

# ナノテク・部材イノベーションプログラム 「低炭素社会を実現する革新的カーボンナノ チューブ複合材料開発プロジェクト」(中間評価) (2010年度～2014年度 5年間) プロジェクトの概要 (公開)

NEDO  
電子・材料・ナノテクノロジー部

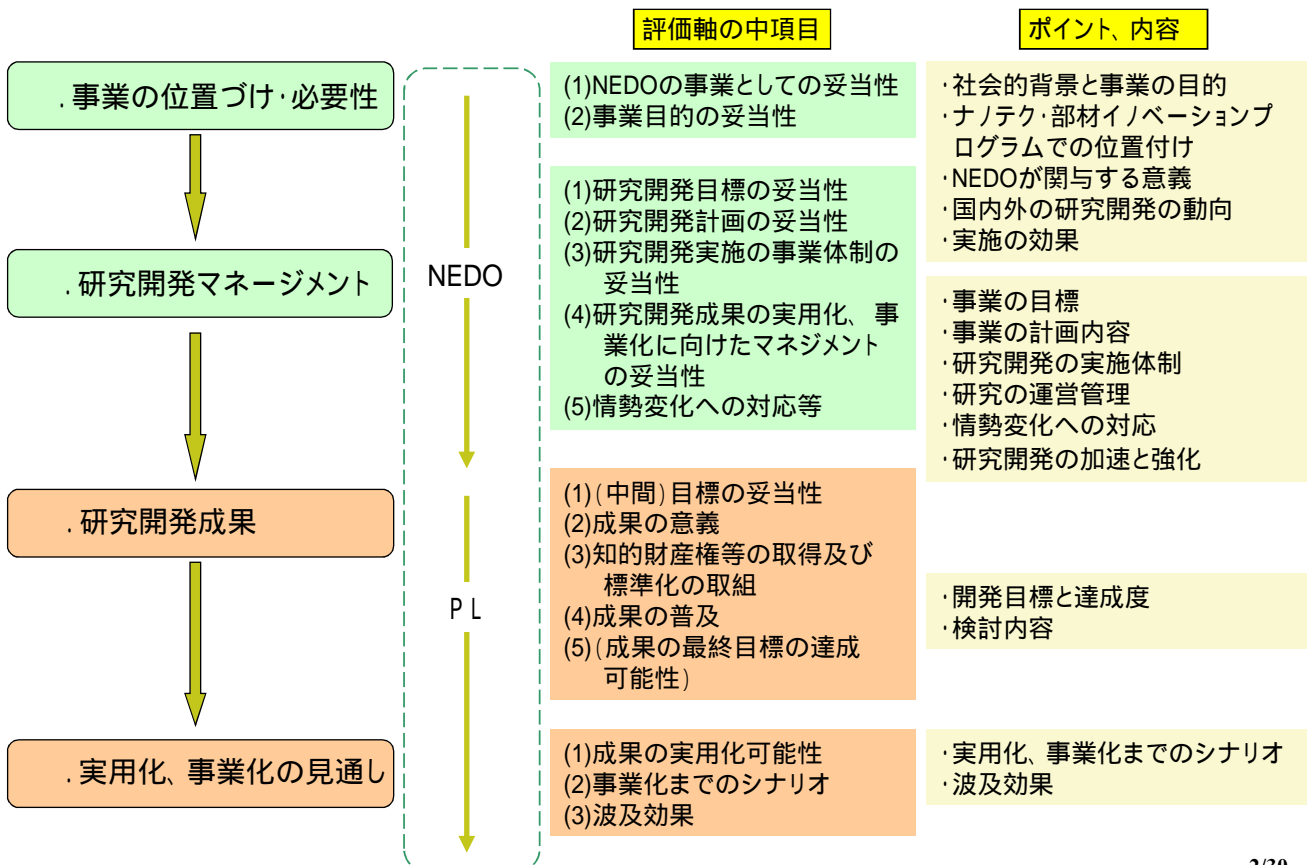
2012年 7月 20日

複製を禁ず

1/30

発表内容

公開



2/30

# 事業の位置付け・必要性

事業原簿 p. 1-1 ~ 1-6

3/30

事業の位置付け・必要性について (1) NEDOの事業としての妥当性

## 背景

## 社会的背景と事業の目的

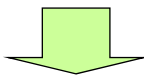
日本で発見された単層カーボンナノチューブ(単層CNT)は、数多くのすぐれた特性を持つ。

高強度

高熱伝導度

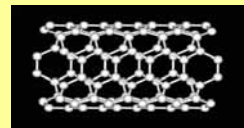
高電気伝導率

この単層CNTを既存の材料に複合化することにより、革新的な特性を持つ新材料の創出が期待されている。我が国は単層CNTの合成や材料応用に向けた研究では世界的にトップランナーの地位にある。



## 事業の目的

単層CNTと既存材料との複合化によって、既存部材の特性を大きく向上させる超軽量・高強度・高機能材料の実用化を促進し、新産業立ち上げの実現を図ることにより、我が国の産業競争力を強化し、低炭素社会の実現に資する。



カーボンナノチューブ(CNT)

