

フジシール財団 研究助成事業
成果報告書

公益財団法人フジシール財団
理事長 岡 崎 裕 夫 殿

報告日 2026 年 5 月 25 日

研究課題	可視光半導体レーザによる新規パッケージング技術の開発	助成金額
		300 万円
助成名	特別長期研究助成・研究助成・若手研究助成	
ふりがな	やまだ かずし	研究助成申請年度
研究者氏名	山田 和志	2025 年度
所属機関	京都工芸繊維大学 繊維学系	研究期間
		2025 年 4 月 1 日～2026 年 3 月 31 日
役 職	教授	

下記の通り、研究成果を報告いたします。

記

1. 研究成果の概要

研究課題「可視光半導体レーザによる新規パッケージング技術の開発」では、可視光半導体レーザを利用した新しいパッケージングフィルムのシール技術について検討を行った。特に、従来の熱板シーラーやインパルスシーラーでは十分なシール強度を得ることが難しかった単層延伸ポリプロピレン（OPP）フィルムに対し、低熱影響かつ高強度で接合可能なレーザシール技術の確立を目的として研究を進めた。

現在、食品包装や日用品包装などに広く利用されているパッケージングフィルムの多くは、多層構造を有している。これは、基材フィルムのみでは十分なヒートシール性を得ることが難しいためであり、一般的にはポリエチレンやキャストポリプロピレン（CPP）などのシール層を積層することでシール性能を確保している。しかし、多層フィルムは材料分離やリサイクルが困難であり、近年の環境問題やプラスチック資源循環の観点から、単層フィルムによるモノマテリアル化技術の重要性が急速に高まっている。また、近年では包装フィルムの薄肉化も進められており、より少ない材料使用量で高機能化を実現する技術開発が求められている。

一方で、単層フィルムは延伸によって高い分子配向を有しているため、加熱時に熱収縮や分子配向緩和が生じやすく、ヒートシール時にフィルム変形やシール端部の破断が発生しやすいという問題があった。そのため、実際の生産現場では、経験則的に加熱温度を高く設定したり、シール時間を長くしたりすることで対応されることが多いが、その結果としてフィルムの収縮や外観不良、シール部の脆化などの問題が生じることも少なくなかった。特に延伸 OPP フィルムは、加熱時の寸法安定性に乏しいため、シール部近傍でフィルムが収縮し、包装体の外観品質低下やシール端部からの破断につながる場合があり、実用上の大きな課題となっていた。

さらに、従来報告されている赤外線レーザによる溶着法では、ポリマーフィルム全体が赤外線吸収により加熱されるため、シール界面だけでなくフィルム全体の熱緩和が進行し、収縮や変形が生じやすいという問題が残されていた。特に、赤外線はポリマー分子鎖の振動モードに対応する吸収帯によってフィルム内部全体で吸収されるため、局所的な加熱制御が難しく、熱影響範囲が広がりやすい。その結果、シール部近傍における分子配向構造の変化や結晶化挙動の変化が生じ、フィルム物性低下を引き起こす可能性もあった。

そこで本研究では、フィルム界面近傍のみに可視光吸収性ターゲットを配置し、可視光半導体レーザを照射することで、界面のみを局所選択的に加熱・溶着する新規手法を提案した。透明フィルム自体は可視光をほとんど吸収しないが、レーザ波長付近に吸収帯を有する黒色インクなどをフィルム界面に配置することで、レーザ照射時に界面のみを瞬間的に加熱できる。本研究では、この局所加熱メカニズムを利用することで、フィルム外表面への熱影響を抑制しながら高強度シールを実現することを試みた。

本研究では、可視光レーザ出力条件、照射時間、ターゲットインク条件などを変化させながら、各種パッケージングフィルムに対するシール特性を評価した。また、シール部については、剥離試験によるシール強度評価に加え、シール部外観観察や剥離面観察なども行い、レーザ照射条件がシール状態に与える影響について詳細に検討した。その結果、従来の熱板シールやインパルスシールでは十分な接合が難しかった単層 OPP フィルム同士においても、高いシール強度が得られることを明らかにした。

特に、インパルスシーラーによる OPP フィルム同士の接合では、約 160℃ 近い高温加熱が必要であり、シール部周辺で顕著なフィルム収縮が生じた。また、得られるシール強度も約 8~12 N/15 mm 程度であった。一方、本研究で提案した可視光レーザシール法では、1 秒未満の極短時間照射にもかかわらず、フィルム収縮をほとんど伴わず、約 20 N/15 mm 程度の高いシール強度を示した。これは従来法と比較して極めて高いシール性能であり、単層延伸フィルムに対する新規シール法として有効であることを示している。

これは、レーザ照射による加熱領域がフィルム界面近傍に限定され、フィルム外表面への熱影響が小さかったためと考えられる。すなわち、従来法のようにフィルム全体を加熱するのではなく、必要最小限の領域のみを瞬間的に熔融接合することで、分子配向構造を大きく損なうことなく高強度シールを実現できた。また、シール後のフィルム外観についても、熱収縮や白化などの熱劣化現象が抑制されており、包装体として良好な外観品質を維持できることを確認した。

さらに、本研究では、包装用フィルム上に一般的に存在する黒色印字部をレーザ吸収ターゲットとして利用できることも確認した。実際に、食品包装などで用いられている黒色印字部分をフィルム界面側に配置し、その部分へ可視光レーザを照射することで十分なシールが可能であることを示した。この結果は、既存の製造ラインにおいて、高速印字工程とレーザシール工程を組み合わせることで、比較的容易に新規シール技術へ移行できる可能性を示している。また、新たな専用吸収材を大量に添加する必要がなく、既存の包装印刷技術を活用できる点も産業上有利である。

