

II-508

花卉植物を用いた下水二次処理水中の栄養塩類の除去に関する基礎的研究

東京設計事務所	正員	深尾 忠司
京都大学工学部	正員	宗宮 功
京都大学工学部	正員	津野 洋
中 埜 酢 店		池田 建志

1. はじめに

近年、下水処理水中からの磷および窒素の除去が重要となっているが、それらは高等植物にとっては必要栄養塩である。下水二次処理水を使って花卉植物を水耕栽培することが可能となれば、磷および窒素を除去しうるとともに、下水処理場を花で飾ることが可能となる。また、これら花卉植物は鉢に取り、市民に提供したり、街路用の花として供給したりすることも可能となる。本研究では、寒さに強いと考えられる花卉植物を数種類選定して、冬期におけるそれらの都市下水処理水での水耕栽培の可能性を検討するとともに、それらによる磷および窒素の吸収特性について検討を試みた。

2. 実験方法

実験対象花卉植物としては、寒さに強く、水分の多い所で育ち、春に花が咲く可能性があるものの中から、スイートピー、紫花菜、デージー、金せん花、わすれな草（ピンクおよびブルー）の6種類を選んだ。実験は実際の都市下水二次処理水を対象として行うこととし、実験装置を京都市烏羽処理場に設置した。植物を栽培する槽は、ポリエチレン製のタンクで二重構造とし、内側の槽を栽培槽（水表面積；68.7×48.7cm、水深；25cm、容積；77ℓ）とし、下水処理水と対象とする植物を入れ、外側の槽は内側の槽内の水温が最終沈殿池流出水の温度とほぼ同じにするためのもの（保温槽）である。栽培槽では、水耕栽培用ロックファイバーを栽培槽の水面にわずかに浸されるように固定して、その上に播種した。

本実験では、植物に吸収される栄養塩として、磷および窒素をとりあげた。栽培は通常は連続かけ流し式（滞留時間3～12時間程度）で行い、この栽培期間中6回約10日間ずつ回分式とし、槽内の磷および窒素の濃度の変化を調べた。栽培液中の磷量としては、全磷およびオルト磷酸態磷を、また、窒素量としては、全窒素を測定した。測定方法は環境庁告示第四百十号に準拠した。1988年9月19日に播種してから、適宜、植物の生長状況を観察し、植物サンプルをとって、乾燥重量（105℃）、含有磷および含有窒素を測定した。

3. 実験結果および考察

(1)環境条件の変化

栽培槽内と保温槽内の水温の差は、栽培期間中2℃以内であり、また保温槽内の水温は、最終沈殿池処理水とほぼ同等であった。栽培槽内の水温は、播種時の9月下旬の20℃前後から11月下旬には17℃前後に低下し、さらに1月では最低で14℃になった。栽培槽では、水面近くの気温は、冬期でも4℃以上であることが多く、二次処理水直上部では霜が降りることがほとんどなく、植物の生育にとっては有利である。実験期間中の二次処理水中の全磷は0.1～3.5 mgP/ℓ、全窒素は9～21mgN/ℓであった。また、pHは6.8～8.3の範囲にあった。

(2)植物の生育状況

花卉植物は、冬期にもかかわらず順調に生長を続け、1月下旬には紫花菜およびデージーに花が咲き、2月初旬から中旬には、金せん花とわすれな草の花も咲いた。スイートピーは、3月に入ってつ



写真1 水耕栽培槽の状況（3月22日）

ぼみができた。3月22日の状況を写真-1に示す。各花卉植物1本当りの乾燥重量の変化を図-1に示す。この図より、いずれの花卉植物も12月24日までは水温が低下しても指数関数的に生長し、その後は一部の花卉植物で若干生長が鈍るものがあるものの、生長を続けた。花卉植物の生長が指数関数的であるとして求められる比生長速度は、栽培期間中及び植物種に係わりなくほぼ一定の0.03~0.06(1/day)の値を示した。

(3) 栄養塩摂取速度

回分式実験の結果、花卉植物では、磷濃度は、0.6mg/l以上の培養液では、時間に対して直線的に低下しており、磷濃度に関して零次反応であると見なせた。花卉植物全体の磷吸収速度は、播種後70日目の12月初旬で0.3mgP/day/本、2月中旬で0.15mgp/day/本であった。窒素濃度に関しても、零次反応であると見なせ、窒素吸収速度は磷のそのの数倍であった。

