>30</b>

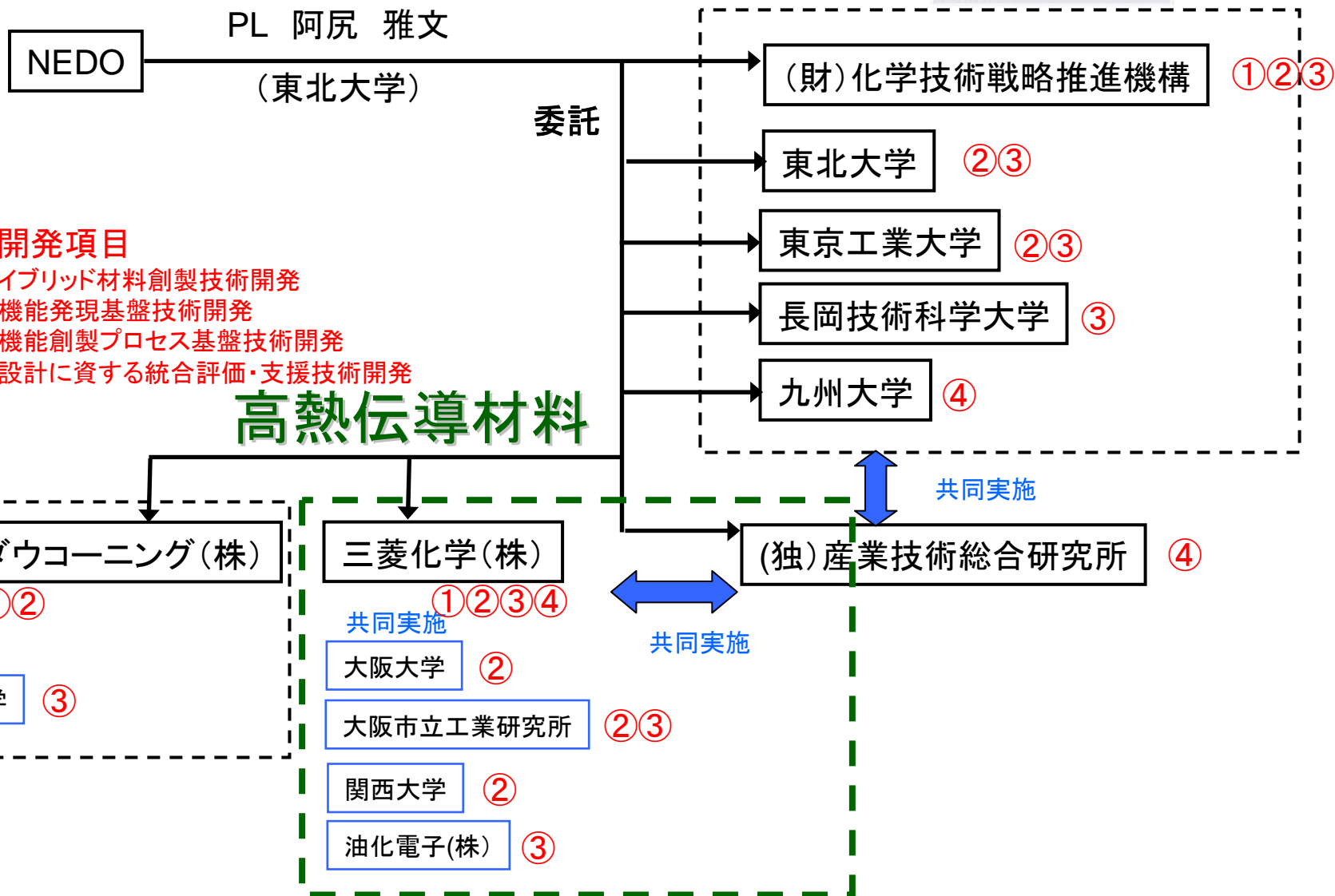
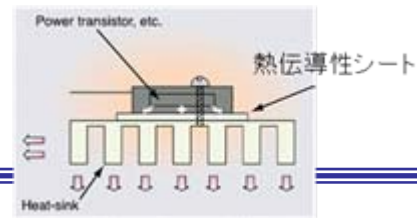
# 内容

---

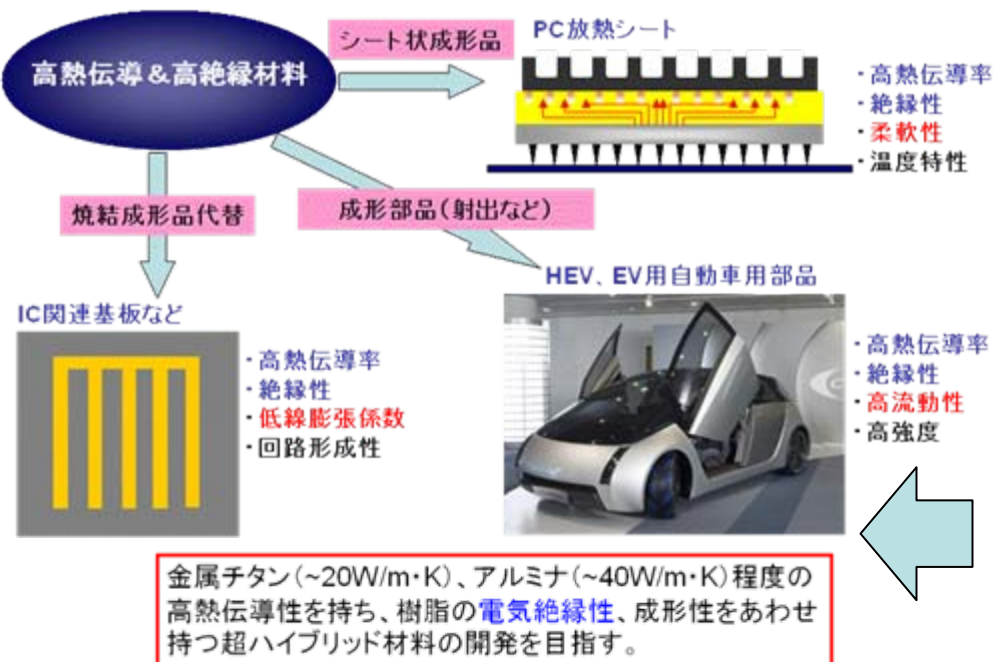
---

1. 背景
2. 研究開発の実施体制
3. 開発目標と達成状況
4. 検討内容  
と今後の課題(予定)

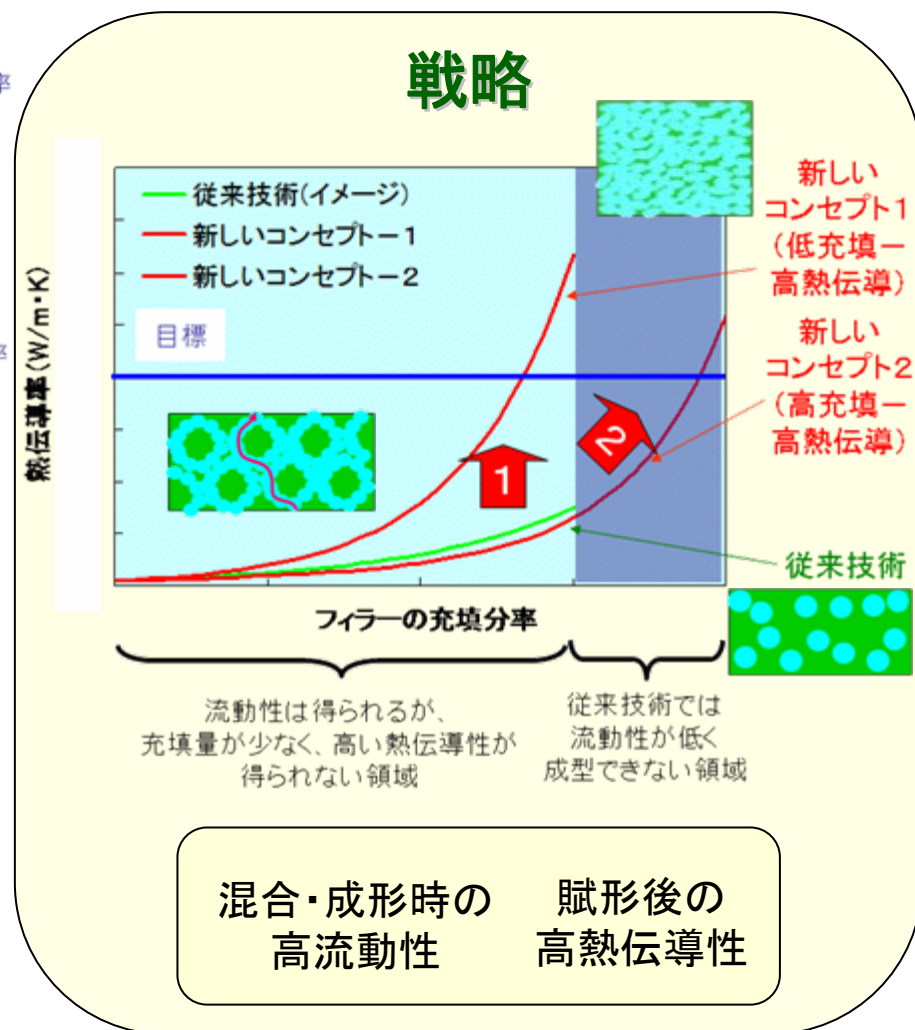
# 4. 検討内容 (三菱化学)

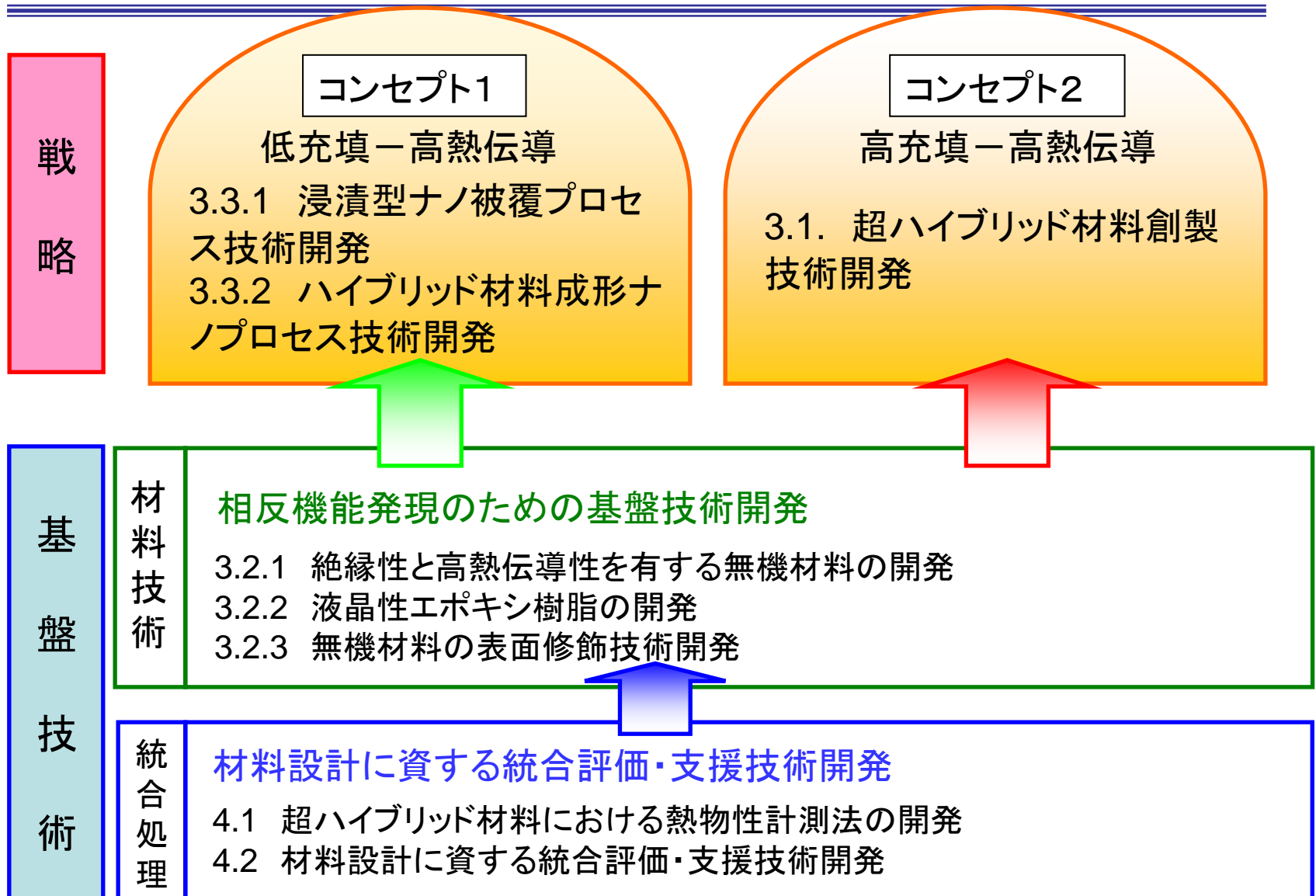


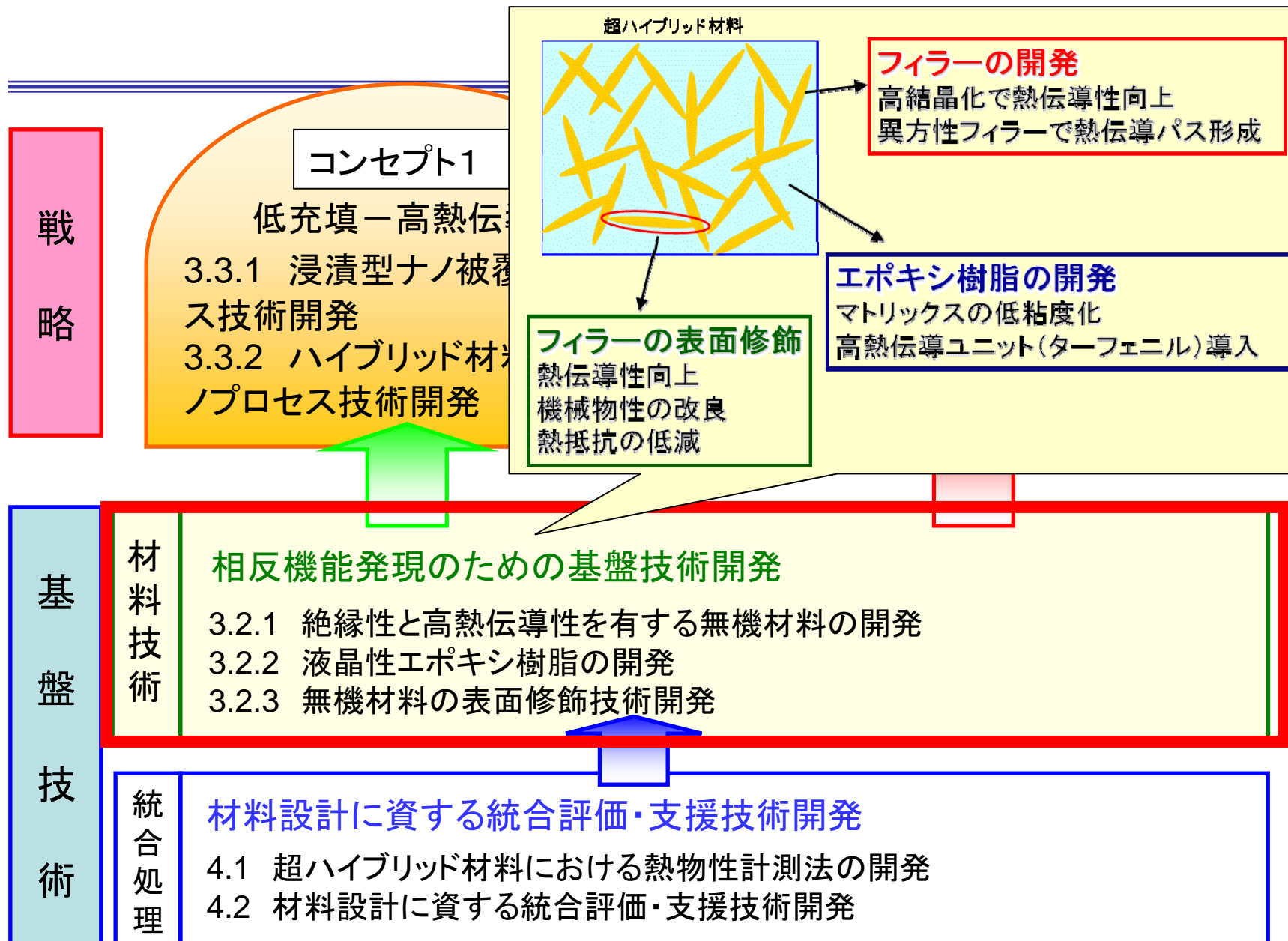
## 4. 検討内容 (三菱化学)



