



국내 복류수 취수시설 현황과 수질오염물질 제거효율 특성에 대한 기초연구

A basic study on the status of korea riverbed filtration intake facilities and characteristics of pollutant removal efficiency in water quality

권혁준¹ · 강민철¹ · 한성용² · 신성우² · 정찬우² · 이태관^{1*}

Hyuk-jun Kwon¹ · Min-chul Kang¹ · Seong-yong Han² · Sung-woo Shin² · Chan-woo Jeong² · Tae-gwan Lee^{1*}

¹계명대학교 환경과학과

²K-water 수도개발처

¹Environment Science, Keimyung University

²K-water Water supply development department

pp. 119-126

pp. 127-138

pp. 139-146

pp. 147-154

ABSTRACT

This study focused on using indirect filtration through riverbeds to produce high-quality drinking water. Data on water quality from a water intake facility(capacity 10,000 m³/day) and nearby rivers were collected over a three-year period. The average intake facility specifications were found to be a specific surface area of 58 balls/m², a mean particle size

Received 22 May 2023, revised 14 June 2023, accepted 15 June 2023.

*Corresponding author: Tae-gwan Lee (E-mail: wateree@kmu.ac.kr)

1 권혁준 (박사후연구원) / Hyuk-jun Kwon (Postdoctoral Researcher)

대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 42601
1095, Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu 42601, Republic of Korea

1 강민철 (석사) / Min-chul Kang (Master Student)

대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 42601
1095, Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu 42601, Republic of Korea

2 한성용 (차장) / Seong-yong Han (General Director)

대전광역시 대덕구 신탄진로 200, 34350
200, Sintanjin-ro, Daedeok-gu, Daejeon 34350, Republic of Korea

2 신성우 (부장) / Sung-woo Shin (General Manager)

대전광역시 대덕구 신탄진로 200, 34350
200, Sintanjin-ro, Daedeok-gu, Daejeon 34350, Republic of Korea

2 정찬우 (차장) / Chan-woo Jeong (Senior Manager)

대전광역시 대덕구 신탄진로 200, 34350
200, Sintanjin-ro, Daedeok-gu, Daejeon 34350, Republic of Korea

1 이태관 (교수) / Tae-gwan Lee (Professor)

대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 42601
1095, Dalgubeol-daero, Dalseo-gu, Daegu 42601, Republic of Korea

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.

of 24 mm, an inflow velocity of 2.2 cm/sec, and a burial depth of 5 m. The water quality improvement rate was assessed as grade Ia, surpassing the adjacent river's water quality. Correlation analysis showed a weak correlation between opening ratio, Suspended Solid (SS), and Biochemical Oxygen Demand (BOD) compared to total coliforms and fecal coliforms. The correlation coefficient R value of SS was -0.614, BOD was -0.588, total coliforms -0.870, and fecal coliforms -0.958. The R value shows a negative value, which showed that the larger the opening rate, the lower the removal rate of water pollutants. The correlation coefficient R values according to the depth of burial were found to be BOD 0.914, SS-0.124, total coliforms 1.000, and fecal coliforms 0.866. The deeper the burial depth, the higher the removal rate of BOD and microbial groups.

Key words: Riverbank/bed filtration system(RBF), Correlation, Characteristics of RBF facilities specifications

주제어: 집수매거, 상관분석, 복류수 취수시설 제원 특성

1. 서 론

낙동강은 영남지역에 각종 용수를 제공하는 중요한 수자원 공급원이다. 그 중 먹는물을 공급하는 중요한 역할을 하고 있으며, 상수원으로서 낙동강 본류 의존율은 부산 88%, 경남 51%, 대구 66%, 경북 24%, 울산 8%로 매우 높은 의존율을 보인다(2016년 기준).

