

廃棄物を利用した生物膜法による家畜尿汚水処理技術の確立(2)

誌名	岡山県総合畜産センター研究報告 = Bulletin of the Okayama Prefectural Center for Animal Husbandry & Research
ISSN	09154728
著者	脇本, 進行 古川, 陽一 白石, 誠 内田, 啓一 日野, 靖興
巻/号	11号
掲載ページ	p. 71-75
発行年月	2000年3月

廃棄物を利用した生物膜法による家畜尿汚水処理技術の確立（Ⅱ）

脇本進行・古川陽一・白石 誠[※]・内田啓一・日野靖興

要 約

オガクズによる1次処理能力及びアルミ缶を濾材とした生物膜法における豚尿汚水の間欠曝気法による窒素、リンの除去について検討した。

- 1 間欠曝気による窒素の除去率は、3時間間欠曝気が最も高く、次いで連続曝気、6時間間欠曝気の順であったが統計的な差は認めなかった。
- 2 間欠曝気によるリンの除去率は、6時間間欠曝気、3時間間欠曝気が連続曝気に比べ高いものの6時間間欠曝気ではBOD、COD除去率が低く、3時間間欠曝気が有効と考えられた。
- 3 1次処理については、COD、BOD、SS、T-Pともに約50～70%除去され、日数の経過とともに除去率は向上する傾向を示し、浄化処理の前処理としての有用性が示唆された。

キーワード： 尿汚水、オガクズ、生物膜、アルミ缶、間欠曝気

緒 言

近年の市街化、混住化に伴い畜産に起因する水質汚濁、悪臭等の苦情発生件数は増加する傾向にある。このような状況の中でふん尿処理は畜産経営にとって避けて通れない問題となっている。

家畜尿汚水は一般に浄化処理により処理されるが、浄化法としては、活性汚泥法、生物膜法等様々な処理方法がある¹⁻⁵⁾。

活性汚泥法は、汚泥量の調整、返送等その維持管理が高度であり、維持経費も高価である。一方、生物膜法は、活性汚泥法に比べ、浄化能力が劣るものの、水質、水量の変動に強く、維持管理も比較的容易であるといった利点がある。これらのことから、農家段階で実施可能な簡易浄化処理法として廃棄物を利用した生物膜法の浄化処理を検討している。

前報⁶⁾において、各種廃棄物の濾材としての適性を検討した結果、アルミ缶が最も浄化能力が優れていたことを報告した。

本報では、オガクズを利用した1次処理及び生物膜法における間欠曝気法を検討したので、その概要を報告する。

材料及び方法

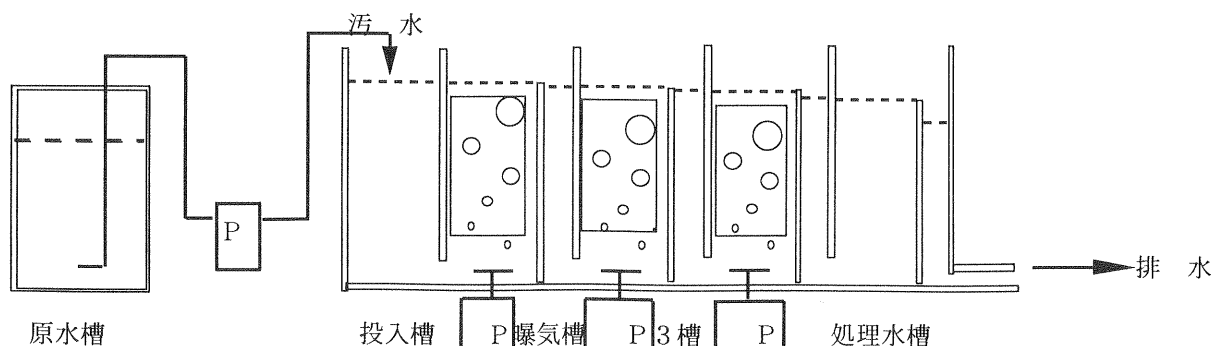


図1 実験装置の概要

試験1；間欠曝気法の検討

1 試験区分

試験区分は表1に示すとおり3区を設定した。各区のBOD容積負荷量は、落合ら⁷⁾の報告から生物膜法での最適BOD容積負荷量の $0.4\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$ に設定した。

