

고정식 미디어법을 이용한 선박의 오폐수 처리

한상화[†] · 이대호 · 강부녕 · 배상범 · 윤종문
(주)광산 기술연구소

Ship Sewage Treatment Using Fixed Media Method

Sang-Hwa Han[†], Dea-Ho Lee, Bu-Nyung Kang, Sang-Bum Bae and Jong-Mun Yoon
Kwang san Co., LTD, R&D Center/Research Engineer

요 약

본 연구는 선박에서 발생하는 오폐수를 시중에서 많이 사용되고 있는 Poly Propylene를 이용한 고정식 미디어법의 처리효과를 검증하고, MLTM 및 IMO의 MEPC에서 규정하는 2010년 1월 1일 이후 선박에 설치되는 선박분뇨처리 장치의 처리수의 처리 기준에 적합하고 현장에 적용 가능한 선박분뇨처리장치를 Pilot Scale을 통해 개발 가능성을 고찰하였다. 배출수의 pH 기하평균은 7.68이고, BOD₅ 기하평균은 7.28 mg/l, COD_{cr} 기하평균은 48.39 mg/l, TSS 기하평균은 18.00 mg/l, 잔류염소 기하평균은 0.19 mg/l, 분원성 대장균 기하평균은 1 cells/100 ml로 측정되었다. 각 항목별 처리효율은 BOD₅ 97.4%, COD_{cr} 96.4%, TSS 97.6%로 높은 처리효율을 나타냈으며, 개발한 선박분뇨처리장치는 국토해양부 및 MEPC의 해양오염방지설비 성능시험 규정에 적합한 제품으로 판정되었다.

Abstract – The purpose of this study is to develop Sewage Treatment Plant that treat sewage which occurred in ship using fixed media method and to consider applicable to the Pilot Scale device of the STP regulations in MLTM(Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs) and MEPC(Marine Environment Protection Committee). In test results, pH geometric mean was 7.68, BOD₅(Biochemical Oxygen Demand) geometric mean was 7.28 mg/l, COD_{cr}(Chemical Oxygen Demand) geometric mean was 48.39 mg/l, TSS(Total Suspended Solid) geometric mean was 18.00/l, Residual chlorine geometric mean was 0.19 mg/l, and *E. coli* geometric mean was 1CFU/100 ml. In addition, about 97.4% of BOD₅ was reduced, the COD_{cr} reduction averaged 96.4% and the TSS reduction averaged 97.6%. STP have been determined by the MLTM and MEPC regulation of the marine pollution prevention equipment for performance testing product.

Keywords: MLTM(국토해양부), BOD₅(생물학적 산소요구량), COD_{cr}(화학적 산소요구량), MEPC(해양환경보호위원회), TSS(총 부유물질), Geometric mean(기하평균)

1. 서 론

우리나라는 세계 제1의 조선대국, 세계 제6의 해양대국, 선박의 보유량은 세계 제6위의 해양강국이다. 그러나 근해지역을 중심으로 해마다 증가되는 선박의 물동량 증가는 다양한 오염물질을 증가시키고 있으며, 이로 인해 양식장과 어장에 큰 피해를 입히고 더 나아가 생태계가 파괴되는 등 피해규모가 증가하고 있다(김인수, 2008; 조선협회, 2009).

선박으로 인한 환경오염은 특정 국가만의 책임이 아니라 국제

적이고 범지구적인 문제임을 재인식하고 해양환경을 보전하기 위해서는 국제적인 노력이 동참되어야 함을 절감하는 계기가 되어 해양환경의 보호를 위한 국제적 움직임이 가속화됨에 따라 국제해사기구 IMO(International Maritime Organization)의 MEPC(Marine Environment Protection Committee)는 선박의 화장실 등에서 발생하는 오수의 배출을 규제하는 오수방지협약(MARPOL 73/78 부속서)을 2003년 9월 27일부터 국제적으로 발효하였다. 이후 MEPC 제 55차 회의에서 개정된 생물화학적 분뇨처리장치의 성능시험 기준인 Res.MEPC.155(55)를 2006년 10월 13일자로 채택하여 2010년 1월 1일 이후에 선박에 탑재되는 생물화학적 분뇨처리장치에 대하여 적용시켰다(박·김, 2006; IMO, Marpol 73/78(1973, 1978);

[†]Corresponding author: sanghwa1002@hanmail.net

IMO MEPC159(55), 2006).

이러한 국제적 협의에 의해 우리나라의 국토해양부에서는 2008년 5월 26일 선박에서 발생하는 분뇨를 처리하기 위한 “해양오염 방지설비 형식승인을 위한 성능시험 및 검증기준”을 Res.MEPC.159(55) 기준으로 개정하여 2010년 1월 1일 이후에 건조되는 선박에 탑재되는 생물학적 분뇨처리장치에 적용시켰다(국토해양부, 2008).

