

環境・資源循環型リグニン系素材の開発 環境系リグニン素材

関 範雄*

Design of Ecological and Flowed-Reusable Materials from Lignin Lignin-based Materials Adapted to the Natural Environment

Norio SEKI*

環境に適応した機能を有するリグニン系高吸水性樹脂を環境系リグニン素材として、現在パルプ製造工業から排出されているクラフトリグニン（KL）を用いた吸水性樹脂の工業的製造方法およびその実用的な吸水特性について検討した。従来の少量の吸水樹脂合成方法では、KLベースの吸水性樹脂を合成することができたが、その吸水特性は低く、CM化KLを用いた吸水性樹脂の吸水倍率で約50倍であった。さらに工業的製造を意図した合成方法で得られる樹脂は、乾燥過程の加熱乾燥により樹脂の架橋構造内に形成される吸水部位（空隙）が潰され、架橋剤の種類に関係なく吸水特性が消失した。一方、工業的製造を意図した合成方法では、KL-カルボキシメチルセルロース（CMC）共架橋吸水樹脂の合成が可能であり、吸水倍率約500倍の吸水特性を発現し、実用性能を満たした。KLを用いた場合、KL単体で架橋した高吸水性樹脂を工業的に製造することは難しく、CMCなどの異種素材との複合が必要であった。

1. 緒言

岐阜県や国では循環型社会形成を将来の社会システムとして推進し、さまざまにその重要性が叫ばれている。しかし、私たちの生活シーンで使っているほとんどの製品や材料には循環させるという機能が備わっていない。したがって、循環型社会の構築を目指してもそれに対応した製品がない現状では前進していないのが現状である。そこで自然界の物質循環システムをモデルにして、私たちの生活をより自然のシステムに溶け込ませることが重要であると考えた。自然界の物質循環機能を私たちの生活に取り込み、その機能の備わった素材を生活の場で役立てることが重要であると考え、本研究では身近にある植物資源を私たちの生活社会の中で循環させることを最大の目標としている。

植物資源は自然界の循環システムの中で長期間いろいろな機能を果たしており、その重要な機能を発現している物質が植物成分のリグニンである。このリグニンは植物体の中では植物細胞壁の接着剤成分として機能し、一旦植物が枯れると長期間有機土壌成分として、土壌の保水機能を発現し、環境保全の役割を担う。このようなことから我々は、これまでリグニンの保水機能を強調発展させた高吸水性樹脂の開発を行ってきた^{1, 2, 3)}。この樹脂は、新規なリグニンの分離法（相分離変換システム⁴⁾）によって得られるリグニン誘導体（リグノフェノール）をベースに開発された。そして、この樹脂は有機土壌物質を模した構造・機能をしていることから、従来の農業・園芸・緑化に用いられる化成品（保水剤や改良剤など）とは異なり、土壌環境に調和した環境低負荷型の保水剤として、また土壌用サプリメントとしての活用が期待され

* 試験研究部（機能材料研究室）

る。

しかし、リグニン系高吸水樹脂やその製造技術を活用すると同時に、一般に認知されていないリグニンをより一般的な物質として活用するためには、リグノフェノールをベースとした高吸水性樹脂ではなく、既存のパルプ工業から毎日膨大に排出される工業リグニン（クラフトリグニン）を用い、その工業リグニンをベースとした高吸水性樹脂を工業的に製造可能な技術として発展させることが重要になる。

本研究では、クラフトリグニンをベースとした高吸水性樹脂とその工業的生産技術に関する検討を行った。

2. 実験

2.1 環境系リグニン素材の合成とその吸水特性

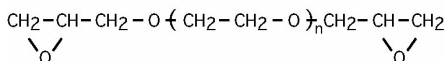
2.1.1 リグニン試料

クラフトリグニン（INDULIN AT、Mead Westvaco Corp.）；KL、CM化クラフトリグニンの水溶性物；WS_CM_KL）および水不溶性物；WI_CM_KL、スルホン化クラフトリグニン（Westvaco Corp.）；S_KLを用いた。

