

硝酸性窒素等の低減に向けた 曝気槽の運転管理



令和5年3月

栃木県畜産酪農研究センター

目次

○ 硝酸性窒素等の低減が必要な理由	1
○ 当技術の対象施設	1
○ 硝酸性窒素等を低減させる間欠曝気技術	2
○ いたずらな間欠曝気は水質悪化を招く	3
○ pH と ORP を指標とした曝気槽の運転管理	4
○ 養豚排水処理施設運転管理の基本	9
【事例】 センター施設における節電効果	11

○問い合わせ先

栃木県畜産酪農研究センター 企画情報課 畜産環境研究室
TEL : 0287-36-0768 FAX : 0287-36-0516

○硝酸性窒素等の低減が必要な理由

豚舎から発生する排水には、河川や地下水の水質汚染の原因となる汚濁物質が含まれているため、排水の処理が必要になります。また、水質汚濁防止法（総面積 50 m²以上の豚房施設が対象）では、一定の排水基準をクリアすることが義務づけられており、特に、硝酸性窒素等の排出基準*は3年ごとに見直しが行われ、令和4年度には500mg/ℓから400mg/ℓに引き下げられました。将来的には、一般排水基準の100mg/ℓまで引き下げられることが予想されます。



*硝酸性窒素等の排出基準とは…

アンモニア性窒素×0.4
+亜硝酸性窒素+硝酸性窒素の合計濃度

そこで、栃木県畜産酪農研究センター（以下、センターという）では、センターの既存施設であるオキシデーションディッチタイプの回分式排水処理施設を活用し、硝酸性窒素等の低減技術の検討を行いました。

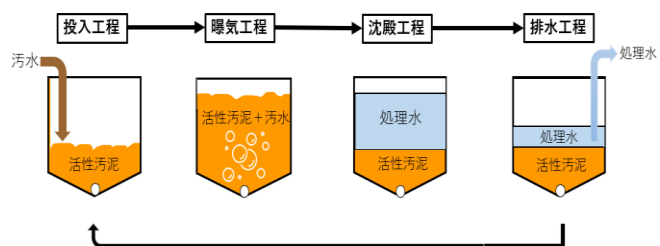
このマニュアルでは、既存施設を活用し処理水の水質は良好なまま、硝酸性窒素等の低減に取り組む必要があるケースに対応した技術の説明をしています。

硝酸性窒素等の低減技術は、基本管理が安定してできている場合のみに実施できるため、曝気槽の状態が不安定な場合は、まず9ページの「養豚排水処理施設運転管理の基本」を参考に管理を行い、曝気槽の状態を安定させた上で取り入れてください。