実験装置の概略は図1に示した。装置は汚水投入槽、曝気槽3槽、処理水槽からなり、曝気槽の有効容積は、計34Lである。濾材は、田原ら⁶⁾の結果からプレスしたアルミ缶50個をステンレス製かご(20cm×20cm×20cm)に入れ、各曝気槽に設置した。

投入汚水は、豚尿汚水、豚ふんを3.5L：1.9kgの割合で混合して、0.5mm目のふるいを通し、BOD濃度2,000ppmに希釈後、比較的高窒素負荷(BOD:T-N=100:35)になるよう尿素を添加調整、原水槽に投入した。

原水槽から投入槽への汚水の投入は、マイクロチューブポンプを用いて、1日当たり7.2Lを1区、3区では4回、2区では2回にそれぞれ分けて曝気休止時に投入した。曝気は散気管により曝気槽底部から行い、

表1 試験区分

区 分	曝 気 方 法	BOD容積負荷量
1 区	3時間間欠曝気	$0.4\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$
2 区	6時間間欠曝気	$0.4\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$
3 区	連 続 曝 気	$0.4\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{日}$

曝気量は第1槽を2L/分、第2槽を1.5L/分、第3槽を1L/分とした。

試験は、アルミ缶を曝気槽への投入後、2ヶ月の馴致運転の後、1999年8月27日から9月17日の約1ヶ月間試験を行った。

なお、調査データの解析は一元配置法で解析した。

2 調査項目及び方法

調査項目は、投入汚水、投入槽、曝気槽3槽、処理水の水質性状とし、pH、EC、COD、BOD、SS、T-N、T-P、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素を週1回、延べ3回調査した。

また、溶存酸素は、試験期間中1回各曝気槽について1時間ごとに調査した。

分析方法は、pH、ECはガラス電極法、CODは過マンガン酸カリウムによる100℃30分加熱法、BODはウインクラーアジ化ナトリウム変法、T-N及びT-Pは同時分解法、SSはガラス繊維ろ過法により測定した。また、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素についてはプレムナー蒸留法、溶存酸素量についてはポーラル方式DO電極法により分析測定した。

試験2；オガクズによる1次処理の検討

1 試験区分

試験区分は表2に示すとおり、2区を設定した。

実験装置の概略は図2に示した。装置は10L（オガクズ）表面積362cm²の1次処理槽にオガクズ2kgを充填、約25cmに鎮圧した。

供試汚水は、バーンクリーナーで固液分離を行った牛尿汚水を、各BOD濃度に水道水で希釈し用いた。

負荷水量は両区とも、井上らによる試験⁹⁾で得られた最大負荷水量25L/m²・1日とほぼ同様の約1L/362cm²・1日とし、マイクロチューブポンプを用いて毎日1回90分駆けて連続投入した。

試験は、1999年11月4日から1999年12月9日の約5週間とした。

表2 試験区分 (mg/l, ml/日)

区分	BOD濃度	投入汚水量
1区	5,000	1,000
2区	10,000	1,000

2 調査項目及び方法

調査は投入汚水、処理水の水質性状と試験開始前及び終

了時のオガクズ成分について行った。

投入汚水及び処理水の水質性状は週1回、試験期間中計6回採水し、pH、EC、COD、BOD、SS、T-N、T-P、アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素について行った。

オガクズ成分は開始前と終了時の2回、pH、EC、T-C、T-N、P²O⁵、K²Oについて分析測定した。

分析方法については、汚水処理水性状は試験1に準じて分析した。また、大腸菌群数は最確数法により測定した。

1次処理濾材の固形分調査についてはpH、ECは蒸留水で5倍希釈しガラス電極法で分析し、T-C、T-NはCNコーダーで分析した。P₂O₅はモリブデン酸法、K₂Oについては原子吸光を用い分析した。

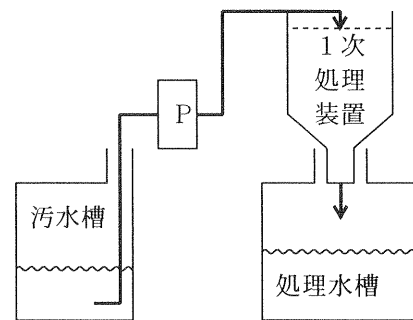


図2 1次処理装置の概要

結果及び考察

試験1；間欠曝気法の検討

1 溶存酸素量(DO)の変化

窒素、リンの除去に関係する好気、嫌気状態を確認するため調査したが、各曝気槽におけるDOの推移を図3に示した。縦軸にDO濃度、横軸に曝気停止直後を基準(0時間)にその変化を示した。

