
기후변화 대비 안전한 수돗물
공급을 위한 경상남도 정수장 최적
운영 기술 개발

문 성 용

경남녹색환경지원센터

요 약 문

I. 연구개요

- IPCC 4차 평가보고서에 의하면 온실가스 증가로 지구표면온도는 지난 100년(1911~2010년) 동안 0.74℃ 상승하였으며, 2100년 까지 기온은 1.8~4.0℃ 상승할 것으로 예측되며, 우리나라의 경우 기상관측이 시작된 1910년 이래 2006년 까지 기온상승은 세계 평균인 0.74℃ 보다 약 2배 높은 수준인 1.5℃, 기후변화로 인한 피해규모 증가율 역시 세계평균보다 약 3배 높은 것으로 추정되고 있음
- 기후변화의 영향으로 세계적으로 해수면 상승, 질병 확산, 빈번한 재해 및 폭염, 폭우, 열대야일수 증가 등 기상이변 현상이 빈번하게 발생하고 있으며, 최근 그 발생 빈도가 증가하고 있음
- 국내에서도 건강, 생태, 농수산, 환경 등 다양한 분야에서 기후변화의 영향이 나타나고 있다. 물환경 분야 역시 예외가 아니어서 최근 빈번하게 발생되고 있는 여름철 녹조 현상과 정수장 수돗물 유출사고(‘20년 이후) 등 역시 기후변화의 영향이라고 할 수 있음
- 시민들이 직접 마시고 사용하는 수돗물에 대한 오염사고는 매우 민감한 부분이며, 공공재로서의 수돗물에 대한 신뢰도와 안전성에 확보를 위해서는 이러한 문제를 미연에 대비하고 방지할 필요성이 제기됨
- 2020년 7월 9일 인천광역시에서 수돗물에서 유충이 나왔다는 민원이 발생한 이후 약 인천서구에서 221건 부평정수장에서 물을 공급받는 부평과 계양에서 14건이 발생해 지역주민 불편을 야기함
- 인천광역시와 환경부는 공촌·부평정수장의 수돗물 깔따구 유충 유출사고의 원인과 악과 재발방지대책 마련을 위해 ‘수돗물 유충 관련 전문가 합동정밀조사단’을 구성하여 약 1개월간 정밀조사 및 대책을 제시한 바 있음
- 공촌·부평정수장의 입상활성탄 흡착지(이하 활성탄 지)에서 유출되었다고 밝히고 창문 개방, 환기시설 중단 및 사람 출입 시 깔따구 성충의 유입이 가능하며, 활성탄지는 유충이 생존할 수 있는 환경(온도, 수중, 먹이, 역세척 주기 등)이었음을 기존에 확인함
- 2020년 10월에는 제주특별시 서귀포시에서 타마긴털깔따구, 깃깔따구속, 아기깔따구속 유충 등 3종의 깔따구 유충이 발견되었으며, 강정정수장의 여과지 노후화로 인한 정밀여과 공정 도입 등의 조치를 실시함

II. 연구의 필요성 및 목적

1. 필요성

- 2021년 환경부의 전국 정수장 실태점검 결과 447개소 중 5개소 정수에서 깔따구 유충이 소량 발견되었으며, 18개소 정수장의 원수 및 정수처리과정에서 유충이 발견되었다. 단, 도내 정수장에서는 발견되지 않음
- 2022년 7월 창원시 석동정수장 활성탄여과지에서 깔따구 유충이 발견되었으며, 이후 인근 지역 급수전 20여 곳에서 157마리 유충이 추가 발견되었다. 이후 환경부의 특별점검 결과 급속여과지와 활성탄여과지 등에서 시설 미흡 및 정수과정 중 착수정과 침전지 등의 개방형 공간을 통해 깔따구 유충이 유입되었으며 오존발생기의 노후화로 인해 적정 주입량의 부족이 원인으로 보고함
- 깔따구는 파리목 깔따구과에 속하는 작은 공충으로 저수지, 강, 개울 등 거의 모든 수질의 물에서 서식할 수 있음
- 깔따구 유충은 평균 기온 30℃, 습도 약 60%에서 가장 많은 개체수가 발견되며, 기온 24~26℃, 습도 70% 이상 높아지면 개체수가 감소된다. 또한 강우시 깔따구가 이상적으로 번식할 수 있는 환경이 조성되어 유충의 서식처가 늘어나고 개체수가 증가하게 됨
- 환경부에서는 2021년 8월 ‘수돗물 유충발생 예방 및 대응방안’을 수립하여 시행하고 있지만 실제 현장에서의 적용상의 한계와 깔따구 유충의 특성상 기온 상승과 밀접한 영향이 있기 때문에 향후에도 수돗물의 유충발생 사고는 반복될 것으로 예측됨
- 현재 경상남도는 도민의 안전한 수돗물 공급을 위해 노력하고 있지만 원수의 수질상태 및 하천 생태환경, 정수장의 시정용량·정수 유출속도·정수공정 등을 고려한 시설 개선방안이 부재한 상황으로 이를 개선하기 위한 대책 수립이 시급함
- 따라서, 경상남도의 기후변화 특성을 고려한 정수장 운영 기술개발 및 해결방안도출과 도내 정수장별 시설 및 공정개선 방안을 제시하여 경남지역에 이슈가 되고 있는 수돗물 유충사고를 미연에 방지하고 도민에게 안전한 수돗물 공급 방안 마련이 필요함

2. 목적

- 도민의 안전한 식수원 확보를 위해 도내 운영중인 정수장의 정수처리공정 유형 파악 및 정수장 시설내 유충 유입가능성에 대해 분석
- 도내 정수장별 정수처리공정을 파악하고 이를 통하여 유충에 취약한 시설을 도출 및 시설별 개선방안, 환경부 지침 등에 따른 정수처리공정 강화 방안을 도출
- 연구성과를 토대로 정수장에 여건에 맞는 대책 시행을 통해 ‘정수장 수돗물 유충사고 미발생율 100%’ 달성에 노력하고 경상남도 도민에게 안전한 수돗물을 공급

Ⅲ. 연구의 내용 및 범위

1. 깔따구 유충 개요

- 인간에게 직접적인 피해를 끼치는 모기와는 다르게 현재까지 직접적인 피해는 주지 않는 것으로 알려져 있으나 알리지 반응을 유발하고 초여름 하루살이처럼 엄청난 개체수를 자랑하며 생김새가 모기와 유사함
- 길이는 대략 10mm로 전체적으로 가늘며 머리는 노랗거나 붉은 편이며 날개는 약간 노랗거나 하얀편으로 몸과 다리가 가늘고 긴 형태임
- 깔따구의 생활사는 알에서 유충(1~4령기), 번데기, 성충으로 이루어지며 유충시기에는 물에서 서식하고 성충은 곤충 형태로 육상생활을 한다. 생활사가 비교적 짧아 생태독성학적 연구에 널리 이용되고 있음(박재원 및 곽원석, 2020)
- 깔따구 유충(larvae)은 플랑크톤과 같은 부유성 1령기부터 체색이 붉게 육안으로 뚜렷하게 구분되는 4령기의 단계로 나누어지며, 비교적 오염에 내성이 강하고 산소친화력이 높은 생리적 특성으로 저산소층인 오염지역에서도 서식할 수 있는 것으로 알려져 있음(곽인실, 2015)
- 성충은 모기와 유사한 형태를 나타내지만 물지 않는 곤충(Non-biting midge)이며, 수환경 저서에서 깔따구의 활동은 수층과 저서층의 에너지 순환 및 어류와 조류 등 수계동물의 주된 먹이원으로 역할을 하고 있음(곽인실 등, 2022)
- 깔따구 유충의 형태적 분류는 두부(Head capsule)의 안테나 및 구강구조, 강모의 유무와 첫 번째 마디의 전측지, 그리고 마지막 마디의 후측지와 항문 세판 및 강모 등을 기준으로 전문가에 의해 이루어짐

