

# Lead 전극 설명서

# 목 차

## Introduction

기본 장치 .....	2
준비 용액 .....	2
전극의 준비과정 및 보관방법	
전극의 준비 .....	3
전극의 보관방법 .....	3
측정에 필요한 사항	
측정시 유의사항 .....	3
시료의 조건 .....	3
측정 단위 .....	4
전극의 특성	
재현성 .....	4
전극의 작동에 영향을 주는 요소 .....	4
방해물질 .....	4
침전 및 착물형성 .....	4
온도의 영향 .....	4
전극의 감응 .....	5
검출한계 .....	5
pH 효과 .....	6
전극의 수명 .....	6
전극의 기울기 확인 .....	6
pH/mV meter 이용 .....	6
Ion meter 이용 .....	7
측정방법	
Lead의 직접 측정 .....	7
pH/mV meter 이용 .....	7
Ion meter 이용 .....	8
pH/mV meter를 이용한 낮은 농도의 Lead 측정 .....	9
Ion meter를 이용한 낮은 농도의 Lead 측정 .....	10
적정 .....	10
Lead의 적정 .....	10
Sulfate의 적정 .....	11
전극 이론	
전극의 작동 .....	12
발생문제 및 문제해결방법	
기본 요소 .....	14
발생문제에 따른 문제 해결 방법 .....	15
<b>Lead</b> 전극의 기본적인 특성 .....	16
구매에 필요한 자료 .....	16

# 1. Introduction

pHoenix Lead Ion Electrode는 수용액에서 lead 혹은 sulfate 이온을 빠르고, 간단하며 정확히 경제적으로 측정하는데 이용된다.

## 기본 장치

1. pH/mV meter 혹은 이온 meter
2. Semi-logarithmic 4-cycle graph 종이 : Meter를 mV mode로 사용할 시에는 보정곡선을 그릴 수 있는 종이 필요
3. 자석교반기(magnetic stirrer) & 교반기용 자석 막대기(magnetic stirring bar)
4. pHoenix Lead Ion Electrode, Cat. No. PB21501 (기준 전극 필요),  
혹은 pHoenix Lead Ion Combination Glass Electrode, Cat. No. PB21502.
5. pHoenix Double Junction Reference Electrode, Cat. No. 5731429  
내부 chamber의 pHoenix Reference Filling Solution, Cat. No. R001011,  
외부 chamber의 pHoenix Reference Filling Solution, Cat. No. R001015

## 준비 용액

1. 용액 준비를 위한 증류수
2. **Methanol-formaldehyde solution.**  
제조 방법 : 1000 ml 시약급 methanol에 37% formaldehyde 3방울을 첨가한다.  
이 용액은 용해도를 감소시키고 membrane의 산화를 막기 위해 사용한다.
3. **pHoenix Ionic Strength Adjuster, 5M NaClO<sub>4</sub>, Cat. No. PB2IS01.**  
제조 방법 : 1L volumetric flask에 증류수를 반정도 채워 NaClO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 700 g을 넣은 후 플라스크를 흔들어 고체를 녹인다. 증류수를 1L 표시부분까지 채워 플라스크에 뚜껑을 덮은 후 용액을 혼합시키기 위해 거꾸로 여러 번 흔들어준다. 표준용액이나 시료 100 ml에 ISA 2 ml씩을 첨가한다.  
결과적으로 용액의 ionic strength(이온세기)는 0.1M이 된다.
4. **pHoenix Lead Perchlorate Standard, 0.1M Pb(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, Cat. No. PB2AS01.**  
제조 방법 : 1L volumetric flask에 증류수를 반정도 채우고 lead perchlorate, Pb(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O를 46.01 g 첨가하여 용해시킨다. 증류수를 1L 표시부분까지 채워서 플라스크에 뚜껑을 덮은 후 거꾸로 여러번 흔들어서 용액을 혼합시킨다.
5. **pHoenix Lead Perchlorate Standard, 1000 ppm Pb(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, Cat. No. PB2AS02.**  
제조 방법 : Lead perchlorate, Pb(ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·3H<sub>2</sub>O를 2.30 g 첨가하여 위(4)와 동일한 방법으로 제조한다.
6. **pHoenix Sulfate Standard Solution, 0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Cat. No. PB2AS03.**  
제조 방법 : Sodium sulfate, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 14.20 g을 첨가하여 위(4)와 동일한 방법으로 제조한다.

**Ionic Strength Adjuster(ISA)**를 사용하는 이유;

측정된 전위에 해당하는 농도는 이온의 농도가 아니라 이온의 활동도이다.

활동도와 농도는 활동도 계수에 의해 관련된다. 전극 이론을 참고한다.

또한 활동도 계수는 이온세기에 의존하므로 전체 이온세기를 일정하면서 높은 값으로 유지하기 위해서 ISA를 첨가한다. 따라서 ISA는 보통 농도가 크며 이를 첨가함으로써 전체 이온세기는 0.1M 정도로 맞춰진다.

ISA는 이러한 역할 이외에도 pH를 맞춰주거나 다른 방해물질들을 약간 제거하기도 한다.

## 2. 전극의 준비과정 및 보관방법

### 전극 준비

전극의 끝부분에 덮여있는 고무 뚜껑과 기준 전극의 fill hole을 덮고 있는 고무밴드를 뺀다. Combination 전극이나 기준전극의 fill hole 바로 아랫부분까지 filling solution을 채운다(막힌 기준전극을 사용할 때에는 이 과정을 생략). Meter에 전극을 연결한다.

### 전극의 보관방법

Lead 전극은 짧은 시간동안 보관할 경우,  $1.0 \times 10^{-2}M$  lead 용액에 보관한다. 더 오랜 기간 동안(2주 이상) 전극을 보관할 경우에는 전극의 sensing pellet을 세척하여 건조시킨 후 전극의 끝부분에 뚜껑(protective cap)을 끼운다. Combination 전극의 기준전극 부분(혹은 기준전극의 외부 chamber)에서 filling solution을 다시 채울 수 있다면 filling solution을 버리고 filling hole에 고무를 삽입한다.

## 3. 측정시 유의사항

1. 모든 시료와 표준용액은 같은 온도, 즉 실온으로 유지되어야 정확한 측정이 가능하다.  $1^{\circ}C$  온도차로 인해서 4%의 측정오차가 발생한다.
2. 정확한 측정을 위해서 일정한 속도로 저어준다. 자석교반기는 용액의 온도를 변화시키기에 충분한 열을 발생시키므로 비이커와 교반기 사이에 스티로폼 같은 절연체를 넣어 이러한 영향을 제거한다.
3. 용기의 벽에서 흡수를 최소화하기 위해서 낮은 농도의 측정에서는 plastic lab-ware를 사용한다.
4. 측정하는 사이에 전극을 증류수로 세척하여 건조시킨다. 오염을 방지하기 위해서 깨끗하고 건조된 종이를 사용한다.
5. 전극 membrane의 산화를 방지하기 위해서 methanol-formaldehyde 용액을 모든 표준용액과 시료에 첨가한다.
6. 이온 세기가 큰 시료에 대해서 시료와 비슷한 조성의 표준용액을 준비한다. 측정하기 전에 시료( $>0.1M$ )를 희석한다.
7. 바로 준비한 표준용액을 보정에 사용한다.
8. 시료와 표준용액 100 ml에 ISA 2 ml를 각각 첨가한다.
9. 전극을 표준용액이나 시료에 넣었을 때 membrane에 공기방울이 없는지를 확인한다. 공기방울이 맺혀 있을 경우 전극을 용액에 다시 넣어 제거한다.

