

会報



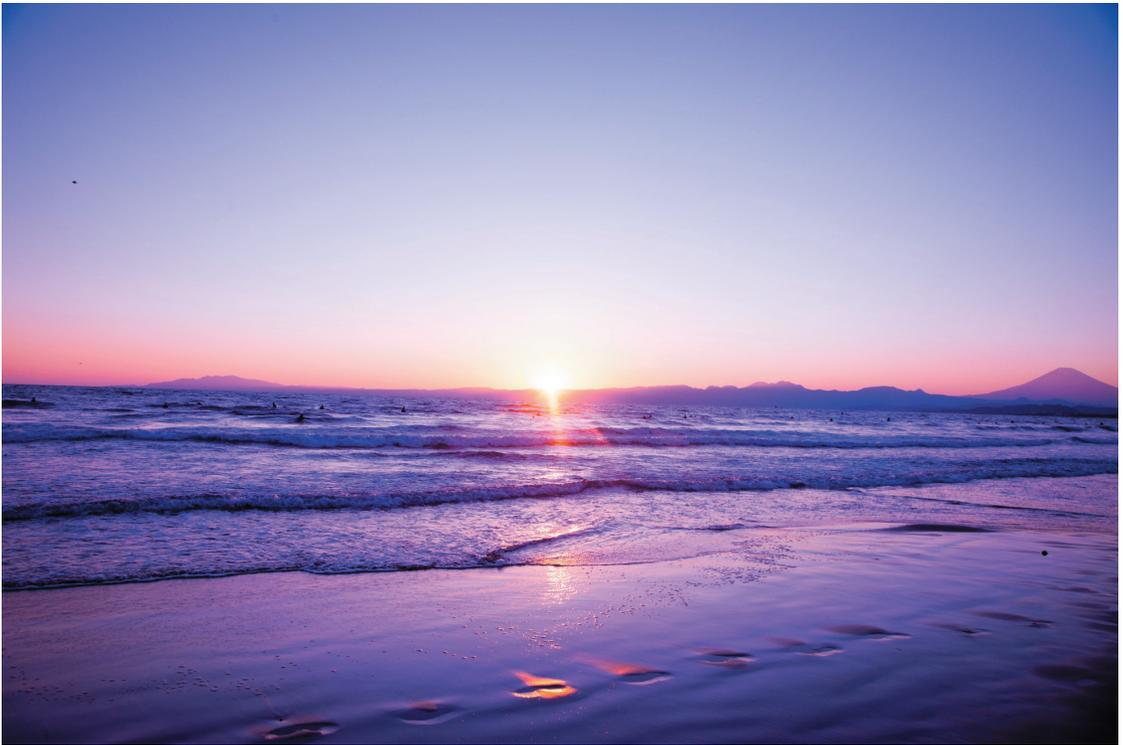
No.305号(2020年新年号)

ISSN 0288-7037

東海化学工業会

〒460-0011 名古屋市中区大須1丁目35番18号 中部科学技術センター内

電話 (052) 231-3070 振替 00810-3-11433



新年のご挨拶



東海化学工業会会長

薬師寺 一 幸

新年、明けましておめでとうございます。

会員の皆様にはお健やかに新年を迎えられましたこととお慶び申し上げます。日頃より本会の運営と活動へのご理解とご支援・ご協力を賜り、厚く御礼を申し上げます。本年も引き続きお力添えを賜りますよう、よろしくお願い致します。

さて、令和元年の昨年について3つ振り返ってみたいと思います。1つ目は、ラグビーや女子ゴルフをはじめとしたスポーツ分野でたくさんの日本人がリスペクトされる形で世界的に活躍したことです。日本人として非常に誇らしく感じました。今年はいよいよ東京オリンピックを迎えますので、更なる日本人の活躍が大変楽しみです。そうした中で、1月31日開催予定の当会の新春懇談会には、オリンピック出場を含めて世界で活躍された元バレーボール選手の大山加奈さん(パワフル・カナ)をお招きしてご講演いただきます。加奈さんはバレーボールの普及・発展のお仕事以外にも、企業からの依頼を受けて多数講演されております。皆様の企業活動や研究活動にとっても有益なお話が聞けるものと思いますので、皆様奮ってのご参加をお願いいたします。

昨年の振り返りの2つ目は、リチウムイオン電池の基本構成を確立された企業内研究者の吉野彰先生がノーベル賞を受賞されたことです。これは日本企業の研究者の実力を示すものであり、日本企業の一員として非常に誇らしく感じました。このことが、若い技術者に挑戦を促し、研究・技術開発の後押しとなることを切に期待いたします。なお、昨年11月29日に開催された当会セミナーではタイムリーに2次電池を取り上げていただいて、最先端のお話を伺うことが出来て、大変有意義でした。今年も秋口にはセミナーを開催いたしますので、テーマ選定を含めまして、皆様の積極的なご参加をお願いいたします。

そして昨年の振り返りの3つ目は、世界的に異常気象が多かったことから地球温暖化への危機感が一層高まるなかで、海洋プラスチックゴミ問題もクローズアップされ、環境問題への意識が一層高まったことです。この環境問題を解決して、サステナブル(持続可能で成長する)社会を実現するには、“化学の力”で、問題を解決していくことが不可欠だと思います。こうしたなか、本会は、①化学技術の水準向上、②東海地方の化学関係諸団体との連携協力、③会員の教養の向上と親和の増進、を目的に活動しており、化学の力で産業の育成と開発を促進しようとする団体です。本会の果たすべき役割はますます重要になっていると考えますので、会員の皆様には、本会の活動や各行事をご理解いただき、積極的にご参加いただき、本会の活性化にもご支援いただくと共に、会員の拡大にもご協力いただければ幸いです。

