Journal of Environmental Science International
26(2); 201~210; February 2017

pISSN: 1225-4517 eISSN: 2287-3503
https://doi.org/10.5322/JESI.2017.26.2.201

ORIGINAL ARTICLE

기계식 스크루 브러쉬 콘필터를 이용한 조류 제거에 관한 연구

김도희*
목포해양대학교 환경생명공학과

A Study on the Removal of Algae by a Mechanical Screw Brush Cone Filter

Do-Hee Kim*
Department of Marine Environmental Engineering & Biotechnology, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

Abstract

This study was conducted to estimate the removal efficiency of algae by a mechanical Screw Brush Cone Filter in a lake. The device used a stainless steel cone-shaped filter with a screw brush. The ability of the developed device to remove algae larger than 20㎛ in Lake ChaSa, Gwangyang city was tested from August to September 2014. The results show that the removal rates for chlorophyll-a, suspended solids and volatile suspended solids were 44-87%(mean 61%), 35-54%(mean 40%), and 37-46%(mean 43%), respectively. This study also discusses equipment and device operation costs and device application problems, and suggests *in situ.* solutions to these problems.

Key words : Chlorophyll-a, Lake, Removal of algae, Screw brush cone filter, Suspended solids, Volatile suspended solids

1. 서 론

매년 연안에서 발생되고 있는 적조를 포함한 하천이나 호수에서 조류가 대량 발생하고 있다. 특히, 내만이나 연안 양식장에서 적조로 인한 어업피해 금액이 수십 수백억에 달한다고 보고되고 있다. 한편, 상수원의 호수나 저수지 및 하천에서는 담수 조류가 대량 번성하여 생활용수, 농업용수 및 친수 레저 활동에 막대한 피해를 끼치고 있다. 특히, 4대강 공사로 조성된 보에서 매년 담수 조류가 대량 발생하여 환경적인 문제가 발생하고 있다. 상수원에서의 조류의 대 번식은 상수도의 여과폐쇄, 이취미의 유발, 소독에 따른 유해부산물의 증가와 같은 문제들이 발생되고 있는 실정이다(Choi et al., 2003).

담수 조류의 제거에 관한 연구로서는 조류 종의 생태학적 특성과 배양된 조류를 이용한 응집공정의 개선에 관련된 연구가 대부분이며, 정수장에서는 조류 종류에 상관없이 염소와 오존을 이용한 전산화 및 응집제로 대처하고 있는 실정이다(Im et al., 2003). 하천이나 저수지 및 호소에서 조류가 대량 번식될 경우,

Received 9 November, 2016; **Revised** 9 January, 2017;
Accepted 20 January, 2017
***Corresponding author**: Do-Hee Kim, Department of Marine Environmental Engineering & Biotechnology, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea
Phone : +82-61-240-7308
E-mail : doking@mmu.ac.kr

ⓒ The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

화학약품인 응집제를 투여해서 침전부상과 응집부상으로 조류를 제거하고 있으나 조류 제거효율과 2차적인 환경문제가 염려되고 있다(Lee and Kim, 2001). 특히, 화학약품의 투입과 황토의 살포는 그 실효성과 수중생태계 미치는 영향 때문에 사회, 환경적인 우려의 목소리가 대두되고 있는 실정이다(Park, 2005).

한편, 연안에서의 적조 발생 대책으로는 알지닉 산과 같은 화학약품, 초음파 및 오존처리, 전기분해법, 적조생물을 흡착 침강시키기 위한 황토 및 점토살포, 응집제를 투여하는 여러 방법이 있으나 실제 현장에서 효율적으로 적용되고 있는 기술은 많지 않는 실정이다(Kim and Cho, 2000; Kang et al., 2001; Yun et al., 2003; Kim and Shin, 2007).