## 시료의 조건

모든 시료는 유기용매를 포함하지 않는 수용액이어야 한다. 유기물질은 epoxy electrode 몸체를 용해시키고 전극몸체와 sensing crystal을 연결하는 시멘트를 녹일 수 있다. Methanol, ethanol, benzene, 혹은 acetonitrile을 포함하는 용액도 자주 측정하지 않을 경우 측정이 가능하다. 또한 높은 극성용매는 전극을 천천히 공격하는 성질을 지닌다.

시료와 표준용액은 80 °C이하의 같은 온도에서 측정해야한다. 1°C 온도차로 인해서 4% 오차가 발생한다.

만약 방해물질이 존재한다면, 방해물질과 전극의 감응에 설명된 방법을 이용하여 제거한다.

## 측정단위

Lead 농도는 ppm, moles/liter(M), 혹은 다른 농도 단위로 측정된다.

표 1. 농도 단위 변환 요소

ppm Na <sup>+1</sup>	moles/liter(M)	ppm SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
2070.0	1.0x10 <sup>-2</sup>	9.6
207.0	1.0x10 <sup>-3</sup>	96.0
20.7	1.0x10 <sup>-4</sup>	960.0

## 4. 전극의 특성

### 재현성

만약 전극을 매 시간 보정한다면 전극측정을 ±2%까지 재현할 수 있다. 온도의 변화, 이동, 그리고 noise 같은 요소는 재현성에 영향을 준다. 그러나 재현성은 전극의 작동 범위에 해당하는 농도에 무관하다.

### 전극의 작동에 영향을 주는 요소

#### 1. 방해물질

Silver metal의 표면층은 강한 환원제에 의해 형성된다. 불용성 salt(염)을 형성하는 이온이 높은 농도로 시료에 존재할 경우 silver salt(염)의 층은 membrane에 침전된다. 이러한 경우에 membrane을 닦아서 복구시킬 수 있다. Membrane을 닦는 방법은 전극의 응답에 기록되어 있다. Lead 이온 전극은 음이온이나 대부분의 양이온을 감응하지 않는다. 전극의 membrane은 copper, mercury, 그리고 silver를 포함하는 용액에 의해 오염되므로 이 이온들을 제거해야 한다.

만약 ferric 혹은 cadmium 이온의 농도가 lead 이온의 농도보다 낮다면 lead 이온의 측정을 방해하지 않는다. 그러나 만약 ferric 혹은 cadmium 이온이 lead 이온의 농도보다 크다면 방해작용을 하여 잘못된 결과를 얻는다. Ferric 이온의 방해는 NaOH의 첨가에 의해 pH 4이상으로 pH를 조절함으로써 제거될 수 있다.

#### 2. 침전 및 착물형성

Sulfide, phosphate, hydroxide 등은 불용성 lead salt(염)로 침전한다. Lead 이온의 농도 침전된 이온의 농도, 그리고 시료의 pH는 침전물의 형성을 결정한다.

또한 acetate, ammonia, amino acids, citrate, cyanide, 그리고 EDTA를 포함하는 여러 물질은 lead 이온과 착물을 형성한다. 전체 lead의 농도, 착물을 형성하는 물질의 농도, 용액의 pH, 그리고 ionic strength(이온세기)는 착물형성 정도를 결정한다. 착물형성은 free lead 이온 농도를 감소시키므로 전극이 free lead 이온에만 감응하기 때문에 오차가 발생한다.

### 3. 온도의 영향

전극의 전위가 온도에 영향을 받기 때문에 표준용액과 시료는 서로  $\pm 1^\circ\text{C}$  이내에 있어야 한다.  $1 \times 10^{-3} \text{ M}$  용액에서  $1^\circ\text{C}$  온도차로 인해 4% 오차가 발생한다. 전극은 용해도 평형에 영향을 받기 때문에 기준 전극의 전위 값은 온도에 따라 천천히 변한다. 전극의 기울기는 Nernst equation에서 factor "S"로 나타내고 이 값은 온도에 따라서 변화한다. 표2는 온도의 변화에 따른 이론적인 기울기 값이다.

표 2. 온도에 따른 전극의 기울기 값

온도 ( $^\circ\text{C}$ )	S
0	27.10
10	28.09
20	29.08
25	29.58
30	30.07
40	31.07
50	32.06

온도의 평형이 이루어졌다면 pHoenix Lead Ion Electrode는  $0^\circ\text{C} \sim 80^\circ\text{C}$ 의 온도범위에서 사용할 수 있다. 그러나 실온과 많이 떨어진 온도에서 측정할 경우 1시간의 평형시간을 필요로 하므로 가능한 한 실온에서 측정한다.

### 전극의 감응

Lead의 농도 변화에 따른 전극의 mV 전위를 semi-logarithmic 종이에 표시하여 25 mV/decade의 기울기의 일직선을 얻는다(그림 2 참고).

전극 전위의 안정성이 99%에 도달하는데 필요한 시간, 즉 전극 감응 시간은 높은 농도의 용액에서 몇 초가 소요되지만 검출한계 부근에서는 몇 분이 소요된다.

전극의 읽는 값이 계속 한 방향으로 변하거나 전극의 기울기가 감소할 경우 전극의 membrane을 닦아줄 필요가 있다.

막(membrane)을 닦는 방법

1. Polishing paper를 사용할 경우, 종이 1-2장을 바닥에 깔고 중앙에 증류수를 몇 방울 떨어뜨린다.
2. 한쪽 손에 종이(면)를 잡고 종이에 전극의 막을 거꾸로 수직이 되게 올려놓고 몇 초동안 polishing paper(면)의 표면에 전극의 끝부분을 문지른다.
3. 전극의 표면을 증류수로 세척하여 사용하기 전에 약 5분 동안 표준용액에 전극의 끝부분을 넣어둔다.
4. 만약 보석상에서 사용하는 물감을 이용할 경우, 테이블 위에 cotton ball을 올려놓고 비이커의 바닥으로 평평하게 한다.
5. Cotton pad의 중앙에 증류수를 1-2 방울 떨어뜨린다.
6. 축축한 cotton에 물감을 약간 첨가한다.
7. 위의 단계 2-3을 반복 실행한다.

## 검출 한계

순수한 lead perchlorate 용액에서 높은 농도에 대한 전극의 검출한계는 1M이다. 다른 이온의 존재하에서 검출 한계는  $1.0 \times 10^{-1} \text{M}$  lead 이상이 된다. 그러나 이 검출 한계에 영향을 주는 두 가지 factor가 있다. 기준 전극에서 발생하는 liquid junction potential(액체 접촉 전위)과 salt(염)의 추출 효과가 이에 속한다. 어떠한 salt(염)는 높은 농도에서 전극의 membrane에 추출되어 이론적인 감응으로부터 편차가 생긴다. 시료를 1M과  $1.0 \times 10^{-2} \text{M}$  사이로 희석하거나 4 혹은 5 중간 point에서 전극을 보정한다.

