

pH調整が困難な水産加工の活性汚泥処理施設について

木内浩一 中田利明 本田恵理

1 調査の経緯

調査を行った排水処理施設は複数の水産食料品製造業者の排水を処理する、届出排水量 80m³/日の施設である。この施設に対する排水基準値は BOD20mg/L、SS40mg/L である。操業の閑散期と繁忙期で流入水量が大きく変動するので、処理施設の運転が難しく、2008 年までは BOD がたびたび基準を超過していた。その後、BOD の基準超過はなくなったが、2012 年 7 月 3 日に pH3.1、有害物としての窒素が 140mg/L と、排水基準を超過していた。その後、軽微ではあるが、大腸菌群数と BOD の基準超過があった。このままでは排水処理状況の改善が難しいことから、その対策について 2014 年 6 月 11 日に長生地域振興事務所と環境研究センターとで合同の調査を行った。

2 処理施設の概要

2. 1 運転の概要

当該処理施設の処理方式は連続式の活性汚泥処理である。処理施設の概要を図 1 に示した。ばっき槽を直列に 2 槽備えており、その容量は合計 196m³ である。ばっき槽の後段に沈殿槽があり、汚泥はここから第 1 ばっき槽へ返送される。排水原水が 10 時間以上流入しない状態が続けば、そのつど 15 分間のばっきが行われる。汚泥の引き抜きは 1 日 1 回、15 秒行うということである。

聞き取りによると、操業は繁忙期と閑散期があり、それぞれ発生する排水量が大きく相違し、時期によっては流入量がほとんどない週もある。当該事業所で運転されている連続式の活性汚泥方式では流入原水の水質・水量が安定していることが望ましく、閑散期には処理施設の運転が困難になる。

2. 2 流入水量

図 2 は事業者から提供を受けた 2013 年 10 月から 2014 年 5 月までの機器管理月報（以下「月報」という。）から作成した日流入水量の度数分布表である。日流入

水量は資料にある約 1 週間ごとの流入水量を当該日数で除したもので、階級幅は水量 10m³ にとった。ただし、最大 10 日で除したもののまでは度数を 1 とし、14 日、15 日で除したものは度数 2 に数えた。期間中の平均水量は 42m³ であるが、70m³ 以上の度数は 6 つでほとんど 5 月の記録であった。

3 調査の結果

3. 1 処理施設の運転状況

図 1 は当該事業所の水処理工程図である。図 1 に示す①～⑥の地点で採水し、BOD、TN、NH₄-N、NO₃-N 等を分析した。採水は午前 11 時ごろに行った。前日までの 4 日間は休業日等で工場の操業はしておらず、採水した水は 5 日以前に発生した排水である。しかし、積算流量計によると直近の 8 日間の平均流入量は 232m³/日と大変多い量であった。当日、現場の堰式流量計で流量を測定したところ、①流量調整槽からばっき槽への流入量は 2.6m³/hr（62m³/日）、返送汚泥量は 10.8m³/hr であった。

3. 2 流入水の特徴と規制基準値との適合性

水質分析の結果を表 1 に示す。①流量調整槽からばっき槽に入る水の BOD は 240mg/L であり、水産食料品製造業の排水としては高いものではなかった。設計排水量 80m³/日、ばっき槽容量 196m³ で流入負荷量を計算すると BOD 容積負荷は 0.10kg/m³ となる。

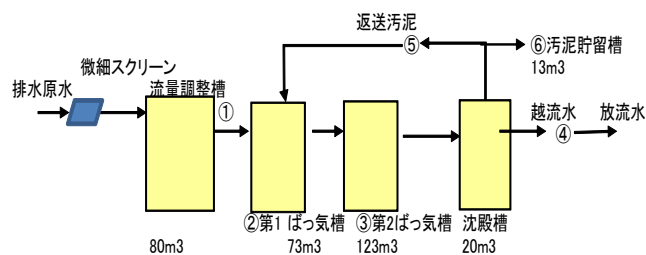


図1 排水処理工程

流入する油分はヘキサン抽出物が① 25mg/L と水産食料品製造排水としては少なく、活性汚泥に対する負荷はほとんどない。したがって、BOD 容積負荷の点で処理能力に余裕がある。

次に、沈殿槽越流水と排水の基準値を比較した。④沈殿槽越流水の BOD は 11mg/L、SS は 29mg/L であり、いずれも基準値未満であった。④ NH₄-N は 31mg/L、NO₂-N は 0.1mg/L 未満、NO₃-N は 89mg/L であるから、有害物としての窒素は合計、 $31 \times 0.4 + 89 = 101.4\text{mg/L}$ となり、基準の 100mg/L をわずかに超えていた。また、④ pH が 4.1 であり、「5.8~8.6」という基準をはずれていた。