加えて、本手法は熱板シーラーのように装置全体を高温化する必要がなく、可視光半導体レーザによる局所加熱のみでシール可能であるため、省電力化、省スペース化、作業環境温度上昇の抑制などにも寄与できる。従来の熱板シーラーでは、シールバー全体を加熱保持する必要があるため待機時にも電力を消費するが、本研究手法では必要時のみ局所照射するため、エネルギー利用効率が高い。近年、包装産業においてはエネルギー消費削減や CO2 排出量低減が重要課題となっており、本研究成果はそれらの課題解決に対しても有効な新規パッケージング技術の一つであると考えられる。

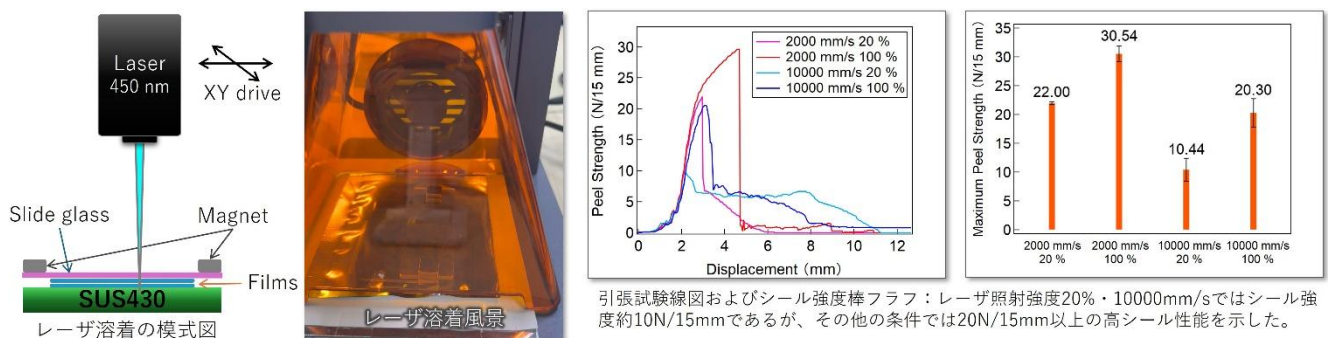


図 可視光レーザ溶着法の模式図および引張強度結果例

2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性

本研究で開発した可視光半導体レーザシール法は、従来の熱板シールやインパルスシールと比較して、短時間・低熱影響で高強度シールを実現できる新規パッケージング技術である。特に、従来は十分なシールが困難であった単層延伸 OPP フィルムに対して高いシール強度を実現できたことは、モノマテリアル包装の実用化に向けて重要な成果である。

現在、包装産業では環境負荷低減やリサイクル性向上の観点から、多層複合フィルムから単層フィルムへの転換が求められている。しかし、単層延伸フィルムはヒートシール性が低く、十分な接合強度を得にくいことが大きな課題であった。本研究成果は、その課題を解決できる可能性を示しており、将来的には包装材料のモノマテリアル化促進に貢献できると考えられる。特に、シール層を必要としない構造が実現できれば、フィルム構成の単純化によるリサイクル効率向上や材料使用量削減にもつながる。

また、本手法はフィルム界面近傍のみを局所加熱するため、フィルム収縮や外観変形を抑制できる。これは包装製品の外観品質向上にも有効であり、高意匠性包装や高速包装ラインへの適用も期待できる。従来法ではシール部近傍の熱変形や白化が問題となる場合もあったが、本研究手法ではそれらを大幅に抑制できる可能性があり、商品の見栄え向上や品質安定化にも寄与できる。

さらに、一般的な包装印字に用いられる黒色印字部分をレーザ吸収ターゲットとして利用することから、新たな専用材料を必要とせず、既存の印刷・包装ラインとの親和性も高い。高速印字工程とレーザシール工程を組み合わせることで、生産ラインへの導入障壁を比較的低く抑えられる可能性がある。また、シール位置に応じて必要な箇所のみを選択的に加熱できるため、従来よりも柔軟な包装設計や部分シール技術への展開も期待される。加えて、可視光半導体レーザは小型かつ低消費電力であり、従来シーラーと比較して省エネルギー化、省スペース化、作業環境改善にも寄与できる。熱板シーラーのように大型加熱部を必要としないため、装置の小型化やメンテナンス性向上も期待される。さらに、局所加熱による高速シール化が可能となれば、生産ライン全体の高速化やエネルギー効率改善にもつながる可能性がある。

そのため、本研究成果は環境負荷低減と生産性向上を両立する次世代パッケージング技術として、包装産業への波及効果が期待される。特に、環境対応型包装材料の需要が世界的に高まる中で、本研究で得られた知見は、今後の持続可能型パッケージング技術の発展に対して重要な基盤技術の一つになると考えられる。

3. 学会発表、学会誌等への論文掲載、産業財産権出願などの実績（現時点で未発表・未掲載・未出願のため、上記「1. 研究成果の概要」、「2. 研究成果のパッケージ産業への貢献の可能性」の当財団ホームページ上の公開の延期を希望される場合、その旨 記載してください。）

【学会発表】

1. “Sealing of Single-Layer Oriented Film Using Visible Semiconductor Laser”, Sanyoshi Yamato, Kazushi Yamada, YKD International Symposium, China, July 16-19, 2025. (優秀発表賞受賞)
2. “Sealing of single-layer OPP film using a visible semiconductor laser”, Sanyoshi Yamato, Kazushi Yamada, Fibro Symposium 2025, Japan, November 27, 2025. (最優秀発表賞受賞)

【学会誌】

1. “可視光レーザを用いた新規ヒートシール技術とシール部可視化評価”, 山田和志, 日本包装学会誌, Vol. 35, No. 4, 2026 (解説) (8月1日掲載発行)