

佃煮製造工場における嫌気性 DHS リアクター導入による余剰汚泥削減効果

The Effects of an Anaerobic DHS Reactor
on Excess Sludge Reduction at a *Tsukudani* Factory

稲井 宏樹* 宮本早葵* 藤田 久雄** 小島 俊男 串田光祥
Hiroki INAI Saki MIYAMOTO Hisao FUJITA Toshio KOJIMA Mitsuyoshi KUSHIDA

要 旨

香川県小豆島地域の佃煮製造業における製造工程から発生する煮汁廃液の濃度は TOC 約 17 万 mg/L, BOD 約 26 万 mg/L と非常に高く、現在は活性汚泥法により処理されているが、工場における原水有機性汚濁負荷量の多くを占めており、多量の余剰汚泥の発生が問題となっている。このため、原水負荷量及び余剰汚泥の削減を目的として、煮汁廃液について嫌気性 DHS リアクターによる処理の検討を行っている。

今回、リアクターについて無加温で運転する等、より実用的な運転条件において検討を行うとともに、ラボレベルでの連続活性汚泥試験を実施したところ、煮汁廃液を直接活性汚泥処理した場合の汚泥変換率は約 40%であったのに対し、リアクター処理水の汚泥変換率は約 23%と低く、トータルシステムとしての嫌気性 DHS リアクターを導入した場合の余剰汚泥削減効果は約 39%であったことから、リアクターを佃煮製造工場における活性汚泥処理の前処理に用いることで余剰汚泥の大幅な削減が期待される結果であった。

キーワード：嫌気性 DHS 佃煮 煮汁廃液 余剰汚泥

I はじめに

香川県小豆島地域の佃煮製造業における製造工程から発生する煮汁廃液の濃度は TOC 約 17 万 mg/L, BOD 約 26 万 mg/L と非常に高く、現在は活性汚泥法により処理されているが、工場における原水有機性汚濁負荷量の多くを占めており¹⁾、多量の余剰汚泥の発生が問題となっている。このため、原水負荷量及び余剰汚泥の削減を目的として、煮汁廃液について嫌気性 DHS リアクター²⁾³⁾⁴⁾による処理の検討⁵⁾⁶⁾を行っている。

今回、リアクターの処理特性を評価するために、無加温で運転する等、より実用的な運転条件において検討を行うとともに、ラボレベルでの連続活性汚泥試験を実施し、リアクターを導入した場合の余剰汚泥削減効果を算出したので報告する。

II 方法

1 嫌気性 DHS リアクター

嫌気性 DHS リアクター (図 1) は微生物保持担体にスポンジを用いた曝気不要の処理装置であり、原水はリアクター上部より滴下され、嫌気性微生物が付着したスポンジ担体 (写真 1) を通過することで処理される。リア

クターには、調整槽から処理水を流入部へ循環させるラインを設け、内部温度を調節するために外側に熱交換チューブを巻き温水を循環させた。また、生成ガス回収口を上部に設置し、送液ポンプはペリスタルティックポンプを使用した。今回、各種性能試験に用いたリアクターのサイズ及び使用担体について、表 1 に示す。装置内径 155mm, 高さ 495mm (充填長 430mm), 容量 8.0L であり、材料は塩化ビニルパイプを用いた。使用担体は、直径 28mm, 高さ 35mm のプラスチックネットリングにはめ込んだスポンジを用い、担体 140 個をランダムに充填 (充填容量 3.0L, 充填率 38%) した。



写真 1 スポンジ担体

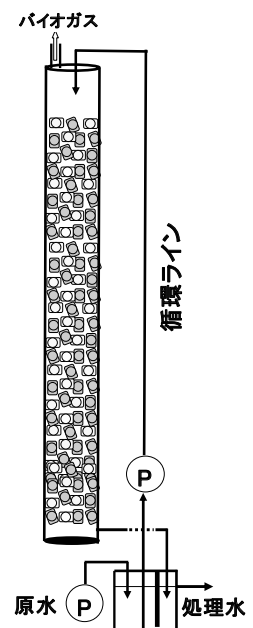


図 1 嫌気性 DHS リアクターの概要

*香川県環境森林部環境管理課 **香川県水道局

表1 嫌気性DHSリアクターのサイズ

項目	単位	サイズ
嫌気性DHSリアクター	実容量	L 8.0
	内径	mm 155
	高さ(充填長)	mm 495 (430)
スポンジ担体	充填容量	L 3.0
	充填率	% 38
	直径	mm 28
	高さ	mm 35
	個数	個 140

