한국어병학회지 제33권 제1호 (2020)
J. Fish Pathol., 33(1) : 097~101

www.ksfp.org
pISSN 1226-0819, eISSN 2233-5412
http://dx.doi.org/10.7847/jfp.2020.33.1.097
단 보

# 친환경 이동식 수산생물 폐사체 처리장치 개발 및 재활용을 위한 비료 가치 평가

김재옥 · 김수미 · 서정수 · 지보영 · 김영재* · 권문경†

국립수산과학원 수산방역과, *(주)한국수산방역기술

# Development of an environment-friendly moving aquatic animal rendering equipment and evaluation of fertilizer value for recycling of fish waste

**Jae-Ok Kim, Su-Mi Kim, Jung-Soo Seo, Bo-Young Jee, Young-Jae Kim* and Mun-Gyeong Kwon†**

*Aquatic Animal Disease Control Center, National Institute of Fisheries Science (NIFS), Busan, 46083, Republic of Korea*
**Korea Aquatic Biosecurity Technology, Busan 48569, Republic of Korea*

Although aquaculture production rates grown over the years, aquatic animal diseases occur every year which causes substantial economic losses. When an aquatic animal is infected with an aquatic animal pathogen it is either incinerated or buried according to the aquatic life disease control act. Although these methods prevent the spread of disease, it is not environment friendly. Here, we developed an aquatic animal rendering equipment for disposal of fish waste which is environment-friendly and efficient. Also, fertilizer components of fish waste were evaluated value for recycling. The mobile rendering equipment was designed for field operation and/or high temperature and pressure system, oil and water separator, and shredding drying apparatus. During the experiment (July-2016 to November-2016), a total of 53,824 kg fish waste was collected, and 29,216 kg compost of rendering by-product was made. Also, compost made from viral (Viral hemorrhagic septicemia virus) infected fish did not reflect any detectable pathogen. The concentration of nitrogen, phosphorus, and organic matter in the fish waste compost were 2.17%, 26.98%, and 92.44%, respectively. The results suggest that fish waste used in this study was decomposed efficiently as per the official standard for fertilizer product. This equipment can be useful for efficient inactivation of the aquatic animal pathogenic agents and recycling of the fish waste in an environment-friendly manner.

**Key words:** Environment-friendly, Fish waste, Rendering, Recycling, Fertilizer value

우리나라의 수산양식산업은 2019년도 기준으로 총 230여만톤에 달하는 생산량을 기록하고 있고, 국내 수산물 소비량은 연간 65.9 kg/인으로 육류 소비량 56.7kg/인보다 높을 정도로 수산양식은 매우 중요한 산업이라 볼 수 있다(KOSIS, 2020a;

†Corresponding author: Mun-Gyeong Kwon
Tel: +82-51-720-3030, Fax: +82-51-720-3039
E-mail: mgkwon@korea.kr

KREI, 2017). 그러나 Shim *et al.* (2019) 보고에 의하면 2015년과 2016년 그리고 2017년도 넙치 표본어가에(전남, 제주) 대한 폐사현황 조사를 실사한 결과, 매년 수산생물질병에 의한 폐사는 약 65%로 파악되어 양식 현장에서 발생하는 수산생물질병으로 인해 국내 양식산업이 심각한 경제적 피해를 입고 있는 실정이다. 이처럼 수산생물질병 발생으로 양식산업이 큰 경제적 손실을 입게 되면서 질병에 의해 발생되는 폐사체 처리문제 및 환경에 미치는 영향에 국내는 물론 세계적으로 관심사가 되고 있어 질병 확산 방지와 환경보호를 위한 다각적인 노력이 필요한 실정이다.

