

# 하천으로 방류되는 온배수가 저서성대형무척추동물에 미치는 영향에 대한 연구

유제빈<sup>1</sup>, 김선집<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한세대학교 ICT환경융합공학과 대학원생, <sup>2</sup>한세대학교 ICT 융합학과 교수

## A Research on the Effects of Thermal Discharged into Stream on Macroinvertebrate

Je-Bin Yu<sup>1</sup>, Sun-Jib Kim<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept of ICT Environmental Convergence Engineering, Hansei University

<sup>2</sup>Professor, Division of ICT Convergence Engineering, Hansei University

**요약** 본 연구는 고온의 온배수가 하천으로 방류되어 저서성대형무척추동물에 미치는 영향을 알아보기 위해 진행하였다. 조사는 경기도에 위치한 하천 A, 하천 B, 충청북도 위치한 하천 C 등 3개 하천에서 2021년부터 2022년까지 실시하였다. 조사지점은 온배수가 방류되는 방류구를 중심으로 상류 및 하류에 지점을 선정하고, 출현 종조성, 생물 군집분석, 섭식기능군 분류 및 EPT-Group을 분석하였다. 상류와 하류 지점의 평균 수온 차이는 최소 5.1°C에서 최대 11.6°C이었다. 생물 군집분석 결과, 상류에서 상대적으로 우점도지수가 낮고, 다양도지수가 높은 안정적인 군집상태를 나타냈다. EPT-Group 비율도 상류에서 상대적으로 높은 비율을 나타냈다. 즉 전반적으로 온배수의 영향을 받는 하류보다 상류에서 더 양호한 수환경 상태를 나타냈다. 향후 지속적이고 복합적인 수환경 및 수생태계 연구를 통해 보다 다양한 수환경 개선 방안을 제시할 수 있을 것으로 본다.

**주제어** : 저서성대형무척추동물, 온배수, 수온, 수환경, 하천

**Abstract** This study was conducted to survey the effect of high-temperature thermal discharge into stream on macroinvertebrate. The survey was conducted from 2021 to 2022 in three rivers: Stream A, B located in Gyeonggi-do and Stream C located in Chungcheongbuk-do. The survey points were selected upper stream and lower stream, centering on the thermal effluent where the thermal discharge was discharged, and the species, Biological community analysis, feeding functional group, and EPT-Group ratio were analyzed. The average water temperature difference between upper stream and lower stream points is at least 5.1°C to a maximum of 11.6°C. As a result of biological community analysis, a stable community state with a relatively low dominance index in the upper stream and a high biodiversity index was shown. The EPT-Group ratio also showed a relatively high ratio upper stream. Overall, it showed better aquatic environment upper stream than lower stream affected by Thermal discharge. In the future, it is expected that more diverse ways to improve the aquatic environment will be able to be presented through continuous and complex research on the aquatic environment and aquatic ecosystem.

**Key Words** : Macroinvertebrate, Thermal discharge, Water temperature, Aquatic ecoenvironment, Stream

\*교신저자 : 김선집(kimsj@hansei.ac.kr)

접수일 2024년 09월 02일 수정일 2024년 09월 30일 심사완료일 2024년 10월 07일

## 1. 서론

급격한 도시화와 산업화 과정에서 발전소 등에서 사용한 후 배출되는 방류수인 온배수의 하천 및 해양 방류가 심화되고 있다[1]. 이러한 온배수는 자연수보다 과도하게 온도가 높거나, 생태계 교란 또는 잠재적 위험성을 지닌 인공 배출수로, 유속이 낮은 소하천에서는 상대적으로 교란이 증가하여 영향이 더욱 커질 수 있다[2-3]. 계절적으로 수온이 낮은 겨울철에 특히 온배수 방류로 인한 하천 결빙 방해, 어류 집단 폐사, 안개 발생, 수생태계 교란 등 환경문제가 지속적으로 발생하고 있다[4-5]. 수온은 환경에서 가장 중요한 구성요소 중 하나로, 물리적 특성을 결정하고, 수생태계와 생리·생태와의 관계, 생물학적 및 화학적 변동과 상호작용하는 중요 요소이다[6-7]. 수온이 하천에 미치는 영향은 하천차수(Stream Order)가 증가할수록 감소하는 것으로 나타났다[8]. 하천과 호수 등에서 기후변화 요인을 포함한 수온 상승의 인위적인 영향은 수환경 뿐만 아니라 수생태계의 종 조성, 종다양성, 생물량, 생산성 변화 등에도 영향을 미친다[9-11].

