

수처리용 자외선 램프의 성능시험과 자외선 소독 시스템의 국외 인증 현황 조사

박준민*, 박철*, 김호규*, 최윤석*
*(재)한국건설생활환경시험연구원 건설기술연구센터
e-mail: yoons0305@kcl.re.kr

Investigation of international certification status and test method for UV lamp disinfection systems

Jun-Min Park*, Cheol Park*, Ho-Gyu Kim*, Yoon-Suk Choi*
*Construction technology research center, Korea conformity laboratories

요약

국내 상·하수 처리를 위한 소독용 UV 램프 개발 연구는 자체 실험을 통한 성능 데이터를 제시하고 있으나, 각각의 실험 방법이 상이하여 데이터의 신뢰도가 결여되어 있는 실정이다. 또한, 국외의 경우 UV 소독 장치의 효율 테스트에 대한 일부 내용이 제시되고 있으나, 상세 절차 등은 누락되어 있다. 따라서 소독용 UV 램프의 안정성 및 성능 검증을 위한 국제 수준의 공인된 시험 방법의 개발과 표준화가 필요하다고 판단된다.

1. 서론

살균효과를 갖는 자외선은 주로 UV-A(315~380)/UV-B(280~315)/UV-C(200~280nm)의 3종류로 나눌 수 있으며, 자외선에 의한 살균이란 자외선을 받는 물질에 있는 미생물, 핵산에 작용하는 살균법이다. 따라서 미생물의 DNA에 치명적인 손상은 물론 신진대사에 장애를 주어 증식을 방해할 정도의 자외선량이 필요한 것이다.

자외선램프는 적용압력과 출력 강도에 따라 수은증기 램프, 메탈할라이드 램프, 제논 램프, 엑시머 램프 등 여러 유형이 있고 수처리용 자외선 설비에는 초기투자비 및 유지관리비가 낮은 수은증기 램프를 주로 사용하고 있다. 이와 같은 램프는 수은 기체를 충전함으로써 압력에 따라 저압/중압으로 나뉘며, 출력의 차이에 따라 저출력/고출력으로 분리한다.

자외선 소독 장치의 핵심 기술은 살균에 가장 적합한 240~280nm 파장의 빛을 효율적으로 발생시킬 수 있는 UV 램프이며 해당 파장은 저압 수은램프에서 얻을 수 있다. 일반적으로 사용되는 광원인 수은 아크램프는 대략 85%의 효율에서 253.7nm의 파장으로 변환할 수 있다. 현재 대표적인 저압 UV 램프는 아말감 램프로 고출력을 얻기 위해 아말감화된 수은을 사용하며, 길이 1.5m 이상의 아말감 램프는 긴 작동 수명(장수명)과 고-자외선 효과 때문에 자외선 램프를 이용한 수

처리에 주요 기술로 사용되고 있다.

최근에는 인체에 유해한 수은을 사용하지 않기 위해 펄스형 UV 램프가 각광받고 있으며, 이는 고출력으로 다파장의 빛을 순간적으로 방출하기 때문에 DNA 손상뿐만 아니라 미생물의 세포벽 등에도 영향을 주는 것으로 보고되고 있다. 따라서 특정 미생물에 대한 소독력은 일반 저압/중압 수은 램프보다 더 높은 소독력을 기대할 수 있다.

우리나라는 2000년대 초반부터 자외선 소독을 이용한 수처리 연구를 꾸준히 진행하고 있으며, 고효율의 UV 램프와 전자식 안정기 개발에 초점이 맞춰져 있다. 반면, UV 램프의 사용 수명과 효율 성능의 평가를 위한 연구는 부족한 실정이다. 특히, 국내 램프의 성능시험과 관련된 표준 시험규격을 살펴보면 UV 소독용 저압/중압 램프에 대한 KS 시험 방법은 전무 하며, 일반적인 가정용 램프와 저용량 살균 램프에 대한 시험규격이 대부분이다. 따라서 자외선 소독 장치를 위한 램프의 명확한 성능 검증을 위해 규격화된 시험 방법이 필요한 실정이다.

2. 자외선 소독 시스템의 국외 인증 현황

[표 1]은 국외 자외선 소독시스템의 평가 및 설계 운용/관리를 위한 가이드라인을 조사하여 나타낸 것이다. 대부분의 가이드라인은 의무사항보다는 권고사항으로 설계자와 운영자의 의사결정에 도움을 주도록 구성되어 있다.