하지만 2020년 유역별 TOC 농도를 살펴보면 낙동강(물금) 4.4 mg/L, 한강(팔당댐) 2.2 mg/L, 금강(대청댐) 2.9 mg/L, 영산강·섬진강(주암댐) 2.2 mg/L로 낙동강 유역이 다른 유역에 비해 수질오염도가 비교적 높은편인 것으로 나타났다. 이뿐만 아니라 낙동강에서는 수질오염사고와 조류의 이상 증식으로 낙동강 유역 주민들은 수돗물 및 상수원수에 대한 불신이 매우 높은 편이다. 낙동강 유역에 위치한 폐수배출 업소는 8,220개소로, 이는 한강 3,743개소, 금강 634개소에 비해 높은 수치를 나타내고 있다(2020년 기준). 경상남도의 합천창녕보와 창녕합안보에서는 매년 지속적으로 유해 남조류가 대량 발생하고 있다. 특히 합천창녕보에서 2018년 8월 22일 남조류 개체수는 126만 cells/mL을 기록한 바 있어, 깨끗하고 안전한 먹는 물 확보가 시급한 실정이다(Lee, 2020).

이러한 하천수로부터 질 좋은 상수를 생산하기 위해서 고도처리나 간접취수법을 도입하고 있으며, 간접취수법으로는 Riverbank/bed Filtration(RBF)가 많이 사용되고 있다. RBF는 크게 강변여과수와 하상여과로 구분되며(Korea environmental industry & technology institute, 2014), 하상여과는 하천수 아래 하상퇴적층의 적당한 깊이에 수평으로 한 개 또는 여러 개의 집수관을 설치하고 이들을 집수정에 연결하여 여과수를

양수하는 방법이다(Hunt, 2002). 우리나라에서는 하천 복류수라는 이름으로 상수생산용으로 이용되고 있다(Kim, 2007).

2022년 6월 기획재정부는 낙동강 유역 맑은물을 공급하기 위해 “낙동강 유역 안전한 먹는 물 공급 체계 구축사업”의 예비타당성을 통과시켜 정부사업으로 확정되었다. 이 사업은 강변여과수와 복류수를 각각 일일 45만^m³씩 취수하여 맑은 물을 공급하는 사업이다. 하지만 복류수 취수시설에 대한 연구는 전무한 실정이다. 이에 본 연구에서는 시설용량 10,000 ^m³/day 이상의 국내 복류수 취수시설 제원 및 수질현황과 취수시설 설계인자에 따른 수질오염물질 제거율을 검토하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 복류수 취수시설제원 자료수집

국내 상수원수 연간 총 취수량은 7,075,116,779 ^m³/yr이며 이중 복류수 취수량은 433,652,286 ^m³/yr으로 총 취수량의 약 6% 수준이며, 취수시설은 총 183개소(환경부 국가상수도정보시스템 상수도통계, 2021)이다. 본 연구는 대규모 간접취수시설을 도입하기 위한 시사점을 도출하는 연구로서 대규모 취수시설인 10,000 ^m³/day 이상의 48개소를 기준으로 하였다(Table 1). 복류수 취수시설 수질데이터는 국가상수도정보시스템(환경부)에서 3개년(2020~2022년)의 복류수 원수 수질검사데이터(취수시설)를 활용하였다. 그리고 복류수와 하천수의 수질을 비교하기 위해 하천수의 수질은 물환경정보시스템(환경부)에서 3개년(2020~2022년)의



Table 1. National Status of RBF (Based on 10,000 m³/day or more)

	Gyeonggi	Gangwon	Chungbuk	Chungnam	Jeonnam	Gyeongbuk	Gyeongnam
Pcs	4	10	5	2	2	16	10
Facility capacity(m ³ /day)	66,000	270,700	119,500	60,000	25,040	491,100	500,650

Table 2. Standards for RBF

Item	Standard for design of water supply(2020)
Number of holes per square meter(hole/m ²)	20 ~ 30 hole/m ²
Diameter of hole(mm)	10 ~ 20 mm
Inflow rate(V)	Limit inflow rate 3cm/sec
burial depth(m)	More than 5 m

하천수질데이터 활용하였다. 하천의 수질데이터 수집을 위한 지점 선정은 복류수 취수시설 기준으로 상류에 해당하는 하천 수질데이터를 이용하였다. 수질데이터와 복류수 취수시설 시설제원의 연관성 검토하기 위하여 국가상수도정보시스템(환경부)의 수도정비기본계획을 참조하였고, 복류수 취수시설의 시설제원(1 m²당 유공개수, 유공직경, 유입속도, 매설심도)정보를 활용하였다. 그리고 수집된 정보를 바탕으로 상수도 설계기준(2020)(Table 2)을 비교하였다.

