



# Newsletter

価値創造スマートものづくり研究センター

発行：神戸大学 価値創造スマートものづくり研究センター

住所：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1

電話：078-803-6331 Fax：078-803-6396

HP:<http://www.csi.kobe-u.ac.jp/kachi/index.html>

e-mail: [smart-center@org.kobe-u.ac.jp](mailto:smart-center@org.kobe-u.ac.jp)

令和6年春号

Vol.16 2024年5月

## 高分子材料の今

西野 孝（応用化学専攻）

ものづくりを行う上で、このセンターの主旨とする DX, AI, IoT といったシステム系に先立って、そもそもの「もの」自身の重要性はいささかも減ぜられることなく、自然科学の中心課題であり続けています。人類の歴史上、金属として青銅から鉄に移り変わり、陶器が磁器を経てファインセラミックに変遷する中、高分子とは分子量が一万を超える分子と認識されて百年余り、世界中で高分子の生産量が年々増加しており、2020年には3億6,700万トンに上ります。鉄の生産量は2022年に重量として18億8,540万トンですが、体積で比較すれば高分子の方が多くなります。今、皆様がPCやスマホでこの文章を読んでいただいているとすれば、PC、スマホのボディもディスプレイも高分子、半導体素子の中にも高分子、プリントアウトされたとしたらプリンタも紙も高分子、座っておられる椅子も高分子、お召しの服も靴も高分子、床のカーペットも壁紙もカーテン、ブラインドも高分子、そもそも人体の水を除く大部分、肉も皮も内臓も、髪の毛も爪も高分子です。道理で日常あちらこちらで見かけるのが当たり前になった材料となったことが頷けます。

われわれはそんな高分子を対象にした研究を進めており、その一端を紹介します。

図1では、世界の高分子生産量の時代変遷を示しました。1975年を基準として、2020年までに飛躍的な生産量の増大(1360%)が見られ、2040年にはさらにこれが2倍になると予想されています。その内訳について、1975年には9割ほどがポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニルで占められていました。この年に未来予測がなされ、1996年には生産される高分子のほとんどが(超)高性能・(超)高機能高分子に置き換えられると考えられました。ところが実際には相変わらず汎用樹脂の生産量が9割近くを占め、その傾向は2020年になっても本質的に変化はありません。しかも全生産量の半数をポリエチレン(PE)とポリプロピレン(PP)が占める現状です。PEもPPも比重が1以下のとって軽くて丈夫で安価な材料です。それら特性が材料としてメリットであったはずですが、海に流れ着くといつまでもプカプカと浮かんだままとなります。さらに、ポリエチレンテレフタレート(PET)の生産量は四大樹脂よりも少なく(年間8000万トン)、比重も1.4ですが、ボトル形状が災いしてこちらも海面に漂い、目につくことこの上なく汚いです。本来、不法廃棄する人間の問題ですが、プラスチックの環境汚染として間違いなく最重要課題になっています。これまでも幾度となく、たとえば公害のときにも化学が糾弾されましたが、その克服も化学の仕事でした。今回も神戸大学ではさまざまな観点から環境に調和する高分子とその利用法のあり方を提案しています。

