緊　急　資　料　集　抜粋編

グラフェンとカーボンナノチューブの世界動向と用途展望

－各製品の性能（物性）と応用の横断的整理分析－

2025 年 3 月 20 日

有限会社カワサキテクノリサーチ

本編より～目　次～

目　　次

グラフェン物性データリスト

(1) 主要グラフェンメーカー（世界）と生産品目の一覧表……1
(2) CNT、グラフェンの用途一覧表……5
(3) グラフェンの構造・組成解析に使用される機器分析……10
(4) グラフェンの製造方法（概略）、酸化グラフェン(GO)
還元酸化グラフェン(rGO)の合成方法……13
(5) グラフェン物性データリスト……29
・グラフェンメーカー（日本 ①～⑤）……29
・グラフェンメーカー（米国 ①～㊺）……35
・グラフェンメーカー（カナダ ①）……104
・グラフェンメーカー（スペイン、英国 ①②、ノルウェー、ポーランド）……106
・グラフェンメーカー（ドイツ ①～⑦）……115
・グラフェンメーカー（中国 ①～⑬）……129
・グラフェンメーカー（韓国 ①、中華民国①②）……146
(6) 用語解説……149
(7) グラファイト鉱石（成分、分類、鉱山、メーカーなど）……156
(8) 価格表（PRICE LIST；グラフェン(Graphene)）……164

カーボンナノチューブ物性データリスト

(1) CNT メーカー（世界）と生産品目の一覧表……188
①単層 CNT メーカー……188
②多層 CNT メーカー……189
③特殊 CNT メーカー……190
(2) カーボンナノチューブ物性データリスト……191
①単層 CNT メーカーの製品と物性……191
②多層 CNT メーカーの製品と物性……204
③特殊 CNT メーカーの製品と物性……249
(3) CNT、グラフェンの用途一覧表（グラフェン物性データリスト(2) (P.5)を参照）
(4) CNT の製造方法（概略）……251
(5) CNT の物性用語（略号）……273
(6) CNT の構造・組成解析に使用される機器分析……277
(7) 価格表（PRICE LIST；SWCNT、DWCNT、MWCNT、その他 CNT）……286

注目用途……298
(1) グラフェンの活用について……298
(2) バイオカーボン……302
クラレの正極用添加剤に関する記事（要点）……307
マーケット情報……309
(1) カーボンナノチューブの市場規模と代表的用途……309
(2) グラフェンのマーケット予想に関する手掛かり……312

(1) 主要グラフェンメーカー（世界）と生産品目の一覧表

主要グラフェン製品メーカーの生産品目（供給能力：2018年末時点：NEDO技術戦略研究センター作成（2014）に加筆）

（1）ー①グラフェン材料メーカー （生産品目①～は、物性表の通し番号）

メーカー	分類No.	本社、製造拠点／URL.	グラフェン生産能力 (t/年)(2018年)	主要生産品目、会社概要													
				会社概要	GNP（グラフェン）	GO、rGo	官能基化、ドープグラフェン	CVDグラフェン	水溶液、インク、ペースト、塗料	グラフェン量子ドット	グラフェン複合材料	その他グラフェン半製品	最終製品(グラフェン使用)	グラファイト、鉱山	CNT、フラーレン	製造装置、設備、用品	技術サポート
Advanced Graphene Products	GrW㊹	ポーランド（ルブスキエ県 Zielona Gora） https://advancedgrapheneproducts.com/		2012年に、ポーランドのウッチ工科大学（Lodz University of Technology）内の研究室で創業、グラフェン素材の研究開発・製造に特化した企業。液体金属上の表面グラフェン製造技術「HSMG」を開発し、特許を取得。この技術により、表面グラフェンのパラメータが確保され、マイクロプロセッサ、センサー、トランジスタなどの電子機器などのアプリケーションで使用できる。フレークグラフェンの主な用途は、カーボン複合材料、エポキシ樹脂、3Dフィラメント、塗料、防錆コーティング、またはマスターバッチ。				55（液体金属上で製造）								
ACS Material LLC	GrW㊶	米国（カリフォルニア州） https://www.acsmaterial.com/		GNP、GO、rGo、CVDグラフェン、グラフェン量子ドット等のサプライヤー。	⑪～⑮	⑪～⑮	⑭	⑭,⑯	⑪～⑭	⑰	⑭	⑭,⑱					
ADECA	GrJ⑫	日本(東京都) https://www.adeka.co.jp/		グラフェンパウダー、グラフェンフラワー（2023年4月インキュベーション・アライアンスを買収。）	●							③④					
Alfa Chemistry	GrW㊿	米国（ニューヨーク州） https://graphene.alfa-chemistry.com/		GNP、GO、ｒGO、CVD-GNP、各種基板上グラフェン、３Ｄグラフェンフォーム、ドープグラフェン、官能基化グラフェン、CNT、フラーレンなどの製造メーカー。	⑳～㉖	㉑～㉖㊷	㉓㉛～㉞	㉒㊳㊴㊵～㊷	㉕～㉗㉛㉟㊱	㊹㊺	㉗㉘	㉗～㉚㉟㊳㊷		㉟	●	㊶㊸	●
Applied Graphene Materials plc（Universal Matter GBR Ltd）	GrW59	英国（ノースヨークシャー郡、Redcar, Cleveland） https://www.appliedgraphenematerials.com/		グラフェン分散液、グラフェン塗料などのサプライヤー。					●								
Asbury Carbons	GrW55	米国（ニュージャージー州アズベリー） https://www.asbury.com/		2021年7月、Asbury CarbonsはGarmorを買収。Asbury Carbons logoアズベリーカーボンズは、1895年にニュージャージー州、米国で設立。 グラファイトやさまざまな炭素ベースの製品、さらにはホウ素や二硫化モリブデンなどの関連材料を採掘、精製、販売。いくつかのグラフェン前駆体材料も提供。	●									●			
Cheap Tubes Inc	GrW57	米国（バーモント州Grafton） https://www.cheaptubes.com/		GNP、GO、CVDグラフェンフィルム、SWCNT、MWCNT、CNTマスターバッチ、フラーレンなどのサプライヤー。	㊻	㊼		㊽㊾				●					
E WAY Technology（鉱衛科技股份有限公司）	GrW58	中華民国（高雄市） http://en.ewaytech.com.tw/		GNP、GO、CVDグラフェンフィルム、等のサプライヤー。	78	78			78			78					
First Graphene Ltd.	GrW64	オーストラリア（西オーストラリア州）/英国（マンチェスター大学） https://firstgraphene.net/	100	GNP、樹脂マスターバッチ（グラフェン）等のサプライヤー。	53－3							●					
Global Graphene Group(G3)～Solidion Technology（吸収合併後、2024年社名変更）	GrW⑮	米国（オハイオ州） https://www.theglobalgraphenegroup.com/	200	GO、rGo. 傘下にSolidion Technology Inc.(バッテリーメーカー）	⑨	⑨	⑨				⑨						
Goodfellow Cambridge Ltd.	GrW62	英国（ケンブリッジシャー ハンティンドン） https://www.goodfellow.com/		グラフェンパウダー、GO、グラフェン複合材。金属、合金、セラミックス、ポリマー、その他材料の専門サプライヤー。Goodfellowは1946年にシティ・オブ・ロンドンで設立。現在ではフランス、ドイツ、アメリカ、中国に関連会社を展開。当グループの研究所、生産およびワークショップ施設、中央管理部門は英国のハンティンドンにある。	52	52	52				52						
Graphene Production	GrW63	フランス（イゼール県SUSVILLE） https://www.graphene-production.com/	90	2015 年に設立された GRAPHENE PRODUCTION は、年間 90 トンの生産能力を持つヨーロッパ最大の生産者。	●												
Graphenea	GrW①	スペイン(サン・セバスティアン) https://www.graphenea.com/		酸化グラフェン、CVDによるグラフェン単層膜を販売。		51		51									
Hangzhou Gaoxi Technology Co., Ltd.（杭州Gaoene技術有限公司）	GrW54	中国（浙江省杭州市） https://www.gaoxitech.com/		GO、単層GO、GO-Dispersion、GO-Slurry,グラフェン複合ファイバーなどのサプライヤー。		65			65			65					
Haydale Graphene Industries （英国）	GrW㉔	英国（Ammanford Carmarthenshire, Wales） https://haydale.com/		低温プラズマ法によるグラフェンのプラズマ官能基化。CNTも製造。			●								●		
LayerOne(旧Abalonyx AS）	GrW60	本社：ノルウェー（フォルネブ/オスロ)、工場：ノルウェー（ヘローヤ/ポルシェグルン） https://www.layeronematerials.com/		LayerOneは、2021年7月にAkerがベンチャープラットフォームClaraを通じて買収したAbalonyxのブランド（会社）名。GO、rGo、GOペーストを製造販売。		54			54								
Leader Nano(山东利特纳米技术有限公司)	GrW56	中国（山東省済寧市） http://www.leadernano.com/		GNP、GO、グラフェンインク、グラフェンスラリーなどのサプライヤー。	66	66			66		●						
MATEXCEL	GrW53	米国（ニューヨーク州） https://www.matexcel.com/		GNP、GO、rGO、官能化GO、基板上CVDグラフェン、グラフェンフォーム、グラフェンアエロゲル、グラフェンホイル、グラフェンシート、グラフェンインク、電池材料などのサプライヤー。	●	●	●	●	●			●					
MERCK （Millipore Sigma)	GrW52	MERCK 本社:ドイツ連邦共和国（ヘッセン州Darmstadt）（日本:,東京都目黒区）／シグマ アルドリッチ ジャパン合同会社、Millipore Sigma所在地:米国（ミズーリ州セントルイス） https://www.sigmaaldrich.com/JP/ja		GNP、GO、ｒGO、CVD-GNP、各種基板上グラフェン、３Ｄグラフェンフォーム、ドープグラフェン、官能基化グラフェン、グラフェンFETchipグラフェンインク、グラフェン量子ドット、CNT、フラーレンなどの製造メーカー（主に実験用）。ミリポア・シグマ（旧称シグマ・アルドリッチ）は、1975 年にシグマ・ケミカル社とアルドリッチ・ケミカル社の合併により設立、現在はメルク社の子会社（2015年）。	56、57	56、57	57、58	60、62	56、59	61		56、60			CNT、フラーレン		
NanoIntegris (RAYMOR Industries)	GrW⑤	カナダ（ケベック州） 米国（カリフォルニア州） https://nanointegris.com/、https://raymor.com/		ナノグラフェン水溶液。MONO（1～2層）、QUATTRO（3～4層）。PureWave Graphene（unique plasma process ）	㊿				●								
Nanotech Energy	GrW㉜	米国 （フロリダ州サニー アイルズ ビーチ） ヨーロッパ本部 ： オランダ （アムステルダム） https://nanotechenergy.com/		エネルギー貯蔵や産業技術など、さまざまな用途のグラフェン ベースの製品を製造。 2015 年に UCLA の研究チームによって設立され、現在はバッテリーや透明導電性電極などの製品に使用される 95% 単層グラフェンを生産。製品には、大量のエネルギーを貯蔵および供給するためのグラフェン ベースのスーパーキャパシタ、アンテナや RFID タグ用の導電性エポキシ、電磁干渉 (EMI) を防ぐシールド化合物などがある。	⑩	⑩			⑩			⑩	⑩				
TIMES Nano （Chengdu Organic Chemicals） 中国科学院(CAS：Chinese Academy of Sciences)独占支援企業）	MW⑤	中国（四川省成都） http://www.timesnano.com/en/		TIMESNANOは1996年に中国科学院長基金、CAS知識革新プロジェクト、863プロジェクト、国家重点科学研究計画などの支援を受けて、天然ガス触媒分解法によるCNTの製造を開始。カーボンナノ材料の研究拡大に伴い、2011年にグラフェン製品を発売。各種CNT製品に加えて、GNP、GO、rGo、CVDグラフェン、グラフェン分散液、グラフェンフィルム、フラーレン等の製品の製造、販売。	69、71	70、72	71、73	69、74	70、71、75		73、75	69、73			CNT、フラーレン		

生産能力／出所；NEDO技術戦略研究センター作成（2014）に加筆。

(2) CNT、グラフェンの用途一覧表

●ー実用化、○ー開発中

用途		概要	メーカー、研究機関	CNT	グラフェン
分類	使用品目、部位				
①⊠イオンバッテリー LiB電極の内部構造 	導電助剤、正極剤 	―導電助剤（ＣＢ、MWCNT、SWCNT、グラフェン）の性能比較 （出典：TOB社 HP） 	リチウムイオンバッテリーメーカー（Samsung SDI 、Panasonic、CATL、BYD、EVE energy、Tritek 、LG chemical,BAK Power Battery,Maxcellほか）	●	●
②電界二重層キャパシタ―（EDLC：electric double-layer capacitor）	ウルトラキャパシター	―LIイオンバッテリーとの性能比較（容量、充電性能ほか） LIイオンバッテリーとの採用・使用状況（中国・セルビア市バス、欧州列車、ほか）ハイブリッドスーパーキャパシタ（HSC）の用途 ■活用事例 ・半導体製造工場における瞬低・停電対策 ・データセンターにおける瞬低・停電対策 ・トラム（路面電車）の架線レス化 ・燃料電池自動車における補助電源 ・燃料電池フォークリフトにおける補助電源 ・燃料電池建設機械における補助電源 ・医療・介護の車椅子搭載電池	■ドンシュー・オプトエレクトロニクス（東旭光電：中国） ■アースダス（Earthdas：バルセロナ） ■スケルトンテック（Skeleton Tech：エストニア） ■ザップゴー（ZapGo：英国オックスフォードシャー） ■NAWAShell（ナワテクノロジー：フランス南部：特願2021 - 534828） ■ランボルギーニ/MITーコンセプトカー「Terzo Millennio（テルツォ・ミッレニオ）」 ■株式会社マテリアルイノベーションつくば（産技研）/岩崎電気株式会社 ■ケミコン長岡	○	●

項目	用途	概要	メーカー、研究機関	CNT	グラフェン
⑯CNT配線	ＣＮＴ電線（航空、宇宙、インフラ、建築、自動車）、銅複合CNT電線	軽量、低抵抗、耐腐食性	ＣＮＴ電線（古河電工/NEDO、TE Connectivity plc、杉田電線、産技研、住友電工、トクセン工業）CNT電線（曝露試験：曝露試験、大林組、静岡大）、銅複合CNT電線（礎電線、川崎電線、TPR、静岡大ほか）、	●	
⑰イバーダイヤモンドまたはダイヤモンド・ナノロッド凝集体	新超硬度相カーボンプレート（SWCNT）		産総研	○	
⑱各種フラーレンを内包したピーポッド（CNT）	TCNQ、カロテノイド、種々のポルフィリンなどの有機分子を内包したCNT。金属内包フラーレンが入ったピーポッド。	金属内包フラーレンが入ったピーポッドを使ったFETの開発	名古屋大	○	
⑲エネルギー貯蔵および変換デバイス、放射線源、水素貯蔵材料など	カップ積層型カーボンナノチューブ(Cup Stacked Carbon Nanotubes、CSCNT),グラフェン		ＧＳＩクレオス、	○	○
⑳マイクロ波照射	グラフェン／太陽帆のようにマイクロ波を照射することによって前進する宇宙船の開発。		天津の南開大学のYongsheng Chen氏らの研究チーム		○
㉑超高速、超高密度不揮発性メモリー素子（20）	カーボンナノチューブをベースにしたNRAM(Nonvolatile Random Access Memory)		Nantero, Inc.（米国、マサチューセッツ州）	○	
㉒可飽和吸収を利用した超短時間パルスレーザー素子（21）	カーボンナノチューブ、グラフェンを用いた超短時間パルスレーザー		産業技術総合研究所／株式会社アルネアラボラトリ、東大先端科学技術センター	○	○
㉓触媒担持	1）次元的に曲がったグラフェンに窒素ドープ（2）グラフェンにPt担持した触媒		1）阪大、岡山理大、筑波大、米ジョンズ・ホプキンス大、東北大学、（2）北大		○
㉔熱電変換素子	CNT・グラフェン熱電変換素子		富士フィルム(CNT、グラフェン：JP2015/061332）、富士通（JP2009037294A）、産技研	○	○
㉕太陽電池（光電変換素子、透明電極）	CNT光電変換素子・電極、グラフェン透明電極(ITO代替）		シャープ/鴻海精密工業（素子）、デザインソーラー㈱/デンソー/名古屋大学（大阪メトロ/CNT透明電極）、FreeVolt™（グラフェン透明電極：サンディエゴ）、カールスルーエ工科大学（KIT）・河北大学・中国のモジュールメーカーYingli Green Energy Holding Co., Ltd（グラフェン透明電極）	●	●
㉖潤滑剤	機械潤滑剤、潤滑コーティング		神田工業 （株）、グラフェンブラック（CHEMBASE/三洋貿易）	●	●
㉗赤外線センサー	半導体型CNT膜を赤外線検出部に適用した高感度の非冷却型赤外線イメージセンサの開発	単層CNT(図2左)に含まれる、温度に対して抵抗値が敏感に反応する特性のある半導体型のCNT	NEC（単層CNT） 図3. デバイス構造(断面：単素子)(左) CNT赤外線アレイ素子(640×480中の4×3の電子顕微鏡写真)(右).	●	
㉘複合繊維、シート	CNT繊維、CNT・グラフェンシート、CNT/CNFファイバー	軽量・高強度・高導電率を持つ繊維材料	ヒートウエア（アイリスオオヤマ）、CNT/炭素繊維複合化技術（エヌアムド：ニッタ）、CNT繊維シート（高圧ガス工業）、CNTコーティングポリエステル加工糸（クラレリビング/三井物産）、CNT繊維（東北大学）	●	●
㉙燃料電池	①燃料電池用ガス拡散層 ②燃料電池セパレーター（導電被膜） ③燃料電池の電極触媒、電極触媒層、膜	燃料電池に使用されるセパレーターの金属基材の表面処理に好適な皮膜の製造	①トヨタ自動車②トヨタ自動車/大日精化工業/奥野製薬工業③パナソニックＩＰマネジメント	○	
㉚発光ダイオード	CNT発光ダイオード	ナノサイズのCNT発光ダイオード	鴻海精密工業（特願2020-033011）	○	