담수 조류 제거에 관한 연구로는 실내에서 배양된 녹조류인 *Scenedesmus*와 *Chlorella* 종을 대상으로 연속식 전자빔을 조사하여 녹조류의 사멸 및 물리화학적인 변화를 연구한 사례가 있을 뿐(Kang et al., 2010) 적조 발생이나 담수조류가 대량 번식될 경우, 기계식 여과장치를 이용한 조류 제거기술에 대한 연구나 현장 적용 사례에 관한 연구는 아직까지 보고되지 않고 있는 실정이다. 그 이유는 경제성과 효율성 및 현장 적용성 때문인 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 연안, 하천, 저수지 및 호소에서 대량 발생하는 조류를 기계식으로 제거하기 위해 콘 필터형 여과장치를 개발하고자 하였고, 개발된 장치의 현장 적용성 및 조류제거율을 현장에서 평가하였다. 아울러 개발된 장치의 제작비용과 운전비용을 산출하였으며, 현장적용 시 발생되는 문제점과 그 개선책을 제시하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 조류제거 콘 필터 장치 설계 및 제작

본 연구의 스크루 브러쉬 콘 필터는 호수, 저수지, 하천, 연안 등 적용대상 수역의 수질과 염분의 농도 및 유속 등을 고려하여 장치의 재질은 내구성과 부식성을

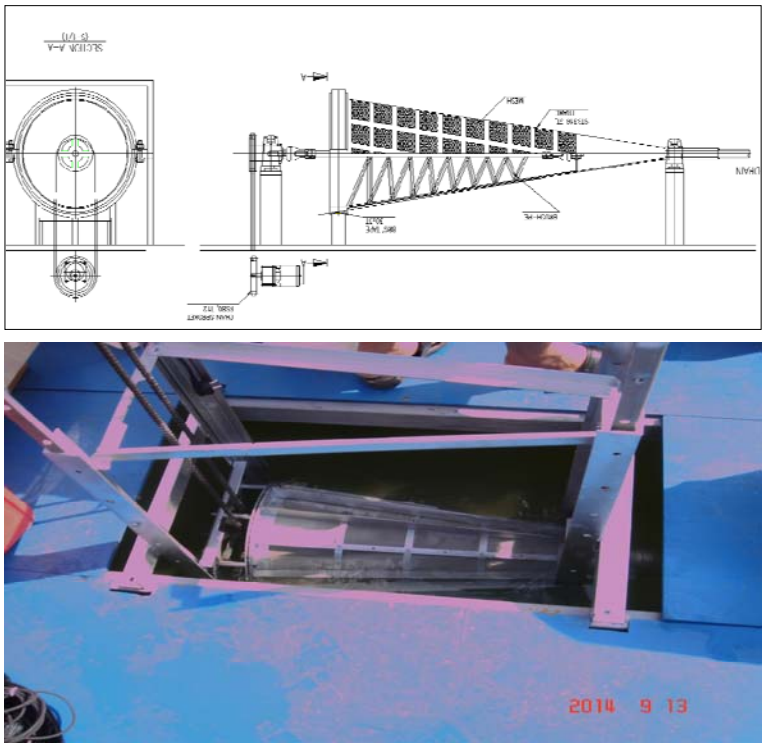

Fig. 1. Screw brush cone filter.

Table 1. Algae removal device design and operating condition

Material composition	Stainless steel complex
Legth	1.5 m
Weight	25 kg
Inflow diameter	30 cm
Outlow diameter	3 cm
Speed	61 cm/sec

고려하여 스테인레스 합금강 철재로 제작하였다. 여과재의 공극은 제거하고자 하는 대상 미생물의 크기를 고려하여 결정하였다.

조류의 제거 원리는 콘 형태로 설계하여 선박에 장치를 부착해서 선박이 이동할 때 수중의 미생물이 장치내로 유입하여 여과, 제거될 수 있도록 고안하였다. 특히, 장치의 운전이나 이동은 별도의 동력 없이 기존의 어선에 쉽게 부착하여 이동, 운전되록 하였다. 장치의 입구는 나뭇잎이나 나뭇가지 등 큰 부유물질의 유입을 막기 위해 스크린을 설치하였다. 특히, 여과 막에 제거되는 조류들에 의한 막힘 현상을 예방하고, 역세척이 필요 없도록 여과 막 내부 벽을 따라 계속 회전하면서 제거되는 조류를 콘필터 안쪽으로 쓸어내는 스크루브러쉬가 운전되도록 설계하였다. 장치의 전체적인 도면과 사진은 Fig. 1과 같고 장치의 제원은 Table 1과 같다.

