

비색법(Colorimetric Method) 개념 정리

1. 원리(Beer-Lambert Law)

- 시료 속 특정 물질(분석물질)과 시약이 반응하여 생성된 착색물의 빛 흡수 정도(흡광도)를 측정하는 방식입니다.
- Beer-Lambert Law(비어-람베르트 법칙)에 따르면, 흡광도(Absorbance, A)는 물질의 농도(C)와 빛이 지나는 경로 길이(l)에 비례합니다. $A = \epsilon \times l \times C$ 여기서
 - A : 흡광도(Absorbance)
 - ϵ : 물질(착색물)의 몰 흡광 계수(Molar Absorptivity)
 - l : 광로 길이(Path Length)
 - C : 농도(Concentration)

2. 측정 방법

- 시료 전처리 → 시약 첨가/반응 → 발색(착색) → 흡광도 측정
- 발색이 일어난 용액의 색상 농도를 분광광도계(Spectrophotometer)나 컬러리미터(Colorimeter)로 측정하여, 제조사나 실험실에서 제공하는 **캘리브레이션 곡선(검량선)**을 이용해 농도를 산출합니다.

3. 장단점

- 장점:
 - 시약을 간단히 첨가해 색상 변화를 관찰함으로써 쉽게 농도를 추정할 수 있습니다.
 - 현장용 키트로 간단히 측정이 가능하고, 고가의 장비가 없어도 컬러 매칭(색 비교표)만으로 대략적인 농도를 알 수 있습니다.
 - 단점:
 - 시료 중 색이 탁하거나 여러 물질이 섞여 있어 배경색이 강하면, 분석물질로 인한 발색 효과가 왜곡될 수 있습니다.
 - 정량적인 결과를 얻으려면 분광광도계 등 비교적 정밀한 기기와 적절한 검량선이 필요합니다.
-

항목별 비색법 적용 예시

앞서 설명드린 **암모니아성 질소, 질산성 질소, 인산성 인, COD** 항목들을 비색법으로 측정할 때의 핵심 포인트를 간단히 요약해 드리겠습니다.

1. 암모니아성 질소(NH₃-N)

- **Nessler 반응(네슬러법)** 또는 **Phenate(페네이트) 반응**으로 발색된 황갈색(네슬러) 또는 청색(페네이트)을 **분광광도계**에서 특정 파장(예: 420nm, 640nm 등)으로 측정합니다.
- 비색 표준 용액(암모늄 이온 표준용액)을 사용해 검량선을 만든 뒤, 시료의 흡광도를 대입하여 농도를 계산합니다.

2. 질산성 질소(NO₃-N)

- **카드뮴 환원법** 등을 통해 NO₃-N을 NO₂-N(아질산성 질소)으로 환원하고, 설파닐아미드 + NED 반응으로 **핑크~적자색 착색**을 일으킵니다.
- 이 색도의 흡광도를 비색법으로 측정(파장 540nm 전후)하여 농도를 정량합니다.

3. 인산성 인(PO₄³⁻-P)

- **몰리브데넘 블루(Molybdenum blue)법**: 인 + 몰리브데이트 + 아스코르브산 반응 후 형성되는 **청색 착색**을 측정합니다(일반적으로 660~880nm 구간 중 최적 파장 사용).
- 농도가 높아질수록 청색이 진해지므로, 표준인 용액으로 검량선을 만든 뒤 시료 흡광도로부터 농도를 구합니다.

4. COD(화학적 산소 요구량)

- 중크롬산칼륨(K₂Cr₂O₇) 또는 과망간산칼륨(KMnO₄)을 사용해 유기물을 산화한 후, 반응 전후의 산화제 농도 변화를 **비색**으로 측정하기도 합니다.
- 예를 들어 중크롬산칼륨법(K₂Cr₂O₇)의 경우, 발생하거나 소모된 Cr³⁺~Cr⁶⁺ 착색 정도를 분석하여 COD를 산출합니다.

비색 분석 시 주의사항

1. 반응 시간 및 온도

- 각 시약별로 발색이 충분히 이루어지는 데 필요한 반응 시간이 다릅니다.
- 제조사 지침에 따라 **정확한 반응 시간**(예: 10분, 30분 등)과 **적정 반응 온도**(상온,

25°C 등)를 엄수해야 합니다.

2. 시약 및 시료의 혼탁·착색

- 시료가 원래 탁하거나, 색이 진한 상태(예: 휴탕물, 색소 혼합물 등)이면 반응에 의한 발색을 구분하기 어려울 수 있습니다.
- 필요 시 **시료 여과, 희석, 또는 블랭크(Blank) 보정** 작업을 해주어야 정확도가 올라갑니다.

3. 검량선(Calibration Curve) 관리

- 비색법으로 정확한 농도를 측정하기 위해서는 표준용액(스탠더드)으로 **검량선을 구성**하고, 정기적으로 보정(Validation)해 주어야 합니다.
- 현장형 키트의 경우, 제조사에서 미리 설정된 범위의 색상표를 제공하기 때문에 상대적으로 간편하게 시료 농도를 가늠할 수 있습니다.

4. 측정 파장 선정

- 착색물이 가장 잘 흡광되는 특정 파장(예: 420nm, 540nm, 660nm 등)을 사용해야 분석민감도(감도, Sensitivity)가 좋습니다.
- 키트 메뉴얼에 표시된 측정 파장 혹은 색상 비교 기준에 맞추어 진행하면 됩니다.

5. 안전 및 폐기

- COD 측정 시에 사용되는 중크롬산칼륨($K_2Cr_2O_7$) 같은 시약은 독성과 환경 유해성이 높으므로 **폐수 처리와 보관**에 주의가 필요합니다.
- 모든 시약은 사용 후 적절한 안전 조치(중화·희석 등)를 통해 폐기해야 합니다.

결론

- ****비색법(Colorimetry)****은 수질 측정에서 가장 널리 활용되는 분석 기법 중 하나로, **시료 + 시약 반응 후 발생하는 색의 농도를 측정**함으로써 물질 함량을 정량합니다.
- 각 측정 항목별로 추천되는 시약 및 반응 조건이 다르므로, **반드시 매뉴얼의 절차 및 주의사항을 준수**해야 합니다.
- 측정 결과의 신뢰도를 높이려면 **검량선 관리, 반응 시간 준수, 시료 전처리** 등의 과정을 꼼꼼하게 진행해야 합니다.