수산생물질병관리법(법률 제17036호) 제17조 및 제18조에 의거하여 수산생물전염병의 병원체에 감염되었거나 감염이 의심되는 수산생물 사체는 소각하거나 매몰할 수 있다. 그러나 이는 매몰을 위한 부지 확보의 어려움과 매몰지 발생으로 인한 토양 및 지하수 오염문제가 발생할 수 있고, 부실 매몰로 인한 식수 오염 및 악취로 인한 2차 환경피해 발생, 소각 시 연료비용 과다 소요 및 매연발생 등의 다양한 문제점이 있어 이를 보완할 수 있는 방법이 요구되고 있다. 또한 양식장에서 일반적으로 발생한 폐사체의 무분별한 투기 및 방치는 주변 수계로 질병 확산 매개체 역할을 할 뿐만 아니라 인근 해역의 오염 원인으로 제공될 수 있어 이와 같은 문제를 해결하기 위해서는 위생적인 처리방안 마련이 필요한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 수산생물전염병 감염, 자연재해, 자연사 등의 원인으로 폐사한 수산생물 폐사체를 친환경적이고 위생적으로 처리할 수 있는 장치를 개발하고 국내 양식현장에서 발생하는 폐사체를 효율적으로 처리 또는 그 부산물의 비료적 가치를 평가하여 수산생물 폐사체를 재활용하기 위한 방안을 마련하여 수산생물질병 확산방지 및 수생환경보호 방안을 위한 기초자료로 제공하고자 한다.

친환경 이동식 수산생물 폐사체 처리장치는(9 m × 12 m) 가두리 양식장에서 즉각적으로 폐사체 처리를 실시할 수 있도록 뗏목에 56개의 부표를 고정하였다(Fig. 1A). 뗏목 바닥면 위에 아연백관 파이프 골격으로 방수 기능의 천막을 설치하여 비, 눈 등을 피하거나 강한 바람에 대비하여 천막을

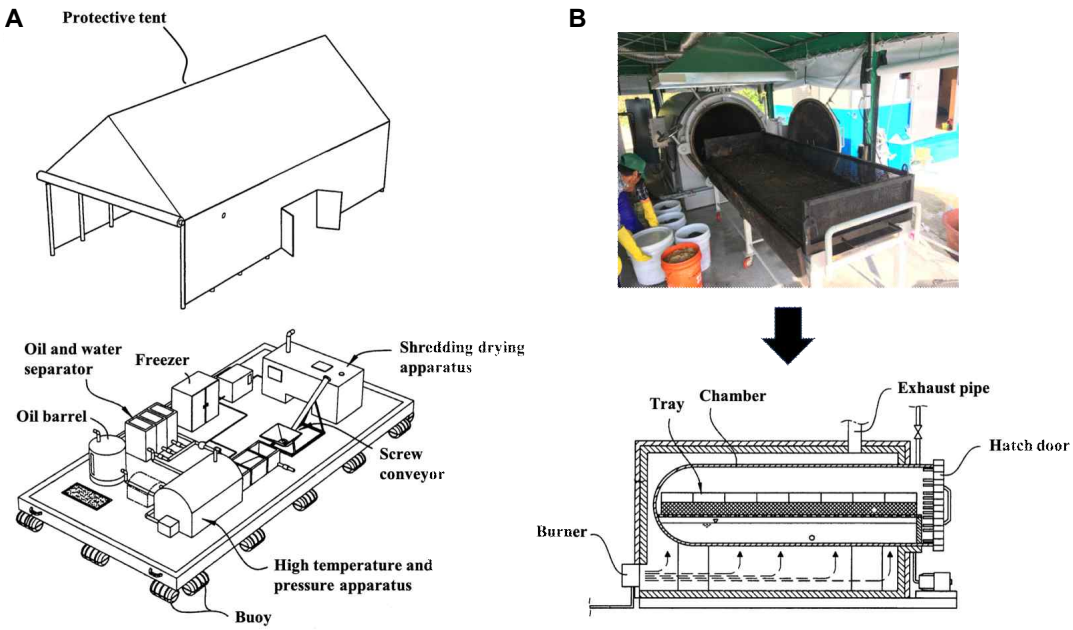


Fig. 1. Schematic diagram of environment-friendly moving aquatic animal rendering equipment (A) and high temperature and pressure apparatus (B).

