

TSchecker

《 ティーエスチェッカー 》

概要解説 ver2.6

(2026 年 3 月改訂)

開発元 : 株式会社 小川環境研究所

〒251-0055 神奈川県藤沢市南藤沢 17-6
フォーラムビル 101

Tel 0466-24-6382

URL <https://www.ogawa-eri.co.jp>

1. はじめに

◎活性汚泥運転に必要なこと

生産プロセスにおいては、コンピュータ技術により、制御技術・管理技術が著しく向上している。生産プロセスのなかで、最も遅れをとっているのが廃水処理プロセスとあってよい。なかでも微生物による廃水処理、その代表プロセスである活性汚泥処理においては、いまだに運転管理を経験と勘に頼っている現状がある。

例えば、廃水処理の現場では、結構日常的におきる“原水の BOD 負荷が低いのに処理水が悪い”という現象さえ、キチンと説明できない状況がある。このことは、従来行われている活性汚泥の運転管理における測定データだけでは決定的に不足している項目があるということを示している。その項目は、

- ①微生物の活性
- ②原水の BOD 濃度と分解性

です。

活性汚泥は立派な微生物反応装置であり、反応速度（微生物の活性×原水の分解性）を管理するのは当然であるが、簡便な測定装置がないため、いつの間にか、測定しない状態が当たり前になっている。しかしながら、反応速度を知らなければ定量的な管理ができず、オペレータの経験と勘に頼ることにならざるを得ない。

TS シリーズ (TS analyzer、TS checker) はまさにこのニーズに応える新しい手段です。

(TS シリーズの基本となる測定・解析法は (株) 小川環境研究所の特許です)

◎TS checker は活性汚泥の運転管理用の測定・解析装置です。

TS checker は活性汚泥の運転に必要な不可欠なデータを測定・解析する分析機器です。

操作は、コンピュータによる自動制御なので、熟練や手間が不要です。

TS チェッカーには

- ①活性汚泥の状態管理を定量的に評価できる。
 - 基準液分解速度→汚泥の活性を評価
 - 原水の分解速度・分解量→原水の分解性や性状変化を把握
 - 付帯する解析機能により、活性変化による具体的な影響を数値化できる
- ②試料廃液の簡易阻害性判定ができる。
 - 活性汚泥に対する急性毒性を概略把握できる
- ③活性汚泥の処理水 BOD (COD) を測定管理できる。

などの測定・解析機能が備わっており、TS checker を活用することで、運転管理技術が格段に向上します。

2. 装置構成

TSchecker はパソコンと DO 計と測定装置から構成。測定装置はアクリル曝気容器（曝気槽と測定槽）、ポンプ、電磁弁等の機器類と温度コントローラを備えた制御盤から構成。曝気容器に活性汚泥混合液を 1000mL チャージし、TSchecker の曝気装置で制御された状態で曝気を行い、混合液の DO 変化および試料添加後の DO 変化から、コンピュータで試料の BOD や分解速度を計算出力する。

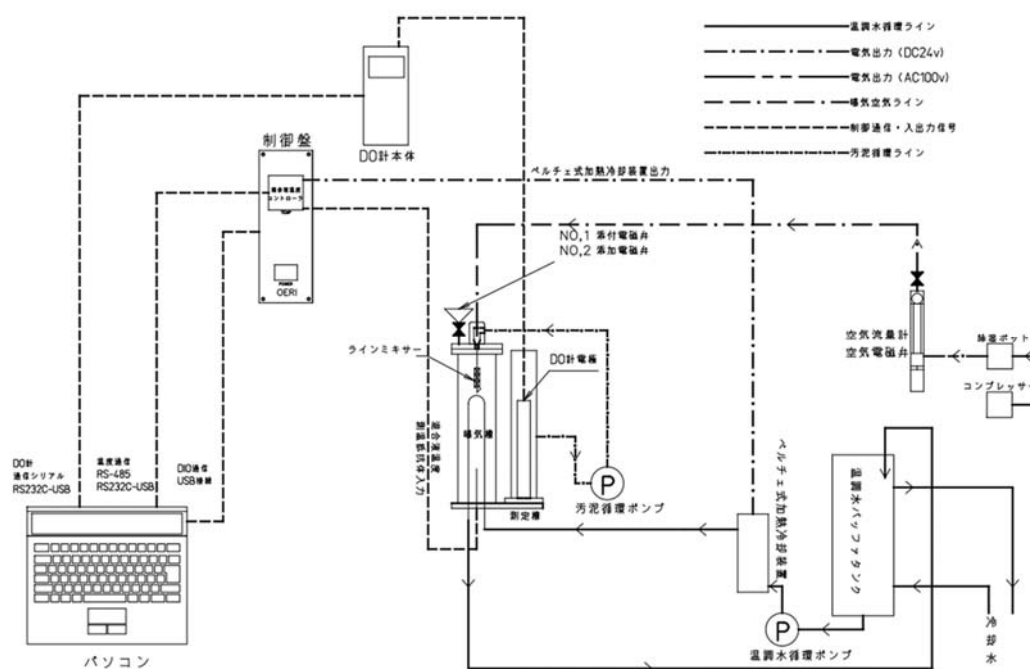
図 1 に装置の全景写真を示します。

図 1：装置全景写真



図 2 に装置のフローシートを示します。

図 2：フローシート

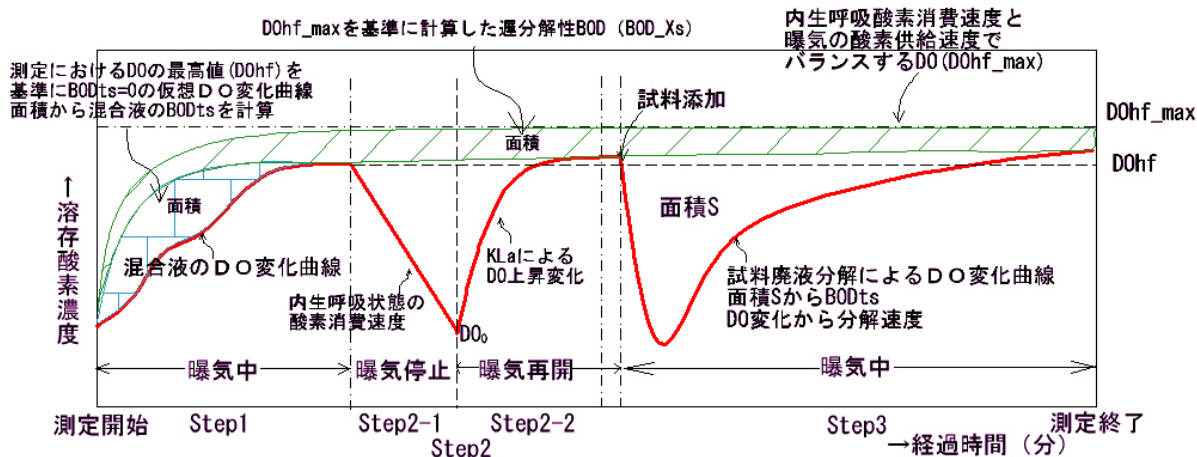


◎測定基本パターン

図 3 に TSchecker での測定における DO 変化の基本パターンを示します。

各 Step の切替や機器操作はコンピュータが設定値に基づき判断し、曝気装置や添加電磁弁等を自動操作し、結果を表示します。

図 3 : TSchecker の測定基本パターン



Step1 : TSchecker に入れた活性汚泥混合液を $BOD \approx 0$ (内生呼吸状態) まで曝気して DO_{hf} (汚泥の内生呼吸による酸素消費速度と曝気による酸素供給速度がバランスする DO 値) を取得する。

Step2-1 : 曝気を停止し、DO が低下する変化から、内生呼吸時の酸素消費速度 (AS_{act}) を測定

Step2-2 : DO_0 から曝気を再開し、曝気の効率 (KLa ・・・物質移動係数) の値を取得。

Step3 : DO が DO_{hf} まで戻ったら、試料廃液を添加し、DO 変化曲線を測定する。

DO 変化曲線と DO_{hf} で囲まれた面積 $S \times KLa$ から試料廃液の酸素消費量 (BOD_{ts}) を測定。

DO_{hf} 値と DO 変化曲線との乖離幅から試料廃液の分解速度 (酸素消費速度) を計算する。

Step3 で添加する試料を基準液 TypeF→原水→硝化活性基準液 TypeG にすることで汚泥の活性 (基準液の分解速度)、原水の分解速度と分解量、硝化活性を評価できます。