■酸化グラフェン（GO）の合成方法（注:１）

手順	Hummers 法	改良法
①	黒鉛、硝酸ナトリウム、硫酸を混合	黒鉛と硫酸を混合
②	過マンガン酸カリウムを添加	過マンガン酸カリウムを添加
③	35℃で 30 分反応	35℃で２時間以上反応
④	水を加え、98℃で加熱撹拌	水を加え、室温以上で撹拌
⑤	過酸化水素を添加	過酸化水素を添加
⑥	濾過で精製	遠心分離で精製

合成法名	①-1 Brodie法(注:3)	①-2 Modified-Brodie法（その1)(注:3)	①-3 Modified-Brodie法（その2)（注:4-6)	② Staudenmaier法	③-1 Hummers法	③-2 Modified Hummers法（注:10)	③-3 Improve Hummers法(注:11)
特徴	1859年にB. C. Brodieによって報告された方法。(注:4) 酸化処理を繰り返すことで酸素含有量（酸化の度合い）を高めている。4回目以降は元素組成に変化がなく酸素含有量は一定となる。<u>Brodie法の問題点として合成に多く時間を要する</u>という点がある。そのため，現在ではBrodie法を改良したModified-Brodie法が用いられることが多い（注:2-5）。酸化剤の量や反応時間，繰り返し酸化の回数を中心として合成条件が改良され，合成に要する時間の短縮を図っている。			1898年に報告されたStaudenmaier法はBrodie法の改良法の1種と考えることができる(注:6,7)。その特徴は反応液に硫酸を添加していることである。これにより，<u>発煙硝酸の使用量を低減でき，Brodie法に比べ比較的安全</u>な合成法となっている。	1958年に開発されたHummers法と従来型のBrodie法やStaudenmaier法との最大の差異は過マンガン酸カリウムを酸化剤として用いている点である(注:8,9)。これにより，<u>従来の合成法の最大の問題点であった塩素酸カリウムによる爆発の危険性を低減</u>できている（Hummers法でも処理条件によっては爆発を起こす)。以下にW. S. Hummersらによって報告された方法を示す。	<u>Hummers法の効率化</u> 1999年にグラファイトを前処理（プレ酸化）することでGOの合成効率を向上できることが示され，Modified Hummers法として短時間でのGOの合成に用いられている(注:6-8)。この方法ではグラファイトのプレ酸化を行う代わりに<u>硝酸ナトリウムの使用を回避することが可能で有害なガス（NOx）の発生を抑える</u>ことができる。GOの合成においてグラファイトのプレ酸化が有効である詳細な根拠は分かっていないが，グラファイトの硫酸との親和性の向上，グラファイト層間化合物の形成速度の上昇などが要因ではないかと著者は考えている。	2010年には硝酸ナトリウムの代替としてリン酸を用いるImproved Hummers法が報告されている。こちらの方法でも<u>NOxなどの有害なガスの発生は抑えられている。</u>以下にImproved Hummers法の例を示す。
	① グラファイト（10.0 g）と塩素酸カリウム（KClO3:30.0 g）を混合し，過剰量の発煙硝酸(HNO3)を加える。	① グラファイト（10.0 g）と塩素酸カリウム（KClO3:50.0 g）を氷冷しつつ混合し，発煙硝酸（HNO3：100 mL）を加える。	① グラファイト（10.0 g）と塩素酸カリウム（KClO3:30.0 g）を混合し，発煙硝酸（HNO3：100 mL）を加える。	① 硫酸（H2SO4：87.5 mL）と発煙硝酸（HNO3：27 mL）を混合し，30 min静置する。	① グラファイト（100 g），硝酸ナトリウム（NaNO3：50 g）と硫酸（H2SO4：2.3 L）を混合し，氷冷しながら撹拌する。	① 硫酸（H2SO4：30 mL）にペルオキソ二硫酸ジカリウム（K2S2O8：10.0 g），五酸化二リン（P2O5：10.0 g）を加え80 ℃に加熱する。	① グラファイト（3.0 g）と硫酸（H2SO4：360 mL），リン酸（H3PO4：40.0 mL）を反応容器に加える。
方法	② 混合物を黄色蒸気が発生しなくなるまで60℃で3-4日静置する。 ③ 大量の水で希釈し，蒸留水で洗浄して酸および塩を除く。 ④ ①-③の操作を４回繰り返す。	② 混合物を室温で24 h静置する。 ③ 硝酸水溶液（60 mL）を加え，60 ° Cで4日間，黄色蒸気が発生しなくなるまで加熱する。 ④ 水（6 L）に希釈し，蒸留水で洗浄して酸および塩を除く。	② 混合物を室温で24 h静置する。 ③ 硝酸水溶液（60 mL）を加え，60 ° Cで3 h，黄色蒸気が発生しなくなるまで加熱する。 ④ 水（6 L）に希釈し，蒸留水で洗浄して酸および塩を除く。 ⑤ 必要に応じて1-5回繰り返し酸化処理を行い，酸素含有量を増加させる。	② 撹拌しながらグラファイト（5.0 g）を加える。 ③ 氷冷しながら，塩素酸カリウム（$KClO_3$:55.0 g）を30 minかけてゆっくりと加え，室温で96 h撹拌する。 ④ 混合物を脱イオン水（3 L）に注ぎ，上澄み液を除く。 ⑤ 反応物を再び5%HCl水溶液に分散させて硫酸イオンを除き，遠心分離と再分散を繰り返して洗浄する。 ⑥ 60 ° Cで48 h乾燥する。	② 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$：300 g）を徐々に加える。 ③ 35 ° Cの湯浴中で30 min静置する。 ④ 30 min後，水（4.6 L）を加え，98 ° Cの湯浴中で15 min静置する。 ⑤ 反応液を水（14 L）で希釈する。 ⑥ 得られた液に3 w%の過酸化水素水を発泡しなくなるまで加える。 ⑦ ろ過・洗浄を行い不純物を除去する。	② グラファイト（20.0 g）を加え6 h以上かけて室温まで冷却する。 ③ 反応液をろ過・洗浄し乾燥させプレ酸化グラファイトを得る。 ④ 硫酸（H_2SO_4：460 mL）にプレ酸化グラファイト（20.0 g）に加える。 ⑤ 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$：60.0 g）を徐々に加え，35 ° Cの湯浴で2 h撹拌する。 ⑥ 水（920 mL）を加え，15 min撹拌する。 ⑦ 水（2.8 L），30 w%過酸化水素水（50 mL）を加える。 ⑧ ろ過・洗浄し，不純物を除去する。	② 過マンガン酸カリウム（$KMnO_4$：18.0 g）を加え50 ° Cで12 h撹拌する。 ③ 反応液を冷却し，氷（400 mL）を加える。 ④ 30%過酸化水素水（3.0 mL）を加える。 ⑤ 遠心分離し，上澄み液を除去する。 ⑥ 沈殿物にエーテル（200 mL）を加え，凝集させる。 ⑦ ろ過を行い精製する。

(5) グラフェン物性データリスト

グラフェンメーカー（日本　①～⑤）

Graphene①（日本①）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		仁科マテリアル							
URL:		http://nisina-materials.com/							
本社／製造国		日本(岡山市)							
商品名、特徴		グラフェン（Graphene）	重金属不使用 酸化グラフェン	酸化グラフェン自立膜（Graphene oxide Self membrane）	Pd-GO（パラジウム酸化グラフェン複合体）	Pt-GO（白金酸化グラフェン複合体）	Ru-GO、Pd/Pt-GO、Ru/Pt-GO、Cu-GO、Rh-GO	酸性酸化グラフェン水溶液	Exfoliated GO（剥離酸化グラフェン水溶液）
名称(GRADE)								Rap GO（TQ-11）	Rap eGO(TQ-11)
略称		GNP	GO	GO	Pd-GO	Pt-GO	Me-GO	GO水溶液	GO水溶液
物性項目	単位	物性値							
濃度	wt%（mg/mL）							0.01、0.1、1, 10mg/mL	0.01、0.1、1, 10mg/mL
外観、性状（写真、TEM写真、AFM画像）									
特徴（用途）		黒鉛を原料に、当社独自の製法で開発したグラフェンです。 導電性も有しており、種々の形態で提供が可能です。 高濃度水分散液（～20wt%）も可能です。 ＊水、極性有機溶剤に分散させることが可能です。	黒鉛を原料に、 特殊な製法により、重金属類を使用せずに製造した酸化グラフェンです。 水、極性有機溶剤に分散させることが可能です。	酸化グラフェンの自立膜になります。 ＊大きさは5㎝×5㎝程度、膜厚は20μm～80μm程度まで作製可能です。	状態：水－エタノールに分散 1mL中のPd量：0.01 mmol～0.5 mmol（希望に応じて調節可能） GO 1 mgに対するPd量：0.00025 mmol～0.01 mmol（希望に応じて調節可能）用途：有機合成用触媒			＊水以外の溶媒に分散させることも可能です（例：DMFなど）	

Graphene⑤（日本④）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		アイテック		㈱日本触媒	NSC Co., Ltd.		FCM㈱
URL:		https://www.itec-es.co.jp/		https://www.shokubai.co.jp/	https://nsc-net.co.jp/		https://fc-m.co.jp/
本社／製造国		日本（大阪府堺市）		日本(大阪市)	日本(豊中市)		日本(大阪市)
名称（特徴）		多層グラフェン		酸化グラフェン水溶液（GO：Graphene Oxide）	Graphene Oxide Aqueous Dispersion 0.1 wt%（酸化グラフェン水分散液 0.1 wt%）	還元型酸化グラフェン rGO	銀ーグラフェン複合メッキ
名称(GRADE)		iGurafen(R：表面処理なし)	iGurafen(Σ：表面処理なし)				
略称		GNP	GNP	GO水溶液	GO水溶液	rGO	Agメッキ/グラフェン複合
物性項目	単位	物性表					
グラフェン厚み	nm	10nm	10nm	1	～1.2（1～2）		
凝集体サイズ	μm	10～100μm	10～100μm	数μm			
グラフェン層数	―	約30層	約30層				
比表面積	㎡/g	20～27	20	300～500			
吸油量	mL/g	4.5	8				
粘度	mPa・s			20,000～30,000			
元素組成	wt%			O：30～40atm%	C、O、H	C、O、H	被覆膜内C：13at% （純Ag内C：9at%）
pH	―			2.5～3.0			
性状				スラリー	親水性	疎水性	
製造方法（原料）					ハマーズ法（グラファイト）		
特徴（用途）		超臨界技術を駆使して開発したグラフェン系素材［iGurafen］を販売。　樹脂やゴム、紙に熱伝導性・電気伝導性を付与させる添加剤		足場材（プライマー）、熱伝導性材料、抗菌/抗ウイルス性材料、電子情報材料、透明導電膜、水処理膜、スポーツ用品、電池材料、導電性インク、潤滑剤、航空宇宙材料、バイオセンサ材料、ミリ波吸収材料等	酸素官能基が付いている。 ・極性溶媒に容易に分散できる ・選択的な金属イオンの補足 ・イオン電導性が高い ・広い表面積 ・機械的強度が高い ・柔軟性に優れている ・熱伝導性に優れている ・抗菌・ウイルス効果 ■（用途）・酸化グラフェン（GO)・電池用途、・医療用途、・水浄化用途 ・工業用途（強度材料など）、・抗菌、抗ウィルス用途	・GOの還元によって得られる ・還元によって導電性発現 ・還元方法によってシート内への孔形成，他元素をドープ可能 ・還元の程度によって導電性・親水性の調整が可能 ■（用途）還元型酸化グラフェン（rGO) ・センサー関連 ・電池材料(リチウムイオン電池、キャパシターなど）	硬度、接触抵抗、耐摩耗性向上（用途：硬質銀メッキ、大電流コネクタ）

Graphene⑧（米国③）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		US-Reserch-Nanomaterials　Inc.（GrW（CNTW㊻））								
URL:		https://us-nano.com/								
本社／製造国		米国（テキサス州）								
名称(GRADE)		グラフェンニッケルナノ粒子/グラフェンニッケルナノ粉末	グラフェンシリコンナノ粒子/グラフェンシリコンナノ粉末	グラフェン銀ナノ粒子/グラフェン銀ナノ粉末	グラフェン鉄ナノ粒子/グラフェン鉄ナノ粉末	グラフェンアルミニウムナノ粒子/グラフェンアルミニウムナノ粉末	グラフェンホウ素ナノ粒子/グラフェンホウ素ナノ粉末	グラフェン銅ナノ粒子/グラフェン銅ナノ粉末	グラフェンタングステンナノ粒子/グラフェンタングステンナノ粉末	グラフェン亜鉛ナノ粒子/グラフェン亜鉛ナノ粉末
略称		GNP／Ni	GNP／Si	GNP／Ag	GNP／Fe	GNP／Al	GNP／P	GNP／Cu	GNP／W	GNP／Zn
物性項目	単位	物性項目								
グラフェン純度	wt%	>99								
グラフェンの厚さ	nm	<5								
グラフェン直径	μm	1～12								
グラフェン比表面積	m2 / g	500～1200								
グラフェンの色	―	黒								
プロダクトCOA(Certificate of Analysis）		C=99.6%、O<0.4%								
導電率	S・M	1000～1500								
金属（元素）ナノ粒子真密度	g/cm3	8.9	2.33	10.5	7.9	2.7	0.35	8.9	19.3	7.14
金属（元素）ナノ粒子純度	%	99.9(金属ﾍﾞｰｽ)	98.5	99.99	99.9	99.9	99.9	99.9	99.95	99.9
金属（元素）ナノ粒子 Aerodynamic Particle Sizer（APS）	nm	50	50	20	25	80	100	25	40	80
金属（元素）ナノ粒子 SSA	㎡/ g	45	80	18～22	65	18～40	28～45	42	45	～38
金属（元素）ナノ粒子の形態	―	球状	球状に近い	球状	球状	―	―	球状	―	球状
金属（元素）ナノ粒子かさ密度	g/cm3	―	―	―	―	―	―	―	2.3	―
製品形態（色）		粉体（黒）	粉体(黄色)	粉体（黒）	粉体（黒）	粉体（黒）	粉体（ﾀﾞｰｸﾌﾞﾗｳﾝ）	粉体（黒）	粉体（黒）	粉体（黒）

SEM写真(代表)

