

サーキュラーエコノミーを志向した易解体性接着剤の提案

はじめに

接着剤は面と面を安価、軽量、容易に接合でき、設計によっては金属とプラスチックのような異種材料を接合できることが特長で、広く産業界で使用されています。接着接合を用いた部材や部品は分離、解体、リユース、リサイクルを想定した場合、ボルトなどの機械的締結に比べると分離が困難なことが多いと考えられます。従って、昨今耳にする機会の多くなったサーキュラーエコノミー、資源循環経済の実現を難しくする要因となり得ます。そこで、貼ってはがせる接着剤「易解体性接着剤」が上述の課題解決の鍵になると考え、その開発に取り組んでいます。ここでは、背景と開発の現状、課題について述べたいと思います。

目 次

はじめに.....	1	3. 酸化剤解体型易解体性接着剤.....	5
1. サーキュラーエコノミー実現への課題.....	2	4. 開発中の試作品.....	6
2. 易解体性接着剤の概要.....	3	おわりに.....	8

1.サーキュラーエコノミー実現への課題

本節では、接着剤メーカー視点でのサーキュラーエコノミー実現に対する課題について述べたいと思います。

SDGsやカーボンニュートラルの考え方を具体的アクションに移す取り組みの足音が日増しに大きく聞こえるようになりました。接着剤業界では、接着剤を硬化させるときのエネルギーの削減、つまりは加熱硬化炉の温度低下や室温硬化に切り替えるといった試行が進められています¹⁾。また、接着剤の原料をバイオベースのものに置き換えるといった取り組みも進められつつあります²⁾。

社会全体に目を向けると、太陽光発電や風力発電などの化石燃料に頼らないエネルギーの生産方法や、自動車のEV化などでカーボンニュートラルの実現を目指すシナリオ³⁾が描かれています。一方で、国際エネルギー機関(IEA)の試算⁴⁾によると、パリ協定の目標である2℃(1.5℃)以下の温暖化抑制を達成するためには、クリーンエネルギー技術に必要なリチウムやニッケルなどの主要鉱物の生産量を今後20年で4倍にする必要があるとしています。こうした背景に加え、日本では、鉱物自給率の低さや特定鉱物の生産国の偏りといった理由から、経済産業省は「成長志向型の資源自立経済」の確立を目指すとしています。国内の資源循環システムの自立化・強靱化を図ることを通じて力強い成長につなげることがミッションだと位置づけています⁵⁾。この中で、経済産業省の目指すサーキュラーエコノミーは

図-1に示す循環で、赤で示す矢印の循環がサーキュラーエコノミー(CE)における資源の流れを指し、黒の矢印が従来のリニアエコノミー(大量生産・大量消費)の資源の流れを指します。

サーキュラーエコノミーのループは幾重にも描かれています。この中ではより内側のループを回すことが好ましいとされています。それは、外側のループになるほど費用が高くなるためです。つまり、生産された部品はその寿命が尽きるまで長く使うことが望ましいと言えます。

また、欧州のリサイクルに関する規制も近年は目が離せない話題の1つに挙げられます。経済産業省の資料によるとEUのサーキュラーエコノミー政策では、再生材利用を加速させるための規則が計画されており、例えば、自動車に含まれるプラスチックの少なくとも25%をリサイクルされたプラスチックにすることが定められています⁶⁾。その他、バッテリーに使用する鉱物資源のうち、一定割合以上を再生原料とすることが義務づけられています。

上述した社会全体の課題を接着剤に求められる特性として考えると以下のことが言えるのではないのでしょうか？

- 1) 接着接合の長寿命化
- 2) 接着接合の易解体化

接着接合の長寿命化は従来の接着剤にも求められる特性ではありますが、図-1の内側のループを回すためには、製品寿命が長ければ長いほど望ましく、部品に使われる接着接合の寿命も長い方が良いということに

- **線形経済**：大量生産・大量消費・大量廃棄の一方通行*の経済
*調達、生産、消費、廃棄といった流れが一方の経済システム 'take-make-consume-throw away' pattern
- **循環経済**：あらゆる段階で資源の効率的・循環的な利用を図りつつ、ストックを有効活用しながら、サービス化等を通じ、付加価値の最大化を図る経済
- **成長志向型の資源自律経済**：資源循環政策の再構築等により、汎用的な工業用品や消費財も射程に含め、国際的な供給途絶リスクを可能な限りコントロールし、国内の資源循環システムの自律化・強靱化を図るとともに、国際競争力の獲得を通じて持続的かつ着実な成長を実現する経済。

