

紫外線を利用した木材中のリグニンの抽出

屋木卓実, 中井智仁, 安藤遼天, 坂本蒼馬

Takumi Yagi, Tomohito Nakai, Ryoma Ando, Soma Sakamoto
奈良県立奈良高等学校

1. 要約

現在、木材に含まれる有機高分子化合物であるリグニンが石油に代わる新たな合成樹脂の原料として、期待が高まっている。木材からリグニンを抽出する方法として、現在薬品を使用した抽出法が主流であるが、我々は紫外線を利用し抽出すれば、薬品の使用を抑え、より環境負荷が少なく抽出できるのではないかと考え、実験を行った。その結果、リグニンは紫外線照射で木粉からより多く抽出できる可能性が示された。また、抽出時に加温をすることによって抽出されるリグニン量が増加することが分かった。

ABSTRACT

Currently, lignin, an organic polymer compound found in wood, is attracting increasing attention as a potential raw material for synthetic resins that could replace petroleum. The conventional method for extracting lignin from wood primarily relies on chemical treatments. However, we hypothesized that using ultraviolet (UV) irradiation for extraction could reduce the use of chemicals, thereby lowering environmental impact. To test this hypothesis, we conducted experiments and found that UV irradiation could enhance lignin extraction from wood powder. Furthermore, we observed that increasing the temperature during extraction led to a higher yield of lignin.

【キーワード】 木材、リグニン、紫外線

Key word Wood, Lignin, Ultraviolet Light

2. 背景

現在、石油を主な原料とした合成樹脂が広く普及しているが、カーボンニュートラルなどの観点から近年、木材に含まれる有機高分子化合物であるリグニンがそれに代わる原料として期待が高まっている。しかし、木材中のリグニンは組織の細胞壁に強力に沈着しており、取り出すことは容易ではない。現在主流である抽出方法は、杉の木粉をポリエチレングリコール（以下 PEG）と少量の酸とともに加温して分解すると同時に、PEG と結合させ、改質させて取り出すというものである。¹⁾我々は薬品の使用を抑え、より環境負荷の少ない方法でリグニンを木材から取り出せないかと考え、実験を開始した。

3. 目的

我々は木材の腐朽プロセスに着目した。先行研究から、木材中のリグニンは太陽光の紫外線によって分解、低分子化され、その低分子化リグニンは水溶性を持つことが分かっている。²⁾木材表面に紫外線を当て続けることで、木材中のリグニンの結合を切り、水に溶かすことでリグニンを分解物として取り出せ

ないかと考え、以下の実験を行った。

4. 実験

4.1 実験 1

4.1.1 目的

紫外線照射により木材中のリグニンが分解するか調べ、その際抽出性を高めるために加温する。

4.1.2 方法

1. 杉の木粉 0.15g に紫外線を照射しなかったもの、46 時間照射したもの、330 時間照射したものを作成した。紫外線ライトは TOSHIBA FL20S・BLB を使用した。(波長 352nm)

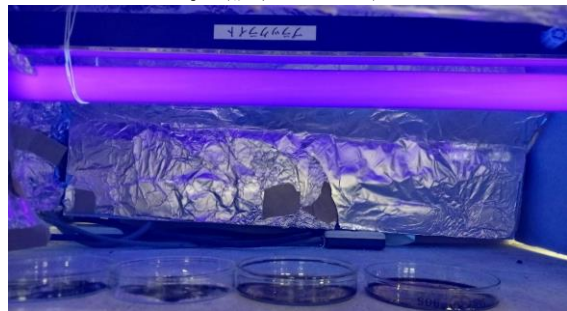


図 1 紫外線照射の様子

2. 木粉に 50mL 注水しスターラーで攪拌した。加温せずに攪拌したものと、50°Cで攪拌したものの二種類を作成した。この加温は溶解度を大きくすることを目的としたものである。

表 1 各サンプルの実験条件

	紫外線照射時間(h)	抽出条件
①	0	加温せず
②	0	50°C
③	46	加温せず
④	46	50°C
⑤	330	加温せず
⑥	330	50°C

3. それぞれを吸引ろ過し、抽出液を得た。また紫外線を照射していないものも、2.の条件で攪拌し、抽出液を得た。それぞれの抽出液の吸光度を UV-1280 (島津製作所) のスペクトラムモードで 190nm~350nm の範囲で測定した。
4. 市販のアルカリリグニン (ナカライテスク) を水で溶かし、同様に吸光度を測定した。

