

전도도 센서 Conductivity Probe

Order Code CON-BTA



야외 또는 실험실에서 용액 전도도나 기타 수용성 샘플의 이온 농도를 측정하는데 사용됩니다.

전도도는 수용성 샘플의 환경적 상태를 측정할 수 있는 가장 쉬운 지표 중의 하나로 전도도를 통해 샘플에

어떤 이온이 함유 되었는지 알 수는 없지만 이온의 전체 농도는 측정할 수 있습니다. 이 전도도 센서를 이용해 샘플에 용해된 이온이나 염분 양의 변화를 측정하는 다음과 같은 다양한 실험을 할 수 있습니다.

- 수용성 용액 내 물질의 이온과 분자 성분의 차이점 확인(약산과 염기의 강도의 차이, 이온 물질이 분리될 때 발생하는 화학 단위당 이온의 수 확인)
- 센서를 사용하여 수용성 샘플의 전도도와 이온 농도와의 관계 확인(미지의 샘플 용액 농도 확인)
- 수중 식물의 광합성으로 인한 전도도의 변화와 그 작용으로 이산화탄소로부터 발생하는 중탄산염 이온 농도 변화(감소) 측정
- 하천이나 호수의 TDS(Total Dissolved Solid) 측정
- 이온의 소멸과 생성과정에서 이온을 용해시키며 전도도가 변하는 화학반응에서 반응속도 관찰
- 전도도 적정 실험을 통해 두 물질의 화학량적인 질량이 결합되었는가 확인
- 다이알리시스 같은 박피를 통해 이온이 확산될 때의 속도를 전도도 센서를 이용해 측정
- 수중생물을 담고 있는 수족관의 전도도 또는 TDS 변화 측정(이런 변화는 수중생물의 광합성이나 호흡 때문에 발생 할 수 있다.)

* 데이터 수집

전도도 센서는 버니어 인터페이스(랩퀘스트, 랩프로, 고링크)에 연결해 데이터를 수집할 수 있으며, 데이터를 수집하는 일반적인 과정은 다음과 같습니다.

1. 전도도 센서를 인터페이스에 연결
2. Logger Pro 3을 실행
3. 프로그램이 센서를 자동적으로 인식하고 자료 수집

* 전도도 센서로 측정하기

- 센서의 끝을 증류수로 세척하십시오. 물방울이 샘플을 희석시키거나 오염시키는 것이 걱정된다면 전극 셀 내부를 건조시키십시오.
- 센서의 끝을 테스트할 샘플 속에 넣으십시오. 주의 : 전극 표면이 완전히 용액에 잠기도록 하십시오. 그러나 손잡이는 방수가 되지 않으니 손잡이는 물에 잠기지 않도록 하십시오.
- 전도도 센서를 적당히 저어 주면서 컴퓨터나 인터페이스 화면에 수치가 나타나고 그 값이 안정될 때까지 기다리십시오. 5초에서 10초 정도 기다리시면 됩니다.
- 센서 사용 후 다른 샘플을 측정하기 전에 증류수로 센서를 반드시 세척하십시오.
- 센서를 15도 이하 또는 30도 이상에서 사용했다면 실온에 적응하는데 더 많은 시간이 걸릴 것입니다.
- 주의 : 증류, 글리세린(글리세롤), 에틸렌글리콜과 같이 끈적거리는 액체나 유기체에 센서를 두지 마십시오. 아세트, 비극성 솔벤트 등도 피하십시오.

*** 전도도 센서의 보관과 유지**

- 실험을 마치면 센서를 증류수로 세척 후 종이 타월로 건조시키십시오. 건조한 상태로 보관해야 합니다.
- 만약 센서 전극 표면이 오염되었다면 물에 희석한 중성세제에 15분 정도 담그십시오. 그 다음 묽게 희석한 산성액에 약 15분 정도 다시 담그십시오. (0.1M 염산이나 0.5M 아세트산) 그 다음 증류수로 세척하십시오. ※주의 : 내부 전극의 표면을 긁지 마십시오.