3. 조류 제거율 평가

연안, 하천, 저수지 및 호수에서 서식하는 조류는 종류도 다양하고 그 크기도 각기 달라 대개 5～1,000 ㎛ 범위로 알려져 있다(Lee, 1992). 또한, 연안 해역에서 식물플랑크톤을 채집할 경우, 150～175 ㎛ 공극 크기의 채집망을 사용하며, 예인속도는 망목이 작은 채집망은 0.25노트, 망목이 1000 ㎛ 인 경우에는 3～4 노트로 이루어지고 있다(Lee, 1992). 따라서 제거하고자 하는 미생물의 크기에 따라서 콘 필터의 공극 크기를 다르게 제작해서 전체 시스템 중 여과재를 쉽게 교환 가능하도록 계획하였다.

본 연구의 목적은 하천이나 저수지에서 조류가 대발생한 경우, 미생물의 종을 동정하고 분류하고자 하는 것이 아니라 하천, 저수지 및 호수에서 대량으로 번식하는 담수 조류를 경제적이고 효율적으로 제거하고자 하는 것이 연구의 주된 목적이었다. 따라서 담수 조류의 크기가 수십 ㎛에서 수백 ㎛ 범위인 것과 해양에서 Microplankton의 크기가 20～200 ㎛인 점을 고려하여 본 연구에서는 20 ㎛ 여과재의 공극을 사용해서 20 ㎛ 이상의 조류를 제거 대상으로 조류 제거효율의 성능시험을 실시하였다(Im et al., 2003).

일반조사 항목으로는 조류의 증식과 관련된 DO, 투명도, 탁도, 수온 등의 수질 항목을 수질공정시험법(MEK, 2014)에 따라 분석하였다. 장치에 의한 조류 제거효율을 평가하기 위해 먼저 장치 내로 유입, 제거되는 유량과 미생물의 농도를 측정하여 매번 장치로 유입되는 조류의 량과 제거되는 양으로부터 장치에 의한 조류의 제거효율을 평가하였다. 조류 제거효율의 성능평가 항목으로는 광합성 미생물의 생물량으로 대표되는 Chlorophyll-a와 수중에 부유하는 SS와 SS 중 유기물의 양으로 대표되는 VSS의 유입량 대비 제거되는 양으로부터 평가하였다.

장치내로 유입되는 유량을 측정하기 위해 현장에서 여과장치의 유입구에 작은 유속계(FP-211)를 장착시켜 유입수의 유속을 반복 측정하였다. 측정된 평균유속은 61.0 cm/sec였고, 개발된 장치의 유입구의 단면적은 706.5 cm^2였다. 장치로 유입되는 유입수의 유량은 측정된 평균유속과 유입구의 단면적으로부터 식(1)과 같이 계산한 결과 43 L/sec 였다.

$$\text{유입수의 유량}(Q) = V*A \quad (1)$$

한편, 여과장치로 유입된 미생물이 여과필터에

Fig. 2. Research and sampling site in the lake of ChaSa, GwangYang city (35°.00”, 127°.73”).

제거된 후 여과장치의 끝 부분으로 포집되어 제거되는 유량과 농도를 측정하여 제거되는 조류의 양을 구하였다. 즉, 물은 바깥으로 빠져 나가고 조류는 여과필터에 의해 제거되어 장치의 끝 부분에서 포집된다. 제거되는 유량은 용량 눈금이 표시된 용기로 측정하였다. 측정한 제거 수의 유량은 평균 6 L/sec였다. 유입 및 제거되는 미생물의 생체량을 측정하기 위한 Chlorophyll-a, SS, VSS의 농도 측정은 현장에서 유입수와 제거수를 매 조사 시 3회 이상 채수하여 냉장보관 상태에서 실험실로 옮긴 후 수질공정시험법(MEK, 2014)에 따라 분석하였다.

4. 장치의 현장적용 및 조류 제거율 평가 결과

4.1. 조사현장 선정 및 일반수질 항목 조사 결과

개발된 장치의 미생물 제거효율과 현장 적용성을 평가하기 위한 장소를 선정하고자 연안과 하천, 호수, 저수지를 답사하였다. 현장 답사 결과, 접근성, 바람과 강우 등의 기후조건, 장치의 분실우려, 실험조건의 변동 등을 고려하여 장치의 이동과 미생물 제거효율 평가 시험이 가장 안정되고 용이한 장소로 전남 광양시 진월면에 위치한 차사 저수지를 선정하였다(Fig. 2).

