

제주의 활어수조 및 해수탕 방류해수의 적정관리 방안

이 용 두

제주대학교 토목환경공학전공

Management of waste-seawater from Aquarium and public baths in Jeju

Yong-Doo Lee

Major of Civil and Environmental Engineering, Cheju National University, Jeju-Do 690-756, Korea

This research aimed to understand the progress of use and treatment of waste-seawater from aquarium and public baths. In the analysis of the waste-seawater, COD was 3~4 mg/l (include water quality of seawater standard III), and the average values of T-N and T-P were 0.85 mg/l, 2.25 mg/l, respectively. The result of laboratory experiment, seawater couldn't maintain over 4 or 5 days without exchanging because of feces of fish. And then, if the amount of seawater from Japanese restaurants and public baths come into sewer, the sewer will be corroded. As well as increased wastewater by inflow of seawater may decrease the efficiency of treatment.

Key words : waste-seawater, Japanese restaurant, public bath

서 론

제주도는 사면이 바다로 둘러싸여 있는 지역적 특성상 타 지방보다 비교적 많은 수의 횃집이 시가지를 중심으로 분포한다. 또한 최근에는 담수를 이용한 목욕탕에서 해수를 이용한 사우나 시설이 늘고 있는 추세이다. 그리고 활어수조의 경우 오존살균과 자외선 살균 등의 수처리 공법이 이루어 지고 있으나 해수를 재 이용하지 못하고 며칠에 한번 씩 해수를 구입하여 교환해 주고 있다(정 등, 2000). 또, 서 등(2004)에 따르면 활어수조에서 수질오염, 용존산소 부족, 병원균의 발생 등으로 어류가 폐사한다고 하였다.

활어수조 및 해수탕에서 사용된 해수는 입지적으로 쉽게 이용할 수 있는 여건 때문에 직접 하수관로 혹은 바다로 배출하고 있는 실정으로, 이는 하수처리장의 효율을 저하시킬 우려와 직접 바다로 방류시 해안을 오염시킬 가능성이 있기 때문에 최근 제주 지역에서

급격히 늘어나는 해수탕 및 활어수조에서 발생하는 해수의 이용현황과 처리형태를 조사할 필요가 있다.

따라서, 횃집수조 및 해수탕 배출수의 수질 및 배출량을 조사하여 직접바다로 방류 할 수 있는지의 가능성과 또한 전체 발생하수량 대비 해수의 비율을 염소이온으로 파악하여 당 조사대상인 제주시 하수처리 구역별 하수처리장예의 영향을 명확히 하여 적정관리 방안을 찾고자 하는데 그 목적이 있다.

연구내용 및 방법

현장조사

전체 제주시의 횃집과 해수탕개소를 조사한 결과 횃집은 328개소이고 해수탕은 3개소이다. 이중 해안에 근접해 있어 펌프를 이용해서 직접 바닷물을 취수하여 사용하는 횃집은 101개소이고 시내에 위치해 차

량으로 바닷물을 운반하고 있는 횃집의 수는 227개소이다. 이중 차량으로 운반하는 횃집중에서 65개소를 조사하였다. 이들 중 펌프를 사용하는 횃집의 경우 수조의 크기를 살펴보면, 3 m이하가 33개소, 3~5 m이 38개소, 5~10 m이 23개소, 10 m이상이 6개소로 운영 중에 있으며, 차량으로 운반하고 있는 시내의 횃집인 경우는 1 m이하가 17개소, 1~2 m이 24개소, 2~3 m이 14개소, 3 m이상이 9개소로 조사되었다.

Table 1은 제주시에 위치한 166개 횃집들에 대한 해수유입량 및 유입·방류 방법을 조사한 것으로 평균 해수 사용량은 3.57 m³/d였다. 그리고 사용된 해수는 모든 횃집이 하수관을 통하여 방류하고 있었다.

해수탕인 경우 총 3개소가 있는데 차량으로 바닷물을 운반하고 있는 업소가 1개소이고 펌프를 이용해서 직접 바닷물을 이용하는 곳이 2개소이다. 해수탕에서 사용하고 있는 해수량은 평균 38 m³/d, 21 m³/d, 6 m³/d이다(Table 2). 조사기간은 2003년 7월과 2004년 1월 2차례 실시하였다.

