

Alpha UV-Vis 분광광도계를 활용한 ADMI 색도 분석_ES 04304.1c(2017) 기반 폐수 색도 정량 평가



개요

색도는 수질 오염도를 직관적으로 평가할 수 있는 지표 중 하나로, 특히 염료, 유기물, 금속 이온 등이 혼합된 폐수의 색은 오염 정도 및 처리 효율을 간접적으로 나타내는 중요한 항목이다. 이러한 폐수의 색도 평가는 단순한 색상 확인을 넘어서, 수치화된 객관적 데이터로 표현되어야 한다. 이에 따라, 한국의 '수질오염공정시험기준 ES 04304.1c(2017)'에서는 CIE XYZ 색공간과 Adams-Nickerson 색차 계산식을 기반으로 한 ADMI(American Dye Manufacturers Institute) 색도 측정 방법을 공식 시험법으로 채택하고 있다.

본 노트에서는 K LAB의 Alpha UV-Vis 분광광도계에 내장된 [수질오염공정시험기준]-[ES 04304.1c(2017)/색도(Color)] 분석 기능을 활용하여 ADMI 색도 측정 실험을 수행한 결과를 정리하였다. 이를 통해 Alpha 장비의 공정 시험 기준 적용 가능성과 반복 측정의 정밀도를 검증하고, 향후 실제 시료 분석에의 적용 가능성을 모색하고자 한다.

국내 분석장비 산업을 선도하는 케이랩 주식회사, 연구 및 제조까지 전 과정을 한 곳에서 책임지는 국내의 유일한 전문 연구·제조 기업입니다.

주소
(34014) 대전광역시 유성구 테크노 2로 94-23

홈페이지
www.klab.im

전화번호
042-932-7586

문의
info@klab.im

실험 조건

사용 장비

- Alpha UV Vis Spectrophotometer (K LAB)
- Alpha ADMI 색도 분석 프로그램 (K LAB)
- 50 mm Long-path Quartz Cuvette
- Alpha 롱패스셀 전용 홀더



[그림 1]. Alpha UV-Vis 분광광도계 및 롱패스셀 전용 홀더 - K LAB의 Alpha는 더블 빔 방식의 UV-Vis 분광광도계로, 10 mm 셀 외에도 ADMI 분석에 필요한 50 mm 롱패스셀을 장착할 수 있도록 전용 셀 홀더를 교체 장착할 수 있다. 이로써 투과율이 낮은 폐수 시료도 정확하게 분석할 수 있으며, 수질오염공정시험기준의 권장 조건을 충족한다.

시약

- 염화백금칼륨(Potassium chloroplatinate(K₂PtCl₆))
- 염화코발트·6수화물(Cobaltous chloride(CoCl₂·6H₂O))
- 염산(Hydrochloric acid)
- 정제수(Deionized Water)

실험 절차

색도 표준원액(500 CU) 제조

1,000 mL 부피 플라스크에 적당량의 정제수를 먼저 넣은 후, 염산 100 mL를 가한다. 이어서 염화백금칼륨(Potassium chloroplatinate) 1.246 g과 염화코발트 6수화물 (Cobaltous chloride) 1 g을 첨가하여 완전히 용해시킨다. 이후 정제수를 가하여 최종 부피를 1,000 mL로 맞추어 500 CU의 색도 표준원액을 제조한다.

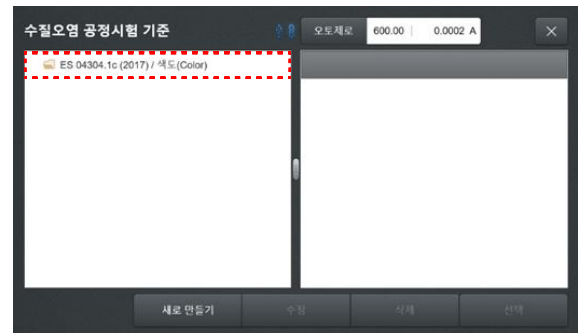
표준용액 희석 및 Factor 계산

- ① 제조한 500 CU 표준원액을 기준으로, 정제수를 이용하여 50 CU, 100 CU, 150 CU, 200 CU, 250 CU의 희석 표준용액 5종을 준비한다.



