

〈抄録〉ホテイアオイを用いた水質改善とバイオマス生産

(K. R. Reddy and D. L. Sutton, 1984. Waterhyacinths for water quality improvement and biomass production. Journ. Environ. Quality 13: 1-8.)

ホテイアオイの特性とその利用の可能性を論じた総説である。要点を抄録しておく。

ホテイアオイの生産力は環境条件によって大きく変化するが、フロリダでは5~29 g dw/m²/日あるいは2~21 g dw/m²/日、一年間では88~106 M g dw/ha (培養液) あるいは52~65 M g dw/ha (農業排水) といった値が報告されている。これらの値は、ホテイアオイの収量を高めるための特別な管理を行わずに得られたもので、その潜在的な生産力は多くの陸上、塩生、淡水植物の生産力を上まわる。

ホテイアオイの生産の制限要因となるのは、まず光合成に利用するCO₂の濃度である。ホテイアオイはC₃植物であるにもかかわらず40 mg CO₂ / d m² / hr. という高い光合成速度が報告されている。CO₂濃度を200 ppmから2,500 ppmに高めると光合成速度が20倍になったという実験もある。

ホテイアオイの収量は栄養塩条件にも影響される。成育条件(特にNの量)によって、全体の収量は同じでも茎葉部と根部の比(根の占める割合が50%になることもある)が変わるので、植物体の利用を考える際には問題になる。ホテイアオイの最大の成長を達成するための栄養塩組成とそのレベルについては未解明だが、N、Pの量および存在形態とホテイアオイの成長との関係について研究が進んでいる。

ホテイアオイの成長速度は生育密度と収穫頻度にも影響される。最大の成長をもたらすためには15~35 kg (湿重)/m²が最適密度である。15 kg/m²で栽培を始めるとすると、35 kg/m²までは収量が低下しない。フロリダでは5~8月の間に年間収量の50%が生産される。

ホテイアオイの成長には光条件も大切で、直射光下で最大光合成を示す。ホテイアオイが固定するエネルギーは、太陽エネルギーの3.24%でこれは多くの陸上植物よりもはるかに高い値である。

ホテイアオイの成長は気温25~30°Cで最大であり、10°Cでは成長はゼロになる。氷点下の気温には害を受けやすいが、栄養塩の豊富な水域(下水中など)では栄養塩の乏しい水域においてよりも被害は少なかった。

栄養塩類の除去について。排水中で栽培したホテイアオイを収穫すれば、ホテイアオイが取り込んだだけ栄養塩の除去ができる。フロリダの19ヶ所の富栄養水域より収穫されたホテイアオイ中のN、Pはそれぞれ16.1 ± 5.0 g/kg (原論文では1.61となっているが、これでは前後の論旨と矛盾する。誤植と思われる)、3.1 ± 1.8 g/kgであった。ホテイアオイの年間収量を30 M g/haとすると、一年間に480 kg/haのNと93 kg/haのPを除去できることになる。1次下水から1,726 kg/haのNと、387 kg/haのP(年間値)を除去できたというデータもある。

ホテイアオイの栄養塩除去能についての報告の多くは短期間の実験に基づく推定であるので、しばしば過大な値がでる。今までの報告をまとめると、一年間にNについては2,500~5,350 kg/ha、Pについては700~1,260 kg/haという範囲になる。今までの研究によって、Nの除去効率はたいへん良いのに対し、Pの除去については効率が悪くN/P比にも左右されることがわかっている。

さて、実際に栄養塩除去の効率はどの程度かという点、排水の水質や滞留時間などによっても変わるが、BODで77~98%、全Nで30~97%、全Pで20~79%などの報告があり、条件によってずいぶん異なったデータが出ている。

ホテイアオイはまた、銅、亜鉛、鉛、カドミウム、水銀、ニッケルなどの重金属を吸収し濃縮する。フェノールなど有害な有機化合物も取り込む。

ホテイアオイの栽培系(a waterhyacinth system) [気中、水中、底泥、植物体の4部分からなる系]でおこる窒素の無機化、硝化作用、脱窒作用、あるいはリンの移動など、N、Pの動態についてはほとんど解明されていない。NO₃の多い水からのNの除去には脱窒作用が大きな役割を果たしていることが示されてきている。