各植物の各部分の乾燥重量に対する含有磷および含有窒素の比を

表-1に示す。含有磷は、各花卉植物とも、同様にして育てたクレソンより若干含有率が低く、含有窒素は、クレソンとスイートピーが他より若干含有率が高かった。以上の結果から、これら花卉植物を水耕栽培するとともに、二次処理水中の磷(濃度が3mg/l)および窒素(濃度が15mg/l)を除去する池を考える。水温を20℃とし、乾燥重量で最も大きい割合を占めていたデージーを花卉植物の代表として、種を播いてから2か月後(高さ9cm、葉6枚、1個体の乾燥重量160mg-DW)のものを4cm間隔でロックファイバーに植えると、1m<sup>2</sup>で100g-DWの量になり、1日に吸収する磷量は本実験結果より、509(mgP/m<sup>2</sup>·day)、窒素量は1380(mgN/m<sup>2</sup>·day)となる。水深を25cm、滞留時間を1日とすれば、流出水の磷濃度は0.96mgP/l(除去率68%)、窒素濃度は9.5mgN/l(除去率37%)となる。

4. 結語

本実験で得られた結果を以下に示す。

- ① 実験は秋期から冬期にかけて、水耕栽培液中の水温が20℃から14℃まで低下した条件下で行われたが、花卉植物は順調に生育し、スイートピー以外はすべて1月下旬から2月中旬にかけて立派な花を咲かせることができた。なお、スイートピーは3月中旬につぼみができた。
- ② 実験期間中の花卉植物の乾燥重量での比生長速度は、0.03~0.06(1/day)の範囲にあった。
- ③ 花卉植物の磷および窒素の吸収速度は、零次反応であると見なせることが示され、磷吸では、播種後70日目の12月初旬で0.3mgP/day/本、2月中旬で0.15mgp/day/本であり、窒素では磷の数倍であった。
- ④ 花卉植物中の乾燥重量当りの磷含有率は、0.22~0.63%であり、窒素含有率は、2.2~4.8%であった。
- ⑤ 以上の結果を基に、下水二次処理水中からの磷および窒素の除去を考えると、水深25cm、滞留時間1日で水温20℃の場合、磷で68%および窒素で37%程度の可能性があることが示された。

以上、都市下水処理水でも十分に花卉植物を栽培し得ることが示されたが、今後、1年中を通じて花が咲いているような栽培計画やより価値の高い花の栽培の観点から研究を継続することとしている。

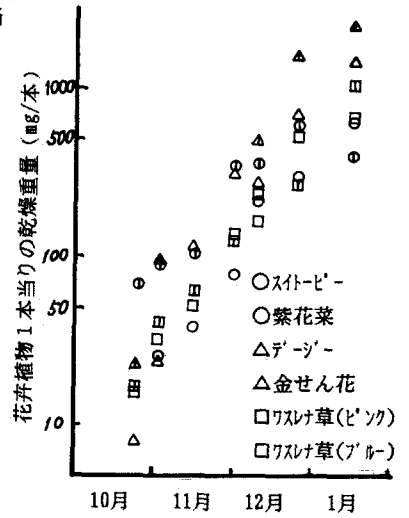


図1 花卉植物の生育状況

表1 各植物の磷及び窒素の含有率

	測定日	磷 (%)			窒素 (%)		
		根	茎	葉	根	茎	葉
クレソン	11. 2 -1	1.1	0.76	0.84	3.5	4.4	3.7
	12. 24 -2	0.87	0.79	1.2	3.0	6.1	3.5
スイートピー	11. 2	0.87	0.79	1.2	6.9	3.0	3.5
	11. 2	0.44	0.14	0.30	4.3	3.0	2.8
	12. 24	0.24	0.24	0.25	3.5	2.4	4.2
デージー	11. 2	0.34	0.31	0.20	2.3	1.9	2.7
	11. 2 -1	0.33	0.32	0.24	3.2	1.9	6.2
	12. 24 -2	0.57	0.26	0.33	3.5	2.8	2.8
金せん花	11. 2	0.49	0.49	0.70	6.4	3.5	4.5
	12. 24	0.61	0.33	0.61	2.4	3.1	4.6
	1. 15	0.63	0.14	0.42	2.9	3.7	3.6
わすれな草(ピンク)	11. 2	0.33	0.27	0.16	1.8	1.1	1.2
	12. 24	0.66	0.16	0.20	2.5	1.7	1.7
	1. 15	0.29	0.57	0.79	2.5	1.6	1.9
わすれな草(ブルー)	11. 2	0.30	0.58	0.40	3.4	1.6	2.2
	12. 24	0.28	0.82	0.58	2.7	2.0	3.0
	1. 5	0.26	0.27	0.27	2.0		1.7