

# 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ナノ炭素材料実用化プロジェクト」

研究開発項目①-1～①-3、②-1-1、②-3-1～②-3-3  
(事後評価)

(2010年度～2014年度 5年間)

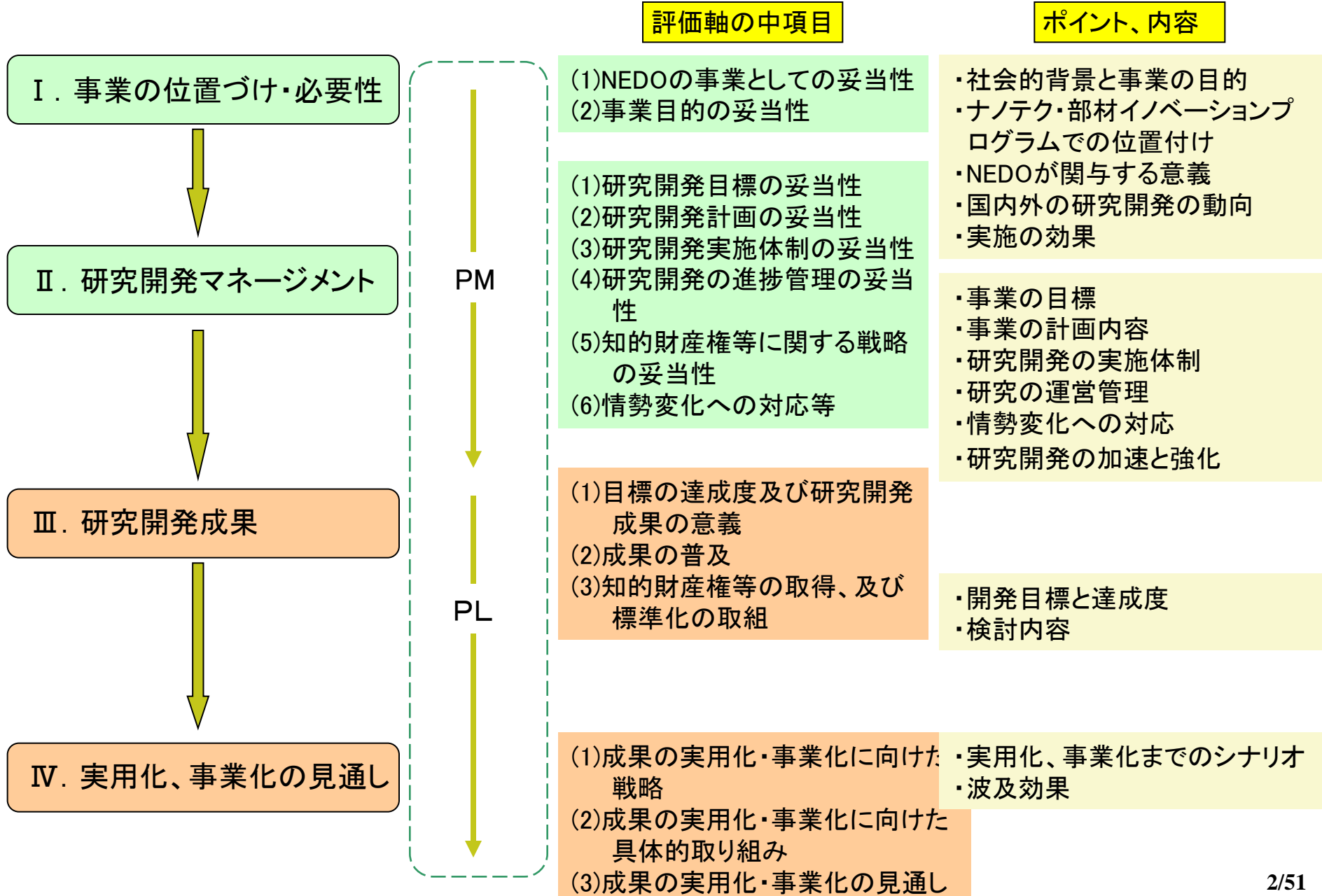
プロジェクトの概要

NEDO

電子・材料・ナノテクノロジー部

2015年 9月11日

# 発表内容



# I .事業の位置付け・必要性

## 背景

## 社会的背景と事業の目的

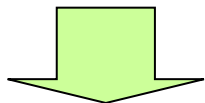
- 日本で発見された単層カーボンナノチューブ(単層CNT)は、数多くのすぐれた特性を持つ。

高強度

高熱伝導度

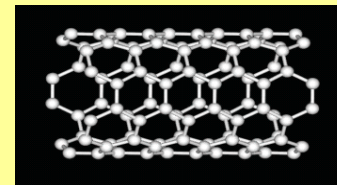
高電気伝導率

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

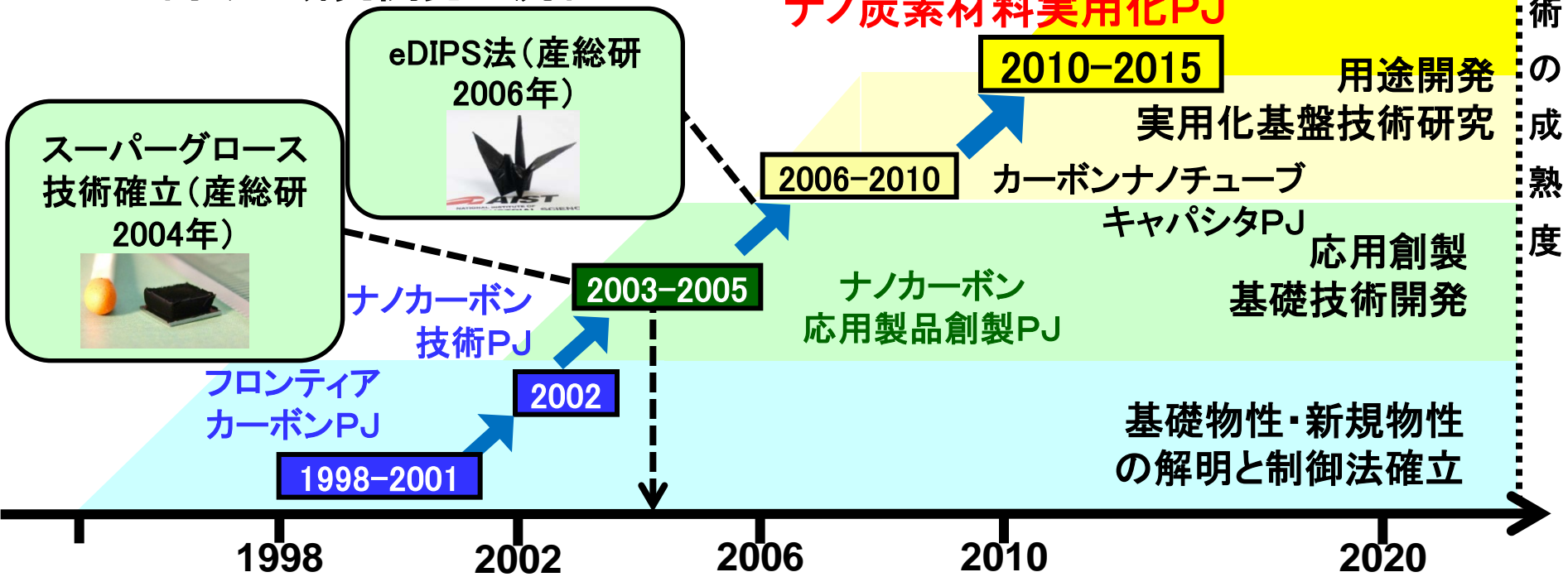
資源枯渇の心配のない  
炭素原子からなる

日本の優位性はCNTの  
合成技術

## ナノテク部材イノベーションプログラムでの位置付け

単層カーボンナノチューブの実用化に向けた研究開発の流れ

↑  
技術の成熟度



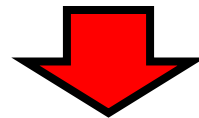
日本発祥の典型的ナノ材料	⇒	産官学が一体となった研究体制の構築による実用化基盤研究の加速が不可欠	⇒	日本の産業競争力向上
今も基礎・基盤研究進行中 民間のみでは研究開発に 大きなリスク伴う	⇒	産官学が一体となった研究体制の構築による実用化基盤研究の加速が不可欠	⇒	NEDOによる研究の マネージメントが必要

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)

- OSG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が活発化
- △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



実用化・事業化を阻害する要因になっている安全性  
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  
ナノ炭素材料実用化プロジェクト

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. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

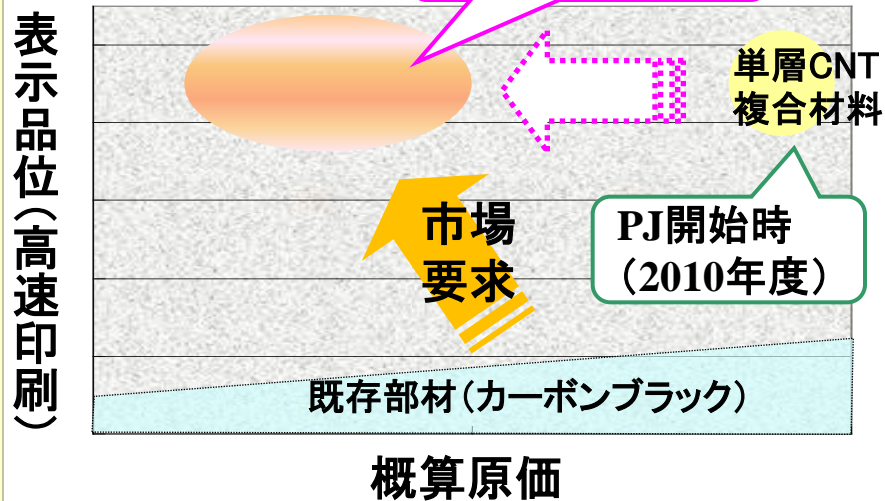
## 国内外の研究開発動向の一例

単層CNTについては実用化・事業化例は現時点まで無い

単層CNTはより高品位製品への適用が期待される。

### ゴム/単層CNT複合材料の応用例 (OAロール)

単層CNT合成技術  
分散/配合技術



導電性OAロールの市場規模(予測)  
 2015年(H.26) 200億円  
 2016年(H.27) 220億円...  
 2019年(H.31) 240億円

