

藻類による無機炭素および栄養塩類の固定について

一下水処理水を基質として

岩手大学工学部 学生員 ○毛利 雄一 阿部 利昭
正員 相沢 治郎 海田 輝之

1. はじめに

近年、人間の生活活動を原因とした様々な環境問題が起きている。それらの環境問題の中で、地球温暖化においては二酸化炭素、湖沼などの富栄養化においては窒素、リンが大きな要因となっている。

本研究ではこれらの物質を藻類の光合成能力を用いて同時除去する事を目的としている。これらの除去量及び除去率への水理学的滞留時間（HRT）の影響について検討を行った。なお、藻類は下水処理水において自然発生的に増殖した緑藻 *Closterium jenneri* を用いた。

2. 実験装置および方法

培地として岩手県都南浄化センターの塩素処理後の処理水を用い、図-1に示す連続培養システムで実験を行った。これは藻類培養槽（容量 10l）培地貯槽、回収装置、照明装置から構成されたケモスタット型の培養装置である。培養は $25 \pm 1^\circ\text{C}$ の恒温室内において、照度 4000lux、12/12 時間の明暗培養系で行った。pH は 7.5 とした。培地には炭素源として二酸化炭素を 100mg-C/l になるよう吹き込み、窒素、リン等その他の元素については処理水中に現存するものをそのまま用いた。また、マグネティックスターラーによる攪拌を行った。なお、HRT は 1.9、2.4、6.0 日の 3 通りとした。分析項目及び測定項目を表-1に示す。

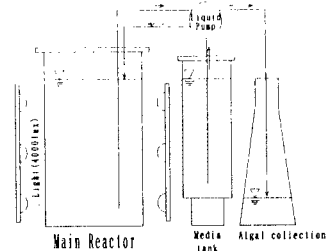


図-1 実験装置概略図

3. 実験結果及び考察

3-1. 定常状態までの増殖過程

図-2に培養の一例として HRT1.9 日における *C. jenneri* の成長過程を示す。IC が十分消費された培養開始 13 日目から連続培養を開始した。また、chlorophyll a 濃度と流出 IC 濃度の変化を定常状態の目安とした。chlorophyll a 濃度は 20 日目以降約 $1700 \mu\text{g/l}$ で一定となった。流出 IC 濃度も約 57mg/l でほぼ一定となった。以上の結果から培養開始後 20 日目以降を定常状態とみなし表-1 に示した水質項目の測定を行った。他の HRT についても同様の手順で培養を行った。

3-2. 連続培養開始直後の藻類の挙動

図-3に HRT2.4 日における連続開始直後の *C. jenneri* の増殖の過程と炭素濃度の変化を示す。連続開始後明培養系において 6 時間までは chlorophyll a 量は上昇し、その後、緩やかな chlorophyll a 量の減少が見られた。これは藻体の増殖と処理水流入による希釈によるものである。暗培養系においては chlorophyll a 量は約 $2200 \mu\text{g/l}$ でほぼ一定となった。IC 濃度は、処理水流入時（明培養系）における増加に関しては、*C. jenneri* の光合成能力以上の IC が流入したことによるものであり、流入停止時（暗培養系）の増加に関しては藻類の呼吸作用によるものと考えられる。

表-1 分析項目及び方法

現存量	Chlorophyll a	アセトン抽出法
炭素量	TC	
	IC	SIMADZU-5000
	TOC	
リン	オルトリン酸態リン	モリブデン青吸光法
窒素	アンモニア態窒素	フェノール次亜塩素酸法
	有機態窒素	ケルダール法
	硝酸態窒素	AA分析
	亜硝酸態窒素	AA分析

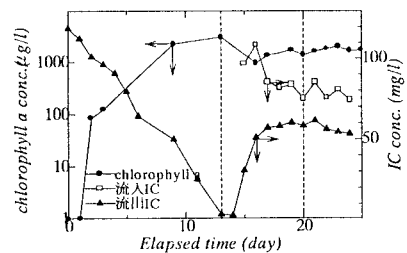


図-2 HRT1.9におけるchlorophyll a とIC濃度の経日変化

3-3. 定常状態における炭素、窒素、リンの除去

図-4に各HRT毎のchlorophyll a量を示す。HRT1.9日で約1700 $\mu\text{g/l}$ 、2.4日で約1000、6.0日で約3900であった。

図-5に各HRT毎の炭素濃度を示す。IC除去率はHRT1.9日で28.2%、HRT2.4で28.0%、HRT6.0で54.2%であった。HRT1.9日と2.4日においてIC除去率がほぼ同じ程度であったが、これはchlorophyll a濃度がHRT1.9日に比べて2.4日において低いことが影響していると思われる。IC最大除去量としてHRT1.9日において119.0mg-C/l·dayが得られた。一日当除去量はHRTが短いほど大きくなった。