기존에는(2010년 이전까지는) 선박용 분뇨처리장치 처리공법으로 활성슬러지법을 이용한 생물학적 처리장치가 큰 비중을 차지하고 있었다. 그러나 이러한 활성슬러지 공정은 폭기조의 미생물 농도가 낮게 유지되기 때문에 유입수 부하변동에 대한 적응성이 낮으며, 슬러지와 처리수를 분리하기 위해 필요한 침전조의 용량이 크기 때문에 넓은 설치 면적이 요구되고, 폭기조 내 잉여슬러지가 많이 발생하여 잦은 청소가 요구되는 등의 문제점을 지니고 있다(손 등, 2000; Hegemann, 1984; Focht *et al.*, 1975).

이러한 문제점을 해결하기 위해 고정식 미디어법(Fixed Media Method)의 연구가 활발히 진행되고 있으며, 고정식 미디어법의 장점은 원하는 미생물을 우점종화 할 수 있고, 이에 따른 높은 처리 효율을 기대할 수 있으며, 폭기조의 유효미생물이 담체에 고정화되기 때문에 유효 미생물농도를 높게 유지할 수 있으며, pH나 온도, 유기물 부하변동에 안정적인 운전이 가능하다는 장점을 가지고 있다(Kang, 1998; Kornegay *et al.*, 1968, Sen *et al.*, 1994).

본 연구는 선박에서 발생하는 오폐수에 대해 시중에서 쉽게 구입이 가능한 Poly Propylene 미디어를 이용한 고정식 미디어법의 처리효과를 검증하였다. 그리고 Poly Propylene 미디어를 이용하여 국토해양부 및 IMO의 MEPC에서 규정하는 2010년 1월 1일 이후 선박에 설치되는 선박분뇨처리장치의 처리수 처리 기준에 적합한 현장(선박)에 적용 가능한 선박분뇨처리장치를 Pilot Scale로 제작하여 개발 가능성을 고찰하였다.

2. 실험재료 및 방법

2.1 Media

본 연구에 사용되는 Media는 담체중 비표면적이 크며, 미생물 부착능력이 우수한 것으로 알려진 제품 중 쉽게 구입이 가능한 “D” 업체의 Media를 적용하였다. Media의 크기는 1300 × 45 mm(H), 재질은 PP(Poly Propylene), 공극률은 95%, 비표면적은 65 m²/m³, 중량은 47 g이다. 폭기조 1, 2 체적의 약 60%만큼 Media를 넣어 SUS 파이프로 고정시켰으며, Mass transfer와 Oxygen transfer를 원활히 하기 위해서 Media는 일정한 간격을 두고 설치하였다.

반영구적으로 사용이 가능한 Media를 적용하였지만, 폭기조를 청소하거나, 부러짐 및 탈리를 할 경우 폭기조 내부에 들어가야 하는 번거로움을 최소화하기 위하여 외부에서 수리 및 교체 가능하도록 설계하였다.

2.2 Air Diffuser

산소를 주입하는 장치는 “D” 업체의 Fine-Bubble Membrane Air Diffuser로, 기포의 크기는 1~3 mm이며, 산소전달효율은 23% 이상이고, 역류방지 기능이 추가된 제품을 선택하여 적용하였다.

선박분뇨처리장치에 사용되는 Air diffuser은 일반적으로 2~3년 마다 교체나 수리를 해야 한다. Air diffuser 수리 및 교체할 경우 사람이 직접 폭기조 내부에 들어가야 하는 번거로움을 최소화하기 위해 선박분뇨처리장치 외부에서 교체나 수리가 가능하도록 설계하였다.