3. 3 窒素等について

施設に流入する TN は① 195mg/L で、そのうち NH₄-N が 125mg/L であり、多くの割合を占めていた。排水原水の発生からばつき槽に流入するまで、時間が経過しているので有機体窒素から NH₄-N への分解が進んでいたと思われる。活性汚泥処理の後、④沈殿槽越流水の NO₃-N が 89mg に対して④ NH₄-N が 31mg/L 残っており、生物処理による硝化は完了していなかった。

施設に流入する TP は① 50mg/L で水産食料品製造業では一般的な濃度であるが、④沈殿槽越流水の TP が 57mg/L、D-TP が 54mg/L で、流入時の濃度が減少せずに系外に流出している。これは増殖した汚泥に移行するリンの割合が少ないことを示している。これらの状況から D-TN、D-TP がばつき槽や沈殿槽、汚泥の貯留槽のなかを循環しており、汚泥に移行していないことが推察された。

3. 4 活性汚泥の状況について

ばつき槽の DO はそれぞれ② 3.0mg/L ③ 5.3mg/L であった。汚泥の MLSS はそれぞれ② 3500mg/L ③ 3700mg/L であり、活性汚泥処理では標準的な濃度であった。また、汚泥の SV₃₀ は 340mL/L で良好であった。ただし、目視による観察では汚泥に粗い粒子がみられ、老朽化の徴候が観られた。また検鏡の結果では活性汚泥槽に常住する生物は少量しか観察できなかった。

調査時の汚泥返送率は約 4.1 であった。ばつき槽中の MLSS 量を 3600mg/L 付近の定常状態に保つための汚泥返送率は計算上 1.9 であるので、ばつき槽中の汚泥は増加傾向といえる。

3. 5 油分等について

流入原水（①流量調整後）のヘキサン抽出物は 25mg/L で水産食糧品製造業としては、非常に少なかった。この処理施設の前処理として油水分離装置を何段も備えて水質の改善を図っているためと思われる。

4 考察

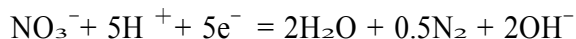
4. 1 現状について

調査時、④越流水の BOD は低く、排水中の有機物の分解は完了していると推察された。だが、硝化されるべきアンモニアが水中に残存しており、硝化反応は途中でであった。槽中でアンモニアから硝酸イオンへ酸化反応の進行に伴い、pH が 4.0 付近に低下していた。あまり酸性へ傾き過ぎると活性汚泥の適正な活動が阻害される。それがアンモニアが残存した理由のひとつと思われる。

なお、中和するためのアルカリ添加量を計算すると、 $\text{NH}_4\text{HCO}_3 + 2\text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ の式より、

④の NH₄-N 31mg/L、流入量 35m³/日として $31\text{g/m}^3 \times 40/14 \times 40\text{m}^3 = 3.5\text{kg/日}$ の水酸化ナトリウムの添加が必要となる。

次に栄養塩との比をみる。流入原水の BOD が低いため、BOD:TN 比が 5:4 と、窒素過多になっていた。バランスの良い BOD:TN 比は有機物を効率よく汚泥に変換するばかりでなく、脱窒反応を進行させる役割もある。脱窒反応を進行させるには、TN の 3 倍以上の BOD 源が必要と言われている。当該施設についても、BOD 源が槽中に残存していれば、生成した硝酸イオンが還元されて以下の脱窒反応が起こり、同時に pH を上昇させる効果が期待できたかもしれない。



調査時、槽内では DO が高めであったが、通常は 1 ~ 2mg/L の範囲であることが多い。汚泥が不活発の原因は(1)槽が適正 pH 範囲でなかったり、(2)老朽化した汚泥が多い等の原因が考えられる。聞き取りによると貯留汚泥の搬出は年 1 回程度ということであるが、繁忙期に増殖した汚泥を適切に引き抜くことは汚泥日令を若く保つためにも必要である。BOD 重量の 40%が汚

泥になるといわれているので、引き抜き量が大幅に不足している。返送のみを繰り返し、汚泥を引き抜かないでいると、老朽化した汚泥の割合が高くなり、処理に悪い影響がある。

さらに、汚泥貯留槽に長期間汚泥を貯留していると、貯留槽の上澄みの高い $\text{NH}_4\text{-N}$ ⑥ 180mg/L が流量調整槽に戻る。割合としては多くはないが、これが $\text{NH}_4\text{-N}$ に上乗せされている。また、水量が低下しているときは汚泥量に比べて BOD 源が不足し、汚泥が自己消化を進行させる。このような場合は BOD が低くとも、汚泥から $\text{NH}_4\text{-N}$ が吐き出されている。

