

耐熱・断熱製品の湿式脱水成形技術（前編）

～分散と凝集の基礎～

研究開発本部 浜松研究所 堀内 修

1. はじめに

当社では、用途に合わせさまざまな特性・機能を有する耐熱、断熱製品を製造・販売している。

耐熱、断熱製品の製造工程には、水を使わずに、あるいはごく少量の水で原材料を混合し、主にプレス装置で圧縮成形する乾式成形と、水を添加して混合し成形する湿式成形、あるいは水中で原材料を混合し、その後金型で脱水して成形する湿式脱水成形がある。これらの成形方法は、使用する原材料や、製品の特性、形態により使い分けている。

当社での湿式脱水成形におけるスラリー作製から脱水成形工程での技術的アプローチについて本稿と次稿の2稿にわたって解説する。まず本稿では湿式脱水成形技術（2、3章）とその重要因子であるゼータ電位（4章）について解説する。

2. 湿式脱水成形製品とその製造工程

湿式脱水成形では、水中で原材料を混合して懸濁液（スラリー）を作製し、スラリーから固形分を脱水ろ過することで成形体を作製する。代表的な湿式脱水成形としては、製紙で用いられる抄造が挙げられる。製紙では抄紙機を用いて連続的に成形が行われている。それ以外の業種では、製品種、製品厚さによって、金型を用いたバッチ成形が行われている。

当社において湿式脱水成形で製造する製品の製造工程を2例紹介する。例えば図1～2に示したような、内壁・天井、軒天材であるTOMBO™

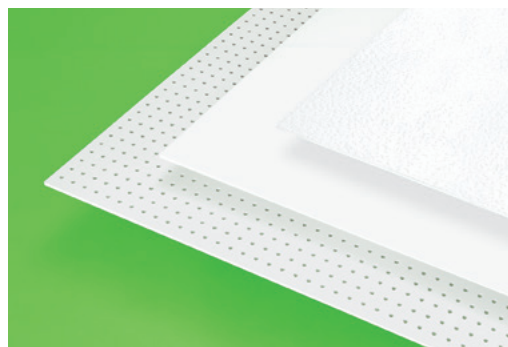


図1 TOMBO™ No.6458 「エコラックス®」

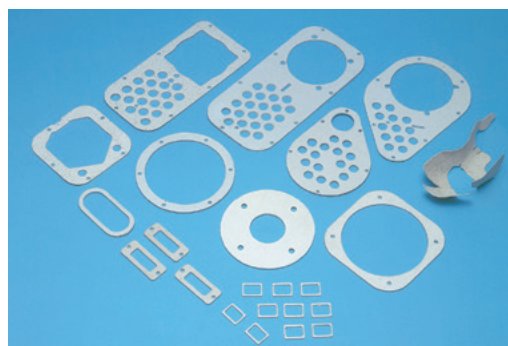


図2 TOMBO™ No.6702 「NAミルボード」 打ち抜き加工品

No.6458 「エコラックス®」、汎用断熱シートであるTOMBO™ No.6702 「NAミルボード」は、図3に示したような抄造機を用いて湿式脱水成形している。

また図4に示した高温用断熱ボードであるTOMBO™ No.5461 「RFボード®」、図5に示したモールド形状断熱材であるTOMBO™ No.5465 「ファインフレックスBIO® モールド」は、図6に示したような吸引脱水成形で製造している。

