살고싶은 도시 함께 만드는 인천	보 도 자 료		환경부 한강유역환경청
	배포일자	2020년 8월 10일(14:00) 총 13매	
담당부서	인천광역시 대변인실	담 당 자	• 신문보도팀장 박성순 ☎032-440-3065 • 담당자 황유경 ☎032-440-3066
	한강유역환경청 (현장수습지원반)	담 당 자	• 상수원관리과장 송재일 ☎032-720-3077 • 담당자 김주환 ☎032-720-3077
보 도 시 점	배포 즉시 보도하여 주시기 바랍니다.		

수돗물 유충 관련 전문가 합동정밀조사단 중간결과 발표

- 인천시 수돗물 깔따구, 공촌·부평정수장 활성탄흡착지에서 유출 -

○ 한강유역환경청(청장 정경윤)·인천광역시(시장 박남춘)가 공촌·부평 정수장의 수돗물 깔따구 유충 유출사고의 원인파악을 위해 지난 7월 16일 발족한「수돗물 유충 관련 전문가 합동정밀조사단(이하 조사단, 단장 현인환)」이 중간조사 결과를 발표했다.

○ 지난 7월 9일 시작된 인천광역시 수돗물 깔따구 유충 유출사고와 관련된 공촌·부평정수장의 조치는 다음과 같다.

- 우선 공촌정수장 활성탄 흡착지(이하 활성탄 지(池))와 부평 정수장 제1정수 계통 활성탄 지는 지난 7월 13일과 18일부터 운전을 중단하였고, 수돗물 공급은 표준정수처리 공정으로 전환하였다.

- 부평 정수장의 제3정수 계통 활성탄 지는 구조의 특성상 표준정수처리 공정으로 전환하지 못하여, 기존 활성탄지 10개중 6개 지의 활성탄을 빼낸 후 완전히 세척한 다음 다시 채워 넣고 운전하고 있다.

○ 조사단은 인천시 수돗물에서 유충이 발견된 원인으로 공촌 및 부평정수장 활성탄 지 건물내부로 유입된 깔따구 성충에 의해 활성탄 지 내에 번식된 깔따구 유충이 수도관을 통해 가정으로 이동한 것으로 판단했다.

- 이에 대한 근거로, 공촌·부평정수장에서 발견된 깔따구(성충・유충)와 배수지 및 수용가(물사용가정)에서 발견된 깔따구 유충의 종류가 일치했으며,

- 인천시에서 활성탄 지의 운영을 중단하고, 수돗물 급수계통에 필요한 차단조치를 시행함에 따라 깔따구 유충 검출량이 현저히 줄었고 현재(8.7.)는 발견되지 않고 있다는 점을 제시하였다.

※ 인천시 자체조사에 의하면 7월 9일 깔따구 관련 유충 민원이 최초 접수된 이래, 총 257건의 유충(2020.8.7. 기준) 발견, 수용가에서 7.28일 이후로는 미발견

○ 활성탄 지에서 깔따구가 발견된 원인으로는

- 첫째, 활성탄 지 건물에 방충망은 있으나 창문을 개방할 경우, 환기시설이 중단될 경우 및 사람 출입 등에 의해 깔따구 성충의 유입이 가능한 구조였다.

- 둘째, 활성탄 지는 상층부가 노출되어 성충이 산란처(물웅덩이)로 이용이 가능하고, 활성탄 내부의 생물막과 유기물은 깔따구 유충의 먹이로 이용될 수 있었다는 것과 유충이 생존할 수 있는 환경(온도, 습도 등)이었다.

* 일반적으로 활성탄 지는 활성탄 표면에 형성된 생물막(미생물 군집)을 이용하여 맛·냄새물질 등 미량 오염물질을 제거하는 고도처리 기능이 있음

- 셋째, 공촌·부평정수장의 활성탄 지 역세척(이물질 제거 공정) 주기 내에서 깔따구 알의 부화와 유충의 성장이 충분히 가능한 점을 현장 조사결과 확인하였다.