基準液 TypeF : 活性汚泥の微生物が容易に分解できる成分・組成一定の BOD 液

硝化活性基準液 TypeG : 活性汚泥の硝化菌が容易に分解できる成分・組成一定の溶液

また、曝気槽出口で採取した活性汚泥混合液で測定する場合は、Step1 の DO の上昇の変化および測定終了までの DO 変化から、処理水 BOD (=易分解性 BOD+遅分解性 BOD: 易分解性 BOD : 図 3 の空色の格子模様部分の面積 $\times KLa$ 、遅分解性 BOD : 図 3 の緑色の斜線部分の面積 $\times KLa$) が推定できます。

TSchecker は、上記のように曝気しながら測定していくことが最大の特徴で、切れ目のないスムーズな DO の変化を測定できることで、いろいろな解析が可能になります。

3. 測定原理

(3-1) 曝気槽内で消費される酸素量と BOD 除去のメカニズム

活性汚泥の教科書（「公害防止の技術と法規」水質編…監修 通産省環境立地局）には、活性汚泥に必要な空気量（酸素量）の計算式は以下のように記述されています。

$$X = a \cdot L_r + b \cdot S_a \quad \dots (A) \text{ 式}$$

X : 必要酸素量[kg/d]、L_r : 除去 BOD 量[kg/d]、S_a : エアレーションタンク内汚泥量[kg]

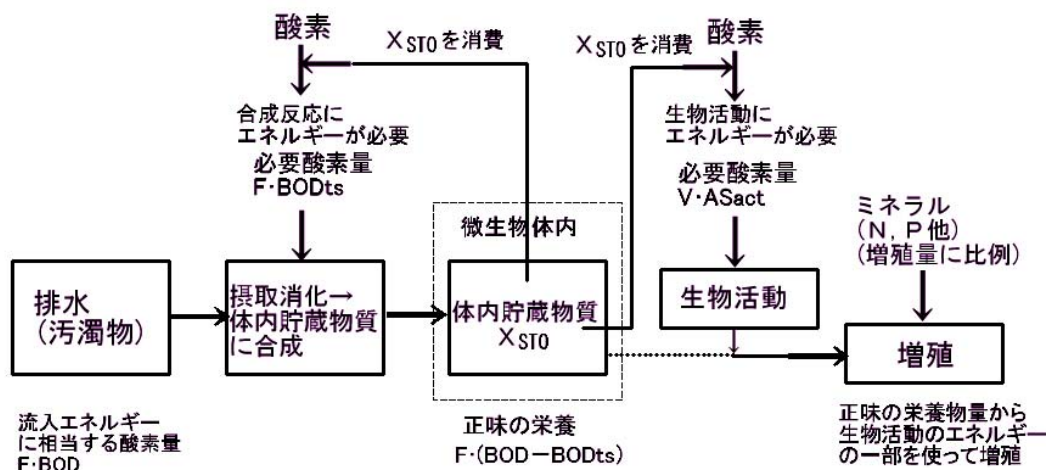
a : 除去 BOD のうちエネルギー獲得のため利用される割合 0.35~0.55

b : 汚泥の内生呼吸に利用される割合[1/d] 0.05~0.24

a・L_r は曝気槽内で汚泥が汚濁物（BOD 成分）を摂取して、微生物体内に蓄積可能物質（高等生物でいえば、グリコーゲンや脂質、たんぱく質など）に変換するためのエネルギーを得るために消費する酸素量に対し、b・S_a は曝気槽内で汚泥が体内に蓄積した物質を、生体の維持（代謝）や増殖に使用するエネルギーを得るために消費する酸素量を表すものです。

図 3-3 は、IWA（国際水協会）の活性汚泥モデル（ASM3）の考え方に、弊社の解釈を加えて、曝気槽内の微生物と BOD（汚濁物：栄養源）の関係を模式的に示したものです。

図 3-3 : 微生物からみた酸素消費（流入水 BOD の処理）



活性汚泥における微生物の作用は、曝気槽に流入する汚濁物量（微生物にとっては栄養物）は BOD として表します。BOD は汚濁物をエネルギーに変換するために必要な酸素量です。

微生物は、汚濁物を摂取し、易分解性成分は、速やかに細胞膜から体内に取り込みます。分子量の大きい遅分解性成分は、加水分解を経て易分解性成分に変えてから体内に取

り込みます。体内に取り込んだ易分解性成分はそのままの形ではいくらかも取り込めない
ので、酵素反応を繰り返して細胞内貯蔵有機物 X_{Sto} （人間でいえばグリコーゲンや
タンパク質や脂質やその前段物質など）に合成して栄養物として体内にため込みます。
易分解性成分を細胞内貯蔵有機物に合成するためには反応エネルギーが必要になり、
そのエネルギーは微生物体内に蓄積してある細胞内貯蔵有機物 X_{Sto} と酸素から作り出
します。Step1 での BODts や、TSchecker、TSanalyzer で原水添加を測定計測される
酸素消費量 (BODts) は、この時に必要な酸素量に相当します。

また微生物は体内に貯めこんだ細胞内貯蔵有機物 X_{Sto} を使って生物活動を行い増殖し
ていきます。その際のエネルギーは、 X_{Sto} と酸素から作りだし、その時の酸素消費速
度が内生呼吸による酸素消費量 ((A)式の $ASact$ ・・・図 3 の Step2-1 で測定する $ASact$)
に相当します。

註：遅分解性成分→ X_{Sto} への合成は、加水分解が必要なため時間遅れが生じ、酸素
消費速度の変化だけでは、内生呼吸による酸素消費量と区別が難しいため、便宜
的に内生呼吸による酸素消費量に含める、として取り扱います。

実際の活性汚泥が安定状態にある場合、酸素の物質収支から、

$$F \cdot BOD = F \cdot BODts + V \cdot ASact$$

(F：原水処理量、V：曝気槽容量)

の関係となり、(A) 式との対応は概ね

$$X = F \cdot BOD、a \cdot Lr = F \cdot BODts、b \cdot Sa = V \cdot ASact$$

になり、TSchecker での原水 BODts の測定は、(A) 式を具体的に計測していることにな
ります。

また、活性汚泥が良好に原水の BOD を曝気槽で安定処理するためには、少なくとも原
水の BOD を細胞内に取り込み細胞内貯蔵有機物 X_{Sto} に変換に相当する酸素消費量酸
素消費量 $F \cdot BODts =$ 易分解性 BOD の分解速度(酸素消費速度)×原水の滞留時間 t
の関係が成立することが必要になります。易分解性 BOD の酸素消費速度は、BOD の
基質や汚泥の活性によるので、活性汚泥ごとに異なる性質となります。

一方、細胞内貯蔵有機物 X_{Sto} を使って生物活動を行うための酸素量 $V \cdot ASact$ は、好
気性微生物に概ね共通の反応なので、微生物量に相当する MLSS に代表される指標で、
共通的に扱うことができます。

また、微生物が排水の BOD から獲得する真の栄養物量は、排水の BOD から、栄養物
に変換するために消費する BODts を引いた量 ($BOD - BODts$) となり、 $BODts / BOD$
は、余剰汚泥の発生量や栄養塩 N、P の必要量など重要な運転管理指標になります。

(3-2) TSchecker、TSanalyzer での DO 変化の計算根拠

TS 装置の曝気操作での DO 変化は、以下の計算式を根拠としています。

基本となる計算式は (1) 式です。

$$\frac{dDO}{dt} = K_{La}(DO_{sat} - DO) - (ASact + BODact) \quad (1) \text{式}$$

DO : 溶存酸素濃度 [mg/l]、DO_{sat} : 飽和溶存酸素濃度 [mg/l]、

K_{La} : 物質移動係数 [1/min] (酸素供給速度係数)

ASact : 呼吸による酸素消費速度 [mg/l/min]、

BODact : BOD 物質を分解する酸素消費速度 [mg/l/min]

(1) 式から BODact ≒ 0 (BOD が無いとき) のとき DO 値の変化は (2) 式で表せます。

$$DO = DO_{hf} - (DO_{hf} - DO_0) \exp(-K_{La} \cdot t) \quad (2) \text{式}$$

DO_{hf} : 混合液の BOD が ≒ 0mg/l のとき、汚泥の酸素消費速度と曝気による酸素供給速度が
バランスする DO 値 [mg/l]