図-6に各HRT毎のアンモニア濃度を示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の除去率は1.9日、6.0日では100%近くであり、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度もほぼ0であったことから窒素制限になったと考えられる。HRT2.4日においては他のHRTに比べ流入濃度が高いため、除去率は62.%と低くなった。除去量はHRT1.9日で70.3mg-N/l·day、2.4日で68.1、6.0日で27.0であった。

図-7にHRT2.4日における窒素の存在形態について示す。なお、流出水は0.45 μm のメンブレンフィルターを用いて吸引ろ過し、藻体及び細菌類を取り除いて測定を行った。流入時は $\text{NH}_4\text{-N}$ の割合が全窒素の94%と大部分であるが、流出後は $\text{NH}_4\text{-N}$ が約60%まで低下し、 $\text{NO}_2\text{-N}$ と有機態窒素が占める割合がそれぞれ約30%、10%と増加している。他のHRTにおいても同様に $\text{NH}_4\text{-N}$ が $\text{NO}_2\text{-N}$ に変化しているのが観察された。このことから $\text{NH}_4\text{-N}$ に関しては藻類による固定だけでなく、硝化菌による硝化及び細菌類の取り込みの影響が大きいと考えられる。

図-8に各HRT毎のリン濃度を示す。 $\text{PO}_4\text{-P}$ の除去率はHRT2.4日、6.0日において80%以上であった。また、流出濃度はHRTが短くなるにつれ、大きくなった。HRT2.4日で最大除去量7.30mg-P/l·dayが得られたが、これは1.9日、6.0日ではそれぞれ流入濃度が1.59、1.58mg-P/lであるのに対し、HRT2.4日では2.09mg-P/lと高いことに起因していると考えられる。

3-4. 除去されたC,N,Pの比

HRT2.4日において固定された炭素、窒素、リンの比は以下の通りであった。

$$\text{C:N:P} \quad 100:45:7$$

一般的な微生物体のC,N,P比に比べN,Pの比率が高い。このことから藻類による反応だけでなく、細菌類等の影響があったと考えられる。

4. おわりに

下水処理水を用いて藻類を培養する場合、細菌等の影響により藻類の固定能力以上の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が除去されることが分かった。HRT6.0日において $\text{NH}_4\text{-N}$ で92.4%、 $\text{PO}_4\text{-P}$ で81.7%の高い除去率が得られた。ICについてはHRT6.0日で54.2%の除去率が得られたが、2.4日、1.9日ではそれぞれ約28%しか除去できなかった。本実験系において炭素、窒素はHRTが短いほど一日当り除去量は大きくなった。

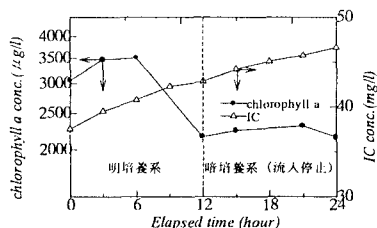


図-3 連続培養開始後のchlorophyll aとIC濃度の経時変化

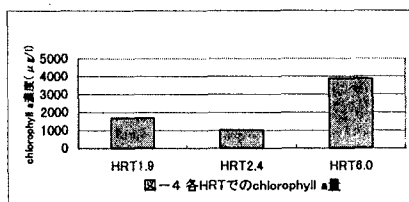


図-4 各HRTでのchlorophyll a量

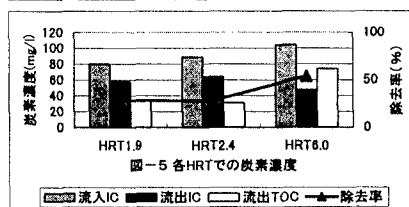


図-5 各HRTでの炭素濃度

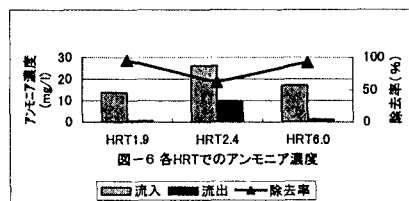


図-6 各HRTでのアンモニア濃度

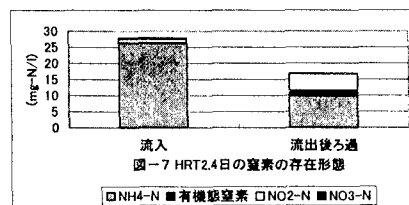


図-7 HRT2.4日の窒素の存在形態

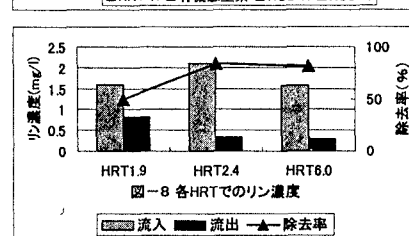


図-8 各HRTでのリン濃度