이에 수생태계에 미치는 영향을 지속적으로 조사 분석하여 문제점을 도출하고 수생태계에 미치는 영향을 고려한 방류수온 기준을 수립하는 등의 적극적인 대응이 필요하다.

## 2. 관련 연구

기존 국내 온배수에 관한 연구는 주로 연안 중심으로 열오염, 부영양화 및 생태계 교란으로써 다양한 문제점을 도출하였다. 그러나, 내륙하천에 방류되는 온배수 영향에 관한 기존 연구는 다음과 같이 두 가지로 구분될 수 있다. 첫째, 온배수와 관련된 어류에 관한 연구로 경기도에 위치한 죽당천에 대해 서식하는 외래종을 조사 분석하였으며, 구피, 배스, 시클리드과 2종, 포에길리아과 1종으로 총 5종이 확인되었고, 구피는 10도 이하의 수온에서 7시간 이상 노출될 경우 절멸할 것으로 판단하였다. 이에 겨울철 온배수 조절을 통해 구피의 개체수를 조절할 수 있을 것으로 추정하였으며, 경기도에 위치한 황구지천과 대구광역시에 위치한 달서천에서도 나일틸라피아의 서식을 확인하였다. 외래종의 도입은 서식 및 영양단계의 변화 등 토착 어류에 영향을 줄 수 있으며, 국내 서식이 확인된 나일틸라피아는 하천 서식환경의 악화 및 부영양화를 야기한다고 알려져 있다[12-14].

둘째, 온배수와 관련된 저서성대형무척추동물에 대한 연구는 배수로 인한 수온의 변화는 저서성대형무척추동물의 EPT-Group, 냉수성 종 및 민감종의 분포를 제한하는 요인으로 판단하였으며, 급격한 환경변화에 대처능력이 부족한 저서성대형무척추동물의 종 분포, 군집구조에 부정적인 영향을 미치는 것으로 분석하였다[15-16].

기존 연구에서 보듯, 내륙하천에 방류되는 온배수 영향을 명확하게 확인하기 위한 이화학적 특성, 어류, 저서성대형무척추동물, 부착조류 등 수환경 및 육수생물과 관련된 종합적인 연구는 부족하다.

## 3. 조사 방안

### 3.1 조사지역 및 기간

온배수가 하천으로 방류되는 하천 중 온배수의 영향을 분석하기 위해서 하천의 수폭, 하상구조 등을 고려 유사한 3개 하천을 선정 조사하였다. 선정된 하천은 경기도에 위치한 하천 A, 하천 B, 충청북도에 위치한 하천 C이다.

조사지점은 각 하천에서 방류구를 중심으로 온배수에 영향을 받는 하류(Lower Stream)와 영향을 받지 않는 상류(Upper Stream)에 각 1개 지점씩 선정하여 조사하였다. 하류지점의 경우 온배수의 영향을 알아보기 위해 방류구로부터 유하거리 약 500m 이내에 지점을 선정하였다.

<Table 1>과 같이, 저서성대형무척추동물 조사기간은 2021년부터 2022년까지 약 1년간 계절별 1회씩 총 4회 실시하였으며, 수온 측정 기간은 2021년 1월부터 2022년 2월까지 1시간 단위로 측정하였다.

<Table 1> Date of the Seasonal Survey of Macroinvertebrate

		Date
Stream A	Spring	2021. 05. 22.
	Summer	2021. 08. 20.
	Autumn	2021. 11. 10.
	Winter	2022. 02. 11.
Stream B, Stream C	Spring	2021. 04. 18.
	Summer	2021. 07. 03.
	Autumn	2021. 10. 23.
	Winter	2022. 02. 26.

### 3.2 조사방법

하천으로 방류되는 온배수로 저서성대형무척추동물에 미치는 영향 유무 및 정도를 분석하기 위해 수온 측정 및 저서성대형무척추동물 조사를 실시하였다.

수온 측정은 HOBO(Honest Observer by Onset)를 설치하여 조사하였다. 조사기간 동안 매 시간마다 자동 측정하여 주기적으로 기록된 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 이상값을 갖는 비정상 데이터(HOBO가 수면 밖으로 노출되어 수온이 아닌 기온이 측정된 데이터)가 일부 존재하기 때문에 온전한 형태의 자료만을 이용하여 분석하였다.