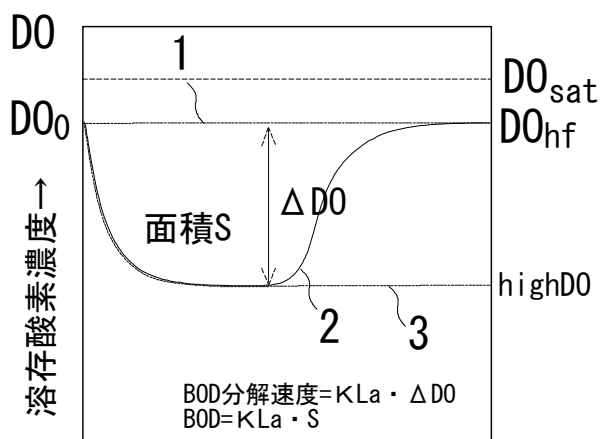
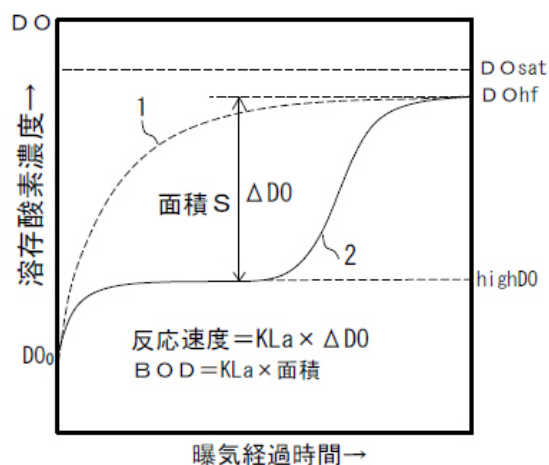
DO₀ : 曝気開始の初期値 [mg/l] t : 経過時間 [min]

混合液中に BOD が残留している場合は BOD の分解にしたがって BODact が大→小へと変化するため(1)式は積分できないが、その DO 値の変化は図 3-1、3-2 の実線 2 のような変化になります。一方 BOD の残留がないときは汚泥の呼吸による酸素消費速度 ASact のみになるので(2)式で計算される図 3-1、3-2 の点線 1 の変化になります。両曲線の DO 値の乖離幅 ΔDO × K_{La} は BOD 物質の汚泥による分解速度 (酸素消費速度 × BODact) の大きさに相当し、両曲線で囲まれた面積 S × K_{La} は BOD 物質を分解し終わるまでの酸素消費量 (BOD_{ts}) に相当します。

したがって(2)式の DO_{hf} と K_{La} を測定しておけば、試料添加時の DO 変化から、BODact や BOD_{ts} が計算できます。

図 3-1 : 初期値 DO₀ が低い場合

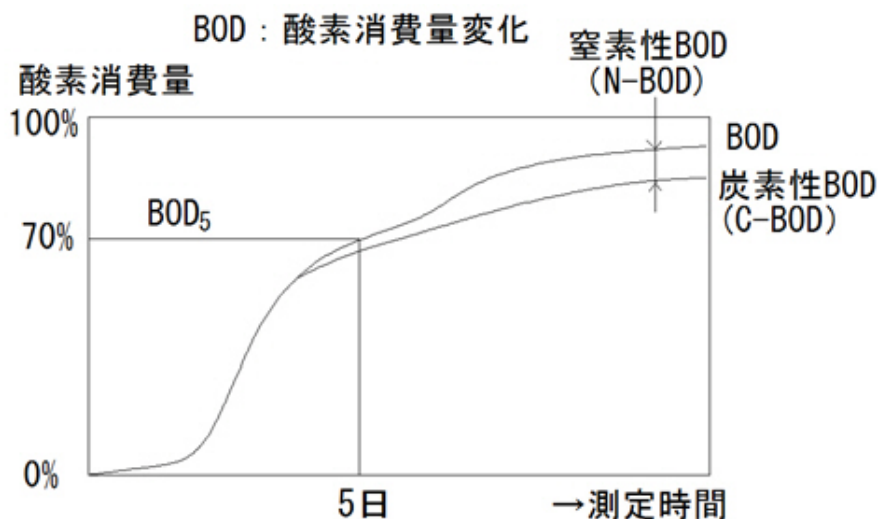
図 3-2 : 初期値 DO₀ が DO_{hf} の場合



(3-3) 公定法の BOD 測定値との関係

活性汚泥の運転管理で重要な指標は、いうまでもなく BOD です。通常 BOD と表記される指標は、日本工業規格 (JIS) の K0102 の測定法に定める、微生物が 5 日間で消費する酸素消費量 (BOD₅ と表記) です。

下図は BOD₅ 測定における、フラン瓶中の測定経時間と酸素消費量の変化例です。



酸素消費量は、被測定試料中の有機物の分解による BOD (C-BOD) と、被測定試料中の有機物に窒素分 (N) が含まれると、硝化菌の作用による $\text{NH}_4\text{-N} \rightarrow \text{NO}_x\text{-N}$ の酸素消費量 (N-BOD) の合計になります。

注意すべきは、5 日間では微生物による酸素消費量が必ずしも完結していない途中 (図では 70%) の値であることです。馴養された植種汚泥を使って測定すれば、易分解性 BOD はほぼ 100% の酸素消費量になりますが、遅分解性 BOD は反応途中で、植種微生物の馴養状態や、遅分解性成分により異なる反応率になり、さらに硝化による N-BOD は、一般にその一部分しか測定されない、というかなりアバウトな測定値です。

一方、TSchecker での測定値 (BOD_{ts}) や計算値 (BOD) は、原水基質に馴養した多量の汚泥で測定した値であり、曝気槽での酸素消費量から計算した値なので、公定法の BOD とは、相関性の高い数値ではあるものの異なる値です。

4. 測定例

図 4-1 は日常運転管理に必要なデータを取得する使用例です。

曝気槽の出口の活性汚泥混合液を 1 リットルサンプリングし、装置に混合液をチャージすると同時に添加ロートに添加液にセットして測定開始すれば、あとはコンピュータが自動的に操作をおこない、添加液の分解速度（酸素消費速度）、BODts（酸素消費量）を測定し、また曝気による混合液の DO 変化から処理水の BOD の計算を行い、結果を表示します。

図 4-1 は、測定中のコンピュータ画面の例です。グラフ画面上には、経過時間にしたがって混合液の DO（赤点）と温度（ピンク点）の測定値がプロットされ、DO の変化が終了判定条件（左下欄）を満足すると、PC が測定終了と判断し、次の操作に移行します。各操作の測定終了ごとに、測定結果欄に解析結果が表示されます。

添加液は、最大 5 回まで添加可能であり、添加ロート（No.1、No.2）に添加液をセットして PC に添加予約すれば、PC が添加・測定を自動操作します。

活性汚泥の日常の運転管理用に使用する場合には、測定モード(標準)で測定し、添加液は
 活性基準液 TypeF→原水→硝化活性基準液 TypeG
 の順に操作するのが推奨です。これにより、サンプリング時の汚泥の健康状態や原水 BOD 負荷や基質の分解性、処理水 BOD の計算、さらには数時間先の処理水予測などが定量判断可能となります。