이 센서는 자동감지회로가 내장되어 있습니다. 랩퀘스트나 랩프로 등의 인터페이스에 연결하면 소프트웨어가 센서를 인식하고 실험에 맞게 미리 정의된 매개변수를 사용합니다.

*** 센서의 사양**

- 전도도 센서의 범위

- Low Range : 0 to 200 $\mu\text{s/cm}$ (0 to 100 mg/L TDS)
- Mid Range : 0 to 2000 $\mu\text{s/cm}$ (0 to 1000 mg/L TDS)
- High Range : 0 to 20,000 $\mu\text{s/cm}$ (0 to 10,000 mg/L TDS)

	13비트 해상도 (Sensor DAQ에 연결할 경우)	12비트 해상도 (랩퀘스트, 랩프로 등에 연결할 경우)
Low Range	0.05 $\mu\text{s/cm}$ (0.025 mg/L TDS)	0.1 $\mu\text{s/cm}$ (0.05 mg/L TDS)
Mid Range	0.5 $\mu\text{s/cm}$ (0.25 mg/L TDS)	1 $\mu\text{s/cm}$ (0.5 mg/L TDS)
High Range	5 $\mu\text{s/cm}$ (2.5 mg/L TDS)	10 $\mu\text{s/cm}$ (5 mg/L TDS)

- 정확도 : 각 범위 전체 값의 $\pm 1\%$
- 반응시간 : 5초 내 전체 값의 98%, 15초 내 전체 값의 100%
- 온도 보정 : 5 ~ 35°C 자동 보정
- 온도 측정 범위 : 0 ~ 80°C
- 세포상수 : 1.0cm⁻¹
- 사이즈 : 12mm OD 및 150mm (길이)
- 기타 : 에폭시 몸체, parallel carbon(흑연) 전극, dip type

*** 권장 실험**

전도도 센서를 사용한 실험은 다음 실험서에서 찾을 수 있습니다.

화학실험서, 물성과학실험서, 생물실험서, 수질실험서, 중고등학교실험서, 지구과학실험서, 고급화학실험서

*** 다른 센서와 함께 전도도 센서 사용하기**

전도도 센서와 함께 인터페이스에 연결되어 동일한 용액에 놓여지면 간섭을 받는 센서가 있습니다.

이런 현상은 전도도 센서가 용액에서 신호를 내보내는데 그 신호가 다른 센서의 측정치에 영향을 미치기 때문에 일어납니다. 다음 센서는 전도도 센서와 동일한 인터페이스에 연결되어 동일 용액을 실험할 수 없습니다.

- 용존 산소 센서 / pH 센서 / 염화이온 선택성 센서

만약 위 센서와 전도도 센서를 동시에 사용하려면 다음과 같은 방법을 사용하십시오.

- 두 개의 다른 인터페이스에 각각 연결
- 만약 한 개의 인터페이스에 두 개의 센서를 사용한다면 순차적으로 하나의 센서를 사용 후 인터페이스에서 분리한 후 나머지 센서 사용

스테인리스 온도 센서는 전도도 센서와 함께 동일한 용액을 대상으로 측정할 수 있습니다.

* 작동 원리

- 센서는 두 전극 사이에서 전류를 흐르게 하는 용액의 전도도를 측정합니다. 용액에서 이온의 흐름에 의해 전류가 흐릅니다. 따라서 용액 속에서 이온의 농도가 높아지면 전도도 값이 높아집니다. 전도도 센서는 실질적으로 저항의 역수, 즉 전도성을 측정하는 것입니다.
- 저항의 단위는 ohm이며, 전도력의 단위는 Siemens(지멘스: 도전율의 단위)입니다. 지멘스는 아주 큰 단위이기 때문에 수용액 샘플에서는 주로 마이크로 지멘스(μs)를 사용합니다.
- 센서는 실제 전도성 측정에 사용되지만 용액의 전도도(C)를 알고 싶은 경우 다음 공식으로 구할 수 있습니다.

