

「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①-4～11、②-1-2、②-2、②-3-4～5)」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
評価概要（案）	2
評点結果	4

はじめに

本書は、NEDO技術委員・技術委員会等規程第32条に基づき研究評価委員会において設置された「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①-4～11、②-1-2、②-2、②-3-4～5）」（事後評価）の研究評価委員会分科会（平成29年10月17日）及び現地調査会（平成29年10月3日 於 産業技術総合研究所つくば第5事業所）において策定した評価報告書（案）の概要であり、NEDO技術委員・技術委員会等規程第33条の規定に基づき、第55回研究評価委員会（平成30年3月16日）にて、その評価結果について報告するものである。

平成30年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構
研究評価委員会「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①-4～11、②-1-2、②-2、②-3-4～5）」分科会
（事後評価）

分科会長 近藤 勝義

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会

「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①-4～11、②-1-2、②-2、②-3-4～5)」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成29年10月現在)

	氏名	所属、役職
分科 会長	こんどう かつよし 近藤 勝義	大阪大学 接合科学研究所 複合化機構学分野 教授
分科 会長 代理	さいとう やはち 齋藤 弥八	名古屋大学 大学院工学研究科 応用物理学専攻 教授
委員	あごう ひろき 吾郷 浩樹	九州大学 グローバルイノベーションセンター 教授
	いのうえ よく 井上 翼	静岡大学 工学部 電子物質科学科 教授
	おおの ゆたか 大野 雄高	名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授
	おの まりこ 小野 真理子	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 作業環境研究グループ 部長
	こやなぎ じゅん 小柳 潤	東京理科大学 基礎工学部 材料工学科 准教授

敬称略、五十音順

「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①-4～11、②-1-2、②-2、②-3-4～5)」(事後評価)

評価概要 (案)

1. 総合評価

ナノ炭素材料の実用化・事業化に向けては民間企業では困難な課題が多い中、NEDO が長期に渡って事業を推進してきたことは評価できる。テーマ選定や目標値設定は適切で、基礎的かつ多面的な解析及びアプローチと科学的根拠に基づく現象解明・実証を確実に実施してきた。CNT 分散状態評価技術、CNT ゴム複合材料及びグラフェン薄膜技術等の優れた成果が得られているとともに、ナノ炭素材料の取扱いに係る安全性に関する研究成果を国内外に向けて発信しており、国際標準化への努力も認められる。また、成果には実用化・事業化の目途の立った内容が多く、日本ゼオン・産総研 CNT 冠研究所やカーボンナノチューブ・アライアンス等、終了後の実用化に向けた取組みも行われており、今後の実用化・事業化が期待できる。

今後、安全性・リスク評価の確立等によって国際標準化を推進し、国際競争力を更に高めていくことを期待する。また、展示会等で新技術をより多くの企業に認知していただき、社会実装へ向けた技術移転が進展することを祈念する。

2. 各論

2. 1 事業の位置付け・必要性について

ナノ炭素材料は、省エネや CO2 削減への貢献が期待される新素材であり、その実用化に主眼を置いた本事業の目的は妥当である。これまで従来製品との価格競争や安全面の担保ができていないなどの理由で、民間企業が開発を進めるのにはリスクがあり、またその間に欧米が開発資金を投入して国際的な競争が進む中で、NEDO が先導してナノ炭素材料の早期実現化と安全性等の国際標準化を進めたことは高く評価できる。実用化に達した部材が複数開発され、民間企業からの投資も始まっていることから、費用対効果は十分得られていると認められる。

2. 2 研究開発マネジメントについて

技術動向や市場動向を踏まえて、概ね適切な目標が設定されており、またナノ炭素材料に関する幅広い応用分野を網羅し、実用化・事業化を念頭に置いた研究開発計画が立てられている。各企業と産総研の密接な連携のもと共同研究が進められているとともに、複数の企業が参画し具体的な製品開発に繋がる体制が整っている。研究開発管理は、定期的に進捗報告会を開催するなど、概ね適切であったが、一方で頻度が多く、負担になった面もあったのではないかと思われる。知財戦略については、ナノ炭素材料の想定される多くの用途において

