



등록특허 10-2069202



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월22일  
 (11) 등록번호 10-2069202  
 (24) 등록일자 2020년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 A01G 31/02 (2019.01) G06N 20/00 (2019.01)  
 G06Q 50/02 (2012.01)  
 (52) CPC특허분류  
 A01G 31/02 (2019.02)  
 G06N 20/00 (2019.01)  
 (21) 출원번호 10-2019-0117156  
 (22) 출원일자 2019년09월24일  
 심사청구일자 2019년09월24일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR1020110082499 A\*  
 KR1020180022159 A  
 KR1020190032029 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 농업회사법인 상상텃밭 주식회사  
 대구광역시 북구 경대로17길 47, 403호(복현동, 테크노빌딩)  
 (72) 발명자  
 반병현  
 경상북도 안동시 안기1길 39, 102동403호(안기동, 안기동대원아파트)  
 이민우  
 경상북도 안동시 강남5길 46 누리보듬빌 203호  
 류동훈  
 경상북도 안동시 복주2길 39 두레마을아파트 101동 104호  
 (74) 대리인  
 특허법인이지

전체 청구항 수 : 총 9 항

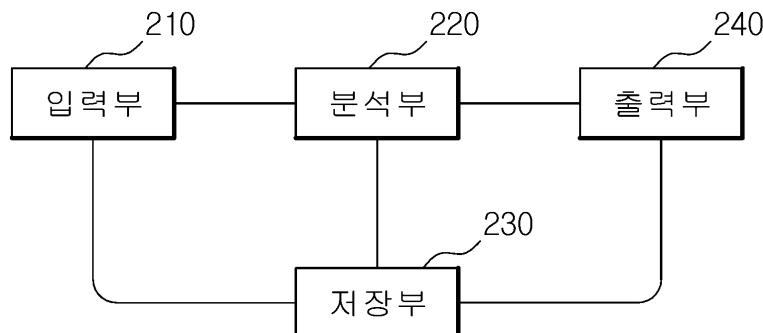
심사관 : 김민정

(54) 발명의 명칭 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치 및 방법

### (57) 요 약

본 발명은 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 방법에 관한 것으로, 양액을 입력 받는 단계; 및 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용해 상기 입력된 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석하는 단계;를 포함한다.

대 표 도 - 도2

200

(52) CPC특허분류

*G06Q 50/02* (2013.01)

*Y02P 60/216* (2015.11)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1425134362

부처명 중소벤처기업부

연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 창업성장기술개발(R&D)

연구과제명 농장 원격 자동 제어를 위한 클라우드 기반 대량 노드 데이터 스트림 처리 및 관리 인공지  
능 개발과 실내형 식물공장에서의 실증

기여율 1/1

주관기관 농업회사법인 상상텃밭 주식회사

연구기간 2019.06.15 ~ 2020.06.14

공지예외적용 : 있음

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

양액을 입력 받는 단계; 및

양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값

중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용해 상기 입력된 양액에서 이온 간섭효과를 제거하여 이온 간섭효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석하는 단계;를 포함하되,

상기 머신러닝은 [수식1]에 따라 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석하는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 방법.

[수식1]

$$C_r = \mu(TDS) \times C_{ISE}$$

(여기서,  $C_r$ 은 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도,  $CISE$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 입력값,  $TDS$ 는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기  $TDS$  값의 함수이다.)

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 머신러닝은,

다중 회귀 분석, 선형 회귀 분석, 비선형 회귀 분석, 로그 회귀 분석 및 딥뉴럴 네트워크 중 어느 하나인 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 방법.

#### 청구항 3

삭제

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기  $TDS$ (total dissolved solids)는 상기 양액의 이온 조성물 농도 이론값으로부터 [수식2]에 따라 계산되는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 방법.

[수식2]

$$\sum M_{ion} \times [ion]$$

(여기서,  $M_{ion}$ 은 분자량 또는 원자량이고,  $[ion]$ 은 몰 농도이다.)

## 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 머신러닝은 [수식3]에 따라 상기  $\mu$  (TDS)를 계산하는 것  
을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 방법.

[수식3]

$$\mu (TDS) \approx \frac{C_t}{C_{ISE}}$$

(여기서, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기 TDS 값의 함수, Ct는 상기 양액의 이온 조성물 농도 이론값, CISE는 상기 양액의 이온 조성물 농도 입력값이다.)

## 청구항 6

제1항, 제2항, 제4항 및 제5항 중 어느 한 항의 방법을 프로세서가 수행하게 하는 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능 기록매체.

## 청구항 7

양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용해 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석하는 분석부; 및

상기 분석한 결과를 출력하는 출력부;를 포함하되,

상기 머신러닝은 [수식4]에 따라 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석하는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치.

[수식4]

$$C_r = \mu(TDS) \times C_{ISE}$$

(여기서, Cr은 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도, CISE는 상기 양액의 이온 조성물 농도 입력값, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기 TDS 값의 함수이다.)

## 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 머신러닝은,

다중 회귀 분석, 선형 회귀 분석, 비선형 회귀 분석, 로그 회귀 분석 및 딥뉴럴 네트워크 중 어느 하나인 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

제7항에 있어서,

상기 TDS(total dissolved solids)는 상기 이온 조성물 농도 이론값으로부터 계산되는 것으로, [수식 5]에 따라 계산되는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치.

[수식5]

$$\sum M_{ion} \times [ion]$$

(여기서,  $M_{ion}$ 은 분자량 또는 원자량이고,  $[ion]$ 은 몰 농도이다.)

**청구항 11**

제7항에 있어서,

상기 머신러닝은 [수식6]에 따라 상기  $\mu$  (TDS)를 계산하는 것

을 특징으로 하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치.

[수식6]

$$\mu (TDS) \approx \frac{C_t}{C_{ISE}}$$

(여기서, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기 TDS 값의 함수,  $C_t$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 이론값,  $CISE$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 입력값이다.)

