

◆◆◆最新調査研究資料◆◆◆

《2018 年版》

ナノカーボン市場・用途開発・ 研究開発動向実態総調査

カーボンナノチューブ/ナノホーン・グラフェン・フラーレンの市場
・用途開発・技術開発・特許に関する最新実態調査分析レポート

抜
粋
見
本



Marketing/Technology
Research & Consulting

株式
会社

グリーンビジネス研究所

はじめに

- ナノカーบอนは、「高導電性」「高熱伝導性」「高強度」等、他素材にはない優れた特性を持っている。しかし「低コストで安定した量産方法の確立」「分散性」等の点から本格的な市場の立ち上がりには時間を要していたが、複層CNTを中心としてコストダウンの進展もあり、ここ数年「LIB(導電助剤：正極, 負極)」「フィラー(ゴム, 樹脂, 塗料)」といった用途で急速に需要拡大しつつある。
又、今後グラフェンは、コストも徐々に低下してきていることもあり「LIB(導電助剤：負極)」等の需要拡大も期待されている。
ナノカーบอน自体の市場規模(W/W)は、「1811 t, 325 億円/2017 年」であったものが、2027 年(10 年後)には「約 10 万 t, 2900 億円/年」と、数量ベースで 55 倍、金額ベースで約 9 倍に拡大すると予測した。
- ナノカーบอนの潜在的な可能性は様々あるが、用途開拓は不可欠であり、現在も多角的なアプローチが行われている。
ナノカーบอนはそれ自体の用途開発のみならず、ナノカーบอนの応用製品の用途開拓が今後活発化していくと考えられる。
又、ナノカーบอนの分散、塗布等の方法において差別化を図ることができることから、ユーザとのコラボレーションも増加することが予想される。
- 当調査研究資料では、以下の内容につきまして、ヒアリング調査をベースとして明らかに致しました。
「A. 技術・研究開発動向調査編」「B. 市場動向調査編」「C. ナノカーบอน用途動向調査編」「D. 特許動向調査編」に分かれています。
⇒ 研究開発動向調査編では、「ナノカーบอนの形態・機能特性・製造方法」
⇒ 大学/公的研究機関・民間企業の開発動向(106 大学・研究機関:W/W)」
⇒ 市場動向調査編では「参入企業一覧(104 社: W/W)・関連団体/研究会/プロジェクト動向・生産能力/市場規模(W/W)・ナノカーบอนメーカー各社の動向(33 社)」
⇒ ナノカーบอน用途動向調査編では、「ナノカーบอน実用化/応用商品化動向」「実用化・有望用途個別調査(42 品目)」
⇒ 特許動向調査編では、「2013~2017 年の各社別特許一覧」
- 当調査研究資料が、ナノカーบอน開発に係わる、「ナノカーบอนメーカー」「ナノカーบอน応用製品メーカー」「関連装置メーカー」「大学・研究機関」などの方々には有益なる情報としてお役に立てれば幸いです。
- 当該調査は、関連企業・大学/研究機関へのヒアリング調査をベースに実施したものです。
今後とも、ナノカーบอน関連の技術・研究開発動向、市場動向の実態の調査研究を続けていく所存であります。

最後に、当資料作成にあたって快く取材に応じて下さった、各企業・研究機関・諸団体の皆様に末筆ながらお礼申し上げます。

株式会社グリーンビジネス研究所

目次. 1

【調査のまとめ】-----	(1)
A. 技術・研究開発動向調査編 -----	(2)
1. ナノカーボン概況 -----	(3)
1) ナノカーボンの形態・機能特性・製造方法-----	(3)
2) 機能特性 -----	(6)
3) 製造方法 -----	(11)
2. 大学／公的研究機関・民間企業の開発動向 -----	(22)
1) 大学・公的研究機関 -----	(22)
(1) 日本 -----	(22)
(2) 海外 -----	(39)
2) 民間企業 -----	(44)
(1) 日本企業 -----	(44)
(2) 海外企業 -----	(45)
B. 市場動向調査編 -----	(46)
1. 参入企業一覧 -----	(47)
1) 日本企業 -----	(47)
2) 海外企業 -----	(49)
2. 関連協会団体・研究会・プロジェクト動向 -----	(55)
1) 日本 -----	(55)
2) 海外の動向 -----	(58)
3. 生産能力・市場規模：W/Wベース -----	(59)
1) CNT市場 -----	(59)
2) グラフェン市場 -----	(64)
3) フラーレン市場 -----	(66)
4) 各社の有望／注力市場に関する見解のまとめ -----	(67)
4. ナノカーボンメーカー各社の動向 -----	(69)
1) 企業概況 -----	(69)
(1) 多層CNT -----	(69)
(2) 単層CNT -----	(72)
(3) グラフェン -----	(73)
(4) フラーレン -----	(75)
(5) その他ナノカーボン -----	(76)
2) 販売動向 -----	(77)
(1) 多層CNTメーカー・輸入商社 -----	(77)
(2) 単層CNT -----	(89)
(3) グラフェン -----	(90)
(4) フラーレン -----	(95)