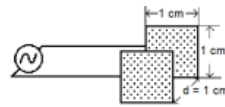
$$C = G \cdot kc \quad (C=\text{용액의 전도도}, G=\text{전도성}, kc=\text{전지 상수})$$

전지 상수는 다음 공식으로 구할 수 있습니다.

$$kc = d / A \quad (d=\text{두 전극사이의 거리}, A=\text{전극 표면의 면적})$$

예를 들어 오른쪽 그림 에서의 셀은 다음과 같은 전지 상수를 가지고 있습니다.

$$kc = d / A = 1.0\text{cm} / 1.0\text{cm}^2 = 1.0\text{cm}^{-1}$$



전도성과 전지 상수를 곱하면 전도도 값이 됩니다.

버니어 전도도 센서 또한 1.0cm⁻¹의 전지 상수 값을

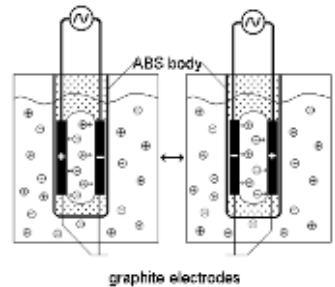
가지기 때문에 전도도(Conductivity)와 전도성(Conductance)은 같은 값을 가지게 됩니다.

1000 μs 의 전도성(Conductance)을 지닌 용액의 전도도 C는 다음과 같습니다.

$$C = G \cdot kc = (1000\mu\text{s}) \times (1.0\text{cm}^{-1}) = 1000\mu\text{s}/\text{cm}$$

전도도 센서의 두 전극 사이에 전위차가 생깁니다. 결과적으로 발생하는 전류는 용액의 전도도에 비례하며 이 전류는 전압으로 변환됩니다.

AC(Alternating Current, 교류)는 두 전극으로 이온이 완전히 전이되는 것을 방지해줍니다. 옆의 그림과 같이 교류의 각 주기마다 전극의 극은 반대가 되며, 교대로 이온이 흐르는 방향을 변경시켜줍니다. 바로 이러한 전도도 센서의 중요한 기능이 전극에서 전기분해와 성극(成極)이 일어나는 것을 막아줍니다. 따라서 전도도 실험에 사용되는 용액은 오염되지 않은 것입니다. 이것은 또한 산화 환원 반응에서 발생하는 물질이 비교적 비활성인 흑연 전극 상에서 생성되는 것을 줄여줍니다.



전도도 센서의 가장 일반적인 목적 중 하나는 샘플의 TDS 농도를 확인하는 것입니다. 그래프에서 확인할 수 있는 바와 같이 용액 내 이온의 농도와 전도도 사이에는 직접적인 관계가 있기 때문에 샘플의 TDS 농도를 확인할 수 있는 것입니다. 이온의 농도가 아주 짙어질 때까지는 그런 관계가 지속됩니다.

* 센서 구성 내용

센서 속에 구성내용이 아래와 같은지 확인 하십시오.

전도도 측정 센서 Sodium Chloride 표준 보정세트 (1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, 491mg/Las NaCl, or 500mg/LTDS) 소책자

* 전도도 센서 보정

전도도 센서는 출고 시 보정 되어 나오기 때문에 추가적인 보정 작업은 필요 없습니다. 분석 프로그램에 내장되어 있는 보정 파일을 이용하여 간단히 보정할 수도 있습니다.

만약 수질 분석을 위해 센서를 사용한다면 좀 더 정확한 값이 필요할 수도 있습니다. 센서는 분석 프로그램을 이용해 두 가지 방식으로 보정할 수 있습니다. TDS 측정을 위해서는 $\mu\text{s}/\text{cm}$, mg/L 로, ppt 측정을 위해서는 NaCl 또는 염분을 사용합니다.