2. 깔따구 유충 서식환경

- 지구의 기후변화는 깔따구류 곤충들의 번식률, 개체수, 서식지에 큰 영향을 미치며 최근 기온 상승으로 인한 해조류와 플랑크톤이 풍부하게 됨에 따라 깔따구류 곤충이 번식하기에 적합한 환경이 조성됨
- 일반적으로 깔따구는 평균 기온 30℃, 습도 약 60%에서 가장 많은 개체수가 발견되며, 기온이 24~26℃ 습도가 70% 이상 높아지면 개체수가 감소하는 경향을 보임
- 강우시 깔따구가 이상적으로 번식 할 수 있는 환경이 조성되어 깔따구 유충의 서식처가 늘어나게 되고 개체수가 증가하게 되며. 일반적으로 완속 여과지에서 깔따구가 서식하기 이상적인 조건을 갖추고 있는 것으로 확인됨
- 성체는 22~26℃에서 출현하고 18℃ 이하 34℃ 이상에서는 성장이 완벽하게 억제되며, 습도 50~80%의 해질녘부터 새벽 5시까지 가장 활발하게 활동하는 특성을 가지고 있음

3. 유충발생 가능성

가. 유충발생 가능성 및 경로

- 깔다구 유충 유입 경로는 크게 외부유입과 내부유입으로 나누어짐, 외부 유입은 취수장, 착수정, 침전지 및 여과지 등에서의 개방된 공간을 통해 유입되는 경우이며, 내부 유입은 공정상에서 침전슬러지, 여과지 역세척수 등에서 유출과 알이 유입되는 경우임

[요약문 표 1] 유충유입 가능성 및 경로

구 분	내 용
외부유입	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 취수원(하천, 호소 등)에 존재하는 알, 유충이 착수정으로 유입 ◦ 개방된 혼화·응집·침전지 상부를 통해 유입된 성충의 산란 ◦ 출입문, 창문 틈 등을 통해 유입된 성충의 산란 ◦ 시설물 주변 물웅덩이에서의 성충 서식 및 산란
내부유입	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 침전슬러지 내 존재하는 알, 유충 재발생 ◦ 침전지 상부 방충망 내에서 서식하는 성충의 산란 ◦ 여과수에서 유입되는 알, 유충 ◦ 역세척수에 존재하는 알, 유충

자료 : 수돗물 유충 발생예방 및 대응방안(환경부, 2021)

나. 유충발생 취약요소

- 정수장 운영상의 유충발생 취약요소는 하천수를 취수하는 취수장 특히 표층수를 취수하는 취수장의 경우 유충 유입 우려가 크고, 공정불량 및 과부하에 의한 요소와 과거 유충 발생 사례 등을 취약요소로 제시하고 있음

[요약문 표 2] 유충발생 취약요소

구 분	내 용
취약취수원	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 하천수(소규모 하천, 계곡수 등) 취수 정수장 ◦ 표층수 취수 정수장
공정불량 과부하	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 응집제 미투입(또는 간헐 투입) 정수장 ◦ 월간 정수 탁도 0.3NTU 초과율이 높은 정수장 ◦ 역세척공정이 적절하게 운영되지 않는 정수장 ◦ 시설용량 대비 생산량이 많은 정수장 ◦ 여과지 여재가 적정하지 않게 구성된 정수장(상수도 설계 기준 및 해설편 등에 맞지 않게 구성된 정수장)
과거이력	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 과거 유충 유출 사례, 전국 실태조사 등으로 유충 유입이 확인된 곳

자료 : 수돗물 유충 발생예방 및 대응방안(환경부, 2021)

다. 유충발생 가능성 조사결과

- 수돗물 유충 발생예방 및 대응방안(환경부, 2021)을 참고하여 유충 유입 가능성을 조사하였음
- 유충 발생 취약요소, 예방요령 및 위생관리시설 설치 등 내용을 검토하여 정수장별 체크리스트 제작하였음
- 경상남도 내 운영중인 정수장 운영현황 현장조사(갈따구 관련 대응시설 확인) 및 체크리스트를 작성하였음
- 유충 유입 가능성은 총 3개(취약취수원, 공정상의 취약성, 과거이력)으로 구분하여 작성하였음
- 취약취수원에서는 하천수를 취수하는 정수장이 9개소로 조사되고, 표층수를 취수하는 정수장이 4개소로 총 13개소로 나타남
- 공정상의 취약성에서는 응집제를 투입하지 않는 정수장이 총 8개소, 연간 월 정수 탁도 0.3NTU 초과 횟수가 2회이상인 정수장이 6개소, 역세척 공정이 미흡한 정수장이 4개소, 시설용량 대비 정수생산량이 초과하는 정수장이 3개소로 총 21개소로 조사됨
- 과거이력에서는 과거에 유충 유출 발생이 있거나, 실태조사시에 유충이 확인된 정수장은 총 5개소로 조사됨

[요약문 표 3] 유충 유입 가능성 조사 결과

구 분	내 용	조사결과	비 고
취약 취수원	하천수 취수 정수장	9개소	명동, 시천, 범어, 신도시, 웅상, 마산칠서, 석동, 가야, 해인사
	표층수 취수 정수장 (하천수, 복류수, 호소수)	4개소	삼계, 시천, 부림, 청룡
공정상의 취약성	응집제 미투입	8개소	아산, 시천, 서동, 낙서, 두곡, 가야, 합천, 해인사
	연간 월 정수 탁도 0.3NTU 초과 횟수 (2회 이상 초과)	6개소	부림, 상주, 서동, 청룡, 향도, 화정
	역세척공정 적정운영 미흡	4개소	곤명, 두곡, 가야, 합천
	시설용량 대비 정수생산량 초과	3개소	생초, 가야, 적중
	여과지 여재 구성 미흡 (상수도설계 기준 해설편 기준)	-	-
과거이력	과거 유충 유출, 실태조사시 유충 확인	5개소	석동, 적중, 화정, 삼계, 범어

자료 : 경상남도 통계연보, 통계청

IV. 연구결과

가. 공정별 최적운영 방안

(1) 취수원

- 깔따구 알과 유충이 정수장을 유입되는 것을 방지하기 위해 하천수 및 호소수 취수 시설에 조류차단막 설치
 - 조류차단막 설치시 소형생물 약 62% 차단
- 취수원이 만곡부에 위치하거나 퇴적으로 인해 정체수역이 발생하여 표층수가 직접 취수되는 경우, 깔따구 유충 유입에 매우 취약하므로 취수원 주변에 대한 주기적인 환경정비와 현정점검 실시
- 집중호우와 강우로 취수원 인근 퇴적토 유입으로 인한 물웅덩이 발생 시 깔따구 유충이 다량 서식할 가능성이 있으므로 주변 쓰레기 제거 및 퇴적토 준설 등 시행
- 소독제 주입률 증가로 인하여 유충 제거율도 비례적으로 증가함
 - 응집제(보조제) 사용에 따른 유충 제거효율 실험결과 응집제 미주입 제거율 60~80%, 응집제 적정 주입 제거율 80% 이상, 응집제+폴리아민 주입 100%로 나타남(K-water Jar-Test 실험)