○当技術の対象施設

このマニュアルは、試験の結果を基にしているため、回分式活性汚泥法の施設の中でもオキシデーションディッチタイプの回分式排水処理施設を当技術の対象施設とします。

回分式活性汚泥法では、一つの槽で投入・曝気・沈殿・排水のすべての工程を行います。投入・曝気・沈殿・排水の一連の工程を1日1サイクルの間隔で行います。



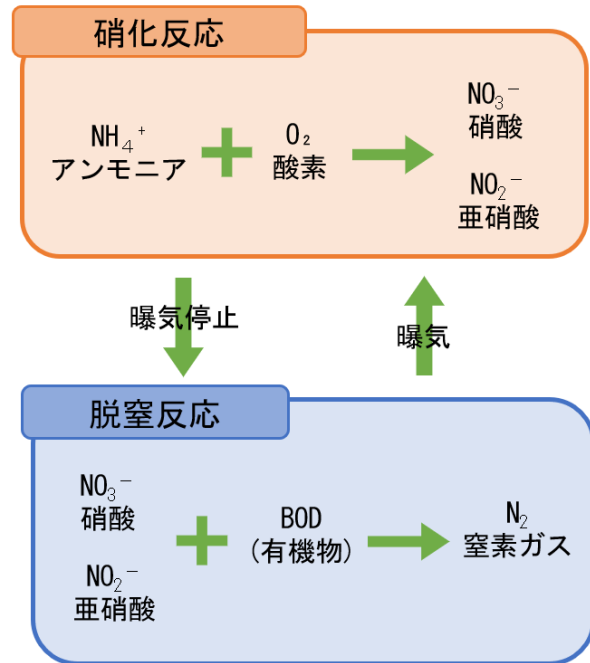
○硝酸性窒素等を低減させる間欠曝気技術

間欠曝気技術

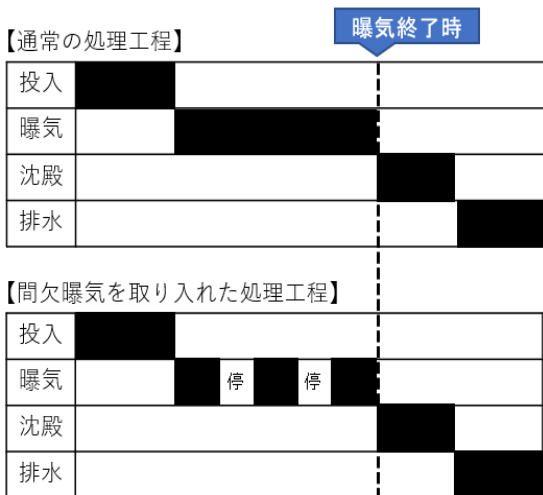
曝気工程内に曝気を停止する時間を設けることで、硝酸性窒素等を低減する技術です。

曝気により好気条件になると、アンモニアが亜硝酸や硝酸に酸化される硝化反応が起き、曝気停止により嫌気条件になると、硝酸や亜硝酸が窒素ガスになり除去される脱窒反応が起きます。間欠曝気技術では、この仕組みを利用して硝酸性窒素等を低減します。

回分式活性汚泥法でも沈殿中に脱窒は期待できますが、さらに硝酸性窒素等の低減をはかる技術として、比較的簡単に取り入れることができるのが、間欠曝気技術です。



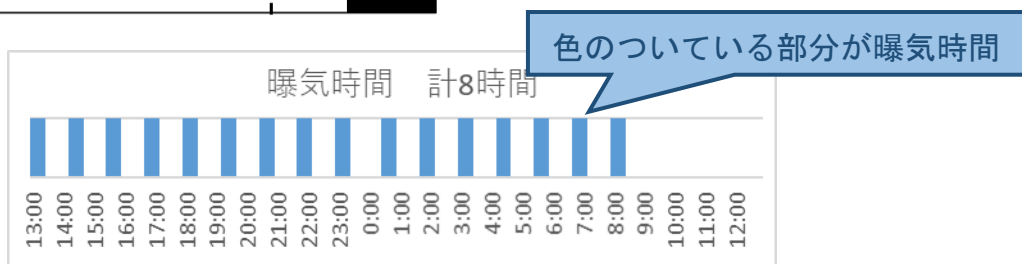
間欠曝気のイメージ図



センターで実施した間欠曝気

センターでは、試験的に曝気時間を少しずつ減らし、30分曝気→45分停止を繰り返す等の方法で、最大18時間曝気できるところ、合計8時間の曝気まで間欠を入れる試験を行いました。

その結果、間欠曝気を取り入れることで、連続曝気よりも硝酸性窒素等の値が低くなることが確認されました。



○いたずらな間欠曝気は水質悪化を招く

間欠曝気を取り入れることにより硝酸性窒素等の低減をはかることができる一方で、本来曝気を行う工程中に曝気を停止するため、有機物の分解が十分に行われず、処理水の水質に影響を及ぼす可能性があります。

センターで実施した試験結果

センターでは、令和2年度に間欠曝気の実施を優先した運転を行い、処理水や曝気槽の状況を調査した結果、硝酸性窒素等の低減が見られる一方で、処理水質の悪化や曝気槽から発泡する等の異常が見られました。これは、曝気不足や過負荷が原因であると考えられます。



