

「接着のメカニズム、接着剤と住環境」レポート

2018(平成30)年9月25日

18:30-21:00 開催

於・日系ガーデナーズ協会々館

報告: Thomas Palmer (建友会々員)

建友会の標題の勉強会につきまして、概要をご報告します。

第一部

まず、第一部では、接着のメカニズムについて、スライド上映により、講師の高久氏より講演がありました。高久氏は、合成化学が専門ですが、分析化学の分野でミュンヘン工科大学の博士号をお持ちで、また長年、香料会社にお勤めだったという経緯で様々なご見識をお持ちです。現在 **UBC** にて森林科学、バイオマスの勉強をされているということで、講演を引き受けていただきました。内容は、主に下記の4点です。

1. 木と接着剤の担う未来
2. なぜものはくっつくのか? (接着の原理)
3. 接着剤の種類 (形態、硬化の仕組み、科学的構造) と性質
4. 接着のコツ (気をつけること)

1. 木と接着剤の担う未来

現代のインフラには、大量の鉄鋼、コンクリートが用いられ、温室効果ガス (GHG) の 1/3 は、建築・建設業に由来するといわれています。これらの素材を、木材により、可能な限り代替することはサステナビリティ (持続可能性) 追求のために重要です。木材は森の伐採により得られるので一見、温暖化防止の点から直感に反します。しかし、建物や家具などの形態で活用されている間、木が捉えた炭酸ガスは大気に戻っていきませんので、その意味で木材は **GHG** の貯蔵・封印の仕組みとして役立っています。自然に老木が朽ちて炭酸ガスを再放出してしまうよりも、管理下で適切に森林を更新

し、GHGをたっぷり吸収した木を次々と活用したほうが、むしろ環境のために良いというわけです。

丸太として産出する木材を、直線直角、規格化された工業材料として、最大限に有効活用するためには、接着剤を使って、現代の施工要求に適合するように加工し、複合材料化することが必須です。そのような、木材と接着剤とを使った新しい材料（CLT等）が、いまや高層ビルの本体構造に採用される時代です（例えば UBC の Brook Commons など）。GHG 貯蔵機能としての木材と、それを有効利用するための接着剤は、人類の未来を担う技術になるでしょう。大いに誇りをもって、木材を建築・家具等に活用していただければと思います。

2. 接着の仕組み

接着というのは、面と面との境界（界面）で起こる結びつきの作用のことですが、この界面の化学、物理学というのは未解明の部分が少なくなく、なぜものが接着するのかの決定的理論は確立されていません。現在、有力視されているのは、以下の2つのメカニズムです。

(a) **Anchor** 効果：機械的接着ともいわれます。要は **Velcro tape**（マジックテープ）のように、互いの素材が「引っ掛かり」でくっつくというもの。直感的に分かりやすい仕組みですが、最近の研究で、力学的にはあまり重要な位置を占めない、といわれ始めています。

(b) **Specific adhesion**：さまざまな物理的（疎水性相互作用）あるいは化学的（水素結合、双極子間作用、共有結合）な引き合いの力で接着するというメカニズム。接着の力の大半を占めているといわれています（各々の結合様式の詳細な説明は省略）。

3. 接着剤の分類

接着剤は、いくつかの視点から分類することができ、それにより適切な用途や施工方法が規定されます。具体的には、(a) 形態；(b) 硬化の仕組み；(c) 化学構造 が挙げられます。

(a) 形態：溶剤(水、有機溶剤)に溶かしたもの、接着材を o/w 乳化したもの、フィルム状のもの、粉状・糸状のもの、マイクロカプセルを使ったもの、など。

(b) 硬化の仕組み：溶融・凝固を利用するもの、溶剤の蒸発を利用するもの（溶剤型、乳化型）、化学反応を利用するもの（細分類：1液硬化型、2液硬化型、熱可塑・熱硬化型等）

(c) 化学構造：ひも状の構造なのか、架橋網目状の構造なのか、プレポリマー(中間体)の化学構造、接着時の化学反応による分類（付加重合、重付加、重縮合、付加縮合）など。

この分類により、たとえば、水を溶剤にしたものないし乳化系を利用した接着剤が湿気に弱いことが理解されます。また網目構造を多く持った熱硬化型の接着剤（フェノール・レゾルシノール系接着剤）が可撓性に乏しいことや、ひも状構造を持つものが柔軟である一方で熱に弱い点も了解されるでしょう。

4. 木材接着のコツ

用途や使用環境を想定して接着剤の種類や施工方法を考えることが重要（たとえば酢ビ系ならば屋内専用等）。また耐クリープ性が要求されるのか、耐衝撃性が要求されるのか、といった場面に応じた選択も必要です。さらに、被接着材料の性質を理解することも大切です。具体的には熱膨張率や吸水膨張率、応力変形特性が異なる素材の接着に注意が要ります。同じ材でも異方性（縦・横・奥行・遠心方向など、向きによって構造が異なる材料）があると、接着方向によって、互いに異なる材として振る舞い得ることも留意すべきです。表面の改質という意味で、プライマーの利用も一考の価値があります。

木材の場合、主成分・構造材としてのセルロース、リグニンなどの高分子量の成分のほかに、テルペンやフラボノイド等の低分子量の二次代謝物が含まれており、樹種によっては、経時的にそれらの二次代謝物が表面に移動することで接着性が悪くなる場合があります(bleeding, blooming)。この場合、下地処理が必要になります。また、木材の場合、異方性材料なので、配置によって接着強度が大幅に変わります（避けるべき接

着方向の解説などあり)。また接着の際の圧縮や加熱条件にも注意が必要です。特に、熱硬化タイプの接着剤において、プレポリマーの操作温度条件やポットライフ管理の不良は、施工後に剥離破壊に至る可能性があり、構造材において発生した場合の影響は重大です（例えば、オレゴン州立大学におけるCLTの事故は記憶に新しいところです）。

長期の接着品質を考えると、劣化モードの想定が役立ちます。劣化モードには、温度、凍結解凍、光(紫外線)、酸化雰囲気(オゾンなど)、酸性ガス、繰り返し荷重、生物による食害などを通常想定すべきです。

第二部

次に、第二部では、伊藤公久氏 (P.Eng., K. Ito & Associates) と司会者が加わり、住環境の安全について、おもに室内の空気環境を切り口に、パネルディスカッションが行われました。昨今、サステナビリティの観点から、エネルギー効率を追求した高気密な屋内環境を設計・施工し、そこで制御下の換気を行う、という建築・建設の方向性が定まってきました。第一部における木材と接着剤の利用との関係上、特に接着剤が空気質に影響を及ぼす点が注目されています。悪影響として、接着剤に由来するホルムアルデヒドやVOC (Volatile Organic Compounds) がもたらす結果としての、いわゆるシックハウス症候群などが耳目を集めるところ、今回、それをトピックとしてディスカッションや質疑応答が活発になされました。

今後の予定

このたびの勉強会をたたき台に、11月に一般公開セミナーを開催することが発表されました。そこでは、伊藤氏が「『健康は住宅から』との演題にてセミナーを主催し、接着剤と室内空気環境の論点を含め、様々な観点から住宅空気環境を議論する場を提供したい」と、今後の計画について、ご説明されました。