2.3 분뇨처리장치

본 연구에 활성슬러지 공법을 응용한 고정식 미디어법을 이용하였으며, 이용된 분뇨처리장치의 Diagram은 Fig. 1과 같으며, 모

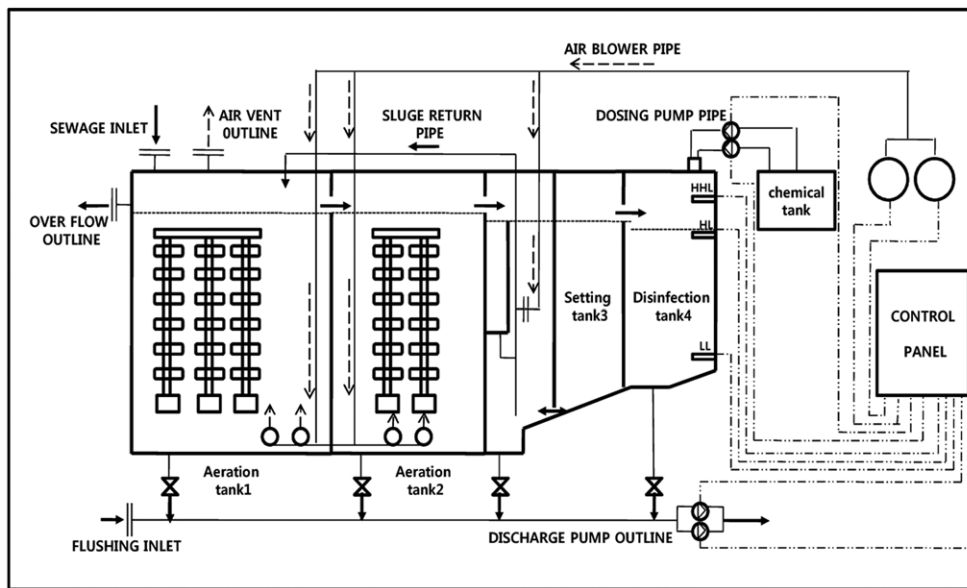


Fig. 1 Schematic diagram of sewage treatment plant.

텔명은 KS-STP38로 명명하였다. 반응조는 Pilot 규모로, 선박 탑승인원 38인 기준으로 설계 및 제작하였고, 폭기조 1(1.38 m³), 폭기조 2(0.63 m³), 침전조(0.225 m³), 살균조(0.063 m³) 등 4개의 탱크로 구성되어 있다.

선박의 종류에 따라 상이하지만, 일반적으로 선박은 장기간 항해를 지속한다. 이로 인해, 선박분뇨처리장치의 구성품 중에서 pump와 blower 고장이 날 경우 미처리 오폐수를 Bilge tank에 보관해 욕상에서 처리해야만 한다. 따라서 본 연구에서는 2 pump, 2 blower 시스템을 설계 적용하여 1개의 pump 또는 blower 고장 시에도 선박분뇨처리장치의 기능이 정상적으로 유지되도록 제작하였다.

2.4 실험방법

본 연구에 사용된 원수는 분뇨수거업체인 “A” 업체의 인분뇨를 사용하였으며, “국토해양부 고시 제2008-191호(2008. 5.26) 해양오염방지시설비 형식승인을 위한 성능시험 및 검정기준 및 IMO의 MEPC 159(55)”에서의 유입수 조건(BOD 200 mg/l 이상, TSS 500 mg/l 이상)을 만족하기 위하여 원분뇨에 담수를 1:18(V:V)로 희석하였다. 본 시험에 사용된 유입수의 성상은 Table 1과 같이 유입수의 평균 pH는 7.51, COD_{cr}는 1329.4 mg/l, BOD₅는 277.7 mg/l, TSS는 752.6 mg/l, 내열성 대장균군은 657.5 cells/100 ml이다.

폭기조1로 유입되는 유입수는 “국토해양부 해양오염방지시설비 형식승인을 위한 성능시험, 검정기준 및 MEPC159(55) 기준”에 맞추어 정량펌프를 사용하여 Table 2의 Time schedule과 같이 일정한 양의 분뇨를 공급하였다.

시료채취 시간은 Fig. 2과 같이 08:00, 09:30, 14:30, 17:00로 1일 4회이고, 총 시험기간은 10일 동안 진행하였으며, 반응조내 미생물 배양을 위해 시험 5일전부터 연속 폭기시켰다.

폭기조내의 미생물 안정화는 DO, pH, MLSS농도, 온도 등 여러 요소를 이용하여 판단한다. 본 연구에서는 접촉산화법의 미생물 안정화를 판단하기 위하여 폭기조의 MLSS(Mixed Liquor

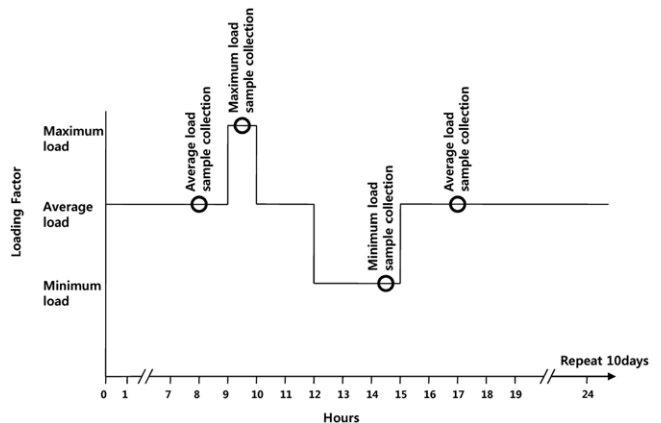


Fig. 2. Sampling time schedule.