2.1.1 취수시설제원 특성에 따른 제거율 분석

복류수 수질데이터와 인근 하천의 3개년의 수질데이터를 활용하여 수질오염물질 4가지 항목 BOD, SS, 총대장균군, 분원성대장균군를 사용하여 복류수와 하천수 수질을 비교하였다. 그리고 복류수 취수시설 정보는 개구울 및 매설깊이가 명시된 취수장의 정보만을 활용하였다. 시설용량 10,000 m³/day 이상의 48개소 취수장 중, 개구울은 10개소, 매설깊이는 6개소의 데이터를 사용하였다. 개구울 10개소와 매설깊이 6개소만 사용한 이유는 수도정비기본계획의 취수시설제원이 누락된 지역이 많았다. 이에 본 연구에서는 취수장 취수시설제원 확보가 가능한 취수장만을 선별하여 데이터를 수집하여 분석하였다.

2.1.2 취수시설제원 특성에 따른 제거율 상관분석

취수시설 제원에 따라 제거율 상관성을 분석하기

위해 Pearson 상관분석을 활용하였다. Pearson 상관분석은 데이터가 비율척도(또는 동간척도, Interval scale)로 구성된 두 데이터 간 관련 정도를 측정하기 위해 사용된다(Hong et al, 2014). 따라서, 본 연구에서는 개구울과 매설깊이를 종속변수로 지정하였다. 상관분석을 위한 독립변수는 수질오염물질항목 4개[BOD, SS, 총대장균군, 분원성 대장균군]의 제거율을 이용하여 상관성 여부를 조사하였다. 개구울 산정식은 아래(수식 (1))와 같다.

$$\pi \times [(Diameter\ of\ hole\ (m)) \div 2]^2 \times Number\ of\ holes\ per\ unit \leq ngth \quad (1)$$

3. 연구결과

3.1 48개소 복류수 취수시설제원 현황

48개소 복류수 취수시설제원 현황은 Table 3와 같다. 1 m²당 평균 유공개수는 58 공/m²(21~108 공/m²)이었으며, 상수도시설기준(20~30 공/m²)을 상회하는 수준이었다. 유공직경은 평균 24 mm(15~35 mm)이며, 상수도시설기준(10~20 mm)을 초과하는 것으로 나타났다. 하지만 평균 유입속도 2.2 cm/sec(0.01~6.01 cm/sec)와 매설심도는 평균 5 m(1.5~6 m) 상수도시설 기준 범위내에서 운영되고 있었다. 유공관의 형태는 철근콘크리트, 권선형 스크린관을 사용하고 있었다. 유공관 폐색 시 역세척, 필터층 교체를 하고 있으며, 집수매거 매설심도는 평균 5 m이었다. 그리고 복류수를 취수하는 취수장에서 철, 망간을 전처리하는 시설은 없는 것으로 조사되었다.

3.1.1 복류수와 하천수 수질 비교

시설용량 10,000 m³/day 이상 48개소 취수장의 복류수 유입수질과 인근하천 수질데이터를 수집한 뒤 복류수와 하천수의 수질을 비교하여 Table 4에 정리하였다. 평균 pH는 복류수 7.4(Ia), 하천수 8.0(Ia), 평균

