

特集

希望の新素材

「改質リグニン」のいま

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林総合研究所

新素材研究拠点長 山田 竜彦



改質リグニン 写真：森林総合研究所



改質リグニン
写真：森林総合研究所

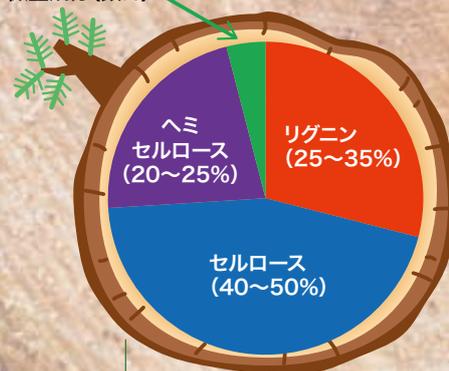
「リグニン」という木材の成分に注目が集まっています。リグニンは木材の約3割を占める成分ですが、有効な利用法が無く未開の素材と言われてきました。そのような中、これまでにない素晴らしい性能を持つ新素材「改質リグニン」が開発され、リグニンを取り巻く状況が変わりつつあります。改質リグニンは、日本の固有種であるスギを原料として製造され、中山間地域に新しい産業を創り出す希望の新素材とも言われています。改質リグニンの開発に関する最前線を紹介いたします。

眠れる森の有用資源 「リグニン」

「リグニン」はすべての木材に含まれる成分で、木材を固くしつかりした構造にする役割をもっています。約4億5千万年前、原始の植物達が水中から陸上上がった際、地上の重力に耐えるため組織を強くする必要がありました。そのために生み出

された成分がリグニンです。ですので、リグニンは本質的に固くしつかりした材料としてのすばらしい性質をもっています。しかしながら、現在、私たちの身の回りにリグニンを活用した製品はありません。その理由は、リグニンの構造が多様なためと言われています。高等な植物であればあるほど、自身の体を効率的に支えるために、リグニンを高度に進化させ、環境に適応し

微量成分(数%)



木材の化学組成

て多種多様な構造を形作ってきました。そのため、リグニンから何かを作ろうとしても、常と同じ性質の材料を安定的に作り出すのが難しくなってしまうました。また、リグニンは木材から取り出す時に大きく変質してしまうため、目的とした機能をもつリグニンを安定的に取り出すのも難しいのです。素晴らしいポテンシャルを持つのに使えない素材。リグニンはまさに眠れる森の有用資源でした。

ところが、発想の転換によりリグニンの工業材料化への道が開けてきました。森林総合研究所を中心とする研究グループにより、スギのリグニンの安定性が確認されると共に、それを工業材料として性質をコントロールしながら取り出す新手法が開発されたので



改質リグニン製造ベンチプラント(内部)
写真：森林総合研究所



改質リグニン製造ベンチ
プラント(外観)
写真：森林総合研究所



スギ林は“宝の山”



改質リグニンを用いた生分解性3Dプリンターフィラメントと成形物
写真：森林総合研究所、ネオマテリア㈱



改質リグニンを用いた射出成型品
写真：森林総合研究所、トクラス㈱

す。取り出されたリグニンは「改質リグニン」と呼ばれ注目されています。

スギから製造される新素材「改質リグニン」

改質リグニンはスギからつくることで工業材料化が達成されました。スギは日本の針葉樹の代表的な樹木ですが、針葉樹の起源は古く、比較的進化の低位に属する植物となります。そのため、環境に応じて大きく構造を変化させることができず、リグニン構造のバリエーションが小さく、結果として安定供給に適した均一なリグニンを形成しています。幸運なことに、日本の森林にスギの占める割合は多く21%も

あります。また、スギは林業としての産業も確立しており持続的な生産も可能です。加えて、スギは日本にしかない日本の固有種ですのでスギ材に特化した技術であれば、国産資源の活用が担保されます。日本の森林がこのような幸運な条件下にあることが改質リグニンの開発に繋がりました。日本の森林は改質リグニン原料の宝庫、宝の山とも言えます。

