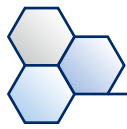




FUJICASOL[®]

カーボンナノチューブ分散液

 富士化学株式会社



製品案内 - FUJICASOL®

FUJICASOL®は独自に開発した無機分散剤で均一に分散したカーボンナノチューブ (CNT) の分散液です。CNTは導電性・熱伝導性・機械特性など優れた特性を有することから様々な応用が期待されています。しかしながら、CNTは強い疎水性のため極めて凝集しやすい性質があるため、実用上分散液として使用されることが一般的です。CNTを分散するために界面活性剤等有機化合物が多くの場合で使用されていますが、これらはCNTとの相互作用が強いため分散力がある代わりにCNT本来の性能を阻害してしまうことが課題でした。FUJICASOL®の分散剤は無機材料でできており、塗布等を行った後に洗浄工程を加えることでほぼ全ての分散剤を除去することができます。そのためCNT本来の性能を十分に引き出すことができる優れた特性があります。

弊社の主幹事業である液体珪酸ソーダの用途開発の一環で製品開発を始めた経緯から特に水系分散液にこだわり、単層CNTの特長を活かした透明導電膜用途を想定して展開して来ました。現在ではご要望に応じて溶剤系の分散液も対応しております。

この冊子ではFUJICASOL®に含まれるCNTや分散液としての性質の他に、用途上よくいただく質問について整理しております。CNT分散液の選定の一助になりましたら幸いです。



FUJICASOL® の製品仕様

表. FUJICASOL®製品規格代表例

製品名	CNTの種類	CNT濃度	分散剤	分散媒	粘度 (20℃)
S50AA	単層	0.05 % (w/w)	無機微粒子	水	30 mPa・s
M500AA	多層	0.5 % (w/w)	無機微粒子	水	
M1000AC04	多層	1.0 % (w/w)	無機微粒子	IPA	10 mPa・s
M1000N05	多層	1.0 % (w/w)	—	NMP	10 mPa・s

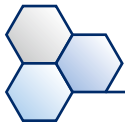
FUJICASOL®は主にCNTの種類と濃度・分散媒・分散剤の種類などの要素で複数の製品構成があります。

CNTは単層・多層ともに対応しておりますが、相対的に直径の小さい単層CNTでは比表面積が非常に大きいため安定分散しにくい性質（凝集性）が強いため、CNT濃度自体は多層CNTに比べて低くなります。

分散剤はその構成成分を含めて子細について開示はしておりませんが、重金属を含まない無機成分のみで構成された分散剤を、製品のご使用環境に応じて数種類使用しております。

分散媒は水系を中心としながらも、汎用的な溶剤であれば実績があります。





分散液に含まれる CNT

◆CNTの分類について

1. 単層CNTと多層CNT

CNTはグラフェン型に炭素六員環が連なっており、シートではなく管状の構造した炭素の同素体の一種です。同軸方向に形成する層の数で大きく分類されており、特に一層のみの物は単層CNTあるいはシングルウォールCNT (Single-Wall CNT: SWCNT)、多層の物は多層CNTあるいはマルチウォールCNT (Multi-Wall CNT: MWCNT) と呼ばれています。

CNTは同じ質量当りの鋼に比べて20倍の強度があり、銅に比べて10倍の熱伝導性、シリコンの10倍の電子移動度を持ち、アルミニウムに比べて約50%の密度であるため、非常に優れた強度・導電性・熱伝導性・熱耐性を有する炭素化合物として知られています。

