(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0107357
(43) 공개일자 2020년09월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/31 (2006.01) *G01J 3/42* (2006.01)
G01N 33/24 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01N 21/31 (2013.01)
G01J 3/42 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2019-0026364
(22) 출원일자 2019년03월07일
심사청구일자 2019년03월07일

(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)
(72) 발명자
유재형
대전광역시 유성구 상대동로2번길 5, 301호
신지혜
충청남도 천안시 서북구 불당11로 82 대원칸타빌 아파트 613동 1403호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인 플러스

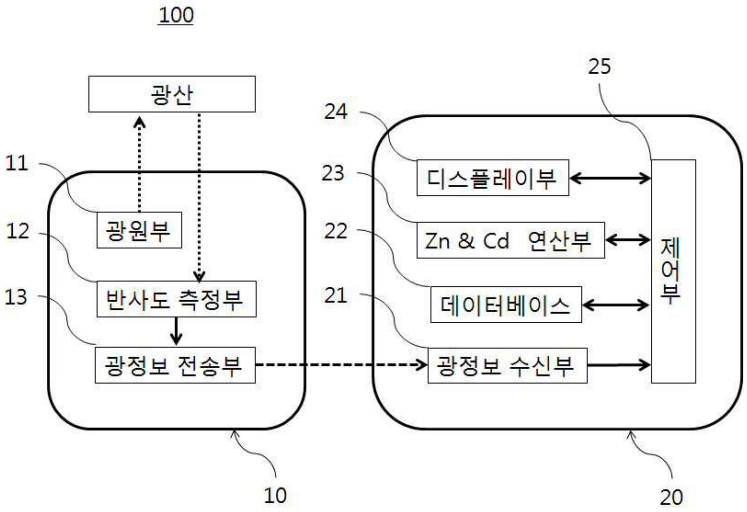
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 **휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치 및 방법**

(57) 요 약

본 발명은 금속토양 또는 금속토양 주변의 광화작용으로 인한 토양 오염도 측정을 위해 특정 물질을 탐사하는 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 휴대용 분광계를 이용하여 현장에서 취득된 영상을 분석하여 오염토양 내 아연 및 카드뮴의 분포 여부 및 함량을 측정하게 되는 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치 및 방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G01N 33/24 (2019.01)
(72) 발명자
정용식
대전광역시 유성구 상대남로 26, 913동 1902호 (상대동, 도안신도시9블록 트리풀시티아파트)
김지은
대전광역시 유성구 대학로76번안길 44, 305호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	NRF-2017R1D1A1A02018524
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	일반연구(신진연구)
연구과제명	금속 자원 및 오염 탐사 맞춤형 무인항공기 시스템 개발을 위한 기초연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충남대학교 산학협력단
연구기간	2017.06.01 ~ 2020.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

광산 내부 분광계 영상을 이용하여 광산 내부의 아연 및 카드뮴의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 탐사 장치는,

광산 내부에 광원을 조사하여 반사되는 분광계 영상을 획득하는, 탐지부;

상기 탐지부의 분광계 영상을 분석하여 토양 내 아연 및 카드뮴의 함량을 분석하는 분석부;

를 포함하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 탐지부는,

상기 분광계 영상을 유선 또는 무선으로 상기 분석부에 송신하는 광정보 전송부를 포함하고,

상기 분석부는,

상기 광정보 전송부를 통해 송신되는 분광계 영상을 수신하는 광정보 수신부를 포함하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 탐지부는 휴대용 패키지로 구성되며,

상기 분광계 영상이 유선으로 전송되는 경우 상기 분석부는 상기 탐지부와 일체로 구성되며, 무선으로 전송되는 경우 상기 분석부는 토양 외측에 배치되는 중계기에 설치되는 것을 특징으로 하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 탐사장치는,

1850~1900㎚ 파장영역을 통해 반사되는 빛의 반사도를 통해 아연 및 카드뮴의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 탐사 장치는 1885~1895㎚ 영역의 파장을 통해 반사되는 빛의 반사도를 통해 아연의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 탐사 장치는 1850~1860㎚ 영역의 파장을 통해 반사되는 빛의 반사도를 통해 카드뮴의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

청구항 8

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항의 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치를 이용한 탐사 방법에 있어서,

광산 내부에 광원을 조사하는 광원 조사단계(S10);

토양에 조사된 광원이 반사된 분광계 영상을 획득하는 분광계 영상 획득 단계(S20);

상기 분광계 영상을 저장하는 영상 저장 단계(S40);

저장된 분광계 영상을 분석하여 토양 내 아연 및 카드뮴 함량을 연산하는 아연 및 카드뮴 함량 연산 단계(S50); 및

연산된 아연 및 카드뮴의 함량을 제공하는 아연 및 카드뮴 함량 제공단계(S60);

를 포함하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 탐사 방법은,

탐지부(10)에서 획득한 분광계 영상을 분석부(20)로 유선 또는 무선 전송하는 영상 전송 단계(S30);

를 더 포함하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 방법.

