



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0058821  
(43) 공개일자 2019년05월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 1/28 (2006.01) G01N 21/78 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G01N 1/28 (2013.01)  
G01N 21/78 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-0156124  
(22) 출원일자 2017년11월22일  
심사청구일자 2017년11월22일

(71) 출원인  
한국기술교육대학교 산학협력단  
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한국기술교육대학교내)  
(72) 발명자  
박승경  
경기도 용인시 수지구 탄천상로 6, 203-304호(죽전동, 인현마을힐스테이트7차아파트)  
전효일  
전라북도 김제시 용지면 장신리 350-82  
(74) 대리인  
특허법인(유한) 대아

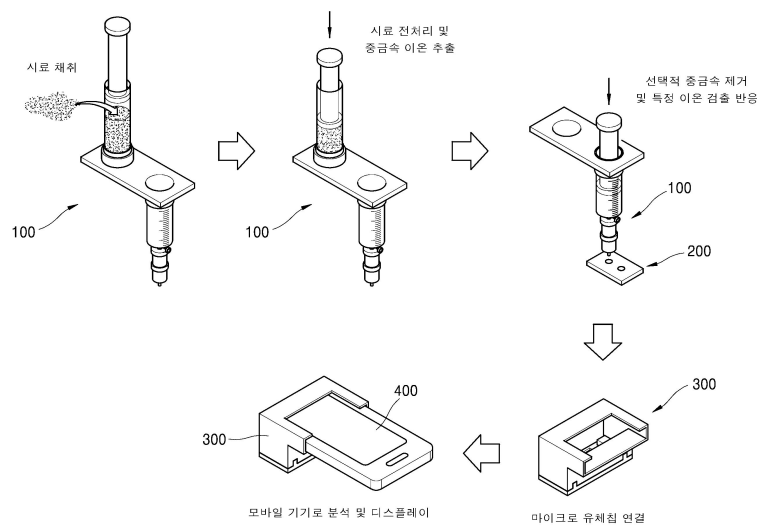
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치, 측정 시스템 및 방법

### (57) 요약

본 발명은 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치, 측정 시스템 및 방법을 제공하며, 본 발명에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치는, 산 처리부, 중화 처리부, 카트리지부, 및 중금속 검출용 혼합물의 색상을 분석함으로써 특정 중금속 이온의 농도를 측정하는 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하며, 이에 의하면, 현장에서 즉각적으로 산 처리 및 고상 추출을 통해 시료로부터 특정 중금속 이온을 추출할 수 있다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

**G01N 33/20** (2019.01)

**G01N 33/24** (2019.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015000540008

부처명 환경부

연구관리전문기관 한국환경산업기술원

연구사업명 토양·지하수오염방지기술개발사업

연구과제명 토양·지하수내중금속오염농도및시공간적분포의현장측정을위한통합모바일시스템개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국기술교육대학교산학협력단

연구기간 2015.07.01 ~ 2018.03.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

채취된 시료 및 산이 수용되어 상기 채취된 시료 중의 중금속 이온을 1차 추출하는 산 처리부;  
 상기 산 처리부와 연결되어 상기 산 처리부로부터의 수용액을 중화시키는 중화 처리부; 및  
 상기 중화 처리부와 연결된 적어도 하나의 카트리지를 포함하여 특정 중금속이온을 2차 추출하는 카트리지부;  
 및  
 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되어 나타나는 색상을 분석함으로써 상기 특정 중금속 이온의 농도를 측정하는 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는,  
 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치.

#### 청구항 2

채취된 시료 및 산이 수용되어 상기 채취된 시료 중의 중금속 이온을 1차 추출하는 산 처리부;  
 상기 산 처리부와 탈부착 가능하고 제1 연결관 및 제1 밸브부를 포함하는 제1 연결부;  
 상기 제1 연결부와 탈부착 가능하고 상기 제1 연결관을 통해 상기 산 처리부로부터의 수용액을 전달받아 중화시키는 중화 처리부; 및  
 상기 중화 처리부와 연결된 적어도 하나의 카트리지를 포함하여 특정 중금속이온을 2차 추출하는 카트리지부;  
 및  
 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되어 나타나는 색상을 분석함으로써 상기 특정 중금속 이온의 농도를 측정하는 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는,  
 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치.

#### 청구항 3

채취된 시료를 산 처리하여 중금속을 1차 추출하고 중화한 후, 적어도 하나의 카트리지를 통해 특정 중금속을 2차 추출하는 휴대용 추출기;  
 중금속 검출용 혼합물을 수용하는 다수 개의 웰을 구비하며 그 중 적어도 어느 하나에 상기 휴대용 추출기로부터 추출된 특정 중금속이 첨가되는 마이크로 유체칩;  
 상기 마이크로 유체칩이 내부에 장착되는 모바일 어댑터;  
 상기 모바일 어댑터에 연결되어 고정되는 모바일 기기를 포함하고,  
 상기 모바일 기기는 상기 특정 중금속이 첨가된 웰에서 일어나는 이온 반응 결과를 이미지로 캡처하여 저장하고, 상기 모바일 기기에 설치된 프로그램에 의해 색에 따른 중금속 이온의 농도가 상기 이미지로부터 추정되는 것을 특징으로 하는,  
 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템.

#### 청구항 4

(a) 채취된 시료가 산으로 전처리 되어 중금속 이온이 1차 추출되는 단계;

- (b) 상기 중금속 이온이 포함된 수용액이 중화되는 단계;
- (c) 중화된 상기 수용액 중에서 선택적으로 일부 이온이 제거되어 특정 중금속 이온이 2차 추출되는 단계;
- (d) 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되는 단계; 및
- (e) 상기 중금속 검출용 혼합물에 나타나는 색상이 분석되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는, 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법.

## 청구항 5

- (a) 채취된 시료가 산으로 전처리되어 중금속 이온이 1차 추출되는 단계;
- (b) 상기 중금속 이온이 포함된 수용액이 중화되는 단계;
- (c) 중화된 상기 수용액이 적어도 하나의 카트리지를 통과하여 특정 중금속 이온이 2차 추출되는 단계;
- (d) 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되는 단계; 및
- (e) 상기 중금속 검출용 혼합물에 나타나는 색상이 분석되는 단계;를 포함하고, 상기 (e) 단계는, 상기 색상이 모바일 기기에 의해 촬영되어 이미지 데이터로 획득되고, 상기 모바일 기기상의 프로그램에 저장된 데이터베이스에 기초하여 상기 이미지 데이터와 대응되는 상기 특정 중금속 이온 농도 데이터가 출력되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법.

## 발명의 설명

### 기술 분야

- [0001] 본 발명은 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치, 측정 시스템 및 방법에 관한 것으로, 더 상세하게는, 산 처리 및 고상 추출(solid phase extraction, SPE)을 통해 시료로부터 특정한 중금속 이온을 추출하고 마이크로 유체칩에 주입한 후, 모바일 기기를 사용하여 토양이 중금속 이온에 의해 오염된 정도를 파악할 수 있도록 구성된 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치, 측정 시스템 및 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 중금속으로 오염된 토양의 처리에 대한 연구는 예전부터 진행되어왔다. 특히, 중금속은 인체에 미치는 영향이 크기 때문에 적절한 처리방법을 적용하여 오염부지를 복원할 필요가 있다. 이에 따라 오염부지의 판별도 중요하며, 이를 위해서 현재는 오염부지로 의심되는 장소에서 토양 시료를 채취하여 연구실에 있는 각종 기구들을 사용하여 함유된 중금속 종류와 양을 분석한다.
- [0003] 이와 같은 전형적인 중금속 이온 검출 방법은 잘 마련되어 있으나, 이는 현장에서 채취한 시료를 대상으로 하여 중금속 이온을 즉각적으로 검출할 수 없다는 점에서 한계가 있다. 특히, 중금속은 주기율표상의 아래쪽에 주로 위치하고 있는 비중 4 이상의 무거운 금속원소인 것으로, 예를 들면, Fe, Pd, Cd, Cu, Ni, Zn, As 등이 있으나, 토양 중에 있는 특정 중금속을 검출 및 분석하기 위해서는 다수의 장치와 처리 방법들이 요구된다.
- [0004] 전형적인 연구실에서의 이온 검출 방법은, 복잡하고 오래 걸리는 채취된 시료의 전처리 단계를 포함한다. 전처리 단계는 연구실에서 각종 화학물질들로 처리한 후, 그 화학물질들과 충분히 반응하도록 보통 하루 정도의 시간이 필요하다.
- [0005] 화학물질들이 반응하도록 하는 데에만 하루 정도의 시간이 필요하지만, 현장에서부터 연구실로 채취된 시료를 이동시킨 후, 실험을 위한 도구들이 사용중일 경우에는 검출 및 분석 실험을 위해 차례를 기다려야 하는 등, 많은 변수들이 존재하여 실질적으로 일주일 넘게 걸릴 수도 있다.
- [0006] 이에 따라, 많은 시간뿐만 아니라 인력도 필요하므로, 광범위한 장소에 대해 토양 오염의 정도를 조사할 경우에

이러한 방법은 매우 비효율적이다.

- [0007] 현재 사용되는 검출 방법의 예시로서는 ICP MS(inductively coupled plasma mass spectrometry), HG AAS(hydride generation atomic absorption spectroscopy), 및 AFS(atomic fluorescence spectroscopy)가 있다. 상기 방법들은 정확성, 신뢰도, 및 민감도에 있어 모두 양호한 기능을 가지나, 숙련된 전문가가 요구되며, 분석하는 데에 많은 시간 및 비용이 든다는 단점들이 있다.
- [0008] 최근에는 이러한 단점을 보완하는 방법으로, 크로모제닉 에이전트(chromogenic agent) 기반의 스펙트로포토미터(spectrophotometer)가 개발되었다. 그러나 이러한 방법은 형성된 크로모제닉 콤플렉스(chromogenic complex)에 안정성 문제가 있으며, 지속적인 전력이 요구되므로, 자원, 전문인력 등이 부족한 나라에서 사용되기에는 적합하지 않다.
- [0009] 중금속은 인체에 해로운 영향을 미치는 것으로, 검출 실험을 통해 최대한 빠르게 발견하여 정화 작업을 시작하는 것이 바람직하다. 이에 따라, 더 즉각적인 검출을 위해 휴대가능한 센서들이 광학적, 화학적 및 생물학적 원리에 기초하여 개발되었다. 그러나, 이러한 센서들은 독성을 갖는 반응성 물질들을 사용하며, 작은 농도의 중금속을 검출할 경우에는 거짓된 결과를 보인다는 문제점들이 있다.
- [0010] 또한, 중금속 검출 방법에 사용되는 장치에 관한 종래기술의 한 예로서는 국내공개특허 제10-2013-0067511호가 있다. 국내공개특허 제10-2013-0067511호는 토양의 중금속 분석을 위한 자동 일체형 전처리장치에 관한 것으로, 조작이 간단하여 비숙련자들도 별다른 어려움 없이 쉽게 조작할 수 있는 토양의 중금속분석을 위한 장치를 제공한다.
- [0011] 그러나, 이와 같은 장치는 여전히 시료의 채취에 따른 즉각적인 전처리 작업이 불가능한 것으로, 검출 분석 결과를 얻기 위해서는 여전히 많은 시간이 걸리며, 비효율적이다. 또한, 이와 같은 장치에 의해서는 특정한 중금속 이온을 검출 및 분석할 수 없다.
- [0012] 따라서, 현재는 신속하게 현장에서 즉각적으로 정확한 중금속 검출 데이터를 얻을 수 있는 장치, 시스템 및 방법이 필요한 실정이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0013] (특허문헌 0001) KR 10-2013-0067511 A

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0014] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명은 시료로부터 산 처리 및 고상 추출(solid phase extraction, SPE)을 통해 특정한 중금속 이온을 추출하여 마이크로 유체칩에 주입한 후, 모바일 기기를 사용하여 토양이 중금속 이온에 의해 오염된 정도를 파악할 수 있도록 구성된 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치, 측정 시스템 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