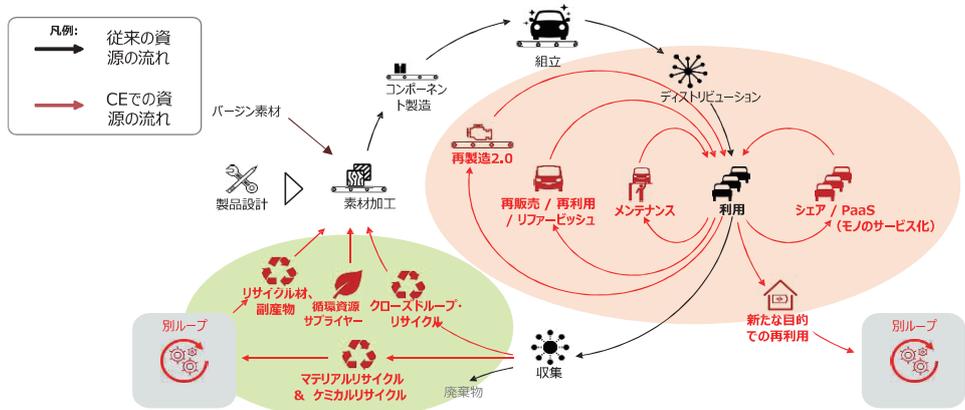


図-1 循環経済(サーキュラーエコノミー)と成長志向型の資源自律経済

なります。他方で、接着接合の易解体化も必要となるのは、製品から資源を回収する必要があるためです。例えば、モーターを例にとると、接着剤で接合された鋼とマグネットは、接合されたままでは、廃棄物として扱われますが、仮に鋼とマグネットに分離できれば、それぞれを資源として再利用することが可能となります。

このように、接着接合が容易に解体できれば、経済産業省の目指す資源自立経済に資すると言えます。

ただ、接着接合の長寿命化と易解体化は「よくくっついて簡単にはがれる」と言い換えることもできます。つまり、およそ180°反対の性能を接着剤設計に盛り込むこととなります。冒頭に述べた接着剤メーカー視点でのサーキュラーエコノミー実現に対する課題はまさにこのトレードオフであると言えます。

2. 易解体性接着剤の概要

上述した「よくくっついて簡単にはがれる」を実現するためには、はがす際の外部刺激がキーワードとなります。ここでは外部刺激、すなわち接着剤をはがすきっかけとなる「解体トリガー」を中心に、これまで報告されている易解体性接着剤の例を述べたいと思います。

既報の易解体性接着剤のトリガーは光や熱、超音波、電気、薬剤との接触などが挙げられます。これらの解体トリガーが引かれた際に速やかに接着接合の解体が生じることと、意図しないきっかけで解体トリガーが引かれないことが重要なポイントとなります。易解体性接着剤の解体と時間の関係のイメージを図-2にま

とめました。図-2中の黒色の線で示したとおり、硬化した接着剤に対して、外部から解体トリガーを与えた際に短時間でコントラスト良く接着強さが低下することが理想と言えます。一方で、赤色の線のように外部から解体トリガーを与えていないにもかかわらず、意図しないタイミングで解体トリガーを与えたかのような接着強さの低下が生じてしまうことは望ましいとは言えません。例えば、光を解体トリガーとした易解体性接着剤を光に暴露する可能性のある設計で使うことや、熱を解体トリガーとした易解体性接着剤を使う箇所の周辺に熱源があるといった状況が望ましくない例と言えます。

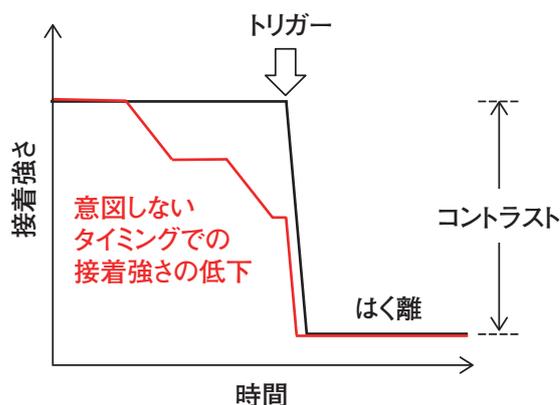


図-2 易解体性接着剤の接着強さと時間の関係

上述の解体トリガーと共に、どういったメカニズムで、接着剤をはがれるのかについても興味のあるところかと思ひます。様々な分類方法があると思ひますが、大別すると図-3、表-1のとおりです。