	中間目標	最終目標
熱伝導率	≥ 20W/m·K	≥ 40W/m·K
粘度	≤ 1000 Pa·s	≤ 100 Pa·s
比重	≤ 3.5	≤ 2.5
耐衝撃強度	≥ 15 J/m	≥ 24 J/m
電気抵抗値	≥ 10 <sup>12</sup> Ω·cm	≥ 10 <sup>12</sup> Ω·cm





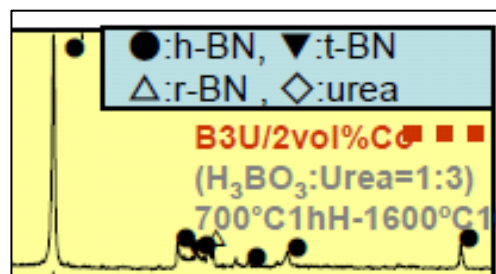
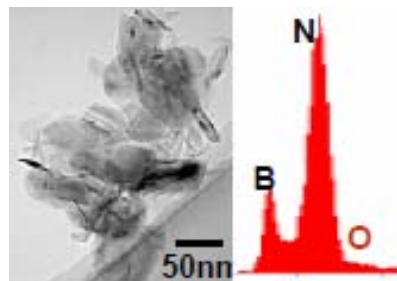
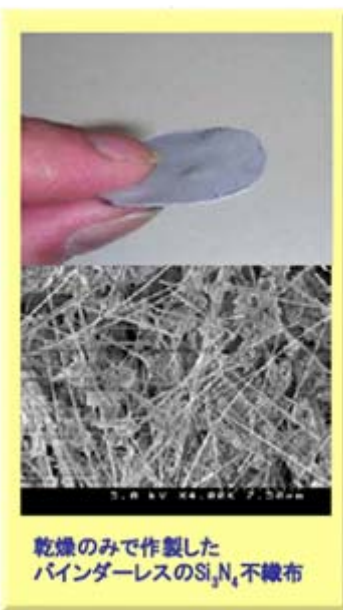


## 4. 検討内容 (三菱化学)

### 高熱伝導 Fillerの合成 (大阪大学)

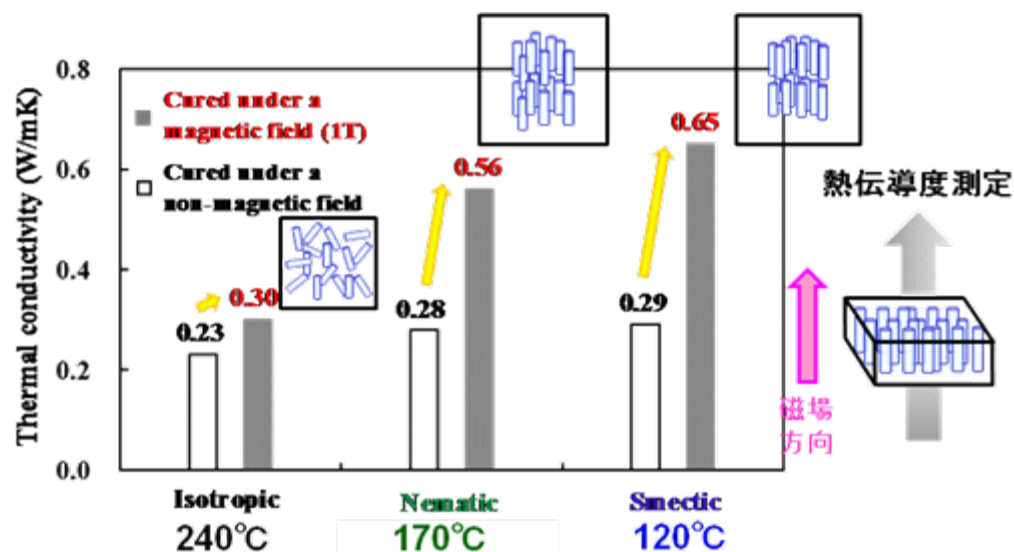
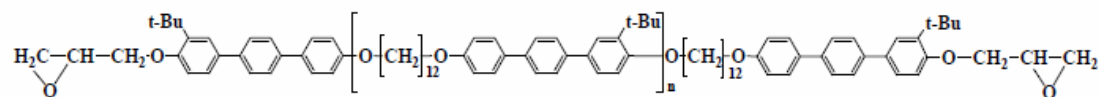
1300-1400°C  
Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>合成に成功

Co 添加による  
高結晶BN合成  
に成功



### 液晶エポキシ創製 (関西大学)

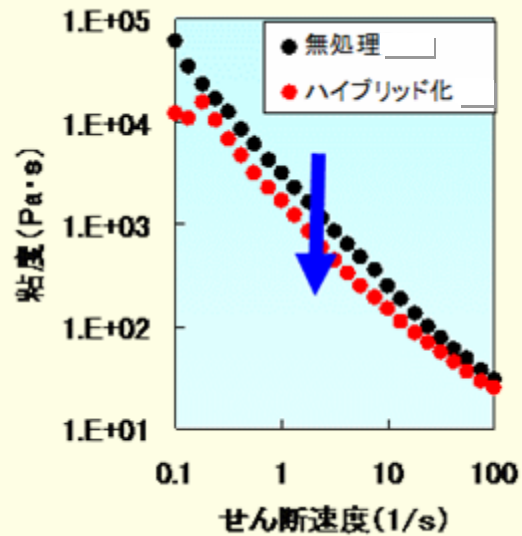
ターフェニル型ツインメソゲンエポキシの合成に成功



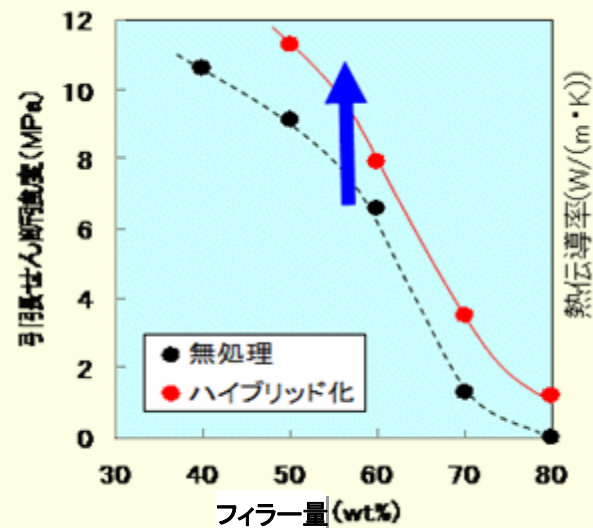
## 4. 検討内容 (三菱化学)

### 表面修飾の効果 (大阪市工)

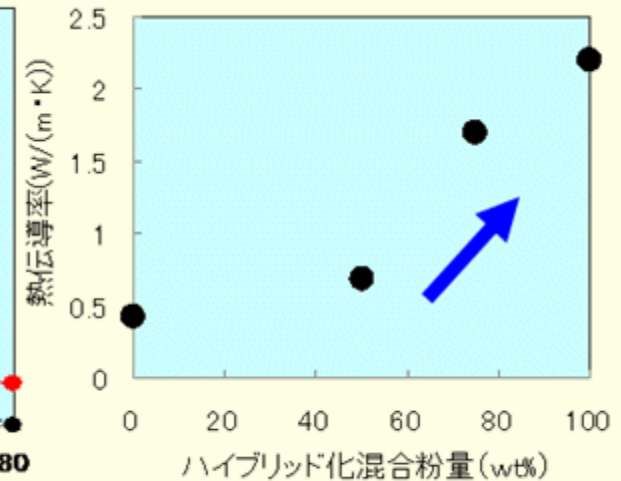
粘性低下



強度向上



熱伝導率向上





## 4. 検討内容 (三菱化学)

戦  
略

### コンセプト1

低充填－高熱伝導

- 3.3.1 浸漬型ナノ被覆プロセス技術開発
- 3.3.2 ハイブリッド材料成形ナノプロセス技術開発

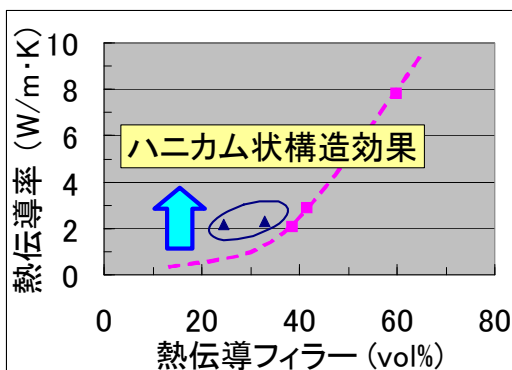
### コンセプト2

高充填－高熱伝導

- 3.1. 超ハイブリッド材料創製技術開発

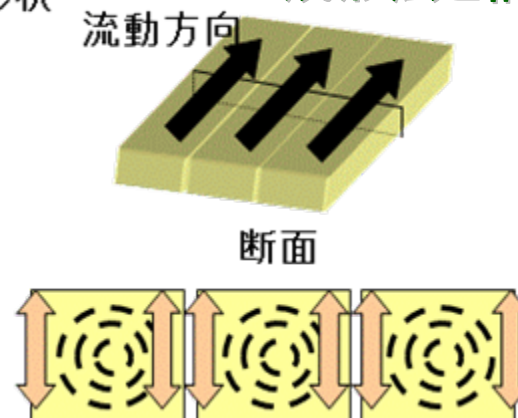
## 油化電子

### 相分離構造効果

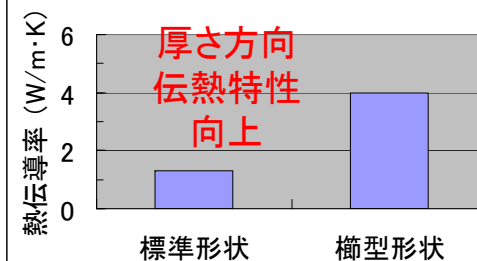


楕型形状

### 成形法と構造制御



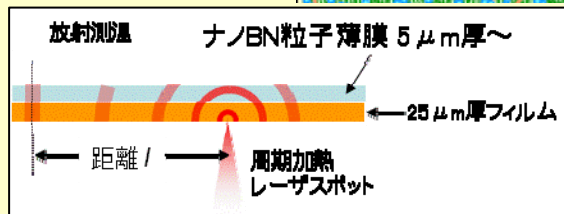
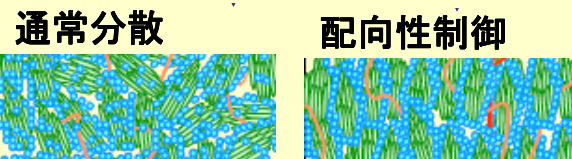
耐熱性樹脂/熱伝導フィラー配合