ホテイアオイのバイオマス利用としては、家畜飼料、コンポスト、有機土壌の改良、パルプ材、繊維、メタンガスへの変換などが研究されている。特にエネルギー危機の現代にあってアメリカで注目を集めているのはメタンガスとしての利用である。1 kg(乾重)のホテイアオイから200~473 l(平均342 l)のメタンガスがとれる。ホテイアオイの収量を控え目に見積もって60 M g dw/ha/年としても、1 haのホテイアオイから17,442 lのメタンガスが得られる。メタンガスを取った残滓は肥

(19頁右下につづく)

- Lemna gibba G3 II. On basic and rhythmic components of the rhythm. *Plant Cell Physiol.* 12: 517-524.
- . Ditto III. Relation to frond production. *Plant Cell Physiol.* 12: 969-977.
- Oota, Y. Disappearance of rhythmicity in growth response to dark- and light-breaks in Lemna gibba G3 due to iron deficiency. *Plant Cell Physiol.* 12: 255-266.
- . & T. Tsudzuki. Resemblance of growth substances to metal chelators with respect to their actions on duckweed growth. *Plant Cell Physiol.* 12: 619-631.
- Takeda, J., H. Morioka., H. Kinoshita & M. Senda. Permeability of the Nitella internodal cell to organic substances as measured by the double chamber method. *Plant Cell Physiol.* 12: 949-960.
- Umemoto, T. Effect of chlorogenic acid on flower production in long-day duckweed, Lemna gibba G3. *Plant Cell Physiol.* 12: 165-169.
- [1972]
- Esashi, Y., T. Shibasaki & K. Saito. Flowering responses of Lemna perpusilla and L. gibba in relation to nitrate concentration in the culture medium. *Plant Cell Physiol.* 13: 623-631.
- Ishiguri, Y. & Y. Oda. The relationship between red and far-red light on flowering of the long-day plant, Lemna gibba. *Plant Cell Physiol.* 13: 131-138.
- Oota, Y. A possible mechanism for sugar inhibition of duckweed flowering. *Plant Cell Physiol.* 13: 195-199.
- . The response of Lemna gibba G3 to a single long day in the presence of EDTA. *Plant Cell Physiol.* 13: 575-580.
- Yamashita, T. Eigenartige Wurzelanlage des Embryos bei Ruppia maritima L. *Beitr. Biol. Pflanzen* 48: 157-170.
- [1973]
- Komiya, S. New subdivision of the Lenticulariaceae. *Journ. Jap. Bot.* 48: 147-153.
- Kumaki, Y. & Minami, Y. Seed germination of "Onibusu" Euryale ferox Salisb. 2. *Bull. Fac. Educ. Kanazawa Univ. Nat. Sci.* 22: 71-78.
- Nakashima, H. Reversal of the dark inhibition of flowering in a long-day duckweed, Lemna gibba G3, by thymidine and related nucleosides. *Plant Cell Physiol.* 14: 893-899.
- . Effect of light on the metabolism of thymidine in the long-day duckweed, Lemna gibba G3. *Plant Cell Physiol.* 14: 901-910.
- (5頁よりつづく)
- 料として利用でき、同量 (1 ha) のホテイアオイから 1,311 ~ 2,014 kg の N、375 ~ 576 kg の P、1,553 ~ 2,386 kg の K などが生産できる。
- ホテイアオイを最も効率よく利用するためには、次のような要素を考えて計画をたてる必要がある。
- 1) 場所。温暖で湿潤な気候の所が最適。
 - 2) 排水の特質。ホテイアオイは、下水、農業排水、畜産排水、産業排水あるいは富栄養湖中で栽培できるが、栄養塩組成をホテイアオイの成長に最適なように保つべきである。そのために制限要因となっている栄養塩をつきとめ、場合によっては水質悪化を招来しない方法でその栄養塩を加えることも考えてよい。高濃度の有害物質を含んだ排水の場合は、収穫後のホテイアオイの利用が限定される。
 - 3) システムのサイズと排水の負荷量。処理すべき排水量、滞留日数などを考えて面積と水深を決める。
 - 4) スラッジの堆積とその処分。
 - 5) 処理後の水質。ホテイアオイは N は効率よく除去するが、P の除去能は劣る。したがって P レベルを下げるためには別のステップが必要かもしれない。その場合、ホテイアオイ栽培系で処理済の排水を、例えばアカウキクサ属 (空中窒素を固定するラン藻と共生しているので N の除去された水でもよく育つ) を培養している池に流して P の除去をはかるのも一方法である。
 - 6) 経済効率。ホテイアオイを使った排水処理とバイオマス生産が経済的に見合うか否かについては情報が乏しい。システムの計画に先立ち、コストの分析を行うべきだろう。(角野康郎)