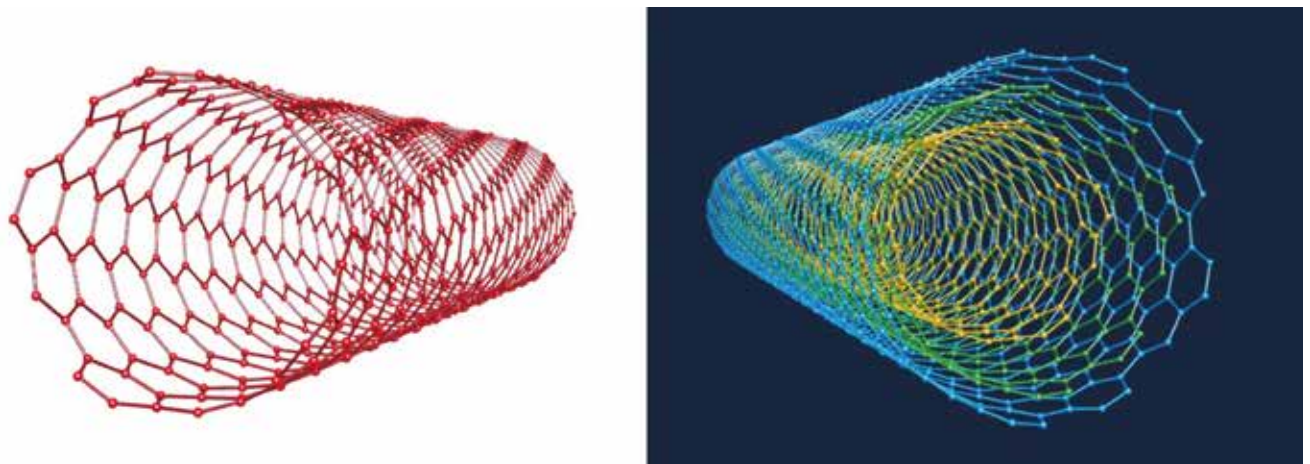


図. CNTの構造イメージ (左)単層CNT (右)多層CNT

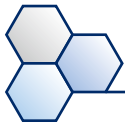
単層CNTは特に導電特性・熱伝導特性に優れており、導電膜・半導体の用途に向いております。それだけでなくCNTが繊維状であるためにCNT同士の接点は導電膜が変形しても維持されやすく屈曲に強い特性があるため、フレキシブルデバイス用途にも期待できます。

対して多層CNTは機械的強度で優れた特性を有し、また単層CNTに比べて製造コストが安価であることもあり、エンジニアプラスチック等の補強材として使用されています。また単層CNTよりも質量基準で高濃度の分散液に出来るため、黒色度を活かした塗料などの用途にも利用されています。

2. 単層CNT

自製単層CNTの特長

単層CNTは特に結晶性が高い (G/D比が高い) CNTを自製しております。G/D比とは、ラマン分光スペクトルの特定の位置に出る2種のピーク (G-bandとD-band) の強度比で示される指標で、値が高いほど欠陥構造が少ない、つまり結晶性が高く品質の良いCNTであると言われております。弊社ではeDIPs法を採用しており、CNTのG/D比は80以上となります。