**발명의 설명****기술 분야**

[0001] 본 발명은 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0003] 원예작물의 양액재배는 토양을 이용하지 않는 재배 방법으로 생육에 필요한 영양 성분(다량 및 미량원소)을 적절하게 흡수할 수 있도록 알맞은 조성과 농도로 조절된 배양액을 식물에 공급해주며 재배하는 방법이다.

[0005] 양액재배는 물만으로 재배하는 순수 수경 재배(水耕栽培)와 배지(인공토양)에 심어 재배하는 배지경 수경재배가 있으며, 배양액을 만들어 재배하기 때문에 양액 재배(Solution Culture)라고도 한다.

[0007] 이러한 양액재배는 단기간에 많은 양의 작물을 수확할 수 있고 토양재배와 비교하여 자연환경의 지배를 덜 받기 때문에 농경이 불가능한 곳에서도 원예작물의 재배를 가능하게 한다. 그러나 이 양액재배는 많은 자본이 필요하고, 양액이 작황에 지배적인 영향을 가져오므로 상기 양액에 대한 세심한 관리가 요구된다.

[0009] 양액재배는 양액의 재활용 여부에 따라 개방 시스템과 폐쇄 시스템으로 구분되는데, 개방 시스템은 일정시간 사용한 양액을 다시 재사용하지 않고 배출하는 방식으로 배출양액의 잔여 비료성분으로 인하여 환경오염 및 비료의 불필요한 과다사용으로 인한 문제점이 있다.

[0011] 반면 폐쇄 시스템은 양액 이용율의 극대화 및 환경문제 해결을 위하여 많은 관심을 받고 있으나, 양액을 재활용하므로 식물이 영양분을 흡수하는 과정에서 양액 내의 이온 조성이 변하게 되기 때문에 양액의 이온 조성물 농도 측정이 중요하나 양액의 이온별 조성물 농도 측정이 어려워 널리 실용화되지 못하고 있다.

[0013] 종래 학계와 현재 산업계는 양액의 전기전도도(Electric conductivity: EC)를 측정한 뒤 기준 농도에 맞도록 농축배양액을 첨가하여 전체적인 배양액의 농도를 보정해주는 방식을 채택하고 있으나, 양액내의 이온간 불균형상태를 완전히 해소할 수 없는 문제점이 있다.

[0015] 이런 문제점을 해결하기 위해 이온 선택성 전극(Ion Selective Electrod)인 ISE 센서를 이용하여 양액 속에서 특정한 이온 조성물 농도만을 측정하는 방식이 제시되기 시작했으며, 이런 종래기술로는 한국등록특허 제10-0814680호가 있다.

[0017] 그러나 종래기술은 ISE 센서가 반투과성 막을 통과하는 이온의 흐름으로 인해 형성되는 전압(Nernst Potential)을 측정해 양액의 이온 조성물 농도 입력값을 구하기 때문에, 여러 이온이 녹아 있는 경우 측정 대상이 아닌 이온이 막을 투과하며 전압을 교란시켜 이온 간섭 효과가 발생하여 센서의 값이 왜곡되어 출력되는 문제점이 있다.

[0019] 이런 문제점은 도 1의 종래기술에 따른 양액의 이온 조성물 농도 이론값과 입력값의 비교 그래프를 통해 확인할 수 있다.

[0021] 도 1을 참조하면, 양액의 이온 조성물 농도 이론값(110)과 양액의 이온 조성물 농도 입력값(120)의 비교하면, 농도가 높아질수록 양액의 이온 조성물 농도 입력값(120)이 양액의 이온 조성물 농도 이론값(110)과 큰 차이를 보여 이온 간섭 효과가 큰 것을 확인할 수 있다.

[0023] 이런 종래기술의 문제점을 해결하기 위해 Nikolsky-Eisenman 방정식을 활용해 이온 간섭 효과를 예측하기도 하지만, Nikolsky-Eisenman 방정식은 모든 이온별로 미정계수를 2개씩 미리 알고 있어야 값을 계산할 수 있어 이러한 미정계수를 찾아내는 실험은 비용과 시간이 많이 드는 문제점이 있다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0025] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 이온 간섭 효과를 제거하여 양액의 이온 조성물 농도를 정확하게 분석할 수 있는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

[0027] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 기술적 과제는, 적은 비용과 짧은 시간안에 이온 간섭 효과를 제거하여 양액의 이온 조성물 농도를 정확하게 분석할 수 있는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치 및 방법을 제공하는 데 있다.

### 과제의 해결 수단

[0029] 상기와 같은 기술적 과제를 해결하기 위해, 본 발명의 바람직한 일 측면에 따르면, 양액을 입력 받는 단계; 및 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용해 상기 입력된 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석하는 단계;를 포함하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 방법을 제공한다.

[0031] 여기서, 상기 머신러닝은, 다중 회귀 분석, 선형 회귀 분석, 비선형 회귀 분석, 로그 회귀 분석 및 딥 뉴럴 네트워크 중 어느 하나일 수 있다.

[0033] 여기서, 상기 머신러닝은 [수식1]에 따라 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석할 수 있다.

[0034] [수식1]

$$C_r = \mu(TDS) \times C_{ISE}$$

[0035]

[0036] (여기서,  $C_r$ 은 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도,  $C_{ISE}$ 는 상기 양액의 이온 조성

물 농도 입력값, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기 TDS 값의 함수이다.)

[0038] 여기서, 상기 TDS(total dissolved solids)는 상기 양액의 이온 조성물 농도 이론값으로부터 [수식2]에 따라 계산될 수 있다.

[0039] [수식2]

$$\sum M_{ion} \times [ion]$$

[0040] (여기서,  $M_{ion}$ 은 분자량 또는 원자량이고,  $[ion]$ 은 물 농도이다.)