저서성대형무척추동물에 대한 계절별 조사시 정량채집장비 Surber sampler(30cm×30cm, 망목 0.5mm), 뜰채 및 족대 등을 이용하여 정량 및 정성 채집한 후 현장에서 동정·분류하고 각 종에 따른 개체수를 확인한 후 방류하였다. 생물 군집분석과 EPT-Group 비율은 조사를 통해 분류된 출현종과 개체수를 기준으로 산출하였다. 군집분석은 우점도지수, 다양도지수, 풍부도지수를 산출하였으며, EPT-Group 비율은 하루살이목(Ephemeroptera), 강도래목(Plecoptera), 날도래목(Trichoptera)으로 구성되어 있으며, 비교시 EPT-Group의 비율이 높을수록 수환경이 양호한 상태를 나타내는 것으로 알려져 있다 [17-18]. 섭식기능군 분류는 출현종 중 곤충강(Class Insecta)에 속하는 종을 대상으로 섭식기능군 비율을 나누었다[19].

## 4. 결과

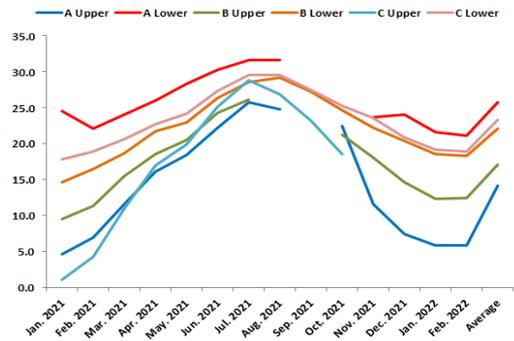
### 4.1 수온 분포 현황

[Fig. 1]과 같이, 하천 A의 수온 조사 결과, 상류지점의 월평균 수온은 2021년 7월 최고 25.7℃부터 2021년 1월 최저 4.7℃까지 분포하며, 평균 14.2℃로 나타났다. 하류지점의 월평균 수온은 2021년 8월 최고 31.6℃부터 2022년 2월 최저 21.1℃까지 분포하며, 평균 25.8℃로 나타났다. 상·하류 지점간 평균 수온차는 약 11.6℃이며, 하류지점의 경우 연간 20.0℃ 이상의 수온을 유지하였다.

하천 B의 수온 조사 결과, 상류지점의 월평균 수온은 2021년 7월 최고 26.1℃부터 2021년 1월 최저 9.6℃까지 분포하며, 평균 17.1℃로 나타났다. 하류지점의 월평균 수온은 2021년 8월 최고 29.1℃부터 2021년 1월 최저 14.7℃까지 분포하며, 평균 22.2℃로 나타났다. 상·하

류 지점간 평균 수온차는 약 5.1℃이다.

하천 C의 수온 조사 결과, 상류지점의 월평균 수온은 2021년 7월 최고 28.8℃부터 2021년 1월 최저 1.2℃까지 분포하며, 평균 17.6℃로 나타났다. 하류지점의 월평균 수온은 2021년 7, 8월 최고 29.6℃부터 2021년 1월 최저 17.8℃까지 분포하며, 평균 23.3℃로 나타났다. 상·하류 지점간 평균 수온차는 약 5.7℃이다.



[Fig. 1] Water Temperature Distribution Status

### 4.2 저서성대형무척추동물 출현 현황 및 군집분석 결과

〈Table 2〉와 같이, 하천 A에서의 조사결과 조사기간 중 상류에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 24종 198개체가 조사되었으며, 하류에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 16종 233개체가 조사되었다. 상류지점의 우점종은 곳체다슬기, 줄날도래로 조사되었으며, 하류지점의 우점종은 깔따구류(Red type), 실지렁이로 조사되었다. 생물 군집분석 결과, 우점도지수는 상류지점 0.28, 하류지점 0.57로 산출되었다. 다양도지수는 상류 2.58, 하류 1.98로 산출되었으며, 풍부도지수는 상류지점 3.79, 하류지점 2.83으로 산출되었다.

〈Table 3〉과 같이, 하천 B에서의 조사결과 조사기간 중 상류에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 15종 181개체가 조사되었으며, 하류에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 12종 273개체가 조사되었다. 상류지점의 우점종은 깔따구류(Non-red type, Red type)으로 조사되었으며, 하류지점의 우점종은 깔따구류(Red type), 실지렁이로 조사되었다. 생물 군집분석 결과, 우점도지수는 상류지점 0.39, 하류지점 0.65로 산출되었다. 다양도지수는 상류 2.11, 하류 1.64로 산출되었으며, 풍부도지수는 상류지점 2.28, 하류지점 1.66으로 산출되었다.