### 金属/単層CNT複合材料の応用例 (アルミベース放熱板)

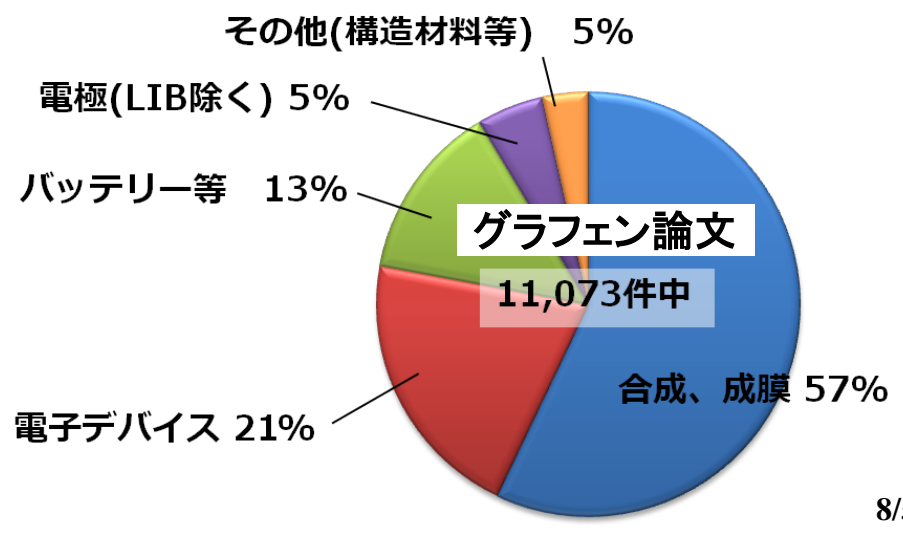
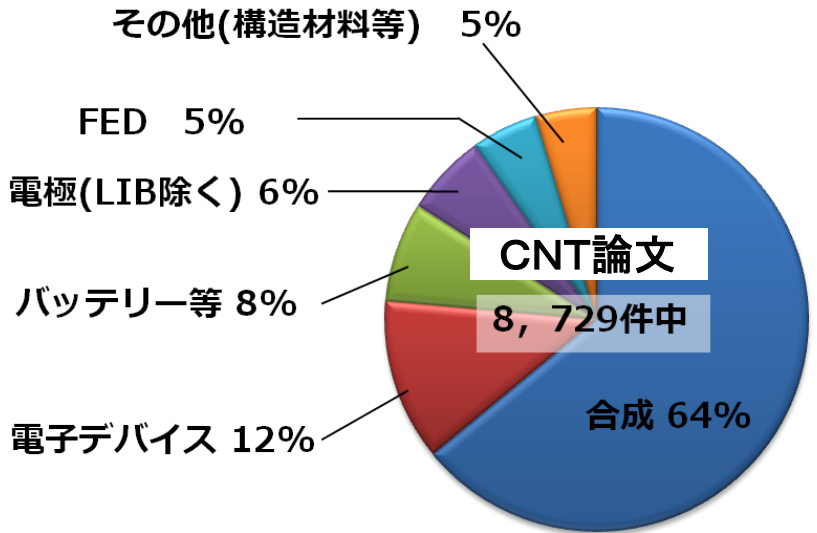
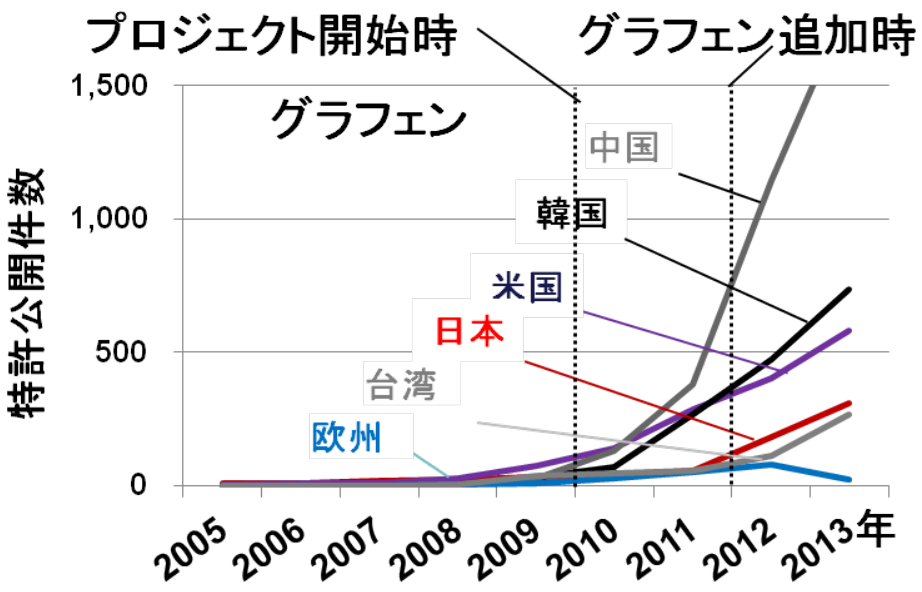
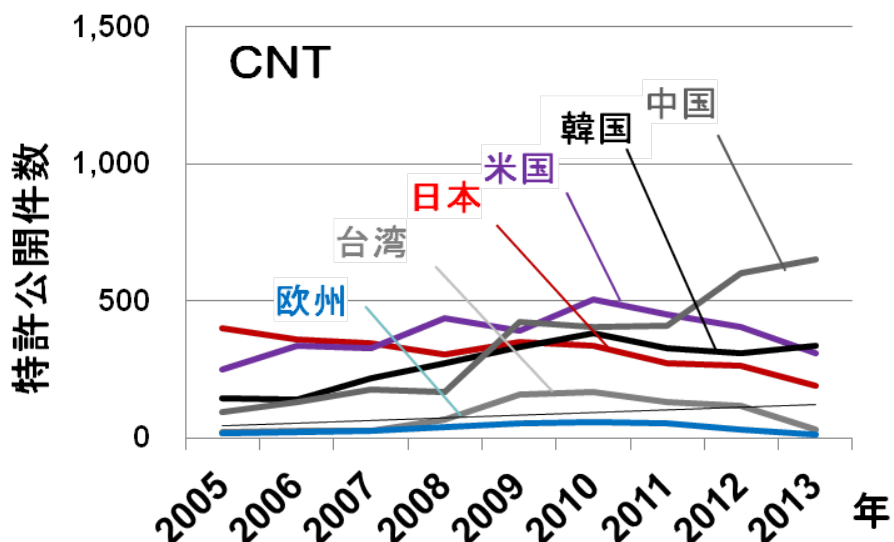


アルミベース放熱板市場規模(予測)  
 2018年(H.30) 100億円  
 2019年(H.31) 110億円  
 2020年(H.32) 120億円...  
 2022年(H.34) 150億円

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. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

- 新たに発見されたグラフェン開発はプロジェクト開始後から活発化
- グラフェンとCNTの応用先が類似

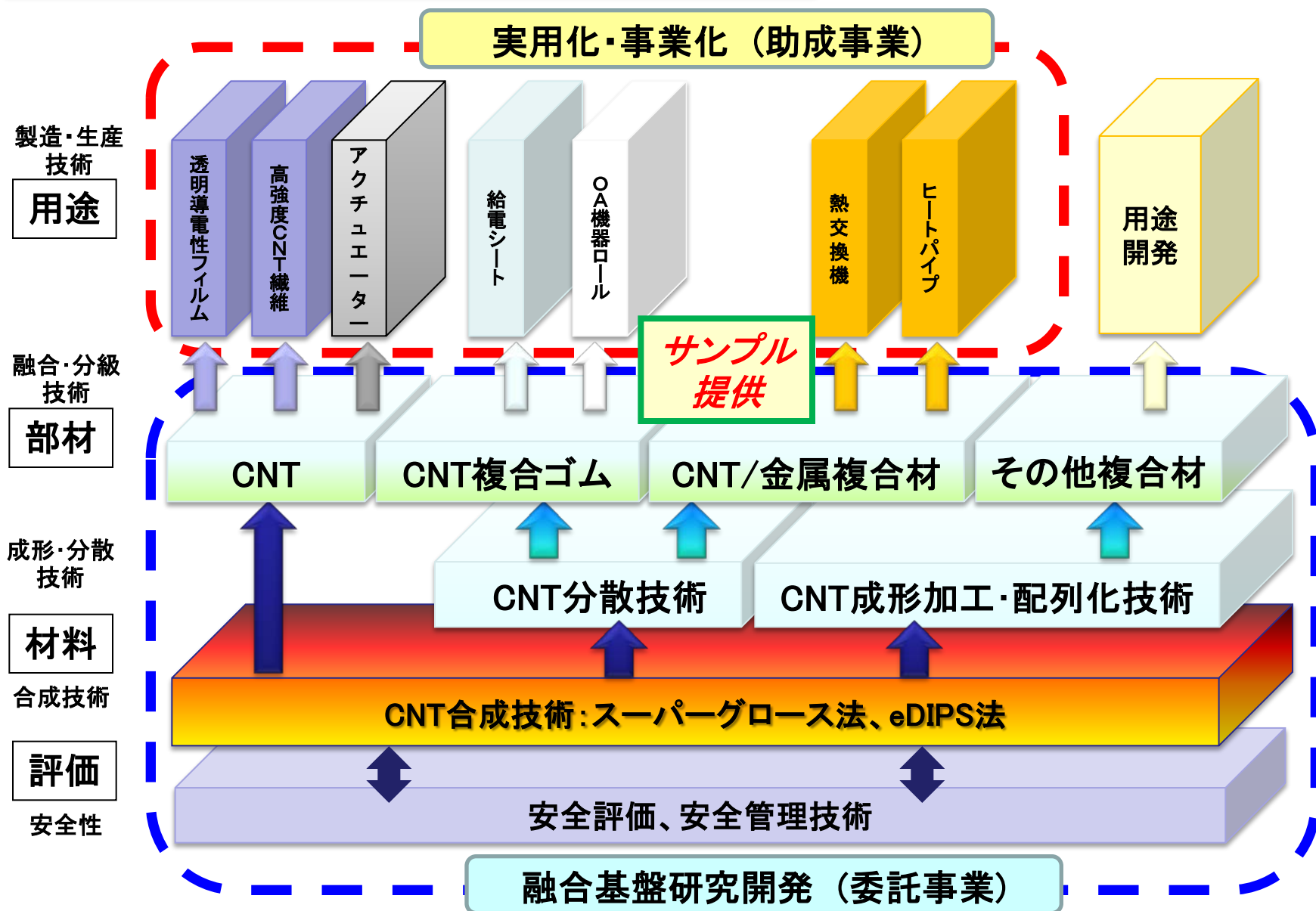
用途明確化のため2012年から「グラフェン基盤研究開発」の開始





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. 研究開発マネジメント (1)研究開発目標の妥当性

## 本プロジェクト終了までにあるべき姿



## 研究開発の目標

### 委託事業

高比表面積のスーパーグロー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

**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。

## Ⅱ. 研究開発マネジメントについて

2. 研究開発マネジメントについて (2) 研究開発計画の妥当性

① ナノ炭素の実用化技術 助成事業

② ナノ炭素材料の応用 委託事業 基盤技術開発

実施内容	実施年度	目標	H22	H23	H24	H25	H26	H27	H28
単層CNTを用いた応用製品の開発		<ul style="list-style-type: none"> <li>・高熱伝導性金属複合材料の開発(①-1)</li> <li>・樹脂との複合材料(①-2)</li> <li>・透明導電膜の開発(①-3)</li> </ul>				8件			
ナノ炭素材料の実用化		<ul style="list-style-type: none"> <li>・高耐熱複合部材の開発</li> <li>・高強度複合材料の開発</li> <li>・高電子移動度半導体デバイスの開発</li> <li>・軽量導線の開発</li> <li>・フレキシブル薄膜の開発</li> <li>・電磁波吸収部材の開発</li> <li>・大量生産技術の開発等</li> </ul>					16件	21件	
安全性に係る技術の開発		評価技術と国際標準化	②-1-1 合成作業者の自主管理技術 METI					②-1-2 応用製品からの排出・暴露	
分散体評価技術の開発		評価技術と機能発現メカニズムの解明						②-2 分散体評価技術の開発	
応用材料技術開発		革新的応用材料と革新的成膜技術の開発とサンプル提供による用途開拓	②-3-1, ②-3-2 単層CNT合成・複合材料 METI					②-3-4 革新的応用材料開発	
						②-3-3 グラフェン基盤		②-3-5 ナノ炭素薄膜技術(大面積化による応用展開)	

単層CNT実用化推進のため追加

- ・ 成果達成のため、研究開発項目の前倒し終了
- ・ 実用化のステージが近づき、実用化へ重点を置いたプロジェクトへ移行(他のナノ炭素材料も対象)

- ・ 委託研究から助成研究へ進展(3件)
- ・ サンプル提供先が助成事業へ参加(3件)

用途明確化のため追加

# 研究開発の実施体制

アドバイザー 飯島澄男  
(産業技術総合研究所)

経済産業省

NEDO

プロジェクトリーダー 湯村守雄  
サブプロジェクトリーダー 島 賢治  
本田 一匡  
長谷川 雅考  
(産業技術総合研究所)

研究開発項目①-1：  
金属複合材料

住友精密工業(株)

研究開発項目①-2：  
樹脂との複合材料

東レ(株)

日本ゼオン(株)

東海ゴム(株)

アルプス電気(株)

研究開発項目①-3：  
透明導電膜

日本ゼオン(株)

東レ(株)

富士化学(株)

研究開発項目②-1-1：  
ナノ材料簡易自主安全管理技術の構築

枠内はTASC組員

産業技術総合研究所 東レ(株)

研究開発項目②-3-1：  
CNTの形状、物性等の制御、分離、評価技術の開発

産業技術総合研究所 東レ(株) 名古屋大学

帝人(株) 日本電気(株)

再委託  
②-1-1の一部  
産業医科大学  
東京大学  
岡山大学  
大阪大学  
②-3-2の一部  
北海道大学  
大阪府立産業技術総合研究所

研究開発項目②-3-2：  
CNTを既存材料中に均一に分散する技術の開発

産業技術総合研究所 日本ゼオン(株) 九州大学

住友精密工業(株)

研究開発項目②-3-3：グラフェン基盤研究開発

産業技術総合研究所 東レ(株) (株)カネカ 尾池工業(株)

大日本印刷(株)

中部大学 名古屋工業大学 神港精機(株)

### 委託事業

### 助成事業

赤背景は今回評価

研究開発項目②-3-1  
単層CNTの形状物性等の制御・  
分離・評価技術の開発

TASC(産総研、東レ、帝人、NEC)、  
名大

eDIPS CNT  
サンプル

SGCNT  
サンプル

研究開発項目②-3-2  
単層CNTを既存材料中に均一に  
分散する技術の開発

TASC(産総研、日本ゼオン、住友  
精密工業)、九大

SGCNT/金属  
複合化  
サンプル

ポリマー中  
分散化  
SGCNT  
サンプル

東レ  
(透明導電膜)

富士化学  
(透明導電膜向け  
分散剤)

日本ゼオン  
(透明導電膜)

住友精密工業  
(高性能ヒートシンク)

アルプス電気  
(アクチュエータ)

東レ  
(導電性CFRP)