  * 공촌정수장 역세척 주기(20일), 깔따구 알의 부화(1～2일), 유충(발달단계: 1～4령) 성장(20~30일)

○ 활성탄 지로부터 깔따구가 유출된 원인으로는

- 깔따구 유충은 저서성으로 활성탄 지 하부로 이동 가능하며, 활성탄 및 하부 지지층 여과사리의 입자사이의 공간과 하부집수장치의 틈새(공극)가 유충의 유출을 막을 만큼 미세하지 못하기 때문에 역세척 주기 등이 부적절할 경우, 유출 가능성이 있다는 점을 꼽았다.

  * 활성탄 유효경(약 0.65~1.0mm), 하부집수장치 지지층 여과사리(2~4mm), 스트레이너 틈새(slit) 0.5mm, 깔따구 유충(0.1~1.0mm)

○ 조사단은 8월 중 추가적인 조사 후에 최종 조사결과 발표 시 활성탄지의 구조 및 운영방법 등 깔따구 유충 발생 및 유출사고 재발을 방지하기 위해 필요한 단기·중장기 조사 대상 및 긴급한 관리상의 개선 사항들에 대해 최종결과에서 발표할 예정이다.

붙임 1. 공촌·부평 정수장 내 깔따구 서식 조건
2. 공촌·부평 정수장 수계에서 출현한 깔따구 동정 결과
3. 활성탄 흡착지 무척추동물 서식과 관리에 대한 검토
4. 공촌정수장 하부집수장치 제원 및 파손상태 조사
5. 활성탄여과지 상부 개방 여부 조사
6. 역세척 운영 현황 검토

붙임1 공촌·부평 정수장 내 깔따구 서식 조건

□ 활성탄여과지 건물동 서식환경 검토

○ (외부유입) 개방형 구조로 창호 방충망은 있으나, 창문을 개방할 경우, 환기시설이 중단될 경우 및 사람 출입 등에 의해 깔따구 성충의 유입이 가능한 구조임

※ 깔따구 성충 출현 최적 조건 : 온도 22~26℃, 습도 50~80%

○ (활성탄흡착지) 상층부가 노출되어 있는 구조로 깔따구 성충이 산란처(물웅덩이)로 이용 가능하고, 여과지 내부의 생물막과 유기물은 깔따구 유충의 먹이로서 깔따구 유충이 생존할 수 있는 환경을 제공할 수 있음

※ 수온 20℃ 이상이면 알과 애벌레 살기 충분(깔따구 유충 성장 최적 수온: 25℃)

□ 입상활성탄 흡착지 내 통과조건 검토

○ (유충이동) 깔따구 알과 유충 1~2령기는 부유성이나, 유충 3~4령기는 저서성으로 바닥으로 이동하는 특성을 보임

○ (공극조건) 공촌·부평정수장 활성탄의 평균입경은 약 1.1~1.7mm(유효경 0.65~1.0mm)로 깔따구 유충(지름 0.1~1mm)이 활성탄 내에서 이동 가능, 하부 지지층 여과사리(10cm) 입경 2~4mm, 스트레이너 틈새(slit) 0.5mm로 역세척 주기가 길면 통과 가능성이 있음

붙임2 공촌·부평 정수장 수계에서 출현한 깔따구 동정 결과

□ 공촌정수장 수계

○ (정수장) 공촌정수장 입상활성탄 흡착지 건물 실내 및 활성탄 흡착지 내에서 발견된 깔따구(성충, 유충)는 안개무늬날개깔따구(*Chironomus kiiensis*), 등깔따구(*C. dorsalis*)였음

○ (수용가) 공촌정수장 수계 수돗물 이용 가정집에서 발견된 유충은 안개무늬날개깔따구(*C. kiiensis*), 등깔따구(*C. dorsalis*)로서 정수장 발견 종과 일치하였음

□ 부평정수장 수계

○ (부평정수장 1공장) 입상활성탄 흡착지 건물 실내 및 활성탄흡착지내에서 발견된 깔따구(성충, 유충)는 안개무늬날개깔따구(*C. kiiensis*), 등깔따구(*C. dorsalis*), 노랑털깔따구(*C. flaviplumus*), 용산무늬깔따구(*Polypedilum yongsanensis*)였음

○ (부평정수장 3공장) 입상활성탄 흡착지 내에서 발견된 깔따구 유충은 안개무늬날개깔따구(*C. kiiensis*), 노랑털깔따구(*C. flaviplumus*)였음

