

# 環境に優しい高分子材料を目指して：バイオアッセイ等による評価

## バイオアッセイによる安全性評価研究委員会

本年度は、様々な新素材として注目されているものの、その安全性評価手法が十分に議論・確立されていない新興の高分子材料（マイクロプラスチック、機能性高分子、構造タンパク質材料、生分解性プラスチック、マイクロカプセルなど）に着目し、その環境影響とバイオアッセイを中心とした評価の重要性を議論する場を企画し、委員長の山本からの趣旨説明とともに6件の有識者による依頼講演を行った。

最初の依頼講演は、化学物質やプラスチックを含めた高分子素材のバイオアッセイ等を用いた水生生物への影響評価に関する国内の第一人者である鐘迫典久先生（愛媛大・農）に「高分子材料のバイオアッセイによる評価」と題して講演いただいた。これまで高分子材料は安定で分子量が大きく生物化学的に不活性であるという理由で毒性試験を免除されてきた。一方、新興の高分子材料は特有の特性（例えば生分解性）を考慮した標準的な安全性評価方法が存在していないという課題がある。例えば生分解性プラスチックの場合、水生生物を用いた試験において、環境中での分解派生物が生じる可能性があるトリガーを考慮した前処理の検討が不十分である。また一般化学物質と同じようなエアロ吸入だけでなく、口や皮膚を経由した吸入が並列で生じる可能性があり、平均体内移行量に関する新たな定義の検討・議論が必要であるとの提案があった。水生生物と異なり、げっ歯類などを用いたヒト健康影響評価では、一般化学物質とほぼ同様の均一な曝露が可能であり大きな問題はないと考えられるが、培養細胞や細菌などを用いた試験の場合は、細胞膜を通過して細胞内に取り込まれて作用しているのかに留意する必要があるとの指摘があった。

2 題目の「人工構造タンパク質素材の実用化に向けた取り組み（SPIA：村田真也先生）」では、新たな高分子材料として注目されている人工構造タンパク質素材の製造プロセスとして、Spiber 社を例として①遺伝子の設計・合成、②微生物による発酵生産、③目的タンパク質の分離・精製、④素材化（繊維化、フィルム化等）の4つのステップについて説明いただいた。また、人工構造タンパク質素材を用いた製品開発として、アパレル製品の量産や自動車部品向け材料の開発についても紹介があったほか、安全性評価などの標準化活動やライセンス制度の活用的重要性についても議論された。

3 題目の「人工構造タンパク質素材の環境影響評価法検討について（SPIA：舟山陽香先生）」では、一般社団法人構造タンパク質素材産業推進協会（SPIA）における経済産業省の戦略的国際標準化加速事業を通じた人工構造タンパク質素材の国際標準化のうち、環境影響評価に関する検討について紹介され、人工構造タンパク質繊維の海洋生分解性試験に関する結果の事例が説明された。また生態毒性評価については、分解物の分離の困難さなどの課題が明らかになり、国内専門家の意見聴取と背景データの取得をしながら、化審法の高分子フロースキームを参考としつつ、加水分解による分解物を用いた評価の規格化を検討中とのことであった。

4 題目の「分解途上の海洋生分解性プラスチックへの

PAH の吸着と胆汁酸への脱離（島津テクノ：八十島誠先生ら）」では、海洋生分解性プラスチックである PHBH やポリカプロラクトン（PCL）に着目し、その分解過程についての分析結果（別セッションでも発表）に加え、これらのバージン材および分解途中材の両方について多環芳香族炭化水素（PAHs）の吸着および模擬胆汁酸への脱着試験を実施した結果が紹介された。ポリマー表面の不均一化などにより、分解途中材がバージン材よりも PAHs をより強く吸着すると推測されたほか、PHBH では疎水性相互作用が主要な吸着メカニズムと考えられた一方で、PCL には他のメカニズムの寄与も推定された。さらに、吸着した PAHs の魚類体内での脱離が推定されるものの、その生態毒性の可能性は限定的である旨の考察が紹介された。

5 題目の「生分解性プラスチックの海洋生分解性評価法の開発（CERI：菊地貴子先生）」では、生分解性プラスチックの海洋生分解性評価（提案の加速試験）の考え方に加え、実験室でのプラスチックの海洋生分解性試験（堆積物を用いた抽出海水による加速試験）とフィールド試験（愛媛県御荘湾）を比較した結果が紹介された。PCL を対象として、加速試験を行った際の生分解速度の測定および次世代シーケンサーによる菌叢の変化を解析したところ、加速試験系では初期の質量減少速度が加速された。一方で、加速試験系での培養後の試料とフィールドテスト後の試料のバイオフィルムの菌叢解析の結果、菌叢に類似性が認められたことが報告された。

最後の6 題目の「生分解性プラスチックの海洋と深海での微生物分解性評価：ポリ乳酸の分子量と環境の影響（東京大院・農：昔鎮浩先生、岩田忠久先生）」では、様々な生分解性プラスチック（ポリ乳酸製のフィルムなど）を岸壁（水深 5 m）から有人潜水調査船「しんかい 6500」を用いて様々な深海の場所（757～5500 m の 5 ヶ所）に 3～14 ヶ月設置した際の微生物による分解性を調べ、水深に対する生分解性の影響を確認した結果が報告された。例えば生分解性プラスチックである微生物産生ポリエステル製のレジ袋（一般的な厚さ＝15 μm）について、水深 855 m での分解速度を用いた深海における分解期間を計算した事例では、レジ袋は約 3 週間から 2 ヶ月間で分解されると予測されるなど一定程度の分解が進むことが示唆された。いずれの海洋環境でも分解性を示さなかったポリ乳酸（PLA）に対しては、代表的構造因子である数平均分子量（300～27 万）に対する海洋分解性の影響を調べたところ、分子量 300 から数千程度までの PLA では分解が進みやすいものの、数万以上になるとほとんど分解しない等、分子量依存性を確認した結果も報告された。

最後に幹事長の新野から全体総括を行い、高分子材料の環境影響評価の重要性と有用な手法のさらなる開発の必要性を共有し、セッションを閉じた。

（国立環境研究所 山本裕史、  
（株）三菱ケミカルリサーチ 新野竜大）