図 4-1：測定中のコンピュータ画面

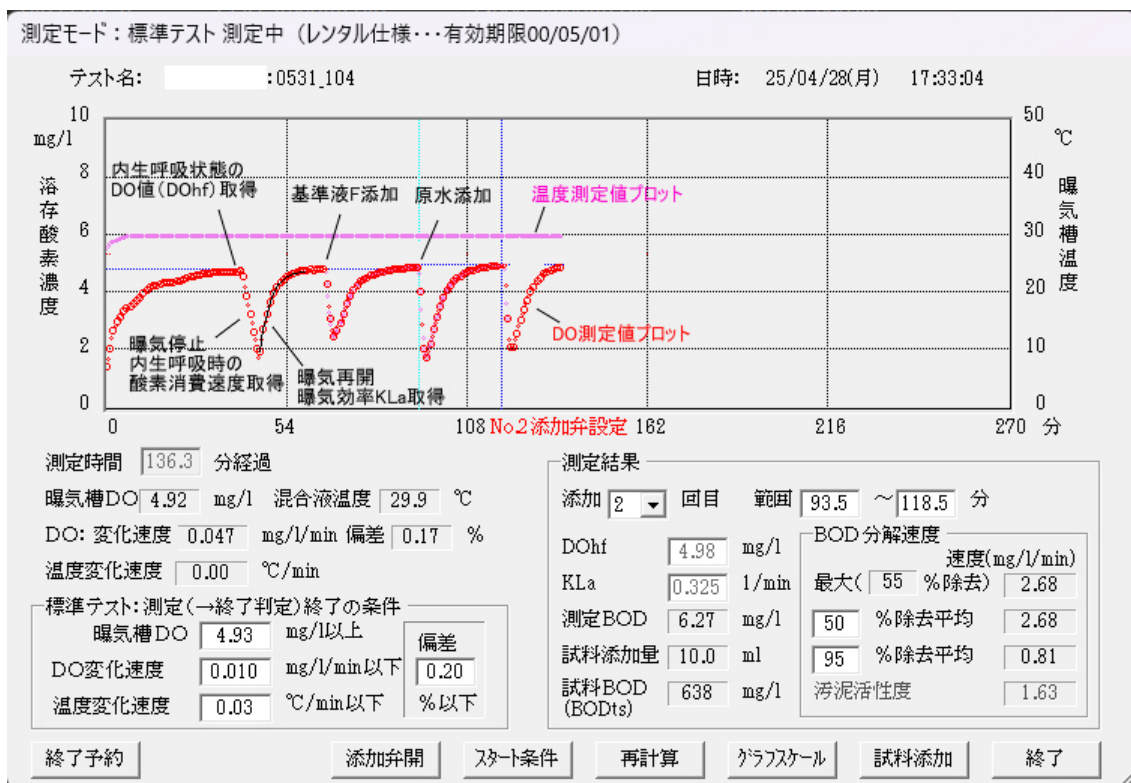
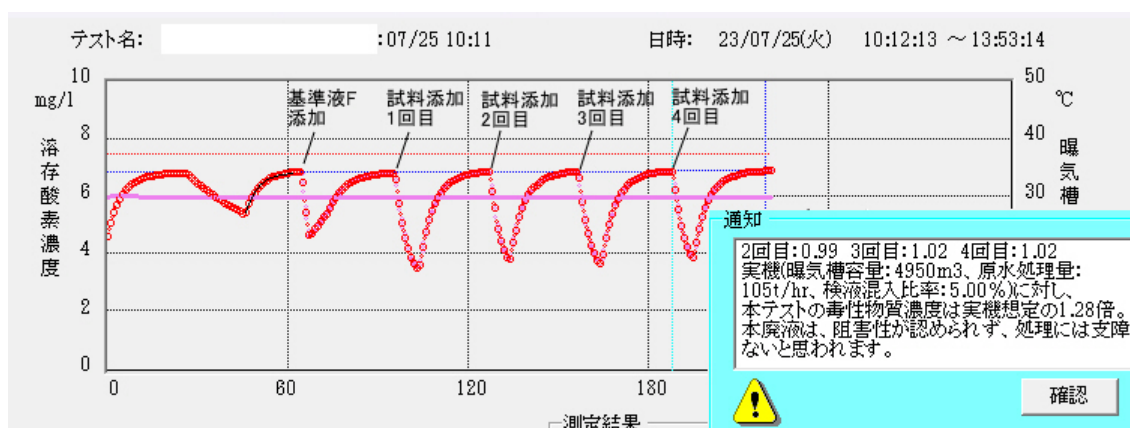


図 4-2 は試料廃液の活性汚泥に対する阻害性を簡易評価する使用例です。

測定モード(②簡易毒性)で測定し、基準液 F を添加して汚泥の活性を測定したのち、阻害性を評価したい試料廃液を複数回 (図例では 4 回) 繰り返し添加します。試料廃液が活性汚泥に対して阻害性がなければ、試料廃液の分解速度は低下しないが、阻害性があれば、添加を重ねるごとに低下していきます。低下の大きさの変化で毒性の強度を評価でき、画面上に判定結果を表示します。

(阻害性の評価法は、添加の順を、基準液 F—試料廃液—基準液 F、として、試料廃液添加の前後の基準液 F の分解速度の変化で評価する方法もあります)

図 4-2：試料廃液の活性汚泥に対する毒性を簡易評価する使用例の PC 画面

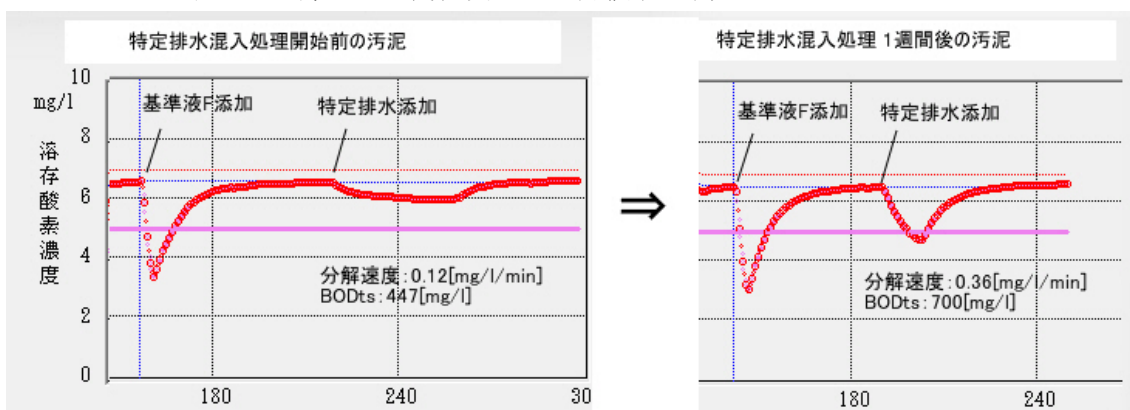


注意：活性汚泥に対する影響は、試料の濃度や汚泥の馴養程度で大きく異なります。また蓄積性の阻害もあり、条件によりさまざま、正確には培養試験と組み合わせる必要があります。本判定法は、急性毒に対する簡易的な判定であり、培養試験の粗ぶるいとしての判定です。

図 4-3 は、ある特定排水の活性汚泥に対する馴養程度を評価する使用例です。

ある特定排水に馴養してどの程度処理可能となるか？を評価する例です。特定排水を処理する前の汚泥で特定排水の分解速度を測定しておき、数日間処理したあとの汚泥で再度特定排水の分解速度を測定します。汚泥が特定排水に馴養すると、図のように、分解速度や BODts が大きく変化し、馴養程度を定量的に評価できます。

図 4-3：汚泥の馴養程度を定量評価する測定



5. 測定結果と測定値の意味

図 5-1、5-2 は、図 4-1 の測定終了時の測定結果の例です。

図 5-1 は、測定結果欄の添加 0 回目（添加していない状態）の測定結果です。

曝気開始から曝気終了までの DO 変化を、Step2-1、2-2、Step3 の操作を行わない場合の DO 値を PC が推定補正し、補正した DO 変化から、サンプリングした活性汚泥混合液（曝気槽の終わりで採取した場合≒処理水）の BOD を計算表示します。

