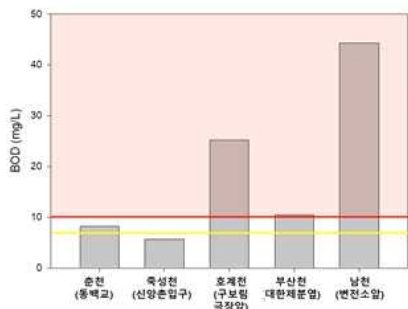
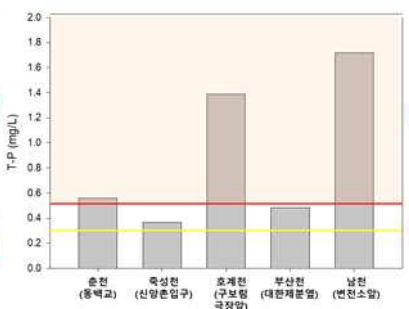


연구과제명	부산 도심하천 수질 개선을 위한 다기능 여과 시스템 개발 및 실증 연구																		
연구기간	2020년 3월 ~ 2020년 12월(10개월)																		
연구비	총 연구비 60,000천원 (참여기업부담금 : 현금 10,000천원, 현물 20,000천원)																		
과제분류	연구분야 및 세부연구분야																		
	<table border="1"> <tr> <th>하폐수 처리</th><th>상수도 및 정수</th><th>수질관리</th></tr> <tr> <td> <input type="checkbox"/> 물리화학적 처리  <input type="checkbox"/> 생물학적 처리  <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용  <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템  <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거  <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타  <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리         </td><td> <input type="checkbox"/> 막분리  <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리  <input type="checkbox"/> 고도정수처리  <input type="checkbox"/> 상수관망         </td><td> <input type="checkbox"/> 수질 오염  <input type="checkbox"/> 수질 모델  <input checked="" type="checkbox"/> 수질관리기타         </td></tr> <tr> <th>자연환경분야</th><th>폐기물관리</th><th>대기관리</th></tr> <tr> <td> <input type="checkbox"/> 환경정책   <input type="checkbox"/> 생활환경  <input type="checkbox"/> 건강위해성   <input type="checkbox"/> 생태관리  <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비  <input type="checkbox"/> 소음관리  <input type="checkbox"/> 청정기술개발         </td><td> <input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리  <input type="checkbox"/> 슬러지 처리  <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해  <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화  <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리  <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타         </td><td> <input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리  <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도  <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술  <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리         </td></tr> <tr> <th>토양지하수오염</th><th>기타환경분야</th><th>기후변화대응분야</th></tr> <tr> <td> <input type="checkbox"/> 오염토양처리관리  <input type="checkbox"/> 폐광토양오염,지하수처리  <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리         </td><td> <input type="checkbox"/> 기타         </td><td> <input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정  <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구  <input type="checkbox"/> 배출권거래   <input type="checkbox"/> 기타         </td></tr> </table>	하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리	<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망	<input type="checkbox"/> 수질 오염 <input type="checkbox"/> 수질 모델 <input checked="" type="checkbox"/> 수질관리기타	자연환경분야	폐기물관리	대기관리	<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리	토양지하수오염	기타환경분야	기후변화대응분야	<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염,지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리	<input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타
하폐수 처리	상수도 및 정수	수질관리																	
<input type="checkbox"/> 물리화학적 처리 <input type="checkbox"/> 생물학적 처리 <input type="checkbox"/> 막처리 및 재이용 <input type="checkbox"/> 하수처리 시스템 <input type="checkbox"/> 질소 및 인 제거 <input type="checkbox"/> 하폐수 처리 기타 <input type="checkbox"/> 축산폐수 처리	<input type="checkbox"/> 막분리 <input type="checkbox"/> 정수처리 및 수질관리 <input type="checkbox"/> 고도정수처리 <input type="checkbox"/> 상수관망	<input type="checkbox"/> 수질 오염 <input type="checkbox"/> 수질 모델 <input checked="" type="checkbox"/> 수질관리기타																	
자연환경분야	폐기물관리	대기관리																	
<input type="checkbox"/> 환경정책 <input type="checkbox"/> 생활환경 <input type="checkbox"/> 건강위해성 <input type="checkbox"/> 생태관리 <input type="checkbox"/> 환경오염사고대비 <input type="checkbox"/> 소음관리 <input type="checkbox"/> 청정기술개발	<input type="checkbox"/> 매립 및 침출수 처리 <input type="checkbox"/> 슬러지 처리 <input type="checkbox"/> 소각 및 열분해 <input type="checkbox"/> 재활용 및 자원화 <input type="checkbox"/> 음식물 쓰레기 처리 <input type="checkbox"/> 폐기물 관리 기타	<input type="checkbox"/> 대기오염측정 및 관리 <input type="checkbox"/> 대기오염모델링,위해도 <input type="checkbox"/> 대기오염 처리기술 <input type="checkbox"/> VOCs 및 악취 처리																	
토양지하수오염	기타환경분야	기후변화대응분야																	
<input type="checkbox"/> 오염토양처리관리 <input type="checkbox"/> 폐광토양오염,지하수처리 <input type="checkbox"/> 지하수 환경관리	<input type="checkbox"/> 기타	<input type="checkbox"/> 온실가스배출량산정 <input type="checkbox"/> 온실가스배출량감축연구 <input type="checkbox"/> 배출권거래 <input type="checkbox"/> 기타																	
연구의 목적 및 필요성	<p>○ 연구의 배경 및 필요성</p> <p>▷ 부산시 도심하천 수질 현황과 문제점</p> <p>– 2018년 기준으로 부산 보건환경연구원의 도심내부 주요 하천의 수질현황 조사결과 연 평균 생활 환경기준 IV등급 이하의 수질을 나타내는 하천이 조사대상 51개 중 12개로 약 24% 정도를 차지함</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>&lt;주요 도심하천의 2018년 연평균 BOD, T-P 및 물환경등급 현황&gt;</p> <p>– 주요 도심하천의 수질오염 원인</p>																		