- 전도도 센서의 선택범위를 선택하십시오. low=0~200 μs , midium=0~2000 μs , high=0~20,000 μs
(※주의 : 어떤 범위를 사용할지 확실하지 않다면 저장된 버니어 보정 값을 다운 받아 샘플 용액에 대한 적절한 값을 측정할 수 있습니다.)
- 영점 조정 : 간단하게 공기 중에서 보정을 하십시오. 아주 적은 전압 값이 화면에 나타날 것입니다. 이 값을 0 μs 이나 0 mg/L 로 설정하십시오.
- 표준용액 영점 조정 : 전도도 센서에 포함된 염화나트륨과 같은 표준용액에 센서를 꽂으십시오. 용액에 전극 표면과 구멍 전체가 잠겨야 합니다. 전압이 안정될 때까지 기다리십시오. 표준용액 값을 입력하십시오. 표준용액 준비 및 해석에 대한 더 자세한 정보는 다음 장을 참조 하십시오.

보다 정확한 결과를 위해 샘플 용액의 농도나 두 개의 예상 전도도 값을 포괄하는 두 가지 표준용액을 사용해 Two-point 보정을 사용할 수 있습니다. 예를 들어 측정범위가 600 ~ 1,000 mg/L (TDS)의 전도도를 측정한다면 500 mg/L 표준용액을 사용해 보정하고, 두 번째로 1,000 mg/L 을 사용해 보정 하십시오.

* Sodium Chloride 표준 보정 용액의 관리 및 대체

전도도 센서의 보정을 원한다면 정확한 표준 용액을 선택하고 싶을 것입니다. 전도도 센서에 포함된 1,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 표준용액은 물에 젖거나 오염된 센서와 함께 사용하지 않는 이상 오랫동안 사용할 수 있습니다. 이 용액은 중간범위(0~2,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$)에서 센서를 보정하기에 적당한 농도를 지니고 있습니다. 세 가지 종류의 보정 용액(용량은 500 m/L)이 있고 센서의 세 가지 선택범위에 각각 적합한 것입니다.

저범위 (150 $\mu\text{s}/\text{cm}$)	CON-LST
중간범위 (1413 $\mu\text{s}/\text{cm}$)	CON-MST
고범위 (12880 $\mu\text{s}/\text{cm}$)	CON-HST

고체 염화나트륨(NaCl)이나 염화칼륨(KCl)을 사용해 표준용액을 만드는 방법은 다음과 같습니다.

- 눈금이 표시된 용기에 표 1 첫 번째 열의 고체를 넣으십시오. 다음 표를 참조하십시오.

<표 1>

NaCl	TDS NaCl	
	TDS	전도도
0.0474g (47.4 mg/L)	50 mg/L	100 $\mu\text{s}/\text{cm}$
0.491g (491 mg/L)	500 mg/L	1000 $\mu\text{s}/\text{cm}$
1.005g (1005 mg/L)	1000 mg/L	2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$
5.566g (5566 mg/L)	5000 mg/L	10,000 $\mu\text{s}/\text{cm}$

- 고농도 표준용액을 희석해서 저농도 표준 표준용액을 만들 수 있습니다. 예를 들어 1000 mg/L 용액을 희석해 200 mg/L 의 용액을 만들려면 1000 mg/L 의 용액 중 100 mg/L 에 400 mg/L 의 증류수를 더해 500 mg/L 의 용액을 만들 수 있습니다. 새로운 용액의 농도는 1000 mg/L x (100 m/L / 500 m/L) = 200 mg/L 입니다.

* 자동 온도 보정

버니어 전도도 센서는 5~35°C의 온도에서는 자동 온도 보정이 이루어집니다. 샘플의 온도는 흑연 전극까지 연결되어 있는 서미스터(Thermistor)에 의해 읽히지며, 온도 값은 25°C의 온도에서의 전도도 값으로 자동 전환됩니다. 따라서 15°C 용액의 전도도 값은 (25°C로 가열될 때에 마찬가지로) 동일한 값을 나타낼 것입니다. 즉 실험실에서 센서를 보정해도 보정된 값을 이용해 더 차갑거나 뜨거운 물을 실험할 수 있다는 것입니다. 만약 센서가 자동 온도 보정이 안 되었다면 실제 이온 농도는 변하지 않았어도 온도 변화에 따른 전도도 값의 변화를 인지하게 됩니다.

