

超高性能結晶性高分子材料の創製

育成研究：JSTイノベーションプラザ広島 平成19年度採択課題

「伸び切り鎖ナノ結晶体による超高性能汎用高分子材料の開発」

代表研究者：広島大学 大学院総合科学研究科 特任教授
彦坂正道



■ 研究概要

融点以下に冷却した高分子の融液を引張して結晶化させるという極めてユニークな製法により、代表的汎用プラスチックであるポリプロピレンの結晶化度をほぼ100%に高めることに成功し、引張強度をこれまでの7倍以上の230MPaに高め、安価で強靱で成形し易くりサイクルも容易な新規な高分子材料を創製した。

■ 研究内容、研究成果

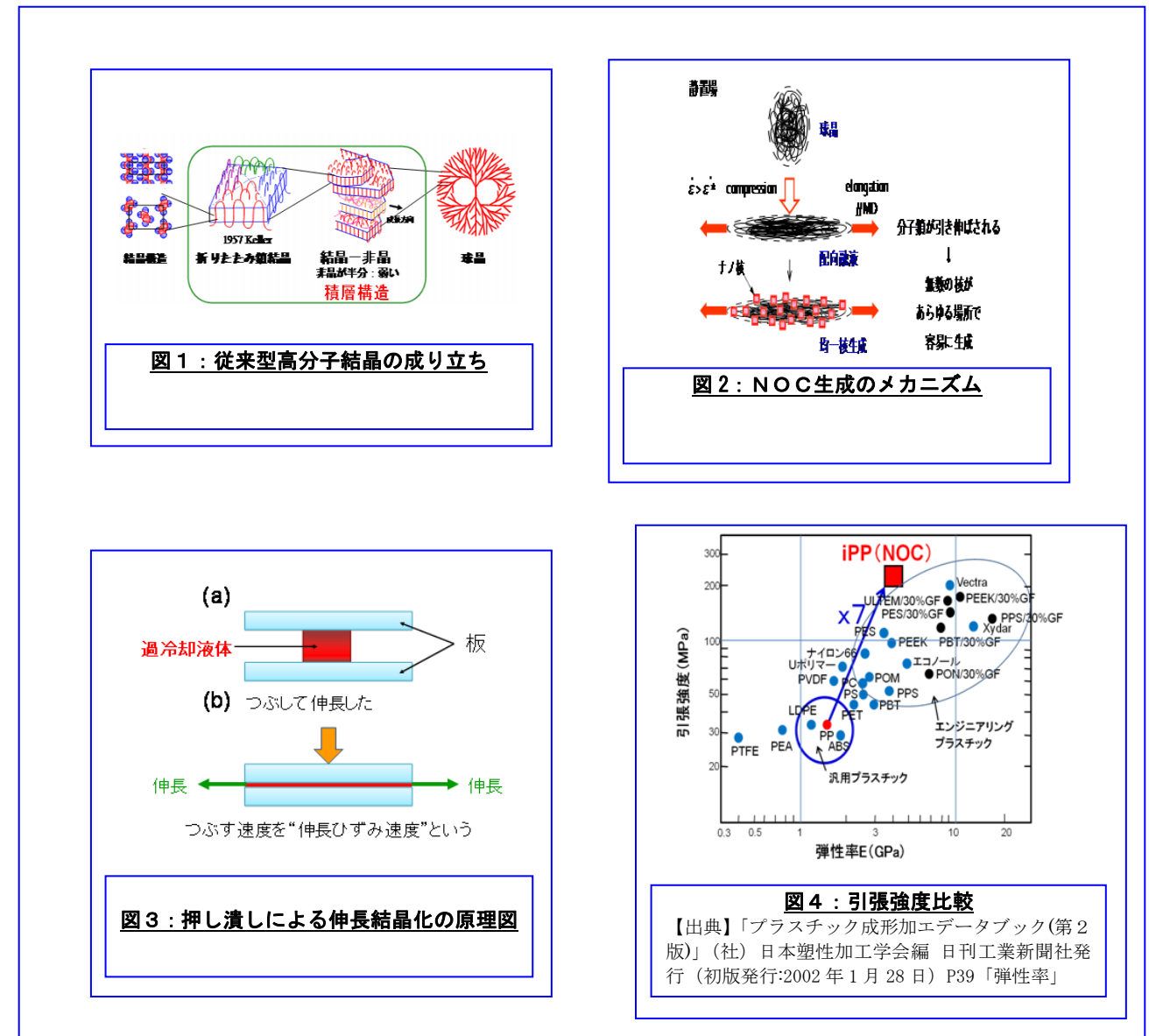
高分子材料は軽量・安価・高成形性といった利点から広く利用されているが、強度や耐熱性等の材料特性が金属より著しく劣っていた。その原因は、非結晶部分の比率（非晶率）の高さにある。彦坂教授は、1987年に高分子の結晶化メカニズムを説明する「高分子滑り拡散理論」を提唱して以来、「長いひも状分子である高分子」の本性に着目し、本研究において、結晶化メカニズムの解明と結晶化制御によって新規な構造と特性を有する超高性能結晶性高分子材料の創製を目指してきた。