[0043] 여기서, 상기 머신러닝은 [수식3]에 따라 상기  $\mu$  (TDS)를 계산할 수 있다.

[0044] [수식3]

$$\mu (TDS) \approx \frac{C_t}{C_{ISE}}$$

[0045] (여기서, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기 TDS 값의 함수,  $C_t$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 이론값,  $C_{ISE}$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 입력값이다.)

[0048] 본 발명의 바람직한 다른 측면에 따르면, 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 방법을 프로세서가 수행하게 하는 명령어를 포함하는 컴퓨터 프로그램이 기록된 컴퓨터 판독 가능 기록매체를 제공한다.

[0050] 본 발명의 바람직한 또 다른 측면에 따르면, 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용해 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석하는 분석부; 및 상기 분석한 결과를 출력하는 출력부;를 포함하는 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치를 제공한다.

[0052] 여기서, 상기 머신러닝은, 다중 회귀 분석, 선형 회귀 분석, 비선형 회귀 분석, 로그 회귀 분석 및 딥 뉴럴 네트워크 중 어느 하나일 수 있다.

[0054] 여기서, 상기 머신러닝은 [수식4]에 따라 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석할 수 있다.

[0055] [수식4]

$$C_r = \mu (TDS) \times C_{ISE}$$

[0057] (여기서,  $C_r$ 은 상기 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도,  $C_{ISE}$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 입력값, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기 TDS 값의 함수이다.)

[0059] 여기서, 상기 TDS(total dissolved solids)는 상기 이온 조성물 농도 이론값으로부터 계산되는 것으로, [수식5]에 따라 계산될 수 있다.

[0060] [수식5]

$$\sum M_{ion} \times [ion]$$

[0062] (여기서,  $M_{ion}$ 은 분자량 또는 원자량이고,  $[ion]$ 은 물 농도이다.)

[0064] 여기서, 상기 머신러닝은 [수식6]에 따라 상기  $\mu$  (TDS)를 계산할 수 있다.

[0065] [수식6]

$$\mu(TDS) \approx \frac{C_t}{C_{ISE}}$$

[0066]

[0067]

(여기서, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 상기 TDS 값의 함수,  $C_t$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 이론값,  $C_{ISE}$ 는 상기 양액의 이온 조성물 농도 입력값이다.)

### 발명의 효과

[0069]

본 발명은 양액의 이온 조성물 농도를 정확하게 분석할 수 있어 수경재배 폐쇄 시스템에 활용할 수 있는 효과가 있다.

[0071]

또한, 본 발명은 적은 비용과 짧은 시간안에 이온 간섭 효과를 제거하여 양액의 이온 조성물 농도를 정확하게 분석할 수 있는 효과가 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0073]

도 1은 종래기술에 따른 양액의 이온 조성물 농도 이론값과 입력값을 비교한 그래프이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치의 구성도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석부가 학습된 양액을 입력 받았을 때 분석한 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도, 입력된 양액의 이온 조성물 농도 이론값과 입력값을 비교한 그래프이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 분석부가 학습되지 않은 양액을 입력 받았을 때 분석한 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도, 입력된 양액의 이온 조성물 농도 이론값과 입력값을 비교한 그래프이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거의 순서도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0074]

본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시 예를 가질 수 있는바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0076]

제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 해당 구성요소들은 이와 같은 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 이 용어들은 하나의 구성요소들을 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0078]

어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '연결되어' 있다거나, 또는 '접속되어' 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 '직접 연결되어' 있다거나, '직접 접속되어' 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0080]

본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, '포함한다' 또는 '가지다' 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0082]

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치의 구성도이다.

[0084]

도 2를 참조하면, 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치(200)는 입력부(210), 분석부(220), 저장부(230) 및 출력부(240)를 포함한다.

[0086] 입력부(210)는 양액을 입력 받는다. 여기서, 입력부(210)는 양액에서 측정한 신호를 입력받을 수 있는 ISE 센서, EC 센서 등과 같은 센서 및 사용자가 직접 양액에 대해 입력 할 수 있는 키보드 등과 같은 입력장치 중 적어도 어느 하나일 수 있다.

[0088] 입력부(210)는 양액에서 측정한 전압값, 농도값을 입력 받거나, 사용자가 키보드 등과 같은 입력장치를 통해 입력한 전압값, 농도값, 양액의 종류 등을 입력 받을 수 있다.

[0090] 분석부(220)는 입력부(210)와 유무선으로 연결되어 있으며, 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용해 입력부(210)를 통해 입력된 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석한다. 여기서, 머신러닝은 GPU가 필요하지 않고, 연산량이 굉장히 적은 다중 회귀 분석, 선형 회귀 분석, 비선형 회귀 분석, 로그 회귀 분석 및 딥러닝 네트워크 중 어느 하나일 수 있다.

[0092] 또한, 분석부(220)는 입력부(210)가 측정한 양액의 전압값을 입력 받은 경우 [수학식1] 또는 [수학식2]에 따라 농도값을 계산해 양액의 이온 조성물 농도 입력값으로 사용할 수 있다. 여기서, 분석부(220)는 농도값으로 계산할 때 센서 제조사마다 수학식이 다를 수 있기 때문에 [수학식1] 또는 [수학식2] 이외의 수학식을 사용해 농도값을 계산할 수도 있으며, 분석부(220)는 계산한 값에 대한 회귀분석을 수행하여 보다 더 정확한 값을 양액의 이온 조성물 농도 입력값으로 할 수 있다.

[0094] [수학식1]

$$\text{Concentration} = \alpha \exp(\text{volt}) + \beta$$

[0095] (여기서,  $\alpha$ 는 센서의 감도,  $\beta$ 는 전극의 표준 전위 오프셋이다.)