2 連続式活性汚泥実験

連続式活性汚泥実験により、煮汁廃液を直接活性汚泥処理した系と、リアクター処理後に活性汚泥処理した系の余剰汚泥発生量を比較するとともに、原水BOD負荷量とMLSS増加量から汚泥変換率(MLSS増加量/BOD負荷量)を求めた。

III 結果及び考察

1 嫌気性DHSリアクターの処理特性

リアクターの処理特性を把握するため、原水投入TOC量を100%として、TOC除去率、ガス発生量、処理水中有機酸量から、有機炭素の変化割合(TOCマスバランス)を計算した。なお、ガス発生量の計算には処理水中に溶解しているガスは考慮していない。

(1) 温度の影響

図2は、平成23年4/14~5/17の期間中にリアクターをTOC 7,700~8,200 mg/L、処理水量 8.0 L/d、HRT24hで運転した時のリアクター温度30°C~20°CにおけるTOC

マスバランスである。リアクター温度が低下するに伴い、ガス化率が31% (CH₄12%, CO₂19%) から12% (CH₄4%, CO₂8%) に低下した。一方、有機酸化率に大きな減少は見られず、約30%程度を維持していた。

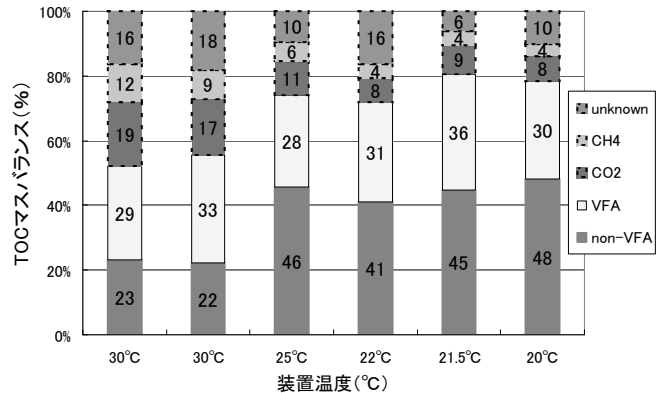


図2 温度の影響

(2) pHの影響

次に、リアクター内pHの影響を見るため、原水にpH調整として添加するNaHCO₃の量を変化させ、pH4.7付近での運転と、メタン生成細菌の至適pHである7.0付近での運転を比較した。結果を図3に示す。なお、リアクターは外気温下にて運転したが、6/21までの運転は23°C前後、6/22以降の運転は28°C前後での運転であった。温度及びHRTがほぼ同じ条件の5/2~5/17と6/10~6/21の結果を比較すると、pH4.7付近では平均値でガス化率11%、有機酸化率30%であったのに対し、pH7.0付近ではガス化率15%、有機酸化率37%であった。pHを中性域に保つことでガス化率及び有機酸化率が上昇する傾向にあり、リアクターの性能が向上した。

