

外食産業用ハイブリッド型排水処理装置 に関する研究

長崎大学教育学部
藤 本 登

Experimental Study on Hybrid Wastewater
Treatment Using High Ozone Concentration and
Microorganisms for Restaurant Industry

Noboru FUJIMOTO

Faculty of Education, Nagasaki University

(Received October 31, 2011)

Experiments were carried out using the liquid-waste treatment system which combines the ozone system using micro bubbles with a private sewerage system to treat restaurant kitchen wastewater. When the system works at its best the amount of generated scum is decreased about 75% compared with the existing system. The maintenance cost is also decreased about 15%. This system is able to increase the deodorizing capability by increasing the amount of ozone. However, optimum amount of ozone does exist, as the oxidation of fat and oil accelerates the production of formaldehydes.

Key Words: Ozone, Liquid-Waste Treatment, Scum, Micro Bubble

． 緒 論

一般的な外食系産業の厨房排水は、グリーストラップ槽により臭気、配管の閉塞や食中毒対策がなされており、微生物・細菌（以下に油分解菌と略す）を用いた生物処理法が近年開発されているが、スカムや余剰汚泥の処理費用の高騰や一部に臭気対策が十分に行えないなど、問題点も多い。そして、今後予想される排水基準の強化や汚泥処理費用の高騰を考えると、このような排水を効率よく処理し、余剰汚泥や悪臭の発生を極力抑えた新たな排水処理装置の開発が強く望まれている。このような状況下で、藤本らは、ジェットノズルと衝突板を用いた微細気泡発生装置⁽¹⁾を用いて、厨房排水処理とグリーストラップ槽による実証実験⁽²⁾⁻⁽⁴⁾を行い、オゾン微細気泡が油分の分解や悪臭・スカムの低減に効果があることを示したが、グリーストラップ槽の下流にある浄化槽への影響については不明確であった。

そこで、本研究では、その微細気泡発生装置をグリーストラップ槽に、旋回流流体混合

装置を浄化槽に設置して、オゾンと微生物を用いたハイブリッド排水処理実験を行い、油分の分解とスカムや悪臭の発生抑制や経済性について検討した。

．実験装置と実験方法

A．実験装置

店舗からの厨房排水は、屋外に油分解菌を用いた微生物処理装置（閉店時間帯のみ稼働）と共に設置されたグリーストラップ槽（ 0.5m^3 ）を通り、120人槽規模の能力（計画汚水量 $21.7\text{m}^3/\text{day}$ ）を有する浄化槽にて処理され、河川に放流される（放流水のBODは 20mg/L 以下）。この浄化槽には、汚水を分離、嫌気消化する2つ沈殿分離槽、接触酸化生物処理を行う曝気槽（以下、単に曝気槽と略す）、濁度を下げる沈殿槽と塩素消毒を行う放流槽より構成されている（表1）。また、この曝気槽にはブロー（空気流量 $1.12\text{m}^3/\text{min}$ ）に接続された6本の散気管が設置され、その浄化率は90%以上である。

本研究では、この既存処理設備に、図1に示す処理装置を組み込んだ。本処理装置は、オゾン処理系である酸素発生器（PSA）1、酸素流量調節器2、円筒セラミック式オゾン発生器3、排水循環ポンプ5または7、微細気泡発生装置6とそれらを制御する負荷変動制御器4と、生物処理系であるブロー8、旋回流流体混合装置10とそれらをON/OFF制御（場合によっては処理槽上部の空間内のオゾン濃度に応じたフィードバック制

表1．浄化槽の概要（120人槽）

処理槽名	容 量
沈殿分離槽	第1槽： 20.6m^3 （ $5.19 \times 2.5 \times 2$ ）
	第2槽： 13.7m^3 （ $3.55 \times 2.5 \times 2$ ）
曝気槽	22m^3 （ $5.88 \times 2.5 \times 2$ ）
沈殿槽	4.1m^3
放流槽	消毒槽： 0.43m^3 ， 2.86m^3