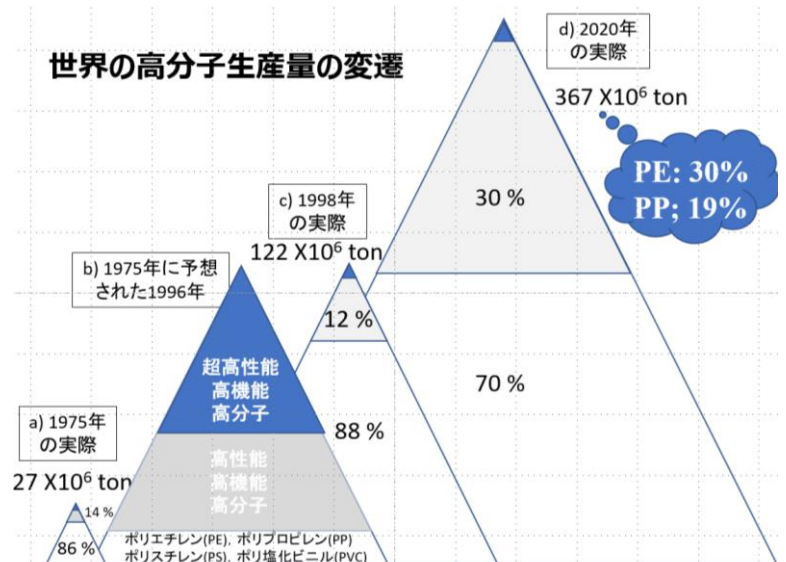


図1 高分子の世界生産量の変遷 予測と実態

それらの中で、SDGsの観点から、私どもの研究の中で、環境調和型の複合材料と接着に関する、いくつかの取り組みを今回紹介させていただきます。むろん詳細にご興味を持っていただければ是非、西野(tnishino@kobe-u.ac.jp)までご連絡いただければ幸甚に存じます。

【天然由来素材を利用した複合材料】

◆バイオベース高分子であるポリ乳酸にケナフ繊維を充てんした複合材料

20年以上前、環境調和が叫ばれるようになる極めて早い段階での取り組みです(被引用回数 912)。

*Composite Science and Technology*, vol. 63, pp.1281-1286 (2003).

最近では、コーヒー残渣を利用した複合材料の開発なども進めています。

◆AII-セルロース複合材料

充てん繊維はセルロース、マトリックスもセルロース、全部セルロースからなる複合材料です(被引用回数 933)。図2の応力-ひずみ曲線で示したように、弾性率でマグネシウム合金と同程度、引張強度は約2倍、しかも充てん繊維とマトリックスがいずれもセルロースであるため、界面が消失し、透明な複合材料が得られました。さらに、熱膨張係数が $10^{-7}K^{-1}$ オーダーとなり、極めて低い値を有することを報告しました(被引用回数 933)。

*Macromolecules*, vol. 37, pp.7683-7687(2004).

◆セルロースナノペーパー

天然植物から直径がナノメートルレベルの繊維が得られます。これを漉くことで得られた素材をナノペーパーと命名しました(被引用回数 1492)。

*Biomacromolecules*, vol.9, pp.1579-1585 (2008).

◆セルロース多形の結晶弾性率

セルロースの物性評価を行いました。セルロース I 型はチタン合金を上回る弾性率を有すること、多くの多形の中で植物が自らの骨格として、一番弾性率の高い I 型結晶を選んでいることを報告しました(被引用回数714)。

*J.Polym.Sci., Part B: Polym.Phys.*, 33(11), pp.1647-1651 (1995).

◆ナノダイヤモンドを充てんしたポリビニルアルコール複合材料

ナノダイヤモンドを0.5wt%充てんするだけでポリビニルアルコールの弾性率を2倍にすることができます。極少量添加でことが足りるから、ダイヤモンドだから高価というわけではなく、製品単価には大きな影響を及ぼさずすみずみ(被引用回数 262)。また、グラフェンオキシドについても類似効果を見出しています。

*Macromolecules*, vol. 44, pp.4415-4421 (2011).

【環境と表面・接着】

◆マイクロ波照射による解体性接着

接着片に対してマイクロ波を照射することで簡単に剥離させる技術を開発しました。被着体は傷付けることなくそのまま、電子レンジの要領で、接着剤だけを急速加熱できます。大きなものから小さな部材まで、モノマテリアル化が困難であっても、混ぜればゴミになるところ、分別すれば資源にすることができます。

*Polym.J.*, vol.50, pp.1051-1056 (2018), 特開 2017-214558。

◆フッ素を使わずとも、化学的に水を撥く高分子

水を撥く表面と言うことでは、ポリテトラフルオロエチレン(商品名;テフロン)に代表される、含フッ素高分子が利用されてきました。ところが最近では、PFASと総称されるフッ素化合物が、体内蓄積することで発がん性を示す恐れのある物質として規制が進んでおり、フッ素フリーでの物性発現が求められるようになってきました。この目的のため、アルキル側鎖を有するポリチオフェンが撥水性を示すことを見出しました。図4の例では、フッ素を含まなくても、水との接触角として $100^\circ$ を示し、テフロン( $98^\circ$ )よりも水を撥いています。

*Macromolecules*, vol.49, pp.1259-1269 (2016).

