北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科 金子研究室

金子 達 雄*

1. はじめに

北陸先端科学技術大学院大学（通称「JAIST」または「ほくせん」）は16年前に設立された本国初の大学院大学である。当時、大学院だけの大学ということで非常に珍しく、東京にいた筆者の周りでもかなりの噂となったことを覚えている。大学院レベルの教育と研究を行う大学であり、そのレベルもかなり高い。本学の状況は本誌の昨年第5号¹⁾に紹介されたばかりであるので、詳しい紹介は本報では割愛させていただく。入学する学生のバックグラウンドは千差万別であり、研究室一つ一つをとっても非常にユニークなクラスターとなっている。筆者は本学に着任してからまだ半年ほどしか経っていないが、着任後まず驚いたのはその研究環境のすばらしさであった。講座制は残っているものの助教授の身分でも完全に独立した研究を行うことが認められ、若手研究者として願っても無い立場を授かることになった。大型装置群の設置は既に有名となっているが、単に設置されているだけでなく有能な専門職員による管理も充分に行き届いている。小型装置に関しても研究室間をはじめ、大学間の貸し借りは非常にオープンである。しかも、論文作成のための英文校正を行う外国人スタッフが配置されていることも非常に有り難い。

JAISTの最近のニュースといえば、文部科学省の科学技術振興調整費の中に新設された「若手研究者の自立的な研究環境整備促進」プログラムに採択され、この秋から、「ナノテク・材料研究者育成の人材システム」のテーマに取り組んでいることである。日本の大学教員等の人事では年功主義的な色彩が強いケースが多くあり、その結果、我が国では独創性を基にして挑戦する意欲的な人材が育ちにくく、革新的な成果が上がりにくい環境にあると指摘されている。そこで、大学等にテニュア・トラックを導入し、若手研究者が斬新な発想を生かして自立的に教育研究に取り組めるポストや環境を整え、教育研究の活性化を進めることが国の科学技術政策の重要課題の1つとなっている。このことを受けて設立された本プログラムは、若手研究者が自立的に生き生きと研究できる環境を整備する大学を国が支援することで、大学の人事制度を革新するモデルとして位置づ

けられる。プログラムの遂行に当たり常勤の講師7人（女性1人を含む日本人4人、ベトナム人1人、韓国人1人、ドイツ人1人）の採用が決定し、多様性に富んだ人材が新たな研究活動に挑戦し始めている。

2. 研究内容

2.1 概要

金子研究室は昨年5月に誕生したばかりの新しい研究室である。5月1日に設立後すぐに、微生物工学を専門とする岡島研究員とともに研究室を整備しはじめ、1週間足らずで研究を開始できる状況にした。日増しに深刻化する環境問題の解決を念頭に研究を進める以上は、基本的に時間が無いという焦燥感にかられて、とにかく研究環境を整えることに集中した。その後、JAISTに来て初めて立ち上げた研究であるラン藻由来の多糖類の研究を計画し、研究員中心に実質的な研究をスタートさせた。この研究内容の詳細は後に述べるが、9月に行われたIUPAC主催の1st GSC会議でPoster Prizeを受賞するなど国際的に認められる研究へと成長した。著者自身も旧所属で行っていた環境循環型エンジニアリングプラスチックの開発に関する研究をさらに進め、環境分解性と熱分解性に関する新しい知見を得た²⁾。7月に入り5名の修士課程1年生が所属し、いよいよ本格的に研究を展開することとなった。研究の大きな課題は「高分子ナノ構造制御を基盤に環境保全に役立つ材料を創成すること」である。自然に存在する分子は複雑な構造を持つことが多く、石油化学産物として得られる単純な構造の分子から天然分子を合成するには、多段階の化学反応プロセスが要求されることが多い。この複雑な分子の構造や形をありのまま受け入れ、そこからガイドされるナノ構造を分子レベルから設計し、新しいナノアーキテクチャーを化学的・生物的に形作ることによって環境調和型材料を開発することを研究の基本的概念としている。環境保護に役立つ材料を作ることは「持続的に発展可能な社会」の構築につながるだけではなく、人類を含むあらゆる動植物をグローバルに守ることもつながる最も意義深い研究課題の一つと考えている。しかし、グローバルであるからこそ潜む矛盾や困難が立ちはだかる極めて難しい課題とも考えている。従って、様々な視点から客観的に研究を概観する必要がある。共同研究先も産学官と広範囲となり多種多様な分野となった。以下に研究内容の詳細を示す。