4.1.3 結果

図 2 はアルカリリグニンの吸光スペクトル、図 3 は加温せずに抽出した場合の各紫外線照射時間ごとの吸光スペクトル(表 1 の①、③、⑤の吸光スペクトル)、図 4 は 50°Cで抽出した場合の各紫外線照射時間ごとの吸光スペクトル(表 1 の②、④、⑥の吸光スペクトル)、図 5 は紫外線を 330 時間照射した場合の加温なし抽出・50°C抽出の吸光スペクトル(表 1 の⑤、⑥の吸光スペクトル)である。

図 2 と図 3 を比較すると、アルカリリグニンと我々の抽出した物質の吸光スペクトルが類似している。

図 3 の各凡例を比較すると、加温なし抽出では、紫外線照射が 46 時間の場合あまり変化は見られなかったが、330 時間の場合吸光度が上昇している。

図 4 の各凡例を比較すると、加温抽出では紫外線照射時間の増加に伴い波長 195nm 付近では吸光度が上昇している。波長 265nm 付近では紫外線照射が 46 時間の場合あまり変化は見られなかったが、330 時間の場合吸光度が上昇している。

図 5 の各凡例を比較すると、抽出時に加温を行うことで吸光度が増加している。

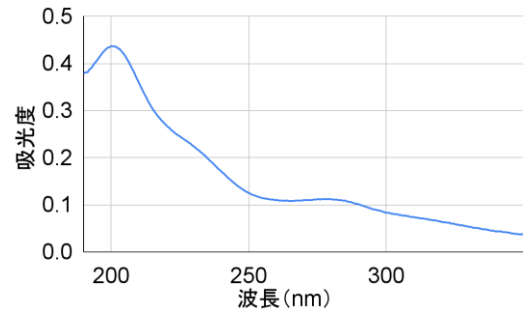


図 2 アルカリリグニンの吸収スペクトル

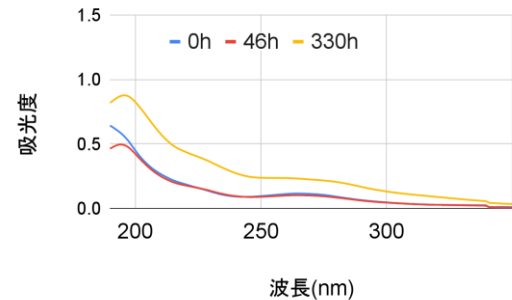


図 3 各紫外線照射時間の吸収スペクトル (加温なし)

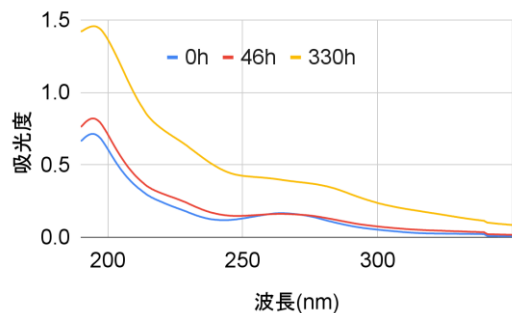


図 4 各紫外線照射時間の吸収スペクトル (50°C)

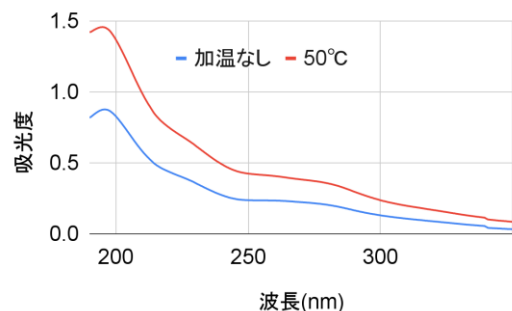


図 5 紫外線照射 330 時間の加温なし・50°C の吸収スペクトル

4.1.4 考察

紫外線照射により波長 195nm、265nm での吸光度が上昇したため、抽出溶液の各波長の紫外光を吸収する物質の濃度が上昇していると考えられる。また、その吸光スペクトルはアルカリリグニンのものと類似している。つ