日本で発見

軽くて、丈夫で、しなやか

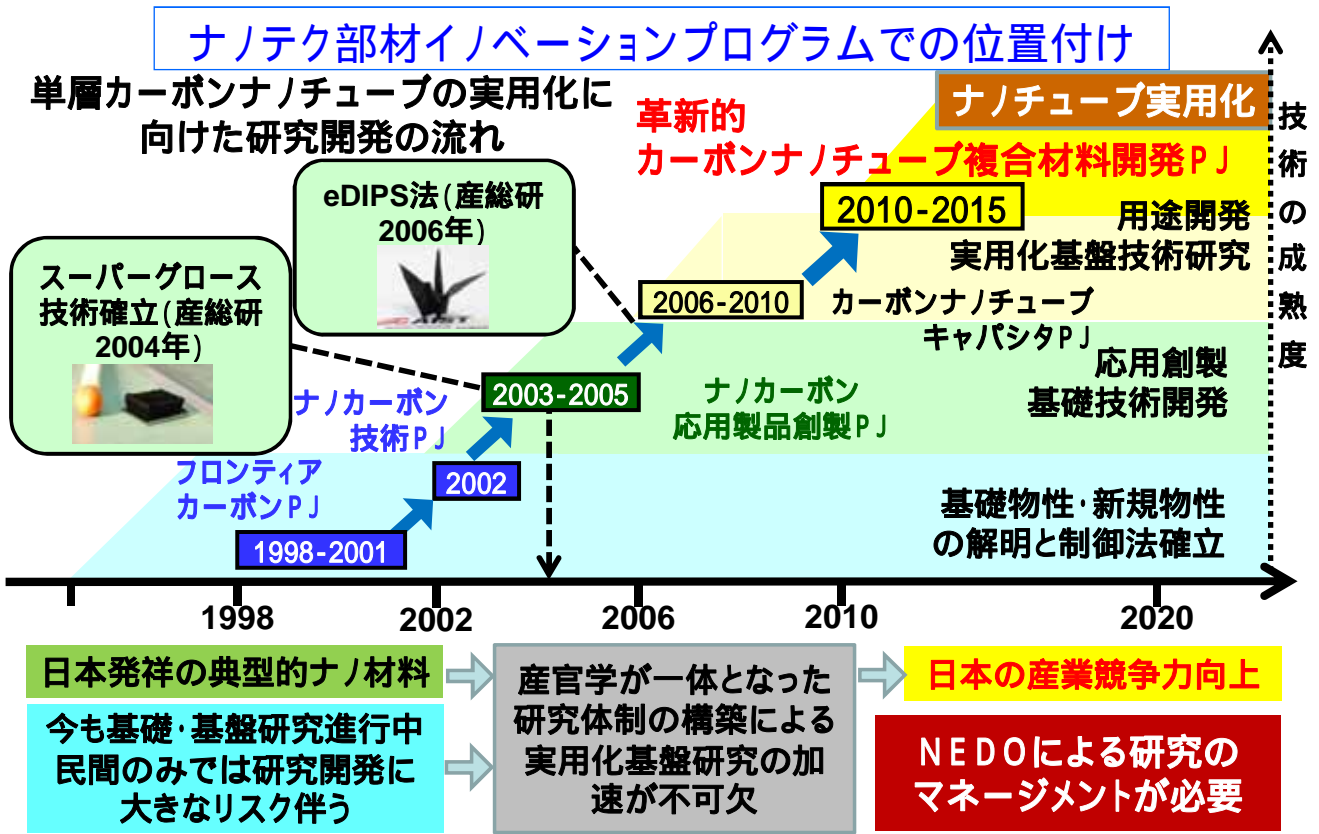
鋼の20倍の強度

銅の100倍の導電率

半導体になる

資源枯渇の心配のない炭素原子からなる

日本の優位性はCNTの合成技術



1. 事業の位置付け・必要性について (1)NEDOの事業としての妥当性、(2)事業目的の妥当性
2. 研究開発マネージメント (1)研究開発目標の妥当性

### 単層CNTの産業応用に対する我が国での取り組み状況 (本プロジェクト開始時)

SG法、eDIPS法による単層CNTの量産化、高品質化が可能になった  
CNTキャパシタの実用化(NEDOプロジェクト 2006~2010)  
単層CNTと既存材料との複合化研究開発の進捗している  
CNT最大無毒量の公表(2011)など、ナノ安全基準の整備が進みつつある

我が国産業の競争力に資するために、現在見えている大きな市場(複合材料)への産業応用に特化し、単層CNTを活用する



単層CNTを既存材料と複合化し、新機能の付与あるいは高機能化した複合材料を開発し、安全性を確保しつつ実用化・事業化へと展開する

**低炭素社会を実現する  
革新的カーボンナノチューブ複合材料プロジェクト**



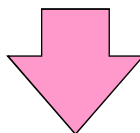
## 研究開発の目標

委託事業 中間評価まで

高比表面積のスーパーグロース法と  
高結晶性のeDIPS法のCNT

最適なCNT形状制御技術と最適  
な分散技術、複合化技術

平成23年度中に、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、試用に供し得る段階まで作成し、企業、大学等の外部機関に対して**サンプルを提供可能**とする。