曝気槽から発泡

間欠曝気による水質悪化の対処方法

試験結果から、硝酸性窒素等の低減だけを重視した、いたずらな間欠曝気は処理水の水質悪化や曝気槽の異常を招くことがわかりました。

曝気量の変更は、以下に示す注意点に従って行うことが大切です。

また、曝気槽の pH・ORP を指標に曝気量を調整することも、水質悪化を防ぐ方法の一つです。(詳しくは次の章に記載しています。)

間欠曝気実施時の注意点

- 曝気量を一度に大きく変更しない
- こまめな曝気量変更はしない
 - 変更してから1週間程度はそのまま様子を見る
- 曝気量変更後の状態観察を行う
 - 変更してから1週間程度は毎日状態を観察する
- 指標に従って曝気量を変更する
 - 曝気槽の pH・ORP を指標に曝気量を変更する (次頁参照)
- ◎急速な水質悪化が見られた場合
 - 汚水の量が増えたり、濃度が高くなったりしていないか
 - 固液分離は正常に行われているか
- ◎曝気槽からの発泡が見られた場合
 - 曝気量を少しずつ増やす

○曝気槽の pH と ORP を指標とした運転管理

「間欠曝気の実施による水質悪化」の防止対策として、pH と ORP を曝気量調整の際の指標にすることができます。

pH・ORP とは？

◎pH（水素イオン濃度）

酸性、アルカリ性の度合いを示します。養豚排水の原水はアンモニアを含むので通常 pH 8 前後のアルカリ性です。汚水の投入時に曝気槽の pH は、原水と同じ pH 8 前後で示されます。アンモニアが硝化、脱窒を経て窒素ガスになると、曝気槽の pH は中性の pH 7 前後を示すようになります。

処理水の pH は、排水基準により、公共用水域に排出されるものは pH 5.8～8.6 の範囲内(令和 5 年 3 月現在)でなければならないと定められています。この範囲を外れた場合は、水質が悪化している原因を探るとともに、放流を一時停止する必要があります。

◎ORP（酸化還元電位）

mV（ミリボルト）で表します。値が増加すると酸化が進み、減少すると還元反応が進みます。

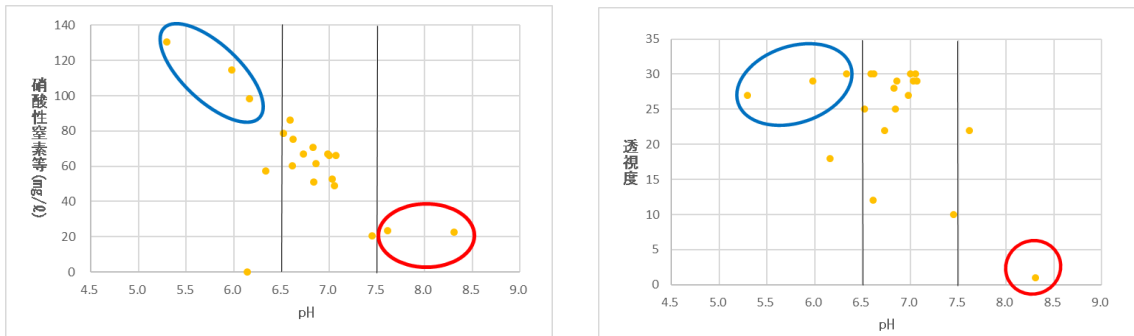
汚水の投入時に曝気槽の ORP は急激に減少し、-mV で示されます。+mV で示されるようになると、汚水の処理が完了しているといえます。