- [0015] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치는, 채취된 시료 및 산이 수용되어 상기 채취된 시료 중의 중금속 이온을 1차 추출하는 산 처리부; 상기 산 처리부와 연결되어 상기 산 처리부로부터의 수용액을 중화시키는 중화 처리부; 및 상기 중화 처리부와 연결된 적어도 하나의 카트리지를 포함하여 특정 중금속 이온을 2차 추출하는 카트리지부; 및 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되어 나타나는 색상을 분석함으로써 상기 특정 중금속 이온의 농도를 측정하는 분석부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치는 채취된 시료 및 산이 수용되어 상기 채취된 시료 중의 중금속 이온을 1차 추출하는 산

처리부; 상기 산 처리부와 탈부착 가능하고 제1 연결관 및 제1 밸브부를 포함하는 제1 연결부; 상기 제1 연결부와 탈부착 가능하고 상기 제1 연결관을 통해 상기 산 처리부로부터의 수용액을 전달받아 중화시키는 중화 처리부; 및 상기 중화 처리부와 연결된 적어도 하나의 카트리지를 포함하여 특정 중금속 이온을 2차 추출하는 카트리지부; 및 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되어 나타나는 색상을 분석함으로써 상기 특정 중금속 이온의 농도를 측정하는 분석부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템은, 채취된 시료를 산 처리하여 중금속 이온을 1차 추출하고 중화한 후, 적어도 하나의 카트리지를 통해 특정 중금속 이온을 2차 추출하는 휴대용 추출기; 중금속 검출용 혼합물을 수용하는 다수 개의 웰을 구비하며 그 중 적어도 어느 하나에 상기 휴대용 추출기로부터 추출된 특정 중금속 이온이 첨가되는 마이크로 유체칩; 상기 마이크로 유체칩이 내부에 장착되는 모바일 어댑터; 상기 모바일 어댑터에 연결되어 고정되는 모바일 기기를 포함하고, 상기 모바일 기기는 상기 특정 중금속 이온이 첨가된 웰에서 일어나는 이온 반응 결과를 이미지로 캡처하여 저장하고, 상기 모바일 기기에 설치된 프로그램에 의해 색에 따른 중금속 이온의 농도가 상기 이미지로부터 추정되는 것을 특징으로 한다.

[0018] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법은, (a) 채취된 시료가 산으로 전처리 되어 중금속 이온이 1차 추출되는 단계; (b) 상기 중금속 이온이 포함된 수용액이 중화되는 단계; (c) 중화된 상기 수용액 중에서 선택적으로 일부 이온이 제거되어 특정 중금속 이온이 2차 추출되는 단계; (d) 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되는 단계; 및 (e) 상기 중금속 검출용 혼합물에 나타나는 색상이 분석되는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0019] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법은, (a) 채취된 시료가 산으로 전처리되어 중금속 이온이 1차 추출되는 단계; (b) 상기 중금속 이온이 포함된 수용액이 중화되는 단계; (c) 중화된 상기 수용액이 적어도 하나의 카트리지를 통과하여 특정 중금속 이온이 2차 추출되는 단계; (d) 상기 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되는 단계; 및 (e) 상기 중금속 검출용 혼합물에 나타나는 색상이 분석되는 단계;를 포함하고, 상기 (e) 단계는, 상기 색상이 모바일 기기에 의해 촬영되어 이미지 데이터로 획득되고, 상기 모바일 기기상의 프로그램에 저장된 데이터베이스에 기초하여 상기 이미지 데이터와 대응되는 상기 특정 중금속 이온 농도 데이터가 출력되는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0020] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 첨부 도면들에 포함되어 있다.

[0021] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

## 발명의 효과

[0022] 이상에서 살펴본 바와 같이, 본 발명에 의한 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치에 의하면, 현장에서 즉각적으로 산 처리 및 고상 추출을 통해 시료로부터 특정 중금속 이온을 추출할 수 있다.

[0023] 또한, 간섭 이온(interfering ions)을 제거하여 특정 중금속 이온의 농도를 측정함으로써, 측정 결과의 정확성을 향상시킬 수 있다.

[0024] 또한, 1주일 내지 2주가 걸렸던 기존의 검출 장치, 시스템 및 방법과 달리, 본 발명에 의하면, 3시간 안에도 특정한 중금속 이온에 대한 측정 결과를 얻을 수 있어, 광범위한 지역을 조사하는 데에 시간을 단축할 수 있으며, 이에 따라 후속되는 작업으로서 빠른 정화 조치를 취할 수 있다.

[0025] 또한, 카트리지 교체를 통해 측정하고자 하는 중금속의 종류를 결정할 수 있어, 짧은 시간 내에 다양한 중금속 이온에 의한 토양 오염 정도 각각을 측정할 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치의 주요 구성을 설명하기 위한 정면도이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치의 주요 구성을 설명하기 위한 정면도이다.
- 도 3은 도 2의 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치의 휴대용 추출기를 사용한 측정 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템의 마이크로 유체칩을 설명하기 위한 사시도이다.
- 도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템의 모바일 어댑터를 설명하기 위한 분해 사시도이다.
- 도 6a 및 6b는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템의 모바일 기기상에서의 응용 프로그램의 화면을 나타내는 도면이다.
- 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법의 주요 구성을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 8은 도 7의 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법 중 세부 단계들을 설명하기 위한 흐름도이다.
- 도 9a 및 9b는 본 발명의 바람직한 일 실험예에서 토양 실험 중의 납의 추출 효율을 설명하기 위한 도표이다.
- 도 10a 및 10b는 본 발명의 바람직한 일 실험예에서 소정 농도 및 크기의 AuNP(금 나노입자)에 대해 최적화된 NaCl 농도를 결정하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 11a 및 11b는 도 10a 및 10b에 도시된 단계에서 결정된 NaCl 농도에 대해 최적화된 앵터머(aptamer) 농도를 결정하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 12는 도 10a 내지 도 11b의 단계에서 결정된 최적화된 NaCl 농도와 이에 대해 최적화된 앵터머 농도에 대해 비소(Arsenic)의 농도별 색 변화를 나타낸 도면이다.
- 도 13은 도 12에 도시된 실험예를 3중으로 수행한 결과를 나타낸 도면이다.
- 도 14는 서로 다른 농도의 비소를 포함하는 토양 시료들에 대해 본 발명의 바람직한 실험예의 결과로서 비소의 농도별 색을 나타낸 도면이다.
- 도 15는 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법 중 모바일 기기로 중금속 이온의 농도별 표준이 되는 색을 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 16은 도 13에 도시된 3중의 실험 결과에서 비소의 농도별로 변화되는 색에 포함된 시안(cyan) 색깔의 강도(intensity)와 비소의 농도의 상관관계를 나타낸 도표이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명을 상세하게 설명하기 전에, 본 명세서에서 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 무조건 한정하여 해석되어서는 아니되며, 본 발명의 발명자가 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해서 각종 용어의 개념을 적절하게 정의하여 사용할 수 있고, 더 나아가 이들 용어나 단어는 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야 함을 알아야 한다.
- [0028] 즉, 본 명세서에서 사용된 용어는 본 발명의 바람직한 실시예를 설명하기 위해서 사용되는 것일 뿐이고, 본 발명의 내용을 구체적으로 한정하려는 의도로 사용된 것이 아니며, 이들 용어는 본 발명의 여러 가지 가능성을 고려하여 정의된 용어임을 알아야 한다.
- [0029] 또한, 본 명세서에 있어서, 단수의 표현은 문맥상 명확하게 다른 의미로 지시하지 않는 이상, 복수의 표현을 포함할 수 있으며, 유사하게 복수로 표현되어 있다고 하더라도 단수의 의미를 포함할 수 있음을 알아야 한다.
- [0030] 본 명세서의 전체에 걸쳐서 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소를 "포함"한다고 기재하는 경우에는, 특별히 반대되는 의미의 기재가 없는 한 임의의 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 임의의 다른 구성 요소를 더 포함할 수도 있다는 것을 의미할 수 있다.



- [0031] 더 나아가서, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소의 "내부에 존재하거나, 연결되어 설치된다"고 기재한 경우에는, 이 구성 요소가 다른 구성 요소와 직접적으로 연결되어 있거나 접촉하여 설치되어 있을 수 있고, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있을 수도 있으며, 일정한 거리를 두고 이격되어 설치되어 있는 경우에 대해서는 해당 구성 요소를 다른 구성 요소에 고정 내지 연결시키기 위한 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재할 수 있으며, 이 제 3의 구성 요소 또는 수단에 대한 설명은 생략될 수도 있음을 알아야 한다.
- [0032] 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결"되어 있다거나, 또는 "직접 접속"되어 있다고 기재되는 경우에는, 제 3의 구성 요소 또는 수단이 존재하지 않는 것으로 이해하여야 한다.
- [0033] 마찬가지로, 각 구성 요소 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 " ~ 사이에"와 "바로 ~ 사이에", 또는 " ~ 에 이웃하는"과 " ~ 에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 취지를 가지고 있는 것으로 해석되어야 한다.
- [0034] 또한, 본 명세서에 있어서 "일면", "타면", "일측", "타측", "제 1", "제 2" 등의 용어는, 사용된다면, 하나의 구성 요소에 대해서 이 하나의 구성 요소가 다른 구성 요소로부터 명확하게 구별될 수 있도록 하기 위해서 사용되며, 이와 같은 용어에 의해서 해당 구성 요소의 의미가 제한적으로 사용되는 것은 아님을 알아야 한다.
- [0035] 또한, 본 명세서에서 "상", "하", "좌", "우" 등의 위치와 관련된 용어는, 사용된다면, 해당 구성 요소에 대해서 해당 도면에서의 상대적인 위치를 나타내고 있는 것으로 이해하여야 하며, 이들의 위치에 대해서 절대적인 위치를 특정하지 않는 이상은, 이들 위치 관련 용어가 절대적인 위치를 언급하고 있는 것으로 이해하여서는 아니된다.
- [0036] 더욱이, 본 발명의 명세서에서는, "…부", "…기", "모듈", "장치" 등의 용어는, 사용된다면, 하나 이상의 기능이나 동작을 처리할 수 있는 단위를 의미하며, 이는 하드웨어 또는 소프트웨어, 또는 하드웨어와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있음을 알아야 한다.
- [0037] 또한, 본 명세서에서는 각 도면의 각 구성 요소에 대해서 그 도면 부호를 명기함에 있어서, 동일한 구성 요소에 대해서는 이 구성 요소가 비록 다른 도면에 표시되더라도 동일한 도면 부호를 가지고 있도록, 즉 명세서 전체에 걸쳐 동일한 참조 부호는 동일한 구성 요소를 지시하고 있다.
- [0038] 본 명세서에 첨부된 도면에서 본 발명을 구성하는 각 구성 요소의 크기, 위치, 결합 관계 등은 본 발명의 사상을 충분히 명확하게 전달할 수 있도록 하기 위해서 또는 설명의 편의를 위해서 일부 과장 또는 축소되거나 생략되어 기술되어 있을 수 있고, 따라서 그 비례나 축척은 엄밀하지 않을 수 있다.
- [0039] 또한, 이하에서, 본 발명을 설명함에 있어서, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 구성, 예를 들어, 종래 기술을 포함하는 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략될 수도 있다.
- [0040] 이하, 본 발명을 실시예에 의해 상세히 설명하기로 한다. 그러나 이들 실시예 및 실험예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예 및 실험예에 한정되는 것은 아니다.
- [0041] 본 발명에서 사용되는 모든 기술용어는, 달리 정의되지 않는 이상, 본 발명의 관련 분야에서 통상의 당업자가 일반적으로 이해하는 바와 같은 의미로 사용된다. 또한, 본 명세서에는 바람직한 방법이나 시료가 기재되나, 이와 유사하거나 동등한 것들도 본 발명의 범주에 포함된다.
- [0042] 특히, 본 발명에서 "시료"라 함은, 원시료(original sample) 전체 또는 임의의 부분을 지칭한다.
- [0043] 본 발명의 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치, 측정 시스템 및 방법은 더욱 간편하게 이동중에도 휴대용 추출기와 모바일 기기만으로도 토양의 시료 내에 있는 중금속 이온을 검출할 수 있도록 구성된 것으로, 토양에 포함된 중금속 이온을 추출하기 위해서 이온 추출용 산이 사용되고, 중금속 이온을 검출하기 위해서 이온 검출용 금 나노입자, 앵터머, 및 염이 사용된다.
- [0044] 시료는 토양 시료로서 다양한 지역으로부터 수집될 수 있으며, 하나 이상의 시료준비절차 및 분석절차를 통해 시료 내의 중금속 이온의 검출 방법이 진행될 수 있다.
- [0045] 먼저, 도 1을 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치를 설명한다. 도 1은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치의 주요 구성을 설명하기 위한 정면도이다.
- [0046] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치는 산 처리부(110), 제1 연결부(120), 중화 처리부(130), 제2 연결부(140), 카트리지부(150), 및 분석부(미도시)를 포함한다.