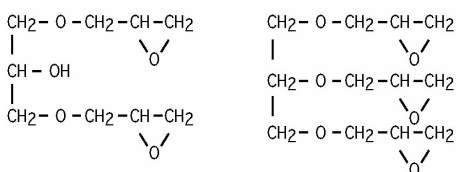
CM化クラフトリグニンは関らの方法¹⁾を応用してKLから調製した。

架橋剤の構造

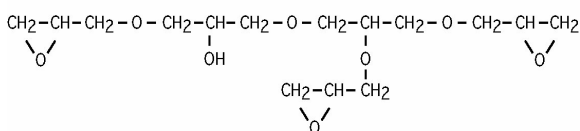
Polyethylene Glycol Diglycidyl Ether



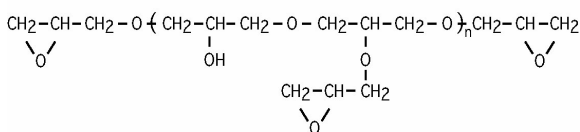
Glycerol Polyglycidyl Ether



Diglycerol Polyglycidyl Ether



Polyglycerol Polyglycidyl Ether



2.1.2 架橋剤

ポリエチレングリコールジグリシジルエーテル（デコナールEX-810、ナガセケムテックス（株））；PEGDGE、グリセロールポリグリシジルエーテル（デコナールEX-313）；GPGE、ジグリセロールポリグリシジルエーテル（デコナールEX-421）；DGPGE、ポリグリセロールポリグリシジルエーテル（デコナールEX-512）；PGPGE

2.1.3 リグニン系高吸水性樹脂の合成

合成方法（Ⅰ）^{2,3)}

リグニン試料（重量：1g）を栓付き容器に入れ、リグニンに含まれる全水酸基（mol）に対して0.5mol倍量のPEGDGE（架橋剤）を含む0.5N水酸化ナトリウム水溶液（PEGDGE約6%含有（1N）水酸化ナトリウム水溶液）（重量：5g）を容器に加え、すばやく完全に溶解させた。リグニンと架橋剤を含むこの混合溶液を温水槽（80℃）で反応した。徐々に反応系の粘性は高くなり、その後急激に反応系全体が（反応開始約30分で）ゲル化することを確認する。反応開始から30分～1時間後、大過剰の水（反応系の20倍量程度）を投入し、ゲルを膨潤させた。膨潤したゲルを80メッシュのナイロン網でろ別し、洗浄、水切り後、ゲルの重量を測定した。ろ別、洗浄および重量測定を繰り返し、水膨潤したゲルの重量が平衡になるまで行った。この洗浄過程で水酸化ナトリウムを除去する。重量が平衡に達したのち、凍結乾燥を行い、樹脂を得た。

合成方法（Ⅱ）

上記合成（Ⅰ）の水による洗浄・精製方法から、有機溶媒による洗浄・精製方法に改良した。すなわち、リグニンと架橋剤を反応させ、反応系のゲル化を確認した後、ゲル化した反応系を80%メタノール水溶液に投入、ディスパーサーを用い粉碎、洗浄した。再度、80%メタノール水溶液にて洗浄後、90%メタノール、100%メタノールの順に繰り返し洗浄し、精製された最終的な沈殿物を回収した。沈殿物は室温下で風乾され、溶媒を揮発した後、温風乾燥器（100℃）によって乾燥し、樹脂を得た。

合成方法（Ⅲ）

上記合成（Ⅰ）の水媒体中での反応系を反応溶液と有機溶媒からなるエマルジョンを形成させた反応系に改良し、上記合成（Ⅱ）と同様に有機溶

媒による洗浄・精製を行った。すなわち、リグニンと架橋剤を含む混合反応溶液を所定の溶媒（無極性有機溶媒；シクロヘキサン、デカリン、飽和塩水溶液（反応系の塩析効果を利用）；飽和塩化カルシウム水溶液）に滴下、反応させる。反応溶液が反応系溶媒中にてゲル化するのを確認する。反応生成物と溶媒を分離し、反応生成物を80%メタノール水溶液にて洗浄した。再度、80%メタノール水溶液にて洗浄後、90%メタノール、100%メタノールの順に繰り返し洗浄し、精製された最終的な沈殿物を回収した。沈殿物は室温下で風乾され、溶媒を揮発した後、温風乾燥器（100℃）によって乾燥し、樹脂を得た。