청구항 10

제 8항에 있어서,

상기 아연 함량은 아래의 식 1을 통해, 카드뮴 함량은 아래의 식 2를 통해 산출되는 것을 특징으로 하는, 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 방법.

$$(Zn\,concentration) = 3{\cdot}939 - 5{\cdot}739 \times R_{1889nm} \quad (식\ 1)$$

$$(Cd\,concentration) = 0{\cdot}042 - 0{\cdot}054 \times R_{1854nm} \quad (식\ 2)$$

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 금속토양 또는 금속토양 주변의 광화작용으로 인한 토양 오염도 측정을 위해 특정 물질을 탐사하는 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 휴대용 분광계를 이용하여 현장에서 취득된 영상을 분석하여 오염토양 내 아연 및 카드뮴의 분포 여부 및 함량을 측정하게 되는 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치 및 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 토양 오염이란 토양 속에 오염물질이 함유되는 현상이며, 오염물질이 섞인 폐수, 하수, 폐기물이 토양에 버려지거나 토양 주변의 광화작용을 통해 토양이 오염되기도 한다. 주요 토양오염물질로는 카드뮴, 수은, 납, 아연, 비소, 육가크로뮴 등을 들 수 있다. 위와 같은 토양오염물질은 농작물의 생육장애를 초래하며, 먹이연쇄계를 거치는 동안 사람과 가축에까지 해를 끼친다. 따라서 토양 오염도 탐사를 통해 토양 오염 실태를 파악하고, 이를 개선하기 위한 기술의 개발이 요구되고 있다.

[0003] 종래에는 토양 오염도 탐사를 위해 현장에서 시료채취 및 화학분석을 통하여 오염원의 분포나 함량을 분석하였다. 일예로 채취된 토양을 산분해 또는 전처리하고, 불꽃을 주입하여 원자화한 후 원자에 의해서 흡수된 자외선 또는 가시광선의 양을 측정하여 시료의 화합물을 판별하는 원자흡수분광광도법이나, 시료를 고주파유도코일에 의해 형성된 아르곤 플라즈마에 주입하여 6000K~8000K로 가열 시 원자가 방출하는 발광선 및 발광각도를 측정하여 원소의 정성 및 정량 분석을 수행하는 유도결합플라즈마-원자발광분광법 등이 있다.

[0004] 위와 같은 종래의 토양 오염도 분석 방식은 분석 과정이 복잡하여 분석 시간이 오래걸리고 비용이 증가하는 단점이 있고, 결정적으로 토양의 오염도 분포를 파악하기 위해서는 단위 구역 마다 시료를 각각 채취하여야 하기 때문에 넓은 지역의 오염도 분포를 측정하기 어려운 문제가 있었다.

[0005] 최근에는 분광촬영기와 분광영상센서를 사용하여 수광된 빛을 백 개 내지 수백 개의 파장정보로 분리하여 영상을 취득함으로써 시료의 물성, 형질 등을 매우 정확하게 식별할 수 있도록 하는 분광영상기술이 개발되었다.

[0006] 이러한 분광영상기술은 처음에는 군사용으로 항공기나 위성에 탑재하여 표적물 식별용으로 활용되었으며, 민수용으로는 농작물의 경작상태, 광물의 분포, 지구 환경조사 등의 원격탐사 분야와 종사선별, 세포분석 분야에 이용되고 있다.

[0007] 기존의 중금속 오염 탐사는 측정 범위가 너무 광범위하고, 특정 물질을 정확히 탐지하지 못하고, 대략적인 혼합물의 원소 분포만 측정 가능하기 때문에 특정 원소의 분포 탐지가 취약하여 정밀한 탐사가 불가한 문제가 있어 토양 내 특정 물질의 함유량을 탐사하기 위한 기술의 개발이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 본 발명의 목적은, 분광계를 이용해 획득한 토양의 분광 영상자료를 분석하여 금속토양 주변의 광산 내부 오염물질 일예로 아연이나 카드뮴에 특화된 오염물질 분포 및 함량을 분석할 수 있는 기술을 제공하고자 한다.

[0009] 또한, 휴대용 분광계를 이용하여 현장에서 즉시 오염물질의 분포 및 함량을 분석할 수 있는 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치 및 방법을 제공함에 있다.