[0097]

[0098] [수학식2]

$$\text{Concentration} = \alpha' \exp(\beta' \exp(\text{volt}))$$

[0100] (여기서,  $\alpha'$ 는 센서의 감도,  $\beta'$ 는 전극의 표준 전위 오프셋이다.)

[0102] 분석부(220)는 머신러닝을 활용해 [수학식3]에 따라 입력부(210)를 통해 입력된 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석한다.

[0104] [수학식3]

$$C_r = \mu(TDS) \times C_{ISE}$$

[0105] (여기서,  $C_r$ 은 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도,  $C_{ISE}$ 는 양액의 이온 조성물 농도 입력값, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 TDS 값의 함수이다.)

[0108] 분석부(220)는 양액의 이온 조성물 농도 이론값으로부터 [수학식4]에 따라 TDS(total dissolved solids)를 계산한다.

[0110] [수학식4]

$$\sum M_{ion} \times [ion]$$

[0112] (여기서,  $M_{ion}$ 은 분자량 또는 원자량이고,  $[ion]$ 은 몰 농도이다.)

[0114] 분석부(220)는 머신러닝을 활용해 [수학식5]에 따라  $\mu$ (TDS)를 계산한다.

[0116] [수학식5]

$$\mu(TDS) \approx \frac{C_t}{C_{ISE}}$$

[0117]

[0118] (여기서, TDS는 총 용존 고형물(total dissolved solids),  $\mu$ 는 TDS 값의 함수,  $C_t$ 는 양액의 이온 조성물 농도 이론값,  $C_{ISE}$ 는 양액의 이온 조성물 농도 입력값이다.)

[0120]

여기서, [수학식3]에 따르면, 분석부(220)는 머신러닝을 활용해  $\mu(TDS)$ 를 계산할 때 [수학식6]에 따라야 하지만, 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도인  $C_r$ 이 양액의 이온 조성물 농도 이론값인  $C_t$ 에 수렴할 것으로 예상하고 [수학식5]로 분석부(220)가 머신러닝을 활용해  $\mu(TDS)$ 를 계산한다.

[0122]

구체적으로, 분석부(220)는 입력부(210)를 통해 양액을 입력 받은 후 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용하여 [수학식5]에 따라 TDS 값을 종속변인으로 하는 함수  $\mu$ , 즉,  $\mu(TDS)$ 값을 계산해 도출한 후 [수학식3]에 따라 입력부(210)를 통해 입력된 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석한다.

[0124]

여기서, 양액의 이온 조성물 농도 이론값은 입력부(210)를 통해 입력된 양액의 이론적인 양액의 이온 조성물 농도값이며, 양액의 이온 조성물 농도 입력값은 입력부(210)를 통해 입력된 양액에서 이온 간섭효과를 제거하지 않은 양액의 이온 조성물 농도값으로 센서를 통해 측정한 양액의 이온 조성물 농도값 또는 센서를 통해 측정한 양액의 전압값을 분석부(220)가 [수학식1] 또는 [수학식2]로 계산한 양액의 이온 조성물 농도값이고, 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도는 분석부(220)가 이온 간섭 효과를 제거하여 분석한 양액의 이온 조성물 농도값일 수 있다.

[0126]

[0126] 저장부(230)는 분석부(220)의 머신러닝을 훈련시키기 위한 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값을 저장하고 있다. 여기서, 양액의 이온 조성물 농도 이론값은 사용자로부터 입력받거나 온라인에서 수집한 자료일 수 있으며, 양액의 이온 조성물 농도 입력값은 입력부(220)를 통해 입력받거나 분석부(220)가 [수학식1] 또는 [수학식2]에 따라 계산한 값을 제공 받아 저장할 수 있다.

[0128]

또한, 저장부(230)는 분석부(220)가 계산한 TDS,  $\mu(TDS)$ , 분석부(220)가 분석한 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도의 값을 저장할 수도 있다.

[0130]

출력부(240)는 분석부(220)와 유무선으로 연결되어 있으며, 분석부(220)가 분석한 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 출력한다.

[0132]

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 분석부가 학습된 양액을 입력 받았을 때 분석한 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도, 입력된 양액의 이온 조성물 농도 이론값과 입력값을 비교한 그래프이다.

[0133]

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 분석부가 학습되지 않은 양액을 입력 받았을 때 분석한 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도, 입력된 양액의 이온 조성물 농도 이론값과 입력값을 비교한 그래프이다.

[0135]

도 3 및 도 4에서의 사용된 양액은 ISE 센서로 측정할 수 없는 저농도 이온을 제외한  $KNO_3$ ,  $Ca(NO_3)_2$ ,  $4H_2O$  및  $NH_4H_2PO_4$ 로 이루어진 상추용 야마자키 양액의 100배 농축된 것이며, 이를 1L 물에 총 10단계에 걸쳐 첨가한 것을 선택적으로 도 3 및 도 4의 입력 양액으로 사용했다.

[0137]

양액의 이온 조성물 농도 입력값은 Vernier의 Go Direct® ISE 시리즈, GDX- $NO_3$ , GDX- $NH_4$ , GDX-CA, GDX-K를 이용해 사용된 양액에서 전압값을 측정한 후 분석부(220)가 [수학식2]로 농도값을 계산 것이다. 여기서, 분석부(220)가 [수학식1] 및 [수학식2]로 각각 계산한 농도값에 대한 선형 회귀 분석을 통해 정확도를 측정한 결과 [수학식1]에 의해 계산된  $K^+$ ,  $Ca^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ 의  $R^2$ 값이 0.9308, 0.9273, 0.9041, 0.9315인 반면, [수학식2]에 의해 계산된  $K^+$ ,  $Ca^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $NH_4^+$ 의  $R^2$ 값은 0.9957, 0.9831, 0.9910, 0.9910로 [수학식1]로 계산된 농도값보다 정확해 [수학식2]로 계산된 값을 사용했다.