Suspended Solid) 농도가 1500 mg/l~2000 mg/l되었을 때 본 시험을 진행하였다(이 등, 2000).

본 연구에 이용된 실험분석 항목 중 배출수의 pH는 샘플링 즉시 pH meter(HANNA Model HI 8424NEW)를 이용하여 측정하였다. 폭기조 내의 온도는 Data logo(FLUKE Model NetDAQ 2640A)를 이용하였고, DO(Dissolved oxygen)는 DO meter(NANNA Model HI 9146)를 이용하였다. 유입수 및 배출수의 화학적 분석은 KOLAS 인증기관인 “K”사에 의뢰하여 분석하였으며, 사용된 분석방법은 다음과 같다. 생물화학적 산소요구량(BOD₅)은 APHA 5210(2005)에 의하여 5일간 배양된 시료의 DO농도 차이를 이용하여 측정하였으며, 총부유물질(TSS)은 APHA 2540(2005)에 의하여 유리섬유여지법으로 측정하였다. 그리고 화학적 산소요구량(COD_{cr})은 ISO 15705(2002)에 의하여 중크롬산칼륨 법을 사용하였다. 또한 분원성 대장균은 US EPA 1603(2006)에 의하여 mTEC 한천평판배지를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 pH

pH는 분뇨의 생물학적 처리방법에 있어서 중요한 수질항목이며 미생물의 증식 및 대사반응, 대사산물의 종류와 양에 크게 영향을 미치는 환경인자 중의 하나이다. 생물학적 분뇨처리를 위한 최적 pH는 6.5~8.0 이다(임성문, 2000).

시험기간 동안 폭기조1의 평균 pH는 7.89, 폭기조2의 pH는 7.75로 생물학적 분뇨처리를 위한 최적의 pH(6.5~8.0)를 유지하였다. 그리고 Fig. 3과 같이 살균조를 통과한 배출수의 pH는 7.19~8.30 사이였고, 기하평균은 7.68로 국토해양부 및 MEPC의 배출수 규정(6~8.5사이)에 적합한 값으로 측정되었다.

시험기간 7일 이후부터는 비교적 안정적인 pH값을 나타내었으며, 시험이 진행되는 초기 부하량 변동에 따라 pH가 올라갔다 내려가는 경향을 나타내었는데, 이것은 대상 분뇨에 대한 적응기간으로 판단된다. 유량변화에 대한 pH 변화는 크지 않았으며, 이는

Table 1. Characteristics of wastewater used in this experiment

| Component | Influent concentration | | |
|--|------------------------|---------|---------|
| | Maximum | Minimum | Average |
| pH | 8.08 | 7.50 | 7.51 |
| COD _{cr} (mg/l) | 1469 | 1131 | 1329.4 |
| BOD ₅ (mg/l) | 329 | 224 | 277.7 |
| TSS(mg/l) | 1090 | 320.0 | 752.6 |
| Thermo-tolerant Coliform(cells/100 ml) | 1600 | 500 | 657.5 |

Table 2. Time schedule

| Load factor | Time | Water flow | Total water flow |
|-------------|-------------|------------|------------------|
| Max flow | 09:00~10:00 | 4.2 l/min | 2280 l/day |
| Avg. flow | 10:00~12:00 | 1.68 l/min | |
| Min flow | 12:00~15:00 | 0.84 l/min | |
| Avg. flow | 15:00~09:00 | 1.68 l/min | |

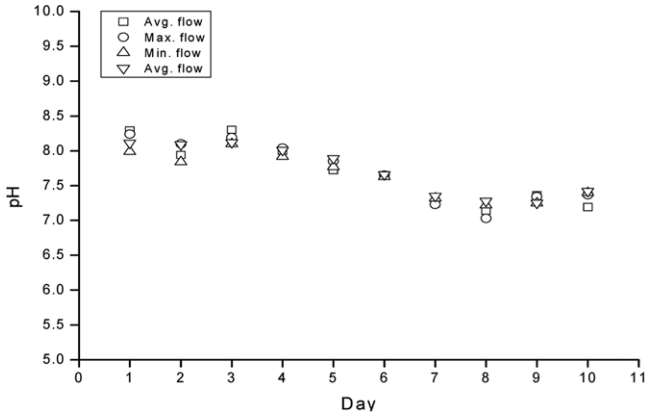


Fig. 3. pH variations of effluent.

고정식 미디어법의 장점으로 유효미생물의 우점종화로 유입유량 변화에 완충작용을 하는 것으로 판단된다.