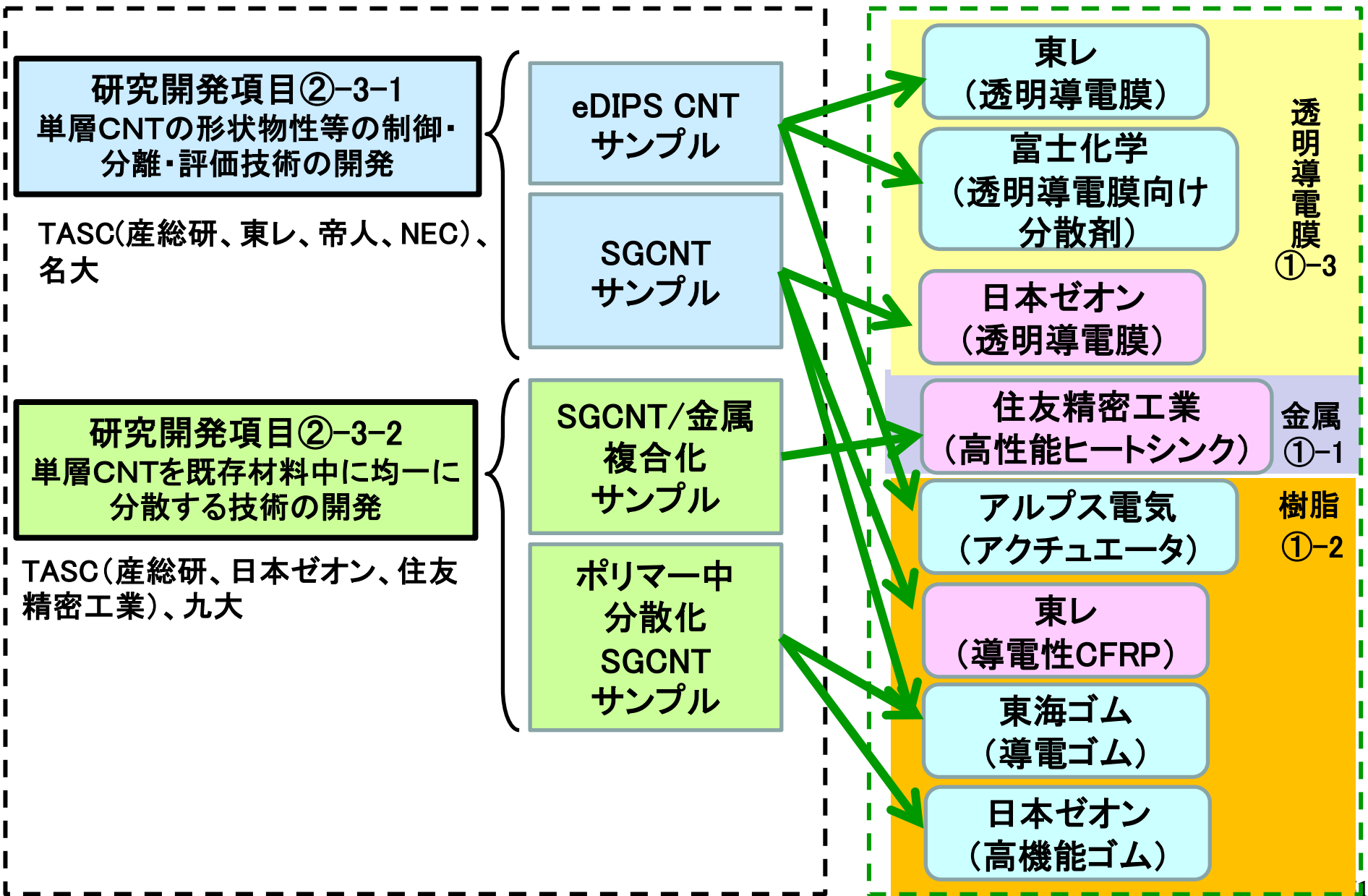
東海ゴム  
(導電ゴム)

日本ゼオン  
(高機能ゴム)

透明導電膜  
①-3

金属  
①-1

樹脂  
①-2

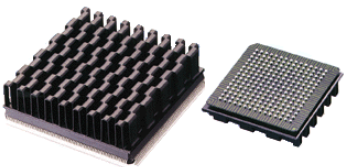


# 助成事業の実施体制

赤背景は今回評価

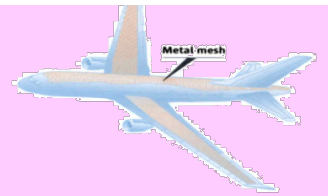
研究開発項目①-1: 高熱伝導率単層CNT複合金属材料の応用研究開発

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」

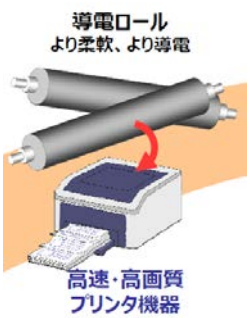


研究開発項目①-2: 導電性高分子複合材料の開発

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」



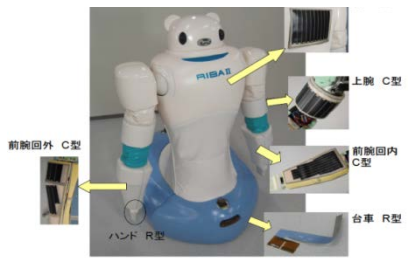
日本ゼオン(株)「SG法単層CNTを用いた機能性有機複合材料の開発」



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」



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」

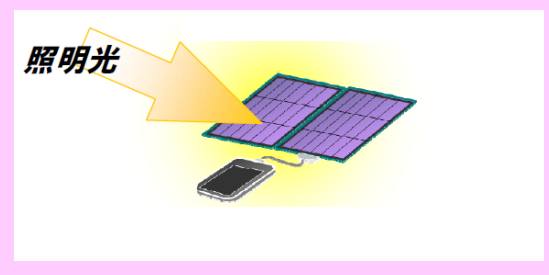


研究開発項目①-3: 単層CNT透明導電膜の開発

東レ(株)「単層CNT透明導電膜の開発」



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」



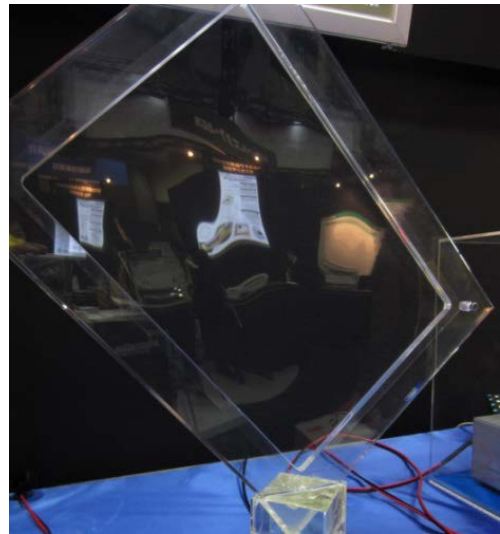
富士化学(株)「無機系分散剤を利用した耐熱性・耐候性・機械特性に優れる単層CNT透明導電膜の開発」



# グラフェン基盤研究開発の実施体制

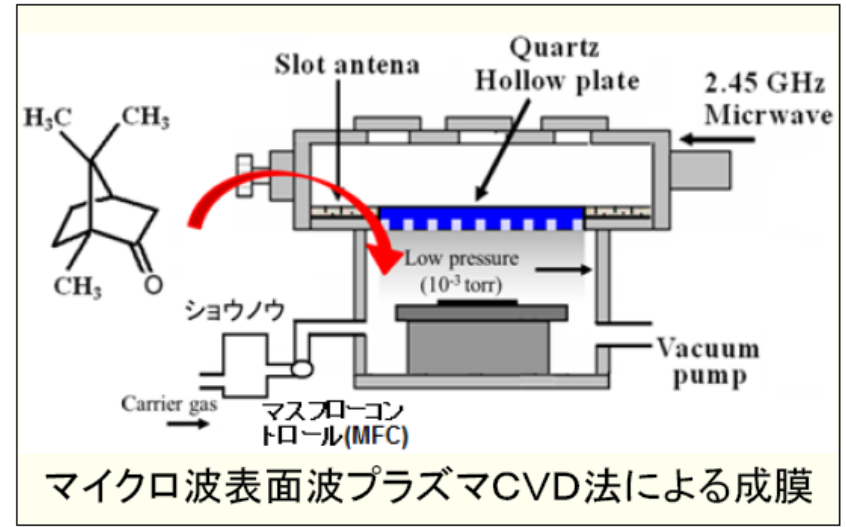
「フレキシブル透明導電フィルム」等への利用を念頭としたグラフェンの高品質合成技術と層数制御技術を確認し、それらの応用に必要な特性(電気抵抗、熱伝導性等)を実証。  
一部、原料としてショウノウの優位性を評価(中部大学グループ)

## 単層CNT融合新材料研究開発機構 (TASC) (産総研、(株)カネカ、東レ(株)、尾池工業(株)、大日本印刷(株))



フレキシブルグラフェン透明導電フィルム、高熱伝導性多層グラフェン放熱材、グラフェン高品質化のための評価技術を開発。

## 中部大学、名古屋工業大学、神港精機(株)



ショウノウ由来グラフェン:平成25年12月17日にステージゲートを実施。目標未達のため、平成26年度は延長せず、装置を譲渡することで、独自開発を促す。



研究開発スケジュール

単位(百万円)

研究開発項目	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	合計
①高機能ゴムの開発、他 (助成/国費 50%) 本予算/補正			0/380	300/0	277/0	577/380
②-1-1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	160/0	90/0	906/390
②-3-1CNT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	290/0		1653/943
②-3-2CNT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	310/0		1041/1107
②-3-3グラフェン基盤研究開発 本予算/補正			240/0 (TASC) 60/0 (中部大)	263/0 (TASC) 67/0 (中部大)	62/0 (TASC)	565/0 (TASC) 127/0 (中部大)
合計(本予算/補正) (合計)	1500/0 (1500)	600/1840 (2440)	950/980 (1930)	1390/0 (1390)	429/0 (429)	4869/2820 (7689)

助成事業開始

CNT複合材料の用途開発推進。TASCからは各企業、各用途ごとにサンプル提供実施

中間評価 ★  
作業環境でのCNTの安全性評価手法の開発

中間評価 ★  
eDIPS法、SG法でのCNTの制御技術の検討

中間評価 ★  
高電導、高熱伝導、高熱伝導のCNT複合材料開発

前倒し終了

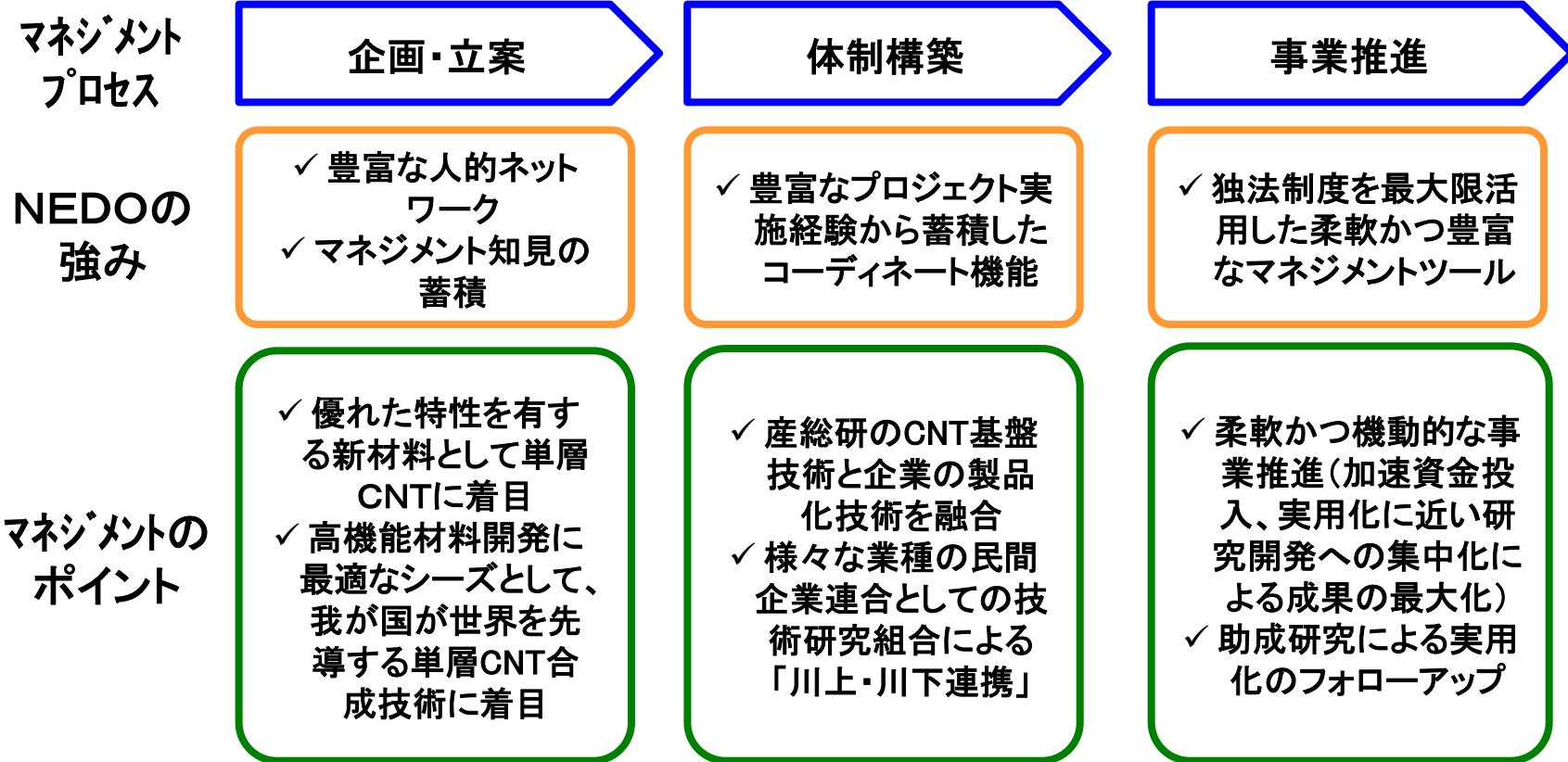
METI直執行

# NEDOが関与することの意義

## I. 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。

## II. NEDOが関与する意義



## ◆ 研究開発の進捗管理

(ナノ安全、及びCNT)