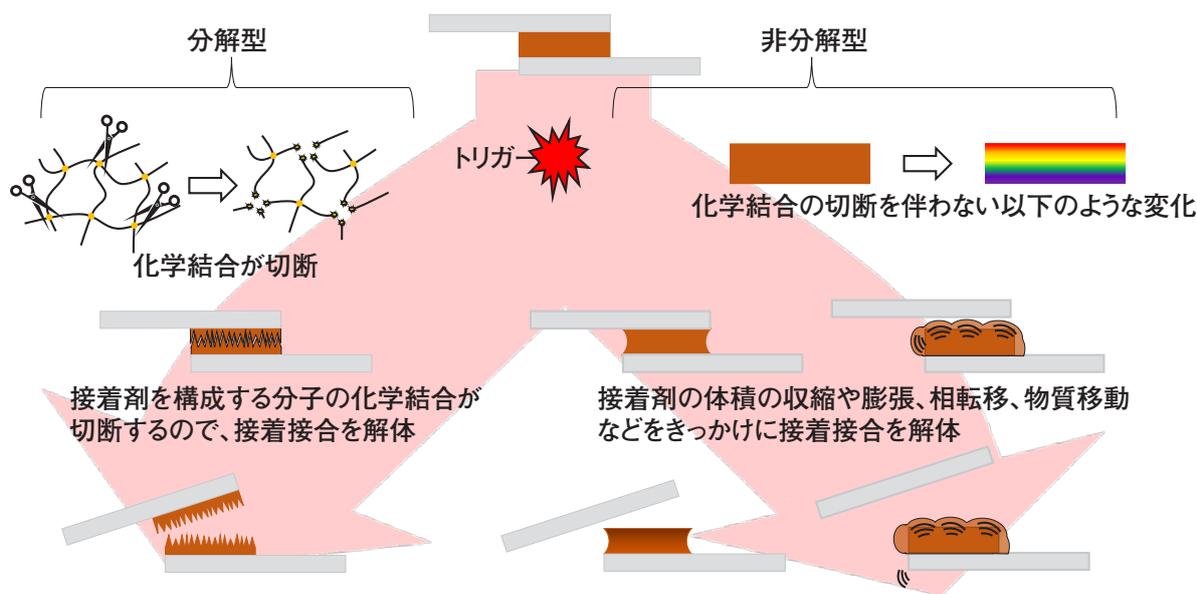


図-3 易解体性接着剤の解体トリガーとメカニズムのイメージ

表-1 易解体性接着剤の解体トリガーとメカニズムの研究例

型	トリガー	メカニズム	参考文献
非分解	加熱	内包したカプセルの膨張	7
非分解	薬剤	樹脂の膨潤、溶解	8,9
分解	光	光分解反応	10,11
非分解	光	相転移	12,13,14,15
分解	加熱	熱⇒触媒発生⇒分解	16,17
分解	加熱	熱分解	18,19
非分解	加熱	体積収縮、線膨張差	20
分解	超音波	超音波⇒触媒発生⇒分解	21
非分解	電気	成分偏析	22
分解	薬剤	薬剤による分解	23

易解体性接着剤は大きく分けて、接着剤硬化物の分解型と非分解型に分けられます。

分解型は解体トリガーによって接着剤硬化物を構成する分子結合の切断反応が生じ、これに伴って接着剤硬化物の凝集力が低下し、解体に至ります。分解反応は様々ですが、解体トリガーによって分解反応を促す触媒となる化合物が系内に発生する、薬剤がトリガーの場合その薬剤自体が分解反応を生じさせる、光照射がトリガーの場合は、照射によって生じる光反応そのものが分解反応となるなどが考えられます。いずれも、接着剤硬化物の分解によって接着強さの低下が生じるので、破壊モードは凝集破壊となることが多くなります。

一方、分解反応を伴わない非分解型も、いくつかのメカニズムが考えられます。その例を示すと、接着剤硬化物の体積の膨張(膨潤)・収縮、相転移、物質移動を生じさせるものが挙げられます。

体積の膨張(膨潤)については、熱膨張マイクロカプセルを接着剤中に添加しておき、解体させたいときに膨張させるものや⁷⁾、溶剤等で接着剤硬化物を膨潤させるものが挙げられます^{8,9)}。

