

# 底面給水鉢花栽培における 光触媒・酸化チタンを利用した養液の殺菌技術

愛知県農業総合試験場 <sup>ひら</sup> <sup>の</sup> <sup>つ</sup> <sup>し</sup>  
平 野 哲 司

## はじめに

養液栽培とは、土壌を全く用いることなく、固形の培地や水中に根系を形成させ、生育に必要な栄養成分は、作物ごとに固有の吸収特性に応じた成分組成・適濃度をもつ培養液によって与え、根には適度の酸素供給を行って作物を栽培する方法（日本施設園芸協会編，1996）と定義されている。鉢花栽培では、底部給水法として腰水給水の水一種であるエブ・アンド・フロー（Ebb & Flow）方式（須田，2006），毛管現象を利用した桶利用ひも給水方式やマット利用による底面給水方式，あるいは両者を併用した桶利用ひも給水方式などにより給水が自動化されている。いずれも廃液を回収し再利用する循環栽培が可能で，特にプールベンチを利用するエブ・アンド・フロー栽培と桶を利用したひも給水栽培では，水だけではなく，一定濃度の肥料成分を含んだ培養液を給液するのが一般的であるので，土を使っている点を除けば養液栽培そのものであり，一般的な養液栽培と同様，水媒伝染性病害対策は極めて重要な問題である。

大部分の鉢花栽培では，培地に土やピートなどを用いているため，どうしても循環する培養液にこれらが混入する。このため，鉢花栽培では水耕栽培などと比べ培養液の混入物対策が養液殺菌技術を開発するうえでの大きなネックとなっているため，取り組み事例が少ないのが現状である。

そこで，光触媒・酸化チタンを利用した水浄化装置を開発中のメーカーと協力して，農業場面での培養液殺菌への利用を目的に装置の改良も含め検討してきた。今回は，エブ・アンド・フロー方式の底面給水鉢花栽培での利用を中心に，その成果について紹介する。

## I 光触媒とは

光触媒とは，光の力によって化学反応を促進させたり抑制したりする物質のことで，それ自体は全く変化しないので，理論上は半永久的な利用が期待できる。光触媒

の中でも安価で科学的に無毒，安定した触媒効果が期待できる点から酸化チタンが一般的である。また詳しい作用機作は後で述べるが，培養液の殺菌では水の光分解触媒として利用することになるので，この点でも高い光触媒活性をもった酸化チタンが最も適している（橋本・藤島，2003；亀井，2007）。

水の光分解触媒を利用して病原菌を死滅させる原理は，光によって励起された酸化チタンの表面から電子が飛び出し，電子の飛び出したところに正孔ができる。正孔と電子は強い酸化力・還元力を持ち，ヒドロキシラジカルという活性酸素（ $\cdot\text{OH}$ ）とスーパーオキシドイオン（ $\cdot\text{O}_2^-$ ）を発生する。発生したヒドロキシラジカルと接触した病原菌は，細胞壁やDNAなどを破壊され死滅する（図-1）。水中で働いている光触媒を観察すると，水分解によって触媒表面にできたたくさんの気泡が観察できる。

光触媒は大量の物質処理には向いていないと言われている。水処理では大量の処理が要求されるが，水中などでは触媒反応に必要な紫外線が大きく減衰するため，紫外光透過性の確保がポイントとなる。神奈川県では，トマトを対象に酸化チタンを担持した多孔質セラミック板を並べた光触媒水槽を屋外に設置し，太陽光を利用した

