

レーザー放電回路のリグニン分解への応用（水中ストリーマー放電によるリグニンの中性・常温分解）

實野孝久

社団法人太陽エネルギー利用推進研究会

概要

レーザー用高電圧パルス放電技術を応用した水中ストリーマー放電により、植物のリグニンを水溶性肥料に変換して農業に応用することを目指す。不溶性のリグニンを、ストリーマー放電で可溶化することで節水農法の液体肥料としての応用を開拓する。

1. はじめに

現在の世界の人口は70億人を超え、その人口を石油の大量消費による現代農業で養っているが、肥料・農薬を含めた現代農業のすべての工程が石油に依存しているため、石油価格の長期的な上昇に伴う食糧価格の上昇が今後の大きな社会的騒乱要因となることが予想される。このような騒乱を防ぐためには、石油に依存しない農法が必要である。また、長期的な気候変動の影響により、農耕に適した地域が減少することが予想されるため、乾燥地で石油に依存しない農業を行う必要が生じている。

その新しい農法の一部に石油に依存しない肥料の作製法が挙げられる。植物の体を構成するリグニンは非常に普遍的な素材であるが、その活用は材木や燃料などの限られた用途しかなかった。一方でリグニンを堆肥として分解すると農業用肥料が得られるが、その作成には時間を要し、かつ固形肥料しか得られず、肥料として用いるには農地に運んで農機で土に鋤きこむことが必要であった。また、リグニンの分解は白色腐朽菌を用いれば中性・常温・常圧で可能であるが、人工的に分解するためには強酸・強アルカリ・高温／高圧・白金触媒等が必要であり、費用が高んでいた。このリグニン分解を中性・常温・常圧で行えると乾燥僻地の小規模農家でも化学肥料に頼らずに済む。望ましいのは散布が容易な液体肥料を得られると、節水農法である養液滴下灌漑と組

み合わせられるため、活用範囲が広がることが期待出来る。

2. 実験装置

本研究で使用した放電回路はこれまでにパルス放電を行う窒素レーザーや炭酸ガスレーザーの励起回路に使用されていたもので、特に大きな変更は加えていない。今回使用した回路では電源側のパルス電圧の立ち上がりは約 $50\mu\text{S}$ 、出力電圧は約 20kV である。繰り返しは電源容量で決まるが、最大で 1Hz 程度であった。このパルス電圧を水中に保持したシース（鞘）付きの針端電極に、小さなスパークギャップを介して印加した。このギャップの役割は、針端電極に印加される電圧の立ち上がりを早くし、ストリーマー放電の発生を促進するためである。もう一方の接地側電極は平板の金属板を使用し、電界の集中を防いでいる。このような電源回路と放電容器を使用し、中性リグニン粉末や粉碎した木片や落ち葉の粉末を真水に懸濁した溶液を用い、概ね 1Hz 程度でストリーマー放電を行うことにより、水溶化した溶液を得ることができた。状況に応じて過酸化水素やアニリンを添加した。

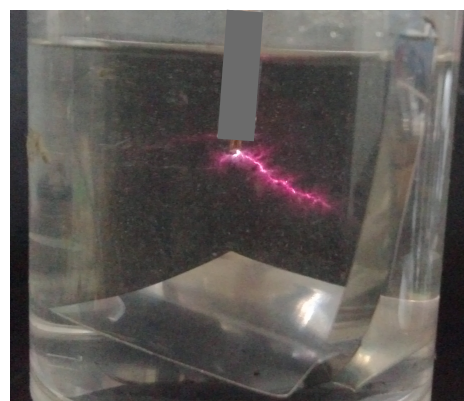


図1 水中ストリーマー放電（純水中）

3. 分解実験

この水中放電により、リグニン粉末や木片の粉末が水溶液化したものをろ過し、液体状の水溶液を得ることができた。この時リグニンの残留分を秤量して分解率を求めたが、1回の処理で約30%の重量が水溶液化しており、処理時間を延ばしてもこの分解量は増加しなかった。しかし、この残渣を再び真水に溶解して分解処理を行うと、さらに30%が減少することが確認できた。この結果から、分解は水中で平衡状態に達するとそれ以上進行しなくなっていることが推測される。水中ストリーマー放電の様子を図1に、リグニンが分解した溶液の写真を図2に示す。

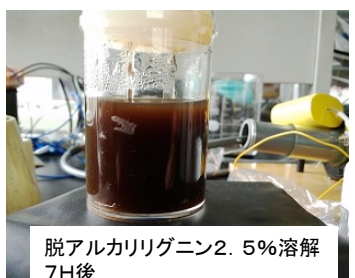
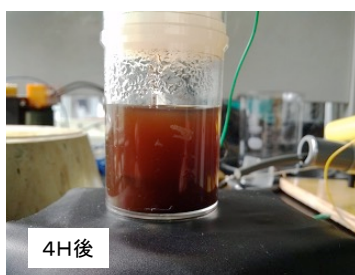
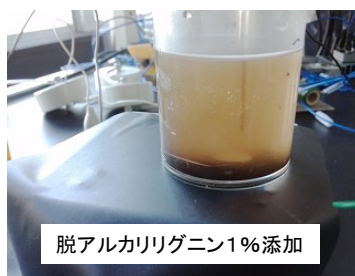


図2 リグニンの水溶液化

分解生成物の分析を試みたが、有機物の種類が多すぎて、正確な成分分析ができていない。多くのフェニル基を含む物質が存在していることは確認できた。また、従来の水耕栽培などで使用される肥料濃度計 (EC メーター) で計測したが、計測値は出なかった。従って、従来の肥料成分と言われる電気伝導

成分は豊富ではないことが判明した。より正確な成分分析を現在佐賀大学で実施しており、追って結果が得られるものと考えられる。

4. 栽培試験

この分解生成物の肥料としての効果を検証するため、培養土を用いてメランポジウムの栽培を行った。同一の「花の土」を入れた複数の鉢に苗を植え、ある程度のサイズまで育った後に、水のみ、市販肥料、10~1000倍に希釈した分解生成液を与えて育成した。肥料成分は週に1度で、その他の日は水のみを与えた。肥料成分を与える前と4週間経過した後の育成状態では明らかに100倍希釈液を与えたものが大きく成長しており、培養土を用いる場合には花の育成に効果的であることが確認できた。

この分解生成物は培養土のような肥料成分が含まれた土では、市販肥料より植物の成長を促す効果が認められたが、ECメーターでは計測できないことから、培養土中の細菌により植物の成長を促す成分が生成されていることが想定された。そこで、培養地に肥料成分を含まない「赤玉土」を使用し、同様の栽培試験を行った。この試験ではチンゲンサイを使用し、発芽から77日までを追跡した。水のみでは非常に貧弱な成長であるが、市販肥料は十分に大きくなっている。しかし、500倍希釈液を使用した鉢では市販肥料より劣るが、明らかに水のみよりは成長しており、養分のない土でも植物の育成効果があることが判明した。

肥料成分としては培養土では強く、赤玉土では中程度の効果があることが証明できた。リグニン分解液は液体状態で土壤に散布できるため、今度展開を予想している摘果灌漑を用いた乾燥地農法に適している。乾燥僻地の住民が農業生産物の残渣を滴下感慨に適した液体肥料として使用できることになり、乾燥地での農業の普及に大きな利益を生じるため、今後も継続して研究を推進していきたい。

研究協力者

徳村啓雨：(株) レーザー応用技研

徳本家康：佐賀大学農学部