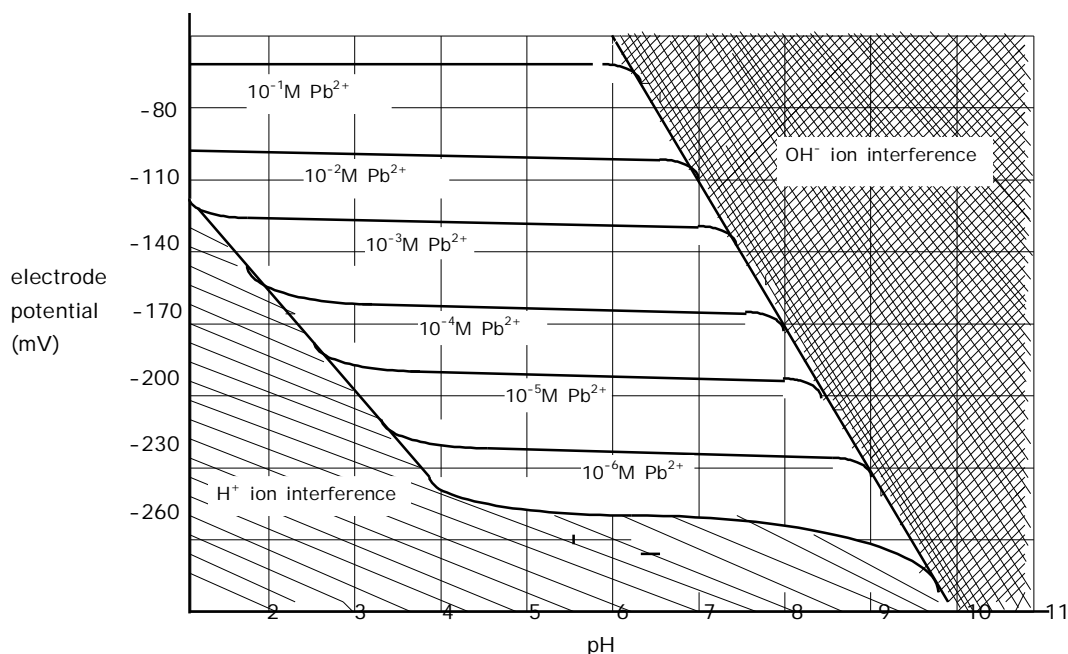
낮은 농도의 검출 한계는 전극 pellet의 용해도에 영향을 받는다. 낮은 농도의 lead 이온에서 이론적인 감응과 실제감응의 비교는 그림 2를 참조한다. Free lead 이온을 포함하는 중성 용액은  $1.0 \times 10^{-6} \text{M}$  (0.2 ppm)까지 측정될 수 있다. 그러나  $1.0 \times 10^{-5} \text{M}$  (2.0 ppm) 미만을 측정할 경우에는 시료에서 lead 이온이 용기의 벽면에 흡착되는 것을 피하기 위해서 특별한 주의가 필요하다.

## pH 효과

그림 1은 다양한 pH에서 용액내의 lead 이온에 대한 전극의 감응을 보여준다. 수소 이온은 낮은 농도의 lead 이온을 측정하는데 방해작용을 한다. Lead ion 농도가 이러한 방해작용 없이 측정될 수 있는 최소한의 pH는 그림 1에서 왼쪽의 어두운 부분이다.

높은 pH에서, free lead 이온은 hydroxide(수산화) 이온과 침전물을 형성하여 lead 이온의 농도를 감소시킨다. Lead의 농도가 hydroxide의 방해작용 없이 측정될 수 있는 최소한의 pH는 그림 2의 오른쪽에 있는 어둡게 칠해진 부분이다. 이 어두운 영역 내에서, lead는 hydroxide와 결합하여  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 를 형성한다. 단지 free lead 농도만이 lead 이온 전극으로 측정될 수 있기 때문에 오차가 발생한다.

그림 1. 순수한  $\text{Pb}(\text{ClO}_4)_2$ 에서 용액의 pH 변화에 따른 전극의 전위(25°C에서)



## 전극의 수명

Lead 전극은 보통 실험실에서 사용할 경우 6달 정도 사용할 수 있다. 사용에 따라 작동 수명이 몇 달로 단축될 수 있다. 감응 시간이 증가하고 보정곡선의 기울기가 감소할 경우에 membrane을 교체하여야한다.

## 전극의 기울기 확인

; 전극이 올바르게 작동하는지 알아보기 위하여 기울기를 확인한다.

전극의 기울기는 보통 농도 차가 10배인 표준용액 두 가지를 이용하여 측정한다.

### 1. pH/mV meter 이용

1. 150 ml 비이커에 증류수 50 ml와 methanol-formaldehyde 용액 50 ml를 넣는다. 여기에 ISA 2 ml를 첨가하여 교반기 위에 올려놓고 일정한 속도로 저어준다(용액 A). Meter가 mV mode로 되어 있는지를 확인하고 전극의 끝부분을 용액에 넣는다(측정하는 동안에도 용액을 계속 저어준다).
2. 피펫을 사용하여 0.1 M 혹은 1000 ppm lead 표준용액 1 ml를 앞에서 준비한 용액(A)에 첨가한다. Meter에 표시되는 mV 값이 안정해지면 그 값을 기록한다.
3. 피펫을 사용하여 위(2)에서 사용된 동일한 lead 표준용액 10 ml를 앞에서 준비한 용액(A)에 넣고 읽은 값이 안정해지면 그 값을 기록한다.
4. 두 기록된 값의 차이를 확인한다. 용액의 온도가 20 ~ 25 °C라는 가정 하에서 전극이 올바르게 작동하였다면 25 ± 2 mV의 차이가 얻어진다. 만약 전위의 변화가 이 영역을 벗어날 경우 문제해결방법을 참고한다.

기울기는 농도가 10배로 변화할 때 나타나는 전위의 변화로 정의된다.

### 2. Ion meter 이용

1. 0.1 M 혹은 1000 ppm lead 표준용액으로 serial 희석 방법을 이용하여 농도가 10배로 변화하는 낮은 농도의 sodium 표준용액 두 가지를 준비한다.
2. 위에서 준비한 용액 중 농도가 낮은 표준용액 50 ml와 methanol-formaldehyde 용액 50 ml를 150ml 비이커에 넣고 ISA 2 ml를 첨가한다. 용액을 교반기로 일정하게 저어주고 용액에 전극의 끝부분을 넣는다(측정하는 동안에도 용액을 계속 저어준다). Meter가 농도 mode로 되어 있는지를 확인한다.
3. Meter를 표준용액의 농도에 맞추고 meter 제조회사의 설명서에 따라서 이 값을 memory로 고정시킨다.
4. 전극을 증류수로 세척하여 건조시킨다..
5. 위에서 준비한 용액 중 농도가 높은 표준용액 50 ml와 methanol-formaldehyde 50 ml를 또 다른 150 ml 비이커에 넣고 ISA 2 ml를 첨가하여 교반기로 일정한 속도를 유지하면서 저어준 후 이 용액에 전극의 끝부분을 넣는다.
6. Meter를 표준용액의 농도에 맞추고 이 값을 memory로 고정시킨다.

Meter 제조회사의 설명서에 따라서 전극의 기울기를 읽는다. 기울기가 90-100%이면 올바른 전극의 작동을 나타낸다. 만약 기울기가 이 영역을 벗어난다면 문제해결방법을 확인한다.

