

전기전도도
(Conductivity)

2024

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 전기전도도 측정계를 이용하여 물 중의 전기전도도를 측정하는 방법이다.

1.2 적용범위

이 시험기준은 지표수, 하·폐수 등에 적용할 수 있다.

1.3 간섭물질

전극의 표면이 부유물질, 그리스, 오일 등으로 오염될 경우, 전기전도도의 값이 영향을 받을 수 있다. 따라서 적절한 용매 또는 세제로 전극을 세정한 후 측정한다.

2.0 용어정의

“내용 없음”

3.0 분석기기 및 기구

3.1 전기전도도 측정계

3.1.1 지시부와 검출부로 구성되어 있으며, 지시부는 교류 휘트스톤브리지 (wheatstonebridge)

회로나 연산 증폭기 회로 등으로 구성된 것을 사용하며, 검출부는 한 쌍의 고정된 전극(보통 백금 전극 표면에 백금흑도금을 한 것)으로 된 전도도 셀 등을 사용한다.

3.1.2 전도도 셀은 그 형태, 위치, 전극의 크기에 따라 각각 자체의 셀 상수를 가지고 있다. 셀 상수는 전도도 표준용액(염화포타슘용액)을 사용하여 결정하거나 셀 상수가 알려진 다른 전도도 셀과 비교하여 결정할 수 있으나, 일반적으로 기기 제작사의 지침서 또는 설명서에 명시되어 있다.

3.1.3 전기전도도 측정계 중에서 25 °C에서의 자체온도 보상회로가 장치되어 있는 것이 사용하기에 편리하다. 그러한 장치가 없는 경우에는 온도에 따른 환산식을 사용하여 25 °C에서 전기전도도 값으로 환산해야 한다.

3.1.4 전기전도도 셀은 항상 수중에 잠긴 상태에서 보존하여야 하며, 정기적으로 점검한 후 사용한다.

3.1.5 기기교정

정제수의 전기전도도는 정제수의 종류에 따라 다르다. Type I는 0.056 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 이며, Type II는 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Type III는 4.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Type IV는 5.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 의 전도도를 갖는다. 각 Type에 따라 바탕 값으로 보정하여 사용한다.

3.2 온도계

수질오염공정시험기준 ES 04307.1c 온도에 따라 0.1 °C까지 측정 가능한 온도계를 사용한다.

[주 1] 전기전도도 측정계로서 온도 보정이나, 측정이 가능할 경우에는 온도계는 필요 없다.

3.3 건조기

105 °C ~ 110 °C까지 가열할 수 있고 온도조절이 가능한 건조장치를 사용한다.

3.4 건조용기(데시케이터)

수분함유에 따라 흡습제가 색변화를 나타내거나 수분함량을 표시할 수 있는 데시케이터를 사용한다.

4.0 시약 및 표준용액

4.1 시약

“내용 없음”

4.2 표준 용액

4.2.1 염화포타슘용액(0.01 M)

염화포타슘 (potassium chloride, KCl, 분자량: 74.55)을 105 °C에서 2시간 건조한 다음 데시케이터에서 방치하여 냉각한다. 건조된 염화포타슘 0.7456 g을 25 °C 정제수(2 μS/cm 이하)에 녹여 1 L로 한다. 25 °C에서 이 액의 전기전도도 값은 1 412 μS/cm이다. 제조된 용액은 폴리에틸렌병 또는 경질유리병에 밀봉하여 보존한다.

4.2.2 염화포타슘용액(0.001 M)

염화포타슘용액(0.01 M) 100 mL를 정확히 취하여 1 L 부피플라스크에 넣고 25 °C의 정제수(2 μS/cm 이하)를 넣어 눈금까지 채운다. 이 액의 25 °C에서의 전기전도도 값은 147 μS/cm이다. 이 용액은 폴리에틸렌병 또는 경질유리병에 밀봉하여 보존한다.

5.0 시료채취 및 관리

ES 04130.1f 시료의 채취 및 보존 방법에 따른다.

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 정밀도 측정과 내부정도관리 주기는 ES 04001.b 정도보증/정도관리에 따른다.

[주 2] 정제수에 염화포타슘용액(0.001 M ~ 0.01 M)을 첨가하여 분석절차에 따라 측정하여 평균값과 상대표준편차 (RSD)를 구하여 산출한다.

6.2 정도관리 목표 값은 표 1을 따른다.

7.0 분석절차

7.1 전기전도도 셀의 보정 및 셀 상수 측정방법

7.1.1 전기전도도 셀을 정제수로 2회 ~ 3회 씻는다.

7.1.2 염화포타슘용액(0.01 M)으로 2회 ~ 3회 씻어주고, (25 ± 0.5) °C에서 셀을 염화포타슘용액에 잠기게 한 상태에서 전기전도도를 측정한다.

[주 3] 시료의 전기전도도가 낮을 경우 보증서가 첨부된 1 000 µS/cm 이하의 낮은 전기전도도를 갖는 표준용액을 사용한다.