실내실험

Fig. 1은 본 연구에서 사용한 활어수조를 나타낸 것으로 횃집에서 가장 일반적으로 사용되는 형태이다. 수조 내의 물은 유출구를 통해 수조 아래에 있는

Table 1. The amount used of seawater and mean of outflow

site		amount used (m ³ /day)	mean of inflow	mean of outflow
Oedo (5)	avg.	5.74	directly at sea	sewer
	min. ~max.	3.28 ~9.58		
Iho (4)	avg.	6.08	directly at sea	sewer
	min. ~max.	2.46 ~11.70		
DoDu (17)	avg.	6.39	directly at sea	sewer
	min. ~max.	1.89 ~34.78		
Yongdam (42)	avg.	3.61	directly at sea	sewer
	min. ~max.	1.13 ~8.33		
Samdo (10)	avg.	4.12	directly at sea	sewer
	min. ~max.	2.40 ~6.02		
Gunip (20)	avg.	4.20	94.7% directly at sea	sewer
	min. ~max.	0.83 ~12.08		
Donam (14)	avg.	1.85	carry by car	sewer
	min. ~max.	0.72 ~4.64		
Ido (7)	avg.	1.47	carry by car	sewer
	min. ~max.	0.43 ~2.84		
Ildo (8)	avg.	2.40	carry by car	sewer
	min. ~max.	0.85 ~4.54		
Hwabuk · Samyang (10)	avg.	4.94	60% carry by car (directly at sea)	sewer
	min. ~max.	1.87 ~12.44		
Shinjeju (29)	avg.	1.62	carry by car	sewer
	min. ~max.	0.30 ~3.90		
Total (166)	avg.	3.57	61.4% directly at sea (carry by car)	sewer
	min. ~max.	0.30 ~34.78		

Table 2. The amount used of seawater at public bath in jeju

Company	Max. (m ³ /d)	Min. (m ³ /d)	Avg.(m ³ /d)
hamian	77	2	38
Ihosauna	40	3	21
Samyanghasusauna	7	5	6

Table 3. Data of water quality in water tank of Japanese restaurant

	Temp.(°C)		pH		DO (mg/ℓ)		COD _{Mn} (mg/ℓ)		SS(mg/ℓ)		T-N(mg/ℓ)		T-P(mg/ℓ)		Cl (mg/ℓ)
	inflow	outflow	inflow	outflow	inflow	outflow	inflow	outflow	inflow	outflow	inflow	outflow	inflow	outflow	inflow
avg.	20.1	20.1	6.92	6.86	7.3	7.3	3.94	4.95	1.5	2.3	0.84	0.86	2.17	2.33	16.026
min	16.1	16.1	6.27	6.28	6.4	6.5	0.74	0.74	0.1	0.2	0.01	0.013	0.006	0.003	9.922
max	24.4	24.0	8.57	8.32	9.7	9.3	9.40	9.41	6.9	8.9	2.2	2.23	19.31	18.69	21.084

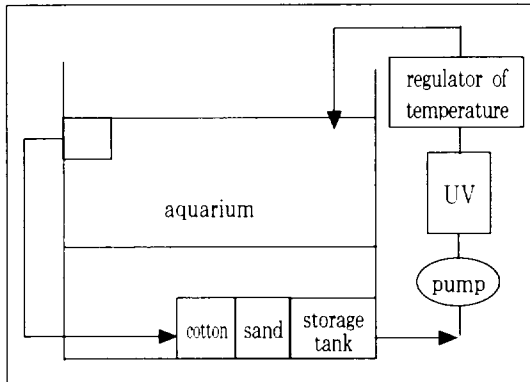


Fig. 1. Schematic digram of aquarium.

여과장치로 보내진다. 여과재는 솜과 모래를 이용한 2단 여과장치이다. 여과재를 통과한 물은 저수조로 유입되고 다시 재순환 펌프에 의해 UV장치를 거쳐 유입구를 통해 다시 수조 내로 유입된다. 이 때 수조 내의 물은 온도조절에 의해 항상 15±5℃로 유지된다. 활어수조는 FRP수조이며, 수조의 규격은 가로 180 cm, 세로 70 cm, 높이 60 cm이다. 재순환 펌프는 온양 정 3m일 때의 순환량이 36 ℓ/min이다.

분석항목

수질측정 항목은 총 8개 항목으로 수온, pH, DO, COD, SS, T-N, T-P, 그리고 Cl⁻이다. 분석은 pH, DO는 multi 3041(WTW, 독일)를 사용하였고, 그 외의 항목에 대한 분석은 수질오염공정시험방법 및 Standard Method에 준하여 실시하였다.