# 4. 検討内容 (三菱化学)

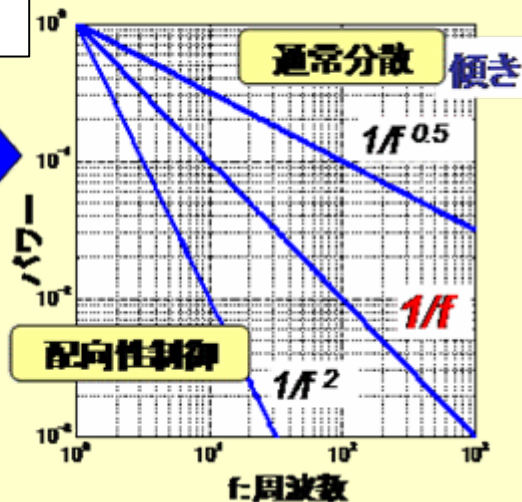
戦略

**コンセプト1**  
 低充填-高熱伝導  
 3.3.1 浸漬型ナノ複合膜技術開発  
 3.3.2 ハイブリッド材料プロセス技術開発



ゆらぎ解析

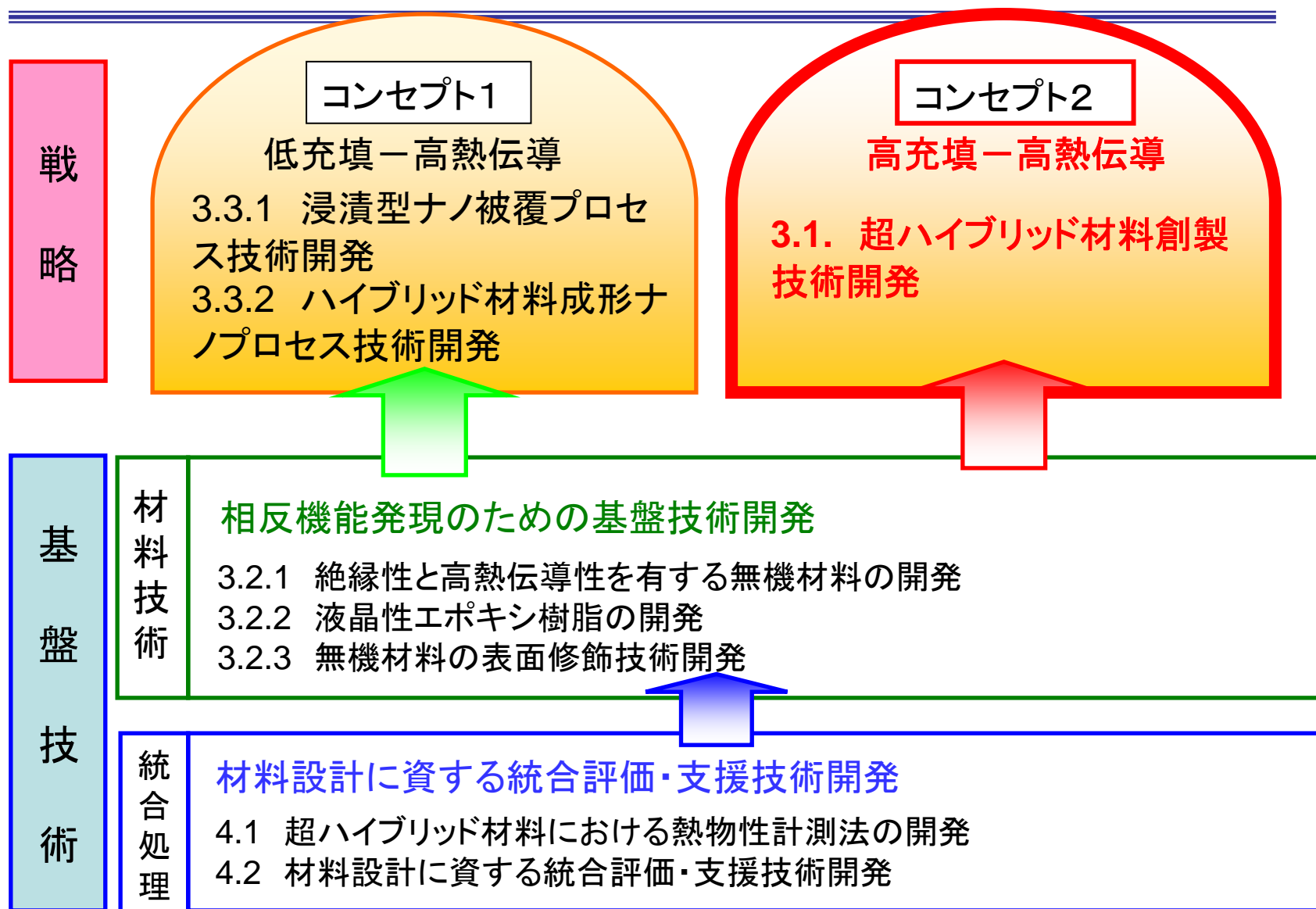
巨視的特性の解析



基盤技術

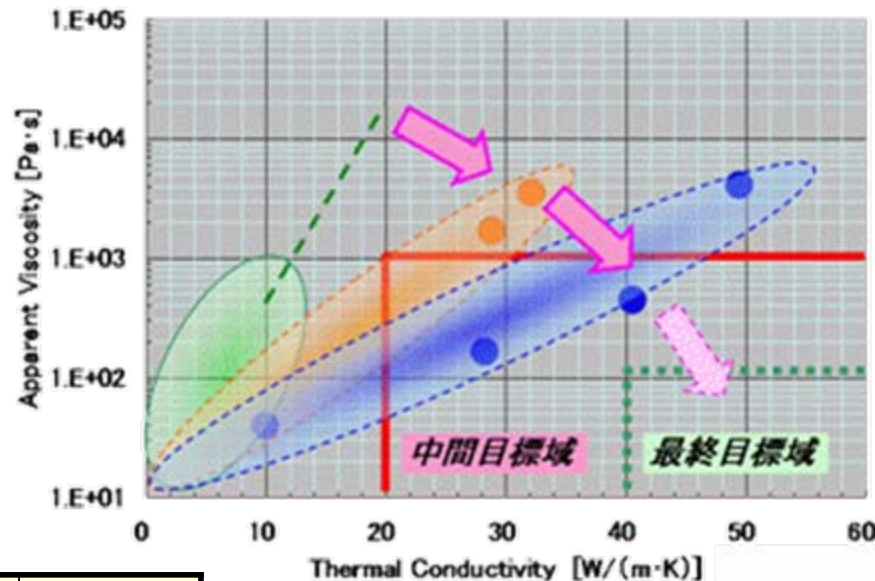
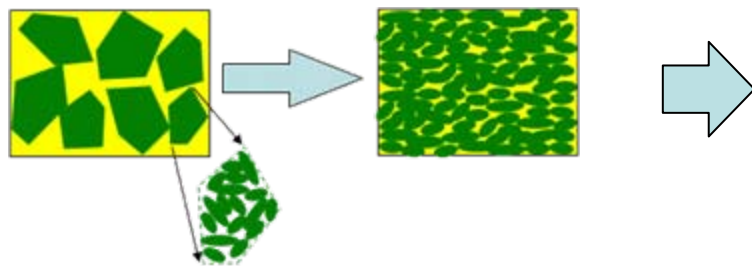
材料技術  
 相反機能発現の材料  
 3.2.1 絶縁性と高熱伝導性  
 3.2.2 液晶性エポキシ樹脂  
 3.2.3 無機材料の表面改質

統合処理  
 材料設計に資する統合評価・支援技術開発  
 4.1 超ハイブリッド材料における熱物性計測法の開発  
 4.2 材料設計に資する統合評価・支援技術開発



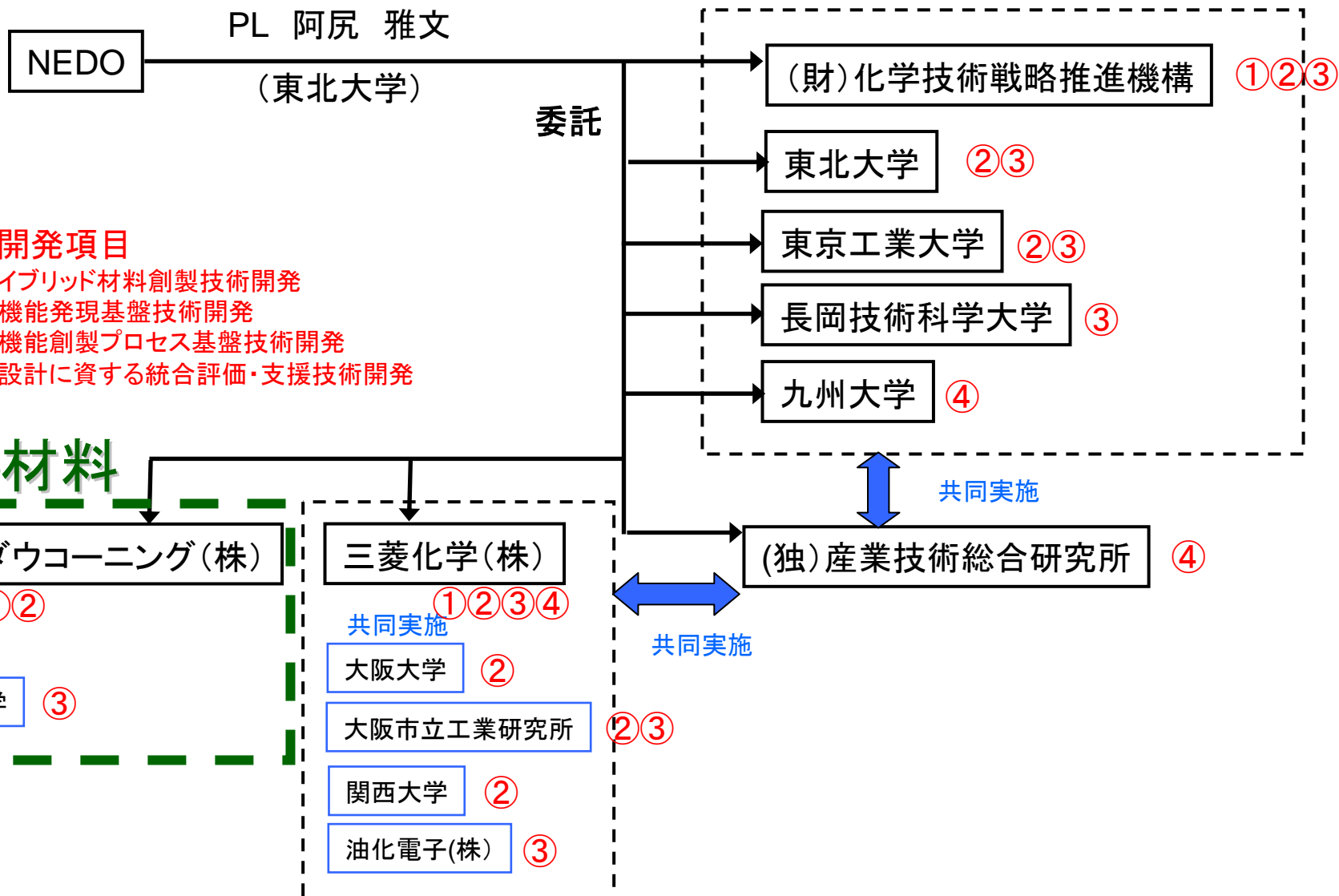
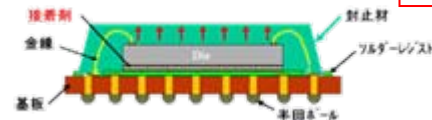
## 4. 検討内容 (三菱化学)

凝集体の最適粒子径分布化

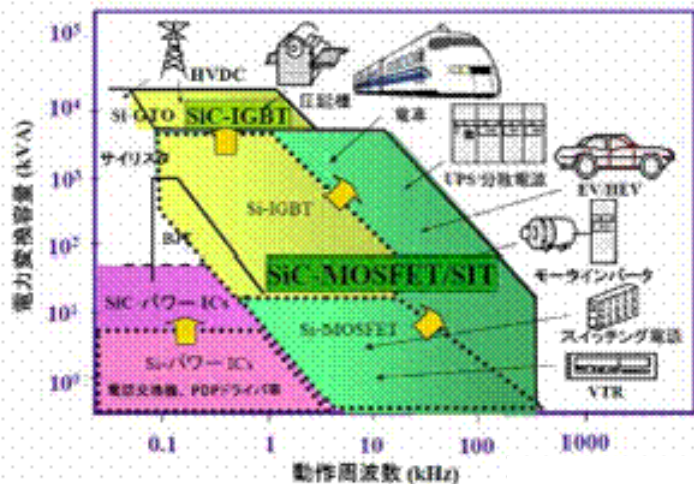


	中間目標	最終目標	現状-1	現状-2	中間目標 達成度
熱伝導率 W/m·K	$\geq 20$	$\geq 40$	24	41	◎
粘度 Pa·s	$\leq 1,000$	$\leq 100$	170	450	◎
比重	$\leq 3.5$	$\leq 2.5$	1.8	1.9	◎
耐衝撃強度 J/m	$\geq 15$	$\geq 24$	22	33	◎
電気抵抗値 $\Omega \cdot \text{cm}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{12}$	$\geq 10^{14}$	$\geq 10^{14}$	◎

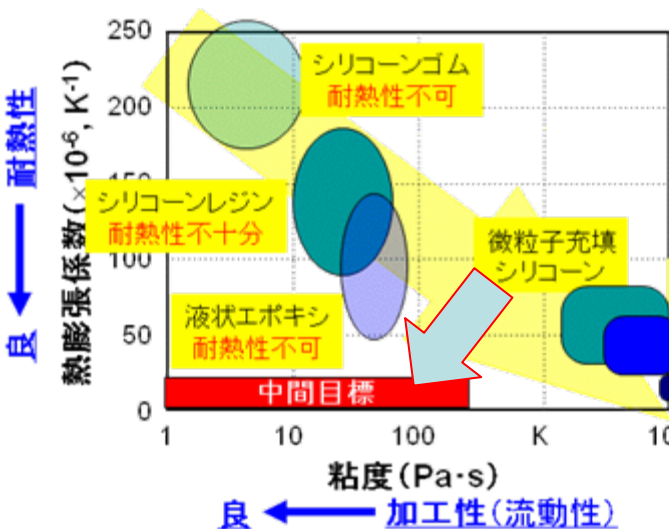
# 4. 検討内容 (東レ・ダウ)



# 4. 検討内容 (東レ・ダウ)



検討項目	中間目標	最終目標
粘度 (Pa·s)	≤ 200	≤ 100
熱膨張係数 ( $\times 10^{-6} K^{-1}$ )	≤ 20	≤ 15
貯蔵弾性率低下率 (%) [ $100 \times (1 - G'_{300}/G'_{10})$ ]	≤ 10	≤ 10



## 戦略

耐熱性ポリシロキサン  
+  
シリカナノ粒子

超臨界法 表面修飾

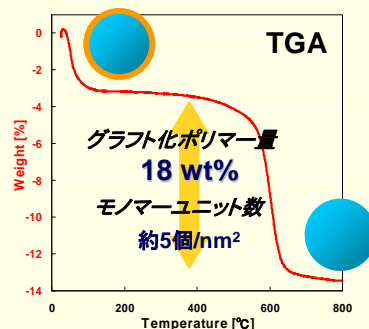
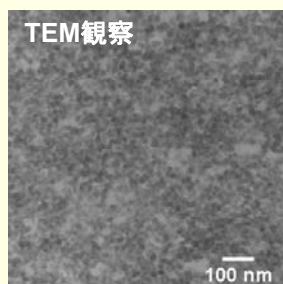
## 4. 検討内容 (東レ・ダウ)

### 超臨界技術によるハイブリッド材料創製 (東京大学)

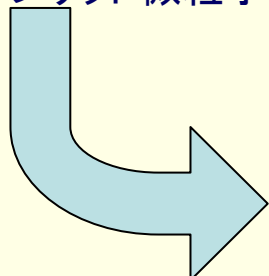
#### 耐熱性材料

(シリカ-ポリシロキサンハイブリッド)

300°C、10分



ハイブリッド微粒子



微粒子分散ポリマーを  
150°Cで加熱, 硬化



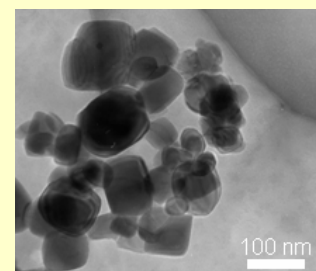
#### 放熱性材料

(金属-ポリシロキサンハイブリッド)

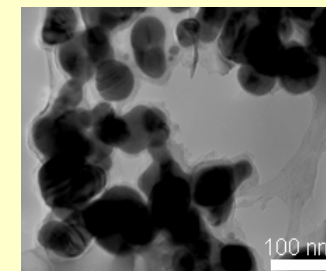
種々の金属・修飾剤を用いた検討

エポキシシロキサン+硝酸銅水溶液  
in-situ表面修飾 + 金属銅への還元

#### メカニズムの検討



○表面修飾 ×還元

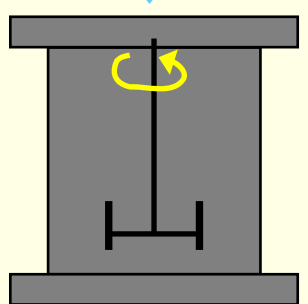


○表面修飾 ○還元  
粒子成長抑制

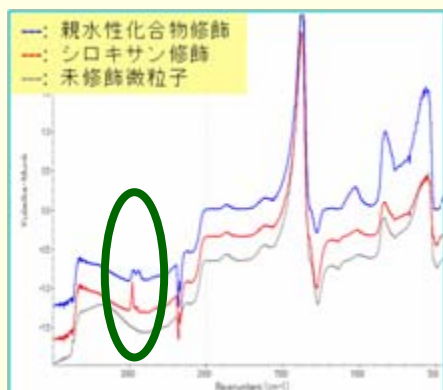
→ 流通式装置を用いたプロセス制御へ

## 4. 検討内容 (東レ・ダウ)

- 金属酸化物微粒子  
- 反応性シロキサン  
- その他



オートクレーブ



—: 親水性化合物修飾  
—: シロキサン修飾  
—: 未修飾微粒子

- 充てん率
- ポリシロキサン (種々構造)
- 表面修飾 耐熱性微粒子

混合

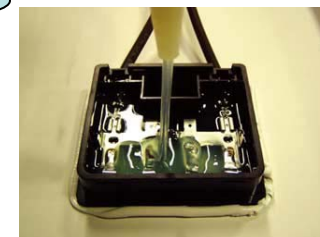
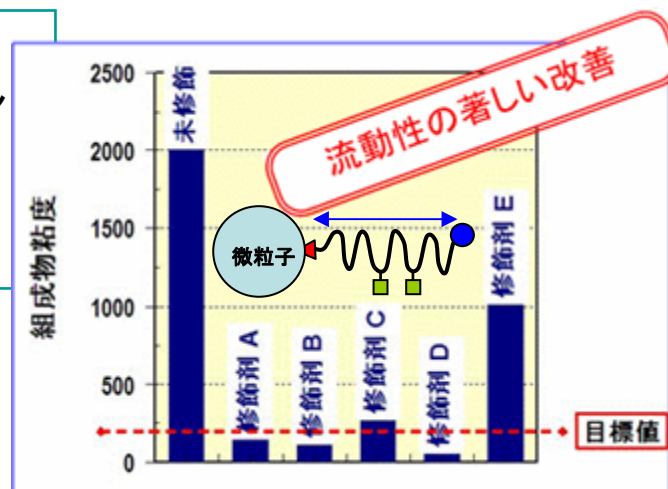
脱溶媒