最後になりましたが、本会員の皆様の今年1年間のご健勝・ご多幸と、本会のサステナブル社会実現に向けた寄与を祈念いたしまして、新年のご挨拶とさせていただきます。

東海技術サロン開催報告

名古屋工業大学

平 下 恒 久

東海化学工業会主催の東海技術サロンが、9月3日(木)に今池ガスビルにおいて開催されました。

本年度は「文化財保存・修復の化学～材質分析から保存処置法の開発まで～」と題して3名の講師をお迎えし、化学から眺めた文化財について、幅広い内容でご講演いただきました。参加者は39名(幹事、講師含む)で、会場では活発な質疑応答が行われました。引き続き交流会にも24名のご参加いただき盛況下での開催となりました。講義演題と概要を以下に紹介します。

1. 「文化財の保存修復現場における化学

—高分子材料の利用を中心に—

独立行政法人国立文化財機構 東京文化財研究所

保存科学研究センター 修復材料研究室長

早川 典子 氏

早川氏からは、巖島神社大鳥居のエポキシ

充填剤による修復、また高松塚古墳壁画の酵素によるクリーニングについてご紹介いただきました。伝統的な修復材料として古糊と呼ばれる接着剤について解説をいただき、本来十年寝かせて完成させる古糊によく似た物性の材料を数週間で調製する方法を紹介いただきました。

2. 「城下町一乗谷の変遷と遺跡保存」

福井県立一乗谷朝倉氏遺跡資料館 主任

宮永 一美 氏

宮永氏からは、一乗谷朝倉氏遺跡は国の三重指定(特別史跡・特別名勝・重要文化財)を受ける貴重な遺跡で城下町全体が遺跡となっており豊富で多様な出土品が発掘されているとご紹介いただきました。礎石などの露出展示による劣化や破片の接着について、また展示のあり方についてもお話いただきました。



写真1 講演の様子



写真2 交流会挨拶の様子

3. 「正倉院宝物の保存修復と化学」

宮内庁 正倉院事務所 保存課 整理室

中村 力也 氏

中村氏からは正倉院について解説いただき、続いて正倉院宝物の修復の実例として、繊細なこよりを使った琵琶のひび割れの修復について、また伎楽面の修復におけるX線回折、蛍光X線、SEMによる分析とクリーニング剤、接着剤、充填剤などを使った修復過程について詳しく解説いただきました。



写真3 交流会の様子

CNF (Cellulose Nano Fiber) 材料の自動車分野 への導入実証・評価・検証について —NCV (Nano Cellulose Vehicle) プロジェクトの紹介—



京都大学

臼 杵 有 光

1 はじめに

セルロースナノファイバー(以下「CNF」という。)は、木材等の植物を原料とし、軽量でありながら高い強度や弾性率を持つ素材として、様々な基盤素材へ活用するために精力的な開発が進められている。家電用素材、住宅建材用素材、自動車部品用素材などが期待されている。将来自動車用素材として利用され、CNFの適用範囲が拡大していく段階には成形加工性や耐衝撃性等の様々な課題が発生することが想定される。そのため、そうした課題を洗い出し、社会実装に向けた課題解決のため、京都大学が事業代表者になり、将来

的な地球温暖化対策につながり、エネルギー起源CO₂削減が期待できる自動車軽量化に重点を置き、環境省が実施する「セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務」の中において平成28年度より「社会実装に向けたCNF材料の導入実証・評価・検証～自動車分野～」の業務を実施している。この業務は産学連携のコンソーシアム形式を採っており、NCV (Nano Cellulose Vehicle) プロジェクトと名付けた。ここではCNF軽量材料の提供を受け、CNF軽量部品・部材としての強度、信頼性等の性能評価を実施するとともに、将来ニーズを加味したCNF自動車の車両構想を明確

にし、CNF活用製品の性能評価や活用時のCO₂削減効果の評価・検証を実施している。ここではその具体的な内容について紹介する。

2 NCVプロジェクトの構成(平成30年度実績)

2.1 全体構成

環境省からの委託を受けて、参画機関がコンソーシアム形式で参加している。その全体構成を図1に示す。京都大学(代表事業者)をはじめとした大学、研究機関、企業等、計22機関で構成されるサプライチェーンの一气通貫体制で構成されている。

参画機関：京都大学、サステナブル経営推進機構、京都市産業技術研究所、宇部興産(株)、金沢工業大学、名古屋工業大学、秋田県立大学、(株)昭和丸筒、昭和プロダクツ(株)、利昌工業(株)、(株)イノアックコーポレーション、キョーラク(株)、三和化工(株)、ダイキョーニシカワ(株)、マクセル(株)、(株)デンソー、トヨタ紡織(株)、トヨタカスタマイジング&ディベロップメント(株)、アイシン精機(株)、トヨタ自動車東日本(株)、東京大学、産業技術総合研究所

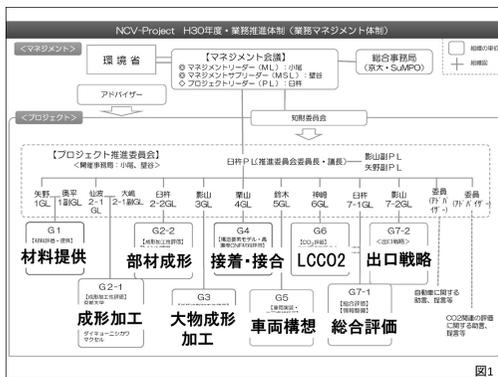


図1 NCVプロジェクト全体構成

2.2 各グループの役割分担

(1) 材料評価、提供グループ

京都大学と京都市産業技術研究所がNEDO

事業で開発した「京都プロセス」技術をベースとして、ナイロン6 (PA6)、ポリプロピレン (PP)、ポリエチレン (PE)、ポリカーボネート (PC) などにCNFを分散した樹脂複合材料のサンプルワークを行っている。また、樹脂複合材料以外にも多種多様なCNFベース素材のサンプルワークが行なわれており、京都大学ではそれらの樹脂複合材料やCNFベース素材を入手し、機械的特性や長期耐久性などの評価を実施し、用途に応じた各参画機関への材料の供給や、参画機関からのフィードバックを受けて、更なる素材の改良指針の作成などを行なっている。平成30年度から宇部興産が参画し、自動車用PA6-CNf複合材料の大量生産や量産に向けた検討を行っている。