特許出願を進めており、評価できる。

一方、海外においては、カーボンナノチューブ（CNT）大量合成や積極的な実用化の面で、中国などが進んできており、これにどう対処していくかという視点が望まれる。

ナノ炭素材料は幅広い分野への応用が期待されているため、これまでの NEDO の研究成果・資産を今後も有効に活用して欲しい。

2. 3 研究開発成果について

ほとんどのテーマで最終目標を達成しており、CNT 分散状態評価技術、CNT ゴム複合材料及びグラフェン薄膜形成技術等、幾つかのテーマでは世界トップレベルの特筆すべき成果が得られている。いずれも実用化・事業化のシーズになり得る内容といえる。ナノ炭素材料の安全性については、日本語のみならず英語の安全性試験総合手順書等も作成して積極的に公開しており、国際標準化への取組が認められる。

成果普及に関しては、展示会等への出展回数が少ないようである。本研究の成果は国民の目に映りにくい素材や製品への応用であるので、展示会などで新技術を積極的により多くの企業に対して明示・宣伝して、実用化へフィードバックすることが望まれる。

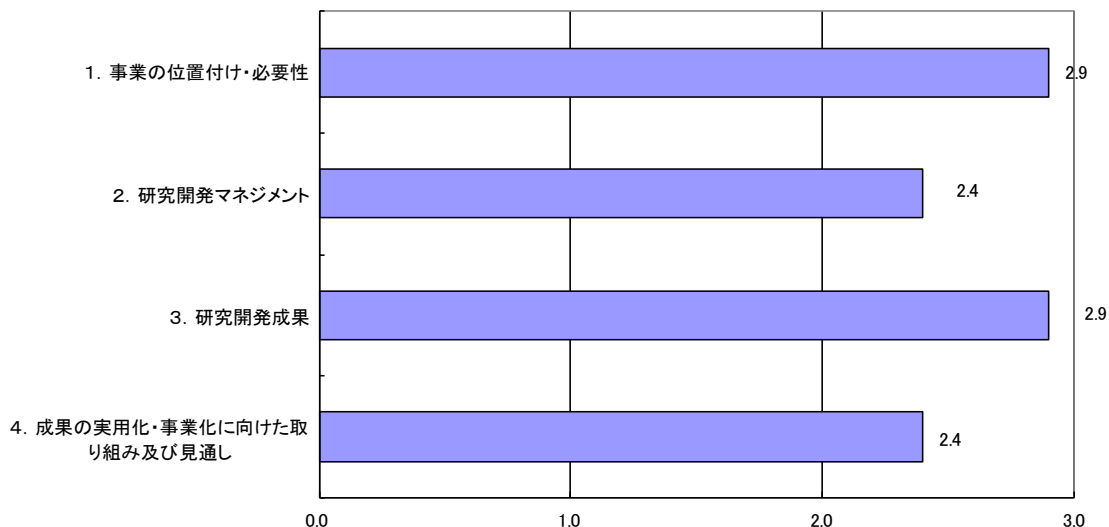
今後、本事業で得られた成果を広く企業に移転し、知財を活用していくことを期待する。

2. 4 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて

複合材料については大きな市場が予想され、日本ゼオン・産総研 CNT 冠研究所やカーボンナノチューブ・アライアンス等によるプロジェクト成果の実用化への仕組みづくりが積極的に行われている。また、各社においては事業戦略に基づく事業化に向けた取組みが行われており、本事業の実用化・事業化が期待できる。単層 CNT の量産化が開始されたことや、グラフェンに関してベンチャー会社が起業されたことは特に評価できる。

