

고 무선 암모늄 이온 센서

Order Code GDX-NH4



고 무선 암모늄 이온 센서는 용액의 암모늄 이온(NH_4^+) 농도를 측정합니다.

※ 주의 : 이 센서 포함 버니어의 모든 제품은 교육용입니다. 산업, 의료 또는 연구용으로는 부적합할 수 있습니다.

* 구성

- 고 무선 암모늄 이온 전극
- 마이크로 USB 케이블
- 30mL 고농도($100\text{mg/L NH}_4^+-\text{N}$) 표준용액
(High Standard solution with SDS)
- 30mL 저농도($1\text{mg/L NH}_4^+-\text{N}$) 표준용액
(Low Standard solution with SDS)
- 단기간 보관통 (Short-Term ISE Soaking Bottle)

* 호환 소프트웨어

'<https://cafe.naver.com/mbclub>'에서 해당 센서를 검색하여 호환되는 소프트웨어를 확인할 수 있습니다.

* 시작하기

· 블루투스 연결시

1. Graphical Analysis 4를 컴퓨터, 크롬북, 모바일 장치에 설치합니다.
2. 사용 전 최소 2시간 정도 충전합니다.
3. 센서의 전원버튼을 눌러 전원을 켭니다. 블루투스 LED가 빨간색으로 반짝입니다.
4. Graphical Analysis 4를 실행합니다.
5. Sensor Data Collection(센서 데이터 수집)을 클릭합니다.
6. Discovered Wireless Devices(발견된 무선 장치) 목록에서 고 무선 센서를 클릭합니다. 센서에 표기된 바코드를 통해 근접한 센서 식별이 가능합니다. 연결 성공 후 블루투스 LED는 녹색으로 바뀝니다.
7. 이 제품은 다중 채널 센서입니다. 활성화 채널은 연결된 장치의 센서 채널 리스트에 있습니다. 채널을 변경하려면 센서 채널 다음에 있는 체크 박스를 선택합니다.
8. 데이터 수집 모드로 들어가기 위해 클릭합니다.

· USB케이블 연결시

1. 컴퓨터 혹은 크롬북에서 사용 하려면 Graphical Analysis를 설치합니다. 만약 랩퀘스트2 인터페이스를 사용하려면 최신버전인지 확인합니다.
2. USB포트에 센서를 연결합니다.
3. Graphical Analysis4 를 실행하고 랩퀘스트2의 전원을 켭니다.
4. 이 제품은 다중 채널 센서입니다.

* 센서 충전 및 전원 켜기

센서에 USB 충전 케이블을 연결하고 2시간 동안 충전 합니다.

고 무선 충전 스테이션(GDX-CRG, 별도구매)을 통해 여러 개의 센서를 동시에 충전 할 수 있습니다.

각 센서의 LED를 통해 충전 상태를 확인할 수 있습니다.

충전 중	● 파란색 켜짐
완전 충전 됨	○ 파란색 꺼짐
전원 켜기	● 전원 버튼을 한번 누름. 빨간색 깜박임
휴면 모드	○ 전원 버튼을 3초 이상 누르면 휴면 모드로 진입, 빨간색 꺼짐

- 블루투스 연결 : LED 표시

블루투스 연결 준비	● 빨간색 깜박임
블루투스 연결 완료	● 초록색 깜박임

- USB를 통한 연결 : LED 표시

USB 연결	충전 중	● 센서가 USB로 Graphical Analysis에 연결, 충전 중 이면 파란색 켜짐
	충전 완료	● 초록색 켜짐
	블루투스 연결완료	● 파란색 켜짐, ● 초록색 깜박임(파란색에 간섭을 받아 하얗게 보임)

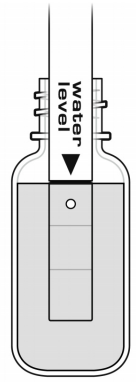
* 센서 구별하기

두 개 이상의 센서 연결 시 센서 정보(Sensor Information)을 클릭하여 센서를 구별할 수 있습니다.