Graphene⑯-2（米国⑪）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		ACS Material LLC（GrW⑪）					
URL:		https://www.acsmaterial.com/					
本社／製造国		アメリカ（カリフォルニア州　Pasadena）					
名称(GRADE)		PET基板上のCVDグラフェン	プラスチック基板上のCVDグラフェン	石英基板上のCVDグラフェン	銅-PMMA被覆上のCVDグラフェン	3D自立型グラフェンフォーム（3D Freestanding Graphene Foam）	ニッケル/銅フォーム上の3Dグラフェン（3D Graphene on Nickel/Copper Foam）
略称		CVDグラフェン					
商品No.		SKU# CVPE1011	SKU# CVPL1105	SKU# CVQZ1011	SKU# CVCU1M11	SKU# CV3D0001	SKU# CV3DNI01
物性項目	単位	物性表					
グラフェン層数	―	1 Layer，2 Layer 、3～5 Layer 、6～8 Layer（グラフェン 片面）	1 Layer	1 Layer，2 Layer 、3～5 Layer 、6～8 Layer（グラフェン 片面）			
グラフェンの層数（厚さ、光線透過率）	―（nm、%）	1cmx1cm、10cmx5cm、2"x2"、12"x8"（PET基材:~188μm厚）	10cmx5cm	1cmx1cm、1 "x1"	1cmx1cm（1,2、3～5、6～8Layer）、2 "x2"（1,2、3～5、6～8Layer）、4 "x2"（1,2Layer）	Graphene Thickness: 30～40nm、Total Thickness: ~ 0.5 (mm)	1cmx1cm、1 "x1"
シート電気抵抗率	Ω･□	<600	<600	<600	<600		
シート電気抵抗率（カスタム）	Ω･□	<300	<300	<300	<300		
Transparency（光線透過率）	%	>95	>95	>95	>95		
製品外観							
備考（性状）、用途		PET基板上にCVDグラフェンを提供。この高品質なグラフェン製品の合成に用いたCVD法により、単層グラフェン被覆率は90%を超えています。 PET上のCVDグラフェンは、柔軟性および剛性のあるタッチスクリーンディスプレイアプリケーションに最適です。その他の可能なアプリケーションは次のとおりです。 太陽電池、電池、燃料電池、スーパーキャパシタなどのエネルギー電極 自動車および航空宇宙産業向けの軽量複合材料 LED照明の放熱 ガスおよび電磁波バリア バイオメディカルアプリケーション フレキシブルディスプレイやタッチスクリーン用の透明電極	グラフェンをプラスチック基板(PETとその他の成分(<10%)を主成分とするポリマー)に転写。	ACS Materialでは、独自のCVD転写法でグラフェンを成長させています。この高品質のグラフェンは、湿式転写プロセスを経て、厚さ1mmの円形石英基板上に堆積されます。ACS Materialの石英上のCVDグラフェンは、その品質、一貫性、純度で知られており、幅広い用途に最適です。 石英基板は、ガラスなどの代替品よりも大幅に優れた光透過率と改善された熱抵抗を提供するため、他の研磨基板よりも優れています。さらに、石英は融点が高く、化学的に不活性です。 ACS Materialは、石英やその他の高度なグラフェン材料上のCVDグラフェンを、世界をリードする研究開発研究所や大学に供給しています。	前処理されたグラフェンは、銅基板CVDグラフェンにPMMAを塗布し、「裏面グラフェン」を除去することによって製造されます。この形態のグラフェンは、過硫酸アンモニウム溶液に直接入れて銅を除去し、その後、脱イオン水に2回浸して洗浄することにより、移動プロセスを研究するために使用できます。この方法により、お客様はニーズに合わせてさまざまな基板に転写できます。この方法のより迅速な代替手段は、ACS材料製品であるTrivial Transfer Graphene®です。	1. Preparation Method 1) Preparation of 3D Graphene on Nickel Foam 2) Remove Nickle細孔密度（Pore density）: 110ppi、空隙率（Porosity）: 98%	ニッケルフォーム、銅フォーム、細孔密度（Pore density）: 110ppi、空隙率（Porosity）: 98%
製造方法		CVD	CVD	CVD	CVD	CVD	CVD
製品断面（工程図）、TEM写真		Graphene on PET Substrate Graphene on Plastic Substrate		Graphene on Copper Foil Coated with PMMA		Typical SEM Image of ACS Material 3D Freestanding Graphene Foam (2) Typical Raman Spectrum of ACS Material 3D Freestanding Graphene Foam	Typical SEM Image of ACS Material 3D Graphene on Nickel Foam (1) Typical SEM Image of ACS Material 3D Graphene on Nickel Foam (2)

Graphene㉗（米国㉓）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Alfa Chemistry⑦（GrW㊿）									
URL:		https://graphene.alfa-chemistry.com/									
本社／製造国		米国（ニューヨーク州）									
名称(GRADE)		グラフェンエアロゲル	窒素ドープグラフェンエアロゲル	グラフェンエアロゲル	グラフェンFETチップ	PtPd/グラフェンナノコンポジット（dispersion）	PtCo/還元型酸化グラフェンナノコンポジット（dispersion）	Pt/グラフェンナノコンポジット（dispersion）	Pd/グラフェンナノコンポジット（dispersion）	Fe3O4/グラフェンナノコンポジット（dispersion）	Fe3O4/還元型酸化グラフェンナノ複合材料（dispersion）
呼称		グラフェンエアロゲル			グラフェンFETチップ	Metal/グラフェンナノコンポジット（分散液）					
商品No.		ACM7782425-54 （研究用/臨床使用不可）	ACM7782425-66 （研究用/臨床使用不可）	ACMA00020890 （研究用/臨床使用不可）	ACMA00020903（研究用/臨床使用不可）	ACMA00000108（研究用/臨床使用不可）	ACMA00000109（研究用/臨床使用不可）	ACMA00000110（研究用/臨床使用不可）	ACMA00000115（研究用/臨床使用不可）	ACMA00000130 （研究用/臨床使用不可）	ACMA00000142（研究用/臨床使用不可）
物性項目	単位	物性値									
グラフェン濃度	mg/ml	>99%	>99%		デバイス構成:このグラフェンFETチップは、チップ上にグリッドパターンで分散された36個のグラフェンデバイスを提供します。30個のデバイスはホールバー形状で、6個は2プローブ形状です。ホールバーデバイスは、ホール測定だけでなく、4プローブおよび2プローブ測定にも使用できます。デバイス特性を体系的に調査できるように、さまざまな寸法のグラフェンチャネルがあります。	10～15%（Graphene Content）	10～18%（Graphene Content）	6～10%（Graphene Content）	6～10%（Graphene Content）	3～8%（Graphene Content）	10～17%（Graphene Content）
グラフェンの厚さ	nm					1-10 nm（graphene）	1-10 nm（reduced graphene）	1-10 nm（graphene）	1-10 nm（graphene）	1～10 nm（graphene）	0.5～1 nm（reduced graphene oxide）
グラフェン直径(Lateral size)（AFMで測定。）	μm	タイプA:高さ~2.8cm、直径~2.7cm; タイプB:高さ~3.0cm、直径~5.0; タイプC:高さ~5.6cm、直径~5.0cm	タイプA:高さ~2.8cm、直径~2.7cm; タイプB:高さ~3.0cm、直径~5.0cm; タイプC:高さ~5.6cm、直径~5.0cm	1. 75mg /100mg-丸型: 直径:2.3 cm(0.9インチ) 高さ:1.5cm(0.6インチ) 2.850mg-長方形: 長さ:7.1cm(2.8インチ) 幅:6.6cm(2.6インチ) 高さ:1.3cm(0.52インチ)		Size：5-50 nm (PtPd nanocrystal)	Size：2-5 nm (PtCo nanocrystal)	Size：2-5 nm (Pt nanocrystal)	Size：5～50 nm (Pd nanocrystal)	Size：5～50 nm (Fe3O4 nanocrystal)	Size：5～25 nm (Fe3O4 nanocrystal)
かさ密度（Bulk Density）	g/cm3	真の密度~18.0 mg/cm³		12.5 mg/cm³							
Solid content（conc.）	wt%					10 mg/mL	10 mg/mL	10 mg/mL	10 mg/mL	10 mg/mL	10 mg/mL
Solvent	―					Acetone（~80 wt. %）	Acetone（~80 wt. %）	Acetone（~80 wt. %）	Acetone（~80 wt. %）	Acetone（~80 wt. %）	Acetone（~80 wt. %）
成分構成	wt%	N：0.2	N：0.2			5～10%（PtPd Nanocrystal Content）	2～10%（PtCo Content）	2～5（Pt Content）	2～5（Pd Content）	4～9（Fe3O4 Content）	3～9（Fe3O4 Content）
電気抵抗率	Ω·cm					< 10^3 Ω/sq（Sheet Resistance）	―	< 10^3 Ω/sq（Sheet Resistance）		―	< 10^3 Ω/sq（Sheet Resistance）
導電率	S/m			1～10x10-4 S cm-1							
分散性：Dispersibility		不溶性(NIOSH、2016);水や有機溶剤に不溶です。									
備考（性状）		Black Cylindrical（Odorless）				dispersion					
推奨用途		1)エネルギー貯蔵材料 2)センサー 3)スーパーキャパシタ 4)油と有機汚染物質の吸収			アプリケーションには、透明導電フィルムとコーティング、太陽エネルギー貯蔵セル、ナノエレクトロニクス、スーパーキャパシタ、バイオセンサー、薬物送達システムなどが含まれます。	メタノール酸化、プロトン交換膜などの燃料電池用の効率的な電極触媒材料。	・スーパーキャパシタ電極材料。 ・加熱伝導用充填材。 ・光 触媒。	透過型電子顕微鏡のイメージングスタンダードに最適です。 ・燃料電池に使用される触媒材料、CH4ガスセン	・電磁波吸収材料。 ・電磁装置。 ・リチウムイオン電池用の負極材料。	・電磁波吸収材料。 ・電磁装置。 ・リチウムイオン電池用の負極材料。
製造方法		グラフェンエアロゲルは、当社の酸化グラフェンペーストを還元して作られています。									

グラフェンメーカー（カナダ　①）

Graphene⑩（カナダ①）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		NanoXplore（GrW⑧） ※）日本代理店：三洋貿易㈱				NanoIntegris (RAYMOR Industries)（GrW⑤）			Universal Matter GBR Ltd(旧 Applied Graphene Materials)（GrW59）
URL:		https://nanoxplore.ca/				https://nanointegris.com/			https://www.appliedgraphenematerials.com/
本社		カナダ（ケベック州モントリオール）				カナダ（ケベック州）			カナダ（オンタリオ州バーリントン）
製造国						米国（カリフォルニア州）			研究センター：米国（テキサス州ヒューストン）英国（レッドカー）
名称(GRADE)		グラフェンブラック0X	グラフェンブラック3X	名称(GRADE)		PureWave Graphene (GNP)	PureSheets MONO （1, 2 Layer Graphene）	PureSheets QUATTRO （3, 4+ Layer Graphene）	グラフェンナノプレートレット
呼称		GNP				GNP	GNP Solution		CVDGNP
物性項目	単位	物性値		物性項目	単位	物性値			
グラフェン純度	wt%	>96		グラフェン厚み	nm	2～4			
グラフェン層数	―	6～10		グラフェン層数	―	7			
凝集体サイズ	μm	D50＜15㎛	D50＜30㎛	凝集体サイズ	μm	0.150～0.200	～10,000 nm^2	～10,000 nm^2	
一次粒子径	μm	0.5～1	1～2	Single Layer Content	%		27	6	
かさ密度	g/cm3	0.2～0.3		Double Layer Content	%		48	23	
溶解性	―	不溶		Triple Layer Content	%		20	27	
				4+ Layer Content	%		5	44	
含水率	wt%	＜0.5		かさ密度	g/cm3	＞400			0.004
灰分	wt%	＜3		G/D ratio from Raman	―	2			
				2D/G ratio from Raman	―	0.8～1.0			
				グラフェン比表面積(SSA)	m2 / g	＞400			＜700
				Solution Type	―		Aqueous w/surfacant (水/界面活性剤)		
元素組成	wt%	C:＞97、O:＜1		元素組成	wt%	C＞98.00%、O:1～2%			C:95、O:5
製造温度		40°C以下（水性剥離）		Graphene Concentration	mg/mL		0.05 mg/mL		
				Surfactant Concentration	%		2% w/v		
備考（原料）		天然黒鉛	天然黒鉛	Surfactant Type	―		Ionic (proprietary：専用品)		
製造方法		水性剥離		製造方法		unique plasma process			‘bottom-up’ reaction process
外観、性状		Black Powder		外観、性状		Graphene Powder			Black Powder
TEM写真									

グラフェンメーカー（スペイン、英国　①②、ノルウェー、ポーランド）

Graphene-51（スペイン）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Graphenea（GrW①）					
URL:		https://www.graphenea.com/					
本社／製造国		スペイン（ サン・セバスティアン）					
名称(GRADE)		Graphenea Graphene Oxide (GO)	Reduced Graphene Oxide Powder	Amine Functionalized Graphene Oxide Powder	Basic pH Graphene Oxide Water Dispersion (0.4 wt% Concentration)	Graphene Oxide Water Dispersion (0.4 wt% Concentration)	Highly Concentrated Graphene Oxide (2 wt% Concentration)
呼称		GO	rGO	GO	GO Dispersion		
物性項目	単位	物性値					
グラフェン単層含有量	wt%				95%(0.05wt%)※	95%(0.05wt%)※	95%(0.05wt%)※
凝集体サイズ	μm	D90：25～28㎛	D90：10～15㎛	D90：38.5～44.5㎛		D90：5～7㎛	D90：29～33㎛
		D50：13～15㎛	D50：4～6㎛	D50：15.5～16.8㎛	＜10μm	D50：2～4㎛	D50：14～17㎛
		D10： 6～7㎛	D10： 1～3㎛	D10： 4.8～5.8㎛		D10： 1～2㎛	D10： 6～7㎛
かさ密度	g/cm3	0.20～0.40	0.20～0.30	0.07～0.10			
Dispersibility	―	Polarsolvents	Insoluble	low concentrations（＜0.1mg/ml）in NMP、DMSO、DMF		Polarsolvents	Polarsolvents
含水率	wt%	13～16%	＜1%	＜1%			
グラフェン比表面積(SSA)	m2 / g		423～498				
電気伝導率	S/cm		10～15				
pH	―				8～10	2.2 ～ 2.5	1.8～ 2.0
元素組成	wt%	C：49～56、H：1～2、N：0～1、S：2～3、O：41～50	C：80～87、H：0～1、N：0～1、S：0～1、O：14～19	C：69～74、H：6～9、N：3～5、S：0～1、O：12～17	C：41～42、H：2～3、N：0、S：0～1、O：54～55	C：49～56、H：1～2、N：0～1、S：2～3、O：41～50	C：49～56、H：1～2、N：0～1、S：2～3、O：41～50
製造、処理方法			Chemically reduced	Amine ：Dodecyl amine	dispersion of Graphene Oxide sheets(solvent:water)	dispersion of Graphene Oxide sheets(solvent:water)	dispersion of Graphene Oxide sheets(solvent:water)
外観、性状		Brown Powder	Black Powder	Black Powder	Yellow-Brown	Yellow-Brown	Dark-Brown
備考（原料）		用途／グラフェン/ポリマー複合材料、電池、バイオメディカル、太陽電池、スーパーキャパシタ、金属触媒担体、低透磁率材料、バイオセンサ、多機能材料、グラフェン研究		このアミノ化酸化グラフェンのアミン基は、さまざまなポリマーマトリックス(エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂、ポリオールなど)での分散性を向上させます。機械的特性を改善するための鍵は、マトリックス中のフィラーの均一な分散の抑制であり、アミン官能基化がそれを達成するための成功したアプローチであることが文献で証明されています。	この酸化グラフェンは、その機械的および熱的特性で注目されています。原料であるグラファイトを化学的に処理して、酸化グラフェンの単層フレークを得ます。※0.4%wt%濃度はGOフレークを凝集させる傾向があり、単層フレークの割合を高くするためには、希釈とそれに続くわずかな超音波処理が必要です。		
SEM,TEM写真、分析結果		(*) 0.5mg/mL water dispersion (**) Powder format			*4mg/mL dispersion		

Graphene-52-2（英国）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Goodfellow Cambridge Ltd.（GrW62）				
URL:		https://www.goodfellow.com/				
本社／製造国		英国（ケンブリッジシャー　ハンティンドン）				
名称(商標)		CamGraph® G1 グラフェンパウダー	CamGraph® G3 グラフェンパウダー	グラフェンシート	酸化グラフェンパウダー	酸化グラフェンアンモニア粉末
呼称		GNP		グラフェンシート	GO	GO
GRADE No.		UOMコード:821-185-49	UOMコード:368-232-48	UOMコード:609-723-52	UOMコード:998-572-22	UOMコード:617-988-76
物性項目	単位	物性値				
グラフェン純度	%	99.8	99.8			
層数（NUMBER OF LAYERS）	―	3 +/- 2	9 +/- 6	1		
グラフェン厚み	nm	～0.7	3 +/- 2 nm			
シート厚み	mm			0.1		
シート長さ	mm			長さ1:15mm、長さ2:15mm		
Mean Particle Size	μm				0.5	0.5
かさ密度（MEDIUM BULK DENSITY）	g /cm³	0.03	0.03			
性状・外観		Powder	Powder	グラフェンシート	Powder	Powder
用途（Applications）、備考		CamGraph® G1 グラフェンパウダーは、4つのバリエーションがあるグラフェンナノプレートレットパウダーです。この製品は、高い電気伝導率と熱伝導率、機械的強度、化学的安定性などの特性を示します。潜在的な用途には、ポリマー複合材料、エネルギー貯蔵デバイス、センサー、導電性インク、コーティングなどがあります。グラフェンの優れた特性を活用することで、CamGraph® G1 Graphene Powderは、エレクトロニクス、エネルギー、輸送などの業界で革新的なソリューションを実現します。	CamGraph® G3 グラフェンパウダーは、当社の幅広い先進カーボン材料で提供される高品質のグラフェンパウダーです。3つのバリエーションが用意されているこの汎用性の高いナノ材料は、優れた強度、電気伝導性、熱伝導性を誇っています。グラフェンの薄さとユニークな特性を活かして、導電性インク、電池、スーパーキャパシタ、ポリマー複合材料、コーティングなどの用途が考えられます。厚さ100nm未満のCamGraph® G3グラフェンパウダーは、科学研究や産業用途でグラフェンの特性を活用できます。	グラフェンシートは、取り外し可能なポリマー基板上の単層グラフェンから作られており、単層グラフェンを任意の基板に簡単に転写する方法です。グラフェンは、信じられないほど薄いにもかかわらず、その驚くべき強度で知られており、フレキシブルエレクトロニクス、エネルギー貯蔵デバイス、バイオセンサー、保護コーティングに使用されています。グラフェンのユニークな特性は、革新的な技術や製品を開発するためのエキサイティングなナノ材料となっています。	酸化グラフェン粉末は、酸素含有基で装飾されたグラフェン箔からなるナノ材料です。この材料は、高い表面積、電気伝導性、熱伝導性などの特性を示します。酸化グラフェンは、エネルギー貯蔵、電子機器、複合材料、生物医学デバイス、センサーに応用されています。酸化グラフェンパウダーは、さまざまな用途に合わせて、さまざまな側面のホイルサイズと酸素含有量の3つのバリエーションから選択できます。これにより、研究者やエンジニアは、特定のアプリケーションニーズに適した組成を選択できます。	酸化グラフェンアンモニア粉末は、酸化グラフェン箔とアンモニア分子を組み合わせた材料です。この粉末は、高い表面積、電気伝導率、熱伝導率などのユニークな特性を持っています。潜在的なアプリケーションには、導電性インク、バッテリー電極、ポリマー複合材料、ガス分離膜などがあります。酸化グラフェンアンモニア粉末は、新技術の実験と開発において優れた製品です。
製造方法		―	―			