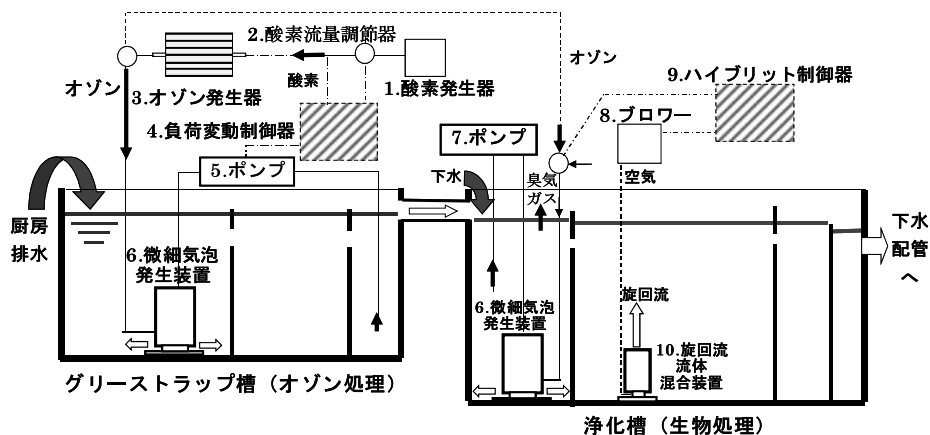
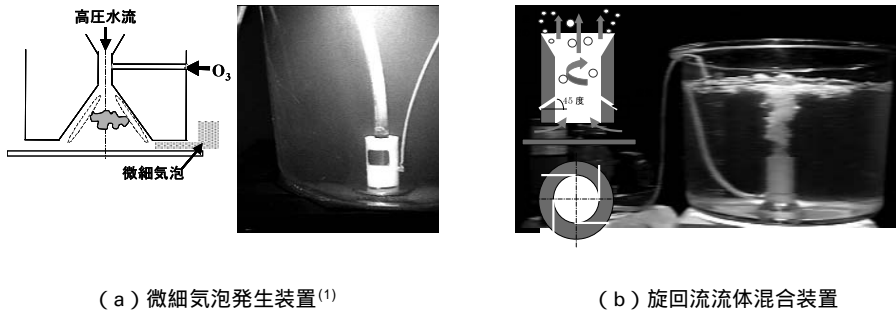


図1．実験装置の概要

(a) 微細気泡発生装置⁽¹⁾

(b) 旋回流流体混合装置

図2. 各気液混合ノズルを用いた場合の流動の概観

御)をハイブリッド制御装置9で構成されている。

本実験では、曝気槽の散気管の一部、或いは全部を旋回流流体混合装置10に置き換えた実験と、沈殿分離槽第2槽に微細気泡発生装置6を用いたオゾン処理と曝気槽に旋回流流体混合装置を設置した実験を行った。図2に微細気泡発生装置の旋回流流体混合装置の気液混合ノズルを用いた場合の流動の概観と装置概念を示す。この旋回流流体混合装置は、気体と液体の遠心力の差を利用して、旋回流を発生すると共に、槽内に大きな循環流を作ることによって、気液の混合を図る装置である。

B. 実験方法

実験装置は、PSA 1より供給された酸素を酸素流量計2により流量を測定し、円筒セラミック式オゾン発生器3によりオゾンガスに変換することで、オゾン濃度をオゾンモニターにより計測した。そして、グリーストラップ槽と沈殿分離第2槽に設置された微細気泡発生装置6にポンプ5と7から電磁式質量流量計により流量測定された排水を供給することで、オゾン微細気泡を処理槽底部より供給し、実験を行った。また、大気中に放出されるオゾン濃度はオゾン濃度計により測定した。なお、これら2つの槽のオゾン処理は、排水負荷量の変動に対応してオゾン供給量を制御する負荷変動対応装置4により運転を行った。さらに、曝気槽に設置された旋回流流体混合装置10は、流入負荷量に応じて、手で供給ガス量(ブロー8の流量)を調整した。そして、これらの実験に応じて、各処理槽における水質と臭気・臭気成分の測定を行った。なお、グリーストラップ槽の沈殿分離第2槽の流入側に処理装置のノズル部を、流出側に吸入口を設置した。PSAの酸素供給量は $3.7\sim 7.2\pm 0.1$ (L/min)、微細気泡発生装置へのオゾン供給量は $4.9\sim 8.2\pm 0.1$ (g/h)である。さらに、曝気槽には、旋回流流体混合装置3台を設置し、それぞれ 250 ± 7 , 110 ± 5 , 120 ± 5 (L/min)でブローにより空気を供給した。

