

第 10 回 討論会レポート

2019 年 3 月 14 日（木）

東京・御茶ノ水 連合会館 502 会議室

スーパーコンポジット研究会第 10 回討論会は、3 月 14 日（木） 東京・御茶ノ水 連合会館で開催されました。講演、討論、交流会と充実した時間を過ごすことができました。当日のレポートをお届けします。

プログラム

	発表・講演者
講演 1 「機能性ナノコンポジットゲルの創製と最近の展開」	日本大学生産工学部（研究所）教授 原口 和敏 氏
講演 2 「いろいろな昆虫が作るシルクから新素材ーミノムシやスズメバチのすごいシルク」	農研機構 生物機能利用研究部門 新素材開発ユニット ユニット長 亀田 恒徳 氏
製品・技術紹介 「ブッス・ニーダー技術の進化」	(株)ブッス・ジャパン 代表取締役社長 平井 和彦 氏
交流会	

<講演1> 「機能性ナノコンポジットゲルの創製と最近の展開」

日本大学生産工学部（研究所）教授 原口 和敏 氏

原口教授は有機（高分子）—無機（クレイ）ネットワーク構造からなり革新的な力学特性と多くの機能を有するナノコンポジットゲル（NC ゲル）を創製した。

講演では初めに NC ゲルの合成方法と構造、力学物性および多様な機能について概説され、その後で最近の研究成果 4 件について詳細に説明された。

NC ゲルは水中で層状剥離したクレイナノシート存在下でアクリルアミド誘導体をラジカル重合することによって合成される。クレイ（無機粘土鉱物）としては、直径 30nm の合成ヘクトライト

(図1(a))が好適である。NCゲルは図1(c)に示す有機(高分子)-無機(クレイ)ネットワーク構造を有する。

このような構造上の特徴によってNCゲルは、

- ・可逆的な伸縮、紐結び延伸、曲げ、突き刺し、圧縮などの変形に耐える力学的タフネスを有し、任意の形状、大きさに賦形できる(図1(b))。

- ・光学異方性、超疎水性、自己修復性、細胞培養などの機能を発現する。

後半では、最近2年間の研究成果として、次の4点が紹介された。

① 開始剤フリー光重合：光開始剤を用いずに、紫外線を照射するだけでNCゲルを合成。広範囲で均一なネットワークが形成される。

② クレイ-シリカ-アクリルアミド誘導体 三

成分系NCゲル：ゾル・ゲル反応でゲル内部にナノシリカ粒子を作製することによって力学物性が向上。

③ 筋肉レベルの応力最大化：環境を水とNaCl水溶液(5M)の間で変化させることによって、人の筋肉の収縮応力(170kPa)と同じレベルの4Nの収縮応力が可逆的に発現。

④ 瞬間強力接着能：NCゲルは素焼きセラミックス、コンクリートなどの親水性の無機多孔質素材やポリマーメンブレンなどの有機多孔質フィルムに瞬間的に強力に接着する。

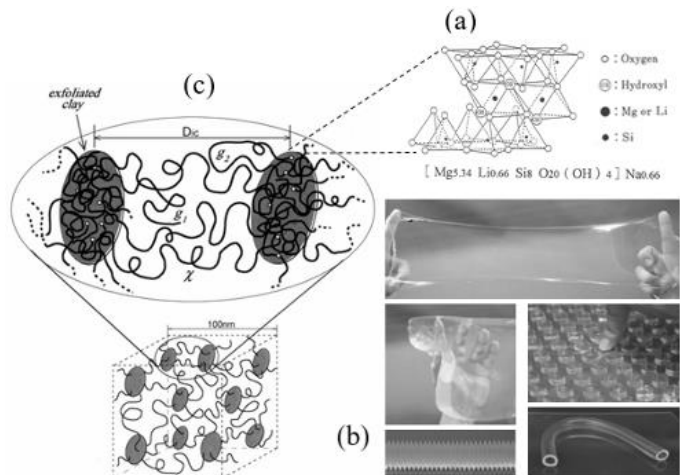


図1 (a) クレイナノシート(ヘクトライト)の構造, (b)均一透明な各種形状NCゲル, (c)NCゲルの有機(高分子)-無機(クレイ)ネットワーク構造

<講演2> 「いろいろな昆虫が作るシルクから新素材—ミノムシやスズメバチのすごいシルク—」

農研機構 生物機能利用研究部門 新素材開発ユニット ユニット長 亀田 恒徳 氏

農研機構は自然界に生息しているカイコのような糸を吐く昆虫やクモの中から卓越した物性を示す新種のシルク<未知・未利用シルク>を探し出して、より高性能・高機能のシルクを開発する研究を行っている。