결과 및 고찰

현장조사 결과 및 고찰

제주시 횃집수조 66개소의 수질을 조사한 결과를 Table 3에 나타내었다. COD는 평균 3~4 mg/ℓ 정도로 처리 없이 바다로 방류될 경우 COD값이 다소 높으나 가중치는 낮으므로 큰 문제가 될 수준은 아니다. 단, 최고치는 우려되는 수준의 경우도 있다. COD의 평균값은 해양수질 Ⅲ등급에 속하는 수치이다. 그리고 T-N과 T-P는 각각 0.84~0.86 mg/ℓ, 2.17~2.33 mg/ℓ으로 Ⅲ급에도 못 미치는 수준의 다소 높은 값을 나타나고 있다.

횃집수조에서 나오는 많은 양의 해수가 하수관으로 유입되면 하수관의 부식을 초래할 수 있고, 하수종말 처리장으로 일시적으로 많은 양의 해수가 들어가게 되면 미생물에게 충격을 줄 수 있기 때문에 정확한 전체 발생하수량 대비 해수의 비율을 파악하고, 하수 처리 구역별 하수처리장에서의 영향을 명확히 할 필요가 있다고 사료된다.

Table 4는 해수탕의 수질을 분석한 결과이다. 욕조에 유입되기 전 물과 냉·온탕에서 각각 채수한 물을 분석한 것이다. 온탕에서의 COD 농도가 높게 나타났다.

실내실험 결과 및 고찰

횃집수조와 같은 방법으로 물을 교환해 주지 않고 계속적으로 순환을 시키면서 수질을 분석한 결과를 살펴보면, 수조의 입수전 해수의 수온은 8.8℃였지만, 히터에 의한 가열로 수조의 온도를 약 14℃ 정도로 유지하였다(Fig. 2). pH는 7.9~8.2 범위로 시간이 지날수록 조금씩 감소하였다(Fig 3).

Fig. 4는 수조내의 T-N 변화를 나타내었다. 초기의 T-N 값은 0.093 mg/l 였으며 시간이 지나갈수록 조금씩 증가 하다가 4일째에는 0.241 mg/l로 급격히 상승하였다. 그리고 T-P의 경우는 농도 변화가 0.005~

Table 4. Data of water quality in public baths

company		Samyanghasusauna	Ihosauna	Hamian
Temp. (°C)	inflow	14	15	15
	cold bath	15	-	15
	hot bath	35	32	33
pH	inflow	8.5	8.7	8.7
	cold bath	8.4	-	8.3
	hot bath	8.5	8.5	8.4
DO (mg/l)	inflow	9.0	10.2	9.9
	cold bath	8.2	-	7.2
	hot bath	5.7	5.2	5.5
COD _{Mn} (mg/l)	inflow	2.0	5.0	5.0
	cold bath	6.0	-	10.0
	hot bath	32.0	31.0	14.0
SS (mg/l)	inflow	1.3	2.6	3.1
	cold bath	3.9	-	1.5
	hot bath	2.9	2.8	3.5
T-N (mg/l)	inflow	0.45	0.38	1.02
	cold bath	0.38	-	0.53
	hot bath	0.26	0.75	0.53
T-P (mg/l)	inflow	0.22	0.28	0.22
	cold bath	0.21	-	0.30
	hot bath	0.21	1.78	0.24
Cl (mg/l)	inflow	18.055	15.340	15.225

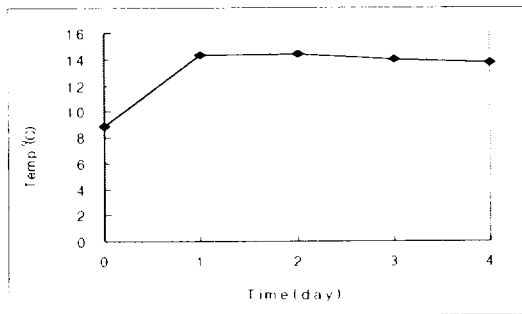


Fig. 2. Data of Temperature.

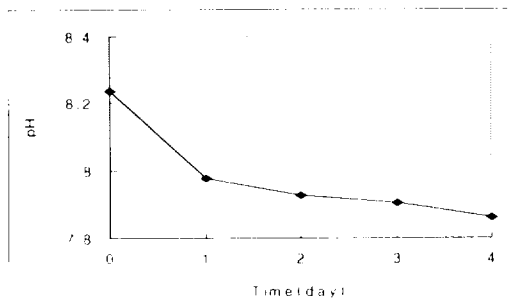


Fig. 3. Data of pH.

0.230 mg/l로서 2일째부터 농도가 급격히 상승하여 실험 3일째에는 T-P값이 해수의 초기값 비해 약 10 배 정도 증가하였다. 이와 같이 T-N과 T-P 농도가 증가한 것은 어류의 배설물로 인한 오염 때문이라고 판단된다.