3.2 폭기조 내의 DO 및 온도

유기물 분해를 위해 필요한 산소는 Air Blower를 이용하여 외부의 공기를 압송하고, Air Diffuser를 이용하여 폭기 10분, 비폭기 10분 간격으로 간헐폭기 방식을 채택하여 산소를 주입하였다. 폭기를 시작함에 따라 폭기조 내의 DO 농도는 급격하게 증가하여 210초 정도 경과된 시점에서 폭기조 1은 2 mg/l, 폭기조 2는 4 mg/l 이상의 정상상태를 유지하였다. 초기 빠른 시간 안에 폭기조 1, 2의 충분한 DO가 유지됨에 따라 호기성 상태의 유지에는 문제가 없는 것으로 판단된다. 폭기 10분 후 비폭기 상태로 운전함에 따라 DO 농도는 폭기조1에서 급격하게 감소하여 210초 후 0.12 mg/l로 측정되었으며, 폭기조2에서는 완만하게 감소하여 재폭기 직전에 2.4 mg/l이상의 DO 농도를 나타내었다. 폭기조 1 무산소조에서 문제가 발생하였으나, 폭기조 2의 충분한 DO 농도로 유기물 분해에는 문제가 없을 것으로 판단된다. Fig. 4와 같이 폭기조 1보다 폭기조 2에서 DO가 높게 나타났는데, 이는 폭기조 1, 2에 사용된 Air Diffuser에 비해 폭기조 2의 크기가 작고 및 Air blower에서 Air Diffuser까지의 배관 길이가 짧기 때문으로 판단

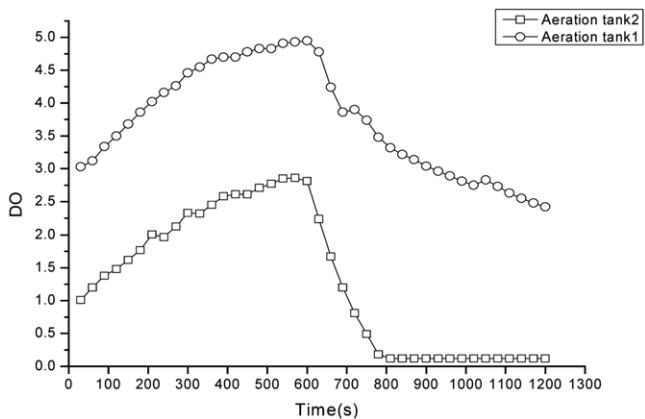


Fig. 4. DO variations of aeration tank.

된다.

선박분뇨처리장치는 일반적으로 선박의 엔진룸에 설치된다. 엔진룸의 주위온도는 30~40 °C로 엔진룸의 온도 조건을 맞추기 위하여 인위적으로 열판을 선박분뇨처리장치 측벽에 부착하여 폭기조 내의 온도를 시험기간 동안 20~25 °C로 유지하였다. 온도에 대한 폭기조 내부의 충격을 최소화하기 위하여 선박분뇨처리장치 주변에 비닐로 천막을 설치하였다. 시험기간 10일 동안 폭기조 내부의 평균온도는 22.4 °C로 측정되었으며, 외부온도 변화에 대한 영향은 나타나지 않았다.

3.3 생물화학적 산소요구량(BOD₅)

생물화학적 산소요구량은 미생물에 의해 유기물을 산화시키는 데 필요한 산소량으로, 유기물 오염을 나타내는 지표로서 가장 광범위하게 이용되는 것이 BOD₅이며 BOD₅가 높으면 유기물에 의해 오염도가 높음을 의미한다.

Fig. 5와 같이 유입수의 BOD₅ 최댓값은 329 mg/l, 최솟값은 224 mg/l, 기하평균값은 276.5 mg/l이고, 배출수의 BOD₅ 최댓값은 40 mg/l, 최솟값은 1 mg/l, 기하평균은 7.28 mg/l로 국토해양부 및 MEPC의 BOD₅ 유입배출수 규정(유입수: 200 mg/l이상, 배출수: 25 mg/l이하)에 적합한 것으로 측정되었다. 시험초기 배출수의 처리효율은 87%이고, 시험후기 배출수의 처리효율은 99%이며, 평균 처리효율은 97.4%로 아주 높게 나타났다. 시험기간 7일 이후부터 BOD₅ (10 mg/l이하)은 안정적인 값으로 측정되었다.

배출수의 BOD₅값은 유입량 변동에는 크게 영향을 받지 않았지만, 시험초기 국토해양부 및 MEPC에서 규정하는 BOD₅ 25 mg/l 보다 높게 나타나는 경우가 있었으며, 이는 시험초기 폭기조 내의 미생물 안정화가 되지 않았던 것으로 판단된다.