センターで実施した試験結果

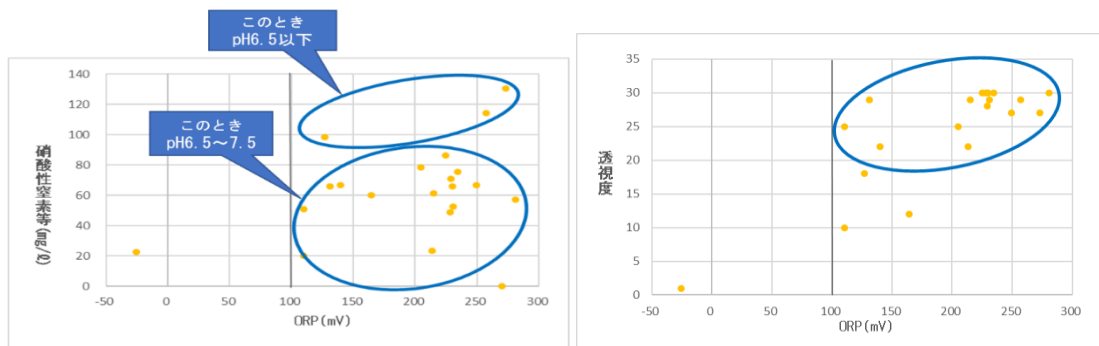
曝気量を調整するための基準を探るため、曝気終了時の pH・ORP と処理水の硝酸性窒素等・透視度の関係を調査しました。

【曝気終了時の pH と処理水の硝酸性窒素等・透視度】



- × pH6.5 以下→硝酸性窒素等の値は悪いが、透視度は良好
- × pH7.5 以上→硝酸性窒素等の値は良好だが、透視度が低く良くない状態
- pH6.5～7.5→硝酸性窒素等の値は 100mg/l以下と良好で、透視度も比較的高く良好

【曝気終了時の ORP と処理水の硝酸性窒素等・透視度】



- ORP100mV 以上→ほとんどの日で硝酸性窒素等の値は良好で透視度も高いが、まれに硝酸性窒素等の値が高い場合がある。(このとき pH は 6.5 以下)

調査の結果、曝気終了時の曝気槽の pH が 6.5 以下かつ ORP が 100mV 以上の場合は硝酸性窒素等が増加しており、曝気終了時の曝気槽の pH が 7.5 以上の場合は反対に、汚水の処理が滞っていることが明らかになりました。

- ・曝気終了時 pH6.5 以下
- ・曝気終了時 ORP100mV 以上

処理水の透視度は高いが硝酸性窒素等が増加傾向にあり、有機態窒素がさらに分解されている可能性がある。



硝化が進み、硝酸性窒素等が増加している。

- ・曝気終了時 pH7.5 以上

処理水の硝酸性窒素等は低減しているが透視度が低く、有機物が分解されていない可能性がある。



汚水の処理が滞っている。

曝気槽の pH・ORP を指標とした運転方法

- ① 曝気槽の pH と ORP のデータを取得する
pH 計や ORP 計を曝気槽に投入して数値を確認します。
- ② 曝気終了時の値に注目する
すべての曝気工程が終了した時点の数値を指標とします。
- ③ 曝気終了時の pH が 6.5～7.5、ORP が 100mV 以上になるように曝気量を調整する

