

# 閉鎖性水域における富栄養化対策の適切な運用に向けた水質評価指標としての AGP 試験の有効性

日大生産工(院) ○齋藤 竜都 日大生産工(特任) 森田 弘昭  
日大生産工 南山 瑞彦 高橋 岩仁 佐藤 克己

## 1. まえがき

我が国では近年湖沼や内湾等の閉鎖性水域において富栄養化による水質汚濁が問題視されてきた。これは主に窒素、リンなどの栄養塩の多量流入が主な原因として考えられている。これに対処するため、水質汚濁防止法(1970年)や瀬戸内海環境保全臨時措置法(1973年)が制定された<sup>1)</sup>。これらの対策によって水質改善はなされたが、新たに、水中の栄養塩類の過剰な除去による貧栄養化という問題が顕在化している。

栄養塩には生物が吸収しにくい構造の栄養塩と吸収しやすい構造の栄養塩がある。これらの区別は従来の水質調査で使用されていた T-N, T-P では把握することが出来ない。そこで、本研究では栄養塩の吸収率の差に焦点を当たした藻類生産潜在力試験(AGP 試験)を用いて水域に与える高度処理の効果を評価することを目的とした。

## 2. 研究概要

### 2.1 試水と藻類

本研究では、供試藻類種として緑藻類のセレナストラムの NIES-2711<sup>2)</sup>を使用した。

試水は N 市浄化センターと H 処理場の流入下水、標準活性汚泥法による処理水、高度処理水を使用した。

### 2.2 培養条件<sup>3)</sup>

本実験における培養条件は温度: 25°C、照度: 約 900 lux、回転数: 90 rpm、初期濃度: 0.1 mg/L、試水の量: 200 ml と設定した。

### 2.3 実験手順

あらかじめ前培養していた藻類を濃度 0.1 mg/l となるように試水と混ぜ合わせ、全量 200 ml とし三角フラスコに入れ、振とう

養器にて培養した(Fig. 1)。藻類の増殖量はクロロフィル量で評価した。2~3 日ごとに藻類濃度を、分光光度計を用いて測定し、最大濃度に達するまで継続し、増加率が 1 日当たり 5% 以下となった場合、培養を終了する。その後、乾燥重量にて藻類の最大増殖量を計測し、AGP 値を算出した。測定結果を評価するために水質測定項目として、T-N・T-P・CODcr・T-BOD を測定した。



Fig.1 振とう培養器  
(EYELA 製 MMS-3010)

### 2.4 初期培養

本実験で使用する緑藻類の NIES-2711 は、AGP 試験前に植物育成インキュベーターにて初期培養をした。また、初期培養の環境条件は、温度: 15°C、明暗周期 LD=10hr:14hr、培地は C 培地を使用した。

## 3. 前処理方法の選定

特定の供試藻類を用いて AGP を測定する場合、試水中に存在した藻類を除去しなければならない。そのため、本研究ではろ過法を前処理として行い、溶存態の栄養塩を検討対象とした。ろ過は、粒子保持能 1.2 μm のガラスファイバ

---

Effectiveness of the Algal Growth Potential (AGP) Test as a Water Quality Evaluation Index for Proper Eutrophication Control in Enclosed Water Bodies

Ryuto Saito, Mizuhiko Minamiyama, Iwahito Takahashi, Katsumi Sato and Hiroaki Morita

一ろ紙を使用した。また、流入下水は試水中の栄養塩濃度が高いため、10倍に希釈しAGPを測定し、標準活性汚泥法による処理水、高度処理水は栄養塩濃度が処理されているため無希釈として測定を行った。

#### 4. N市浄化センターとH処理場の段階別処理水の評価

N市浄化センターとH処理場では、東京湾の富栄養化防止のため、高度処理(A<sub>2</sub>O法)を行っている。<sup>4)</sup>標準活性汚泥法による処理水と比較して高度処理水の栄養塩濃度は減少しているが、プランクトンの増殖可能性からみた高度処理の効果を確認するため、AGP試験を用いて高度処理の評価を行った。

##### 4.1 実験条件

###### (1) 試水

使用した試水は、N市浄化センターとH処理場の流入下水、標準活性汚泥法による処理水、高度処理水の3種類で、N市浄化センターの採水は2025年の4月、6月とH処理場の採水は7月の計3回である。