体積の収縮については、高温で加熱するなどして、未反応の反応部位の反応を促し、体積収縮に伴う内部応力が解体を促します。

相転移は、接着剤硬化物が解体トリガーに応じて相を変えるもので、例えば、固相→液相のような変化に伴って接着強さが低下します。

物質移動は、接着剤硬化物中の可塑剤成分が界面に移動し、界面の接着強さを低下させます。これら非分解型の易解体性接着剤は破壊モードが界面はく離となることが多くなります。

このような、解体メカニズムと解体トリガーを組み合わせることで、易解体性接着剤の設計が可能となります。

以下に、上述したトリガー、メカニズムを含む研究例をいくつか紹介します。まず、光をトリガーとした易解体性接着剤の例を紹介します。Suyamaらは光照射によって分解するユニットを持った(メタ)アクリレート系の架橋剤を接着剤組成の中に添加した例を報告しています^{10,11)}。この例では、図-4のとおり、光照射によって架橋部位が分解するので、接着剤の凝集力が低下します。その結果、接着接合の解体が可能となります。

上述の光分解ではなく、光照射によって相転移を促し、接着強さを低下させる例も報告されています。アゾベンゼンユニットの光異性化に伴う「光誘起相転移」を利用し、光の照射で固体から液体へと接着剤成分を

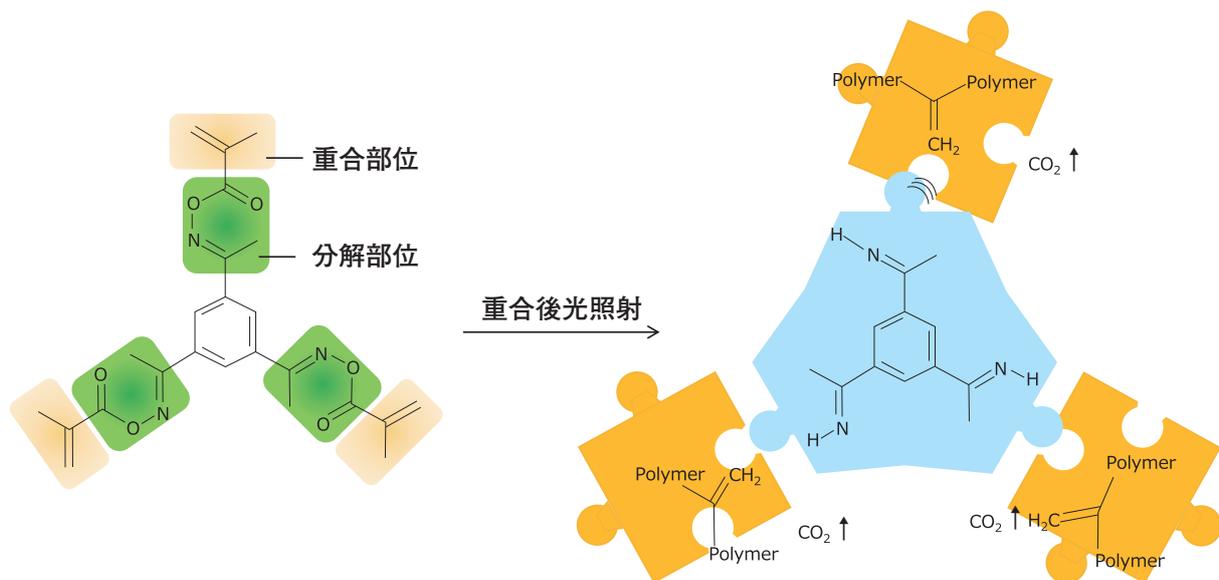


図-4 光照射によって化学結合の切断が生じる化学構造例

変化させ、接着強さをコントロールしています¹²⁾。同様にN-ベンジリデンアニリンの液晶相から等方相(液体)への相変化を用いた接着強さのコントロールの研究例¹³⁻¹⁵⁾も報告されています。これら相変化を解体メカニズムとする手法は上述の分解反応と異なり、可逆反応であるため、接着剤を再利用できる点が特長と言えます。

次に熱をトリガーとした易解体性接着剤の研究例を紹介します。Satoらは図-5の様なポリパーオキシド構造^{16, 17)}やアントラセンの二量体構造^{18, 19)}を有する接着剤を報告しています。これらの硬化物を加熱すると、前者は接着剤組成中に含有する潜在性還元剤が顕在化し、パーオキシド部分が切断され、接着強さの低下を促します。後者はアントラセン二量体が加熱によって分解して熱解離することに伴い、接着強さが低下します。