* Kaneko, Tatsuo
北陸先端科学技術大学院大学 マテリアルサイエンス研究科
石川県能美市旭台 1-1 (〒923-1211)
2006.12.18 受理

2.2 環境調和型高性能プラスチックの開発

プラスチックの廃棄物問題を解決するための、有力な方法の一つがポリ乳酸に代表される環境循環型高分子の利用である。環境循環型高分子は二酸化炭素を吸収する植物・微生物の代謝産物として得られることが望ましく、また廃棄時には生態系の中にとけ込んでいく性質のものが理想的である。ポリ乳酸はこの概念から創出された最もポピュラーかつ産業的に成功している高分子の一つであり、医学的分野からも注目される素晴らしい高分子である。そのほかに、数多くの環境循環型脂肪族系高分子が研究されているが、軟化温度が低いと基本的に使捨ての分野のみに応用される。そのため、これらは現在利用されているプラスチックの10～20%の代替にしかならないとされている³⁾。一般に耐熱性を向上させるためには、芳香環などの剛直な成分を導入するのが常套手段である。これにより耐久性が増す一方、環境に蓄積しやすいという問題点が生じてくる。しかし、植物中には、リグニンのような芳香族類の代謝産物が意外と多く含まれている。リグニンは芳香環密度が高いにも関わらず白色腐朽菌などにより環境中で分解される特異な高分子である。一方、リグニンをそのまま材料化する試みがあるが、吸湿性・溶解性・加工性の問題から困難とされている。そこで筆者は、リグニン前駆体またはリグニン生分解産物である芳香族系多官能性物質を高分子化する手法を開発すれば、高性能環境適応性高分子の新しい要素技術として提案できると考えた。

本研究室では、全芳香族のグリーンポリマーの作製を目指して多官能性の桂皮酸類であるパラクマル酸とカフェ酸を共重合した。その結果、これらの共重合性は著しく高く、分子量10万を超えることが確認された。この高分子は液晶性を保ち、高い配向度の樹脂を得ることが出来た。また、これらの剛性は高く、かつ全単位が桂皮酸構造を持っているので、光反応性も良好であった。外観は、褐色がかったクリーム色で配向による筋が見えるため、まさに木目のような風合いであった(図1)。種々の組成の共重合体ペレットの曲げ試験を行ったところ、ポリカーボネートを超えるヤング率(16 GPa)と破断強度(60 MPa)を示すことがわかった。同時に、169℃もの高い軟化温度を示し、エンジニアリングプラスチックとして十分に利用可能な性能を

図1 環境循環型エンプラの合成直後の写真

示した。次に、細胞接着試験を行った。図2に細胞の顕微鏡写真を示す。同図より、細胞が隙間なく伸展している様子が観察され、これら共重合体においても、非毒性が保たれることがわかった。最後に、アルカリ温水中でペレットの加水分解加速試験を行った。その結果、30日間の処理により初期重量の数%から70%重量減少することがわかり、試料の変形も確認された。これにより、桂皮酸類重合体は加水分解性物質であることがわかった。また、阿蘇山の斜面の土壌を用いて深さ10 cmの部分にこれら共重合体の成形体を埋め、環境分解性を調べた。その結果、約半年で最大10%の重量減少が見られ、明らかな試料の変形(図3)および力学強度の低減も確認できた。土中における分解は、菌・細菌類による分解である可能性が高く、かつ力学強度の低減により、試料の内部にも分解が起こっている可能性が示唆される。このことは、上記微生物などから分泌される酵素などの作用によるものと考えられるため、同試料は生分解性を示すプラスチックであると予想される。

