

研究成果報告書

研 究 題 目		植物工場の養液浄化用光触媒・銀複合体の開発	実 施 年 度
			平成 2 6 年度
代 表 研 究 者	所 属	島根県産業技術センター 技術部 環境技術科	
	氏 名	田 島 政 弘 印	
1. 研究の目的・背景 植物工場等の循環水を使用する養液栽培技術の発展には、殺菌および生育阻害物質の分解技術が必要である。光触媒は、殺菌および有機物分解の両性能を有することが知られているが、殺菌性能については実用化するには能力が低いことが問題である。また、殺菌性能が高い銀殺菌剤は、様々な形態で使用されているが、光触媒と銀化合物を複合化した事例はほとんどない。これは、光触媒に銀化合物を複合化することで、銀イオンが光触媒の活性点を被毒するために、光触媒の有機物分解性能が大きく低下するためである。そこで、光触媒の有機物分解性能を損なうことなく銀化合物と複合化ができれば、植物工場の養液浄化に必要な生育阻害物質の分解性能と殺菌性能を併せ持つ新規な素材が開発できることになる。また、銀殺菌剤は、塩素の存在により殺菌効果が低下するため、水道水を使用する小型の植物栽培システムでは銀殺菌剤が使用できないため、水道水でも銀の殺菌性能を発揮させることは重要である。本研究者は、光触媒の有機物分解性能を損なうことなく銀化合物を複合化することにより、殺菌性能と有機物分解性能を併せ持ち、さらに、塩素の影響を受けにくい新規な素材を開発することを目的としている。			

2. 研究成果及び考察

(1) 光触媒・銀複合体の最適化

本研究の特徴は、酸化銀層の上に光触媒層を形成し、酸化銀による殺菌と光触媒による有機物の分解の両性能を満たすことである。しかし、銀はイオンとして光触媒上に吸着し、光触媒性能を被毒する。また、酸化銀上に光触媒の担持量が多いと、銀の溶出を抑制するために殺菌性能が低下する。よって、酸化銀層の上部に形成する光触媒層担持量の最適化は重要である。また、酸化銀層と光触媒層の間にシリカのバリアー層を形成することにより、光触媒の銀による被毒を抑える試みも検討した。

① 光触媒層の最適化

担体（セラミックフォーム）に酸化銀を担持後、窒素ドーパ酸化チタンおよび酸化チタン（混合比 1:1）を 1wt%，2wt% および 3wt% 担持させて光触媒層を形成し、LED 光（波長 405nm）を照射しながら、殺菌性能を評価した。結果を図 1 に示す。1 回目および 2 回目は、大腸菌投入 8 時間後の結果を示す。3 回目は 8 時間ではほとんど菌数に変化がなかったため、26 時間後の結果とした。殺菌性能は、3 回目で大きな差が出ており光触媒の担持量は 2wt% 以下が

適していることが確認できた。ここで、大腸菌の培養には液体培地を使用したため、液体培地中の塩分により銀が被毒され、殺菌性能の差がよりはっきりと出たと考えている。また、同じ光触媒担持体で、フェノールの分解試験をおこなった結果、光触媒担持量が 1wt% のみ分解性能が低く、下層の銀により被毒された。したがって、光触媒層は、2wt% が最適であることが判明した。

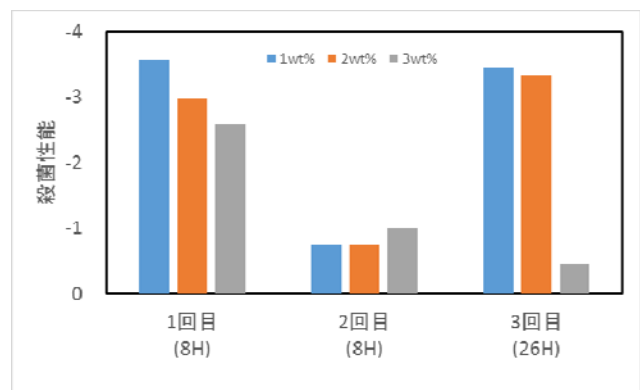


図 1 光触媒層担持量による殺菌性能の比較
(殺菌性能 = $\log(\text{菌数}/\text{初期菌数})$)

② シリカバリアー層の形成

酸化銀層と光触媒層（1wt% 担持）の間に、バリアー層としてシリカを 0.5wt%，1wt%，2wt% 担持し、LED 光（波長 405nm）を照射しながら殺菌性能を評価した。結果を図 2 に示す。菌を添加後、24 時間後の殺菌性能を比較した。1 回目では、差は小さいが、2 回目では、3wt% のみ殺菌性能がなくなってしまった。また、フェノールの分解試験をおこなった結果、シリカバリアー層が 1wt% のみ分解性能が低かったことから、シリカバリアー層は、2wt% が適していることが判明した。

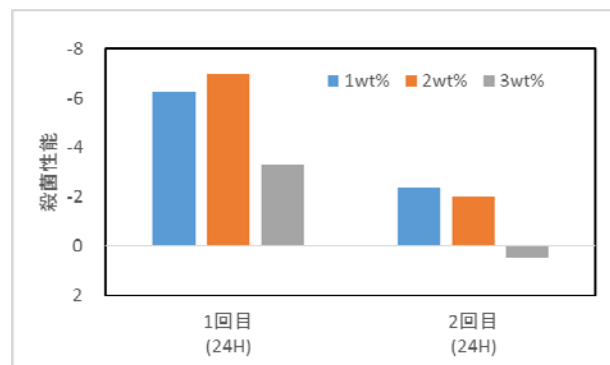


図 2 シリカ担持量による殺菌性能の比較
(殺菌性能 = $\log(\text{菌数}/\text{初期菌数})$)