* 냇가 또는 호수물 측정

물가 안쪽 그리고 수면 아래에서 채수하는 것이 바람직합니다. 물의 흐름이 자유로운 냇가의 물은 비교적 잘 섞이기 때문에 물의 흐름이 좋은 곳의 물이 전체 냇가의 수질을 대표한다고 볼 수 있습니다. 반면 고인 물이나 호수의 물은 거의 섞이지 않기 때문에 물가 안쪽에서 깊이에 따라 여러 번 채수하는 것이 좋습니다. 전도도 센서의 전극은 높은 압력을 견디도록 제조되지 않아 전극 내부로 물이 스며들 수 있기 때문에 버니어 전도도 센서 전체를 물에 담그는 것은 권하지 않습니다. 채수 장소에서 전도도 값을 측정하는 것이 좋지만, 나중에 측정한다고 해도 TDS나 전도도 값이 큰 폭으로 변하지는 않습니다. 단, 샘플의 증발을 막을 수 있도록 뚜껑을 확실히 닫아야 합니다. 샘플이 병에 가득 담겨 있다면 이산화탄소와 같은 기체는 샘플에 용해되지 않습니다. 전도도 센서는 보정 기능이 내장되어 있기 때문에 실험실에서 보정을 하실 수도 있습니다. 즉 보정 온도와 다른 온도의 샘플을 채수했다라도, 샘플 온도에 맞춰 정확한 값을 읽어냅니다.

* 해수 또는 호수물 측정

염도란 물에 용해된 비탄산염의 양으로 ‰(퍼밀)의 단위를 사용합니다. 염화이온 즉, Cl⁻의 농도와는 달리 전체 염분의 농도를 의미하는 것으로 대개 Na⁺와 Cl⁻ 이온으로 구성됩니다. 바닷물에는 더 작은 다른 이온들(K⁺, Mg²⁺, SO₄²⁻ 등)이 있지만 sodium 및 chloride 이온이 바닷물 전체 이온의 91%를 차지한다. 바닷물이나 민물과 염분이 있는 바닷물이 만나는 강어귀에서 염도는 중요한 단위로서의 가치를 지닙니다. 바닷물에서의 염도는 약 35‰로 상당히 일정한 양상을 보입니다. 반면 반염수의 강어귀에서는 약 1~10‰을 보입니다.

전도도 센서의 염도 측정 범위는 0~13‰입니다. 따라서 바닷물 측정시 반드시 바닷물을 희석해야 합니다. 희석의 정도는 4배가 적당합니다. 따라서 샘플의 농도는 바닷물 원래 농도의 1/4이 되는 것이며, 측정값을 4배하면 원래 바닷물의 농도가 됩니다.

(※ 주의 : 버니어는 측정범위가 0~50‰인 염도센서를 공급하고 있습니다.)

전도도 센서에는 내장된 염도 보정 값이 없기 때문에 5‰과 10‰ 염도 표준용액을 사용해 투포인트 보정을 해야 합니다. 보정이 완료되면 화면에 나타난 절편과 기울기 보정 값을 메모하십시오. 보정 값을 즉시 사용할 수 있습니다. 컴퓨터를 사용하고 있다면 실험 파일과 함께 보정 값을 저장할 수 있습니다. 계산기를 사용한다면 나중에 수동으로 보정 값을 불러올 수 있습니다.

염도 보정을 위해서 두 종류의 표준용액을 준비해야 합니다.