2.1.4 吸水特性評価

乾燥した樹脂に大過剰の蒸留水を加え、20℃で24時間静置した。その後、樹脂の吸水前後の重量測定から吸水量を求め、吸水倍率（吸水倍率=吸水量/樹脂乾燥重量）を算出した。

また、蒸留水の他に人工海水、生理食塩水および所定濃度に調製した塩化ナトリウム水溶液に対する樹脂の特性を評価した。

3. 結果と考察

3.1 クラフトリグニン吸水性樹脂（環境系リグニン素材）

吸水性樹脂製造³⁾における合成条件では、リグニンに対して架橋剤水溶液を9倍から20倍添加し、合成するが、ここでは水の使用を抑えるため、架橋

剤水溶液の添加量を5倍量に設定した。その時のリグニン系吸水性樹脂の合成条件と得られた樹脂の収率および吸水倍率を表1に示す。今までの吸水性樹脂製造とほぼ同様の合成方法（合成方法 I）を用いることによって、KL、CM_KL、S_KL、いずれのクラフトリグニンおよびその誘導体からも、吸水倍率は50倍前後の吸水特性を有する樹脂の合成が可能であった。

3.2 クラフトリグニン吸水性樹脂の食塩水に対する吸水特性

リグニン系吸水性樹脂の食塩水に対する吸水特性を図1に示す。リグニン系吸水性樹脂の蒸留水に対する吸水能は、ポリアクリル酸樹脂と比較して低い。食塩水に対する吸水能では、蒸留水の吸水能を10%とした場合、ポリアクリル酸樹脂の吸水能が10%以下に低下するのに対して、S_KL架橋体、CM_KL架橋体の吸水能は、それぞれ40%、20%程度であり、低下率が低い。特にKL架橋体の食塩水に対する吸水能の低下はほとんどなく、ポリアクリル酸樹脂の食塩水吸水倍率に相当する能力を示した。このことから、KL架橋体の吸水メカニズムは非イオン性の吸水メカニズムであり、S_KL架橋体、CM_KL架橋体はこの非イオン性の吸水メカニズムに加え、スルホン基やカルボキシメチル基の極性基によるイオン性の吸水メカニズムの相乗効果によって吸水能が発現するといえる。

表 1 リグニン系吸水性樹脂の合成条件と収率および吸水倍率

リグニン 試料		合成条件						収率(%, 対リグ ニン)	吸水倍 率(対蒸 留水)
		リグ ニン 量 (g)	架橋剤			反応温 度(℃)	時間 (min)		
			架橋剤溶液 (EPDGE in 1N NaOH)		架橋剤 量(ml)				
			架橋剤濃 度(vol %)	添加量 (ml)					
KL		1	8%	5	0.4	85	60	104	33
		1	6%	5	0.3	85	60	89	52
CM_KL	WS	1	40%	5	2	85	60	149	46
		1	33%	3	1	85	60	143	30
	WI	1	10%	5	0.5	85	60	108	58
S_KL		1	40%	5	2	85	60	139	23