目次. 2

(5) ナノダイヤモンド-----	(97)
3) 共同開発／連携・共同特許出願動向-----	(98)
(1) 多層CNTメーカー・輸入商社-----	(98)
(2) 単層CNT-----	(102)
(3) グラフェン-----	(103)
(4) フラーレン-----	(105)
C. ナノカーボン用途動向調査編 -----	(106)
1. ナノカーボン実用化／応用商品化動向-----	(107)
1) 応用用途別・実用化／商品化のフェーズ動向-----	(107)
2) ナノカーボンの使用機能-----	(110)
3) その他研究開発動向-----	(118)
《実用化・有望用途個別調査編》-----	(123)
1. 2次電池（LIB用導電剤：正極材用）-----	(124)
2. 2次電池（LIB用導電剤：負極材用）-----	(125)
3. コンデンサ（電気二重層コンデンサ）-----	(126)
4. 有機薄膜太陽電池（有機発電層：アクセプター材料）-----	(128)
5. 色素増感太陽電池（対向電極：正極）-----	(130)
6. 光電子デバイス（短時間パルスレーザー：過飽和吸収素子）-----	(131)
7. 電界放出電子源（エミッター・電界放出陰極）-----	(132)
8. 電界放出型発光デバイス（FED）（電子放出源）-----	(134)
9. 透明電極（タッチパネル）-----	(136)
10. 有機EL素子（有機EL材料）-----	(138)
11. 薄膜トランジスタ（TFT）（チャネル）-----	(139)
12. 単一トランジスタ（SET）（チャネル）-----	(142)
13. LSI配線（微細配線・大電流配線／低消費電力LSI）-----	(144)
14. 質量計測（振動子）-----	(146)
15. ナノピンセット-----	(147)
16. モータ・ベアリング-----	(148)
17. フィラー（静電気除去・半導体ウエハ搬送容器）-----	(150)
18. 自動車用燃料噴射管（燃料ホース）-----	(151)
19. 導電性樹脂（導電性フィラー）-----	(152)
20. フィラー（電波吸収・電波暗室・ノイズ抑制シート）-----	(154)
21. 導電性塗料（導電材料）-----	(155)
22. 撥水塗料-----	(156)
23. 導電繊維-----	(157)
24. 潤滑剤（添加剤）-----	(159)
25. 複合材料（炭素繊維複合材）-----	(160)
26. 複合材料（セラミック複合材）-----	(161)
27. 金属複合材料（CNT複合アルミ／マグネシウム／鉄／チタン 等）-----	(162)
28. 電線・配線（軽量配線）-----	(163)
29. メッキ材料（複合銀メッキ）-----	(164)

目次. 3

30. 放熱シート・熱拡散シート (添加剤)-----	(165)
31. 機能紙 (電磁波シールド・電波吸収・面状発熱)-----	(166)
32. 歪センサ (伸縮可能型) (導電フィラー)-----	(167)
33. FETバイオセンサ (素子)-----	(169)
34. 高感度ガスセンサ (素子)-----	(171)
35. 原子間顕微鏡 (探針: ナノプローブ)-----	(173)
36. DDS (ドラッグデリバリーシステム) (キャリア)-----	(174)
37. 生体材料 (整形外科材料)-----	(175)
38. 人工筋肉・アクチュエータ-----	(177)
39. 化粧品 (ビタミンC誘導体)-----	(178)
40. ヒータ (電気ストーブ)-----	(179)
41. 太陽熱吸収体 (集熱板)-----	(180)
42. 触媒 (触媒担体)-----	(181)
D. 特許動向調査編 (公開日ベース: 2013~2017年12月)-----	(182)
1. カーボンナノチューブ-----	(183)
2. グラフェン-----	(249)
3. フラーレン-----	(291)
4. ナノカーボン-----	(307)