[그림 2]. 50 ~ 250 CU 색도 표준용액 시료

- ② Alpha의 [수질오염공정시험기준] 메뉴에서 “ES 04304.1c(2017)/색도(Color)” 어플리케이션을 실행한다.



[그림 3]. ADMI 색도 분석 어플리케이션 실행 화면 - 해당 기능은 수질오염공정시험기준 ES 04304.1c(2017)에 기반하여 ADMI 색도를 자동 분석할 수 있도록 구성되어 있으며, 내부 알고리즘에는 다음 수식 처리 과정이 포함된다.

- 지정된 30개 파장에서 투과율 자동 측정
- CIE XYZ 삼자극치 계산
- VX, VY, VZ 좌표로 변환
- Admas-Nickerson 색차 공식에 따른 ΔE 계산
- 입력된 CU 및 셀 길이(b)에 기반한 Factor(F) 계산 및 평균값 도출

③ [보정계수 측정] 탭으로 자동으로 전환되며, 이 단계에서 표준용액 측정을 진행한다. 50 mm 롱패스셀에 표준용액을 담아 장비에 장착한 뒤, 각 표준용액의 CU 값을 입력하고 측정을 실행하면, 소프트웨어가 각 농도에서의 ΔE 값을 계산하고 이에 따른 Factor(F)를 자동 산출한다. 최종적으로 평균 F 값이 제시된다.



[그림 4]. 표준용액 측정 후 Factor 계산 결과 - 입력된 각 표준용액의 CU값과 자동 측정된 ΔE 값을 바탕으로 Factor(F)를 산출하며, 이들로부터 평균 F값인 1494.28이 자동으로 계산된다.

결과 및 고찰

실험 결과, 50 ~ 250 CU범위의 색도 표준용액 5종을 측정하여 산출한 평균 Factor(F)는 1494.28이었다. 이 값을 기준으로, 실험자가 제조한 색도 기준 시료(50 CU, 150 CU, 250 CU)를 각각 3회 반복 측정하였고, 그 결과는 다음과 같다.

[표 1]. 색도 기준 시료 반복 측정값(n = 3)

예상값 (CU)	측정값1 (CU)	측정값2 (CU)	측정값3 (CU)	평균값 (CU)
50	52.30	52.30	52.30	52.30
150	150.35	150.80	151.28	150.81
250	241.30	241.39	241.98	241.56

모든 측정군의 표준편차는 ±0.5 CU 이내, 예상값 대비 오차율(%Error)은 5% 미만으로 나타났다.

시료 측정

- ① 측정 대상 시료로는 실험자가 제조한 기준 시료 (50 CU, 150 CU, 250 CU)를 사용하였으며, 각 시료를 3회 반복 측정하였다. 해당 시료들 또한 50 mm 롱패스 셀에 취하여 Alpha 장비에 장착한다.
- ② [색도 측정] 탭에서 측정 조건을 확인하고, 측정을 진행한다. 자동으로 XYZ를 VX, VY, VZ 변환 및 ΔE 계산을 수행하며, 앞서 계산된 평균 F 값과 셀 길이를 기반으로 색도 값(CU)를 최종 산출한다.



[그림 5]. 색도 기준 시료(150 CU) 측정 결과 화면 - 본 화면은 150 CU 기준 시료의 반복 측정 결과 예시이며, 동일한 방식으로 50 CU 및 250 CU 기준 시료도 각각 3회 측정하였다.

결론

K LAB의 Alpha UV-Vis 분광광도계는 수질오염공정시험기준 ES 04304.1c(2017)의 ADMI 색도 측정 요구 사항에 따라 설계된 전용 분석 어플리케이션을 통해, 표준용액 기반 Factor 계산과 실제 색도 측정을 모두 자동화하여 수행할 수 있다.

본 실험에서는 50 mm 룽패스셀을 장착하고 공정시험기준에 따라 지정된 30개 파장에서의 투과율을 바탕으로 CIE XYZ, VX·VY·VZ 변환, ΔE 계산, CU 환산까지의 전체 절차를 일괄 수행하였으며, 반복 측정을 통해 색도값의 정량 분석이 가능함을 확인하였다.

*참고문헌(자료출처):

- 환경부, 「수질오염공정시험기준 ES 04304.1c(2017): 색도 (Color)」, 국립환경과학원, 2017.