(2) 전염소/전오존

- 전염소 및 전오존 주입률은 대응사례 및 문헌을 참고하여 각 현장의 여건에 맞게 주입하여야함
- 유충의 불활성화율(1, 2령 대상)을 높이기 위하여 침전지 유출수 잔류염소 0.2mg/L 이상 유지되도록 전염소를 주입하여야함
- 전오존의 경우 유입되는 유충이 최대한 불활성화 될 수 있도록 주입 하여야함
 - 단, 현장별 제거대상물질, 투입용량, 접촉시간 등을 고려해야함

(3) 혼화·응집지

- 표준처리공정의 급속여과지 운영 시, 정수처리기준에 따라 반드시 응집제를 주입하여 유충 등 탁도 유발물질 저감 노력 필요
 - 원수가 저탁도라도 급속모래여과지에서 여과하는 것만으로는 크립토스포리디움을 품마한 콜로이드·현탁물질을 충분하게 제거할 수 없기 때문에 반드시 응집제를 사용하여 처리한다.(상수도 설계기준(일부개정), 환경부, 2022)
- 혼화지, 응집지, 분배수로 등에 발생한 스컴은 깔따구 성충의 산란에 유리한 장소를 제공하므로 이를 방지하기 위해 스컴제거를 위한 살수장치, 스컴 제거기 등의 설치 권장
- 유충 제거율을 향상 시키기위해 폴리아민 등 고분자 응집제 주입을 고려해야함
 - 깔따구 유충 Jar-Test(K-water) 결과 응집제+폴리아민 주입시 유충제거율이 100%로 나타남(폴리아민 1mg/L 이상 주입권고)

(4) 침전지

- 성충은 정체된 수면과 맞닿은 침전지 벽체 등에 산란하는 특성을 가지므로 성충이

개방된 침전지 수면에 산란하는 것을 방지하기 위해 수면 파동발생장치나 살수장치를 설치하거나, 침전지 수면에 최대한 가깝게 방충망 설치를 권장

- 외부에서 접근하는 성충을 예방하고자 침전지 방충망을 설치함에 있어, 원수에 풍마된 유충이 침전지내에서 성충으로 번식하고 방충망 안에서 짝짓기 및 산란을 할 수 있으므로, 이를 억제할 수 있도록 수면에 최대한 가깝게(30cm 이하) 설치 권장
- 침전지내 발생한 스컴은 깔따구 산란에 유리한 장소를 제공하므로 깔따구 산란을 방지하기 위해 스컴제거를 위한 살수장치, 스컴 제거기 등의 설치 권장
- 침전지 벽면 등에 부착된 슬러지 및 침전지 하부에 가라앉은 슬러지 등을 자주 제거하여 유충 산란 및 서식 방지
 - 벽면에 부착된 슬러지 : 깔따구류의 중요 먹이원 및 산란을 위한 공간이 될 수 있는 많은 유기물질 축적
 - 하부에 가라앉은 슬러지 : 원수를 통해 유입된 깔따구 알 및 유충이 혼화·응집·침전과정에서 제거되어 침전지 하부에 침전되어 있다가, 적절히 제거되지 않으면 변태기에서 성충으로 우화하여 산란 가능
- 침전지 청소 시 배수 이후 벽면, 바닥 및 호퍼 등에 상존되어 있는 슬러지 제거작업 실시 권장
- 침전수 유출수로에 미세스크린(100um이하) 등을 이용한 여과망을 설치하여 깔따구 유충이 여과지로 넘어가는 것을 방지하도록 권장

(5) 여과지

- 날벌레 등의 유입 방지를 위해 여과지동 출입구에 이중문 및 에어 커튼 설치를 권장
 - 구조상의 문제 등으로 설치가 불가능한 경우에는 우선 방충문을 설치하여 날벌레의 유입을 방지하고, 장기적으로는 시설개선을 통해 이중문을 설치
- 여과지동의 환기를 위해 설치되어 있는 창문과 환풍기 등에는 미세방충망 설치 권장
- 부득이하게 유입된 날벌레의 퇴치를 위한 포충기 설치 권장
- 유충 및 탁도로부터 수질 안정성을 확보하기 위해 여과층의 층높이(L)와 유효경(De)의 비(L/De)가 1,000 이상을 만족하도록 여재를 구성하여 운영
 - 여재의 유효경이 0.45~0.7mm의 범위인 경우에는 60~70cm, 0.9~1.1mm의 범위인 경우에는 90~100cm로 한다. 다만, 유효경이 그 이상으로 크게 되는 경우에는 실험 등의 의하여 합리적으로 여과층의 두께를 증가시킬 수 있다.
- 역세척은 가급적 잔류염소가 존재하는 물로 실시하고, 여과지 머드볼 발생유무를 정기적으로 점검하고 여과층 오염이 확인 시 여과사 세척이나 표층을 삭취하고 가능한 경우 여과사 교체 실시
 - 여과사 교체는 깔따구 유충이 발생하기 쉬운 6~9월은 가급적 피해서 실시
- 역세척 팽창률 20~30% 정도가 될 수 있도록 현장별 여재구성, 여재깊이, 수온 등을

고려하여 운영

- 여과층을 20~30% 팽창시켰을 때에 가장 유효하고 세척효과가 좋음(2020, 한국상하수도협회)
- 유효경 0.45~0.55mm의 여과모래가 60cm로 충전된 여과상은 20~30% 사이가 적합(2007, 상수도시설 유지관리매뉴얼)

(6) 후오존 및 활성탄흡착지

- 후오존은 활성탄흡착지로 유입되는 유충이 최대한 불활성화 될 수 있도록 주입을 권장(전 오존과 유사)
- 현장별 제거대상물질, 투입용량, 접촉시간 등을 고려해야하고, 1ppm의 30분 접촉으로 100% 불활성화
- 건물동 방충망 상태를 점검하고, 깔따구 등 유입 가능성 있는 창문·환기시설은 미세 방충망을 설치하고 건물 출입문 이중화 및 에어커튼 설치 등을 통해 유충 유입차단 기능 보장
- 유입된 깔따구 등 날파리 제거를 위한 포충기 설치
- 입상활성탄지 상부를 밀폐하거나, 미세방충망을 설치하여 깔따구 등이 접근할 수 없도록 차단 조치
- 시설 여건, 유지관리 편의성 등을 고려하여 점검이 용이한 개폐식 유충 유입 차단시설 설치
- 공기세척 시 활성탄 흡착지의 표층 전반에 걸쳐 공기방울이 균등 분배되는지 확인하고 쏠림현상 등 이상 발견 시 하부집수장치 등 정밀조사 시행 권고

(7) 정수지

- 최소한 연 1회 이상 청소 및 소독을 실시하여 혹시라도 유입될 수 있는 유충을 제거하고 침전물이 없는 깨끗한 상태를 유지하도록 권장
- 환기용 창문과 에어벤트 등 소형생물이 유입될 수 있는 모든 곳에 미세방충망 설치 권장
- 유충의 유출을 막기 위해서 정수지 유입 또는 유출구에 마이크로스트레이너 등 유충 차단장치 설치 권장
- 스트레이너 제작을 위한 기간이 소요될 경우 우선적으로 폴리에스테르 등의 천을 이용하여 거름망 제작 후 설치하고 차압 및 폐색 발생으로 인한 수위 증가 등의 문제가 발생하지 않도록 지속 모니터링 필요

(8) 배출수처리시설

- 배출수처리시설 용량 검토, 배출수지 운영, 배슬러지지 운영, 방류수 수질, 관련법 준수, 시설물 청결 유지 등 배출수처리시설 전반의 운영방안 검토