そして、散気管を用いた既存処理方法の結果と比較することで、これら装置の性能と浄化能力についての検討を行った。

．実験結果・考察

A．排水処理実験

図3に実験店舗の水道水使用量の経時変化を示す．図から分かるように、夜間に比べ昼間の水道使用量は比較的変動が少なく、300～400(L/h)であることが分かる．そこで、グリーストラップ槽における水質の経時変化を調べるために、主に14～16時頃に排水を採水し、分析を行った．その結果と処理槽の外観を図4に示す．図より、グリーストラップ槽でオゾン処理を行うとBOD、SSやノルマルヘキサン抽出物質値等は時間が経つほど低下し、1週間以降は余り変化していない．特に、油分の量を示すノルマルヘキサン値は実験前は470(ppm)であったものが、3日後には97(ppm)と最低になり、その後徐々に増加するものの4週間後には130(ppm)となっている．これは、この時期が繁忙期であったためと考えられる．また、写真より生物処理と比べ、スカムはよりスポンジ状であり、色も白い．さらに、半循環式の本処理方法の場合、油分(ノルマルヘキサン抽出物質)とSSの間にはある程度強い相関が見られ、他の項目間には相関関係がほとんど見られなかった．

図5に負荷変動及びハイブリッド制御実験での各処理槽におけるBOD等の低減率の経時変化を示す．図より、グリーストラップ槽の負荷変動オゾン処理実験で、2週目に沈殿分離槽第2槽で夏期の負荷増加に伴う低減率の低下が見られ、曝気槽でも同様の傾向が見られる．しかし、その後の供給オゾン量や曝気の供給空気量の増加により、実験開始時と同程度の低減率になっていることが分かる．

一方、ハイブリッド運転では、開始直後に浄化槽の汚泥を半分程度引き抜いたため、沈殿分離槽や曝気槽で低減率の減少が見られるが、その後回復していることが分かる．ところで、供給オゾン量を増加すると、油脂酸化によるホルムアルデヒド類の発生により好気性生物処理の能力が低下する傾向が見られた．そこで、本実験ではホルムアルデヒド類の液中濃度を約0.5(mg/L)以下となるような運転方法(ハイブリッド処理では各処理槽でのオゾン処理を交互運転、単体のオゾン処理では間欠運転)を行い、水質を維持した．

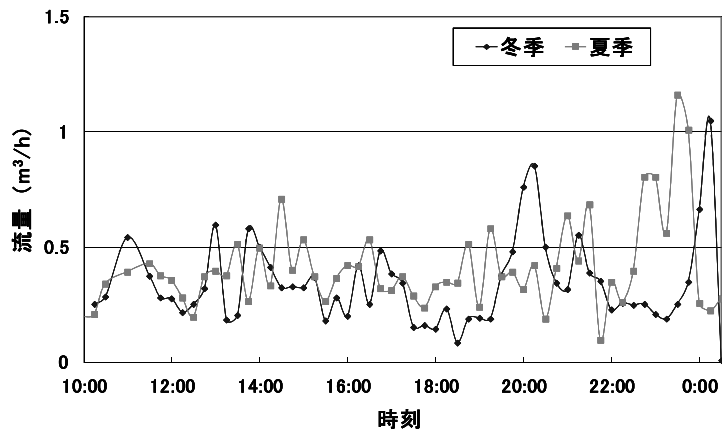
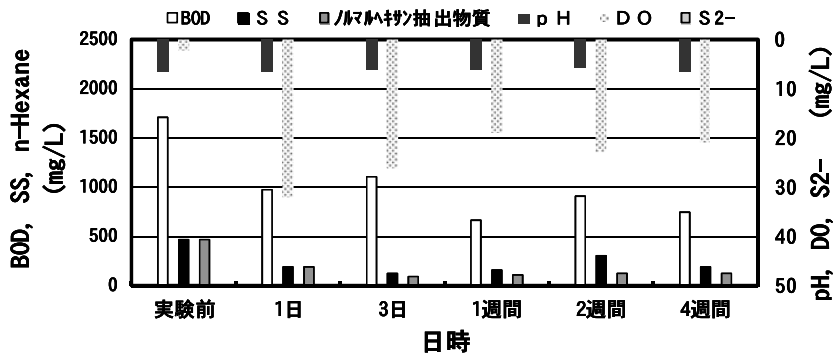