【総論】

(単位：t, 億円/年)

概要	種類	CNT			グラフェン	フラーレン	合計	
		単層	複層・CNH	(計)				
生産能力 (2017年)		31	5034	(5065)	3000	61	8126	
内、日本		10	201	(211)	45	10	266	
市場規模	2017年	数量	11	1800	(1811)	60	33	1904
		金額	90	325	(203)	20	55	278
	内、日本	数量	3	200	(203)	△ (微量)	3	206
		金額	46	50	(96)	△ (微量)	5	101
	2022年予測 (5年先)	数量	50	32000	(32050)			
		金額	250	1600	(1850)			
	内、日本	数量	25	3200	(3225)			
		金額	130	160	(290)			
	2027年予測 (10年先)	数量	200	100000	(100200)			
		金額	400	2500	(2900)			
内、日本	数量	100	10000	(10100)				
	金額	200	250	(450)				

- ・現状、ナノカーボン市場は複層CNTを中心に市場は形成されている。
 主要用途は「LIB (導電助剤：正極，負極)」である。
 LIBは、今後電気自動車を中心とした各種用途において爆発的な需要の伸びが期待できることから、ナノカーボン需要もこれに合わせて需要は急拡大することが予想される。
 LIB用途は、性能とコストが同時に求められることから、複層CNTの他に、グラフェン、CNH (カーボンナノホーン) の採用が進展する可能性もある。
 又、2016～2017年から、「フィラー(ゴム，樹脂，塗料への添加)」の需要が立ち上がりつつあり、潜在需要量から見ても有望な用途である。
- ・単層CNTは、コストが高いことから、少量でCNTの機能が発現できる用途の開拓が不可欠である。
- ・グラフェン市場は現状本格的に立ち上がっていないが、「LIB (導電助剤：負極主体)」用途などで、コストダウンの進展が進展していけば、複合CNTとの競合の中で需要が拡大していく可能性がある。
- ・フラーレン市場は、コストダウンが進んでおらず市場が停滞傾向にある。
 今後有効な量産方法が確立されないと新たな用途開拓は難しいと思われる。

<ナノカーボンの今後の有望用途(ナノカーボンメーカーへのヒアリングにより集計したもの)>

多層CNT・CNH	単層CNT	グラフェン	フラーレン
<ul style="list-style-type: none"> ・リチウム2次電池(導電助剤) ・電気二重層キャパシタ ・センサ(歪みセンサ等) ・透明導電膜(透明電極) ・燃料電池(電極)(白金代替) ・樹脂・ゴム・炭素繊維のフィラー(複合材料) ・配線(糸) ・放熱シート・放熱材料 ・DDS(ドラッグデリバリーシステム) 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気二重層キャパシタ ・センサ(歪みセンサ等) ・透明導電膜(透明電極) ・TFTトランジスタ，トランジスタ材料 ・樹脂・ゴム・炭素繊維のフィラー(複合材料) 	<ul style="list-style-type: none"> ・リチウム2次電池(導電助剤) ・センサ(歪みセンサ等) ・透明導電膜(透明電極) ・TFTトランジスタ，トランジスタ材料 ・導電性インク ・樹脂・ゴム・炭素繊維のフィラー(複合材料) ・放熱シート・放熱材料 ・潤滑剤 	<ul style="list-style-type: none"> ・TFTトランジスタ，トランジスタ材料 ・潤滑剤 ・ビタミンC誘導体・化粧品

①CNT

[合成法]