[0010] 특히 토양 내 광물조성에 따른 중금속 흡착기작을 활용하여 토양 내 아연과 카드뮴의 함량을 휴대용 분광계를 활용하여 정확히 탐지할 수 있는 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치 및 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일실시 예에 따른 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치는, 광산 내부 분광계 영상을 이용하여 광산 내부의 아연 및 카드뮴의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 탐사 장치는, 광산 내부에 광원을 조사하여 반사되는 분광계 영상을 획득하는, 탐지부; 및 상기 탐지부의 분광계 영상을 분석하여 토양 내 아연 및 카드뮴의 함량을 분석하는 분석부를 포함한다.

[0013] 또한, 상기 탐지부는, 상기 분광계 영상을 유선 또는 무선으로 상기 분석부에 송신하는 광정보 전송부를 포함하고, 상기 분석부는, 상기 광정보 전송부를 통해 송신되는 분광계 영상을 수신하는 광정보 수신부를 포함한다.

[0014] 또한, 상기 탐지부는 휴대용 패키지로 구성되며, 상기 분광계 영상이 유선으로 전송되는 경우 상기 분석부는 상기 탐지부와 일체로 구성되며, 무선으로 전송되는 경우 상기 분석부는 토양 외측에 배치되는 중계기에 설치되는 것을 특징으로 한다.

[0015] 또한, 상기 탐사장치는, 1850~1900nm 파장영역을 통해 반사되는 빛의 반사도를 통해 아연 및 카드뮴의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0016] 또한, 상기 탐사 장치는 1885~1895nm 영역의 파장을 통해 반사되는 빛의 반사도를 통해 아연의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 한다.

[0017] 또한, 상기 탐사 장치는 1850~1860nm 영역의 파장을 통해 반사되는 빛의 반사도를 통해 카드뮴의 함량 또는 분포를 측정하는 것을 특징으로 하는, 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치.

[0018] 본 발명의 일실시 예에 따른 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치를 이용한 탐사 방법은, 광산 내부에 광원을 조사하는 광원 조사단계(S10); 토양에 조사된 광원이 반사된 분광계 영상을 획득하는 분광계 영상 획득 단계(S20); 상기 분광계 영상을 저장하는 영상 저장 단계(S40); 저장된 분광계 영상을 분석하여 토양 내 아연 및 카드뮴 함량을 연산하는 아연 및 카드뮴 함량 연산 단계(S50); 및 연산된 아연 및 카드뮴의 함량을 제공하는 아연 및 카드뮴 함량 제공단계(S60)를 포함한다.

[0019] 또한, 상기 탐사 방법은, 탐지부(10)에서 획득한 분광계 영상을 분석부(20)로 유선 또는 무선 전송하는 영상 전송 단계(S30); 를 더 포함한다.

[0020] 아울러, 상기 아연 함량은 아래의 식 1을 통해, 카드뮴 함량은 아래의 식 2를 통해 산출되는 것을 특징으로 한다.

$$(Zn\,concentration) = 3{\cdot}939 - 5{\cdot}739 \times R_{1889nm} \quad (식\ 1)$$

$$(Cd\,concentration) = 0{\cdot}042 - 0{\cdot}054 \times R_{1854nm} \quad (식\ 2)$$

[0021]

발명의 효과

[0022] 상기와 같은 구성에 의한 본 발명의 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치 및 방법은, 분광계 영상을 통해 토양 주변에 광화작용으로 인해 토양에 포함될 수 있는 아연이나 카드뮴의 분포 및 함량을 탐지하여 금속토양 주변의 토양 내 오염도 탐지 신뢰도를 향상시킬 수 있는 효과가 있다.

[0023] 특히 휴대용 분광계를 이용하여 토양오염도를 탐사하기 때문에 현장에서 즉시 광범위한 지역의 오염도 분석이 가능한 효과가 있다.

[0024] 나아가 지속적인 토양 모니터링을 통해 농업 생산력을 향상시키며, 폐금속토양의 토양오염 실태 조사에 활용이 가능하고, 아연이나 카드뮴 같은 중금속 원소는 유용 광물의 지시원소로 사용될 수 있어 광체를 찾거나, 광맥의 연장부 확인에 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 빛의 파장에 따라 토양에서 반사되는 빛의 반사도를 나타낸 그래프

도 2는 본 발명의 일실시 예에 따른 휴대용 분광계를 이용한 토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치의 블록도

도 3은 본 발명의 일실시 예에 따른 휴대용 분광계를 이용한 토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 방법의 순서도