〈Table 4〉와 같이, 하천 C에서의 조사결과 조사기간 중 상류에서 출현한 저서성대형무척추동물은 총 17종 167개체가 조사되었으며, 하류에서 출현한 저서성대형 무척추동물은 총 16종 346개체가 조사되었다. 상류지점의 우점종은 깔따구류(Red type), 개똥하루살이로 조사되었으며, 하류지점의 우점종은 깔따구류(Red type), 실지렁이로 조사되었다. 생물 군집분석 결과, 우점도지수는 상류지점 0.37, 하류지점 0.54로 산출되었다. 다양도지수는 상류 2.28, 하류 1.96로 산출되었으며, 풍부도지수는 상류지점 3.01, 하류지점 2.36으로 산출되었다.

모든 하천의 하류지점에서 깔따구류, 실지렁이 등 온도 내성이 높은 종의 출현빈도가 높았으며, 하류지점에서 출현 종수가 다소 감소하였다. 이는 온배수에 의해 수온이 상승함에 따라 온도에 민감한 종들이 감소한 결과로 판단된다. 또한, 하천 A와 하천 C의 경우, 상류지점의 하상은 큰돌, 호박돌, 자갈, 모래 등으로 이루어져 있고, 하류지점의 하상은 대부분 모래로 이루어져 있다. 상류지점에 비해 하류지점에서 상대적으로 다양한 미소서식지가 감소하여 다양한 출현종이 확인되지 않은 것으로 판단된다.

〈Table 2〉 Macroinvertebrate Appearance Status and Biological Community Analysis Results on Stream A

	Upper Stream	Lower Stream
The Number of Species	24	16
Population	198	233
Dominant Species	<i>Semisulcospira gottschei</i> , <i>Hydropsyche kozhantschikovi</i>	<i>Chironomidae spp.(Red type)</i> , <i>Limnodrilus gotoi</i>
Dominance Index	0.28	0.57
Diversity Index	2.58	1.98
Richness Index	3.79	2.83

〈Table 3〉 Macroinvertebrate Appearance Status and Biological Community Analysis Results on Stream B

	Upper Stream	Lower Stream
The Number of Species	15	12
Population	181	273
Dominant Species	<i>Chironomidae spp.(Non-red type)</i> , <i>Chironomidae spp.(Red type)</i>	<i>Chironomidae spp.(Red type)</i> , <i>Limnodrilus gotoi</i>
Dominance Index	0.39	0.65
Diversity Index	2.11	1.64
Richness Index	2.28	1.66

〈Table 4〉 Macroinvertebrate Appearance Status and Biological Community Analysis Results on Stream C

	Upper Stream	Lower Stream
The Number of Species	17	16
Population	167	346
Dominant Species	<i>Chironomidae spp.(Red type)</i> , <i>Baetis fuscatus</i>	<i>Chironomidae spp.(Red type)</i> , <i>Limnodrilus gotoi</i>
Dominance Index	0.37	0.54
Diversity Index	2.28	1.96
Richness Index	3.01	2.36

또한, 하류지점에 비해 상류지점에서 우점도 지수가 낮고, 다양도지수, 풍부도지수가 높게 나타났으며, 하류지점에 비해 상류지점에서 상대적으로 안정적인 군집구조를 나타냈다.

### 4.3 저서성대형무척추동물 섭식기능군 분류 및 EPT-Group 비율

〈Table 5〉와 같이, 하천 A에서의 섭식기능군은 상대적으로 상류지점에서 육식성 포식자(Predators)와 유기물을 걸러먹는 무리(Filtering- collectors)의 비율이 높은 것으로 나타났으며, 하류지점에서 유기물을 주먹먹는 무리(Gathering-collectors)의 비율이 높은 것으로 나타났다. EPT-Group 비율은 상류지점에서 38.4%로 하류지점 10.7% 보다 높게 나타났다.

〈Table 6〉과 같이, 하천 B에서의 섭식기능군은 상대적으로 상류지점에서 식물 잔사체를 썰어먹는 무리(Shredders)와 육식성 포식자(Predators)의 비율이 높은 것으로 나타났으며, 하류지점에서 유기물을 주먹먹는 무리(Gathering-collectors)의 비율이 높은 것으로 나타났다. EPT-Group 비율은 상류지점에서 17.7%로 하류지점 2.9% 보다 높게 나타났다.