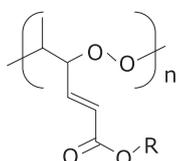


図-5 ポリパーオキシドの化学構造

また、Satoらは熱トリガーを用いる非分解型の研究例も報告しています²⁰⁾。アクリル基とエポキシ基のような二種類の硬化性官能基を側鎖にもつハイパーブランチポリマーを接着剤組成に添加し、これらの官能基の反応を接着剤の硬化と解体に用いています。つまり、接着剤の硬化反応として一部の反応性官能基が消費され、安定な硬化物ができます。解体したいときに硬化温度よりも高温に加熱し、未反応の官能基を反応させます。このとき生じる追加の硬化収縮に伴う内部応力と被着体-接着剤間の線膨張の差から接着強さが低下し、界面はく離が生じます。この手法では接着剤成分の分解ではなく、非分解のため、界面はく離となる点が特長と言えます。

次に超音波をトリガーとした易解体接着剤の研究例を紹介します。Tachiらはアセタール構造を持つ接着剤の中に熱酸発生剤を内包したマイクロカプセルを添加した易解体性接着剤を報告しています²¹⁾。アセタールは酸によって分解されるので、超音波によってカプセルが破壊され、内包した酸発生剤が放出されると接着剤成分の化学結合を切断し、接着強さを低下させることができます。

また、粘着剤ではありますが、電圧の印加によってはく離させる技術も知られています²²⁾。この粘着剤にはイオ

ン液体等のイオン成分が添加されており、電圧の印加によって、電極付近のイオン成分が電極界面に偏析し、粘着力を低下させます。この現象は物質移動に基づくものであるため、繰り返し使用もできると報告されています。

最後に、薬剤を用いた易解体接着剤技術について述べます。接着剤が外部から供給される薬剤に触れることで、接着剤成分中の特定の化学結合が切断され、接着強さが低下するものです。例えば、酸化剤によって、分解されるジアシルヒドラジン構造を含む接着剤が挙げられます²³⁾。図-6の様に、ジアシルヒドラジン構造はカルボン酸と窒素ガスに分解されます。この構造が架橋となるような接着剤を設計すると、接着接合部を酸化剤と接触させることで、接着強さを低下させることができます。

ここでは、すべての研究例を網羅的に紹介できていないわけではありませんが、様々なアイデアがあることが分かって頂けると思います。

この中で、どういった解体トリガー、メカニズムを選択すれば良いのか判断が困難ですが、当社では、冒頭に課題として述べた、1) 接着接合の長寿命化、2) 接着接合の易解体化を念頭に最後に紹介した酸化剤をトリガーとした易解体性接着剤の開発に取り組んでいます。

この手法を選んだ最大の理由は、意図しないタイミングでの解体が生じない点にあります。この手法で用いる酸化剤は、自然界には一切存在しないので、自然界で意図しない暴露が想定される光や熱をトリガーとする場合に比べると、解体メカニズム由来の接着剤寿命の短縮リスクが低くなります。

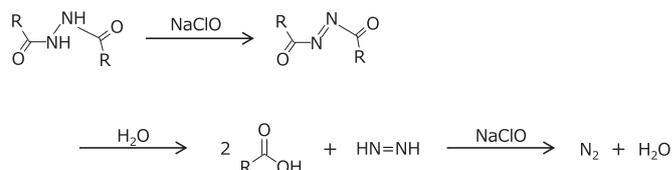


図-6 ジアシルヒドラジン構造の酸化分解

3.酸化剤解体型易解体性接着剤

上述した酸化剤解体型について以下に述べたいと思います。まず、酸化解体の化学反応を説明すると、図-6に示したとおりで、ジアシルヒドラジン構造が酸化剤により分解します。ここで用いる酸化剤は次亜塩素酸ナトリウムや一酸化窒素、二酸化窒素のような酸化剤であり、空気中の酸素では酸化されません。また、酸化される前のN-N結合は熱的にも安定で300℃を超える高温では分解せずに脱水環化し、安定な芳香環となり