연구의 목적 및  
필요성  
(계속)

- 국내 주요 하천의 전체 오염 부하 중 비점오염에 의한 부하가 약 68%에 달하고 있으며 부산의 도심하천 지역의 대표적인 수질악화의 원인 역시 하수의 월류수 및 비점오염물질의 유입 등 강우유출수에 의한 간헐적 수질악화로 보고됨
- 또한 부산 도시에 자동차의 급격한 증가 및 도시화로 인해 불투수층의 면적 비율이 높아짐에 따라 비점오염원에서 발생하는 난분해성 유기물질 및 총인 총질소, 중금속 등 수질 오염의 원인이 되는 물질들이 지속적으로 강우 등의 유입하여 증가하고 있음
- 2018년 온천천으로 유입되는 초기 강우유출수의 BOD 및 TP의 농도가 하수처리시설 방류수 기준보다 상당히 높은 농도로 측정됨 (부산 보건환경연구원, 2018)

<온천천 세병교 지점의 비점오염 현황 조사>

조사지역	조사 기간	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	T-N (mg/L)	T-P (mg/L)
온천천 세병교	2018.2.28	395	539	21.486	3.227
	2018.11.8	306.6	881.5	17.081	2.111

▷ 수질관리 정책과 문제점

- 2012년부터 공공 하수처리시설 방류수 수질 기준이 지역에 따라 0.2~0.5 mg/L로 강화되면서 4대강 사업을 통해 낙동강 수계로 유입되는 하수처리시설에 총인 저감시설을 설치하였으나 부산시의 하수처리장 고도처리공정은 대부분 생물학적 처리공정으로 인제거율이 취약함
- 하수처리시설에서 생물학적 처리공정으로 제거 가능한 인의 한계는 1 mg/L가 일반적이므로 하천수의 좋은 물 등급의 기준인 0.04 mg/L를 만족하고 강우유출수 등 오염물질의 농도가 높은 비점오염원의 하천 유입에 대처하기 위해서는 물리적·화학적 수처리 시스템이 추가적으로 필요함
- 또한 부산지역의 비점오염 관리 및 도심하천의 수질 개선 검증을 위한 수질 모델 개발과 친수공간으로서의 활용 및 물순환 관리 구축의 가능성에 대한 평가를 실시해야 함

