

## 호소의 수질개선을 위한 원통형 여과장치의 평가

이선호 · 김승현<sup>†</sup>

영남대학교 환경공학과

(2008년 6월 26일 접수, 2008년 9월 12일 채택)

### Assessment of Cylinder-Shaped Filter System for Improving Reservoir Water Quality

Sun-Ho Lee · Seung-Hyun Kim<sup>†</sup>

Environmental Engineering Department, Yeungnam University

**ABSTRACT** : In view of previous investigations that the outermost zone of porous media displays the most vigorous removal of organic contaminant, a novel filtration apparatus of cylinder-shaped porous material (polyester fiber) was applied to the Samcheonji reservoir in Gyeongsan to assess its ability to remove contaminants from reservoir water. The apparent mechanism of purification is that organic pollutant dispersed in the water is collected by the matrix to be degraded by microbes in due course. Data obtained from the experiment appear promising: 19~27% decrease in COD<sub>Cr</sub>, 37~43% reduction in COD<sub>Mn</sub>, BOD<sub>5</sub> diminution between 67~81%, 93% decrease in turbidity, and 99% removal of Suspended Solids. The results suggest that this device may be a valuable supplementary means to ameliorate the quality of reservoir water.

**Key Words** : Reservoir, Water Quality, Porous Media, Cylinder-type Filter, Pilot Experiment

**요약** : 다공매질을 이용한 여과에서 오염물은 바깥 부위에서 활발히 제거된다는 점을 고려하여, 새로운 여과장치인 폴리에스터 재질의 원통형 다공매질을 고안하여 이 장치가 호소수에서 오염을 제거할 수 있는지 경산시의 삼천지에서 실험하였다. 원수에 포함된 유기오염물은 여체에 포획된 후 시간을 두고 미생물에 의해 분해되는 것을 알 수 있었고, 오염물질 제거효율은 탁월하여 COD<sub>Cr</sub> 19~27%, COD<sub>Mn</sub> 37~43%, BOD<sub>5</sub> 67~81%, SS 99% 이상, 탁도 93% 등이었다. 본 연구로부터 이 장치가 호소의 수질개선책의 일환으로 활용될 수 있을 것으로 기대되었다.

**주제어** : 저수지, 수질, 다공매질, 원통형 여과장치, 파일럿실험

### 1. 서론

우리나라에서는 강수가 짧은 기간에 집중되어 수해방지 및 수자원의 효율적인 활용을 위해 크고 작은 많은 저수지를 건설하여 운영하고 있다.<sup>1)</sup> 또한, 도심지의 근린공원 등에서도 휴식공간 제공을 위한 소규모의 호소들이 많이 건설되어 있다. 이들 호소들이 제 구실을 하기 위해서는 수량이 안정적이어야 할뿐 아니라 그 수질도 좋아야 한다. 그러나 이들 호소는 여러 가지 원인으로 인해 그 수질이 만족스럽지 못한 경우가 많다. 호소수의 오염물질은 유역에서 하천수를 따라 들어오며 호소바닥과 대기로부터도 유입될 수 있고, 호소 내부에서 조류성장으로 인해 2차적으로 생성되기도 한다. 특히 우리나라의 호소는 대부분 영양염류의 농도가 조류의 성장에 필요한 한계농도 이상이고<sup>2)</sup> 또 대부분 그 수심이 얕아서 조류성장에 의한 2차오염의 가능성이 매우 큰 것으로 알려져 있다.<sup>3)</sup>

호소의 수질개선을 위해 호소에 유입되는 오염물질의 경

감에 노력을 기울이고 있으나 많은 노력과 여러가지의 규제에도 불구하고 대부분의 다목적댐의 수질은 2급수 또는 3급수에 불과하며,<sup>4)</sup> 도심호소의 경우에는 4급수까지 악화되어 이의 개선을 위한 추가적인 노력이 요구된다.<sup>5)</sup>

호소의 수질개선을 위해서는 오염물질이 유입되지 않도록 하는 것이 가장 효과적이지만 이를 위해서는 많은 시간과 비용이 필요하고 때로는 오염의 유입이 불가피하므로 수질이 문제되고 있는 호소에서는 오염물을 제어하거나 수질개선을 위한 공법의 적용이 병행되는 것이 바람직하다. 오염물 제어법은 먹이의 연쇄조절이나 호수내의 유동제어를 통한 탁류의 배출 등을 들 수 있다.<sup>6)</sup> 호소수질 개선공법은 여러 가지가 고안되었다. 최와 강은<sup>7)</sup> 호소에 수중폭기를 실시하여 저층부에 산소를 공급하였으며, 이로 인해 혐기상태가 해소되고 강제순환으로 성층이 파괴되었으나 조류번식에 대한 억제는 제한적이었다고 보고하였고, 김 등은<sup>8)</sup> 작은 연못의 표면에 분수를 설치하여 수질개선 효과를 조사하였으며, 몇 가지의 수질항목에서는 상당한 개선이 있다고 하였다. 서 등은<sup>9)</sup> 산소용해장치와 미생물 제제를 연못에 투입하여 COD (Chemical Oxygen Demand)와 질소, 그리고 인을 상당히 제거하였다고 하며, 윤 등은<sup>10)</sup>

<sup>†</sup> Corresponding author  
E-mail: kimsh@yu.ac.kr  
Tel: 053-810-2548

Fax: 053-810-4624

초고속 응집침전공정을 소규모의 호소에 적용하여 상당한 양의 인을 제거하였다고 한다. 정과 왕은<sup>11)</sup> 폐각에 호소수를 일정시간 접촉하여 호소수에 포함된 인을 상당히 제거하였다고 하며, 김 등은<sup>12)</sup> 호소의 연안습지에서 식물에 의한 질소와 인의 흡수량을 조사하였으며, 상당량의 영양염류가 식물에 흡수됨을 확인하였다. 이외에도 호소수질개선을 위해서 몇 가지의 공법이 고안된 바 있으며, 호소의 오염된 물을 호소 바깥으로 퍼내서 처리한 후 다시 호소에 유입시키는 방안(생물막을 이용한 호소수질 정화장치, 대한민국 실용신안 제251919호), 보통의 폐수처리 원리를 적용한 소형의 이동식 수처리 설비를 운영하여 오염된 호소수를 처리하는 방안들(이동식 수질정화장치, 대한민국 특허 제292426호; 동력식 코코넛 활성탄 접촉산화부도를 이용한 호소수질 정화장치, 대한민국 실용신안 제394153호)도 고안되었다. 그러나, 이러한 처리방법들은 오염제거에 필요한 환경을 조성해 주는 간접적인 방법이어서 그 오염제거 효율이 낮거나, 복잡한 기계장치나 화학약품 그리고 전문지식이 필요하거나, 얇은 수심에서 성장한 식물체를 주기적으로 제거해야 하기 때문에 유지관리가 어렵고, 또는 별도의 부지가 필요하거나 주변경관을 해치는 처리장의 설치가 필요하기도 하여 이를 해결할 수 있는 적절한 공법의 개발이 필요한 실정이다.