委託事業 + 助成事業 本プロジェクト終了(平成26年度)まで

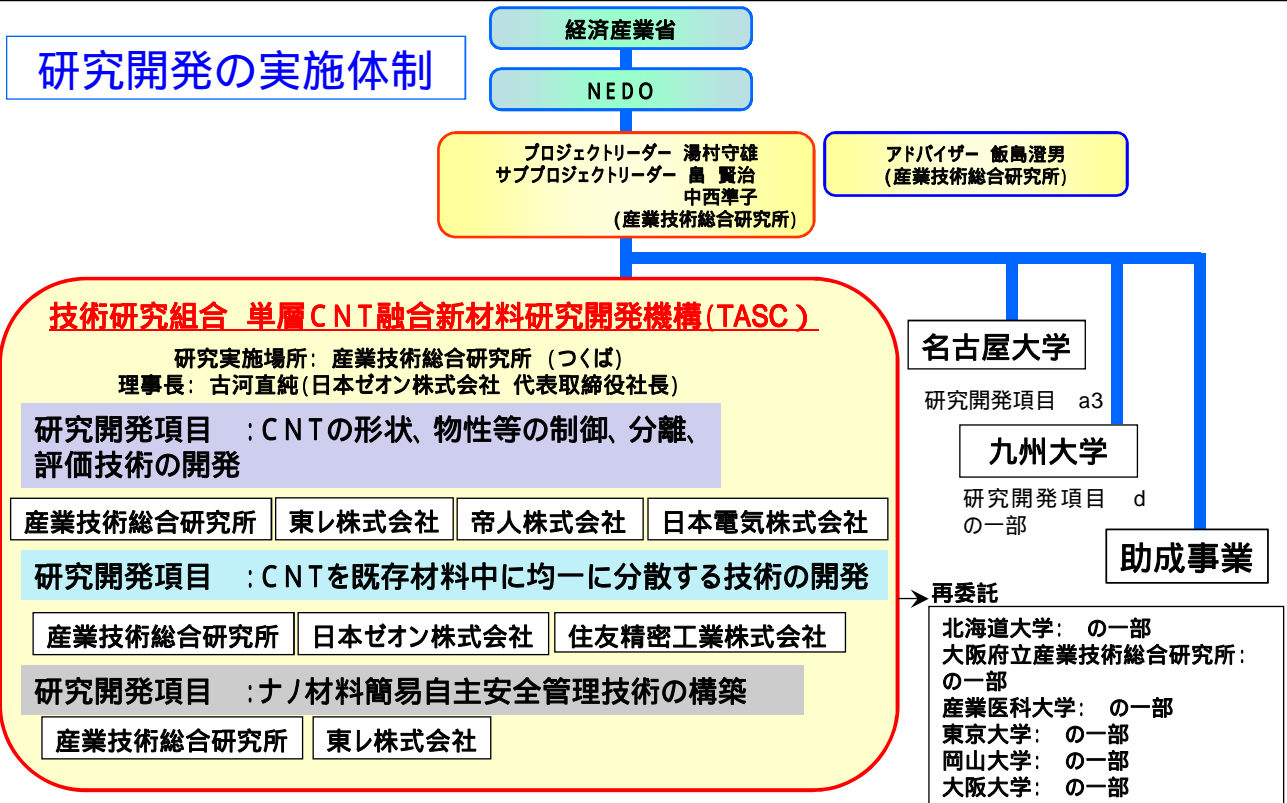
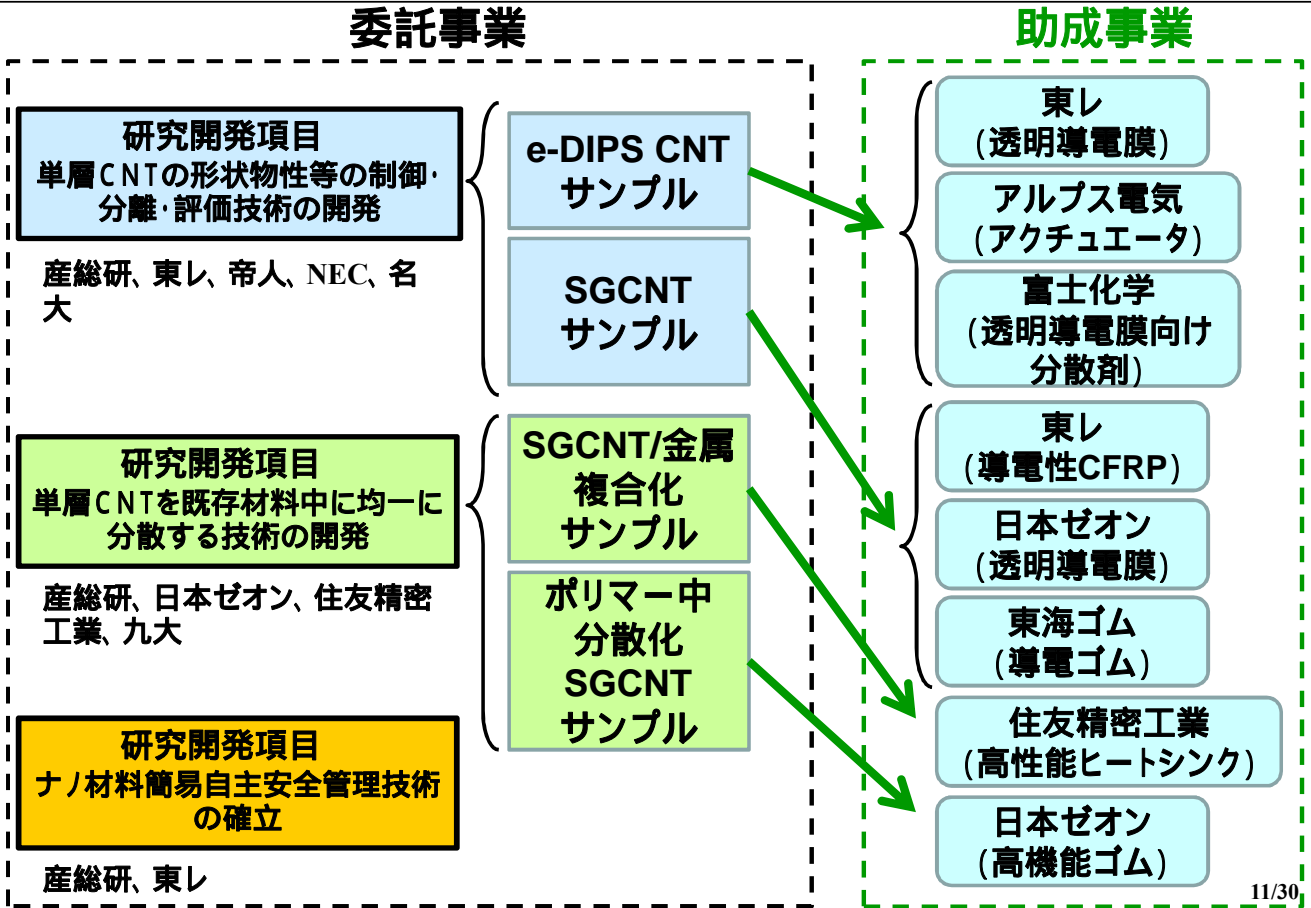
委託事業  
+  
助成事業

