

II-443 自然水域の自浄作用——津屋崎湾底質の微生物膜の有機物分解力

九州産業大学

正 近藤満雄・学 片山正紀・学 田中義幸

序 論

海等の自然水域では、様々な微生物が、河川を通じて或いは降雨時に沿岸の町や村から直接流入する様々な有機物を分解し、浄化している。筆者らは玄界灘の津屋崎湾に於ける底質微生物の有機物（グルコース、サッカロース、デンプン、グルタミン酸）の取込分解活性を測定し、活性値、指標値、生物膜分解力を計算し、コンピュータグラフィックスで三次元的に表したところ、流入河川、島、潮流、外海の影響や、季節変化を明瞭に捉えることが出来たので報告する。

活性値と指標値と生物膜分解力の定義

乾燥底質1gに生息する底質微生物が1時間に取込んだり分解する有機物の総量を活性値と定義する。乾燥底質の表面積1mm²に生息する底質微生物が1時間に取込んだり分解する有機物の総量を指標値と定義する。1mm²の微生物膜が1時間に取込んだり分解する有機物の総量を生物膜分解力と定義する。

$$\text{活性値} (\mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{hr}) = \text{生物膜分解力} (\mu\text{g}/\text{mm}^2 \cdot \text{hr}) \times \text{有効表面積} (\text{mm}^2/\text{g})$$

$$\begin{aligned} \text{指標値} (\mu\text{g}/\text{mm}^2 \cdot \text{hr}) &= \text{活性値} (\mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{hr}) / \text{表面積} (\text{mm}^2/\text{g}) \\ &= \text{生物膜分解力} (\mu\text{g}/\text{mm}^2 \cdot \text{hr}) \times \text{有効表面積} (\text{mm}^2/\text{g}) / \text{表面積} (\text{mm}^2/\text{g}) \\ &= \text{生物膜分解力} (\mu\text{g}/\text{mm}^2 \cdot \text{hr}) \times \text{表面積有効率} / 100 \end{aligned}$$

$$\text{生物膜分解力} (\mu\text{g}/\text{mm}^2 \cdot \text{hr}) = \text{活性値} (\mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{hr}) / \text{有効表面積} (\text{mm}^2/\text{g})$$

方法

津屋崎湾の30地点で、調査船上からスミスマッキンタイヤ採泥器を用いて海底の底質を採取し、これから表層約5cmの厚さの底質を取り、これを4mmのフルイで篩い、通過したものを微生物による有機物の取込と分解の総量の測定や粒度分析に用いた。この底質を数枚重ねた新聞紙の上に広げ、水分をできるだけ取り、一様に混合したものを使用する。各採取地点毎、測定項目毎に、2個の100mlビーカーに底質を20gずつ量り取る。一方を対照検体とし、他方を活性測定検体とする。対照検体には反応停止液を加えた一定濃度の分解物質溶液を一定量加え、約10分後にこの10倍量の純水を加え、よく攪拌混合後、濾過し、濾液の物質濃度を測定する。一方活性測定検体には、対照検体に加えたものと同じ濃度、同じ容量の分解物質溶液を加え、20℃で4時間インキュベートし、物質の取込と分解を行わせ、その後反応停止液を加え、反応を止めた後分解物質溶液量の10倍量の純水を加え、よく攪拌混合後濾過し、濾液の物質濃度を測定する。底質20g中の含水量と、活性測定検体のインキュベート時の蒸発水分量を測定し、対照検体とインキュベート後の活性測定検体の物質量を正確に求める。両者の差を取込と分解の総量とする。底質微生物による有機物の取込と分解の測定条件を表-1に示す。

物 質 名	濃 度 ($\mu\text{g}/\text{ml}$)	溶 液 量 (ml)	分 析 法
グルコース	200	5	Parce-Johnson法
サッカロース	500	4	Parce-Johnson法
デンプン	3500	4	ヨウ素法
グルタミン酸	1500	5	ニンヒドリン法

(表-1)

底質粒子の表面積

底質を150℃で10時間乾燥させ、約200gの底質を取り、2, 1, 0.