조류 제거율 평가를 위해 저수지의 수질 상태를 계속 모니터링 하던 중 담수 조류가 대량 번성한 2014년 8월 30일, 9월 13일, 9월 28일 3회 실시하였다. 먼저 현장에서 수온, 탁도, DO, 투명도 등 담수 조류의 번식성장과 관련된 일반수질 항목을 조사하였다. 동시에 조류 제거율 평가를 위해 조사당일 현장조사와 채수를 실시하였다. 조사당일 현장에서 육안으로도 조류가 대량 번성한 것을 쉽게 확인할 수 있었고, 조사결과 수온은 23～25℃, DO는 8.2～11.9 ㎎/l 으로 담수 조류가 번성하기 좋은 환경조건이었고, 투명도가 0.7～1.2 m, 탁도는 12.7～33.5 NTU, Chlorophyll-a 농도가 17.04 ㎍/l 으로 담수 조류가 대량으로 번성한

Table 2. Results of temperature, DO, transparency, turbidity and Chlorophyll-a

Sampling time	DO (ppm)	Transparency (m)	Turbidity (NTU)	Temperature (℃)	Chlorophyll-a (㎍/l)
Aug. 30	8.2	1.2	12.7	23	6.236
Sep. 13	11.9	0.7	33.5	25	17.04
Sep. 30	9.46	0.9	28.2	24	2.783

Table 3. Concentrations of chlorophyll-a in influent and effluent(August 30, 2014)

No.	Influent con. (㎍/l)	Effluent con. (㎍/l)
1-1	4.551	30.172
1-2	7.201	27.551
1-3	5.805	31.623
2-1	7.120	16.514
2-2	7.203	16.942
3-1	7.891	22.254
3-2	6.102	23.181
4-1	4.878	19.650
4-2	5.256	23.581
4-3	6.352	22.042
mean	6.236	23.351

사실을 확인할 수 있었다(Table 2). 즉, 평소보다 투명도가 낮고 탁도와 Chlorophyll-a의 농도가 3～10배 이상 높은 결과를 보였다.

4.2. 조류제거 평가 결과

조류 제거율 평가 결과의 신뢰성과 정밀도를 위해 현장에서 매 조사 시 3-7회 반복적인 측정과 채수를 실시하였다. 먼저 측정된 유입 수 및 제거수 중의 Chlorophyll-a의 농도의 분석결과는 Table 3～Table 5와 같다. 여과된 물이 빠져 나가고 제거된 조류가 농축됨으로서 유입수보다 제거 수에서 조류의 농도가 현저히 높게 나타나고 있음을 확인 할 수 있었다.

측정된 유입수와 제거 수의 유량과 Chlorophyll-a 농도로부터 구한 chlorophyll-a유입량과 제거 량으로부터 구한 Chlorophyll-a 제거율의 결과는 Table 6～Table 8 및 Fig. 3과 같다. Chlorophyll-a의 제거효율은 8월 30일 33～71%(평균 51±16%), 9월 13일 31～62%(평균 44±12%), 9월 30일 85～88%(평균 87±2%)으로 전체적으로 약 61%의 제거효율을 보였다. 이와 같은 결과는 유입농도 및 유입미생물의 양이

Table 4. Concentrations of chlorophyll-a in influent and effluent(September 13, 2014)

No.	Influent con. (㎍/l)	Effluent con. (㎍/l)
1-1	10.192	46.150
1-2	10.344	44.070
2-1	20.741	40.820
2-2	18.783	48.423
3-1	17.131	43.491
3-2	17.821	44.195
4-1	18.470	48.830
4-2	15.531	50.351
5-1	23.280	70.422
5-2	18.071	80.563
mean	17.042	51.732

Table 5. Concentrations of chlorophyll-a in influent and effluent(September 30, 2014)

No.	Influent con. (μg/l)	Effluent con. (μg/l)
1-1	1.852	16.254
1-2	1.854	20.281
1-2	4.644	20.753
mean	2.783	19.096