[0139]

양액의 이온 조성물 농도 이론값은 저장부(230)에 저장된 사용된 양액의 이론적인 양액의 이온 조성물 농도값이다.

[0141] 사용된 양액인  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  및  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 로 이루어진 상추용 야마자키 양액에 대한 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값은 [표1]과 같다.

[0143]

표 1

구분	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	7단계	8단계	9단계	10단계
K										
이론값	3.8835	7.327	10.689	13.87	16.885	19.747	22.467	25.055	27.521	29.873
입력값	4.36955	7.96121	11.3368	14.5715	17.5528	21.3252	24.1940	27.2819	30.8561	34.4981
Ca										
이론값	0.97087	1.832	2.672	3.4637	4.221	4.937	5.617	6.264	6.88	7.468
입력값	0.95579	1.54849	2.04874	2.31673	2.65017	3.11985	3.35693	3.65157	3.79014	4.00463
NO <sub>3</sub>										
이론값	5.82524	10.991	16.033	20.804	25.327	26.92	33.7	37.582	41.281	44.81
입력값	4.04472	8.24084	12.1232	16.0027	19.1123	22.9522	25.5797	29.3649	31.6432	34.8821
NH <sub>4</sub>										
이론값	0.48544	0.916	1.336	1.734	2.111	2.468	2.808	3.132	3.44	3.734
입력값	0.81084	1.46115	2.09361	2.38363	3.10472	3.61672	4.10123	4.38862	4.89945	5.34784

[0145] 여기서, 분석부(220)는 1단계 내지 4단계, 6단계, 8단계 및 10단계의 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습되었으며, 도 3은 1단계 내지 4단계, 6단계, 8단계 및 10단계의 양액을 입력 받은 것이고, 도 4는 5단계, 7단계 및 9단계의 양액을 입력 받은 것이다.

[0147]

다시 도 3으로 돌아오면, 분석부(220)가 학습된 양액(1단계 내지 4단계, 6단계, 8단계 및 10단계의 양액)을 입력 받아 [수학식5]를 이용해  $\mu$  (TDS)를 계산한 후, 이를 바탕으로 [수학식3]을 이용하여 분석한  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ 의 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도(320)가 이온 간섭 효과를 제거하지 않은 양액의 이온 조성물 농도 입력값(330) 보다 양액의 이온 조성물 농도 이론값(310)과 유사한 것을 확인할 수 있다.

[0149]

또한, 도 4를 참조하면, 분석부(220)가 학습된 양액(5단계, 7단계 및 9단계의 양액)을 입력 받아 [수학식5]를 이용해  $\mu$  (TDS)를 계산한 후, 이를 바탕으로 [수학식3]을 이용하여 분석한  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ 의 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도(420)가 이온 간섭 효과를 제거하지 않은 양액의 이온 조성물 농도 입력값(430) 보다 양액의 이온 조성물 농도 이론값(410)과 유사한 것을 확인할 수 있다.

[0151]

도 3 및 도 4의 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도(320, 420)와 양액의 이온 조성물 농도 입력값(330, 430)에 대한 양액의 이온 조성물 농도 이론값(310, 410)과의 에러율을 [수학식6]에 따라 계산한 결과는 [표2]와 같다.

[0153]

[수학식6]

$$Error = \frac{C_t - C}{C_t} \times 100\%$$

[0154]

(여기서,  $C_t$ 는 양액의 이온 조성물 농도 이론값,  $C$ 는  $C_r$  또는  $C_{ISE}$ 이다.)

[0157]

표 2

구분	1단계	2단계	3단계	4단계	5단계	6단계	7단계	8단계	9단계	10단계	평균
$\text{K}^+$	입력값	11.946	8.2106	5.6993	4.7419	3.6743	7.7369	7.4555	8.6747	11.922	15.301
	분석값	1.4019	2.0399	3.284	4.3368	6.3218	4.2945	6.5711	7.7969	7.5201	7.3183

$\text{Ca}^{2+}$	입력값	2.4928	15.887	23.505	33.26	37.207	36.693	40.086	41.514	44.714	46.157	32.151 42
	분석값	3.1302	4.1258	6.7386	2.0261	3.1154	10.093	9.1661	10.744	8.0917	8.1425	6.5372 97
$\text{NO}_3^-$	입력값	30.875	25.106	24.333	22.927	24.325	22.225	23.776	21.486	22.948	21.714	23.971 5
	분석값	2.2965	0.3383	2.7885	3.9622	7.689	6.4383	9.054	6.6825	8.4805	6.8599	5.4589 77
$\text{NH}_4^+$	입력값	8.193	18.207	25.298	26.132	30.999	32.497	33.712	36.902	36.697	36.999	28.563 61
	분석값	1.4263	0.4125	0.7996	3.9279	1.3726	2.478	3.1858	0.1296	1.9538	2.634	1.8320 09

[0159] [표2]를 참조하면, 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도인 분석값이  $\text{K}^+$ 의 5단계를 제외하고는 양액의 이온 조성물 농도 입력값 보다 모두 애러율이 낮은 것을 확인할 수 있다.

[0161] 또한, 도 3의 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도(320)와 양액의 이온 조성물 농도 입력값(330)을 양액의 이온 조성물 농도 이론값(310)과를 비교한 정확도 및 도 4의 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도(420)와 양액의 이온 조성물 농도 입력값(430)을 양액의 이온 조성물 농도 이론값(410)과를 비교한 정확도는 [표3]과 같다.