5, 0.25, 0.125mmの孔径のフルイにかけ、各フルイに残留した底質と、0.125mmのフルイを通過した底質の重量を測定し、その後これらの比重を比重ビンで測定する。ここで乾燥底質1g当りの平均底質表面積は次の仮定に基づき算出した。底質粒子の形状を球形と仮定する。一つの篩い分け区間内では、底質粒子の密度がすべて等しく、粒子数の分布密度が粒子半径に依らず一定であると仮定する。底質粒子の最小直径を0.1mmとする。これは粒子の顕微鏡観察の結果に基づく。底質粒子の半径を0.01mm刻みに表面積を計算し、この総和をとり、これを底質質量で割り、乾燥底質1g当りの底質粒子表面積を計算する。

有効表面積の算出 採取した底質を4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125mmの孔径のフルイにかけ、各フルイに残留した底質と、0.125mmのフルイを通過した底質の指標値を測定し、1mmのフルイに残留した底質の指標値を1とした時の各フルイに残留した底質と0.125mmのフルイを通過した底質の指標値の比（これを重み係数と名付ける）を縦軸に、フルイの孔径の対数を横軸に取り、指標値の底質粒子孔径依存性グラフを描く。各篩い分け区間毎の表面積に重み係数を掛け全篩い分け区間の表面積を求める。この時重み係数をすべて1とすれば底質粒子表面積が求まり、各篩い分け区間毎の微生物活性の測定から求めた重み係数を用いると実際の微生物膜の面積即ち有効表面積が求まる。

結 論 沿岸部では河口に近い海域の活性値が高い。これは河川を通じて生活排水や農業排水や工業排水が流入するためである。なかでも特に粗砂を供給する花鶴川河口附近の海の活性値が極めて大きい。西郷川や湊川等の細泥を供給する川の河口附近の海の活性値は若干高い程度である。開発に伴って細泥の流入が増大し、湾の底質微生物の有機物分解と取込を阻害していることが分かる。指標値は花鶴川河口近くの海が際立って高い。この指標値が高いのは、花鶴川が海に粗砂を供給し、流入する細泥の量が少ないからである。沿岸海域に細泥を供給する西郷川や湊川の河口附近の海では、指標値が極めて低い。全般的に見ると、沿岸部から沖合に向う程活性値も指標値も高くなる傾向が明瞭に認められる。外海の海水が容易に入替わる沖合いでは、活性値と指標値がともに高い。また潮流の湾への流入口や湾からの流出口では活性値と指標値がともに高い。これは沖合に北九州方面に向って流れる福岡市の汚れた都市排水が乗った潮流がありこのために活性値も指標値も高くなる。沖合にある相の島の周辺では、活性値と指標値がともに高い。海の穏やかな真夏の8月の生物膜分解力は河口附近と相の島附近の水深の大きい地点や博多湾方面からの潮流の流入口が大きい。9月になり海が荒れ出すと生物膜分解力は湾で均等化し、河口附近で若干大きいだけとなる。このように生物膜分解力は湾の季節変化や底質の移動を敏感に反映する。夏期は玄界灘の津屋崎湾の現在程度の汚濁では、むしろ有機性汚濁物濃度が高い所程底質微生物による有機物の分解と取込の総量が多いことが分かる。玄界灘では、現在程度の汚濁では、むしろ有機性汚濁の大きい所程、底質微生物による有機物取込と分解の総活性が高い。しかし、博多湾程度の汚濁になると、自浄作用が大きく低下する。湾に流入する河川、島、潮流、外海は湾の微生物の活性分布に極めて大きな影響を及ぼしている。活性値と指標値を併用し、比較することによって流入する細泥の自浄作用に対する影響を知ることができる。総合的な水環境の質を表す指標としては、活性値よりも指標値の方が優れており、三次元グラフィックスの曲線も自然である。活性値や指標値の三次元グラフィックスパターンは測定毎に異なるように見えるが、数年間にわたるグラフを見ると共通のパターンがあることが分かる。人間生活や人間活動の影響がきわめて少ない、自然度の高い海では、夏期でも水環境の良い所ほど、自浄作用が高く、水環境の悪い環境程自浄作用が低い。ところが、人間生活や人間活動の影響を強く受ける海では、水環境が悪くなると、自浄作用が高まり、水環境をより浄化するようになる。この仕組みのお陰で、海は汚濁を浄化し、海は清浄に保たれて来たものと思われる。地上のあらゆる汚濁物は川を経て、最終的に海に流入して来るので、地球が誕生して45億年の歴史を経る間に海の微生物生態系はこのように海を浄化する仕組みを身に付けたものと思われる。

謝 辞 底質のサンプリングや底質微生物の活性測定を行ってくれた当研究室の学生諸君に深く感謝する。