Fig. 2にクロロフィル量とAGP値、Fig. 3にAGP値とT-N、Fig. 4にAGP値とT-Pを示す。

###### (2) 培養条件

試水の前処理にはろ過法を実施し、培養条件は2.2に示した通りである。

##### 4.2 実験結果(N市浄化センター)

###### (1) 水質分析

水質測定結果をTable 1に示す。それぞれ3つの試水を比較すると、T-NとT-Pに関しては、流入下水>標準活性汚泥法による処理水>高度処理水の順に処理を行うごとに低下していることが分かる。一方で、有機物濃度に関しては、流入下水>>高度処理水>標準活性汚泥法による処理水の順となっており、標準活性汚泥法による処理水が最も低い値となった。

###### (2) 藻類の増加量

藻類は、3種類の試水とも増加が見られた。流入下水のクロロフィルの増加量が最も大きく、標準活性汚泥法による処理水と高度処理水のクロロフィルの増加量を比較すると標準活性汚泥法による処理水は高度処理水より多い

(Fig. 2)。

Table 1 水質測定の結果

N市 6月	T-BOD(mg/L)	CODcr(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
流入下水	107.5	126.17	47.51	5.40
標準活性汚泥法	3.1	10.65	8.83	2.31
高度処理水	4.3	11.62	5.94	0.04

Table 2 栄養塩当たりの増殖量

N市 6月	クロロフィル量	AGP値(mg/L)	AGP/T-N	AGP/T-P
流入下水	0.023	321.7	6.77	59.57
標準活性汚泥法	0.010	12.5	1.42	5.41
高度処理水	0.007	15.0	2.53	375.00

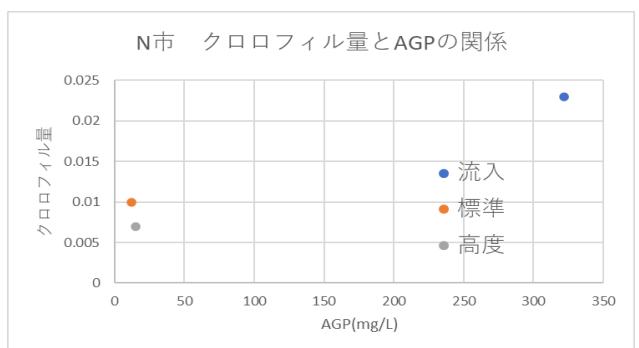


Fig. 2 クロロフィル量とAGP値

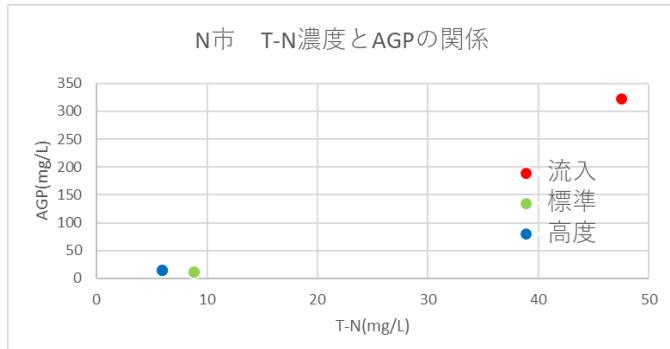


Fig. 3 AGP値とT-N

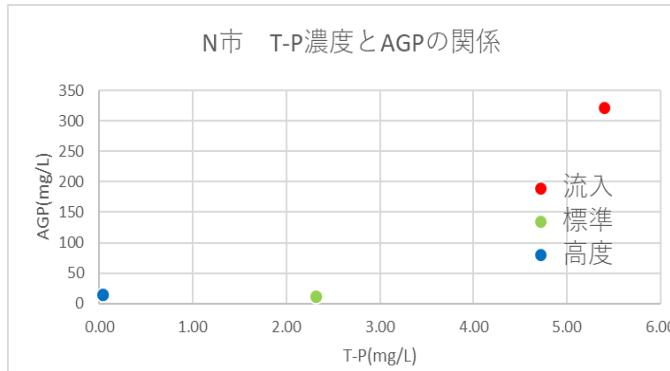


Fig. 4 AGP値とT-P

### 4.3 考察

#### (1) クロロフィル增加量と AGP 値の相関

標準法と高度処理のクロロフィル增加量を比較すると、標準活性汚泥法による処理水の方が増加量は大きい (Fig. 2)。しかし、AGP 値は高度処理水の方が高い (Table 2)。そのため、クロロフィル增加量と AGP 値には相関がない事が示唆される (Fig. 2)。

#### (2) AGP 値による栄養塩の評価

N 市浄化センターでは、標準活性汚泥法と嫌気・無酸素・好気法 ( $A_2O$  法) によって栄養塩の絶対量は減少している。

しかし、Table 2 に示すように、AGP 値と栄養塩あたりの藻類の増殖量を標準活性汚泥法による処理水と高度処理水で比較すると、AGP 値は高度処理水の方が大きく、栄養塩あたりの藻類増殖量は、 $AGP/T-N, AGP/T-P$  のように共に高度処理水の方が大きい。これは、高度処理をする事によって生物生産が高まる事が示唆される。