成形・加熱硬化

評価

➤ 粘度低下

- 熱膨張係数 (CTE)
- 弾性率低下率



無機  
微粒子



修飾剤

- 修飾率: 0.05~3.0 wt%
- 微粒子構造、粒子径に依存

特許1件出願

特許1件出願



### 3. 開発目標と達成状況 (東レ・ダウ)

#### 耐熱材料: ポリシロキサン+超臨界法・表面修飾シリカナノ粒子

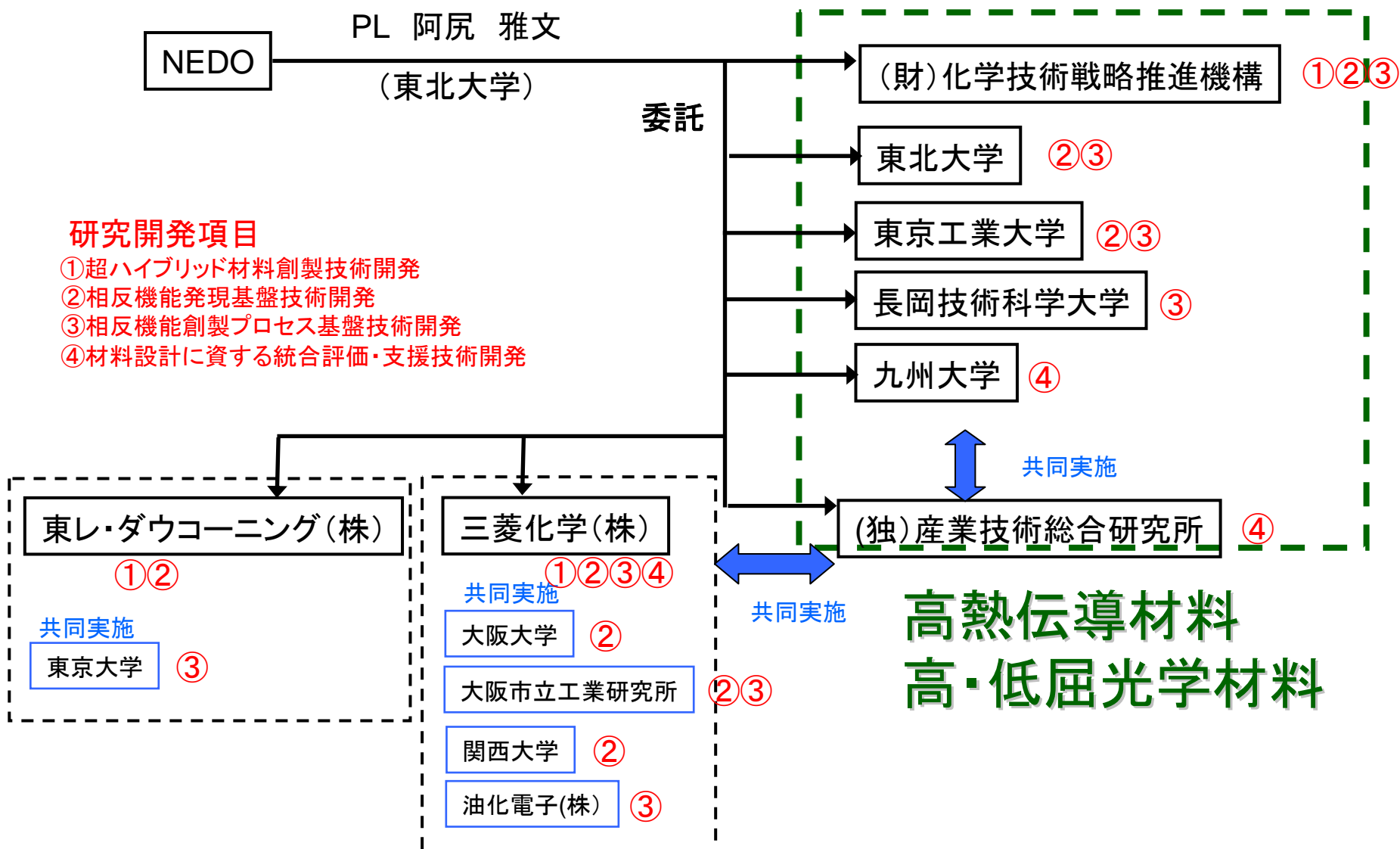
##### 耐熱性材料開発

	中間目標	最終目標	到達値	達成状況	コメント
粘度 (Pa·s)	≤ 200	≤ 100	41	◎	制御された表面修飾技術
熱膨張係数 ( $\times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ )	≤ 20	≤ 15	50	○	今年度中に達成見込み
貯蔵弾性率低下率 (%) [ $100 \times (1 - G'_{300} / G'_{rt})$ ]	≤ 10	≤ 10	76	○	今年度中に達成見込み
長期耐熱性 (力学強度変化率) (% : 250 °C, 100 hrs)	-----	-----	± 0	◎	250°C耐熱材料。日本初

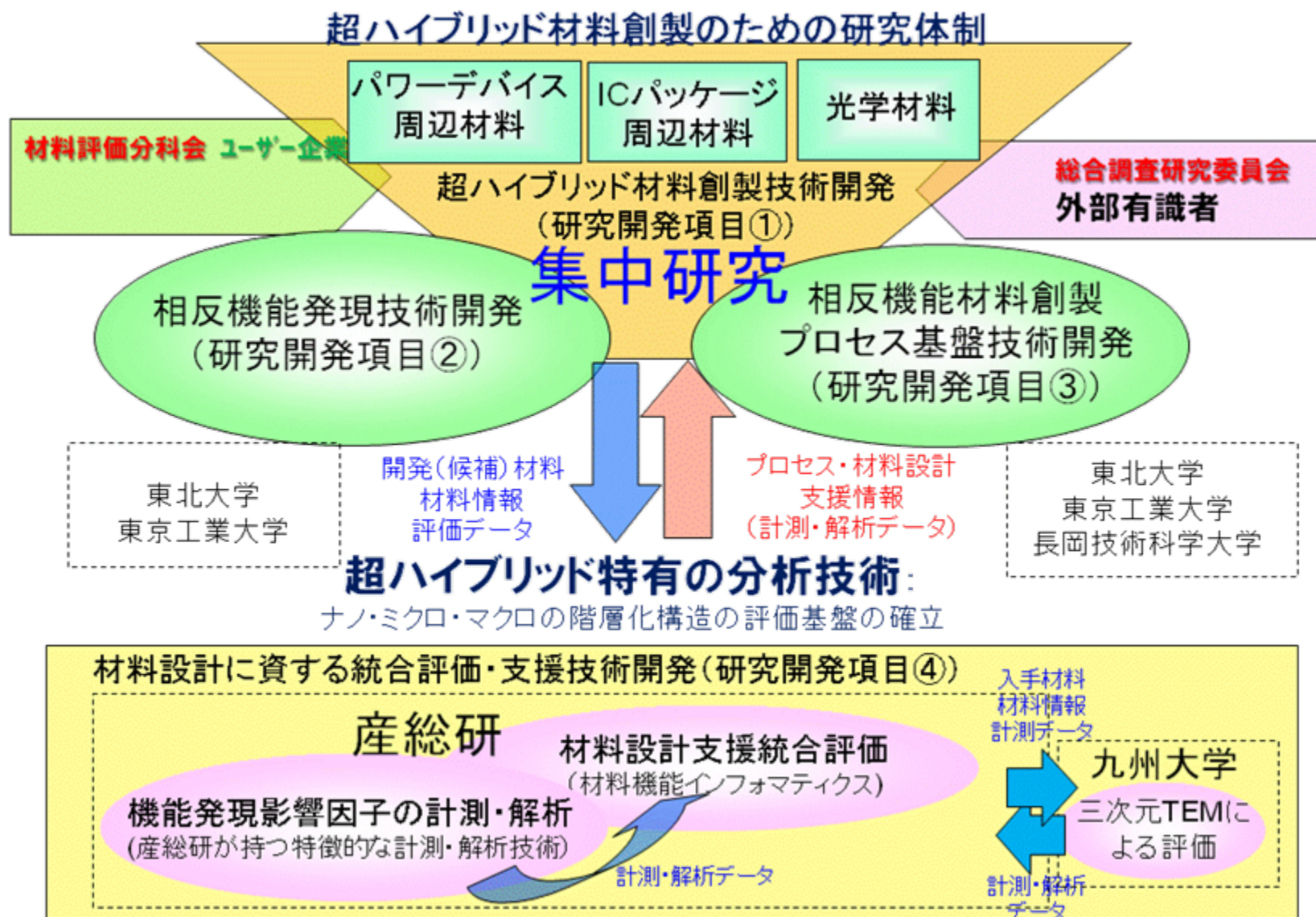
##### 放熱性材料開発

	中間目標		到達値	達成状況	コメント
粘度 (Pa·s)	≤ 200		800	△	東大での基盤技術の結果を反映して材料化予定
熱抵抗値 ( $\text{K} \cdot \text{cm}^2 / \text{W}$ )	≤ 0.03		0.79	△	