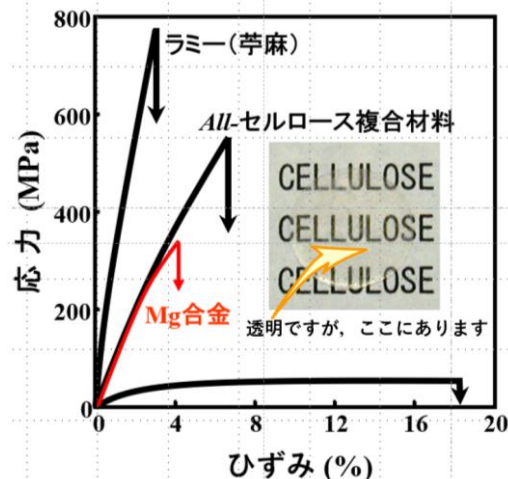


図2 ラミー単繊維, AII-セルロース複合材料, セロハンの応力-ひずみ曲線

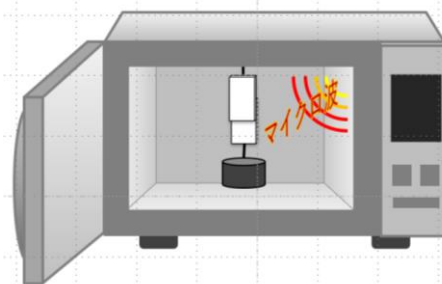


図3 マイクロ波照射による解体性接着

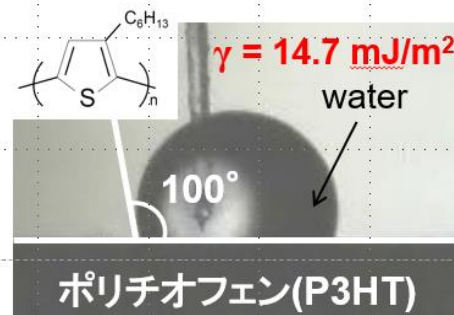


図4 ポリチオフェン上の水滴と接触角

運営委員：

センター長：貝原俊也 神戸大学 大学院システム情報学研究科 システム情報学専攻  
副センター長：坪倉 誠 神戸大学 大学院システム情報学研究科 システム情報学専攻  
副センター長：西野 孝 神戸大学 大学院工学研究科 応用化学専攻  
運営委員：鈴木 洋 神戸大学 大学院工学研究科 応用化学専攻  
運営委員：西田 勇 神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻

学外協力教員：

協力教員：白瀬敬一 神戸大学名誉教授  
協力教員：南知恵子 神戸大学名誉教授

事務局：神戸大学 大学院システム情報学研究科システム計画講座

場 所：神戸大学 大学院システム情報学研究科本館 2 階 S207 室

**行事予定・その他**

○ 行事予定（詳細はセンターHP もご参照ください）

セミナー：次回は 10 月後半に実施の予定です。詳細が決まりましたらご案内します。

○ 寄稿文のご依頼

このセンターニュースですが、当センターからの発信だけではなく、会員皆様からの寄稿文を掲載することで、コロナ禍、会員相互の交流の場が持てない中での一助にできないかということで、広く会員皆様からの寄稿文を募集することといたしました。

つきましては、ご希望がございましたら、下記担当までご連絡ください。別途センターニュースの様式をお送りいたしますので、寄稿文を 1 頁から 2 頁程度で作成いただき、寄稿される方の連絡先とともに当センターまで送付くださいますようお願いいたします。

なお、掲載にあたりましては、当センターで掲載の是非及び内容等の確認や校正をさせていただきますことをお含みおきください。

○ 会員募集について

「価値創造スマートものづくり研究センター」に会員登録いただける方は、下記メールアドレス又は、QR コードに、お名前（フリガナ）、所属（会社名）、職名、e-mail アドレスを送信くださいますようお願いいたします。

なお、特に会費等の支払いは必要ございません。

会員登録いただきました皆様には、季刊のセンターニュースレターのご連絡や、定期的に関連するシンポジウムやセミナーの情報をお送りするとともに、技術的な内容へのご相談などを随時受け付けております。

また、周りにご関心をお持ちの方がおられましたら、是非ご紹介を頂ければ幸いです。

申込書返送先：神戸大学 価値創造スマートものづくり研究センター

事務担当：坂本

Phone: 078-803-6250, Fax: 078-803-6391

e-mail : [smart-center@org.kobe-u.ac.jp](mailto:smart-center@org.kobe-u.ac.jp)

