

해양환경-P2 연안 양식장 퇴적물의 비료화를 위한 패각 및 수산화마그네슘 첨가

김정배^{*}, 강창근, 최우정, 이근섭¹, 박정임¹, 이필용
국립수산과학원 환경관리과, ¹부산대학교 생물학과

1. 서론

우리나라 양식장은 어패류의 배설물 및 사료 등으로 인한 유기물의 퇴적으로 연안 환경 악화를 초래하는 주원인이 되고 있으며, 수산물 생산에 커다란 장애요인이 되고 있다. 그리고, 굴양식 부산물로 발생하는 패각은 대부분 해안가 야적으로 연안어장 오염, 공유수면관리의 지장 및 어촌의 자연경관을 훼손하고 있다. 그러므로, 연안해역의 효율적 관리와 이용 측면에서 보면 자연자원의 이용개발과 연안해역을 효율적으로 보전·관리할 수 있는 방안마련을 위한 연구의 필요성이 제기되면서 퇴적물을 정화 개선시키려는 연구들이 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 중금속 등 유해물질의 농도가 낮고 유기물 함량이 높은 양식장 퇴적물을 자원화하기 위하여 사용된 패각 및 수산화마그네슘 첨가에 따른 효과를 파악하고자 한다.

2. 재료 및 방법

시료수집 및 조비료 제조

해저 퇴적물은 2000년 2월에 진해만에서 채취하여 정치 후 상등액을 제거하는 탈수 과정을 거쳤으며, 축산분뇨는 김해 한림면 안곡리의 축산농가에서 수집하였고, 남은 음식물은 부산광역시 해운대구 송정동의 5개 음식점에서 수집하여, 자연상태에서 탈수후 시료로 사용하였다. 시료는 먼저 퇴적물과 축산분뇨를 건중량으로 1:4의 비율로 혼합한 것 (A시료)과 1:1.2의 비율로 혼합한 것 (B시료, 습중량 1:4) 및 퇴적물과 남은 음식물을 건중량비 1:4로 혼합한 것(C시료)과 1:1.9로 혼합한 것(D시료, 습중량 1:4)을 준비하였다.

3. 조비료 성분분석

유기물은 잘 건조된 시료를 550°C에서 2시간 회화시킨 후 건조 조비료에 대한 무게 차로 측정하였고, T-C 및 T-N은 CHN analyzer를 이용하여 분석하였으며, P₂O₅, K₂O, CaO 및 MgO는 비료의 품질검사 방법 및 시료 채취기준에 따라 분석하였다. 중금속 분석은 구리, 납 및 아연은 불꽃원자흡광도계로 분석하였으며, 카드뮴 및 크롬은 흑연로 원자흡광도계를 이용하여 분석하였다. 또한 패각 및 수산화마그네슘 첨가에 따른 각각의 조비료 성분에 대하여 한글 SPSS 10.0으로 two-way ANOVA분석을 하였으며, 특히 탄소와 질소에 대하여 ANCOVA분석을 하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1. 유기질 조비료의 성분평가

제조된 유기질 조비료의 성분을 평가하기 위하여, 혼합시료(A, B, C, D)에 대해서 살펴보면 탄소(T-C)의 경우 21.28~35.17% 범위로 C시료가 높았으며, 질소(T-N)의 경우 1.85~2.65% 범위로 A시료가 높았다. 또한 유기물의 경우 53.22~74.27% 범위로 남은 음식물의 높은 유기물을 반영하여 C시료가 높았다.

첨가제로 사용된 생석회의 경우 CaO 함량이 94.74%이며, 수산화마그네슘의 경우 Mg(OH)₂ 함량이 95.14%이며 활성도 측정결과 CaO는 Mg(OH)₂의 10배를 나타내었다. 또한, 패각은 다공질체로 비표면적이 크고 얇은 막으로 여러겹 둘러 싸여있는 굴패각으로서 탄산칼슘(CaCO₃)이 주성분이며, 칼슘(CaO) 함량이 54.34%, 인산(P₂O₅) 함량이 0.59%, 칼륨(K₂O) 함량이 0.14%이었다. 그리고, 패각 및 수산화마그네슘을 요인으로 설정하여 이들의 첨가에 따른 영향을 파악하고자 ANOVA 분석을 하였다.

탄소는 8.63~27.57(평균 17.35)%, 질소는 0.57~2.09(평균 1.18)%로 나타났으며, 조비료의 평균 탄소 함량을 살펴보면, 첨가제로 Mg(OH)₂를 병행 사용한 조비료 사이의 평균 탄소 함량 사이에는 유의한 차이를 보였던(P < 0.001) 반면, 패각의 첨가 유무에 따른 조비료의 평균 탄소 함량 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다(P=0.869). Mg(OH)₂를 병행하여 사용하였을 때 탄소와 질소 농도가 감소하는 것을 볼 수 있으며, 혼합한 축산분뇨 및 남은 음식물간의 효과는 나타나지 않았다.