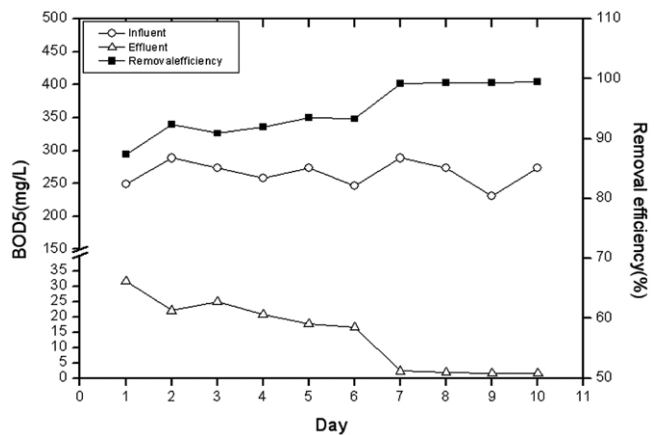


Fig. 5. Variations and removal efficiency of BOD₅ in effluent.

3.4 화학적 산소요구량(COD_{cr})

COD는 BOD와 더불어 분뇨의 유기물 함유도를 측정하기 위한 중요한 척도이다. 일반적으로 분뇨에서 COD_{cr} 농도가 BOD₅ 농도보다 높은 이유는 Lignin 같은 생물학적으로 산화되기 어려운 많은 유기물이 화학적으로 산화되고, 중크롬산에 의해 산화되는 무기

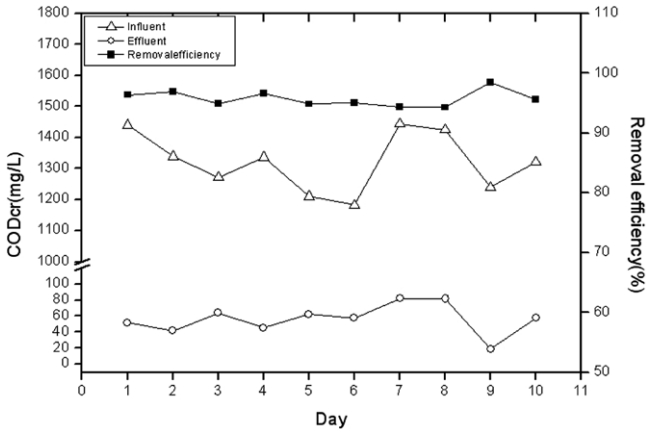


Fig. 6. Variations and removal efficiency of COD_{cr} in effluent.

물이 시료의 유기물 함량을 상승시키고, 어떤 유기물은 BOD 측정에 사용되는 미생물에 독성을 줄 수 있는 사실에 기인한다(정형근 등, 1998).

Fig. 6과 같이 유입수의 COD_{cr} 최댓값은 1469 mg/l, 최솟값은 1131 mg/l, 기하평균값은 1325.3 mg/l이고, 배출수의 COD_{cr} 최댓값은 113 mg/l, 최솟값은 6 mg/l, 기하평균은 48.4 mg/l로 국토해양부 및 MEPC의 COD_{cr} 배출수 규정(배출수: 125 mg/l 이하)에 적합한 것으로 측정되었다. 시험초기 배출수의 처리효율은 96%이고, 시험후기 배출수의 처리효율은 95%이며, 평균 처리효율은 96.4%로 아주 높게 나타났다.

시험기간 동안에 배출수 COD_{cr} 값의 변화량(19~81 mg/l)이 상당히 크게 나타나고 있다. 이는 분뇨 속에 많이 포함되어 있는 난분해성 유기물이 폭기조 내부의 Media를 통해 일정한 량이 걸러짐과 동시에 일정한 량이 배출되는 것으로 사료된다. 배출수의 COD_{cr} 값은 유입유량 변동에 크게 영향을 받지 않았다.

3.5 총부유물질(TSS)

부유물질은 무기물과 유기물을 함유하는 0.1 μm 이상 되는 입자로써 물속에 체류하면서 분해되어 BOD₅ 증가의 원인이 되기도 한다. 따라서 부유물질 농도의 측정은 오수의 처리효율 및 생활오수의 강도를 평가하는데 중요한 인자 중의 하나가 된다.