講演では、スズメバチ幼虫が吐くシルクとミノムシが吐くシルクについての研究成果が紹介された。

スズメバチ幼虫の吐くシルクはホーネットシルクと呼ばれている。農研機構はホーネットシルクの水溶液化に成功し、爪修復剤(ネイルローション)などの化粧品分野、医療分野などにおいて製品化した。また、ホーネットシルクをフィルム化して、オーディオ用トランスなどの電子材料分野で製品化した。今後は創傷被覆材や人工角膜などのさらに高度な医療材料への展開が目標とされている。

クモの糸が革新的バイオ素材として盛んに研究されている。しかしクモは共食いの性質を持っているために、クモ糸の大量生産は難しい。農研機構はクモより重く、ぶら下がって自重を支えるムシとしてミノムシに注目して、ミノムシが吐く糸からクモの糸を越える天然繊維が得られることを見出した。ミノムシの吐く糸の物性を表1に示した。弾性率、破断強度、タフネスでクモの糸を上回ることが確認された。高い秩序性を有する階層構造を延伸時に破断まで維持することが、高性能の要因と推測された。ミノムシの習性を利用した1本の長繊維を真っ直ぐ、長く採糸する基本技術も開発された。

表1 ミノムシの糸の物性

	弾性率 / GPa	破断強度 / GPa	破断伸び / %	タフネス / MJ/m ³
ミノムシの糸 (オオミノガ幼虫)	28 (± 2.1)	2.0 (± 0.2)	32 (± 3)	364 (± 44)
クモの糸* (オニグモ)	10	1.1	27	160
カイコの絹糸*	7	0.6	18	70

* (物性値は Gosline J. M. et al. J Exp. Biol. 202, 3295 (1999) より引用)

ミノムシの糸は、FRP 用繊維、再生医療用素材などへの製品化が期待され、農研機構は興和株式会社と製品化に向けた共同研究を行っている。

<製品・技術紹介> 「ブッス・ニーダー技術の進化」

(株)ブッス・ジャパン 代表取締役社長 平井 和彦 氏

ブッスはスイスに本社を持つ混練装置メーカーである。1946年に単軸往復動混練機であるブッス・ニーダーの開発製造を開始し、70年以上にわたりプラスチック業界、食品業界などにおける混練工程の生産性向上、製品品質向上に貢献してきた。特に温度やせん断に敏感な材料の混練においては最良の装置として、日本にもユーザーが多い。その代表例として、ケー

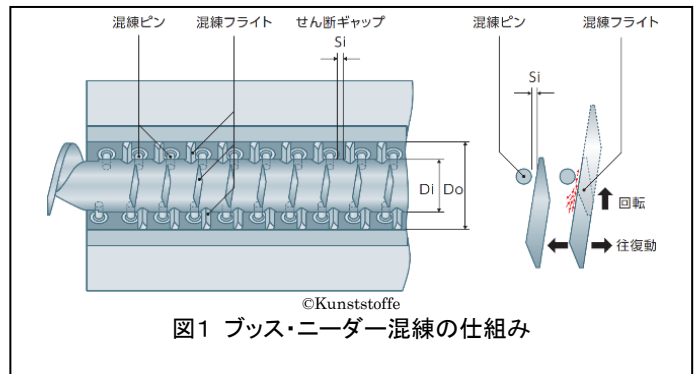


図1 ブッス・ニーダー混練の仕組み

ブル絶縁用コンパウンド、医療用高品質 PVC ペレット、ハロゲンフリー難燃ポリオレフィン (HFRR)、架橋ポリエチレン (XLPE) のペレット、食品産業におけるチューインガム用ガムベースなどがある。