※ 이스텍의 Ion meter를 이용할 경우 기기 설명서에 적혀진 보정방법을 이용하여 기울기를 확인한다.



## 5. 측정 방법

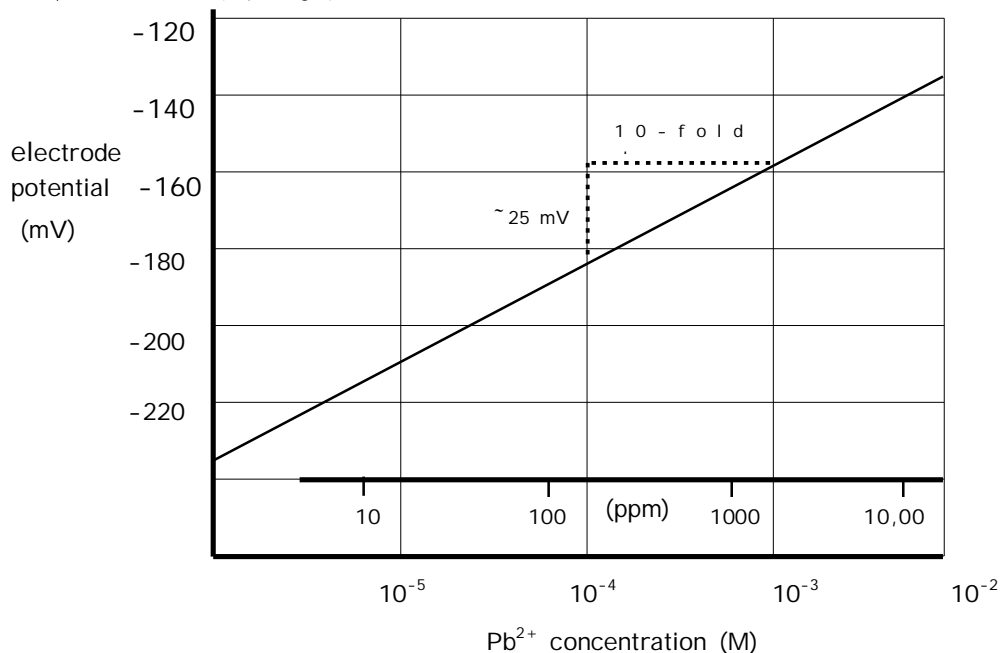
### Lead | 직접 측정 (\*측정하는 동안에도 용액을 교반기로 계속 저어준다.)

; 직접측정에는 pH/mV meter를 이용하는 경우와 Ion meter를 이용하는 경우 두 가지가 있다. 시료와 표준용액의 이온세기는 ISA를 첨가함으로써 같아진다. 시료와 표준용액의 온도는 같아야 한다.

#### 1. pH/mV meter 이용

- 0.1M 혹은 1000 ppm의 표준용액을 serial 희석하여  $10^{-2}$  M,  $10^{-3}$  M,  $10^{-4}$ M, 혹은 100, 10ppm 표준용액을 준비한다. 표준용액 100 ml당 ISA 2 ml를 첨가한다. 만약 시료의 이온세기가 0.1M 이상이면 시료와 비슷한 조성의 표준용액을 준비한다.
- 희석시킨 용액 중 가장 묽은 용액( $10^{-4}$ M 혹은 10 ppm) 50 ml와 methanol-formaldehyde 용액 50 ml 그리고 ISA 2ml를 150 ml 비이커에 넣는다. 교반기를 이용하여 용액을 일정한 속도로 저어준다. Meter가 mV mode로 되어 있는지를 확인한 후, 용액에 전극의 끝부분을 넣는다.  
Meter에 표시되는 mV 값이 안정해지면 값을 기록한다(측정하는 동안에도 용액을 계속 저어준다).
- $10^{-3}$ M 혹은 100 ppm 표준용액 50 ml, methanol-formaldehyde 용액 50 ml 그리고 ISA 2 ml를 150 ml 비이커에 넣는다. 용액을 교반기로 일정하게 저어준다. 전극을 증류수로 세척하여 건조시킨 후, 용액에 전극의 끝부분을 넣는다. Meter에 표시되는 mV 값이 안정해지면 값을 기록한다.
- $10^{-2}$  M 혹은 1000 ppm 표준용액 50 ml, methanol-formaldehyde 50 ml 그리고 ISA 2 ml를 150 ml 비이커에 넣고 일정하게 저어준다. 증류수로 전극을 세척하여 건조시킨 후, 용액에 전극의 끝부분을 넣는다. Meter에 표시되는 mV 값이 안정해지면 값을 기록한다.
- 위에서 얻어진 data를 semi-logarithmic graph 종이 위에 농도(가로 축-로그형태)의 변화 따른 mV(세로 축)를 표시하여 보정곡선을 그린다.  $2.0 \times 10^{-6}$  M 이하로 보정곡선을 연장하여 그린다. 이 농도이하에서의 측정은 낮은 농도의 측정 방법을 따른다. 아래의 그림 2는 일반적인 보정곡선이다.

그림 2. Lead 전극의 보정곡선



곡선의 직선 영역에서 보정곡선을 얻는데 3가지 표준용액이 필요하다. 비선형부분에서는 측정 point를 첨가하는데 농도가 위의 표준용액보다 낮은 표준용액으로 측정을 한다. 선형부분에서는 직접 측정 방법을 이용하고 비선형부분에서는 낮은 농도의 측정방법을 이용한다.

6. 150 ml 비이커에 시료 50 ml, methanol-formaldehyde 용액 50 ml와 ISA 2ml를 넣는다. 여기에 ISA를 첨가한다. 용액을 교반기로 저어준다(측정하는 동안에도 용액을 계속 저어준다). 전극을 증류수로 세척한 후 건조시켜 용액에 전극의 끝부분을 넣고 meter에 표시되는 mV 값이 안정해지면 값을 기록한다. 보정곡선으로부터 시료의 농도를 직접 구한다.
7. 전극을 2시간마다 다시 보정해야 한다. 온도(실온)의 변화가 없다는 가정 하에 중간 농도의 표준용액에 전극의 끝부분을 넣는다. 읽는 값이 안정해지면 위의 단계 3에서 기록된 값과 비교한다. 두 값이 0.5 mV 이상 차이가 나거나 온도가 실온이 아닐 경우 위의 2-5 단계를 반복하여 실행한다. 새로운 보정곡선을 매일 준비한다.