[요약문 표 4] 배출수처리시설의 유충방지 대책

구 분	내 용
배출수처리시설	○ 유충발생 시 정수장에서 역세척 주기 단축 운영 시동방수 역세척수 미회

구 분	내 용
용량검토	수 및 전량 방류 침전지 슬러지 배출주기 단축 운영 등을 추진할 경우 배출수처리시설의 용량 부족 여부 등을 검토 하여 전반적인 운영 방법 개선 또는 장기적으로 시설용량 증대 등 권장
배출수지 운영	<ul style="list-style-type: none"> ◦ (역세척수 회수) 역세척 주기 단축 및 시동방수에 따른 역세척수 발생량 증가 시 수리학적 부하로 침전 불량 발생할 수 있으며 이에 따라 회수수에 포함된 유충이 정수처리공정에서 재성장하고 산란하는 사이클이 반복될 수 있으므로 이를 방지하기 위한 시설개선 등 권장 ◦ (역세척수 방류) 유충 발생시기 배출수처리시설의 용량이 부족하지 않거나 역세척수 방류가 가능한 경우 역세척수 회수를 최소화하고 최대한 방류 실시 권장 <ul style="list-style-type: none"> - 역세척수 직접 방류방안 도입 시 기존 방류수와 혼합된 방류수가 법적 수질기준을 만족하지 못하는 경우 역세척수 오염물 저감장치 또는 저감시설 등 설치 권장 - 역세척수는 회수조에 방류배관을 신설하여 농축조 이송 또는 직접 방류방안 검토 권장
배슬러지지 운영	<ul style="list-style-type: none"> ◦ 유충 발생 시 침전지 슬러지 제거주기가 단축 운영됨에 따른 침전 슬러지의 다량 배출로 인한 배슬러지지에서 농축조로의 슬러지 이송량이 많아져 농축효율을 저하시킬 수 있으므로 침전슬러지 배출시간 및 배슬러지지 이송시간의 적정 분배방안 검토 및 실시 권장 <ul style="list-style-type: none"> - 침전지에서 슬러지를 배슬러지지로 배출 시 동시에 여러 개의 침전지에서 배출하는 것을 지양하고 적정한 시간 간격으로 배출토록 운영 권장 - 침전지에서 배출되어 배슬러지지에 저류된 슬러지를 농축조로 이송 시 배출수지의 슬러지와 동시에 농축조로 이송되면 수리학적 부하로 인해 농축효율이 떨어질 수 있으므로 펌프 동작 시간을 조정하여 슬러지가 한 번에 이송되는 것을 방지토록 권장
방류수 수질	◦ 배출수처리시설 부하로 인해 방류수 수질이 방류수 수질기준을 초과 하지 않도록 적정 운영하되 수질기준 초과가 우려되는 경우 해당 오염물질항목을 방류수 수질기준 이내로 저감할 수 있는 시설의 설치
관련법 준수	◦ 유충저감을 위해 실시한 방안 시설추가 개선 운영방법 변경 등으로 인해 배출수처리시설의 처리공정이 변경 폐수배출량 증가에 따라 사업장 종류가 변경되는 수도사업장은 물환경보전법 제33조 및 시행규칙 제38조에 의거 폐수배출시설의 변경신고 등 행정절차 사전 이행 실시
시설물 청결 유지	◦ 회수조 배출수지 등은 물이 고여있는 경우가 많아 깔따구 성충의 산란 및 유충의 서식 장소가 될 가능성이 있으므로 주기적인 점검과 청소를 하여 항상 청결을 유지하도록 권장

자료 : 수돗물 유충 발생예방 및 대응방안(환경부, 2021)

(9) 배수지

- 배수지는 연 2회 이상 배수 후 청소 실시 권장
 - 배수지는 6개월마다 1회 이상 청소하여 항상 청결하게 유지되도록 하여야 하며 배수지 주변은 물론 배수지 내의 오염방지에 노력하여야 한다.(상수도 설계기준(일부 개정), 환경부, 2022)
- 환기용 창문과 에어벤트 등 소형생물이 유입될 수 있는 모든 곳에 미세방충망 설치 권장
- 유충의 유입을 막기 위해서 배수지 유입부에 마이크로 스트레이너 등 유충 차단장치 설치를 권장

나. 취수원별 유충유입 방지대책

(1) 호소수 취수원의 특징 및 대책 방안

- 호소수의 취수시설에 존재하는 조류 방지막 안 또는 취수원의 수변부와 같은 수심이 낮거나 정수역인 환경에서는 깔따구의 산란 가능성이 높을 것으로 보여진다. 따라서 선택적 취수가 가능한 취수원의 경우(취수구의 선택적 가동) 취수구를 선택적으로 가동하여 저층 또는 심층에서 서식하는 깔따구 유충의 취수구로의 유입을 방지하고, 깔따구의 성충이 집중 우화하는 시기와 산란시기에는 표층을 피하는 것을 권장함
- 또한, 취수원의 방류가 진행되면 퇴적물 및 미세유기물 입자, 그리고 유충이 쓸려 내려가는 경향이 있으므로 방류 초기에는 취수를 가능하면 피하여 취수시설 내로 유충의 유입을 방지함
- 현재는 호소수 취수시설에 조류 차단막 설치를 권장하고 있으며, 성충 산란 방지를 위한 물의 표면에 흐름을 일으킬 수 있는 수면 파동 발생장치 또는 살수장치 설치가 권고사항으로 제시 되고 있으나 이를 의무화 하는 규정을 마련하는 등의 지침 개선이 필요함

(2) 하천수 및 복류수 취수원 특징 및 대책 방안

- 하천수 및 복류수와 같이 하천형으로 이루어진 취수원 환경에서는 수심, 하상구성, 물의 흐름 등 깔따구 유충이 산란 및 서식하기 좋은 환경이 형성되어 하천수를 이용하는 취수시설에도 조류 차단막과 같은 1차적인 유충 유입 방지 대책이 필요함
- 강우 후 유입된 퇴적물과 쓰레기들은 가능한 빠른 시간내에 정리를 하는 것이 깔따구 유충, 실지렁이, 모기, 원생생물 등 위생생물의 유입을 방지하는 최선의 대책이 될 수 있음
- 취수원 내에서 서식하는 깔따구 유충 뿐만 아니라 강우시 취수원으로 유입되는 인근 하천에 대한 관리도 필요함

다. 기타 유충유입 방지대책

(1) 유충 차단 LED 조명등 설치

- 빛은 파장 영역에 따라 빛의 종류는 다르며, 범용적으로 사용되는 광원은 350~750nm의 파장 영역임
- 일부 양성 주광성(빛이 있는 곳으로 향하는 성질) 소형 곤충은 빛의 파장 영역별 감도가 상이하나 대부분 350~500nm 범위로 확인되었으며, 580nm 이상의 파장영역에서 광원은 소형곤충 행동을 억제하는 것으로 연구·조사됨
- 따라서 정수장 내 조명을 유충 억제 LED 조명등으로 교체하여 활용할 수 있도록 추진