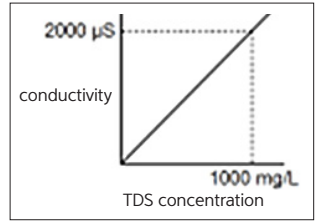
- 저 표준용액 (5‰ 염도) : NaCl 4.60g을 충분한 증류수에 섞어 1리터의 용액을 만드십시오.
- 고 표준용액 (10‰ 염도) : NaCl 9.20g을 충분한 증류수에 섞어 1리터의 용액을 만드십시오.

*** 전도도에 대한 더 많은 정보**

전도도에 의한 수질 테스트는 쉽고 유용합니다. 때때로 환경 테스트에서 가장 중요한 척도이기도 합니다. 하천이나 호수의 이온 구성의 변화는 전도도 센서를 이용해 빠르게 감지할 수 있습니다. 염분의 이온 (Na+, Cl-), 산(H+), 염기(OH-), 센물(Ca2+, HCO3-, CO32-), 용액에서 이온을 발생하는 용해성가스 (CO2, NO2, or SO2)는 물로 전이될 때 전도도 값에 변화가 생깁니다. 그러나 전도도 센서가 전도도의 증가나 감소에 영향을 미치는 특정 이온의 이름을 밝혀주는 것은 아닙니다. 호수나 하천의 TDS 정도를 나타내주는 것입니다.

그 다음 가능한 실험은 초기 전도도 값에 기여하는 특정 이온을 확인하는 것입니다. 예를 들어 H+는 pH 값에 영향을 미치며, Ca2+는 센물의 적정실험에, NO3-는 비색분석실험에 영향을 미칩니다. 음용수에 적용되는 TDS는 더 낮고 국가마다 약간의 차이가 있습니다만, 대개 1000mg/L 이하가 일반적입니다. 전도도 센서는 이러한 기준에 대해 빠르고 정확하게 값을 확인시켜 줍니다.

전도도와 이온 또는 염분의 농도는 정비례의 관계이기 때문에 전도도 센서는 이온의 농도를 측정하는데 사용될 수도 있습니다. 이 그래프에서 $\mu\text{s/cm}$ 의 전도도와 mg/L의 TDS는 2:1의 비율입니다.



TDS가 2:1의 비율로 정의되고 있지만 거의 NaCl로 이루어진 샘플 500mg/L의 TDS 값은 주로 Ca2+나 HCO3-로 이루어진 센물 500mg/L의 TDS 값과 다른 의미를 지닙니다. 전도도와 염화나트륨은 거의 2:1 비율의 관계가 있습니다. 표 1은 전도도($\mu\text{s/cm}$), 농도(mg as NaCl), 농도(mg/L TDS)의 상응하는 값을 보여주고 있습니다.

전도도 센서는 화합물의 이온이나 분자에 대한 중요한 내용을 설명하는데 효과적입니다. 메탄올과 같은 비이온 분자 화합물은 측정시 거의 0에 가까운 전도도 수치를 나타냅니다. 주의 : 전도도 0을 나타내는 용액은 거의 없습니다. 순수한 증류수조차 물이 H+과 OH- 이온으로 해리되면서, 그리고 이산화탄소가 용해되며 HCO3-을 생성하면서 이온이 만들어집니다. 물에 용해되는 화합물은 상당히 큰 전도도 값을 나타내며, 이온의 활동성도 높습니다. 염산처럼 강한 산성을 가진 수용액은 아세트산처럼 약한 산성을 가진 수용액보다 높은 전도도 수치를 나타낼 것입니다.

주의

이 제품을 포함한 버니어의 모든 제품은 교육용으로 제작되었습니다. 따라서 산업, 의료 또는 연구용으로 사용하기에는 부적합할 수 있습니다.



- ☎ 02-929-1110 📠 FAX. 02-929-0966 ✉ info@koreasci.com
- 🌐 www.koreasci.com (한국과학 공식 카페 : cafe.naver.com/mbclub)
- 🏠 서울 강서구 양천로 400-12 더리브골드타워 1110호