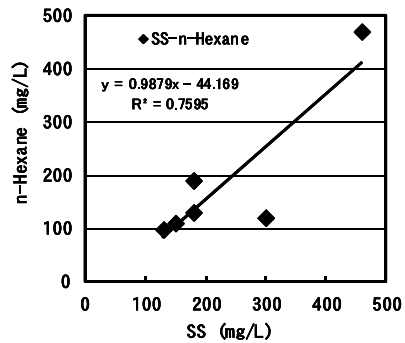
図3．店舗の水道水使用量の経時変化



(a) 流出水質の経時変化

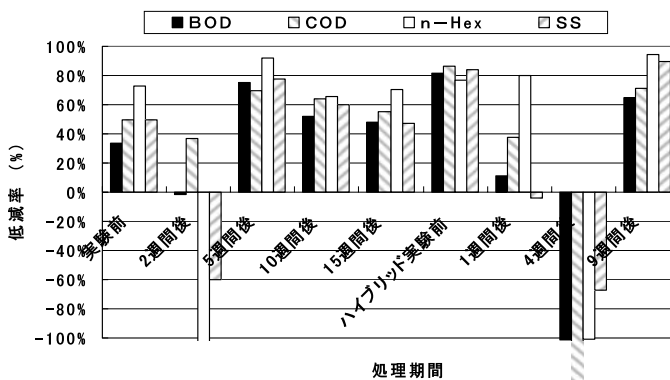


(b) 処理外観



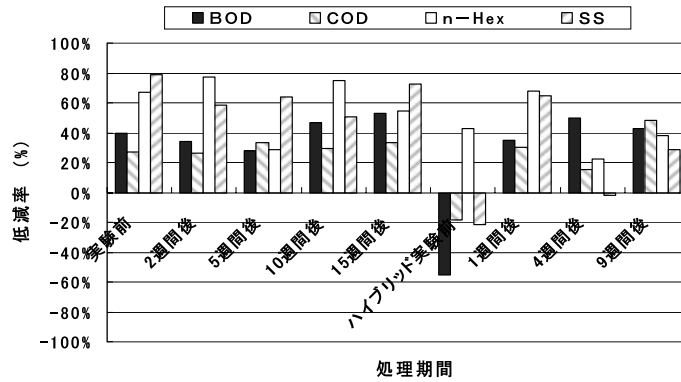
(c) 油分とSSの相関関係

図4. グリーストラップ槽のオゾン処理 (冬季)