一方、競合技術・製品に対する優れた性能を有する反面、コスト優位性に関しては、より明確化することが望まれる。今後は、更に性能を向上させた製品を見出す、或いは量産化などで価格を下げることで、既存製品への置き換えを図るなど、社会実装に向けた具体的な取組みに期待する。また、事業化戦略には、海外での競争力を強化するため、環境・安全面の評価をセットで製品化するなどの配慮や、関係者間の情報共有と情報管理に注力頂きたい。

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
1. 事業の位置付け・必要性について	2.9	A	A	A	B	A	A	A	
2. 研究開発マネジメントについて	2.4	A	B	B	B	A	B	A	
3. 研究開発成果について	2.9	A	A	A	A	A	B	A	
4. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて	2.4	B	A	B	B	A	B	A	

(注) 素点：各委員の評価。平均値は A=3、B=2、C=1、D=0 として事務局が数値に換算し算出。

〈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. 成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通しについて |
| ・非常によい →A | ・明確 →A |
| ・よい →B | ・妥当 →B |
| ・概ね適切 →C | ・概ね妥当 →C |
| ・適切とはいえない →D | ・見通しが不明 →D |

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆政策的位置付け

■ ナノテク・部材イノベーションプログラム(平成20～23年)
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、幅広い産業の付加価値の増大を図ることの重要性を指摘。

■ 産構審産業技術分科会基本問題小委員会報告(平成22年)
グリーン材料・プロセスの革新的技術として「カーボンナノチューブ等ナノ融合材料の実用化」を例示。

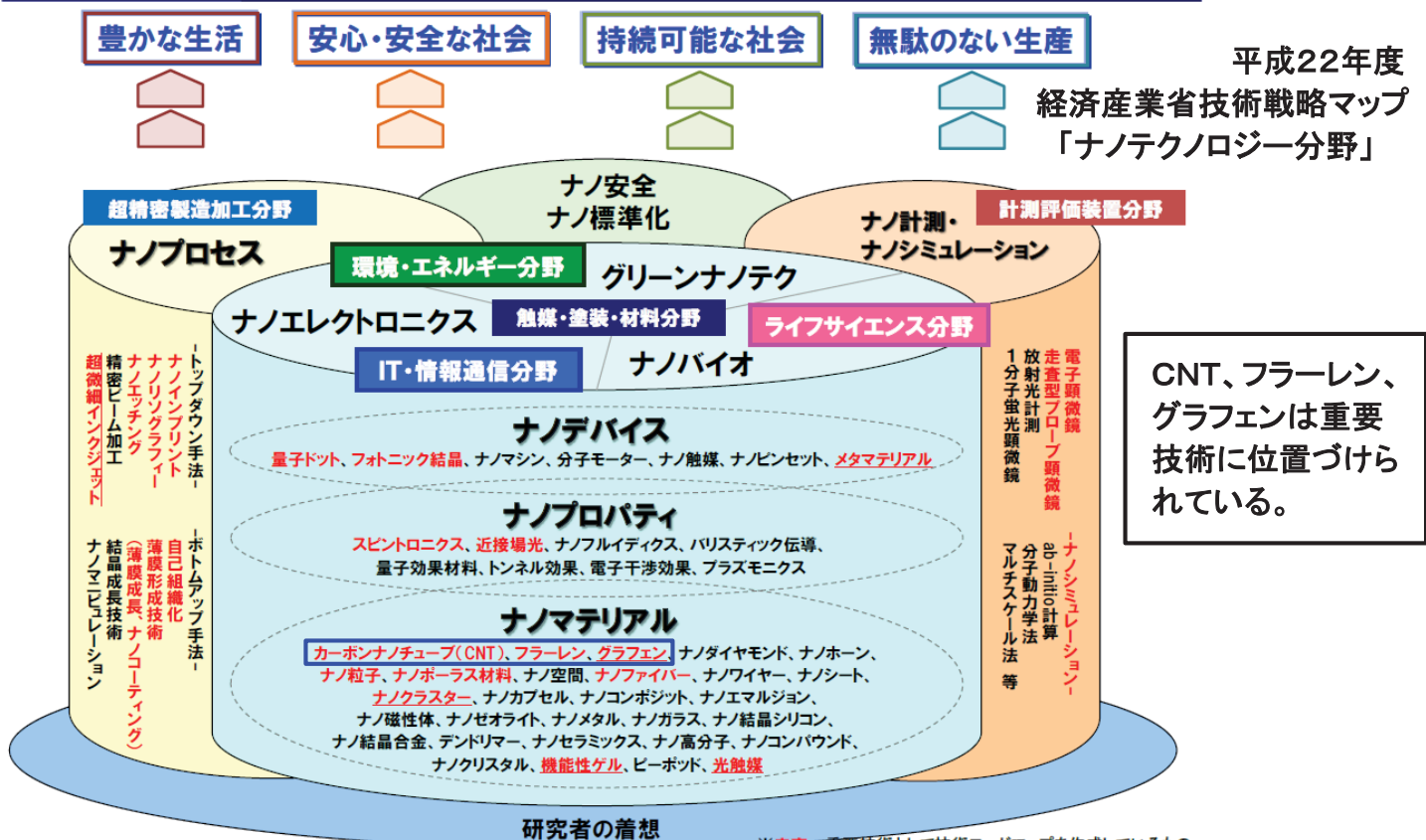
■ 科学技術イノベーション総合戦略2015(内閣府 平成27年)
「超スマート社会」において幅広い分野でのビジネス創出の可能性を秘める、ナノテクノロジーを含めた共通基盤的な技術の先導的推進を図ることの重要性を指摘。

