

II-367 嫌気分解過程における細胞外ポリマーの生成と汚泥表面電荷について

九州大学大学院 学生員 賈 曉珊

茨城大学工学部 正 員 古米弘明 九州大学工学部 正 員 楠田哲也

1. はじめに UASBなどの嫌気性廃水処理プロセスにおける自己造粒化に関連して、微生物の集積に関わる重要な物質として細胞外ポリマー(ECP)の役割やその特性についての研究^{1), 2)}が近年行われてきている。著者ら³⁾はグルコースを基質としたUASB汚泥床内の水素分圧の測定や床内でのECP生成状況を実験的に検討した。しかし、現在まで、嫌気性微生物のECP生成能や生成されたECPが汚泥の物理・化学特性へ及ぼす影響などの報告はほとんどない。本研究では、ECPが持つ嫌気性汚泥のグラニュール形成における役割の解明の一環として、グルコース分解、酢酸や水素からのメタン生成、プロピオン酸分解、酪酸分解に着眼し、これらの分解に伴うECPの生成・蓄積の特性及びECPの量、組成が及ぼす汚泥の表面電荷への影響を実験的に把握することを目的とした。

2. 実験方法 集積培養には、グルコースを基質とし、 $5.0\text{kgCODm}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$ で定常に運転していたUASB反応器の上部汚泥を用いて、添加した基質が一旦消費された後、同一基質を反復添加するFill & Drawで培養した。基質である酢酸(HAc)、プロピオン酸(HPr)、酪酸(n-HBu)、グルコース、水素($\text{H}_2 + \text{CO}_2$)を、初期濃度が 500mgCOD/l となるように添加し、経時的なメタン生成活性、各基質消費量及び系内のECPおよび汚泥表面電荷を測定した。水素添加の二つの系(硫酸塩無添加と $800\text{mgSO}_4/\text{l}$ 添加)では、 $\text{H}_2 + \text{CO}_2$ (4:1)とともに無機塩溶液も添加するFill&Draw方式を用いた。ECP抽出には、ホルマリンを添加した冷却抽出法³⁾を用い、成分として多糖類とタンパク質をそれぞれアンスロン法、ローリー法で分析した。なお、汚泥表面電荷の分析には、コロイド滴定法²⁾を用いた。全てのバイアル実験は、液量を 100ml として、 pH を $6.9\sim 7.3$ に保ち、 35°C の振とう培養槽で行った。

3. 実験結果及び考察

a) 各基質利用菌の集積状況 各培養過程での比メタン生成活性の経時変化を図-1a), b)に示す。経時的な比メタン生成活性の増大から判断して、各基質利用菌の集積が起こっており、それぞれの基質分解に関わる単一あるいは混合微生物系が形成されていることが分かる。グルコース培養系が他の系に比べ比較的に低い比メタン生成活性を呈したのは、他の汚泥に比べVSSのうち、酸発酵等に関与する菌体量が占める割合が大きいためと考えられる。また、硫酸塩を添加した水素培養系では、水素利用硫酸塩還元菌の水素消費もあるためメタン生成が無添加に比べ低く、水素利用メタン生成菌とともに水素利用硫酸塩還元菌も増殖していることが伺える。

b) ECPの生成及び変化 各集積培養過程でのECPの蓄積状況を図-2に示した。HAcとHBu培養系を除きECPの量は徐々に減少して、ほぼ一定の値に至ることが分かる。この減少は、種汚泥であるUASB汚泥とは、異なる培養基質であったり、基質負荷条件が低いことが理由と考えられる。グルコースや水素に比べ、そのメタン発酵から得られる自由エネルギーが低い揮発性脂肪酸(VFA)培養の場合でも、ECPは蓄積傾向を有しており、酸生成だけでなくメタン生成過程でのECP生成も十分あることが推察できる。また、各培養ともECPの多糖類に比べ、タンパク質の方が多く存在することも分かった。さらに、水素培養において、ECPタンパク質の蓄積量は、硫酸塩添加により低くなることから、硫酸塩の存在下でECPの生成や蓄積が抑制されることが予想された。

c) ECPと汚泥表面電荷の関係 水素培養系を除く各培養系において、比較的メタン生成活性が安定し始めた後の汚泥表面電荷を測定した。その結果、タンパク質と多糖類の含めECP合計量の増大に伴って、負の汚泥表面電荷が増加する傾向が確認された。この傾向をさらに詳細に調べるために、ECPの成分である多糖類及びタンパク質と汚泥表面電荷との関係を検討した(参照図-3)。各培養系とも多糖類に比べ、わずかながらタンパク質の方が汚泥表面電荷とより強い相関関係が示された。従来より、図-1 比メタン生成活性の経時変化