Fig. 7과 같이 유입수의 TSS 최댓값은 1393.3 mg/l, 최솟값은 320.0 mg/l, 기하평균값은 721.5 mg/l이고, 배출수의 TSS 최댓값은 49.1 mg/l, 최솟값은 5.1 mg/l, 기하평균은 18.0 mg/l로 국토해양부 및 MEPC의 TSS 유입배출수 규정(유입수: 500 mg/l 이상, 배출수: 35 mg/l 이하)에 적합한 것으로 측정되었다. 시험초기 배출수의 처리효율은 98.0%이고, 시험후기 배출수의 처리효율은 98.4%이며, 평균 처리효율은 97.6%로 아주 높게 나타났다. 배출수의 TSS 값은 BOD₅와 COD_{cr}와 같이 유입수 변화량에 크게 영향을 받지 않은 것으로 나타났다.

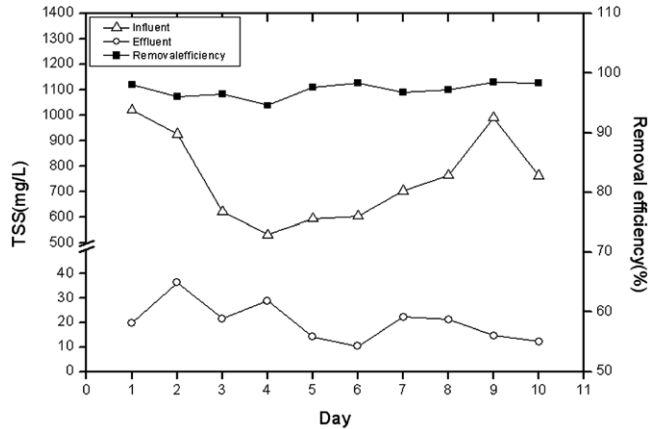


Fig. 7. Variations and removal efficiency of TSS in effluent.

3.6 잔류염소(Residual Chlorine) 및 분원성 대장균(Thermo-tolerant Coliform)

일반적으로 수돗물의 잔류염소는 0.2~0.3 mg/l로 폭기조에 바로 투입시 유효미생물을 사멸시킬 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 시험에 사용된 담수(수돗물)의 잔류염소를 제거하기 위하여 일정시간(24시간 이상) 동안 담수를 저장하였다가 담수의 잔류염소가 0.02~0.04 mg/l이 되었을 때 사용하였다.

분원성 대장균을 살균하기 위하여 사용된 염소는 시중에서 판매되고 있는 Trichloro isocyanuric acid(TCCA) 90%이고, 손 등(2008)의 연구에 따르면 0.1 mg/l의 염소에 오염수를 30분 동안 두면 대장균을 95% 이상 살균할 수 있다고 보고하였다. 염소 사용량은 살균조 크기 대비 잔류염소 농도가 0.1~0.4 mg/l가 되도록 계산(사용량 = 배류수량 × 기준염소량 / 유효염소량)하여 주입하였다.

배출수의 잔류염소 변화량은 Fig. 8과 같다. 배출수의 잔류염소 최댓값은 0.29 mg/l, 최솟값은 0.12 mg/l, 기하평균은 0.19 mg/l로 국토해양부 및 MEPC 배출수 규정(배출수: 0.5 mg/l 미만)에 적합한 것으로 측정되었다.

배출수의 분원성 대장균은 모두 ND(Not Detected)로 측정되었

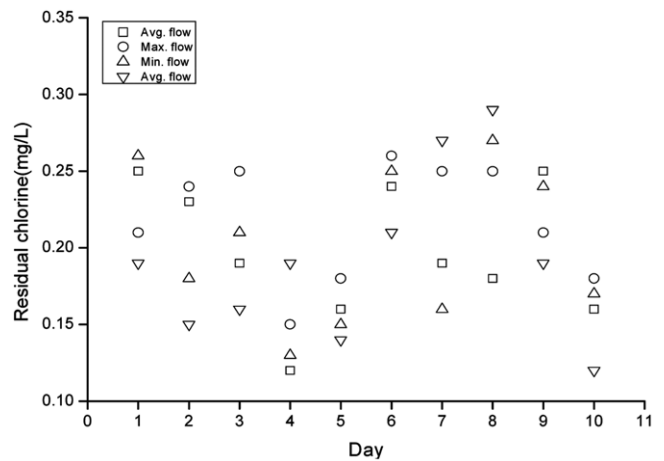


Fig. 8. Residual chlorine variations of effluent.