技術委員会の開催 (毎月)

- ・研究運営・管理を実施
- ・月ごとの進捗状況管理

研究開発報告会の開催 (3か月毎)

- ・四半期毎に開発目標と達成度をチェックし、翌四半期計画を見直す。

(グラフェン)

- ・全研究者参加の定例ミーティング(毎週)で進捗の報告、議論
- ・研究委員会(毎月)(各参加機関の代表研究者、テーマ担当者、NEDO、METI、産総研企画)による月ごとの進捗管理、開発目標と達成度のチェック

◆ 動向・情勢の把握と対応

企業ヒアリング、サンプル提供等により、動向と情勢を把握

情勢	対応
<p>(ナノ安全) OECD工業ナノ材料作業部会のプロジェクトとして細胞毒性試験の一種であるコロニー系性能試験の国際試験所間比較が実施された</p>	<p>国際試験所比較に参加し、本事業で開発した技術を適用して2か月間の分散安定性を保証したスーパーグロース単層CNTの試験液を共通供試サンプルとしてEC傘下の研究機関を通じて参加機関へ提供した。</p>
<p>(CNT) 委託研究の想定より早い進捗 多層CNT、単層CNTの用途明確化や複合化の要望</p>	<p>基本計画を修正し、委託研究1年の前倒し終了とプロジェクトをより実用化へシフトし、多層CNT、グラフェン等の材料を追加</p>
<p>(グラフェン) ・18社の企業ヒアリングに基づくプロジェクト提案 ・委託事業実施中の企業ヒアリング、展示会で要望を調査</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・提案における実施内容と目標の設定</li> <li>・目標達成の加速</li> <li>・新たな実施内容の追加(5mm角→A4サイズ透明導電フィルム)</li> <li>・多層グラフェンの加速器用ビームセンサー用途検討(→実用化、事業化へ結びついた)</li> </ul>

◆ 開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
A4サイズグラ フェン薄膜作 製技術の開発	平成25年度 ～ 平成26年度	30	実用化に即し、外部の評価に 耐えるサイズへ目標を拡大	当初の予定(5mm角)より上回る成果 (A4サイズ)が出た。
半導体・金属 分離CNTの動 物実験	平成25年度 ～ 平成26年度	90	サンプル提供が活発した材料 の安全性を確認、試料提供時 の安全性サポートの拡大	半導体CNTと金属CNTで有意な差意を 確認

# これまでにNEDOが実施したマネジメント

## 問題意識→アクション

## 結果及び対応策

**単層CNTの優位性の明確化**  
**サンプル供給ルールの明確化**  
 技術推進委員会の開催  
 一審議ポイントー

- 1.単層CNTの多層CNTに対する優位性
- 2.市場化への道筋の明確化
- 3.サンプル提供ルールの整備



- ・単層CNTの多層CNTを含めた競合素材との比較をすべき
- ・市場化を目指したコストの考え方
- ・サンプル供給ルールに対する議論
  - 1). 単独実施権を認める
  - 2). 高い共通基盤を持つ知財の取扱い

**CNT実用化の促進**  
 CNT助成事業の追加  
 ・CNTサンプル供給体制の構築



委託事業におけるサンプル供給の考え方の徹底  
 助成事業者へのヒアリングを実施、  
 CNTサンプル供給量の調整  
 112件のサンプル提供実施と新規助成事業等へのリーディング

**グラフェン基盤研究開発委託事業の追加**



用途明確化のため、グラフェン基盤技術開発を強化  
 全体の研究開発体制(PL、SPL等)の整備

◆ 中間評価結果への対応

「概ね現行通り実施して良い。」との評価。下記は、主な指摘事項に対する対応。

指摘	対応
<p>1 ナノ材料簡易自主安全管理技術は、単層CNT分散法の確立と同暴露評価手法の開発に顕著な成果が認められる。一方で、単層CNTのヒトへの暴露を最低限に管理するための評価手法の完成のために、<u>研究開発項目や方法論の検討が必要</u>である。</p>	<p>単層CNTの安全性の相対的な指標を求める簡便なin vitro試験の開発を促進する。in vitro試験を評価方法として確立するための<u>バリデーション試験の位置づけで、動物実験を行う。</u></p> <p>→ 平成25年度の実施計画書へ反映</p>
<p>2 出口の方向性は見えてきたが、時間軸を入れた明確なターゲット設定をして注力する時期にある。</p>	<p>出口ユーザーの要望と開発目標を適合すべく、平成24年度より応用研究開発として助成事業を加えた。これにより、用途に応じ、開発目標、期間等を明確化しているが、今後、より精査していく。</p> <p>→ 計画等への反映なし。</p>
<p>3 単層カーボンナノチューブ(CNT)は、革新的先端材料として、実用化・製品化が望まれている新材料である。単層CNT合成技術の高度化と、既存材料との複合化のための分散技術は世界をリードするものであり、国のプロジェクトとして意義あるものである。</p>	<p>→ 計画等への反映なし。</p>

## ◆ 知的財産権等に関する戦略

### ● 成果の実用化・事業化につなげる知的財産権に関する戦略

- ① 競争域であるが、共通基盤技術(日本の企業が皆で利用する技術)を開発し、公開。(オープンイノベーション)
- ② 独占されては困る共通基盤技術については出願。
- ③ 応用開発を広く促進するために、競争相手の特許出願に対応(水路を確保)するための、特許を出願。

### ● 上記戦略に基づく特許取得

#### ④ 基本特許を取得

→ 水路を確保し、障害となる特許の出願を抑え、日本企業の応用開発を推進。

(例: CNT塗工技術、評価技術)

#### ⑤ 応用開発の特許は、各社(助成事業等)で取得。



## ◆ 知的財産管理

### ➤ 知的財産管理指針の策定

- ・特許を受ける権利の帰属
- ・大学等と企業の共有特許
- ・プロジェクト内での実施許諾

等について規定

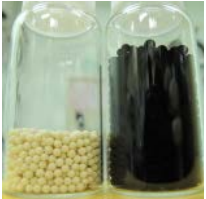
### ➤ 発明委員会の運用

- ・メンバーは、TASCで構成
- ・特許出願について審議・認定
- ・PJ期間中、計59回(CNT48回、グラフエン11回)開催


# プロジェクトの実用化、事業化に関する成果

## CNT材料技術開発

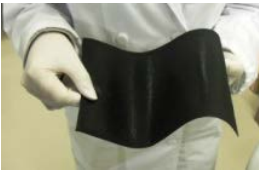

- ・SGCNT 日本ゼオン  
量産化検討(助成事業へ発展)



- ・eDIPSCNT 富士化学、名城ナノカーボン  
ライセンス受け自社で製造の検討



- ・NEC→半導体金属分離技術を事業化検討(助成事業へ発展)
- ・日本ゼオン→伝熱性ゴムの事業化検討(助成事業へ発展)

- ・サンプル提供から新規助成事業へ発展(3社)
- ・サンプル提供から新規助成事業の有望なユーザに発展(7社)

## CNT安全性管理技術開発

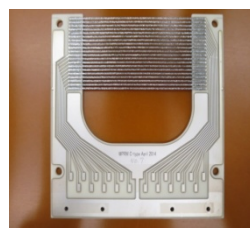
・ケーススタディ報告書の引用数計300件以上



事業者の工場立地に係る自治体の環境審議会に参考資料として提出され、認可に貢献

## グラフェン

・多層グラフェン:(株)カネカよりH27年8月から販売開始



## Ⅲ.研究開発成果について

# 研究開発項目②-1-1 グループリーダー:産総研 本田一匡 「ナノ材料簡易自主安全管理技術の確立」

テーマ(担当)	最終目標	成果	達成度
②-1-1 「自主安全管理のためのCNT等ナノ材料の安価かつ簡便な評価手法の確立」	a. 動物実験に依存しないCNT等ナノ材料の有害性評価手法(簡易手法)を開発した上で、安価かつ簡便な自主安全性評価のために最低限必要な試験項目や試験系を設定し、評価手法を確立する。	a. 培養細胞に影響を与えない分散調整方法を用いた迅速簡易な有害性評価手法を開発し、試験駆の特性評価及び細胞試験における最低限必要な試験項目と試験系を確立した。試験手順を取りまとめた安全性試験手順書を作成し公開した。(2.1.1.1)	○
	b. CNT等ナノ材料の実環境【製造から廃棄まで】におけるばく露を迅速かつ簡便に評価するための手法を確立する。	b. 簡便な飛散CNTの計測手法を開発し、現場調査でその有用性を実証するとともに、簡便なCNT飛散性評価手法を開発した。計測手法と評価事例を取りまとめた作業環境計測の手引きを公開した。(2.1.1.2)	○
	c. a.及びb.を確立した上で、CNT等ナノ材料の安価かつ簡便な自主安全性評価手法を確立する。さらに国際的な機関(OECD、ISO等)の動向を的確に把握した上で、この研究開発の中で作成された手法について、国際標準化に向けた取り組みを行う。	a.及びb.で示すように。有害性評価手法とばく露評価手法の確立によって最終目標の前半は達成した。 最終目標の後半については、ISO/TC229の新規プロジェクトの提案や、OECDの各種ガイドラインや文書に研究成果をインプットすることを通して達成した。(2.1.1.3)	○
②-1-2 「CNT等ナノ材料の安価かつ簡便な自主安全管理手法のためのケーススタディの実施」	d. c.の自主安全性評価手法に基づき、CNT等ナノ材料生産事業者自らが自主安全管理を実践することを支援するために、具体的なナノ材料に適用した安全性管理に関する事例(ケーススタディ)報告書を作成する。	スーパーグロース単層CNT及びeDIPS単層CNTをモデル化合物として、安全データシートの追加情報として顧客に配布するケーススタディ報告書を作成し公開した。スーパーグロース単層CNT版は、事業者の工場立地に係る自治体の環境審議会に参考資料として提出され、認可に貢献した。(2.1.2)	◎

◎:大幅達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

## 研究開発項目②-3-1 グループリーダー：産総研 島 賢治 「単層CNTの形状、物性等の制御・分離・評価技術の開発」

テーマ(担当)	最終目標	成果	達成度
②-3-1 実用化にむけてのeDIPS法単層CNT合成基盤技術開発	・十分な伝導性を有するCNTのeDIPS法による形状制御合成技術を開発する。	CNTの形状を制御するeDIPS法により透明導電膜としての性能向上を実証した。	○
	・eDIPS法によるCNTから形成した糸の紡糸技術を確立し、100m以上のCNT糸の連続紡糸技術を達成する。	一時間で180mの連続的なCNT糸の巻き取り回収に成功した。	○
	・eDIPS法による単層CNT連続合成技術とスケールアップ技術を開発し、8時間以上の連続合成と3倍以上のスケールアップを達成する。	反応管内径が従来比約2倍の大型eDIPS法CNT合成装置を開発し、単層CNT収率 $2.1\text{g/h}$ (従来の3倍以上)で8時間以上連続合成を実証した。	○
②-3-1 スーパーグロース法による単層CNT形状制御合成基盤技術開発	・スーパーグロース法の合成実験機で、微粒子基材を用いて、平面基材の5倍以上の収量(面積当たり)のCNTが得られる合成技術を開発する。	平面基材の10倍の収量を達成	○
	・スーパーグロース法の単層CNT結晶性を向上させる後工程プロセスを開発し、処理前と比較して5倍以上の電気・熱特性の向上を実現する。	単層CNTを単層のまま高結晶化させ、各特性を5倍向上させる後工程処理技術を開発	○
②-3-1 炭酸ガスレーザー蒸発法を用いたCNT形状制御基盤技術開発	・炭酸ガスレーザー蒸発法による単層CNTは、上記二合成法から得られるCNTに対する優位性を明らかにし、市場評価に耐えうる応用例を少なくとも1件開発する。	直径: $2.0\text{nm}$ 、半値幅: $0.2\text{nm}$ 、G/D比: 130の特徴を持つ単層CNTの製造条件を確立した。 電気炉を使用しないコンパクトな量産化装置を製作した。 東レ(株)社にて透明導電性材料の測定を実施した。	○