(2) 成形加工評価グループ

京都大学と京都市産業技術研究所ではCNF樹脂複合材料を用いた加工性、発泡成形性などを検討している。自動車の軽量化において射出発泡成形は重要なアイテムであるため、このグループで評価を実施している。イノアックはPP-CNf材料を用いて発泡成形を実施し、内装部品などへの適用性を検討している。ダイキョーニシカワはPP-CNfやPA6-CNfを用いて発泡成形を行ない、内外装含めて射出部品への適用性を検討している。三和化工はPP-CNfやPE-CNfの超臨界発泡を行ない、30倍程度の発泡化に成功している。キョーラクはPP-CNfやPA6-CNfのブロー成形を実施し、軽量の板材などを作っている。CNf添加した複合材料は熔融時の粘性が増大するため、ブロー成形には適していることが分かった。マクセルは樹脂メッキ技術を保有し、CNfを添加することによりメッキの接着性が優れることを見出した。

(3) 部材成形評価グループ

アイシン精機はPA6-CNf複合材料を射出

成形することにより、軽量のインテークマニホールドを試作した(図2)。現行品はガラス繊維を30%使用しているが、CNFを15%程度使用した材料で検討を行った。現行品と同等の形状は出せたが、更なる改良に向けた検討を行う予定である。デンソーはPP-CNF複合材料を射出成形することにより、軽量のエアコンケースを試作した。実成形が可能であることは確認できたが、物性を満足するためには更なる工夫が必要である。トヨタ紡織はPP-CNF複合材料を射出成形することにより、軽量のドアトリムを試作した(図3)。また最終試作車ではドアアウターの試作も行った。剛性は満足できるが、今後耐衝撃性などの改良をしていく予定である。さらに内装材ではVOC(Volatile Organic Compounds; 揮発性有機物質)が課題としてありそうなことも分か

ってきた。このように射出成形性はいずれも確認できたが、新しい課題が見つかったため今後も引き続き、製品化に向け課題の洗い出しと検出された課題を解決するための検討を継続していく予定である。トヨタ自動車東日本ではPC-CNF複合材料を射出プレス成形することにより、透明な補強樹脂ガラスの試作を行った(図4)。無機ガラスに比べ50%以上の軽量化が確認でき、最終試作車のサンルーフとバックドアガラスを搭載した。



図2 インテークマニホールド写真(アイシン精機)

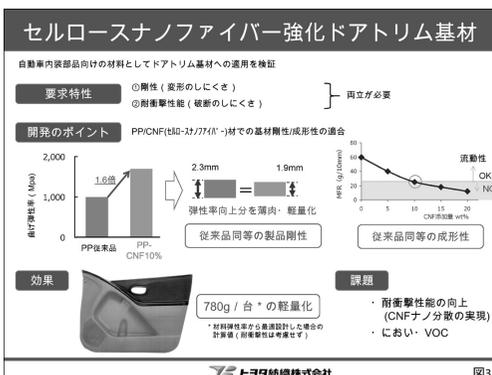


図3 ドアトリム写真(トヨタ紡織)

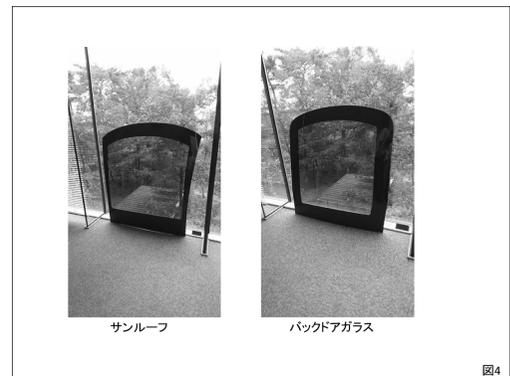


図4 サンルーフ、バックドアガラス写真(トヨタ自動車東日本)

(4) 大物部材評価グループ

金沢工業大学とトヨタカスタマイジング&ディベロップメントではエンジンフード(ボンネット)をRTM(Resin Transfer Molding)手法で成形する方法を検討した。CNFの基材にエポキシ樹脂を流し込んで固めることにより、大物の成形体ができることを実物で確認した。本技術はまだ成形時間などに課題はあるものの、将来の自動車大物部材を製造する上において必須の技術となりうると考えている。平成30年度には、実際の市販自動車であるトヨタ86のボンネットを樹脂-CNF複合材料で置換する検討を行なった。従来の金属製などに比べて10-50%程度の軽量化は確認できた。

(5) 接着・接合、構造要素モデル評価グループ

名古屋工業大学ではCNF複合材料に適した構造要素(シート、パイプ、ハニカムなど)の開発とそれらを接着、接合するための接着手法の最適化を実施している。たとえば昭和丸筒と昭和プロダクツはCNFのシートを使用して紙筒の強度を向上させる手法を見出した。これは自動車のビームなどの補強に使用できることが分かった。その基本の構造設計や評価は秋田県立大学と共同で実施している。この技術は最終試作車のルーフサイドレールとして使用した。利昌工業はCNFのみからなるCNF板材の作製ができ、それとハニカムを接着したCNFハニカムシートを試作した。軽量かつ高強度な板材としてトヨタ86のトランクリッドと最終試作車のエンジンフード等に適用した。