Taylor와 Jaffe는<sup>13)</sup> 모래를 채운 칼럼에 5~7 mg/L의 메탄올 용액을 통과시키는 실험에서 메탄올이 모래에 부착된 미생물에 의해 분해되는 현상을 연구하였으며, 메탄올을 분해하는 생물막은 칼럼입구에서 약 50 cm 깊이까지 형성되었고 메탄올은 칼럼입구 약 10 cm에서 대부분 소모되었다고 한다. 성 등과<sup>14)</sup> 안 등은<sup>15)</sup> 각각 모래와 유리알을 채운 칼럼에 BOD (Biochemical Oxygen Demand) 약 13 mg/L로 오염된 하천수를 통과시켜 칼럼 깊이에 따른 미생물의 성장을 측정하였으며, 모래의 입경과 칼럼에서의 유속에 따라 약간 다르지만, 칼럼입구 약 50 cm까지만 오염물을 분해하기 위한 미생물의 활동이 활발하다고 하였다. Chung 등은<sup>16)</sup> 홍수터 토양에 약 13 mg-BOD/L로 오염된 하천수를 불포화 흐름으로 통과시킨 실험에서 BOD의 대부분이 토양의 표층 40 cm에서 제거되고, 상당량의 질소도 동반 제거됨을 보고하였다. 김 등은<sup>17)</sup> 오염도가 약 12

mg-BOD/L인 도시하수 처리장의 방류수를 불포화 흐름으로 토양을 통과시킨 실험에서 대부분의 BOD제거가 표층의 30 cm에서 이루어진다고 하였다. 이들 연구결과는 저농도로 오염된 물이 포화 또는 불포화 토양층을 통과할 때 토양미생물에 의한 오염물의 분해에 관한 것이지만 토양 이외의 다른 다공질 여재를 사용하여도 유사한 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대되며, 저농도로 오염된 호소의 수질개선에 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서는 다공질 여재를 호소의 수질개선에 적용하는 방법으로 ‘원통형 여과장치’의 사용을 제안하며, 이는 보통의 상업용 파이프에 개공눈(slot)을 충분히 설치한 유공관 즉, 집수관을 토목섬유 등의 다공질 여재로 둘러싼 원통형의 설비로, 이를 수평으로 설치하여 집수관의 한쪽 끝을 집수실에 연결한 것이다. 이의 개요도는 Fig. 1에 나타내었다. Fig. 1에서 여재를 통과한 여과수는 집수관을 거쳐 집수실에 모이게 되며, 이를 양수하여 수역의 다른 지점으로 방류함으로써 호소의 수질개선에 사용하거나 상수원수 등의 다른 용도로도 사용할 수 있을 것이다. 본 연구에서 제안된 장치는 하상여과에 사용되는 집수정과 그 원리가 유사하며, 하상여과에서 수평집수관의 매설깊이는 4~5 m에 이르지만 이중에서 활발하게 사용되는 대수층의 두께는 1 m 정도에 불과함을 감안하여,<sup>14,18)</sup> 일정한 두께의 다공질 인공여재로 하상여과의 자연토양을 대신하는 점이 다르다고 할 수 있다.

본 연구에서는 집수관의 일부인 짧은 유공관에 다공질 여재를 부착한 모형을 호소의 수질개선에 적용함으로써 본 연구에서 제안하는 공법이 호소수에 포함된 오염물의 제거에 적합한지 평가하고, 일정한 산출유량에서 여러 가지 오염물이 제거되는 정도를 정량적으로 분석하여 본 공법의 오염제거에 관한 특징을 파악하고자 한다.

## 2. 실험재료 및 방법

본 연구에서는 외경 10 cm, 길이 40 cm, 두께 2.2 mm 인 아크릴 파이프의 한쪽 면을 얇은 아크릴판으로 폐쇄하고, 폐쇄면에서부터 12 cm 구간에 틈으로 1 mm의 줄눈을 약 2 mm 간격으로 설치하여 개공율 약 20%인 집수

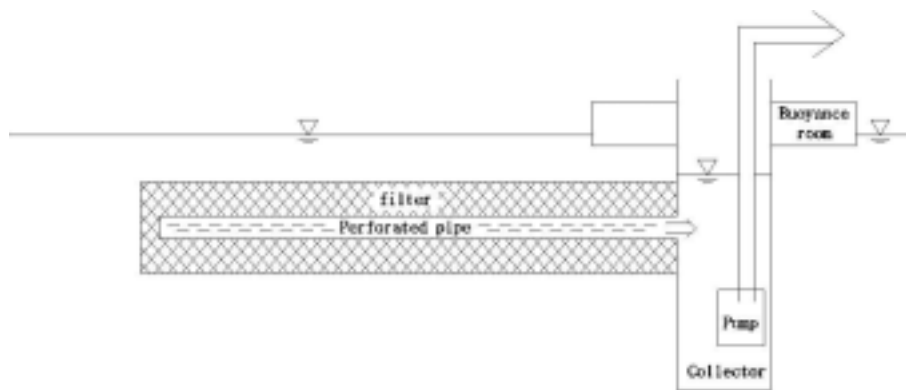


Fig. 1. Schematic diagram of the cylinder-type filter system.

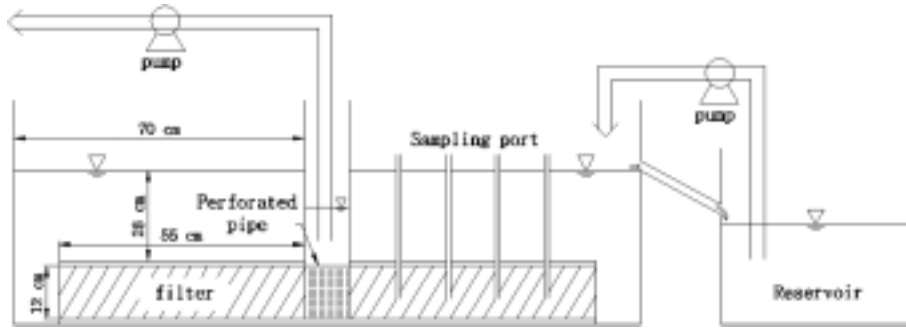


Fig. 2. Schematization of experimental apparatus.