注意：ここで計算される BOD は、活性汚泥の運転管理に必要な値であって、JIS 法に定める BOD ではありません。

図 5-1：添加 0 回目（≒処理水 BOD）の測定・計算結果

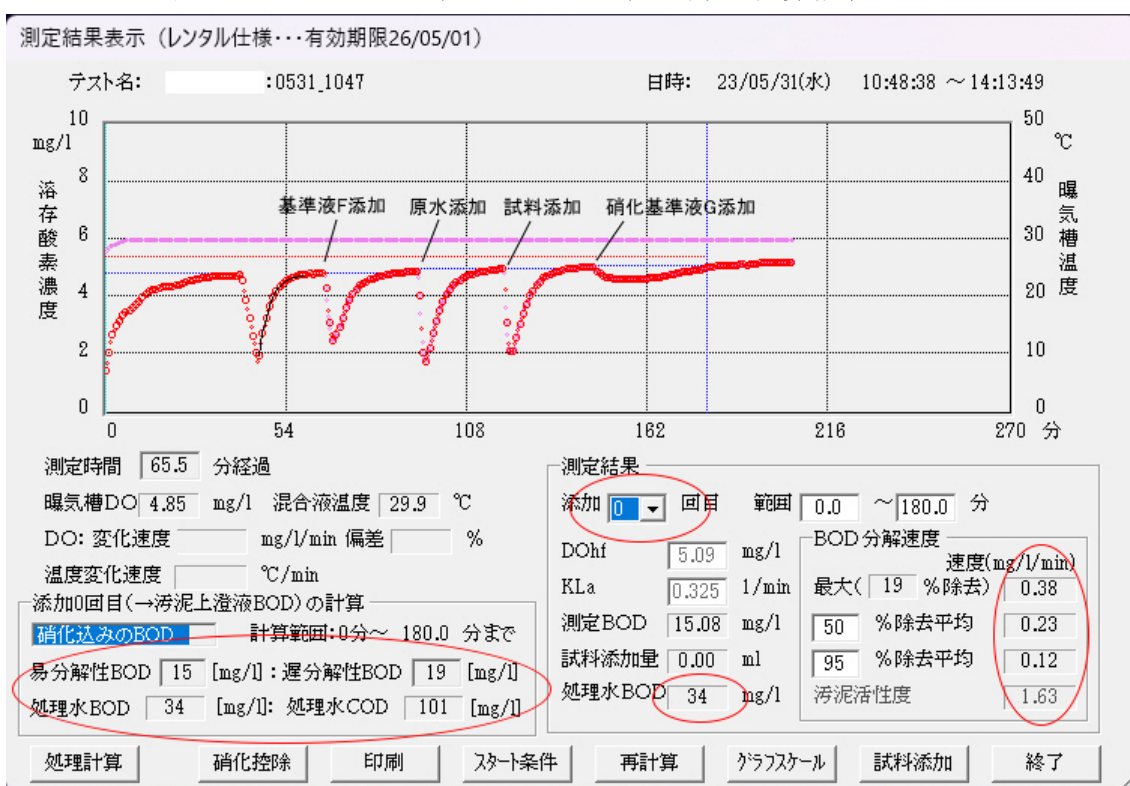
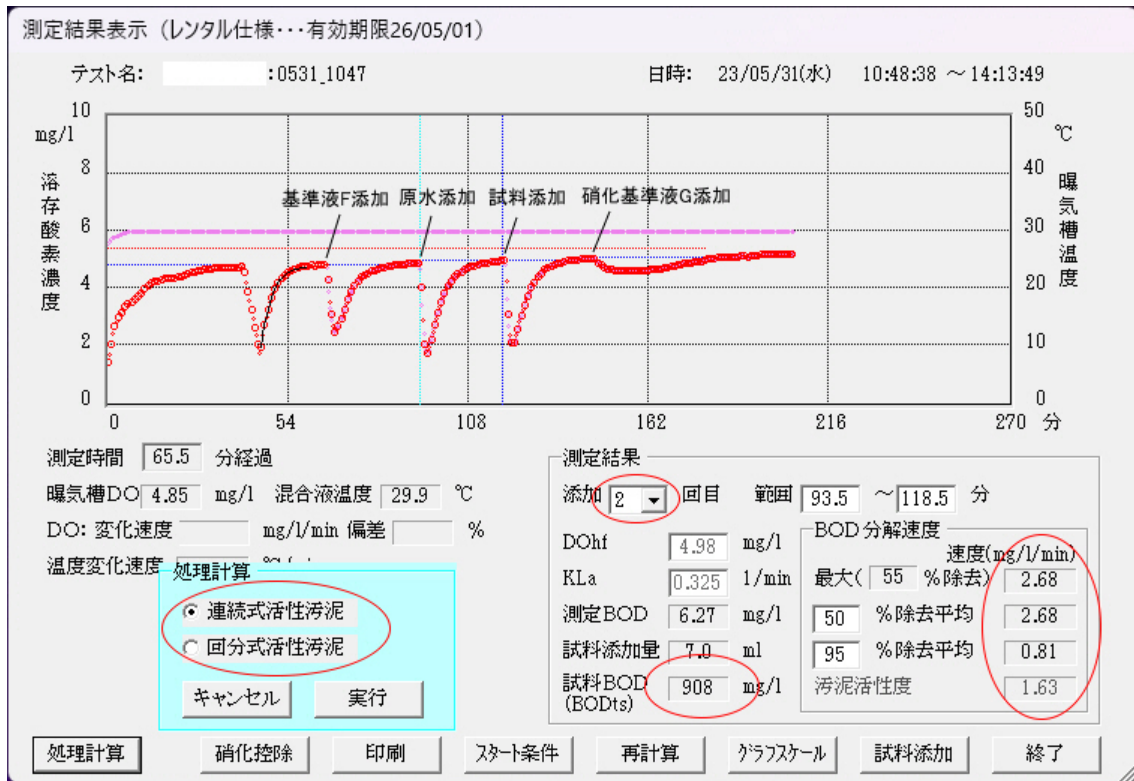


図 5-2 は、測定結果欄の添加 2 回目（原水添加）の測定結果です。

原水添加後の DO 変化から、原水の分解速度(易分解性 BOD の酸素消費速度)と BODts (酸素消費量) を計算し、添加量から逆算して原水の BODts (試料 BOD 欄) を測定結果欄に計算表示します。添加液が原水の場合、原水の分解速度データから、この原水を継続処理した場合の処理水 BOD を計算できるので、処理計算のコマンドが表示されます。

測定結果欄の添加 x 回目を 1~5 までを選択することで、基準液 F や試料廃液や硝化活性基準液 G の添加結果を同様に表示できます。

図 5-2 : 添加 2 回目 (原水添加) の測定結果



(1) 汚泥の活性の評価

活性汚泥は、微生物の作用により、有機汚濁物を酸化分解するのが主たる浄化機能です。したがって、微生物（汚泥）の活性を定量評価することが極めて重要になります。TS シリーズでは、汚泥の活性を、成分・濃度が一定の有機物溶液（基準液と称す）を一定量添加したときの、分解速度（酸素消費速度）の大きさで、評価します。この基準液を TS チェッカーでは基準液 TypeF を使用します。基準液 TypeF の分解速度を継続的に測定することで、汚泥の活性変化を定量的に把握できます。

(2) 原水の分解速度（酸素消費速度）と分解量（BODts）の評価

原水の分解性は、原水の基質と汚泥の活性によります。したがって、基準液 TypeF で汚泥の活性を測定したあとに、原水を添加測定することで、そのときの汚泥の活性時での原水の分解速度と分解量（BODts）を測定できます。測定結果から、後述「6. TSchecker の解析機能」で説明するように、

- ◎その原水の負荷がどの程度か、また分解しやすい原水か否か、
- ◎その原水を処理した場合、どの程度の処理水 BOD になるかなどの情報が得られます。

(3) 硝化活性（原水中の NH₄-N を NO₃-N に硝化する能力）の評価

原水中の N（窒素）は、汚泥中の BOD 分解菌により NH₄-N になり、さらに硝化菌により、NO₃-N に硝化されます。

硝化活性が弱いと原水中の余剰（汚泥増殖に使用されない）の N は、NH₄-N の状態で処理水に流出します。また N の多い原水を処理する活性汚泥では、NH₄-N 阻害や NO₂-N 阻害が発生する可能性があるため、硝化活性の管理が重要になります。

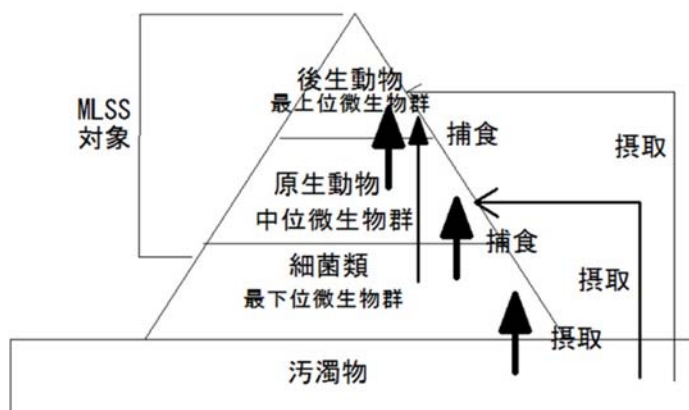
硝化活性の強さは、基準液 TypeG を添加し、その時の分解速度の大ききで評価します。

（活性汚泥混合液中に過剰な NH₄-N が存在すると見かけ上 0 になります。そのときは基準液 TypeGX(硝化抑制剤)で定量評価します。）

(4) 汚泥の活性と原水負荷の関係

排水中の有機汚濁物は、活性汚泥の微生物群により摂取/分解されていくが、図 5-3 を使って詳細にみると、最初に汚濁物を摂取/分解するのは最下位の細菌類の寄与が大きく、特に非食品系の基質は、殆どが細菌類の働きによるものです。細菌類は汚濁物を摂取・分解して増殖し、その細菌類を中～上位生物群（MLSS 構成生物）が捕食し、増殖していく、というのが活性汚泥の微生物群の動きです。細菌類の増殖は速く分単位で変化し、中～上位生物群は、数時間から 1 日程度遅れて変化していきます。

図 5-3：活性汚泥の微生物群・食物連鎖



TSchecker で添加測定する

基準液 TypeF の分解速度は、MLSS 構成生物の活性状態

原水の分解速度と分解量（BOD_ts）は、細菌類の活性状態

を、より大きく反映する指標です。安定状態では、両者は比例関係になります。

原水基質が安定している場合、汚泥の活性は、原水負荷に応じて変化するのが正常な活性汚泥の動きです。つまり、原水負荷が大きくなれば、活性はそれに見合って増大して適正な処理ができ、原水負荷が小さくなれば、活性も小さくなります。この変化は正常です。