(6) 車両構想評価グループ

トヨタカスタマイジング&ディベロップメント、京都大学、すべての参画機関で協力し、現時点でCNFをできるだけ使用したNCVプロジェクトとしての最終試作車(図5)を作り、今年度の東京モーターショー(10/23-11/4で開催)に出展した。その部材一覧を図6に示した。ドア、樹脂ガラス、エンジンフード、



図5 東京モーターショーに出展した最終試作車の外観

リアスポイラー、パケトレフロントカバー、ホイールフィン、ルーフサイドレール、フロア部材など13品目に適用した(トヨタ車体のバッテリーキャリアは参考出展)。試作車には搭載できなかったが、インタークマニホールド、エアコンケース、インストルメントパネルなどの試作品を展示した。

(7) CO₂評価グループ

サステナブル経営推進機構、東京大学、産業技術総合研究所において、自動車の軽量化によるCO₂の低減効果の検証を実施している。第一に、既存部品の物性値やCO₂排出原単位等CO₂削減効果の評価に関する文献を収集し、選定した自動車の一部部品について製造段階、走行段階、廃棄リサイクル段階のCO₂排出量

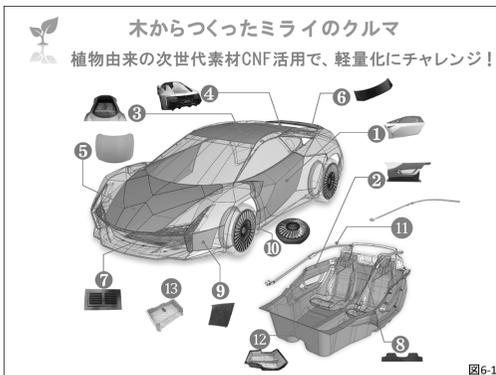


図6 最終試作車の部品一覧

① ドアアウターパネル	トヨタ紡織
② ドアトリム	トヨタ紡織
③ ルーフパネル	トヨタ自動車東日本
④ バックドアガラス	トヨタ自動車東日本
⑤ ボンネット	利昌工業
⑥ リアスポイラー	キョーラク
⑦ フロントアンダーカバー	キョーラク
⑧ パケトレフロントカバー	イノアック
⑨ フロントバンパーサイド	京都大学
⑩ ホイールフィン	京都大学
⑪ ルーフサイドレール	昭和丸筒/昭和プロダクツ
⑫ フロア部材	金沢工業大学/TCD
⑬ バッテリーキャリア	トヨタ車体 (PJ外からの提供)

図6-2

の削減効果を評価した。第二に、CNF製造プロセスの量産時のCO₂排出量の試算方法の検討、必要となるデータ収集項目の抽出を行い、CNF部品の実機搭載におけるCO₂削減効果の評価方法とCNF軽量部品の導入によるCO₂削減効果のシミュレーション技術の検討を行った。第三に、CO₂削減効果の観点からCNF自動車の普及シナリオの策定方法、普及シナリオに基づくCO₂排出量削減効果および社会全体に対する波及効果の評価の枠組みを検討した。

(8) プロジェクト推進に関する情報管理グループ

プロジェクトでは2か月に一度の全体会議を実施し、参画機関全員で情報の共有と議論を実施している。最初は材料側(シーズ側)と自動車部品側(ニーズ側)では意見が合わず話がまとまらないことがあったが、現在ではニーズ側の要求していることがシーズ側に理解されるようになりつつあり、その連携がうまくできるように変わってきた。今後は各種の評価検討結果を踏まえ、CNFの製品の品質向上と社会実装に向けたステップを明確化し、市場投入計画に織り込んでいきたいと考えている。

3 CNFに期待すること

CNFを扱ってきて、特徴をまとめると以下のようになると思う。

- ・軽量、かつ高強度な有機繊維である。
- ・ナノサイズで分散したフィラーであり、リサイクル時に繊維自体の破断の影響が極小である。
- ・原料はパルプなど自然由来であるためカーボンニュートラルな素材である。
- ・資源は日本に豊富にあるため、海外に対す

る優位性があり、低コスト化ができる。

- ・木材だけではなく、稲わら、キャッサバ、サツマイモなどCNFの原料が豊富にある。
- ・セルロースの分子構造(表面に水酸基)が明確であり、樹脂に合わせて極性の制御ができる。
- ・線膨張係数が小さく、寸法安定性に寄与できる。
- ・ガラス相当の比較的高い熱伝導がある。

このような特徴をうまく利用して複合化することにより、自然由来の軽量化素材が新しい産業として生まれてくることに期待している。

4 今後の展望

CNFを将来の自動車用材料に使用するためには、枠を超えた幅広いサプライチェーンの構築が必要となってくると考えられる。NCVプロジェクトでは材料、成形加工、部材試作、自動車への搭載検討といった一連の流れの中で実施してきたが、今後は素材メーカーも含めた連携が必要であり、新たな連携も模索していきたいと考えている。将来は低コスト、低エネルギー生産、環境負荷ゼロの素材として様々な産業分野に貢献できる素材だと考えており、多くの方の参入を期待している。