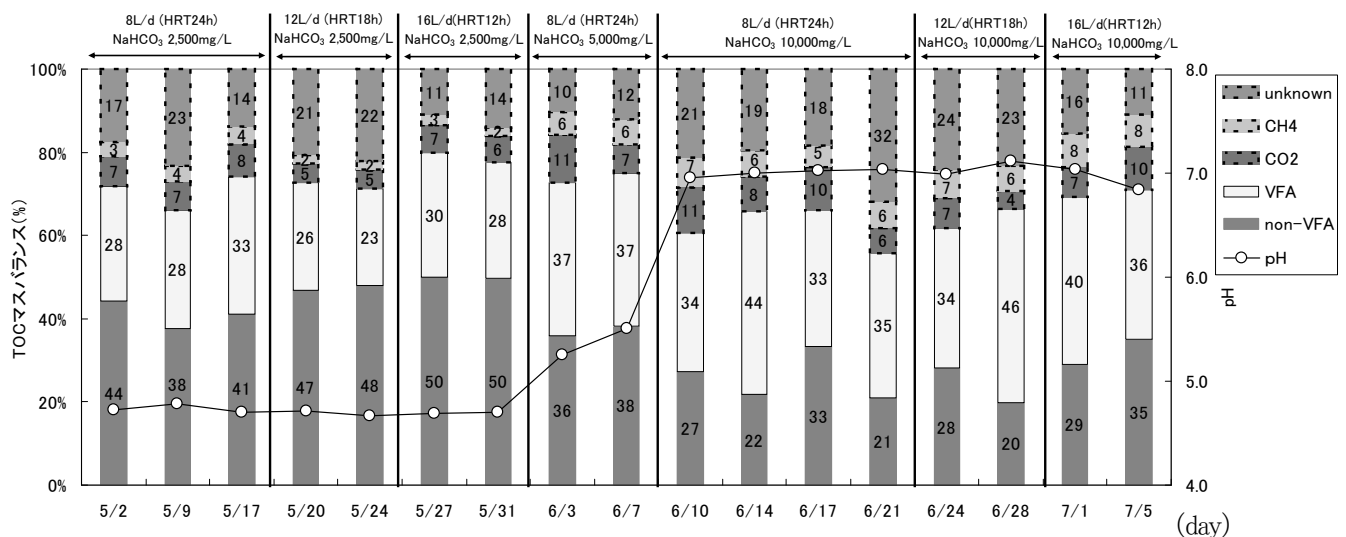


図3 pH (酸性及び中性域) の影響

2 連続式活性汚泥実験による余剰汚泥発生量の比較

(1) 連続式活性汚泥実験

実験条件を表2に、煮汁廃液の処理フローを図4に示す。モデルとなる佃煮工場の排水処理を実験室レベルにスケールダウンし、煮汁を直接処理する系「以下、G系という。」及びリアクターを経由して処理する系「以下、DHS系という。」において67日間の連続式活性汚泥実験を行った(写真2)。

表2 実験条件

系列	単位	モデル工場	G系	DHS系
原水BOD	mg/L	2000	1860	1290
水量	m ³ /d	100	2.8 × 10 ⁻³	2.8 × 10 ⁻³
BOD負荷量	kg/d	200	5.2 × 10 ⁻³	3.6 × 10 ⁻³
バッキ槽容量	m ³	500	13.5 × 10 ⁻³	13.5 × 10 ⁻³
BOD容積負荷量	kg/m ³ ・d	0.40	0.39	0.27
バッキ槽MLSS	mg/L	6000	6000	6000
F/M (=BOD/MLSS)	-	0.067	0.064	0.044

を管理した。また、余剰汚泥引き抜き量(SS量)を測定し、余剰汚泥発生量とした。なお、放流水質についても定期的に確認した。

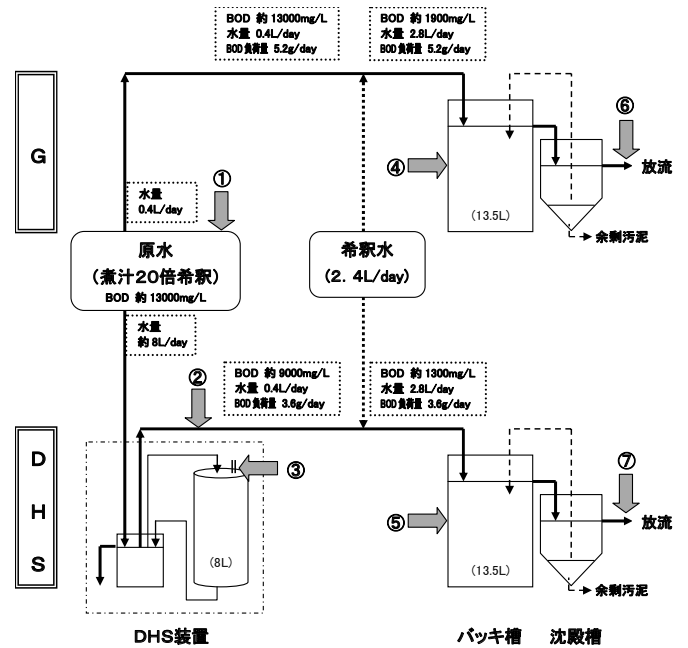


図4 煮汁廃液の処理フロー

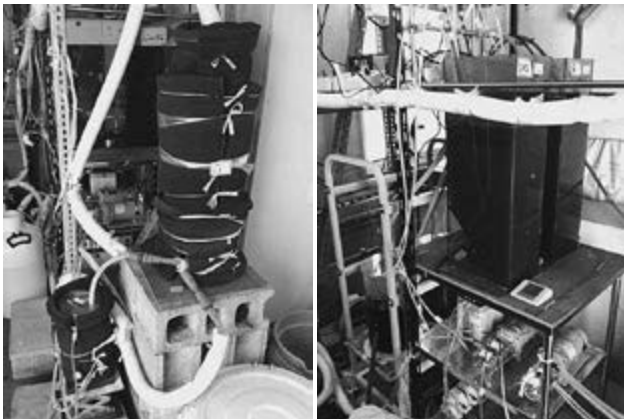


写真2 連続式活性汚泥実験の様子

煮汁廃液を20倍に希釈した原水を調製し、G系においてはモデル工場の排水処理工程と原水BOD及びバッキ槽のBOD容積負荷量が同条件となるように設定した。一方、DHS系においてはモデル工場にリアクターが導入された場合の縮小スケールとなるよう条件を設定し、G系及びDHS系の余剰汚泥発生量を比較することでリアクター導入による効果が把握できるようにした。