**委託事業**は、CNT複合材料の実用化に取り組む助成事業者、その他の実施者へ、製品仕様にすりあわせたスペックを有するCNT、およびCNT複合材料サンプルを提供する。また、事業化を見据えたCNT安全管理基準を確立する。

**助成事業**は、提供されたCNT試料を用いて実用化・事業化へと展開する。

9/30

## 研究開発マネジメントについて



日本の英知を集結し、CNTによる低炭素社会を実現する

### 助成事業の実施体制

<p>研究開発項目④: 高熱伝導率単層CNT複合金属材料の応用研究開発</p>	<p>住友精密工業(株)「高熱伝導率単層CNT複合金属材料の応用研究開発」</p>			
<p>研究開発項目⑤: 導電性高分子複合材料の開発</p>	<p>日本ゼオン(株)「SG法単層CNTを用いた機能性有機複合材料の開発」</p>	<p>アルプス電気(株)「伸縮性単層CNT電極による高効率高分子アクチュエータの製品実用化開発」</p>	<p>東海ゴム工業(株)「単層CNTを活用した柔軟な電極とその製法開発」</p>	
<p>東レ(株)「高導電性を有する炭素繊維複合材料製造技術の開発」</p>	<p>導電ロールより柔軟、より導電 高速・高品質プリンタ機器</p>	<p>入力アシスト</p>		
<p>研究開発項目⑥: 単層CNT透明導電膜の開発</p>	<p>日本ゼオン(株)「SG法単層CNTを用いた透明導電膜の開発及びその応用」</p>		<p>富士化学(株)「無機系分散剤を利用した耐熱性・耐候性・機械特性に優れる単層CNT透明導電膜の開発」</p>	
<p>東レ(株)「単層CNT透明導電膜の開発」</p>	<p>照明光</p>		<p>シリカコロイド シリカコロイド</p>	

助成事業は中間評価対象とはなりません

### 研究開発スケジュール

研究開発項目	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	合計
①CNTの形状、物性等の制御・分離・評価技術の開発(委託) 本予算/補正	736/0	302/638	325/305	450/0	450/0	2263/943
②CNTを既存材料中に均一に分散する技術の開発(委託) 本予算/補正	402/0	154/952	175/155	325/0	325/0	1381/1107
③ナノ材料簡易自主安全管理技術の構築開発(委託) 本予算/補正	362/0	144/250	150/140	225/0	225/0	1106/390
(助成事業) 高機能ゴムの開発他(助成/国費 50%) 本予算/補正		-	(0/380)	(400/0)	(400/0)	(800/380)
合計(本予算/補正) (提案時要求額)	1500/0 (1500)	600/1840 (1500)	650/600 (1500)	1000/0 (1500)	1000/0 (1500)	4750/2440 (7500)