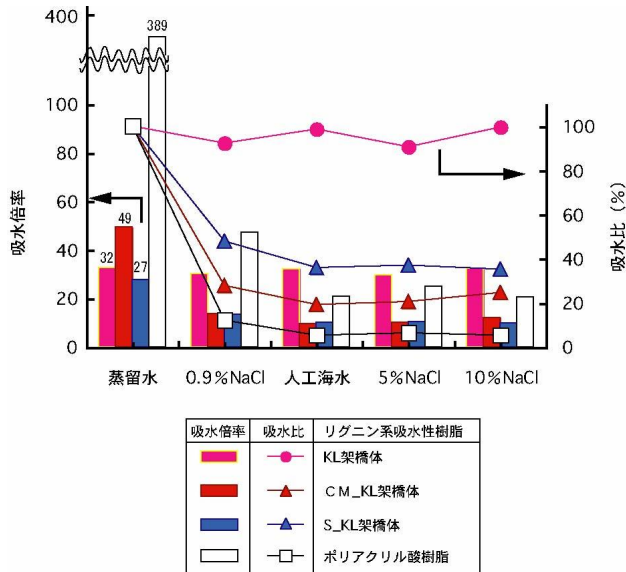


図 1 リグニン系吸水樹脂の食塩水に対する吸水特性

3.3 クラフトリグニン吸水樹脂に用いる架橋剤の効果

表1および図2の結果から、合成方法Ⅰを用いることにより、吸水性樹脂の合成が可能であることが確認された。また、KL架橋体は食塩水に対する吸水能が高いことがわかった。しかし、これらクラフトリグニン吸水樹脂の蒸留水に対する吸水倍率は約30から50倍であり絶対的な吸水能が低く、高吸水性樹脂として一般的な実用吸水倍率である200倍には達していない。リグニン系吸水樹脂の吸水メカニズムには、非イオン性の特性が重要に関与していることを考えると、リグニンの分子構造とその分子間および分子内架橋による吸水サイト（空隙）を変化させることによって吸水能が高くなると考えられる。そこでクラフトリグニン吸水樹脂の絶対的な吸水倍率を向上させるため、吸水性樹脂合成に用いる架橋剤の種類と吸水性樹脂の特性を検討した。

クラフトリグニン吸水樹脂に用いる架橋剤の効果を表2に示す。グリセロール系の架橋剤を用いることにより、ポリエチレン系架橋剤（PEGDGE）を用いた場合に比べ、リグニンを架橋した時にリグニン分子内および分子間に形成される吸水サイト（空隙）内に水酸基がより多く存在し、KL架橋体の吸水特性が向上すると予測したが、結果（表2）に示すようにグリセロール系の架橋剤を用いた

表 2 リグニン系吸水樹脂の架橋剤と吸水倍率

リグニン試料	架橋剤		吸水倍率 (対蒸留水)
KL	PEGDGE		52
	GPGE	タイプ 1	5
		タイプ 2	5
	DGPGE		5
	PGPGE	タイプ 1	6
		タイプ 2	6

KL架橋体の吸水倍率は5倍から6倍であり、ポリエチレン系架橋剤による架橋体に比べ非常に低く、期待された架橋剤の効果は全く得られなかった。この理由は、架橋体樹脂内部の吸水サイトに親水性の水酸基が存在することによって吸水するが、そのサイト内に強力な水素結合が形成され、吸水による空隙の膨張が妨げられたといえる。また、ポリエチレン系架橋剤は主鎖に高頻度でエーテル結合が存在することから伸縮性が高い、一方、グリセロール系架橋剤ではエーテル結合が少なく伸縮性が低く、架橋剤の伸縮性の違いが樹脂の吸水膨張に影響を及ぼしていると考えられる。

3.4 クラフトリグニン吸水樹脂合成時の有機溶媒による洗浄・精製効果

リグニン系高吸水樹脂の合成方法Ⅰは、水系の合成反応で行い、精製時に多量の水を必要とし、樹脂の乾燥には凍結乾燥を用いる。この工業的製造には、反応時使用する水の量を出来る限り抑制し、精製も水を使わない簡易的な方法であることが望まれ、また、エネルギーコストの掛かる凍結乾燥を用いることができないため改良する必要がある。しかし、これまでリグニン系架橋樹脂合成に関する研究を行った結果から、リグニン系架橋樹脂合成の反応系には水の存在が不可欠であることがわかっている。このことから、有機溶媒による洗浄・精製とその後の風熱乾燥による効果（合成方法Ⅱ）を検討した。