謝辞

本稿で紹介した内容の一部は、環境省セルロースナノファイバー性能評価事業委託業務により実施したものであり、共同研究者各位に感謝申し上げます。

このうち、配管熱搬送の用途では、PCMを分散させた熱媒体の活用により、保温性向上やポンプ動力低減などの効果が期待される。融点が50℃未満のPCMを活用した低温の潜熱輸送媒体については、冷房用の熱媒体として既に実用化事例も報告されている。ところが、融点が50℃以上の温度帯のPCMを活用した高温の潜熱輸送媒体については、凝固したPCM粒子の凝集・沈降による配管の閉塞や圧力損失の増大などが課題となり、未だに実用化事例が報告されていない。また、熱搬送システムの設計指針構築に向けて、相変化を伴う複雑な流動・伝熱特性を明らかにする必要がある。

東邦ガスでは、上述の50℃以上の温度帯での配管潜熱輸送に有望な材料として、蓄熱密度が高く、食品添加物としても流通しているミョウバンを活用した潜熱輸送スラリーの研究開発に取り組んでいる。本報では、当該スラリーの調製、および、流動・伝熱特性の評価など、研究開発の概要について紹介する。

2 潜熱輸送スラリーの設計

2.1 アンモニウムミョウバンスラリー

硫酸アンモニウムアルミニウム12水和物($\text{AlNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$)は、別名でアンモニウムミョウバンとも呼ばれる。アンモニウムミョウバンの融点は94.5℃、融解潜熱は重量基準で251 kJ/kg、体積基準で412 kJ/Lである。その蓄熱密度の高さから、定置式蓄熱の用途にてアンモニウムミョウバンを活用したPCMが幾つか提案されている^{2,3)}。

アンモニウムミョウバンに水を加えると、融点が94.5℃から低温側にシフトするとともに、スラリー状になることで流動性を有するようになる。その結果、熱媒体として配管搬送することが可能になる。例として、アン

モニウムミョウバンと水を混合し、アンモニウムミョウバンの重量濃度が35 wt%となるように調製した場合、相転移点51℃のスラリーが形成される⁴⁾。図1に示す通り、51℃よりも低温では白濁したスラリー状態、51℃よりも高温では無色透明の溶液状態となる。アンモニウムミョウバンの一部は水に溶解するため、35 wt%スラリーにおいて実際に相変化を起こすのは、スラリー重量の12 wt%に相当するアンモニウムミョウバンである。アンモニウムミョウバンの密度は1.64 kg/Lであるため、35 wt%スラリーが相変化する際に入り出す潜熱量はおよそ49 kJ/Lである。利用可能温度差が10℃の場合、35 wt%スラリーが体積あたり蓄熱・放熱可能な熱量(潜熱と顕熱の合計値)は、温水の約2倍となる。従って、当該スラリーを熱媒体として活用した場合には、温水と同一の流量で搬送可能な熱量を増加させる、または、温水と同一の搬送熱量で流量を低減させる効果が期待できる。



図1 アンモニウムミョウバンスラリー
および溶液の外観

2.2 流動抵抗低減剤と安定剤

アンモニウムミョウバンのスラリーを熱媒体として活用するためには、配管搬送時の流動抵抗を低減するとともに、アンモニウムミョウバンの結晶粒子の凝集・沈降を防止することが課題である。これらの課題の解決策として、配管搬送時の流動抵抗を低減するための抵抗低減剤の添加や、結晶粒子の凝集・沈降を防止するための安定剤の添加が提案されている。

2.2.1 界面活性剤の添加による流動抵抗低減

水に希薄濃度の界面活性剤を添加することにより、配管搬送時の流動抵抗が大幅に減少することが報告されている。また、界面活性剤については、適当な対イオン存在下、臨界ミセル濃度を大きく超えると棒状ミセル構造(図2)を形成することが知られている。界面活性剤の添加による流動抵抗低減の原理については不明点も多いが、配管搬送時に前述の棒状ミセル構造が流れ方向に沿って何らかの集合構造を形成することや、管壁近傍の流れが層流化することが指摘されている^{5, 6)}。このように、界面活性剤が形成する集合構造が乱流の形成を抑制することで、流動抵抗低減効果が発現するものと考えられる。界面活性剤から成る抵抗低減剤については、実際にビル空調システムに導入されているものもある⁷⁾。

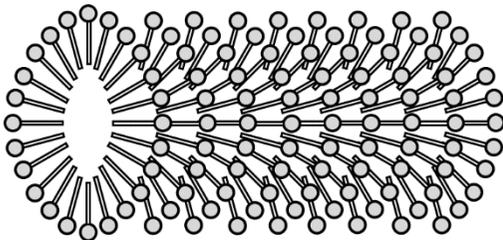
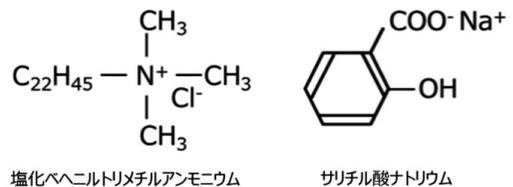


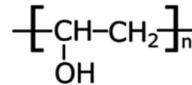
図2 棒状ミセル構造の模式図

Suzukiらは、無機塩水和物と水を混合して得られる潜熱輸送スラリーと上述の陽イオン界面活性剤を組み合わせることで、スラリーの流動抵抗を低減する手法を考案した。更に、本手法をアンモニウムミョウバンスラリーにも適用し、陽イオン界面活性剤として塩化ベヘニルトリメチルアンモニウム($C_{22}H_{45}N(CH_3)_3Cl$)、対イオン供給源としてサリチル酸ナトリウム($C_6H_4(OH)COONa$)を添加することで、配管搬送時の流動抵抗低減効果が発現することを報告している(図3)⁸⁾。