第1曝気槽では、曝気時1区、2区ともに最高4ppm前後の値を示したが、1区、2区ともに曝気停止後1時間で0ppmになり、その後曝気開始までの時間、即ち1区では2時間、2区では5時間、完全嫌気条件下におかれた。第2曝気槽では、曝気時は4～5ppm前後の値を示したが、曝気停止後、1区においては1時間後、2区においては2時間後から嫌気条件下におかれた。第3曝気槽では各区とも曝気時は5ppm以上で推移し、曝気停止後は1区、2区ともに完全嫌気状態に至らなかった。また、各曝気槽とも曝気開始後は速やかにDO

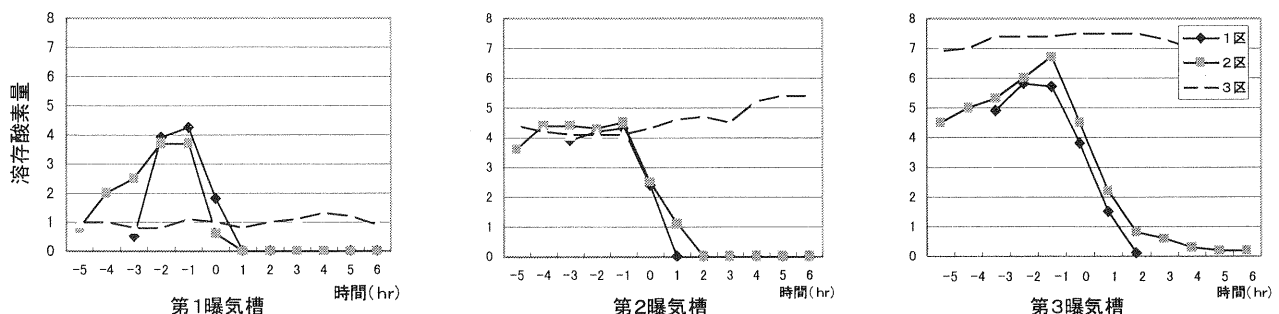


図3 各曝気槽におけるDOの経時的変化(mg/l)

表3 投入汚水及び処理水の性状

		(mS/cm, ppm)									
区	分	pH	EC	BOD	COD	SS	T-N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	T-P
投入	汚水	8.44	2.100	1806.17	860.65	1901.67	713.68	8.87	2.10	301.41	98.00
1	区	6.28	1.320	7.82 (99.57)	85.10 (90.11)	8.57 (99.54)	227.77 (68.09)	22.88	70.98	54.86 (81.80)	14.86 (84.84)
2	区	6.34	1.229	29.26 (98.38)	227.81 (73.53)	12.67 (99.33)	274.64 (61.52)	105.06	5.84	71.21 (76.37)	12.82 (86.92)
3	区	4.69	1.410	3.79 (99.79)	85.85 (90.03)	6.90 (99.64)	240.60 (66.29)	7.94	100.15	48.80 (83.81)	25.78 (74.02)

()内は除去率

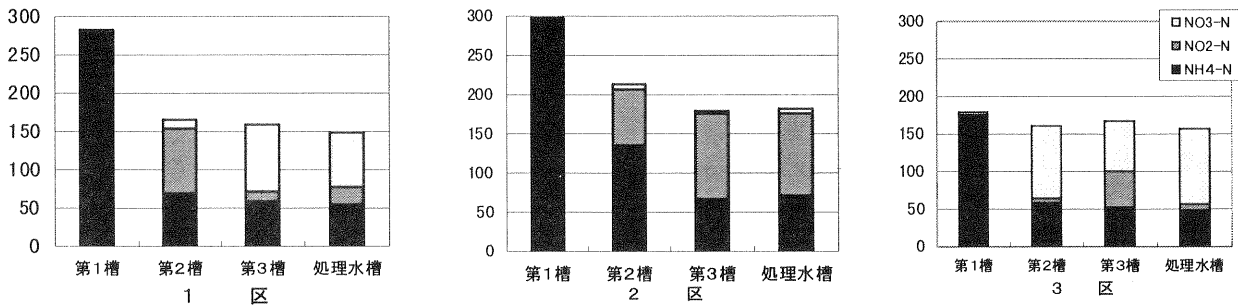


図4 NO₃-N及びNH₄-Nの推移(mg/l)