- [0047] 여기서 산 처리부(110), 제1 연결부(120), 중화 처리부(130), 제2 연결부(140), 및 카트리지부(150)는 하나의 결합체로서 휴대용 추출기(100)를 구성할 수 있다.
- [0048] 산 처리부(110)는 중금속 이온 추출용 산을 수용하여, 채취된 토양 시료가 투입됨에 따라 시료로부터 중금속 이온이 추출(1차 추출)될 수 있도록 구성된 것으로, 제1 푸셔부(111), 제1 푸셔부 하부(112), 제1 수용부(113), 필터 수용부(114), 및 여과부(115)를 포함할 수 있다.
- [0049] 중금속 이온 추출용 산이 제1 수용부(113)에 수용된 상태에서 시료가 투입될 수 있으며, 시료의 산 처리 반응 후 제1 푸셔부(111)가 하강하고 제1 푸셔부 하부(112)가 제1 수용부(113)의 내측 벽에 밀착하여 시료를 압착할 수 있다.
- [0050] 이에 따라 중금속 이온이 포함된 수용액이 필터 수용부(114) 내에 안착된 여과부(115)를 통과하여 시료로부터 수용액이 분리될 수 있다. 중금속 이온이 포함된 수용액은 제1 연결부(120)를 통해 중화 처리부(130)로 전달될 수 있다.
- [0051] 제1 연결부(120)는 제1 연결관(121) 및 제1 밸브부(122)를 포함할 수 있으며, 제1 밸브부(122)가 개방된 상태에서 수용액이 중화 처리부(130)로 전달될 수 있다. 산 처리 반응 시에는 제1 밸브부(122)가 폐쇄된 것이 바람직하다. 제1 밸브부(122)는 관 형태의 제1 연결관(121)을 개폐할 수 있는 것으로, 그 형태나 종류는 어느 하나로 한정되지 않는다.
- [0052] 중화 처리부(130)는 제1 연결관(121)을 통해 전달된 중금속 이온이 포함된 수용액을 수용할 수 있는 제2 수용부(133)를 포함한다. 제2 수용부(133)에는 염기성 물질, 예를 들면 수산화 나트륨이 수용될 수 있으며, 산 처리된 수용액은 이와 같은 염기성 물질과 혼합되어 중화 반응이 진행될 수 있다.
- [0053] 본 발명의 바람직한 일 실시예에서 중화 처리부(130)의 제2 수용부(133)는 기설정된 양의 염기성 물질을 수용하는 일회용 컵, 용기, 캡슐, 등과 같은 구성일 수 있으며, 채워지는 용량을 표시하는 눈금과 같은 기준선을 포함할 수도 있다. 기준선이 표시됨으로써 제1 밸브부(122)를 이용하여 제1 연결관(121)을 통해 전달되는 수용액의 양을 정확하게 조절하여 염기성 물질과의 중화 반응을 조절할 수 있다.
- [0054] 중화 처리부(130)는 제2 푸셔부(131) 제2 수용부(133)의 내측 벽에 밀착하는 제2 푸셔부 하부(132)를 더 포함하여, 제2 푸셔부(131)가 하강함에 따라 중화된 수용액이 카트리지부(150) 측으로 전달될 수 있다. 제2 푸셔부 하부(132) 및 제1 푸셔부 하부(112)는 모두 고무 링, 실링, 패킹, 실리콘 마개, 등과 같은 구성으로 형성된 것이 바람직하다. 이에 따라 제2 수용부(133) 및 제1 수용부(113)의 내용물이 각각 제1 연결부(120) 및 제2 연결부(140) 측으로 용이하게 밀려서 전달될 수 있다.
- [0055] 다른 일 실시예에서 제1 푸셔부(111) 및/또는 제2 푸셔부(131)는 하강하는 것이 아닌 다른 방식으로 이동되어 각각 제1 수용부(113) 및 제2 수용부(133)에 수용된 내용물을 배출시킬 수 있으며, 어느 한 형태로 한정되지 않는다.
- [0056] 중화 처리부(130)는 제2 연결부(140)와 연결되어 카트리지부(150)로 중화된 수용액이 전달될 수 있다. 제2 연결부(140)는 제2 연결관(141) 및 제2 연결관(141)에 구비된 제2 밸브부(142)를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0057] 중화 처리부(130)에서 중화 반응이 진행될 시에는 제2 밸브부(142)가 폐쇄된 것이 바람직하며, 이후에 카트리지부(150)로 수용액이 전달될 시에는 제2 밸브부(142)가 개방되는 것이 바람직하다. 제2 밸브부(142)가 개방될 경우, 제2 푸셔부(131)의 압박에 의해 수용액이 원활하게 카트리지부(150)로 전달되거나, 제2 밸브부(142)의 개방된 정도에 따라 중력에 의해 자연스럽게 카트리지부(150)로 수용액이 공급될 수 있다.
- [0058] 제1 밸브부(122) 및 제2 밸브부(142)는 자동화된 밸브일 수 있으며, 다른 일 실시예에서는 제1 연결관(121) 및 제2 연결관(141)이 생략되고 제1 밸브부(122) 및 제2 밸브부(142)에 의해 산 처리부(110), 중화 처리부(130) 및 카트리지부(150) 간의 개폐가 조절될 수도 있다.
- [0059] 카트리지부(150)는 적어도 하나의 카트리지를 포함하는 것이 바람직하며, 카트리는 중화된 수용액으로부터 제거하고자 하는 이온의 종류에 따라 결정되는 것이 바람직하다.
- [0060] 본 발명의 바람직한 일 실시예에서 카트리지부(150)는 제1 카트리지(151), 카트리지 연결부(152), 제2 카트리지(153), 및 주입부(154)를 포함할 수 있다. 카트리지 연결부(152)는 제1 카트리지(151) 및 제2 카트리지(153)를 연결하는 것으로, 각각의 카트리지(151, 153)가 탈착 가능하도록 구성된 것이 바람직하다.
- [0061] 제1 카트리지(151) 및 제2 카트리지(153)는 수용액으로부터 선택적으로 일부 이온들을 제거하는 고상 추출(SPE)

카트리지들인 것이 바람직하다. 이와 같은 카트리지들을 통과한 수용액에는 특정 중금속 이온만이 함유된 수용액이 추출될 수 있다(2차 추출).

- [0062] 예를 들면, 검출하고자 하는 특정 중금속 이온이 비소(III)인 경우에는 제1 카트리지(151)는 SCX(strong cation exchange sorbent) 카트리지 또는 IC-Na (ion chromatography- cation replacing sodium) 카트리지일 수 있으며, 제2 카트리지(153)는 SAX(strong anion exchange sorbent) 카트리지일 수 있다.
- [0063] SCX 카트리지는 수용액으로부터  $As^{3+}$  및  $As^{5+}$ 를 통과시키고, Pb, Fe, Ni, Co, Cd, Zn, Cl 등의 이온들을 제거할 수 있다. SAX 카트리지는  $As^{3+}$  및  $As^{5+}$ 이 함유된 수용액으로부터  $As^{3+}$ 를 통과시키고  $As^{5+}$ 를 제거하여 결국  $As^{3+}$ 라는 특정 중금속 이온의 농도를 용이하게 측정할 수 있다.
- [0064] 특히, 특정 중금속 이온의 농도를 측정할 때, 다른 이온들이 수용액에 포함될 경우, 다른 이온들은 측정 결과의 정확도에 영향을 미칠 수 있다. 이에 따라 본 발명의 카트리지부(150)를 통한 다른 이온들의 제거는 특정 중금속 이온의 농도를 더욱 정확하게 측정할 수 있게 한다.
- [0065] 카트리지부(150)를 통과한 특정 중금속 이온은 이후에 분석부에서 분석됨으로써 농도가 측정된다. 여기서 분석부는 상기 특정 중금속 이온과 중금속 검출용 혼합물을 수용할 수 있는 부분, 특정 중금속 이온과 중금속 검출용 혼합물이 혼합됐을 때 띠는 색상의 이미지 데이터를 획득하는 촬영 부분, 및 이미지 데이터로부터의 색상을 분석하여 농도를 판단하는 프로세서 부분을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0066] 즉, 분석부는 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되면서 나타나는 색상을 분석함으로써 특정 중금속 이온의 농도를 측정할 수 있도록 구성된 것이 바람직하다.
- [0067] 도 2를 더 참조하여 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치를 설명한다. 도 2는 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정리를 위한 전처리 장치의 주요 구성을 설명하기 위한 정면도이다.
- [0068] 도 2에 도시된 바와 같은 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치의 제1 연결부(120)를 제외한 다른 구성요소들은 도 1에 도시된 바와 같은 본 발명의 바람직한 일 실시예와 동일할 수 있다.
- [0069] 본 발명의 다른 바람직한 일 실시예에서 제1 연결부(120)는 산 처리부(110) 및 중화 처리부(130)를 용이하게 탈부착할 수 있도록 구성될 수 있다. 제1 연결부(120)는 안착부(123) 및 고정부(124)를 더 포함할 수 있다.
- [0070] 안착부(123)에는 산 처리부(110)가 밀착하여 안착될 수 있으며, 산 처리부(110)로부터 산 처리된 수용액이 제1 연결관(121)을 통과한 후, 고정부(124)에 고정된 중화 처리부(130)로 전달될 수 있다.
- [0071] 제1 연결부(120)는 도 1과 같이 중화 처리부(130)와 일체형으로 구성될 수 있으나, 도 2와 같이 탈부착 가능한 형태로 구성될 수도 있다. 본 발명의 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치의 각각의 구성들의 형태와 크기는 어느 한 가지로 한정되지 않는다.
- [0072] 다음은 도 3을 더 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템을 설명한다. 도 3은 도 2의 특정 토양 중금속 오염 현장 측정을 위한 전처리 장치의 휴대용 추출기를 사용한 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0073] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템은 휴대용 추출기(100), 마이크로 유체칩(200), 모바일 어댑터(300), 및 모바일 기기(400)를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0074] 휴대용 추출기(100)는 상술된 바와 같은 산 처리부(110), 중화 처리부(130), 및 카트리지부(150)를 포함할 수 있다. 휴대용 추출기(100)는 채취된 시료를 산 처리하여 중금속을 1차 추출하고 중화한 후, 적어도 하나의 카트리지를 통해 특정 중금속을 2차 추출하는 것이 바람직하다.
- [0075] 도 3에 도시된 바와 같이, 시료가 채취되어 휴대용 추출기(100)에서 산 처리되어 중금속 이온이 추출되고 중화 처리 및 카트리지를 통과하면서 선택적으로 중금속 이온들이 제거되고 특정 이온만이 마이크로 유체칩(200)에서 검출될 수 있다.
- [0076] 마이크로 유체칩(200)은 중금속 검출용 혼합물을 수용하는 다수 개의 웰을 구비하며 그 중 적어도 어느 하나에 휴대용 추출기(100)로부터 추출된 특정 중금속이 첨가되는 것이 바람직하다.