塩化ベヘニルトリメチルアンモニウム

サリチル酸ナトリウム



ポリビニルアルコール

図3 添加剤の構造

2.2.2 PVAの添加による結晶粒子の凝集・沈降防止

不凍タンパク質、シランカップリング剤やポリビニルアルコール(PVA)において、結晶粒子の凝集や成長を防止する効果が報告されている。Hidemaらは、アンモニウムミョウバンスラリーの結晶粒子の凝集・沈降を防止するために、前述の陽イオン界面活性剤とともに、希薄濃度のPVAを添加する手法を提案している⁹⁾。Hidemaらが実施した試験管試験では、アンモニウムミョウバンにPVAのみ添加した条件において粒子の凝集・沈降防止効果が発現しなかった一方、界面活性剤とPVAの双方を添加した条件では4日間程度粒子の

凝集・沈降防止効果が持続した。

3 アンモニウムミョウバンスラリーの流動・伝熱特性

3.1 スラリーの調製

前節で述べた陽イオン界面活性剤とPVAの双方を添加したアンモニウムミョウバンスラリーの調製手順は次の通りである。まず、アンモニウムミョウバンの粉末と水を混合・攪拌して重量濃度35 wt%、相転移点51℃のスラリーを調製する。次に、スラリーを60℃に加熱して溶液状態とする。その後、陽イオン界面活性剤(塩化ベヘニルトリメチルアンモニウム)を2,000 ppm、対イオン供給源としてサリチル酸ナトリウム($C_6H_4(OH)COONa$)を1,200 ppm、安定剤として完全けん化型の



図4 攪拌機とヒータを備えた200 L容量のスラリー調製タンク

ポリビニルアルコール(平均重合度500)を1,000 ppm添加することで、目的のスラリーが得られる。ビーカー内で1 L程度のスラリーを調製する際も、タンク内で100 L程度のスラリーと調製する際も、調製手順は同様である(図4)。

3.2 スラリーの相変化挙動

界面活性剤とPVAを添加したスラリーを加熱して65℃の溶液状態とした後、攪拌しながら自然空冷した際の温度変化を図5に示す。溶液は250 mL容量のポリ瓶内で加熱機能付きスターラを用いて調製したものであり、重量は約250 gである。図5より、溶液は温水と同様に時間経過と共に単調な温度低下を示したが、51.7℃に到達したところで温度が上昇に転じ、溶液状態からスラリー状態への相変化を開始した。前述の温度上昇は、相変化に伴う潜熱放熱によるものである。相変化完了後、スラリーは再び単調な温度低下を示した。

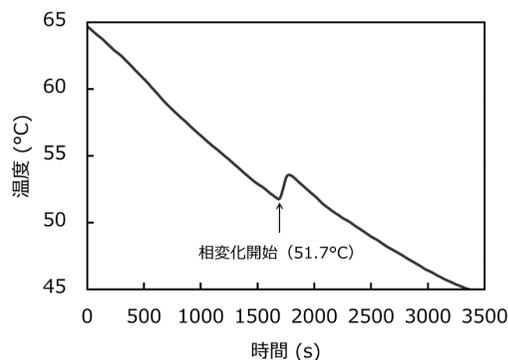


図5 添加剤を加えたアンモニウムミョウバン溶液の自然空冷時の温度変化

前述の通り、潜熱放熱によりスラリーの温度低下が抑制されるため、配管搬送中の温度レベルを維持する効果に加え、配管用断熱材の使用量を低減するなどの効果が期待できる。

3.3 スラリーの流動特性

スラリーの流動特性を評価するため、図6に記載の配管搬送試験装置を構築した。テストパイプ(二重管式熱交換器)の内管に60℃の溶液または50℃のスラリーをポンプ搬送し、テストパイプ両端の圧力トランスデューサにて、テストパイプ内管を通過する際の圧力損失を実測した。テストパイプの内管径は、8 mm、13 mm、25 mmの3条件とした。溶液またはスラリーを保温するため、テストパイプ外管にスラリーと同温の温水を流した。

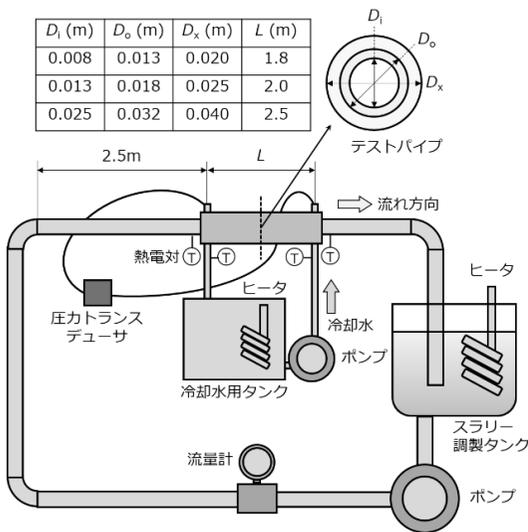


図6 配管搬送試験装置の模式図

図7に60℃溶液および50℃スラリーの流動特性の評価試験結果を示す。縦軸は圧力損失の測定結果から導出した摩擦係数 $f(-)$ 、横軸はレイノルズ数 $Re(-)$ である。比較のため、添加剤なしの溶液とスラリーの試験結果(テストパイプ内管径13 mmの条件のみ)も記載している。図7(a)より、添加剤なしの60℃溶液の摩擦係数は、層流域では理論式($f = 16/Re$)、乱流域ではBlasiusの実験式($f = 0.0791Re^{-0.25}$)と良く一致した。一方、界面

活性剤とPVAを加えた60℃溶液の摩擦係数は、Blasiusの実験式を大きく下回る傾向が見られた。図7(b)より、50℃スラリーにおいても、添加剤により摩擦係数が大幅に低下する結果が得られた。これらの測定結果から、アンモニウムミョウバンスラリーにおいても界面活性剤が抵抗低減剤として有効に機能すること、および、界面活性剤の抵抗低減効果が、管径、スラリーの相変化およびPVAの添加によって阻害されないことが明らかになった。