7.1.3 염화포타슘용액을 교환해 가면서 동일 온도에서 측정치 간의 편차가 ± 3 % 이하가 될 때까지 반복 측정한다.

7.1.4 평균값을 취하여 다음 식에서 셀 상수를 산출한다.

$$\text{셀 상수 } (cm^{-1}) = \frac{L_{KCl} + L_{H_2O}}{L_X} \quad (\text{식 1})$$

여기서, L_X : 측정된 전도도 값 (µS/cm)

L_{KCl} : 사용한 염화포타슘 표준액의 전도도 값 (µS/cm)

L_{H_2O} : 염화포타슘용액을 조제할 때 사용한 물의 전도도 값 (µS/cm)

7.1.5 보통 셀 상수 1 ~ 2의 셀이 대부분의 시료측정에 적합하나 특정 시료의 경우에는 표 2를 참조한다.

7.1.6 염화포타슘용액 0.01 M과 0.001 M에 대하여 셀 상수를 산출할 때 측정값 간의 편차가 ± 1 % 이내로 들지 않을 경우에는 백금전극을 재도금하여 사용한다.

[주 4] 백금전극의 재도금 방법

- (1) 염산(1 + 11) 용액 중에 백금흑전극을 담가 양극으로 하고, 전해하여 백금흑을 벗겨낸다.
- (2) 염화백금산(3 %)과 아세트산납(Ⅱ)(0.025 %)의 혼합 전해액 중에 백금흑이 벗겨진 백금전극을 담그고, 직류에서 전류밀도를 $1 \text{ mA/cm}^2 \sim 4 \text{ mA/cm}^2$ 로 하여 전해액을 교반하면서 $1.5 \text{ }^\circ\text{C/cm}^2 \sim 3.0 \text{ }^\circ\text{C/cm}^2$ 로 통전한다.
- (3) 황산(1 + 360) 용액 중에서 약 30분간 가끔 전류의 방향을 바꾸면서 전류를 통하게 하여 부착된 염화백금산이나 염소를 제거한 후에 증류수로 세척한다.

7.2 분석방법

7.2.1 전기전도도 측정기기별 작동법에 따라 전원을 넣는다.

7.2.2 측정대상 시료를 사용하여 셀을 2회 ~ 3회 씻어준다.

7.2.3 시료 중에 셀을 잠기게 하여 $(25 \pm 0.5) \text{ }^\circ\text{C}$ 를 유지한 상태에서 전기전도도를 반복 측정하고 그 평균값을 취하여 다음 식에 따라 시료의 전기전도도 값을 산출한다.

$$\text{전기전도도 값 } (\mu\text{S/cm}) = C \times L_x \quad (\text{식 2})$$

여기서, C: 셀 상수 (cm^{-1})

L_x : 측정한 전기전도도 값 (μS)

[주 5] 다만, 전기전도도 측정기에 자체온도 보상회로와 셀 상수 자동설정회로가 내장된 경우에는 제작사의 지침에 따라 온도계수($25 \text{ }^\circ\text{C}$)와 셀 상수를 설정해준 다음 시료의 전기전도도 값을 측정하고 측정기의 지시부에 나타난 값을 직접 측정결과로 기록 한다. 또 현장 측정 시 온도보상회로가 내장되어 있지 않은 측정기의 경우에는 일정조건에서의 시료의 전기전도도와 온도를 측정하고, 다음 (식 3)에 따라 온도보정을 한 측정값을 측정결과로 한다.

$$\text{전기전도도 값 } (\mu\text{S/cm}) = \frac{C \times L_x}{1 + 0.0191(T - 25)} \quad (\text{식 3})$$

여기서, C: 셀 상수 (cm^{-1})

L_x : 측정한 전도도 값 ($\mu\text{S/cm}$)

T: 측정 시 시료의 온도 ($^\circ\text{C}$)

7.2.4 만일 측정계의 지시값이 전기저항 (Ω)으로 나타날 경우에는 다음 (식 4)에 따라 전기전도도를 계산한다.

$$\text{전기전도도 값 } (\mu\text{S/cm}) = \frac{C}{R_x} \times 10 \tag{식 4}$$

여기서, C: 셀 상수 (cm⁻¹)

R_x: 측정된 전기저항 (Ω)

8.0 결과보고

측정결과는 정수로 정확하게 표기하며, 측정단위는 μS/cm로 한다.

9.0 참고자료

9.1 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd ed, Part 2510, “CONDUCTIVITY”, APHA, AWWA, WEF, (2017)

9.2 US EPA Method 120.1, “Conductance, Specific Conductance”, US EPA, (1983)

9.3 JIS K 0102 : 2016 Testing methods for industrial wastewater, 13, “Electrical conductivity”, Japanese Standards Association, (2016)

10.0 부록

표 1. 정도관리 목표 값

정도관리 항목	정도관리 목표
정밀도	20 % 이내

표 2. 셀 상수와 측정범위

셀 상수 (cm ⁻¹)	측정 범위 (μS/cm)
0.01	20 이하
0.10	1 ~ 20
1	10 ~ 2 000
10	100 ~ 20 000
50	1 000 ~ 200 000