인산(P₂O₅)은 0.15~2.33(평균 0.80)%, 칼륨(K₂O)은 0.21~2.27(평균 0.96)%로 나타났으며, 조비료의 평균 인산 함량을 살펴보면, 첨가제로 Mg(OH)₂를 병행하여 사용한 조비료 사이의 평균 인산 함량 사이에는 유의한 차이를 보였던(P < 0.001) 반면, 패각의 첨가 유무에 따른 조비료의 평균 인산 함량 사이에는 유의한 차이가 나타나지 않았다(P=0.523). 인산과 칼륨은 비례하였고, Mg(OH)₂를 병행하여 사용하였을 때 인산과 칼륨 농도가 감소하는 것을 볼 수 있으며, 축산분뇨와 남은 음식물 이용에 따른 효과를 반영하여 축산분뇨를 이용하였을 때에는 인산 및 칼륨 농도가 높았지만, 남은 음식물을 이용하였을 때에는 감소하는 것으로 나타났다.

칼슘(CaO)은 4.64~24.0(평균 14.5)%, 마그네슘(MgO)은 0.96~39.4(평균 16.2)%로 나타났고, 칼슘의 경우 패각 첨가 효과가 나타나 조비료의 평균 칼슘 함량은 증가하였다. 알칼리 안정화제로 생석회 만을 사용한 경우 높은 칼슘 농도를 나타내는 것에 비하여 마그네슘 농도는 전무하였으며, 생석회와 수산화마그네슘을 병행 사용하였을 경우 패각의 첨가 없이는 칼슘 성분 감소를 초래하는 것으로 나타났다.

앞의 ANOVA 분석에 따라서 비료성분을 잘 표현할 수 있는 탄소와 질소에 대해 패각 및 수산화마그네슘 첨가의 차이를 분석하기 위하여 ANCOVA로 분석하였는데 종속변수는 탄소였고 요인으로는 패각 및 수산화마그네슘, 공변량으로 질소를 이용하였다. 결과를 보면 패각첨가(P=0.03)와 수산화 마그네슘 첨가(P < 0.001)는 탄소와 질소값 간에 유의한 차이로 작용하였으며, 탄소와 질소의 회귀직선식은 C(%) = 9.49N ± 1.34로 나타났다.

4.2. 중금속 성분평가

제조된 조비료의 중금속 성분을 혼합시료에 대해서 살펴보면 구리의 경우 17.9~318%범위였고, 크롬의 경우 21.1~49.9%이었다. 여기서 구리는 축산분뇨의 영향을 받아 A시료가 높았으며, 크롬은 퇴적물의 영향으로 B시료가 높았다.

조비료의 성분평가와 마찬가지로 첨가제에 의한 중금속의 농도를 살펴보고, 패각 및 수산화마그네슘을 요인으로 설정하여 이들에 따른 영향을 파악하기 위하여 ANOVA분석을 하였다. 구리는 10.11~253.92(평균 68.35)mg/kg로 첨가제인 패각의 첨가유무에 따른 조비료의 평균구리 함량사이에 유의한 차이를 보이지 않았으며($P=0.379$), 수산화마그네슘에 대해서도 평균구리 함량은 유의한 차이를 보였다($P < 0.001$). 납은 2.31~15.15(평균 7.89) mg/kg, 크롬은 7.86~35.42(평균 15.21)mg/kg, 카드뮴은 0.14~1.66(평균 0.70)mg/kg으로 첨가제로 사용된 패각의 첨가유무에 따른 평균 납($P=0.183$), 평균 크롬($P=0.262$) 및 평균 카드뮴($P=0.453$) 함량사이에 유의한 차이를 보이지 않았다.

이상의 결과들을 볼 때 패각의 첨가가 비료의 구성 성분 농도에 영향을 끼친 항목은 CaO, MgO, Cu이며, 수산화마그네슘의 첨가가 비료의 구성 성분 농도에 영향을 끼친 항목은 T-C, T-N이었다. 또한, 패각과 수산화마그네슘을 병행하여 사용하였을 경우에도 수산화마그네슘의 변동계수(CV; coefficients of variation)경로를 따르고 있어 수산화마그네슘이 과잉 사용되었음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- Kim, J.B., Choi, W.J., Lee, P.Y., Kim, C.S., Lee, H.J. and Kim, H.C. (2000) Application of alkaline stabilization processes for organic fertilizer of coastal sediments. J. Korean Fish. Soc., 33(5) : 77~82(in Korean).
- USEPA (1979) Process design manual sludge treatment and disposal. Technology transfer. EPA 625/1-79-011.
- Yoo, K.T. (1994) Lime stabilization of sewage biosolids. ME Thesis, Korea univ., Seoul(in Korean).
- AOAC (1992) Bacteriological analytical manual. 7th ed. Association of official Agricultural Chemists. Arlington, VA, pp.17~166.