걷어 올려둘 수 있는 구조로 제작하였다. 1차 폐사체 처리장치는 500 kg용량으로 폐사체 투입 및 배출시키기 위한 트레이와 고온·고압(140~150℃, 4기압)의 열처리를 위해 버너, 배기관 및 밀폐도어를 통한 수산생물전염병의 병원체(바이러스, 세균, 내성포자 등)가 사멸되도록 제작하였다(Fig. 1B). 컨베이어 장치는 1차 폐사체 처리장치로부터 열처리된 폐사체를 손쉽게 파쇄 혼합 장치로 옮길 수 있도록 낙하식토출관을 연결하였다. 열처리된 부산물을 분해하는 파쇄 혼합 처리 장치는 구동모터 작동에 따라 회전커터에 의해 폐사체가 파쇄 및 교반이 가능하게 되면서 원활한 분쇄작업이 수행될 수 있도록 설계 제작하였다. 또한 폐사체를 열처리하는 과정 중 발생하는 응축수를 정제 장치로 공급관을 연결하고 반복되는 수위차식을 통해 응축수 내 기름성분과 처리수를 분리할 수 있도록 제작하였다. 이때 분리된 처리수는 다시 1차 폐사체 처리장치에 관을 통해 재공급하여 사용가능하도록 설계하였다.

폐사체 처리 시스템 적용을 위한 가동 실험을 실시하기 위하여 전국 어류 양식생산량 80,127톤의 30.6%로 높은 비율을 차지하는 경상남도(24,543톤, 2016년기준)의 하동군에 위치한 가두리 양식장을 표본지역으로 선정하였다(KOSIS, 2020b). 이들 대부분 숭어(*Mugil cephalus*)를 양식하는 것으로 파악되었다. 실험을 위하여 5개월간 지역 내 가두리 양식장에서 자연사한 폐사체를 매일 수거하여 실험에 사용하였다. 수거한 수산생물 폐사체는 열처리 장치에 넣은 후 140℃, 4기압의 고온·고압에서 3시간 동안 처리한 후 남은 부산물을 파쇄처리장치에 30분동안 분해하였다.

수산생물 폐사체의 수산생물전염병 검출여부를 확인하기 위하여 바이러스성출혈성패혈증바이러스(Viral hemorrhagic septicemia virus, VHSV)에 인위감염시킨 넙치(*Paralichthys olivaceus*)를 폐사체 처리장치를 통해 처리한 뒤, 남은 부산물을 국립수산과학원에서 발행한 수산생물 병성감정 지침서에 따라 정밀 검사(RT-PCR)를 실시하여 병원체 검출여부를 확인하였다(NIFS, 2013).

수산생물 폐사체로부터 생성된 분해부산물의 재활용을 위한 비료 가치 평가로 비료의 주 성분인 질소전량(Total nitrogen, T-N), 인산전량($P_2O_5$), 질소 및 인산전량의 합(T-N+$P_2O_5$) 및 유기물(Organic matter, O.M) 함량을 각각 분석하였고, 비료의 유해성분인 비소(As), 카드뮴(Cd), 수은(Hg), 납(Pb), 크롬(Cr), 구리(Cu), 니켈(Ni) 및 아연(Zn) 함량을 각각 분석하였다. 부산물은 농촌진흥청 비료의 이화학적 검사방법(RDA, 2016a)에 따라 T-N은 황산법, O.M은 회화법으로 분석하였으며, $P_2O_5$, As, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Ni. 및 Zn 함량은 시료를 산으로 분해한 후 ICP로 분석하였다.

2016년 7월부터 11월까지 수산생물 폐사체 처리 시스템을 가동 실험한 결과 수거된 폐사체는 대부분 숭어로 총 53,824 kg의 폐사체를 처리하였으며 최종 결과물은 29,216 kg이 발생한 것으로 나타났다(Table 1). 이때 처리과정에서 사용된 톱밥은 총 5,628 kg이었으며 유류량은 1,500 L가 사용된 것으로 파악되었다. 폐사체 처리에 따른 재활용 결과물은 처리된 폐사체의 양과 처리 과정에서 사용된 톱밥의 양을 합한 것의 49.1% 되는 결과물이 생산

Table 1. The amount of fish waste and recycle rendering by-product from aqua-farms in Hadong in 2016

| Sampling date in 2016 | Fish waste (kg) | The amount used | | Rendering by-product (kg) | Recycle rate* (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Sawdust (kg) | Oil (L) | | |
| July | 14,608 | 1,728 | 500 | 7,150 | 43.8 |
| August | 13,920 | 1,440 | 540 | 7,865 | 51.2 |
| September | 13,552 | 1,332 | 380 | 7,733 | 52 |
| October | 8,176 | 768 | 20 | 4,642 | 51.9 |
| November | 3,568 | 360 | 60 | 1,826 | 46.5 |
| Total | 53,824 | 5,628 | 1,880 | 29,216 | 49.1 |

*(Recycling product / Fish waste) × 100.