図2 環境循環型エンプラ上で繊維芽細胞の伸展する様子

図3 環境循環型エンプラの棒状成形体の土中分解試験片(3ヶ月保持)の写真

図4 *Aphanothece sacrum* の概観

この手法は、元来悪玉と見られがちな芳香族資源を積極的に有効利用し、廃棄物問題解決に貢献できる新規な概念をうち立てるものであり、人間の生活に直接かかわる材料を革新する役割を担うかもしれない。現在、反応性の低い天然物を重合する方法の一つとしてエステル交換法の有効性を見だし、高効率なエステル交換触媒と天然物由来のナノハイブリッドの開発を進めている。

2.3 光合成微生物を用いた材料開発

原料獲得の段階で大気中の二酸化炭素濃度を積極的に下げることが、単なる地上資源の利用にとどまらず、積極的に地球温暖化を食い止める試みを行う意味で重要である。たとえば、空気中の二酸化炭素を固定化し光合成を行うラン藻は、生物学上細菌類等と同じ原核生物に分類される。従って、必要な育成環境さえ整えば非常に高い増殖能力を持つ特徴がある。しかも地球上至る所に様々な環境の下、多様な種類のラン藻が豊富に生息している。よってこれらは一つのバイオマスと捉えることが出来る。しかし、これらラン藻類の産出する天然高分子に着目し、それを材料化する研究は未熟であるのが現状である。そこで本研究室では、現在まで殆ど学術的な研究が進んでいないラン藻種 *Aphanothece sacrum* (図4) に注目し、これの生産する多糖類を抽出して、それを機能性材料へと結びつける研究を行っている。もともとラン藻類は大量に多糖類を細胞外に分泌することで知られているが、この生物は中でも特に多量の多糖類を産出し、その重量は全重量に対し80%

以上にも及ぶものである。抽出した多糖類は非常に高い硫酸化度を持ち、分子量も非常に高く極めて新規性の高い糖鎖であることがわかっている。また、様々な金属イオンと複合化し、ゲルを形成する能力を持っている。金属イオンと多糖類のゲル化は海藻由来のアルギン酸で研究が進んでいるが、この抽出した新規多糖類はアルギン酸よりも低濃度の金属イオンとゲル化し、ゲル形成を示すpH域はアルギン酸よりも著しく広がった。これらの性質を生かし高効率に金属回収の出来る天然高分子由来材料の創製が可能となる。

3. おわりに

以上のように、本研究室では天然分子の本来持つ構造や形状をできるだけ維持させながら新しい物質系をすることで、高性能・高機能環境循環型材料を作りあげることが目的としている。天然物を用いれば複雑な構造の構築を簡単に行える可能性がある。これにより、現用の環境蓄積型材料の代替物の幅が大きく広がるものと考えている。それに伴い、二酸化炭素の発生量も抑制され、今後の地球環境問題の解決に大きく貢献することになる。今後の課題の一つとして、植物や微生物から抽出される分子種を広げ、高性能かつ汎用性の高いグリーンポリマーを効率よく開発する方法論を提案することが挙げられる。これにより、あらゆる地上資源を地球を守る材料に変換する夢を持ちつつ、研究に邁進する毎日である。この視点で、産学連携を通し産業の活性化を持続的に行っていければ幸甚である。

本学のホームページ

<http://www.jaist.ac.jp/index-j2.shtml>

マテリアルサイエンス研究科のホームページ

<http://www.jaist.ac.jp/ms/index.html>

金子研究室のホームページ

<http://www.jaist.ac.jp/~kaneko/>

参 考 文 献

- 1) 山口政之：成形加工, **18**, 345 (2006)
- 2) Kaneko, T., Tran, H. T., Shi, D. J. and Akashi, M.: *Nature Mater*, **5**, 966 (2006)
- 3) 土肥義治：理研ニュース, 237 (2001)
http://www.riken.jp/r-world/info/release/news/2001/mar/#fro_01