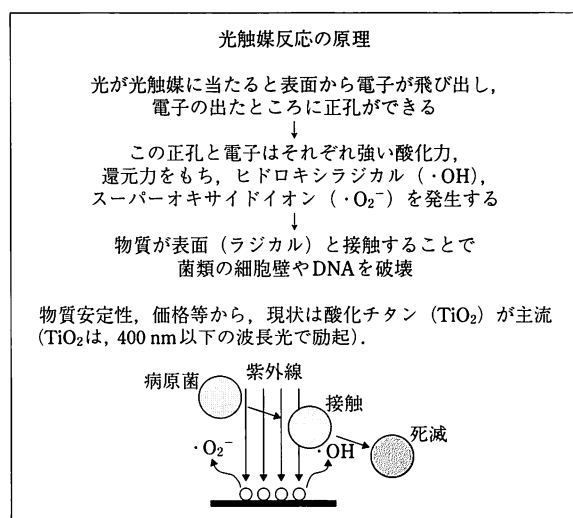


図-1 光触媒反応の原理

Sterilization Technic of the Culture Solution that used  $\text{TiO}_2$  Photocatalytic System in the Pot Flower Cultivation by Ebb and Flow Irrigation System. By Tetsuji HIRANO

（キーワード：光触媒，酸化チタン，鉢花栽培，養液，殺菌技術）

循環式養液栽培システムを検討(深山・橋本, 2002)しているが, 大量の培養液を処理するためには広い面積を必要とする。

今回, 筆者が用いた装置は, 酸化チタンを担持したガラス繊維を紫外線を効率良く通す樹脂製チューブ内に設置し, 培養液を循環させながら外から紫外線ランプを照射するもので, 紫外線単独の殺菌装置に比べて装置を小型化しやすく, イニシャルコストやランニングコストをかなり低く抑えることが期待できる。

## II 培養液への紫外線の影響

光触媒の励起光として紫外線 (UV-C) を利用するため, 培養液中の鉄 (Fe) やマンガン (Mn) の不溶化による欠乏症の発生が懸念されるため, エブ・アンド・フロア栽培のシクラメンにおいて, 光触媒装置 (図-2) を常に稼働させた条件で培養液中の変動を調査した。稼働するにつれ Fe 濃度が大きく減少したのに対し, Mn の減少はゆっくりであった (図-3)。小規模での試験では培養液中の減少は大きい, 培養土で栽培しているためシクラメンの生育には全く影響がなかった。鉢花への影響について, 愛知県下 11 戸の鉢花農家にこの装置を試験的に導入して 2 年以上経過するが, 大規模栽培で

は培養液中の微量元素の変動はなく, 生育への悪影響も全く認められていない。

水耕栽培のミツバやロックウール栽培のバラでも同様な調査を行ったが, 鉢花とは違って養液組成の変動が直接生育へ影響して生理障害が発生する。筆者と同じ装置用いた水耕栽培トマトの試験で鉄に加えて亜鉛の急激な減少を報告 (PROMMART et al., 2003) しているが, 水耕栽培などでは培養液中の微量元素を自動的に補正するが常に新しい培養液がつぎ足されるような栽培システムが不可欠である。

この装置の殺菌効果は光触媒による水分解で発生する活性酸素ヒドロキシラジカルによるところが大きいと考えられるが, 励起光の紫外線の線量は, 養液の通る樹脂チューブの中心で水のない条件で測定して  $0.80 \text{ mW/cm}^2$  ある。ピシウム病菌や疫病菌の死滅に必要な線量 (照明学会編, 1998) の  $1/10$  程度は確保されているので, 培養液が装置を数秒かかって通過すれば, 紫外線だけでもかなりの殺菌効果が期待できる。

## III 病原菌の除菌効果

シクラメン萎凋病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp.

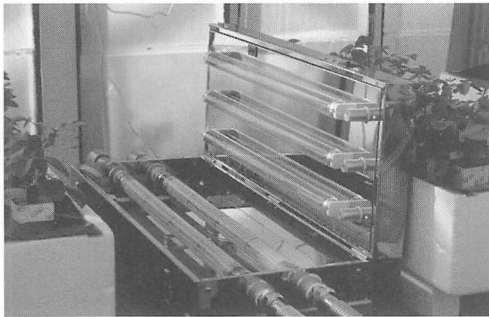


図-2 光触媒装置 (MORESCO 製試作機)