- [0077] 모바일 어댑터(300)는 마이크로 유체칩(200)이 내부에 장착되도록 구성된 것이 바람직하며, 모바일 기기(400)는 모바일 어댑터에 연결되어 고정되는 것이 바람직하다.
- [0078] 모바일 기기(400)는 특정 중금속이 첨가된 웰에서 일어나는 이온 반응 결과를 이미지로 캡처하여 저장하고, 모바일 기기(400)에 설치된 프로그램에 의해 색에 따른 중금속 이온의 농도가 이미지로부터 추정되는 것이 바람직하다.
- [0079] 도 4를 더 참조하여 마이크로 유체칩(200) 상세하게 설명한다. 도 4는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템의 마이크로 유체칩을 설명하기 위한 사시도이다.
- [0080] 마이크로 유체칩(200)은 도 4에 도시된 바와 같이, 고분자 플레이트(210), 고분자 플레이트(220)에 연결된 중간 플레이트(220), 및 중간 플레이트(220)에 연결된 지지 플레이트(230)를 포함하는 것이 바람직하다. 고분자 플레이트(220)는 다수 개의 웰이 구비되도록 형성된 것으로, PDMS(polydimethylsiloxane)으로 형성될 수 있다. 고분자 플레이트(220)를 형성하는 방법으로 예를 들면, 모노머와 경화제를 1:10 비율로 하여 혼합하고, 진공 상태에서 기포를 제거한 후 틀이 마련된 중간 플레이트(220)상에 부어서 모양을 굳힐 수 있다. 이때 중간 플레이트(220)는 유리 재질인 것이 바람직하며, 틀은 단순히 중간 플레이트(220) 테두리에 부착한 테이프와 같은 부재일 수 있다.
- [0081] 고분자 플레이트(220)가 중간 플레이트(220) 상에서 굳혀진 후, 다수 개의 웰이 구비되도록 고분자 플레이트(220)를 통공하는 것이 바람직하다. 본 발명의 바람직한 일 실시예에서는 적어도 두 개의 웰, 제1 웰(211) 및 제2 웰(212)이 설명되나, 웰의 개수는 어느 개수로 한정되지 않는다. 각각의 웰의 직경은 8mm인 것이 바람직하다.
- [0082] 고분자 플레이트(220)가 통공된 후 중간 플레이트(220)의 일 측에 접착되어 고정되는 것이 바람직하며, 중간 플레이트(220)의 타 측에는 지지 플레이트(230)가 연결되는 것이 바람직하다. 여기서 지지 플레이트(230)는 스티로폼 테이프인 것이 바람직하며, 지지 플레이트(230)가 중간 플레이트(220) 및 고분자 플레이트(220)와 연결됨으로써 내구성이 향상되면서 외부 충격을 더 양호하게 흡수할 수 있게 된다.
- [0083] 이와 같은 마이크로 유체칩(200)의 제1 웰(211) 및 제2 웰(212)은 모두 앵터머, AuNP, 및 계면활성제를 수용하는 것이 바람직하다. 제1 웰(211) 및 제2 웰(212) 중 하나는 통제 샘플(control sample)로 사용하고 다른 하나는 주입부(130)로부터 배출되는 중금속 이온과 혼합되어 반응을 관찰하는 데에 사용할 수 있다. 이에 따라 마이크로 유체칩(200)에 의해 중금속 이온의 유무에 따른 색깔 차이가 확실하게 비교될 수 있다.
- [0084] 이와 같은 마이크로 유체칩(200)의 정확한 검출 반응의 관찰을 위해, 마이크로 유체칩(200)은 모바일 어댑터(300)에 장착되어 모바일 기기(400)를 사용하여 분석된다.
- [0085] 모바일 어댑터(300)는 도 5를 더 참조하여 상세하게 설명한다. 도 5는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템의 모바일 어댑터(300)를 설명하기 위한 분해 사시도이다.
- [0086] 도 5에 도시된 바와 같이, 모바일 어댑터(300)는 모바일 기기(400)와 연결될 수 있도록 형성된 기기 연결부(310), 기기 연결부(310)로부터 연장형성된 몸체부(320), 및 마이크로 유체칩(200)이 장착되는 유체칩 연결부(330)를 포함한다.
- [0087] 기기 연결부(310)는 모바일 기기(400)의 상측을 지지하는 상부 지지부(311)와 모바일 기기(400)의 하측을 지지하는 하부 지지부(312)를 구비하여 모바일 기기(400)가 상부 지지부(311) 및 하부 지지부(312) 사이에 삽입되어 고정될 수 있도록 형성된 것이 바람직하다. 기기 연결부(310)는 사용되는 모바일 기기(400)의 크기에 맞게 제작될 수 있으며, 다른 일 실시예에서 기기 연결부(310)는 모바일 기기(400)의 크기에 따라 다양하게 변형되어 모바일 기기(400)를 파지함으로써 고정할 수 있도록 구성될 수도 있다.
- [0088] 몸체부(320)는 기기 연결부(310)로부터 하방 연장형성된 것으로, 실질적으로 모바일 기기(400)로 마이크로 유체칩(200)의 사진을 매번 일정한 조도 및 채도로 찍을 수 있도록 소형 암실 역할을 하는 통로이다. 몸체부(320)는 하측에 유체칩 연결부(330)가 몸체부(320)와 용이하게 연결될 수 있도록 형성된 슬라이딩 홈(321)을 포함할 수 있으며, 외부 빛을 차단하는 벽을 형성하는 차단부(322)를 포함하고, 이러한 차단부(322)에 의해 형성된 내부 공간을 구비한 것이 바람직하다.
- [0089] 몸체부(320)는 모바일 기기(400)의 카메라의 성능에 따라 소정의 길이를 갖도록 제작되는 것이 바람직하며, 다른 일 실시예에서 몸체부(320)는 그 길이가 변형 가능하면서 바람직한 길이로 고정이 가능하도록 형성될 수도

있다.

- [0090] 유체칩 연결부(330)는 슬라이딩 홈(321)과 슬라이딩되어 결합되는 슬라이딩 레일(331)을 포함할 수 있으며, 모바일 어댑터(300)의 하측을 형성하는 바닥부(332), 및 바닥부(332) 상에 마이크로 유체칩(200)이 장착될 수 있도록 형성된 유체칩 수용홈(333)을 포함하는 것이 바람직하다. 유체칩 연결부(330)와 몸체부(320)가 연결되는 방식에 있어서, 슬라이딩 홈(321) 및 슬라이딩 레일(331)의 결합 외에도 다른 변형에도 가능하며, 어느 한 결합 수단으로 한정하지 않는다.
- [0091] 도 6a 및 6b를 더 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템의 모바일 기기(400)를 설명한다. 도 6a 및 6b는 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 시스템의 모바일 기기(400) 상에서의 응용 프로그램의 화면을 나타내는 도면이다.
- [0092] 도 6a 및 6b에 도시된 바와 같이, 모바일 기기(400)는 스마트폰과 같은 단말기일 수 있으며, 제1 화면(401)상에서는 응용 프로그램 및 모바일 어댑터의 사용 방법 등을 안내할 수 있는 튜토리얼이 표시될 수 있으며, 제2 화면(402)에는 분석 결과를 나타내는 결과 화면이 표시될 수 있다.
- [0093] 모바일 기기(400)는 스마트폰인 것이 바람직하나, 이에 한정되지 않으며, 휴대할 수 있고, 카메라가 구비되고, 검출 실험 결과를 표시할 수 있는 수단이 구비된 어느 한 기기일 수 있다. 다른 일 실시예에서는 이러한 모바일 기기(400)는 중금속 이온 검출 전용 기기로 제작되어 모바일 어댑터(300)와 일체형으로 형성될 수도 있다.
- [0094] 모바일 기기(400)에는 사진상의 색깔을 감지하여 색을 중금속 이온의 농도와 대응시킬 수 있는 프로그램이 설치된 것이 바람직하다. 이러한 프로그램은 미리 구축된 특정 색에 대응되는 특정 중금속 이온의 농도에 대한 데이터가 저장된 데이터베이스를 포함하는 것이 바람직하다. 이러한 데이터베이스를 기반으로 모바일 기기(400)에 설치된 프로그램은 사진상의 색을 감지하여 특정 중금속 이온의 농도로 변환하여 출력할 수 있다.
- [0095] 상술한 바와 같이, 본 발명에 의하면, 휴대용 추출기(100)에 의해 중금속 이온을 추출하여 마이크로 유체칩(200) 상의 다수의 웰 중 어느 하나에 중금속 이온을 주입할 수 있으며, 마이크로 유체칩(200)은 모바일 어댑터(300)에 장착되고 모바일 어댑터(300)에 연결된 모바일 기기(400)에 의해 마이크로 유체칩(200)의 사진을 찍을 수 있고, 모바일 기기(400)에 설치된 프로그램에 의해 웰의 색을 감지하여 색에 대한 데이터가 입력됨에 따라 중금속 이온의 농도를 추정하여 출력할 수 있다.
- [0096] 다음은 도 7 및 8을 참조하여 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법을 설명한다. 도 7은 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법의 주요 구성을 설명하기 위한 흐름도이다. 도 8은 도 7의 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법 중 세부 단계들을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0097] 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법은 도 7에 도시된 바와 같이, 토양 시료가 채취되는 단계(S100), 시료가 전처리되어 중금속 이온이 추출되는 단계(S200), 선택적으로 중금속 이온이 제거되어 특정 중금속 이온이 추출되는 단계(S300), 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되는 단계(미도시), 및 중금속 검출용 혼합물에 나타나는 색상이 분석되는 단계(미도시)를 포함할 수 있다.
- [0098] 여기서 특정 중금속 이온이 중금속 검출용 혼합물에 첨가되는 단계는, 도 7에 도시된 바와 같이, 마이크로 유체칩(200)에서의 특정 이온 검출 반응을 수행하는 단계(S400)를 포함할 수 있다.
- [0099] 중금속 검출용 혼합물에 나타나는 색상이 분석되는 단계는, 마이크로 유체칩(200)을 모바일 어댑터(300)에 장착하는 단계(S500), 모바일 기기(400)로 마이크로 유체칩 내용물을 분석하는 단계(S600), 및 모바일 기기(400)에 분석 결과를 디스플레이하는 단계(S700)를 포함할 수 있다.
- [0100] 또한, 시료를 전처리하여 중금속 이온을 추출하는 단계(S200)는 도 8에 도시된 바와 같이, 채취한 시료를 중금속 이온 추출용 산으로 시료를 처리하여 중금속 이온이 1차 추출되는 단계(S210), 산 처리된 시료로부터의 수용액이 여과되는 단계(S220), 및 중금속 이온이 포함된 여과된 수용액이 중화 처리되는 단계(S230)를 포함할 수 있다.
- [0101] 또한, 선택적으로 중금속 이온이 제거되어 특정 중금속 이온이 추출(2차 추출)되는 단계(S300)는 1차 중금속 이온을 제거하는 단계(S310), 및 2차 중금속 이온을 제거하는 단계(S320)를 포함하는 것이 바람직하다.
- [0102] 시료 채취 단계(S100)에서 시료는 소정의 크기의 휴대용 추출기(100)(도 3 참조)에 수용된다. 여기서 시료는 미리 정해진 지역의 토양인 것이 바람직하다. 이때 토양은 수직적으로나 수평적으로 균일하지 않으므로, 채취한 시



료가 대상 지역의 토양을 대표해야 한다는 점에서 주의가 필요하다. 시료 채취 방법은 통상적으로 사용되는 토양 시료 채취 방법으로서 상세한 설명은 생략한다.