관을 제작하였다. 폐쇄면을 바닥으로 하여 집수관을 연직으로 세우고, 집수관의 개공부 12 cm구간을 다공질 여재로 여러 번 감아서 그 외경이 120 cm가 되도록 하였다. 사용된 여재는 폴리에스터 재질의 섬유였으며, 섬유 울의 직경은 8.6 μm이었고, 여재의 간극율은 약 97%이었다. 여재의 상하 면에 두께 8 mm인 아크릴판을 부착하여 이들 두 면을 통과하는 물 흐름을 방지하였다. 이 장치를 직경 150 cm, 깊이 45 cm의 원통형 수조에 넣고 바닥에 가라앉힌 후 수조를 원수로 가득 채웠으며, 여재의 중앙부에 있는 집수관에서 물을 양수하여 원수가 원통형 여재의 바깥(원주)면을 통해 유입되도록 하였다. 양수에 사용된 펌프는 125 watt 용량이었으며, 양수된 유량의 일부를 집수관으로 되돌림으로써 필요한 산출유량을 얻었다. 양수시 집수관의 수위는 여재보다 항상 높게 유지하여 여재에 불포화대가 형성되지 않도록 하였다. 실험장치는 경북 경산시 소재한 저수지인 삼천지의 제방 동쪽 끝에 인접하여 설치된 가건물에서 가동하였으며, 원수의 취수구는 제방 끝에서 저수지 중심방향으로 약 5 m, 수면하 약 50 cm 깊이에 위치시켰다. 실험장치 가동시 수조로 원수를 계속해서 공급하여 수조의 수위를 항상 일정하게 유지하였다. 원통형 여재의 가장자리에서 집수관, 즉 중심방향으로 11 cm, 22 cm, 33 cm, 그리고 44 cm 지점에 시료채취구를 설치하여 시료채취와 수두측정에 이용하였다. 실험장치의 개략도는 Fig. 2에 나타내었다. 본 장치를 운전하는 동안 수조와 각 시료채취구, 그리고 집수관에서의 수두를 측정하여 폐색이 발생하는지 점검하였다.

본 실험 이전에 예비실험을 수행하였으며, 본 실험에 사용된 실험장치를 실내에 설치하여 운전하였다. 소모되는 원수를 조달하기 어려워서 삼천지의 호소수와 본 장치를 통과한 여과수를 혼합하여 그 혼합액을 원수로 공급하였다. 이때 양수유량은 0.8 L/min이었다. 예비실험은 2006년 10월초부터 2007년 4월말까지 약 7개월간 지속하였으며, 다공질 여재를 이용한 호소수질 개선이 가능한지 확인하기 위함이었으며, 부가적으로는 매질내에 미생물막을 형성하기 위해서였다. 예비실험에서는 각 시료채취구에서의 시료에 대해 COD, DO (Dissolved Oxygen), pH, 그리고 수두를 측정하였다.

2007년 5월 1일 실험장치를 삼천지 인근의 가건물로 옮

겨 본 실험을 수행하였다. 본 실험에서의 양수유량도 예비 실험과 같은 0.8 L/min이었다. 운전 시작 후 매주 원수와 각 시료채취구에서의 수두값과 시료의 pH, COD, 그리고 DO 등을 측정하였다. COD와 DO의 농도분포로 보아 운전을 시작한지 약 2주 후에 운전이 안정된 것으로 판단되어 5월 15일부터 각 시료채취구에서의 시료에 대해 측정을 실시하였다. 측정항목은 수두, COD, DO, pH, TSS (Total Suspended Solids), VSS (Volatile Suspended Solids), FSS (Fixed Suspended Solids), NO<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NH<sub>4</sub>-N, T-N, T-P, PO<sub>4</sub>-P 등이며, 2~3주 간격으로 2008년 5월 15일까지 1년간 분석하였다. 2007년 10월부터는 BOD<sub>5</sub>도 측정하였으며, 2008년 4월에는 탁도를 측정하였다.

본 연구에서 COD는 COD<sub>Cr</sub>과 COD<sub>Mn</sub>를 모두 측정하였으며, COD<sub>Cr</sub>은 원수와 GF/C를 통과한 시료에 대해서 각각 분석하였다. BOD<sub>5</sub>와 탁도의 분석은 Standard Method로,<sup>19)</sup> 그리고 COD<sub>Cr</sub>, COD<sub>Mn</sub>, 질소, 인은 HS-3100 Water Analyzer(휴마스사, 대한민국)를 이용하였다. DO는 Multi-parameter Analyzer C535(CONSORT사, 벨기에)로, 그리고 pH는 692 pH/Ion meter(Metrohm사, 스위스)로 측정하였다. SS는 수질오염공정시험법에 의해 측정했다. 모든 시료의 분석은 3회 반복 수행하였으며, 그 평균을 취하였다.

### 3. 결과 및 고찰

예비실험이 진행됨에 따라 원통형매질의 가장자리가 원래의 흰색에서 갈색으로 변하였고 점차 원통의 중심방향으로 확산되었다. 예비실험을 종료할 때쯤에는 갈색부위가 약 15 cm 깊이까지 진행하였다. 갈색의 농도는 가장자리에서는 진했으나 중심부로 갈수록 점차 연해졌으며, 약 15 cm 이상의 깊이에서는 전체 깊이에 걸쳐 매우 연한 갈색으로 거의 균일하였다. 예비실험을 종료할 때쯤(2007년 4월초) 여과거리에 따른 여과수의 COD<sub>Cr</sub>, DO, pH의 농도를 측정하여 그 분포양상을 Table 1에 나타내었다. 여과수의 COD<sub>Cr</sub>은 원수보다 약 0.8 mg/L 낮았고, DO는 약 0.2 mg/L 감소하였다. DO가 주로 생물학적 기작에 의해 소모되므로 이는 여재의 내부에서 생물학적 반응뿐 아니라 물리화학적 반응도 발생함을 시사하며, 여재가 갈색으로 변한 부분은 흡착된 오염물이나 부착서식하는 미생물로 판

**Table 1.** Results of preliminary experiment

	filtrate	44 cm	33 cm	22 cm	11 cm	raw water
COD <sub>Cr</sub>	8.23	8.40	8.43	8.46	8.68	9.03
DO	5.21	n.m.	5.25	n.m.	n.m.	5.41
pH	7.70	n.m.	7.70	n.m.	n.m.	7.72