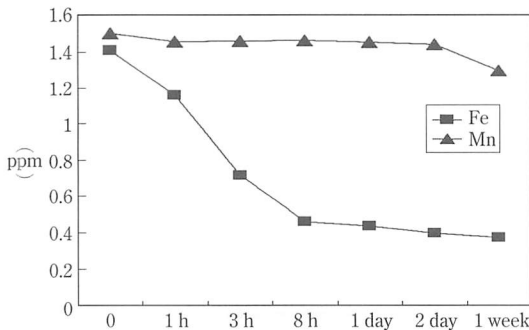


図-3 培養液中の Fe, Mn 濃度の推移

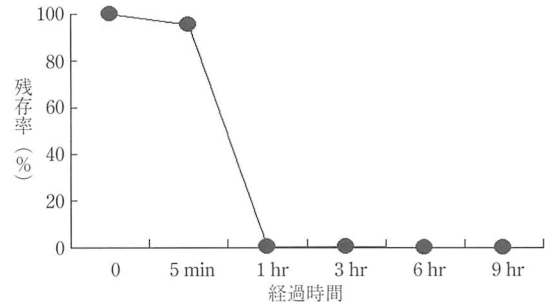


図-4 シクラメン萎凋病菌 (*F. oxysporum*) に対する効果  
培養液 80 l, 流速毎分 20 l, 試作装置 1 台。

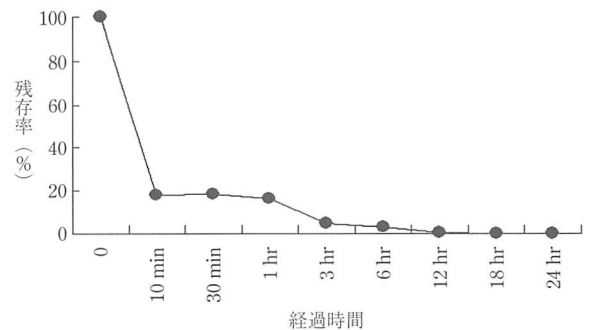


図-5 キク青枯病菌 (*R. solanacearum*) に対する効果  
培養液 80 l, 流速毎分 10 l, 試作装置 1 台。

*cyclaminis* Fo9803 株) を用い、PD 液体培地で 25℃ 7 日間培養し、得られた分生子を  $5 \times 10^4$ /ml なるように培養液に投入して光触媒装置を連続循環させた。採水した水は、SNA 培地を用い希釈平板法により菌数を調査した。その結果、シクラメン萎凋病菌を 1 時間で 99%、9 時間で検出限界以下まで除菌できた (図-4)。

キク青枯病菌 (*Ralstonia solanacearum* Rs0401 株) を用い、PPG 液体培地で 25℃ 4 日間培養し、得られた菌液を  $3 \times 10^5$ /ml になるように培養液に投入して光触媒装置を連続循環させた。採水した水は、TZC 培地を用い希釈平板法により菌数を調査した。その結果、キク青枯病菌を 10 分間で 80%、3 時間で 95%、12 時間で 99%、18 時間で検出限界以下まで除菌できた (図-5)。

#### IV シクラメン萎凋病の発病抑制効果

エブ・アンド・フロー方式で栽培しているシクラメン (品種名: ミユキディーブピンク) に PS 培地で振とう培養したシクラメン萎凋病菌 (*F. oxysporum* Fo9803 株) の分生子様菌体懸濁液 250 ml (分生子菌体濃度約  $2 \times 10^7$  個) を 100 l の培養液タンク内へ 8/14, 8/30, 9/17, 9/24 の計 4 回投入し、光触媒装置を連続循環させた。その結果、無処理区では 9 ~ 10 月に発病株が急激に増加し、開花時には 13 株 (発病率 72%) となったが、光触媒区では 4 株 (発病率 22%) と少なく十分な発病抑制効果があった (図-6)。

#### V バラ根腐病、疫病の感染抑制効果

エブ・アンド・フロー方式で栽培しているミニバラ (品種名: イエローフェスティバル) の 1 鉢に V8 培地で形成させたバラ根腐病菌 (*Pythium helicoides* Ph0207 株) の卵胞子を接種し、毎日 1 回給液時に光触媒装置を通過させ、10 日ごとに根の感染状況を菌分離により調