汚泥の活性が原水負荷に見合っていない状態は過渡状態の過程にあり、往々にして処理水 BOD 悪化など何らかの不具合が生じている可能性があります。

活性が変化する要因は、例えば以下のようなケースがあります。

- ① 運転条件（MLSS、DO、pH、塩濃度、温度など）が変化するとき。
- ② 原水負荷の急激な変化に、活性変化や原水の分解活性が追いつかないとき。
- ③ 原水の基質の急激な変化に、汚泥の馴養が追いつかないとき。
- ④ 阻害性のある原水が流入したとき。

沈殿槽からの処理水の変化の検知に比べ、活性は迅速に且つ明確に変化します。

活性を管理することで、活性汚泥の状態が正常なのか異常なのか、を定量把握できます。

6. TSchecker の解析機能

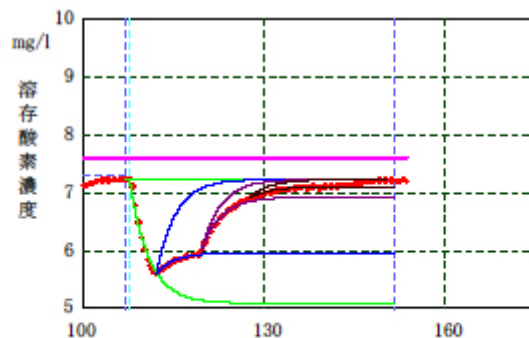
(1) BOD 分解速度解析

(1) 式は BODact が変化するため、単純には積分できませんが、TSchecker で廃液を添加し、曝気を行なうと多くの場合、DO の変化曲線は図 6-1-1 のように階段状に変化し、それぞれの易分解性成分の分解に対応した DO 変化になります。このことは、広い範囲では BODact は変化しますが、狭い濃度範囲では BODact は一定であることを示唆しています。つまりこの狭い範囲では廃水中の特定の成分を特定の微生物が分解している反応は微生物の活性 (= 微生物濃度 × 単位あたりの微生物活性) のみによる定速度反応 (成分濃度に対し 0 次反応) となっていることを示しています。

もちろん微生物反応は酵素反応で一般的には酵素反応式で表されるので、上記は厳密には正確ではないですが、活性汚泥の処理能力検討上の濃度範囲においては、実用上ほとんど支障ないレベルになります。

図 6-1-2 は、成分濃度に対し 0 次反応を前提に、DO 変化を分解速度解析したものです。

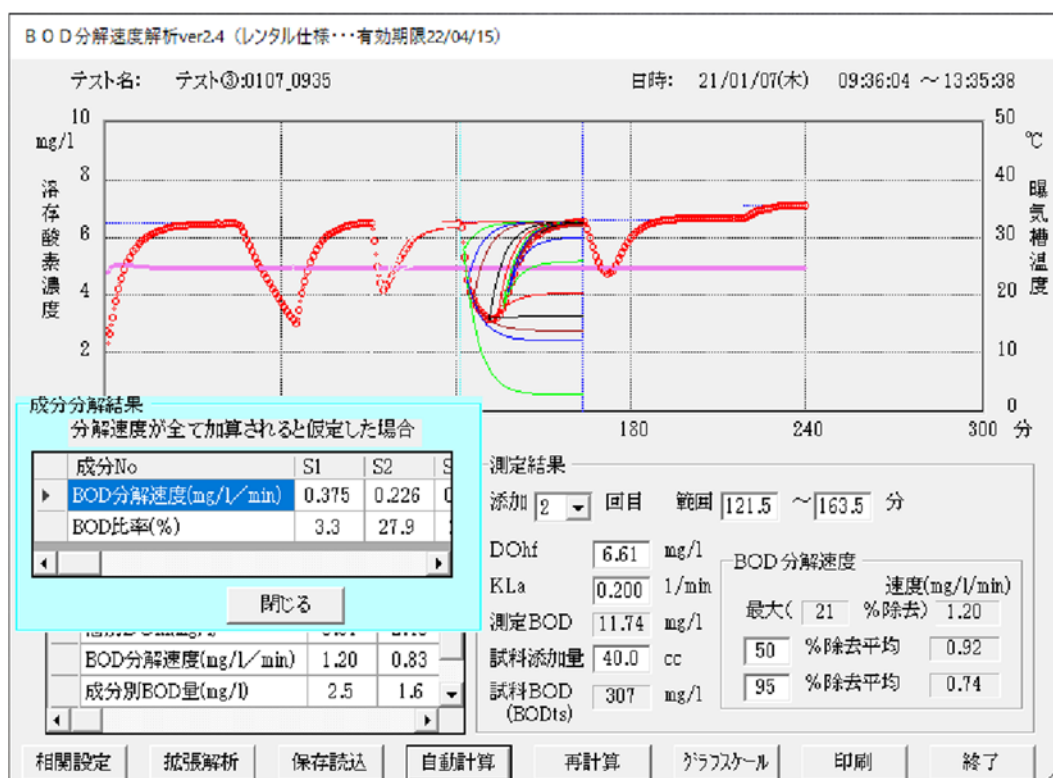
図 6-1-1 : 易分解性の 4 成分廃液の DO 変化



分解速度が微生物の活性のみで決まる場合の成分展開

| 成分No | 成分1 | 成分2 | 成分3 | 成分4 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|
| BOD分解速度(mg/l/min) | 0.299 | 0.276 | 0.055 | 0.041 |
| BOD比率(%) | 48.2 | 17.1 | 14.4 | 20.3 |

図 6-1-2 : 分解速度解析ソフトでの解析例



(2) 原水 BOD の計算

TSchecker による原水の BOD_{ts} と汚泥の呼吸による酸素消費速度 (Step2-1 工程の DO 減少速度(ASact)) から、曝気槽内で消費する酸素量から計算した原水の BOD (BOD_{AS}) を計算ができます。原水の BOD_{AS} と公定法の BOD₅ の関係は、原水 BOD の基質と HRT (曝気槽容量/原水処理量) で異なりますが、HRT=12hr 程度の活性汚泥では、概ね BOD_{AS} ≒ BOD₅ になります。

(HRT が短い場合、BOD_{AS} < BOD₅、長い場合 BOD_{AS} > BOD₅)

$$F \times BOD_{AS} \doteq F \times BOD_{ts} + ASact \times V$$

(F : 原水処理量、V : 曝気槽容量)

(HRT が 12hr 程度の活性汚泥の場合) BOD₅ ≒ BOD_{AS}

図 6-2 は、分解速度解析ソフトの[拡張解析]メニューの出力画面例です。

図 6-2 : 原水 BOD の計算

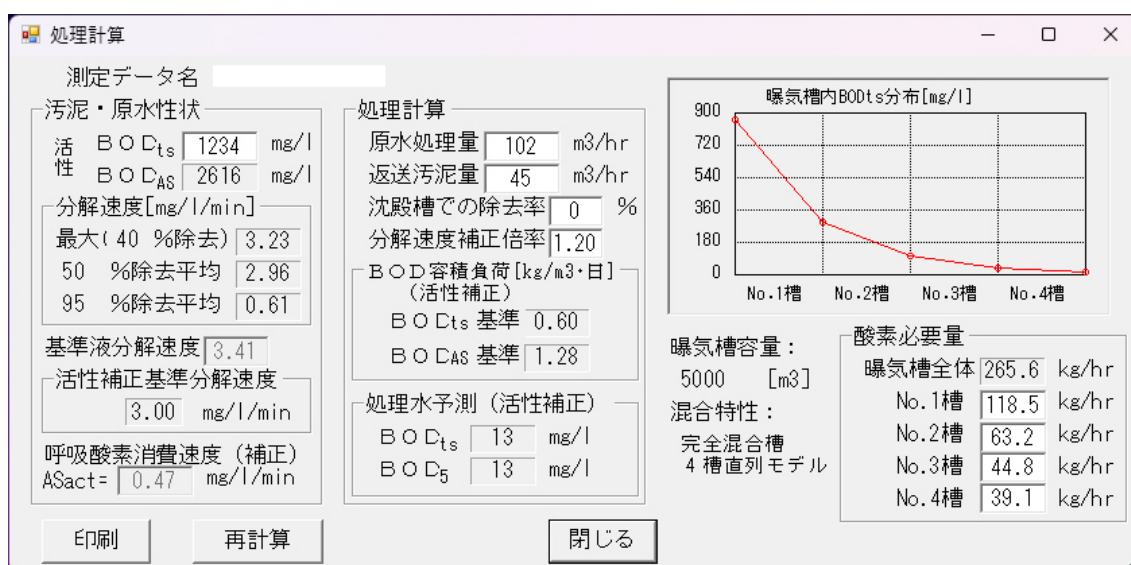
(3) 処理水 BOD の予測計算

原水添加で得られた DO 変化データを分解速度解析した BOD 成分別分解速度データと活性汚泥の運転条件データから、その原水を継続処理した場合の処理水 BOD を予測計算できます。