理想的なバイオ新素材「改質リグニン」

改質リグニンは「ポリエチレングリコール(PEG)」という薬剤を用いてスギから取り出された新素材です。

PEGは化粧品等の成分としてよく使われており、安全性の高い素材として知られています。PEGはリグニンとのなじみがよく、加工性を高める効果が知られていました。理想的には、PEGと結合したリグニンを簡単に作り出すことができれば、リグニン本来の耐熱性等の機能と加工性をあわせもつ理想的な素材が作り出せます。検討をすすめた結果、PEGの中に木材を完全に浸し、少量の酸と共に加熱処理することで、スグリグニンを分解すると同時に、PEGと結合したリグニンとして取り出すことに成功しました。取り出されたリグニンはPEGで改質されており、「PEG改質リグニン」略して「改質リグニン」と呼ばれています。

改質リグニンは、結合したPEGの長さを変化させることで、性質をコントロールできます。特に、通常のリグニン系素材では難しい熱による加工が可能で、熱により形を自由に変えることができます。また、一度固めてしまふと、高い耐熱性を示すようになり、エンジニアリングプラスチックとよばれる高級素材の代替としての活用が可能です。加えて、異なる材料を結びつける力が強く、様々な複合材料の素材として高い性能を發揮します。もちろん天然系素材であるため、最終的には環境中で分解され、海洋汚染等をもた



世界初の内外装材（ボンネット等）に改質リグニンを導入した自動車
 写真：森林総合研究所、産業技術総合研究所、(株)宮城化成、(株)光岡自動車

進む改質リグニンを用いた製品開発

加工しやすく、熱に強いという理想的な特色を持つ新素材「改質リグニン」を用いる製品開発が急速に進んでいます。改質リグニンを利用した繊維強化材（FRP）が開発されています。FRPは、強化繊維をプラスチックで固めた構造をしています。改質リグニンの高い加工性を利用し、FRP用の樹



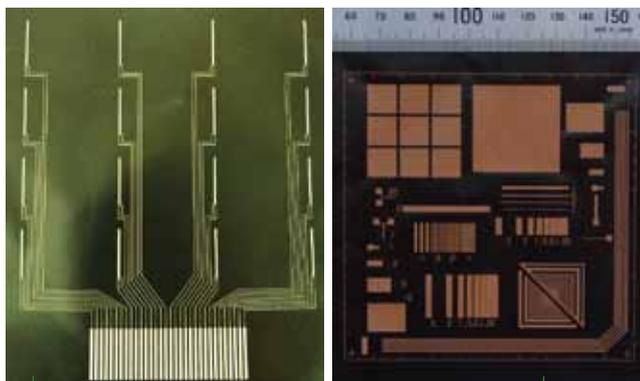
脂（いわゆるマトリックス樹脂）として利用したところ製造した試作品は高い強度や耐熱性を示し、自動車用の部材としても十分に利用できる性能を示しました。そこで、(国研) 森林総合研究所、(国研) 産業技術総合研究所、(株)宮城化成により(株)光岡自動車で製造販売している自動車「ビュート」のボンネットやドアトリムに改質リグニンを導入した自動車が製造され、昨年10月23日に公開されました。改質リグニンを用いた自動車用部材の性能は高く、既存品より高い強度を示しました。これは、強化繊維への相互作用が高いという改質リグニンの特性によるものと考えられています。加えて、揮発性有機物の発生がほとんどないという環



