

環境指標—自然水域の底質粒子の長時間吸着特性

九州産業大学工学部土木工学科 正会員 近藤満雄

1. 序論

走査電子顕微鏡観察によれば、底質粒子の表面付近には、多層の微生物の集合住居があり、多種多様の多くの微生物が存在する。筆者は、底質微生物の有機物（グルタミン酸・グルコース・デンプン）取込活性の環境指標化を目指して、長年研究に取り組んできた。底質微生物の有機物取込の最初のプロセスは、底質表面やそこにいる微生物による有機物の吸着で、その後に微生物が吸着した有機物を取込むプロセスが続くと考えられる。底質の吸着には30分以下で終わる早い吸着がある。筆者は2~4時間かかる遅い浸透・吸着があることを発見した。そこで長時間吸着の基礎研究を行い、底質量依存性勾配や吸着サイト数に環境質が反映することを発見した。ここでは紙面の関係で底質粒子へのグルタミン酸の長時間吸着について記述する。

2. 方法

底質量依存性勾配Aの測定 満潮時は海水下であり、干潮時には露出する沿岸部の表面から深さ数センチ以内の粒径4-2mmの好気性の底質を採取した。これをよく乾燥させた後、更にフルイにかけ、直径1.18~1.0mmの粒子を吸着測定に用いた。各地点毎にそれぞれ3,4,5,6gの乾燥底質を入れた4個の100mlのビーカーに1600ppmのグルタミン酸5mlを加えて、2分間穏やかに振とうし、20°Cで4時間インキュベートする。これに純水50mlを加えて、1分間穏やかに振とうし、No.131の濾紙で濾過する。濾液を希釈し、希釈溶液5ml入れた試験管に1%のニンヒドリン溶液を1ml加え、よく混合して、110°Cで45分間加熱し、水道水で10分間冷却し、分光光度計で波長570nmで吸光度を測定し、濾液の残存グルタミン酸濃度を求める。底質量Xとグルタミン酸残存濃度Yとの間に直線関係

$$Y = AX + B \quad (1)$$

が成り立つ。最小二乗法を用いて、回帰直線から、勾配Aを測定する。実験から底質粒子へのグルタミン酸の吸着はヘンリー型であることが分かっている。ヘンリーの吸着は表面積当たりの吸着量が極めて小さい場合に成り立つ¹⁾。底質粒子の質量数X(g)を変化させ、これに十分濃い一定濃度E($\mu\text{g}/\text{ml}$)のグルタミン酸溶液を一定量V(ml)加え十分時間をかけ吸着させた時、底質粒子に吸着されず残存するグルタミン酸濃度Y($\mu\text{g}/\text{ml}$)は(1)を満たす。底質粒子のグルタミン酸吸着量(μg)は底質量X(g)に比例するので、この比例係数をkとおく。kは1gの底質が吸着するグルタミン酸量(μg)である。もともと底質粒子に含まれていたアミノ酸が溶液中に放出される量(μg)も底質量X(g)に比例するので、この比例係数をfとおく。fは1gの底質が放出するグルタミン酸量(μg)である。これから次式が成り立つ。

$$Y = (f - k)X / V + E \quad (2)$$

$$(1) \text{と} (2) \text{を比較すると} \quad A = - (k - f) / V \quad (3)$$

$$B = E \quad (4)$$

(k-f)は1gの底質が実質的に吸着するグルタミン酸量(μg)である。勾配Aは1gの底質を加えることによって実質的に減少するグルタミン酸濃度($\mu\text{g}/\text{ml}$)である。Bは底質に加えたグルタミン酸溶液濃度($\mu\text{g}/\text{ml}$)である。

グルタミン酸吸着サイト数の測定 各地点毎に乾燥底質5gを入れた100mlのビーカーを4個用意し、それぞれ1300,1450,1600,1750ppmのグルタミン酸ナトリウムを5ml加え、2分間穏やかに振とうし、20°Cで4時間インキュベートする。これに純水50mlを加えて、穏やかに1分間振とうし、No.131の濾紙を用いて濾過する。濾液を適切に希釈し、これを試験管に5ml入れ、1%ニンヒドリン溶液を1ml加え、濾液の残存グルタミン酸の濃度を求める。底質に加えたグルタミン酸濃度Zと4時間後のグルタミン酸残存濃度Yとの間に直線関係