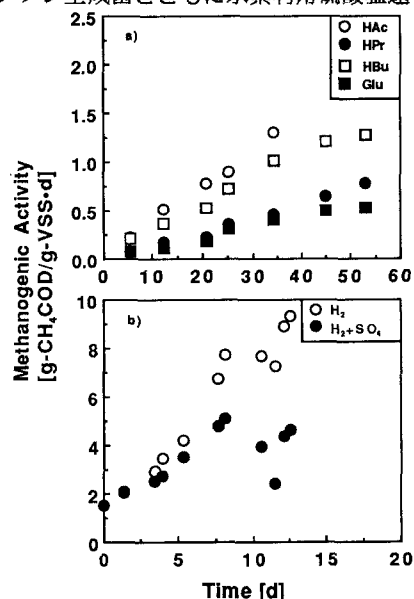


図-1 比メタン生成活性の経時変化

用廃水処理での帯電粒子の凝集に関連して、粒子自身の荷電の大きさが重要であることがよく指摘されている。本実験の結果から、嫌気性培養系でも汚泥凝集に関わると考えられる汚泥表面電荷がECP量の影響を受けることが明らかとなった。活性汚泥などの生物フロックの形成に関して、ECPが介在する凝集には多価陽イオンが必要とすることが報告されている^{4), 5)}。一方、UASBのグラニュール生成にもCa添加による促進作用が指摘されてきている^{6), 7)}。以上のことより、嫌気性分解過程でのECP蓄積に伴い形成される汚泥表面の負の電荷が、 Ca^{2+} などの多価陽イオン添加により中和され、汚泥凝集が促進される可能性が考えられた。

4. 結論 本研究から得た結論としては、①. 各培養系ともECP成分の内、タンパク質が多糖類に比べより多く蓄積することが分かった。水素からのメタン生成過程において硫酸塩添加によりECPの生成が抑制する可能性が見られた。②. ECPの量が多ければ多いほど、負の汚泥表面電荷が強くなることが明らかとなった。また、ECPの多糖類に比べ、タンパク質と汚泥表面電荷の間に、より相関性が示されることが分かった。③. 嫌気性プロセスでの汚泥凝集に対するECPの役割に関連して、 Ca^{2+} などの多価陽イオンの荷電中和力が深く関与することが予想された。

今後、各基質分解でのECP生成能や汚泥表面電荷を様々な負荷条件下で調べ、実装置での汚泥自己造粒化におけるECPの役割を検討するための基礎データを更に蓄積する必要がある。

【参考文献】 1) 原田ら：衛生工学研究論文集 Vol.24, 1988 2) Morgan, J.W. et al.: Water Research, Vol.24, No.6, 1990 3) 賈ら：下水道協会誌論文集 No.4, Vol.28, No.334, 1991 4) Horan, N.J. et al.: Water Research, Vol.20, 1986 5) 宮島子ら：水質汚濁研究 Vol.14, 1991 6) Mahoney, E.M. et al.: Wat. Sci. Tech., Vol.23, 1987 7) 賈ら：九州大学工学集報 Vol.63, 1990

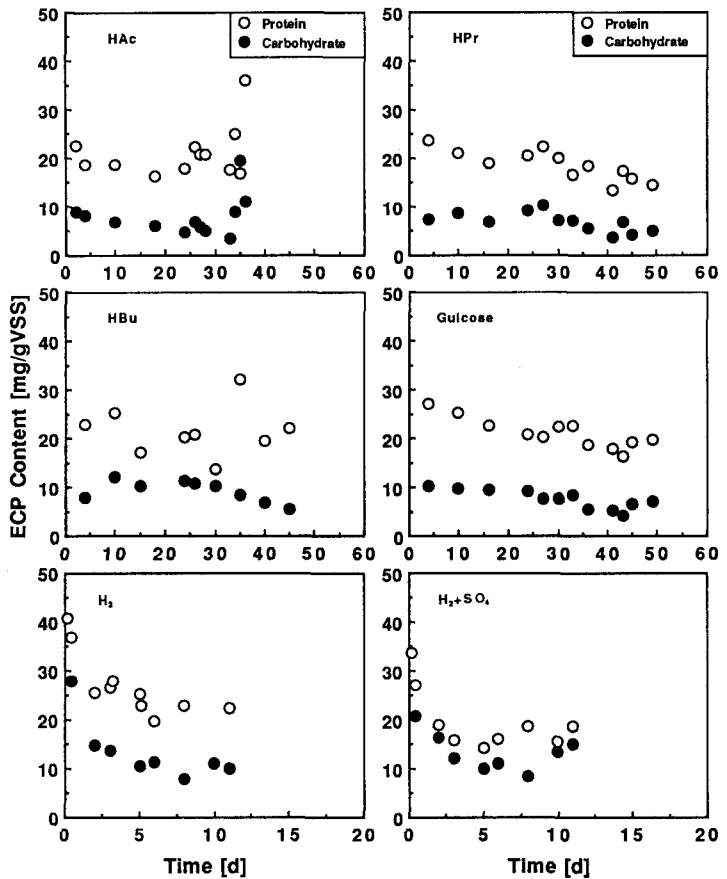


図-2 ECPの蓄積状況

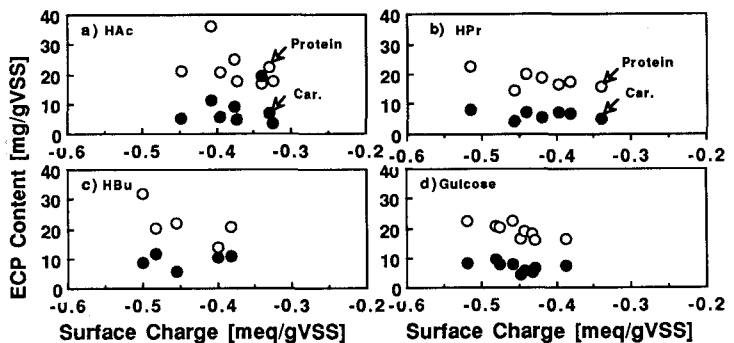


図-3 ECPの各成分と汚泥表面電荷の関係