ブッス・ニーダーでは、単軸のスクリーが単純な回転ではなく、一回転する間に軸方向に一往復する動作を繰り返す。スクリーは混練フライト（羽根）を持ち、混練ピンが混練フライトの開口部に対応するようにバレル内面に固定されている。スクリーの回転と往復動の組合せにより混練フライトと混練ピンとの間で高度な分散混合をもつ強力な延伸流動が起こる。これによってマトリクス材料及び添加剤の凝集が崩壊する。径方向と軸方向の混合効果の組合せの結果、効率よい分配混合が行われ混練部の最終部分では均質な混練を確実に行うことができる。

第一世代ブッス・ニーダーのスクリーは、外周に3枚の混練フライトがつく仕様であったが、2000年に導入された4枚フライトの技術が採用された。

2018年に発表された COMPEO（コンペオ）シリーズは、熱可塑性樹脂、強化プラスチック、エンジニアリングプラスチック、マスターバッチ、からエラストマー、ゴムに至るまで一台で様々な用途に対応し幅広い作業工程に対応できるよう、高い柔軟性・堅牢性ととも作業工程の安定性向上を実現した。耐熱温度 400℃まで対応でき、非常に広いプロセス設定範囲が可能となった。操作性の向上やオペレーターの安全性向上にも配慮しながら、さらにエネルギー効率の改善による運転コストの削減にも重点を置いて開発された。またモジュールシステムの採用により、各用途それぞれのコンパウンディング

方法に最適な構成が可能となった。

特徴的なのは、スクリーウの羽根を2枚から3枚、4枚、6枚まで選択できる混練エレメントを採用し、新しいプロセスエンジニアリングの可能性を広げたことである。これまでのスクリーウ技術（3枚または4枚フライト）に新開発の2枚及び6枚羽根のエレメントを組み合わせることで、高い処理能力と入力エネルギーの抑制という、これまでは相反してきた2つの大命題を同時に解決することが可能となった。

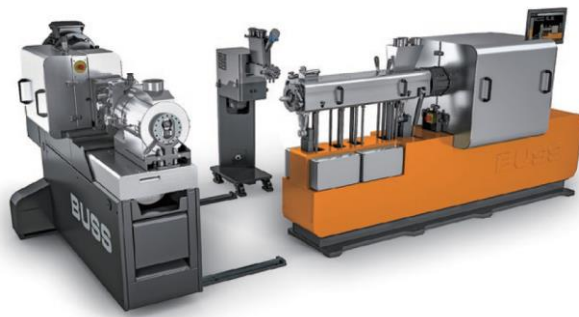


図2 COMPEO 外観

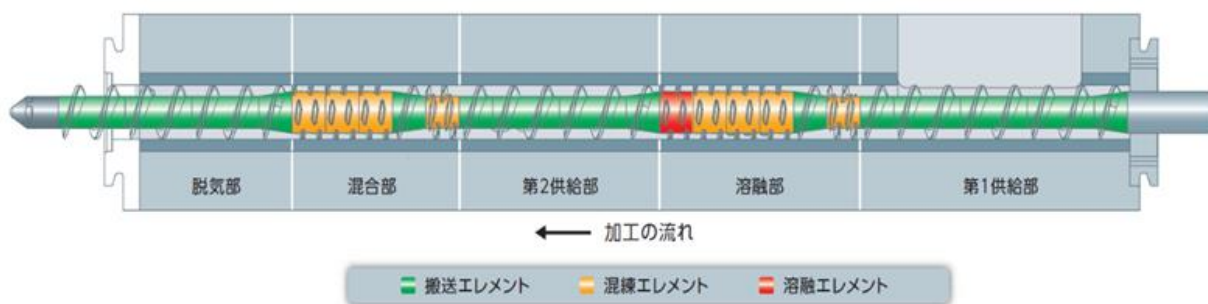


図3 COMPEO による混練システム例

<交流会>

参加者の多くが、交流会に参加されました。討論の続きや参加者同士の交流と、盛況裡に第10回討論会を終えることができました。