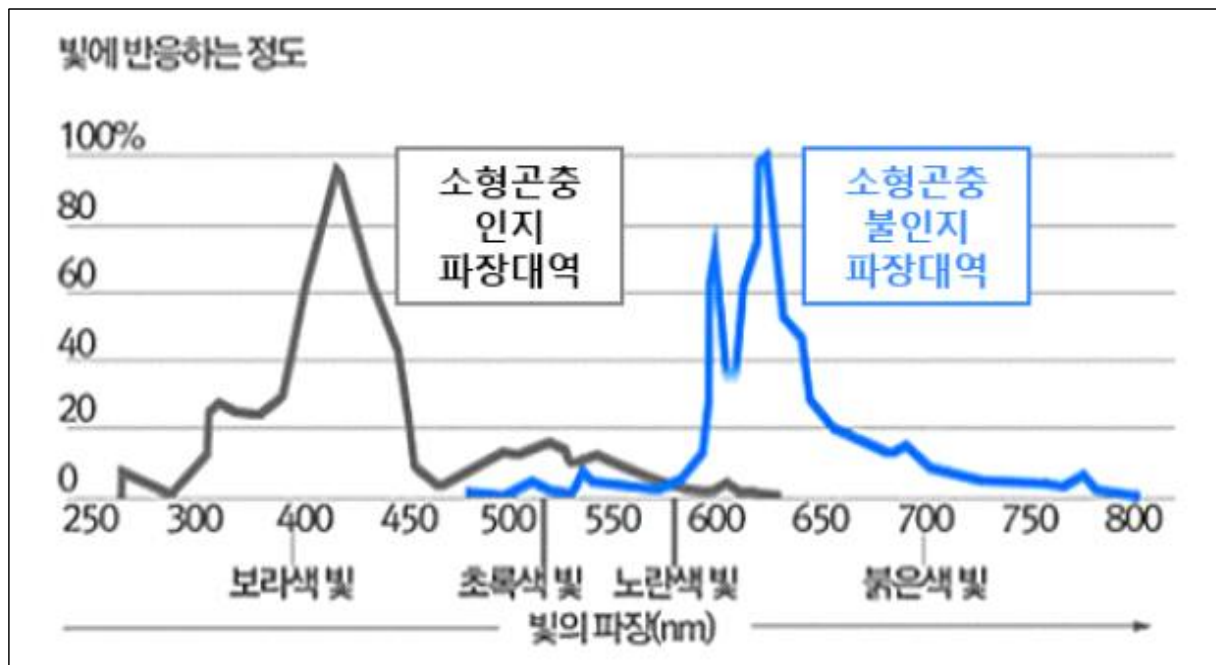


축사 내 방충 LED

캠핑장 방충용 LED

자료 : 수돗물 유충 발생예방 및 대응방안(환경부, 2021)

[요약문 그림5] 유충억제 LED 활용 사례



자료 : 수돗물 유충 발생예방 및 대응방안(환경부, 2021)

[요약문 그림6] 소형곤충 빛의 파장별 인지 대역

라. 정수장별 유충유입 대책

(1) 우선관리선정

- 현장조사 및 선행사례 분석을 통한 경상남도 내 유충 유입 가능성이 높은 정수장을 조사하여 정수장 최적운영(안)을 제시
- 1순위로는 유충발생율이 가장 높은 고도처리공정(활성탄)의 에어커튼 및 이중문 등 방지시설을 설치해야함(ex. 화정, 범어)
- 2순위로는 원수탁도가 높은 정수장의 취수원에 살수장치 및 파동장치를 설치해야함(ex. 부림, 화정, 청룡)
- 그밖에 원수탁도가 높은 정수장, 현장조사시 확인된 조출된 여과지 밀폐, 응집제 투입, 배수지 유입 전(후) 유충제거 여과장치 등이 있음

[요약문 표 5]유충 유입 가능성 조사 결과

구 분			시설수	운영방안	대상정수장
유충 유입 비교적 안정	취수원	강변여과수	4개소	기존 운영방식 유지	대산, 대산1만, 북면1만, 낙서
	처리공법	막여과	4개소	기존 운영방식 유지	삼계, 시천, 부림, 청룡
유충 유입 취약	1순위	고도처리공정 (활성탄흡착지, 오존처리)	2개소	에어커튼, 이중문 설치	화정, 범어
	2순위	취약취수원 (원수탁도 높은 정수장)	3개소	취수원에 살수장치 설치	부림, 화정, 청룡
	3순위	현장조사시 확인된 노출된 여과지 밀폐	4개소	여과지 상부 개폐식 설치	선원, 아산, 지족, 항도
	4순위	응집제 투입 (미투입정수장)	9개소	취수용량에 맞도록 설계	서동, 낙서, 대산1만 외 5개소
	공통사항	배수지 유입 전(후) 유충제거 여과장치	전체	여과장치 설치	전체

자료 : 현장조사



석동정수장

아산정수장

자료 : 현장조사

[요약문 그림7] 우선관리대상 정수장 현장사진

마. 정수장 위생관리 개선사업

- 경상남도에서는 정수장 유충유입 및 위생관리를 위한 개선사업을 실시함
- 이는 시·군별 활성탄여과지, 방충망 설치, 여과지, 배수지, 활성탄흡착지 등에서 현재 미흡하고 개선 및 설치가 필요한 정수장에 관하여 위생관리하는 개선사업임
- 현재 위생관리 개선사업에는 총 11개의 시·군이 실행된 상태로, 나머지 시·군의 정수장 상태를 파악하여 위생관리 개선사업을 실시할 필요가 있음

[요약문 표 6] 경상남도 정수장 위생관리 개선사업

시·군	정수장명	시설용량(m ³)	사업내용
창원시	대산	120,000	▶ 활성탄여과지 하부집수장치
	마산칠서	400,000	▶ 급속여과지 하부집수장치 정비(30지) ▶ 방충망 설치 및 방충설비, 출입문 이중화 ▶ 활성탄흡착지 개폐식 차단시설 설치(16지)
진주시	제2	140,000	▶ 여과지 바닥구조물 보강(12지) ▶ 여과지 창문 방충시설 교체 ▶ 여과지 공기조화기(환기시설) 정비
사천시	곤명	2,000	▶ 여과지 조립식 여과지동 설치(A=1,050m ²)
김해시	명동	105,000	▶ 여과지 이중방충망, 출입문 이중화, 점검사다리, 이물질유입방지판 설치 ▶ 활성탄여과지 이중방충망, 출입문이중화 설치 ▶ 정수지 및 배수지 미세방충망 설치 및 응집침전지 이물질 유입장지판 설치 ▶ 후오존접촉조 이중방충망, 출입문이중화 설치 ▶ 진영배수지 등 7개소 STS라이닝(36,446m ²)
	삼계	165,000	▶ 활성탄여과지 방충망, 방충설비, 출입문이중화 ▶ 개폐식 차단시설 및 하부집수장치 교체 ▶ 여과지 방충망, 방충설비, 출입문이중화, 지내부 도색, 개폐식 차단시설(13지) ▶ 배수지 방충망 교체(51개소) ▶ 삼방배수지 등 4개소 STS라이닝(8,376m ²)
밀양시	교동	16,000	▶ 하부집수장치 및 역세설비 교체 ▶ 배수지 내부벽면 도장
거제시	(배수지)	5,000	▶ 배수지 점검구 및 출입문 유해물질 차단시설 ▶ 학동배수지~거제배수지 SPE라이닝 실시
양시	범어	50,000	▶ 활성탄흡착지 개폐식 차단시설 설치(4지)
	신도시	38,000	▶ 활성탄흡착지 개폐식 차단시설 설치(4지)
	웅상	55,000	▶ 활성탄흡착지 개폐식 차단시설 설치(6지)

자료 : 경상남도 내부자료

[요약문 표 7] 경상남도 정수장 위생관리 개선사업(계속)

시·군	정수장명	시설용량(m³)	사업내용
의령군	우곡	6,000	▶ 배수지 점검구 밀폐형 덮개 설치
남해군	상주	900	▶ 완속여과지 밀폐시설 설치(208㎡)
	창선	1,000	▶ 완속여과지 밀폐시설 설치(130㎡)
함양군	함양	9,000	▶ 여과지 하부집수장치 교체(188㎡)
			▶ 내부벽면 보강(600㎡)