## 2. Ion meter 이용

1. 0.1 M 혹은 1000 ppm lead 표준용액을 희석하여 예상되는 시료의 농도와 비슷한 lead 표준용액을 두 가지 준비한다. 150 ml 비이커 두개를 준비하여 위의 표준용액 50 ml를 각각 넣고 methanol-formaldehyde solution 50 ml와 ISA 2 ml를 모두 첨가한다.
2. 위에서 준비한 두 표준용액 중 낮은 농도의 표준용액을 자석교반기 위에 올려놓고 일정한 속도로 저어준다. Meter가 농도 mode로 있는지를 확인한다(측정하는 동안에도 용액을 계속 저어준다).
3. 전극의 끝부분을 용액에 넣는다.
4. Meter를 측정한 lead 표준용액의 농도에 맞추고 읽는 값이 안정해지면 meter 제조회사의 설명서에 따라서 memory하여 값을 고정시킨다.
5. 전극의 끝부분을 증류수로 세척하여 건조시킨다.
6. 높은 농도의 표준용액을 자석교반기 위에 올려놓고 일정한 속도로 저어준다.
7. 전극의 끝부분을 용액에 넣는다.
8. Meter를 측정한 lead 표준용액의 농도에 맞추고 읽는 값이 안정해지면 meter 제조회사의 설명서에 따라서 memory하여 값을 고정시킨다.
9. 150 ml 비이커에 시료 50 ml, methanol-gormaldehyde 용액 50 ml, 그리고 ISA 2 ml를 넣는다. 용액을 교반기로 일정하게 저어준다.
10. 전극을 세척하여 건조시킨 후 용액에 전극의 끝부분을 넣는다. Meter의 읽는 값이 안정해지면 meter display로부터 직접 농도를 읽는다.
11. 전극을 2시간마다 다시 보정해야 한다. 온도(실온)의 변화가 없다는 가정하에 중간 농도의 표준용액에 전극의 끝부분을 넣는다. Meter에 표시되는 값이 안정해지면 위의 단계 3에서 기록된 값과 비교한다. 두 값이 0.5 mV 이상 차이가 나거나 온도가 실온이 아닐 경우 위의 2-8(9) 단계를 반복하여 실행한다. 새로운 보정곡선을 매일 준비한다.

※ 이스택의 Ion meter를 이용할 경우 기기 설명서에 적혀진 보정 및 측정방법을 참고한다.

### 낮은 농도의 Lead 측정 ; pH/mV meter 기용

이 방법은 이온세기가  $1.0 \times 10^{-6}$  M 이하의 용액에서 이용된다. 만약 용액의 이온세기가 이보다 높고 lead 농도가 낮다면 시료와 비슷한 조성의 보정용액을 준비하고 같은 방법을 이용한다.

1. ISA 20 ml를 증류수 100 ml로 희석한다. 희석한 ISA( $1.0\text{M NaClO}_4$ )를 100 ml 용액에 1 ml를 첨가한다. 이온세기는  $1.0 \times 10^{-2}$  M이 된다.
2. 0.1M 표준용액 1 ml를 1L로 희석하여 moles/liter로 측정하는 경우에  $1.0 \times 10^{-3}$  M 표준용액을 준비한다. ppm으로 측정하는 경우에 1000 ppm 표준용액 10 ml를 희석하여 100 ppm 표준용액을 준비한다. 표준용액은 매일 새로 준비해야만 한다. 또한 비이커 벽면에서 lead의 흡수를 방지하기 위해서 plastic lab-ware를 사용한다.
3. 150 ml 플라스틱 비이커에 증류수 50 ml, methanol-formaldehyde solution 50 ml, 그리고 위에서 희석한 낮은 농도의 ISA 1 ml를 넣는다. 용액을 교반기로 일정하게 저어준다(측정하는 동안에도 계속 저어준다).
4. 용액에 전극의 끝부분을 넣고 meter가 mV mode로 되어있는지를 확인한다.
5.  $1.0 \times 10^{-3}$  M 혹은 100 ppm 표준용액을 첨가하여 용액을 준비한다. 표 3을 참고한다.
6. Meter의 읽는 값이 안정해지면 그 값을 기록한다.
7. 그림 2에서와 같이 농도(가로축-로그형태)에 대한 전극전위, mV(세로축)의 변화를 semi-logarithmic graph 종이에 표시하여 그래프를 그린다.
8. 전극을 세척한 후 건조시킨다.
9. 150 ml 플라스틱 비이커에 시료 50 ml를 넣고 methanol-formaldehyde 용액 50 ml와 낮은 농도의 ISA 1 ml를 첨가하여 교반기로 일정하게 저어준다. 용액에 전극의 끝부분을 넣고 meter의 읽는 값이 안정해지면 mV 값을 기록하여 낮은 농도의 보정곡선으로부터 농도를 결정한다. 낮은 농도의 보정곡선을 매일 새로 준비한다. 2시간마다 위의 3-7 단계를 반복하여 확인한다.

표 3. 낮은 농도의 sodium 측정에 대한 단계별 보정값

단계	피펫	첨가 부피(ml)	농도	
			M	ppm
1	A	0.1	$1.0 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-2}$
2	A	0.1	$2.0 \times 10^{-7}$	$2.0 \times 10^{-2}$
3	A	0.2	$4.0 \times 10^{-7}$	$4.0 \times 10^{-2}$
4	A	0.2	$6.0 \times 10^{-7}$	$6.0 \times 10^{-2}$
5	A	0.4	$9.9 \times 10^{-7}$	$1.0 \times 10^{-1}$
6	B	2.0	$2.9 \times 10^{-6}$	$2.9 \times 10^{-1}$
7	B	2.0	$4.8 \times 10^{-6}$	$4.8 \times 10^{-1}$

피펫 A = 1 ml graduated pipet

피펫 B = 2 ml pipet

용액 : 증류수 100 ml와 낮은 농도의 ISA 1ml에  $1 \times 10^{-3}$  M 혹은 100 ppm 표준용액을 첨가한다.

## 낮은 농도의 Lead 측정 ; Ion meter 이용

1. ISA 표준용액 20 ml를 증류수로 100 ml까지 희석한다. 낮은 농도(1.0M NaClO<sub>4</sub>)의 ISA 1 ml를 시료 100 ml에 첨가한다. 그 결과, 이온 세기는 1.0x10<sup>-2</sup>M이 된다.
2. Ion meter를 이용한 Lead의 직접 측정에 설명된 방법을 단계 8까지 실행한다. 비이커의 벽에서 lead의 흡수를 제거하기 위해 plastic lab-ware를 사용한다.
3. 150 ml 플라스틱 비이커에 증류수 50 ml, methanol-formaldehyde 50 ml, 그리고 위에서 희석한 낮은 농도의 ISA 1 ml를 넣는다. 용액을 교반기로 일정하게 저어준다. 용액에 전극의 끝부분을 넣고 meter의 읽는 값이 안정해지면 meter 제조사의 설명서에 따라서 바탕값을 고정시킨다.
4. 150 ml 플라스틱 비이커에 시료 50 ml, methanol-formaldehyde 용액 50 ml, 낮은 농도의 ISA 1 ml를 넣는다. 용액을 교반기로 일정하게 저어준다. 전극의 끝부분을 용액에 넣고 meter의 읽는 값이 안정되면 시료의 농도를 meter display로부터 직접 읽는다.
5. 전극을 2시간마다 다시 보정해야 한다. 온도(실온)의 변화가 없다는 가정하에 중간 농도의 표준용액에 전극을 넣는다. Meter의 읽는 값이 안정해지면 위의 단계 3에서 기록된 값과 비교한다. 두 값이  $\pm 0.5$  mV 이상 차이가 나거나 온도가 실온이 아닐 경우 재보정한다.

## 적정

적정으로 전체 lead 혹은 sulfate 이온 농도를 매우 정확히 측정할 수 있다. 이 방법은 종말점 검출기로서 전극을 이용한다. 종말점 검출은 적정하는 동안 형성된 생성물의 용해도를 줄이기 위해 시료에 첨가되는 methanol-formaldehyde 용액을 사용하여 더욱 향상된다.

