

活性汚泥生物の必要酸素量から考察した空気量削減方法

水質管理課 北谷道則

1. はじめに

下水処理場で消費する電力量のうち約40%は反応タンクへ送気するブロー電力量が占める。省エネルギーの観点から電力量を削減するには、空気量を削減することが効果的である。しかし、単純に空気量を削減すると、生物が必要とする空気量が不足し、処理水中にアンモニア性窒素が残存することとなり、硝化の影響で処理水のBODが高くなったり、バルキングなどの活性汚泥障害を引き起こし、汚泥の流出など放流水質が悪化することがある。さらに、処理水にアンモニア性窒素が残存する場合などは、放流先河川のBODが高くなるなど水環境に悪影響を及ぼすこともある。

そこで、水処理に影響を与えずに空気量を削減する方法として、活性汚泥生物が消費する酸素量を効率的にコントロールする手法を検討したので報告をする。

2. 微生物による酸素消費量の比較

下水処理において活性汚泥生物が消費する酸素量は以下のものに分類できる。

- ① 好気条件化で従属栄養細菌がBOD（有機物）を酸化するために消費する酸素量
- ② 硝化細菌がアンモニア性窒素を硝酸性窒素まで酸化するために消費する酸素量
- ③ 好気槽で微生物が内生呼吸するために消費する酸素量

従属栄養細菌と硝化細菌では利用する物質（基質）に違いがあり、従属栄養細菌はBOD、硝化細菌はアンモニア性窒素である。また、それぞれの細菌は利用できる基質が存在するときにだけ酸素を消費する。これとは別に、好気性微生物は、好気性条件下で生態の維持や増殖のために酸素消費（内生呼吸）を行っている。内生呼吸で消費する酸素量は、反応タンク内の微生物数すなわち活性汚泥量（MLSS）で決まるため、好気槽容量（滞留時間）の大小で違ってくる。

そこで、標準法で運転した場合に消費される酸素量（下水道施設計画・設計指針に基づく）の比率を処理場別に示したのが図-1である。反応タンクの出口で溶存酸素（DO）

を維持するために若干の酸素が消費されるが、殆どは微生物が消費する酸素である。この内、硝化細菌による酸素消費が全体の約40%を占めその比率が大きいことがわかる。それ以外には、従属栄養細菌のBOD酸化による酸素消費と内生呼吸による酸素消費がそれぞれ約30%を占めている。この中で、南部の内生呼吸による消費率が19%と他の処理場と比較して小さいのは、反応タンクの滞留時間が短いため、微生物の呼吸による酸素消費が少ないことを示している。逆に、港北（北側）、栄一は35%とその比率が大きい、滞留時間が長いために酸素消費が大きいことを示している。