* 센서 사용

1. 뚜껑을 돌려 전극을 보관통에서 분리합니다.
2. 전극의 하단부를 증류수로 충분히 헹굽니다.
3. 고농도 표준용액(High Standard solution)에 30분 동안 담급니다.
 - A. 병의 바닥에 닿지 않도록 주의합니다.
 - B. 옆면에 표기된 작은 하얀 점이 용액에 잠겨야 합니다.
 - C. 전극이 담긴 용액의 밑부분에 공기방울이 없게 합니다.
4. 센서를 인터페이스에 연결합니다. (블루투스 혹은 USB를 이용)
5. 최상의 결과를 위해 2-포인트(고농도, 저농도) 보정을 실시합니다.
6. 사용을 끝마친 후 증류수로 전극을 깨끗하게 세척합니다.
7. 보관 뚜껑에 삽입한 후 보관병에 돌려서 끼웁니다. 이 때 전극의 끝이 보관병에 들어있는 스폰지에 닿지 않는 상태로 보관합니다.

- * 중요 : BNC 연결 부위는 방수가 없으므로 센서 전체를 담그지 않도록 합니다. 24시간이상 전극을 담가 두지 않습니다.
- * 주의 : 만약 센서를 담긴 상태로 이동할 때는 단기간 보관병(Short-Term ISE Soaking Bottle)을 사용합니다. 뚜껑 분리 후 고농도 표준용액(High Standard Solution)을 3/4 정도 채워 센서를 뚜껑에 삽입하여 보관합니다. 24시간 이상 오랜 시간 보관할 때는 스폰지가 들어 있는 장기간 보관병을 이용합니다.



* 채널

고 무선 질산 이온 전극은 여섯 개의 채널이 있습니다.

- 퍼텐셜 Potential (mV)
- 칼슘 Calcium (mg/L)
- 염화물 Chloride (mg/L)
- 질산 Nitrate (mg/L)
- 암모늄 Ammonium (mg/L)
- 칼륨 Potassium (mg/L)

- * 주의 : 암모늄 Ammonium 채널은 이 센서의 기본 채널입니다. 모든 채널은 퍼텐셜(Potential)을 제외하고 상호 배타적입니다. (한 개의 농도 표시 외에 추가로 퍼텐셜을 볼 수 있습니다. 하지만 두 개의 농도는 동시에 볼 수 없습니다.) 다른 농도 채널의 데이터를 수집하기 위해서는 해당되는 BNC 전극을 추가로 연결해야 합니다.

* 보정

센서는 보정 값이 저장되어 출하됩니다. 멤브레인 막이 노화될수록 공장 보정 값은 부정확해집니다. 최상의 결과를 위해 2-포인트 보정 작업을 추천합니다.

- * 주의 : 제공되는 표준용액의 범위 밖의 용액을 사용하려면 사용자가 별도의 표준용액을 준비하여 센서를 담그고 보정해야 합니다. 두 개의 표준용액 범위의 차이는 100배 이상(예 : 5mg/L 와 500mg/L) 이어야 합니다. 추가적인 보정 정보는 다음의 링크에서 볼 수 있습니다.
[https://www.vernier.com/til/4011\(영문\)](https://www.vernier.com/til/4011(영문))

* 사양

범위	1 ~ 18,000 mg/L (또는 ppm)
보정 후 정확도	전체 범위의 ±10% (1 ~ 100mg/L)
간섭 이온	K ⁺ , Li ⁺ , Na ⁺ , Cs ⁺ , Mg ₃ ⁺ , Ca ₂ ⁺ , Sr ₂ ⁺ , Ba ₂ ⁺
pH 범위	2 ~ 7 (pH 보상 안됨)
온도 범위	0 ~ 40°C (온도 보상 안됨)
전극 slope	-56 ±4 mV/decade (25°C 일 때)
표준 전압, 일반적	High (100 mg/L) 116 mV, Low (1 mg/L) 0 mV
전극 저항	0.1 ~ 5 MΩ
최소 샘플 크기	최소 2.8cm는 잠기도록 준비

* 유지와 보수

장기간(24시간 이상) 보관 시: 장기간 보관 병 아래의 스폰지를 증류수로 적십니다. 사용 한 센서를 증류수로 충분히 세척하고 종이타월로 물기를 닦아냅니다. 센서 끝 부분은 스폰지에 닿지 않도록 하고 옆면의 하얀 점은 보관병 안으로 들어가도록 센서를 넣습니다. 이 작업은 전극이 마르지 않도록 습기가 있는 환경에 보관하기 위한 절차입니다.

그리고 나서 최소 3초 이상 버튼을 눌러 휴면모드로 진입합니다. 빨간색 LED가 깜빡임을 멈춥니다.

단기간(24시간 미만) 보관 시 : 단기간 보관 병에 고농도 표준용액 3/4만큼을 채워 센서를 잠기게 보관합니다.