도 4는 빛의 파장에 따라 아연에서 반사되는 빛의 반사도를 나타낸 그래프

도 5는 빛의 파장에 따라 카드뮴에서 반사되는 빛의 반사도를 나타낸 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 본 발명을 설명하기에 앞서 본 발명의 기본원리에 대하여 간단히 설명하기로 한다. 도 1에는 빛의 파장에 따라 토양에서 반사되는 빛의 반사도를 나타낸 그래프가 도시되어 있다. 토양은 철산화물과, 유기물질, 물 및 점토광물을 포함하여 이루어지며, 빛을 조사하는 경우 도 1에 도시된 바와 같이 파장에 따라 반사도가 달라지는데, 오염물질을 많이 포함하는 토양의 경우 오염물질을 적게 포함하는 토양에 비해 반사도가 전체적으로 낮게 분포되는 것을 알 수 있다. 또한, 광산 내부의 중금속은 광물의 흡착기작특성에 따라 분광학적 반사도 변이를 발생시키게 되며, 특정물질의 함유 유무 및 함량에 따라 특정 파장대에서 반사도가 급격히 변화하는 구간이 발생하기 때문에 이를 이용하여 토양 내 특정물질의 분포나 함량을 측정하도록 하였다.

[0027] 특히 금속토양이나, 금속토양 주변의 토양은 광화작용의 특성 및 지질조건에 따라 오염원소나 구성광물이 상이하며, 토양 내 유기물질이 적게 포함되기 때문에 금속토양이나, 금속토양 주변의 토양 오염도를 탐사하기 위해서는 광물조성의 연구가 필수적이다. 따라서 본 발명은 금속토양이나, 금속토양 주변의 토양에서 흔히 검출될 수 있는 아연이나 카드뮴의 분광특성을 파악하여 아연 및 카드뮴 함량에 따란 반사도 변이가 통계적으로 유의한 파장을 선택하고, 이를 통해 토양 내 아연 또는 카드뮴의 분포나 함량을 측정하게 되는 기술을 제공하고자 한다.

[0028] 이하, 상기와 같은 본 발명의 일실시예에 따른 휴대용 분광계를 이용한 오염토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 장치(이하 '탐사 장치')에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도 2에는 본 발명의 일실시 예에 따른 탐사 장치(100)의 블록도가 도시되어 있다.

[0029] 도시된 바와 같이 탐사 장치(100)는 광산 내부의 분광 영상 획득을 위한 탐지부(10)와, 탐지부(10)를 통해 획득된 영상을 이용하여 토양 내 아연 및 카드뮴 함량을 분석하는 분석부(20)로 구성된다.

[0030] 본 발명의 탐사 장치(100)는 광산 내부에 아연 및 카드뮴 분포 시 토양 내 광물조성에 따른 중금속 흡착기재를 활용하며, 이는 분광학적 특성으로 나타나기 때문에 이를 통해 토양의 분광계 영상을 이용하여 토양 내 함유된 아연 및 카드뮴의 함량을 탐지하는 것을 특징으로 한다.

[0031] 보다 구체적으로 탐지부(10)는 휴대용으로 구성되어 광산 내부 또는 그 주변의 토양에서 직접 분광 영상의 획득이 가능하도록 구성될 수 있다. 탐지부(10)는 분석부(20)가 카드뮴 및 아연 예측 함량 값을 즉각적으로 도출할 수 있도록 시료의 전처리 없이 신속하게 분광정보를 취득하도록 구성될 수 있다. 이를 위해 탐지부(10)는, 광원부(11), 반사도 측정부(12) 및 광정보 전송부(13)를 포함한다.

[0032] 광원부(11)는, 측정대상이 되는 토양에 가시광선, 적외선, 단파적외선(350~2500nm)까지의 영역을 할로겐 조명소스(halogen light source)로 빛을 조사하도록 구성된다.

[0033] 반사도 측정부(12)는, 광원부(11)에서 조사된 빛이 토양에서 반사되어 반사된 분광 영상을 수광하도록 구성된다. 반사도 측정부(12)는, 압밀되고 평평한 토양에 휴대용 분광계를 수직으로 맞댄 상태에서 반사도를 측정하도록 구성될 수 있다. 반사도 측정부(12)는 측정한 영상정보를 최적화하고 화이트밸런스(white-balance)하여 정확한 정보를 획득할 수 있도록 구성될 수 있다. 반사도 측정부(12)는, 수광정보를 350~1000nm, 1000~1800nm, 1800~2500nm의 세 영역 범위로 나누고 3~6nm의 해상도로 측정한 광정보를 1nm 단위의 반사도 값으로 재정리하여 광정보가 전송되도록 구성될 수 있다. 수광정보를 세 영역으로 나누는 이유는 아연과 카드뮴 함량에 민감한 파장영역을 탐지하기 위함이다. 일예로 광물의 흡착기작에 따라 발생하는 분광특성은 1800~2500nm 영역에서 뚜렷하게 발생한다. 아연 및 카드뮴 탐사에 있어 요구되는 파장영역은 후의 실험에서 자세히 상술한다.