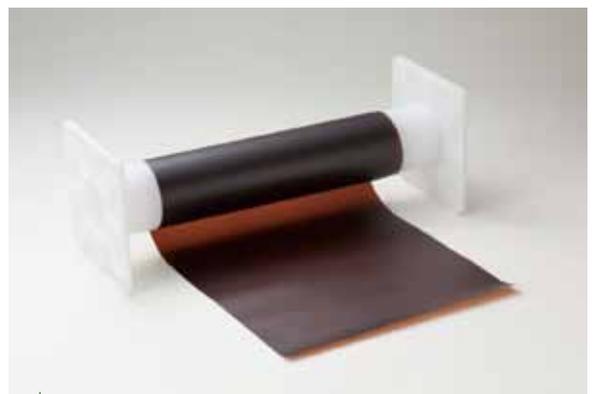
改質リグニンを用いた繊維強化材で製造した自動車用ドア部材
 写真：(株)宮城化成

境安全性にも秀でた部材であることが確認された等、多くの優位性が見出されています。

改質リグニンの熱に強く、しっかりと構造で狂いが少ない性質を利用し、電子基板用フィルムや、金属との組み合わせによる放熱材等が開発されています。これらは、改質リグニンと粘土材料とのハイブリッド技術で達成され、コスト的にも優位性があり、現在流通している電子基板素材の約1/3のコストで製造することが可能です。開発された電子デバイスはスマートフォン用基板として導入する計画が進んでおり、実用化に向けて開発が急ピッチで進んでいます。熱を加えることで自由に形を変化さ



改質リグニンをハイブリッドフィルムを用いた電子基板
 写真：産業技術総合研究所



改質リグニンを導入した粘土ハイブリッドフィルム
 写真：産業技術総合研究所、住友精化(株)

せるという性質を利用した、3Dプリンター用基材も開発されました。既存の生分解性資材であるポリ乳酸（PLA）との組み合わせにより、自由に3次元印刷でき、かつ廃棄時に環境下で完全に分解する環境調和型材料として有望です。この技術開発は「ウッドデザイン賞2018」の林野庁長官賞を受賞する等、高い評価を得ています。

これらの製品は、様々な材料と抜群に相性が良いという改質リグニンの特徴を利用した利用法です。改質リグニンに関する研究開発は、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の補助により運営される研究コンソーシアム「SIPリグニン」（統括機関、森林研究・整備機構）に参加する研究機関や民間会社により開発が進みました。改質リグニンをを用いた製品により1,000億円を超える市場が開拓できると試算されており、多方面から注目されています。

安全性の高い 製造システムの導入で 地域産業化

改質リグニンは、安全性の高いPEGという素材の特性を利用して木材から取り出しているため、その製造システムの安全性も高くなっています。PEGは揮発性の低い物質で、加熱する

際に圧力反応器を用いる必要がありません。高い安全性により中山間地域への導入に有利なシステムが構成されています。

改質リグニンの原料とするスギ材は、優良な木材である必要はありません。製材工場で副産する、おが粉や鉋屑等の端材を利用することができま。たとえば、中山間地域の製材工場に隣接して改質リグニン製造工場を設置した場合、柱や板などの主材を製造するビジネスに加えて、主材製造時に副産する端材を用いて改質リグニン製造ビジネスを行うことができます。未利用な端材を用いて有用素材を製造することにより、事業者としての売り上げが大きく増加します。改質リグニン

製造ビジネスを創出することにより中山間地域を活性化することができま。改質リグニンに関する一連の技術開発は地方創生を加速する新技術として期待されています。

改質リグニンに関する新産業を創り出すためには、関連する人と人との間の繋がりが重要と考えられます。そこで、来年度から「地域リグニン資源開発ネットワーク（リグニンネットワーク）」というコンソーシアムが森林総研を中心として結成されることとなりました。川上から川下まで様々な分野の連携が重要で、リグニンネットワークにはその核としての機能が期待されています。



改質リグニンをハイブリッドフィルムを用いた電子基板
写真：産業技術総合研究所



銅箔をコーティングした改質リグニンハイブリッドフィルム
写真：産業技術総合研究所、住友精化㈱



改質リグニン配管シール材（ガスケット）
写真：ジャパンマテックス㈱



改質リグニンをハイブリッドフィルムを用いた電子デバイス
写真：産業技術総合研究所