

畜産廢水處理시스템의 最適設計要因 導出¹

오인환 · 박정현 · 김범석* · 이상락* · 맹원재*

建國大學校 自然科學大學 農業機械工學科

Optimum Design of Animal Wastewater Treatment System

Oh, In Hwan, Park, Joeng Hyun, Kim, Beom Seok*, Lee, Sang Rak* and Maeng, Won Jae*

Dept. of Agri. Machinery Eng., Kon-Kuk University, Chungju 380-701

Summary

An efficient Treatment of animal wastewater is one of the hot issues for preventing the environmental pollution. It should be established the design parameter in order to purify the animal wastewater. A test is carried on in the pilot plant as a simplified activated sludge process.

A vibration sieve separator is devised to keep the pollution load constant by means of separation of solid matter. The BOD removal efficiency of the vibration sieve showed over 50%.

As the test results, the BOD contents of the influent was in average of 3,000 mg/l and that of the effluent 85 mg/l. So, the BOD removal rate showed 97% in average. The SS-contents in the primary chamber was about 3,300 mg/l and that of effluent 92 mg/l. The SS removal efficiency showed 97%. The removal rate of total nitrogen and phosphore were in average of 82%, 87% respectively.

Carrying out in winter season, it showed relatively good results; The design parameter approved in this test can be applied to the full-time farmers.

(Key words : animal wastewater, purification, vibration sieve separation, BOD, T-N, P)

序 論

축산업을 營爲하는 가운데 발생하는 家畜糞尿를 합리적으로 處理하지 않으면 환경을 오염시키는 汚染源이 된다. 일반적으로 糞은 堆肥이용이하여 堆肥로 이용하고 있으나 尿의 경우에는 그러하지 못하다¹⁾.

資源의 재 활용이라는 측면에서 볼 때 분과 뇨는 混合液肥로 이용하는 방법이 가장 경제적이다²⁾, 대부분의 축산농가들이 撒布하기에 충분한 農耕地를 소유하고 있지 못한 점이 이 방법

의 制約要因이 되고 있다. 醱酵乾燥의 방법은 분이 발효하는 과정에서 발생하는 熱을 이용하여 뇨의 일부분을 건조시키기는 하나, 발생하는 乾量을 건조시키기에 力不足이다. 따라서, 畜産廢水를 淨化處理하는 방법도 講究하여야 한다.

그러나, 아직 畜産廢水를 淨化하는데 필요한 最適運轉 條件이 제시되어 있지 않아 축산농가에 어려움을 주고 있다. 중소규모의 축산농가에 보급되고 있는 貯藏液肥化方法은 嫌氣性 處理로 淨化效率이 낮으며³⁾, 中규모이상 전업농가

¹이 연구는 1993년도 건국대학교 동물자원연구센터 연구과제로 수행되었음.

*建國大學校 畜産大學 飼料營養學科(Dept. of Feed and Nutrition, Kon-Kuk University, Seoul 133-701)

에 보급되어 있는 活性汚泥法은 시설투자비용이 과다한 결점이 있다. 따라서, 이러한 단점을 補完할 처리시스템의 개발이 필요하다. 본 실험에서는 실제 규모의 畜産廢水處理場에서 畜産廢水의 淨化, 특히 冬節期에 있어서의 淨化效率를 檢討하여서 設計基準을 마련하고자 한다.

材料 및 方法

設計規模는 糞소 50두와 돼지 100두이었으나, 농장의 실제 飼育規模는 糞소 33두(착유우 11두)와 母豚 12두 및 다수의 仔豚이었으며, 畜産廢水處理시스템의 흐름도는 다음과 같다.