○ (배수지) 부평정수장 1공장의 급수권역인 천마산·희망천 배수지에서 발견된 깔따구 유충은 안개무늬날개깔따구(*C. kiiensis*), 등깔따구(*C. dorsalis*), 노랑털깔따구(*C. flaviplumus*)로서 정수장(1공장) 발견 종과 일치하였음

□ 출현종의 분포 및 특성

○ 출현한 깔따구의 대부분은 국내의 전 지역에 분포하는 광역분포종이었음

붙임3 활성탄 흡착지 무척추동물 서식과 관리에 대한 검토

□ 입상활성탄 흡착지 내 무척추동물의 서식 가능성

○ 활성탄 지는 여러 가지 무기물과 유기물이 풍부하여 많은 종류의 미생물이 서식하고 있으며 사실 이들 미생물의 활동으로 인해 녹조 독소 (Wang et al. 2007), 맛·냄새물질 (Ho et al. 2007; Chae et al. 2006; Namkung and Rottman, 1987; Silvey and Roach, 1967), 소독부산물 (Servais et al. 2005) 등의 각종 미량오염물질들을 제거하는데 뛰어난 효과가 있음

○ 하지만 활성탄 지 내의 이러한 미생물 군집은 이들을 먹이로 하는 상위 미생물들의 유입을 불러오기도 함. 실제로 많은 논문에서 활성탄 지내에서 편모류(flagellates), 섬모류(ciliates), 아메바류(amoebas)의 원생동물이 존재하고 (Schloz and Martin, 1997; Madono et al. 2000), 또한 윤형동물(rotifers), 복모동물(gastrotriches), 선형동물 (nematods) 등의 무척추동물들의 서식 (Thibault et al. 1997; Schreiber et al. 1997; Madoni et al. 2000; Beauder et al. 2000)이 보고되고 있음

○ 이번에 인천의 공촌·부평정수장에서 검출된 깔따구 유충(chironomids)의 경우 최근에도 미국 (텍사스, 오클라호마, 캔사스 등), 영국, 남아프리카 등 세계 여러나라의 수돗물에서 발견되는 사건들이 일어나고 있음

○ 비록 이러한 활성탄 지의 무척추동물들이 인체에 직접 유해하다거나 다른 수인성전염병의 매개체가 된다는 보고는 없으나 (Gerardi and Grimm, 1982; Ali, 1991; Bay, 1993) 여전히 수돗물에서 심미적인 문제를 일으키므로 활성탄 지에서 발생한 이러한 무척추동물이 정수장을 빠져나와 관망으로 들어가지 않도록 다양한 방법이 필요함

□ 입상활성탄 흡착지 내 무척추동물 제거

○ 활성탄 지에 서식하는 무척추동물을 제거하는 방법으로는 permethrin과 같은 화학약품의 처리 (Perters et al., 2003), 고농도의 염소처리 (Sun and Cui, 2008), 역세척시 소금의 주입 (Wang et al, 2014) 등이 있지만 이러한 방법들은 비용과 정수장의 운영 면에서 심각한 불이익이 있어 현실적이지 못한 것으로 판명됨

○ 현재로서 활성탄 지에서 발생하는 무척추동물의 관리에서 가장 경제적이고 효율적인 방법은 역세척 조건을 최적화 하는 것으로 알려져 있음. 여러 가지 다양한 역세척 조건들이 여러가지 무척추동물에 대해 연구되었으며(Schreiber et al. 1997; Thibault et al. 1997; Olson 2004; Beudet et al. 1998) 향후 이들 역세척 조건 중 국내의 정수장 상황에 적합한 조건의 선택에 관한 연구가 필요할 것으로 생각됨

