

さぬきうどん製造廃水の経済的浄化システムの開発

高松工業高等専門学校 正会員 ○多川 正 学生会員 出濱和弥、佐々木優太
四国旅客鉄道株式会社 学生会員 角野拓真 長岡技術科学大学 正会員 山口隆司

1. はじめに

全国におけるさぬきうどんの知名度が高くなるにつれて、香川県におけるさぬきうどんの位置づけが名物の域を超える、今や香川において最も重要な地場産業の一つとなっている。一方では近年うどん店から発生する廃水が原因で水質汚濁に関する問題が発生している。本研究は小規模であるさぬきうどん製造廃水に対し、安価で経済的に処理が可能な浄化システムを開発し、問題の解決を図るものである。

2. 小規模事業所の排水規制状況

各店舗の規模が小さいうどん店は、香川県の水質汚濁防止法における排水規制の対象外となるため、今まで廃水に対しての規制がなかった。概ね、県内における全 CODMn 汚濁負荷量 28 t/日の内 24% の汚濁原因が、うどん店を含む小規模事業場にあるとされている。

この現状をふまえ、香川県環境審議会は 2009 年に 3 年ほどの猶予期間を設けたのち、一日平均排水量が 10m³ を超える小規模事業場に対し、TOC の許容限度を 160mg/L とする新たな排水規制をかける方針で答申している。規制対象となる平均排水量 10m³/日の規模は、さぬきうどん店では約 800 玉/日に相当する。対象のうどん店に対し、新たに排水処理施設を設置することで全 CODMn 0.3t/日の負荷量削減を見込んでいるが、そうなると当然うどん店に経済面での負担がかかる。安価な価格での商売をしているうどん店において、多額の排水処理装置導入・運転費の出費は大きな痛手となり、場合によっては廃業となりうる可能性もあり、経済的な浄化施設の開発が早急に求められている。

3. 経済的簡易浄化システム開発

表-1 に連続浄化実験に用いる、実際のうどん店に排出されるうどん煮汁原廃水とさらし工程廃水の測定結果を示した。うどん廃水の供給について協力いただいたうどん店は、開店 7 時～閉店 15 時、1 日のうどん玉製造規模は 300 玉/日である。店主へのインタビューより、うどんのゆでの工程は容量約 100L の釜で行い、開店時間中は蒸発分を水道水で足しており、廃水排出はない。廃水の排出は閉店後に 1 日あたり約 100L のうど

ん煮汁原廃水が排出されるパターンであった。うどん煮汁原両工程廃水共に pH は中性域であるが 1 日程度で pH が 4 度まで低下する、酸敗しやすい廃水である。うどん店のゆで釜から排出される、高濃度のうどん煮汁原廃水は、TOC 3,230mg/L で、規制対象となる 10m³/日の排水排出規模のうどん店では、規制値 160mg/L を達成するためには、95%以上の除去率が要求される(但し、洗浄などの他工程の排水との混合により、要求される TOC 除去率は緩和されると推定される)。有機物濃度では CODcr 9,680mg/L、BOD₅ 4,970mg/L (BOD/CODcr=0.51)、SS 1,970mg/L と、比較的易分解性であるが、うどんの主成分であるデンプンに起因する高い有機物、SS 濃度であった。また、煮汁廃水は煮沸した状態で排出され、排水時の水温は 90°C付近であり、この廃水の持つ熱エネルギーをリアクターの加温熱源に有効利用することも必要である。

表-1 さぬきうどん製造工程の廃水分析結果

	pH (-)	COD _{Cr} (mg/L)	COD _{Ma} (mg/L)	TOC (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
煮汁廃水 “廻水”	7.14	9,675	5,883	3,327	4,970	1,973	49.5	19.3
さらし廃水 “廻水”	7.47	1,781	1,133	612	723	664	12.0	3.86

4. 実験方法

4. 1 E-DHS の開発

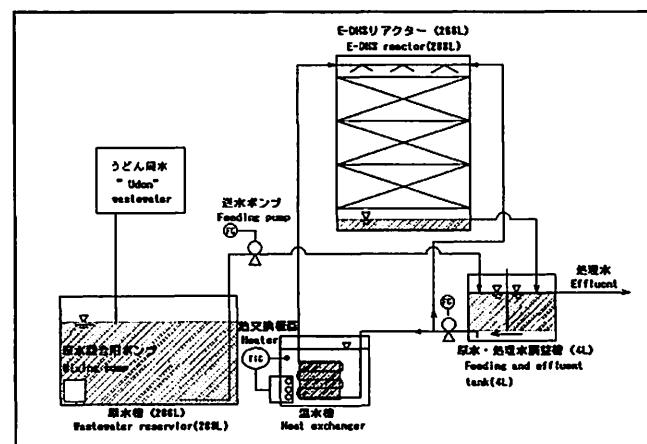


図-1 E-DHS リアクターフロー

図-1 に学内に設置したリアクターフローを示した。本研究で開発する浄化装置は、経済的 “Economy”・省エネルギー “Energy save” および環境配慮型 “Ecology”、これら 3 つの “E” を開発理念とした。具体的には、エアレーション不要、薬品使用量の少ない、嫌気条件化での処理