【具体的な曝気量調整基準】

- ・ pH6.5 以下かつ ORP100mV 以上 → 曝気量を減らす
- ・ pH7.5 以上 → 曝気量を増やす

- ④ 曝気量は 1 度の変更につき 1 時間～3 時間とし、変更したら 1 週間程度はそのまま様子を見る

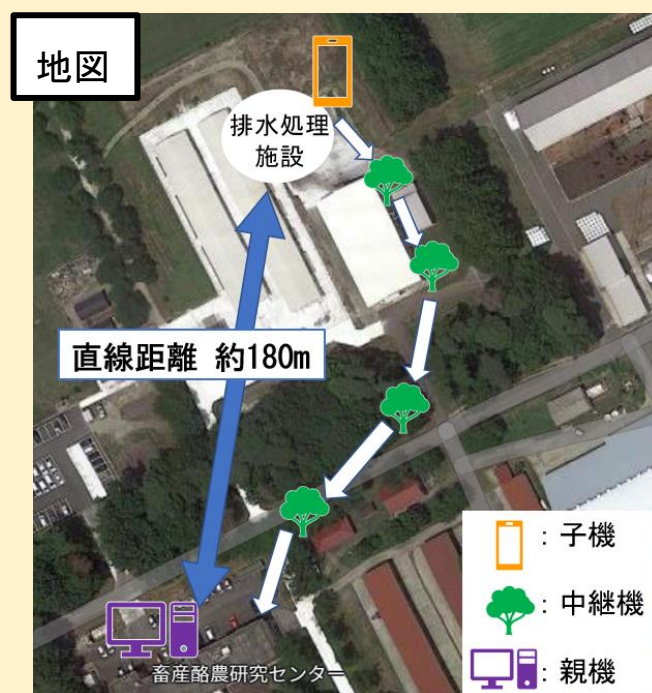
△これはあくまで指標です。この基準のみを頼りに曝気量を調整すると、水温低下等のその他の要因に対応できず、処理を適切に行うことができなくなる可能性があります。

【応用編】 pH と ORP の遠隔モニタリング

曝気槽の pH・ORP データを遠隔でモニタリングすることにより、排水処理施設に足を運ぶことなく数値を確認することができるため、曝気槽運転管理にかかる時間削減に繋がります。

センターで導入している遠隔モニタリングシステム

- ① 排水処理施設に pH 計・ORP 計とデータロガー(子機)を設置
- ② 子機のある排水処理施設と親機のある建物までの間に中継機を設置
△中継機の設置間隔は目視で確認できる程度で、間に障害物がないようにする。子機や中継機は雨に濡れないように必ずカバーをする。
- ③ 屋内の親機でデータを受け取り、パソコン上で確認



遠隔モニタリングにかかった費用試算

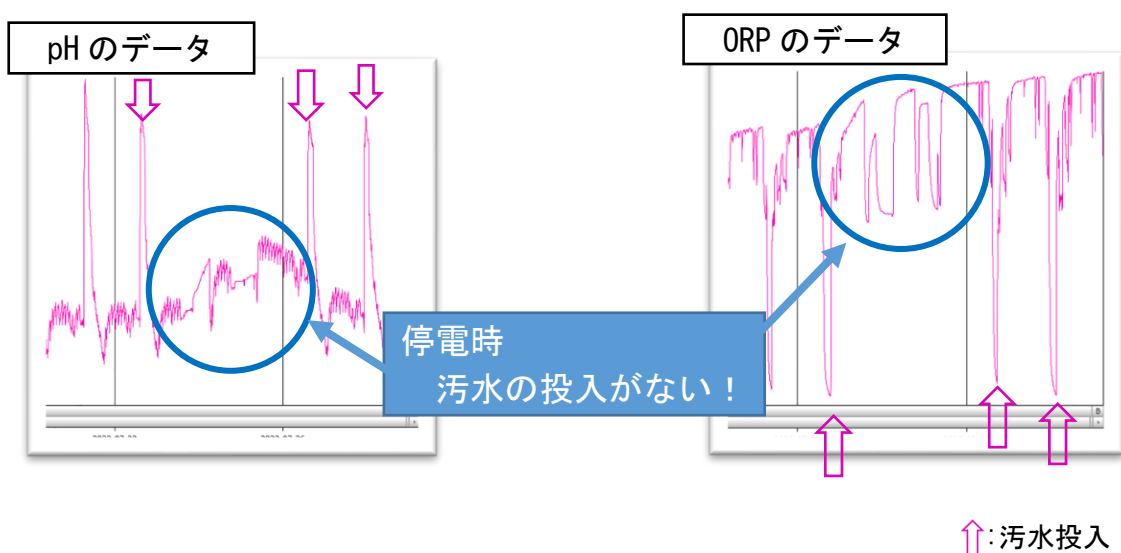
- ・親機 24000 円
 - ・中継機 96000 円
 - ・子機 36000 円
 - ・pH 計 55000 円
 - ・ORP 計 55000 円
 - ・変圧機 13200 円
 - ・単 3 電池 300 円
 - ・pH 標準液 1100 円
 - ・ORP 標準液 3900 円
- 総額 約 30 万円