Graphene-59-1 （ドイツ④）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		MERCK （Millipore Sigma)④（GrW52）								
URL:		https://www.sigmaaldrich.com/								
本社／製造国		MERCK本社:ドイツ連邦共和国（ヘッセン州 Darmstadt）／Millipore Sigma:所在地（アメリカ合衆国 ミズーリ州セントルイス）								
製造国		Millipore Sigma所在地：アメリカ合衆国（ミズーリ州セントルイス）								
名称(商標)		グラフェン インク（for gravure printing, with ethyl cellulose in terpineol, gravure printable）	グラフェン インク（for inkjet printing, with ethyl cellulose in cyclohexanone and terpineol, inkjet printable）	グラフェン インク（for inkjet printing, photonically annealable）	グラフェン インク（for screen printing, with ethyl cellulose in terpineol, screen printable）	グラフェンインク（in water, screen printable）	グラフェンインク （in water, inkjet printable）	グラフェンインク （in water flexo/gravure/screen printable）	グラフェン/PEDOT:PSS ハイブリッドインク（dispersion in DMF, avg. no. of layers, 1 - 3）	3D Printable Graphene Oxide Ink(avg. no. of layers, 1)
略称		GNP インク							GNP/PEDOT:PSS ハイブリッドインク	GO インク
GRADE No.		796115	793663	900695	798983	808261	808288	805556	900442	916579
物性項目	単位	物性値								
層数（Number of layers）	―								avg. no. of layers 1 - 3（80%）	avg. no. of layers 1
一次シートサイズ(Lateral)	μm	<3 μm				500-1500 nm (exfoliated graphene flakes)	80-500 nm (exfoliated graphene flakes)	500-1500 nm (exfoliated graphene flakes)	10 μm（AFM）	
濃度	mg/mL		2.4 wt. % (solid (graphene and ethyl cellulose) in cyclohexanone/terpineol)		Solid content, 13-20%	10 wt. % solids in water	~0.1 wt. % solids in water	7 wt. % solids in water	0.2 mg/mL (PEDOT:PSS) 1 mg/mL (electrochemically exfoliated graphene)	40 mg/mL (Graphene oxide aquous ink)
元素組成	wt%								酸素含量:7.5%（XPSによる）（C/O比:12.3）	
性状・外観		Black liquid（Suspension）							Black Liquid dispersion (in DMF)	Black Paste
粘度	Pa.s	0.75-3.00 Pa.s (shear viscosity at 100 s-1, 25 °C)	8-15 mPa.s(30 °C)		5-50 Pa.s(25 °C) (shear viscosity at 10 s-1)	1800 cP (1000s-1) 350 cP (100s-1)	1 cP (100s-1)	140 cP (1000s-1) 570 cP (100s-1)		100-210 Pa.s (25 °C at shear rate of 10 s-1)
表面張力	dyn/cm	30～35 dyn/cm								
ラマン分光スペクトル強度比／I_D（欠陥）/I_G（グラフェン結晶）	―								ID（欠陥）/IG（グラフェン結晶）:0.4	
電気抵抗値	Ω-cm	0.003-0.008 Ω-cm, thermally annealed 300 °C for 30 minutes, film thickness >100 nm, 25 °C				10 Ω/sq, at 25 μ m thickness	4k Ω/sq, 80 nm thickness	10 Ω/sq, at 25 μ m thickness	500 Ω/sq, 20 nm film: 80% transmittance、シート抵抗性:4.8 kΩ/sq。	
製造方法									グラフェン調製法:電気化学的剥離。	
アプリケーション／特徴		アプリケーション／グラビア印刷用に配合されています。 硬化条件:250～350 °C、20～30 分 この製品は、材料押し出し 3D 印刷技術で使用できます。		アプリケーション／ インクジェット印刷用に設計。 硬化条件:250～350°C、20～30分 このインクは、ポリイミド及び二酸化ケイ素基質上で試験されました。詳細 インクジェット印刷可能なグラフェン分散液は、センサー、導体、スーパーキャパシタなどの様々なアプリケーションにおける有機および印刷エレクトロニクスの有望な候補です。グラフェン系機能的デバイスおよびフィルムは、インクジェット印刷プロセス、ノズルからの液体排出の制御により設計されます。	アプリケーション／ スクリーン印刷用に配合されたグラフェン分散液。 硬化条件:250 ～ 350 °C、20 ～ 30 分 印刷されたフィルムは一般にフォトニック アニーリングには厚すぎるため、基板は熱硬化条件に適合している必要があります (通常、ほとんどのアプリケーションでは 250 ～ 300 °C で 30 分が適しています)。推奨される基板には、Si/SiO2 およびポリイミドが含まれます。 この製品は、材料押し出し 3D 印刷技術で使用できます。	アプリケーション／スクリーン印刷用に配合されています: 代表的な基材:ガラス、紙。 乾燥条件:100°C で 10 分間。				特徴 作製したフィルムの典型的特性（スプレーコーティング後）: a）11 nmフィルム:透過率90%、1,200 Ω/sq（作製時）。 b）20 nmフィルム:透過率80%、500 Ω/sq（作製時）。	アプリケーション／ この製品は、材料押し出し 3D 印刷技術に使用できます。 この製品は、グラフェン酸化物 (GO) ナノシートをベースにしたチキソトロピック インクです。さまざまな直接インク書き込み (別名ロボキャスティング) 印刷技術に適しています。このインクは、GO の安定した分散、高い粘度、優れた印刷性、長い保存期間を提供します。凍結乾燥およびアニールされたパターンは、低い電気抵抗と高い表面積を提供します。このインクは、バッテリー、スーパーキャパシタ、電気触媒などの用途に適しています。

Graphene-65-2（中国③）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Hangzhou Gaoxi Technology Co., Ltd.（杭州Gaoene技術有限公司）（GrW54）					
URL:		https://www.gaoxitech.com/					
本社／製造国		中国（福健省厦門 ）					
製造国		中国（福健省厦門 ）					
名称(商標)		Monolayer Graphene Oxide Dispersion			Monolayer Graphene Viscose Fiber	Graphene Polyamide Composite Yarn	Graphene Polyester Composite Yarn
略称		GO Dispersion			GNP Composite Fiber（Yarn）		
名称(GRADE No.)		GX-GO-1	GX-GO-2	GX-GO-3			
物性項目	単位	物性値					
厚さ	nm	～1			写真：複合繊維およびそれを使用した靴下	写真：複合糸と製品写真（複合シート、試験片）、座席への設置図	
一次シートサイズ(Lateral)	μm	3～5	20～30	40～50			
単層比率	%	＞99					
元素組成	wt%	O:30～40%					
Stable dispersible Solvent		Water,DMF,Ethylene glycol,etc.					
製造方法							
商品説明		製品の利点 優れた分散性を備え、水、DMF、エチレングリコールなどの溶媒に1年以上安定して分散でき、サイズ分布は均一で、横方向のサイズは1～200μMの範囲です。幅広い原材料源、低コスト、明らかな液晶ストライプを備え、需要に応じてカスタマイズできます。			製品紹介： グラフェンビスコース複合繊維は、単層の酸化グラフェンとビスコース紡糸溶液で構成されています。独自の分散プロセスと紡糸プロセス設計により、グラフェンがビスコース繊維に均一に分散されます。この新しい複合繊維には、遠赤外線放射、抗菌・防ダニ、紫外線防止、マイナスイオン放射など、多くの機能があり、健康を守るために国内外の権威ある試験機関によって認定されています。	製品紹介： グラフェンナイロン複合糸は、単層グラフェン酸化物をベースにしています。重合パラメータと技術を体系的に制御することで、複合繊維内でグラフェンを単層に分散させることができます。この多機能繊維には、遠赤外線放射、抗菌・ダニ抑制、紫外線・マイナスイオン放射など、多くの機能があります。国内外の多くの権威ある試験機関によって認証されており、健康保護に優れています。	製品紹介： グラフェンポリエステル複合繊維は、単層のグラフェン酸化物とPET重合プロセスを組み合わせたものです。グラフェンのパラメータと重合プロセスを調整することで、グラフェンを複合ポリエステル繊維に単層で分散させることができます。この新しい複合繊維には、遠赤外線放射、抗菌・防ダニ、紫外線防止、マイナスイオン放射など、多くの機能があり、健康を守るために国内外の権威ある試験機関によって認定されています。
アプリケーション（用途）		応用分野 マトリックスの一部によく分散でき、極性プラスチック、コーティング、ゴムなどと直接混合して複合材料を調製し、強度、弾性率、UV耐性、耐腐食性、耐摩耗性、遠赤外線放射などの特性を向上させることができます。スーパーキャパシタとバッテリーで使用され、容量、サイクル安定性、レート性能を向上させます。グラフェン繊維とフィルムに使用され、高熱伝導性、柔軟性、高伝導性製品を得ます。ナノ濾過膜に使用され、高スループット、高除去率製品を得ます。エアロゲルに使用され、超軽量、高多孔性、弾性製品などを得ます。			製品性能 主な製品: 1.2D-3D、モデル 製品の利点 ダニ防止>65% 遠赤外線放射率>0.88 応用分野 下着、セーター、靴下、ベビー服、家庭用繊維、医療材料など、あらゆる種類の皮膚材料	製品の利点 Ø グラフェンの添加量はわずか 0.05% ～ 0.1% で、市場の同種の複合繊維よりもはるかに低く、色が薄く、染色しやすいです。 Ø 多機能で、機能が永久に持続し、洗濯可能です。 Ø 重金属や抗生物質を追加せず、安全で環境に優しいです。 Ø 繊維の種類は市場の従来の種類を網羅しており、吸湿性、速乾性、涼感などの繊維に使用できます。 応用分野 あらゆる種類の織物や編み物は、下着、靴下、シャツ、ヨガスーツ、スポーツランニングスーツなどの製品に幅広く使用できます。健康的で快適で安全な着用体験をもたらしま	製品の利点 Øグラフェンの添加量はわずか0.05%～0.1%で、市販の同種の複合繊維よりもはるかに低く、色が薄く、染色しやすい。 Ø多機能で永久的な機能、洗濯可能。 Ø重金属や抗生物質を追加せず、安全で環境に優しい。 Ø繊維の種類は市販の従来の種類を網羅しており、吸湿性、速乾性、涼感などの繊維に使用できます。 用途分野 長繊維：ポロシャツ、フリース、経編生地、下着、スーツ、作業服、甲革、中敷、カーテン。 短繊維：あらゆる種類の混紡糸、下着、スーツ、スポーツウェア、キルト、ダウンジャ

Graphene-75-2（中国⑬）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		XIAMEN TOB NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.（厦門TOB新エネルギー技術有限公司）						
URL:		https://ja.tobmachine.com/						
本社／製造国		中国（福健省厦門）						
名称(商標)		高温タイプのグラフェン粉末（High temperaturetype graphene powder）	高品質のグラフェン粉末[強化タイプ]（High Quality Graphene Powder Supply）	酸化グラファイト粉末（Graphite oxide powder ）	酸化グラファイト粉末（Graphite oxide powder ）	電池用導電型グラフェン粉末 [グラフェンパウダー（導電性タイプ）]（Conductivity type graphene powder for battery）	エネルギー貯蔵型グラフェン粉末（Graphene powder (Energy storage type) ）	グラフェンスーパーキャパシタ用強化型グラフェン粉末(強化タイプ：Enhancement type graphene powder for graphene super capacitor)
略称		GNP	GNP	GO	GO	GNP	GNP	Enhancement type graphene
名称(GRADE No.)								
商品No.		TOB-G1331	TOB-G1430	TOB-2430	TOB-G1818	TOB-G1818	TOB-G4530	TOB-G1432
物性項目	単位	物性値						
グラフェン純度	wt%	＞99	＞99		＞98	＞99	＞99	
グラフェン層数	―				1～2			
グラフェン厚さ	nm	＜10	＜5		0.335～1.0	＜10	1～10	
粒径（Particle sise）	μm	D10：＜5、D50＜10、D90＜20	D10：＜15、D50＜30、D90＜60	5～50（Grain size）	10～50	D10：＜5、D50＜10、D90＜20	D10：＜20、D50＜50、D90＜80	D50＜10
比表面積（SSA）	m2/g				1000～1217			180～250
タップ密度	g/ml	0.08～0.1	0.05～0.08	0.3～0.4		0.05～0.10		
水分量	%	＜0.5	＜0.5			＜0.5	＜0.5	＜1.0
灰分	%	＜0.5	＜0.5			＜0.5	＜0.5	
PH	―			～2			8.0～9.0	
組成	%			C:35～47、O:40～60、H:2.5～3.5	C:68.44、O:30.92、S:0.63(XPS)			C:＞93、O:＜3、S:＜0.2、Cl:＜20ppm
熱伝導率	w／（m･K）	5300						
電気伝導率（conductivity）	s/m					＞2000	＞2000	
外観、性状	―	Black Powder	Black Powder	Black Powder	Brown Yellow Powder	Black Powder	Black Powder	Black Powder
製造方法								
商品説明		(1)熱伝導性の優れた性能、・PCコンポジットで調製された断熱材の熱伝導15W / mK以上、PA6複合材料準備断熱材付き導電率20W / mK以上。 (2)薄く、分散しやすく、加工しやすいもの。 (3)パーコレーション閾値が低いこと	(1)少量で材料の機械的特性を大幅に改善できます。 例えば、投与量が0.02%の場合、不飽和ポリエステル樹脂の衝撃強度を100%増加させることができます。曲げ伸びを50%増加させます。 (2)流動性をより良く、より簡単に処理できる複合グラフェンを追加します。 (3)飛散しやすく、粉砕しやすい。	豊富なヒドロキシル、カルボキシル基、酸素官能基を含むエポキシ基が含まれています。 界面活性剤を添加する必要はありません溶液、dmf、nmpおよびその他の有機溶媒。ソリューションの安定性は良好です。		（1）浸透閾値は導電性カーボンブラックよりも低く、より安定しています。伝導性、高効率。 （2）分散しやすく、粉砕が容易。 （3）3%の添加量を示唆する導電性（静的）コーティングでは、コーティングに優れた電気的特性（静的）を持たせることができます。 また、優れた機械的性能と耐食性を備えています。 （4）リチウムイオン電池の正極材の被覆に適しています。バッテリーのエネルギーを効果的に改善し、サイクル寿命とレートを改善できます。	高い比表面積と高度な細孔により、細孔構造は合理的であり、活性炭の導電性と比較して、内部抵抗を効果的に低減し、サイクル寿命を延ばすことができます。	(1)少量で材料の機械的特性を大幅に改善できます。 例えば、投与量が0.02%の場合、不飽和ポリエステル樹脂の衝撃強度を100%増加させることができます。曲げ伸びを50%増加させます。 (2)流動性をより良く、より簡単に処理できる複合グラフェンを追加します。 (3)飛散しやすく、粉砕しやすい。
アプリケーション（用途）		アプリケーション:主に放射コーティング、熱伝導性接着剤、 導電性プラスチック、導電性ゴム、LED冷却など	用途:プラスチック、樹脂、ゴム、ガラス繊維、炭素繊維などと複合できます。 複合材料の機械的特性を向上させる。	使用：プラスチック、樹脂、炭素繊維、ガラス繊維複合材料の分野で使用でき、難燃性分野およびグラフェン研究開発でも使用できます。	 TEM写真	用途： 主にコーティング、印刷インク、プラスチック、ゴム、リチウムイオン電池の分野で使用されます。	スーパーキャパシタの電極材料として使用できます。 主に電気自動車、電動工具、鉄道システム、電力、風力発電システム…	用途:プラスチック、樹脂、ゴム、ガラス繊維、炭素繊維などと複合できます。 複合材料の機械的特性を向上させるため。
製品、SEM写真								

