

2 1 1. (今さらですが) 活性汚泥のこと

技術開発企画課長 糸川 浩紀

唐突ですが、今回は、私の専門である生物処理の主役、「活性汚泥」について語ります。教科書に書いてあるような話はすっ飛ばして「よもやま」調で。

「活性汚泥」、反応タンクに入っている茶色いアレですが、元は英語の「activated sludge」です。直訳調では「活性化された汚泥」、ですね。では、活性汚泥法を構成する以下の要素のうち、活性汚泥を「活性化された汚泥」足らしめている本質は、どれでしょうか？

- ①反応タンク (+エアレーション)
- ②最終沈殿池
- ③返送汚泥
- ④余剰汚泥

極端な例ですが、反応タンクに（活性汚泥を入れずに）下水だけを入れてブクブクとエアレーション（曝気）を行うだけでも、下水中に存在していた微生物が増えて、時間はかかりますが、ある程度の有機物が除去されます。後は、最終沈殿池で浮遊物質を沈めて上澄みを処理水にする、沈んだものは余剰汚泥として引抜く、ということで、（処理性能はともかく）①、②、④は、活性汚泥法でなくても必要なもので、逆にこれらのみでは必ずしも活性汚泥は作れません。

そう、答えは③です。最終沈殿池で沈めた浮遊物質を返送汚泥として反応タンクへ戻す*、この汚泥のリサイクルが、活性汚泥法における最も重要な「発明」と言えます（「返送汚泥」は「return activated sludge (RAS)」の訳語ですが、「汚泥返送」（汚泥を返送すること）は「sludge recycle」と呼ばれたりもします）。ワンパスの処理で使った汚泥を捨てるのではなく、再び反応タンクへ戻すことで、反応タンク内の汚泥を(a)高濃度に維持する、且つ(b)その濃度をコントロールする、ということが可能となり、これが「活性汚泥」というわけです。これには、反応タンク内に高濃度の微生物を保持するという量的な側面に加えて、有機物等の流入負荷量に合わせて適切な汚泥濃度を設定可能とし微生物の活性を高く維持するという質的な側面があり、反応タンクの容積当りの処理速度を著しく向上させる、とても優れた仕組みです。当初の発明から 100 年以上経った現在でも基本形が変わっていない、という点が、これをよく示しています。

上の記述の中で、「活性汚泥」と「微生物」という用語を微妙にスライドさせて使いましたが、「活性汚泥＝微生物のカタマリ」というイメージはありませんか？ 実務の会話では、「活性汚泥量/濃度」と「生物量/濃度」とをほぼ同義で使うような場面もしばしばです。確かに活

* 回分式活性汚泥法（SBR）のように、汚泥返送という操作が存在しない処理プロセスもありますので、厳密には、「固液分離した汚泥を反応タンクで再び利用する仕組み」くらいが正確な表現だと思います。

性汚泥中で「処理」の主役を担っているのは微生物ですが、活性汚泥を構成しているのは微生物だけではありません。微生物を選択的に高濃度化しているのではなく、「最終沈殿池で沈むもの」を高濃度化しているだけです。微生物以外の固形物もたくさん含まれています。代表的なものが微生物が細胞外に産出する有機化合物で、これは活性汚泥を「フロック」として形状的に維持することに寄与していると考えられています。また、下水に含まれる難分解性の有機物や無機物等、微生物が利用できないゴミみたいな物質のうち浮遊性のもの（≒水中に溶けないもの）も、活性汚泥の一部として反応タンク内に存在しています。実はこのゴミの物質が活性汚泥中に占める割合は想像以上に大きく、乾燥重量の数十%を占めるのがふつうです（どの程度を占めるかは、これらの物質が反応タンクに流入する負荷量と反応タンクの SRT で決まります）。つまり、活性汚泥の中身は実際には「ゴミだらけ」ということです。MLSS 等で表される活性汚泥の量や濃度についても、このようなゴミを含んだものである点を理解しておくことも重要です。

ちなみに、上で出てきた MLSS の「ML」が何を意味するかはご存知ですか？「Mixed Liquor」＝「混合液」で、日本語では「活性汚泥混合液」とか言います。水と固形物が混ざった状態が活性汚泥ですので、それを「混合液」と称しているわけですね。

「微生物」について、もう少し。活性汚泥を光学顕微鏡で観察すると（これを「活性汚泥の顕微鏡観察（⇒顕鏡観察）」とか言います）、様々な形や大きさの微生物が活発に動いているのが見えます。一般向けの下水処理場の見学会などでもよく出てくるやつですね。彼らはせっせと汚れを食べているように見えるので、下水の「処理」を行っていると思われがちですが、実は反応タンク全体での有機物等の処理に対しては脇役にすぎません。彼らは「原生動物」、「後生動物」と呼ばれるもので（原生動物は単細胞、後生動物は多細胞です）、比較的サイズが大きく、活性汚泥中での存在量は大したことはありません。

有機物等の処理を担っている主役は、もっと小さな「細菌」(bacteria＝バクテリア)です。顕微鏡画像では、原生動物等の背景で、ぐちゃっとした塊になっている部分に存在します。有機物を分解するのも、硝化・脱窒により窒素を除去するのも、概ね全てがこの細菌によって行われていると考えて差し支えありません（原生動物/後生動物は、浮遊している細菌や有機物を捕食することで処理水の透明度や余剰汚泥発生量に寄与していますし、処理の状態によって出現する種類や数が異なるので顕微鏡観察自体はモニタリング手法として意味があります）。

遠い昔の学生時代の話になりますが、生物処理の研究をしていましたので、実験室にズラリとリアクターを並べて活性汚泥を「飼って」いました。毎日眺めていると愛着がわき、MLSS を測る際には心の中で「ごめんな…」とつぶやいたものです（MLSS 測定には、活性汚泥をぐつぐつ煮て水分を飛ばす工程があります）。活性汚泥に名前を付けている同期がいましたし、調子が悪いリアクターに栄養ドリンクを注ぎ込んでいる後輩もいました。現在では

活性汚泥による処理の結果をデータで確認することが仕事の中心になっていますが、あの頃の活性汚泥を愛した気持ちは忘れないようにしたいと考えています。お椀に入った味噌汁を静置して、徐々に中身がフロック状に沈んでいくのを見て活性汚泥に思いを馳せる…、共感できる方は、是非、私と仕事抜きで友達になりませんか（この歳になると人間関係が固定しがちで…）？ ちなみに、他の方が自分と同類かどうかを見分ける私の判断基準は、活性汚泥や微生物を擬人化して考える/話すかどうかです（英語の代名詞で言うと、活性汚泥や微生物に対して「it」ではなく「he/she」を使うヒト）。