$$Y = CZ + D \quad (5)$$

が成り立つ。最小二乗法を用いて、回帰直線を求め、勾配Cと、Y切片Dに分離する。水質の異なる多くの地

点で多数回にわたって C と D を測定する。底質に加えたグルタミン酸濃度 Z ($\mu\text{g/ml}$) とグルタミン酸残存濃度 Y ($\mu\text{g/ml}$) との間に (5) の関係が成り立つ。いま同一量 M (g) の底質粒子に加えるグルタミン酸の溶液量を一定 V (ml) とする。ヘンリー型の吸着では、底質粒子に吸着されるグルタミン酸量は加えたグルタミン酸濃度に比例する¹⁾。この比例係数を k とおき、もともと底質に含まれていたアミノ酸が溶液中に溶出する量を E (μg) とすると、加えたグルタミン酸溶液濃度 Z に対してグルタミン酸の溶存濃度 Y の間に次のような直線関係が成り立つ。

$$YV = (V-k)Z + E$$

$$Y = (1-k/V)Z + E/V \quad (6) \quad (5) \text{ と } (6) \text{ を比較すると}$$

$$C = (1-k/V)$$

$$(1-C)=k/V \quad (7)$$

$$D = E/V \quad (8)$$

C は加えたグルタミン酸に対する残存するグルタミン酸の割合である。吸着率は (1-C) で求められる。D は底質に含まれていたアミノ酸が溶液中に溶出するアミノ酸濃度である。底質 1g 当たりの吸着率は (1-C)/M である。底質 1g 当たりの吸着サイト数 = 加えた物質の最大濃度 ($\mu\text{g/ml}$) \times 溶液量 (ml) / 加えた物質の分子量 \times 底質 1g 当たりの吸着率 $\times 6.023 \times 10^{23} \times$ 溶液量 (ml) / 1000 (ml) (9)
底質 1g 当たりのグルタミン酸の吸着サイト数 = $35.9 \times 10^{14} \times$ 底質 1g 当たりの吸着率 (10)

3. 結果と検討

底質量依存性勾配や吸着率や吸着サイト数と海水 COD シュミレーション値との相関 水質の異なる多くの地点で、多数回 A や底質 1g 当たりの吸着サイト数を求め、長崎県のシュミレーションした海水 COD 値²⁾ との相関を調べた。海水 COD シュミレーション値と A との間にはかなり高い負の相関がある。1999 年度に 17 回測定した海水 COD 値と A との相関の平均値は -0.72 であった。流入河川のある、有機性汚濁が酷い地点程、A が大きい傾向が見られる。即ち底質が好気性であれば、流入河川を持つ有機性汚濁が進んだ地点程、底質のグルタミン酸吸着量が大きい。海水 COD 値と吸着サイト数との間に相関が認められる。1999 年度に 10 回測定した吸着サイト数と海水 COD 値との相関係数の平均値は 0.59 であった。流入河川があり底質が好気性であれば、海水 COD 値が大きく、有機性汚濁が進んだ地点程、吸着サイト数が大きい傾向が見られる。グルタミン酸の吸着サイトは底質粒子表面や浅部にある微生物やその住居を構成するコロイドと考えられる。吸着率も底質 COD 値も底質粒子表面の微生物量とその住居を構成するコロイド量の和、即ち生物生産力を表す指標と考えられる。そうであれば大村湾では底質が好気性で、流入河川がある有機性汚濁が進んだ地点程生物生産力が高いことになる。

底質量依存性勾配 A や吸着率や吸着サイト数と底質 COD との相関 水質の異なる多くの地点で、多数回、勾配 A や、底質 1g 当たりの吸着サイト数を求め、底質 COD 値との相関を調べた。底質 COD 値と A や吸着サイト数との間に高い相関が見られた。1999 年度に 17 回測定した A の相関係数の平均値は -0.80 であった。1999 年度に 10 回測定した吸着サイト数の相関係数の平均値は 0.74 であった。底質が好気性で、流入河川のある底質 COD 値が大きい地点程、A の絶対値や、吸着サイト数が大きい傾向が見られる。底質が好気性で流入河川のある底質 COD 値が高い地点程、グルタミン酸の吸着が大きい。底質の吸着サイトは底質粒子表面や浅部にある微生物やその住居のコロイドと考えられるので、吸着も底質 COD 値も底質粒子表面の微生物量とその住居を構成するコロイド量の和、即ち生物生産力を表すと考えられる。そうであれば好気性で流入河川のある有機性汚濁が進んでいる地点程、生物生産力が高いことになる。大村湾の現在程度の汚濁状態では、底質が好気性であれば、流入河川のある有機性汚濁が進んだ地点程、底質 COD 値や吸着量が大きく、底質微生物の住居や微生物量が多いことになる。

4. 参考文献

- 1) .慶伊富長 (1965) 吸着、26-27、共立出版
- 2) .長崎県環境保全課(1995)大村湾水辺環境計画—自然と共生する活力のある地域づくりをめざして、104-111、長崎県