[0034] 광정보 전송부(13)는, 반사도 측정부(12)를 통해 수광된 분광 영상을 분석부(20)로 무선 또는 유선 전송하도록 구성된다. 광정보 전송부(13)가 유선으로 구성되는 경우 탐지부(10)와 분석부(20)를 연결하는 광섬유케이블(Fiber-optic cable)일 수 있고, 탐지부(10)와 분석부(20)에 연결되어 일체로 구성될 수 있다.

[0035] 상술한 바와 같은 탐지부(10)는 휴대용으로 구성되어 광산 내부 또는 토양 주변의 토양에서 직접 분광 영상의 획득이 가능하도록 구성될 수 있다. 탐지부(10)와 분석부(20)가 유선으로 연결되는 경우 탐지부(10)와 분석부(20)가 일체로 구성될 수도 있고, 탐지부(10)와 분석부(20)가 무선으로 연결되는 경우 분석부(20)는 탐지부(10)에서 이격되어 이동수단과 같은 중계기의 내부에 설치될 수 있다.

[0036] 분석부(20)는 기존에 구축한 또는 사용자로부터 입력받은 카드뮴 및 아연함량 예측식을 토대로 측정한 파장영역 중 최적파장 영역을 추출하여 표준 회귀식 또는 예측식에 적용한다. 이에 따라 카드뮴 및 아연 예측값이 도출되며 이 정보는 사용자에게 제공할 수 있다. 이에 대한 상세 설명은 탐사 방법에서 상세히 후술한다.

[0037] 분석부(20)는, 광정보 전송부(13)에서 전송되는 분광 영상을 수신하는 광정보 수신부(21)와, 광정보 수신부(21)를 통해 수신된 분광 영상을 저장하는 데이터베이스(22)와, 데이터베이스(22)에 저장된 분광 영상을 이용하여 토양 내 아연 및 카드뮴의 분포나 함량을 연산하는 아연 및 카드뮴 함량 연산부(23)와, 아연 및 카드뮴 함량 연산부(23)를 통해 연산된 아연 및 카드뮴 함량 분석 결과를 사용자에게 제공하는 디스플레이부(24) 및 위 광정보 수신부(21), 데이터베이스(22), 아연 및 카드뮴 함량 연산부(23) 및 디스플레이부(24)를 총괄하여 제어하는 제어부(25)를 포함하여 구성된다.

[0038] 데이터베이스부(22)는, 기존에 구축한 서버에서 제공하는 광물별, 중금속 원소별(카드뮴 및 아연)에 따른 함량 예측 표준 회귀식을 제공받거나, 사용자가 직접 입력하도록 구성될 수 있다. 또한, 탐지부(10)가 측정한 다양한 광물조성별(스멕타이트) 분광정보와 예측 중금속 함량을 저장할 수 있다.

[0039] 아연 및 카드뮴 함량 연산부(23)는, 탐지부(10)에서 측정한 수광정보 중 토양주변 토양 내 카드뮴 및 아연과 밀접한 파장영역(1850nm)을 추출하여 예측함량을 계산한다. 함량은 기존에 구축한 회귀식을 기반하여 산출된다.

[0040] 디스플레이부(24)는, 카드뮴 및 아연 함량 연산부(23)이 계산한 아연 및 카드뮴 함량 분석 결과는 사용자에게 제공한다. 이때 중금속함량에 대한 세계 각 국의 함량 기준치와 비교하여 토양 주변 토양 내 카드뮴 및 아연의 오염정도를 평가하도록 제공될 수 있다.

[0041] 제어부(25)는, 광정보 수신부(21), 데이터베이스(22), 아연 및 카드뮴 함량 연산부(23) 및 디스플레이부(24)를 총괄하여 제어하는 제어부(25)는 문제가 발생했을 시 디스플레이부에 오류메시지를 나타냄으로써 정확한 함량을 예측하도록 구성될 수 있다. 제어부(25)는, 광정보 수신부(21)에서 받는 수광정보가 적합하게 설치되어 측정되었는지, 최적화 작업이 적합하게 수행되었는지, 수신된 수광정보 내 오류정보가 존재하는지 여부를 판정할 수 있도록 구성될 수 있다. 제어부(25)는, 데이터베이스부(22)의 메모리가 충분한지, 기존 구축한 서버와 분석부가 정상적으로 연결되어있는지 여부를 확인하도록 구성될 수 있다. 아울러, 아연 및 카드뮴 함량 연산부(23)가 아연 및 카드뮴 함량값을 도출하여 디스플레이부(24)에 전송하기 전 중금속의 정성 및 정량평가에 대한 신뢰도 및 오류평가를 포함 할 수 있다.