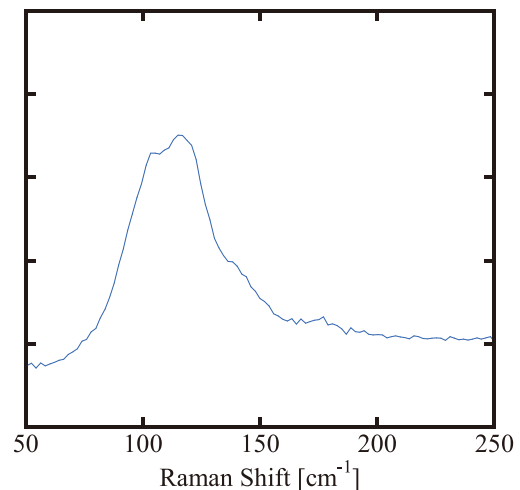
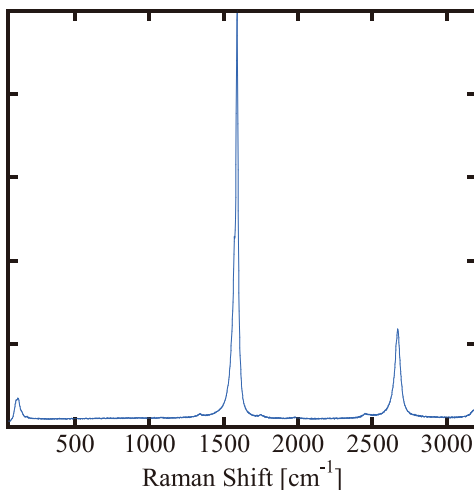
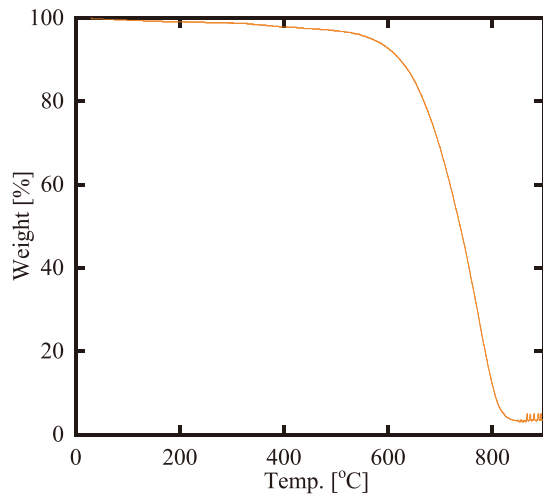
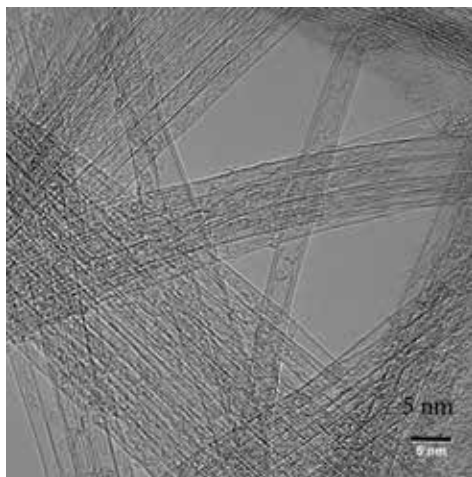
分散液に含まれる CNT - 2

2. 単層CNT

自製単層CNTの特長 - 2

CNTは製法により反応を触媒するための金属化合物が含まれることがあります。その割合は製法により異なりCNT純度が90%程度のものから様々です。弊社自製のCNTは95%以上の純度があります。

自製単層CNTの形状について紹介します。直径方向の大きさは、ラマン分光法、透過型電子顕微鏡 (TEM) での観測結果から約2nmとなります。チューブ長については正確な分布は現在分かっておらず、一部の研究から10 μ m程度と推定されております。

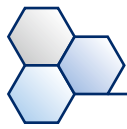


図． 自製単層 CNT の TEM 写真(左上)、熱重量分析(右上)、ラマンスペクトル(左下)、RBM(右下)