METI直執行

助成事業開始

## NEDOが関与することの意義

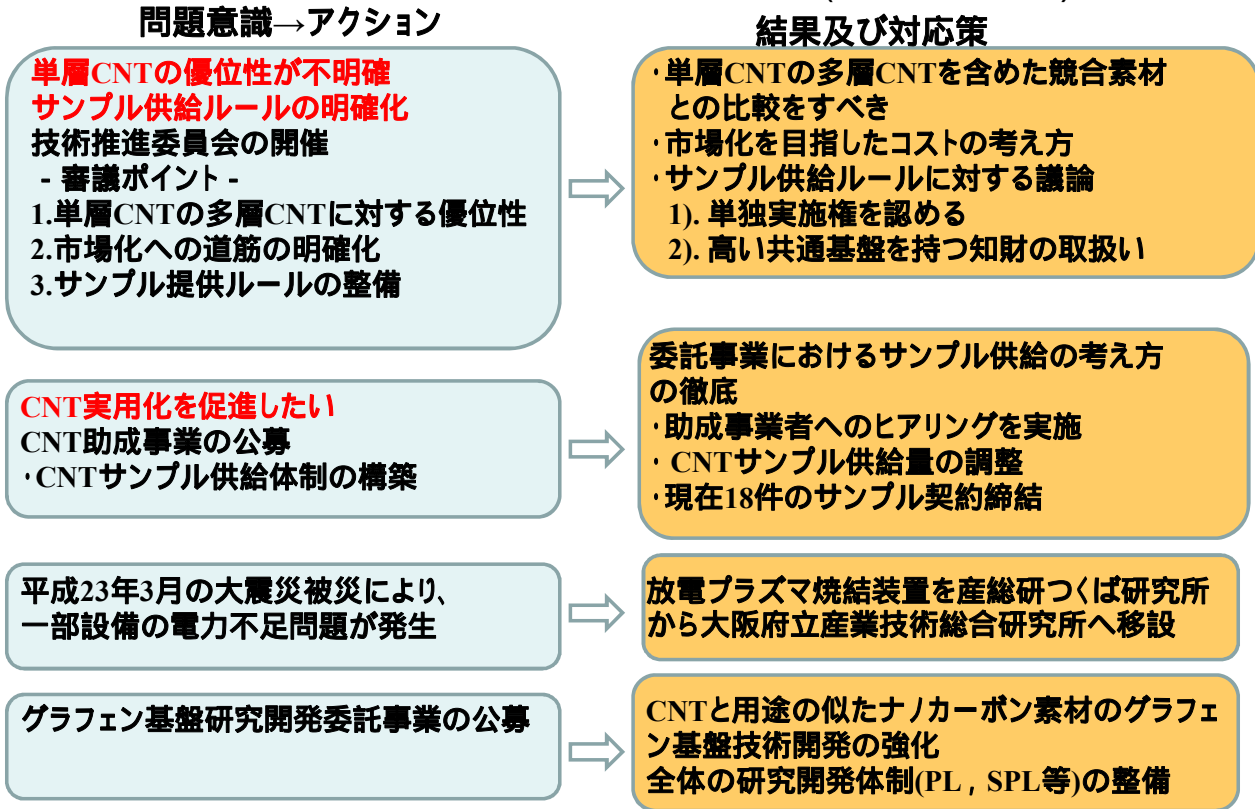
### ・公的機関関与の意義

「政策的な位置付け」、「激しい国際競争における早期目標達成」、「技術開発の開発リスク」の観点から、公的関与が必要な研究開発プロジェクトである。

### ・NEDOが関与する意義

マネジメントプロセス	企画・立案	体制構築	事業推進
NEDOの強み	✓ 豊富な人的ネットワーク ✓ マネジメント知見の蓄積	✓ 豊富なプロジェクト実施経験から蓄積したコーディネート機能	✓ 独法制度を最大限活用した柔軟かつ豊富なマネジメントツール
マネジメントのポイント	✓ 優れた特性を有する新材料として単層CNTに着目 ✓ 高機能材料開発に最適なシーズとして、我が国が世界を先導する単層CNT合成技術に着目	✓ 産総研のCNT基盤技術と企業の製品化技術を融合 ✓ 様々な業種の民間企業連合としての技術研究組合による「川上・川下連携」	✓ 柔軟かつ機動的な事業推進(加速資金投入、実用化に近い研究開発への集中化による成果の最大化) ✓ 助成研究による実用化のフォローアップ