- [0103] 시료 전처리 및 중금속 이온 추출 단계(S200)에서는 채취한 토양 시료 중 유기물이 천천히 산화되면서 중금속 이온이 용출될 수 있도록 시료가 용출 시약과 섞인다. 이때 사용되는 산은 검출하고자 하는 중금속 이온에 따라 결정하는 것이 바람직하다. 예를 들면, 비소를 검출하고자 할 경우에는, HCl(염화수소)을 용출액으로 하여 비소 이온을 추출하는 것이 바람직하다.
- [0104] 중금속 이온은 Pb(납), Hg(수은), 및 As(비소)외에도, Cd(카드뮴), Cu(구리), Zn(아연), Ni(니켈) 중 어느 하나일 수 있다. 각각의 중금속에 대해서는 서로 다른 산, 또는 산의 조합 등이 사용될 수 있다. 각각의 중금속을 산으로 추출할 경우, 그 추출 효율을 80% 이상으로 최적화된 조건들을 실험들을 통해 결정하는 것이 바람직하다.
- [0105] 마이크로 유체칩(200)에서 특정 중금속 이온의 검출 반응이 이루어지는 단계(S400)에서는 추출된 특정 중금속 이온을 마이크로 유체칩(200)에 넣어 방치시킨다. 여기서 마이크로 유체칩(200)은 다수 개의 웰이 형성된 플레이트로서, 각각의 웰에는 중금속 결합 애평터, AuNP, 및 계면활성제가 미리 정해진 비율로 섞인 검출용 혼합물이 수용된다.
- [0106] 검출용 혼합물에 중금속 이온이 첨가됨으로써 첨가된 웰의 내용물의 색은 변하게 된다. 더 이상 색이 변하지 않을 때까지 방치하는 것이 바람직하며, 방치 시간은 어느 중금속 이온이 검출 대상인지, 그리고 어떤 산이 사용되었는지 등에 따라 달라질 수 있다.
- [0107] 마이크로 유체칩(200)을 모바일 어댑터(300)에 장착하는 단계(S500)에서 마이크로 유체칩(200)은 모바일 어댑터(300)의 하부 일부에 마이크로 유체칩(200)이 수용될 수 있는 공간에 장착된다. 마이크로 유체칩(200)이 장착됨으로써 그 위치는 모바일 어댑터(300) 내에 고정된다. 이렇게 모바일 어댑터(300)에 마이크로 유체칩(200)이 장착되면, 모바일 어댑터(300)는 모바일 기기(400)와 연결된다.
- [0108] 모바일 기기(400)로 마이크로 유체칩(200)의 내용물을 분석하는 단계(S600)에서, 모바일 기기(400)는 카메라를 포함하도록 구성된 것으로, 마이크로 유체칩(200)의 다수 개의 웰을 이미지로 캡처하여 저장한다.
- [0109] 예를 들면, 모바일 기기(400)는 스마트 폰으로서, 모바일 어댑터(300)는 이에 고정될 수 있도록 형성되고, 스마트 폰이 모바일 어댑터(300)에 고정된 상태로 안정적으로 마이크로 유체칩(200)의 사진이 찍힐 수 있다.
- [0110] 이때, 모바일 어댑터(300)에서 마이크로 유체칩(200)은 매번 카메라로부터 일정한 거리로 이격되어 위치됨으로써, 카메라의 초점, 조명, 밝기, 등에 따른 색상의 차이의 변수는 실험에서 제외될 수 있다. 모바일 어댑터(300), 마이크로 유체칩(200) 및 모바일 기기(400)의 결합 구조에 의해 용이하게 일정하고 정확한 검출 실험 결과를 얻을 수 있다.
- [0111] 모바일 기기(400)는 또한 색상 감지 및 분석용 프로그램을 구동시킬 수 있도록 구성된 것이 바람직하다. 색상 감지 및 분석용 프로그램은 모바일 기기(400)로 찍힌 마이크로 유체칩(200)의 이미지상에서 각각의 웰의 색상을 감지, 저장, 및 수치화할 수 있도록 감지 유닛, 저장 유닛, 및 수치화 유닛을 포함하도록 구성된 것이 바람직하다.
- [0112] 또한, 프로그램은 중금속 이온의 농도에 대응하는 색상에 대한 정보가 저장된 데이터베이스를 포함하는 것이 바람직하다. 이러한 데이터베이스는 프로그램 자체에 저장된 정보일 수 있으며, 또는 별도의 서버상에 저장되어 실시간으로 업데이트 가능하면서 인터넷을 통해 접근할 수 있도록 구성된 것일 수 있다. 마이크로 유체칩(200)의 이미지상에서 각각의 웰의 색상은 상기와 같은 프로그램에 의해 분석되는 것이 바람직하다.
- [0113] 모바일 기기(400)에 분석 결과가 디스플레이되는 단계(S600)에서, 상기 모바일 기기(400)로 마이크로 유체칩 내용물 분석 단계(S500)에서 분석된 결과가 모바일 기기(400)의 스크린 상에 디스플레이된다. 디스플레이되는 방법에 있어서, 어느 한 가지로 한정되지 않는다. 내용물 분석 결과로서, 토양에서 검출된 중금속 이온의 종류 및 농도가 포함되고, 농도는 내용물 색깔과 함께 수치로 표시될 수 있다. 여러 횟수의 검출 실험의 결과는 누적되어 저장될 수 있으며, 이의 평균수치 등이 계산되어 추가적으로 모바일 기기(400)의 화면상에 표시될 수도 있다. 모바일 기기(400)가 스마트 폰일 경우에, 추가적으로 검출된 중금속 이온에 대한 더 상세한 내용을 확인하기 위해 스크린을 터치하여 정보 확인 메뉴를 선택할 수 있도록 화면이 구성될 수 있다.

[0114] <실시예 1> 시료의 준비

[0115] 토양 시료로서는 두 종류를 구매하여 실험에 사용하였으며, 각각 CRM 109-03-002(Korea Research Institute of Standards and Science, KRISS, South Korea) 및 BAM-U112a(Odlab, South Korea)였다. 이와 같은 기준 토양 시료에 포함된 중금속 이온의 농도를 선택적으로 정리하여 나타낸 것은 다음의 표 1 내용과 같다.

표 1

	Hg	Pb	As
KRISS-CRM	0.98	3945.3	1200
BAM-U112a	16.3	198	10.3

[0116]

[0117] 각각의 중금속 Hg, Pb, 및 As는 mg/kg 단위로 표시되었다. 다른 종류의 중금속들도 많지만, 본 실험에서는 Hg, Pb, 및 As를 대표적인 중금속으로 하여 실험하였다.

[0118] <실시예 2> 중금속 이온의 추출 방법 및 분석

[0119] 실험에 사용된 기준 토양 시료(CRM 109-03-002 및 BAM-U122a)로부터 중금속(Hg, Pb, 및 As)의 이온을 추출하였고, ICP-OES 분석법(inductively coupled plasma optical emission spectrometry) 및 수은 분석기를 사용하여 분석되었다.

[0120] 모든 실험 시료는 분석 이전에 여과지(F1001, Chmlab)을 사용하여 여과하였다.

[0121] 이온 추출을 위한 산으로서 EP grade EDTA(Ethylenediaminetetraacetic acid), HCl(Hydrochloric acid), 및 HNO<sub>3</sub>(Nitric acid)을 구매(Daejung, South Korea)하여 사용하였다. 실험에 사용된 정제수는 Pure Power System(Human corp., South Korea)에 의해 정제된 18MΩcm DI 수(水)였다.

[0122] EDTA를 사용하여 중금속 이온을 추출할 시에, 1~4g의 토양 시료를 0.05M EDTA 40ml와 원심분리관에 넣어 혼합하였고 튜브 셰이커(Finepcr, South Korea)를 사용하여 0.5~3시간 동안 균질화하였다. 추출 후, 시료는 여과지로 여과되고 포집되었다.

[0123] HNO<sub>3</sub>을 사용하여 중금속 이온을 추출할 시에, 5~200mg의 토양 시료를 5~50ml의 10% 및 50% HNO<sub>3</sub>과 원심분리관에 넣어 혼합하였고 35℃에서 30분 동안 음파처리하였다(Hwashin, South Korea). 추출 후, 시료는 DI 수로 희석되고 여과지로 여과되고 포집되었다.

[0124] HCl을 사용하여 중금속 이온을 추출할 시에, 200mg의 토양 시료를 10~40ml의 1.7%~10%의 서로 다른 농도의 HCl과 원심분리관에 넣어 혼합하였고, 상기 튜브 셰이커를 사용하여 0.5~12시간 동안 균질화하였다. 필요에 따라 60℃에서 0.5~2시간 동안 음파처리가 되었다. 추출 후, 시료는 DI 수로 희석되고 여과지로 여과되고 포집되었다.

[0125] <실험예 1> 토양 시료의 중금속 이온 추출

[0126] Pb(납), Hg(수은), 및 As(비소)의 이온을 EDTA, HNO<sub>3</sub>, 및 HCl을 사용하여 추출하였다. 추출 효율은 하기 표에 나타난 바와 같다. 세 가지 중금속 이온(Pb, Hg, 및 As)에 대해 EDTA를 사용하여 추출 실험을 수행하였다. 특히 Pb에 있어서, 모든 산에 의해 추출이 가능하였으나, Hg 및 As는 각각 HNO<sub>3</sub> 및 HCl만으로 추출되었다.



표 2

Acid	Soil	Extraction	Efficiency	Remarks
0.05M EDTA	KRISS	40ml acid & 1-4g soil 0.5-3 hour	Pb 29-34%	Standard extraction (ES 07000)
	BAM	40ml acid & 1-4g soil 0.5-3 hour	Pb 70-107%	
10% HNO <sub>3</sub>	KRISS	5-50ml acid & 5-200mg soil 30 min sonication at 35C	Pb 33-42%	KRISS CRM . Pb 96-104% . Hg 90%
	BAM	5-50ml acid & 5-200mg soil 30 min sonication at 35C	Pb 74-102%	
50% HNO <sub>3</sub>	BAM	12ml acid, & 200mg soil 45 hour	Pb 75% Hg 87%	BAM-U112a . Pb 77-95% . Hg 88-93% . As 107%
1.7% HCl	BAM	40 ml acid & 0.2g soil 1 hour shaking	Pb 77% As 78%	
2.5% HCl	BAM	10ml acid+11.5% ethanol & 0.2g soil 90-120min sonication at 60C	Pb 75-83% Hg 33-38%	
2.1% HCl	BAM	40 ml acid & 0.2g soil 1-12hour shaking	Pb 76-91% As 78-136%	

[0127]

[0128] 상기 표 2에 나타난 바와 같이, KRISS-CRM 및 BAM-U112a 토양에서 Pb를 추출하기 위해 0.05M의 EDTA를 사용한 결과, BAM-U112a의 경우에는 통상의 방치 시간보다 상대적으로 짧은 시간에 70% 이상의 추출 효율을 나타냈다. 반면에, KRISS-CRM 토양에서 Pb를 추출하기 위해 0.05M의 EDTA를 사용한 결과, 그 효율은 현저하게 떨어졌다.

[0129] 이에 대해 추출 효율에 영향을 미치는 변수에 대해 실험을 하여, 도 9a 및 도 9b에 도시된 바와 같은 도표로 결과를 정리하였다. 도 9a 및 9b는 본 발명의 바람직한 일 실험예에서 토양 실험 중의 납의 추출 효율을 설명하기 위한 도표이다.

[0130] 방치시간을 2시간으로 늘렸을 경우에 추출 효율이 증가한 것이 관찰되었고, 토양의 양을 2g으로 하였을 때에 추출 효율이 증가한 것으로 관찰되었다. 즉, 방치 시간 및 토양의 양에 따라서도 추출 효율이 달라질 수 있다.

[0131] KRISS-CRM 및 BAM-U112a 토양은 모두 일반적인 토양공정시험법 중 중금속 이온을 용출하는 표준 추출 방법에 의한 추출 효율이 80% 이상인 것으로 나타났다. 중금속 이온의 검출 프로토콜은 각각의 산에 대해서 경험적인 실험들을 통하여 80%이상의 추출 효율을 갖는 것을 기준으로 하여 최적화하였다. 중금속 이온 중 비소의 검출 프로토콜은 하술하는 실시예 3에서 더 상세하게 설명한다.

[0132] <실시예 3> 특정 중금속 이온의 추출 방법 및 분석

[0133] 특정 중금속을 비소, 즉 As<sup>3+</sup>로 결정하여 추출 및 분석하였다. 이때 고상 추출법(solid phase extraction, SPE)를 통해 분석에 방해가 되는 여러 이온들을 제거할 수 있었다.

