

京都大学	博士（工 学）	氏名	Rahida Wati Binti Sharudin
論文題目	<p style="text-align: center;">Carbon Dioxide Physical Foaming of Polymer Blends: -Blend Morphology and Cellular Structure- (高分子ブレンドの二酸化炭素物理発泡成形-ブレンドモルフォロジーと多孔構造)</p>		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文では、環境負荷の低減を考慮し、温暖化係数の小さい二酸化炭素を発泡剤として利用した物理発泡成形法と呼ばれる手法をポリマーブレンドへ適用した場合の、高分子ブレンドの特性と作られる発泡体の多孔構造との因果関係を明らかにすること、その因果関係を活かして新しい孔構造をもった発泡体を創製することを研究の対象としている。とりわけ、非相溶なポリマーブレンド系を対象にし、ブレンドポリマー間の界面が気泡の核生成や気泡の成長速度に与える影響を調べ、分散ポリマーを気泡核剤として利用することの提案や、ナノオーダーのサイズの一様な多孔構造をもったナノセルラー発泡体を創製する手法を提案するとともに、それらの発泡体が作製可能であることを実験的に検証している。論文は以下の内容で全5章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、高分子発泡体について一般的に概観し、物理発泡成形における既往の研究を総括すると共に、本論文の目的の提示ならびに研究の位置づけを行なっている。</p> <p>第2章では、ポリスチレン（PS）・ポリプロピレン（PP）ならびにポリメチルメタクリレート（PMMA）・PPの非相溶なブレンドポリマー系を対象として、結晶性であるPPを分散相として物理発泡成形を行った場合、不均質気泡核生成を誘起する気泡核剤として機能しうるかどうかにについて検討している。通常の気泡核剤として利用されるタルクなどの無機物質と比べて、熔融混練による分散の容易性、発泡剤である二酸化炭素の溶解度の高さ、高い拡散性ならびにマトリクスポリマーとの間の界面張力の高さから、気泡核剤として高い能力があることを明確にしている。</p> <p>第3章では、PPと水添スチレン系熱可塑性エラストマー（SEBS）のブレンド系を対象にし、高い機械的強度をもったナノスケールサイズの一様な多孔構造をもったナノセルラー発泡体を創製することを検討している。取り分け、発泡過程において、二酸化炭素が可塑剤として働き、PPの結晶ラメラの厚化を促進する性質を持つことを活かし、機械的強度を向上させたナノセルラー発泡体を創製できることを示した。これは、プラスチックを発泡すると機械的強度は下がると信じられてきたことに対して、孔の微細化の効果と二酸化炭素のもたらす結晶化の促進効果を融合すれば、発泡前よりも強度の高い発泡体ができることをはじめて定量的に明らかに示した内容となっている。</p> <p>第4章では、SEBSをマトリクスとし、PPあるいはPSを分散相とするブレンド系を二酸化炭素による物理発泡の対象として、その発泡性について検討した。SEBSのようなエラストマー単体では、気体の高い拡散性のため、発泡剤が飛散しやすく、また、エラストマーの弾性により、発泡体の構造が不安定性になる。ここでは、低温で高い剛性をしめすPPやPSをSEBSに分散させることにより、弾性率を高め、発泡剤の拡散性を落とし発泡剤の飛散を抑え、発泡後の構造変形を防ぎ、さらに2章で検討した気泡核剤としての効果を活かすことにより、形状が安定なマイクロセルラー発泡体を創製できることを示している。</p> <p>第5章は、結論であり、本論文で得られた成果について要約している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、環境負荷の低減を考慮し、温暖化係数が従来の炭化水素系の発泡剤よりも小さい、二酸化炭素(CO₂)を発泡剤として利用し高分子樹脂を多孔化する物理発泡成形法と呼ばれる手法をポリマーブレンドへ適用し、その場合の高分子ブレンドの特性と作られる発泡体の多孔構造との因果関係を、実験的にかつ原理的に明らかにすること、その因果関係を活かして新しい孔構造をもった発泡体を創製する研究をまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 現状、発泡成形の気泡核剤として、タルクやナノクレイなど無機材料が使われているが、樹脂への分散性が問題となる。ここでは、高分子そのものを気泡核剤として利用することを検討している。すなわち、高分子ブレンド系において、高温の熔融状態において分散相である高分子をマトリクス高分子中に高分散させて、発泡温度においてその2種の高分子が示すモルフォロジーを生かし、分散相である高分子を気泡核剤として利用できることを示している。具体的には、ポリスチレン (PS) /ポリプロピレン (PP) のブレンドならびにポリメチルメタクリレート (PMMA) /PP の互いに非相溶なブレンドポリマー系を対象として、PP を分散相として発泡成形を行う実験を行い、結晶性をもつ PP が気泡核剤として十分機能し、気泡数を増加させ、気泡径を小さくする効果があること明らかにした。
2. 気泡径がナノスケールであるナノセルラー発泡体が、ブレンド系が示すモルフォロジーをテンプレートとして作成する手法を創案し、ポリプロピレン (PP) と水添スチレン系可塑性エラストマーのブレンド系において、平均 1 μ m 以下の直径の気泡構造をもったナノセルラーを実験的に作製し、ナノセルラーの作成手法として高分子ブレンドのテンプレート法の有用性を示した。
3. ナノセルラー発泡体では気泡径が平均 250nm 以下にできれば、未発泡品と同等の引張強度をもたせることが可能であることを実験的に示した。さらには発泡剤として利用している CO₂ が高分子には可塑剤としても働き、その高分子が結晶性のものであれば、ガラス転移温度以上、融点以下の発泡温度において、結晶ラメラの厚化を促進する性質があることを生かし、機械的強度を未発泡体よりも向上させたナノセルラー発泡体を創製している。
4. エラストマーを CO₂ で物理発泡させると、エラストマー中での気体の拡散性が高いため発泡剤が大気に散逸しやすく、また、エラストマーの自体の弾性により、発泡体の構造が不安定性になる。エラストマーの形状安定化を計る手段として、低温で高い剛性をしめす高分子をエラストマー中に分散させ、ブレンド体全体として弾性率を高め、気体の拡散抵抗を大きくし、さらに気泡核剤としての効果を活かすことにより、形状が安定なマイクロセルラー発泡体を創製できることを示した。

以上、本論文は、高分子樹脂を多孔化する物理発泡成形法と呼ばれる手法をポリマーブレンドへ適用し、対象高分子ブレンド系の特性と発泡体の多孔構造との因果関係を、実験的にかつ原理的に明らかにしているとともに、その因果関係を生かしてナノセルラーと呼ばれる新しい孔構造をもった発泡体を創製できることを示したもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成24年7月23日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。