合成方法Ⅰのようにリグニンと架橋剤との反応系をゲル化させ、反応系全体を大過剰の水に投入し、膨潤、吸水させ、凍結乾燥によって架橋体を

表 3 合成方法Ⅱによって得られたリグニン系吸水性樹脂の収率および吸水倍率

リグニン試料	収率 (%, 対リグニン)	吸水倍率 (対蒸留水)
KL	72	×
CM_KL	81	79

〔合成条件〕

リグニン量；1g、架橋剤水溶液；5ml（6 vol% EPDGE in 1N NaOH）、反応温度；85℃、時間；90min

得る方法ではなく、合成方法Ⅱではゲル化した反応系を有機溶媒によって洗浄、脱水し、温風乾燥するため、有機溶媒としてメタノールを用いた。その結果得られる樹脂の収率と吸水倍率を表3に示す。いずれもクラフトリグニン架橋体はメタノールによって洗浄することができ、架橋体は脱水された状態で沈殿物として得ることができた。分離後に架橋体に含まれる水分の乾燥も容易になった。しかし、有機溶媒による洗浄方法を用いることによって、洗浄・精製過程で樹脂の一部が有機溶媒に溶解し、収率が低下した。さらに、CM_KL架橋体は有機溶媒による洗浄方法を用いてもある程度の吸水倍率を維持したが、有機溶媒による洗浄・精製がリグニン系吸水性樹脂の特性に良好な効果を与えるものではなかった。KL架橋体においては、吸水樹脂としての性能はまったく示さなかった。このKL架橋体における吸水能消失の理由としては、既存の吸水性樹脂合成方法（合成方法Ⅰ）では樹脂内部の水分を昇華して乾燥するため架橋によって形成された吸水サイト（空隙）のフレーム構造が維持されたまま乾燥できることに対して、有機溶媒による洗浄、その後の温風乾燥では、まず有機溶剤による脱水により樹脂の収縮によって樹脂の吸水サイトが潰れ、さらに温風加熱によって未架橋部位の架橋が進行した可能性が考えられる。

3.5 クラフトリグニン吸水性樹脂合成時に有機溶媒を用いた合成（エマルジョン合成）系の効果

リグニン系吸水性樹脂合成にはリグニンと架橋剤の反応系内に水の存在が不可欠であるため、水系の反応系が溶解しない媒体中にて反応を進行させることによって、反応生成物を容易に分離することができ、かつ分離後の反応生成物の洗浄工程の簡素化が期待できる。また、エマルジョンを形成させることによって粒径の樹脂として回収する

ことを期待できる。このことから、有機溶媒系媒体中でのエマルジョン合成（合成方法Ⅲ）を検討した。そこで樹脂合成時の反応系媒体にエマルジョンを形成させるため、水系の反応系と混合しない無極性有機溶媒としてシクロヘキサン、デカリンを、また反応系の塩析効果を利用した飽和塩水溶液として飽和塩化カルシウム水溶液を選定した。

結果としてKL、CM_KL架橋体は、シクロヘキサン、デカリン、塩化カルシウム媒体中において合成が可能であった。しかし、シクロヘキサンでは反応温度を60℃に設定したことから、長時間の反応時間が必要になり、80℃に設定すると危険で媒体の環流操作が必要になり、装置が複雑化した。また、塩化カルシウムでは反応溶液が分散し、架橋剤とリグニンとの反応が起こり難いことがわかった。高沸点、無極性溶媒であるデカリンを用いた場合においても、反応溶液を反応開始初期から滴下し、溶媒中で反応を行うことで反応液滴が凝集し、球状の反応生成物は得られず、反応容器壁に広がりゲル化し、反応生成物の分離、次のメタノールでの洗浄がスムーズに行うことができなかった。さらに、デカリン媒体に界面活性剤（ノイゲンEA-137、第一工業製薬（株）製）を2 vol%添加して同様の操作を行ったが、同様な現象（反応容器壁でのゲル化）が生じ、良好な結果が得られなかった。以上の結果から、クラフトリグニン吸水性樹脂の有機溶媒媒体中での合成を工業的に応用することは難しいといえる。

3.6 リグニン-CMC共架橋による吸水性樹脂の合成

3.3、3.4および3.5項の結果から、KL架橋体の吸水樹脂としての性能はまったく示されず、架橋体の吸水性能を向上させるため架橋剤を変化させても効果が得られないことから、クラフトリグニン(KL)にCM化などの親水性基導入化工を施さず、KL単体の架橋体に高い吸水性能を付与することは難しいと考えた。そこで、KLと他素材の複合化を試みた。リグニンの複合相手となる素材は、リグニンと同じ植物体の構成成分であるセルロースまたはその誘導体と親和性が良いといえる。実際にリグニンとセルロース類（ヘミセルロース）は植物体内では局在的にゲル状の複合体として存在することからセルロース類との複合化が最も合理的であり、樹脂の最終的な廃棄を考慮した場合にも環境を配慮した複合素材となる。このようなこ