## 4. 検討内容 (JCII)

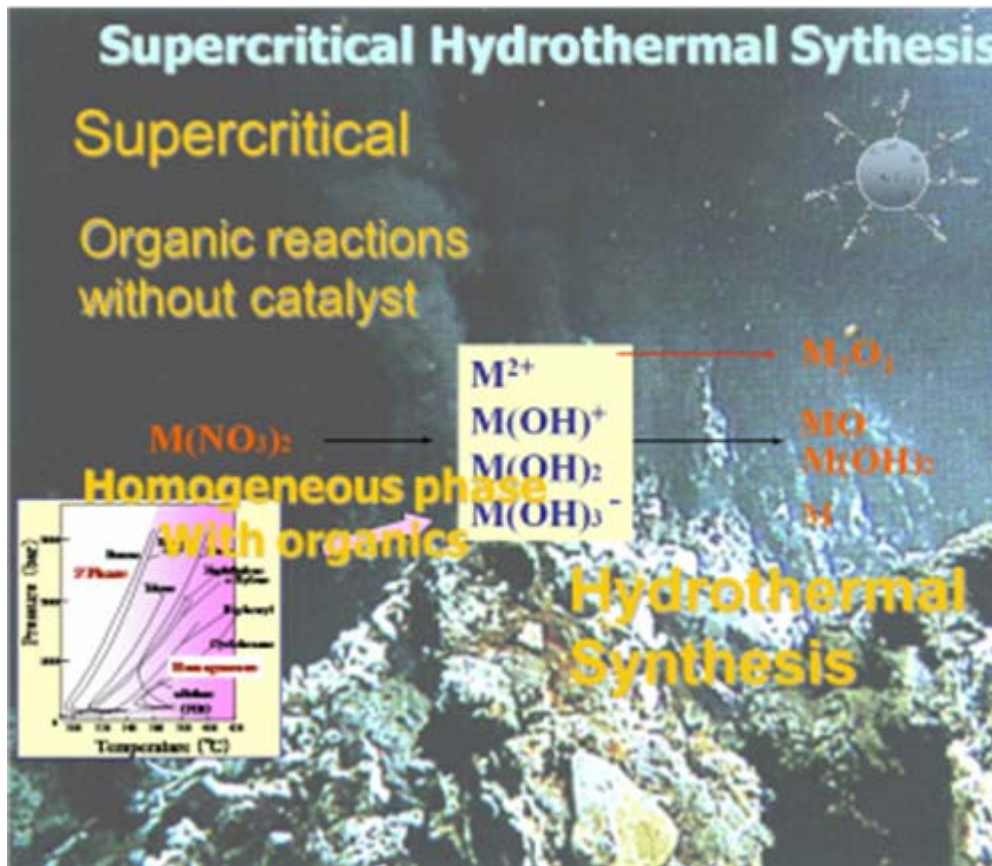


## 4. 検討内容 (JCII)

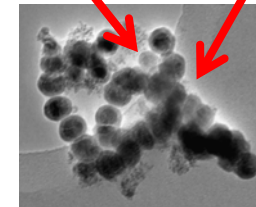


## 4. 検討内容 (JCII)

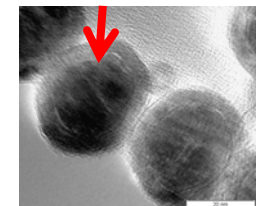
### 超臨界水熱合成法



シリカ 凝集体  
粒子生成 の修飾



シリカ層

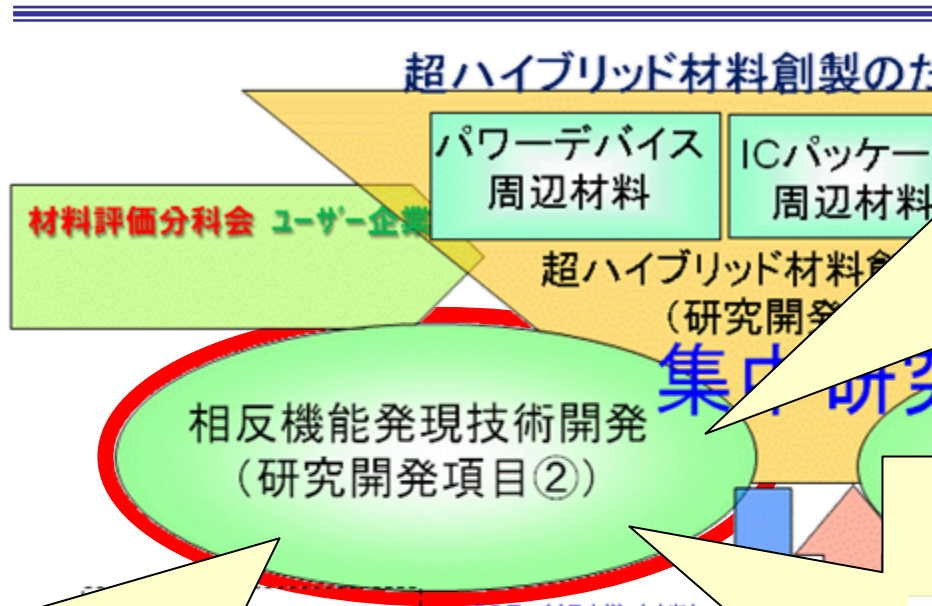


★課題:  
大量高速合成  
有機溶媒  
広い適用性

日本発の新技术

海外 招待講演23件

# 4. 検討内容 (JCII)



**重合速度 < 相分離速度**

**重合速度 >> 相分離速度**

**新規重合法**

## ハイブリッド化反応機構

**修飾反応の生じる反応環境  
表面電荷と有機分子の解離  
のバランス**

## 高分子・有機溶媒との親和性評価

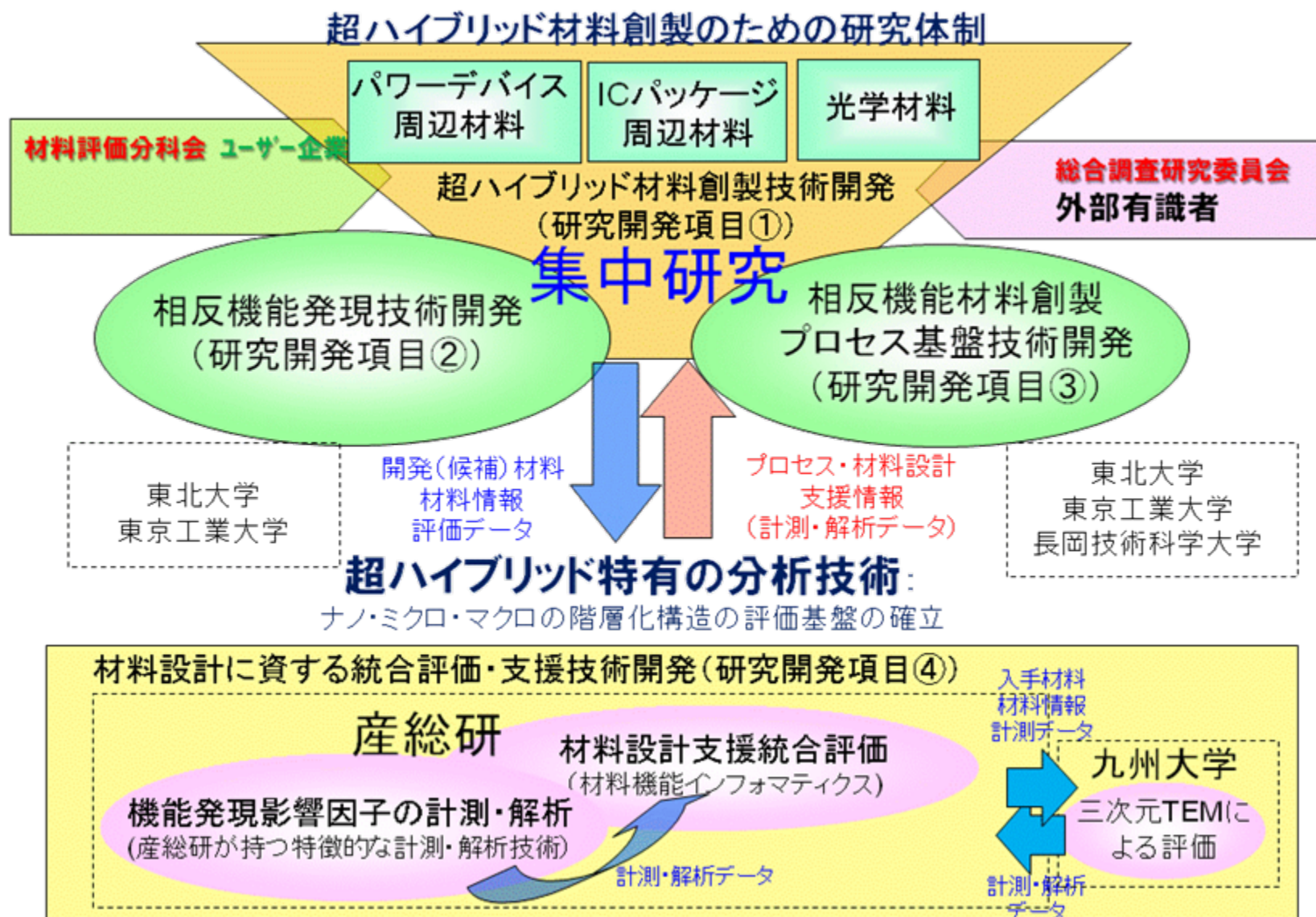
**ナノ粒子・溶媒間相互作用**

**ナノ粒子・樹脂基板間相互作用**

desorption    adsorption

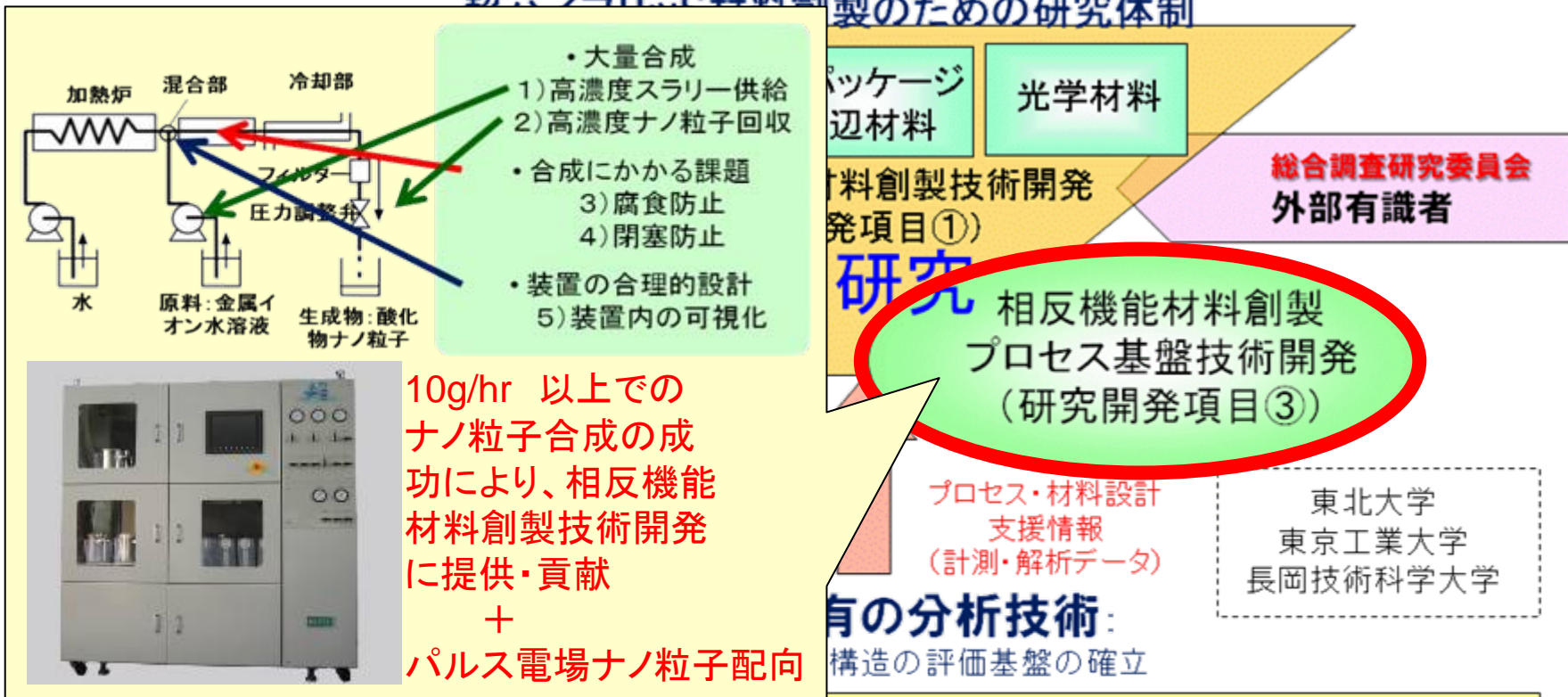
**ナノ粒子系の熱力学  
溶解度パラメーター、吸着平衡**

## 4. 検討内容 (JCII)



# 4. 検討内容 (JCII)

## 超ハイブリッド材料創製のための研究体制

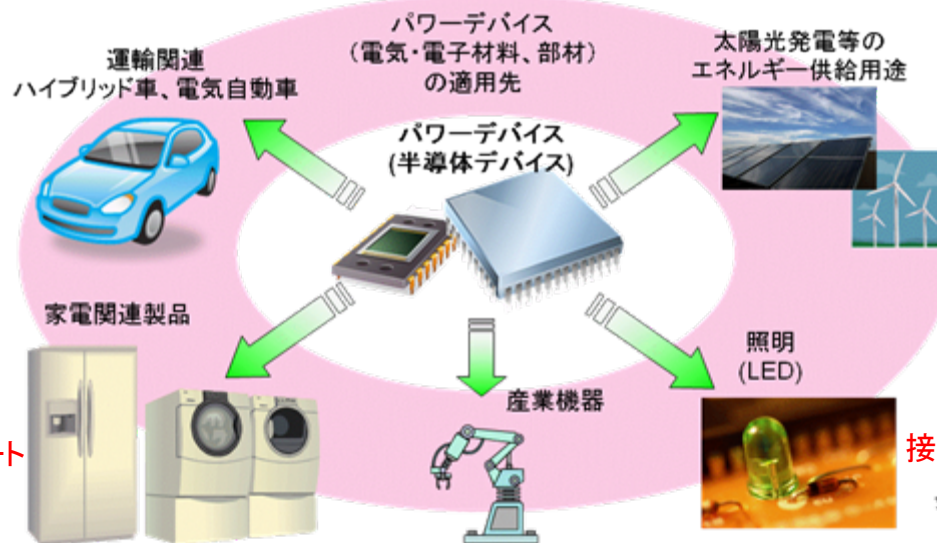


### 材料設計に資する統合評価・支援技術開発(研究開発項目④)



## 4. 検討内容 (JCII) 電気・電子材料

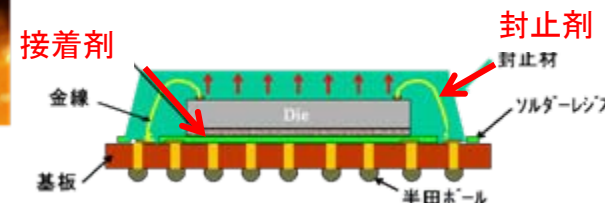
市場規模: パワー半導体10兆円 (2050), 照明用LED 4000億円 (2013) 最終製品として



放熱シート

接着剤

封止剤



検討項目	中間目標	最終目標
熱伝導率	$\geq 30 \text{ W/mK}$	$\geq 40 \text{ W/mK}$
耐熱性	$\geq 300 \text{ }^\circ\text{C}$	$\geq 400 \text{ }^\circ\text{C}$
絶縁破壊電圧	$\geq 30 \text{ kV/mm}$	$\geq 50 \text{ kV/mm}$
成形性	易成形性	易成形性

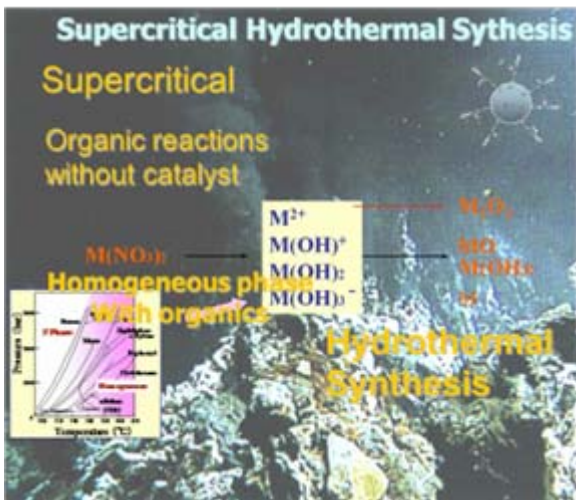
検討項目	中間目標	最終目標
熱伝導率	$\geq 40 \text{ W/mK}$	$\geq 60 \text{ W/mK}$
密着強度 (260°C)	$\geq 1 \text{ MPa}$	$\geq 1 \text{ MPa}$

検討項目	中間目標	最終目標
熱伝導率	$\geq 7 \text{ W/mK}$	$\geq 15 \text{ W/mK}$
密着強度 (260°C)	$\geq 1 \text{ MPa}$	$\geq 1 \text{ MPa}$
体積抵抗率 (150°C)	$\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$	$\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$

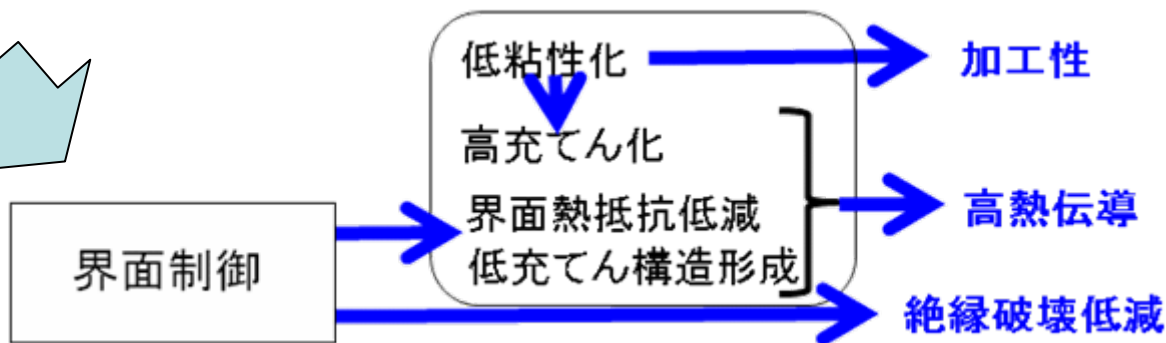
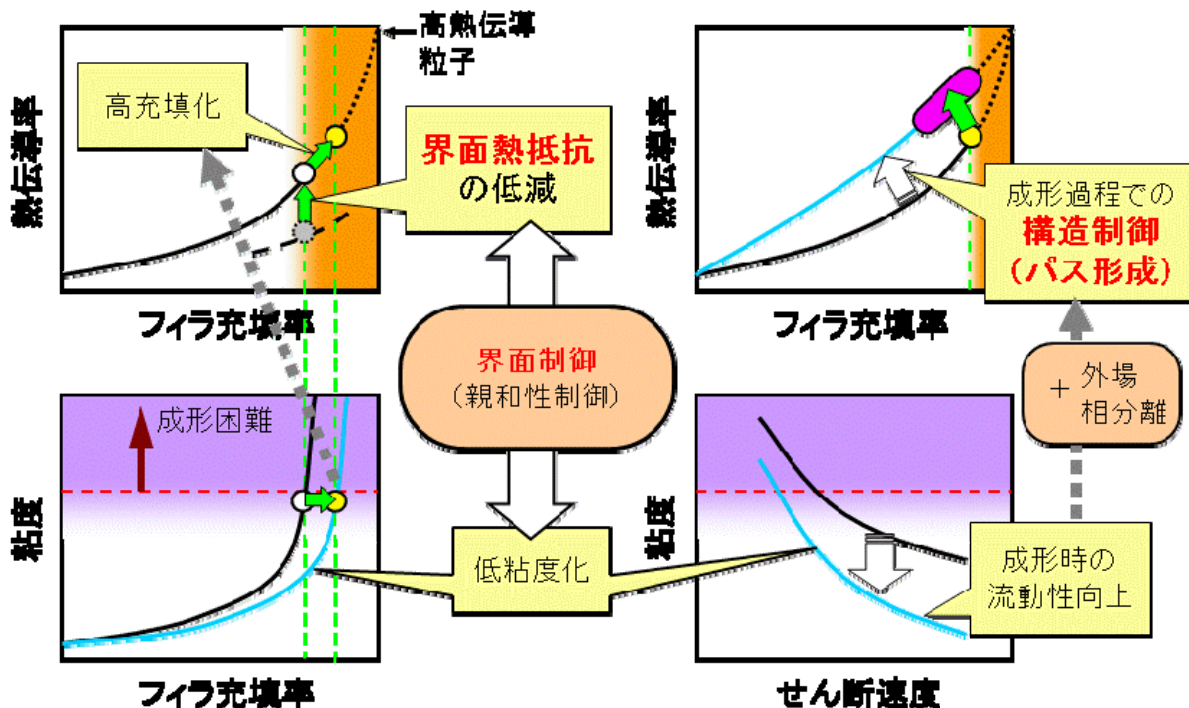


# 4. 検討内容 (JCII) 電気・電子材料

## 戦略



超臨界プロセス開発



## 4. 検討内容 (JCII) 電気・電子材料

世界初 超臨界法  
ハイブリッドナノ粒子合成  
(20g/hr)



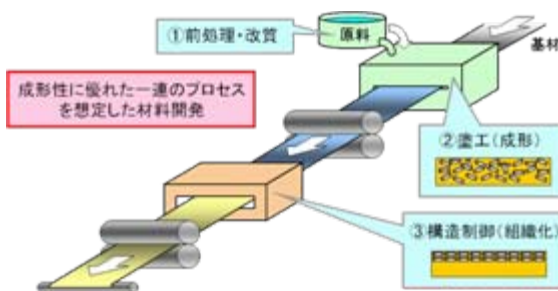
界面制御

低粘性・加工性  
高充てん化  
界面熱抵抗低減

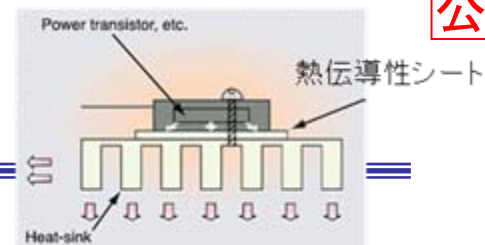
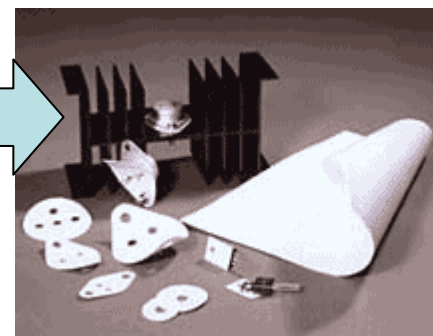
### ②基盤研究支援

超臨界反応機構解明  
界面制御と分散機構  
界面熱抵抗評価

実際の連続加工  
プロセスの開発



User企業の要望に  
応じた成型加工



検討項目	中間目標	最終目標	成果
熱伝導率	$\geq 30 \text{ W/mK}$	$\geq 40 \text{ W/mK}$	(//面) $35 \text{ W/mK}$ ----- (⊥面) $35 \text{ W/mK}$
耐熱性	$\geq 300 \text{ }^\circ\text{C}$	$\geq 400 \text{ }^\circ\text{C}$	$300 \text{ }^\circ\text{C}$
絶縁破壊電圧	$\geq 30 \text{ kV/mm}$	$\geq 50 \text{ kV/mm}$	$25 \text{ kV/mm}$
成形性	易成形性	易成形性	易成形性