[0042] 이하, 상기와 같은 본 발명의 일실시예에 따른 분광 자료를 이용한 토양 내 아연 및 카드뮴 함량 탐사 장치(100)를 이용한 토양 내 아연 및 카드뮴 함량 탐사 방법에 대하여 도면을 참조하여 상세히 설명한다. 도 3에는, 본 발명의 일실시 예에 따른 휴대용 분광계를 이용한 토양 내 아연 및 카드뮴 탐사 방법의 순서도가 도시되어 있고, 도 4에는 빛의 파장에 따라 아연에서 반사되는 빛의 반사도를 나타낸 그래프가 도시되어 있고, 도 5에는 빛의 파장에 따라 카드뮴에서 반사되는 빛의 반사도를 나타낸 그래프가 도시되어 있다.

[0043] 우선 탐지부(10)의 광원부(11)를 이용하여 광산 및 광산 주변에 분포된 광산 토양에 광원을 조사하는 광원 조사 단계(S10)를 수행한다.

[0044] 다음으로, 광산 내부에 조사된 광원이 반사된 분광계 영상을 반사도 측정부(12)를 통해 획득하는 분광계 영상 획득 단계(S20)를 수행한다.

[0045] 다음으로, 광정보 전송부(13)를 통해 분광계 영상을 분석부(20)로 송신하고, 분석부(20)의 광정보 수신부(21)를 통해 수신하는 영상 전송 단계(S30)를 수행한다.

[0046] 다음으로, 수신된 영상을 데이터베이스(22)에 저장하는 영상 저장 단계(S40)를 수행한다.

[0047] 다음으로 저장된 분광계 영상을 분석하여 토양 내 아연 및 카드뮴 함량을 연산하는 아연 및 카드뮴 함량 연산 단계(S50)를 수행한다.

[0048] 도 4를 참조하면, 아연의 함량이 많은 토양일수록 파장에 따라 반사도가 낮게 나타나며, 특히 1885~1895nm 대의 파장영역에서 다른 물질에 비해 반사도가 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있다. 또한, 도 5를 참조하면, 카드뮴의 함량이 많은 토양일수록 파장에 따라 반사도가 낮게 나타나며, 특히 1850~1860nm 대의 파장영역에서 다른 물질에 비해 반사도가 급격히 낮아지는 것을 볼 수 있다.

[0049] 따라서 1885~1895nm 대의 파장영역에서의 반사도 및 1850~1860nm 대의 파장영역에서의 반사도를 분석하여 토양 내 아연 또는 카드뮴의 함유 여부 및 함량 측정이 가능하다. 1850~1900nm의 파장영역은 아연 및 카드뮴의 함량을 예측에 있어 통계적으로도 유의한 파장으로, 상기 파장의 반사도를 선형의 회귀분석에 적용함으로써 아연 및 카드뮴의 함량 예측식을 산출할 수 있다. 아연 및 카드뮴의 함량과 반사도 사이의 회귀분석을 통해 도출된 경험식은 아래 식 1과 식 2와 같다. 식 1은 아연의 함량 연산공식이고, 식 2는 카드뮴의 함량 연산공식이다.

수학식 1

[0050] $$(Zn\,concentration)=3.939-5.739\times R_{1889nm}$$

수학식 2

[0051] $$(Cd\,concentration)=0.042-0.054\times R_{1854nm}$$

[0052] 위의 식들은 실험에서 사용된 데이터를 사용해서 산출된 경험식으로 식 1과 식 2에서의 계수들은 회귀분석을 통해 도출된 값이다. 식 1은 아연의 함량을 예측하는 데 있어 1889nm의 반사도가 효과적임을 보여준다. 상기 연산식에서 적합성을 의미하는 결정계수(R^2)는 0.755이며, 실험에서의 관측값과 실제 광산 토양에서 검출된 함량 값의 평균제곱근오차(RMSE)는 0.3775%로, 상당히 유의한 상관성을 보여준다. 식 2는 카드뮴의 함량을 예측하는 데 있어 1854nm의 반사도가 효과적임을 보여준다. 카드뮴의 경우, 결정계수(R^2)은 0.723, 평균제곱근오차는 0.0042%로 본 실시예에서 도출된 카드뮴의 경험식 또한 통계적으로 유의한 수준이다.

[0053] 회귀분석을 통해 도출된 최적의 파장영역은 아연의 경우 1889nm, 카드뮴의 경우 1854nm이다. 식 1과 식 2에서 사용한 파장영역은 물과 OH기의 흡광특성에 의해 발현하는 스멕타이트와 밀접한 관련이 있는 파장이다. 본 실시예에서 상술한 연산식은 광산토양에서 다량으로 발생되는 아연 또는 카드뮴이 스멕타이트에 흡착하는 기작에 따라 발생하는 반사도의 변이를 나타내는 것으로, 광산 토양 내 아연 및 카드뮴의 함량을 식 1과 식 2를 이용하여 즉각적으로 측정할 수 있다.