pp. 119-126

pp. 127-138

pp. 139-146

pp. 147-154

Table 3. Status of 48 RBFs in Korea

Item	Standard for design of water supply(2020)	Average status of 48 locations
Number of holes per square meter(hole/m ²)	20 ~ 30 hole/m ²	58 hole/m ² (21 ~ 108 hole/m ²)
Diameter of hole(mm)	10 ~ 20 mm	24mm (15 ~ 35mm)
Inflow rate(V)	Limit inflow rate 3cm/sec	2.2 cm/sec (0.01 ~ 6.01 cm/sec)
Burial depth(m)	More than 5 m	5m (1.5 ~ 6m)
The form of a perforated drain pipe	-	Using concrete, STS winding screen tube
Treatment method for occlusion of perforated drain pipe	-	Replacement of filter layer and backwash performed To secure long-term water intake Reviewing or expanding the location
Iron and manganese pretreatment	-	Instead of pretreatment at the intake plant, all chlorine, rapid filtration, membrane filtration, etc. are used at the water purification plant

Table 4. Water quality characteristics and improvement rates by source water [average(minimum~maximum)]

	RBF		River		Rating criteria (very good)
	Vaule	Level	Value	Level	
pH	7.4(±0.34) (6.8 ~ 8.1)	Ia	8.0(±0.32) (6.3 ~ 9.0)	Ia	6.5 ~ 8.5
BOD(mg/L)	1.0(±0.61) (0.3 ~ 3.1)	Ia	1.5(±1.01) (0.4 ~ 3.3)	Ib	Under 1
SS(mg/L)	2.8(±2.74) (0.3 ~ 17.1)	Ia	5.3(±3.05) (0.7 ~ 41.4)	Ia	Under 25
Total coliform group (MPN/100mL)	1,317(±1,681) (18 ~ 8,886)	III	14,384(±34,394) (777 ~ 179,128)	IV	Under 50
Fecal coliforms (MPN/100mL)	122(±196) (5 ~ 1,158)	II	2,387(±6,160) (45 ~ 15,701)	IV	Under 10

BOD는 복류수 1.0 mg/L(Ia), 하천수 1.5 mg/L(Ib) 그리고 평균 SS는 복류수 2.8 mg/L(Ia), 하천수 5.3 mg/L(Ia)로 나타났다. 총대장균군 평균은 복류수 1,317 MPN/100 mL(III), 하천수 14,384 MPN/100 mL(IV)로 나타났다. 분원성대장균군 평균은 복류수 122 MPN/100 mL(II), 하천수 2,387 MPN/100 mL(IV)로 나타났다. pH, BOD 항목은 큰 차이가 없었으나, SS는 하천수(평균 : 5.3 mg/L)에서 복류수(평균 : 2.8 mg/L)까지 47% 제거된 후 취수시설로 유입된 것으로 나타났다. 총대장균군은 하천수(평균 : 14,384 MPN/100

mL)에서 복류수(평균 : 1,317 MPN/100 mL)까지 90% 제거된 후 취수시설로 유입된 것으로 나타났다. 분원성대장균도 하천수(평균 : 2,387 MPN/100 mL)에서 복류수(평균 : 122 MPN/100 mL)까지 94% 제거된 후 취수시설로 유입되는 것으로 나타났다. Table 4의 표준편차를 살펴보면 pH, BOD, SS를 제외한 미생물군의 경우 복류수와 하천수 모두 편차가 큰 것을 알 수 있다. 이는 하천수의 미생물군이 밀집해 있으며, 복류수 취수시설로 유입되면서 상당히 제거되어도 미생물군이 남아있는 것을 의미한다.



3.1.2 취수시설 개구율과 제거율 상관관계

집수매거 개구율에 따른 제거율은 Table 6과 같이 나타났다. Pearson 상관관계 해석은 r의 계수가 0 이상 0.2 미만의 경우 매우 낮은 상관성을 보이며, 크기가 0.8 이상 1.0 이하의 경우 매우 강한 상관성을 보이는 것으로 해석한다(Table 5)(Selvanathan, et al., 2020). 개구율과 수질오염물질 제거율 간 상관관계는 총대장균군의 경우 -0.87, 분원성 대장균군 -0.958로 매우 높은 상관성을 나타내고 있었다. 반면에 SS -0.61, BOD -0.588로 두 변수간 상관관계는 중간정도의 상관성을 나타내고 있었다. Fig. 1의 그래프를 살펴보면 개구율