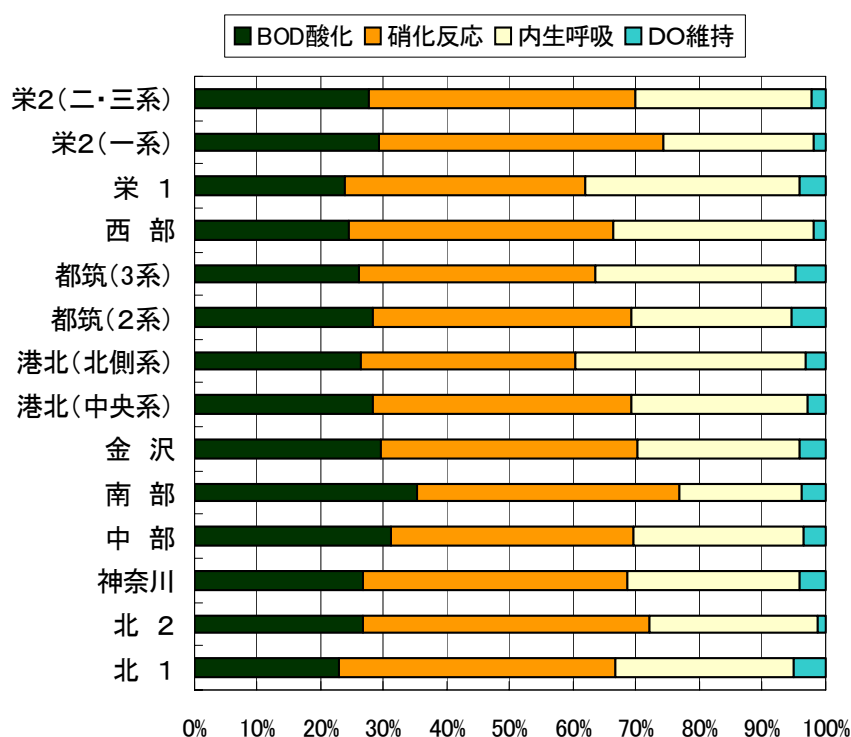


図-1 微生物の酸素消費量の比率

3. 横浜市の処理場の運転管理方法

下水を処理する場合、①BOD除去だけを目的とする運転方法、②BOD除去と硝化促進の両方を行わせる運転方法があるが、処理法の違いで酸素消費量が大きく異なる。BODだけを除去する場合、硝化による酸素消費がないため、硝化を行った場合に比べ4割程度酸素消費量は少なくてすむ。しかし、処理水中にアンモニア性窒素が残るため、硝化によるBODの影響で放流水BODが高くなり、排水基準の遵守や放流先河川等に与える影響が問題になる。このため本市では、硝化促進運転を行い放流水質の維持に努めている。

4. 電力量削減のための運転方法の検討

微生物が消費する酸素量のうち、BOD除去と硝化で消費する酸素量は、反応タンクへ流入する水質濃度で決まるため、運転方法を工夫して削減するのは難しい。一方、内生呼吸で消費する酸素量は、好気槽の容量と微生物数に依存する。いま仮に、使用する好気槽の1/5を嫌気槽に変更できるとすれば、理論的には内生呼吸で消費する酸素量の1/5が減少することになる。

好気槽の容量を削減する方法の一つとして、反応タンクの散気装置の一部の空気弁を絞り嫌気状態にする擬似嫌気好気法がある。この方法は、021Nに代表される糸状菌によるバルキング対策として注目され、下水処理において広く採用されている。さらに、嫌気槽での脱窒効果を利用することで最終沈殿池での汚泥浮上対策としても有効である。そこで、本市の北部第二、神奈川、栄第二処理場で採用されている擬似嫌気好気法の運転結果から、その効果と空気量の削減について、また他の処理場への適用について合わせ検討した。

5. 実施設における疑似嫌気運転の検証

北部第二、神奈川、栄第二処理場以外の処理場で疑似嫌気好気運転が可能であるか検証するために、反応タンク内の硝化速度を算出した。表－1は、現在すでに疑似嫌気好気法を採用している北部第二、神奈川、

表－1 現在疑似嫌気好気法を採用している処理場の硝化速度
(平成14年度平均)

処理場名	好気槽の比率 (%)	アンモニア性窒素 (流入水)(mg/l)	MLSS (mg/l)	硝化速度 (mg/gss/hr)
北部第二	60	17	1800	2.5
神奈川	60	15	1500	2.3
栄第二(一系)	85	18	1700	1.7
栄第二(二・三系)	75	18	1700	2.1

栄第二下水処理場での硝化速度を示した。北部第二は、好気槽60%、嫌気槽40%の運転で、硝化速度は2.5mg/gss/hrで硝化されていた。神奈川では好気槽60%で硝化速度は2.3 mg/gss/hr、栄第二では冬期を除き、一系は好気槽85%で硝化速度1.7 mg/gss/hr、二系は好気槽75%で硝化速度2.1 mg/gss/hrの運転で硝化されていた。

これに対して、表－2では、標準法で運転している処理場の硝化速度を示した。硝化速度は南部の1.5 mg/gss/hrが最大で、港北(北側系)の0.8 mg/gss/hrが最小であった。標準法の処理場は、疑似嫌気好気法を採用している3下水処理場に比べ硝化速度が遅いことがわかる。これは、疑似嫌気好気法を行っている3処理場の好気槽に比べ反応タンクに余裕があるため、標準法で運転している処理場でも疑似嫌気好気法が可能であることを示している。

表－2 標準法で運転している処理場の硝化速度
(平成14年度平均)