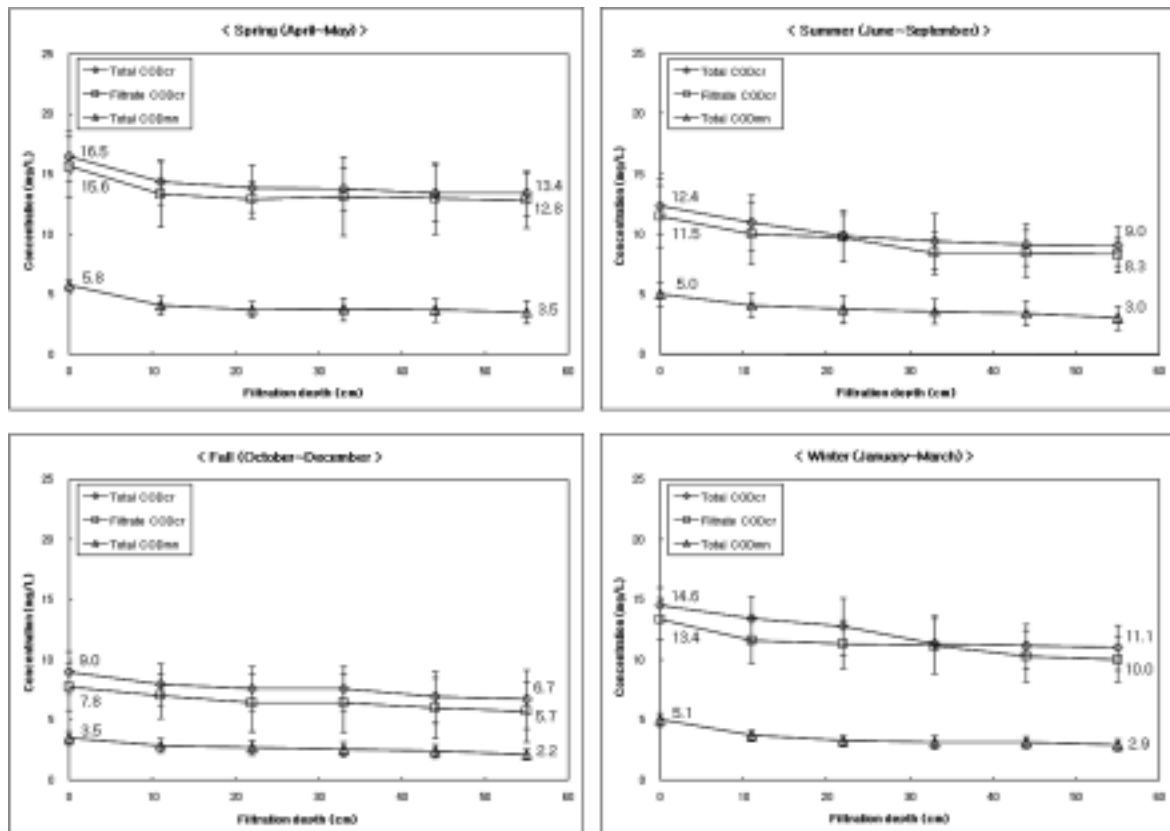
n.m. : not measured

단되었다. 여과거리가 증가할수록 수두는 감소하였으나 모든 시료채취구에서 비슷하여 원수와 집수관에서 그 차이가 1 mm 이내이었다. 예비실험 결과로부터 본 연구에서 제안하는 원통형 여과장치가 호소수질을 개선할 수 있을 것으로 판단되어 삼천지에 인접하여 가건물을 설치한 후 본 실험을 수행하였다.

본 실험 결과 삼천지와 여과수의 수질은 계절별로 비교적 일정한 형태를 보였으므로 실험결과는 계절별로 정리하였다. 여과 거리에 따른 COD의 농도변화를 Fig. 3에 나타내었다. 삼천지의 COD<sub>Cr</sub>은 가을에 가장 낮았고 이후 점차 증가하여 봄에 최대치를 보였다. 이는 삼천지에 번성하는 연의 일생과 상관이 있는 것으로 판단되며, 삼천지 표면을 가득 덮은 연이 겨울에 사멸하여 분해되기 시작하면서 농도가 증가하여 봄에 가장 높고 여름에는 분해와 침전 그리고 강우로 인한 희석으로 그 농도가 감소하기 시작하여 가을에 가장 낮은 형태를 보이고 있다. 삼천지의 COD는 계절에 따라 그리고 계절내에서도 상당히 변했지만 여과 거리에 따른 COD 농도분포곡선은 항상 거의 일

정한 형태를 보였으며, Fig. 3의 상당히 큰 오차범위는 삼천지의 COD농도가 그 계절 내에서도 상당히 변했음을 나타낸다. COD<sub>Cr</sub>은 대부분 용존상태이었으며, COD<sub>Mn</sub>은 COD<sub>Cr</sub>의 35~40%이었다. COD는 여재를 통과하면서 그 농도가 점차 감소하여 COD<sub>Cr</sub>은 여과수가 원수보다 2.3~3.5 mg/L 만큼 낮아서 계절에 따라 19(봄)~27(여름)%의 제거율을 보였고, COD<sub>Mn</sub>은 1.3~2.3 mg/L만큼 제거되어서 37(가을)~43(겨울)%의 제거율을 보였다. COD<sub>Cr</sub>의 제거는 최초 11 cm 여과에서 전체 제거의 33~69%가 발생하였으며, 나머지 구간에서는 서로 비슷한 정도로 제거되었다. 원통의 가장자리 부근에서 제거효율이 높은 것은 오염도가 가장 높을 뿐 아니라 통과유속이 가장 낮아서 체류시간이 길기 때문으로 판단된다. 또한, 여재의 중심부에 농도곡선의 기울기가 아직 남아 있어서 여재의 직경이 증가하는 경우 더 높은 제거율을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 3은 토양을 통과하면서 COD가 제거되는 현상과 비교할 수 있으며, 보통의 수직 1차원 토양층 통과시 COD는 표층부근에서 급격히 제거되고 깊이가 증가함에 따라 점차 완만하게 제거되다가 약 30 cm 이후에는 매우 완만히 제거되는 전형적인 지수함수적 제거형태를 보인다.<sup>13-17)</sup> 이에 비해 원통형 여과장치는 약 40 cm 깊이까지는 매우 약한 지수형태로 거의 선형에 가까운 제거양상을 보인다. 이는 원통형 여과장치의 경우 원통의 중심부로 갈수록 흐름의 단면적이 감소하고 유속이 증가하여 체류시간이 감소하기 때문으로 판단된다. 토양을 이용한 연구에서 유기