長いひも状の高分子は、融液状態では毛玉状に絡まっているため非晶が発生する（図1）。そこで、これを一定方向にきれいに並べた上で結晶化すれば、微細結晶体が配向した高い結晶化度のナノ配向結晶体（Nano Oriented Crystals; NOC）が得られると考えた（図2）。そのためには、高分子融液を引っ張って伸ばしながら結晶化させる必要がある。そこで融点以下に冷やした高分子の融液（過冷却融液）を潰す（compress）することによって伸長するという方法（図3）を採用した。この方法で成形したポリプロピレン（PP）の成形体を放射光やX線を用いてナノレベルの解析を行った結果、1秒間に数百倍も伸長するような大きな伸長歪み速度によって無数の核がミリ秒オーダーで生成するという従来の結晶化速度の100万倍もの速度で結晶化が進行し、全体の92%が結晶化した「NOC」の生成が確認された。このNOCは、引っ張り破壊強度が同重量の鉄鋼のなんと2～5倍という値を示した（図4）。耐熱性は通常のPPより50℃以上高い176℃を示し、光の波長より小さいナノ結晶であるがゆえに高い透明性を示している。加えて、混ぜ物もないので、高いリサイクル性が期待でき、高分子融液を潰すという単純な工程が加わるだけなので、製造コストも従来のプラスチック成形法と大差はない。

■ 今後の展開、将来の展望

NOCの優れた特性は、高強度（鉄鋼の2～5倍、アルミニウムの6倍の比強度：重量当たりの引張破断強度）と、高耐熱性（通常のプラスチックより50℃以上高い耐熱性）、高透明性（光透過率99%の実現も可能）、高リサイクル性等があげられる。これに加え、成形性がよく錆ないなどのプラスチック本来の特性も備えており、折りたたんでも、力を外すと再び元の形状に戻る強靱性と弾力性の両立は、鉄鋼を遥かに凌いでいる。こうした数々の特性によって、既存の特殊で高価なエンブレにとって代わるのみならず、比強度の大きさから鉄鋼やアルミニウムなどの金属材料に代替することで、製品の軽量化を図ることが期待される。また、高剛性と高靱性を備え、錆ないことから、高層ビルや家屋などの建築材料にも適しており、耐水性も加味されるので、橋梁やダムなどの構造材としての利用も期待される。しかも光透過率99%という高い透明性は、ガラスの代替材としても期待できる。

今後は、これらの実用化のために、JST資源活用型研究においてスケールアップしたNOC成形装置を用いた研究開発を継続し、続いて実用型パイロット装置建設へと繋いでいく予定である。



研究体制

◆ 代表研究者

広島大学大学院総合科学研究科特任教授 彦坂 正道

研究者

岡田 聖香 (広島大学)、戸田 昭彦 (同)、彦坂 正子 (同)、彦坂 清子 (同)

鷺山 潤一郎 (サンアロマー株式会社)、木村 秀治 (同)、中島 武 (同)、

大坪 彰浩 (同)、山田 浩司 (同)、秋山 由香 (同)、栗山 稔 (同)

渡辺 香織 (科学技術振興機構)

共同研究機関

サンアロマー株式会社、科学技術振興機構

■ 研究期間

平成19年4月 ～ 平成22年3月