[0134] 더 상세하게는, SCX(altech) 카트리지를 및 SAX(supelco) 카트리지를 직렬 연결하여 사용함으로써 Fe, Pd, Cd, Cu, Ni, Zn, Na, 및 Cl과 As<sup>5+</sup>를 제거할 수 있었다.

[0135] <실험예 2>

[0136] 먼저, 초순수(ultra pure water)에 카트리지를 하루 동안 흡수시킨 후, 30ml의 초순수로 세척하였다. 카트리지의 흡착제를 활성화시키기 위해서 14ml의 50% 메탄올을 사용하였다.

[0137] 토양 시료가 산 처리되어 추출된 중금속 이온이 함유된 시료가 SCX 카트리지를 2ml/min의 유속으로 통과하면서 As<sup>3+</sup> 및 As<sup>5+</sup>는 통과되고 Fe, Pd, Cd, Cu, Ni, Zn, Na, 및 Cl는 SCX 카트리지에 보존(retain)되면서 제거되었다.

[0138]  $As^{3+}$  및  $As^{5+}$  이 함유된 시료는 SAX 카트리지를 2ml/min의 유속으로 통과하면서  $As^{5+}$  가 SAX 카트리지에 보존되면서 제거되었다.

[0139] 이에 따라 특정 중금속 이온  $As^{3+}$  가 중금속이 토양을 어느 정도 오염시켰는지를 마이크로 유체칩, 모바일 어댑터, 및 모바일 기기를 통해 용이하게 측정할 수 있다.

[0140] 표 3 및 표 4 각각은 원자 흡광 분광 분석법을 사용하여 SAX 및 SCX 카트리지에 의한 간접 이온들의 제거 효율 (카트리지에 보존된 정도)을 나타낸다. 이에 의하면, 특정 중금속 이온을 제외한 나머지 간접 이온들의 95% 정도가 제거되었음을 알 수 있다.

[0141] SAX 카트리지의 간접 이온 제거 효율

표 3

Cartridge	Samples	Initially	Results	Retention	
LC-SAX (Supelco)	As(III)	10ppm	10.2ppm	0%	
LC-SAX (Supelco)	As(V)	10ppm	0ppm	100%	
LC-SAX (Supelco)	As(III) + (Fe, Pb, Cd, Cu,Zn, Ni, Co)	Ions	Initially	Cond. Results	Retention
		As(III)	15	15	0%
		Fe	295	276-290	Upto 6%
		Zn	12	12	0%
		Pb	6	6	0%
		Cd	0.1	0.1	0%
		Cu	1	1	0%
		Ni	0.2	0.2	0%
LC-SAX (Supelco)	As(V) + (Fe, Pb, Cd, Cu,Zn, Ni, Co)	Ions	Initially	Results	Retention
		As(V)	15	15	0%
		Fe	295	230-250	Upto 22%
		Zn	12	10	Upto 16%
		Pb	6	0 – 6	0%
		Cd	0.1	0.1	0%
		Cu	1	0.9	10%
		Ni	0.2	0.13-.15	Upt 30%

[0142]

[0143] SCX 카트리지의 간접 이온 제거 효율

표 4

Cartridge	Samples	Process	Initially	Results	Retention
LCX-SCX (Altech)	As(III)	Condition	10ppm	~10ppm	0%
Cartridge	Samples	Process	Initially	Results	Retention
LC-SCX (Altech)	As(III) + (Fe, Pb, Cd, Cu, Zn, Ni, Co)	Ions	Initially	Cond. Results	Retention
		As(III)	15	15	0
		Fe	295		
		Zn	12		
		Pb	6	0	100%
		Cd	0.1		
		Cu	1		
		Ni	0.2		
		Na	23000	113	99.5%
		Cl	35000	2540	92.7%

[0144]

[0145] 즉, 측정 결과에 나타난 바와 같이, SAX 카트리지를 및 SCX 카트리지를 통과함으로써 특정 이온  $As^{3+}$  만이 남게 되어, 간섭 이온 없이  $As^{3+}$  의 농도를 더 정확하게 측정할 수 있다.

[0146] <실시예 4> 검출에 사용된 재료 및 비소 검출 프로토콜

[0147] 비소 결합 앵터머

[0148] 비소 결합 앵터머(ARS-3)(5'GGTAATACGACTCACTATAGGGAGATACCAGCTTATTCATT  
TTACAGAACAACCAACGTCGCTCCGGGTACTTCTTCATCGAGATAGTAAGCAATCT-3)는 Bioneer Co. Ltd. (Daejeon, Korea)에 의하여 PAGE(polyacrylamide gel electrophoresis)로 합성 및 정화되었다.

[0149] 앵터머를 녹이기 위해 Sigma-Aldrich로부터 구매한 HEPES buffer(50mM, pH 7.2)이 사용되었다.

[0150] 금 나노입자

[0151] 본 실험에 사용된 단분산 구연산염으로 표면처리된 금 나노입자(monodisperse citrate capped gold nanoparticle)는 크기가 15nm인 것으로, Nonopartz Inc.(Loveland, Colorado)로부터 얻었다. 금 나노입자(AuNP)의 콜로이드 농도는  $\lambda_{520nm}$ 에서  $3.74 \times 10^8$  M/cm이었다.

[0152] 계면활성제

[0153] 계면활성제로는 Merck(Darmstadt, Germany)로부터 주문한 NaCl(Sodium chloride)을 사용하였다.

[0154] 비소 용액

[0155] 표준 비소 용액( $1mg\ mL^{-1}$ , 1000ppm)을 Kanto chemical Co., Inc.(Korea)로부터 구매하여 사용하였다.

[0156] 비소 검출 프로토콜

[0157] 먼저, 동결건조된 ARS-3 앵터머를 HEPES buffer(50mM, pH7.2)에 녹여 100um의 저장 용액(stock)으로부터 앨리쿼트(aliquot)를 생성한다. 앨리쿼트(100nM)는 생성되고 90℃에서 5~10분 동안 방치되었다. 방치 후, 앵터머 용액을 실온에서 식히도록 하였다. 앵터머 혼합물은 0.5ppm~40ppm의 범위의 서로 다른 농도의 비소를 앵터머와 혼

합하므로 준비하였다.

- [0158] 이러한 혼합물은 PDMS(polydimethylsiloxane)으로 형성된 유리 슬라이드에 있는 웰(well)로 옮겨졌다. 이후에 35ul의 금 나노입자 콜로이드가 각각의 웰에 첨가되어 실온에서 10분 동안 방치되었다.
- [0159] 마지막으로, 10ul의 계면활성제, 예를 들면 NaCl(0.3M)이 상기 혼합물에 첨가되었다. 이에 따른 색 변화는 눈으로 관찰되었다. 이러한 색 변화는 적절한 환경조건에서 사용될 수 있는 모바일 기기 중 하나인 스마트폰으로 사진을 찍어 기록하였다.
- [0160] 사진으로 기록된 이러한 색 변화는 도 15에 도시된 바와 같이, 컴퓨터에 있는 이미지 편집 소프트웨어, 예를 들면 포토샵(Adobe Photoshop)을 사용하여 CMYK 8-bit scale 포맷으로 변환하였다. 도 11은 바람직한 일 실시예에 따른 특정 토양 중금속 오염 현장 측정 방법 중 모바일 기기로 중금속 이온의 농도별 표준이 되는 색을 결정하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.
- [0161] 먼저 사진을 스마트폰으로부터 컴퓨터로 옮긴 후에, 각각의 웰에 대해 rectangular marquee tool을 사용하여 웰에 수용된 혼합물의 적절한 면적을 선택하였다. 이와 같은 선택된 면적에 대해 CMYK 포맷에 있는 시안 색(cyan color) 채널의 평균 예상 강도를 구하였다.
- [0162] 특히, 시안 색은 다른 색보다 비소의 농도와의 상관관계가 가장 뚜렷하게 나타났다. 비소의 농도(ppm)(Sample) 별 색 변화를 관찰 및 기록하기 위해 3중으로 실험한 결과, 사진상에서 동일한 크기의 면적(pixels)(Area)의 시안 강도(Cyan1, Cyan2, Cyan3)를 얻을 수 있었으며, 이를 표로 정리하면 다음의 표 3과 같다. 색 변화 관찰을 위한 3중 실험은 후술하는 실험예 2에서 더 상세하게 설명한다. 바탕 보정 데이터(background corrected data)(BC.Std)는 비소가 첨가되지 않은 혼합물의 평균 시안 강도 값을 비소가 첨가된 혼합물의 평균 시안 강도 값으로부터 빼서 얻었다.

표 5

Sample	Area	Cyan1	Cyan2	Cyan3	Average	St. dev	BC. Std
0	2472	200	197	198	198.3333	29.69217	0
0.5	2472	196	190	187	191	28.95036	7.3333333
2	2472	193	193	188	191.3333	28.57905	7
5	2472	199	180	181	186.6667	27.14765	11.666666
10	2472	190	177	176	181	24.85305	17.333333
15	2472	183	175	150	169.3333	20.73189	29
20	2472	135	160	145	146.6667	15.02929	51.666666
25	2472	147	138	142	142.3333	14.79239	56
30	2472	125	130	138	131	12.72792	67.333333
40	2472	112	117	110	113	#DIV/0!	85.333333

- [0163]
- [0164] 바탕 보정 데이터는 도 16에 도시된 바와 같이 비소의 농도(ppm)와 비례한다. 도 16은 3중의 실험 결과에서 비소의 농도별로 변화되는 색에 포함된 시안 색깔의 강도와 비소의 농도의 상관관계를 나타낸 도표이다. 시안 색깔의 강도와 비소의 농도에 대한 회귀분석 결정계수(regression fitting value)는 0.9824인 것으로 나타났다.
- [0165] 이와 같은 비소의 농도별로 관찰된 색 변화를 분석하여 이미지 및 수치 데이터로 저장함으로써, 애플터머, 금 나노입자, NaCl 및 비소가 혼합된 혼합물에서 시안 색깔의 강도를 분석하는 것만으로도 혼합물에 포함된 비소의 농도를 추정할 수 있다. 이에 의하면, 2ppm의 검출 한계(LOD)까지도 측정될 수 있다.

#### [0166] <실험예 3> 비소의 농도별 색 변화

- [0167] 실험예 3을 설명하기 위해 도 10a 내지 13을 참조한다.
- [0168] 도 10a 및 10b는 본 발명의 바람직한 일 실험예에서 소정 농도 및 크기의 AuNP에 대해 최적화된 NaCl 농도를 결정하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.
- [0169] 금 나노입자의 완전한 응집을 위한 염으로써 NaCl가 사용되었다. AuNP의 완전한 응집에 필요한 최적화된 NaCl의 농도를 결정하기 위해, AuNP가 수용된 다수 개의 관에 NaCl의 농도를 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 및 1M로 각각 다르게 첨가하여 색깔 변화를 관찰하였다. 도 10a는 NaCl의 첨가 전이며, 도 10b는 NaCl의 첨가 후 모습을

나타낸 것이다. 본 실험에서는 NaCl의 최적화된 농도를, 더 높은 농도의 첨가에도 색 변화가 크게 안 일어나는 농도인 0.3M로 결정하였다.

[0170] NaCl의 최적 농도를 0.3M로 결정한 후, 이에 대한 비소 앵터머의 최적화된 농도를 결정하였다. 도 11a 및 11b는 도 10a 및 10b에 도시된 단계에서 결정된 NaCl 농도에 대해 최적화된 비소 결합 앵터머 농도를 결정하는 단계를 설명하기 위한 도면이다.