Table 6. Contents of chlorophyll-a in influent and effluent and removal rate of chlorophyll-a(August 30, 2014)

No.	Influent content (μg/sec)	Effluent content (μg/sec)	Removal rate (%)
1	251.97	178.68	71
2	308.42	100.43	33
3	301.15	133.48	44
4	236.50	129.70	55
mean	274.51	135.57	51

Table 7. Contents of chlorophyll-a in influent and effluent and removal rates of chlorophyll-a(September 13, 2014)

No.	Influent content (μg/sec)	Effluent content (μg/sec)	Removal rate (%)
1	438.67	270.67	62
2	850.99	267.72	31
3	752.64	263.03	35
4	731.99	297.52	41
5	890.40	452.96	51
mean	732.94	310.38	44

Table 8. Contents of chlorophyll-a in influent and effluent and removal rates of chlorophyll-a(September 30, 2014)

NO.	Influent content (μg/sec)	Effluent content (μg/sec)	Removal rate (%)
1	79.85	67.53	85
2	139.88	123.1	88
3	80.75	71.03	87
mean	109.87	95.32	87

높다고 해서 반드시 제거효율이 높게 나타는 것이 아니라 적절한 유입량과 적합한 처리 조건일 때 제거율이 높아진다는 것을 알 수 있었다. 본 결과는 Kang et al.(2010)이 *Scenedesmus*와 *Chlorella* 종을 대상으로 1 kGy 의 전자빔을 조사하여 조류 제거율을 평가한 결과인 50% 보다도 더 좋은 제거효율을 보였다.

유입수와 제거 수 중의 유량과 SS 농도로부터 구한 SS의 유입량과 제거량으로부터 구한 SS의 제거효율을

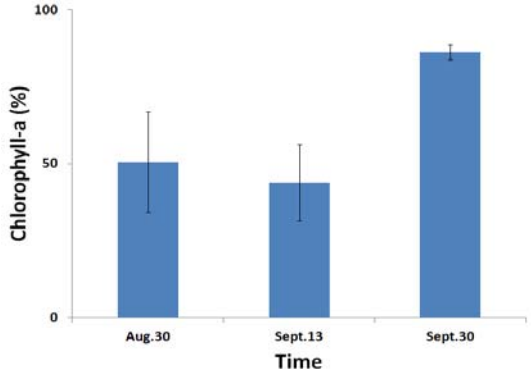

Fig. 3. Removal rate of chlorophyll-a by screw brush cone filter.

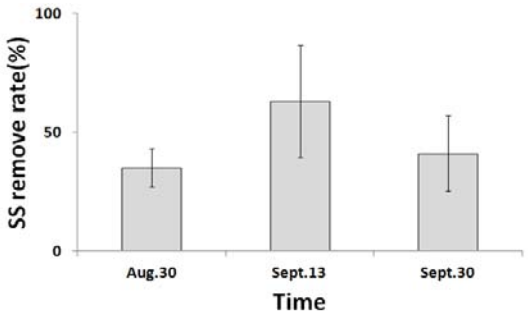

Fig. 4. Removal rate of SS by screw brush cone filter.

Table 9. Concentration, contents and removal rates of SS(August 30, 2014)

No.	Influent con. (mg/l)	Effluent con. (mg/l)	Influent content (mg/sec)	Effluent content (mg/sec)	Removal rate (%)
1	4.135	12.124	172.27	72.24	42
2	2.024	6.014	86.14	36.05	42
4	3.114	8.120	129.20	48.21	37
5	5.014	9.031	215.34	54.12	25
mean	3.572	8.822	150.74	52.66	35

Table 10. Concentration, contents and removal rates of SS(September 13, 2014)

No.	Influent con. (mg/l)	Effluent con. (mg/l)	Influent content (mg/sec)	Effluent content (mg/sec)	Removal rate (%)
1	8.102	22.041	345.23	132.74	38
2	7.301	28.151	302.12	168.64	56
3	6.201	26.234	258.43	156.54	60
4	8.057	26.343	345.14	156.43	45
5	8.187	42.214	344.74	252.14	73
mean	7.570	28.997	319.13	173.30	54

Table 11. Concentration, contents and removal rates of SS(September 30, 2014)