実験期間中、定期的にバッキ槽の状態(MLSS, SV₃₀, DO, SVI等)を測定し、余剰汚泥を引き抜くことでMLSS濃度

(2) 連続式活性汚泥実験結果

①余剰汚泥発生量及び汚泥変換率

連続式活性汚泥実験における原水BOD負荷量と余剰汚泥発生量の推移を図5に示す。67日間の累計で、G系の場合、BOD負荷量365gに対して余剰汚泥発生量147g(SS乾燥重量)、DHS系の場合、BOD負荷量227gに対して余剰汚泥発生量53gであった。G系の汚泥変換率(余剰汚泥発生量/BOD負荷量)は40%なのに対し、DHS系の汚泥変換率は23%であった。このことから、リアクターにより有機酸化に伴う基質の低分子化が進行し、汚泥変換率が低下したものと考えられる。

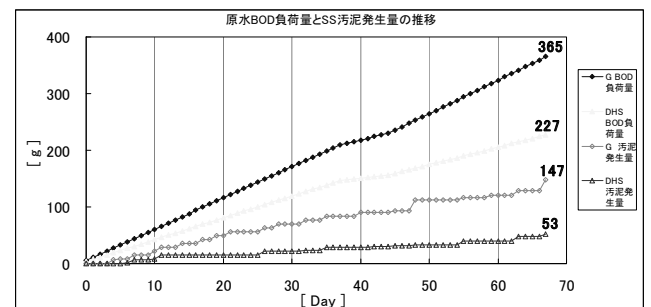


図5 原水BOD負荷量と余剰汚泥発生量の推移

② バッキ槽の管理状態

バッキ槽の MLSS 濃度, SV₃₀, DO, SVI の推移についてそれぞれ図6～9に示す。実験開始40日目頃から汚泥の沈降性が低下し (SV₃₀=95以上), バッキ槽の MLSS 濃度を6000程度から4000程度に下げて管理した。顕微鏡による汚泥の観察から, 糸状菌の発生が沈降性の低下原因と考えられたが, 実験系においては沈殿槽 (容量8L) による固液分離が十分可能であったため, 実験を継続した。