## 4. 検討内容 (JCII) 電気・電子材料 今後の課題

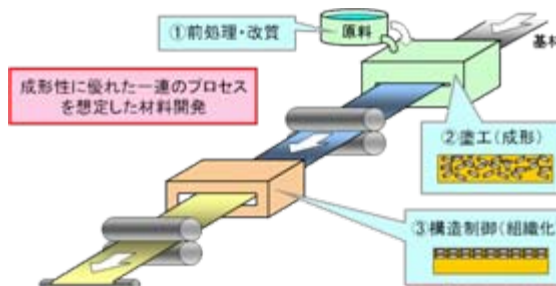
世界初 超臨界法  
ハイブリッドナノ粒子合成  
(20g/hr)



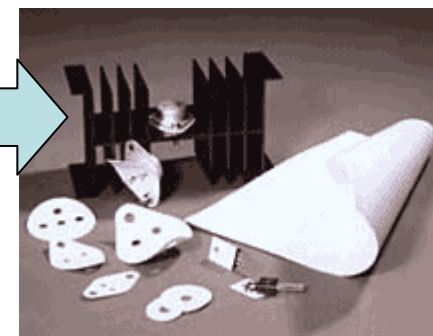
界面制御

低粘性・加工性  
高充てん化  
界面熱抵抗低減

実際の連続加工  
プロセスの開発



User企業の要望に  
応じた成型加工



### ②基盤研究支援

超臨界反応機構解明  
界面制御と分散機構  
界面熱抵抗評価

検討項目	中間目標	最終目標	成果
熱伝導率	$> 20 \text{ W/mK}$	$\geq 40 \text{ W/mK}$	(//面) $35 \text{ W/mK}$ ----- (⊥面) $35 \text{ W/mK}$
耐熱性		$\geq 400 \text{ }^\circ\text{C}$	$300 \text{ }^\circ\text{C}$
絶縁破壊電圧	$\geq 30 \text{ kV/mm}$	$\geq 50 \text{ kV/mm}$	$25 \text{ kV/mm}$
成形性	易成形性	易成形性	易成形性

界面抵抗低減  
高熱伝導材料  
空隙低減

## 4. 検討内容 (JCII) 電気・電子材料

世界初 超臨界法  
ハイブリッドナノ粒子合成  
(20g/hr)

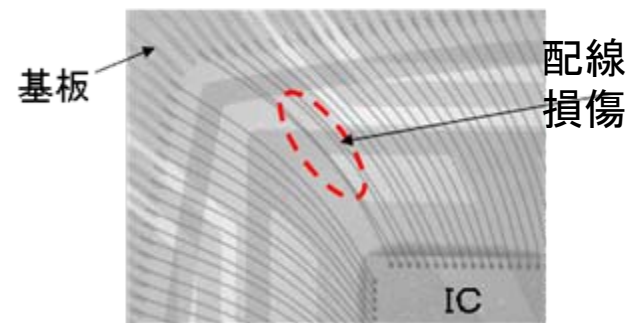
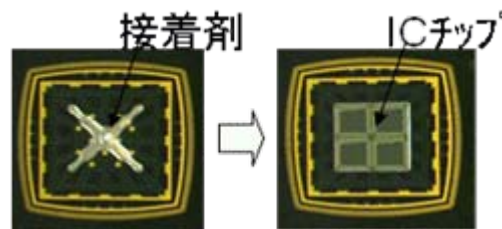
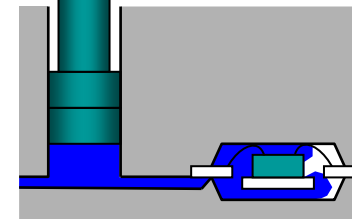
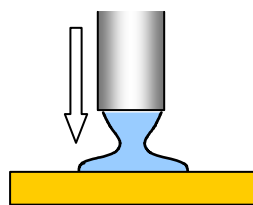
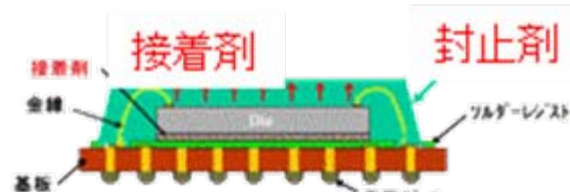


界面制御

低粘性・加工性  
高充てん化  
界面熱抵抗低減

### ②基盤研究支援

超臨界反応機構解明  
界面制御と分散機構  
界面熱抵抗評価



検討項目	中間目標	最終目標	成果
熱伝導率	$\geq 40 \text{ W/mK}$	$\geq 60 \text{ W/mK}$	38 W/mK
密着強度 (260°C)	$\geq 1\text{MPa}$	$\geq 1\text{MPa}$	4MPa

検討項目	中間目標	最終目標	成果
熱伝導率	$\geq 7 \text{ W/mK}$	$\geq 15 \text{ W/mK}$	6 W/mK
密着強度 (260°C)	$\geq 1\text{MPa}$	$\geq 1\text{MPa}$	6MPa
体積抵抗率 (150°C)	$\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$	$\geq 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$	$10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$

# 4. 検討内容 (JCII) 電気・電子材料 今後の課題

世界初 超臨界法  
ハイブリッドナノ粒子合成  
(20g/hr)

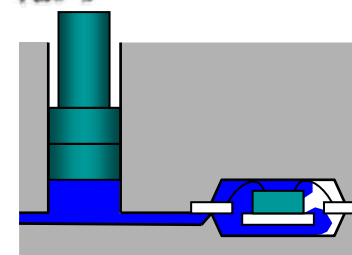
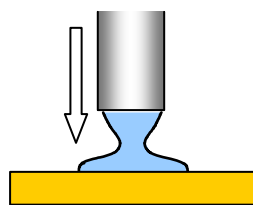
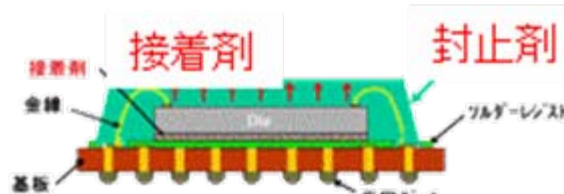


界面制御

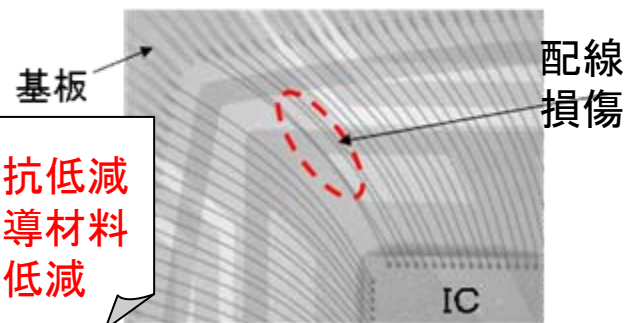
低粘性・加工性  
高充てん化  
界面熱抵抗低減

## ②基盤研究支援

超臨界反応機構解明  
界面制御と分散機構  
界面熱抵抗評価



界面抵抗低減  
高熱伝導材料  
空隙低減



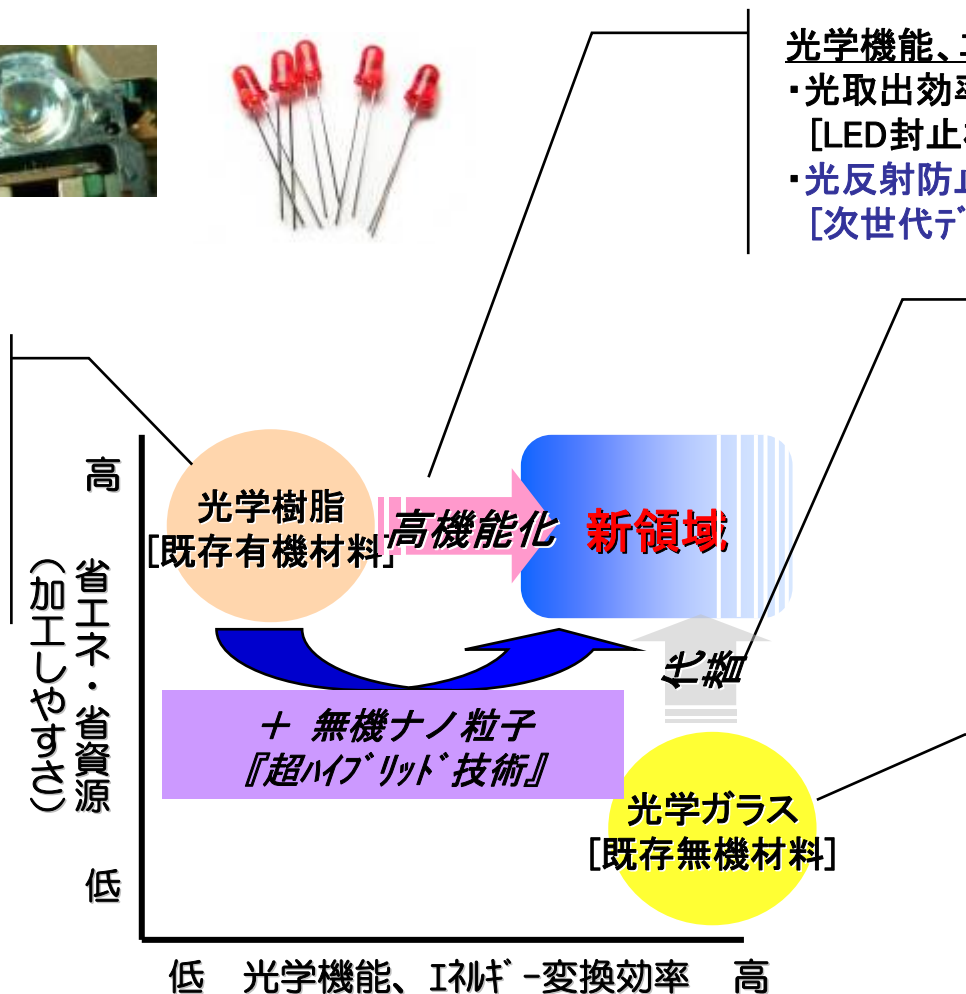
検討項目	中間目標	最終目標	成果
熱伝導率	≥ 40 W/mK	≥ 60 W/mK	38 W/mK
密着強度 (260°C)	≥ 1MPa	≥ 1MPa	4MPa

検討項目	中間目標	最終目標	成果
熱伝導率	≥ 7 W/mK	≥ 15 W/mK	6 W/mK
密着強度 (260°C)	≥ 1MPa	≥ 1MPa	6MPa
体積抵抗率 (150°C)	≥ 10 <sup>11</sup> Ω・cm	≥ 10 <sup>11</sup> Ω・cm	10 <sup>14</sup> Ω・cm

# 4. 検討内容 (JCII) 光学材料



- [用途]
- ・反射防止フィルム関連  
1350億円(2006)
  - ・携帯電話
  - ・光ピックアップ
  - ・車載 他



- 光学機能、エネルギー効率変革の向上
- ・光取出効率  
[LED封止材等]
  - ・光反射防止  
[次世代ディスプレイ材料等への展開]

- 加工プロセス変革
- ・高温⇒低温
  - ・研磨⇒成形
  - ・スパッタ法⇒塗布法
- ↓
- ・加工ロス↓[省資源]
  - ・省エネ、CO2 ↓
  - ・リサイクルコスト ↓

- [市場]
- 800億円(2004)
  - 1000億円(2009予測)

- [用途]
- ・デジタルカメラ
  - ・プロジェクター
  - ・光ピックアップ
  - ・車載
  - ・OA機器

省エネ効果推定

- ・原油換算259万KL
- ・CO2 679万ton

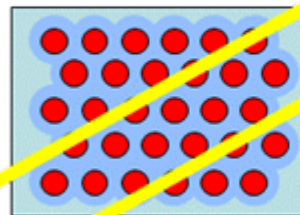
(LED照明等の本格普及への貢献を中心に試算)

## 4. 検討内容 (JCII) 光学材料

### 超ハイブリッド

☆ブレイクスルー・ポイント:  
ナノ粒子-高分子間の分子レベル親和性制御

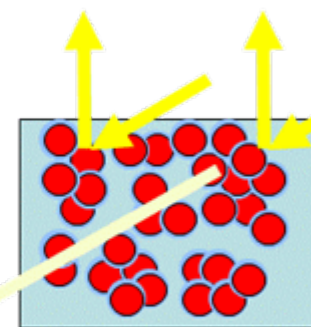
ナノ粒子表面制御  
高濃度・完全分散



光

### 従来法

★問題点: ナノ粒子の凝集



凝集  
散乱

光

開発する相反機能

透明性 ↔ 屈折率 ↔ 加工性

検討項目	中間目標	最終目標
低屈折率材料		
低屈折率	$\leq 1.42$	$\leq 1.4$
鉛筆硬度	$\geq 3H$	$\geq 4H$
成形加工性	MFR(JIS K7210) $\geq 10g/10min$	MFR(JIS K7210) $\geq 30g/10min$
高屈折率材料		
高屈折率	$\geq 1.6$	$\geq 1.7$
光線透過率	$\geq 90\%$	$\geq 90\%$
成形加工性	MFR(JIS K7210) $\geq 10g/10min$	MFR(JIS K7210) $\geq 30g/10min$
(供試物作製)		

## 4. 検討内容 (JCII) 光学材料

超ハイブリッド  
光学材料

無機ナノ粒子と  
高い親和性を示す  
ノニオン性高分子  
界面活性剤の開発

高屈折率樹脂 および、  
樹脂と高屈折率ナノ粒子  
との相溶性を両立する  
ための表面修飾剤設計開発

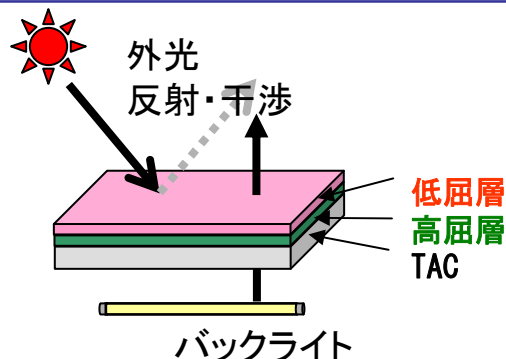
新規重合プロセス  
による透明性を確保  
した屈折率制御

基盤技術、プロセス技術、評価支援技術

(分子レベルでの吸着技術、粒子表面の修飾技術、材料設計に資する評価技術等)