取得したデータの波形から、汚水の投入や処理の状況を確認することができるため、異常の発生等にもより早く気付き対応することができます。

実際の停電時のデータ例

通常、曝気槽の pH は汚水投入時に急激に数値が上昇し、処理が進むにつれて低下します。また、曝気槽の ORP は汚水投入時に急激に数値が低下し、処理が進むにつれて上昇します。

しかし、停電時に遠隔で取得したデータの波形を見ると、pH において汚水投入時の急激な数値上昇が見られず、ORP においても汚水投入時の急激な数値低下が見られなかったことから、汚水が投入されなかったことがわかります。



○養豚排水処理施設運転管理の基本

安定した運転を行うための基本的な管理として、日常的に実施すべきことや、定期的に確認すべきことをまとめました。

日常的に実施すべきこと

◎曝気槽の観察

毎日曝気槽の観察をして活性汚泥の状態を知ることによって、状態の変化（異常）に気付くことができるようになります。

色 ⇒ 赤褐色、褐色、茶褐色であれば良好な状態

ふん尿色や黒色への変化は、過負荷や活性汚泥の腐敗が考えられるため、曝気量を増やす必要がある

泡 ⇒ 比較的すぐに消える粘性のない泡であれば良好な状態

泡の残留や粘性のある泡が見られた場合は、過負荷の可能性があるので、曝気量を増やす必要がある

臭気 ⇒ 臭いがなければ良好な状態

ふん尿の臭いや腐敗臭、アンモニア臭がした場合は、過負荷や活性汚泥の腐敗が考えられるため、曝気量を増やす必要がある

◎SV30の測定

SV30の測定は、活性汚泥の量や状態を知るための簡単な手段です。

SV30が30～60%であれば、汚泥濃度は適正です。SV30が高くなったら、余剰汚泥の引き抜きを行います。定期的に汚泥の引き抜きを行うことによって、曝気槽の活性汚泥の量を一定に保つことができます。

上澄み液に浮遊物がなく透明感があり、汚泥と上澄み液の境界がはっきりとして平坦であれば良好な状態です。境界の波打ちや上澄み液の濁りが見られた場合は、凝集性・沈降性の悪い活性汚泥であるといえます。

SV30の測定方法

曝気水 1000ml をメスシリンダーに採水し、そのまま 30 分間静止後、活性汚泥が沈殿している境目の値から活性汚泥のパーセントを測定します。

例えば、汚泥と上澄み液の境界が 650ml であれば SV30 は 65% です。



良好な沈殿



上澄み液の濁り

◎透視度の測定

透視度の測定は、処理水の水質を知るための簡単な手段です。

透視度が 13cm 以上であれば、汚水の処理は適切に行われています。透視度が低くなったら、活性汚泥の状態が悪化し処理水の水質に影響を及ぼしていることが言えるため、原因を探るとともに希釈水を加えて放流する等の応急処置をとる必要があります。

透視度の測定方法

透視度計の 1 番上の目盛まで処理水を採水し、透視度計の真上から底面の十字が二重線で描かれていることがはっきり見えるまで処理水を引き抜きます。十字が見えた位置の目盛 (cm) が透視度です。



真上から見る



底面の二重線の十字



透視度計

定期的に確認すべきこと

◎処理水の水質測定

処理水の BOD、COD、SS、硝酸性窒素等は外観によって判断できないため、色や臭気に異常がなかったとしても定期的に測定を行うと良いでしょう。水質が悪化していても、早めに気付くことができれば対策が取りやすくなります。