▷ 다기능 여과 시스템을 통한 in-situ 또는 급속처리의 필요성

- 기존 기술은 역세척 및 정체수 배수처리 문제로 안정적인 SS 제거효율도 달성하지 못하는 상황에 있음
- 실제 공업지대 강우유출수는 SS 이외에도 총인(T-P)과 중금속이 심각한 문제가 될 수 있음
- 따라서 부영양화 원인물질 총인과 인체 유해물질 중금속이 비점오염 형태로 하천에 유입되기 전 발생원에서 처리가 가능하고 화학흡착 기반의 급속처리가 가능한 시스템을 도입할 필요가 있음

연구의 목적 및  
필요성  
(계속)

○ 연구의 목적

- ▷ 본 연구는 비점 및 점오염원 형태의 유기물, 영양염류 및 중금속 또는 하천수의 직접 처리가 가능한 다기능 여과 시스템의 개발과 최적화 및 이의 적용에 따른 수질 개선 정도를 모델링을 통해 평가함으로써 도심하천 수질 개선 방안을 제시하고자 함

○ 국내외 선행연구 및 기술 동향

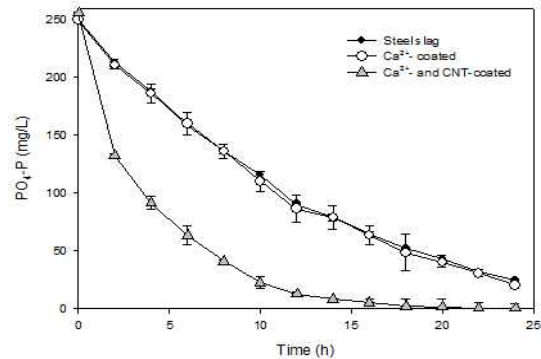
▷ 하천수질관리 사례

- 국내에서는 하천 직접정화법으로 하천수를 장치된 반응조에 유입시켜 정화하는 분리방식과 하천 내에 있는 부분을 개조해 정화시키는 직접방식을 사용함
- 국외에서는 80년대부터 하·폐수에서 영양염류 제거를 위한 기술개발을 시작하고 영양염류에 대해 매우 강화된 기준을 적용

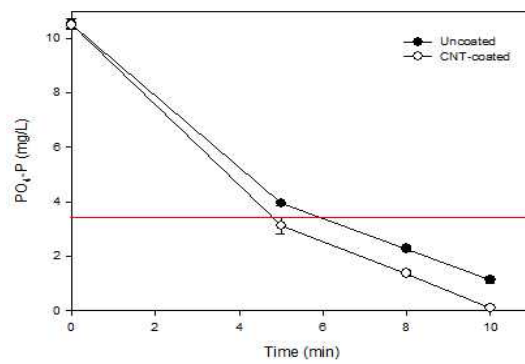
▷ 자체 선행연구의 결과

- 강우유출수에 포함된 입자성 유기물과 인 및 중금속 제거를 위한 다기능 고효율 여재 및 장치를 개발하였음
- 철 생산 공정 부산물 제강슬래그와 탄소나노튜브(CNTs)를 활용하여 여과 및 흡착 메커니즘을 동시에 이용할 수 있음
- 입자성 유기물은 일반적인 여과 원리인 체거름 기작으로 제거
- 슬래그에는 인과 반응할 수 있는  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ 가 많아 화학적 흡착에 의한 인 제거가 이루어짐
- CNTs 표면에 황산/질산 등으로 -OH, -COOH기를 도입하면  $\text{Ca}^{2+}$ 과 같은 2가 양이온이나  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ 과 같은 중금속을 정전기적 인력으로 고정할 수 있어 인과 중금속의 제거가 가능
- CNTs를 슬래그 표면에 코팅하여 수용액 상에서 슬래그의  $\text{Ca}^{2+}$  용출을 방지하는 효과와 더불어 슬래그에 의한 인 제거와 CNTs에 의한 인 및 중금속 제거를 동시에 달성할 수 있음
- 선행연구에서 고농도 조건의 인과 저농도 조건의 인 및 중금속을 제거하기 위한 CNT를 코팅하지 않은 슬래그와 CNT를 코팅한 슬래그의 비교실험을 수행하였음
- 고농도 조건의 인을 90% 달성하는데 걸리는 시간은 CNT를 코팅한 슬래그에서 12시간, CNT를 코팅하지 않은 슬래그에서 24시간으로 2배 가량 차이가 났음
- 저농도 조건의 인 및 아연의 제거 실험에서는 실험 시작 8분 후에 CNT를 코팅하지 않은 슬래그와 CNT를 코팅한 슬래그에서 각각 인 제거율 약 80, 85%로 나타났으며, 아연의 제거율은 두 가지 슬래그에서 모두 약 97%로 나타남