**Fig. 3.** COD concentration variations along filtration depth.

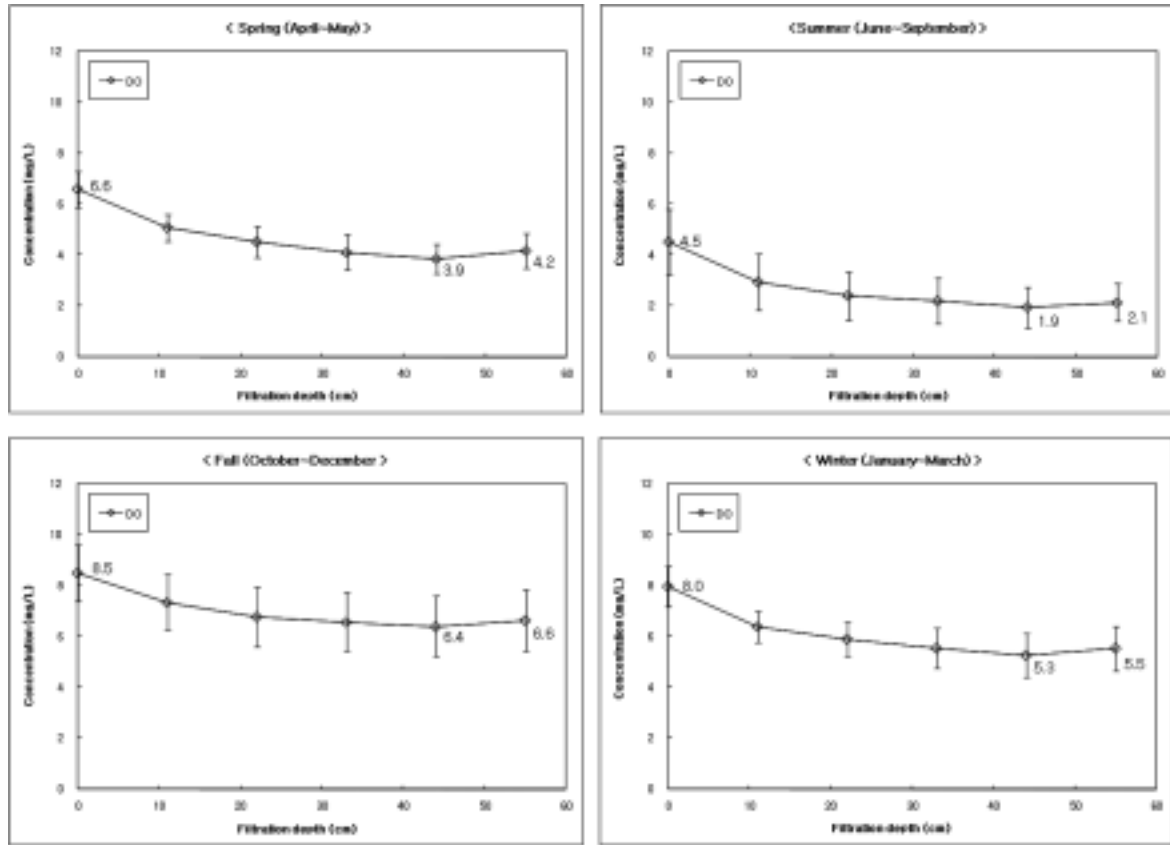


Fig. 4. DO concentration variation along filtration depth.

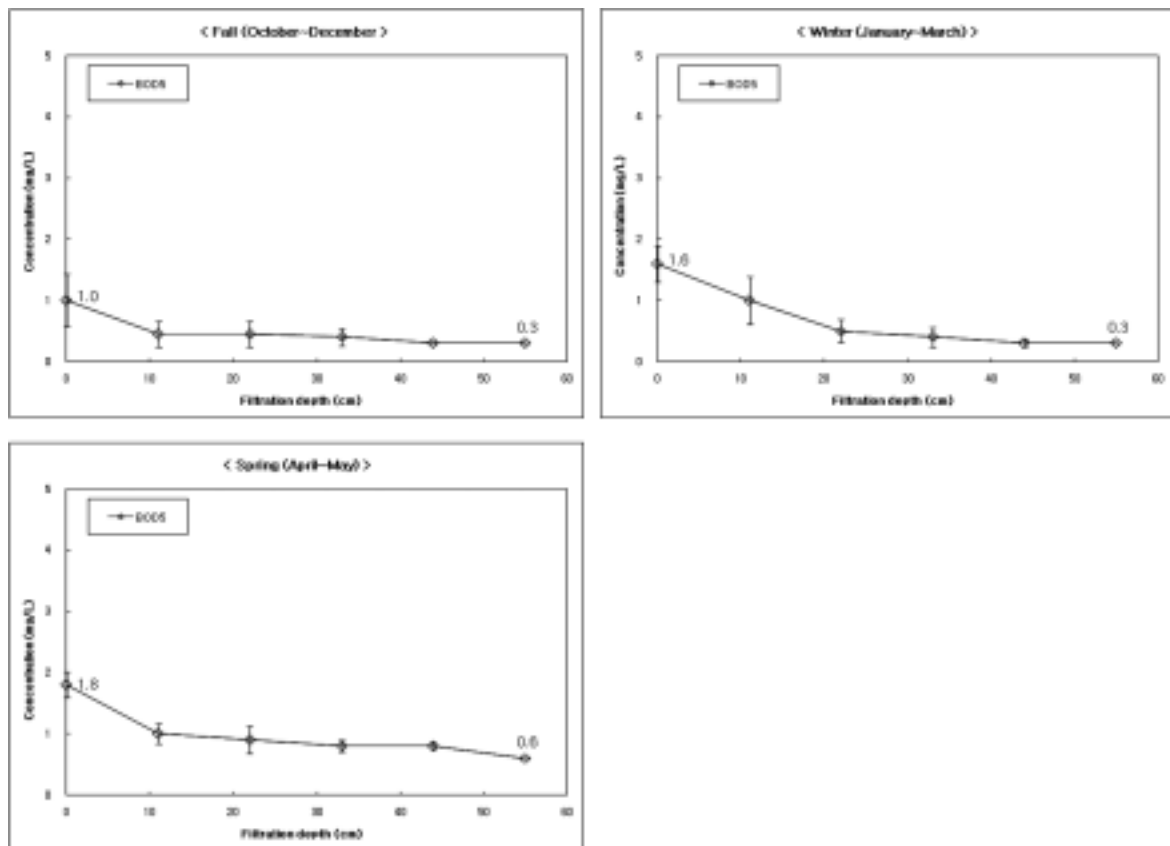


Fig. 5. BOD<sub>5</sub> concentration variation along filtration depth.

오염물 제거효율이 보통 65% 이상으로 높는데 비하면 본 연구에서 고안된 원통형 장치는 그 효율이 상당히 낮은 편이라고 볼 수 있다. 그러나 원통형 매질의 경우 반응이 활발하게 일어나는 표층부위는 그 면적을 극대화하고 그렇지 않은 내부는 부피를 줄임으로써 인공매질의 경제성을 높이는 장점을 가진다고 할 수 있을 것이다.