(2) 微細孔構造物による銀殺菌効果の長寿命化

光触媒・銀複合体からの銀の溶出は、数か月程度と考えられる。そこで、銀化合物の殺菌効果を長期化するために、微細孔構造物を利用した。

微細孔構造物として、ゼオライト (X 型ゼオライト)、MCM-41 (メソポーラスシリカ)、ベントナイト、セリサイトを、使用し、微細孔構造物を担体に担持後、銀を含浸し、さらに光触媒層を形成して、養液中 (大塚 A 処方) での 24 時間における銀の溶出量を測定した。また、比較として微細孔構造を持たないシリカについても同様に測定した。

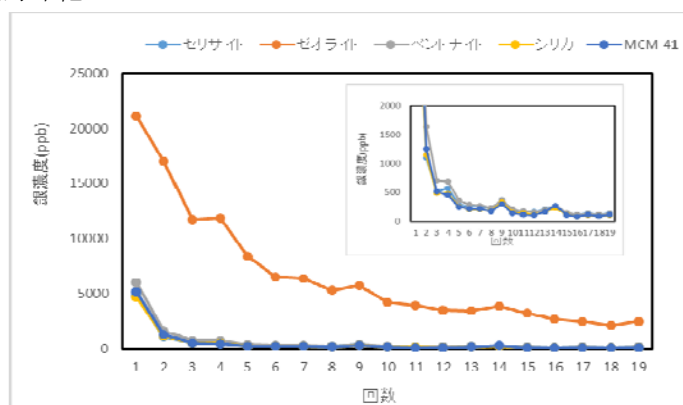


図 3 各種微細孔構造物による銀溶出量の変化

結果は、図 3 に示すように、ゼオライトのみ高い銀の溶出量を長期間示した。ゼオライト以外は、ほとんど同じ溶出量であり、微細孔構造の効果は低かった。また、各微細孔構造物への銀の担持量を分析した結果、ゼオライト>セリサイト、ベントナイト>シリカ>MCM-41 であった。

これらの結果より、ゼオライトは、銀の担持量が多く、溶出しやすく、長期間高濃度の銀を溶出できることが判明した。しかし、ベントナイトやセリサイトのような粘土鉱物は、銀の担持量が多いが、溶出量が少なく、殺菌効果が長続きしないことが判明した。したがって、銀の保持材として、ゼオライトが適していると考えられる。

(3) 塩素により不活性化された銀の再溶出化

塩化銀は、光酸化で再活性化できることから、光触媒の強力な酸化力を利用することで、塩化銀を再溶出させることを検討した。光触媒・銀複合体を水道水に浸漬して、塩素化した後、純水の中で波長 365nm および 405nm の LED で光を照射して銀溶出量を測定した。また、比較として暗所での銀溶出量も測定した。結果は、銀の塩素化により、溶出液の銀濃度は、50ppb 以下と低かったが、365nm 波長 LED のみ、経過日数とともに銀濃度が増加した。しかし、405nm 波長 LED や暗所では銀濃度はわずかずつではあるが低下した。

したがって、塩素化した銀の再生には、紫外線域の光が有効であることが確認できた。

(4) 小型養液栽培設備による実証試験

光触媒・銀複合体と LED (405nm) を利用した簡易型浄化装置を使用し、長さ 2m の養液栽培設備でトマトを 4 株栽培し、一般生菌数および総有機炭素量をモニターした結果、一般生菌数が 1000 個 / ml 以下、総有機炭素 10ppm 以下を 1 年間保持し、殺菌および有機物分解に効果があることが確認できた。

以上、植物工場用の養液浄化材として、光触媒・銀複合体の性能向上を検討し、計画通り光触媒層の最適化やシリカバリアー層の効果を確認し、さらに微細孔構造物の効果や塩素化した銀の再溶出による、銀の殺菌効果の長期間化の可能性を確認できた。しかし、塩素の影響を受けにくい新規な素材の開発については、まだ研究を継続する必要がある。

3. 経費の使用状況（申請時の計画に対する実績を記述）

消耗品の中で、アクリル製流路を予定していたが、既存の設備を工夫して使用した。また、実験の必要上、当初項目として上げていなかったガスクロカラムおよびペトリフィルムを購入した。それ以外は、金額の増減はあるが予定通り執行した。

4. 将来展望（今後の発展性、実用化の見込み等について記述）

本装置は、現在、島根県企業と共同で、実証試験に進むことが決定した。本装置は、従来のオゾンや深紫外光を使用した殺菌装置と異なり、養液中の鉄およびマンガン等の栄養素を沈殿させないという特徴があり、植物工場での利用を期待されている。

今回の研究により、酸化銀・光触媒複合体の性能向上の可能性が認められたことから、植物工場での利用の可能性が広がった。今後、企業との実証試験を進め、なるべく早い時期に商品化したいと考えている。

5. 成果の発表（学会での発表、学術誌への投稿等を記載。予定を含む）

- 1) 田島政弘：植物工場用簡易的養液浄化装置の開発、山陰（鳥取・島根）発新技術説明会（大阪 H26.7.4 開催）