## Lead | 적정

이 장에서 설명된 방법은 lead를 포함하는 시료의 종말점을 정확히 측정할 수 있는 lead 이온 전극을 사용한다. 사용되는 지시약은 EDTA이다. 시료의 농도는 1.0x10<sup>-3</sup>M lead ion 이상이어야 한다. 만약 시료가 낮은 농도의 lead를 포함한다면, 적정이 정확히 이루어지지 않을 것이고 EDTA titrant는 희석해야만 한다.

EDTA는 lead 뿐만 아니라 다른 양이온과도 착물을 형성한다. 시료의 pH는 원하지 않은 이온 착물을 제거함으로써 맞출 수 있다. 이러한 경우에 masking agent를 첨가한다.

1. 1L volumetric flask에 methanol-formaldehyde 용액을 500 ml 넣고 시약급-Na<sub>2</sub>EDTA·2H<sub>2</sub>O 3.772 g을 첨가하여 0.01M EDTA titrant를 준비한다. 용액을 저어서 고체를 녹인다. 그리고 플라스크의 표시부분까지 증류수를 채운 뒤 뚜껑을 덮고 플라스크를 위아래로 여러 번 흔들어서 용액을 섞는다.
2. EDTA 용액을 50 ml 뷰렛에 채운다. 피펫으로 시료 50 ml를 150 ml 비이커에 넣고 methanol-formaldehyde 용액 50 ml를 첨가한다. 용액을 자석교반기를 이용하여 일정한 속도로 저어준다.
3. 뷰렛의 끝부분이 비이커의 액체 수면보다 약간 위에 오도록 장치하고 전극을 비이커의 중심과 비이커의 벽 사이 중간에 위치시킨다.
4. EDTA를 0.5~1.0 ml씩 첨가한다. 전위가 좀더 빠르게 변하기 시작할 때 EDTA를 약 0.1~0.2 ml씩 첨가한다. 첨가할 때마다 변화되는 mV 전위를 기록한다. 종말점 이후 몇 ml를 더 첨가한다(mV 값이 처음 0.5-1.0 ml씩 첨가할 때와 같이 약간씩 변화할 때 까지).
5. 표준 그래프 용지에 첨가한 EDTA(ml)에 따른 mV 전위 값을 표시하여 그래프를 그린다(그림 3을 참고한다). 전위의 변화가 가장 큰 지점이 종말점이다. 미지의 시료로부터 lead 이온 농도는 다음과 같이 계산한다.

$$M_{Pb^{+2}} V_{Pb^{+2}} = M_t V_t$$

$$M_{Pb^{+2}} = \frac{V_t M_t}{V_{Pb^{+2}}}$$

where,  $M_{Pb^{+2}}$  = 미지 시료내의 lead 이온 농도(moles/liter)

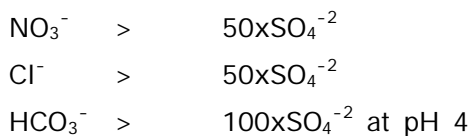
$V_t$  = 종말점에서 첨가된 EDTA의 부피

$M_t$  = EDTA 농도(moles/liter)

$V_{Pb^{+2}}$  = 미지 시료의 부피(50 ml)

## Sulfate | 적정

Sulfate 이온을 lead perchlorate로 적정하는 경우에 Lead Ion Electrode를 이용하여 종말점을 정확히 검출할 수 있다. Gravimetric 혹은 turbidimetric 방법에 의한 sulfate 측정은 좀더 복잡하고 적정보다도 더 오랜 시간이 소요된다. 적정은  $10^{-4}M$  혹은 10 ppm sulfate ion과 같은 묽은 용액에서 좀더 정확히 측정된다. 만약 다음 물질이 과량으로 존재한다면 적정하는데 방해요인이 된다. 또한 phosphate와 calcium도 제거되어야 한다.



Titrant는 pHoenix Lead Standard, 0.1M Cat. No. PB2AS01을 사용하고 미지시료의 예상 농도로 희석하여 사용하여야 한다. Methanol-formaldehyde 용액은 적정하기 전에 미지시료와 1:1로 희석하여 사용한다.

Lead perchlorate titrant는 미지시료의 sulfate ion의 예상 농도보다 10 배 더 큰 농도로 준비한다. 약  $10^{-3}M$  sulfate ion을 포함하는 미지시료는 이 적정방법에 매우 잘 맞는다. 만약 sulfate 시료가 좀 더 묽다면, lead perchlorate titrant를 시료에 맞게 좀더 희석해야 한다.

1. 1L volumetric flask에 피펫을 이용하여 0.1M lead 표준용액 100 ml를 넣고 증류수를 플라스크의 표시부분까지 채우고 뚜껑을 덮어 위아래로 여러 번 흔들어서 용액을 섞어서 0.01M lead perchlorate titrant를 준비한다.
2. 150 ml 비이커에 시료 50 ml와 methanol-formaldehyde 용액 50 ml를 넣는다. 용액을 자석교반기를 이용하여 일정한 속도로 저어준다.
3. Lead perchlorate titrant를 50 ml 뷰렛에 채우고 전극의 끝은 비이커의 중심과 비이커의 벽면 중간에 위치시킨다.
4. Titrant를 0.5 ~ 1.0 ml씩 첨가한다. 전위가 좀더 빠르게 변하기 시작할 때 titrant를 약 0.1 ~ 0.2 ml씩 첨가한다. 첨가할 때마다 변화되는 mV 전위를 기록한다. 종말점 이후 몇 milliliters를 더 첨가한다(mV 값이 처음 0.5-1.0 ml씩 첨가할 때와 같이 약간씩 변화할 때까지).
5. 표준 그래프 용지에 첨가한 lead perchlorate(ml)에 따른 mV 전위의 변화를 표시하여 그래프를 그린다(그림 3을 참고한다). 전위의 변화가 가장 큰 지점이 종말점이다. 미지의 시료로부터 sulfate 이온 농도는 다음과 같이 계산한다.

$$M_{SO_4^{-2}} V_{SO_4^{-2}} = M_t V_t$$

$$M_{SO_4^{-2}} = \frac{V_t M_t}{V_{SO_4^{-2}}}$$

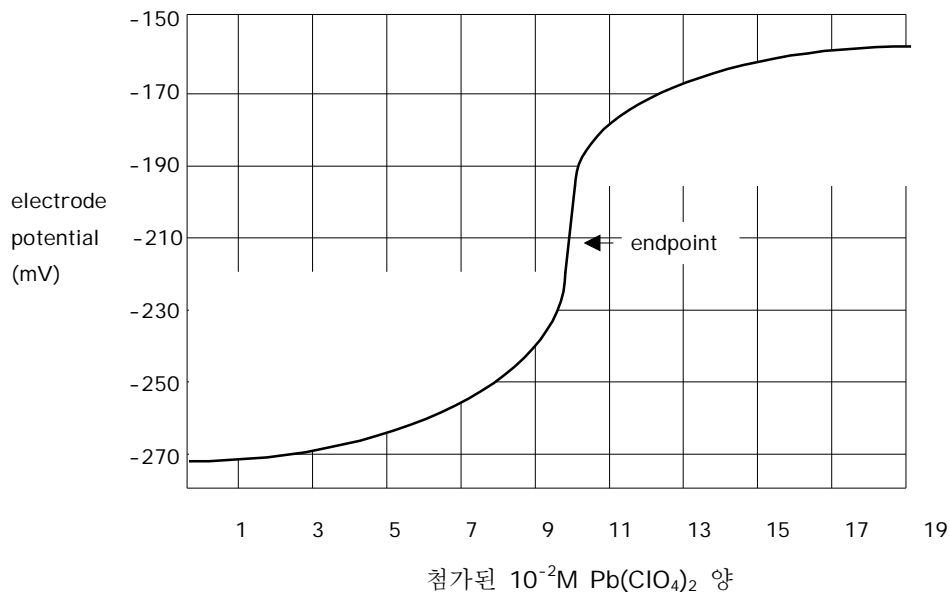
where,  $M_{SO_4^{-2}}$  = 미지 시료내의 sulfate 이온 농도(moles/liter)