◎: 大幅達成、○: 達成、△: 達成見込み、×: 未達

# 研究開発項目②-3-1 グループリーダー:産総研 島 賢治

## 「単層CNTの形状、物性等の制御・分離・評価技術の開発」

### ◆研究開発項目毎の目標と達成状況

テーマ(担当)	最終目標	成果	達成度
②-3-1金属型及び半導体型の単層CNTを効率的に分離する技術	<p>・金属型及び半導体型の単層CNTを、それぞれ分離純度95%以上、収率80%以上で、10g／日以上以上の処理能力で分離できる技術を確立する。</p>	<p>ゲルカラム分離により、金属型97%、半導体型95%、収率80%以上、10g／日の技術を開発</p>	○
	<p>また単層CNTの金属及び半導体分離工程において、両者の濃度をオンラインでモニターする手法、及び生成物の純度を正確に評価する手法、分離されたそれぞれの単層CNTの実際の電気伝導性等を実証レベルで評価する技術を開発する。</p>	<p>オンラインモニター及び迅速評価法を開発。プラスチックフィルム上印刷デバイス構造・工程を確立しアレイ動作および高速動作を確認。</p>	○

◎:大幅達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

## 研究開発項目②-3-2 グループリーダー: 日本ゼオン 上島 貢 「単層CNTを既存材料中に均一に分散する技術の開発」

テーマ(担当)	最終目標	成果	達成度
②-3-2 (1) 樹脂・ゴムに分散する技術の開発	導電率100S/cm以上のゴム	最大導電率: 145S/cm	○
	均一分散技術	均一分散技術確立	○
	熱伝導率母材の10倍以上	面ない熱伝導率: 24W/mK	○
	導電率母材の10 <sup>10</sup> 以上	各種複合材料で達成	○
	・垂直方向の熱伝導率が20W/mK以上の高熱伝導性・単層CNT・ゴム複合材料を開発する。	垂直方向熱伝導率 22W/mKを達成	○
	・単層CNTの添加量が0.05重量%以下で、10 <sup>-4</sup> Ωcm以下の導電性を有し、かつ力学特性がマトリックスと同等な、導電性単層CNT・樹脂(ゴム)複合材料を開発する。	CNT添加量0.05wt%で10 <sup>-3</sup> S/cmを達成	○
	・炭素繊維の層間に適応できる、不織布板状単層CNT・エポキシ樹脂複合材料を開発し、雷対策に十分な導電性を付与する。	CNT添加により、雷対策に必要な電気伝導率0.01S/cmを達成	○
	・スーパーグロース法による単層CNTを用いた複合材料の事業希望者へのサンプル提供を継続し、事業希望者の仕様に合わせた複合材料を開発する。	スーパーグロース法単層CNT分散液(37件)、不織布(4件)、樹脂ゴム複合体(16件)、高伝熱ゴム(5件)を提供し、助成事業(12件)に展開した。	○

◎: 大幅達成、○: 達成、△: 達成見込み、×: 未達

## 研究開発項目②-3-2 グループリーダー：日本ゼオン 上島 貢

### 「単層CNTを既存材料中に均一に分散する技術の開発」

テーマ(担当)	最終目標	成果	達成度
②-3-2(2)金属中に分散する技術の開発	・単層CNTを金属中に均一に分散し、パワー半導体と密着性を保持するために、熱膨張率7.5から15ppm/Kの高伝熱単層CNT・アルミニウム複合材料を開発する。	複合材の熱膨張率は5～15ppmで達成	○
②-3-2(2)金属中に分散する技術の開発	・配線等に用いるのに十分な、 $10^{-5}\Omega\text{cm}$ 台の体積(電気)抵抗率と $10^7\text{A}/\text{cm}^2$ 以上(銅以上)の許容電流を有する単層CNT・銅複合材料を開発する。	体積(電気)抵抗率は $2.2 \times 10^{-6}\Omega\text{cm}$ 、許容電流は $6 \times 10^8\text{A}/\text{cm}^2$ で達成	○
②-3-2(3)高分子系材料に分散する技術の開発	補強効果を発揮するのに十分な量として少なくとも高分子系材料に対して濃度1から5%程度で単層CNTを紡糸に適する高分子系材料溶液中に分散する技術を開発する。	PAN系高分子材料溶液中に単層CNTを分散・乾湿式紡糸して単層CNTとPANとの複合糸作製に成功、補強効果を確認。	○

◎:大幅達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達



## 研究開発項目②-3-3 グラフェン基盤研究開発

テーマ	最終目標	成果	達成度
フレキシブルグラフェン透明導電フィルムの開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グラフェンのみの透過率93%以上シート抵抗150Ω/sq以下</li> <li>・5mm角のグラフェン透明導電フィルム、透過率88%以上シート抵抗150Ω/sq以下</li> <li>・フレキシビリティ評価試験でシート抵抗変化がないこと(円筒型マンドレル法φ12mm)</li> <li>・A4サイズの作製と評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・グラフェンのみの透過率93%以上シート抵抗150Ω以下</li> <li>・5mm角で透明基材を含めた透過率88%以上シート抵抗150Ω以下</li> <li>・フレキシビリティ評価試験でシート抵抗の変化がないことを確認</li> <li>・大面積(A4)グラフェンフィルムの作製と評価、有望な用途の検討</li> <li>・溶液プロセスによる酸化工程を経ない新規機械的手法による高導電性剥離グラフェン形成技術開発</li> </ul>	◎ (A4サイズ、新規機械的剥離法)
高熱伝導性多層グラフェン放熱材の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・厚さ100nm~3μmの範囲、面積2×2cm<sup>2</sup>、面方向の熱伝導度2000W/mK以上、厚さ方向の熱伝導度5W/mKの多層グラフェン</li> <li>・TIMとして必要な性能を確認・評価、機能の検証</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・面方向の熱伝導性2000W/mK以上、厚さ方向5~7W/mK</li> <li>・2×2cm<sup>2</sup>以上</li> <li>・TIMとしての特性(熱抵抗特性)評価と機能の検証、有望な用途の検討</li> <li>・加速器のビームセンサーで実用化→事業化を達成(2015年8月販売開始)</li> </ul>	◎ (ビームセンサー実用化→事業化)
グラフェン高品質化のための評価技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・5mm角以上の面積で基材の除去をすることなく、非破壊で高速に層数を計測する手法の開発</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ラマン分光、エリプソメトリーによる、銅箔上のグラフェンの層数を簡便に非破壊で評価する手法を開発</li> <li>・グラフェン透明導電フィルムの非接触シート抵抗測定法を確立</li> <li>・多層グラフェンの熱物性測定法を確立</li> </ul>	○

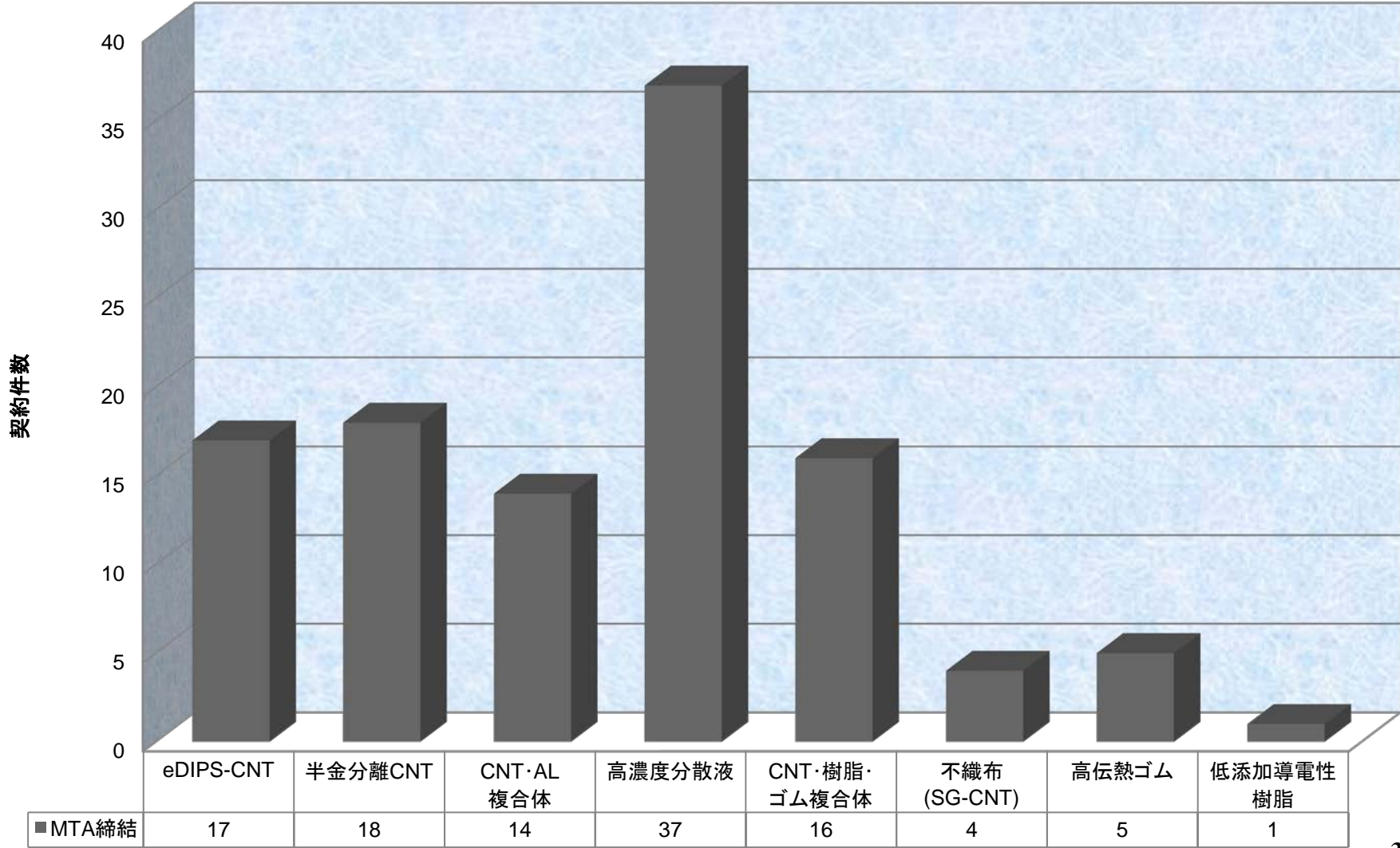
◎:大幅達成、○:達成、△:達成見込み、×:未達

# TASCから提供したCNT関連試料リスト

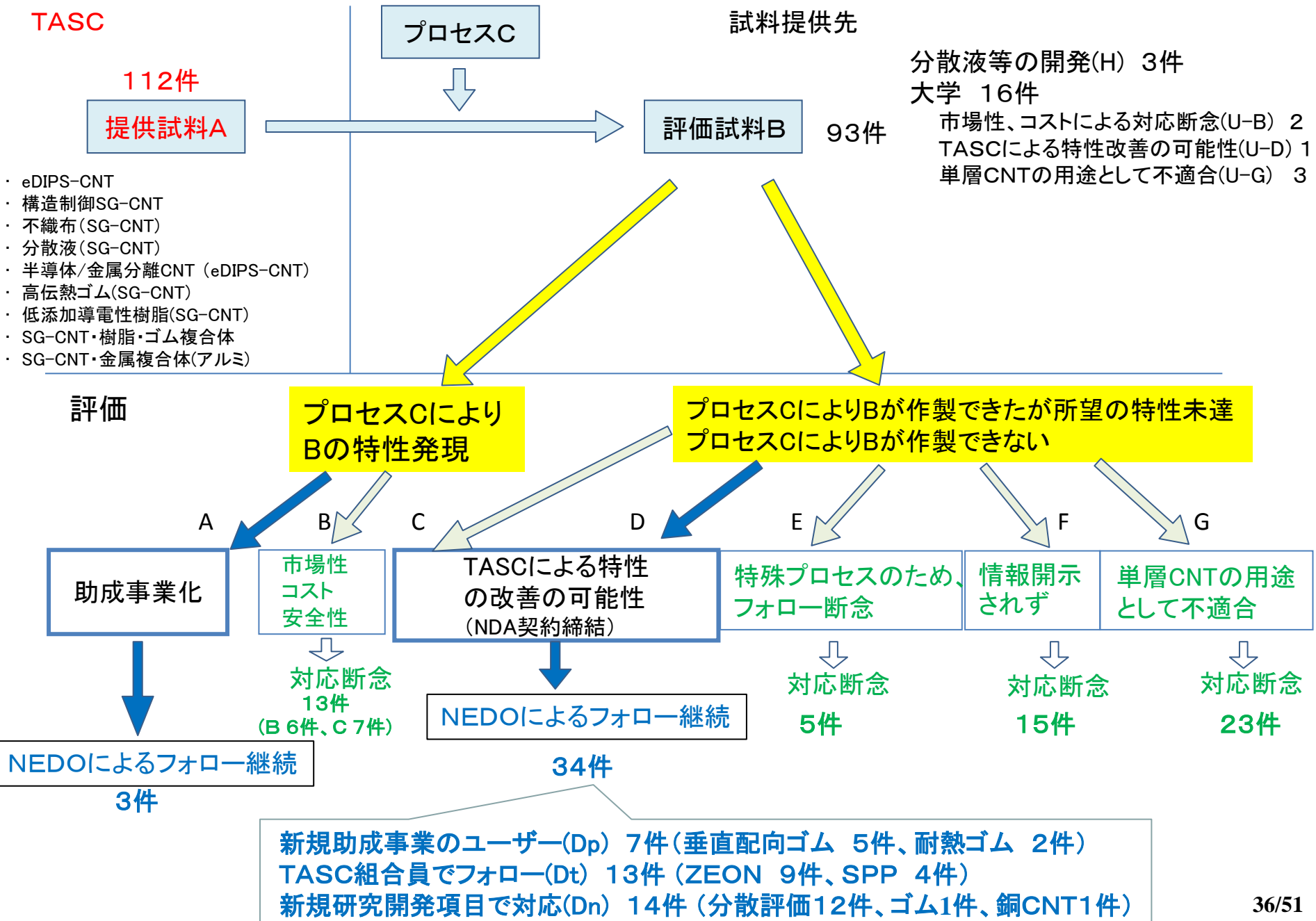
	・eDIPS-CNT	・高結晶性・高品質	10g/月
	・構造制御SG-CNT(粘弾性体)	・構造制御SG-CNT(粘弾性体)	1センチ角(MING) 10枚/月
	・不織布(SG-CNT)	・高比表面積なCNT薄膜	最大A4サイズ 4枚/月
	・高濃度分散液(SG-CNT)	・1重量%	0.1-0.3重量%の分散液 10L/月
	・半導体/金属分離CNT	・95%の選択性	0.1g/月
	・高伝熱ゴム	・金属並みの熱伝導性	A4サイズ 4枚/月
	・低添加導電性樹脂	・樹脂の特性を導電性樹脂	最大A4サイズ 4枚/月
	・CNT・樹脂・ゴム複合体	・工業的量産性に	名称: CNT複合材料 最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