ます。つまり、酸化分解される前のジアシルヒドラジン構造は優れた熱安定性があると言えます。

このように、酸化剤との接触というトリガーが引かれる前は非常に安定なジアシルヒドラジン構造ですが、酸化剤である次亜塩素酸ナトリウム水溶液（キッチンブリーチとして家庭でも使われる薬品）と接触すると直ちに分解されます。ジアシルヒドラジン構造を導入した接着剤硬化物を次亜塩素酸ナトリウム水溶液に浸漬したときの写真を図-7に示します。短冊状の接着剤硬化物が激しく発泡しながら分解していく様が見て取れます。つまり、ジアシルヒドラジン構造は、使用時は安定でかつ、解体したいときには速やかに解体できる可能性をもつ化学構造だと考えられます。

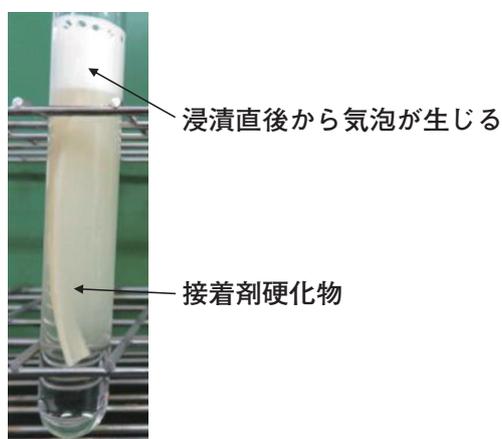


図-7 ジアシルヒドラジン構造を導入した接着剤硬化物を次亜塩素酸ナトリウム水溶液に浸漬したときの様子

Oguriらは、ジアシルヒドラジン構造を有するフェノール樹脂を合成し、エポキシ樹脂とイミダゾール触媒を用いて硬化させる接着剤組成を報告しています²³⁾。この中で、種々のジアシルヒドラジン含有フェノール樹脂とエポキシ樹脂の組み合わせが述べられており、次亜塩素酸ナトリウム水溶液に浸漬すると、接着接合が剥がれることが示されています。また、ここで合成したフェノール樹脂とエポキシ樹脂との硬化物の5%重量減少温度（熱分解温度）はいずれも300℃前後と高温であったとしています。この報告からも、ジアシルヒドラジン構造を有する接着剤組成は冒頭で述べた、「長寿命」と「易解体性」の両立を実現する可能性が高いと考えられます。

そこで、当社では、ジアシルヒドラジン構造を有する接着剤組成物の検討を行っています。いくつかのアプローチを並行して実施していますが、今回は中でも実用化に近い取り組みについて述べたいと思います。

これまでに紹介した研究は、新たな化合物を合成し、接着剤原料としています。新規化合物は世界各国の化学物質規制が異なるため、広く世界で使うためには各国への登録や毒性評価が必要なため、実用化が遅くなります。当社ではこうした背景から、早期の工業利用を念頭に新規化学物質を用いず、既に登録されている化学物質の組み合わせで、上述したジアシルヒドラジン構造の性能を実現できないか試みています。この検討内容について次に述べます。

4. 開発中の試作品

酸化剤解体型の易解体性接着剤を創成する素材検討の結果、エポキシ樹脂の硬化剤等で既に実績のあるジヒドラジド化合物に着目しました。ヒドラジドは図-8に示すような化学構造で、末端にNH₂構造を有するため、エポキシ樹脂と反応し硬化させることができます。この化学構造は、上述したジアシルヒドラジン構造と類似しており、同様の性能を引き出す可能性があると考えました。図-8にヒドラジドの化学反応について整理しています。ここでは、アクリル基、エポキシ基、イソシアネート基、ハロゲン化アルキル、酸クロライドのようなハロゲン化合物との反応例を示しています。これらの反応では、いずれもアシルヒドラジン構造が生成されます。モノアシルヒドラジンも酸化剤によって分解することが確認でき、これらの化学反応を易解体性接着剤へ展開することが可能と判断しています。

現在図-8中(1)の反応を用いた試作品の検討を行っており、2液混合型のアクリル樹脂を主成分とする接着剤としてサンプルワークをはじめています。片液側にジヒドラジド化合物を含有させ、他方にアクリル基を有する化合物を用いる組成とし、(1)で示す化学反応によって、接着剤が硬化します。表-2にこの試作品の諸物性を示します。

初期の引張せん断接着強さは10 MPaを超えており、幅広い部材への適用が可能な接着強さが実現できています。また、上述したようにアシルヒドラジン構造は耐熱性が高いため、高温耐久試験後も強度低下が生じないことが確認されています(表-2)。