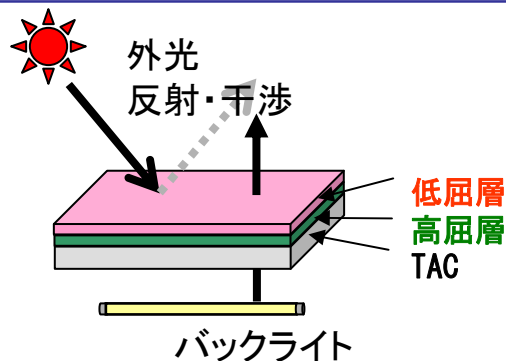


## 4. 検討内容 (JCII) 光学材料

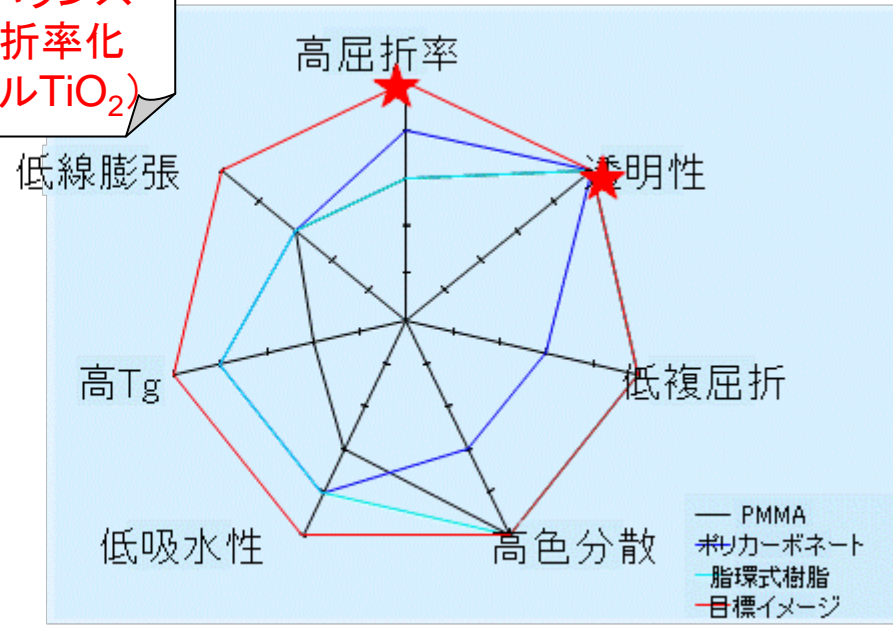
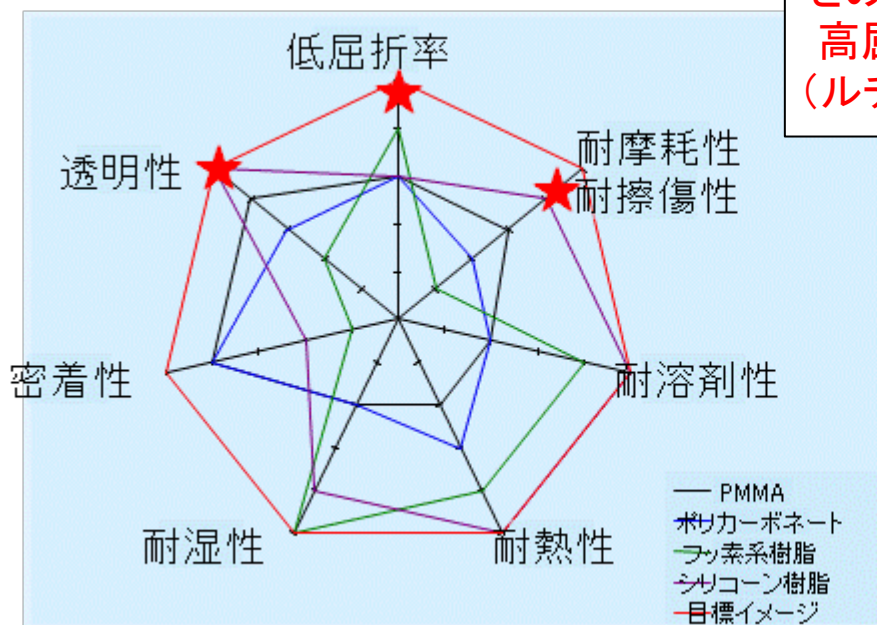


検討項目	中間目標	最終目標	成果	達成状況
低屈折率光学材料				
低屈折率	$\leq 1.42$	$\leq 1.4$	1.38 ~ 1.40	◎
鉛筆硬度	$\geq 3H$	$\geq 4H$	3H	◎
成形加工性 (MFR, JIS K7210)	$\geq 10g/10min$	$\geq 30g/10min$	$\geq 30g/10min$	◎
供試物作製			作製済 (ARフィルム)	◎
高屈折率光学材料				
高屈折率	$\geq 1.6$	$\geq 1.7$	1.78	◎
光線透過率	$\geq 90\%$	$\geq 90\%$	$\geq 90\%$	◎
成形加工性 (MFR, JIS K7210)	$\geq 10g/10min$	$\geq 30g/10min$	$\geq 30g/10min$	◎
供試物作製			作製済 (20φ、t=1mm) (ARフィルム)	○ ◎

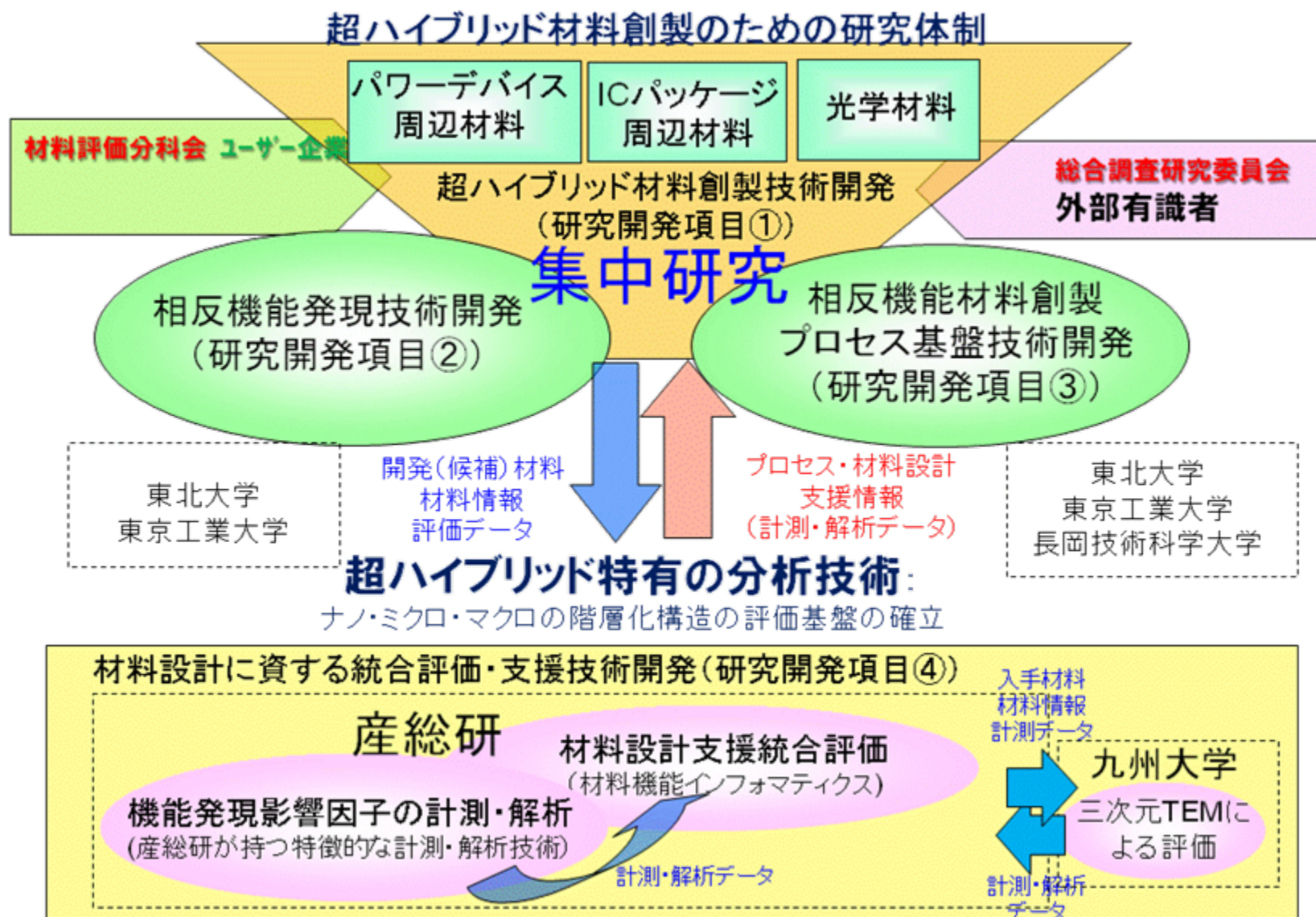
# 4. 検討内容 (JCII) 光学材料 今後の課題



他の相反機能  
とのバランス  
高屈折率化  
(ルチルTiO<sub>2</sub>)



## 4. 検討内容 (JCII)



## 4. 検討内容 (産総研 —JCII)

目標とする材料機能、特性の共生・向上

電気・電子材料

高熱伝導率＋電気絶縁性＋耐熱性、成形性など

光学材料

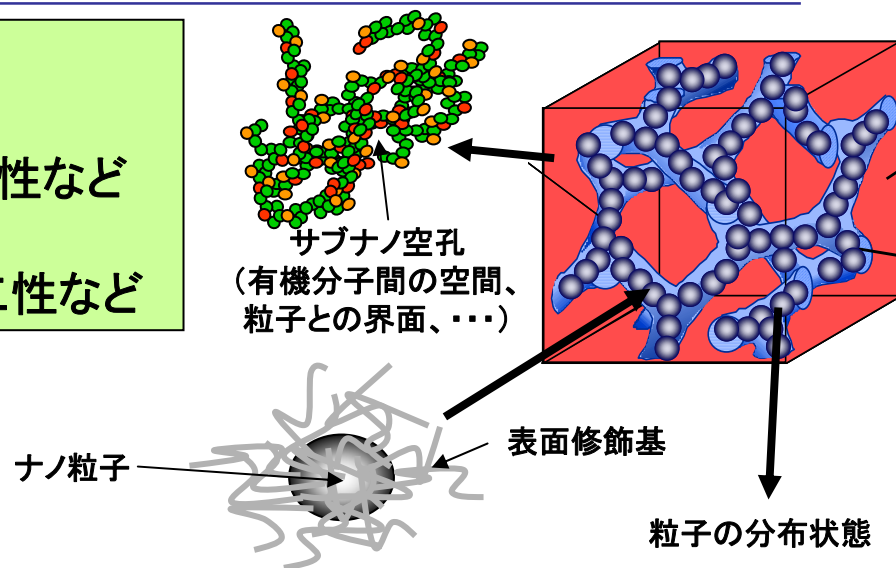
光透過性＋屈折率(高、低)、導電性、加工性など

目標を実現する方法

- ・無機粒子の分散制御  
分散粒子の種類、分散量、  
配置(均質分散 or 局所配置)、  
配向性など
- ・母相－分散粒子界面の状態制御
- ・母相の多様化(二相分離形成)

材料構造、局所物性(界面物性)を実現する手段(プロセス)

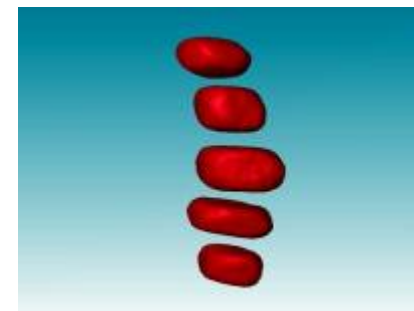
- ・超臨界法による粒子合成
- ・粒子表面修飾
- ・外場による粒子配列



計測・解析による材料構造  
や状態の確認

- ・粒子分散状態
- ・表面修飾状態
- ・ナノ空孔分布
- ・化学結合状態

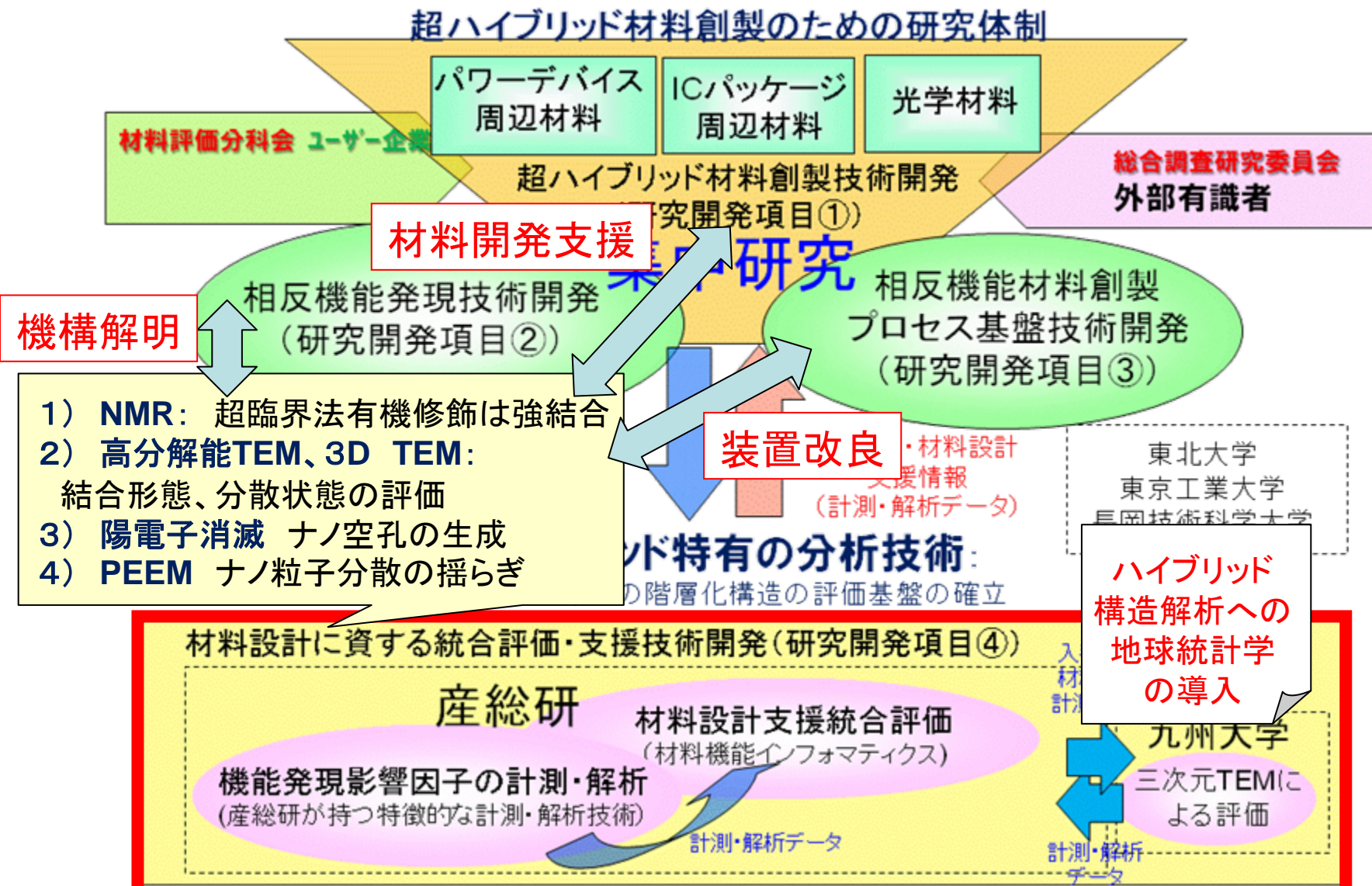
構造形成、機能・特性発現  
影響因子の解析



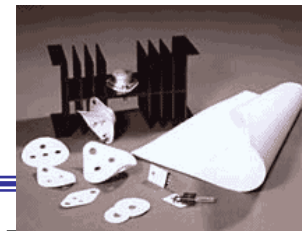
立体的な配置の詳細

計測・解析による材料開発の支援

# 4. 検討内容 (JCII)



# 4. 検討内容 今後の課題



PL 阿尻 雅文  
(東北大学)