添加剤を加えたスラリーでは、搬送熱量増加による流量低減効果と界面活性剤の抵抗低減効果の双方により、搬送ポンプ動力を大幅に低減できると期待される。

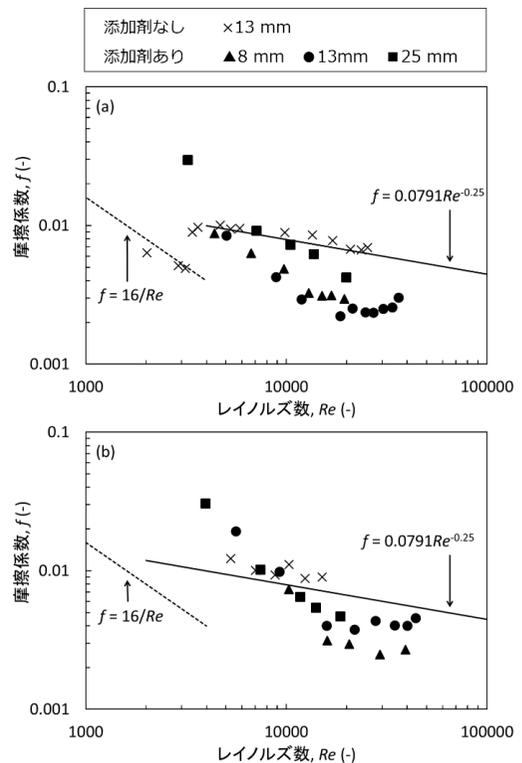


図7 流動特性の評価試験結果
(a)60℃溶液、(b)50℃スラリー

3.4 スラリーの伝熱特性

スラリーの伝熱特性の評価も、図6のテストパイプを用いて実施した。テストパイプ内管には60℃以上の溶液または51-54℃のスラリーを通じ、テストパイプ外管には溶液またはスラリーよりも10℃以上低温の温水を流した。そして、テストパイプ内管・外管の出入口に設けた熱電対、および、電磁流量計で各流体の温度変化と流量を実測し、伝熱量と熱伝達係数を算出した。

図8に60℃溶液および50℃スラリーの伝熱特性の評価試験結果を示す。縦軸は熱伝達係数などの算出結果から求めたヌセルト数 $Nu(-)$ 、横軸はレイノルズ数 $Re(-)$ である。図7と同様に、添加剤なしの溶液とスラリーの試験結果も記載している。図8(a)より、添加剤なしの60℃溶液のヌセルト数は、乱流域においてDittus-Boelterの実験式と良く一致している。一方、界面活性剤とPVAを加えた60℃溶液のヌセルト数は、添加剤なしの条件よりも小さく、Dittus-Boelterの実験式を下回る傾向が見られた。図8(b)より、50℃スラリーにおいても、添加剤によりヌセルト数が低下する結果が得られた。これらの結果は、界面活性剤の添加によって溶液およびスラリーの流れが層流化し、層流から乱流への遷移による伝熱促進が起こらなかったことが原因と考えられる。

添加剤によるスラリーの伝熱抑制に関しては功罪があり、熱交換器においては伝熱面積拡大や界面活性剤の棒状ミセル構造を破壊する機構の導入などの工夫が必要となる一方、熱搬送においては放熱ロスによるスラリーの温度レベル低下を防止する効果が期待できる。

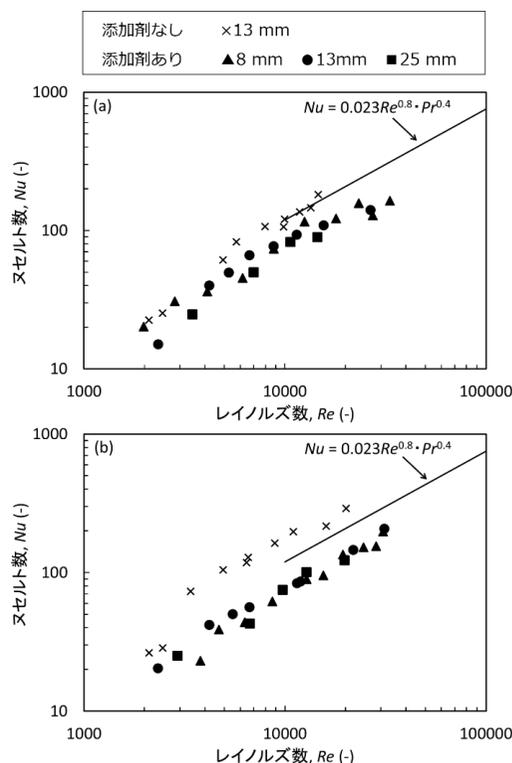


図8 伝熱特性の評価試験結果
(a)60℃溶液、(b)50℃スラリー

4 おわりに

50℃以上の温度帯での配管潜熱輸送に有望な材料として、アンモニウムミョウバンスラリーを潜熱輸送媒体として活用する研究開発事例を紹介した。抵抗低減剤として陽イオン界面活性剤、安定剤としてPVAを添加することにより、高温域の配管潜熱輸送におけるポンプ動力低減、および、PCM粒子の凝集・沈降・閉塞防止の技術課題を解決できる可能性が示された。配管潜熱輸送の実用化に向けては、複雑な流動・伝熱特性について更に詳細な検証を行い、ポンプや熱交換器などの機器側の設計指針も確立していく必要がある。幅広い温度帯において、PCMを活用した熱の時間差利用と空間差利用の双方が可能となれ