Table 5. The scale of Pearson correlation coefficient

Scale of correlation coefficient	Value
$0 \leq r < 0.2$	Very low correlation
$0.2 \leq r < 0.4$	Low correlation
$0.4 \leq r < 0.6$	Moderate correlation
$0.6 \leq r < 0.8$	High correlation
$0.8 \leq r \leq 1.0$	Very high correlation

Table 6. Removal efficiency based on opening ratio(unit: %)

Opening ratio	BOD	SS	Total coliform group	Fecal coliforms
0.57	57	89	93	93
0.94	31	72	94	99
1.26	50	99	-	-
2.15	85	54	100	98
2.15	54	66	-	-
2.36	33	87	69	95
4.32	11	58	89	40
4.32	33	87	69	95
10.39	-13	-57	28	-96
10.39	39	79	-48	-85

Table 7. Table of correlation based on opening ratio

	BOD	SS	Total coliform group	Fecal coliforms
Pearson correlation	-0.588	-0.614	-0.870**	-0.958**

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

에 따라 미생물군 항목은 추세선에 근접해 있는 것을 볼 수 있다. BOD와 SS의 경우 추세선에 근접하나, 일부는 산개해 있는 것을 볼 수 있다(Table 7, Fig. 1).

유공관 개구율에 따른 수질오염물질 제거율은 Table 6에 정리하였다. BOD제거율은 개구율 0.57 (BOD 제거율 : 57%), 0.94 (BOD 제거율 : 31%), 1.26 (BOD 제거율 : 50%), 2.15 (BOD 제거율 : 85%, 54%), 2.36 (BOD 제거율 : 33%), 4.32 (BOD 제거율 : 11%, 33%) 그리고 10.39 (BOD 제거율 : -13%, 39%)로 개구율이 2.15까지 BOD 제거율이 증가하다 감소하였다. SS제거율은 개구율 0.57 (SS 제거율 : 89%), 0.94 (SS 제거율 : 72%), 1.26 (SS 제거율 : 99%), 2.15 (SS 제거율 : 54%, 66%), 2.36 (SS 제거율 : 87%), 4.32 (SS 제거율 : 58%, 87%), 10.39 (SS 제거율 : -57%, 79%)로 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. 총대장균군 제거율은 개구율 0.57 (총대장균군 제거율 : 93%), 0.94 (총대장균군 제거율 : 94%), 2.15 (총대장균군 제거율 : 100%), 2.36 (총대장균군 제거율 : 69%), 4.32 (총대장균군 제거율 : 89%, 69%) 그리고 10.39 (총대장균군 제거율 : 28%, -48%)로 나타났으며, 개구율이 2.15일 때 가장 높은 제거율을 보였다. 분원성대장균군 제거율은 개구율 0.57 (분원성대장균군 제거율 : 93%), 0.94 (분원성대장균군 제거율 : 99%), 2.15 (분원성대장균군 제거율 : 98%), 2.36 (분원성대장균군 제거율 : 95%), 4.32 (분원

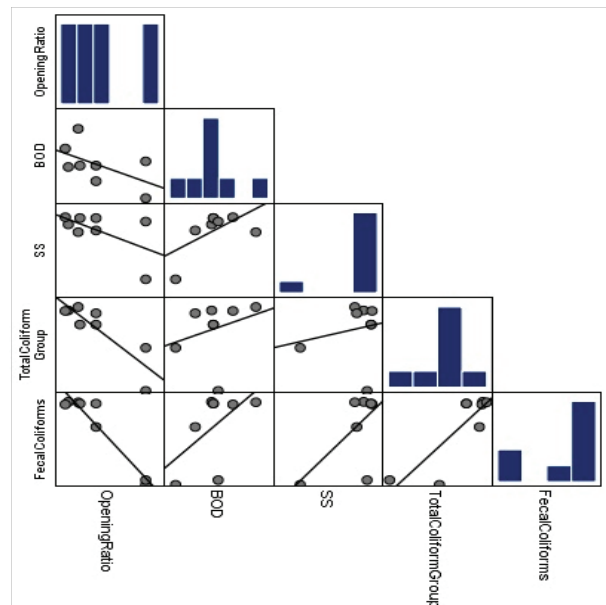


Fig. 1. Correlate based on opening ratio.