# 試料提供契約締結(CNT関連試料) 112件

## TASC CNT関連試料別MTA締結件数



3. 研究開発成果 (2) 成果の普及 **試料提供契約締結(CNT関連試料) 112件 内訳**



# CNT関連試料提供の成果

	A	B	C	Dp	Dt	Dn	E	F	G	H	U-B	U-D	U-G	計
EDIPS	2	2	2	0	2	1	1	2	2	1	0	1	1	17
半金分離	1	0	0	0	0	3	1	3	2	0	0	6	2	18
金属	0	1	0	0	4	0	0	2	5	0	2	0	0	14
分散液	0	2	4	0	5	4	1	6	10	2	0	3	0	37
樹脂ゴム複合体	0	1	1	2	2	6	2	0	2	0	0	0	0	16
高伝熱ゴム	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
不織布	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	4
低添加導電性樹脂	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
計	3	6	7	7	13	14	5	15	23	3	2	11	3	112

新規助成事業の開拓

助成事業や組合員の  
ユーザ開拓等

分散液はプロセス、用途の  
選択肢が多いため

今後の事業に発展

事業展開が見込めな  
い領域の明確化

### 3. 研究開発成果 (2) 成果の普及

## 委託事業から展開した助成事業

助成事業実施企業	開始年度	委託研究項目	展開された助成事業 研究開発項目	助成事業の内容
住友精密工業株式会社	H24～	②-3-2	①-1 「高熱伝導率単層CNT複合材料の応用研究開発」	高熱伝導率単層CNT複合金属材料を製品適用するための応用技術開発
日本ゼオン株式会社	H24～	②-3-2	①-2 「導電性高分子複合材料の開発」	導電ロール向け導電ゴムの開発
東海ゴム工業株式会社	H24～	②-3-1 ②-3-2	①-2 「導電性高分子複合材料の開発」	柔軟な電極の開発
東レ株式会社	H24～	②-3-1 ②-3-2	①-2 「導電性高分子複合材料の開発」	航空機向けCFRP構造材の開発
アルプス電気株式会社	H24～	②-3-1 ②-3-2	①-2 「導電性高分子複合材料の開発」	高分子アクチュエーターの開発
日本ゼオン株式会社	H24～	②-3-2	①-3 「単層CNT透明導電膜の開発」	色素増感太陽電池電極材料の透明電極の開発
富士化学株式会社	H24～	②-3-1	①-3 「単層CNT透明導電膜の開発」	シリカ分散剤を用いて単層CNTを液中に均一に分散させる技術
東レ株式会社	H24～	②-3-1	①-3 「単層CNT透明導電膜の開発」	透明導電膜の開発のために、eDIPS法並びに炭酸ガスレーザー蒸発法により製造された単層CNTの分散および膜形成技術
日信工業株式会社	H26～	②-3-1	①-4 「ナノ炭素材料高耐熱・高熱伝導高分子複合部材の開発」	界面化学制御技術を導入した高温、高耐圧性複合材料の開発
日本ゼオン株式会社	H26～	②-3-2	①-4 「ナノ炭素材料高耐熱・高熱伝導高分子複合部材の開発」	高熱伝導高分子複合材料の開発
日本電気株式会社	H26～	②-3-1	①-6 「ナノ炭素材料高電子移動度半導体デバイスの開発」	半導体型CNTの分離技術において、純度向上の阻害要因として支配的な金属触媒の除去技術開発
東レ株式会社	H26～	②-3-1	①-6 「ナノ炭素材料高電子移動度半導体デバイスの開発」	半導体型CNTの分離技術において、利用できる半導体型CNTを増やす技術を開発
帝人株式会社	H26～	②-3-1	①-7 「ナノ炭素材料軽量導線の開発」	eDIPS法CNTを用いたナノ炭素材料軽量導線の開発
株式会社名城ナノカーボン	H27～	②-3-1	①-11 「ナノ炭素材料大量生産技術の開発」	排気リサイクルシステムを組み込んだeDIPS法CNT連続合成技術の開発
日本ゼオン株式会社	H27～	②-3-1	①-11 「ナノ炭素材料大量生産技術の開発」	SGCNT合成の高効率化技術の開発



# 委託の成果から助成事業へ展開事例(1)

スーパーグロースCNT



研究開発項目(②-(イ))  
CNT/金属複合化技術

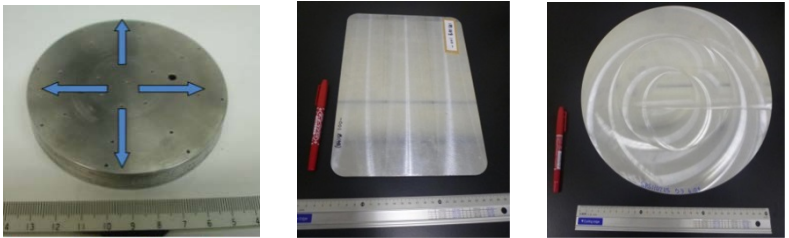
- CNT/カーボンファイラーとアルミニウムの複合化
- CNT含有高熱伝導複合材料を実現



5分後                      10分後                      15分後

伝熱特性比較試験

左：アルミニウム板、右：CNT含有高熱伝導材



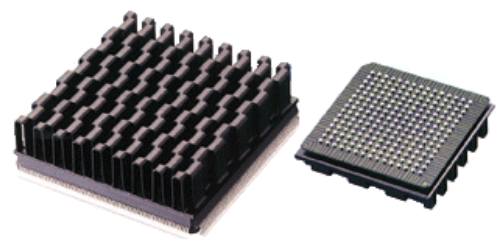
サンプル試作例



助成事業

住友精密工業

高性能ヒートシンク、  
熱交換器用等部材等への適用



課題・今後

低コスト化

## 委託の成果から助成事業へ展開事例(2)

スーパーグロースCNT



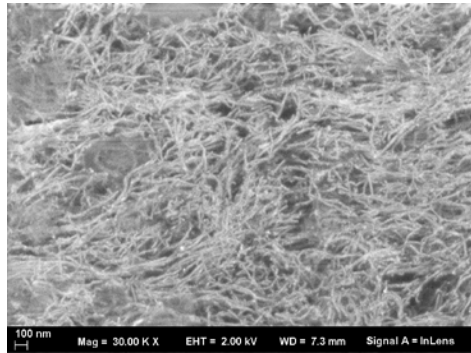
研究開発項目(②-1-1)  
ポリマーに分散する技術の開発

- ・CNT/ポリマーの複合化で高電導複合材料を実現
- ・工業スケールでの製造を実証

サンプル例



複合材料電子顕微鏡写真



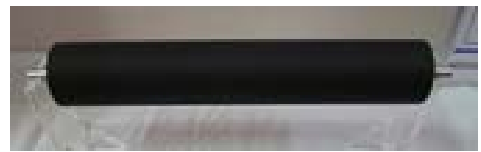
技術  
移転



助成事業

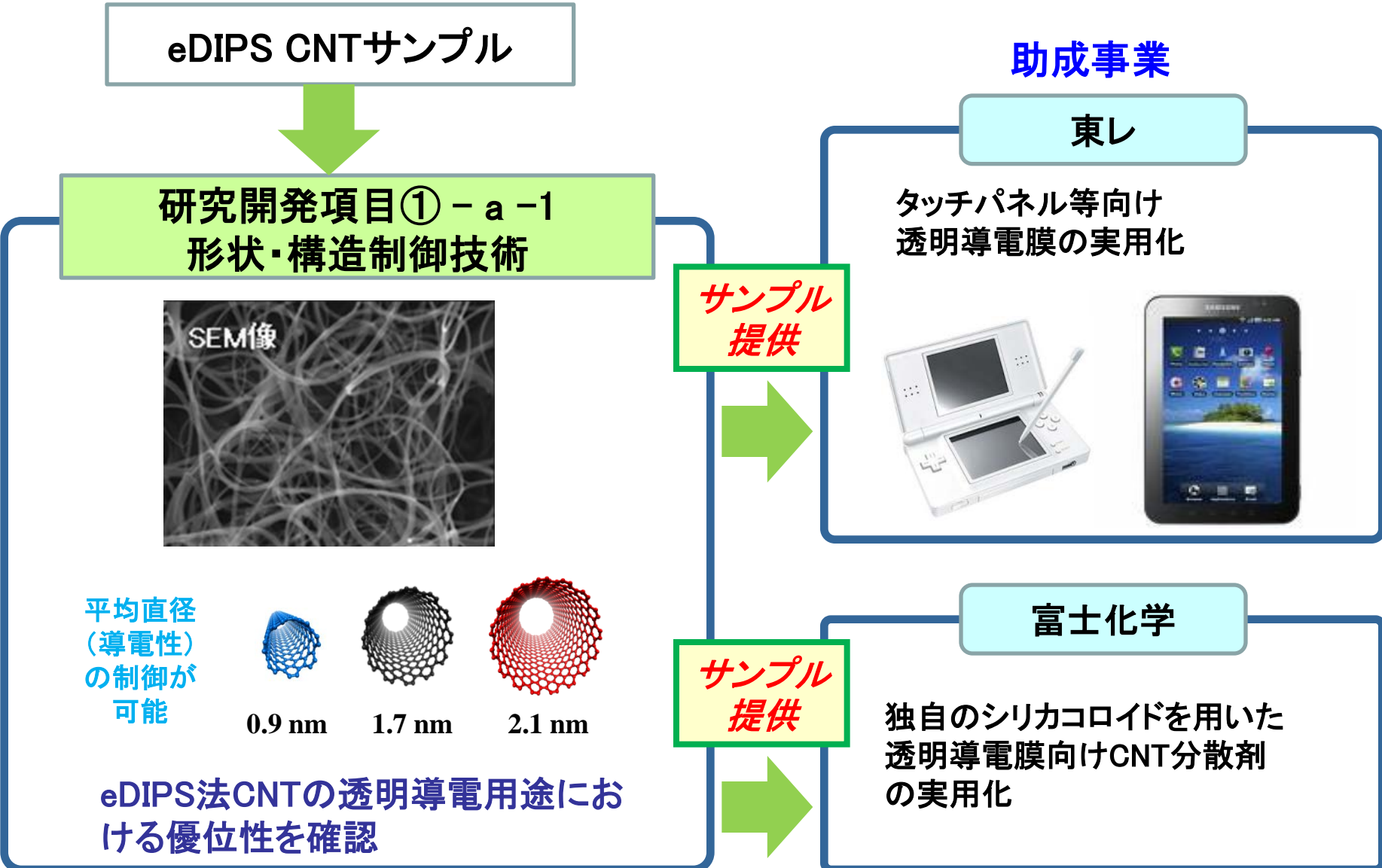
日本ゼオン

ゴムや高分子(プラスチック)といった有機材料と複合化し、帯電防止部材、導電部材への適用を目指す



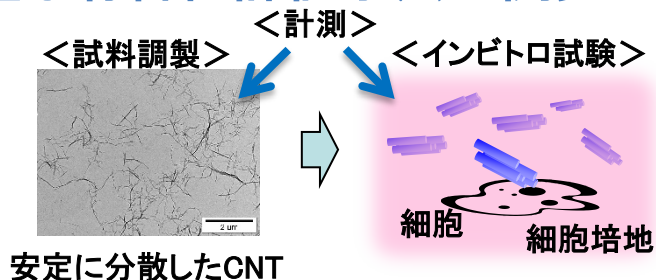


# 委託の成果から助成事業へ展開事例(3)

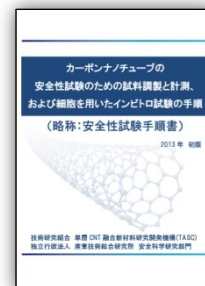


# ナノ材料簡易自主安全管理技術の確立

## 簡易で迅速な有害性評価手法の開発

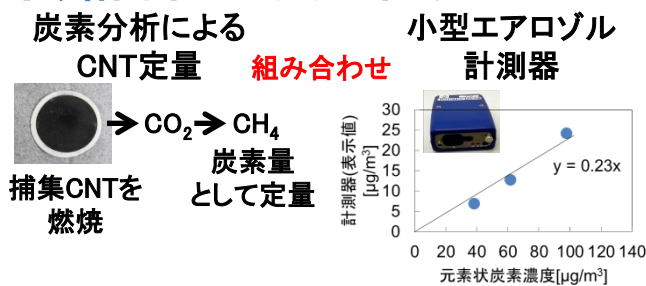


試料調製・計測・細胞を用いたインビトロ試験をセットとする簡易で迅速なCNTの有害性評価

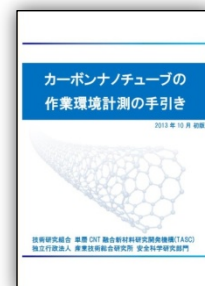


安全性試験手順書

## 安価で簡便な暴露評価手法の開発

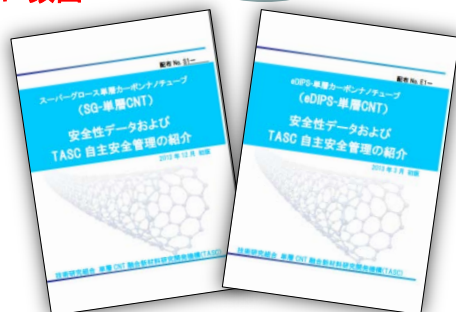


正確 初期、年に数回 簡易 日常管理



作業環境計測手引き

## 安全性情報の提供



ケーススタディ報告書(「安全性データおよびTASC自主安全管理の紹介」)