ば、熱の活用形態が更に広がるものと期待される。今後も引き続き、PCMの適用温度帯の拡大を図りながら、PCMを用いた蓄熱・熱搬送技術の研究開発と用途開拓を推進していく。

5 参考文献

- 1) New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), "Research and development project for innovative thermal management materials and technologies," (<http://www.nedo.go.jp/content/100749586.pdf>), (accessed 15/11/2019).
- 2) A. Kishimoto, K. Hayasi, "A Phase Change Material," Japanese Patent No. 4830572 (2011).
- 3) K. Nakamura, T. Ina, H. Suzuki, R. Hidema, Y. Komoda, *Int. J. Refrig.*, **100**, 63 (2019).
- 4) H. Suzuki, T. Konaka, Y. Komoda, T. Ishigami, *Int. J. Refrig.*, **36(1)**, 81 (2013).
- 5) D. Ohlendorf, W. Interhal, H. Hoffmann, *Rheol. Acta*, **25(5)**, 468 (1986).
- 6) A. Ushida, A. Ichijo, T. Sato, T. Hasegawa, T. Narumi, *Acta Mech.* **227**, 2061 (2016).
- 7) T. Saeki, *J. Chem. Eng. J.*, **47(2)**, 175 (2014).
- 8) H. Suzuki, T. Konaka, Y. Komoda, T. Ishigami, T. Fudaba, *J. Chem. Eng. J.*, **45(2)**, 136 (2012).
- 9) R. Hidema, T. Tano, H. Suzuki, M. Fujii, Y. Komoda, T. Toyoda, *J. Chem. Eng. J.*, **47(2)**, 169 (2014).

関連学協会の共催・協賛行事

第117回東海技術サロン（CSTCフォーラム）

「だれ一人取り残されないために

＝僕の国キリバスからのメッセージ＝

主催 化学工学会東海支部・(公財)中部科学技術センター・東海化学工業会

日時 2020年2月18日(火) 15:30～19:00

会場 ルブラ王山(名古屋市千種区覚王山通8-18 電話 052-762-3151)

<http://www.rubura.org/access/index.html>

交通 地下鉄東山線池下駅下車 2番出口(サンクレア池下地下1階)より徒歩3分

プログラム

15:30 開会挨拶：化学工学会東海支部
支部長 川瀬 泰人

15:35 「だれ一人取り残されないために
＝僕の国キリバスからのメッセージ＝」
一般社団法人日本キリバス協会
代表理事 ケンタロ・オノ氏
(前キリバス共和国名誉領事・大使顧問)

17:00 懇談会

定員 60名(定員になり次第締め切ります)

参加費 化学工学会ならびに共催団体個人・法人会員会社社員 5,000円, 会員外 10,000円(懇談会費および消費税を含む)

申込方法

下記東海支部ホームページの参加申込フォームよりお申し込み下さい。

参加費は銀行振込(みずほ銀行名古屋支店普通預金 1055521 公益社団法人化学工学会東海支部)または郵便振替(名古屋 00880-7-5640)にてご送金ください。

申込先 公益社団法人 化学工学会東海支部
〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町
名古屋工業大学
生命・応用化学科化学工学研究室
TEL (080) 4525-3070
ホームページ：<http://scej-tokai.org/>

色材セミナー2020『色彩を応用した新しい検査技術』

主催 一般社団法人 色材協会 中部支部

協賛 東海化学工業会 他

日時 令和2年3月19日(木) 13:00~16:55

場所 名古屋市工業研究所 第1会議室
(管理棟3F)

演題・講師

1. 色の変化として金属歪みやコンクリートのひび割れを可視化できるコロイド結晶薄膜

国立研究開発法人物質・材料研究機構

不動寺 浩 氏

2. 共役系有機液体を用いた色の変化で検出できるガスセンサ

東京電機大学 足立 直也 氏

3. 色に応じた出力極性を示す光センサー

東京理科大学 生野 孝 氏

参加費 会員・協賛団体 8,200円、一般 11,200円、学生 2,000円(テキスト代含む、税込)

技術交流会

(講師を囲んで)会員 無料、会員外500円
(管理棟2F、交流フロア 17:00~18:00)

定員 100名(先着順)

申込方法

3月5日(木)までに下記ホームページからお申込みください。

色材協会中部支部

<http://www.shikizai-chubu.org/>

中部科学技術センター 学協会事務局

<http://www.c-goudou.org/>

ホームページからのお申込みが不可の方は、ファクシミリでお申込み下さい。

会費は、みずほ銀行 名古屋支店 普通預

金No.1106150 色材協会中部支部 宛振込み、または、下記申込先に現金書留でお送り下さい。

問合せ先

〒460-0011

名古屋市中区大須1丁目35-18 中部科学技術センター内 色材協会中部支部

電話 052-231-3070

ファクシミリ 052-204-1469

編集委員名簿

委員長

釘宮 慎一 愛知工業大学応用化学科 教授

委員

池田 富彦 中部電力(株) 電力技術研究所

材料技術グループ長 研究主査

伊奈 孝 東邦ガス(株) 技術研究所

スマートエネルギー基盤技術グループ

太田 一徳 産業技術総合研究所

構造材料研究部門 主任研究員

大槻 主税 名古屋大学 大学院工学研究科

応用物質化学専攻 教授

大野 正 日本ガイシ(株)製造技術統括部

試作センター グループ マネージャー

北川 敏一 三重大学大学院 工学研究科

分子素材工学専攻 教授

木全 良典 東亜合成(株) 基盤技術研究所 主査

田中 洋充 (株)豊田中央研究所 有機材料研究室

南雲 亮 名古屋工業大学大学院工学研究科

生命・応用化学専攻 准教授

宮本 学 岐阜大学工学部化学・生命工学科

物質化学コース 准教授