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

公開

◆技術戦略上の位置付け

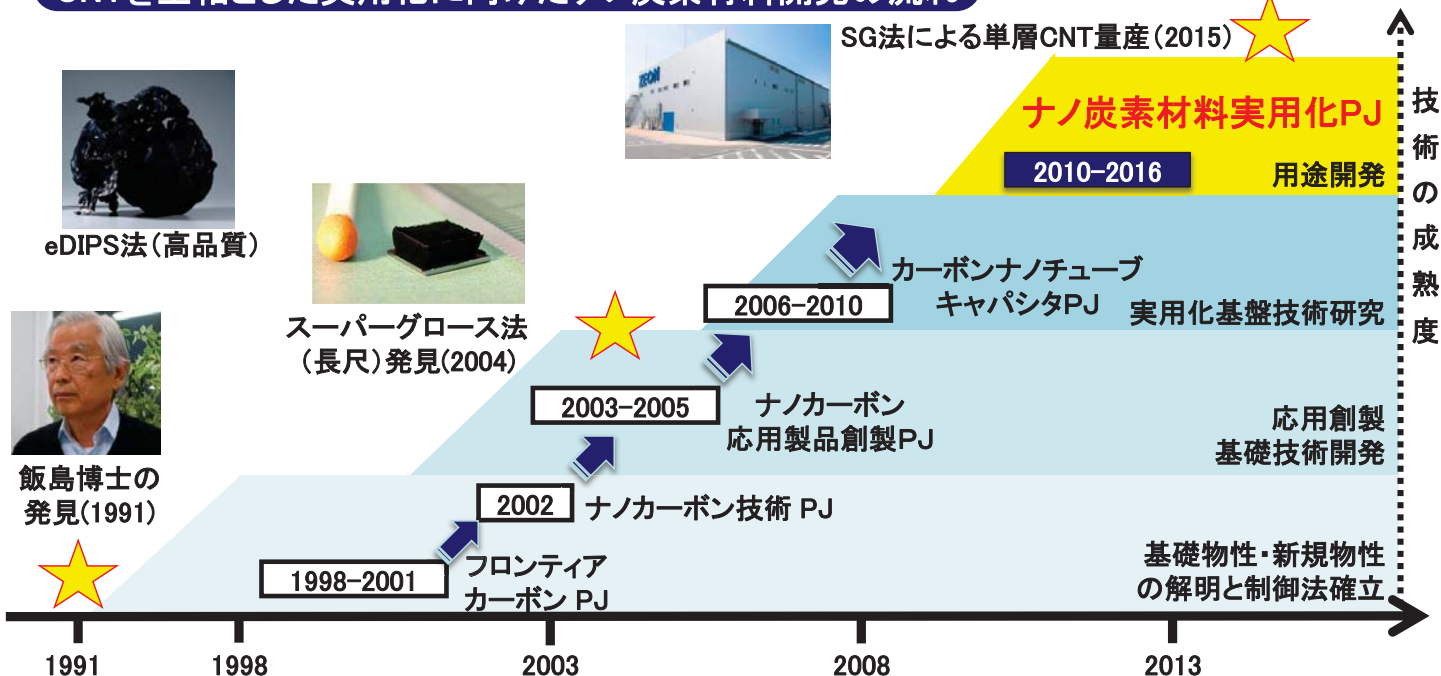
ナノテクノロジー分野の技術マップ (1/1)