## これまでにNEDOが実施したマネジメント(平成23年度)



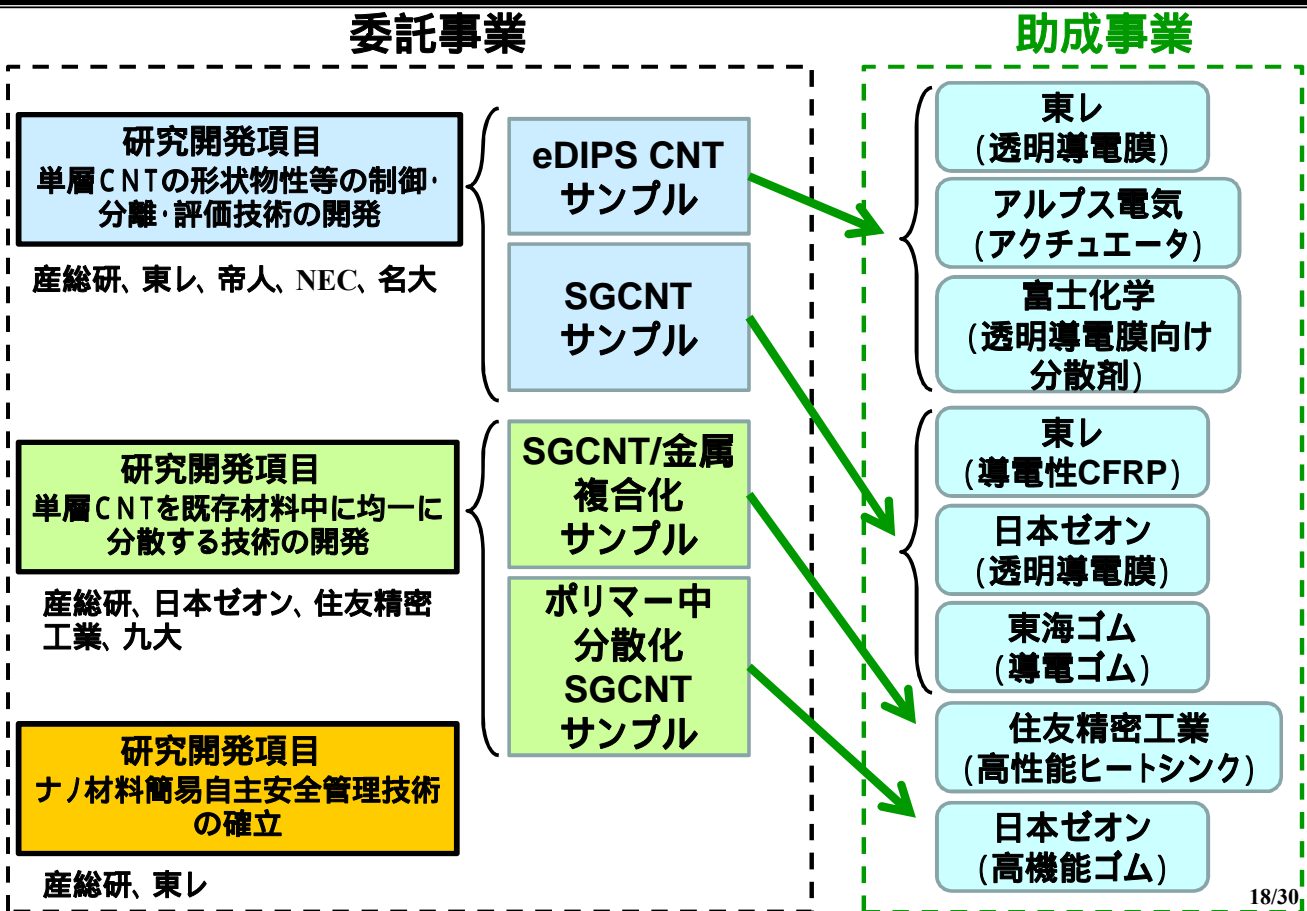


# 研究開発成果について

事業原簿 p. 3-1 ~ 3-100

17/30

研究開発マネジメントについて (1) 研究開発目標の妥当性



18/30

研究開発項目 **グループリーダー:東レ 本田史郎**

「CNTの形状、物性等の制御・分離・評価技術の開発」

中間目標に対する達成度

テーマ	中間目標	進捗状況	達成度
-a	直径制御1.0-3.0nmで分解能が0.2nm	eDIPSで直径制御0.9~2.1nmで分解能0.2nm SGTで直径制御1.3-3.0nmで分解能0.1nm	
	長さ:1μm以下(信頼度80%)、1-10μm(信頼度70%)、 100μm以上1mm以下(信頼度70%)	eDIPSで長さ1μm以下、信頼度80%以上 SGTで100μm以上2mm以下	
	結晶性:ラマンのG/Dが150以上	G/D比 206	
	配向係数:0.2から0.8(分解能0.2)	配向係数0.13から0.85で分解能0.05	
	密度が0.02g/cm <sup>3</sup> ~0.06g/cm <sup>3</sup> 、精度が0.01g/cm <sup>3</sup>	密度0.003g/cm <sup>3</sup> ~0.05g/cm <sup>3</sup> を精度0.005g/cm <sup>3</sup>	
	サイズ40mm×40mm以上の板状単層CNT	A4サイズの不織布	
-b	CNT:位置精度5μm以下、厚み精度200nm以下	位置精度1μm以下、厚み精度50nm以下	
	複合材料:位置精度5μm以下、厚み精度200nm以下	上記板状CNTを銅で電解メッキし目標を達成予定	
-c	純度95%以上、収率80%以上、処理量1g/日以上	純度95%、収率90%、処理量2g/日	
	得られた分離単層CNTの電気伝導性等に影響を与えること の少ない分離技術を確立	イオンを用いない方法で分離した単層CNTによりヒステリシスの小さいデバイス特性を確認	
-d	半導体及び金属単層CNTの直径及びカイラル指数を直径 0.7-1.6nmで測定	半導体単層CNTで直径0.6-2.0nm 金属単層CNTで直径0.6-1.7nm	
	単層CNT集合体の(熱・電気・機械的特性・分散性)と(直径・長さ・表面積・結晶性・純度・配向性・集積状態)の関連 の評価法確立		

:大幅達成、 :達成、 :達成見込み、 ×:未達

実用化が近い項目に注力:一部中間目標を大幅達成

研究開発項目 **グループリーダー:日本ゼオン 上島 貢**

「CNTを既存材料中に均一に分散する技術の開発」

中間目標に対する達成度

テーマ	中間目標	最終目標	進捗	達成度
②-a	G/D劣化10%以内	G/D劣化なし	劣化のない分散技術確立	◎
	孤立分散	孤立分散	孤立分散技術、評価技術確立	○
	収率5%以上	収率50%以上	収率20%	○
②-b	1%から15%の充填率	充填率20%以上	充填率30%	○
	収率50%以上	収率90%以上	収率95%以上	◎
②-c	金属30重量%以上複合材料	体積抵抗率10 <sup>-5</sup> Ωcm以下	金属90重量% 体積抵抗率10 <sup>-5</sup> Ωcm以下	◎
	力学強度3倍以上	力学強度5倍以上	ヤング率5倍、引張強度2倍	△
②-d	導電率80S/cm以上のゴム	導電率100S/cm以上のゴム	最大導電率:145S/cm	◎
	均一分散技術	均一分散技術	均一分散技術確立	○
②-e	熱伝導率900W/mK以上	熱伝導率1,000W/mK以上	840W/mK	△
	配向技術	配向技術	配向技術確立	◎

:大幅達成、 :達成、 :達成見込、 ×:未達

研究開発項目 **グループリーダー: 産総研 岸本 充生**  
**「ナノ材料簡易自主安全管理技術の確立」**

中間目標に対する達成度

テーマ	中間目標	最終目標	進捗状況	達成度
-a-1	動物実験に依存しない有害性評価手法(簡易手法)を開発した上で、最低限必要な試験項目や試験系を設定し、評価手法を確立	安価・簡便な自主安全性評価手法の確立	・SG単層CNTをケーススタディとし、分散調製方法の開発と、分散液の特性評価および細胞(in vitro)試験における最低限必要な試験項目と試験系を確立 ・調製/計測/細胞(in vitro)試験の手順書(暫定版)を作成	
-a-2	実環境(製造から廃棄まで)における暴露を迅速かつ簡便に評価するための手法を確立		・作業環境計測の要素技術を開発し、計測の手順書(案)を作成 ・CNT粉体の取り扱い時およびCNT含有複合材料の切削や摩耗時の粒子飛散性評価手法を開発し、評価を実施	
-b		・事業者の自主安全管理手法の確立 ・具体的事例(ケーススタディ報告書)の作成	・既存文献調査を終了 ・「自主安全管理のための手引き-SG単層CNT-」を作成	- -
-c		・国際機関の動向把握 ・国際標準化に向けた取組み	・「Nanosafety」Web Siteの開設と情報発信 ・OECDプリンシパル材料へ登録のためのデータ提供	-