자료 : 경상남도 내부자료

- 창원시 대산정수장은 활성탄여과지 하부집수장치 정비하여 총 사업비 120백만원이고, 마산칠서정수장에서는 급속여과지 하부집수장치 정비, 방충망 설치 및 방충설비, 출입문 이중화 등 총 사업비 8,206백만원임
- 진주시 제2정수장은 여과지 바닥구조물 보강, 창문 방충시설 교체 및 공기조화기 정비 하여 총 사업비 930백만원임
- 사천시 곤명정수장은 여과지 조립식 여과지동 설치하여 총 사업비 500백만원임
- 밀양시 교동정수장은 하부집수장치 및 역세설비 교체, 배수지 내부벽면 도장을 실시 하여 총 사업비 1,192백만원임

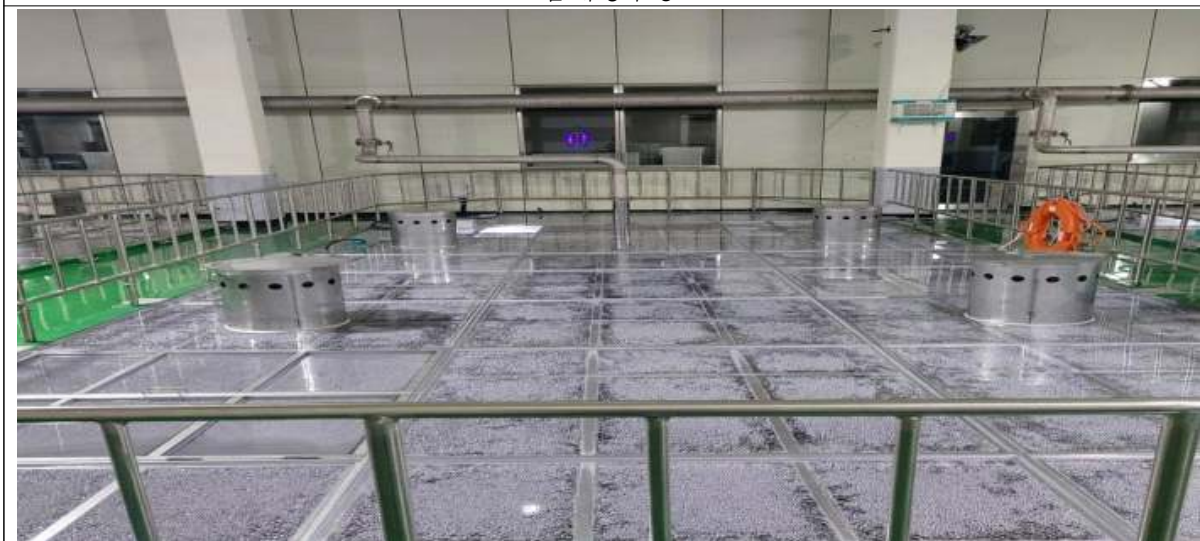
[요약문 표 8] 경상남도 정수장 위생관리 개선사업 사업비

시·군	정수 장명	사업비(백만원)									공정률 (%)
		총사업비			2021년			2022년			
		소계	국고	지방	소계	국고	지방	소계	국고	지방	
	합 계	34,784	17,392	17,392	15,488	7,744	7,744	19,348	9,674	9,674	
창원시	대산	120	60	60	120	60	60	0	0	0	100%
	마산칠서	8,206	4,103	4,103	3,282	1,641	1,641	4,976	2,488	2,488	65%
진주시	제2	930	465	465	930	465	465	-	-	-	100%
사천시	곤명	500	250	250	500	250	250	-	-	-	100%
김해시	명동	9,250	4,625	4,625	3,340	1,670	1,670	5,910	2,955	2,955	94%
	삼계	6,262	3,131	3,131	2,504	1,252	1,252	3,758	1,879	1,879	94%
밀양시	교동	1,192	596	596	476	238	238	716	358	358	100%
거제시	(배수지)	6,644	3,322	3,322	2,656	1,328	1,328	3,988	1,994	1,994	100%
양산시	범어	20	10	10	20	10	10	-	-	-	100%
	신도시	400	200	200	400	200	200	-	-	-	100%
	웅상	600	300	300	600	300	300	-	-	-	100%
의령군	우곡	50	25	25	50	25	25	-	-	-	100%
남해군	상주	300	150	150	300	150	150	-	-	-	100%
	창선	70	35	35	70	35	35	-	-	-	100%
함양군	함양	240	120	120	240	120	120	-	-	-	100%

자료 : 경상남도 내부자료



삼계정수장



범어, 신도시, 웅상정수장



교동정수장

자료 : 경남도민신문, 이뉴스투데이, 국제뉴스

[요약문 그림8] 경상남도 정수장 위생관리 개선사업

바. 소형생물 대응체계 구축사업

- 환경부에서는 지방자치단체 수도시설에 유충 유출을 막는 시설을 확충하고, 정수 공정 유출부나 관로에 여과망이나 정밀여과장치와 같은 시설을 뒤서 유충을 물리적으로 막으려는 사업임
- 경상남도 10개의 시·군이 현재 예정되어있으며, 대부분 여과망이나 여과장치 등을 설치하여 소형생물을 방지하여 시민들이 안심하고 수돗물을 사용할 수 있을 것으로 기대됨
- 대부분의 사업들은 23년도에 설계를 시작하여 23년도에 준공하는 것으로 나타남
- 창원시 석동저수장에서는 마이크로스트레이너 10개, 여과망 8개 설치할예정이며, 칠서, 대산12만, 대산1만, 북면1만에서는 여과망을 4개, 4개, 2개, 2개를 설치하고 총사업비 2,192.8백만원임
- 통영시 욕지정수장에서는 여과망 2개를 설치할예정이고, 총사업비 92백만원임
- 거제시 일운정수장에는 여과망 1개와 일운배수지에 관로상여과장치 1개를 설치할예정이고, 총사업비 247백만원임
- 양산시 신도시, 범어, 웅상 정수장에 마이크로스트레이너 4개와 여과망 2개씩을 설치할예정이며, 배수지인 하북, 예술인촌, 삼덕, 백록, 원백학에 관로상여과장치를 1개 설치하고 총사업비 2,257백만원임
- 의령군은 우곡정수장에는 마이크로스트레이너 4개, 여과망 2개가 설치예정이며, 부림정수장은 마이크로스트레이너 3개, 여과망 2개와 죽전배수지에 관로상여과장치 1개를 설치예정이고, 나머지 서동, 화정, 낙서, 대의 정수장에는 마이크로스트레이너 2개와 여과망 2개가 설치되는데 이는 총사업비 791백만원임

[요약문 표 9] 소형생물 대응체계 구축사업

시·군	정수장명	사업기간	사업내용	총사업비		
				계	국비	시·군비등
창원시 (5)	석동	‘23	▶ 마이크로스트레이너 10개 ▶ 여과망 8개	2,192.8	1,096.4	1,096.4
	칠서	‘23	▶ 여과망 4개			
	대산(12만)	‘23	▶ 여과망 4개			
	대산(1만)	‘23	▶ 여과망 2개			
	북면(1만)	‘23	▶ 여과망 2개			
통영시①	욕지	‘23	▶ 여과망 2개	92	46	46
거제시①	일운	‘23	▶ 여과망 1개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 일운배수지	247	123.5	123.5
양산시③ *배수지	신도시	‘23	▶ 마이크로스트레이너 4개 ▶ 여과망 2개	2,257	1,128.5	1,128.5
	범어	‘23	▶ 마이크로스트레이너 4개 ▶ 여과망 2개			
	웅상	‘23	▶ 마이크로스트레이너 4개			