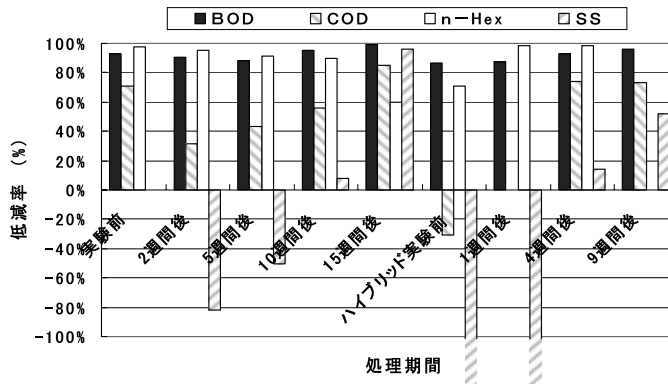


(a) 沈殿分離槽第1槽

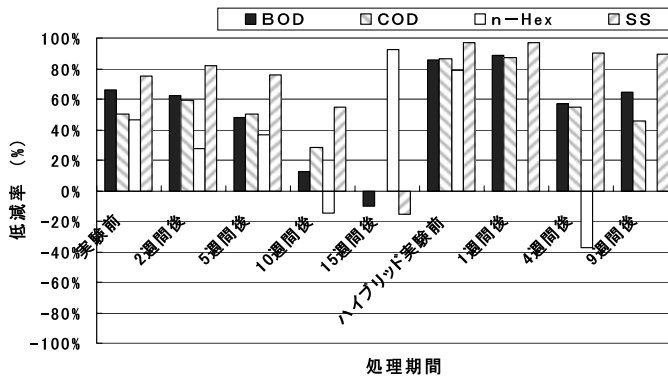
図5. 負荷変動及びハイブリッド制御実験での各処理槽におけるBOD等の低減率の経時変化 (夏季)



(b) 沈殿分離槽第2槽



(c) 曝気槽



(d) 放流槽

図5. 負荷変動及びハイブリッド制御実験での各処理槽におけるBOD等の低減率の経時変化(夏季)(つづき)

なお、冬季の実験の場合も同様の变化傾向を示したが、必要なオゾン量は夏季の半分以下であった。

B．臭気対策

本対象排水は高濃度の油分を含んでおり、脂肪酸やアルデヒド類の臭気を放つ。また、浄化槽の沈殿分離槽ではこのような排水が嫌気処理されるため硫化水素等の硫黄化合物による臭気が発生し、周辺住民から苦情などが寄せられ問題となっている。図6に沈殿分離槽内のガスに対するオゾン処理（処理時間12時間）の脱臭効果を示す。図より、オゾン添加量が50ppmの場合、アンモニアや硫黄化合物が分解処理されていることが分かる。また、この他の窒素化合物、アルデヒド化合物や低級脂肪酸についても、同濃度で分解処理できることが分かる。表2に沈殿分離槽第2槽でオゾン処理を実施しない場合と実施した場合の測定された臭気物質の濃度を示す。表より、沈殿分離槽では、オゾン処理をしない場合は春季に比較して夏季の硫化水素やアンモニアの濃度が著しく増加している。それに比べオ

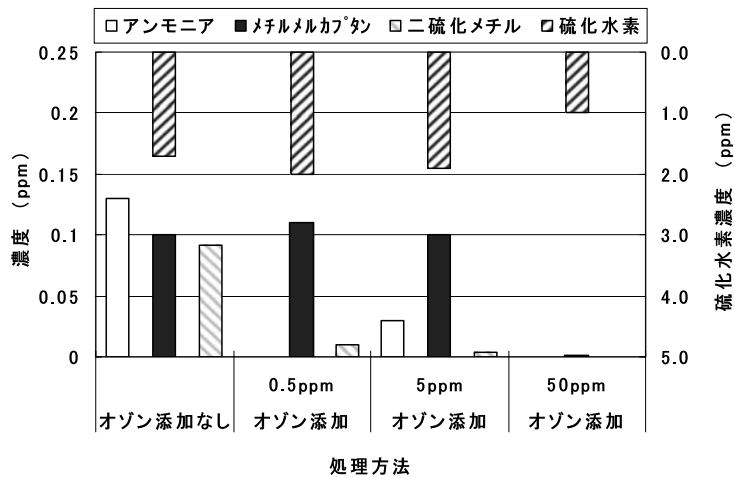


図6．浄化槽内のガスに対するオゾン脱臭効果

表2．沈殿分離槽におけるオゾン処理に伴う臭気の変化

沈殿分離槽	春季(なし)	夏季(なし)	夏季(あり)	冬季(あり)
アンモニア	0.15	8.1	0~2	<0.1
硫化水素	0.63	2.3	1.7	0.63
メチルメルカプタン	0.088	0.063	0.2	0.18
硫化メチル	0.045	0.047	0.068	0.05
二硫化メチル	0.0021	0.0017	0.0028	0.0013
トリメチルアミン	<0.0005	-	<0.0005	<0.0005
アセトアルデヒド	<0.005	-	<0.005	0.069
プロピオン酸	<0.003	-	<0.003	<0.003
ノルマル酪酸	0.0002	-	<0.0001	<0.0001
ノルマル吉草酸	0.0004	-	0.001	0.0001
イソ吉草酸	<0.0001	-	0.0012	<0.0001