[0163]

표 3

구분		학습된 양액 입력시 (1단계 내지 4단계, 6단계, 8단계 및 10단계)	학습되지 않은 양액 입력시 (5단계, 7단계 및 9단계)
$\text{K}^+$	입력값	91.0985	92.3161
	분석값	95.6468	93.1957
$\text{Ca}^{2+}$	입력값	71.499	59.331
	분석값	93.5715	93.2089
$\text{NO}_3^-$	입력값	75.9049	76.3167
	분석값	95.8048	91.5922
$\text{NH}_4^+$	입력값	73.6818	66.1971
	분석값	98.3132	97.8293

[0165] [표3]을 참조하면, 분석부(220)가 학습된 양액 입력 받거나 학습되지 않은 양액 입력받아도 모두 양액의 이온 조성물 농도 입력값(330, 430) 보다 정확도가 높은 것을 확인할 수 있다.

[0167] 이에, 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거 장치(200)는 종래기술과 비교해 양액의 이온 조성물 농도를 더욱 정확하게 분석할 수 있어 수경재배 시스템 등과 같은 곳에 더욱 효과적으로 활용할 수 있다.

[0168]

[0169] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 머신러닝을 활용한 양액에서 이온 간섭 효과 제거의 순서도이다.

[0171] 도 5를 참조하면, S510단계에서는 입력부(210)를 통해 양액을 입력 받는다.

[0173] S520단계에서는 분석부(220)가 양액의 이온 조성물 농도 이론값 및 양액의 이온 조성물 농도 입력값 중 적어도 어느 하나로 학습된 머신러닝을 활용해 입력부(210)를 통해 입력된 양액에서 이온 간섭 효과를 제거하여 이온 간섭 효과를 제거한 양액의 이온 조성물 농도를 분석한다.

[0175] S530단계에서는 출력부(240)가 분석부(220)가 분석한 결과를 출력한다.

[0177] 상술한 본 발명의 실시 예들은 다양한 수단을 통해 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 실시 예들은 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어 또는 그것들의 결합 등에 의해 구현될 수 있다.

[0179] 하드웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시 예들에 따른 방법은 하나 또는 그 이상의 ASICs(Application Specific Integrated Circuits), DSPs(Digital Signal Processors), DSPDs(Digital Signal

Processing Devices), PLDs(Programmable Logic Devices), FPGAs(Field Programmable Gate Arrays), 프로세서, 컨트롤러, 마이크로 컨트롤러, 마이크로 프로세서 등에 의해 구현될 수 있다.

[0181] 펌웨어나 소프트웨어에 의한 구현의 경우, 본 발명의 실시 예들에 따른 방법은 이상에서 설명된 기능 또는 동작들을 수행하는 모듈, 절차 또는 함수 등의 형태로 구현될 수 있다. 소프트웨어 코드 등이 기록된 컴퓨터 프로그램은 컴퓨터 판독 가능 기록 매체 또는 메모리 유닛에 저장되어 프로세서에 의해 구동될 수 있다. 메모리 유닛은 프로세서 내부 또는 외부에 위치하여, 이미 공지된 다양한 수단에 의해 프로세서와 데이터를 주고 받을 수 있다.

[0183] 또한, 본 발명에 첨부된 블록도의 각 블록과 흐름도의 각 단계의 조합들은 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들에 의해 수행될 수도 있다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 범용 컴퓨터, 특수용 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 인코딩 프로세서에 탑재될 수 있으므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비의 인코딩 프로세서를 통해 수행되는 그 인스트럭션들이 블록도의 각 블록 또는 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 수행하는 수단을 생성하게 된다. 이들 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 특정 방법으로 기능을 구현하기 위해 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 지향할 수 있는 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장되는 것도 가능하므로, 그 컴퓨터 이용 가능 또는 컴퓨터 판독 가능 메모리에 저장된 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 또는 흐름도 각 단계에서 설명된 기능을 수행하는 인스트럭션 수단을 내포하는 제조 품목을 생산하는 것도 가능하다. 컴퓨터 프로그램 인스트럭션들은 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에 탑재되는 것도 가능하므로, 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비 상에서 일련의 동작 단계들이 수행되어 컴퓨터로 실행되는 프로세스를 생성해서 컴퓨터 또는 기타 프로그램 가능한 데이터 프로세싱 장비를 수행하는 인스트럭션들은 블록도의 각 블록 및 흐름도의 각 단계에서 설명된 기능들을 실행하기 위한 단계들을 제공하는 것도 가능하다.

[0185] 더불어 각 블록 또는 각 단계는 특정된 논리적 기능을 실행하기 위한 하나 이상의 실행 가능한 인스트럭션들을 포함하는 모듈, 세그먼트 또는 코드의 일부를 나타낼 수 있다. 또한 몇 가지 대체 실시 예들에서는 블록들 또는 단계들에서 언급된 기능들이 순서를 벗어나서 발생하는 것도 가능함을 주목해야 한다. 예컨대, 잇달아 도시되어 있는 두 개의 블록들 또는 단계들은 사실 실질적으로 동시에 수행되는 것도 가능하고 또는 그 블록들 또는 단계들이 때때로 해당하는 기능에 따라 역순으로 수행되는 것도 가능하다.

[0187] 이상에서 본 발명에 따른 실시 예들이 설명되었으나, 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명의 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 범위의 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 다음의 청구범위에 의해서 정해져야 할 것이다.