[0171] 비소 결합 앵터머는 비소와 결합되지 않은 상태인 경우에 AuNP를 안정화시킴으로써 응집을 방지하는 역할을 한다. 비소의 첨가에 따른 가장 확연한 색 변화를 관찰할 수 있기 위한 비소 결합 앵터머의 농도를 결정하기 위해, AuNP 및 0.3M의 NaCl이 수용된 다수 개의 관에 비소 결합 앵터머의 농도를 0, 10, 20, 50, 100, 200, 및 300nM로 각각 다르게 첨가하여 색깔 변화를 관찰하였다. 도 8a는 비소 결합 앵터머의 첨가 전이며, 도 8b는 비소 결합 앵터머의 첨가 후 모습을 나타낸 것이다. 본 실험에서는 비소 결합 앵터머의 최적화된 농도를, 더 높은 농도의 첨가에도 색 변화가 크게 안 일어나는 농도인 100nM로 결정하였다.

[0172] 다음으로는 최적화된 NaCl, 비소 결합 앵터머, 및 AuNP의 혼합물에 있어서 비소의 첨가에 따른 색 변화를 관찰하여 최소검출한계(limit of detection, LOD)를 결정하였다. 상기 혼합물이 수용된 다수 개의 관에 비소의 농도를 0, 0.5, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 및 40ppm으로 각각 다르게 첨가하여 색깔 변화를 관찰하였다. 도 9는 이전 단계들에서 결정된 최적화된 NaCl 농도와 이에 대해 최적화된 앵터머 농도에 대한 비소의 농도별 색 변화를 나타낸 도면이다. 다수 번의 실험을 통해 비소의 농도의 검출한계의 상한선은 30ppm로 정하였고, 하한선은 2ppm로 결정하였다.

[0173] 이와 같은 비소를 첨가하여 색 변화를 관찰하는 단계는 3중으로 수행하였다. 이에 대한 결과는 도 13에 도시되어 있다. 도 13은 도 12에 도시된 실험예를 3중으로 수행한 결과를 나타낸 도면이다. AuNP의 응집이 많이 될수록 붉은색에서 회색으로 색이 변하는 것을 관찰하였다.

[0174] 마지막으로 비소의 농도가 0, 0.5, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 및 40일 경우별 혼합물이 띠게 되는 색깔을 이미지 편집 소프트웨어인 포토샵을 통해 정확하게 분석하여 시안 색깔 및 마젠타 색깔의 강도 값으로 수치 데이터를 정리하였다(도 16 참조).

#### [0175] <실험예 4> 토양 시료 내의 비소 농도별 색 변화

[0176] 서로 다른 비소 농도를 갖는 토양 시료를 대상으로 토양 시료로부터 추출된 중금속 이온을 AuNP, NaCl, 및 비소 결합 앵터머의 혼합물에 첨가함에 따른 색 변화를 관찰하였다. 도 14는 서로 다른 농도의 비소를 포함하는 토양 시료들에 대해 본 발명의 바람직한 실험예의 결과로서 비소의 농도별 색을 나타낸 도면이다.

[0177] 토양 시료로부터 중금속 이온을 추출하기 위해 토양 시료를 Ammonium acetate( $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ )에 넣어 NaOH(pH7.2)로 고정하여 실험한 결과가 도 14에 나타나 있다. 도 14에 도시된 바와 같이, 토양 시료에 비소가 0, 2, 및 30ppm의 농도로 포함되어 있을 경우의 색 차이를 관찰하였다.

[0178] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들 및 실험예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

#### 부호의 설명

[0179] 100: 휴대용 추출기

110: 산 처리부

111: 제1 푸셔부

112: 제1 푸셔부 하부

113: 제1 수용부

114: 필터 수용부  
 115: 여과부  
 120: 제1 연결부  
 121: 제1 연결관  
 122: 제1 밸브부  
 123: 안착부  
 124: 고정부  
 130: 중화 처리부  
 131: 제2 푸셔부  
 132: 제2 푸셔부 하부  
 133: 제2 수용부  
 140: 제2 연결부  
 141: 제2 연결관  
 142: 제2 밸브부  
 150: 카트리지부  
 151: 제1 카트리지  
 152: 카트리지 연결부  
 153: 제2 카트리지  
 154: 주입부  
 200: 마이크로 유체칩  
 210: 고분자 플레이트  
 211: 제1 웰  
 212: 제2 웰  
 220: 중간 플레이트  
 230: 지지 플레이트  
 300: 모바일 어댑터  
 310: 기기 연결부  
 311: 상부 지지부  
 312: 하부 지지부  
 320: 몸체부  
 321: 슬라이딩 홈  
 322: 차단부  
 323: 내부 공간  
 330: 유체칩 연결부  
 331: 슬라이딩 레일  
 332: 바닥부