ゾン処理がある場合は、メチルメルカプタンに4倍程度の濃度上昇が見られるほかは、濃度がほぼ同じか低下する傾向が見られることから、本処理方法は夏季の臭気対策についても効果があるといえる。なお、より効果を上げるためには供給オゾン量を増やすことが考えられ、夏季の排水負荷量の増大に対応した供給オゾン量の増加と合致するが、オゾン処理によるホルムアルデヒド類の抑制を考えると、最適オゾン濃度や最適運転法が存在することが分かる。

C. 汚泥低減

図7にグリーストラップ槽にオゾン処理を設置した場合と設置しない場合の各処理における汚泥成分の変化を示す。図より、グリーストラップ槽にオゾン処理入れた場合、グリーストラップ槽の下流側にある沈殿分離槽第1槽の油分や残分の割合が減少することから、浄化槽への油分の流入が抑制され、(余剰)汚泥の発生量が低減できることが分かった。本実験では、メンテナンス等により過去の汚泥引抜から4ヶ月間程度の未処理期間があるが、ほぼ1年後の浄化槽における汚泥引き抜き時のスラム汚泥堆積厚さは流入口部で約22cmであり、既存処理設備の同条件での約50cmと比較して、スラム汚泥を大幅に低減できることが分かった。従って、オゾン処理によってグリーストラップ槽や浄化槽でのスラム汚泥低減量を試算すると、現状の約1/4になることが分かった。

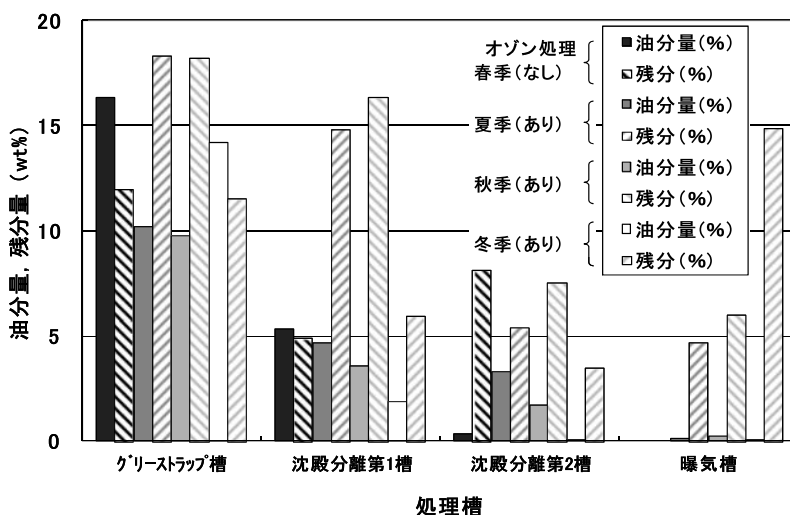


図7. グリーストラップ槽のオゾン処理に伴う各処理槽の汚泥成分への影響

D. 経済性

本研究では、負荷変動制御装置を利用して、グリーストラップ槽や沈殿分離第2槽のオゾン処理を行い、オゾン処理に伴う副生成物の影響を考慮したハイブリッド運転を考えた場合、オゾン処理装置の交互運転が有効であったことから、各要素機器の稼働時間をもとにエネルギー消費量を算出した。図8に、既存の生物装置のエネルギー消費量と算出した結果を示す。既存のグリーストラップで生物処理を行うもの比べて、消費電力量は連続