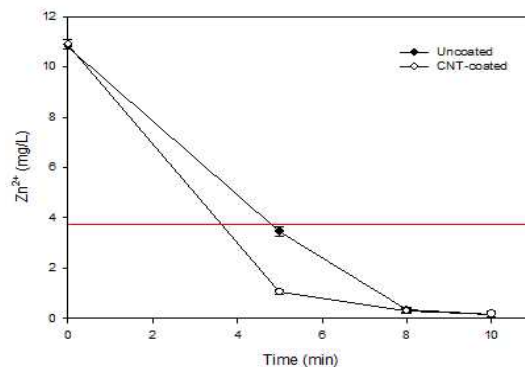
연구의 목적 및  
필요성  
(계속)



<Steel slag에 의한 고농도 인 제거>



<Steel slag 및 CNT-coated slag에 의한 저농도 인 제거>



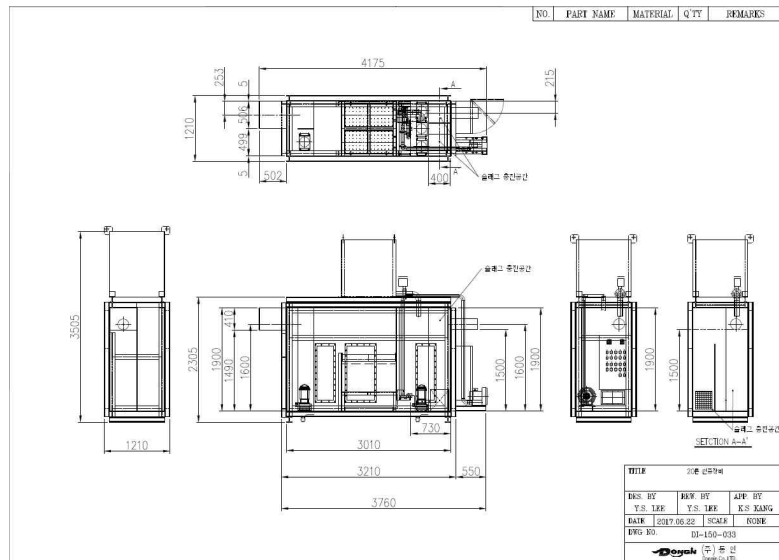
<Steel slag 및 CNT-coated slag에 의한 저농도 아연 제거>

주요 연구내용

○ 연구의 추진 전략 및 방법

- ▷ 1단계: 도심하천 수질현황 파악, 기술적용 하천 및 부지 선정
- ▷ 2단계: 현장조건 맞춤형 test-bed 설치 적용 운영 및 최적화
  - 기 개발된 친환경 다기능 여재 (특허출원 10-2019-0031144, 인과 중금속 제거를 위한 탄소 나노 튜브와 슬래그의 복합체를 갖는 다기능 여재 및 그의 제조 방법)를 활용한 난분해성 유기물, 인, 중금속의 동시 제거 시스템 개발 및 최적화
- ▷ 3단계: Test-bed의 적용에 따른 수질모델 개발 및 매뉴얼 제작

주요 연구내용  
(계속)



<20 m<sup>3</sup> 규모 다기능 여과 시스템 설계도면 및 실물전경, (주)등인 보유>



<70 L 규모 U자형 실린더 형태 여과 장치, 부산대 GILID 센터>

주요 연구내용  
(계속)