4. 2 流量減少期の対策

当該処理施設の月報 2013 年度 9 月から、8 か月 35 週分を調べた。そのうち適正水量（設計水量の $\pm 20\%$ 以内； $60\sim 96\text{m}^3/\text{日}$ ）である週は 4 週のみである。2 倍以上の水量過剰が 2 週、残り 29 週は水量が過少であった。

流入量が少量の場合は 2 槽あるばつき槽のうち 1 槽をバイパスして 1 槽のみ運転しても良い。もしくは、1 槽を回分式に改造し、流量調整槽を経ずに原水を直接、回分式活性汚泥槽に流入させる方式がある。この方法は流量変動に強く、しかも、原水を直接流入させることから、原水の腐敗を防ぎ、また、BOD:TN の割合を改善することから、脱窒を行う際にも効果がある。

また、有害物としての窒素濃度の低下を兼ねて、2 槽の汚泥を循環し、1 槽を嫌気を保ち、メタノールを添加して脱窒を図ることも可能である。そのような方法なら pH の低下を防ぐことができると予想される。ただし、費用としては中和装置の設置の方が安価である。現状のままの運転を続ける場合は、pH 低下対策としては、アルカリによる中和装置の設置を検討する必要がある。

4. 3 流量増加時期の対策

入手できた資料では流量が増加した時期についての情報が不足しており、量的な把握が十分でない。だが、流入 BOD 濃度が今回調査の値と同様であれば、仮に流入量が $120\text{m}^3/\text{日}$ になっても対応は可能と思われる。たとえば、第 1 ばつき槽を嫌気にして攪拌、メタノール添加設備を設置することで処理は相当程度可能と思われる。また、4. 2 で述べたように、施設の一部を回分式に改造する案も考えられる。

4. 4 社会的な状況について

当該施設は零細な水産加工業者が共同利用する施設である。実質的な運用は地方自治体が行い、運転管理を週 1 回専門業者に委託している。したがって、利用者（水質汚濁防止法に係る届出者）は費用的にも、施設の運転管理能力にも限りがある。汚泥の引き抜きも費用がかかるが、施設の改造費用やその施設に対応した適切な運転管理を考えると難しい面が多いと言わざるを得ない。

5 まとめ

季節により流入水量が変動する水産食料品製造業における連続式の活性汚泥処理施設について、その処理状況を調査した。

1) 調査時点は流量減少期の状態であった。流入原水の BOD が低いため、BOD:TN 比が 5:4 と、窒素過多になっていた。

2) 処理後の水は BOD が低かったが、アンモニアが水中に残存しており、硝化反応は途中であった。槽中でアンモニアから硝酸イオンへ酸化反応の進行に伴い、pH が 4.0 付近に低下していた。

3) 汚泥の引き抜き回数の不足、流量の変動、pH の低下で汚泥が不活発で、老朽化しているようであった。

今後の対策として次のように考えられる。

4) pH の低下を防ぐためにはアルカリ剤の添加装置を設置することが妥当であるが、装置の適切な維持管理も大切である。流量の増大期には適切に汚泥を引き抜き、窒素分を系外に搬出するとともに、汚泥日令の低下を図っておく。

5) 流量減少期に施設を対応させるためには、2 槽のばつき槽のうち、1 基を休止させて、バイパスすることが考えられる。

6) 2 槽運転の場合は、窒素の減少を図るため、第 1 のばつき槽を嫌気槽にして、攪拌装置、メタノール

添加装置を設置することも考えられる。または、第一ばつ気槽のばつ気停止時間を流量に応じて長くする（断続ばつ気）、あるいは、ばつき槽を流量変動に強く、脱窒もできる回分式の活性汚泥処理施設に改造する方策もある。

2014.6.19採取
pH以外の単位はmg/L

表1 水質分析結果

	pH	SS	BOD	COD	TN	D-TN	NH4-N	NO2-N	NO3-N	TP	D-TP	PO4-P
1 流量調整後	7.38	800	240	210	195	140	125	<0.1	1.1	50	37	32
2 第1ばっ気槽	5.42	3500	-	-	357	118	37	<0.1	76	103	53	46
3 第2ばっ気槽	4.01	3700	-	-	364	117	30	<0.1	87	104	55	43
4 沈殿池越流水	4.11	29	11	33	122	119	31	<0.1	89	57	54	49
5 返送汚泥	4.11	5500	-	-	509	118	30	<0.1	88	131	55	49
6 汚泥貯留	6.38	34000	-	-	1300	198	180	<0.1	7.4	275	59	55

D-TNは0.45 μ mのろ紙でろ過したのち、JIS K0102 45.5により分析した。
SSの2、3、5、6欄はMLSSについて記載した。
上記の表のほか、①地点でのヘキサン抽出物は25mg/Lであった。