◎施設の維持管理

設置されている曝気装置やブロー、ポンプ等は、定期的に点検し、補修や交換をする必要があります。

【事例】 センター施設における節電効果

間欠曝気を実施する際、遠隔モニタリングにより取得した pH や ORP のデータをもとに、曝気量を見直すことで曝気槽運転にかかる電気代を節約することができます。

センターでは、ORP の値がプラスで安定している時間帯（污水处理が終了していると考えられる）において、曝気量を 1～3 時間削減し、節約された電気代の試算と曝気槽の pH・ORP や処理水の水質への影響を調査しました。

センターで実施した曝気量削減試験

節約された電気代の試算

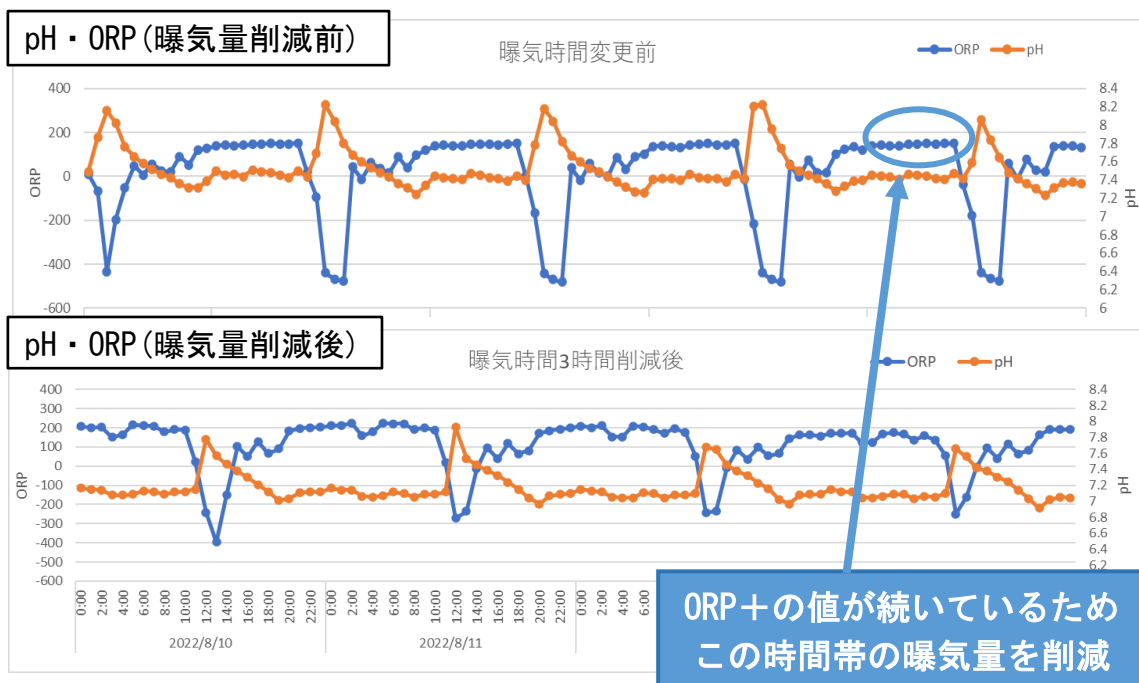
○17.54 円/kwh × 3.7kw × 1 時間 ≒ 64.9 円/日

○17.54 円/kwh × 3.7kw × 2 時間 ≒ 129.8 円/日

○17.54 円/kwh × 3.7kw × 3 時間 ≒ 194.7 円/日

電気代単価（夏季料金）	17.54 円/kwh
消費電力（曝気槽攪拌ポンプ）	3.7kw

※実際に取り組む場合は、メーカーや技術者とよく相談してください。



試験の結果、pH・ORP を指標にして曝気量を削減しても、曝気槽の pH・ORP や処理水の水質に悪影響はありませんでした。



150

栃木県誕生150年
みんなで創る、未来のとちぎ