### 부호의 설명

[0189] 210 : 입력부

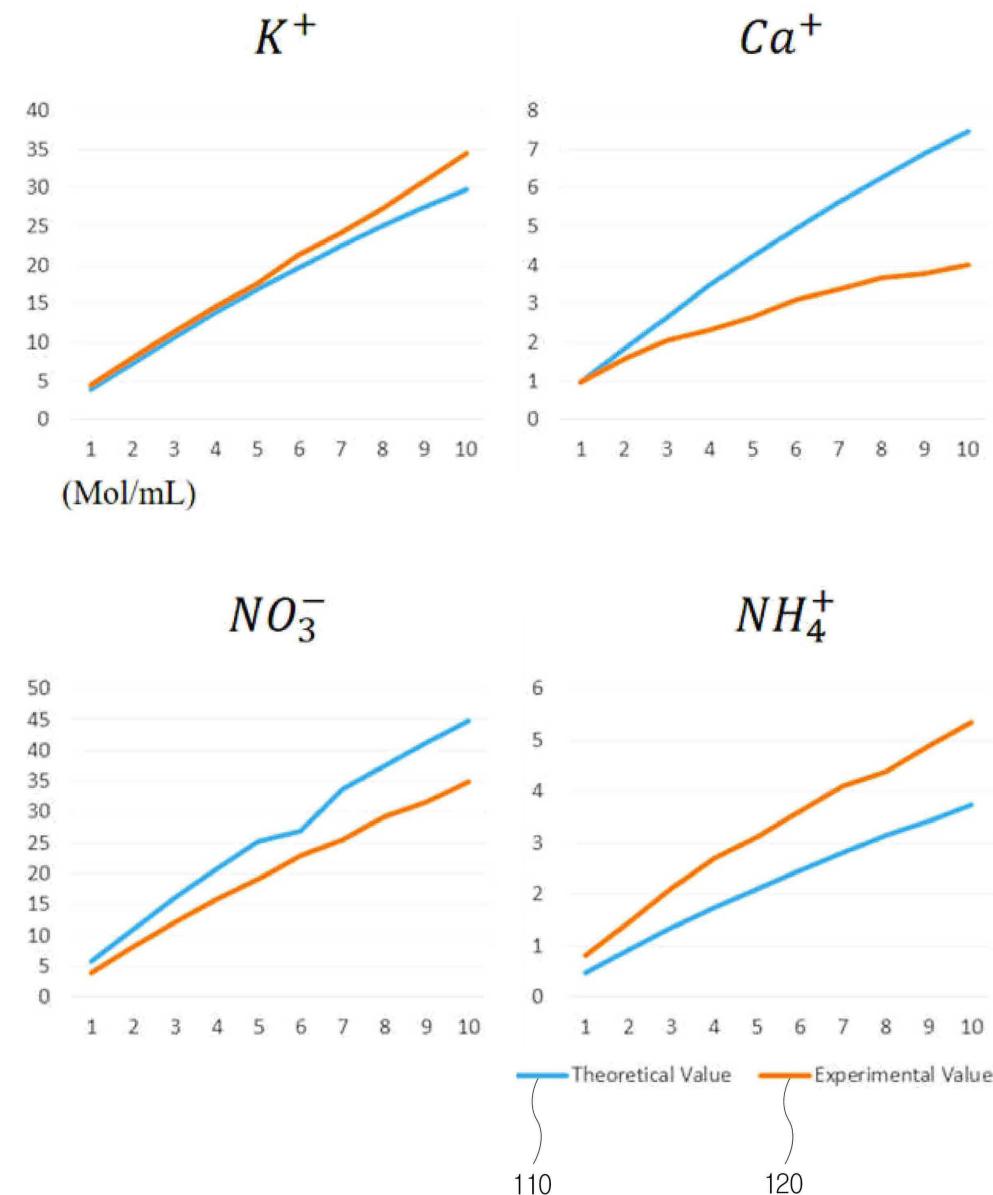
220 : 분석부

230 : 저장부

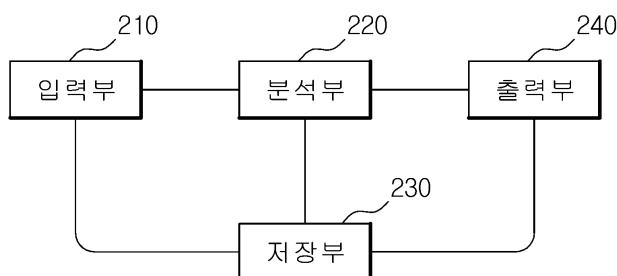
240 : 출력부