*赤字—重要技術として技術ロードマップを作成しているもの
下線のものとは2010版で追加したもの

- ナノ炭素材料の、超軽量・高強度・高機能材料の実用化を促進し、新産業の創出を図ることにより、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。
- 1998年から19年間にわたり、NEDOはナノ炭素材料の技術開発を推進。
2014～16年度の実用化PJ(後期)にてNEDOプロジェクトを終了する。

CNTを主軸とした実用化に向けたナノ炭素材料開発の流れ



2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

◆ 助成事業の目標

各テーマの目標値は、実用化に必要な性能および量産化技術をベースとしている

研究開発項目	目標
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」	ナノ炭素材料と高分子材料を複合化することで、高耐熱性、高熱伝導性を有する高分子複合部材を開発する
①-5 「ナノ炭素材料高強度複合材料の開発」	ナノ炭素を用いた高強度複合材料を開発する
①-6 「ナノ炭素材料高電子移動度半導体デバイスの開発」	高電子移動度半導体デバイスを実現するため、半導体型CNTを商業的に利用可能な分離技術を開発し、装置の試作を行う。また、ナノ炭素材料が持つ高電子移動度性を十分に発揮する半導体デバイスを開発する
①-7 「ナノ炭素材料軽量導線の開発」	ナノ炭素材料を用いた軽量導線を開発し、強度、導電性の各性能面で金属導線を代替できる特性を有することを確認する
①-8 「ナノ炭素材料フレキシブル薄膜の開発」	高い導電性と柔軟性を合わせ持つフレキシブル薄膜を、数種類のナノ炭素材料を用いて試作し、その特性を評価することで、それぞれに最適な作製技術を開発する。
①-9 「ナノ炭素材料電磁波吸収部材の開発」	原料となるナノ炭素材料の安定、連続生産技術を開発し、用いるナノ炭素材料の電磁波シールド性、熱伝導性を利用し、実用性に優れた電磁波吸収部材を開発する。
①-10 「ナノ炭素材料高密度エネルギーデバイスの開発」	ナノ炭素を二次電池等の電極へ適用することで、高いエネルギー密度、長寿命等の特性を備えることを確認し、実用化に供する負極材等を開発する。
①-11 「ナノ炭素材料大量生産技術の開発」	ナノ炭素材料の用途開拓を促進するため、効率的な合成技術、および分散技術を開発する