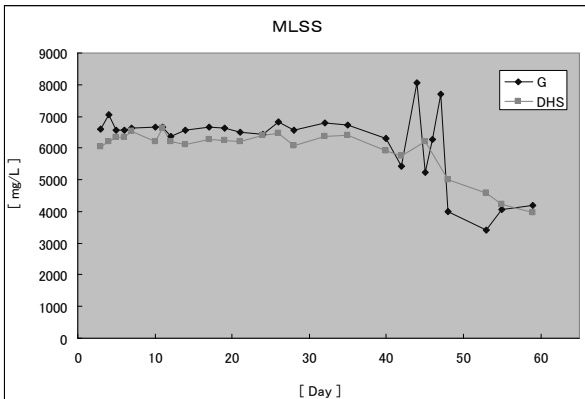


図6 MLSS 濃度の推移

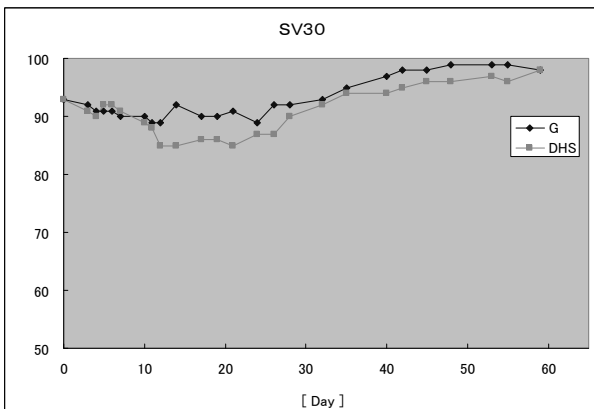


図7 SV₃₀の推移

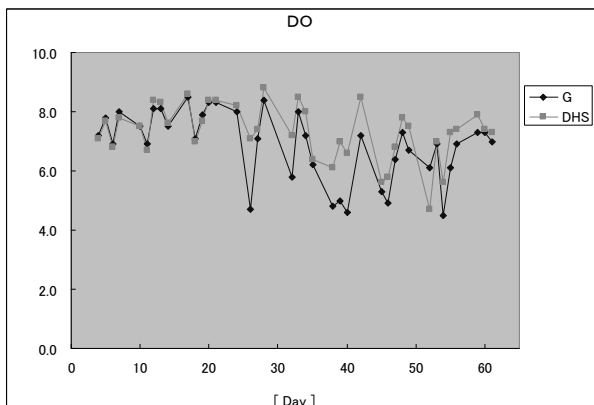


図8 DOの推移

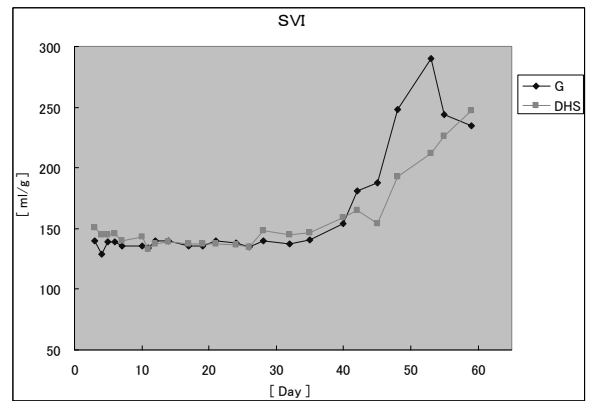


図9 SVI の推移

③ 処理水質

G系及びDHS系ともに, 処理水に着色はみられるものの水質は透視度10以上, BOD 20~50mg/L程度であり, 良好に処理されていた。(図10及び写真3)

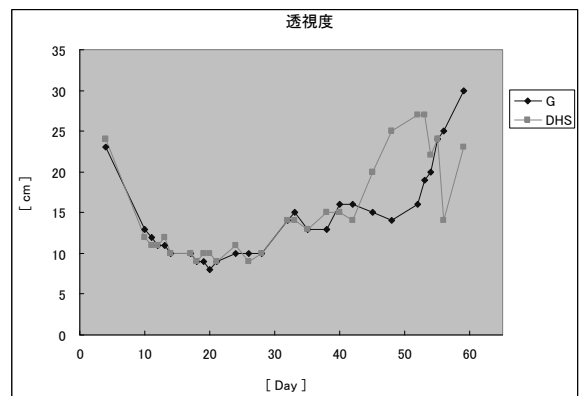


図10 透視度の推移



写真3 処理水の状態

3 佃煮製造工場における余剰汚泥削減効果

連続式活性汚泥実験結果から、G系の汚泥変換率が40%、DHS系の汚泥変換率が23%であったため、佃煮製造工場のBOD負荷量200kg/d、水量100m³/d、工場全体に占める煮汁廃液の負荷量割合65%、リアクターのBOD除去率30%、汚泥含水率85%、余剰汚泥処理費2万円/t、年300日稼働の条件での余剰汚泥削減効果を試算した。その結果を図11に示す。

まず、G系の汚泥変換率40%を用いて現状の余剰汚泥発生量を試算したところ、工場からの余剰汚泥発生量は160t/yであった。工場担当者への聞き取り調査では、余剰汚泥が180t/y程度排出されているとのことであったため、試算条件は現場の実態に近い妥当な数字であると考えられる。次に、DHS系の汚泥変換率23%を用いてリアクターが導入された場合の余剰汚泥発生量を計算したところ、工場からの余剰汚泥発生量は98t/yであった。

この試算から、トータルシステムとしての嫌気性DHSリアクターを導入した場合の余剰汚泥削減効果は約39%であり、年間120万円以上の余剰汚泥処理費が削減できることが推計される。