Graphene-77（中華民国①）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Taiwan Carbon Materials Corp. (TCMC)										
URL:		https://www.tcmc.global/										
本社／製造国		台湾（桃園市）										
名称		剥離グラフェン（Single-layer Graphene ）	酸化還元グラフェンRGO（Single-layer Graphene ）	酸化グラフェンGO(Graphene oxide powder)	酸化グラフェンケーキ (Graphene oxide Cake)	酸化グラフェンスラリー (Graphene oxide solution)	Few-layers Graphene(Medium Grade)	Few-layers Graphene (Medium Grade,ash<0.1%)	High purity multi-layers Graphene	Graphene-CNT Composite Powders	EVF Porous Graphene Foam Series	
略称		GNP	rGO	GO	GO Cake	GO	GNP	GNP	GNP	GNP-CNT	Graphene Foam	
商標		X-Mat™Graphene									X-Mat™ EVF	
GRADE No.		E-PG	R-PG	O-PG	O-PGC	O-PGS	MG-20	HMG-20	HMT-40-D	TRM-013	EVF-70	EVF-400
物性項目	単位											
総固形分	wt%	＞99.5	＞99.5	＞97	＞20 (Customized)	0.5～5 (Customized)	＞99	＞99.9	＞99.9			
Carbon Content	wt%									＞99.9		
厚さ	nm	＜1	＜1	2～3	＞20	2～3	10～20	10～20	30～40		70±10	400±50
平面サイズ	μm	＜10	＜10	＜10						(D50)15～20	150x280mm	200x200mm
測面サイズ	μm				＜10	＜10	＜10	＜10	＜20			
比表面積(SSA)	㎡/g	≧200	＞400	―	―	―	>20	>20		＞15		
真比重	g/cm3									2.2		
含水率	wt%									<1.0		
灰分	wt%							<0.1		<0.1		
元素組成	wt%	C:80～90、O:＜20	C:99.5、O:＜3	C:＞40、O:＞40	C:＞45、O:＞40	C:＞46、O:＞40	C:>99、O:＜0.5	C:>99、O:＜0.5	C:>99.9、O:＜0.1			
圧縮率(@200kPa)	%										>30	
熱抵抗	Kcm2/W										<0.25	
熱拡散率	mm2/s										>200	
比熱容量	J/g･K										0.85	
電気伝導率	S/cm										>2000	
使用温度(Working Temperature)	mpa･S										―40 ～ 400	
外観、性状		powder	powder	powder	cake	solution	powder	powder	powder	Black Powder	Solid Foam	
用途		[1] エネルギー貯蔵:酸化グラフェンは、その高い表面積と電気伝導性により、リチウムイオン電池やスーパーキャパシタの電極材料として使用されてきました。[2] 水のろ過:酸化グラフェン膜は、その高い透過性と選択性により、水から不純物や汚染物質をろ過するために使用されてきました。 [3] コーティング:酸化グラフェンコーティングは、金属、プラスチック、複合材料などの材料の機械的および化学的特性を改善するために使用されてきました。4] 生物医学的応用:酸化グラフェンは、その生体適合性と生体分子との相互作用能力により、薬物送達、イメージング、および組織工学に使用されてきました。[5] センサー:酸化グラフェンは、その高い感度と選択性により、ガス、化学物質、および生体分子を検出するためのセンサーの開発に使用されてきました。[6] 電子デバイス:酸化グラフェンは、その高い電気伝導性と透明性により、トランジスタ、センサー、ディスプレイなどの電子機器に使用されてきました。[7]触媒作用:酸化グラフェンは、その高い表面積と反応を促進する能力により、さまざまな化学反応の触媒として使用されてきました。								キャリアテープ、電子部品トレイ、帯電防止シート・材料、導電性射出成形部品	[1] 3C電子部品 [2] 半導体プロセス [3] 通信およびディスプレイ産業 [4] OLED、LCD、その他のディスプレイ [5] 医療機器 [6] ウェアラブルデバイス	
SEM写真												

Graphene③-1（日本③-1）	インキュベーション・アライアンス				
特徴	グラフェンフラワークロス（GRAPHENE FLOWER CLOTH）		グラフェンフラワープレート（GRAPHENE FLOWER PLATE）	グラフェンフラワーSP（GRAPHENE FLOWER SP ®グラフェン放熱部材）	グラフェンフラワーBL ®（GRAPHENE FLOWER BL ®）
名称(GRADE)	織布	不織布			
価格	価格/未公表、Price on Request(POR)				

Graphene③-2（日本③-1）	インキュベーション・アライアンス				
名称(GRADE)、特徴	グラフェンフラワー分散液（GRAPHENE FLOWER DISPERSION ®）	グラフェンチューブ分散液（GRAPHENE TUBE DISPERSION ®）	グラフェンフラワーフォーム ®（GRAPHENE FLOWER FOAM®）	グラフェンペースト（GRAPHENE FLOWER PA ®）	高温(高圧)炉用材料
価格	価格/未公表、Price on Request(POR)				

Graphene③（日本③-1）	インキュベーション・アライアンス				
名称(GRADE)、特徴	グラフェンフラワー分散液（GRAPHENE FLOWER DISPERSION ®）	グラフェンチューブ分散液（GRAPHENE TUBE DISPERSION ®）	グラフェンフラワーフォーム ®（GRAPHENE FLOWER FOAM®）	グラフェンペースト（GRAPHENE FLOWER PA ®）	高温(高圧)炉用材料
価格	価格/未公表、Price on Request(POR)				

Graphene⑤（日本④）		アイテック		㈱日本触媒	NSC Co., Ltd.		FCM㈱
特徴	商品名、特徴	多層グラフェン(取扱：アズワン)		酸化グラフェン水溶液（GO：Graphene Oxide）	Graphene Oxide Aqueous Dispersion 0.1 wt%（酸化グラフェン水分散液 0.1 wt%）	還元型酸化グラフェン rGO	銀ーグラフェン複合メッキ
	名称(GRADE)	iGurafen(R：表面処理なし)SSA：20～27㎡/g	iGurafen(Σ：表面処理なし)SSA：20㎡/g				
	略称	GNP	GNP	GO水溶液	GO水溶液	rGO	Agメッキ/グラフェン複合
価格		24,840円/100g	31,500円/100g	価格/未公表、Price on Request(POR)			

Graphene⑥-1（米国①）		US-Reserch-Nanomaterials Inc （GrW（CNTW㈱））				
特徴	商品名、特徴	研究グレード単層グラフェンナノ粒子 1wt% 水分散液	研究用単層酸化グラフェン水分散液(厚さ0.43～1.23nm、直径1.5～5.5μm、1wt%で水に分散)	研究用グラフェンナノプレートレット水分散液(99.5＋%、水中6wt%、平均3～6層)	グラフェンナノプレートレット水分散液(95+%、6wt%、平均3-6層)	グラフェンカーボンナノチューブ 6wt% 水分散液中(CNT:グラフェン=50:50)
	略称	GNP	GO Dispersion	GNP Dispersion		
グラフェン純度	wt%	>99.3	>99.3%-単層酸化	99.5%-グラフェン	95%-グラフェン	>99
グラフェンの厚さ	nm	0.55～1.2	0.43～1.23	2～8	2～8	<5
グラフェン直径	μm	1～12	1.5～5.5	4～12	4～12	1～12
グラフェン層数	ー			3～6	3～6	
価格		$45/5g/5ml	$45/5g/5ml			
		$95/15g/15ml	$85/15g/15ml			
		$159/30g/30ml	$159/30g/30ml	$85/30ml	$35/30ml	$75/30ml
		$286/60g/60ml	$286/60g/60ml	$145/60ml	$55/60ml	$158/60ml
		$486/120g/120ml	$486/120g/120m	$215/120ml	$95/120ml	$288/120ml

Graphene⑥-2（米国①）		US-Reserch-Nanomaterials Inc （GrW（CNTW㈱））		
特徴	商品名、特徴	高導電性カーボンブラック、グラフェン、カーボンナノチューブを20wt%混合した水分散液	Si／グラフェン／CNT混合水溶液（Silicon Graphene Carbon Nanotubes Mixed 6wt% in Water Dispersion）CNTs:Si:グラフェン=4:3:3	Agナノ／グラフェン／CNT混合水溶液（Graphene Carbon Nanotubes Ag Nanopowder Mixed 6wt% in Water Dispersion）(CNTs:グラフェン:Ag=1:1:1)
	略称	GNP/CB Dispersion	Si／GNP／CNT Dispersion	Ag／GNP／CNT Dispersion
価格		$389/120ml	$598/120ml	$398/60ml
				$598/120ml

(1) CNT メーカー（世界）と生産品目の一覧表

①単層 CNT メーカー

■単層CNTメーカーの供給能力（主要）（生産能力は2018年末時点：NEDO資料を加筆）					会社概要	主要生産品目（表内番号／S:SWCNT、D:DWCNT、M:MWCNT/①②-は記載順番号）													
メーカー	URL.	本社住所	国（拠点）	生産能力 (t/年)		SWCNT	官能基化 SWCNT	SWCNT 分散液	複合化 SWCNT	ヤーン、テープ他	DWCNT	官能基化 DWCNT	MWCNT	官能基化 MWCNT	ドープ MWCNT	MWCNT 分散液	複合化 MWCNT	特殊CNT	グラフェン、フラ-レン
産業技術研究所	https://unit.aist.go.jp/	日本（茨城県つくば市）		—	新炭素材料開発研究センター（2001年）から、現在、ナノカーボンデバイス研究センターとして、日本発のナノカーボン産業の創出支援に取り組んできた。スーパーグロース合成法の開発から、実証プラントを日本ゼオンとともに設立・運用（2009～）。	S①													
名城ナノカーボン	https://www.meijo-nano.com/	日本（愛知県）		—	eDIPS法等による、SWCNT、DWCNTを製造。透明電極、配線材料	S①		S①		S①	S①								
日本ゼオン	https://www.zeon.co.jp/	日本（山口県）		10 t /年	スーパーグロース合成法によるSWCNTを製造。用途開発は、半導体向け熱界面材料、柔軟エラストマー、簡易電源など。	S①													
大阪ソーダ	https://www.osaka-soda.co.jp/	日本（兵庫県尼崎市）			—	S①													
OCSiAl	https://tuball.com/ja	ルクセンブルク	ロシア(ノボシブィルスク州)	60 t /年	タイヤ、樹脂複合材、建材、LiB向け導電助剤、シリコーン・ゴム向け添加剤、GFRP	S⑥													
Carbon Solutions	https://carbonsolution.com/	米国 (カリフォルニア州)		4～5kg/月	センサー、柔軟電極、透明電極、赤外線および可視光検出部	S④	S④												
Continental Carbon Nanotechnologies, Inc.(CCNI)	https://www.ccni.biz/	米国（テキサス州）			（Unidymを買収）SWCNT（HiPcoTMプロセス）、MWCNT、CNT/フラーレン複合材などのメーカー	S③							M①-3				S③		S③
Nano- C	https://nano-c.com/	（Westwood, マサチューセッツ州）		—	NRAMチップ、透明電極、センサー														
Nanoshel LLC	https://www.nanoshel.com/	米国(デラウェア州ウィルミントン（Wilmington）)		—	分散液、導電性フィルム・インク,MWCNT：INTERIGENT MATERIALS Pvt. Ltd.（系列企業：インド、パンジャブ州 Mohali）	S⑤	S⑤				D②		M①-3	M①-3					
Nanocyl	https://www.nanocyl.com/	ベルギー		—	触媒炭素蒸着（CCVD）プロセスでのSWCNT生産。sigma Aldrich（販売）	S⑥					D①		M①-5						
SES Research	https://www.sesres.com/	米国(テキサス州)		—	フラーレンとその製品の製造。CNT（単層、2層、多層）の製造。	S④					D②		M①-4						
Sun Innovation	https://www.nanomaterialstore.com/	米国(カリフォルニア州)		—	SWCNT、DWCNT、ＭＷＣＮＴなどのメーカー	S③	S③	S③			●		●	●			●		
Raymor Industries（旧NanoIntegris社）	https://raymor.com/	カナダ(ケベック州)		500kg～1t/年	プリンテッドエレクトロニクス、薄膜トランジスタ、SWCNTの分離を専門とするカリフォルニアを拠点とするNanoIntegris社を買収	S⑥		S⑥											
Thomas Swan	https://thomas-swan.co.uk/	イギリス		1.2 t/年	NRAM、二次電池	S⑥													
Nano Solution	http://www.nano-sol.com/	韓国(全羅北道全州市）		4～5kg/月	導電性コート剤、透明電極向け分散剤	S②													
KH Chemicals（KORBON Co., Ltd）	https://www.korbon.co.kr/	韓国(江陵市)		1 t /年	帯電防止、LiBの負極向け導電助剤	S②													
Chasm Advanced Materials(旧South West Nano Technologies)	https://www.chasmtek.com/	米国(オクラホマ州)		1 t /年	タッチスクリーン、ディスプレイ、太陽光パネル、携帯向けバッテリー、EV向けLiB	S③													
Ad-Nano Technology Private Limited	https://ad-nanotech.com/	インド(カルナ―タカ州シヴァモッガ)		—	SWCNT、MWCNTを製造。エレクトロニクス、樹脂・ゴム複合材、塗料、LiB用。	S②							M①-5						
NoPo Nanotechnologies India Private Limited	https://www.noponano.com/	インド(カルナータカ州バンガロール)		—	エレクトロニクス、医療、繊維、コーティング、その他	S②													
Chengdu Organic Chmicals(TIME Nano)	http://www.timesnano.com/en/	中国(四川省成都)		500kg/年	SWCNT、DWCNT、MWCNT、グラフェン、フラーレンなどのメーカー。LiB向け導電助剤、帯電防止・発熱機能を付与した繊維・フィルム。(中国科学院(CAS：Chinese Academy of Sciences)独占支援企業)	S⑧	S⑧				D①		M②4～10	M②4～10				特殊②	●
XIAMEN TOB NEW ENERGY TECHNOLOGY CO., LTD.（厦門TOB新エネルギー技術有限公司）	https://ja.tobmachine.com/	中国（福健省厦門）			リチウム電池製造装置・材料一式のメーカー。電池材料、正極材料、負極材料、ケーシング材料、電池集電体、導電性材料、グラフェンおよび酸化グラファイト、SWCNT、MWCNT、バインダー、電池タブ、電池セパレーターおよびテープ、アルミニウムラミネートフィルム、電解質、パック材料、多孔質金属発泡材料が含ま	S⑦							M②12						
XP Nano Material	—	中国		—	—	S⑦													
Chengdu Alpha Nano Technologies	—	中国		—	—	S⑦													
NTP社 （Shenzhen Nanoport Co., Ltd.）	http://www.nanotubes.com.cn/	中国(四川省成都)		—	SWCNT製造（Fluidized CVD法を改良した「沸騰法」(pyrolysis method (floating catalyst method)）のよる）	S⑦					D①		M②1						
Shenzhen FAYMO Technology Co.ltd.	https://www.faymo-tech.com/intro/1.html	中国（広東省深セン）	中国（雲南省）	—	生産は、中国（Qujing Feimo Technology Co., Ltd. ； 雲南省）	S⑦							M②3						
Nano Research Elements	https://www.nanorh.com/	インド(ハリヤーナー州クルクシェートラ)			金属ナノ材料、SWCNT、DWCNT、ＭＷＣＮＴ、グラフェン、フラーレンなど製造	S⑪⑫	S⑪⑫				D③	D③	M①6～8,12	M①6～8,12	M①9～11				
US Research Nanomaterials, Inc.	https://www.us-nano.com/	米国(テキサス州)			SWCNT、DWCNT、ＭＷＣＮＴ、グラフェン、フラーレンなどのメーカー。	S⑨⑩⑪	S⑨⑩⑪				D④	D④	M①13～18	M①13～18	M①19～23		M①24～25	M①26～27	グラフェン、フラ-レン
Nano Lab Inc.	https://www.nano-lab.com/	米国(マサチューセッツ州)			多層・二層・単層・垂直配向など各種カーボンナノチューブ(CNT)やその応用製品、そしてCNTを用いたナノインク、単一黒色塗料(Singularity™ Black) 、そしてナノピンセット等の豊富なラインナップ。	S③	S③				D②		M①-4	M①-4			M①-4		

(2) カーボンナノチューブ物性データリスト

①単層 CNT メーカーの製品と物性

SWCNT ①

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		産業技術研究所		日本ゼオン	名城ナノカーボン							大阪ソーダ	
URL:		https://unit.aist.go.jp/		https://www.zeon.co.jp/	https://www.meijo-nano.com/							https://www.osaka-soda.co.jp/	
本社／製造国		日本		日本	日本（愛知県）							日本	
商標				ZEONANO®	MEIJO-eDIPS							OStube™	
製品名称（グレード名）		SG-CNT	e-DIPS	SG101	SWNT SO	EC1.0P（単層-二層）	EC1.5（単層-二層）	EC1.5P（単層-二層）	EC2.0P（単層-二層）	カーボンナノチューブ糸(CNT Yarn GC-YR)	カーボンナノチューブテープ(CNT Tape GC-TP)		
物性項目	単位	物性値											
炭素純度	%	99.9	＞95	＞99	＞90	＞98	＞90	＞99	＞98			＞90	＞99
直径（平均）	nm	3	0.7～2	3～5	1.4	1～2	1.5～2.5	1.5～2.5	2～3			1～2.5	
長さ（平均）	μm	＞300		100～600	1～5								
嵩密度	g/cm3	0.037	0.03～0.04										
比表面積(SSA)	㎡/ g	＞800	400～1000	＞800									
G/D比		7～10	＞100		＞100	＞100	＞100					100	
燃焼温度	℃	618	1000<(1200)										
金属含有量	wt%			Fe：1%未満		不純物Fe	不純物Fe	不純物Fe	不純物Fe				
直径	μm									10-1000 μm ※選択可			
長さ	m									1-100m ※選択可	1-100m ※選択可		
幅	cm										1-5cm ※選択可		
膜厚	μm										10 or 20 μm		
導電率	MS/m									3–10 MS/m	2-6 MS/m		
熱伝導率	W/(m K)									300-600			
引張強度	Mpa									400–2800	200–600		
製品形態		粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	CNT Yarn	CNT Tape	粉体	粉体
特徴						高炭素純度、高導電性		高炭素純度、高導電性	高炭素純度、高導電性		高熱伝導率、高導電性		
製造方法		CVD/スーパーグロース法（SG法）	e-DIPS(enhanced Direct Injection Pyrolytic Synthesis)	CVD/スーパーグロース法（SG法）	アーク放電法（Arc discharged process）	eDIPS（改良直噴熱分解合成法：enhanced Direct Injection Pyrolytic Synthesis）						eDIPS（名城ナノカーボン法）	
主な用途										電気ケーブル、信号線、モーター用巻線（生産：DexMat社/米国）	電磁波シールド、フレキシブル電極（生産：DexMat社/米国）		
外観写真、TEM写真													