運転の場合1.81倍、15時間運転（本実験で主にハイブリッド運転した運転モード）の場合1.13倍、12時間運転の場合0.9倍、6時間運転の場合0.45倍であることが分かった。なお、仮に、冬期の曝気流量を半分にできる場合は、各1.68、1、0.77、0.32倍となる。

一方、既存の生物処理装置と本装置の維持管理費の比較するために、本装置による浄化槽の汚泥発生量が従来処理法と比較して、Cで示したように1/4に減少すると仮定すると、その処理費用を半分、保守契約料を同一と仮定した結果、次のような試算結果が得られた。まず、汚泥発生量の低減等による維持管理費の抑制効果は維持管理費を78～85%程度軽減でき、その差額は15時間運転の場合に約34万円、6時間運転の場合に約50万円となった。以上のことから、本処理装置は、運転パターンを適正に選べば、現状より維持管理費を15%程度削減できることが分かった。

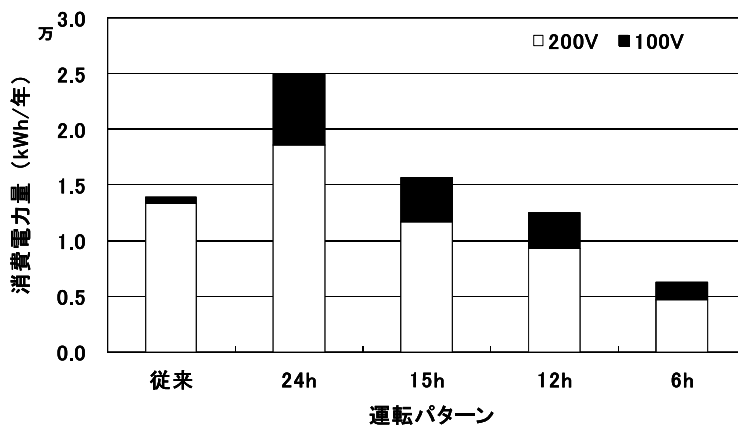


図8．既存設備と本装置の電力消費量の比較

． 結 言

外食産業のグリーストラップ槽や浄化槽にオゾン処理を導入し、既存の生物処理と組み合わせたハイブリッド処理装置の実証実験を行った結果、以下のことが分かった。

排水中のホルムアルデヒド類の濃度を約0.5 (mg/L) 以下にするようにオゾン供給量を制御すると、実験前より BOD やノルマルヘキサン値を30%～80%程度削減することができ、オゾン処理の導入で汚泥発生量を約75%低減できる。

排ガス中に 1 ppm 以下のオゾンを提供するとメチルメルカプタンや硫化水素は低下しないが、アンモニアや二硫化メチルは殆ど分解できることから、オゾン処理は臭気対策にも有効である。

既存設備に比較して維持管理費を15%程度低減が可能である。

以上のことから、オゾン処理を完結的に運転する方が経済・水質管理の面から有効であり、オゾン処理と生物処理を最適化するハイブリッド型の制御方法が必要であることが分かった。

謝 辞

本研究は、平成14、15年度地域コンソーシアム研究開発事業として行われ、その後、タソー（株）によって製品化された。また、レック（株）には、店舗の使用等でご協力頂いた。ここに謝意を表す。

【参考文献】

- (1) 福岡県・(株)理研，理研高効率ガス溶解装置．特願平11-174313号，1999．
- (2) 藤本登，食品産業廃水に対する高濃度オゾンによる廃水処理実験，日本産業技術教育学会，46(4)，227-231，2005．
- (3) 藤本登・石橋修一・田口研治・山本博美・緒方茂行，外食産業の厨房排水に対する高濃度オゾンの利用，環境科学会誌，16(2)，117 - 123，2003．
- (4) 藤本登・桃野太壮・緒方茂行・長谷部建二・執行崇永・山本博美，厨房排水の高効率オゾン処理に関する研究，第13回日本オゾン協会年次研究講演会，109-112，2003．
- (5) 環境庁公示第5号など，廃棄物の処理及び成層に関する法律施行令，昭和46年9月24日施行 - 平成4年7月改正．