査した。その結果、光触媒区では 50 日後まで接種株以外への感染拡大を阻止できた (図-7)。

エブ・アンド・フロー方式で栽培しているミニバラ (イエローフェスティバル) の 1 鉢に V8 培地で形成させたバラ疫病菌 (*Phytophthora megasperma* Pm9602 株) の卵胞子を接種し、毎日 1 回給液時に光触媒装置を通過させ、毎月、根の感染状況を菌分離により調査した。その結果、光触媒区では 6 か月後まで接種株以外への感染拡大を阻止できた (図-8)。

#### VI 藻類に対する効果

培養液中の藻類の増殖抑制効果を検討するため、光触媒装置試験導入農家 11 戸のタンク内培養液と装置を通過後の培養液を定期的に採取し、25℃の陽光定温器で 3 週間インキュベートして藻類を増殖させ、メンブランシートで集めて比較した。その結果、タンク内と装置通過後では、季節や農家の状況で異なるが、同じ装置通過後のほうが増殖した藻類が少ない傾向があった。図-9 は、装置通過によって藻類の胞子が死滅できた 1 例である。

#### VII 現地農家における設置状況と効果

愛知県の西部に位置する海部地域は、大規模鉢花農家

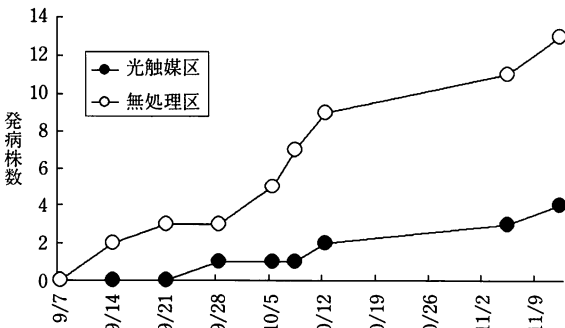


図-6 シクラメン萎凋病発病株数の推移  
培養液 100 l, 流速毎分 8 l, 試作装置 1 台。

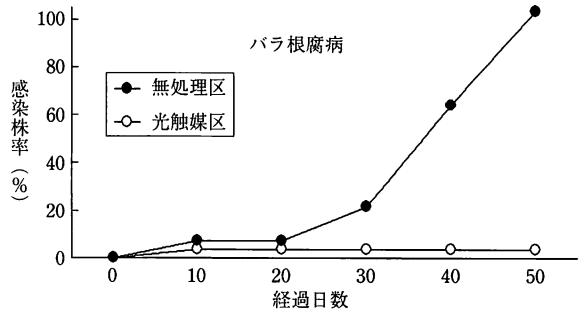


図-7 バラ根腐病の感染抑制効果  
培養液 100 l, 流速毎分 8 l, 試作装置 1 台。

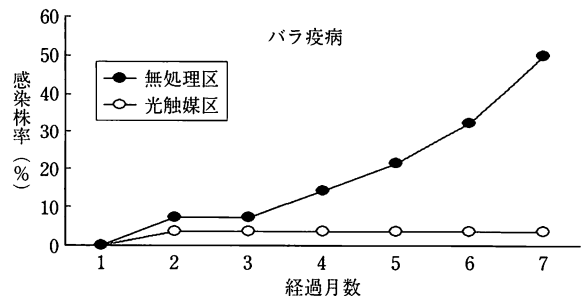
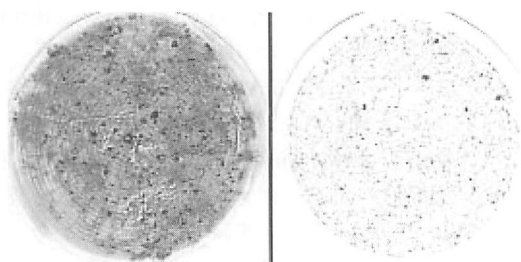