SWCNT④

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		SES Research		Carbon Solutions, Inc.									
URL:		https://www.sesres.com/		https://carbonsolution.com/									
本社／製造国		米国(テキサス州)		米国（カリフォルニア州）									
製品名称（グレード名）		(長尺)-L-高純度単層ナノチューブ	精製単層ナノチューブ (SWNT)	AP-SWNT	P2-SWNT	P3-SWNT	P33-SWNT	P7-SWNT	P8-SWNT	P9-SWNT	i-SWNT	ip-SWNT	i-SWNT
物性項目	単位	物性値											
炭素純度	%			60～70%	> 90%	> 90%	> 95%	> 90%	>90%	>90%	>45%	>90%	>90%
CNT純度	%	> 95%CNT~ >90% SWNT	> 95%CNT~ >90% SWNT					80% ± 10 wt% (SWCNT)	35% ± 10 wt% (SWCNT)				
直径(平均)	nm	< 2	< 2	2～10 (1.55±0.1)	4～5 (1.55±0.1)	4～5 (1.55±0.1)	4～5 (1.55±0.1)	4～5 (1.55±0.1)	4～5 (1.55±0.1)	4～6 (1.55±0.1)	4～6 (1.55±0.1)	4～6 (1.55±0.1)	4～6 (1.55±0.1)
長さ（平均）	μm	5～30	1-5、5-15、5-30	1～5	1～5	0.50～1.5	0.50～1.5	0.50～0.60	0.50～0.60	0.70～1.0			
金属含有量	wt%			＜30wt%	4 ～ 8 wt. %	5 ～7 wt%	4～6 wt%	4～6 wt%	1 ～ 3 wt%	5 ～8 wt%	＜30wt%	6～9wt%	6～9wt%
溶解度	mg/ml			0.05 (DMF)	0.1 (DMF)	1.0 (DMF)、0.1 (Water)	―	＞5(Water)	＞5(Water)	注4）			
官能基（溶解性）	%					1～3atm% (COOH)	1～3atm% (COOH)	20% ± 10 wt% (PEG/MW＝600)			Dispersibility in DMF＝1mg/ml	Dispersibility in DMF＝1mg/ml	Dispersibility in DMF＝1mg/ml、1～3 atm% (COOH)
灰分	%	< 5wt%	アモルファスカーボン、灰分< 5wt%										
製品形態		粉体		粉体									
特徴				注1）	注2)高純度	有機可溶性：AP-SWNTを硝酸で精製し、高官能基化。	有機可溶性：ｶﾙﾎﾞﾝ酸基を有する超高純度SWCNT	水溶性：P3-SWNTをポリエチレングリコール(PEG)で誘導体化し、水溶性を持たせます。	水溶性：p3-SWNTをm-ポリアミノベンゼンスルホン酸(PABS)で誘導体化し、水溶性5mg/mlとした。	注3）アミド官能基化SWNT	工業用グレード（未精製）	工業用グレード（空気酸化により精製後触媒金属を除去）	工業用グレード（精製グレードにｶﾙﾎﾞﾝ酸基付加）
製造方法		CVD		Electric arc plazma(EA:アーク放電法))									
TEM写真、構造図													
価格	$/g			$35/g	$280/g	$280/g	$ 105 / 100mg	$ 105 / 100mg	$ 105 / 100mg	$ 105 / 100mg	$30/g	$220/g	$220/g

（注1）Ni/Y触媒を使用して合成されたSWNTsは、1.5nmをピークとする狭い直径分布を持っています。SWNTsは、最大0.05mg/mlの濃度でDMFに分散させることができ、界面活性剤を使用して水に分散させることができます。

（注2）SWNTsは空気酸化によって精製され、続いて触媒を除去する処理が行われます。精製された材料は、低官能基および低化学ドーピングで、元の状態に非常に近くなります。　（注3）P9-SWNT：アミド基で共有結合的に官能化されたSWNT材料。P9-SWNTは、超音波処理によってDMF、アルコール、アセトンおよび水に分散させることができます。DMF、エタノールおよびアセトン中のP9-SWNTの安定した分散液は、1mg/ml未満の濃度で形成されます。

（注4）超音波処理によりDMF、アルコール、アセトンに分散でき、濃度範囲0.5～1.0 mg/mLの分散液を生成します（水－1mg/mL、DMF－0.5 mg/mL、THFおよびアセトン。＜0.1 mg/mL）

SWCNT⑥

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		ナノインテグリス（NanoIntegris）社(Raymor Industries社に買収)						Thomas Swan	OCSiAl						Nanocyl	
URL:		https://raymor.com/nanointegris/、http://www.nanointegris.com/						https://thomas-swan.co.uk/	https://tuball.com/ja/about-tuball						https://www.nanocyl.com/	
本社／製造国		米国						英国	ルクセンブルク						ベルギー	
製造国		米国						英国	（ロシア）セルビア						ベルギー	
商標		PureTubes™					SuperPure Tube™		TUBALL™							
製品名称（グレード名）		IsoNanotubes-M	IsoNanotubes-S（分散液）	PureTubes（分散液）	HiPco 単層カーボンナノチューブ	<3.5% Metal Catalyst, avg. no. of layers, 1	<1% Metal Catalyst, avg. no. of layers, 1（販売中止）	Elicarb SWNT	H.P		標準品	精製品	01RW02（※）	01RW03(※)	NC-1100, SWCNT	sigma Aldrich（販売）
物性項目	単位	物性値														
炭素純度	%							＞90	＞80	＞85	＞80	＞99	＞80	＞99±0.5	＞70	＞70
CNT純度	%											＞93				
直径（平均）	nm	1.2～1.7	1.2～1.7	1.2～1.7	0.8～1.2	1.2～1.7	1.2～1.7	2	1.6±0.4	1.8	1.6±0.4	1.6±0.4	1.6±0.4	1.6±0.4	2	2
長さ（平均）	μm	0.1～4（0.5）	0.1～4（1）	0.1～4（1）	0.1～1	0.1～4	0.3～5	1	＞5						＜3	＜10
嵩密度	g/cm3				1.6(～0.1)											
比表面積(SSA)	㎡/g				400～1000, 1315(MAX)			＞700		～500			＞300	800～1600		＞1000
G/D比								＞22		～75	＞80	＞80	＞40	＞40		
燃焼温度	℃									750						
半導体/金属比	%	0.30, 0.05, 0.02, 0.01	90, 95, 98, 99	n/a		70(Semi)/30(Me)	70(Semi)/30(Me)									
金属含有量	wt%	＜1（触媒残渣）	＜1（触媒残渣）	＜0.5（触媒残渣）	＜0.15, 0.1, 0.05 Fe：触媒残渣）	＜3.5（触媒残渣）	＜1（触媒残渣）		≦15	≦30	≦15	≦1	≦15	≦1		＜30
CNT濃度	wt%	0.01	0.01	0.25					＜5		＜5					
炭素不純物	wt%	＜5%	＜5%	＜5%												
製品形態		界面活性剤水溶液、CNT粉末			CNT粉末											
界面活性剤濃度		1%W/V										精製品				
製造方法		アーク放電法:Arc discharged process			CVD/HiPco（気相触媒）	アーク放電法			CVD						触媒炭素蒸着（CCVD）プロセス	
備考		（日本代理店：株式会社ニューメタルス エンド ケミカルス コーポレーション https://www.newmetals.co.jp/）				代理店：シグマアルドリッチ (https://www.sigmaaldrich.com/)			（※日本代理店/楠本化成取扱品）							

SWCNT⑫-1

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Nano Research Elements						
URL:		https://www.nanorh.com/						
本社／製造国		インド(デリー首都特別地域、Sarita Vihar)／インド(ハリヤーナー州クルクシェートラ)						
名称		NRE-36001	NRE-32010	NRE-32011	NRE-32009	NRE-32005	NRE-32007	NRE-32006
物性項目	単位	物性値						
CNT純度	wt%	>95	＞60	>98	>98	>98	>90	＞98
直径(平均)	nm	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
長さ（平均）	μm	1～3	1～3	1～3	5～20	5～20	1～3	5～30
嵩(タップ）密度	g/cm3	0.14	0.48	0.12	0.12	0.12	0.14	0.08
真密度	g/cm3	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
比表面積(SSA)	㎡/g	380	320	380	450	380	380	650
燃焼(発火)温度	℃		ー		630	―	630	630
電気伝導度	S/cm	＞100	＞100	＞100	＞100	＞100	＞100	＞100
熱伝導度	W/m・K		50～200	50～200	50～200	50～200	50～200	50～200
製品形態		粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体
SEM写真								
特徴		1wt%Shortlength SWCNT Dispersion	＞60wt% Shortlength SWCNT	＞98wt%High Purified Shortlength SWCNT	＞98wt%High Purified Research Grade SWCNT	＞98wt%High Purified SWCNT	OH Functionalized＞ 90wt%Purity Short SWCNT	OH Functionalized＞ 98wt%High Purified SWCNT

②多層 CNT メーカーの製品と物性

DWCNT①

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		東レ	NTP社 （Shenzhen Nanoport Co. Ltd.）		Chengdu Organic Chemicals （TIME Nano） （中国科学院(CAS)独占支援企業）			Nanocyl	
URL.		https://www.toray.co.jp/	http://www.nanotubes.com.cn/		http://www.timesnano.com/en/			https://www.nanocyl.com/	
本社／製造国		日本	中国（深セン）		中国			ベルギー	
商標		トカーナ®			Timestube™				
製品名称（グレード名）		2層CNT トカーナ®	NTP9012	NTP9112	TNDT	TNDH	TNDC	Double-walled isolated and bundled CNT	Short double-walled isolated and bundled CNT
物性項目	単位	物性値							
炭素純度	%		＞90	＞95	>60（2層）	>60（2層）	>60（2層）	＞90	＞90
直径	nm	0.7（内径）　1.5～2（外径）	1.5～2（外径）	1.5～2.3（外径）	2～4（外径）	2～4（外径）	2～4（外径）	3.5	3.5
長さ	μm		＞15	＞15	～50	～50	～50	1～10	3
層数		2層≧90%							
比表面積(SSA)	㎡/ｇ				>200	>200	>200	＞500(BET)	－
G/D比		80以上	＞100	＞120	ー	ー	ー		
燃焼温度	℃	600							
金属不純物	wt%							<10	<10
灰分(燃焼残渣)	%		＜10	＜5	<5	<5	<5		
官能基	wt%					OH基(酸素含有量) >7	COOH基(酸素含有量) >9		
体積抵抗値	Ω･cm	4.4X10-4（東レ法）							
製造方法		触媒担持気相成長法(CCVD法）	methane catalytic decomposition over Co-based catalyst		触媒担持気相成長法(CCVD法）methane catalytic decomposition over Co-based catalyst			触媒化学気相成長（CCVD）法	
特徴					Coベースの触媒によるメタン接触分解によって生成。その後、空気酸化および酸性溶液によって処理。				易分散性（表面化学修飾）
TEM写真									

MWCNT①-1(日本、台湾)

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		株式会社レゾナック（旧昭和電工）				高圧ガス工業						浜松カーボニクス				
URL:		https://www.resonac.com/				https://www.koatsugas.co.jp/rd/cnt/						https://www.hamanics.com/				
本社／製造国		日本				日本						日本				
製品名称（グレード名）		VGCF	VGCF-S	VGCF-X	VGCF-H	NTF-3	NTF-7	NTF-10	NTF-15	NTF-20	NTF-30	NTF003	NTF005	NTF01	NTF02	NTF03
物性項目	単位	物性値														
炭素純度	%	＞90				＞95						＞95				
直径	nm	(50～)150	100	10～15	150	20～60						10～40（代表値）				
長さ	μm	9	10	3	4	300±200	700±200	1000±300	1500±300	2000±200	3000±300	約300	約500	約1000	約2000	約3000
アスペクト比	ー	60	100													
層数						20～40										
嵩密度	g/cm3	0.04	0.02	0.08		2										
比表面積(SSA)	㎡/g	13	23		15											
G/D比						≧2.7										
製造方法		流動床(Fluidized Bed Method)、気相浮遊触媒法				基板法(Fixed Bed Method)						基板法(Fixed Bed Method)				
触媒		フェロセン（チオフェン）				塩化鉄（FeCl2）						塩化鉄（FeCl2）				
特徴（TEM/SEM写真）					高純度黒鉛化品、リチウムイオン二次電池(LIB)の正負極用導電助剤	長尺多層カーボンナノチューブ、Aligned（配向） Bundle Type、その他商品：①フレーク②アレイ③ヤーン④シート⑤分散体⑥樹脂混錬品⑦接着剤						長尺多層カーボンナノチューブ、Aligned（配向） Bundle Type				

MWCNT①-4(欧米)

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Bucky USA			SES Research inc.	Nano Lab Inc.							
URL:		https://bucky.lookchem.com/（外部）			https://www.sesres.com/	https://www.nano-lab.com/							
本社／製造国		米国（テキサス州）			米国（テキサス州）	米国（マサチューセッツ州ウォルサム）							
製造国		米国（テキサス州）			米国（テキサス州）	米国（マサチューセッツ州ウォルサム）							
名称（グレード名）		Bu-200	NFM07	NFM37（グラファイト化MWCNT）	精製MWNT:	①PD15L1-5	②PD15L1-20	③PD30L1-5	④PD30L1-20	⑤BPD30L1-5	⑥BPD30L1-20	①、②、③、④、⑤、⑥の一COOH官能基化品	①、②、③、④のCu、Ag、Ni-Fe、Si被覆品
物性項目	単位	物性値											
炭素純度	%	>95	>95	99.9	>95%ナノチューブ対アモルファスカーボン(<2%)	>95	>95	>95	>95	>95	>95		
外径（OD）	nm	5～15	8～15	8～15	< 10、10-30、40-60、60-100	15±5	15±5	30±15	30±15	30±10	30±10		
内径（ID）						7±2							
長さ	μm	1～10	50	10～50	1～2、5～15	1～5	5～20	1～5	5～20	1～5	5～20		
真密度	g/cm3		～2.1	～2.1									
比表面積(SSA)	㎡/g		＞140	＞117		200～400	200～400	200～400	200～400	200～400	200～400		
G/D比	―					1.33							
金属不純物	ppm					Fe、S	Fe、S	Fe、S	Fe、S	Fe、S	Fe、S	Fe、S	Fe、S
灰分	wt%				<0.2								
官能基	wt%											2～7(-COOH)	
電気伝導度	S/cm		100	100									
性状		粉体			粉体	粉体							
製造方法					CVD	CVD							
特徴			ロング			MWCNT、Hollow（中空）stracture				MWCNT、bamboo（竹状中空） stracture		COOH官能基化硫酸/硝酸還流で処理	無電解堆積プロセスを使用し、さまざまな金属や合金でコーティングできます。このプロセスにより、薄い(1～10nm)コーティングを形成。
TEM/SEM写真													

MWCNT①-5(欧州、インド)

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Arkema inc.（CNT単体での市販は？）	Nanocyl				Bayer Material Science（2013年5月撤退）	Ad-Nano Technology Private Limited		AVANSA Technologies & Services	
URL:		https://www.arkema.com/	https://www.nanocyl.com/				ー(なし)	https://ad-nanotech.com/		https://www.avansa.co.in/	
本社／製造国		フランス	ベルギー				ドイツ	インド(カルナータカ州シヴァモッガ)		インド(ウッタル・プラデーシュ州)	
製品名称（グレード名）		Graphistrength®C-100	NC7000	Thin multi-walled- CNT	Thin multi-walled-COOH functionalized CNT	Short thin multi-walled CNT	Baytube C150P	MWCNT(カタログ値)	ADMWCNT	MWCNT	MWCNT
物性項目	単位	物性値									
炭素純度	%	＞90	90	＞95	＞95	＞95	＞95	＞99	＞99	＞97	＞97
直径(外径)	nm	10～15	9.2	9.5	9.5	9.5	13～16	～10～30	10～20	10～20	10～20
直径(内径)	nm							～5～10		～5～10	
長さ	μm	1～10	1.5	1.5	1.5	1.0	1～10	＞10	～10		10～30
層数		5～15		7～9	7～9	7～9					
嵩密度	g/cm3	50～150kg/m3	0.043					0.4	0.3	0.22	0.22
比表面積(SSA)	㎡/g		250～350					110～350	～230	＞200(BET)	＞200
CNT含有量	%	＞90						95～99			
灰分	wt%									＜1.5(TGA)	
Weight loss at 105℃		＜1%									
Mean Agglomerate size（Granule Size）	㎛	200～500㎛									
Free amorphous carbon		Not detectable(SEM/TEM）									
金属不純物	wt%			＜5	＜5	＜5					
電気伝導率	S／cm									＞100	
製造方法		流動床型反応器/触媒化学気相成長（CCVD）プロセス	触媒化学気相成長（CCVD）法				流動床CVD	CVD		CVD	
性状		粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体
備考（SEM/TEM写真）				sigma Aldrich（販売）	COOH基>8%、sigma Aldrich（販売)	sigma Aldrich（販売）					