No.	Influent con. (mg/l)	Effluent con. (mg/l)	Influent content (mg/sec)	Effluent content (mg/sec)	Removal rate (%)
1	16.234	26.148	689.01	276.42	40
2	20.014	16.230	861.12	222.42	26
3	6.025	14.047	258.13	168.75	65
4	12.254	24.165	517.14	144.12	28
5	14.134	26.431	603.04	276.53	46
mean	13.732	21.205	586.12	217.65	41

Table 12. Concentration, content and removal rates of VSS(August 30, 2014)

No.	Influent con. (mg/l)	Effluent con. (mg/l)	Influent content (mg/sec)	Effluent content (mg/sec)	Removal rate (%)
1	0.082	0.381	3.45	2.28	66
2	0.121	0.316	5.17	1.86	36
4	0.165	0.463	6.89	2.766	40
5	0.202	0.612	8.61	3.66	42
mean	0.143	0.443	6.03	2.64	46

Table 13. Concentration, content and removal rates of VSS(September 13, 2014)

No.	Influent con. (mg/l)	Effluent con. (mg/l)	Influent content (mg/sec)	Effluent content (mg/sec)	Removal rate (%)
1	0.376	1.288	16.19	7.73	48
2	0.271	1.107	11.67	6.64	57
3	0.339	1.084	14.60	6.50	45
4	0.401	1.067	17.27	6.40	37
5	0.4	1.089	17.23	6.53	38
mean	0.357	1.127	15.39	6.76	45

Table 14. Concentration, content and removal rates of VSS(September 30, 2014)

No.	Influent con. (mg/l)	Effluent con. (mg/l)	Influent content (mg/sec)	Effluent content (mg/sec)	Removal rate (%)
1	0.378	0.839	16.28	5.03	31
2	0.334	0.939	14.38	5.63	39
3	0.312	0.938	13.44	5.63	42
4	0.334	0.811	14.38	4.87	34
5	0.376	0.991	16.19	5.95	37
mean	0.347	0.904	14.93	5.42	37

Table 9～Table 11과 Fig. 4에 정리하였다. SS의 제거율은 8월 30일 25～42%(평균 35±8%), 9월 13일 38～73%(평균 54±24%), 9월 30일 26～65%(평균 41±16%)으로 전체적으로 약 40%의 제거효율을 보였다. SS제거율의 경우, 시간대별 유입농도 및 유입량도 비슷하였고 조류의 제거율도 큰 차이를 보이지 않았다.

측정된 유입, 제거수 중의 유량과 VSS 농도로부터 구한 VSS의 유입량과 제거량으로부터 구한 VSS의 제거효율을 Table 12~Table 14과 Fig. 5에 정리하였다. VSS 제거효율은 8월 30일 36～66%(평균 46±12%), 9월 13일 37~57%(평균 45±8%), 9월 30일 31~

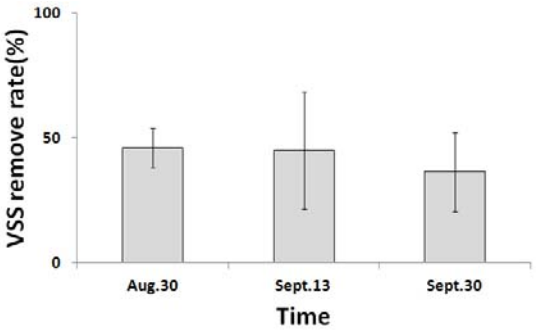

Fig. 5. Removal rate of VSS by screw brush cone filter.

Table 15. Cost of the algae removal devises production and operating cost

Cost items	Unit (won)
Filter equipments	5,080,000
Water level & arrangement devices	3,882,000
Movement & drive	(13,600) for 8 hour in a day
Water treatment volume	1,238 m^3/day
Total	8,962,000

42%(평균 37±4%)로 전체적으로 약 43%의 제거효율을 보여 앞서의 SS의 제거효율과 유사한 결과를 보였다.