方法	概要
CVD法 (化学気相成長法)	<ul style="list-style-type: none"> 触媒金属のナノ粒子とメタンやアセチレン等の炭化水素を 500~1000°Cで熱分解してCNTを得る。 触媒金属の種類及び配置の仕方、炭素化合物の種類等の種々のバリエーションがあり、条件の変更により、MWCNTとSWCNTのいずれも合成できる。 又、触媒を基板上に配置することにより、基板に垂直に配向したCNTが得られる。 ⇒この方法は、原料をガスとして供給できるため、大規模生産に最も無一撻手法と言われるが、合成されたCNTは一般に欠陥が多いとされている。 ・通常のアルコールCVD法やSG-CVD法は基板を用いる。 ・炭素源の分解：プラズマ、ホットフィラメントで促進させる方法（プラズマCVD、ホットフィラメントCVD）≡熱分解プラズマ法
スーパーグロース法 (SG法) (産総研 皇)	<ul style="list-style-type: none"> CVD法の一つで、通常の気相合成雰囲気中に、極微量の水分を添加する事により、触媒の活性及び寿命が大幅に改善され、高効率、高純度な単層CNTを得ることができる。 ※・スーパーグロースCVD法を用いて、2層CNTをディスプレイ用の電極基盤上に、直接成長させることにより、均一な電子放出特性を示す。これにより、FEDの一種であるCNTディスプレイへの応用が期待される。 ・ナノチューブ繊維をスーパーグロースCVD法を用いてブラシ状に構造化する事で、反射率0.45%という、しぐれ多灰色体(黒い物質)を作り出すことができる。この物質は、CNT黒体と呼ばれている。 ・産総研で、全長12mと大型の実証プラントが稼働。 ⇒日本ゼオンが、2~3t/年規模のプラントを2015年に稼働開始
CoMoCAT法	<ul style="list-style-type: none"> CVD法の一つで、流動床反応炉を用いたCO不均化反応によってSWCNTを作製する。 ・直径分布の非常に狭い単層CNTを得ることができる。

2. 大学/公的研究機関・民間企業の開発動向

1) 大学・公的研究機関

(1) 日本

大学/公的研究機関名 部署名 研究者名	別	研究概要	連携状況
北海道大学 量子集積エレクトロニクス研究センター 量子マルチシステム研究分野 佐野栄一 特任教授	CNT グラフェン	<ul style="list-style-type: none"> CNT やグラフェン等のナノカーボンを用いた、情報通信回路・デバイスの研究 ⇒グラフェンFETのデバイス構造 CNT やグラフェン等のナノカーボンを用いた、テラヘルツデバイスや電磁材料の開発 ナノチューブを単分散した複合材料と応用 	<ul style="list-style-type: none"> 東北大学 地球環境科学院
北海道大学 倉庫研究機構 流動研究部門 ナノテクノロジー ー・材料系 古月文志 教授	● ●	<ul style="list-style-type: none"> CNTの単分散・精密配向及び産業応用に関する基礎研究 ⇒静電的な引力を利用したCNTの分散技術の開発 	
北海道大学 大学院・工学研究科 物生物理学工学研究科	●	<ul style="list-style-type: none"> カーボンナノ構造における動的電子相関と光学応答 CNTにおける電子状態制御と量子輸送現象の理論 	

3. 生産能力・市場規模：W/Wベース

1) CNT市場

①各社の生産能力 (2017年ベース)

(単位：t/年)

別	単層	江7 (%)	複層	江7 (%)	合計	江7 (%)
参入メーカー						
QNano Technology (米)	—		1000	19.9	1000	19.7
ShenZhen SUSN Sinotech New Materials (中国)	—		600	11.9	600	11.8
SuperC Technologies	—		500		500	
Nanocyl (ベルギー)	—		400	7.9	400	7.9
Arkema (仏)	—		400	7.9	400	7.9

②各社の販売販売実績 (2017年ベース)

(単位：t, 億円/年)

別	単層				複層				合計			
	数量	江7 (%)	金額	江7 (%)	数量	江7 (%)	金額	江7 (%)	数量	江7 (%)	金額	江7 (%)
参入メーカー												
*QNano Technology (米)	—				500	27.8	55	16.9	500	27.6	55	
Nanocyl (ベルギー)	—				300	16.7	75	23.1	300	16.6	75	
Covestro (独)	—				260	14.4	65	20.0	260	14.4	65	
昭和電工	—				200	11.1	50	15.4	200	11.0	50	
Hyperion (米)	—				40	2.2	10	3.1	40	2.2	10	
OCIAL (ルクセンブルグ)	5	45.5	22	22.2	—		—		5	0.3	22	