*주의: 35°C 이상에서 배터리가 노출이 되면 수명이 줄어들게 됩니다. 가능하다면 서늘한 곳에서 보관하시기 바랍니다.

표준용액 직접 제조시

표준용액	농도	고품질의 증류수를 사용하는 방법
고농도(NH ₄ ⁺)	100mg/L	0.382g NH ₄ Cl / 1L 용액
저농도(NH ₄ ⁺)	1mg/L	100 mg/L 부터 1 mg/L까지 고농도를 희석

* 아래와 같이 두 단계로 희석합니다.

- 100mL의 고농도 표준 용액과 900mL 증류수를 섞습니다.
- 그 중 100mL와 900mL 증류수를 섞습니다.

모듈 교체

고 무선 암모늄 이온 센서의 전극은 PVC 멤브레인으로 수명이 제한되어 있습니다. 제품 보증은 구매일로부터 12개월이지만 그보다 긴 시간동안 사용이 가능합니다. 만약 사용 중 센서의 반응이 지연되는 것 같다면, 멤브레인 모듈을 교체할 시기가 온 것입니다.

* 중요 : 먼 미래의 사용을 위해 멤브레인 모듈을 미리 구매해 놓지 않도록 합니다. 가만히 놔둔 상태에서 보관을 하더라도 성능저하는 발생됩니다.

배터리 정보

고 무선 암모늄 이온 센서는 손잡이에 작은 리튬이온 배터리가 들어 있습니다. 매우 낮은 전력을 소모하고 최소한의 배터리를 사용하도록 설계되었습니다. 배터리의 보증기한은 1년이지만 수년 간 사용할 수 있습니다. 교체용 배터리는 별도로 구매 가능합니다. (주문코드 : GDX-BAT-300)

* 방수

고 무선 암모늄 이온 센서는 전체방수가 되지 않으므로 BNC 연결 부의 위쪽으로는 절대 물에 넣지 않아야 합니다.

만약 용액이 기계에 들어가면 즉시 전원을 끄고 연결된 선과 배터리를 분리합니다. 충분히 물기를 말려야 하며 이때 절대로 외부의 열을 사용해 건조하지 않도록 합니다.

*** 작동원리**

고 무선 암모늄 이온 센서는 이온-특이(specific) 반전지(Half-cell)와 참조(reference) 반전지로 구성되어 있습니다. 이온-특이 반전지는 측정된 샘플 안에서 표적 이온의 활성에 따라 참조-반전지에 대해 측정되는 퍼텐셜(potential)을 발생시킵니다. 샘플 변화의 표적 이온 농도에 따라 이온 활성과 퍼텐셜 값은 변합니다. ISE(이온선택성전극)으로 측정된 퍼텐셜과 이온 활성도 사이의 관계는 샘플 내의 농도이며 Nernst 방정식으로 나타낼 수 있습니다.

$$E = E_0 - 2.303 \frac{RT}{nF} \log(C+C_0)$$

E = 이온 - 선택성과 참조전극 사이에서 측정된 퍼텐셜(mV)

E₀ = 이온 - 선택성과 참조전극 사이의 표준 퍼텐셜(mV)

R = 보편 기체 상수(Universal gas constant) (R = 8.314 J mol⁻¹K⁻¹)

T = Kelvin 온도 = 273.15 + t °C

F = 페러데이 상수 (96485 C mol⁻¹)

n = 이온의 원자가

C = 측정되는 이온의 농도

C₀ = 검출 한계

R과 F가 상수이기 때문에 변하지 않습니다. 측정되는 이온 원자가의 전하 또한 알고 있습니다. 그러므로 방정식은 다음과 같이 간편하게 표현이 됩니다.

$$E = E_0 - S \cdot \log(C+C_0)$$

여기서 S = $-2.303 \frac{RT}{nF}$ 이며, 선택성 이온 전극의 이상 기울기(ideal slope) 입니다.

다음의 표는 이상 작용(ideal behavior)를 나타냅니다.

이온 예제	n (이온의 원자가)	S (25°C에서), mV/decade
Calcium (Ca ²⁺)	2	29.58
Potassium(K ⁺), Ammonium(NH ₄ ⁺)	1	59.16
Nitrate(NO ₃ ⁻), Chloride(Cl ⁻)	-1	-59.16

이온 농도의 계산을 감안하여 C₀가 거의 0 이라면 방정식은 다음과 같이 씁니다.

$$C = 10^{[(E-E_0) / S]}$$

이 표에는 이상 작용(ideal behavior)이 반영되어 있습니다. 이온 선택성 전극은 일반적으로 낮은 기울기(slope)를 가집니다. 일반적으로 이상적으로 허용되는 88-101%부터 ISE 기울기(slope)가 인정됩니다. 기울기(S)는 ISE 성능의 지표입니다. 시간이 지나면서 기울기가 현저하게 변하게 되면 ISE 센서 팁 교체가 요구됩니다.