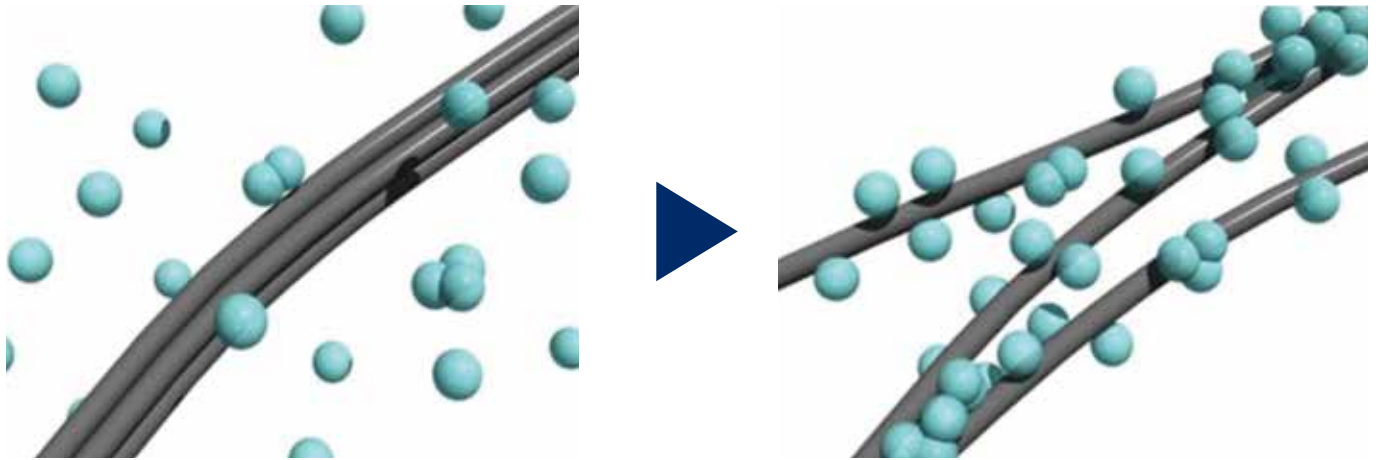
2. その他の単層CNTおよび多層CNT

要求性能とコストバランス、あるいは特定の品種の単層CNTの使用を既に想定されている場合に、既に市場に販売されているCNTであれば分散処理を試みる事が出来ます。多層CNTについては全て社外品を使用しております。

多層CNTの形状について既に実績のある分散液では、直径方向の大きさが約10nm、チューブ長1.5 μ mのCNTを使用しております。



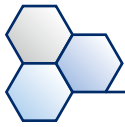
FUJICASOL® の CNT の分散イメージ



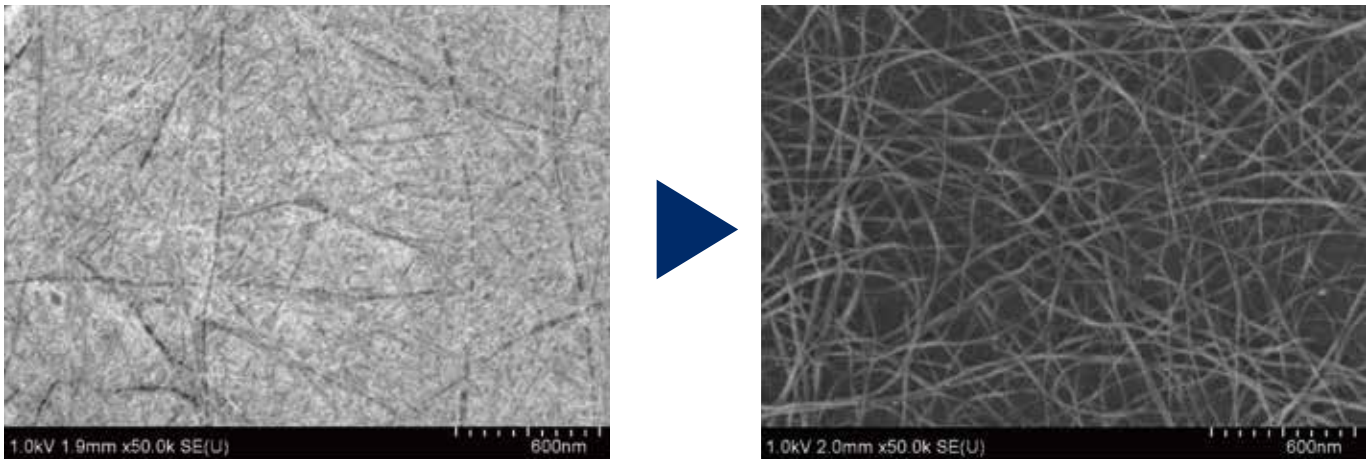
図． FUJICASOL® の分散剤による CNT の分散作用

FUJICASOL®で使用する分散剤の作用について説明します。

CNTは疎水性が強い物質のため液体中に分散する前は凝集しています。分散剤は表面に電荷を帯びた微粒子でCNT表面と電氣的相互作用によりCNTに付着していきます。分散剤同士は互いに電氣的斥力により反発し合うために分散剤の付着したCNTは徐々にほぐれていきます。弊社では初期の分散工程に超音波ホモジナイザーを使用してCNTの分散を促進する処理をしております。