성대장균군 제거율 : 40%, 95%) 그리고 10.39 (분원성 대장균군 제거율 : -96%, -85%)로 개구율 0.94~2.15에서 가장 우수한 제거율을 보였다. 개구율이 10.39가 두 개인 이유는 동일한 취수장에서 두 개의 유공관을 이용하였으며, 유공관 제원을 다르게 설정하여 취수하고 있었다. 집수매거는 개공의 크기를 중점으로 두는 것이 아닌 큰 입경의 자갈로 둘러싼 토층을 통하여 여과를 하며, 여과수가 매거의 전체 표면에 골고루 유입되는 것이 아니라 개공부에서만 유입되므로 하상의 일부에서만 여과작용이 발생한다(Lee, 2009).

3.1.3 취수시설 매설깊이와 제거율 상관관계

집수매거 매설깊이에 따른 제거율은 Table 8와 같다. 매설깊이에 따른 상관관계는 BOD 0.914, SS -0.124, 총대장균군 1.000 그리고 분원성대장균군 0.866으로 나타났다. Fig. 2의 그래프를 살펴보면, 매설깊이에 따라 BOD, 미생물군 항목은 추세선을 따라 밀집해 있는 것을 볼 수 있다. 특히 총대장균군의 경우 추세선에 일치해 있는 것을 알 수 있다. SS의 경우 추세선 밖으로 산개해 있는 것을 볼 수 있다(Table 9, Fig. 2). 유공관 매설깊이에 따른 수질오염물질 제거율에서 총대장균군은 4 m에서 7%, 5 m에서 49%, 6 m에서 93%의 제거율을 나타내고 있다. 분원성대장균군의 유공관 매설깊이별 제거율은 4 m에서 -5%, 5 m에서 93%, 6 m에서 93%로 나타났다. 매설깊이에 따른 미생물 항목은 매설깊이가 6m에 근접할수록 제거율이 증가하

Table 8. Removal rate based on burial depth

Burial depth	BOD	SS	Total coliform group	Fecal coliforms
4m	25%	96%	7%	-5%
5m	51%	44%	49%	93%
6m	57%	89%	93%	93%

Table 9. Table of correlation based on burial depth

	BOD	SS	Total coliform group	Fecal coliforms
Pearson correlation	0.914**	-0.124	1.000**	0.866**

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

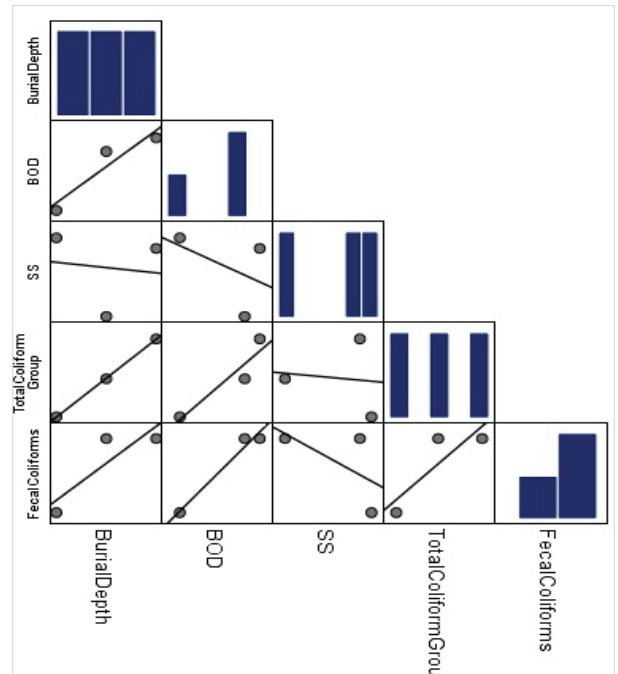


Fig. 2. Correlate based on burial depth.