*** 퍼텐셜 vs 농도**

샘플용액의 mV값 측정을 위해 보정이 요구되지는 않습니다. mV 값을 농도(mg/L 혹은 ppm)로 변환하기 위해서 소프트웨어는 Nernst 방정식의 수정된 버전을 사용합니다.

$$C=10^{((E-E_0)/S_m)}$$

C = 측정되는 이온의 농도 (mg/L 또는 ppm)

E = 측정된 샘플의 퍼텐셜 (mV)

E₀ = C 가 1 mg/L Ca²⁺ 농도에서의 측정된 퍼텐셜 (mV)

S_m = mV/decade 로 측정된 전극 기울기

전극 기울기로 측정된 S_m 값은 두 개의 표준 용액의 퍼텐셜 측정에 의해 결정되고 아래의 방정식으로 풀이 됩니다.

$$S_m = -[(저농도\ 표준용액 - 고농도\ 표준용액) / \#decades *]$$

*decade는 두 표준용액 사이의 차이 요소로 정의됩니다. 예를 들어 1mg/L 표준용액과 100mg/L 표준용액의 차이는 2 decades 입니다. (100 차이의 요소는 1 x 10²)

mV를 mg/L로 변환하는 계산 예

이 예제를 위해 아래의 표에 측정된 값을 표시하였습니다.

용액	측정된 퍼텐셜
1 mg/L NH ₄ ⁺ 표준용액	0 mV
100 mg/L NH ₄ ⁺ 표준용액	116 mV
미지의 샘플	88 mV

$$S_m = \frac{(0mV-116mV)}{2\ decades} = +58\ mV/decade$$

$$C=10^{((88mV-0mV) / 58mV / decade)} = 33ppm/L\ NH_4^+ - N$$

*** 암모늄 환경**

암모늄 이온선택성 전극(Ammonium Ion-Selective Electrode(ISE))은 용액 속의 NH₄⁺이온 농도를 측정하는데 사용되며 단위는 mg/L, ppm, mol/L로 표기됩니다. 암모늄 이온 수용액의 농도를 암모니아 또는 NH₃(aq)의 농도로 오해해서는 안됩니다. 이 두 종의 농도는 매우 다르며 종종 같은 평형작용에 얽여져 있습니다.



보다 산성인 환경에서는 H⁺이온의 농도가 높을 수록 오른쪽으로 이동하는 반응을 일으켜 더 높은 NH₄⁺ 농도를 만들어 낼 것입니다. 염기성(알칼리성)환경에서는 NH₄⁺의 농도가 낮아지며 반응물 쪽으로 이동하는 반응을 일으켜 더 높은 NH₃ 농도를 생산하게 됩니다. 10이상의 pH값에서 암모늄 이온은 암모니아로 전환될 것입니다. 7.5 미만의 pH 값에서는 암모니아가 암모늄 이온으로 전환될 것입니다.

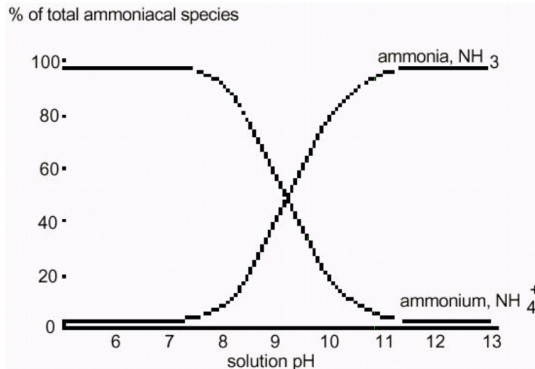
$$\frac{100 \text{ mg N}}{1 \text{ L}} * \frac{62.0 \text{ NaNO}_3}{14.0 \text{ g N}} = 443\text{mg/L NO}_3 \text{ 용액}$$

정확도 향상을 위한 ISA(Ionic Strength Adjuster) 용액의 사용

낮은 농도의 질산염 이온에서 질산 이온 선택성 전극으로 최적의 결과를 내기위한 표준 방법은 ISA용액을 표준용액과 샘플 각각에 추가하는 것입니다.