붙임4 공촌정수장 하부집수장치 제원 및 파손상태 조사

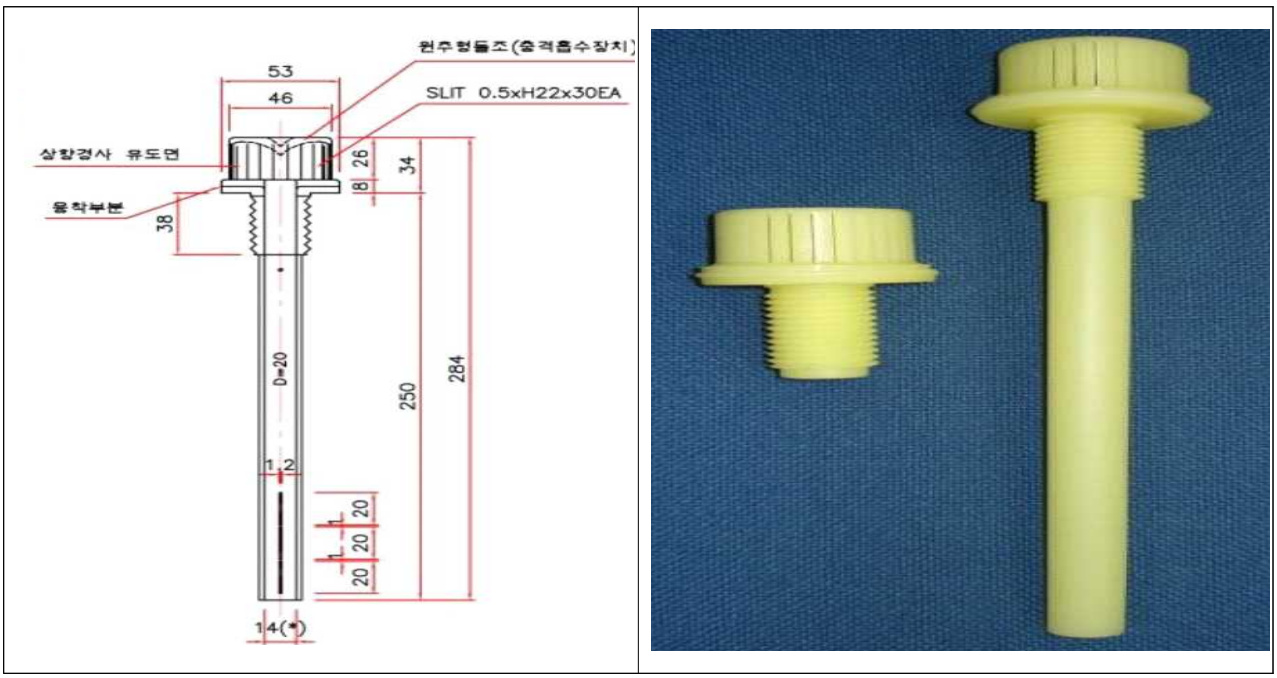
□ 하부집수장치 스트레이너 블록 조사

○ 하부집수장치의 종류는 스트레이너형, 유공블록형, 유공관형 등이 있으며 유공관형은 물역세척 여과지에만 사용 가능 하고 스트레이너형, 유공블록형은 물+공기 역세척 방식에도 사용가능

○ 하부집수장치 설치시 여과사리(왕사, 0.1m)를 설치하여 활성탄의 미분탄 유출 등을 방지

○ 스트레이너 블록 규격은 1,190mm×990mm×100mm, PC 콘크리트 재질로서 블록당 수량은 72개 (8개×9개)임

* 설계사양으로 스트레이너 수량결정은 스트레이너 개구비 기준(상수도시설기준) 0.25~1.0%이하 만족함.