処理場名	好気槽の比率 (%)	アンモニア性窒素 (流入水)(mg/l)	MLSS (mg/l)	硝化速度 (mg/gss/hr)
北部第一	100	15	1700	1.3
中部	100	13	1600	1.3
南部	100	13	1400	1.5
金沢	100	16	1200	1.4
港北(中央系)	100	13	1800	1.3
港北(北側系)	100	15	1900	0.8
都筑(2系)	100	19	2000	1.3
都筑(3系)	100	19	2000	1.1
西部	100	18	1700	1.2
栄第一	100	15	1600	1.0

6. 標準法を疑似嫌気好気法に変更した場合の硝化速度

現在、標準法で運転している処理場で疑似嫌気好気法を採用した場合、好気槽の短縮が可能な比率を試算したのが表－３である。処理場への流入水量、水質の変動を考慮して硝化速度を安全側の 2.0 mg/gss/hr 以下に設定すると、港北（北側系）、栄一は、好気槽比率 50%まで、都筑（3系）は 65%まで短縮が可能となる。また、他の処理場でも反応タンクの隔壁の構造を考慮に入れて 25%程度の短縮は可能と考えられる。

表－３ 疑似嫌気好気法に変更した場合の硝化速度

(平成14年度平均)

処理場名	好気槽の比率 (%)	アンモニア性窒素 (流入水)(mg/l)	MLSS (mg/l)	硝化速度 (mg/gss/hr)
北部第一	75	15	1700	1.7
中 部	75	13	1600	1.7
南 部	75	13	1400	2.0
金 沢	75	16	1200	1.9
港北(中央系)	75	13	1800	1.8
港北(北側系)	50	15	1900	1.7
都筑(2系)	75	19	2000	1.7
都筑(3系)	65	19	2000	1.7
西 部	75	18	1700	1.6
栄第一	50	15	1600	2.0

7. 疑似嫌気好気法の採用による電力削減量

標準法から疑似嫌気好気法に変更した場合、内生呼吸で消費する酸素量の削減比率を示したのが表－４である。すでに実施している北部第二、神奈川が 11%、栄第二（二・三系）が 7%と効果が大いだが、栄第二（一系）は嫌気槽比率が小さいため 4%である。

北部第二の調査では、標準法で運転した 1 2 年 8 月～1 3 年 7 月と疑似嫌気好気法で運転した 1 3 年 8 月～1 4 年 7 月の期間のプロワー電力量を比較した結果、疑似嫌気好気法が年平均で 3%、夏期（8～10月）で 10%削減されていた。（平成 1 4 年度局内研究発表会で報告）このことから、内生呼吸の酸素消費量の削減がプロワー電力量の削減につながったものと推測できる。特に、水温が高い夏期は生物活性が高く、内生呼吸で消費する酸素量が多くなるため、疑似嫌気好気法で運転することで電力量の削減効果が大きくなるものと推測できる。

標準法で運転している港北（北側）、栄第一では、内生呼吸の削減効果が 17～18%と大きいため、プロワー電力量の削減効果が期待できる。また、これ以外の処理場においても水処理に支障をきたさない範囲で検討する価値はあるものと考ええる。

8. おわりに

今回の空気量の削減に対する考察は、従来行われている DO 制御や流入水量一定運転などの対応では限界にきていたものを、活性汚泥生物の酸素消費の観点から行ったものである。このため、疑似嫌気好気法を用い生物が利用する酸素を効率化させた場合、水処理を悪化させずに空気量の削減効果が得られるものと期待できるが、プロワーの能力、散気装置の種類、流入基質の違いなどを考慮して、水処理に支障が生じない範囲で個別に検討を行う必要がある。

表－４ 内生呼吸による酸素消費の削減率

(平成14年度平均)

処理場名	内生呼吸の比率 (%)		削減比率 (%)
	標準法	疑似嫌気好気法	
北部第一	28	21	7
北部第二	27	16	11
神奈川	27	16	11
中 部	27	20	7
南 部	19	14	5
金 沢	26	20	6
港北(中央系)	28	21	7
港北(北側系)	36	18	18
都筑(2系)	26	20	6
都筑(3系)	32	21	11
西 部	32	24	8
栄第一	34	17	17
栄第二(一系)	24	20	4
栄第二(二・三系)	28	21	7
平 均	28	19	9