## 도면

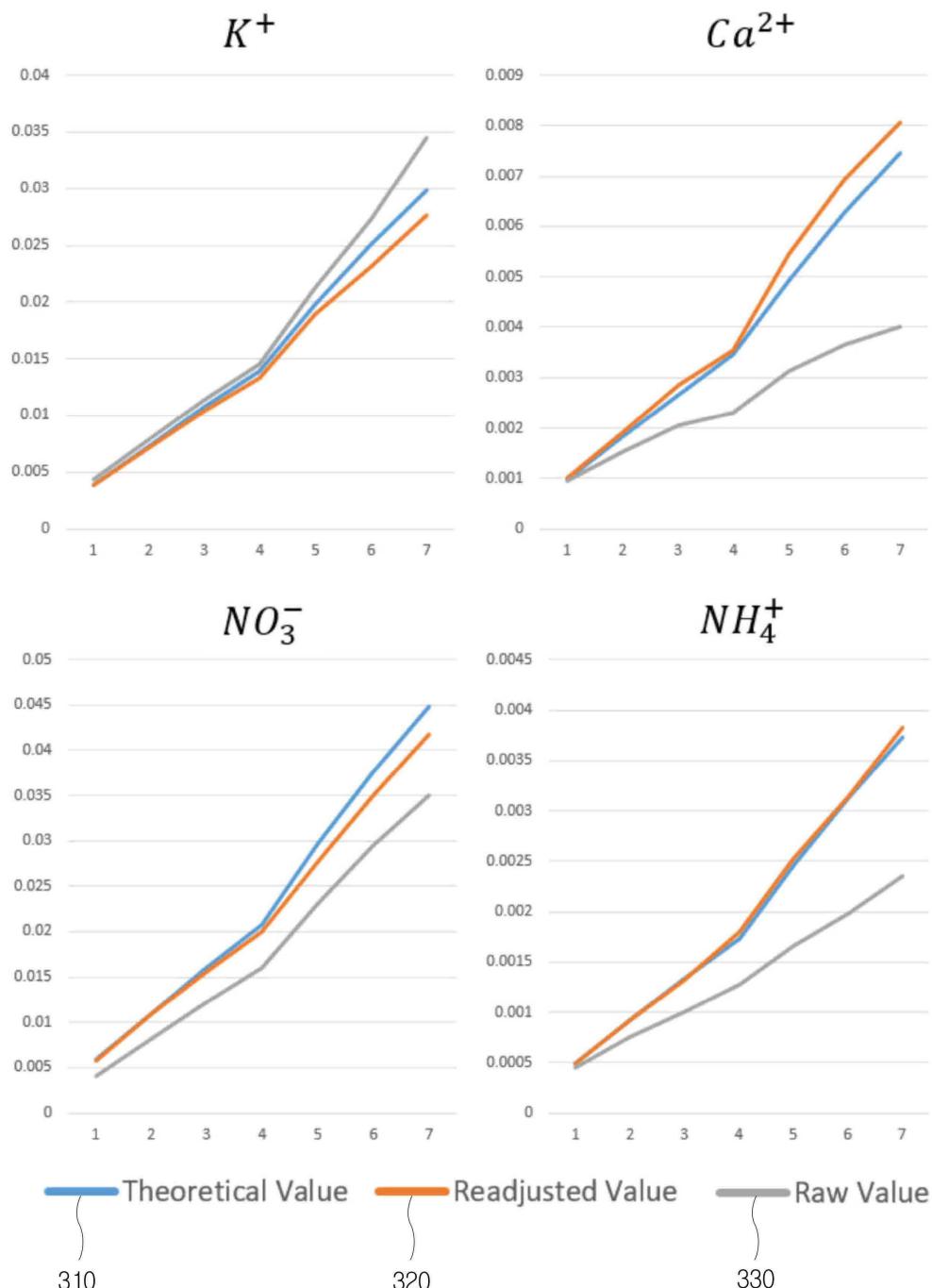
## 도면1



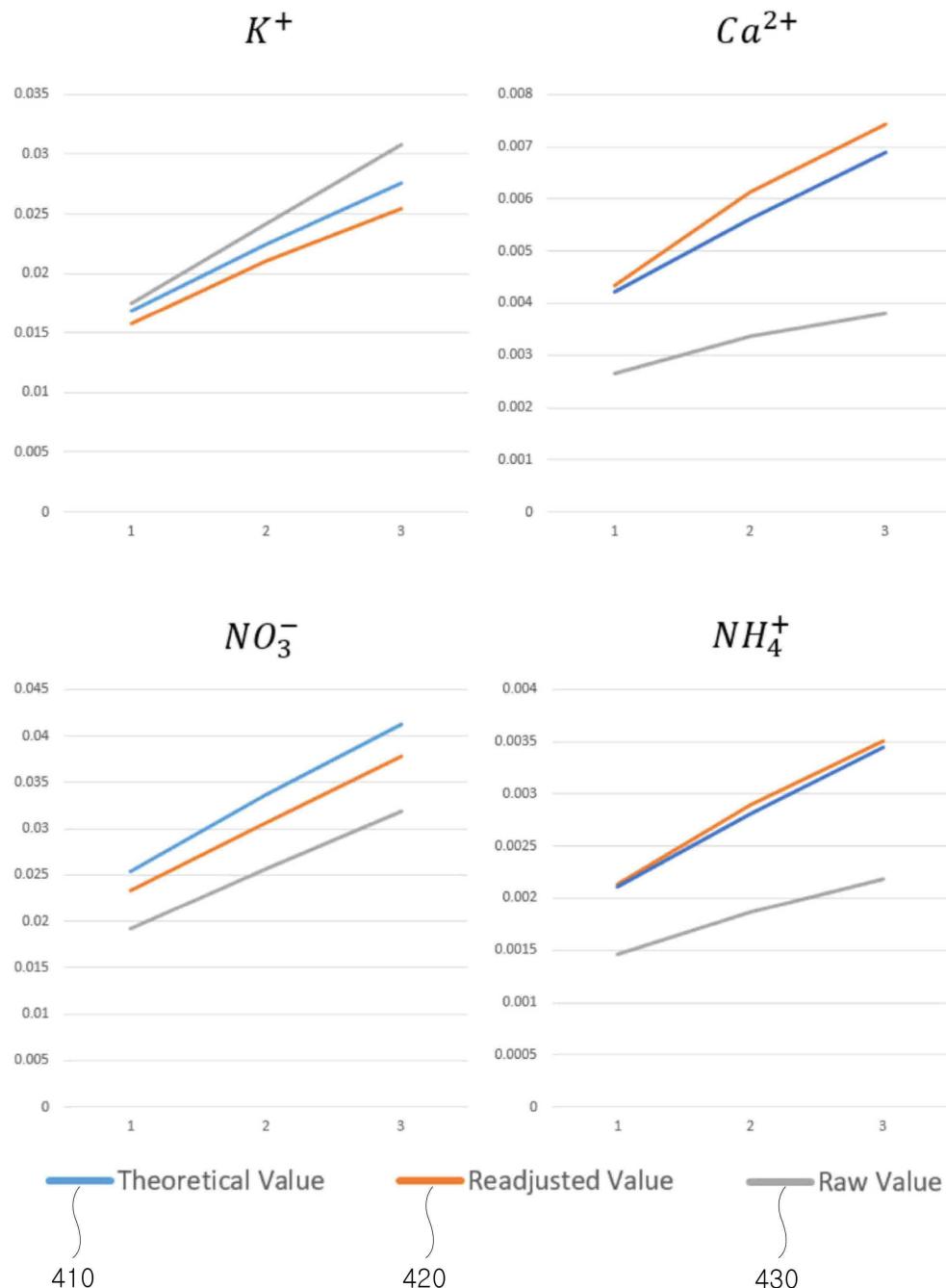
## 도면2

200

## 도면3



## 도면4



도면5