여재를 통과하면서 여과수의 DO가 소모되는 양상을 Fig. 4에 나타내었다. 삼천지의 DO도 계절에 따라 변했으나 COD와 마찬가지로 여과거리에 따른 DO의 농도분포곡선은 매회 측정시마다 그 형태가 거의 일정하였으며, 오차범위가 넓은 것은 COD에서와 마찬가지로 그 계절 내에서도 삼천지의 DO가 상당히 변했음을 나타낸다. DO도 COD와 마찬가지로 최초 11 cm의 여과에서 가장 많이 감소하며, 그 이후에는 점차 덜 감소하다가 집수관에서 다시 증가하였다. 집수관에서 증가하는 이유는 집수관이 대기에 노출되었기 때문이다. 여과거리 44 cm를 통과하면서 제거되는 용존산소의 농도는 2.1~2.7 mg/L이며, 여름철의 최종 여과수에도 약 2 mg/L로 상당히 높은 농도가 잔존하여 여재의 내부는 항상 호기상태가 유지됨을 알 수 있었다. 또한, 여재 통과시 발생하는 DO의 감소는 COD<sub>Cr</sub>의 감소보다 항상 더 적었으며, DO는 주로 생분해반응에서 소모된다고 볼 수 있으므로 이로부터 COD<sub>Cr</sub>은 생분해뿐 아니라 흡착 등의 다른 기작에 의해서도 제거되었다고 볼 수 있을 것이다.

원수와 여과수의 BOD<sub>5</sub> 농도는 Fig. 5에 나타내었다. 삼

천지의 BOD<sub>5</sub>는 1.0~1.8 mg/L로 COD<sub>Mn</sub>에 비해서도 크게 낮았다. 이는 삼천지에 유입되는 유기오염물은 유입 이전에 하천에서 이미 생분해를 거쳤을 뿐 아니라 유입 후에도 긴 체류시간 동안 지속적으로 생분해에 노출되었기 때문으로 판단된다. 또한, 삼천지에서 발생한 연은 사멸 후에도 연의 형태를 유지하면서 식물체 내부에서 생분해되므로 이것이 물의 오염으로 그대로 직결되지는 않는 것으로 판단된다. 본 장치에서 BOD<sub>5</sub> 제거의 대부분은 COD나 DO와 같이 여재의 바깥부분 11 cm에서 발생하였고, 여재를 통한 전체 제거율은 67~81%이었다. COD<sub>Cr</sub>과 DO, 그리고 BOD<sub>5</sub> 측정치를 비교하면 삼천지의 호소수에는 유기오염물이 주로 생분해가 어려운 형태로 존재하고, 이것이 여재를 통과하면서 흡착 등의 기작에 의해 일단 포획된 후 시간을 두고 생분해 되는 것으로 판단되었다.

여재를 통과하면서 여과수의 SS 농도가 변하는 양상을 Fig. 6에 나타내었다. 삼천지의 SS농도는 COD와 마찬가지로 계절에 따라 변했으며, 여재 약 30 cm 통과에서 거의 100% 제거되어 본 장치가 SS제거에 매우 효과적임을 알 수 있었다.

여과수의 여과거리에 따른 탁도분포곡선을 Fig. 7에 나타내었다. 삼천지의 탁도가 2.47 NTU이었음에 비해 여과수의 탁도는 0.17 NTU로 90% 이상의 제거율을 보였고 다른 오염물질들보다 더 많은 제거가 최초 11 cm의 여과에서 발생함을 알 수 있었다.

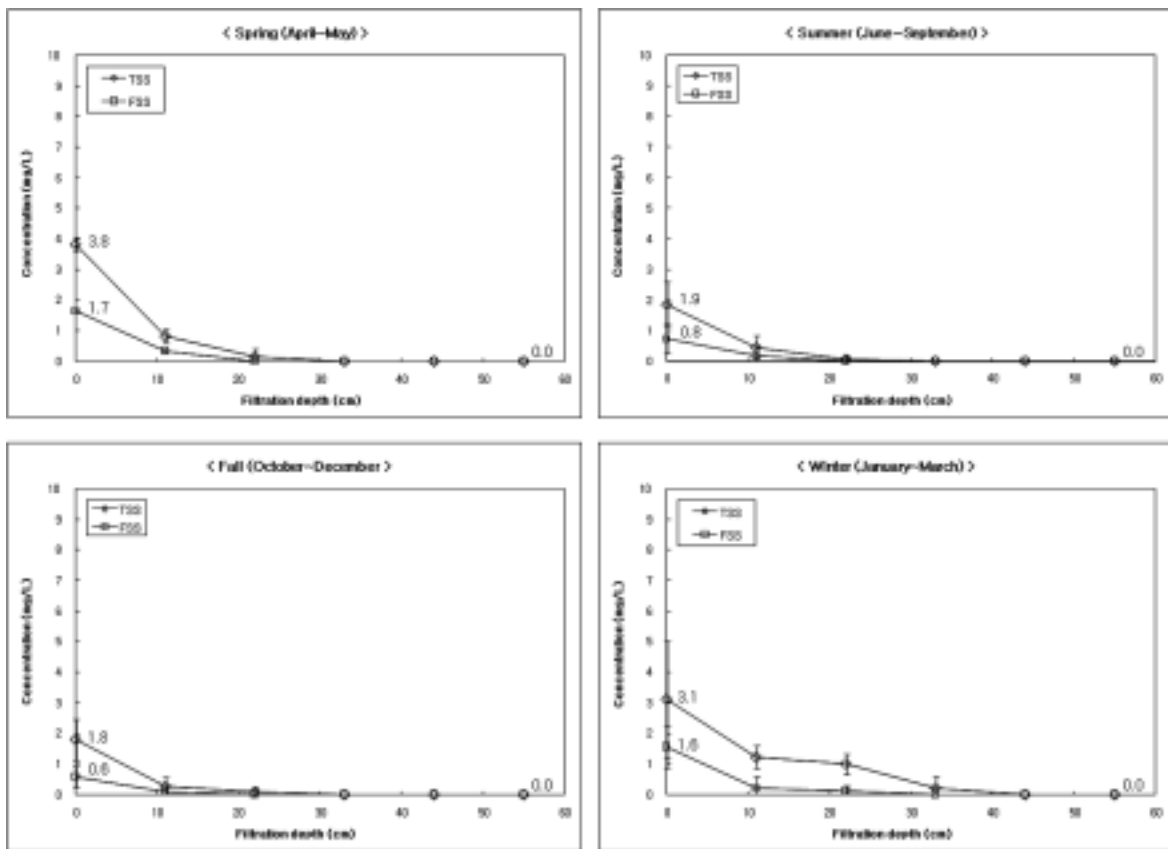


Fig. 6. SS concentration variation along filtration depth.

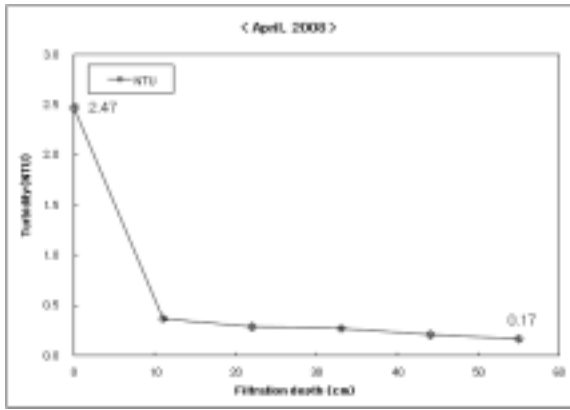


Fig. 7. Turbidity variation along filtration depth.