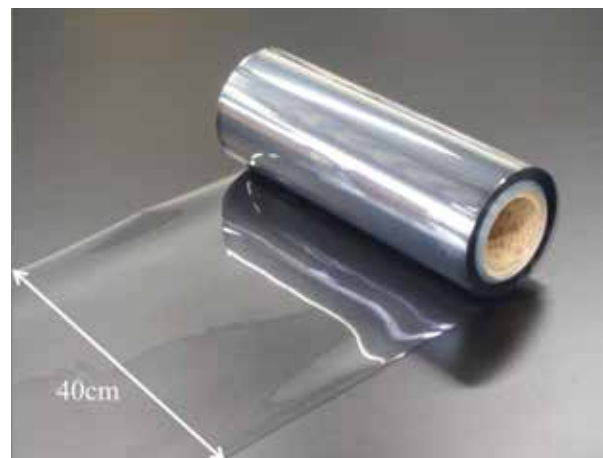
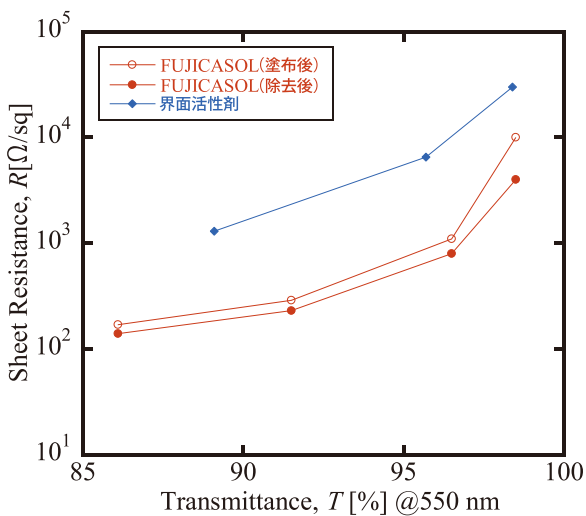


塗布後の CNT から分散剤を除去可能

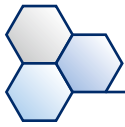


図． FUJICASOL[®] を塗布した膜の洗浄前後の電子顕微鏡像(左) 洗浄前 (右) 洗浄後

FUJICASOL[®]の分散剤は塗布後の洗浄処理で容易に溶解除去することができます。FUJICASOL[®]を塗布した膜を洗浄液に数分程度浸漬することで分散剤を除去することが可能です。その結果、CNT間のネットワークの導通が改善され、シート抵抗が下がります。この様なプロセスで作製した単層CNT透明導電膜の膜特性を図に示します。分散剤を除去することにより性能向上することを確認しています。例えば、光透過率90%の膜の場合には、塗布後、洗浄後の単層CNT透明導電膜のシート抵抗値はそれぞれ、400Ω/sq、300Ω/sqで、25%程度性能が向上します。FUJICASOL[®]を用いれば汎用的な界面活性剤と比較して低いシート抵抗値を実現することができます。また、Roll to Roll方式にも適用可能でスケールアップにも対応できます。



図． FUJICASOL[®] により作製した単層 CNT 透明導電膜の膜特性(左図)、
単層 CNT 透明導電フィルムの外観(右図)



よくあるご質問 - 1

◆ CNTの分散状態はどのくらいの期間持続しますか？

FUJICASOL®の製品構成により異なりますが、単層CNTの水系分散液の代表的な製品では3カ月以上は沈殿することなく安定的に分散状態を保っております。

◆ 分散液の使用する際に注意することは？

多層CNT分散液は沈降する場合があります。その際には、バス型超音波分散機で数分間超音波照射して再分散してください。

◆ 溶媒の種類はどのようなものがありますか？

水、IPA（イソプロピルアルコール）またはNMP（N-メチル-2-ピロリドン）溶媒を使用した分散液を提供可能です。そのほかの溶媒にも対応可能なものもありますので、一度お問い合わせください。