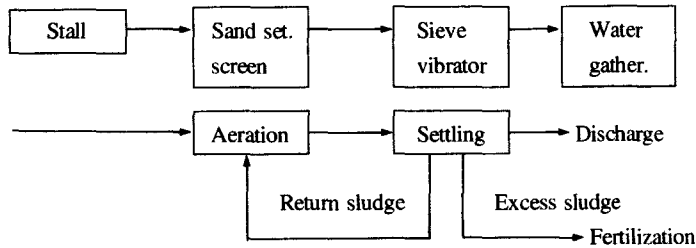


Fig. 1. Flowchart of animal wastewater treatment system

이러한 각 槽의 處理容量 및 設計基準은 이미 발표된 내용과 같다¹²⁾. 畜産에서 糞除去作業의 程度는 廢水處理場의 汚染負荷에 직접적인 영향을 주기 때문에 振動체 固液分離機를 개발하여서 2차적으로 固形物을 제거하여 曝氣槽에 주는 汚染負荷를 일정하게 하였다. 진동체의 Mesh는 40으로 하였으며, 0.2 kw의 진동모타 2개를 장착하였다. 진동체는 10°의 傾斜面을 유지하도록 하였다 (그림 2). 投入槽에 유입된 폐수는 수중모타에 의하여 진동체 固液分離機에 도달한다. 이 곳에서 폐수중의 固形物은 체위를 지나게 되고, 廢水는 체 밑으로 흘러서 集水槽에 유입된다.

과 같다.

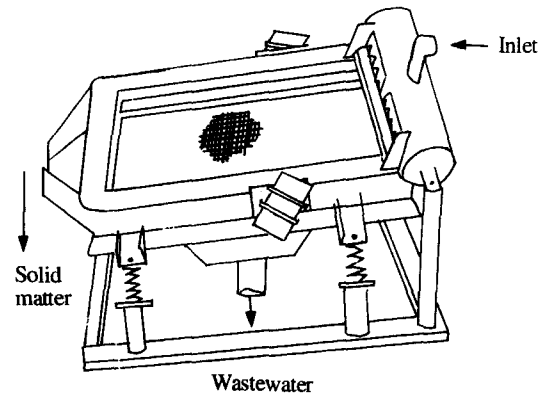


Fig. 2. Vibration sieve separation

曝氣槽에서는 송풍기를 이용하여서 공기를 불어넣어 주었으며, Roots Blower의 風量은 2.28m³/분이었고 전기 모타의 容量은 7.5 PS이었다. 曝氣槽 바닥에는 디스크식 散氣管 30개를 적당한 간격으로 설치하였다. 廢水는 연속적으로 흐르도록 하였으며 曝氣는 간헐적으로 행하여졌다. 즉, 運轉은 4시간 폭기, 4시간 정지로 하였다.

畜産廢水의 處理方式으로는 長時間 曝氣方法을 택하였으며, 처리시스템의 設計因子는 표 1

Table 1. Design parameters of the process

Goal purification :	BOD below 150 mg/L SS below 150 mg/L
BOD loading :	0.2 kg/m ³ /d
BOD-SS loading :	4,000 mg/L
MLSS :	0.05 kg/SS kg/d
Aeration intency :	2.4 m ³ /m ³ /h

試料의 採集은 投入槽, 集水槽, 沈澱槽의 放流水 등 세 군데에서 행하였다. 分析因子로는 BOD, pH, DO, 총질소, 암모니아성 질소, 질산성 질소, 아질산성 질소, 인, SS, SV, 투시도 등을 분석하였다. BOD는 檢壓式(MODEL BSB 620T, WTW사)에 의하여 測定하였으며, 그 원리는 다음과 같다. 시료를 부란병에 채취해서 이산화탄소 吸收劑를 넣은 용기와 壓力計를 함께 밀봉하여 恒溫槽 내에 설치한다. 배양중 시료액을 전자 교반기로 휘저어서, 好氣性 微生物에 의해 소비된 산소를 보급하여 溶存酸素가 항상 飽和 狀態를 유지하도록 한다. 有機物이 分解되는 경우에 발생하는 이산화탄소는 密閉系속의 이산화탄소 吸收劑에 의해 흡수되므로 밀폐계는 소비되는 산소량만큼 減壓狀態가 된다. 수은 壓力計로 이 減壓의 程度를 측정하여 소비된 산소량을 계산하여서 BOD값을 구한다.