는 것으로 나타났다. 이는 원수가 착수정까지 도달하는 시간을 길게 하여 대수층에 체류하는 동안 토양의 자정작용에 의하여 오염물질과 각종 유해물질들이 거의 제거된 양질의 물을 취수할 수 있기 때문이다(Jo, 2005). SS 제거율의 경우 매설깊이 4 m에서 96%, 5 m에서 44%, 6 m에서 89%로 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. BOD의 제거율은 4 m에서 25%, 5 m에서 51% 그리고 6 m에서 57%로 유공관 매설깊이가 깊어질수록 더 높은 제거율을 나타내고 있다.

4. 토 의

본 연구 결과를 종합하면, 복류수의 수질은 하천수의 수질에 비해 깨끗한 것을 확인하였다. SS는 복류수가 하천수에 비해 47% 제거되어 취수시설로 유입되었다. 총대장균군은 90%, 분원성대장균군은 94% 제거되어 취수시설로 유입되었다. 이는 모래나 자갈층의 공극을 통과하는 동안 물리적인 여과 및 흡착이나 생화학적 분해에 의한 용존 오염물질, 병원성세균 등의 오염물질이 제거되기 때문이다. 복류수는 초기에는 오염물의 제거가 물리적·화학적·생물학적 작용이 동시에 진행되지만, 여과시간이 지속될수록 미



생물의 분해가 메인기작이 된다(Lee, 2009). 개구울에 따른 수질오염물질 제거율은 BOD, SS, 총대장균군, 분원성 대장균군 모두 개구울이 증가할수록 제거율이 감소하는 것을 알 수 있었다. 매설깊이에 따른 제거율은 BOD, 총대장균군, 분원성대장균군 모두 매설깊이가 6 m에 근접할수록 제거율이 증가하였다. SS의 경우 4 m와 6 m에서 제거율이 높게 나왔다. 원인은 복류수와 같이 간접취수법은 모래나 자갈의 공극을 통과하여 우물로 집수되면서 기계적 여과와 흡착이나 생화학적 분해에 의해 용존 오염물질이나 병원성 세균이 제거되는 화학적/생물학적 여과로 구분되기 때문이다(Lee and Bae, 2008).

5. 결 론

본 연구는 시설용량 10,000 m³/day 이상인 48개소의 국내 복류수 취수시설 제원 및 수질현황과 취수시설 설계인자에 따른 수질오염물질 제거율을 검토한 것이다. 복류수와 인근하천수 수질을 비교하기 위해 3개년(2020~2022년)의 48개소 복류수 유입수질과 인근하천지점 수질데이터를 활용하였으며, 취수시설 제원특성에 따른 수질오염물질 제거율은 관련정보가 명시된 취수장의 정보만을 활용하였으며, 그 결과를 아래와 같이 정리하였다.

- (1) 국내 복류수 취수시설 설계인자를 조사한 결과 1 m²당 평균 유공개수는 58 공/m²(21~108 공/m²) 이었으며, 유공직경은 평균 24 mm(15~35 mm)로 일부 취수시설에서 상수도설계기준을 상회하는 것으로 나타났다. 그리고 평균 유입속도는 2.2 cm/sec(0.01~6.01 cm/sec), 평균 매설심도는 5 m(1.5~6 m)로 상수도설계기준 범위 내에서 운영되고 있었다.
- (2) 복류수 유입수질과 인근하천 수질데이터를 조사한 결과 평균 pH는 복류수 7.4(Ia), 하천수 8.0(Ia), BOD는 복류수 1.0 mg/L(Ia), 하천수 1.5 mg/L(Ib), SS는 복류수 2.8 mg/L(Ia), 하천수 5.3 mg/L(Ia), 총대장균군은 복류수 1,317 MPN/100 mL(III), 하천수 14,384 MPN/100 mL(IV), 분원성대장균군은 복류수 122 MPN/100 mL(II), 하천수 2,387 MPN/100 mL(IV)으로 나타났다. pH, BOD, SS 항목은 큰 차이가 없었으나, 미생물군 항목에선 하천수에서 복

류수까지 제거된 후 취수시설로 유입되는 것으로 나타났다.