으며, 염소로 인한 분원성 대장균의 살균 효과가 충분한 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구는 선박분뇨처리장치의 개정 규정에 맞추어 플라스틱 미디어를 이용하여 선박에서 발생하는 오폐수의 처리효과를 검증하고, 국토해양부 및 MEPC 기준에 적합한 선박분뇨처리장치 개발을 위하여 진행하였으며, 본 연구를 통하여 Pilot Scale의 선박분뇨처리장치를 개발하였다. 국토해양부 및 MEPC에서 규정하는 선박분뇨처리장치를 개발하면서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

배출수의 BOD₅ 기하평균은 7.28 mg/l로 처리효율은 97.4%, COD_{cr} 기하평균은 48.39 mg/l로 처리효율은 96.4%, TSS 기하평균은 18.00 mg/l로 처리효율은 97.6%로 국토해양부 및 MEPC 규정에 만족하는 처리효율을 나타내었으며, Filter나 Membrane System을 이용하여 선박에서 발생하는 오폐수를 처리하는 것보다 저렴한 플라스틱 Media를 이용한 선박분뇨처리장치를 통해 선박의 오폐수를 충분히 처리할 수 있음을 확인하였다.

염소를 이용한 배출수의 살균은 100%의 처리효율을 나타냈으며, 배출수에 남아있는 살균제 잔류물은 아주 미량으로 2차 오염 발생은 없는 것으로 사료되고, 저렴한 염소를 이용한 배출수 살균 효과는 충분하다고 판단된다.

현재까지 Alaska을 제외한 국제 및 국내의 선박분뇨처리장치 규정에는 T-N(Total Nitrogen), T-P(Total Phosphate)에 대한 규정이 없지만, 추가적인 연구를 통해 해양의 부영양화를 초래하는 T-N, T-P를 처리하는 선박분뇨처리장치 개발이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 국토해양부 해양오염방지설비 형식승인을 위한 성능시험 및 검정기준 고시 제2008-191호(2008.5.26)
- [2] 김인수, 2008, 해양환경보전을 위한 국제동향과 대책. 대한설비공학회, 설비저널 제37권, 제5호 5월호.
- [3] 박상호, 김인수, 2006, 선박 기인 오염물의 처리동향 및 대책, 해양환경안전학회 추계학술발표회.
- [4] 손경호, 이상락, 안정제, 권윤정, 정태영, 2000, 담체설치가 고질소함유 양돈폐수의 호기발효에 미치는 영향, 축산시설환경학회, 6(2) 65-72.
- [5] 손창규, 이춘우, 김태분, 박순길, 전찬준, 이창일, 박자영, 송성복, 허 완, 2008, 경북북부지역 먹는물에서 분리된 대장균군의 항균제 및 염소소독제 감수성, 환경위생공학, 제 23권 2호.
- [6] 이규성, 이수구, 조용현, 안준수, 박주량, 김재건, 2001, 수처리공학, 형설출판사.
- [7] 임성문, 2000, 담체를 이용한 질산화 공정에서 유기물 부하가 미치는 영향, 서울산업대학교 산업대학원 환경공학과 석사학위논문.
- [8] 정형근, 차기철, 1998, 화학적 산소요구량 측정을 위한 On-Line 측정 시스템에 관한 연구, 한국환경과학회지 제7권(제2호), 203-208.
- [9] 조선협회, 2009, 제 248호(12.8).
- [10] APHA, 2005, Standard Methods for the examination of water and wastewater, 21th Edition, American Public Health Association.
- [11] US EPA 1603, 2006, United states environmental protection agency.
- [12] Focht, D.D. and Chang, A.C., 1975, Nitrification and Denitrification Processes related Wastewater Treatment, Adv, Appl, Microbial, 19, 153-186.
- [13] Hegemann, W., 1984, A Combination of the Activated Sludge Process with Fixed Film Biomass to increase the Capacity of Wastewater Treatment Plant, Wat. Sci. Tech., 16, 119-130.
- [14] IMO MARPOL 73/78(1973, 1978), Annex, of the international convention for the prevention of pollution from ships.
- [15] IMO, 2006, Resolution MEPC.159(55), Revised guidelines on implementation of effluent standards and performance tests for sewage treatment plants.
- [16] ISO 15705, 2002, Water quality-Determination of chemical demand index(ST-COD)-Small-scale sealed-tube method.
- [17] Kang, 1998, Assessment of Anaerobic Pretreatment of Swine Wastewater for the Subsequent Nitrogen and Phosphorous Removal by UASB Process, J Korea Solid Wastes Engineering Society, 15(5), 439-447.
- [18] Kornegay, B.H. and Andrews, J.F., 1968, Kinetics of Fixed Film Biological Reactor, J, WPCF, 40(11), 460-468.
- [19] Sen, D. and Randall, C.W., 1994, Performance of fixed film media integrated in the activated sludge reactor to enhance nitrogen removal. Wat. Sci. Tech., 30(11), 13-24.

2010년 1월 18일 원고접수

2010년 5월 4일 심사완료

2010년 5월 12일 수정본 채택