◆委託事業の目標と根拠

テーマ	目標	根拠
②-1-2「ナノ炭素材料及びその応用製品の排出・暴露評価技術の確立」	<ul style="list-style-type: none"> ・排出・暴露評価技術の確立、評価手引書の策定 ・有害性評価のための試験方法を設定し、試験手順書を策定 ・安全管理例報告書を作成し、国際標準化に向け活動を進める 	合成や材料応用の実用化が進む中、開発企業への簡便な安全性評価法の普及を図る
②-2「ナノ炭素材料の分散体評価技術の開発」	<ul style="list-style-type: none"> ・分散液体の評価指針を策定しマニュアル化する ・分散体のCNTの、サイズ：400nm～1mm、空間精度：0.01μm、ζ電位0.5mV、の評価技術確立 ・複合化材料の熱や電気伝導度パスを、10μm精度で評価する手法開発 	重要な原料である分散体の評価指針、評価方法や複合材料中の評価方法を開発企業に提供する
②-3-4「ナノ炭素材料の革新的応用材料開発」	<ul style="list-style-type: none"> ・超高強度炭素繊維用分散剤の開発 ・350℃耐熱性ゴム応用材料、450℃耐熱性樹脂応用材料の開発 ・100℃以下で銅と同等以上特性で30%軽量の複合配線の開発 ・500μm以上、G/D比50以上のCNT集合体の応用評価 	CNTの特長を活かし大きな市場を目指せる用途および材料の応用基盤技術開発
②-3-5「ナノ炭素材料の革新的薄膜形成技術開発」	<ul style="list-style-type: none"> ・移動度が10,000cm²/Vs以上のグラフェン薄膜形成技術の開発 ・ロールツーロール式の薄膜形成及び転写法で、A4サイズ100枚/時の量産基盤技術の開発 ・移動度、20,000cm²/Vsを実現する基盤技術開発 	タッチパネル、有機EL、トランジスタ等への応用が期待できるグラフェンの高品質形成技術の開発

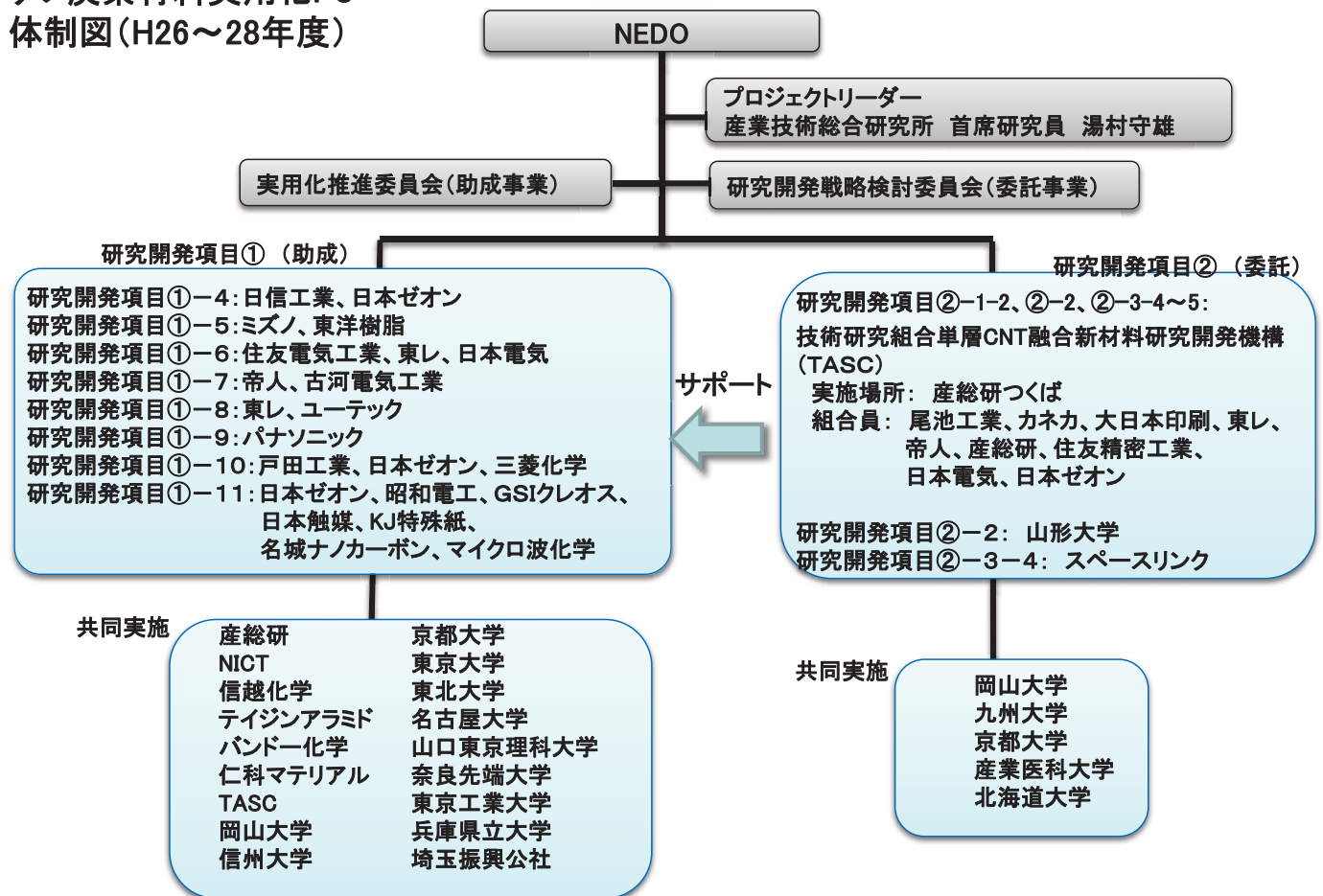
研究開発項目① ナノ炭素材料の実用化技術開発(助成事業)