된 것으로 확인하였다. 이러한 결과는 폐사체 1톤을 처리 시 톱밥의 양은 104 kg, 유류 27 L가 필요되며 최종산물은 542 kg이 생산되는 것으로 계산된다.

VHSV를 인위감염 시킨 넙치를 폐사체 처리장치를 사용 후 나온 부산물을 대상으로 RT-PCR을 실시한 결과 VHSV가 검출되지 않았다. 이는 열처리 과정 중 고온·고압처리로 인해 수산생물전염병에 감염된 어체 내 병원체를 사멸시키는 것으로, 향후 본 폐사체 처리장비를 이용한다면 병원균 사멸 뿐만 아니라 전염병 확산방지에 효과적일 것으로 사료된다.

수산생물 폐사체를 처리하여 생산된 분해부산물의 비료학적 특성을 분석한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 분해부산물의 질소전량은 2.17%, 인산전량은 26.98%, 유기물의 함량은 92.44%로 확인하였다. 또한 분해부산물 중 비료의 유해성분인 중금속 함량은 모두 기준 이하로 검출되었다. 현재 국내에서 수산생물 폐사체 처리를 통한 비료학적 분석에 관한 연구는 보고된 적이 없다. Seo *et al.* (2011)의 돼지 및 닭 사체 중 육질부위 연구결과와 비교해볼 때, 돼지 또는 닭 사체의 질소전량은 7.8 %, 9.3%로, 수산생물 폐사체 시료내 질소전량 보다 낮았는데, 이는 수산생물 폐사체 내 다량의 수분이 함유되어 분해부산물내 질소 농도가 낮은 것으로 판단된다. 반면 Jeon *et al.* (2003)과 Lee *et al.* (2010)의 가축분뇨로 재활용한 돈분 액비 연구결과와 비교해 볼 때, 돈분 액비의 질소전량인 0.26~0.6% 보다 매우 높은 것을 확인하였다. 부산물 중 유기물대 질소비의 변화는 톱밥 또는 볏짚 등의 보조제와 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있어 (Chino *et al.,* 1983; Choi *et al.,* 2012), 추후 최적의 T-N 조절을 위해서는 폐사체 분해부산물과 보조제의 다양한 혼합비율 검토가 추가적으로 필요할 것으로 판단된다. 또한 농촌진흥청 연구에서 가축사체 뼈 부위를 렌더링한 부산물 내 인산전량은 돼지 11.18%, 닭 9.27% 및 유기물함량으로 돼지 40%, 닭 48.6%로 보고된 바 있다. 이는 수산생물 폐사체를 처리한 분해부산물의 인산인 및 유기물 함량 보다 낮은 것으로 나타났다. 이상의 결과에서 폐사체를 재활용하기 위한 비료학적 가치를 평가한 결과 농촌진흥청 어박 공정규격(RDA, 2016b)에서 질소전량을 제외한 모든 항목 기준을 만족하였으며, 퇴비 공정규격에서 모든 항목을 만족하였다. 특히 폐사체의 분해부산물은 인산과 유기물 함량이 높아 비료학적인 가치가 매우 높고, 인산질 비료의 원료나 골분 비료로 가치가 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 수산생물전염병 발생시 수산생물 폐사체의 소각·매몰방식에 대한 문제와 폐사체

Table 2. Evaluation of fertilizer value in fish waste using aquatic animal rendering equipment