MWCNT①-6(インド)

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Nano Research Elements											
URL:		https://www.nanorh.com/											
本社／製造国		インド(デリー首都特別地域、Sarita Vihar)／インド(ハリヤーナー州クルクシェートラ)											
名称（特徴）		Amine Functionalized Carbon Nanotubes MWCNT(＞95% OD:10～30nm Length:10～30㎛)	Amine Functionalized Carbon Nanotubes MWCNT(＞95% OD:10～20nm Length:3～8㎛)	Amine Modified Carbon Nanotubes MWCNT(＞98% OD:15～25nm Length:5～15㎛)	Carbon Nanofibers，（98% OD:100nm、Length:20～200㎛）	Carbon Nanofibers，（99.9% OD:500～800nm）	Carbon Nanofibers，（95% OD:100nm、Length:2～12㎛）	Carbon Nanofibers Graphitized，（98% OD:100nm、Length:20～200㎛）	COOH Functionalized MWCNT、95% OD:20～30nm	COOH Functionalized MWCNT、95% OD:5～15nm	COOH Functionalized MWCNT、95% OD:50～80nm	Hydroxyl Multi Walled Carbon Nanotubes(＞99% OD:20～30nm Length:15～30㎛、OH:2～4wt%)	Milled Carbon Fiber Powder
製品名称（グレード名）		NRE-34001	NRE-34002	NRE-34003	NRE-34004	NRE-34004(-2)	NRE-34004(-3	NRE-34019	NRE-34006	NRE-34006(-2	NRE-34006(-3	NRE-34007	NRE-34008
物性項目	単位	物性値											
CNT純度	wt%	>95	>95	>98	>98	99.9	>95	>98	>95	>95	>95	>99	99.9
直径(平均)	nm	10～30	10～30	15～25	100	500～800	100	100	20～30	5～15	50～80	20～30	6～8㎛
長さ（平均）	μm	10～30	3～8	5～15	20～200	20～200	2～12	20～200	20～30	50	10～20	15～30	―
嵩(タップ）密度	g/cm3	0.14	0.05～0.17	―	―	―	―	―	0.28	0.27	0.18	―	―
真密度	g/cm3	2.1	2.1	―	1.4～1.6	1.8～2.1	1.4～1.6	1.4～1.6	2.1	2.1	2.1	―	1.76
比表面積(SSA)	㎡/g	180(BET)	380	―	54		54	39	110(BET)	233	40(BET)	―	―
Molecular Weight	g/mol				12.01	12.01	12.01	12.01					12.01
APS(Aerodynamic Diameter)	nm											＜25	
官能基	wt%	―	NH_2:1～2	NH_2:2～3								OH:2～4	
電気伝導度	S/cm	＞100	＞100	＞100	―	―	―	―	＞100	＞100		―	―
体積抵抗率	Ω･cm			0.1～0.15									
製品形態		粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体	粉体
製造方法		(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	(CVD)	アクリロニトリル樹脂ファイバーの炭化
TEM写真													

MWCNT①-16（米国）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		US-Reserch-Nanomaterials　Inc								
URL:		https://us-nano.com/								
本社／製造国		米国（テキサス州）								
名称(GRADE)		Short MWCNT(>95%、外径:20-30 nm)	Short OH官能基化 MWCNT(>95%、外径:20-30 nm)	Short COOH官能基化 MWCNT(>95%、外径:<20-30 nm)	Short MWCNT(>95%、OD:30-50 nm)	Short OH官能基化 MWCNT(>95%、外径:30-50 nm)	Short COOH官能基化 MWCNT(>95%、OD:30-50 nm)	Short MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)	Short OH官能基化 MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)	Short COOH官能基化 MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)
物性項目	単位	物性値								
炭素含有量	%	> 97wt%								
CNT純度	%	CNT > 95wt%								
外径	nm	20～30			30～50			50～80		
内径	nm	5～10			5～12			5～15		
長さ（平均）	μm	0.5～2（TEM）								
比表面積(SSA)	㎡/ g	> 110（BET）			> 60（BET）			> 40（BET）		
嵩密度	g/cm3	タップ密度:0.28			タップ密度:0.22			タップ密度:0.18		
真密度	g/cm3	～2.1								
灰分	wt%	< 1.5 wt%								
官能基	wt%		OH:1.76	COOH:1.23		OH:1.06	COOH:0.73		OH:0.71	COOH:0.49
電気伝導率	S/cm	100								
製品形態		粉体								
製造方法		CVD								
TEM写真										

MWCNT①-19（米国）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		US-Reserch-Nanomaterials　Inc								
URL:		https://us-nano.com/								
本社／製造国		米国（テキサス州）								
名称(GRADE)		銀カーボンナノチューブ/10wt%Agナノ粉末をドープしたCNT	銀カーボンナノチューブ/30wt%Agナノ粉末をドープしたCNT	銀カーボンナノチューブ/50wt%Agナノ粉末をドープしたCNT	アルミニウムカーボンナノチューブ/10wt%Alナノ粉末をドープしたCNT	アルミニウムカーボンナノチューブ/30wt%Alナノ粉末をドープしたCNT	アルミニウムカーボンナノチューブ/50wt%Alナノ粉末をドープしたCNT	鉄カーボンナノチューブ/10wt%Feナノ粉末をドープしたCNT	鉄カーボンナノチューブ/30wt%Feナノ粉末をドープしたCNT	鉄カーボンナノチューブ/50wt%Feナノ粉末をドープしたCNT
物性項目	単位	物性値								
CNT純度	%	CNT >97wt%								
外径	nm	55								
内径	nm	8								
長さ（平均）	μm	10～30（TEM）								
比表面積(SSA)	㎡/g	> 60　(BET)								
嵩密度	g/cm3	タップ密度:0.12								
真密度	g/cm3	～2.1								
灰分	wt%	< 1.5 wt%								
電気伝導率	S/cm	100								
ドープナノ粒子真密度	g/cm3	10.5			2.7			7.9		
ドープナノ粒子純度	%	99.99			99.9			99.9		
ドープナノ粒子APS（Aerodynamic Particle Size）	nm	20			80			25		
ドープナノ粒子 SSA	㎡/g	18～22			18～40			65		
ドープナノ粒子の形態	ー	球状			球状（黒）			球状（黒）		
製品形態		粉体								
特徴、用途		特性:導電率と機械的特性を効果的に改善します。引張強度、硬度、弾性率特性を効果的に向上させます。潜在的な用途:スクリーンディスプレイ、電気モーター、センシングデバイス、航空宇宙および自動車デバイス、ボディアーマーおよび耐引裂性布繊維および繊維製品、スポーツ用品。導電性金属または半導体、コーティング、プラスチック、特定のバイオサイエンス用途、太陽および電子用途の導電性フィルム、ポリマーの添加剤、触媒、陰極線照明素子の電子場エミッター、フラットパネルディスプレイ、通信ネットワークのガス放電管、電磁波の吸収および遮蔽、エネルギー変換として機能します。リチウム電池アノード、水素貯蔵、ナノチューブ複合材料(充填またはコーティングによる)、STM、AFM、およびEFMチップ用ナノプローブ、ナノリソグラフィー。ナノ電極、ドラッグデリバリー、センサー、複合材料の補強材、スーパーキャパシタ。								
製造方法		CVD								

SEM写真

MWCNT①-26（米国）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

特殊カーボンナノチューブ(研究用CNT新製品)

メーカー		US-Reserch-Nanomaterials　Inc		
URL:		https://us-nano.com/		
本社／製造国		米国（テキサス州）		
名称(GRADE)		Research Grade Large Inner Diameter Thin(薄膜多層）Multi-Wall Carbon Nanotubes, Purity: >95%	フラッシュ点火多層カーボンナノチューブ／Fe-MWCNTs (MWCNTs 50wt%, Fe Nanoparticles 25wt%, Amorphous Carbon 25wt%)	ヘリカル多層カーボンナノチューブ(MWNT、MWCNT)、外径:80-180nm、長さ:1-13um
物性項目	単位	物性値		
炭素ナノファイバー 純度	wt%		> 70 wt% 炭素含有量(TGA & TEM由来)	
CNT純度	%	＞95wt%	> 50 wt%(TGA & TEM由来)	
外径	nm	50	2～50(HRTEM／ラマン）	80～180
内径	nm	40		
長さ（平均）	μm	20	～50(TEM)	1～13
比表面積(SSA)	㎡/g	200	300（BET)	50
タップ密度	g/cm3	0.0441	0.2	
真密度	g/cm3	～2.1		～2.1
発火温度	℃	＞580		
金属含有量	wt%		Fe含有量(100nm):~25 wt%	
灰分	wt%	＜5		＜5
電気伝導率	S/cm		＞100	＞100
製品形態		粉体		
特徴		研究用大内径薄肉カーボンナノチューブ(MWNT、MWCNT) 浮遊反応器でフェロセンを触媒としてアルコール熱分解により製造された製品です。内径は40nm以上がほとんどで、CNTは薄い壁がほとんどです。浮遊反応器で製造しているため、外径分布が広い製品です。 研究用大内径薄膜多層カーボンナノチューブ(MWNT、MWCNT) アプリケーション カーボンナノチューブの潜在的な用途は、(1)ポリマー中の添加剤です。(2)触媒;(3)陰極線照明素子の電子電界放出体。(4)フラットパネルディスプレイ。(5)電気通信ネットワークのガス放電管。(6)電磁波の吸収と遮蔽。(7)エネルギー変換;(8)リチウム電池アノード;(9)水素貯蔵;(10)ナノチューブ複合材料(充填またはコーティングによる)。(11)STM、AFM、およびEFMチップ用のナノプローブ。(12)ナノリソグラフィー;(13)ナノ電極;(14)ドラッグデリバリー;(15)センサー;(16)複合材の補強。(17)スーパーキャパシタ。	フラッシュ点火多層カーボンナノチューブ(MWNT、MWCNT)製品の説明 この製品は、家庭用カメラのフラッシュで点火できます。これは、薄径多層カーボンナノチューブ、アモルファスカーボン、および一部のFeナノ粒子で構成されています。Feナノ粒子の含有量は約25質量%である。本製品は、フェロセンを触媒としてキシレン熱分解により製造されています。 フラッシュ点火多層カーボンナノチューブ(MWNT、MWCNT)アプリケーション カーボンナノチューブの潜在的な用途は、(1)ポリマー中の添加剤です。(2)触媒;(3)陰極線照明素子の電子電界放出体。(4)フラットパネルディスプレイ。(5)電気通信ネットワークのガス放電管。(6)電磁波の吸収と遮蔽。(7)エネルギー変換;(8)リチウム電池アノード;(9)水素貯蔵;(10)ナノチューブ複合材料(充填またはコーティングによる)。(11)STM、AFM、およびEFMチップ用のナノプローブ。(12)ナノリソグラフィー;(13)ナノ電極;(14)ドラッグデリバリー;(15)センサー;(16)複合材の補強。(17)スーパーキャパシタ。	ヘリカル多層カーボンナノチューブ(MWCNT、MWNT)製品の説明 本製品は、Ni-Cu/A2O3触媒によるアセチレン接触分解により製造されています。らせん構造CNTの含有量は約90wt%である。残りは普通のCNTです。 ヘリカル多層カーボンナノチューブ(MWCNT、MWNT)アプリケーション カーボンナノチューブの潜在的な用途は、(1)ポリマー中の添加物です。(2)触媒;(3)陰極線照明素子の電子電界放出体。(4)フラットパネルディスプレイ。(5)電気通信ネットワークのガス放電管。(6)電磁波の吸収と遮蔽。(7)エネルギー変換;(8)リチウム電池アノード;(9)水素貯蔵;(10)ナノチューブ複合材料(充填またはコーティングによる)。(11)STM、AFM、およびEFMチップ用のナノプローブ。(12)ナノリソグラフィー;(13)ナノ電極;(14)ドラッグデリバリー;(15)センサー;(16)複合材の補強。(17)スーパーキャパシタ。
製造方法		CVD（アルコール熱分解）alcohol pyrolysis using ferrocene as catalyst in floating reactor.	CVD	
TEM/SEM写真（点火写真）				

MWCNT②-5(CHINA)

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		Chengdu Organic Chemicals（TIME　Nano） （中国科学院(CAS：Chinese Academy of Sciences)独占支援企業）											
URL.		http://www.timesnano.com/en/											
本社／製造国		中国（成都）											
名称（商標/グレード名）		Timestub™ TNEM3	Timestub™ TNEMH3	Timestub™ TNEMC3	Timestub™ TNM3	Timestub™ TNMH3	Timestub™ TNMC3	Timestub™ TNM5	Timestub™ TNMH5	Timestub™ TNMC5	Timestub™ TNM7	Timestub™ TNMH7	Timestub™ TNMC7
物性項目	単位	物性値											
CNT純度	wt%	>90			>98			>98			>98		
直径（外径：OD）	nm	10～20			10～20			20～30			30～50		
長さ	μm	<30			10～30			10～30			<10		
比表面積(SSA)	㎡/g	230～280			>100		>90	>110			>80	>100	>90
灰分	wt%	―	―	―	<2			<2			<2		
官能基（付加物、コーティング）	wt%		―(-OH)	― (-COOH)		3.06 (-OH)	2.00 (-COOH)		1.76 (-OH)	1.23 (-COOH)		1.06 (-OH)	0.73 (-COOH)
性状		粉体											
製造方法		CVD法											
特徴		高導電性、精製品（produced by natural gas catalytic decomposition over Co-based catalyst）.hydroxyl and carboxyl derivates, respectively. They are produced by $KMnO_4$ oxidation in H_2SO_4 solution at different temperature and $KMnO_4$ concentration）			精製品(produced by natural gas catalytic decomposition over Ni-based catalyst. TNMH3 and TNMC3 are TNM3 hydroxyl and carboxyl derivates, respectively）			精製品(produced by natural gas catalytic decomposition over Ni-based catalyst. TNMH5 and TNMC5 are hydroxyl and carboxyl derivates, respectively）			精製品(produced by natural gas catalytic decomposition over Ni-based catalyst. TNMH7 and TNMC7 are hydroxyl and carboxyl derivates, respectively）		
SEM、TEM写真													

MWCNT②-(KOREA)

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		JEIO Co., Ltd.／『JENO TUBE』						Carbon Nano-material Technology Co., Ltd.	
URL.		https://www.jeio.co.kr/en/business-areas/battery-material/summary/						http://www.carbonnano.co.kr/	
本社／製造国		KOREA（韓国　仁川広域市）						韓国(KOREA)	
製造国		KOREA（韓国　安山市）						—	
名称（グレード名）		JENO TUBE 8	JENO TUBE 8C	JENO TUBE 9	JENO TUBE 9C	JENO TUBE 10	JENO TUBE 20	CNT Regular	CNT MR99
物性項目	単位	物性値							
CNT純度	%	＞98.5		＞98			＞95	＞90	＞99
直径（外径：OD）	nm	7～9				8～15	15～25	5～20	5～15
長さ	μm	100～200		10～50		50～100	20～100	10	
アスペクト比	ー							＞500	＞500
嵩密度	g/cm3	0.008～0.01	0.07～0.08	0.008～0.01	0.07～0.08	0.02～0.03	0.04～0.06	0.04～0.08	0.02～0.04
比表面積(SSA)	㎡/ｇ	400～700				250～350	200～250	130～160(BET)	150～200(BET)
見掛け比重	g/ml								
比表面積(SSA)	㎡/ｇ	400～700	400～700	400～700	400～700	250～350	200～250	130～160(BET)	150～200(BET)
製造方法		?						?	
特徴		Aligned（配向）Bundle Type					Entangled Type		Mean（Ig/Id）＝0.9
SEM、TEM写真									

(7) 価格表（PRICE RIST；SWCNT、DWCNT、MWCNT、その他 CNT）

SWCNT ①	メーカー	産業技術研究所		日本ゼオン	名城ナノカーボン							大阪ソーダ	
製品名称（グレード名）		SG-CNT	e-DIPS	SG101	SWNT SO	EC1.0P（単層-二層）	EC1.5（単層-二層）	EC1.5P（単層-二層）	EC2.0P（単層-二層）	カーボンナノチューブ糸 (CNT Yarn GC-YR)	カーボンナノチューブテープ (CNT Tape GC-TP)	C:＞90	C:＞99
価格		研究開発用		価格/未公表、Price on Request(POR)	価格/未公表、Price on Request(POR)							価格/未公表、Price on Request(POR)	

SWCNT ②		KORBON Co., Ltd（旧KH Chemicals）	Nano Solution Co., Ltd.			NoPo（Nanotechnologies India Private Limited）	Ad - Nano Technology Private Limited
製品名称（グレード名）		KORBON SWCNT	SA100	SA210	SA230	HiPCO®	AdSWCNT
炭素純度	%	>90%、＞99%	15 ~ 25	20~30	> 95	>80%	>85
価格		価格/未公表、Price on Request(POR)	価格/未公表、Price on Request(POR)			価格/未公表、Price on Request(POR)	価格/未公表、Price on Request(POR)