(精度よく推定するためには、活性による補正や分解速度補正倍率や処理水 BOD_{ts} → BOD 変換、などの設定が必要です。これらは個々の活性汚泥で状況が異なるため、実測の BOD との対比で設定します。)

図 6-3 は分解速度解析ソフトの[拡張解析]メニューの出力画面例です。

図 6-3 : 処理水 BOD の計算 (連続式活性汚泥の場合)



◎原水処理量を変えて[再計算]をクリックすると、その原水量のときの処理水を計算

(4) 処理水 BOD の計算

処理水 BOD は、易分解性 BOD : 図 6-4-1 の空色の格子模様部分の面積×KLa から易分解性 BOD、緑色の斜線部分の面積×KLa から遅分解性 BOD が計算できますが、計算の基準となる DOhf_max (曝気による酸素供給速度と、内生呼吸時の汚泥の酸素消費速度でバランスする DO 値) は、測定毎に変化する値です。この値を、同じ活性汚泥の汚泥であれば、活性汚泥混合液や測定運転条件に合わせて適正に補正することで、一つの基準となる DOhf_std から、公定法の BOD に近い処理水 BOD を推定計算できます。TS チェッカーには、公定法の BOD 実測値から DOhf_std を適正值に設定する簡便な機能を備えています。

図 6-4-1 : TSchecker の測定基本パターン (図 3 の再掲載)

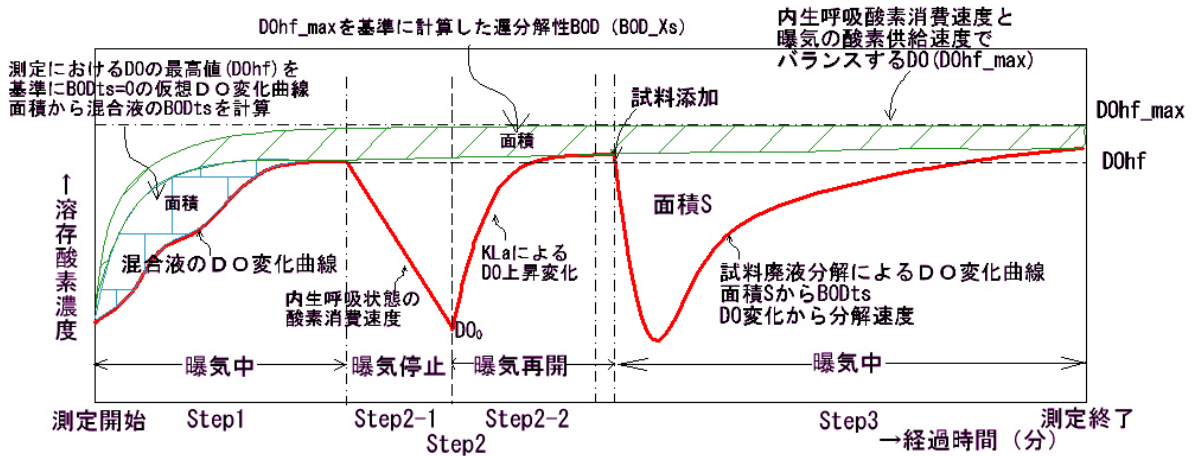


図 6-4-2 : DOhf_std を適正值に設定する簡便な機能

図の●は TSchecker 測定値、■は公定法の BOD 値、計算ファクターを変えて、適正な DOhf_std を設定します ([fitting]をクリックすると適正值を自動計算します)。

トレンド解析

元の処理水BODデータ

試行計算後の処理水BODデータ

処理水BOD

最低 0.0
最高 40

処理水C-BOD

最低 0.0
最高 40

再表示

fitting

BOD5 消去

データ更新

試行実行

印刷

閉じる

| 計算ファクター | BOD用 現在値 | BOD用 試行値 | C-BOD用 現在値 | C-BOD用 試行値 |
|--------------------|-------------|-------------|---------------|---------------|
| 活性汚泥混合液温度 | 25.1 | 25.1 | 25.9 | 25.9 |
| KLa(物質移動係数) | 0.20 | 0.20 | 0.30 | 0.30 |
| DOhf_std(内生呼吸時のDO) | 7.00 | 7.2 | 6.55 | 6.55 |
| ASact(補正内生呼吸速度) | 0.22 | 0.22 | 0.40 | 0.40 |
| 呼吸速度測定値に計算補正量 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 処理水BOD測定最長時間 | 219 | 219 | 180 | 180 |

(5) 処理水 COD の計算

一般に、原水ベースでは、原水の基質の変化が小さければ、COD の値と BOD の値は、一定の相関があります。しかしながら、処理水ベースになると、原水中の BOD は殆ど除去され、処理水の BOD に対応する COD は、ほぼ比例して小さくなりますが、その上に、原水中の難分解性成分が処理水 COD に上乘せされます。

このため、処理水 BOD に対応する COD 値に較べ、上乘せ量の COD 値が大きくなると、処理水 COD と処理水 BOD の間の比例関係は著しく低下します。

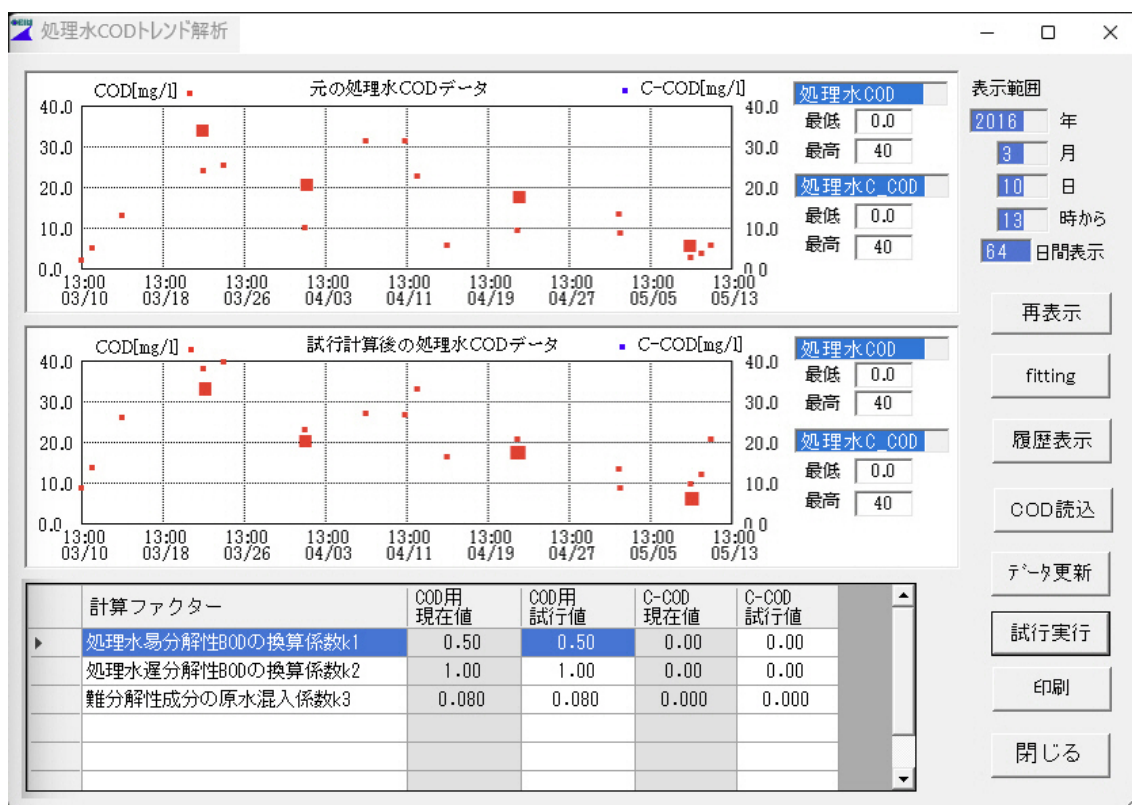
TS チェッカー/TS アナライザーでは、以下のように処理水 COD を計算します。

$$\text{処理水 COD} = k_1 \times \text{処理水易分解性 BOD} + k_2 \times \text{処理水遅分解性 BOD} + k_3 \times \text{原水濃度}$$