SV는 Immenhoff 실린더에 曝氣槽의 廢水を 30분간 정치시킨후 沈澱된 汚泥의 容積으로 하였다. 透視度의 測定範圍는 0~30도로 試料를 눈금 30까지 되어 있는 실린더(形式 WA-PT-2)에 채운 후 廢水를 빼내면서 위에서 보았을 때 바닥에 있는 표시가 보일 때의 수치로 정하였다.

總窒素量은 Kjeldahl방법을 이용하여 구하였다. 암모니아성 질소, 窒酸性 窒素, 아질산성 질소, 그리고, 磷의 含量은 發色法에 의하여 Spectrophotometer에서 吸光度(OD)를 測定하여 분석하였다 (AOAC,1991).

結果 및 考察

진동체 固液分離機의 分離效率를 규명하고자 폐수가 진동체를 통과하기 전과 후의 廢水의 乾物含量을 測定하였다. 分離效率는 축사 내에서 除糞作業의 정도에 의하여 영향을 받으나 최고 약 30%의 固形物 除去效率가 있었다. 진동체에 의한 BOD除去를 알아보기 위하여 投入槽와 集水槽의 BOD濃度를 비교하여 보면 평균 50%의 除去效果를 나타내었다.

曝氣槽 内の DO濃度를 측정된 結果는 다음

과 같다. 曝氣를 행하여 주면 DO가 9.0 mg/l까지 上昇하며, 정지한 상태에서는 2.7 mg/l정도로 減少하였다 (그림 3).

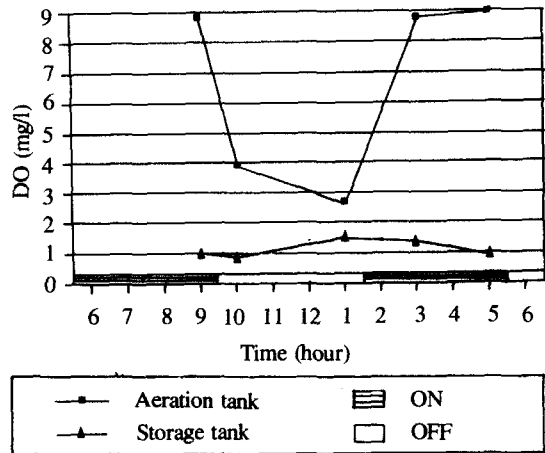


Fig. 3. Variation of dissolved oxygen

4 시간 정지를 하여도 완전한 嫌氣性 狀態로는 되지 않았다. 曝氣槽 内の 水溫은 11월에 15℃정도이었으나, 12월에는 9℃정도로 減少하였다. 계속하여 外氣온이 下降하면서 曝氣槽 內 온도는 3~4℃까지로 떨어졌다.

pH의 값은 曝氣槽에 유입되기 전에는 8 정도로 알칼리성을 나타내었다. 放流水에 있어서는 초기에는 6~7사이로 중성을 나타내다가 나중에는 7~8사이로 되어서 약알칼리를 나타내었다 (그림 4).