○ 주요 연구 내용

▷ 도심하천 수질현황 파악

- 유기물, 영양염류 및 중금속 등 수질오염 항목 분석 데이터를 통한 도심하천의 특성 파악
- 도심하천 주변 산업단지 혹은 주거지 분석에 따른 오염 특성 조사
- 보건환경연구원 등에서 조사된 연구결과 및 자료 분석을 통하여 데이터 베이스 구축의 효율성 및 신뢰성 증대
- 도심하천의 계절별 모니터링을 통한 수질 변동 특성 분석

▷ 기술적용 대상 하천 site 선정

- 유입 오염물질 성상 변동에 따른 시스템 안정성 사전 검토
- 비점 및 점오염이 많이 발생하는 지점을 대상으로 유기물, 영양염류 및 중금속 농도 조건 분석
- 기술적용 현장조건(처리용량, 여과재 종류, 흐름방향) 최적화
- 공유수면 관리청으로부터 공유수면 점용 사용에 대한 허가 및 하천 관리청으로부터 하천 주변 토지 이용 승인 추진

▷ 비점오염저감시설의 설치 및 관리운영 매뉴얼에 따른 설치지역 적합성 조사

- 설치지역 유역 특성, 토지이용 특성, 지역사회의 수인가능성(불쾌감, 선호도 등), 비용의 적정성, 유지 및 관리의 용이성, 안정성 등을 종합적으로 고려
- 해당 지역의 강우빈도 및 유출수량, 오염도 분석 조사결과를 토대로 설계규모 및 용량 결정
- 강우량을 누적유출고로 환산하여 최소 5밀리미터 이상의 강우량을 처리할 수 있도록 해야함

▷ 오염특성과 여과특성에 따른 적합한 여과재 선정

- 역세척 가능여부, 손실수두(10cm 이하), 투수능(선속도의 1.5~2배)을 고려
- 입상여재인 슬래그 및 CNTs 코팅 슬래그의 입도를 2~6 mm 범위에서 결정
- 초기우수의 강우사상별 변동에 따른 안정적 제거효율 확보를 위한 여재층 두께(60 cm 내외) 결정

▷ 여과 시스템 운전에 따른 오염특성 평가 및 유지 관리

- 운전 전, 후의 T-P, Cu, Pb 등 유입수와 처리수의 오염물질 농도를 비교하여 장치의 제거효율 평가

주요 연구내용  
(계속)

- 강우가 종료된 후 강우영향이 없어지는 시점에 따라 공기세척 및 수세척의 방법( $40\sim50\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ )으로 역세척 실시(48시간 이내)
  - 여재의 형상, 입경, 비중 등에 따라 역세척의 세기, 수행시간이 달라지므로 여재의 초기조건 환원 및 처리효율, 손실수두 회복 여부 점검
  - 장치 내 정체수 배제 및 전처리조 슬러지 및 협잡물 제거
  - 여과 운전인자(선속도, 손실수두, 고형물부하, 역세주기) 안정성 평가 및 최적조건 도출
- ▷ Test-bed의 현장 적용을 위한 매뉴얼 제작
- 유입 오염물질의 성상 변동(우천시, 건기)에 따른 여과 시스템 안정성 모의
  - 오염 발생 형태(비점오염, 점오염, 하천수) 적용 대상 모델링
  - 수처리 시나리오(우천시, 건기)에 따른 수질 개선 효과 분석을 위한 하천수질 변화 모의 및 현장적용 매뉴얼 제작
- 연구결과의 기대효과 및 파급효과
- ▷ 기술적 측면
- 스마트 도시물순환 시스템 구축에 있어 하천수질 관리를 위한 기반기술로 활용될 것임
  - 도심하천의 in situ 수질 개선 시스템 구축
  - 하천에 직접 적용 가능한 다기능 여과 및 흡착 메커니즘 활용 다종 오염물질 동시제거 기술 확보
  - 하수처리장 방류수, 비점오염원 등 다양한 배출원에 대해 영양염류, 중금속, 미량유해물질 동시 제거 기술 개발의 플랫폼 기술로 활용
- ▷ 환경적 측면
- 수질 등급 IV등급 이하의 도심하천 다종 오염물질 동시 처리를 통해 수질 등급 II 등급 이상의 확보 및 친수공간 활용 가능
  - 처리수는 저류 또는 방류를 통해 유지용수 및 친수용수로 활용하여 수질과 수량을 확보한 물순환관리 구축에 기여
  - 하천의 공간을 변형시켜 방재를 위한 이·치수 차원의 하천 복원사업과 달리 직접적으로 하천 수질을 개선할 수 있을 것으로 기대됨