平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
			502百万円	640百万円	556百万円	
	→			◆ 事後評価		事後評価
			→			◆
<p>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」(日本ゼオン、日信工業)</p> <p>①-5「ナノ炭素材料高強度複合材料の開発」(ミズノ、東洋樹脂)</p> <p>①-6「ナノ炭素材料高電子移動度半導体デバイスの開発」(日本電気、東レ、住友電気工業)</p> <p>①-7「ナノ炭素材料軽量導線の開発」(帝人、古河電気工業)</p> <p>①-8「ナノ炭素材料フレキシブル薄膜の開発」(東レ、ユーテック)</p> <p>①-9「ナノ炭素材料電磁波吸収部材の開発」(パナソニック)</p> <p>①-10「ナノ炭素材料高密度エネルギーデバイスの開発」(戸田工業、三菱化学)</p> <p>①-11「ナノ炭素材料大量生産技術の開発」(日本ゼオン、昭和電工、GSIクレオス、日本触媒、KJ特殊紙、名城ナノカーボン、マイクロ波化学)</p>						

研究開発項目② ナノ炭素材料の応用基盤技術開発(委託事業)

平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度
				811百万円	1,067百万円	910百万円	
					 事後評価		
中間評価 ★							
							事後評価 
②-1-2 「ナノ炭素材料及びその応用製品の排出・暴露評価技術の確立」 TASC ②-2 「ナノ炭素材料の分散体評価技術の開発」 TASC、山形大学 ②-3-4 「ナノ炭素材料の革新的応用材料開発」 TASC、スペースリンク ②-3-5 「ナノ炭素材料の革新的薄膜形成技術開発」 TASC							

ナノ炭素材料実用化PJ
体制図(H26~28年度)



◆ 成果発表等 (委託事業 TASC)

	平成26年度	平成27年度	平成28年度	計
論文	2	12	17	31
研究発表・講演	28	85	102	215
受賞実績	0	1	4	5
新聞・雑誌等への掲載	1	8	18	27
展示会への出展	3	3	4	10

3. 研究開発成果 (3) 知的財産権等の確保に向けた取組

◆ 特許出願 (委託事業 TASC)

	平成26年度	平成27年度	平成28年度	平成29年度	計
特許出願 (うち外国出願)	17 (1)	12 (2)	17 (1)	2	48件 (4件)

※平成29年度10月1日現在