まり、木粉に紫外線照射することでリグニンが分解され水溶性の物質が生成された可能性が示唆された。

4.2 実験2

4.2.1 目的

実験1にて確認された物質がリグニンの分解物であることを抽出残渣中のリグニン含有量を調べることにより確認する。

4.2.2 方法

木材中のリグニン含有量を測定する方法であるアセチルブロマイド法³⁾を用いて、紫外線を照射し水で洗浄した木粉のリグニン含有量を測定し、紫外線照射の効果を調べた。

1. 水 20mL に浸した木粉に対し紫外線を 330 時間照射した。
2. リグニンを洗い流すことを目的として、水 20mL に浸した木粉をスターラーで 30 分間攪拌した。このときスターラーの温度は 50°C であった。紫外線を当てていない木粉も同様に水 20mL に浸し、スターラーで 30 分攪拌した。このときスターラーの設定温度は、設定しない（室温）と 50°C の 2 種類で作成した。
3. それぞれの溶液を吸引ろ過し、乾燥機で 65°C に設定し乾燥させ、木粉①～③を得た。

表2 各サンプルの実験条件

	紫外線照射時間(h)	抽出条件
①	330	50°C
②	0	50°C
③	0	加温なし

4. 木粉①～③を試験管に移し替え、それぞれにアセチルブロマイド試薬（ナカライテスク）を 5mL 入れ、ゴム栓で蓋をし攪拌した。
5. 50°C に温めたシリコンオイルで①～③を温め、6 時間反応させた。
6. 100mL メスフラスコに酢酸 20mL、2M 水酸化ナトリウム 10mL を入れたものを 3 つ用意し、①～③をそれぞれ移し替えた。のちに 0.5M 塩酸ヒドロキシ

ルアミン 3.5mL をそれぞれに加え、酢酸を加え 100mL にした。

7. 作成した溶液を吸光度計で、200nm～300nm の範囲でスペクトラム測定し、280nm の吸光度の値を測定した。
8. 得られた値を次式に代入した。

$$\frac{100 \times \text{吸光度} \times V}{A \times W} \times 100$$

溶液の量 V=0.100(L)

標準リグニンの吸光度係数 A=20.09

試料の重量 W=0.010(g)

4.2.3 結果

表2のように、加温抽出を行った場合、また紫外線照射を行った場合木粉のリグニン含有量が減少した。

表3 木粉のリグニン含有量

条件	平均含有量(%)
紫外線 330 時間照射 加温	24
紫外線照射無し 加温	31
紫外線照射無し 加温なし	34

4.2.4 考察

残渣のリグニン含有量が低下したのは、紫外線を照射した木粉中のリグニンが分解され、水溶液中に出ていったためであり、その結果、実験1で紫外線照射の各波長で吸光度が上昇したと考えられる。またこのことより、抽出液中には分解されたリグニンが含まれていると予想される。

5. まとめ

実験1の結果から、紫外線の照射時間の増加に伴いリグニンの抽出量が増加することが示された。抽出後の木粉のリグニン含有量を調べるために、実験2を行った。実験1後の木粉のリグニン含有量をアセチルブロマイド法を用いて調べると、無加温より加温、紫外線をあてなかった場合より紫外線をあてた場合のほうがリグニンの含有量が減少するという結果が得られた。よって、加温抽出や紫外線照射によって、抽出されるリグニンが増加することが示唆された。

6. 謝辞

研究に際し様々なご助言、協力をいただいた奈良県立奈良高等学校の松田先生、奥西先生、そして実験に使用する杉木粉を提供してくださった奈良県立奈良商工高等学校建築学科の谷村先生、研究費の助成をいただいた青翔高校には感謝申し上げます。

7. 引用文献

- 1)新素材研究拠点『森林資源由来の高性能プラスチック代替素材「改質リグニン」の開発』
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/dai4ki/documents/p68-69.pdf> (2025,1,28 取得)
- 2)片岡 厚,『木材の光劣化とその深さ分析』2008
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jwrs/54/4/54_4_165/pdf
- 3)梅澤俊明ほか7名『森林バイオマス評価分析システムにおけるリグニン分析プロトコール』
https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bitstream/2433/184753/3/rish_00300_073.pdf (2025,1,28 取得)