〈Table 7〉과 같이, 하천 C에서의 섭식기능군은 상대적으로 상류지점에서 육식성 포식자(Predators)의 비율이 높은 것으로 나타났으며, 하류지점에서 유기물을 주먹먹는 무리(Gathering-collectors)의 비율이 높은 것으로 나타났다. EPT- Group 비율은 상류지점에서 24.0%로 하류지점 3.5% 보다 높게 나타났다.

섭식기능군은 하류지점에서 모두 유기물을 주먹먹는 무리(Gathering-collectors)의 비율이 높은 것으로 나타났다. 이는 온배수의 영향을 받는 하류지점에서 수온의 내성이 강한 깔따구류, 실지렁이의 개체수가 다수 확

인됨에 따라 유기물을 주먹먹는 무리(Gathering-collectors) 비율의 차이를 나타냈다. 상류지점의 EPT-Group 비율은 하류지점에 비해 높게 나타났으며, 이는 상류지점에서 온배수의 영향을 받는 하류지점보다 더 양호한 수환경 상태를 나타냈다.

<Table 5> Functional Feeding Group and EPT-Group Ratio Results on Stream A

	Upper Stream	Lower Stream
EPT-Group	38.4%	10.7%
Shredders	5.7%	4.1%
Predators	38.6%	28.7%
Plant-piercer	-	-
Functional Feeding Group Categorization		
Gathering-collectors	26.0%	57.3%
Filtering-collectors	19.6%	9.9%
Unknown	10.1%	-
Total	100.0%	100.0%

<Table 6> Functional Feeding Group and EPT-Group Ratio Results on Stream B

	Upper Stream	Lower Stream
EPT-Group	17.7%	2.9%
Shredders	7.0%	0.7%
Predators	28.9%	8.0%
Plant-piercer	-	-
Functional Feeding Group Categorization		
Gathering-collectors	64.1%	91.3%
Filtering-collectors	-	-
Unknown	-	-
Total	100.0%	100.0%

<Table 7> Functional Feeding Group and EPT-Group Ratio Results on Stream C

	Upper Stream	Lower Stream
EPT-Group	24.0%	3.5%
Shredders	7.1%	12.1%
Predators	26.0%	13.0%
Plant-piercer	-	1.9%
Functional Feeding Group Categorization		
Gathering-collectors	66.9%	73.0%
Filtering-collectors	-	-
Unknown	-	-
Total	100.0%	100.0%

## 5. 결론

본 연구에서는 고온의 온배수가 하천으로 방류됨에 따라 저서성대형무척추동물에 미치는 영향을 분석하기 위해 온배수가 방류되는 하천 중 하천의 수폭, 하상구조 등을 고려 3개의 유사 하천을 선정 조사 분석 연구를 진행하였다.

온배수에 영향을 받는 하류와 상류에서 평균 수온의 차이는 최소 5.1℃에서 최대 11.6℃로 나타났으며, 전반적으로 고온의 온배수 영향을 받는 하류보다 상류에서 종 다양성이 높으며, 상대적으로 안정적인 군집구조 상태를 보였다. 수환경의 상태를 알 수 있는 EPT-Group 비율도 상류에서 높게 나타나 하류보다 양호한 수환경 상태를 보였다.

이를 통해 고온의 온배수 방류가 하천 생태계에 미치는 영향을 분석 제시하였다. 향후, 고온의 온배수 방류가 하천의 수환경요인과 육수생물에 미치는 영향 등 다각적인 연구를 통해 하천 복원, 생물 다양성 증진 등의 다양한 대응방안을 수립할 필요가 있다.