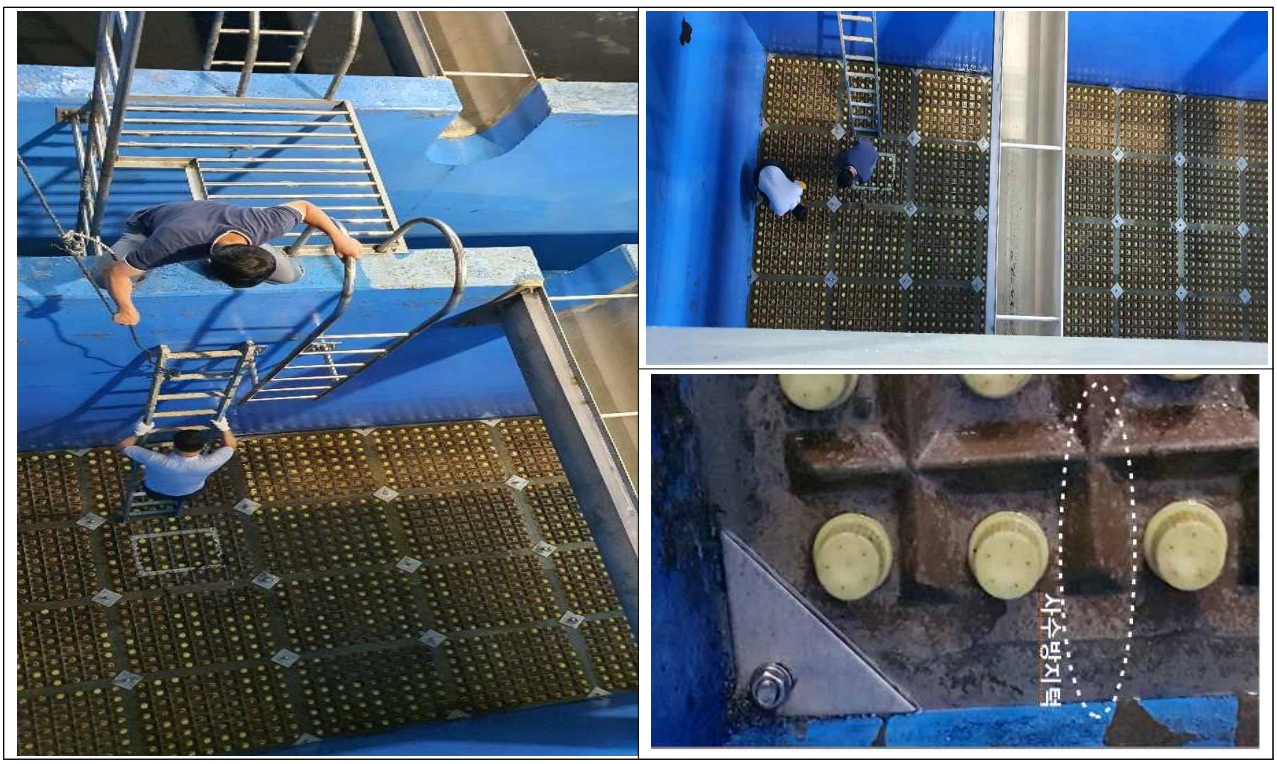
<스트레이너 규격>

□ 스트레이너 파손상태 조사 결과

○ (몰탈파손 조사) 공촌정수장 활성탄흡착지내 활성탄 및 왕사 제거 후 스트레이너 파손상태 조사(‘20.7.29) 결과 스트레이너 파손이나 휘어짐은 없으며, 스트레이너 블록 옆면 등 충진한 몰탈이 역세척 압력에 돌출된 현상은 발견되지 않음

○ (스트레이너 노즐 탈락조사) 스트레이너 노즐 부분과 파이프 부분이 완전일체형으로 되어 있어 노즐부분이 역세압력에 의해 깨어진 부분은 없음

○ (사수현상 조사) 공기역세 시험 등 공기가 균등하게 분포 되는지 여부를 조사한 결과 현장에 설치된 블록의 사수방지턱(와플형)에 의해 사수발생이 억제되고 있었음