시·군	정수장명	사업기간	사업내용	총사업비		
				계	국비	시군비등
			▶ 여과망 2개			
	하북*	'23	▶ 관로상여과장치 1개			
	예술인촌*	'23	▶ 관로상여과장치 1개			
	삼덕*	'23	▶ 관로상여과장치 1개			
	백록*	'23	▶ 관로상여과장치 1개			
	원백학*	'23	▶ 관로상여과장치 1개			
의령군(6)	우곡	'23	▶ 마이크로스트레이너 4개 ▶ 여과망 2개	791	395.5	395.5
	서동	'23	▶ 마이크로스트레이너 2개 ▶ 여과망 2개			
	부림	'23	▶ 마이크로스트레이너 3개 ▶ 여과망 2개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 죽전배수지			
	화정	'23	▶ 마이크로스트레이너 2개 ▶ 여과망 2개			
	낙서	'23	▶ 마이크로스트레이너 2개 ▶ 여과망 2개			
	대의	'23	▶ 마이크로스트레이너 2개 ▶ 여과망 2개			
함안군(2)	함안칠서	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개 ▶ 여과망 2개	662	331	331
	함안	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 죽전배수지			
남해군(8)	아산	'23	▶ 마이크로스트레이너 4개 ▶ 여과망 4개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 아산배수지	1,716	858	858
	봉성	'23	▶ 마이크로스트레이너 2개 ▶ 여과망 2개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 봉성배수지			
	난음	'23	▶ 마이크로스트레이너 2개 ▶ 여과망 2개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 난음배수지			
	상주	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개 ▶ 여과망 2개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 상주배수지			
	지족	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개 ▶ 여과망 2개			
	황도	'23	▶ 마이크로스트레이너 3개 ▶ 여과망 2개			
	남면	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개 ▶ 여과망 4개			
	대곡	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개			

시·군	정수장명	사업기간	사업내용	총사업비		
				계	국비	시·군비등
			▶ 여과망 2개			
	창선	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개 ▶ 여과망 4개			
	선원	'23	▶ 마이크로스트레이너 2개 ▶ 여과망 4개			
	노구	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개 ▶ 여과망 2개			
산청군③	산청생초	'23	▶ 여과망 2개	296	148	148
	단성	'23	▶ 여과망 4개			
	시천	'23	▶ 여과망 2개			
거창군④	거창	'23	▶ 여과망 2개 ▶ 관로상여과장치 1개 - 거창배수지	773	386.5	386.5
	가조	'23	▶ 마이크로스트레이너 1개			
	위천	'23	▶ 관로상여과장치 1개 - 정수장외부유입관로			
	웅양	'23	▶ 관로상여과장치 1개 - 정수장외부유입관로			
합천군①	가야	'23	▶ 마이크로스트레이너 3개	92	46	46

자료 : 경상남도 내부자료

사. 경상남도 정수장 현장조사 후 권고사항

- 경상남도 정수장 현장조사 후 권고사항을 보면 거제시 1개소, 거창군 2개소, 김해시 2개소, 남해군 10개소, 산청군 3개소, 양산시 3개소, 의령군 4개소, 창녕군 1개소, 창원시 3개소, 하동군 2개소, 합천군 4개소로 총 35개의 정수장에 권고사항이 필요한 것으로 조사되었다.
- 거제시에 있는 일운정수장에서의 권고사항으로는 응집제를 현재는 사용하지 않지만 필요시에 투입하여야 하고, 혼화지에 스크제거를 제거하기 위하여 스크제거기를 부착하기를 권고하고 있다.
- 거창군에 있는 가조, 거창정수장에서의 권고사항으로는 여과지의 유출수로에 여과망이 없어 설치를 권고하고, 여과지에 유충 제거를 위한 살수장치 및 파동장치를 필요시에 설치를 권하고 있다.
- 김해시에 있는 명동정수장은 거창군과 마찬가지로 여과지 유출수로에 여과망이 없어 설치를 권고하고 있고, 취수원에 조류차단막을 필요시에 설치를 권하고 있으며, 여과지의 상부가 오픈되어 있어 유충이 들어갈 위험을 줄이기 위해 상부를 밀폐화하도록 권고하고 있다.
- 또, 삼계정수장은 여과지에 유충 제거를 위한 살수장치 및 파동장치를 필요시에 설치

를 권하고 있으며, 표층수를 취수하고 있어 표층수의 심도를 조절한 필요가 있다.

- 남해군에는 봉성, 선원, 지족, 향도, 노구정수장에는 여과지의 상부가 오픈식되어있어 유충이 들어가는 것을 방지하기 위하여 상부를 밀폐화하도록 권고하고 있다.

[표 3-10] 경상남도 정수장 현장조사 후 권고사항 및 추진사항

시·군	정수장	수원	처리공법	권고사항	추진사항
거제시	일운	호소수	급속여과	▶ 응집제 필요시 투입 ▶ 혼화지 스킴제거기 부착 권고	▶ 여과지 유출수로 여과망설치 ▶ 정수지 방충망 설치
거창군	가조	복류수	급속여과	▶ 여과지 유출수로 여과망 설치 권고	▶ 여과지 방충망 설치
	거창	복류수	급속여과	▶ 침전지 살수장치 필요시 설치	▶ 정수지 방충망 설치
	웅양	복류수	막여과		
	위천	호소수	막여과		▶ 정수지 방충망 설치
김해시	명동	하천수	고도처리	▶ 여과지 유출수로 여과망 설치 권고 ▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치 ▶ 여과지 상부 밀폐화 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지, 흡착지, 정수지 방충망 설치
	삼계	강변여과수	고도처리	▶ 침전지 살수장치 필요시 설치 ▶ 표층수 심도 조절 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 방충망 설치
남해군	난음	호소수	급속여과	▶ 취수원 주변 주기적 청소 필요 ▶ 혼화지 스킴제거기 부착 권고	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지 유출수로 여과망설치
	남면	호소수	급속여과	▶ 취수원 및 착수정 벽면 및 주변 주기적 청소 필요 ▶ 혼화지 스킴제거기 부착 권고	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지 유출수로 여과망설치
	봉성	호소수	급속여과	▶ 취수원 주변 주기적 청소 필요 ▶ 혼화지 스킴제거기 부착 권고	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	상주	호소수	완속여과	▶ 취수원 및 착수정 벽면 및 주변 주기적 청소 필요 ▶ 혼화지 스킴제거기 부착 권고	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	아산	호소수	급속여과	▶ 착수정 및 여과지 상부 오픈식 ▶ 필요시 응집제 투입	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	향도	호소수	급속여과	▶ 여과지 상부 밀폐화 필요 ▶ 착수정 및 취수원 주변 주기적 청소 필요 ▶ 여름철 강우시 오염원 유출차단막(오타방지막) 설치 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	선원	호소수	급속여과	▶ 여과지 상부 밀폐화 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	지족	호소수	급속여과	▶ 여과지 상부 밀폐화 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	창선	호소수	완속여과	▶ 착수정 벽면 주기적 청소 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	노구	호소수	급속여과	▶ 착수정 및 여과지 상부 밀폐화 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	대곡	호소수	급속여과		▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
밀양시	교동	복류수	급속여과		▶ 침전지 방충망 설치 ▶ 여과지 유출수로 여과망설치
사천시	곤명	호소수	급속여과		▶ 여과지 유출수로 여과망설치 ▶ 정수지 방충망 설치