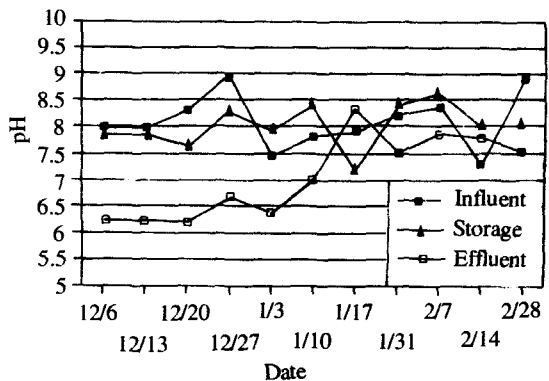


Fig. 4. Variation of pH

각 段階에서의 분석된 BOD濃度は 그림 5에서 보는 바와 같다. 投入槽의 BOD濃度は 상당한 변화를 보이거나 실제에서 축사의 청소 등으로 혼히 있을 수 있는 상황이며 평균 3,000 mg/l로 볼 수 있다. 이 수치는 일반적으로 알려진 범위 내에 있다. 集水槽의 BOD濃度は 평균 1,300 mg/l정도로 되었다. 投入槽와 集水槽 사이의 BOD除去率은 57%를 나타내고 있다. 그 원인은 이미 언급한 바와 같이 주로 진동체 固液分離機의 固形物 分離效果이며 부분적으로는 저장중에서 固形物 沈澱現狀과 醱酵分解에도 기인한다. 放流水의 水質은 실험기간 중 평균 BOD 85 mg/l를 나타내었다. 따라서, BOD 除去率은 평균 97%를 나타내고 있다. 특히, 冬節期에 있어서의 이러한 양호한 結果는 처리시스템의 秀越性を 보여주고 있다. 그러나, 기온의 降下와 함께 개별분석에서는 BOD제거율이 최하 90%까지로 되었으며, 따라서, 酷寒期에 대비하여 畜産廢水 處理場에 하우스의 설치 등 保溫對策을 講究한다면 양호한 除去效果를 얻을 수 있으리라 기대한다. 아울러 許可對象規模의 放流水 許容基準인 150 mg/l 이하를 지속적으로 충족시킬 수 있을 것으로 思料된다.

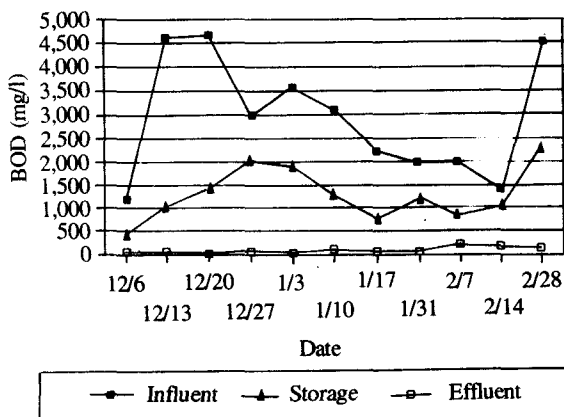


Fig. 5. Variation of BOD

SS濃度は 投入槽에서 약 3,300 mg/l, 集水槽에서 1,000 mg/l, 그리고, 放流水에서는 92 mg/l을 나타내어 SS除去率 역시 약 97%를 나타내었

다. 曝氣槽에서의 MLSS濃度は 7,000 mg/l로 나타났다. 측정된 SV와 透視度를 그림 6에 나타내었다. SV는 초기에 10정도로 적었으나 계속 汚泥를 返送한 결과 12월에는 최고 35까지 증가하였다. 그 후 酷寒期에 沈澱槽가 結氷하는 일이 생겨서 返送을 할 수 없는 경우도 발생하였다. 透視度는 늦여름에는 30까지도 되었으나 계절적인 영향을 받아서 겨울철에는 10정도로 감소하여 겨우 만족할 만한 정도이었다. BOD除去率과 관련지어 볼 때, 透視度の 下降과 SV의 減少는 BOD除去에 부정적인 영향을 미친다고 볼 수 있다. MLSS농도는 7,000 mg/l를 나타내어서 당시 SV 20%를 아래의 식에 대입하여서 SVI (汚泥 容量指數)를 계산하면9) 약 30정도가 된다.

$$SVI = \frac{SV (\%)}{MLSS농도(mg/l)} \times 10000$$

일반적으로 표준활성오니법에서 SVI를 100~150 수준으로 運轉하는 것과 비교하면 SVI가 낮은 편이다.