[0054] 일예로, 350~2500nm까지의 반사도(R)가 측정이 되면, 1889nm의 반사도의 값을 추출한 후 1889nm의 반사도 값이 0.5라고 가정하면, 예측된 아연 함량은 1.0695%(3.939-5.739*0.500의 계산값)일 수 있다.

[0055] 마지막으로 디스플레이부(24)를 통해 연산된 아연 및 카드뮴의 함량을 제공하는 아연 및 카드뮴 함량 제공단계(S60)를 수행한다.

[0056] 본 발명의 상기한 실시 예에 한정하여 기술적 사상을 해석해서는 안 된다. 적용범위가 다양함은 물론이고, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당업자의 수준에서 다양한 변형 실시가 가능하다. 따라서 이러한 개량 및 변경은 당업자에게 자명한 것인 한 본 발명의 보호범위에 속하게 된다.

부호의 설명

[0057] 100 : 토양 내 아연 및 카드뮴 함량 탐사 장치

10 : 탐지부

11 : 광원부

12 : 반사도 측정부

13 : 광정보 전송부

20 : 분석부

21 : 광정보 수신부

22 : 데이터베이스

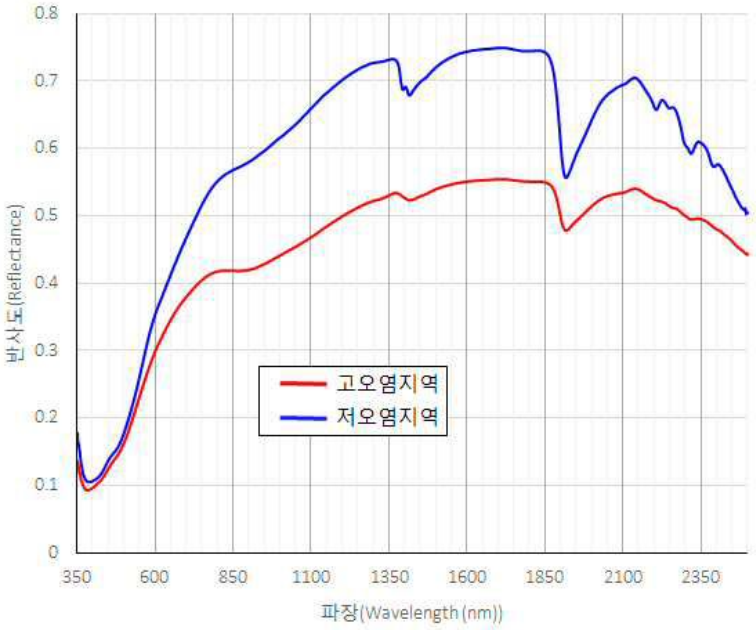
23 : 아연 및 카드뮴함량 연산부

24 : 디스플레이부

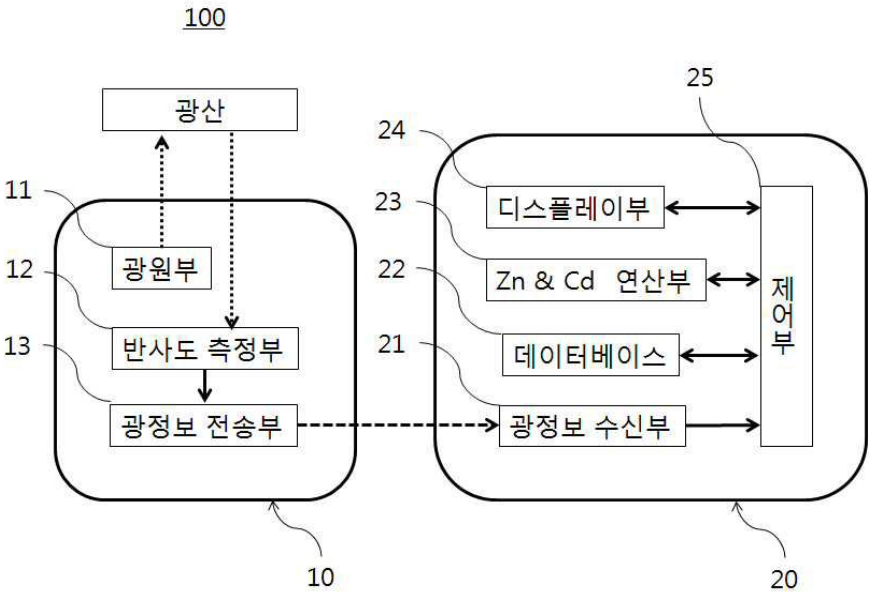
25 : 제어부

도면

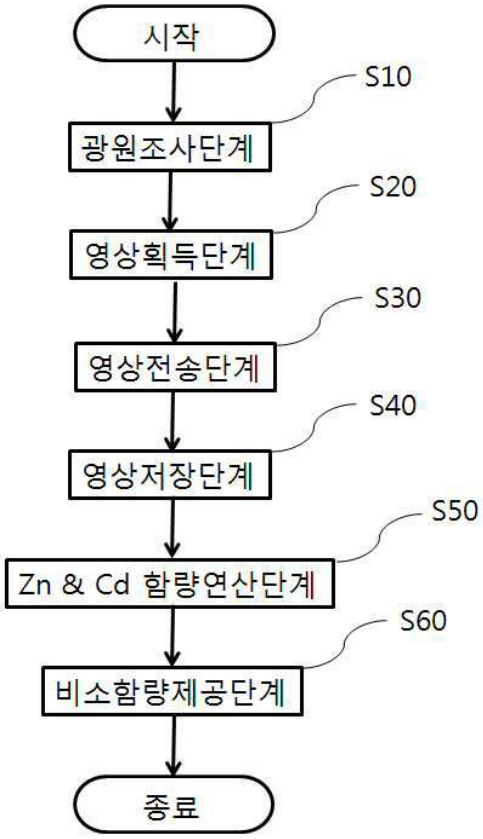
도면1