<<http://www.nanosafety.jp/>>

**実用化に向けてのeDIPS法単層CNT  
合成基盤技術開発**



**スーパークロース法による単層CNT形状制御合成基盤技術開発**



微粒子基材を用いた、低コスト大量合成技術を開発

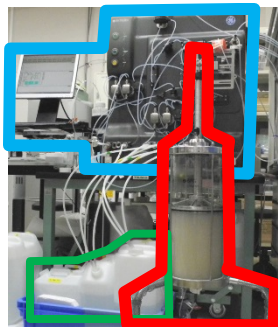
**金属型及び半導体型の単層CNT  
を効率的に分離する技術**

**金属・半導体大量分離技術の開発  
eDIPS (TASC) SWCNT**

パイロットスケールクロマトグラフィー  
コントロールユニット  
(AKTA-pilot, GE Healthcare)

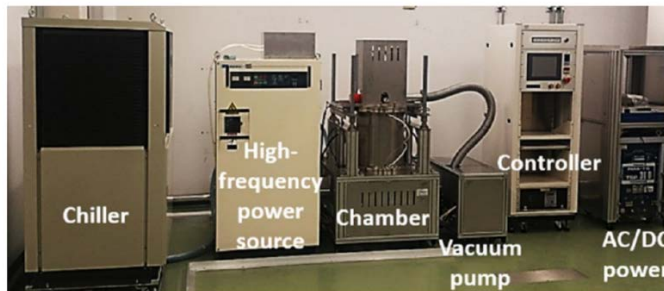


大量分離したeDIPS-SWCNT溶液

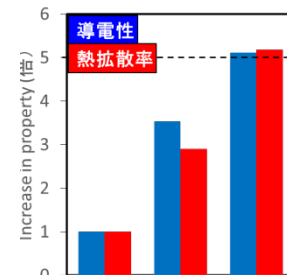


分離溶媒 8.5Lカラム

10g/日の半導体SWCNTの分離を達成



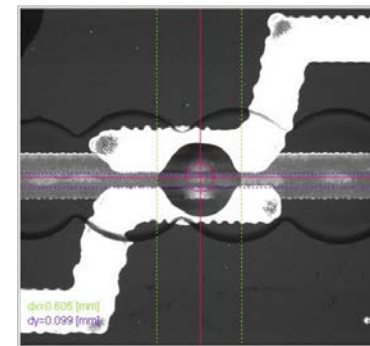
単層CNT後工程処理技術開発



処理前 加熱処理後 加熱/通電後



プラスチックフィルム上印刷形成技術



印刷CNTトランジスタ

## スーパーグロス単層CNT樹脂・ゴム複合材料技術の開発

### スーパーグロス単層CNT樹脂・ゴム複合材料技術の開発

複合化中のCNT凝集を抑え、均一分散を達成

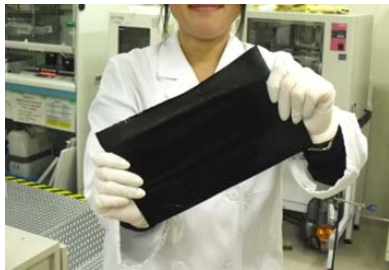
分散不十分



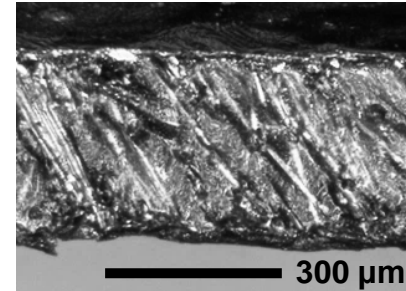
均一分散



A4サイズでの材料作成に成功



### 熱界面材料(TIM)の開発



材料の断面

300 μm

Shahil, K. M. F. *Nano Lett.* 2012, 12, 861-867



- 高熱伝導性(目標値 20 W/mK)
- フィラー含有量を減らすことで、柔らかく強度を持つ。

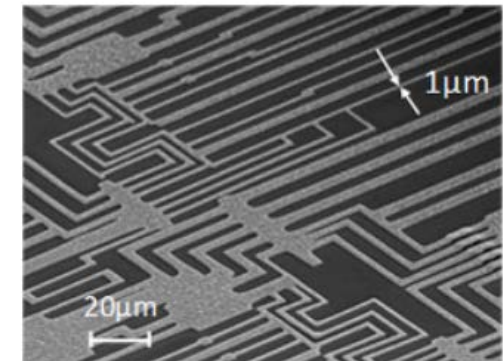
### 高導電性&超高電流容量CNT材料

銅と同等の電気抵抗で100倍の電流容量



注: マイクロスケール材料での計測値

### CNT銅の微細配線加工技術の開発

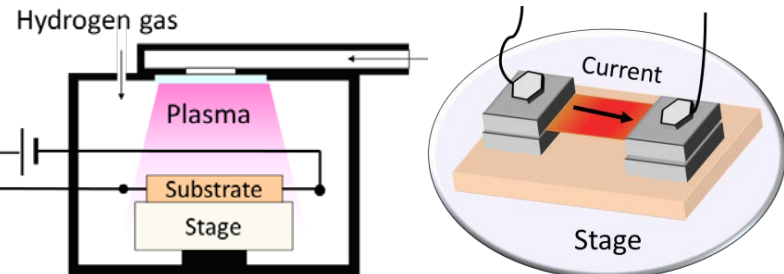


微細加工した単層CNT銅複合材料

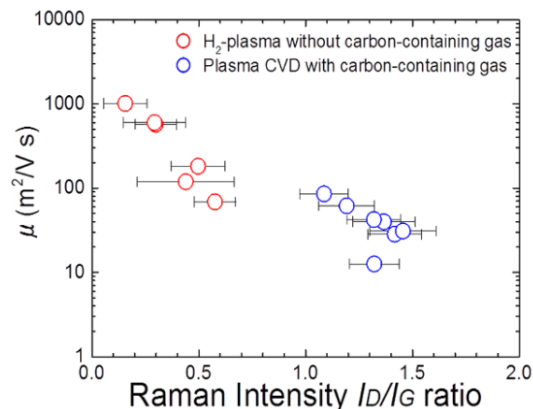


3. 研究開発成果 (2) 成果の普及(その他の主な成果)

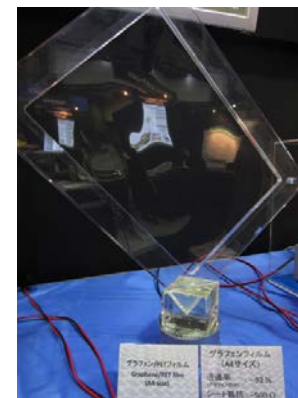
フレキシブルグラフェン透明導電フィルムの開発:



銅箔の通電加熱+極低炭素源濃度プラズマCVDで結晶品質の課題をブレイクスルーし、高速スループット合成を確立



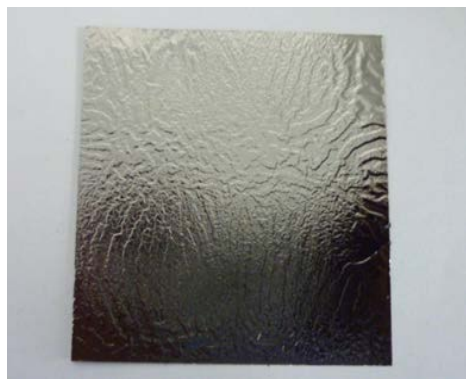
PJ開始時(青丸)移動度は最大100cm<sup>2</sup>/Vs.  
PJ実施(赤丸)により1000cm<sup>2</sup>/Vs以上を達成



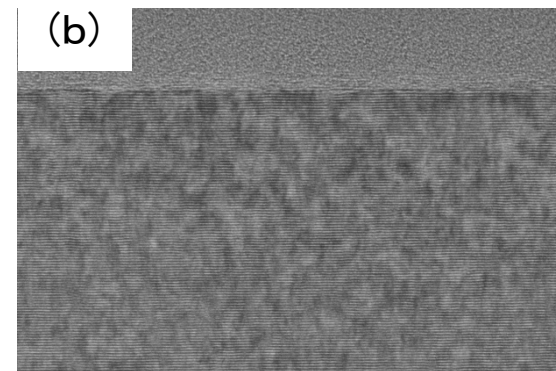
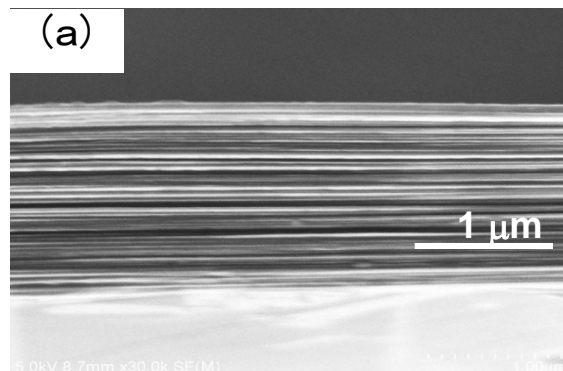
A4サイズのグラフェン透明導電フィルム(PET基材)  
透過率92%シート抵抗500Ω以下

高熱伝導性多層グラフェン放熱材の開発

3種類の厚さ(2.1 μm, 1.4 μm, 0.9 μm)の多層グラフェンを作製し、高品質化の取り組みによって、電気伝導度: 25000S/cm、熱伝導度: 膜面方向2000W/mK、膜厚方向5~7W/mK、サイズ 2 × 2 cm<sup>2</sup>以上を達成



多層グラフェンフィルム  
(厚さ: 1 μm)



多層グラフェンフィルムの (a)断面SEM, (b)断面TEM

## 知的財産権等の取得

出願特許: 93件 (うち国際出願: 40件)

### 成果の普及

誌上発表: 133件 (うち査読審査有: 103件)

学会発表: 409件

プレス発表: 10件

受賞: 3件

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

### 【プレス発表】

平成23年9月7日 日経産業新聞、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25年9月24日 日経産業新聞

「印刷CNTトランジスタで世界最高の動作速度を実証」

平成25年10月29日 Nanoinfo.jp、平成25年10月30日化学工業日報、他8報

「カーボンナノチューブ安全管理のレシピが完成」

平成26年1月23日 日経産業新聞、日刊工業新聞、化学工業日報、鉄鋼新聞

「CNT銅の微細配線加工技術の開発とシリコン並みの低熱膨張係数」

平成26年3月4日 日経プレスリリース、平成26年3月5日 日経産業新聞、他5報

「塗工・印刷可能な単層カーボンナノチューブコート剤を開発」

平成27年8月3日 日経産業新聞、化学工業日報、原子力産業新聞

「多層グラフェン製品化、ビームセンサー向け」

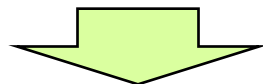
## IV. 実用化、事業化 の見通しについて

## プロジェクト終了後の実用化・事業化の取り組み

### CNT商業生産体制確立

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

- ・日本ゼオン→SGCNTの量産化検討
- ・東レ→eDIPS合成法について助成事業を通して検討
- ・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