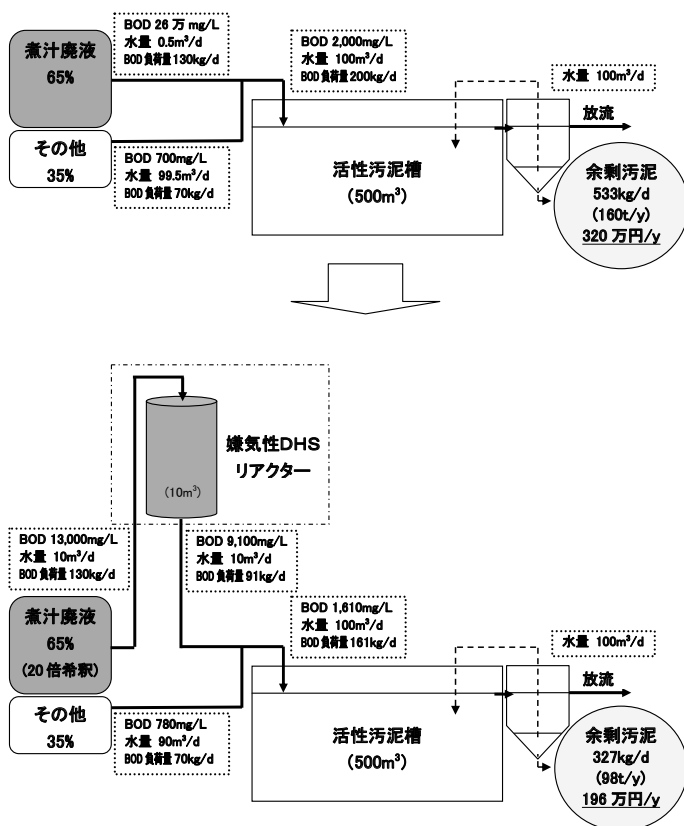


図11 余剰汚泥削減効果の試算

IV まとめ

嫌気性DHSリアクターの処理特性を評価するために無加温で運転する等のより実用的な運転条件において検討を行った。外気温下条件での性能試験では、温度が低下するに伴い、ガス化率が31%から12%に低下したが、有機酸化率に大きな減少は見られず、約30%程度を維持した。また、pHを中性域に保つことでガス化率及び有機酸化率が上昇する傾向にあり、リアクターの性能が向上した。次に、ラボレベルでの連続活性汚泥試験を実施した結果、煮汁廃液を直接活性汚泥処理した場合の汚泥変換率は約40%であったのに対し、リアクターを経由した場合の汚泥変換率は約23%と低く、トータルシステムとしての嫌気性DHSリアクターを導入した場合の余剰汚泥削減効果は約39%であった。

リアクターを佃煮製造工場における活性汚泥処理の前処理に用いることで余剰汚泥の大幅な削減が期待されることから、今後は、佃煮製造工場へのリアクターの試験的設置及び実規模レベルでの余剰汚泥の削減効果について実証を行うことにより、実用化についての検討を進めていきたい。

文献

- 1) 藤田久雄ほか：佃煮製造業を対象とした産業廃棄物の減量化のための実態調査結果について、香川県環境保健研究センター所報，8，135-137(2009)
- 2) 多川正：嫌気性微生物を活用した難分解性廃水処理技術の開発，高松工業高等専門学校研究紀要，43，29-33(2008)
- 3) 多川正ほか：嫌気性DHSリアクターによる食品・化学系廃水処理への適応性評価，第45回日本水環境学会年会講演集，396(2011)
- 4) 多川正ほか：嫌気性DHS+UASB法を用いた小規模さぬきうどん製造排水処理，用水と廃水，54(2)153-160，396(2012)
- 5) 稲井宏樹ほか：嫌気性DHSリアクターを用いた煮汁廃液の処理及び余剰汚泥削減に関する研究，香川県環境保健研究センター所報，10，56-60(2011)
- 6) 稲井宏樹ほか：佃煮製造工程から発生する煮汁廃液の嫌気性DHSリアクターによる処理特性評価，第22回廃棄物資源循環学会研究発表会講演論文集，CD-R(B8-1)(2011)

Abstract

The concentration of wastewater from the broth produced at the *tsukudani* factory on Shodoshima Island was found to be extremely high, with TOC values of about 170,000mg/L and BOD values of about 260,000mg/L. This wastewater comprises most of the raw water organic sediment pollution load from the factory, and the discharge of this large quantity of waste sludge is creating a problem for the environment. Therefore, we have examined an anaerobic DHS method for reducing the raw water load and the amount of waste sludge from the factory. We conducted this investigation under more practical operating conditions (e.g. in an unheated area) and carried out continuous activated sludge experiments in the laboratory. We found the sludge conversion ratio of the wastewater directly before treatment was 40%, and the rate for the water treated in the anaerobic DHS reactor was a low 23%, which means that, in the whole system, the DHS reactor caused 39% reduction in excess sludge. As a result, we expect that the anaerobic DHS reactor will be used in the pre-treatment stage of the activated sludge process, which will drastically reduce excess sludge.