## REFERENCES

- [1] Y.H.Kim, "Thermal power station and marine ecosystems : Is thermal, why is the problem", Jeonpa-Science publisher Press, Seoul, 2000.
- [2] G.H.Jeon, H.S.Eum, J.H.Jung, S.J.Hwang, and J.K.Shin, "Effects of thermal wastewater effluent and Hydrogen Ion Potential(pH) on Water quality and periphyton biomass in a small stream(Buso) of Pocheon area, Korea," Korean Journal of Ecology and Environment, Vol.50, No.1, pp.96-115, 2017.
- [3] S.Strvrevva-Veselinovska and A.Todorovska, "Ecology of the diatomic flora in thermo-mineral springs of Katlanovska Banjamin in the Republic of Macedonia", Ecologia Balkanica, Vol.2, pp.1-6, 2010.
- [4] D.J.Marcogliese, G.W.Esch and R.V.Dimoch, "Long-term comparison of zooplankton communities between thermally-altered and ambient areas of a north Carolina cooling reservoir", Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, Vol.105, No.1, pp.1-13, 1989.
- [5] J.W.Whitehouse, "Some aspect of the biology of lake trawsfynydd : a power station cooling pond", Hydrobiologia, Vol.38, pp.253-288, 1971.
- [6] T.L.Beitinger, W.A.Bennett and R.W.McCauley, "Temperature tolerances of North American freshwater fishes exposed to dynamic changes in temperature", Environmental Biology of Fishes, Vol.58, pp.237-275, 2000.
- [7] M.M.Hanafiah, "Quantifying effects of physical, chemical and biological stressors in life cycle assessment", Ph. D. Thesis, Radboud University, Nijmegen, The Netherlands, 2013.
- [8] J.S.Choi, J.S.Park, J.Y.Ahn, J.Oh, J.S.Son, H.J.Kim, M.Y.Sung, Y.H.Lee, S.D.Lee, Y.D.Hong and J.S.Han, "The characteristics of Long-term variation of acid deposition in Korea", Journal of the Korean Society for Environmental Analysis, Vol.18, No.1, pp.26-37, 2015.

- [9] G.C.Poole and C.H.Berman, "An Ecological perspective on in-stream temperature: Natural heat dynamics and mechanisms of human-caused thermal degradation", *Environmental Management*, Vol.27, pp.787-802, 2001.
- [10] D.Caissie, "The thermal regime of rivers: a review", *Freshwater Biology*, Vol.51, pp.1389-1406, 2006.
- [11] P.De.Vries, J.E.Tamis, A.J.Murk and M.G.D.Smit, "Development and application of a species sensitivity distribution for temperature-induced mortality in aquatic environment", *Environmental Toxicology and Chemistry*, Vol.27, pp.2591-2598, 2008.
- [12] D.S.Kong, O.M.Lee, H.B.Song and M.Y.Song, "Survey and Recovery Measures on the Aquatic Ecosystem of Jinwi Stream", *Gyeonggi Research Institute*, Vol.2011, No.1, pp.1-145, 2011.
- [13] D.G.Song, J.J.Kim, M.S.Sung and K.G.An, "Distribution and Temperature Sensitivity Test of Exotic fish *Poecilia reticulata* in the Stream of Thermal Wastewater", *Proc. Korean Soc. Environ. Con*, Vol.29, No.2, pp.109, 2019.
- [14] J.H.Wang, J.K.Choi and H.G.Lee, "The population characteristics of Nile tilapia(*Oreochromis niloticus*) in Dalseo Stream, South Korea", *Korean J. Environ. Biol*, Vol.38, No.1, pp.127-136, 2020.
- [15] J.S.Han, J.H.Wang, J.E.Kim, J.H.Jung, Y.J.Bae and H.G.Lee, "The effects of a Thermal Discharge on the Macroinvertebrate Community", *Proc. Korean Soc. Environ. Ecol. Con*, Vol.26, No.2, pp.44-45, 2016.
- [16] J.S.Han, J.H.Wang, J.E.Kim, J.H.Jung, Y.J.Bae, J.K.Choi and H.G.Lee, "The effects of Thermal Discharge on Benthic Macroinvertebrate Communities Structure in Buso Stream", *Korean J. Environ. Biol*, Vol.35, No.1, pp.83-94, 2017.
- [17] S.D.Davis, S.W.Golladay, G.Vellidis and C.M.Pringle, "Macroinvertebrate biomonitoring in intermittent coastal plain stream impacted by animal agriculture", *J. Environ. Quality*, Vol.32, pp.1036-1043, 2003.
- [18] D.G.Peitz, "Macroinvertebrate monitoring as an indicator of water quality : Status report of Niobrara river", *Agate Fossil Beds National Monument*, pp.1-13, 2003.
- [19] T.H.Ro and D.J.Chun, "Functional feeding group categorization of Korean immature aquatic insects and community stability analysis", *Korean journal of limnology*, Vol.37, No.2, pp.137-148, 2004..

유 제 빈(Je-Bin Yu)

[정회원]



- 2018년 8월 ~ 현재 : (주)참생태연  
구소 재직
- 2020년 3월 ~ 현재 : 한세대학교  
일반대학원 ICT환경융합공학과 박사과정 재학

<관심분야>

ICT융합, 환경공학, 수생태계

김 선 집(Sun-Jib Kim)

[종신회원]



- 2014년 3월 ~ 현재 : 한세대학교  
IT학부 교수

<관심분야>

정보보안, 사물인터넷, 클라우드, 환경시스템, 융합