解体性についても、引張せん断接着強さにて確認し、室温での次亜塩素酸ナトリウム水溶液浸漬で、試験片が剥がれることを確認しています。

このように、耐熱性と解体性の両立はある程度本試作品にて実用化に近づけたものと考えられます。一方、

表-2 試作品の諸物性

試験項目	単位	測定値	試験方法	備考	
硬さ	—	A84	3TS-2B00-010	—	
引張せん断接着強さ	ブランク	MPa	13.7	3TS-4100-023	SPCC-SD
	ブランク	MPa	10.8		Al (A1050P)
	NaClO aq. 浸漬後	MPa	2.5		SPCC-SD
	60°Cエンジンオイル浸漬後	MPa	12.3		
	150°Cエンジンオイル浸漬後	MPa	16.3		
	150°C, 720 h	MPa	25.6		
	180°C, 720 h	MPa	19.8		
T型はく離接着強さ	kN/m	1.7	3TS-4130-021		

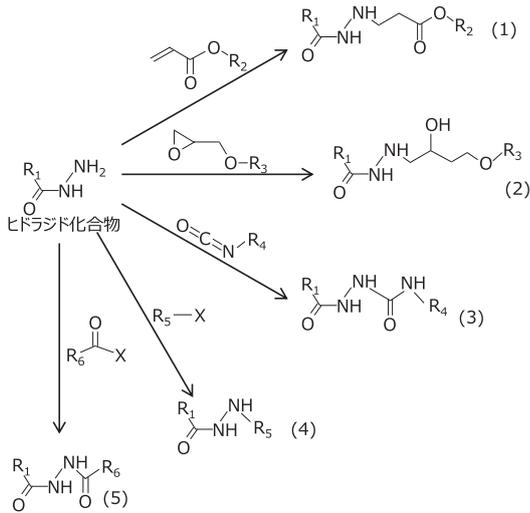


図-8 ヒドライド化合物の化学反応例

次亜塩素酸ナトリウム水溶液への浸漬は実際のリサイクルの作業プロセスを想定すると、プロセスへの負荷が大きくなる可能性も考えられます。

そこで、ドライなプロセスでの接着剤の解体も検討しています。密閉した容器の中に、接着接合体を入れ、酸化剤として一酸化窒素、二酸化窒素ガスを容器内へ充てんし、アシルヒドラジン構造の分解を促しました。そのときの引張せん断接着強さ試験の結果は図-9のとおりです。一酸化窒素、二酸化窒素でも次亜塩素酸ナトリウムと同様に酸化反応が進行し、接着強さの低下が確認できています。このプロセスであれば、気体の酸化剤を用いるため、密閉容器内のガスの処理のみで済み、水溶液への浸漬と異なり、後処理の負荷が低減できると言えます。

また、接着剤には従来の非解体性接着剤を用いながら、接着接合に解体性を付与する手段として、本試作品のような易解体性接着剤の薄層をあらかじめ形成させておく提案を行っています²⁴⁾ (図-10)。この手法であれば、従来から用いている接着剤を使いながら、部材の解体も可能となります。

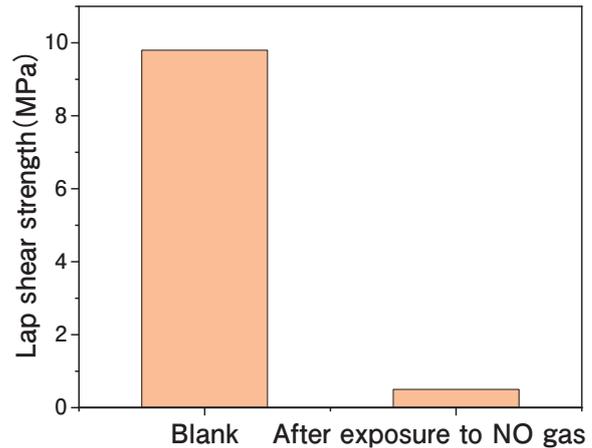


図-9 一酸化窒素、二酸化窒素ガスを用いて接着剤を解体した際の引張せん断接着強さの変化

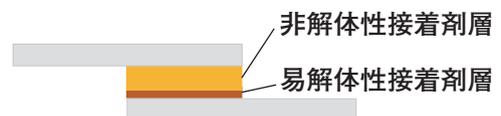


図-10 非解体性接着剤を用いた接着接合に解体性を付与する手段

当社では同じ酸化解体型でありながら、複数のプロセス提案を準備しています。しかしながら、接着接合の解体工程は煩雑であり容易とは言えません。より低コストでのリサイクルを成すためには、当社のような接着剤メーカーのみでは実現することはできません。部材の設計段階から、接着剤の特性を良く理解し、部材を設計される方と我々のような接着剤メーカーがタッグを組んで検討を進めていく必要があると考えています。