抄造機での成形と金型での成形は、成形装置は異なるが、どちらもスラリーを使った成形であることが共通している。

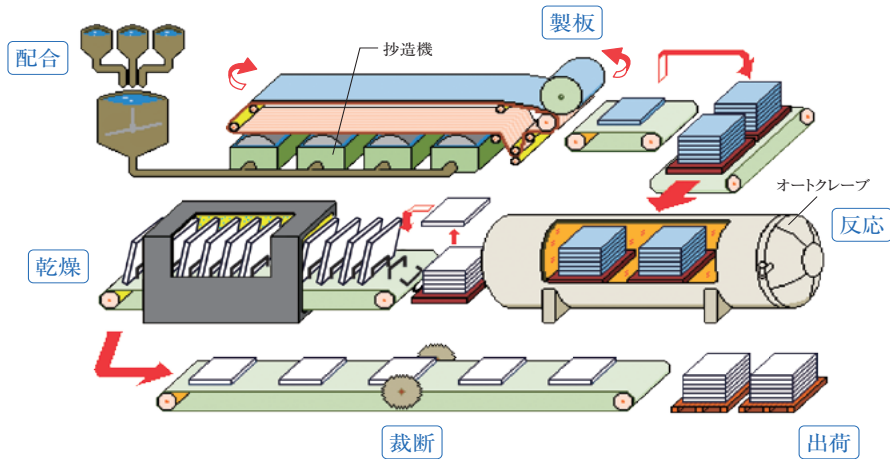


図3 「エコラックス®」の製造工程模式図

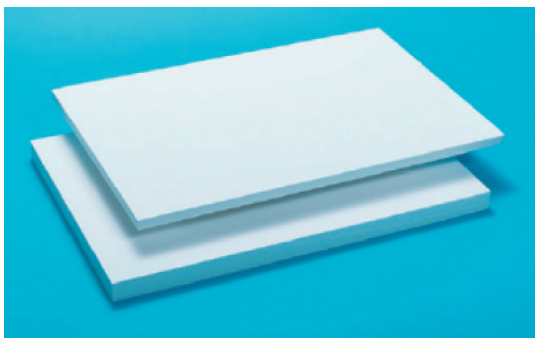


図4 TOMBO™ No.5461 「RFボード®」



図5 TOMBO™ No.5465 「ファインフレックスBIO® モールド」

3. 湿式脱水成形におけるスラリー調整

湿式脱水成形工程では、スラリー調整が重要である。

図6を基に説明すると、①配合・スラリー作製の工程で、有機や無機の繊維・粒子などの原材料を水中で攪拌機を用いて混合し、十分に分散させただけのスラリー（図7（a）の状態）を作製する。そのスラリーを②脱水成形の工程でメッシュを用いて固形分をろ過し成形を行う。しかしそのスラリーでは、メッシュの目開きよりも小さい原材料は、メッシュを通過してしまいろ過できず、成形体にその原料が残らなくなることがある。またろ過した固形分内で、原材料の形状や比重により脱水方向に不均一なる過固形分成形体ができることがある。そのような場合、設計した特性を製品に与えることができなくなってしまう。