○: 大幅達成、●: 達成、◐: 達成見込、×: 未達

事業原簿 p. 3-5

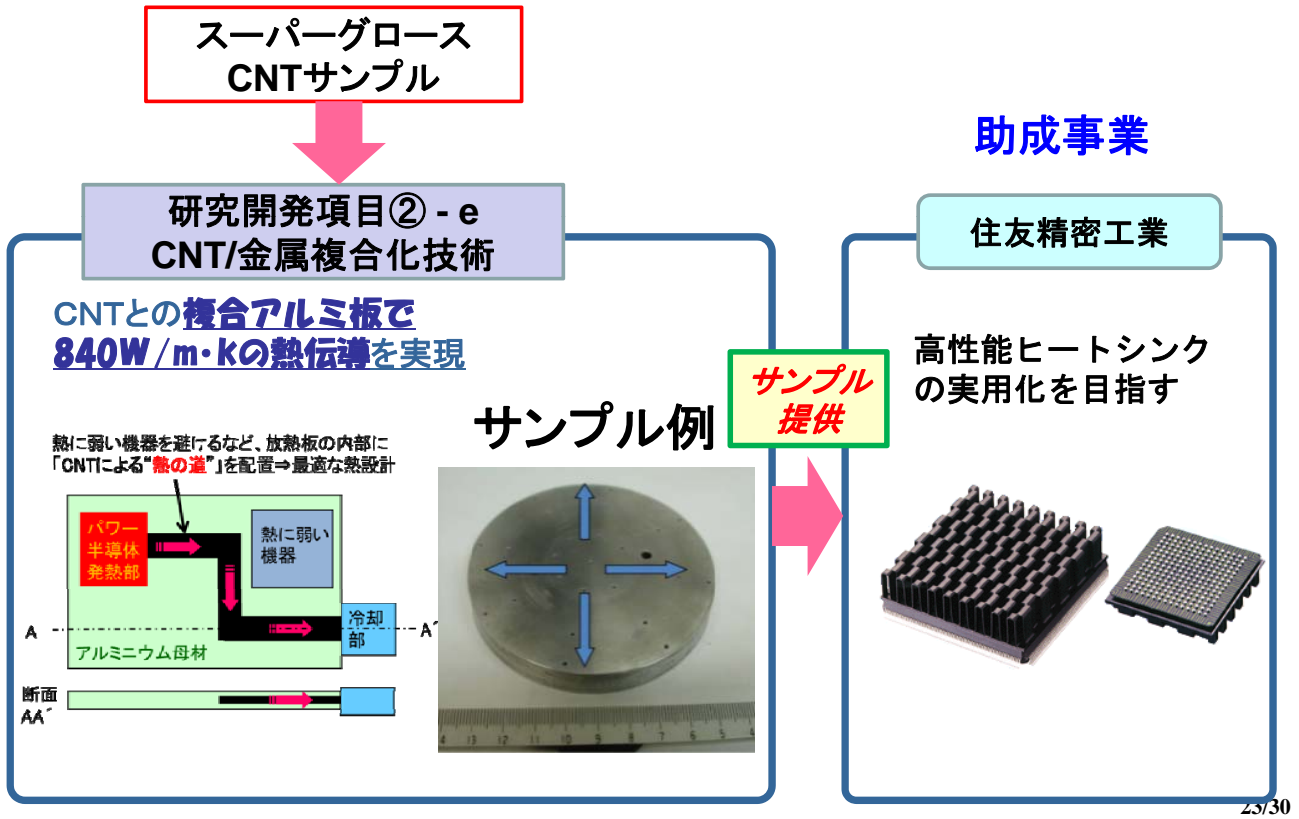
21/30

TASCから提供可能となったサンプルリスト

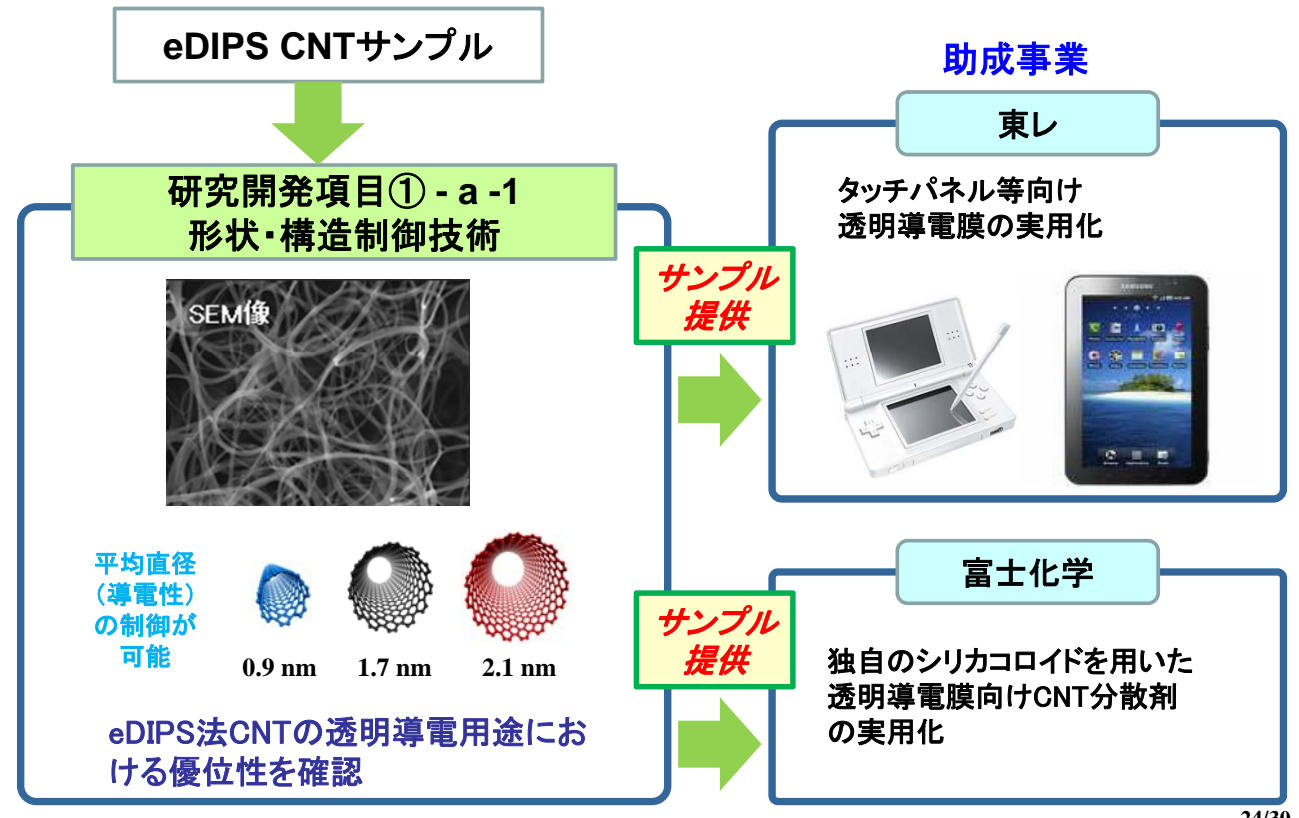
	・eDIPS-CNT	・高結晶性・高品質	10g/月
	・構造制御SG-CNT(粘弾性体)	・構造制御SG-CNT(粘弾性体)	1センチ角(MING) 10枚/月
	・不織布(SG-CNT)	・高比表面積なCNT薄膜	最大A4サイズ 4枚/月
	・高濃度分散液(SG-CNT)	・1重量%	0.1-0.3重量%の分散液 10L/月
	・半導体/金属分離CNT	・95%の選択性	0.1g/月
	・高伝熱ゴム	・金属並みの熱伝導性	A4サイズ 4枚/月
	・低添加導電性樹脂	・樹脂の特性を導電性樹脂	最大A4サイズ 4枚/月
	・CNT・樹脂・ゴム複合体	・工業的量产性	名称: CNT複合材料 最大生産量: 100g/月
	・CNT・金属複合体	・CNT・金属複合体	A4サイズ5枚/月