である、嫌気性 Down-flow Hanging Sponge (DHS) 法を用いたリアクターを開発し、うどん煮汁原廃水を連続通水して、その浄化能力を検討した。(この浄化装置を以後 E-DHS と称する。) 加えて、本研究にて開発するリアクター装置は、今後はさぬきうどん店の平均的とされる 300 玉/日の規模の店にも導入可能であるように、構成する装置の大部分はホームセンター等で容易に入手できることも考慮した。

E-DHS リアクター本体(容量 200L)にはポリウレタン製のスポンジ担体が 4,000 個充填されており、種汚泥として食品工場の廃水を処理する UASB 装置から採取した嫌気性ガーネル汚泥を分散処理したもの用いた。E-DHS への廃水供給は、うどん煮汁原廃水と E-DHS 処理水を混合(煮汁原廃水 : 処理水=1 : 3) した循環廃水を E-DHS 上部から散水した。E-DHS の立ち上げおよび長期連続実験は、うどん煮汁原廃水を水道水にて 2 倍もしくは 3 倍に希釈し、酸敗化による pH の低下防止のため、重炭酸ナトリウムを供給した。リアクター本体の温度は温水槽を約 40℃に設定して熱交換を行うことで、年間を通じて処理水温度で約 30℃程度を維持した。

4. 2 E-DHS リアクターによる連続浄化実験

高濃度のうどん煮汁原廃水のみを処理対象とし、水道水にてうどん煮汁原廃水を 2 倍もしくは 3 倍に希釈を行った。1 日当たりの希釈うどん煮汁原廃水の処理水量を 10L/日、20L/日および 30L/日と変化させ、原廃水および E-DHS 処理水の水質分析を行った。表-2 および表-3 に、連続実験期間(2008 年 7 月～2009 年 2 月)におけるうどん煮汁原廃水(3 倍希釈)および E-DHS 処理水の TOC および CODcr の濃度および除去率の平均値を示した(同時に最小、最大値を明記した)。

E-DHS におけるうどん原廃水処理能力は E-DHS 処理水の TOC は約 330～760mg/L、除去率では 40%～60%、CODcr は約 1,170～2,120mg/L、除去率では 30%～60% 程度の浄化能力を持つことが分かった。この除去率の不安定な部分は、リアクター上部の散水部分の閉塞に伴い、リアクターに充填したスponジ全てが有効的に利用されなかつたショートパスによる除去効率の低下も含まれている。3 倍の原廃水の希釈条件においても、県の規制方針である TOC 160mg/L の達成には至らなかった。連続浄化実験において、2 倍希釈のうどん煮汁原廃水を供給した実験系では、CODcr および TOC ベースで除去率は 10～20%程度まで低下した状態で推移し、原水処理量の調

整を行っても回復することはなかった。この間の E-DHS の処理水は pH も 5 度程に低下し、酢酸などの有機酸が残存している状態であるが、処理水質はこの“酸生成”が進行した状態で安定していた。

表-2 各処理条件における TOC の挙動

TOCデータ: 3倍希釈	平均値	最大値	最小値
原水濃度(mg/L)	840	1,388	164
1日あたりの 原水処理 (L/日)	10以下	755	1,388
	10～20	1,108	1,297
	20～30	1,250	1,287
処理水濃度(mg/L)	416	880	12
1日あたりの 原水処理 (L/日)	10以下	332	862
	10～20	579	803
	20～30	759	880
除去率(%)	53%	99%	22%
1日あたりの 原水処理 (L/日)	10以下	56%	99%
	10～20	43%	76%
	20～30	39%	50%

表-3 各処理条件における CODcr の挙動

CODcrデータ: 3倍希釈	平均値	最大値	最小値
原水濃度(mg/L)	2,739	3,880	1,800
1日あたりの 原水処理 (L/日)	10以下	2,677	4,170
	10～20	2,806	2,330
	20～30	3,223	3,360
処理水濃度(mg/L)	1,369	2,812	190
1日あたりの 原水処理 (L/日)	10以下	1,170	2,812
	10～20	1,867	2,760
	20～30	2,120	2,720
除去率(%)	51%	91%	-5%
1日あたりの 原水処理 (L/日)	10以下	57%	91%
	10～20	32%	62%
	20～30	37%	59%

5. 総括

本研究にて目指している最終的な目標とは、香川県における小規模事業場由来の水質汚濁問題に対して、この E-DHS リアクターが有効な対策の 1 つとなることである。E-DHS のみのプロセスであれば、概ね平均的に 50% 程度の CODcr, TOC 除去率が得られる。しかしながら、今回実験の対象にしたうどん店規模(平均的な 300 玉/日の製造)においても、排出される煮汁廃水全量を処理するまでは至っていない。高濃度に対して脆弱性がある E-DHS に対してすべての除去を期待するのではなく、今後は E-DHS を前段の酸生成リアクターの役割と位置づけ、E-DHS にて 50% 程度の負荷低減・酸生成した処理水を簡易型 UASB にて処理する、E-DHS+UASB といった組み合わせを今後検討し、更なる除去効率の向上のプロセスを煮詰めていく。

参考文献

角野拓真ら：うどん廃水を対象とした経済的浄化システムの開発、第 42 回日本水環境学会年会講演集、p.473、2008

謝辞：うどん廃水の提供は、古奈や様の協力を得ました。本研究は、「無曝気・省エネルギー型次世代水資源循環技術開発」の一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)から委託を受けて実施しました。記して感謝いたします。