- (3) 유공관의 개구울과 수질오염물질 간 상관관계는 총대장균군이 -0.87, 분원성 대장균군 -0.958로 매우 높은 상관성을 나타내고 있었다. 그리고 SS -0.61, BOD -0.588로 미생물 항목에 비해 낮은 중간수준의 상관관계를 나타내고 있었다. BOD는 유공관 개구울 2.15까지 제거율이 증가하다 감소했으며, SS는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. 총대장균군은 개구울이 2.15일 때 가장 높은 제거율(100%)를 보였다. 분원성대장균군은 개구울 0.94~2.15에서 가장 우수한 제거율을 보였다.
- (4) 유공관 매설깊이와 수질오염물질 간 상관관계는 BOD 0.914, SS -0.124, 총대장균군 1.000 그리고 분원성대장균군 0.866으로 SS를 제외한 모든 항목에서 강한상관관계를 나타내고 있었다. 유공관 매설깊이가 6m에 근접할수록 미생물 항목의 제거율이 증가하는 것으로 나타났다(총대장균군 : 7~93%, 분원성대장균군 : -5~93%). SS는 뚜렷한 경향이 나타나지 않았다. BOD는 유공관 매설깊이 4 m에서 25%, 5 m에서 51% 그리고 6 m에서 57%로 유공관 매설깊이가 깊어질수록 더 높은 제거율을 나타내었다.

사 사

이 논문은 2023년 한국수자원공사 “낙동강 통합물관리 최적 공급방안 마련 학술용역(2023-WS-RR-352-551)”의 지원으로 수행되었습니다.

References

Henry hunt. (2002). *American Experience in Installing Horizontal Collector Wells*, Water Science and Technology Library, Riverbed Filtration., 43, 29-34.

Hong, S.K., Kim, S.P., Lim, H.S., and Moon, Y.S. (2014). Secure Multi-Party Computation of Correlation Coefficients, *J. KIISE.*, 41(10), 799-809.

Jo, U.M. (2005). Regarding the Changwon City Riverbank Filtration Water Development Project, *KWWA.*, 12, 98-109.

Kim, S.H. (2007). Comparison of riverbank and riverbed

- filtrations in Korea, J. Korean Soc. Environ. Eng., 29(10), 1154-1162.
- Korea environmental industry & technology institute (2014). Ecotechnology Development for stream water purification by real-scale riverbed filtration, EW210711, 1-5.
- K-water (2023). Study on optimized supply plan for the integrated water management of Nakdong river, 2023-WS-RR-352-551, 1-183.
- Lee, K.Y., Bae, I.H. (2008). A study on the strategies of acquiring water resources by using wells near surface water, Polic. Res. 2008-11., 1-83.
- Lee, S.S. (2009). Using of Riverbed Filtration for Intake System, J. Korean prof. Eng. Assoc., 42(3), 47-53.
- Lee, Y.G. (2020). Water management status in Gyeongsangnam-do, Korea, J. Korea Water Resour. Assoc., 53(6), 72-78.
- Ministry of Environment, National Water Supply Information System, <http://www.waternow.go.kr/web> (April 10, 2023).
- Ministry of Environment, Water Environment Information System, <http://www.water.nier.go.kr/web> (April 10, 2023).
- Ministry of Environment, Water Management Information System(WAMIS). http://www.wamis.go.kr/wke/wke_wqbase_1st.do, (April 11, 2023).
- Ministry of Environment. (2010). Water Supply Facility Standards, 159-164.
- Selvanathan, M., Jayabalan, N., Kaur Saini, G., Supramaniam, M., and Hussin, N. (2020). Employee Productivity in Malaysian Private Higher Educational Institutions- Palarch's, 17(3), 66-79.