4.3. 장치의 경제성과 현장 적용성

4.3.1. 개발된 장치의 경제성

개발된 장치를 이용하여 하루 8시간 운전 시 수 처리 용량이 2,825 m^3인 경우, 장치의 제작비용과 운전비용은 8,962,000원이 소요되는 것으로 산출되었다(Table 15). 수 처리 1 톤당 953원으로 적은 비용이 소요되는 것으로 평가되었다. 특히, 본 연구에서 적용한 선외기 5 마력을 하루 8시간 운전 시 1,700 ₩/L×1 L/hr×8 hr/day = 13,600 ₩/day이 소요되었으나, 이는 기존 선박에 부착해서 운전할 경우 절약될 수 있을 것으로 판단되었다. 본 장치는 제작 후 여러 번 사용 가능할 수 있는 점과 제거되는 미생물을 계속해서 스크루 브러쉬로 여과장치의 안쪽으로 쓸어냄으로서 여과재의 막힘 현상을 예방하고, 역 세척이 필요 없는 점을 고려한다면, 현재 하천이나 호수 저수지에서 약품을 투입하여 침전부상이나 응집부상으로 대량 발생하는 조류를 제거하고 있는 방법보다 더욱 경제성이 있을 것으로 판단되었다. 뿐만 아니라 약품처리나 황토살포는 2차적인 환경문제가 발생될 수 있기 때문에 본 장치의 기계적인 제거는 더욱 환경친화적인 방법인 것으로 판단되었다. 본 장치와 유사한 연구결과 보고서와 적용된 사례가 아직까지 보고된 바가 없고, 약품을 이용한 응집 부상법과 응집 침전 제거에 관한 비용 산출이나 경제성에 관한 자료나 보고서가 발표되지 않은 이유로 본 장치와의 경제성의 비교나 운영비용 분석을 하기에는 어려움이 있었다.

4.3.2. 현장 적용의 문제점과 개선안

개발된 장치를 현장에서 적용한 결과, 이동 속도가 증가하면 증가할수록 여과장치 내에 여과, 제거되는 미생물의 양이 증가되기 때문에 막힘 현상과 수압문제가 발생하였다. 따라서 여과장치에 제거되는 미생물을 연속해서 장치의 안쪽으로 쓸어내는 역할을 하는 스크루브러쉬를 운전하였다. 아울러 제거되는 미생물의 양과 스크루브러쉬의 수행능력에 따라서 제거장치의 이동속도 즉 제거속도를 조절해야 될 것으로 판단되었다. 또는 1차 Filter의 공극의 크기를 크게하여 큰 조류를 먼저 걸러주고 두 번째 Filter에서 나머지 미생물을 걸러주는 2단계 여과장치로 구성하는 방안도 강구될 수 있을 것으로 생각되었다. 또한, 연안 양식장과 하천, 저수지, 호소에서 대량 번식하는 조류의 종류와 크기가 다양하고 서식하는 수심이 각기 다르기 때문에 장치를 현장에 적용할 경우, 제거하고자 하는 조류의 크기에 따라서도 여과재의 공극 크기를 달리해야 하고, 조류가 서식하는 수심에 따라서 제거장치의 수심을 조절하여 운영해야 될 것으로 판단되었다.

5. 결 론

연안, 하천, 저수지 및 호수에서 대량 번식하는 조류를 기계식 여과방식으로 제거할 목적으로 Screw brush cone filter를 개발한 후 조류제거 효율을 평가하였다. 여과재의 재질은 강도와 부식성을 고려하여 고강도 스테인레스 합금강을 소재로 하였고, 제거하고자 하는 조류의 크기에 따라 여과재의 공극크기를 결정하였다. 장치의 이동은 기존의 선박에 탈부착이 용이하도록 제작하였고, 조류가 분포하는 수심에 따라서 여과장치의 수심을 조절할 수 있도록 제작하였다. 장치의 입구에는 스크린을 설치하였고, 제거되는 조류로 인한 막힘 현상을 예방하고 역세척이 필요 없도록 제거되는 미생물을 연속적으로 여과장치 내에서

회전하면서 장치의 안쪽으로 쓸어내는 Screw brush가 운전되도록 하였다.