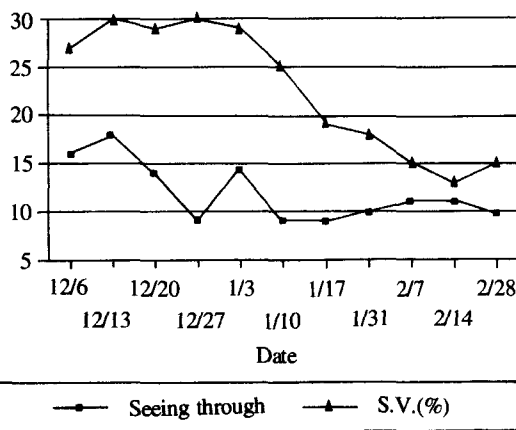


Fig. 6. Variation of SV and seeing through

총질소의 除去效率은 그림 7과 같다. 유입수의 총질소함량은 평균 360 mg/l이었으며, 集水槽에서의 평균함량은 220 mg/l, 그리고 유출수의 평균 총질소함량은 65 mg/l로 되었다. 따라

서, 평균 총질소 除去率은 82%로 나타났다. 이러한 現狀은 集水槽에서의 일부 醱酵과 曝氣槽에서의 충분한 양의 산소공급으로 窒酸化가 충분히 이루어진 결과로 분석된다. 그러나, 온도의 降下에 따라서 除去效率도 鈍化되고 있는 것을 알 수 있다.

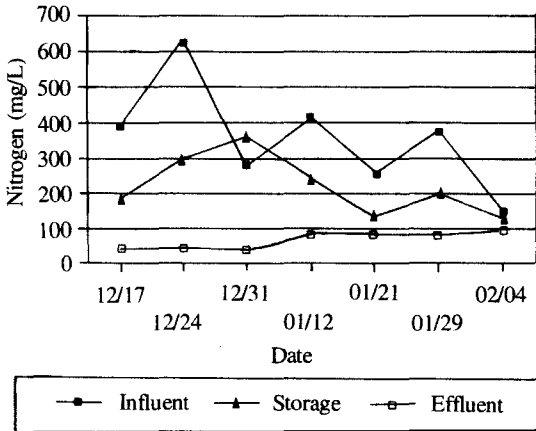


Fig. 7. Variation of nitrogen

암모니아성 窒素의 함량은 각 단계별로 평균 150 mg/l, 113 mg/l, 33 mg/l로 나타났으며, 총질소 대비 42%, 51%, 51%를 차지하고 있다 (그림 8). 암모니아성 窒素가 기온의 降下와 아울러 상대적으로 높은 수준을 나타내고 있는 사실은 窒酸化의 작용이 온도에 의하여 영향을 받는다는 사실을 示唆하고 있다. 질산성 질소는 유입수와 集水槽에서는 거의 발견할 수 없었으나 放流水에서는 평균 82 mg/l를 나타내어서 窒酸化反應이 曝氣槽에서 발생하였음을 증명하고 있다 (그림 9). 아울러 窒酸性 窒素의 減少對策이 마련되어야 하겠다. 아질산성 질소는 유입수와 集水槽에서는 거의 없었다고 볼 수 있으며 유출수에서 아주 微量이 檢出되어 평균 0.047 mg/l 수준의 수치를 나타내었다 (그림 10). 流出水에서 總窒素含量과 窒素化合物含量과의 차이는 실제규모의 試驗에서 발생할 수 있는 誤差이며, 정밀한 분석을 위하여는 실험실 규모의 試驗을 요한다.