$V_t$  = 종말점에서 첨가된 lead의 부피

$M_t$  = lead의 농도(moles/liter)

$V_{SO_4^{-2}}$  = 미지 시료의 부피(50 ml)

그림 3. 적정곡선( $10^{-2}M Pb(ClO_4)_2$ 를  $10^{-3}M Na_2SO_4$ 로 적정)



## 6. 전극 이론

### 전극의 작동

pHoenix Lead Ion Electrode는 epoxy 혹은 glass body에 부착되어 있는 lead sulfide와 silver sulfide로 구성된다. Membrane이 lead 이온을 포함하는 용액과 접촉할 때 membrane에서 전위가 발생한다. 이 전극의 전위는 pH/mV meter 혹은 특별한 이온 meter를 이용하여 일정한 기준 전위에 대하여 측정된다. 측정된 전위에 해당하는 lead 이온의 농도는 Nernst equation에 의해 설명된다.

$$E = E_0 + S \log X$$

where :

$E$  = 측정된 전극 전위

$E_0$  = 기준 전위(상수)

$S$  = 전극의 기울기 (~ 25 mV/decade)

$X$  = 용액에서 lead 이온의 농도

활동도, X는 용액 내에서 free lead 이온의 효과적인 농도를 나타낸다. 착물화된 lead 이온( $C_b$ )과 free lead 이온( $C_f$ )은 전체 lead 이온의 농도( $C_t$ )에 포함된다. Lead 이온 전극은 free lead 이온에만 감응하기 때문에 다음과 같이 나타낸다.

$$C_f = C_t - C_b$$

활동도는 활동도 계수( $\gamma$ )에 의해 free ion 농도 ( $C_f$ )와 연관된다.

$$X = \gamma C_f$$

활동도 계수는 전체 이온 세기, I 에 의존한다.

$$-\log \gamma = -\frac{0.5 Z_x^2 \sqrt{I}}{1 + \sqrt{I}}$$

$$I = 1/2 \sum C_x Z_x^2$$

where,

$C_x$  = 이온 X의 농도

$Z_x$  = 이온 X의 전하

$\sum$  = 용액내의 모든 이온의 합

활동도 계수( $\gamma$ )는 일정하고 활동도(X)는 농도에 비례한다.

이온 세기를 일정하면서 높은 값으로 유지하기 위해서 ionic strength adjuster (ISA)를 시료와 표준용액에 넣어준다. Lead 전극에 대해 적합한 ISA는 sodium perchlorate,  $\text{NaClO}_4$ 이다. 이 용액 이외에 다른용액은 용액에 포함되는 이온이 sodium 이온에 대한 전극의 감응을 방해하지 않을 경우에 ISA로써 사용할 수 있다.

다음으로 기준전극을 고려해야만 한다. 액체 접촉 전위(liquid junction potential)는 다른 조성으로 이루어진 두 가지 용액이 서로 접촉될 때 발생한다. 두 용액의 경계면을 통해 이온이 다른 속도로 확산하므로 두 용액 사이에서 전위의 차가 발생한다. 기준전극이 표준용액에서 뿐만 아니라 시료용액에 있을 때 같게 되거나 액체 접촉 전위로 인해 변화되는 이 전위는 측정된 전극 전위에서 오차로 나타날 것이라는 것을 알아두어야 한다.

기준 전극에서 liquid junction filling solution의 조성은 매우 중요하다. Filling solution에서 양이온과 음이온이 시료로 확산되는 속도는 가능한 한 거의 같아야하고 filling solution은 투명해야한다. 만약 양전하와 음전하가 시료로 이동되는 속도가 같다면 접촉전위는 고려하지 않아도 된다.

## 7. 문제해결 방법

### 기본 요소

문제해결에 있어서 가장 중요한 원칙은 system을 구성하는 성분을 교대로 각각 조사한다. System의 구성성분은 1) meter, 2) glass-ware, 3) 전극, 4) 표준용액, 5) 시료, 6) 측정기술 등이다.

#### 1. Meter

Meter는 오차의 요인을 제거할 수 있는 가장 기본적인 구성성분이다. 대부분의 meter는 설명서에 있는 절차를 확인하는 기구로 제공되고 문제해결을 위해 필요하다. 앞에서 설명된 방법을 고려하여 지시된 바와 같이 meter가 작동하는지 그리고 모든 단계에서 안정한지를 확인한다.

#### 2. Glass-ware/Plastic-ware

유리기구는 증류수로 깨끗이 세척하여 완전히 건조시킨다.

### 3. 전극

전극의 기울기 확인에 설명된 방법을 이용하여 전극을 확인한다.

1. 전극의 기울기를 확인하는 과정에서 증류수를 사용하였는지 확인한다.
2. 전극이 예상되는 것과 같이 감응하지 않는다면 측정시 유의사항과 전극의 감응을 참고하여 기울기를 다시 확인한다.
3. 아직도 전극이 예상되는 것과 같이 감응하지 않는다면 올바르게 작동하는 sodium ion 전극으로 기울기를 다시 확인한다. 만약 문제가 계속 발생한다면 working reference electrode 로 확인한다.
4. 문제가 지속된다면, 표준용액이 불순하거나, 시료가 방해물질을 포함할 경우, 혹은 측정기술에서 생긴 오차로 인한 것이다(아래의 표준용액 & 시약, 시료, 그리고 측정기술을 확인한다).
5. 전극을 test 목적으로 이용할 수 없거나 혹은 사용하는데 있어서 전극이 문제가 발생할 경우 설명서를 보고 다시 확인한다.
  - 전극을 깨끗이 세척한다.
  - 전극을 올바르게 준비한다.
  - 적합한 filling solution을 사용한다.
  - 적절한 ISA를 사용하여 용액의 pH와 이온세기를 맞춘다.
  - 올바르게 정확하게 측정한다.
  - 문제해결방법을 재확인한다.

### 4. 표준 용액 & 시료

예전에 아무 문제없이 이용하였던 측정 방법에서 문제가 발생되었다면 표준용액과 시료를 확인한다. 이러한 문제가 발생했을 경우 항상 표준용액을 다시 준비하는 것이 시간을 절약하는 방법이다. 준비된 표준용액의 오염, 희석의 정확성, 증류수의 순도, 혹은 수학적인 계산착오 등으로 오차가 발생된다.