삼천지 호소수의 질소농도는 약 1 mg/L 이하였다. 원수와 여재를 통과하는 여과수의 NO<sub>3</sub>-N 농도는 항상 0.1 mg/L 이하의 낮은 값이었고, NO<sub>2</sub>-N의 농도는 원수나 여과수 모두에서 항상 약 0.02 mg/L이었다. NH<sub>4</sub>-N와 T-N의 농도변화는 Fig. 8에 나타내었다. T-N의 제거효율은 31~52%이었다. Fig. 8에서의 농도분포곡선이 앞에서 설명한 다른 항목들과 비슷한 것처럼 보이나 다른 항목들과는 달리 매 측정시마다 일정하지 않은 곡선형태를 보였지만 다수의 측정결과를 평균하였더니 Fig. 8과 같은 형태를 보였다. 따라서 이의 해석에는 상당한 주의가 필요하다 할 것이다. 다수의 측정치를 평균한 것이므로 Fig. 8을 하나의 경향

으로 본다면, 여재를 통과하면서 NO<sub>3</sub>-N와 NO<sub>2</sub>-N의 농도가 거의 일정하였으므로 T-N제거는 NH<sub>4</sub>-N와 유기질소 제거량의 합이라고 볼 수 있으며, 최초 22 cm의 여과에서 T-N이 NH<sub>4</sub>-N보다 더 많이 제거된 것은 이 부위에서 BOD를 비롯한 유기물 제거가 활발하였기 때문으로 볼 수 있을 것이다.

여과거리에 따른 T-P와 PO<sub>4</sub>-P의 농도변화곡선을 Fig. 9에 나타내었다. T-P의 제거율은 27~56%이었으며, 다른 항목들과 마찬가지로 최초 11 cm의 여과에서 가장 많이 제거되었다. PO<sub>4</sub>-P는 본 장치에서 거의 제거되지 않음을 알 수 있었다.

이상의 결과로부터 원수에 포함된 유기오염물은 여재에 흡착된 후 시간을 두고 점차 미생물에 의해 분해된다고 볼 수 있었다. 약 1년 7개월 동안 운전한 후 측정된 수두 값은 원수와 여과수에서 2 mm 이내이어서 폐색에 의한 문제가 발생하지는 않았다. 본 연구에서 적용한 양수율을 50 m 길이의 실규모 장치에 적용한다면 그 산출유량은 410 m<sup>3</sup>/일이 되며, 직경이 더 크거나 더 긴 장치를 사용하는 경우 산출유량은 더욱 증가해서 대규모의 호소에도 적용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 결론

본 연구에서 제안한 원통형 여과장치가 오염된 호소의

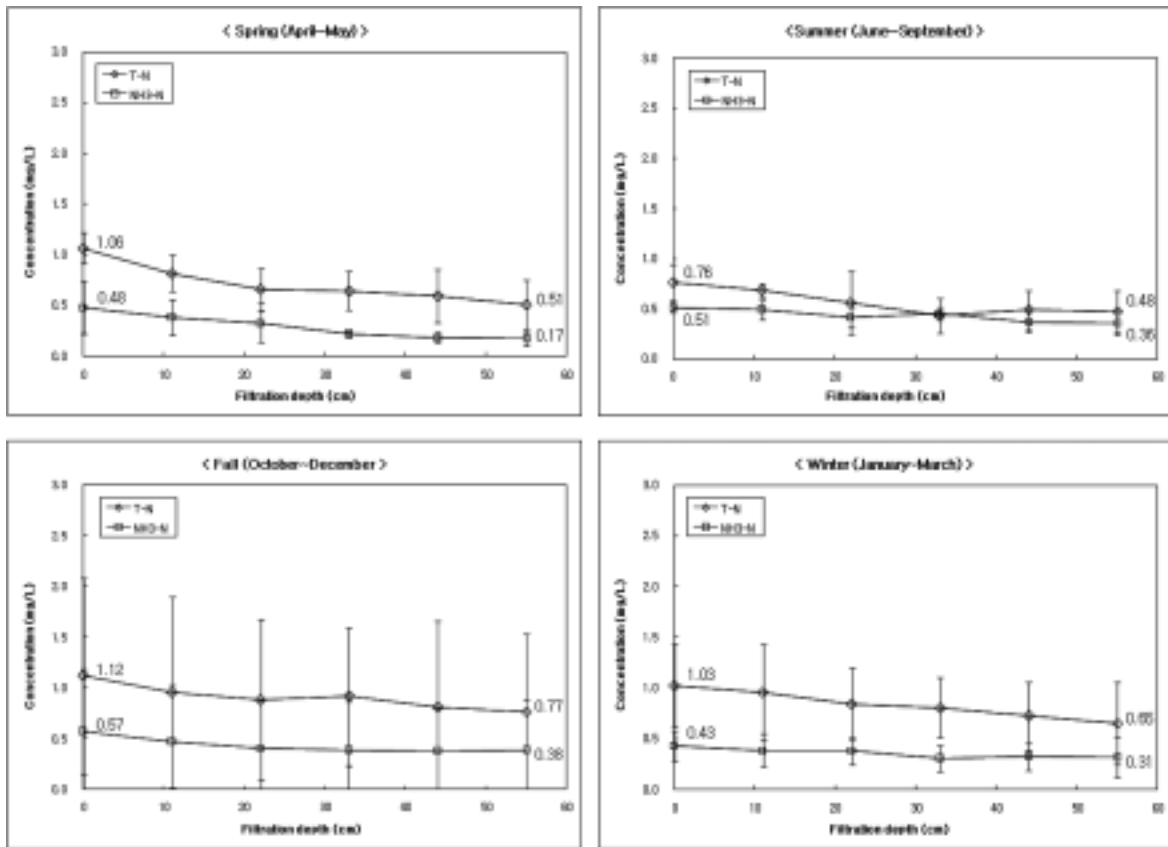


Fig. 8. NH<sub>4</sub>-N and T-N concentration variations along filtration depth.