栄養塩当たりの藻類増殖量から、水域に与える高度処理水の影響は、標準活性汚泥法による処理水よりも高い (Table 2)。

### 4.4 実験結果 (H 処理場)

#### (1) 水質分析

水質測定結果を Table 3 に示す。それぞれ 3 つの試水を比較すると、T-N と T-P に関しては、4.2 (1)と同じ結果となったが、T-BOD は、流入下水>標準活性汚泥法による処理水>高度処理水となり、CODcr は、流入下水>>高度処理水>標準活性汚泥法となった。

#### (2) 藻類の増加量

藻類は、3 種類の試水とも増加が見られた。流入下水のクロロフィルの増加量が最も大きく、標準活性汚泥法による処理水と高度処理水のクロロフィルの増加量を比較すると標準活性汚泥法による処理水は高度処理水より多い (Fig. 5)。

Table 3 水質測定の結果

H処理場 7月	T-BOD(mg/L)	CODcr(mg/L)	T-N(mg/L)	T-P(mg/L)
流入下水	99.1	250.8	39.8	9.3
標準活性汚泥法	11.3	16.7	16.1	1.5
高度処理水	5.3	18.6	13.6	0.3

Table 4 栄養塩当たりの増殖量

H処理場 7月	クロロフィル量	AGP値(mg/L)	AGP/T-N	AGP/T-P
流入下水	0.022	90	2.26	9.68
標準活性汚泥法	0.007	4.3	0.27	2.87
高度処理水	0.006	6	0.44	20.00

H処理場 クロロフィル量と AGP の関係

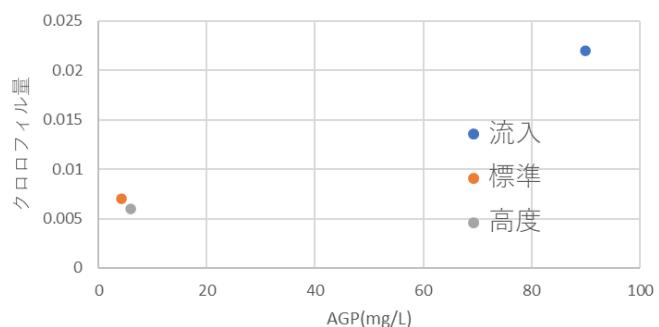


Fig. 5 クロロフィル量と AGP 値

H処理場 T-N濃度と AGP の関係

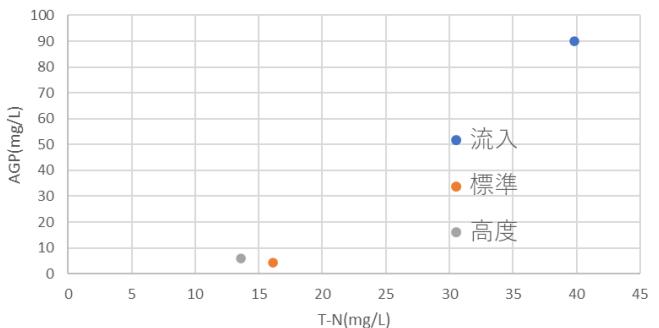


Fig. 6 AGP 値と T-N

H処理場 T-P濃度と AGP の関係

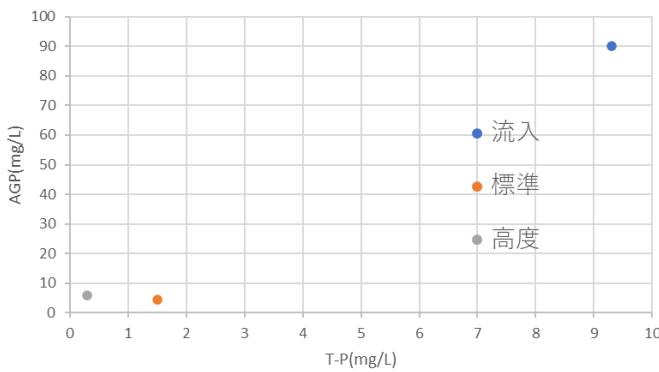


Fig. 7 AGP 値と T-P

## 4.5 考察

### (1) クロロフィル增加量と AGP 値の相関

標準法と高度処理のクロロフィル增加量を比較すると、標準活性汚泥法による処理水の方が増加量は大きい (Fig. 5)。しかし、AGP 値は高度処理水の方が高い (Table 4)。そのため、クロロフィル增加量と AGP 値には相関がない事が示唆される。4.3(1)で示した考察とほとんど一致する。