図-8 バラ疫病の感染抑制効果  
培養液 100 l, 流速毎分 8 l, 試作装置 1 台。



タンク内 装置通過直後

図-9 藻類に対する効果の1例

がかたまっており、アルミプールベンチを用いたエブ・アンド・フロー栽培が盛んである。2004年の7月に1軒の農家に光触媒装置を調査として設置した後、05年4月以降、計11戸の鉢花農家に70台近くモニター価格で導入した。農家によって装置の稼働状況は異なるが、ピシウム菌などによる根腐れ症状に悩んでいた農家は、発病が大きく減少し、装置導入の効果が認められた。一方、フザリウム菌による立枯れや根腐れ症状については、ガーベラでは効果が認められたが、ベゴニアでは培養液中の菌濃度は大きく低下しているにもかかわらず発病は減らず、効果は判然としなかった。

図-10, 11は、実際に農家に設置したモデルとその設置状況である。コンパクトな装置なので、底面給水用プールベンチの下などのデッドスペースに複数台設置できる。

実証中の農家の1例として、培養液10トン当たり光触媒装置3台、循環用ポンプ1台、毎日10時間稼働条件でのランニングコストは、電気代が年間約1万5千円で、これに光触媒、樹脂パイプ、UVランプなどの消耗資材が必要となる。

### VIII 装置の市販について

この光触媒装置は2007年10月下旬から、『光触媒式病害防除装置』『すこや花』として(株)松村石油研究所より発売となった。この装置は光触媒担持体2本タイプで、本体価格や交換部品の価格などについては、E-mail: customercenter@moresco.co.jp に問い合わせさせたい。

### おわりに

光触媒・酸化チタンの養液殺菌への利用は始まったば

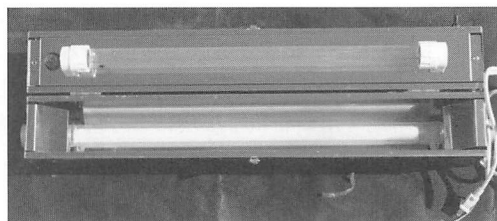


図-10 光触媒装置の内部

装置：外径寸法 (cm) 幅10, 長79, 高17. 20W 殺菌ランプ1本, ランプ切表示, 酸化チタン担持ガラス繊維筒1本, 特殊樹脂製養液チューブ1本, 本体 SUS304 (MORESCO 製).

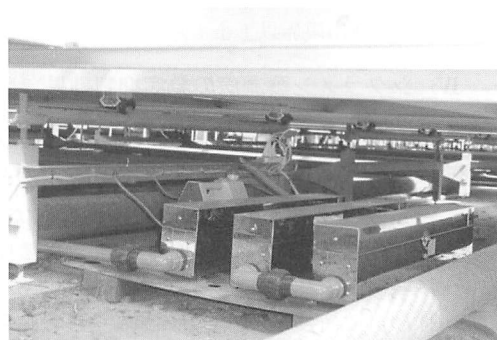


図-11 現地実証農家の設置状況

培養液10t, 流速毎分20l, 装置3台, 日10時間稼働.

かりであり、より能力の高い光触媒担持体の利用によりさらに殺菌能力が高まる可能性があるが、ワンパス、つまり1回処理の除菌能力は高くない。したがって、当面は予防的利用と位置づけ、装置を通過させた培養液を直接給液する場合は、流速を光触媒1本当たり5~8l程度に抑える必要があろう。

### 引用文献

- 1) 橋本和仁・藤島昭監修 (2003): 図解光触媒のすべて, 工業調査会, 東京, 308 pp.
- 2) 亀井信一 (2007): これで光触媒のすべてがわかる!, 秀和システム, 東京, 175 pp.
- 3) 草刈眞一 (2006): 施設と園芸 (134): 41~45.
- 4) 深山陽子・橋本和仁 (2002): 施設と園芸 (119): 16~19.
- 5) PROMMART, K. et al. (2003): 園学研 2(3): 215~219.
- 6) (社)日本施設園芸協会編 (1996): 新養液栽培の手引き, 誠文堂新光社, 東京, 298 pp.
- 7) (社)照明学会編 (1998): UVと生物産業—UV(紫外放射)の影響と利用, 養賢堂, 東京, 231 pp.
- 8) 須田晃 (2006): 施設と園芸 (134): 26~30.