我々は接着剤メーカーの中でも、創業当時から少量多品種の生産を行い、お客様のニーズに沿った商品開発を行う特長のあるメーカーと言えます。こうした強みを活かし、社会のニーズとも言える、接着接合にまつわるサーキュラーエコノミーを実現すべく取り組みを継続したいと考えています。

おわりに

今回のテクニカルニュースでは、易解体性接着剤についての取り組みを述べました。易解体性接着技術は黎明期と言え、どういった手法が主流になるのかまだ見通せないのが現状と言えます。我々は今回述べた技術の他にも様々な接着接合の解体手法の検討を行っていますが、本検討では、部材設計と接着剤のマッチングが最も肝になり、接着剤ユーザーとメーカーのコミュニケーションが重要だと考えています。こうしたことを念頭に引き続き、サーキュラーエコノミーに資する開発を行い、微力ながらこの分野の発展の役に立てればと考えています。

最後に、サーキュラーエコノミー社会をつくるためには、一般消費者としての立場での我々の行動変容も重要であると言われてしています。こうした側面からも未来をつくる取り組みを進めていく所存です。

<参考文献>

- 1) スリーボンド ウェブサイト https://www.threebond.co.jp/product/pickup/ThreeBond_2045B_ThreeBond_2145B/ (2024/3/8閲覧)
- 2) スリーボンド ウェブサイト <https://www.threebond.co.jp/technical/familiar-queries/biomass/> (2024/3/8閲覧)
- 3) 資源エネルギー庁 ウェブサイト https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/world_energy_outlook2019.html (2024/3/8閲覧)
- 4) 国際エネルギー機関 ウェブサイト <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/total-mineral-demand-for-clean-energy-technologies-by-scenario-2020-compared-to-2040> (2024/3/8閲覧)
- 5) 経済産業省 ウェブサイト <https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230331010/20230331010-2.pdf> (2024/3/8閲覧)
- 6) 経済産業省 ウェブサイト https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/resource_circulation/pdf/003_07_00.pdf (2024/3/8閲覧)
- 7) 佐藤千明, 日本接着学会誌, 39, 295 (2003)
- 8) スリーボンド ウェブサイト https://www.threebond.co.jp/product/threebond_3046/ (2024/3/8閲覧)
- 9) 日本国特許第7218485号
- 10) K. Suyama et al., RSC Adv., 5, 31506 (2015)
- 11) K. Suyama et al., J. Photopolym. Sci. Technol., 31, 517 (2018)
- 12) T. Yamamoto et al., Polymer Journal, 50, 551 (2018)
- 13) M. Kondo et al., Macromol. Chem. Phys., 222, 2100097 (2021)
- 14) M. Kondo et al., Reactive and Functional Polymers, 174, 105247 (2022)
- 15) 近藤瑞穂ほか, 日本接着学会誌, 58, 36 (2022)
- 16) E. Sato et al., J. Photopolym. Sci. Technol., 31, 511 (2018)
- 17) E. Sato et al., ACS Appl. Polym. Mater., 1, 2140 (2019)
- 18) 日本国特許第7005089号
- 19) K. Tano et al., Chem. Lett., 50, 1787 (2021)
- 20) 日本国特許第7066246号
- 21) H. Tachi et al., J. Photopolym. Sci. Technol., 30, 253 (2017)
- 22) 日本国特許第7427235号
- 23) T. Oguri et al., Polymer, 99, 83 (2016)
- 24) 古川聖純, 日本接着学会第61回年次大会講演要旨集, P23A (2023)

株式会社スリーボンド 研究開発本部

開発二部 電気開発課 古川 聖純
技術マーケティング部 技術開発課 大村 愛
大槻 直也



企画 株式会社 URC 編集室
編集 東京都渋谷区恵比寿1-18-15
スリーボンドビル2F
電話 03(5447)5333
発行 株式会社スリーボンド
東京都八王子市南大沢4-3-3
電話 042(670)5333 代