の上昇がみられた。3区連続曝気では第1曝気槽で1 ppm、第2曝気槽で4~5 ppm、第3曝気槽では7~8 ppmで推移した。

なお、活性汚泥法では通常1~5 ppmが最適とされているが、第3曝気槽では曝気時に1区、2区では5~6 ppm、3区では7 ppmで推移し、過曝気であることが示された。また、第2曝気槽では、5 ppm以下であるものの、曝気停止後のDOの減少が第1曝気槽に比べ時間を要したことから第2、第3曝気槽についても通気量を調整する必要性を認めた。

2 処理水の性状

投入汚水及び各試験区における処理水の性状は表3に示した。

T-Nは、投入汚水濃度713.68ppmに対して処理水で227.77~274.64ppmの濃度まで低下し、排水基準値をクリアしなかったものの、除去率は1区68.1%で最も高く、次いで3区66.3%、2区61.5%の順であった。しかし、統計的に差は認めなかった。本報では窒素を比較的高濃度にしたため60%台の除去効果しか得られなかった。これは金ら⁹⁾によるBOD/T-N比3.0以下ではT-N除去率は著しく低下するという報告に一致する。

T-Pは、投入汚水濃度98ppmに対し処理水では1区、2区で各々14.86ppm(除去率84.8%)12.82ppm(86.9%)であったのに対して3区では25.78ppm(76.4%)とリンの除去効果は低く、間欠曝気の1、2区と連続曝気の3区の間で統計的にも5%水準で有意差があり、間欠曝気による生物学的脱リン効果を認めた。

BODについては、投入汚水濃度1,806.17ppmに対し処理水の濃度は1区7.82ppm(除去率99.6%)、2区29.26ppm(98.4%)、3区3.79ppm(99.8%)であり、1、3区は2区に比べ除去効果が優れ統計的にも有意差を認めた。

CODについても、投入汚水濃度860.65ppmに対し1区85.1ppm(除去率90.1%)、2区85.85ppm(90.0%)、3区

227.81ppm(73.5%)であり、1、3区では2区に比べ統計的にも有意差を認めた。

SSについては、全ての区で99%以上の良好な成績であった。

3 酸化態窒素の経時変化

窒素の除去と深く関係するアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素の変化を各曝気槽ごとに図4に示した。

3区では硝化反応の最終産物である硝酸態窒素が第2槽からすでに蓄積し、硝化反応が速やかに進んだことが認められた。また、1区では第2槽で硝化反応過程の中間産物である亜硝酸態窒素が蓄積しているものの、第3槽、最終処理槽では最終産物の硝酸態窒素が主体となった。一方、2区では各槽とも亜硝酸態窒素が蓄積し、硝酸態窒素濃度は極微量であった。なお、アンモニア態窒素は投入汚水で300.41ppmあったものが1、3区では第2槽で急激に低下し、処理水槽では6分の1程度の54.86~48.8ppmに低下した。しかし、2区では第1~3槽にかけてほぼ直線的に低下した。

硝化反応は一般的に好気的条件下で行われることから、2区亜硝酸態窒素の蓄積は曝気休止時の嫌気時間(6時間)が硝化反応に大きく影響したためと考えられた。

また、亜硝酸態窒素の存在は、COD濃度にも影響を与えることから2区におけるCOD除去率が低下をもたらしたものと推察される。

以上のことから、BOD、COD等の浄化を含め、併せて窒素・リンの効率的除去を考えるとアルミ缶を用いた生物膜法の場合、3時間間欠曝気が最も効率的であると考察された。

試験2 ; オガクズによる1次処理の検討

1 処理水性状

オガクズで1次処理した処理水の性状は6回調査し、それらの平均値を表4に示した。各項目の除去率についてはBODの除去率は、1区72.5%、2区66.3%、CODの除去率は1区46.7%、2区54.2%、SSの除去率は1区56.1%、2区54.9%、T-Pの除去率は1区55.0%、2区58.1%、T-Nの除去率は1区22.7%、2区24.4%で、T-Nを除けば両区とも約50%~70%の除去率を示し、BOD濃度10,000ppmの高濃度であってもT-Nを除けば50%以上の除去効果が得られたことから、無希釈汚水においてもオガクズによる1次処理の有効性が示唆された。