その対策として、スラリーに凝集剤を加え、メッ

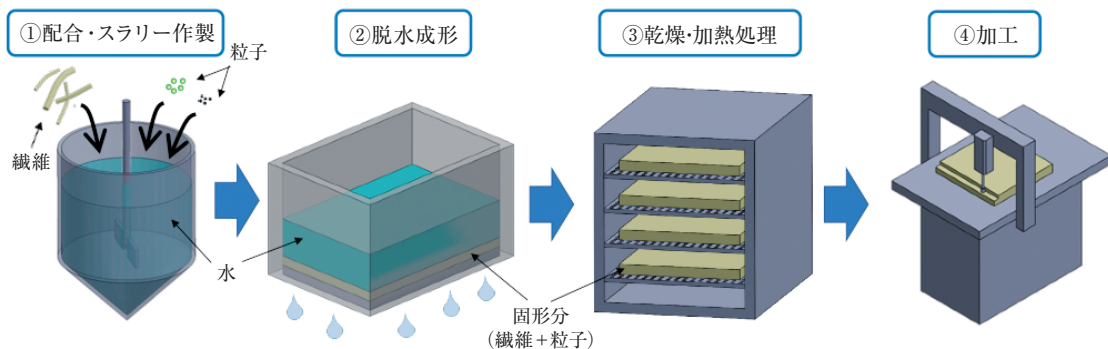


図6 「RFボード®」の製造工程模式図

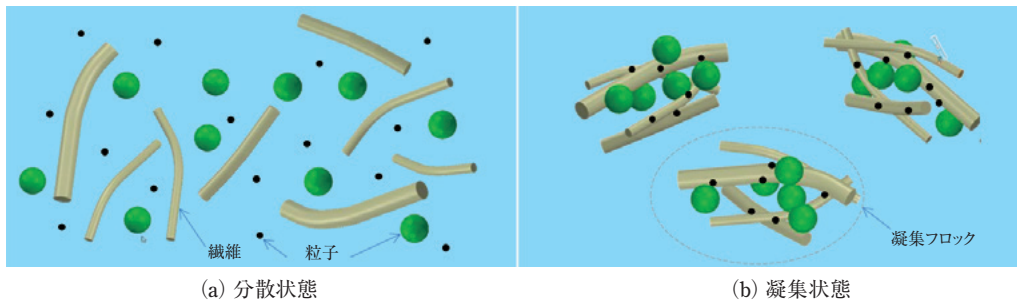


図7 水中での原材料の分散状態と凝集状態の模式図

シュでろ過できるように凝集フロックを作製している（図7 (b) の状態）。この凝集フロックはメッシュ目開きよりも大きいため、脱水成形時メッシュで原材料がろ過され、均一な成形体を得ることができる。

この凝集フロックの大きさ、性状により、繊維配向性や、脱水成形時の脱水性・含水率などが変化し、成形体のかさ密度などの物性や特性が変化することが分かっている。

狙いの凝集フロックを作製するためには、適切な凝集剤の選定が必要である。その時に重要となるのが、水中で原材料が持つゼータ電位と呼ばれる特性値である。そこで、次にゼータ電位について説明する。

4. ゼータ電位

4-1 ゼータ電位とは

ゼータ電位とは、電解質溶液、主に水の中で粒子等固形物表面が有する電位である。これは微細な粒子を分散させた水中に電場を印加した時に、粒子がプラス極かマイナス極に移動することでも確認できる（電気泳動現象）。粒子は水中で、元々表面に存在する官能基の解離や、吸着したイオン、酸化物表面の水和によるOH基により電荷を帯びている。粒子と水との界面近くの水中には、粒子表面と対になるイオンが集まっており、電気二重層と呼ばれるイオン雲を形成している。粒子との距離が離れるほど、対となるイオンの濃度が減少する。電場を加えた水中では、粒子が移動するが、その時粒子と共に移動する水中の対となるイオンと、移動しないイオンとの境界があり、それはすべり面と呼ばれている。

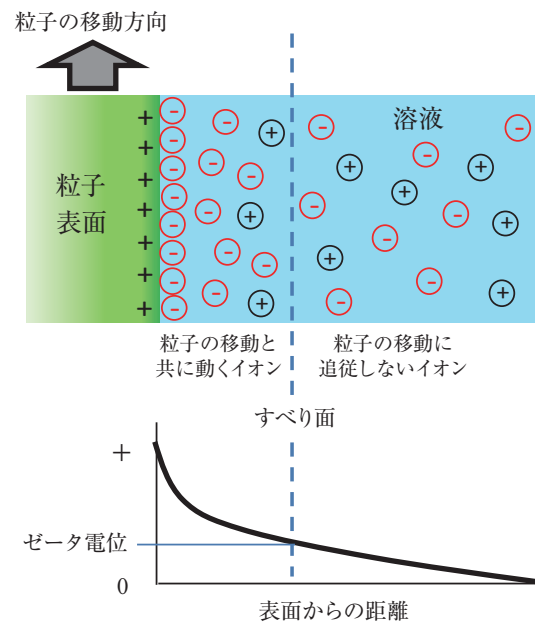


図8 水中での粒子とその周囲のイオンの分布

そのすべり面での電位が、ゼータ電位と呼ばれている（図8参照）。厳密に言えば、粒子表面の電位とは異なるが、実質的にはほぼ同等のものとして一般的には扱われている。

4-2 ゼータ電位による分散と凝集

ゼータ電位による分散と凝集を、コロイド溶液中の粒子をモデルに、図9に示したpHとコロイド粒子のゼータ電位の関係のイメージ図より説明する。

コロイド溶液とは、溶媒中で粒子が沈降せず均一に分散している状態の液体である。

コロイド溶液中の粒子（＝コロイド粒子）に着目してみると、粒子同士がゼータ電位により電氣的に反発することで、ファンデルワールス力による引力によって起こる凝集を防ぎ、かつ、微細なサイズであることによるブラウン運動により、重力