◆ FUJICASOL®を希釈するとCNTは凝集してしまいますか？

希釈しても良好な分散状態を保ちます。

◆ 濃度の高いCNT分散液が欲しいです。

単層CNT分散液の場合、0.05% (w/w) を基準濃度にしており、多層CNTの分散液では0.5% (w/w) を基準としております。これらがFUJICASOL®の扱いやすさを考える上で上限に近い濃度と考えております。特に単層CNTは直径が小さく、質量当りの表面積が大きい物質であり、同じ質量濃度でも一定の空間内に分散するCNTの数が多層CNT等に比べてかなり多くなります。そのため、CNT間の相互作用が高濃度になるにつれて大きくなります。例えば0.1%付近になると極端に流動性が変化して粘性が高くなる等、分散のバランスに変化点があります。

FUJICASOL®の開発当初よりバーコーターやロールコートなどの機器での扱いやすい粘度を想定してCNTの濃度を設定した経緯もあり、上記の濃度を基準としております。製品の使用用途により許容される分散液の粘度が異なります。実際の製品仕様の選定ではサンプル評価を進めながらCNTの濃度についても調整いたします。

◆ ペースト状の分散液が欲しいです。

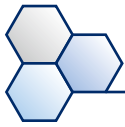
粘度の高いCNT分散液にも調製出来るのですが、製品の品質規格をどのように管理するかは課題があります。一度、ご相談ください。

◆ FUJICASOL®に使用している分散剤だけで購入できませんか？

分散剤単独での販売はしておりません。

◆ FUJICASOL®に使用している分散剤の成分はどんなものですか？

分散剤に使用している物質については情報開示しておりません。CNTの塗布処理を検討されている対象への分散剤の機能阻害等の相性が懸念される場合は予め使用できない元素について開示いただき、それを避ける構成で提案しております。



よくあるご質問 - 2

◆ 単層CNTの塗布を考えています。CNTの膜厚はどのくらいになりますか？

使用されるFUJICASOL®を希釈してどのような濃度で、単位面積あたりどれくらい時間をかけて塗布をするのか、またバーコーター等の機器を使用する場合、どれほど液体を引き延ばすのか等の設定次第で変わります。実際の膜厚を正確に測定することは難しいところですが、1μm以下です。

◆ 分散剤の除去に使用する洗浄液とはどのような物ですか？

具体的な成分名は開示しておりませんが、汎用的な鉱酸の希薄液に浸すだけで除去することができます。洗浄液への浸漬時間は5分程度取っていただければ十分に効果があります。

◆ ロールコートでフィルムへのCNT塗布を行う場合、分散剤除去のための洗浄はどのようにすれば良いですか？

CNTの塗布と分散剤の洗浄除去は別のプロセスとして扱い、工程別にラインを用意して頂くか、必要量だけカットして洗浄して頂きます。

◆ CNTを対象の基材に接着したいです。バインダーは含まれていますか？

FUJICASOL®にはバインダーは含まれておりません。目的のためCNT分散液側にバインダーを混合したい場合には予めCNTの分散状態に影響しないかなど品質の評価をする必要があります。あるいは、CNTを付着させたい基材に、バインダーをプリコートした基材を使用する必要があります。

◆ 樹脂にCNTを配合したいのですが、その場合分散剤は除去できないのでしょうか？

FUJICASOL®の樹脂向けの粉末体は分散剤を含んだままとなりますので分散剤の除去は困難です。分散剤が残留することでCNT本来の物性が100%出る訳ではありませんが、導電性の付与や強度の向上などの効果は期待出来ます。