表 4 合成方法Ⅱによって得られたリグニン-CMC 共架橋体の収率および吸水倍率

KL 仕込み量 (g)	CMC 仕込み量 (g)	KL/ CMC 比	収率 (%, 対架橋 剤を含む総 仕込み重 量)	吸水倍率 (対蒸留 水)
1.5	0.5	3:1	46	300
1.0	1.0	1:1	95	486
0.5	1.5	1:3	105	143
0	2	0:1	103	53

〔合成条件〕 架橋剤水溶液; 7ml (2.4 vol% EPDGE in 1N NaOH)、
反応温度; 85°C、時間; 150min

とから、リグニンの複合相手となるセルロース誘導体としてカルボキシメチルセルロース (CMC) を選定し、合成方法Ⅱを用いて、リグニン-CMC 共架橋体の合成を行った。

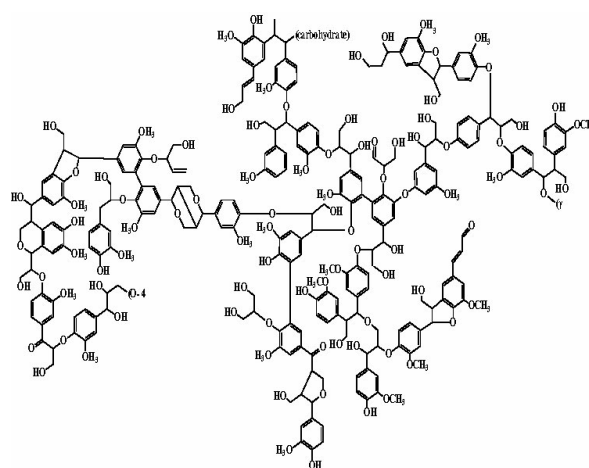
リグニン-CMC共架橋体は、表4に示すようにKLの仕込み比を低くすることによって、高い収率で得られた。KLの仕込み比率が高い場合、表3の結果のように有機溶媒 (メタノール) による洗浄過程でKLの一部が溶解、溶出し低収率になる。収率損分がすべてKLと仮定すると、KL/CMC仕込み比が3:1のリグニン-CMC共架橋体の実際に架橋されているKL/CMC組成比率は、約1:1であることが推測される。一方、CMCはメタノールには溶解しないため、CMC比率の高くなるにつれて共架橋体の収率は高くなり、定量的に回収することができた。

リグニン-CMC共架橋体の吸水倍率では、KL/CMC仕込み比が1:1の共架橋体が最大を示した。KL/CMC仕込み比が3:1の場合、収率の結果から樹脂の洗浄過程において未架橋のKL部分が溶出し、共架橋体内に存在しているKLの組成比率が低いことから、KL/CMC仕込み比が1:3、0:1に比べて、高い吸水倍率を示した。しかし、この結果から考えれば、KLの組成比率の低い共架橋体ほど吸水倍率が高くなければならないのに対して、実際はKL/CMC比が1:3、0:1に比べて、1:1の方が高い吸水倍率を示す。これはリグニンとCMCの反応性の違いに起因すると考えられる。つまり、リグニン-CMC共架橋体の合成に用いた架橋剤の添加量は、リグニン単体で架橋した場合に最も高い吸水倍率が得られる条件が設定されているから、CMC

はリグニンより反応性が高いため、CMC単体で架橋した場合やCMCの仕込み比が高い場合には、架橋密度が高くなり吸水特性が低い結果が得られたと考えることができる。逆に、CMCの組成比率を高くして、より架橋体の吸水特性を高めるためには、架橋剤の添加量を低下させれば良い。しかしリグニンよりもCMCの反応性が高いことから、架橋剤添加量を低く設定する場合には注意が必要である。なぜなら、リグニンを架橋させるための架橋剤がCMCにのみ消費され、リグニンが架橋されず溶出してしまうことになるからである。以上のことから、リグニン-CMC共架橋体 (吸水性樹脂) は、合成方法ⅠⅠを用い、容易な乾燥方法で製造可能であり、リグニンとCMCの組成比と架橋剤の添加量を適宜設定することにより目的とする吸水性に応じた吸水性樹脂を合成できる。また、CMCの粘性が高いため均質な架橋反応を行うことが重要になり、CMC仕込み時の粘性制御が吸水特性に大きな影響を与える。