<LIBにおける導電助剤及びナノカーボンの採用動向>

摘要	正極材	負極材
ナノカーボン添加率	2%前後	・カーボン系：1~3% ・シリコン系：5~6%
対象ナノカーボン	<現状> ・多層CNT <今後> ・多層CNT ・グラフェン	<現状> ・多層CNT <今後> ・多層CNT ・グラフェン ・単層CNT ・カーボンナノホーン ・フラーレン
既存のカーボンブラック使用量に対する、現状の多層ナノカーボンの使用量	1/2	1/2
導電助剤自体の現状の採用比率	100%	70~80%
導電助剤におけるCNTの採用比率	2017年 7~8% 2022年予測(5年後) 100%	2~3% 100%

2) 販売・開発動向

(1) 多層CNTメーカー・輸入商社

昭和電工株	<ul style="list-style-type: none"> 販売実績は「170 t・43 億円/2015年⇒200 t・50 億円/2016年⇒200 t・50 億円/2017年」 ※ 金額は、弊社推定 生産能力は、現在「200 t/年」(2015年に、20 t/年から拡大)。 現在、販売用途はリチウム2次電池(LIB)にターゲットを絞って販売している。 ⇒正極材料又は負極材料の、導電助剤用途である。 販売量としては、正極材料の比率の方が多少多い。 価格帯「2000~3000 円/kg(=20~30 円/g)
-------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

1. ナノカーボン実用化/応用商品化動向

1) 応用用途別・実用化/商品化のフェーズ動向

<凡例>

- の用途は、詳細調査を実施。
- 対象ナノカーボン：T(カーボンナノチューブ)、G(グラフェン)、F(フラーレン) ◎は主要なナノカーボンを示す
- フェーズ：商品(商品化段階の用途)、実用(実用化初期段階の用途)、見込(近未来実用化見込段階：今後3~5年以内で実用化が見込める用途)、研究(研究開発段階の用途)

分野・用途			対象ナノカーボン				フェーズ			
			T	G	F	その他	商品	実用	見込	研究
電気・電子	2次電池	LIB用導電助剤(正極材料)	●	●			T:●			G:●
		LIB用導電助剤(負極材料)	◎	●	●		T:◎			G,F:●
	有機EL素子	有機EL材料			●					●
	発光素子		●							●
	FED(電界放出型ディスプレイ)	電子放出源	●							●
	電界放出電子源	エミッター・電界放出	●							●

1	用途	対象ナノカーボン				フェーズ	
	2次電池 LIB用導電助剤(正極材料)	T	G	F	その他	商品	実用
		●	●			T:●	

使用するナノカーボンの形態	・CNT(多層CNT主体) ・グラフェン
ナノカーボンの使用機能	・電気伝導性
使用目的/方法	[CNT(多層CNT主体)] ・電池の大型化への対応 ・高容量化：電極汚染物質が充放電の際起こす体積変化のために劣化する容量の改善 ・電気伝導性の補強による受放電スピードの改善 ・早い電解液の補充に伴う生産性の改善 [グラフェン] ・高容量化 ・電気伝導性の向上
ナノカーボン単位使用量(添加率：Wt%)	・2%前後 ※)・カーボンブラックの使用量の1/2程度になる。 ・今後は、ナノカーボン+カーボンブラックと併せて添加するケースも考えられる。
競合素材動向	・カーボンブラック ⇒LIBの正極は、導電助剤が100%使用されている。

5	用途	対象ナノカーボン				フェーズ			
	色素増感太陽電池 対向電極(正極)	T	G	F	その他	商品	実用	見込	研究
		◎	●						●

使用するナノカーボンの形態	◎CNT(単層/多層) ・グラフェン
ナノカーボンの使用機能	・高い触媒作用(ヨウ素化イオンの還元に対する高い触媒作用がある) ・高導電性 ・高表面積 ・電気化学的安定性
使用目的/方法	・*対極は、通常使用される白金が使用されているが「水分存在下でのヨウ素化イオンに対する耐久性」「コスト」の面において課題となっている。 ⇒他のカーボン材料(硬質カーボン小球、多孔質カーボン、メソ孔カーボン、カーボン粉末)と比