NEDO

(財)化学技術戦略推進機構 ①②③

東北大学 ②③

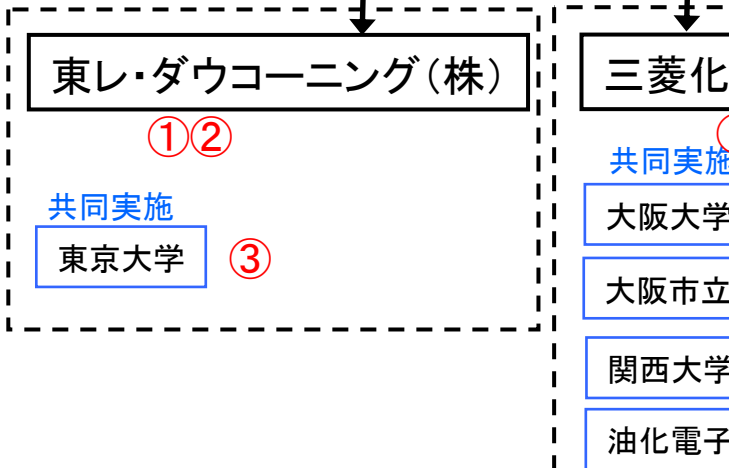
東京工業大学 ②③

長岡技術科学大学 ③

九州大学 ④

**プロジェクトは順調に進んでいる。**  
 中間目標をほぼ達成  
 意義：  
 世界初のプロセス・材料・市場性  
 最終目標も達成見込み

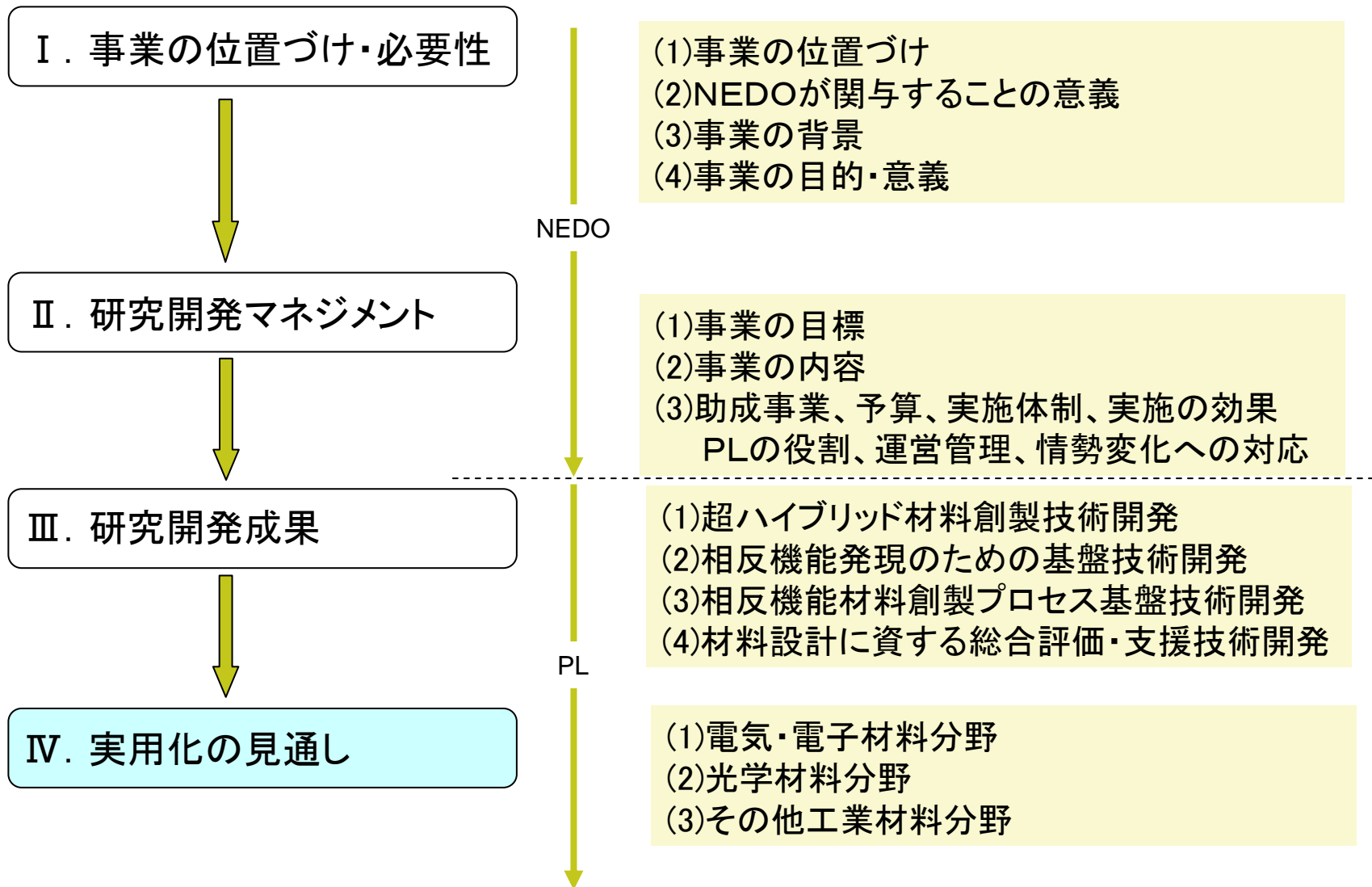
汎用性のある技術



**あらたな技術分野 共通基盤**  
**超ハイブリッド系のレオロジー・熱力学 界面制御・分散技術の基盤化**  
**解析・評価・設計技術基盤**

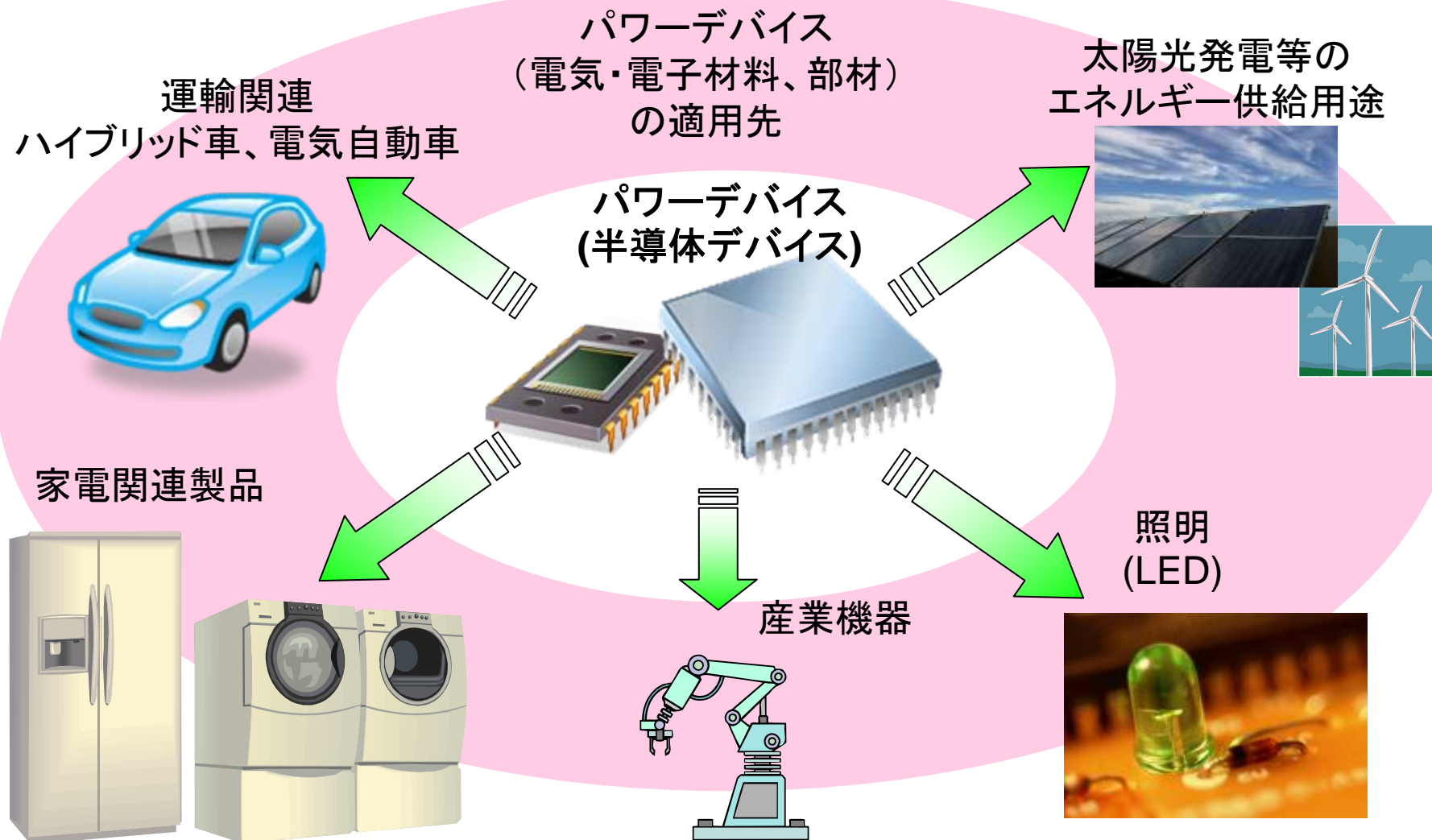
## 超ハイブリッド材料技術開発プロジェクト

## 概要説明 報告の流れ



# 実用化のイメージ (電気電子材料)

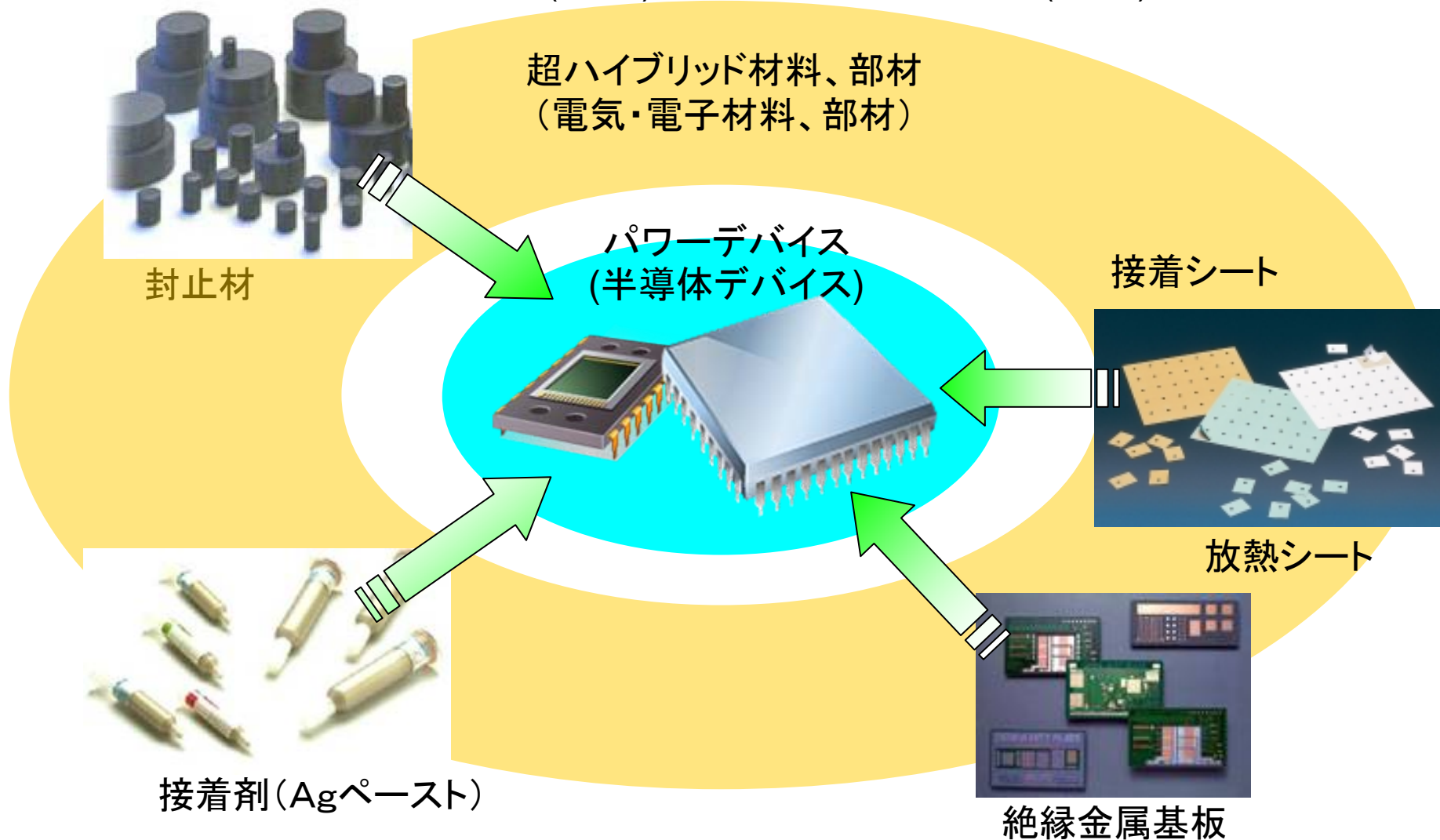
市場規模: パワー半導体10兆円 (2050), 照明用LED 4000億円 (2013) 最終製品として





# 実用化のイメージ (電気電子材料)

市場規模: パワー半導体10兆円 (2050), 照明用LED 4000億円 (2013) 最終製品として



# 実用化のイメージ(光学材料分野)



## 光学機能、エネルギー効率変革の向上

- ・光取出効率 [LED封止材等]
- ・光反射防止 [次世代ディスプレイ材料等への展開]

## 加工プロセス変革

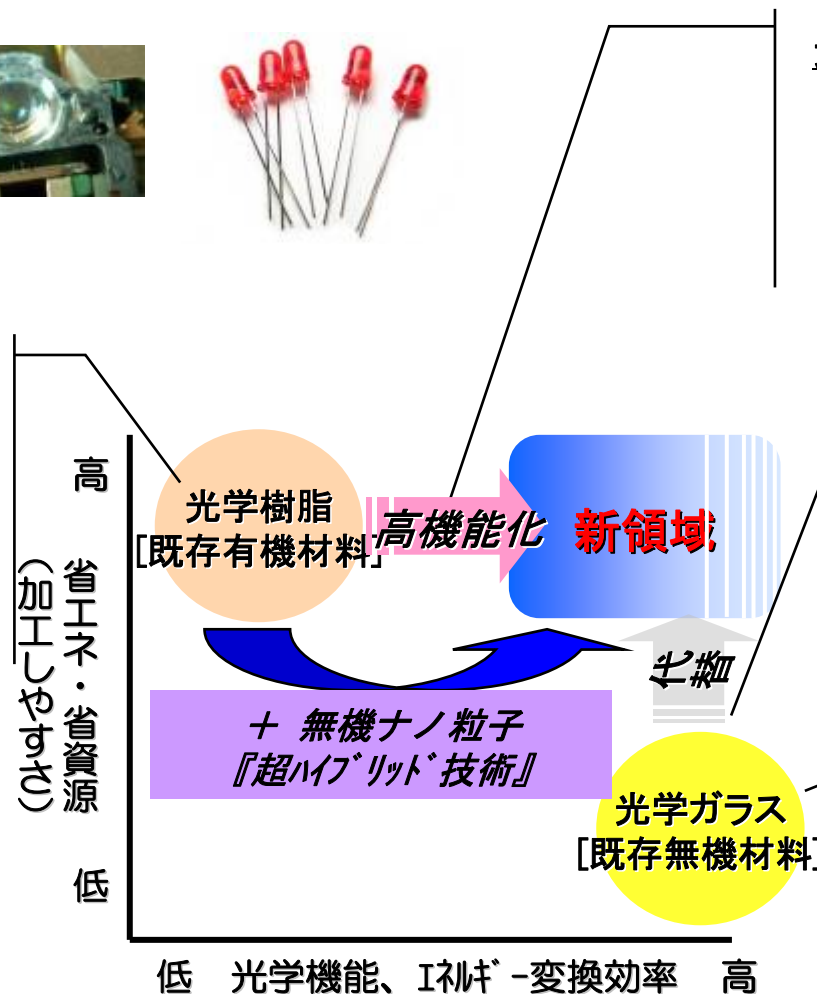
- ・高温⇒低温
  - ・研磨⇒成形
  - ・スパッタ法⇒塗布法
- ↓
- ・加工ロス↓ [省資源]
  - ・省エネ、CO2↓
  - ・リサイクルコスト↓

## [市場]

800億円(2004)  
1000億円(2009予測)

## [用途]

- ・デジタルカメラ
- ・プロジェクター・光ピックアップ
- ・車載 ・OA機器



## [用途]

- ・反射防止フィルム関連 1350億円(2006)
- ・携帯電話
- ・光ピックアップ
- ・車載 他

# 実用化のシナリオ

CO<sub>2</sub>削減効果: 1億t/年

		2010	2015	2020
電気電子材料	パワーデバイス 周辺材料		<p><b>実用化</b> (サンプル供給)</p> <p>顧客評価、改良 → システム適用</p> <p>量産化 →</p> <p>適用拡大</p>	
	ICパッケージ 周辺材料		<p><b>実用化</b> (サンプル供給)</p> <p>顧客評価、改良 → システム適用</p> <p>量産化 →</p> <p>適用拡大</p>	
光学材料	光学材料		<p><b>実用化</b> (サンプル供給)</p> <p>顧客評価、改良 →</p> <p>量産化 →</p> <p>適用拡大</p>	
プロセス	超臨界技術		<p><b>大量合成技術</b> 確立</p> <p>システム改良、適用分野拡大 →</p>	

# 波及効果 (基盤技術)