[표 1] UV 시스템에 적용 가능한 국외 표준 및 가이드라인 현황

국가	명칭	설명	비고
미국	Ultraviolet disinfection guidance manual(UVDGM)	미국 환경보호청의 UV 소독을 이용한 수처리 장치의 설계 및 시설운영 관리를 위한 가이드라인	의무이행사항이 아니며, 기타 UV 램프 분야에 적용 불가
	US NSF/ANSI standard 55-2012	NSF의 시험 절차로 자외선 수처리 시스템에 대한 요구사항	미국표준협회(ANSI) 규격으로 채용
독일	German standard DVGW W294	DVGW 협회에서 제공하는 UV 수처리 장치의 설계 및 운용관리 절차서	UV 램프 수처리 시설의 인증 제공
영국	BS EN 14897 2006+A1: 2007	건물 내부의 수처리 장비, 수은 저압 자외선 라디에이터를 사용하는 장치의 성능, 안전 및 테스트 요구사항을 위한 메뉴얼	영국표준협회 규격으로 유럽규격과 통합관리
오스트리아	Austrian standard ONORM 5873	저압/중압 UV 램프를 이용한 수처리 시설의 요구사항 및 테스트 메뉴얼	오스트리아의 규격협회가 관리(지정검사기관에서 시험)

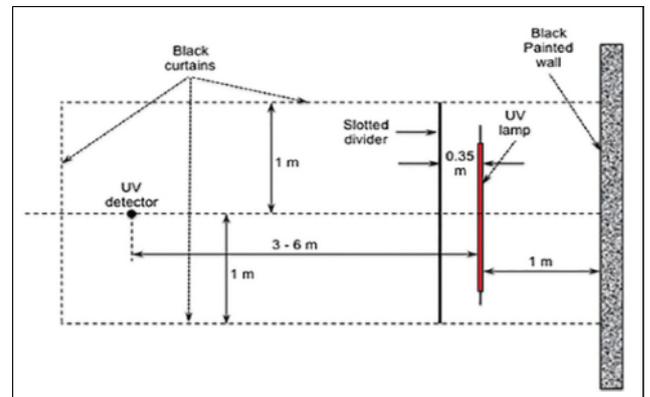
대표적으로 UV 소독시스템 해외 인증인 독일의 DVGW(Deutscher Verein des Gas-und Wasserfaches)[1]는 UV 수처리 시설의 설계자와 최종 사용자의 이해를 돕기위해 “UV 장치 및 해당 응용프로그램의 요구사항”, “소독 효과에 대한 테스트 항목”, “UV 모니터링을 위한 UV 센서” 등을 기술하고 있으며, 인증서 발급이 가능한 규격으로 국내의 많은 자외선 소독설비 관련 업체들이 해당 인증을 신청하고 있으나 UV 램프의 성능에 대한 상세 시험 절차는 확인이 불가하였다.

한편, 국제 램프제조업체 연합(미국)에서 준비 중인 UV 램프의 효율 테스트 프로토콜은 아직 예비 실험 수준으로 단체 표준에 해당하며, 표준화 작업을 통해 국제 규격으로 승인받기에는 미흡한 단계이다.

3. IUVA의 자외선 램프 성능 시험방법

앞서 언급한 바와 같이, 표준화된 성능시험 방법의 부재로 인해 각 제조사의 램프 수명과 성능에 대한 명확한 사양을 제시하기에는 어려움이 있다. 이와 같은 이유로, 국제 UV 램프 제조업체 연합(IUVA, International Ultraviolet Association)[2]은 저압 UV 램프의 효율 평가를 위한 테스트 프로토콜을 수용하였으며 시험 방법의 표준화를 위해 2회에 걸쳐 Round Robin Test를 수행하였다.

그러나 이 실험 방법은 관형 저압 및 저압 고출력 램프의 실험은 가능하나 중압, 펄스형, 엑시머 램프 등 일반적인 제조 품질 관리 또는 품질 보증 테스트에는 적용되지 않기 때문에 중압 및 펄스형 램프의 성능시험을 위한 시스템의 재검정이 필요하다. 아래의 [그림 1]은 해당 실험 방법에서 제시하고 있는 장치의 구성(예시)에 대하여 나타내었다.



[그림 1] 반사된 UV를 차단하기 위한 챔버 셋업(예시)

4. 결론

현재 국내의 경우 UV 소독 관련 분야의 표준 규격, 시험 및 인증 방법 등 해외 인증기준에 부합하는 시험평가 기준의 부재로 기술적인 진보와 더불어 해외 진출에도 제약이 있는 현실이다. 안전한 먹는 물 공급과 방류수의 고품질화 및 세계적인 물 재이용 시장 진출을 위해서는 관련 기술의 개발이 시급하며, 이를 통해 건강한 물순환 사회 구축에도 이바지 할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] DVGW, “DVGW-German Association for Gas and Water, UV Devices for Disinfection of the Water Supply”, 2006.
- [2] IUVA, “Round Robin Test of the IUVA UV Lamp Efficiency Testing Protocol”, 2013.

사사

본 연구는 환경부 “상하수도 혁신 기술개발사업”으로 지원 받은 과제임(RE202001156).