### (2) AGP 値による栄養塩の評価

H 処理場では、標準活性汚泥法と嫌気・無酸素・好気法 (A<sub>2</sub>O 法) によって栄養塩の絶対量は減少している。

しかし、Table 4 に示すように、AGP 値と栄養塩あたりの藻類の増殖量を標準活性汚泥法による処理水と高度処理水で比較すると、AGP 値は高度処理水の方が大きく、栄養塩あたりの藻類増殖量は、AGP/T-N, AGP/T-P のように共に高度処理水の方が大きい。これも、高度処理をする事によって生物生産が高まる事が示唆される。

栄養塩当たりの藻類増殖量から、水域に与える高度処理水の影響は、標準活性汚泥法による処理水よりも高い (Table 4)。

## 5. まとめ

本研究から以下の知見が得られた。

- 1) N 市浄化センター 4 月、6 月、H 処理場 7 月の実験結果から、窒素・リンとともに標準活性汚泥法による処理水と栄養塩当たりの藻類増殖量を比較した時、高度処理水の方が水域に対する影響が大きい事が示唆される。
- 2) 全 3 回、N 市浄化センター 2 回と H 処理場 1 回で採水した試水で実験を行ったが、標準活性汚泥法による処理水から高度処理水と処理が進むにつれて、T-N, T-P の濃度は著しく低下しているが、AGP 値に関しては、高度処理が標準活性汚泥法による処理水を上回ったことから、高度処理を行う事で栄養塩が生物に利用やすくなってしまったと示唆される。
- 3) 別の浄化センターと処理場で採水を行い、同じ条件と手順で AGP 試験を行った結果、似たようなデータが出たことから、信憑性が高まったため、今後も続けて研究を行い、経過観察を進めていきたい。

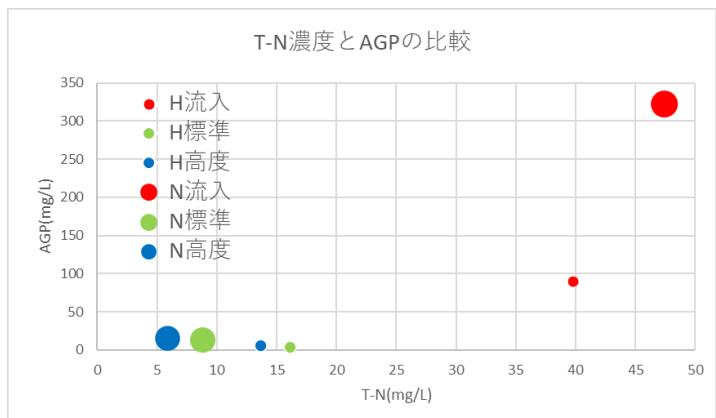


Fig. 8 AGP 値と T-N の比較

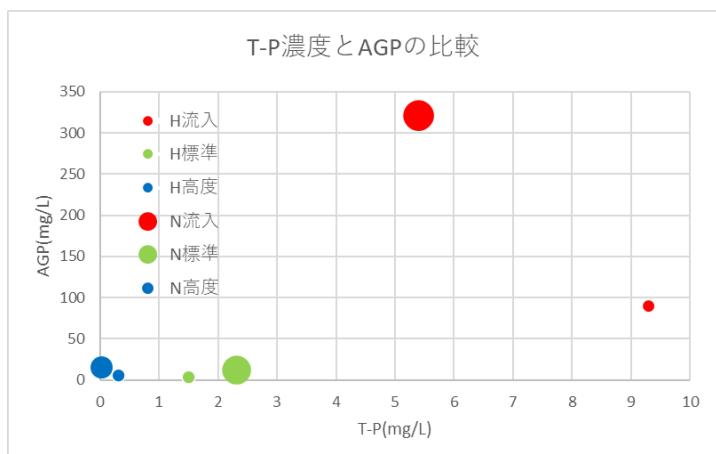


Fig. 9 AGP 値と T-P の比較

## 参考文献

- 1) 環境省  
閉鎖性水域等における水環境の保全  
<https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/h12/12149.html>  
(参照 2025-1-14)
- 2) 国立環境研究所 保存株情報  
<https://mcc.nies.go.jp/strainList.do?strainId=3136>  
(参照 2025-1-14)
- 3) 国立環境研究所  
藻類の培養試験法による AGP の測定  
<https://www.nies.go.jp/kanko/kenkyu/pdf/972026-1.pdf>  
(参照 2025-1-14)
- 4) 習志野市 津田沼浄化センターの概要  
<https://www.city.narashino.lg.jp/soshiki/tsudanuma/jokacenter.html>  
(参照 2025-1-14)