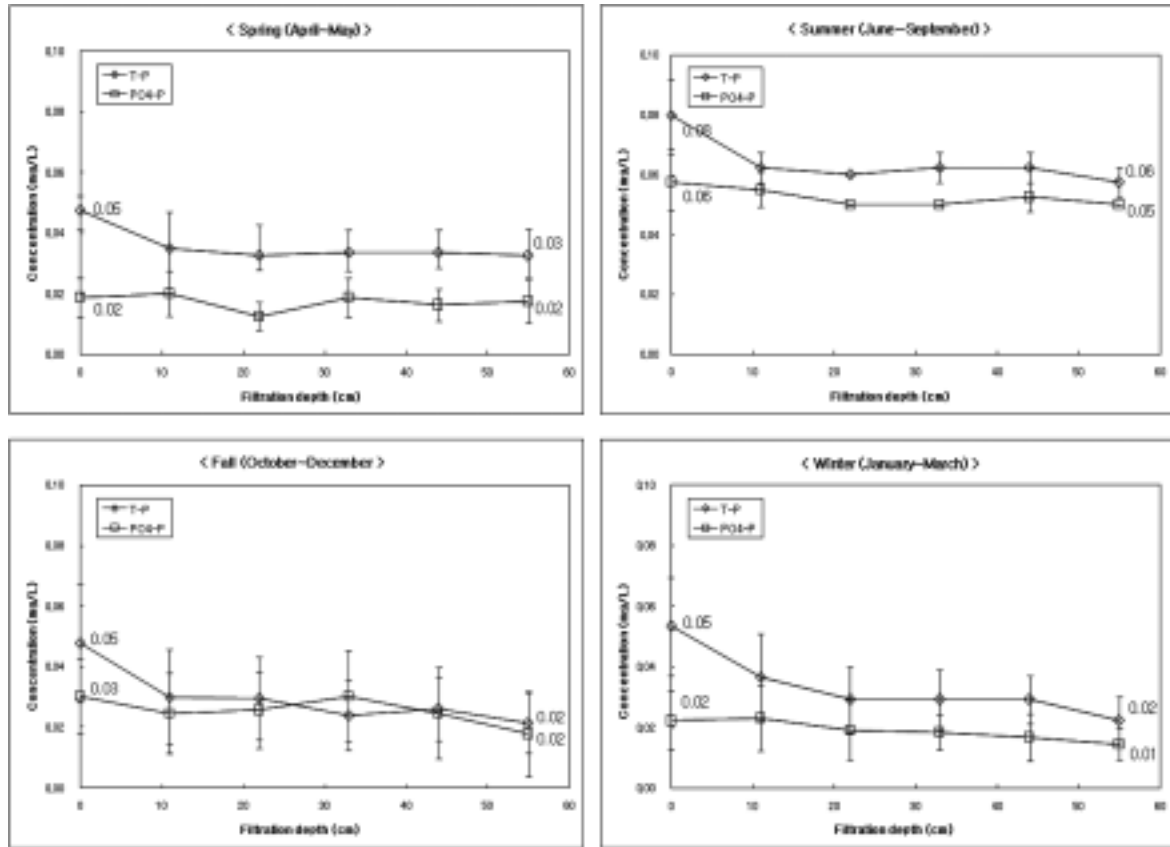


Fig. 9. T-P and PO<sub>4</sub>-P concentration variations along the filtration depth.

수질정화에 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 호소수에 포함된 유기오염물은 여재에 흡착된 후 시간을 두고 미생물에 의해 분해되는 것으로 판단되었으며, 오염물 제거효율은 계절에 따라 COD<sub>Cr</sub> 19~27%, COD<sub>Mn</sub> 37~43%, BOD<sub>5</sub> 67~81%, SS 100%, 그리고 탁도는 93% 등이어서 본 연구에서 제안된 장치가 호소의 수질개선에 활용될 수 있을 것으로 기대되었다.

### 참고 문헌

1. 한국수자원공사, “물과 미래,” 제13회 세계 물의 날 자료, 한국수자원공사(2005).
2. 공동수, “국내 호소의 영양상태 판정기준에 관한 제고,” 하천·호소의 수질보전과 유역관리에 관한 한·일 공동 세미나, 국립환경연구원/일본국제협력사업, pp. 251~266(1997).
3. 이광식, 윤경섭, 김형중, 김호일, “농업용 저수지의 부영양화와 수질관리방안,” 한국환경농학회지, **22**(2), 166~171(2003).
4. 한국수자원공사, “2002다목적댐 수질환경 업무자료,” 한국수자원공사(2002).
5. 안창훈, 허순철, 송호면, 지재성, 박재로, “일산호수의 수질현황 조사,” 대한환경공학회 춘계학술발표회, 서울대학교, 서울, pp. 504~507(1997).
6. 김법철, “우리나라 호소수질관리의 개선방향,” 한국수자원

- 학회지, **29**(5), 64~68(1996).
7. 최돈혁, 강호, “수중폭기장치 운영에 따른 호소의 수질변화,” 한국수질보전학회지, **14**(1), 47~56(1998).
8. 김성훈, 유금환, 오경미, 소용두, 이광모, 박희경, “소규모 호소내에서 표면폭기가 수질에 미치는 영향,” 한국물환경학회 추계학술발표회 논문초록집, 광주과학기술원, 광주, pp. 45~48(1997).
9. 서성녀, 김영택, 박철휘, “산소용해수와 미생물제제를 이용한 호소 및 폐쇄수역의 정화기술,” 한국물환경학회지, **21**(2), 118~124(2005).
10. 윤태광, 윤태일, 김창균, 박세진, “부영양화 인공호소의 수질관리를 위한 초고속응집침전 공정의 적용,” 대한환경공학회지, **22**(11), 2025~2036(2000).
11. 정현상, 왕창근, “폐각을 이용한 호소수의 인 및 클로로필a 제거,” 대한환경공학회 추계학술연구발표회 논문초록집, 공주대학교, 공주, pp. 474~475(1998).
12. 김철수, 손성곤, 이정환, 오경환, “아산호 습지에서 관속식물의 군집구조와 생산성 및 영양염류의 흡수,” 한국생태학회지, **23**(3), 201~209(2000).
13. Taylor, S. W. and Jaffe, P. R., “Substrate and biomass transport in a porous medium,” *Water Resour. Res.*, **26**(9), 2181~2194(1990).
14. 성치돈, 안규홍, 이용훈, 공인철, 김승현, “하상여과를 이용한 하천수질개선연구-모델전개 및 모델매개변수 결정,”



- 대한환경공학회지, **25**(4), 486~494(2003).
15. 안규홍, 손동빈, 김승현, “하상여과 모형에서 유기물과 질소의 제거,” 대한환경공학회지, **27**(5), 525~534(2005).
  16. Chung, J-B., Kim, S-H., Jeong, B-R., and Lee, Y-D., “Removal of organic matter and nitrogen from river water in a model floodplain,” *J. Environ. Qual.*, **33**, 1017~1023 (2004).
  17. 김승현, 정중배, 하현수, Shiv O. Prasher, “불포화 사질토양을 이용한 도시하수의 3차처리,” 한국환경농학회지, **22**(2), 111~117(2003).
  18. Wang, J., “Chap. 7, Riverbank Filtration Case Study at Louisville, Kentucky,” in “Riverbank Filtration, Improving Source-Water Quality,” edited by Ray, C., Melin, G., and Linsky, B., Kluwer Academic Science(2002).
  19. APHA(American Public Health Association), “Standard methods for the examination of water and wastewater,” 20th ed., Washington, D.C., USA(1998).