ISA를 추가하는 것은 특정이온 농도와 상관없이 측정되는 각 용액의 전체 이온 활성과 거의 동일합니다. 이는 매우 낮은 농도의 특정 이온을 측정할 때 매우 중요합니다. ISA는 질산이온선택성 전극에서 흔히 사용되는 이온이 들어 있지 않습니다. * 주의: 아래에 나타낸 샘플 혹은 표준용액으로 ISA를 첨가할 때 높은 단계의 정확도를 필요로 하지는 않습니다. ISA 용액과 샘플 용액의 혼합 시에는 피펫을 사용하시기 바랍니다. 다음은 버니어 이온 선택성 전극을 가지고 ISA용액을 사용하기 위한 설명입니다.

질산 이온 센서를 사용해 2.0M (NH₄)₂SO₄ ISA 용액(=26.42g (NH₄)₂SO₄/100mL)을 NO₃⁻ 표준용액에 첨가하거나, 1:50의 비율의 용액(예: 1 mL ISA에 50mL 총 용액 혹은 2방울 ISA에 5mL 총 용액)에 첨가하여 사용합니다.



식수로 허용되는 암모늄의 수준은 0.5mg/L를 초과하지 않아야 되지만, 비옥한 땅 근처의 냇가나 연못은 이 이온을 높은 농도로 가지고 있기도 합니다. 황산암모늄(ammonium sulfate) 또는 질산암모늄(ammonium nitrate)을 함유하는 비료는 암모늄 이온의 높은 레벨을 가진 땅에서 유출이 되기도 합니다. 경작되는 밭의 경계의 냇가에서의 암모늄 수치를 모니터링한다면 NH₄⁺농도의 현저한 계절적인 차이를 확인할 수 있을 것입니다. 이러한 연구에서 위의 그래프와 같은 물샘플의 pH를 측정할 수도 있습니다. 더 높거나 낮은 pH값은 NH₄⁺/NH₃ 비율에 크게 영향을 줄 수 있습니다. 암모늄 이온 센서는 NH₄⁺수준만 측정하기 때문에 실험자가 측정할 때마다 같은 pH값으로 샘플을 조정해야 합니다. 물이 비교적 경수(Hard water)라면 조정이 필요 없기도 합니다. 경수는 pH 변화에 대해 자연적으로 완충됩니다.

* 암모늄 농도 표현

암모늄 농도는 종종 mg/L NH_4^+ 의 단위로 표현됩니다. 여기 고체 NH_4^+Cl 을 증류수에 첨가하여 준비한 100mg/L NH_4^+ 표준용액을 위한 계산식이 있습니다.

$$\frac{100\text{mg NH}_4^+}{1\text{L}} \times \frac{1\text{g NH}_4^+}{1000\text{mg NH}_4^+} \times \frac{53.5\text{g NH}_4\text{Cl}}{14.0\text{g NH}_4^+-\text{N}} = 0.382 \text{ NH}_4^+ \text{ Cl/L 용액}$$

* 문제해결

정확도를 향상시키기 위한 ISA(Ionic Strength Adjuster) 용액의 사용

낮은 농도의 이온에서 최적의 결과를 위한 표준 방법은 ISA용액을 표준용액과 샘플 각각에 추가하는 것입니다.

ISA를 추가하는 것은 특정이온 농도와 상관없이, 측정되는 각 용액의 전체 이온 활성과 거의 동일하다는 것을 보장합니다. 이는 매우 낮은 농도의 특정 이온을 측정할 때 매우 중요합니다. ISA는 이온선택성 전극에서 혼한 이온들이 들어 있지 않습니다. 주의: 샘플 혹은 표준용액으로 ISA를 첨가할 때 높은 수준의 정확도가 필요한 것은 아닙니다. ISA 용액과 샘플 용액의 혼합 시에는 피펫을 사용하시기 바랍니다.

암모늄 이온 센서를 위한 ISA로써 0.5 아세트산 용액으로 제조된 0.25M 마그네슘 아세테이트 용액의 사용을 권장합니다. 이 용액을 준비하려면 53.6g 마그네슘 아세테이트를 충분한 0.5M 아세트산 용액에 녹여 1리터를 만듭니다. 보통 ISA는 1:50 비율로 첨가되거나 1mL ISA를 50mL 물에 섞어 실험합니다.



☎ 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