### CNT材料技術開発

- ・日本ゼオン→SGCNTの量産化検討(助成事業へ発展)
- ・富士化学、名城ナノカーボン→eDIPS合成のライセンス受け自社で製造の検討
- ・NEC→半導体金属分離技術を事業化検討(助成事業へ発展)
- ・日本ゼオン→伝熱性ゴムの事業化検討(助成事業へ発展)
- ・サンプル提供から新規助成事業へ発展(3社)
- ・サンプル提供から新規助成事業の有望なユーザに発展(7社)

### CNT安全性管理技術開発

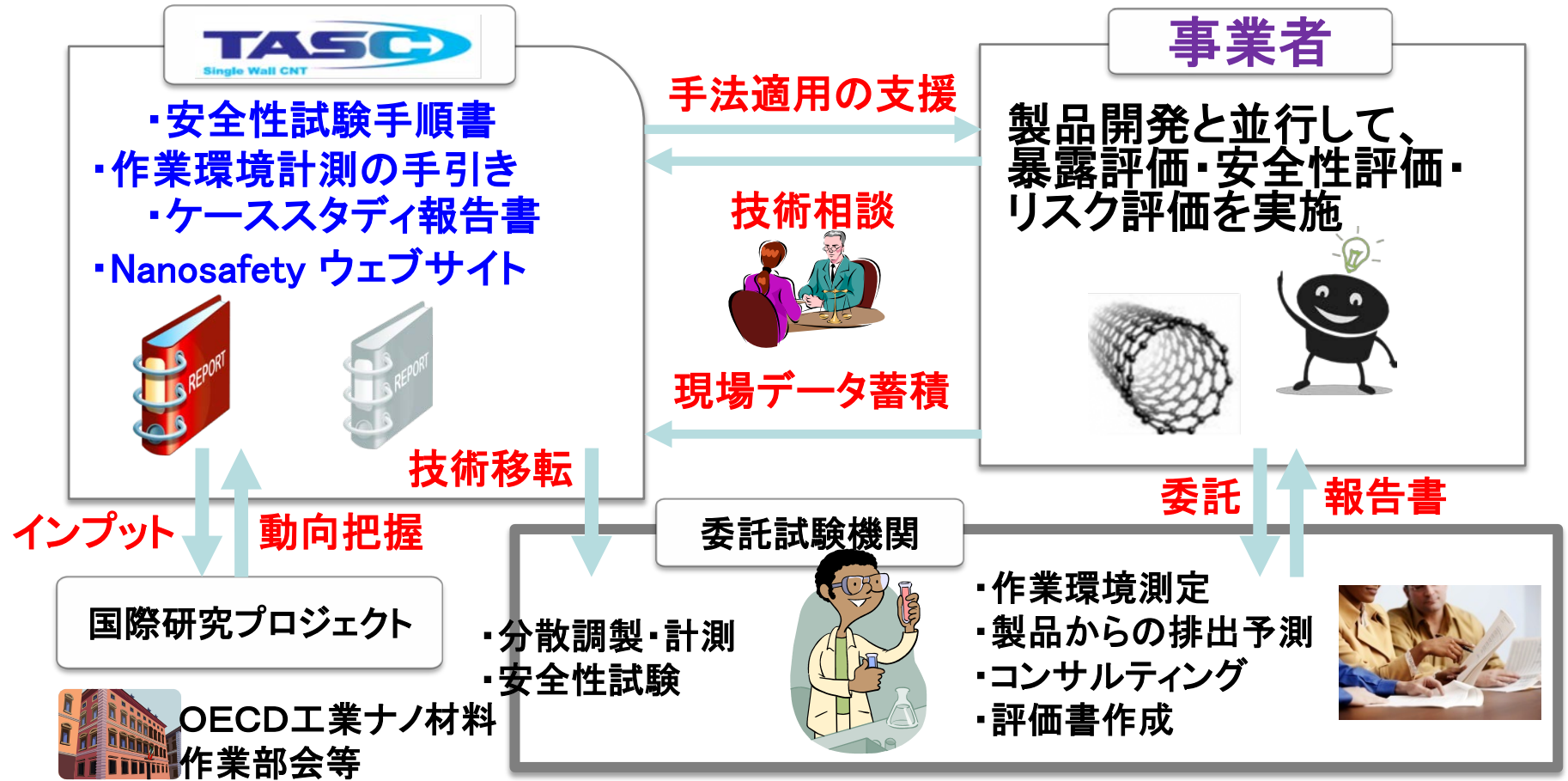
- ・ケーススタディ報告書の引用数 50社

### グラフェン

- ・多層グラフェンで(株)カネカより販売開始



# プロジェクト終了後の実用化の取組み



# 世界初の単層ナノチューブ商業生産2015年開始

対談：産業技術総合研究所 中鉢良治理事長、日本ゼオン 古河直純会長

企画・制作：日本経済新聞社クロスメディア編集部 広告



## カーボンナノチューブ 産官で事業化に挑む

日本ゼオンが「カーボンナノチューブ」の事業化を決めた。産業技術総合研究所が開発した高純度・高効率の手法を活用し、あらゆる分野で大きな技術革新を引き起こすとされる夢の新素材を量産するプロジェクト、官の技術シーズ(種)を民間が事業化するモデルケースとして注目を集める。日本ゼオンの古河直純会長と、産業技術総合研究所の中鉢良治理事長が、世界初のビッグプロジェクトに懸ける思いを語り合った。



日本ゼオン  
代表取締役会長  
古河 直純氏

### 新事業への進出、経営者の義務

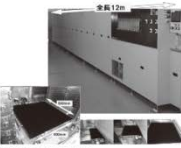
「カーボンナノチューブ」の事業化を決めた。産業技術総合研究所が開発した高純度・高効率の手法を活用し、あらゆる分野で大きな技術革新を引き起こすとされる夢の新素材を量産するプロジェクト、官の技術シーズ(種)を民間が事業化するモデルケースとして注目を集める。日本ゼオンの古河直純会長と、産業技術総合研究所の中鉢良治理事長が、世界初のビッグプロジェクトに懸ける思いを語り合った。

### 企業のリスク最小化、官の使命



産業技術総合研究所  
理事長  
中鉢 良治氏

「カーボンナノチューブ」の事業化を決めた。産業技術総合研究所が開発した高純度・高効率の手法を活用し、あらゆる分野で大きな技術革新を引き起こすとされる夢の新素材を量産するプロジェクト、官の技術シーズ(種)を民間が事業化するモデルケースとして注目を集める。日本ゼオンの古河直純会長と、産業技術総合研究所の中鉢良治理事長が、世界初のビッグプロジェクトに懸ける思いを語り合った。



「カーボンナノチューブ」の事業化を決めた。産業技術総合研究所が開発した高純度・高効率の手法を活用し、あらゆる分野で大きな技術革新を引き起こすとされる夢の新素材を量産するプロジェクト、官の技術シーズ(種)を民間が事業化するモデルケースとして注目を集める。日本ゼオンの古河直純会長と、産業技術総合研究所の中鉢良治理事長が、世界初のビッグプロジェクトに懸ける思いを語り合った。



「カーボンナノチューブ」の事業化を決めた。産業技術総合研究所が開発した高純度・高効率の手法を活用し、あらゆる分野で大きな技術革新を引き起こすとされる夢の新素材を量産するプロジェクト、官の技術シーズ(種)を民間が事業化するモデルケースとして注目を集める。日本ゼオンの古河直純会長と、産業技術総合研究所の中鉢良治理事長が、世界初のビッグプロジェクトに懸ける思いを語り合った。

イノベーション実現が期待される「カーボンナノチューブ」とは  
「カーボンナノチューブ」は、炭素原子が筒状に配列した管状の分子構造を持つ。その直径は数ナノメートルから数十ナノメートル程度で、長さも数百ナノメートルから数千ナノメートル程度に達する。その構造から、高い強度、高い導電性、高い熱伝導性、高い化学安定性など、さまざまな優れた特性を持つ。また、その構造から、さまざまな機能性材料としての応用が期待されている。

## 日本ゼオン、カーボンナノチューブ製造プラントの建設を決定

印刷用ページ

2014年5月15日

日本ゼオン株式会社(社長:田中 公章)はこの度、当社徳山工場内にスーパーグロース法で得られる高品位なカーボンナノチューブ製造プラントを建設することを決定しました。

当社は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(以下、NEDO)プロジェクト※)を通じ、2004年に独立行政法人産業技術総合研究所(以下、産総研) 島博士らにより見出された革新的な単層カーボンナノチューブの合成法である「スーパーグロース法」を基盤としたカーボンナノチューブの量産技術開発を進め、2011年には量産実証プラントの建設(2009年経済産業省補正予算事業)・運転・サンプル提供による技術普及を産総研と共同で進めてきました。

スーパーグロース法で得られるカーボンナノチューブは、他のカーボンナノチューブと比較して、高いアスペクト比、高純度、高比表面積といった特長を有するため、従来にない機能や特徴を持つ新機能性材料、次世代デバイス等への応用が期待される材料です。NEDOプロジェクトを通じ、高性能キャパシタ、高機能ゴム材料、高熱伝導材料等の革新的材料、デバイスの可能性が示唆され、その需要も大きく拡大すると予想されます。

これら市場での需要に応えるべく、当社は産総研の量産実証プラントで得られた技術を活用し、スーパーグロース法で得られる高品位な単層カーボンナノチューブの工場を建設することを決定しました。投資場所は山口県周南市の既存工場(徳山工場)内で、2015年下期の量産開始を目指します。

※)「カーボンナノチューブキャパシタ開発プロジェクト」(平成18年度～平成22年度)、「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」(平成22年度～平成25年度)

・2014年5月15日 日本ゼオンがスーパーグロース単層CNTの商業工場の建設を決定(投資規模38億。徳山工場)

・2015年11月竣工。下期に量産開始

# プロジェクト終了後の実用化・事業化の取組み

## ◆ グラフェン透明導電フィルムの開発

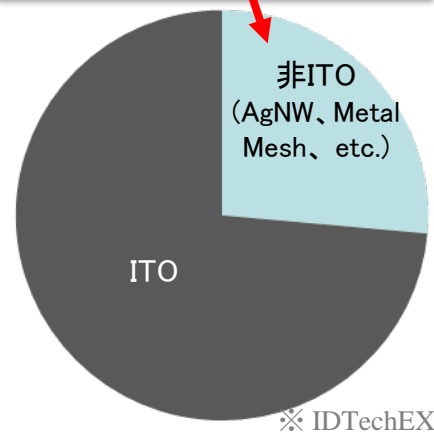
**成果①: グラフェン透明導電フィルム作製技術**

- 実用化・事業化への開発要素**
- ・量産技術開発(ロールツーロール合成など)
  - ・タッチパネル用途以外でグラフェンの特徴を生かした新規市場開拓
  - ・顧客へのサンプル提供開始
  - ・コストの検討→事業化

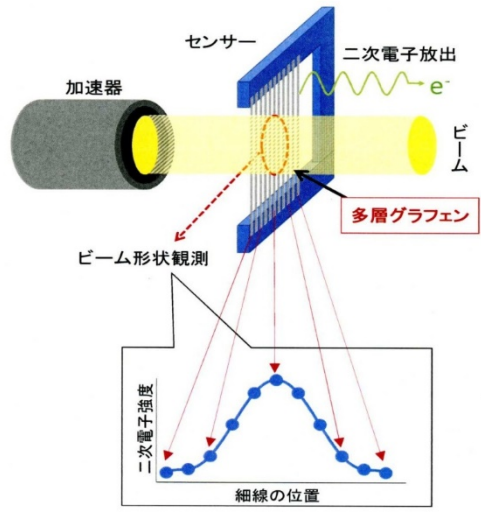
**成果②: グラフェン液相剥離形成技術**

- 実用化・事業化への開発要素**
- ・グラフェン分散液の長期安定性、製造安定性
  - ・分散液塗布膜の導電性
  - ・剥離グラフェンの特性を活かした用途探索
    - 既存品より安価で耐薬品性に優れた導電インキ
    - 既存品より導電性等に優れたカーボンインキなど

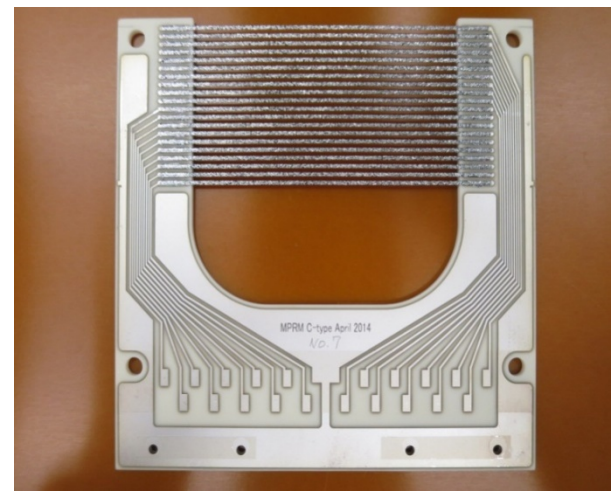
グラフェンの特徴を生かした新規市場の開拓が重要



## ◆ 多層グラフェンによる加速器ビームセンサー((株)カネカが2015年8月に販売開始)



多層グラフェンのビームセンサーへの応用イメージ



試作したビームセンサー(直角リボンターゲット、写真提供KEK)