22/30

### 委託の成果から助成事業へ展開事例(1)



### 委託の成果から助成事業へ展開事例(2)



### その他の主な成果

半導体型と金属型を分離純度を低下させずに大量分離を実現



大量分離

プラスチックフィルム上にCNT薄膜トランジスタを印刷形成し動作を確認



ポリイミドフィルム上トランジスタアレイ



CNT薄膜トランジスタ

極少量添加での単層CNT導電性ゴムの開発に成功



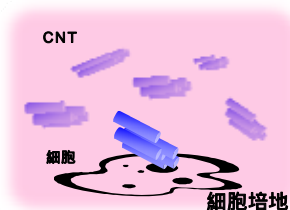
チタン並みの熱伝導率をもつ複合材料開発に成功



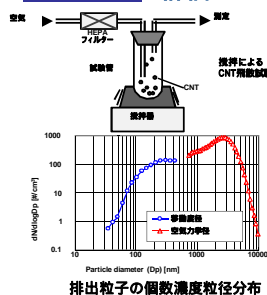
### その他の主な成果

簡便で迅速な有害性評価手法の開発に向けてCNTの分散安定方法を開発

- (1) 有害性評価のための物性パラメータの抽出
- (2) CNT分散調製方法の開発
- (3) CNT分散液の特性評価
- (4) インビトロ細胞試験



CNTのハンドリング時およびCNT複合材料の加工時のCNT飛散性を評価



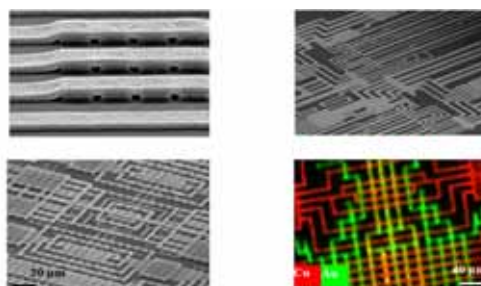
CNT複合材料の切削試験

法規制や国際機関動向の調査と戦略策定

Nanosafety Web Site (<http://www.nanosafety.jp/>) を開設しナノ安全に関する国際動向と情報を随時発信



単層CNT/銅コンボジット配線の作製に成功



## 技術普及活動

・コンタクト	110件
・技術相談	72件
・試料提供検討中	39件
・ <b>試料提供契約締結</b>	<b>18件</b>
・ <b>助成事業・試料提供契約</b>	<b>5件</b>



- ・技術普及部長の設置
- ・2011年オープンラボ、2012年ナノテクフェア出展
- ・試料の外部製造委託

27/30

## 知的財産権等の取得

出願特許: 10件、このうち外国特許: 0件

## 成果の普及

誌上発表: 21件 (うち: 査読審査有 10件)

学会発表: 107件

プレス発表: 4件

受賞1件

【代表的誌上発表】 Science, Nature Nanotechnology, Nano Letter, Advanced Material

### 【プレス発表】

平成22年12月3日 NHK、毎日新聞他、計6誌

「-196 から1000 までゴムのような粘弾性を持つカーボンナノチューブ」

平成23年9月7日 日経産業新聞、その他計5誌

「単層カーボンナノチューブを用いた導電性ゴムを開発」

平成23年10月6日 日刊工業新聞他、計3誌

「チタン並の熱伝導性をもつ単層カーボンナノチューブ/炭素繊維/ゴム複合材料」

平成23年10月12日 日刊工業新聞、化学工業日報

「極少量の単層カーボンナノチューブを添加して作った導電性樹脂」

# 実用化、事業化の見通しについて

事業原簿 p. 4-1 ~ 4-10

実用化、事業化の見通し

(1) 成果の実用化可能性、(2) 事業化までのシナリオ、(3) 波及効果

## プロジェクト終了後の実用化・事業化の取組み (CNT複合材料を用いたビジネスのあるべき姿)

### CNT商業生産体制確立

- ・日本ゼオン→SG-CNTの量産化検討
- ・東レ→eDIPS合成のライセンス受け自社で製造の検討

### 助成事業者を初め、実用化に取り組む企業において、自社内でのCNT部材の製品化研究

- ・CNT複合材料製造技術を実施者へ移管する
- ・サンプル供給会社から必要なスペック・量のCNT及びその複合化部材が調達出来る
- ・自社で適切にCNTの安全管理が出来る



## プロジェクト後半で実用化に向けて委託事業として取り組むべき内容

助成事業者のCNTサンプル・複合材の要求スペックへの最適化

実用化に取り組む企業が見つからないサンプル・複合化技術に対して、パートナーを見つける

実用化の妨げにならないようなCNTの安全管理  
・簡易評価技術の見直し及び技術確立  
・国内外の規制状況の把握と標準化への対応