<하부집수장치 현장조사 사진>

< 공기역세 시험 조사>

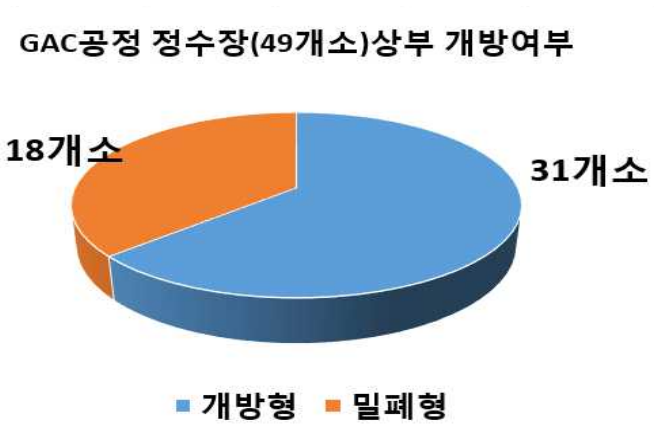
붙임5 활성탄여과지 상부 개방 여부 조사

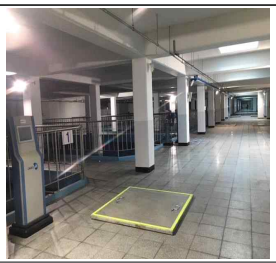
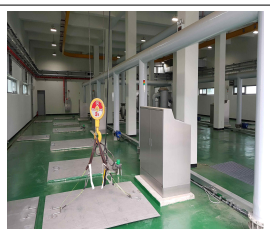
□ 인천 공촌정수장 및 부평3공장은 개방형, 부평1공장은 밀폐형

○ 공촌 및 부평3공장의 경우 활성탄 흡착지 상부가 개방형으로 유충 등의 접근이 가능함

○ 개방형 여과지 상부 밀폐(유리문, 뚜껑 등 설치)형으로 개선 필요

* GAC공정 49개소 점검결과 개방형이 31개소(63.3%), 밀폐형 18개소(26.7%)로 조사 (환경부, 조사기간 : 20.7.15~7.17)



개방형			(공촌)	(부평3공장)
밀폐형	(뚜껑)	 (뚜껑)	(유리문)	(유리문,부평1공장)

< 활성탄여과지 상부 개방/밀폐 예시 >

붙임6 역세척 운영 현황 검토

□ 역세척 방법

○ 공촌 정수장의 역세척 방법은 공기 + 물 역세방식(공기 : 1.0m/min 물 : 0.3m/min 지속시간 : 3분, Rinse:0.69m/min 지속시간 : 13분)으로 25% 팽창율로 운전되고 있음

○ 부평정수장 1공장은 입경 12×40mesh(유효경 0.65mm)로 공기 + 물 역세방식(공기 : 0.6m/min 물 : 0.2m/min 지속시간 : 4분, Rinse : 0.45m/min 지속시간 : 10분)으로 25% 팽창율로 운전되고 있음

○ 부평정수장 3공장은 역세척 방식 물 : 0.46m/min 지속시간 : 10분으로 18.4% 팽창율로 운전되고 있음

□ 역세척 주기

○ 공정상 유충을 배제할 수 있는 방법은 역세척으로, 상수도 시설기준(환경부, 2010)에는 '탄층 팽창률 20~40%(평균 25%), 세척빈도(역세척 주기)는 손실수두에만 따라 세척하지 말고 미소동물의 생명주기 등을 모두 고려하여 정한다.' 라고 명시되어 있음

○ 역세척 주기의 결정은 처리수량 및 유입수의 탁질의 특성, 활성탄의 입경, 흡착방식, 손실수두, 미생물의 생존주기에 따라 다름(Rice, R and Robson, M., 1982)

○ 입상활성탄 흡착지에서 정기적인 역세척(역세척 주기 10일)은 *Paratanytarsus grimmii*와 같은 종들이 착생하지 못하도록 방해하며, *P. grimmii*와 *Corynoneura scutellata*의 알 덩어리를 깨뜨릴 수 있다는 연구결과가 있음 (Anthony Olsen, 2004)

○ 유럽의 정수장들은 입상활성탄 흡착지의 역세척 주기는 미생물 유출을 고려하여 결정하고 있으며, 활성탄층으로부터의 미생물의 유출이 문제가 되는 시기에는 세정간격을 짧게 하여 대응하고 있음

○ 일본은 미소동물의 입상활성탄 처리수에서의 유출상황을 조사한 결과, 입상활성탄 처리수 중에 출현하는 미소동물은 윤충류와 선충류 등이 많고, 후단의 모래여과공정을 통해 효과적으로 제거되었다고 보고함 (일본 수도협회잡지, 제64권 제3호, 1991). 이를 통해 일본은 정수장별로 미소동물의 생명주기 등을 모두 고려하여 역세척 주기를 정하고 있으며, 정수장에 따라 역세척 주기를 3～10일로 간격으로 수행하고 있음

○ 공촌정수장과 부평정수장은 운영 매뉴얼에 따라 20일로 운전하고 있었고, 공촌정수장 활성탄 지는 운영 8개월째로 여름철 역세척 주기 단축에 대한 검토 중에 있음