しかし、大腸菌群数は投入汚水1区49MPN/100ml、2区128MPN/100mlに対して処理水では1区 7.7×10^4 MPN/100ml、2区 4.0×10^5 MPN/100mlであり、オガクズ内での増殖がみられた。

オガクズを用いた1次処理水の性状変化を除去率で図5に示した。投入汚水のBOD濃度の違いによる影響は少なく処理水の性状はほぼ全ての分析項目について、1週目で高い除去率を示した。しかし、2週目以降、急激に除去率は低下した。水質汚濁の指標となるCODでは2週目から低下し1区38%、2区34%、BODでは3週目が最も低く1区45%、2区53%となり、また、SSでは4~5週が最も低く1区5週目4%、2区4週目46%であり除去率の低下が認められた。しかし、その後、除去率の改善が認められた。このように除去率が一時低下し、最後に改善されたことは、オガクズの濾過効果以外の微生物等の関与による除去率の向上が示唆された。

また、T-Nでは2週目で除去率が急激に低下し、以降は

試験終了まで約0~15%前後で推移した。このことはT-N等低分子に対するオガクズの作用は当初は吸着作用による高い除去効果を示すが、その後は吸着能力の低下により除去率が低下したためと考えられた。

栗原ら⁹⁾はノコクズ濾床試験ではBOD除去率98%、COD除去率77%の除去率を認め、古山ら¹⁰⁾によるもみ殻濾過試験ではBOD除去率27%、SS除去率41%、T-N除去率19%、T-P除去率33%と報告しており、蘆材の密度等によっても異なるが、本試験におけるオガクズの除去効果はBOD濃度10,000ppm投入汚水でBOD除去率66.3%、SS除去率54.9%、COD除去率54.2%、T-N除去率24.4%、T-P除去率58.1%であり、ノコクズ濾床試験、もみ殻濾過試験の中間的な除去率を示し、高濃度汚水の浄化処理の負荷軽減が期待できた。また、オガクズを濾材とした場合には、除去率は試験期間を通して一定せず、変動したことから、1次処理水は一時的に貯留・混合により濃度の安定化を図る必要がある。

3 オガクズ濾材の成分変化

1次処理前、及び1次処理試験後のオガクズの上部10cm及び下部10cmの成分を表5に示した。

両区ともに炭素を除いて上部は下部に比べT-Nで2倍、 P_2O_5 で約10倍、 K_2O で約10倍程度蓄積し、汚水からの濾過効果は上層が中心と考えられ、目詰まり等を起こした場合でも上層部の交換により簡易的に処理効果の回復が期待できることが考えられた。

表4 一次処理による処理水性状

(mS/cm, ppm, MPN/100ml)

区	分	pH	EC	COD	BOD	SS	大腸菌群	T-N	T-P
1区	投入汚水	9.15	19.4	2016.9	4928.4	114.7	49	2235.3	8.0
	処理水	8.59	14.4	1074.1	1354.0	50.4	77427	1727.0	3.6
	除去率	—	—	46.7	72.5	56.1	—	22.7	55.0
2区	投入汚水	9.21	32.1	3898.5	10850.0	241.1	128	4632.2	16.0
	処理水	8.68	25.6	1784.1	3661.8	108.8	400370	3499.9	6.7
	除去率	—	—	54.2	66.3	54.9	—	24.4	58.1

