

バイオマスプラスチックポリアミド4 (研究の種への願い)



川崎 典起

今回、所属グループのリーダーから生物工学会誌の若手研究者を対象としたコーナーへの執筆のお話をいただき、年齢的にはすでに若手ではなく躊躇する気持ちが少々あったのですが、異分野の方々へ自分が行っている研究を知っていただくのに良い機会になるのでは？との思いとグループの연구원の中では最年少である！との聞き直りから、この若手のページの原稿執筆をさせていただきました。

私は、研究者としての仕事をいただいてから、高分子化学の分野、もう少し詳しく書きますと生分解性プラスチック・バイオマスプラスチックの合成と物性評価に携わってきました。生分解性プラスチックは「使用中は通常のプラスチックと同じように使えて、使用後は自然界の微生物によって最終的に水と二酸化炭素に分解されるもの(高分子)」、バイオマスプラスチックは「原料として再生可能な有機資源由来の物質を含み、化学的または生物学的に合成することにより得られる高分子材料」とそれぞれ定義されています。私の生分解性プラスチックに対する初めての経験は、入所前の研究室見学の時に、試験管内で行われた酵素分解試験によりボロボロになった生分解性プラスチックのフィルムの実験写真を見たことでした。短時間(数日以内)で形が崩れるという現象は、プラスチックは強くて安定したものであるという私自身のそれまでの固定観念とは異なりましたので、非常に興味が湧いた記憶があります。

研究所に採用されてから、代表的な生分解性プラスチックであるポリ乳酸やポリ(ϵ -カプロラクトン)などのポリエステル類の強度や耐熱性の向上を目指して、高分子鎖にアミド結合を導入した新規コポリエステルアミドの合成を行ってきました。コポリエステルアミドを合成するために、アクリルアミド、 ϵ -カプロラクタム、2-ピロリドンなどのアミド基を持つモノマーと他のモノマーとを共重合させて実験をしていました。使用していたモノマーの中で2-ピロリドンは、重合機構(活性化モノマー機構)により開始剤が結合して重合が進行することを知り、さまざまな構造のポリ(2-ピロリドン)(=ポリアミド4)を容易に合成できるのではないかと考え、分岐型のポリアミド4の合成を試みることにしました(それまでは線状ポリマーを合成していて、高分子鎖構造が異なる分岐ポリマーの合成と物性に興味がありまし

た)。重合で使用する開始剤は、2-ピロリドンのアミド基をアシル基で修飾して活性化させたものを単離・精製して使用しますが、一手間少なくするために、重合反応系中でアシル化された2-ピロリドンを生成させて、そのまま重合を開始させる手法を用いました。3官能性の開始剤をフラスコ中のモノマーに滴下すると直ちに重合が始まり、約3分後には重合反応系全体が強固な塊となりました。重合終了後、精製のために、生成物を溶剤に溶解させ、次いで貧溶媒(ポリマーを溶解しない溶媒)中に注ぐと大量の白色繊維が沈殿しました。初めて見た重合の速さ・沈殿の様子は自分にとっては驚くべきものでワクワクしたことを記憶しています。それまで線状ポリアミド4の合成で粉末は得られていましたが、3官能性の開始剤を使用することにより初めて合成できた分岐型ポリアミド4は、高分子鎖の絡み合いが効果的に働いて物性が変わり、粉末から繊維状になったと考えています。実際、同程度の分子量($\sim M_w 100 \times 10^3$)の場合、線状ポリアミド4と比較すると優れた引張強度を有することがわかり、学会や技術展示会などで多くの企業に関心を持ってもらえましたが、実験室で合成できる量が少ないこともあり、大量の試料を必要とする実用物性の評価ができませんでした。いくつかのハードル(量の確保、後処理、成形手法、測定装置など)を乗り越え、これまで仕事などで関係があった研究機関の皆様の御支援により、他の高分子材料と比較できる実用物性データを揃えることができました。一方で、グループの先輩(微生物学専門)とリーダーが中心となり、ポリアミド4の原料モノマー(2-ピロリドン)をバイオマスであるグルタミン酸から効率的に変換する研究が行われ、現在、kgレベルへのスケールアップを目指した研究が行われています。

私達のグループで研究しているポリアミド4は、原料モノマーがバイオマスから生産可能であり(環境調和)、優れた熱的・機械的性質を持ち(物性)、高分子構造の設計が容易である(合成)、という特色があります。現在、ポリアミド4に関する研究の種は発芽し、苗になっている段階と感じているのですが、研究グループ、企業、大学・研究機関の方々と協力しながら、より大きく成長させ(実用化へと繋げる)、そこからさらに新たな果実(たくさんの種が含まれています)が収穫できることを願っています。