담수 조류가 대량 번식한 2014년 8월 30일, 9월 13일 9월 30일 전남 광양시 진월면 차사저수지에서 조류 제거율을 평가한 결과, Chlorophyll-a의 제거효율은 8월 30일 33~71%(평균 51%), 9월 13일 31~62%(평균 44%), 9월 30일 85~88%(평균 87%)으로 전체적으로 약 61%의 제거효율을 보였다. SS의 제거효율은 8월 30일 25~42%(평균 35%), 9월 13일 38~73%(평균 54%), 9월 30일 26～65%(평균 41%)으로 전체적으로 약 40%의 제거효율을 보였다. VSS의 제거효율은 8월 30일 36~66%(평균 46%), 9월 13일 37~57%(평균 45%), 9월 30일 31~42%(평균 37%)으로 전체적으로 약 43%의 제거효율을 보였다.

개발된 시작품의 규모로서 하루 8시간 운전 시 수처리량 2,825m^3이었으며, 장치의 제작경비와 운전경비는 총 8,962,000원이 소요되었다. 한번 제작된 후 장기간 사용할 수 있는 점과 물 1톤 당 처리 비용은 953원으로 제거비용이 적은 점, 그리고 2차적인 환경문제도 발생되지 않는 점 등을 고려할 때 개발된 장치의 경제성과 효율성이 있어 현장 적용이 가능한 것으로 평가되었다. 다만, 현장에 적용 시 이동 속도가 증가하면 증가할수록 여과장치 내 스크루 브러시의 처리능력에 부하가 증가되어 Filter의 기능이 감소될 수 있어 제거되는 미생물의 양에 따라서 이동속도를 조절해야 될 것으로 판단되었다. 또한, 연안양식장과 하천, 저수지, 호소에서 대량 번식하는 조류의 종류와 크기에 따라서 그리고 조류가 분포하는 수심에 따라서 여과장치의 공극 크기와 설치 수심을 조절해야 될 것으로 생각되었다. 본 연구에서는 대량 발생하는 미생물을 제거하는 단계까지 수행되었으나, 향후, 제거되는 미생물을 선상에서 건조 케이크로 처리한 후, 퇴비의 원료나 바이오에너지의 원료로 사용할 수 있는 타당성과 방법에 관한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되었다.

REFERENCES

Choi, I. H., Lee, S. J., Lee, J. J., 2003, The distribution and control of red-tide in Lake Kuchun, Proceeding of the Korean Society on Water Quality, 41-45.

Im, Y. S., Kim, Y. J., Lee, C. W., Kang, L. S., 2003, The study on removal of *Stephanodiscus and Microcystis* by coagulation processes and preoxidation treatment, J. of Korean Society on Water Quality, 19(1), 35-42.

Kang, H., Park, S. U., Jeong, J. Y., Cho, S. S., Kim, U. R., Han, B. S., 2010, A Study on green algae control in lakes by electron beam irradiation using continuous feeding system, Proceeding of the Korean Society on Water Environment, 585-586.

Kang, S. J., Lim, S. I., Lee, B. H., 2001, The removal of red tide organisms by using microscreen and ozone, J. Korea Society of Water Science and Technology, 9(4), 11-17.

Kim, S. J., Cho, K. D., 2000, Removal of red tide organisms (flocculation of red tide organisms by using IOSP), J. of the Korean Fisheries Society, 33(5), 448-454.

Kim, S. S., Shin, J. W., 2007, Technology for utilization and control of ecosystem development of removal technology for algae and red tide in coast, Ministry of Environment, Korea, 87-95.

Lee, J. H., Kim, Y. U., 2001, A Study on the removal of algae by coagulation sedimentation in the raw water of the Nakdong River, J. of Korean Environmental Sciences Society, 10(2), 113-117.

Lee, J. H., 1992, Ocean biology, DongHa Publishing Company, Seoul, 377-379.

Park, C. H., 2005, Effects of loess application in near shore underwater ecosystem and materials for red tide removal on the sea shore, Ph. D. Thesis, Ulsan university, Ulsan, Korea.

Ministry of Environment, Korea, 2014, Manual of water analysis in Korea, 133-168.

Yun, J. S., Kim, S. H., Yun, C. H., 2003, Red tide removal by alginic acid, J. of Korean Society on Water Environment, 19(3), 293-299.

Yun, J. S., Kim, S. H., Yun, C. H., 2003, Red tide removal by loess spreading, J. of Korean Society of Environmental Engineering, 25(3), 358-363.