### 5. 시료

만약 전극이 표준물질에서만 올바르게 작동하고 시료에서 작동하지 않은 경우 가능한 방해물질, 착물형성 물질, 혹은 감지하는 전극이나 기준전극의 감응에 영향을 주거나 물리적으로 방해할 일으키는 물질이 있는지를 확인한다. 문제를 제거하기 위해 testing 이전에 시료의 조성을 확인한다(시료의 조건과 방해물질을 다시 읽어본다).

### 6. 측정 기술

전극의 검출한계를 벗어났는지 확인한다. 그리고 분석방법을 정확히 이해하고 이 분석방법이 시료에 적합한지 확인한다. 전극의 기울기 확인과 전극의 특성을 다시 읽어본다.



### 발생문제에 따른 문제해결 방법

발생 문제	요 인	문제해결방법
Meter에 표시되는 값이 영역을 벗어남	meter의 결함	meter 설명서를 참조를 확인
	전극이 적절히 연결되지 않음	전극을 빼고 다시 연결
	기준 전극이 filling solution으로 채워지지 않음	Reference filling solution을 다시 채운다.
	membrane(막)에 공기방울이 맺힘	전극을 용액에 다시 넣어 공기방울을 제거한다.
	전극이 용액에 담겨있지 않음	전극을 용액에 넣는다.
	전극의 결함	전극의 작동을 확인한다.
보정곡선은 올바르게 얻어졌으나 잘못된 값을 얻음	semi-log 종이의 눈금이 바르지 않음	가로축에 mV를 표시하고 세로축에 로그형태로 농도를 표시한다. 각 decade가 증가함에 따라 농도가 증가하는지를 확인한다.
	잘못된 표시	mV 값이 정확히 표시되어 있는지를 확인한다.
	표준용액이 맞지 않음	표준용액을 다시 준비한다.
	잘못 사용된 단위	변환 계수가 바르게 적용되었는지 확인한다. $1 \times 10^{-3}M = 207 \text{ ppm as } Pb^{+2} = 96 \text{ ppm } SO_4^{-2}$
	시료내에 착물을 형성하는 물질이 포함되어 있다.	침전 및 착물형성 란을 확인한다; 적정방법을 사용한다.
Drift ( meter에 표시되는 값이 한 방향으로 천천히 변함)	시료와 표준용액의 온도가 다르다.	측정하기 전에 용액을 실온으로 맞춘다.
	시료내에 착물을 형성하는 물질이 포함되어 있다.	침전 및 착물 형성 란을 확인한다.
	기준 filling solution이 잘못 사용됨	추천된 filling solution을 사용한다.
	membrane(막)이 오염되었거나 산화됨	membrane을 닦아준다; methanol-formaldehyde 용액을 사용한다.
기울기가 낮거나 얻어지지 않음	표준용액이 오염되었거나 잘못 만들어짐	새로운 표준용액을 준비한다.
	ISA가 사용되지 않음	추천된 ISA를 사용한다.
	표준용액을 ISA로 사용함	ISA를 사용한다.
	membrane(막)이 오염되었거나 산화됨	membrane을 닦아준다; methanol-formaldehyde 용액을 사용한다.
	membrane(막)에 공기방울이 맺혀 있다.	전극을 용액에 다시 넣어 공기방울을 제거한다.
Meter에 표시되는 값이 안정하지 않음(값이 계속 변함)	meter의 결함	meter 설명서를 참고하여 확인
	ISA가 사용되지 않음	추천된 ISA를 사용한다.
	전극의 결함	전극을 교체한다.
	전극이 방해물질에 노출되어 있다.	전극을 lead 표준용액에 넣어둔다.
	meter와 교반기가 바닥에 놓여 있지 않다.	meter와 교반기를 바닥에 놓는다.

## 8. Lead 전극의 기본적인 특성

농도 범위 :  $10^{-1}M \sim 10^{-6} Pb^{+2}$

pH 범위 : 3 ~ 8

온도 범위 : 0 ~ 80 °C

저항 : < 1 MΩ

재현성 :  $\pm$  2%

크기 : 길이 - 110 mm

        지름 - 12 mm

        케이블 길이 : 1 m

보관 : Lead solution에 보관한다.

## 9. 구매에 필요한 자료

P/N	설명
P B 2 1 5 0 1	Lead Ion Electrode, mono(reference electrode necessary), epoxy body
P B 2 1 5 0 2	Lead Ion Electrode, combination, glass body
P B 2 1 5 0 3	Lead Ion Electrode, combination, epoxy body
5 7 3 1 4 2 9	Reference Electrode, double junction, sleeve, epoxy body, for use with the PB21501.
P B 2 A S 0 1	Lead Standard, 0.1M $Pb(ClO_4)_2$
P B 2 A S 0 2	Lead Standard, 1000 ppm $Pb(ClO_4)_2$
P B 2 A S 0 3	Sulfate Standard, 0.1M $Na_2SO_4$
P B 2 I S 0 1	Ionic Strength Adjuster (ISA), 5M $NaClO_4$
R 0 0 1 0 1 1	Electrode Filling Solution, 4M KCl/AgCl for the 5731429 inner chamber
R 0 0 1 0 1 5	Electrode Filling Solution, 1M $KNO_3$ , for the 5731429 outer chamber and PB21502
R 0 0 1 0 4 6	Electrode Filling Solution, 1M $KNO_3$ /0.1M KCl, for the PB21503 electrode
P B 2 1 5 0 7	Polishing Paper for the Lead Ion Electrodes

◆ 이온 전극 사용시 주의사항

1) 전극의 주위 환경을 청결히 합니다.

전극의 주의 환경은 기기의 수명을 좌우합니다. 먼지가 많은 곳이나 습기찬 곳에서는 가능한 사용하지 말아주시기 바랍니다.

2) 이온 전극에 알맞은 보관상태를 유지하시기 바랍니다.

본 전극은 전극의 보관상태에 민감하므로 수차례 세척 후 전극에 적합한 상태에서 보관하시기 바랍니다.

짧은 기간 보관시 : 전극 보관용액에 보관

장기간 보관시 : 전극내의 Filling Solution 제거 후 전극 내부 및 외부를 깨끗이 세척하여 전극 뚜껑으로 닫은 후 전극 케이스에 보관합니다.

3) 구입한 전극을 함부로 개조하지 말아주시기 바랍니다.

개조한 기기에 대해서는 책임을 지지 않습니다.

4) 구매 후 6개월이 경과된 전극에 대해서는 교환 및 환불이 불가합니다.

본 전극은 대기상태의 미세먼지의 흡착 및 사용과실로 전극내의 미세한 Membrane을 오염시킬 수 있으므로 사용하지 않은 전극일지라도 6개월이 경과된 전극은 교환이 불가합니다.

5) 본 전극의 수명은 보통 실험실에서 사용할 경우 6달 정도 사용할 수 있습니다.

사용여부에 따라 작동수명이 몇 달로 단축될 수 있습니다. 감응시간이 증가하고 보정 곡선의 기울기가 감소할 경우에 point 보정이 어려우므로 새 전극으로 교체하여야 합니다.

6) 사용자 과실(세척미비, 보관상태 불량 및 사용 부주의)에 의해 발생한 사항에 대해서는 교환이 불가합니다.

7) 본 이온전극 사용설명서를 숙지하시고 이온전극을 사용하시기 바랍니다.