SWCNT ③	CHASM Advanced Material (旧South West Nano Technologies)					Sun Innovations		Continental Carbon Nanotechnologies, Inc.（Unidymを買収）	Nano Lab Inc.			
商標/製造方法	Signis（シグニス）®／CVD/CoMoCAT（担持触媒）/流動床							HiPco™				
製品名称（グレード名）	SG65 i	SG76	CG300	CG200	CG100	SN2102型	SN2101型	HiPco pure	D1L110-P	D1.5L1-5-S	D1.5L1-5-SのCOOH官能基	D1.5L1-5-SのNH2官能基化
特徴	C:＞95%	C:＞90%	C:＞95%	C:90%	C:＞90%	＞95	＞90、SWCNT含有率>50%					
	(6,5)カイラリティー／40%以上	(7,6)カイラリティー	高導電性		高導電性、低コスト							
価格	￥49,300/250mg	￥116,000/250m	￥49,300/250mg	￥45,800/250mg	￥32,900/250mg	$280/g	$220/g	SOLD OUT	販売中止（多層CNTは販売中）			
	￥141,000/g	￥463,000/g	￥147,000/g	￥107,200/g	￥91,400/g							
	MERCK（販売）											

SWCNT④	メーカー	SES Research inc.	米国（テキサス州）
名称（商標/グレード名）		(長) L-精製単層ナノチューブ	(短)S-精製単層ナノチューブ
特徴		純度:> >90%CNT~ >50% SWNT、外径:<2nm 長さ:5-15μm	純度:> >90%CNT~ >50% SWNT、外径:<2nm 長さ:1～5μm
価格		$75/250mg、$225/g、$645/5g	$95/250mg、$165/g、$695/5g

SWCNT⑤	Nanoshel LLC	価格/未公表、Price on Request(POR)

MWCNT①-13（米国）	メーカー／US-Reserch-Nanomaterials Inc						本社／製造国	米国（テキサス州）	
名称（特徴）	MWCNT (>95%、外径:<7nm)	OH官能基化MWCNT(>95%、外径:<7 nm)	COOH官能基化MWCNT(>95%、外径:<7 nm)	MWCNT(>95%、OD:5-15 nm)	OH官能基化MWCNT(>95%、OD:5-15 nm)	COOH官能基化MWCNT(>95%、OD:5-15 nm)	MWCNT(>95%、外径:10-20 nm)	OH官能基化MWCNT(>95%、OD:10-20 nm)	COOH官能基化MWCNT(>95%、OD:10-20 nm)
価格	$39/1g	$55/1g	$55/1g	$39/1g	$65/1g	$45/1g	$39/1g	$45/1g	$45/1g
	$65/5g	$96/5g	$96/5g	$65/5g	$96/5g	$75/5g	$65/5g	$75/5g	$75/5g
	$108/25g	$249/25g	$249/25g	$108/25g	$249/25g	$248/25g	$108/25g	$95/25g	$95/25g
	$330/100g	$655/100g	$655/100g	$330/100g	$580/100g	$580/100g	$330/100g	$255/100g	$255/100g
		$1658/500g	$1658/500g		$1580/500g	$1580/500g		$790/500g	$790/500g

MWCNT①-14（米国）	メーカー／US-Reserch-Nanomaterials Inc						本社／製造国	米国（テキサス州）	
名称（特徴）	MWCNT(>95%、外径:20-30 nm)	OH官能基化MWCNT(>95%、外径:<7 nm)	COOH官能基化MWCNT(>95%、外径:<7 nm)	MWCNT(>95%、OD:30-50 nm)	OH官能基化MWCNT(>95%、外径:30-50 nm)	COOH官能基化MWCNT(>95%、OD:30-50 nm)	MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)	OH官能基化MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)	COOH官能基化MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)
価格	$29/1g	$49/1g	$49/1g	$29/1g	$45/1g	$45/1g	$35/1g	$39/1g	$39/1g
	$49/5g	$65/5g	$65/5g	$39/5g	$65/5g	$65/5g	$55/5g	$59/5g	$59/5g
	$88/25g	$98/25g	$98/25g	$75/25g	$98/25g	$98/25g	$87/25g	$89/25g	$89/25g
	$155/100g	$265/100g	$265/100g	$155/100g	$262/100g	$262/100g	$145/100g	$158/100g	$158/100g
	$680/500g	$798/500g	$798/500g	$680/500g	$748/500g	$748/500g	$580/500g	$680/500g	$680/500g

MWCNT①-15（米国）	メーカー／US-Reserch-Nanomaterials Inc						本社／製造国	米国（テキサス州）	
名称（特徴）	Short MWCNT (>95%、外径:<7nm)	Short OH官能基化MWCNT(>95%、外径:<7 nm)	Short COOH官能基化MWCNT(>95%、外径:<7 nm)	Short MWCNT(>95%、OD:5-15 nm)	Short OH官能基化MWCNT(>95%、OD:5-15 nm)	Short COOH官能基化MWCNT(>95%、OD:5-15 nm)	Short MWCNT(>95%、外径:10-20 nm)	Short OH官能基化MWCNT(>95%、OD:10-20 nm)	Short COOH官能基化MWCNT(>95%、OD:10-20 nm)
価格	$55/1g	$55/1g	$68/1g	$49/1g	$65/1g	$65/1g	$49/1g	$65/1g	$65/1g
	$102/5g	$96/5g	$125/5g	$79/5g	$99/5g	$98/5g	$79/5g	$99/5g	$99/5g
	$299/25g	$249/25g	$315/25g	$249/25g	$299/25g	$308/25g	$249/25g	$299/25g	$299/25g
	$780/100g	$655/100g	$880/100g	$650/100g	$780/100g	$780/100g	$680/100g	$780/100g	$780/100g
		$1658/500g	$2108/500g		$2030/500g	$2038/500g		$2030/500g	$2030/500g

MWCNT①-16（米国）	メーカー／US-Reserch-Nanomaterials Inc						本社／製造国	米国（テキサス州）	
名称（特徴）	Short MWCNT(>95%、外径:20-30 nm)	Short OH官能基化MWCNT(>95%、外径:20-30 nm)	Short COOH官能基化MWCNT(>95%、外径:<20-30 nm)	Short MWCNT(>95%、OD:30-50 nm)	Short OH官能基化MWCNT(>95%、外径:30-50 nm)	Short COOH官能基化MWCNT(>95%、OD:30-50 nm)	Short MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)	Short OH官能基化MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)	Short COOH官能基化MWCNT(>95%、外径:50-80 nm)
価格	$49/1g	$65/1g	$65/1g	$49/1g	$65/1g	$65/1g	$49/1g	$65/1g	$65/1g
	$79/5g	$99/5g	$99/5g	$79/5g	$99/5g	$99/5g	$79/5g	$99/5g	$99/5g
	$249/25g	$299/25g	$299/25g	$249/25g	$299/25g	$299/25g	$249/25g	$299/25g	$299/25g
	$680/100g	$750/100g	$750/100g	$650/100g	$750/100g	$750/100g	$580/100g	$680/100g	$680/100g
		$1890/500g	$1890/500g		$1898/500g	$1898/500g			

3　Li-S 系二次電池に関する追加調査

3-1 Li-S 系二次電池での特性向上再考－グラフェンの活用－

Li-S 系二次電池については続報（パート 2）でも言及している。それは 4-1-2 企業の個別分析のところになる。(P53～54)

(1)Lyten、(2)ADEKA で共通するのは、グラフェンの活用であった。

前者(Lyten)の場合は、正極材料の硫黄(Sulfur)を炭素材料（グラフェン）で囲った（caging した）ことにより、多硫化リチウムの溶出を抑制。これによって正極の崩壊を防いだとされる。

一方、後者（ADEKA）の場合は、硫黄の含有量を増やした(38wt%)SPAN（硫黄変性ポリアクリロニトリル）にしたことに加えて、導電助剤を工夫したことに注目が集まっている。

導電助剤の調査を弊社では何度かしたことがあるが、ADEKA は 4 種類の炭素材料を独自に組み合わせた。導電助剤としては KB（ケッチェンブラック）や CNT、VGCF などが知られている。同社はこれに Lyten と同様グラフェンを加えたとされる。

しかし、このグラフェンが独自のもので、厚膜グラフェン(Thick Graphene)といわれるものである。今回はこの内容（正体）に迫ってみたのである。

画像左から：SPANの外観、SPANを正極に用いたテストセル※
※テストセル…正極：SPAN（硫黄含有量48wt%）、電解液：Li塩+カーボネート溶媒、負極：金属リチウムを用いたラミネートセル。セル容量3Ahで重量エネルギー密度 500Wh/kgを確認しています（現存リチウムイオン電池は100-300Wh/kg）。

https://www.adeka.co.jp/news/2022/02/220217.html

ADEKA の厚膜グラフェン(Thick Graphene)の特徴を知るには、その特許を紐解いてみることが一番手っ取り早い（早道である）。

そこで、2024 年 7 月 30 日に公開されたものに着目してみた。

CNT 導電助剤

PEEK+CNT 製ウェーハ搬送キャリア（Entegris）

PEEK+CNT 製半導体製造用ピンセット（写真左フロメカニック、右アズワン）

緊急資料集のご案内

2025年 3月 20日(木)

グラフェンとカーボンナノチューブの世界動向と用途展望

ー各製品の性能(物性)と応用の横断的整理分析ー

資料集体裁：A4判307頁、A3判7頁　　2025年3月20日発行

（有）カワサキテクノリサーチ

Graphene(GNP)とCarbon Nano Tube(CNT)が実用化されてから久しいものがある。従って、これらの断片的な情報(ニュースリリース)を目にすることはある。

ただ、GNPもCNTも生産(製品)や製造状況、性能の実態などを網羅的・体系的にまとめたものを目にしたことはかつてなかった。弊社のこれまでの調べではそれぞれに70社程(約145社)が世界中に存在していることが判明している。

そこで今回、これらメーカーを地域(国)別に整理(分析)し、生産状況やグレード別の物性等を細かくまとめ、多岐に亘る用途や価格動向及び市場規模にも言及してみることにした。また、特に今後の展開が注目される用途にも独自にフォーカスしてみたので、是非ともご一読頂ければと考えている。

【調査項目例】

カーボンナノチューブ物性データリスト

1. CNTメーカー（世界）と生産品目の一覧表
   - ① 単層CNTメーカー
   - ② 多層CNTメーカー
   - ③ 特殊CNTメーカー
2. カーボンナノチューブ物性データリスト
   - ① 単層CNTメーカーの製品と物性
   - ② 多層CNTメーカーの製品と物性
   - ③ 特殊CNTメーカーの製品と物性
   - ④ CNT、グラフェンの用途一覧表
1. CNTの製造方法（概略）
2. CNTの物性用語（略号）
3. CNTの構造・組成解析に使用される機器分析

価格リスト

市場規模

注目用途

グラフェン物性データリスト

1. 主要グラフェンメーカー（世界）の生産品目の一覧表
2. CNT、グラフェンの用途一覧表
3. グラフェンの構造・組成解析に使用される機器分析
4. グラフェンの製造方法（概略）
5. 酸化グラフェン(GO)還元酸化グラフェン(rGO)の合成方法
6. グラフェン物性データリスト
   - ・グラフェンメーカー（日本　①～⑤）
   - ・グラフェンメーカー（米国　①～㊺）
   - ・グラフェンメーカー（カナダ　①）
   - ・グラフェンメーカー(スペイン、英国　①②、ノルウエー)
   - ・グラフェンメーカー（ドイツ　①～⑦）
   - ・グラフェンメーカー（中国　①～⑬）
   - ・グラフェンメーカー（韓国　①、中華民国①②）
7. グラフェンの物性用語（略号）

価格リスト

市場規模

注目用途

(注)物性例：性状、サイズ、炭素純度、嵩密度、比表面積、金属含有量、導電率、熱伝導率、引張強度　など

・・・・・・・・・・・・・・・・・・切り取り線・・・・・・・・・・・・・・・・・・

＜申込み書＞　『グラフェンとカーボンナノチューブの世界動向と用途展望』資料集

いずれかの「申込」欄に〇をお付けください。

お客様	申込	ハードコピー	申込	オプション　(PDF)
弊社コンサル会員		￥290,000円（税・送料込）		プラス ￥50,000(税・送料込)
非会員		￥330,000円（税・送料込）		プラス ￥50,000(税・送料込)

※PDFは、ファイル共有サービス(BOX)にてダウンロードしていただきます。CD-Rご希望の方は別途ご連絡ください。

貴社名　　部署名

お名前　　ＴＥＬ　　ＦＡＸ

ご住所　〒

Email　　申込日　　年　　月　　日

この資料集をお知りになった理由(お手数ですがいずれかに〇をお願いいたします)

( )弊社からのメールマガジン、( )弊社のホームページ、 ( )弊社社員からの紹介、( )その他

申込先：（有)カワサキテクノリサーチ　　ktr@kawasaki-tr.com, FAX ： 06-6232-1056

連絡先：〒541-0047　TEL：06(6232)1055　大阪市中央区淡路町4丁目3番8号　TAIRINビル6F

Graphene⑯-2（米国⑪）

物性一覧表（ナノカーボン製品）[市販品]

メーカー		ACS Material LLC(GrW㊶)					
URL:		https://www.acsmaterial.com/					
本社／製造国		アメリカ（カリフォルニア州　Pasadena）					
名称(GRADE)		PET基板上のCVDグラフェン	プラスチック基板上のCVDグラフェン	石英基板上のCVDグラフェン	銅-PMMA被覆上のCVDグラフェン	3D自立型グラフェンフォーム（3D Freestanding Graphene Foam）	ニッケル/銅フォーム上の3Dグラフェン(3D Graphene on Nickel/Copper Foam)
略称		CVDグラフェン					
商品No.		SKU# CVPE1011	SKU# CVPL1105	SKU# CVQZ1011	SKU# CVCU1M11	SKU# CV3D0001	SKU# CV3DNI01
物性項目	単位	物性表					
グラフェン層数	—	1 Layer , 2 Layer 、3～5 Layer 、6～8 Layer(グラフェン 片面)	1 Layer	1 Layer , 2 Layer 、3～5 Layer 、6～8 Layer(グラフェン 片面)			
グラフェンの層数（厚さ、光線透過率）	—（nm、%）	1cmx1cm、10cmx5cm、2"x2"、12"x8"(PET基材:~188μm厚)	10cmx5cm	1cmx1cm、1 "x1"	1cmx1cm (1,2、3～5、6～8Layer)、2 "x2"(1,2、3～5、6～8Layer)、4 "x2"(1,2Layer)	Graphene Thickness：30～40nm、Total Thickness: ~ 0.5 (mm)	1cmx1cm、1 "x1"
シート電気抵抗率	Ω・□	<600	<600	<600	<600		
シート電気抵抗率(カスタム)	Ω・□	<300	<300	<300	<300		
Transparency (光線透過率)	%	>95	>95	>95	>95		
製品外観							
備考(性状)、用途		PET基板上にCVDグラフェンを提供。この高品質なグラフェン製品の合成に用いたCVD法により、単層グラフェン被覆率は90%を超えています。 PET上のCVDグラフェンは、柔軟性および剛性のあるタッチスクリーンディスプレイアプリケーションに最適です。その他の可能なアプリケーションは次のとおりです。 太陽電池、電池、燃料電池、スーパーキャパシタなどのエネルギー電極 自動車および航空宇宙産業向けの軽量複合材料 LED照明の放熱 ガスおよび電磁波バリア バイオメディカルアプリケーション フレキシブルディスプレイやタッチスクリーン用の透明電極	グラフェンをプラスチック基板(PETとその他の成分(<10%)を主成分とするポリマー)に転写。	ACS Materialでは、独自のCVD転写法でグラフェンを成長させています。この高品質のグラフェンは、湿式転写プロセスを経て、厚さ1mmの円形石英基板上に堆積されます。ACS Materialの石英上のCVDグラフェンは、その品質、一貫性、純度で知られており、幅広い用途に最適です。 石英基板は、ガラスなどの代替品よりも大幅に優れた光透過率と改善された熱抵抗を提供するため、他の研磨基板よりも優れています。さらに、石英は融点が高く、化学的に不活性です。 ACS Materialは、石英やその他の高度なグラフェン材料上のCVDグラフェンを、世界をリードする研究開発研究所や大学に供給しています。	前処理されたグラフェンは、銅基板CVDグラフェンにPMMAを塗布し、「裏面グラフェン」を除去することによって製造されます。この形態のグラフェンは、過硫酸アンモニウム溶液に直接入れて銅を除去し、その後、脱イオン水に2回浸して洗浄することにより、移動プロセスを研究するために使用できます。この方法により、お客様はニーズに合わせてさまざまな基板に転写できます。この方法のより迅速な代替手段は、ACS材料製品であるTrivial Transfer Graphene®です。	1. Preparation Method 1) Preparation of 3D Graphene on Nickel Foam 2) Remove Nickle細孔密度(Pore density)：110ppi、空隙率(Porosity)：98%	ニッケルフォーム、銅フォーム、細孔密度(Pore density)：110ppi、空隙率(Porosity)：98%
製造方法		CVD	CVD	CVD	CVD	CVD	CVD
製品断面(工程図)、TEM写真		Graphene on PET Substrate Graphene on Plastic Substrate		Graphene on Copper Foil Coated with PMMA			