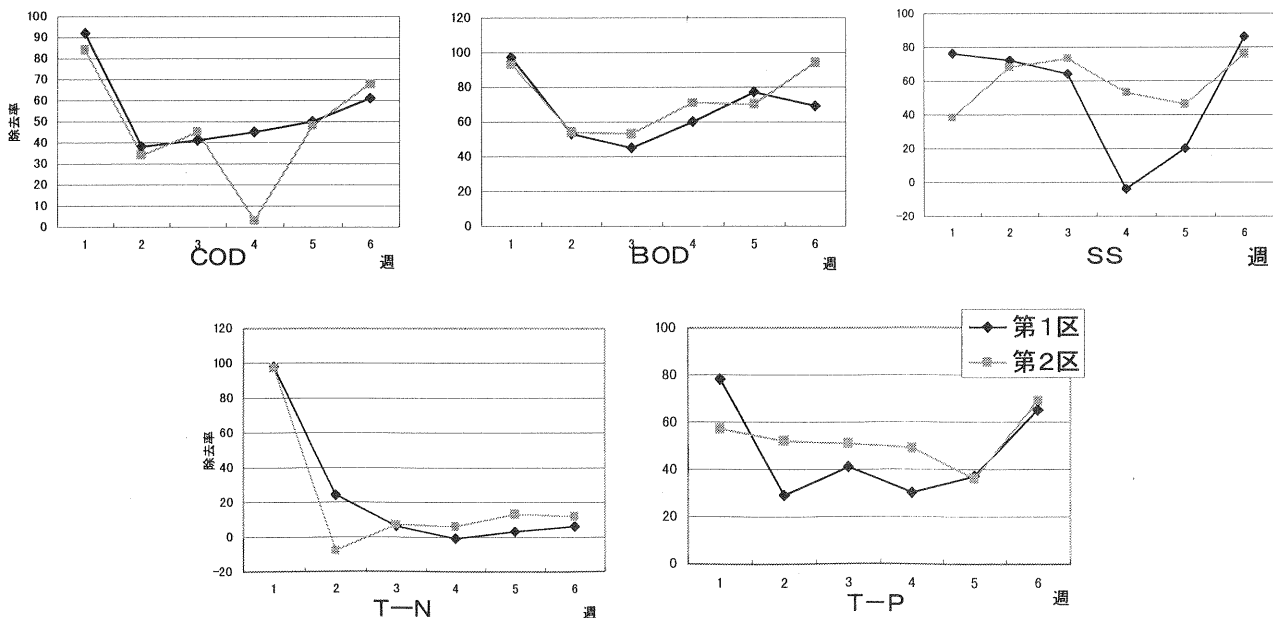


図5 1次処理水の経時的変化

表5 濾材の成分 (mS/cm, 乾物中%)

区 分	pH	EC	T-N	T-C	P ₂ O ₅	K ₂ O
1次処理前オガクズ			0.092	51.377	0.067	0.053
1次処理後1区上部	9.6	9.96	1.223	37.819	1.21	3.403
下部	7.3	5.20	0.657	42.028	0.106	0.571
2区上部	9.4	10.46	1.288	38.247	1.444	3.519
下部	6.9	3.65	0.5	42.624	0.087	0.310

引用文献

- 1) 川野組男・窪園順一郎・横山豪郎・宮内泰千代・平田斎 酸化池方式によるふん尿処理に関する試験：鹿児島畜試研報, 9, 108~115, 1976
- 2) 木庭研二・高野敏則・川辺益美・宮崎俊六 豚舎汚水の土壌植物濾床による浄化処理の実用化に関する研究：熊本畜試研報, 43, 311~333, 1985
- 3) 齋藤健光・山本 剛・設楽 修・中井貞夫 クリーナーによる畜舎汚水の処理：兵庫中農技研報, 26, 4 3~48, 1990
- 4) 山下滋貴・石山英光・井上尊尋 ろ材及び植物利用による畜舎污水处理 第2報 沈殿及びろ過による畜舎污水处理：福岡農総試研報, C-4, 65~70, 1984
- 5) 大泉長治・鈴木和美・鮎川伸治・高島誠二 膜分離を組み合わせた污水浄化処理技術に関する研究：千葉畜七研報, 20, 65~73, 1996
- 6) 田原鈴子、白石 誠 古川陽一ほか 廃棄物を利用した生物膜法による家畜污水处理技術の確立 (Ⅰ)：岡山総畜七研報10, 61~64, 1999
- 7) 落合健吾、仙波 哲 井上和夫、産業廃棄物利用による污水处理試験 (予報) 埼玉県畜試研報23:104~107 1985
- 8) 井上重美、齊木 孝、畜舎污水浄化のための土壌・植物濾床の施行及び管理方法 岡山酪試研報18:148~163 1981
- 9) 金 主鉉 酒村 哲郎ほか 回分式間欠曝気活性汚泥法による豚舎排水の有機物・窒素除去に関するパイロットプラント実験：水環境学会誌22-12 990~996 1999
- 10) 酪農用尿污水浄化施設 (第1報) ノコクズ・植物濾床における浄化能力の検証 鳥取県畜試研報18:33~36 1997
- 11) 古山隆司 畜舎排水浄化処理装置 畜産の研究 53-1 205~210 1999