Table 5은 수조 내 수질 분석 결과를 나타낸 것이다. 각각의 평균농도는 DO가 7.32 mg/l, COD_{Mn} 1.5 mg/l, SS 1.8 mg/l, 그리고 Cl 16.380 mg/l 였다. 실내 실험 결과, 적정 사육 밀도라 할지라도 수조에서의 배설물로 인하여 수조내 해수를 교환없이 물리적 처리만으로는 4~5일 이상 지속적으로 유지하기 어려운 것으로 나타났으나 서 등(2003)은 수중의 생물학적 오염물을 제거하는 공정을 추가하면 해수의 교환 없이도 지속시간의 연장이 가능하다고 보고하고 있다.

본 실험에 이용된 수조의 경우, 구조상 조내 전체 교환이 불가능하므로, 조 저부에 배설물 계속해서 퇴적 되었고, 이로 인한 수질이 악화를 초래했다고 판단된다. 따라서, 이러한 구조적 문제를 해결함으로써, 해수의 교환없이 지속시간의 연장이 가능하리라 예상된다.

Table 5. Data of laboratory experiment

	Temp. (°C)	pH	DO (mg/ℓ)	COD _{Mn} (mg/ℓ)	SS (mg/ℓ)	T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)	Cl- (mg/ℓ)
Avg.	10.4	7.959	7.32	1.5	1.9	0.129	0.06	16.380
Min.	8.8	7.904	8.53	0.3	0.9	0.093	0.005	
Max.	14.4	8.237	6.86	3.5	2.8	0.241	0.23	

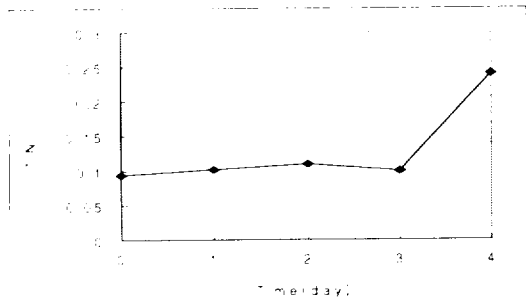


Fig. 4. Data of T-N.

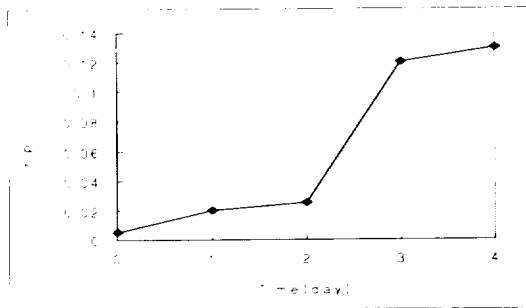


Fig. 5. Data of T-P.

결론

횃집수조 및 해수탕 배출수의 수질 및 배출량을 조사하여 적정관리 방안에 대하여 고찰 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 횃집 수조의 수질분석 결과, COD는 평균 3~4

mg/ℓ 정도로 이는 해양수질 III등급에 속한다. 그리고 T-N과 T-P는 각각 0.84~0.86 mg/ℓ, 2.17~2.33 mg/ℓ로 III등급보다도 높게 나타나고 있지만 가중치가 높지 않기 때문에 큰 문제는 없다고 판단된다.

- 2) 제주시에 있는 해수탕의 경우, 평균 해수사용량은 6~38 m³/d로 극히 적은 양을 사용하고 있는 실정이므로 직접하수관으로 방류해도 무방할 것으로 판단된다.

- 3) 횃집수조와 같은 방법으로 물을 갈아주지 않고 계속적으로 물을 순환시키면서 실내실험을 한 결과, 시간이 지날수록 배설물로 인해 COD 및 T-N, 그리고 T-P의 증가로 수조의 물을 교환 없이 4~5일 이상 유지하기는 어렵다고 판단된다. 수조의 구조적 문제점을 해결함으로써 지속시간을 연장 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- 서근학 · 신정식 · 이창근 · 이석희 · 천재기 · 조재윤. 2004. 해수활어수조의 포말분리시 단백질 농도의 영향. 한국수산학회, 37(1): 18-23
- 서정범 · 황창민. 2003. 활성슬러지 공법의 생분해성 및 침강성에 미치는 염분 농도의 영향. 한국물환경학회지, 19(6): 741-749
- 정일형 · 서재간 · 김미령 · 김성구. 2000. 고정화 미생물 및 Protein Skimmer를 이용한 순환 여과식 해수활어수조 시스템 개발. 2000년도 추계수산관련학회 공동학술발표회:150-151.