(原水中の難分解性の COD 成分濃度は、処理中の原水濃度に比例すると想定し、原水濃度は原水添加測定での分解量 (BOD_{ts}) で評価)

処理水 COD 実測値との対比から適正な係数を設定します。

図 6-5-1 : 処理水 COD 計算の係数設定



操作法は処理水 BOD の場合と同じで、計算ファクターを変えて計算した結果が実測の処理水 COD 値とほぼ一致するように、計算ファクターを設定します ([fitting] をクリックすると適正值を自動計算します)。

注意：ここで計算される COD は、活性汚泥の運転管理に必要な値であって、JIS 法に定める COD ではありません。

(6) 測定結果の評価

TS チェッカーで基準液や原水の測定を行うことで得られる情報は多々ありますが、それらを的確に読み取るためには、かなりの運転管理技術を要します。

また TS チェッカーのソフト自体も、いろいろな解析機能を追加していったため、情報を得る場所が分散して解りにくくなっている面もあります。

本ソフトは、測定データから読み取れるいろいろな情報を、まとめて一覧に表示します。

表示する内容は、以下のような観点からのコメントを表示します。

- ①測定データから得られる各種測定値・計算値および実測値
 - ・・・原水 BOD、処理水 BOD、処理水 COD、処理水 NH₄-N、NO_x-N など
- ②評価対象の測定データ単独から得られる活性汚泥の状態の評価
 - ・・・現状の汚泥活性、処理水、負荷状態などから運転状況、栄養塩の過不足状況など
- ③解析対象グループに登録されている測定データ群から得られる評価
 - ・・・過去データとの対比で現状の処理状況の評価、過去の類似データを抽出など

メインメニューの「記録」をクリックし、測定結果を表示すると、測定結果画面と同時に詳細評価画面がひらき、[実行]をクリックすると、測定結果から得られる情報を一覧表示します。

図 6-6-1 は表示例です。

詳細は、「結果の評価」概要解説を参照

注：本ソフトは、試用版（有効期限 1 年）です。

図 6-6-1：結果詳細出力例

測定結果の評価

以下の条件で測定結果を評価します。

原水処理量[m³/hr] 300.0 返送汚泥量 100.0
基準分解速度: 0.49 [mg/i/min] at 28.0 °C
解析対象グループ登録一覧

| | |
|-------|----------|
| ***** | 11: 1114 |
| ***** | 12: 1217 |
| ***** | 13: 0115 |
| ***** | 14: 0204 |
| ***** | 15: 0325 |

一覧から削除
実行

DO変化の測定値から計算した

| | |
|-----------------|------------|
| 原水の易分解性BODの測定値は | 316 [mg/L] |
| 処理水易分解性BODの測定値は | 13 [mg/L] |
| 処理水BODの測定値は | 28 [mg/L] |
| 処理水BODの実測値は | 3 [mg/L] |

原水の分解速度と運転条件から計算した

| | |
|------------------------------|------------|
| 原水BODの計算値は | 357 [mg/L] |
| 処理水BOD _{ts} の予測計算値は | 24 [mg/L] |
| 処理水BODの予測計算値は | 39 [mg/L] |

実測値と測定値の相関から計算した

| | |
|-------------|-----------|
| 処理水CODの計算値は | 45 [mg/L] |
| 処理水CODの実測値は | 25 [mg/L] |

硝化活性と運転条件から計算した

| | |
|-------------------------------|------------|
| 処理水中のNH ₄ -Nは少なくとも | 6 [mg/L] ↑ |
| 処理水中のNO _x -Nは最大で | 15 [mg/L] |

現状、温度補正後の汚泥の活性は大きいですが、やや処理不十分の状態と思われます。
原水は分解性良好な廃水で、分解速度が遅い成分は少ない。
この原水を継続的に処理した場合、負荷状態は過大で、処理不十分になると思われます。
沈殿槽で汚泥浮上の危険性があります。

ヘルプ 印刷 閉じる

7. 具体的な活用例

TSchecker で継続的に測定することにより、

(1) 日々の活性汚泥運転が正常に機能しているか否か、を定量判断。

原水基質が安定している場合、汚泥の活性は、原水負荷に応じて変化するのが正常な活性汚泥の動きです。つまり、原水負荷が大きくなれば、活性はそれに見合って増大して適正な処理ができ、原水負荷が小さくなれば、活性も小さくなります。逆に汚泥の活性が原水負荷に連動していない場合、何らかの非定常な状態が生じています。

◎汚泥の活性が原水負荷に見合った状態か否かは、原水測定データから図 6-3：処理水 BOD の計算で、判定できます。

◎負荷の変化以上に活性低下の場合、阻害発生や原水基質の変化、負荷の急増に活性が追い付かない状態、等があります。

◎負荷の変化以上に活性増大の場合、活性のオーバーシュート現象の発生、原水基質の変化、等があります。(活性のオーバーシュート現象は弊社 HP ワンポイント技術講座 No.83 を参照)

(2) 異常排水の早期発見

活性が異常低下している場合、阻害が発生している可能性が高い。

阻害には、阻害排水の流入した場合や、原水性状や運転条件などによる亜硝酸阻害やアンモニア阻害、等がありますが、まずは早期発見が最重要です。

活性の変化は非常に早く、通常処理水や曝気槽に明らかな変化が生じるには 1 日程度以上要しますが、活性の変化は非常に早く且つ定量的です。

阻害への対応は、その原因によりそれぞれ対処法が異なりますが、

対応後の活性の動きで、さらに悪化していくのか、回復に向かっているのか、を把握でき、対応の効果を定量判断できます。

(3) 新規排水が既存の活性汚泥で処理可能かの判定

処理可能か否かの判定には、

◎新規排水の阻害性の有無・・・図 4-2 の簡易阻害性測定で阻害性を概略把握できます。

◎処理能力の査定・・・原水の低下測定から図 6-3：処理水 BOD の計算で概略把握できます。

但し、活性汚泥には馴養作用があり、当初は軽い阻害や処理能力が小さくとも、馴養すれば大きく変化する可能性があります。実験室レベルで馴養テストを行うには、別途 2 連培養テスト機のような培養装置が必要です。実験室レベルのテストを省略して実機で行う場合は、前記の簡易測定で OK の範囲の処理量で処理を行い、1 日程度処理後、再度前記の簡易測定を行います。馴養が進めば、許容値が大きくなるので、処理量をア

ップしていく、の繰り返しで、安全にステップアップできます。

馴養の程度は、TS チェッカーで、新規排水や基準液の分解活性を測定することで「図 4-3：汚泥の馴養程度を定量評価する測定」のように定量的な変化が測定できます。

(4) 非定常時の各種施策の効果を定量的に判断

例えば、

①各種改善施策の効果を定量的に判断

栄養塩の適正化で処理能力アップや処理水良化・安定化を図る場合の影響評価、曝気槽温度の維持でコスト削減を図る場合の影響評価、流入する各種原水が活性汚泥に与える影響を調べる場合、凝集剤や微生物活性剤などの各種添加剤の影響や効果の評価、余剰汚泥削減施策（汚泥減容化、MLSS 操作など）が活性汚泥に与える影響評価等々、原水変動が大きい活性汚泥では処理水で判定するのは難しくなりますが、活性は明確に変化します。

②定修時の適正対応

プラントの定期点検修理などで、活性汚泥に流入する原水負荷が長期にわたって大幅に低下した状況下で、その後定修明けになり排水が流入しだすと、非常にトラブルが起きやすい状況になります。

定修中から定修明けあたりのトレンドグラフの変化は、定修開始から原水 BOD が急減し、汚泥活性度は定修前の正常な値から徐々に低下していきます。定修の期間が長くなると汚泥活性度は定修前と較べて 1/10 程度まで低下していきます。定修明けになり負荷の高い原水が流入しだすと、原水分解性→汚泥活性度→処理水 BOD の順に変化が現れ、流入する原水負荷に対して、原水分解性が追従できればスムーズは立ち上げができますが、追従できないと処理水 BOD は大きく悪化します。また沈殿槽で汚泥浮上の大トラブルが発生することもあります。

追従可能か否かは、流入する原水負荷の増大速度によりますが、定修中の汚泥活性度の低下の程度にも大きく影響されます。つまり定修中の汚泥活性度の低下をいかに軽微にしておくかが、重要事項になります。定修開始時の汚泥の状態、温度、定修中の曝気の方法、定修明け直前の栄養源の補給などが操作因子となり、その影響程度はトレンドグラフで定量的に把握できます。また (7) ①分解速度による処理計算は、定修明け後の適正原水処理量を見極めるうえで有用なツールとなります。

以上