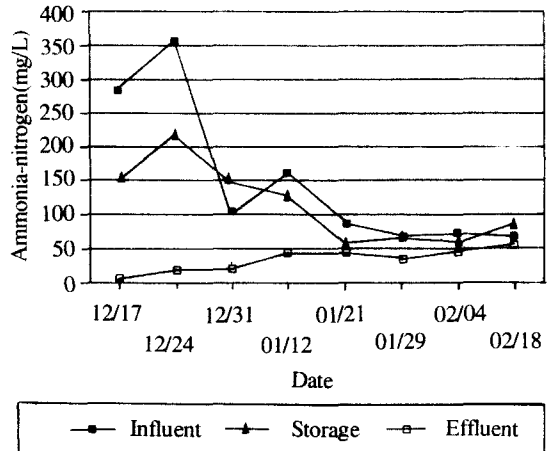


Fig. 8. Variation of ammonia-nitrogen

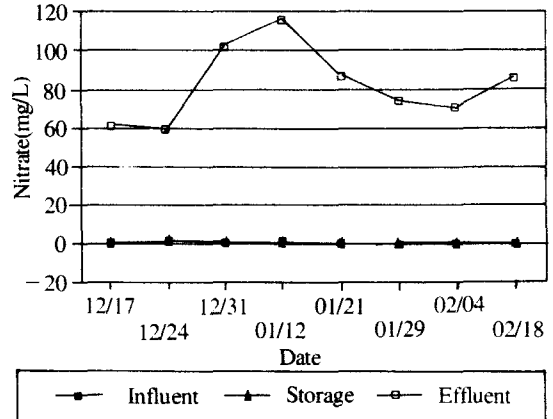


Fig. 9. Variation of nitrate

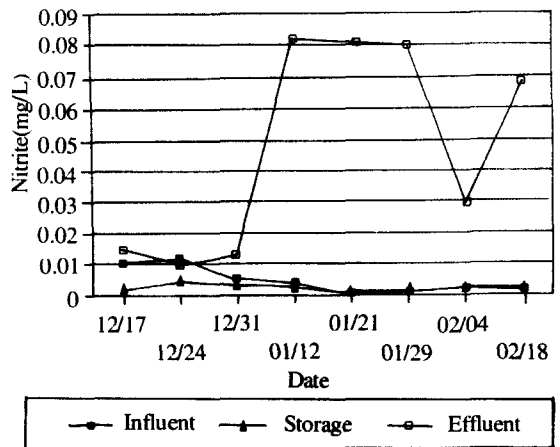


Fig. 10. Variation of nitrite

인의 농도는 전반적으로 낮으며 각 단계별로 보면 평균 24 mg/l, 6 mg/l, 3 mg/l로 되어서 인의 제거효율은 평균 87%를 나타내었다 (그림 11). 원래의 시설은 젖소 50두의 사육규모를 기준으로 하였으나, 현재의 사육마리수가 적은 관계로 BOD 용적부하와 BOD-SS 부하가 설정치보다 약간 낮게 될 수 밖에 없었다. 따라서,曝氣가 과도하게 수행된 감이 있다.曝氣량이 많기 때문에 간헐식으로 하여 주는 것이 유리하며,沈澱汚泥는 계속 반송하여서 剩餘汚泥는 거의 발생하지 않았다.

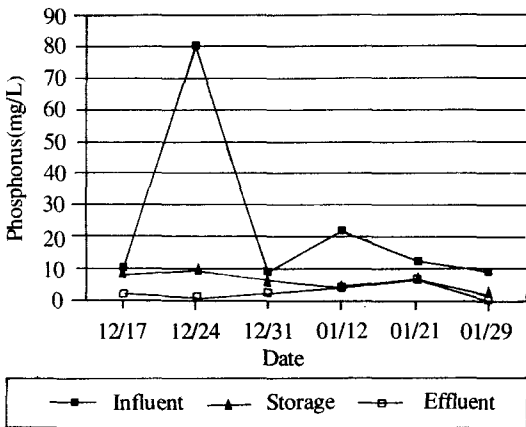


Fig. 11. Variation of phosphorus

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 畜産廢水處理場 施設時 設計基準로 삼은 因子는 만족할 만한 成果를 보여주고 있다. 이 처리시스템은 長時間 曝氣方式으로서 단순하며 負荷를 낮게 잡아 충격적인 負荷에서도 緩衝能力이 크다. 電氣料외에는 일체 運營費가 所要되지 않기 때문에 畜産農家에 適用 可能性을 보여주고 있다.