| Items | | Official standard of commercial fertilizer* | | Results |
|---|---|---|---|---|
| | | Fish scarp | Compost | |
| Principal components | T-N (%) | > 4% | | 2.17 |
| | $P_2O_5$ (%) | > 3% | | 26.98 |
| | T-N+$P_2O_5$ (%) | > 10% | | 29.15 |
| | O.M (%) | > 60% | > 30% | 92.44 |
| Hazardous components | As (mg $kg^{-1}$) | < 20 mg $kg^{-1}$ | < 45 mg $kg^{-}$ | 0.47 |
| | Cd (mg $kg^{-1}$) | < 2 mg $kg^{-1}$ | < 5 mg $kg^{-}$ | ND |
| | Hg (mg $kg^{-1}$) | < 1 mg $kg^{-1}$ | < 2 mg $kg^{-}$ | 0.05 |
| | Pb (mg $kg^{-1}$) | < 50 mg $kg^{-1}$ | < 130 mg $kg^{-}$ | ND |
| | Cr (mg $kg^{-1}$) | < 90 mg $kg^{-1}$ | < 200 mg $kg^{-}$ | 1.57 |
| | Cu (mg $kg^{-1}$) | < 120 mg $kg^{-1}$ | < 360 mg $kg^{-}$ | 2.10 |
| | Ni (mg $kg^{-1}$) | < 20 mg $kg^{-1}$ | < 45 mg $kg^{-}$ | 1.00 |
| | Zn (mg $kg^{-1}$) | < 400mg $kg^{-1}$ | < 900 mg $kg^{-}$ | 29.43 |

*Official standard from Rural Development Administration (RDA, 2016).

를 재활용 하기 위한 기초 연구로 친환경 이동형 고온·고압식 처리장치를 개발하고, 개발된 장치에서 생산된 분해부산물 내 수산생물전염병 병원체 사멸여부 또는 비료적 성분을 분석하였다. 수산생물전염병에 인위감염한 감염어를 처리 장치를 통해 해당 병원체가 효과적으로 사멸하는 것을 확인하였다. 폐사체 처리장치에서 생산된 분해부산물의 비료적 특성으로 $P_2O_5$이 26.98%, O.M이 92.44%로 함량이 높아 인산질 비료나 골분 비료 등 재활용 가치가 높은 것으로 판단된다. 본 연구를 통해 개발한 폐사체 처리장치는 방역·위생적 효과성을 확인하여 질병 확산 방지와 환경보호를 위한 기초 연구로 활용 가능할 것으로 사료된다.

## 사 사

본 연구는 국립수산과학원(수산생물 방역프로그램 개발·운영, R2020060)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## References

Chino M, Kanazawa S, Mori T, Araragi M and Kanke B.: Biochemical studies on composting of municipal sewage sludge mixed with rice hull. Soil Science and Plant Nutrition. 29: 159-173, 1983

Choi IW, Seo DC, Kang SW, Seo YJ, Lee SG, Sung HH, Heo JS, Kang SJ and Cho JS.: Effect of Sawdust Mixing Ratio on Composting of Animal Cadaver Residue Using Rendering Treatment Method. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 45: 404-409. 2012

Jeon WT, Park HM, Park CY, Park KD, Cho YS, Yun ES and Kang UG.: Effects of Liquid Pig Manure Application on Rice Growth and Environment of Paddy Soil. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 36: 333-343. 2003.

Lee ST, Seo DC, Cho JS, Dahlgren RA and Lee YH.: Effect of annual and basal dressing with liquid pig manure on growth and quality of rice in double cropping system of rice-malting barley. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 43: 624-630. 2010.

National Institute Fisheries Science: Aquatic animal disease diagnostic manual, pp17-61, 2013.

Seo DC, Kang SW, Choi IW, Sung HH, Hur TY, Yoo JY, Lee YJ, Heo JS, Kang SJ and Cho JS.: Evaluation of Fertilizer Value of Animal Cadavers for Agricultural Recycling. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer. 44: 788-793. 2011.

Shim JD, Hwang SD, Jang SY, Kim TW and Jeong JM.: Monitoring of the mortalities in oliver flounder (*Paralichthys olivaceus*) farms of Korea. Journal of fish pathology. 32: 29-35. 2019.

KOSIS (Korean Statistical Information Service): http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&statId=2004009&themaId=F#F38.3, 2020a

KOSIS (Korean Statistical Information Service): http://kosis.kr/statisticsList/statisticsListIndex.do?menuId=M_01_01&vwcd=MT_ZTITLE&parmTabId=M_01_01&statId=2004009&themaId=F#SelectStatsBoxDiv, 2020b

KREI (Korea Rural Economic Institute): Food Balance Sheet, pp12-26, 2017.

RDA (Rural Development Administration): Method of physiochemical examination by fertilizer, 2016a.

RDA (Rural Development Administration): Official standard setting and designation by fertilizer, 2016b.

Manuscript Received : Jun 2, 2020
Revised : Jun 12, 2020
Accepted : Jun 17, 2020