333: 유체칩 수용홈

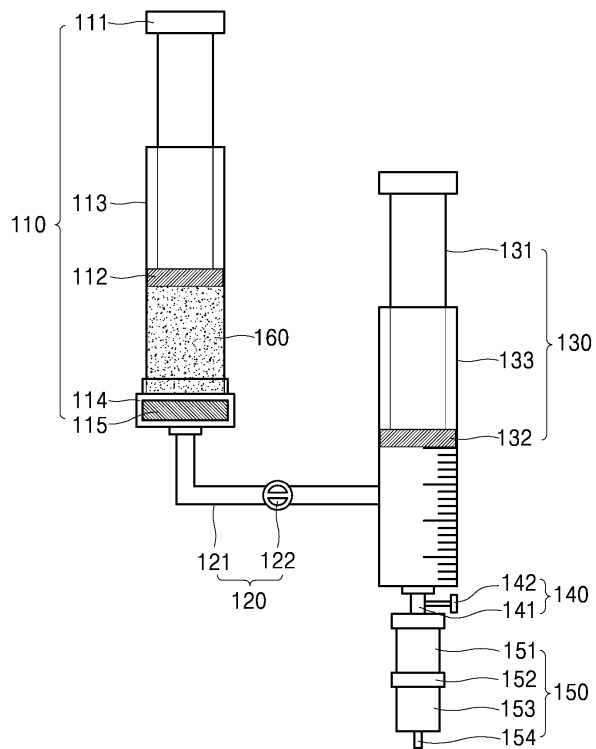
400: 모바일 기기

401: 제1 화면

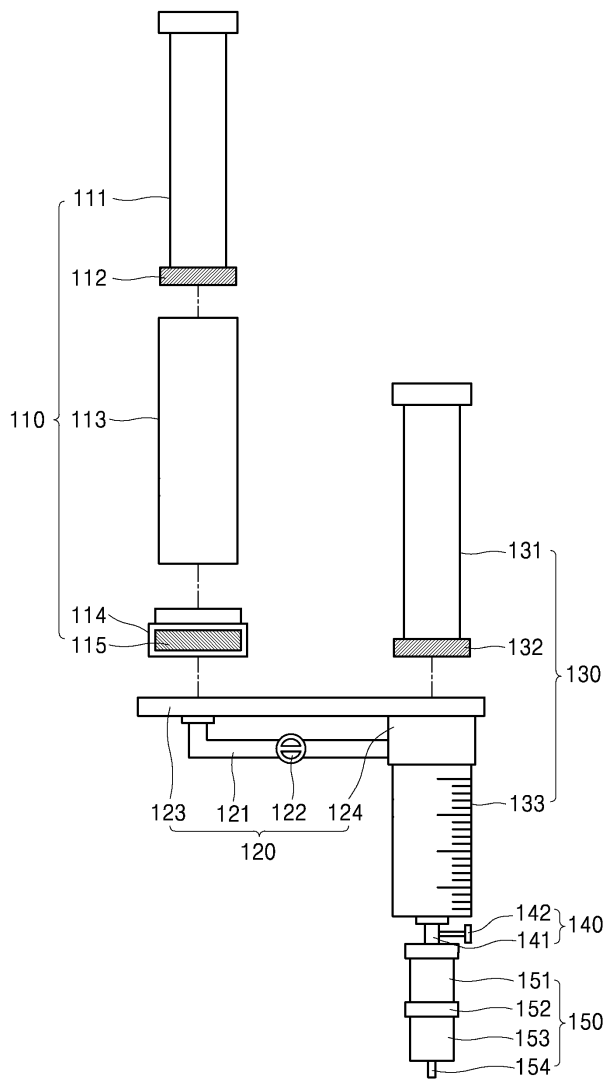
402: 제2 화면

## 도면

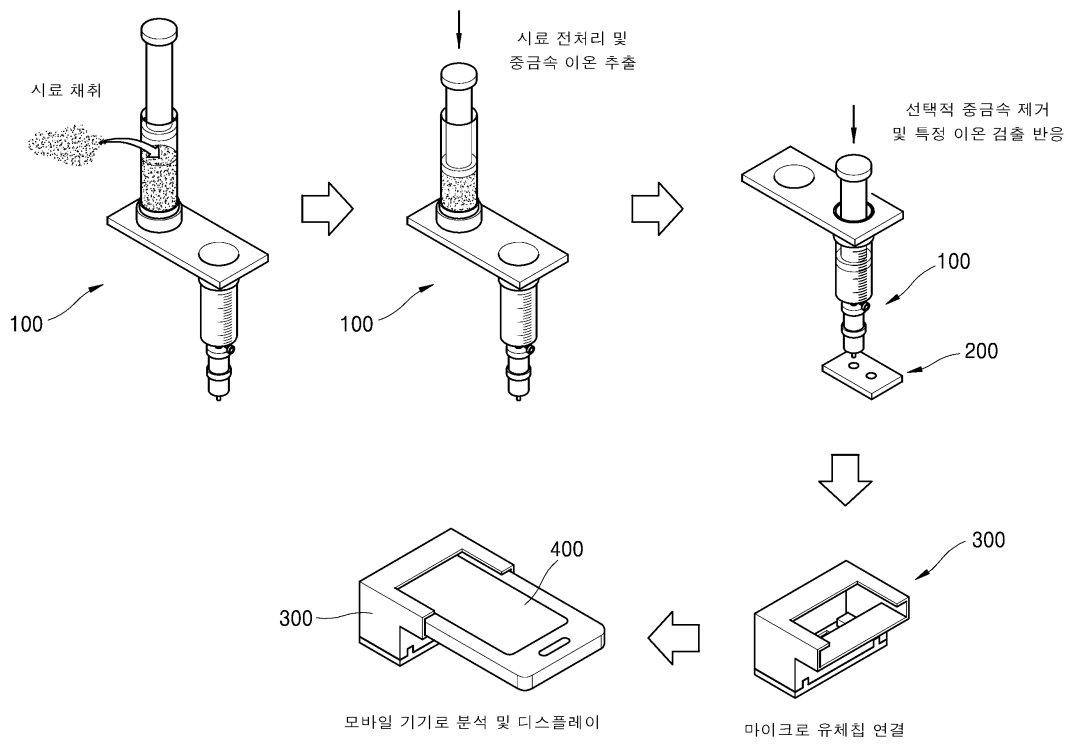
### 도면1



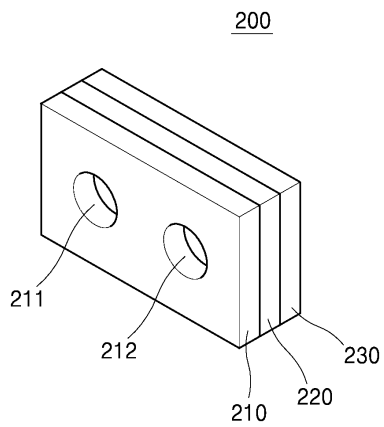
도면2



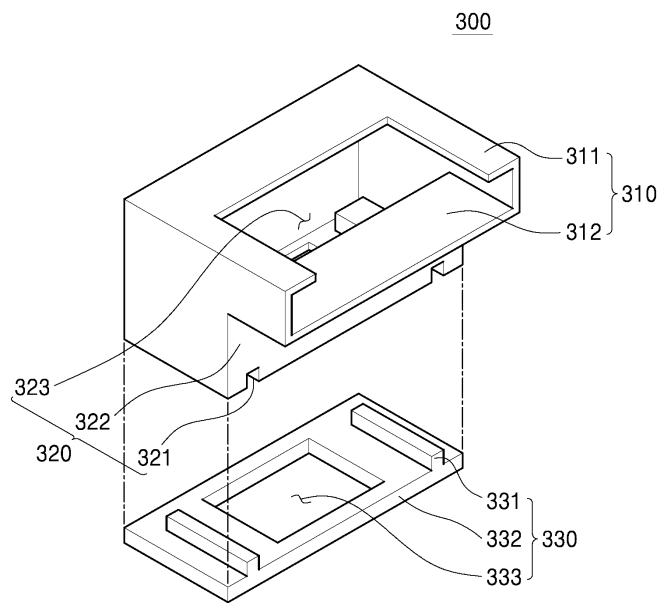
도면3



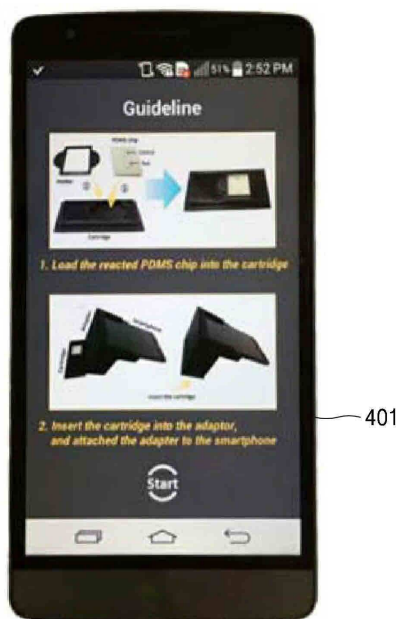
도면4



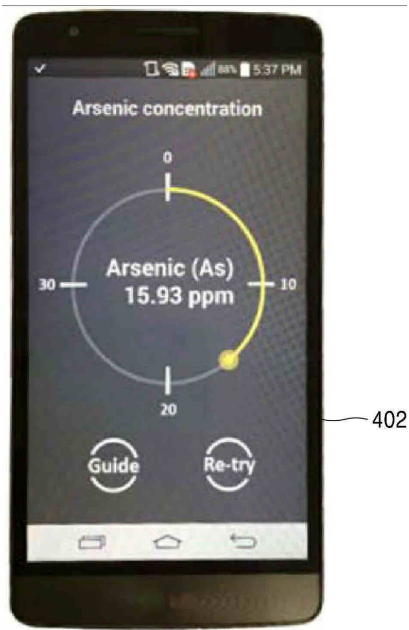
도면5



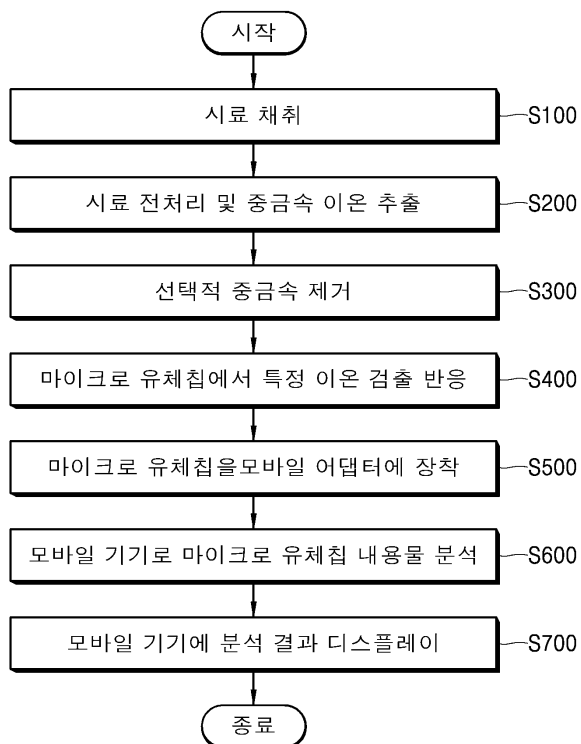
도면6a



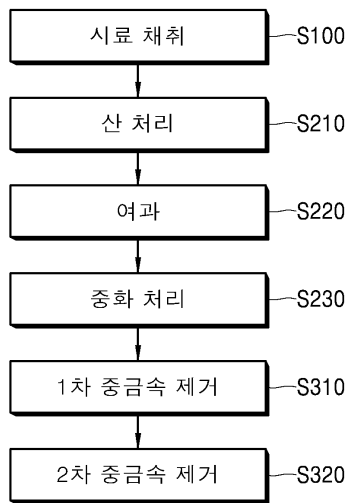
도면6b



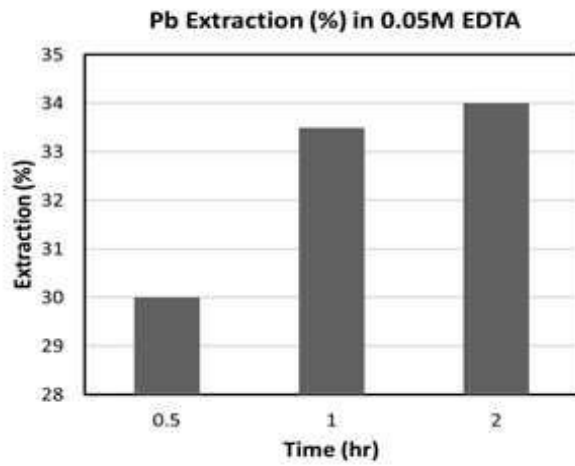
도면7



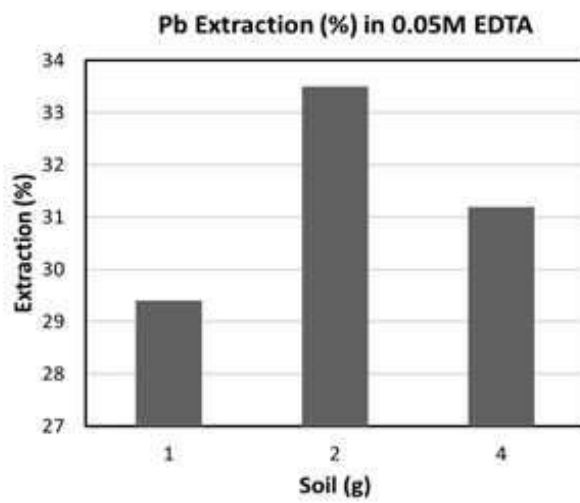
도면8



도면9a

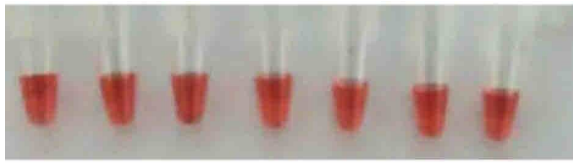


도면9b

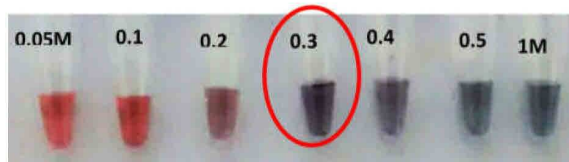




도면10



(a)

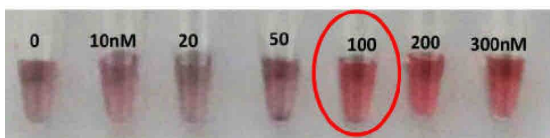


(b)

도면11

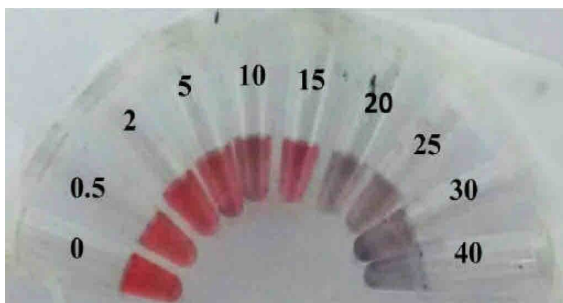


(a)

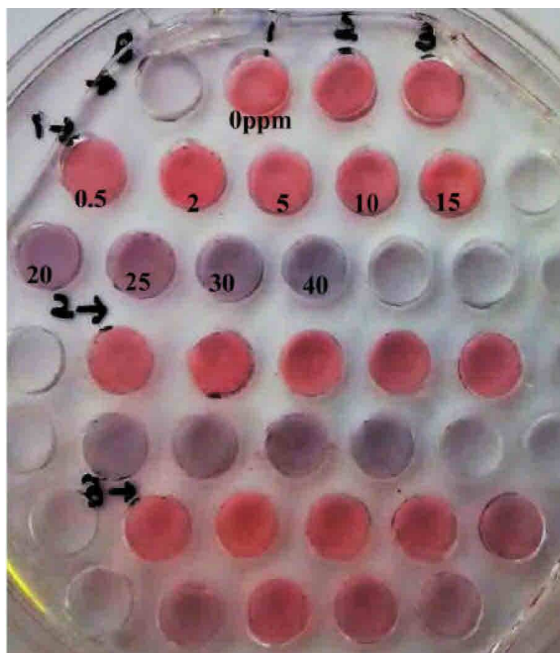


(b)

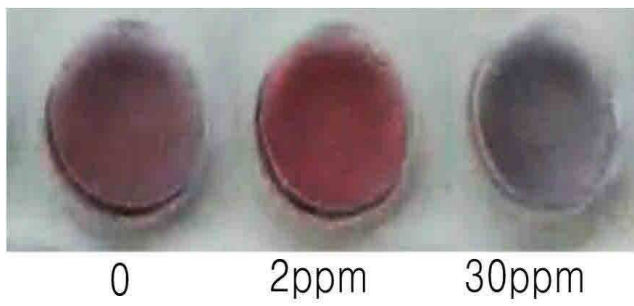
도면12



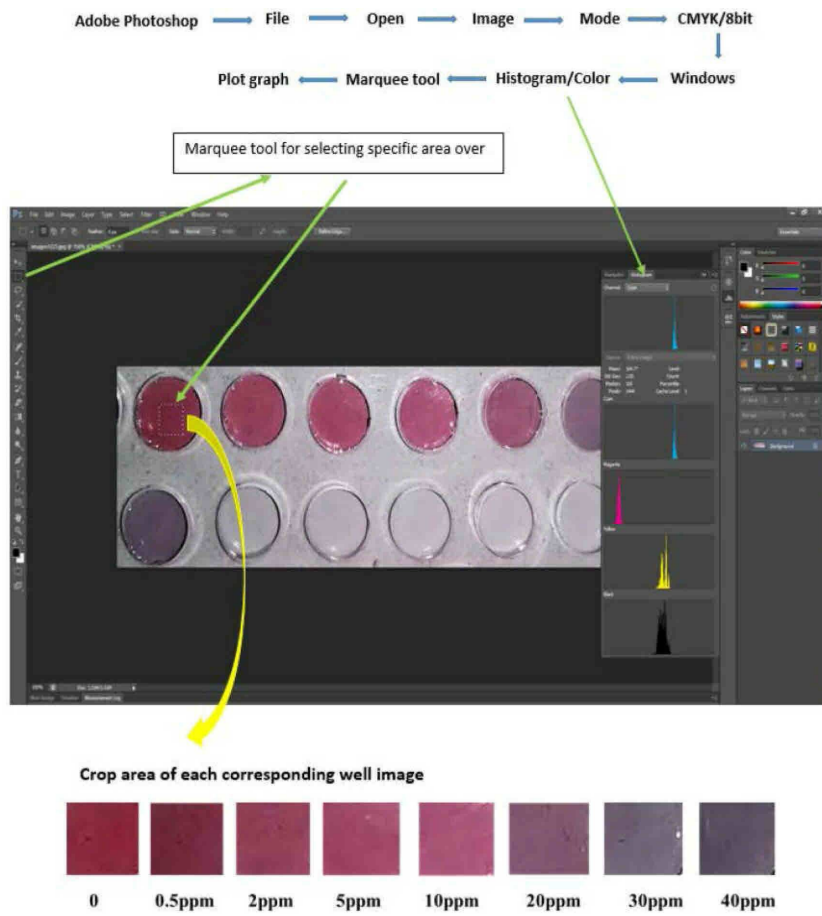
도면13



도면14



도면15



도면16