주요 연구내용 (계속)	<div>▷ 사회적 측면</div> <div><div>- 안정적인 물환경등급 유지를 통해 도심하천의 친수공간 활용 기반을 마련하고 이를 통해 원도심 재생 사업추진 등 기존 도시 공간의 삶의 질 향상에 크게 기여할 것임</div><div>- 자연친화적 도심 하천을 중심으로 관광자원, 상권활성화, 수변자원 활용 등 경제적 이익을 창출해낼 수 있는 파급효과 기대</div></div>																								
연구성과 활용방안	<div>○ 연구 성과 지표 및 목표</div> <table><tr><th>성과 지표</th><th>성과 목표(정량적 기재)</th></tr><tr><td>도심하천 유입 점오염원 및 비점오염원의 총인(T-P) 제거율</td><td>65% 이상</td></tr><tr><td>도심하천 유입 점오염원 및 비점오염원의 중금속(Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>) 제거율</td><td>65% 이상</td></tr><tr><td>산학연연구과제 특허 출원</td><td>1건 이상</td></tr></table> <div>○ 연구 성과 활용내용(계획)</div> <table><tr><th>활용내용(계획)</th><th>활용기관</th><th>활용가능기간/대상</th></tr><tr><td>친수공간을 위한 도심하천 수질관리 방안 마련 및 문제 해결</td><td>부산광역시</td><td>연구종료일로부터 3년/부산 도심하천</td></tr><tr><td>도심하천 수질 개선 사업 가이드라인으로서의 역할</td><td>환경부</td><td>연구종료일로부터 3년/하수처리장</td></tr><tr><td>물순환관리를 위한 장치형 비점 오염 저감 시설의 대표모델 제시</td><td>K-water</td><td>연구종료일로부터 3년/비점관리 시설</td></tr></table> <div><table><tr><td>과제 담당부서</td><td>(주)동인</td></tr><tr><td>과제 담당자(감독원)</td><td>대표이사 김현철( 010 - 4588 - 4198 )</td></tr></table></div>	성과 지표	성과 목표(정량적 기재)	도심하천 유입 점오염원 및 비점오염원의 총인(T-P) 제거율	65% 이상	도심하천 유입 점오염원 및 비점오염원의 중금속(Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> ) 제거율	65% 이상	산학연연구과제 특허 출원	1건 이상	활용내용(계획)	활용기관	활용가능기간/대상	친수공간을 위한 도심하천 수질관리 방안 마련 및 문제 해결	부산광역시	연구종료일로부터 3년/부산 도심하천	도심하천 수질 개선 사업 가이드라인으로서의 역할	환경부	연구종료일로부터 3년/하수처리장	물순환관리를 위한 장치형 비점 오염 저감 시설의 대표모델 제시	K-water	연구종료일로부터 3년/비점관리 시설	과제 담당부서	(주)동인	과제 담당자(감독원)	대표이사 김현철( 010 - 4588 - 4198 )
성과 지표	성과 목표(정량적 기재)																								
도심하천 유입 점오염원 및 비점오염원의 총인(T-P) 제거율	65% 이상																								
도심하천 유입 점오염원 및 비점오염원의 중금속(Cu <sup>2+</sup> , Zn <sup>2+</sup> ) 제거율	65% 이상																								
산학연연구과제 특허 출원	1건 이상																								
활용내용(계획)	활용기관	활용가능기간/대상																							
친수공간을 위한 도심하천 수질관리 방안 마련 및 문제 해결	부산광역시	연구종료일로부터 3년/부산 도심하천																							
도심하천 수질 개선 사업 가이드라인으로서의 역할	환경부	연구종료일로부터 3년/하수처리장																							
물순환관리를 위한 장치형 비점 오염 저감 시설의 대표모델 제시	K-water	연구종료일로부터 3년/비점관리 시설																							
과제 담당부서	(주)동인																								
과제 담당자(감독원)	대표이사 김현철( 010 - 4588 - 4198 )																								