4. まとめ

リグニンとはモデル構造式に示されるように植物体に存在する不定型な分子内結合を有するフェノール系高分子である。現在、大量に入手可能なリグニンとしては、現行のパルプ工業で行われているクラフト蒸解工程から排出されるクラフトリグニンが存在する。クラフトリグニンは、蒸解工程による構造変性によって植物体に存在する天然



天然リグニン (植物体内に含まれている状態のリグニン) のモデル構造式

リグニンよりもさらに複雑な分子構造（モデル構造式としても示すことのできない）を有し、不用にかつ膨大に廃棄されている物質である。

このクラフトリグニンを用いた吸水性樹脂は、当研究所で開発されたリグニン系架橋体の製造方法（合成方法Ⅰ）により合成することができた。しかし、その吸水特性は低く、CM化クラフトリグニンを用いた吸水性樹脂の吸水倍率でも約50倍であり、市販の吸水樹脂の実用性能である吸水倍率200倍には達しなかった。この低い吸水特性を改善させるため、種々の架橋剤を用いて合成条件の検討を行ったが、架橋剤の改良のみでは目標の吸水倍率を得ることができなかった。

従来のリグニン系架橋体合成方法では多量の水（リグニンに対して9倍から20倍量）を使うこと、さらにその多量の水を乾燥させるための方法として凍結乾燥を用いることから製造コストが嵩み、そのままでは工業的製造技術としては難しい。この製造方法を改良し、工業的製造工程に導入可能な製造方法を検討した。すなわち合成反応に用いる水使用量を低く（リグニンに対して5倍量）設定し、有機溶剤による洗浄・脱水および簡易な風熱乾燥、有機溶媒体中でのエマルジョン反応系を取り入れた。しかし改良の結果、製造方法を改良して得られた吸水樹脂の吸水特性は、従来の製造方法（合成方法Ⅰ）で得られた架橋体樹脂の吸水特性より低くなり、特にオリジナル（化学修飾なし）のクラフトリグニン架橋体樹脂においては、吸水特性が消失した。この改良方法を用いるためには、原料としてクラフトリグニンを予めカルボキシメチル化など親水性化させるなどの化学修飾をした誘導体を使用する必要がある、かつ実用性能を達成させるためにはさらなる検討が必要であった。またクラフトリグニンのカルボキシメチル化においては、クラフトリグニンの複雑な分子構造から分析が難しく、工業的に簡易的な分析技術は確立されていないなどの問題も残る。

その他に改良方法ではクラフトリグニンとセルロース誘導体（CMC）との共架橋樹脂を合成することができた。この共架橋樹脂は自然界の植物体内におけるリグニンとヘミセルロースの複合体構造に類似し、環境配慮材料として期待できる。クラフトリグニン-CMC共架橋樹脂は、その組成比を変化させることによって定量的に得ることができ、かつ、その吸水特性は目標の実用吸水特性を達成可能であることが見出された。しかしこの方法では、CMC単体でも吸水性架橋樹脂の製造も可能であり、リグニンと共架橋するメリットが現状見出せていない。また、CMCは膨大なエネルギーを費やして得られる木材パルプから誘導された機能性素材であることから、CMCを原料に用いた共架橋樹脂の製造コストは必然的に高くなる。さらに、環境影響評価法による環境アセスメントの観点からも検討する必要がある。

以上のことから、当研究所で開発されたリグニン系架橋体の製造方法を応用することによって、クラフトリグニンおよびその誘導体から架橋樹脂の製造は可能であったが、その架橋樹脂の吸水特性を最大限引き出すための工業的に導入可能な製造方法を見出すことができなかった。また、リグニン-CMC共架橋体樹脂の吸水特性は実用レベルに達する可能性が示唆されたが、使用目的と性能に見合う製造コストを導き出すためには、さらなる検討が必要になる。

文献

- 1) 関範雄、伊藤国億、原敏夫、船岡正光：岐阜県生活技術研究所研究報告, 5, 26-33 (2003).
- 2) 関範雄、伊藤国億、原敏夫、船岡正光：岐阜県生活技術研究所研究報告, 6, 36-43 (2004).
- 3) 特開2004-238539
- 4) Funaoka, M., Matsubara, M., Seki, N., Fukatsu, S. : Biotechnol. Bioeng. 46, 545-552 (1995).