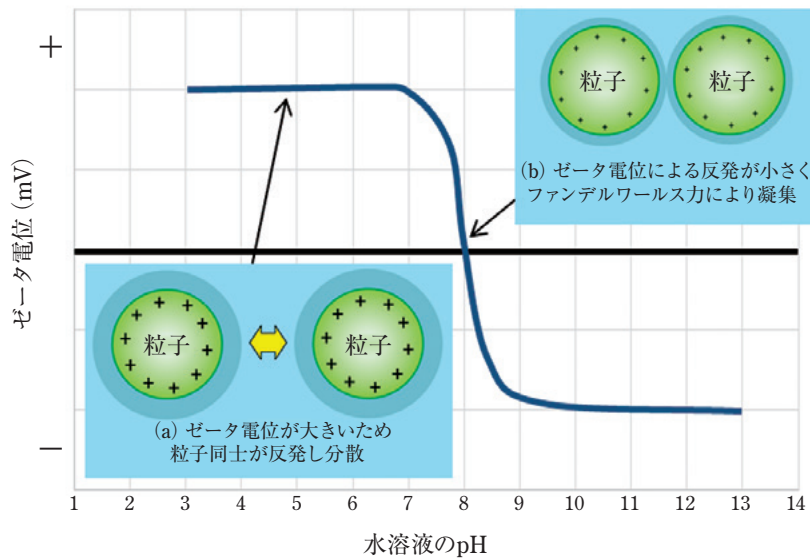


図9 粒子のPHとゼータ電位の関係イメージ図と分散と凝集のモデル

による沈降を防ぐことで、溶液中に分散している状態を保っている（図9 (a) 参照）。そのためpHや電解質濃度によりゼータ電位が小さくなると、ゼータ電位による反発力よりもファンデルワールス力による引力が勝り、コロイド溶液中の粒子は凝集してしまうことが知られている（図9 (b) 参照）。

コロイド溶液中の粒子は一般的に1nm～1000nm程度の微細な粒子であり、ゼータ電位の大小だけでも分散と凝集が制御できる。しかし、上述したような当社製品は、コロイド粒子ほど小さくない有機や無機の繊維・粒子などさまざまな原材料を複数併用している。そのため、水中では重力や、攪拌の水流によるせん断や慣性の力を受けやすく、材料固有のゼータ電位だけでは分散と凝集を制御できない。また複数の原材料を併用することにより、ゼータ電位の管理も複雑になる。しかし個別原材料のゼータ電位を基に、適切な分散剤や凝集剤を併用し、必要な攪拌による水流を与えることで、原材料を均一に分散混合したり、ろ過性と製品特性上適切なサイズや性状の凝集フロックを形成できるようになる。分散剤、凝集剤は、ノニオン性、カチオン性、アニオン性などさまざまな種類があるが、その選定においてもゼータ電位が重要となる。そのためコロイド粒子でない原材料においても、ゼータ電位について把握し、製品によりこれを制御していくことが重要である。

5. おわりに

本稿では、当社の代表的な湿式脱水成形製品の製造工程、成形工程で活用しているゼータ電位について紹介した。

次稿では、実際の原材料のゼータ電位や、その活用例について紹介する。

参考文献

- ・ゼータ電位 微粒子界面の物理化学
北原文雄, 古澤邦夫, 尾崎正孝, 大島広行
(株)サイエンティスト社
- ・【分野別】ゼータ電位利用集 ～基礎/測定/解釈・濃厚/非水系・分散安定等～
(株)情報機構
- ・翻訳 応用界面・コロイド科学ハンドブック
辻井薫, 高木俊夫, 前田悠 (株)エヌ・ティー・エス
- *「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。
- *「エコラックス」はニチアス(株)の登録商標です。
- *「RFボード」はニチアス(株)の登録商標です。
- *「ファインフレックスBIO」はニチアス(株)の登録商標です。

筆者紹介



堀内 修

(執筆時) ニチアス株式会社
研究開発本部 浜松研究所
(現職) 国分工業株式会社