시·군	정수장	수원	처리공법	권고사항	추진사항
산청군	단성	복류수	급속여과	▶ 침전지 살수장치 설치 권고	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지 유출수로 여과망설치 ▶ 정수지 방충망 설치
	산청, 생초	복류수	급속여과	▶ 안정적인 정수 공급을 위한 수량조절지 추가 검토	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지 유출수로 여과망설치 ▶ 정수지 방충망 설치
	시천	하천수	급속여과	▶ 정수지 유입구 및 유출수에 차단망 설치 권고 ▶ 표층수 심도 조절 필요 ▶ 필요시 응집제 투입 ▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 여과지 유출수로 여과망설치 ▶ 정수지 방충망 설치
양산시	신도시	하천수	고도처리	▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 침전지, 정수지 방충망 설치
	범어	하천수	고도처리	▶ 여과지 유출수로 차단망 설치 권고 ▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 침전지, 정수지 방충망 설치
	웅상	하천수	고도처리	▶ 여과지 유출수로 차단망 설치 권고 ▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 침전지, 정수지 방충망 설치
의령군	부림	호소수	급속여과	▶ 표층수 심도 조절 필요 ▶ 여름철 강우시 오염원 유출차단막(오타방지막) 설치 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지 유출수로 여과망설치 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	서동	지하수	급속여과		▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치 ▶ 정수지 방충망 설치
	화정	호소수	고도처리	▶ 활성탄 흡착지 방충망 및 차단시설 설치 권고 ▶ 여름철 강우시 오염원 유출차단막(오타방지막) 설치 필요	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 흡착지 방충망 설치
	낙서	강변여과수	고도처리	▶ 필요시 응집제 투입	▶ 흡착지 방충망, 포충기 설치 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	우곡	호소수	막여과		▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
진주시	제1	호소수	급속여과		▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지, 정수지 방충망 설치
	제2	호소수	급속여과		▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지, 정수지 방충망 설치
창녕군	노단이	호소수	급속여과	▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지, 정수지 방충망 설치
창원시	대산	강변여과수	고도처리	▶ 여과지 상부 밀폐화 필요	▶ 흡착지 내부 포충기 설치 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	대산1만	강변여과수	고도처리		▶ 흡착지 내부 포충기 설치 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	북면1만	강변여과수	고도처리		▶ 흡착지 내부 포충기 설치 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치
	마산철서	하천수	고도처리	▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 흡착지 내부 포충기 설치
	석동	하천수	고도처리	▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 정수지 유입구 유충 차단장치 설치

시·군	정수장	수원	처리공법	권고사항	추진사항
통영시	육지	호소수	급속여과		▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지, 정수지 방충망 설치
하동군	두곡	복류수	완속여과	▶ 취수원 조류차단막 설치 권고 ▶ 정수지 유입구 및 유출수로에 차단망 설치 권고 ▶ 필요시 응집제 투입	▶ 정수지 방충망 설치 ▶ 정수지 방충 LED조명 설치
	청룡	호소수	완속여과	▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치 ▶ 정수지 유입구 및 유출수로에 차단망 설치 권고 ▶ 표층수 심도 조절 필요 ▶ 여름철 강우시 오염원 유출차단막(오타방지막) 설치 필요	▶ 정수지 방충망 설치 ▶ 정수지 방충 LED조명 설치
함안군	함안	호소수	급속여과		▶ 여과지 상부 밀폐 ▶ 정수지 방충망 설치
	함안칠서	강변여과수	고도처리		▶ 흡착지 내부 포충기 설치 ▶ 흡착지, 정수지 방충망 설치
함양군	서상	호소수	급속여과		▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 흡착지 내부 포충기 설치
	함양	복류수	급속여과		▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지 유출수로 여과망설치
합천군	가야	하천수	완속여과	▶ 필요시 응집제 투입 ▶ 안정적인 정수 공급을 위한 수량조절지 추가 검토 ▶ 침전지 유출수로 여과망 설치 권고 ▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 여과지, 정수지 방충망 설치
	적중	복류수	급속여과	▶ 안정적인 정수 공급을 위한 수량조절지 추가 검토	▶ 응집지 응집제 상시 투입 ▶ 여과지, 정수지 방충망 설치
	합천	복류수	완속여과	▶ 필요시 응집제 투입 ▶ 침전지 유출수로 여과망 설치 권고 ▶ 정수지 미세방충망 설치 권고	▶ 여과지 방충망 설치
	해인사	하천수	급속여과	▶ 필요시 응집제 투입 ▶ 취수원 조류차단막 필요시 설치	▶ 여과지 유출수로 여과망설치 ▶ 여과지, 정수지 방충망 설치

V. 결론

- 깔다구 유충 유입 경로는 크게 외부유입과 내부유입으로 나누어짐, 외부 유입은 취수장, 착수정, 침전지 및 여과지 등에서의 개방된 공간을 통해 유입되는 경우이며, 내부 유입은 공정상에서 침전슬러지, 여과지 역세척수 등에서 유출과 알이 유입되는 경우임
- 도내 정수장 현장조사 결과 총 51개 정수장 중에서 조류 차단막이 미설치된 정수장이 9개소, 응집제를 투입하지않는 정수장이 8개소, 월 정수 탁도 0.3NTU 초과 하는 정수장이 6개소, 여과지 상부가 밀폐되지 않은 정수장이 3개소 등 각 항목별 3~9개소의 정수장에서 유충 발생의 취약요소가 존재함
- 따라서, 경상남도 정수장 최적 관리방안(안)은 현장조사 및 선행사례 분석을 통한 경상남도 내 유충 유입 가능성이 높은 정수장을 조사하여 정수장별 우선관리를 선정함
- 현장 조사 등 종합평가 결과 유충발생 위험도가 높으나, 위생관리 사업 및 소형생물 대응체계 구축 사업이 미추진한 정수장에는 발생억제 및 유출 차단 사업 동시에 추진함(Ex. 청룡정수장, 합천정수장, 해인사정수장)
- 유충발생 위험도는 높으나, 유출차단 대응 구축하여 발생억제 관리 방안을 마련함(Ex. 화정정수장, 범어정수장, 선원정수장, 아산정수장 등)
- 유충발생 위험도는 비교적 낮으나, 유충관련 사업 미추진한 정수장에는 정수지 최종 말단 등 여과장치 설치가 필요함(Ex. 제1정수장, 노단이정수장, 두곡정수장 등)

[표 4-1] 경상남도 정수장 유충 관리 방안(우선관리선정)

구 분	관리방안
1순위	<div> <div> ▶ 취수원 유입 억제(살수장치, 표면파동장치) ▶ 활성탄지, 여과지 출입문 이중화(밀폐화) ▶ 방충망 및 포충기 등 유입차단 시설 설치 ▶ 유충억제 LED조명등 설치 </div> <div>→ 대상 정수장의 위생관리 사업추진 추가 검토 필요</div> </div>
2순위	<div> ▶ 여과지, 정수지 등 지내 유출차단 시설 설치 ▶ 산화처리(염소, 오존)공정 적정 시행 ▶ 역세척수조 청결관리 </div> <div>→ 소형생물 대응체계 구축 추진 환경부 기술지원(필요시)</div>
3순위	<div> ▶ 노후화 시설 교체(하부집수장치 등) ▶ 지내 벽면 보강, 도색 및 라이닝 등 </div> <div>→ 현장점검, 기술진단 등을 통한 필요시설 보수</div>
기타	<div> ▶ 깔따구 발생, 유출 가능성 적은 정수장 관리 ▶ (공법별) 막여과 공정 ▶ (취수원별) 지하수, 강변여과수 </div> <div>→ 불필요 점검, 모니터링 제한 인력 및 예산 낭비 저감</div>

자료 : 경상남도 내부자료