

# 未利用資源中の腐植物質の抽出とバイオマス生産への応用 ～腐植物質が与える緑藻類への影響と濃度依存性に関する調査～

Extraction of humic substances in unused resources and application to biomass production  
～Survey on the effects of humic substances on green algae and concentration dependence～

馬場聡実<sup>1)</sup>, 鈴木大輔<sup>1)</sup>

指導教員 庄司良<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> 東京工業高等専門学校 物質工学科 庄司研究室

キーワード：建設汚泥, 腐植物質, フミン酸, 藻類, バイオアッセイ

## 1. 緒言

現在実用化されているバイオマス燃料には、ガソリンの代替燃料としてトウモロコシや小麦由来のバイオエタノールがある。陸生植物を原料とする場合、植物の成長に時間がかかり、製造工程に発酵を含むため、エネルギー資源にするには生産効率が低いことが課題となっている。そこで陸生植物よりも増殖が容易な藻類によるバイオマス燃料が提案されている。藻類には脂質を貯蔵する性質をもつ種があり、脂質を抽出・精製することで新たなエネルギー資源となると期待されている。

腐植物質のフミン酸 (HA: Humic Acid) は鉄などとの金属錯体形成により金属類の供給を補助することで、藻類の増殖を促進すると考えられている<sup>[1]</sup>。フミン酸を含む未利用資源の一つに産業廃棄物の建設汚泥がある。建設汚泥は主にコンクリート固化によって処理されるが、フミン酸はコンクリート固化を妨害する要因と考えられ<sup>[2]</sup>、汚泥からの簡便な抽出方法が求められる。

そこで本研究では、建設汚泥からフミン酸を抽出し藻類の培地に添加し、増殖した藻類からバイオマス燃料を生産することで、未利用資源の活用を目指す。本研究では、建設汚泥中のフミン酸の抽出とその性質の解析、バイオアッセイによるフミン酸が藻類に与える影響について調査を行った。

## 2. 実験方法

### 2-1. 建設汚泥中のフミン酸の抽出

本実験では標準法である IHSS(International Humic Substance Society)法に準拠し、建設汚泥中のフミン酸の抽出を行った。建設汚泥には浄水場由来の汚泥を用いた。

### 2-2. フミン酸のキャラクタリゼーション

フミン酸のキャラクタリゼーションは、UV-Vis 吸光スペクトルによる黒色度測定 (HITACHI U-0080D)、赤外分光スペクトルの測定による官能基解析 (JASCO FT/IR-620)、酸塩基滴定による NICA(Non-Ideal Competitive Adsorption)-Donnan Model を用いて解析した。

### 2-3. バイオアッセイ

本研究では、フミン酸の濃度と pH の変化による藻類成長阻害試験を行った。培地には OECD テストガイドラインで推奨されている AAP(Algal Assay Procedure) 培地を、緑藻類には *Chlorella sp.* を用いた。

## 3. 結果・考察

### 3-1. 建設汚泥中のフミン酸の抽出

生汚泥を 1 昼夜 60℃で乾燥させ、IHSS 法によりフミン酸を得た。

### 3-2. フミン酸のキャラクタリゼーション

黒色度  $\Delta \log K$  値、 $E_{600}^{1\%}$  は (1)、(2) 式より算出した。

$$\Delta \log K = \log(K_{400}/K_{600}) = \log K_{400} - \log K_{600} \quad (1)$$

$$E_{600}^{1\%} = E_{600} \times 100 \quad (2)$$

$K_{400}$ [-]、 $K_{600}$ [-]はそれぞれ吸光波長 400、600 nm における吸光度、 $E_{600}^{1\%}$  は 0.1% NaOH 水溶液にフミン酸 10 mg を溶解し、100 mL とした際の吸光波長 600 nm での吸光度を示す。表 1 に浄水 HA、Wako HA (和光純薬、化学分析用) より得られた黒色度を示す。

表 1 フミン酸(HA)より得られた黒色度

試料	濃度 [ppm]	$\Delta \log K$	$E_{600}^{1\%}$
浄水 HA	108	0.471	17.9
Wako HA	108	0.485	31.2

土壌フミン酸の  $E_{600}^{1\%}$  値は 8~86、 $\Delta \log K$  値は 0.47~0.89 の範囲にあるとされていることから<sup>[3]</sup>、浄水 HA と Wako HA は、フミン酸の一般的な性質を持つことが分かった。

フミン酸の赤外吸収スペクトルのピーク波数、透過率、ピークに対応する官能基から、水素結合性 OH、カルボキシル基等の官能基を構造に含むことが示唆された。

酸塩基滴定により得た、(3)式に示す NICA-Donnan Model より算出したフミン酸の各パラメーターを表 2 に示す。

$$Q_M = \sum_{i=1}^2 \left[ \frac{Q_{max,i} n_{M,i}}{n_{H,i}} \times \frac{(K_{M,i} c_{s,M,i})^{n_{M,i}}}{\sum (K_{M,i} c_{s,M,i})^{n_{M,i}}} \times \frac{\{\sum (K_{M,i} c_{s,M,i})^{n_{M,i}}\}^{p_i}}{1 + \{\sum (K_{M,i} c_{s,M,i})^{n_{M,i}}\}^{p_i}} \right] \quad (3)$$

表 2 NICA-Donnan Model で算出したパラメーター

各パラメーター	Wako HA	浄水 HA
$Q_1$	2.12	2.81
$\log K_1$	4.130	3.471
$m_1$	0.422	0.589
$Q_2$	1.19	2.91
$\log K_2$	7.59	8.25
$m_2$	0.99	0.19

### 3-1. バイオアッセイ

図 1 に異なる pH でのフミン酸の藻類成長阻害試験の結果を示す。

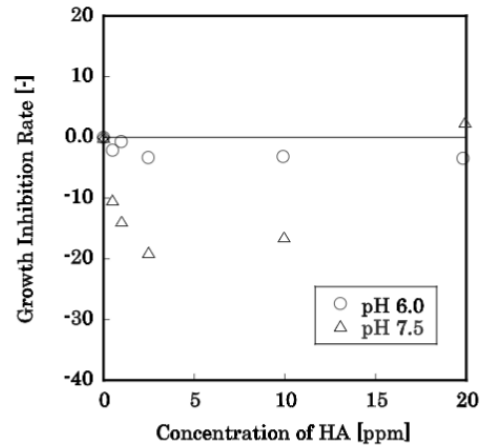


図 1 異なる pH での *Chlorella* の増殖に与えるフミン酸の影響

図 1 より、成長阻害率が負の値を示したことから、フミン酸により *Chlorella* の成長が促進することが示唆された<sup>[4]</sup>。

### 4. 結論

本研究で使用したフミン酸の性質を UV-Vis スペクトル測定、FTIR スペクトルによる官能基解析、酸塩基滴定によるパラメーター算出により解析した。フミン酸が与える緑藻類の成長への影響については、フミン酸が共存することにより *Chlorella* の増殖を促進する作用が示唆された。

### 5. 参考文献

- [1] 夏池真史、2016、水環境学会誌、Vol.39、No.6、pp.197-210
- [2] 姜庚吾ほか、2017、土木学会論文集 B3(海洋開発)、Vol.73、No2、pp.324-329、
- [3] 石渡良志ほか、2008、環境中の腐植物質、三共出版、pp.19
- [4] Suzuki&Shoji、2020、J. Hazardous Mat. 123079、pp. 1-10