◆ FUJICASOL®の配合された樹脂ペレット(マスターバッチ)は販売されていますか？

弊社ではFUJICASOL®配合済みの樹脂は取り扱っておりません。樹脂への混練向けに分散処理をしたCNTの乾燥物を用意することはできます。ペレット化は弊社外への加工委託が前提となります。

◆ CNT以外の炭素材料も分散をお願いしたいのですが？

CNTの他にカーボンブラック・フラーレン・グラフェンなどの炭素材料も分散可能です。興味のある炭素材料がありましたら弊社でテストサンプルを調製することができます。ただしどんな物質でも均一分散出来る訳ではありませんので予めご了承ください。



安全上の注意点



手袋着用



保護メガネ着用



マスク着用

FUJICASOL®は繊維状微粒子であるCNTを含んでおります。また製品構成によっては有機溶剤を使用している場合がありますのでご使用前に必ず製品SDSをご一読いただくようお願い致します。

1. 取扱い上の注意

- 取扱う場合は、目や皮膚に直接触れないように保護具・保護衣（手袋・メガネ・マスク・長袖・長ズボン）を着用して下さい。
- 特に溶剤を含む分散液を取扱う場合は、引火の危険性があるため火気の使用は避け、換気の良い場所で使用して下さい。

2. 応急処置

- 吸入した場合は、空気の新鮮な場所へ移動し、呼吸しやすい姿勢で休息して下さい。
気分が改善せず悪い時は、医者の手当を受けて下さい。
- 皮膚に付着した場合は、速やかに洗浄し、異常があれば医師の手当を受けて下さい。
- 眼に入った場合は、水で数分間注意深く洗眼して下さい。コンタクトレンズを着用していて容易に外せる場合は外して洗浄を続けて下さい。眼の刺激が持続する場合は、医師の診断・手当を受けて下さい。
- 飲み込んだ場合は、口をすすぎ、うがいをして下さい。
気分が悪い場合は医師の診断・手当を受けて下さい。

3. 保管上の注意

- 容器は密閉して換気の良い冷暗所で保管して下さい。
- 施錠して保管して下さい。



富士化学について

社会の『必要不可欠』に 富士の化学力を

Top brand of sodium silicate

当社は珪酸ソーダの国内トップメーカーとして
全国の拠点から安定供給しています。
また、岐阜県のテクニカルセンターを中心に、
お客様への技術協力や珪酸ソーダの
新たな可能性に挑んでいます。



珪酸ソーダの国内トップメーカーとして全国の製造拠点から供給

合成シリカやシリカゾル、地盤改良材や各種無機バインダーなど、多種多様な用途で欠かせない珪酸ソーダ製品を生産。ユーザー工場に近い場所に、グループ企業・協力会社を含めた全国の製造拠点から安定供給し、国内で高いシェアを誇っています。

弊社では珪酸ソーダの基礎研究を積極的に進めています。また、そこから得られた知見を応用するべく技術開発も行っているほか、開発した応用技術を新たな製品開発につなげています。さらに、お客様のニーズを開発体制にフィードバックすることで、より社会に貢献できる製品づくりに役立てています。FUJICASOL®も珪酸ソーダの研究から着想を得た技術が盛り込まれております。





富士化学株式会社

<https://www.fuji-chemical.com>



■ 【お問合せ先】 平日 8 : 30 ~ 17 : 30

営業開発部 技術グループ

〒509-9132

岐阜県中津川市茄子川字中垣外 1683 番 1880

TEL 0573-68-7222 FAX 0573-68-7228

■ 本 社 〒534-0024 大阪府大阪市都島区東野田町 3-2-33
TEL 06-6358-0185 FAX 06-6358-1128

■ 大阪営業所 〒534-0024 大阪府大阪市都島区東野田町 3-2-33
TEL 06-6358-1128 FAX 06-6358-0223

■ 東京営業所 〒103-0027 東京都中央区日本橋 2-5-10
宝明治安田ビル 5F
TEL 03-3275-9333 FAX 03-3275-9335