摘 要

畜産廢水を 단순화한 長時間 曝氣方式으로 淨化處理한 結果는 다음과 같다. 개발된 振動체 固液分離機의 BOD除去 效率는 50%이상으로 높게 나타났다. 投入槽의 BOD濃度는 평균

3,000 mg/l, 集水槽의 BOD濃度는 1,300 mg/l, 그리고, 放流水의 BOD濃度는 평균 85 mg/l를 나타내어 BOD 除去率은 평균 97%를 나타내었다. SS濃度도 投入槽에서 약 3,300 mg/l, 集水槽에서 1,000 mg/l, 그리고 放流水에서는 92 mg/l를 나타내어 SS除去率 약 97%를 나타내었다. 總窒素含量은 流入水에서 평균 360 mg/l, 集水槽에서 220 mg/l, 그리고 流出水에서는 평균 65 mg/l로 되어서 總窒素 除去率은 평균 82%를 나타내었다. 암모니아성 窒素의 含量은 각 단계별로 평균 150 mg/l, 113 mg/l, 그리고 33 mg/l로 나타났으며, 窒酸性 窒素는 流入水와 集水槽에서는 거의 발견할 수 없었으나 放流水에서는 평균 82 mg/l를 나타내어 窒酸化 反應이 활발하게 진행된 것을 알 수 있다. 인의 농도는 전반적으로 낮았으며 각 단계별로 평균 24 mg/l, 6 mg/l, 3 mg/l로 되어서 인의 除去效率는 평균 87%로 되었다.

(핵심어 : 축산폐수, 정화, 진동체 고액분리기, BOD, 질소, 인)

參 考 文 獻

1. Besnard, C. 1980 : Balance and Evolution of Nitrogen Compounds during the Treatment of Slurry. In: Effluents from Livestock, (edited by J. K. R. Gasser) Applied Science Publishers LTD. London, 496-507.
2. Harada, Y., Osada, T., Haga, K. and Koshino, M. : Removal of Nitrogen and Phosphorus from swine waste water.
3. Heduit, A. 1980 : Transfer of Oxygen in Piggery Wastes. In: Effluents from Livestock, (edited by J. K. R. Gasser) Applied Science Publishers LTD. London, 481-495.
4. Honda K. 1971 : Kanagawa activated sludge system, 24-30.
5. Irgens, R. L. and Day, D. L. 1966 : Aerobic Treatment of Swine Waste. ASAE Publication Nr SP 0366/1966. 58-60.

6. Lee, Y. W. 1992 : A Study on the Optimum Operation for Nightsoil Treatment Using Sequencing Batch Reactor. Thesis Seoul National University.
7. Mannebeck, H. 1983 : Neue Wege der Flüssigmistverwertung. Erfolg im Stall. Sonderdruck 2 / 1983.
8. Merkel, J. A. 1981 : Managing Livestock Wastes. AVI Publishing Company. INC.
9. Metcalf and Eddy, 1979 : "Wastewater Engineering". Treatment / Disposal / Reuse. McGraw-Hill Book Company.
10. Oh, I. H. 1990 : A Study on the Management of animal Waste. Journal of Research Institute of Natural Science, Kon-Kuk University, Vol. 1, 47-62.
11. Oh, I. H. 1992 : Treatment of animal waste. The First International Symposium on the Development of National Resources and Environmental Preservation. Korea University, Institute of National Resources and Environment (INRE), 254-271.
12. Oh, I. H., Kim, B. S., Lee, S. R. and Maeng, W. J. 1993 : An improved treatment of animal wastewater. International Conference for Agricultural Machinery and Process Engineering, Vol.V, 1379-1394.
13. Prakasam, T. B. S., Srinath, E. G., Anthonisen, A. C., Martin, J. H. and Loehr, R. C. : Approaches for the Control of Nitrogen with an Oxidation Ditch. 421-435.
14. Rager, K. Th. 1971 : Abwassertechnische und wasserwirtschaftliche Probleme der Massentierhaltung. KTBL-Bauschriften Heft 11.
15. Seufert, H. 1989 : Entwicklungen bei der Lagerung und Behandlung von Flüssigmist. BfL 2/89, 6-11.
16. Thomsen, U. 1974 : Über die Wirkungsweise der Mehrkammerfaulgruben. Diplomarbeit Universität Kiel.
17. Voorburg J. H. Ir. 1988 : Treatment of manure surpluses. In : H. VETTER et al. (eds), Safe and Efficient Slurry Utilization. 251-164.