0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
반사도(Reflectance)
350
600
850
1100
1350
1600
1850
2100
2350
파장(Wavelength(nm))
고오염지역
저오염지역

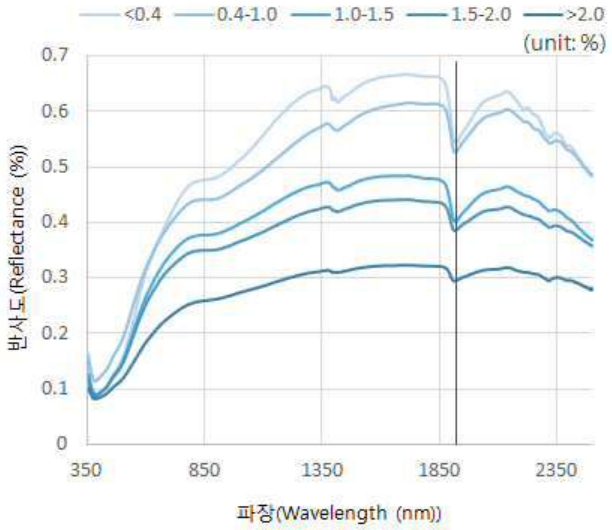
도면2


100
광산
11
광원부
12
반사도 측정부
13
광정보 전송부
10
25
24
23
22
21
디스플레이부
Zn & Cd 연산부
데이터베이스
광정보 수신부
제어부
20

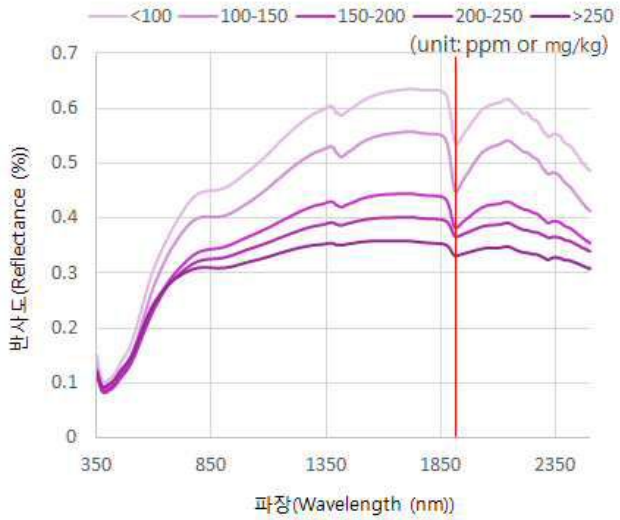
도면3


시작
S10
광원조사단계
S20
영상획득단계
S30
영상전송단계
S40
영상저장단계
S50
Zn & Cd 함량연산단계
S60
비소함량제공단계
종료

도면4


<0.4
0.4-1.0
1.0-1.5
1.5-2.0
>2.0
(unit: %)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
반사도(Reflectance (%))
350
850
1350
1850
2350
파장(Wavelength (nm))

도면5


<100
100-150
150-200
200-250
>250
(unit: ppm or mg/kg)
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
반사도(Reflectance (%))
350
850
1350
1850
2350
파장(Wavelength (nm))