



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0115567  
(43) 공개일자 2013년10월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G06F 19/00 (2011.01)

(21) 출원번호 10-2012-0037964

(22) 출원일자 2012년04월12일

심사청구일자 2012년04월12일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

손요환

서울특별시 노원구 중계1동 벽산3차아파트 101동 507호

이궁

강원도 춘천시 석사동 현진에버빌2차

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인충원

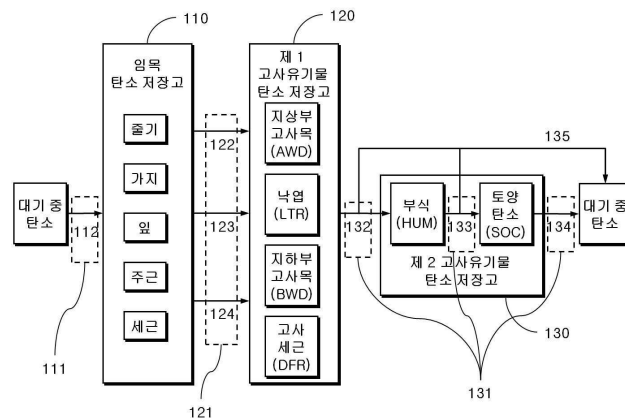
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 산림토양탄소모델

(57) 요약

본 발명은 산림토양탄소를 모델링하는 방법에 관한 것으로서, 임분생체량, 고사유기물 생산량, 및 고사유기물 분해량을 이용하여 산림토양탄소를 모델링하는 방법에 있어서, 임령에 따른 임목 줄기의 체적변화에 의한 임분생체량의 변화를 이용하여 임목 내 탄소량을 산출하는 단계, 임목의 연간 고사율에 따른 고사유기물의 생산량을 이용하여 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계, 및 연간 고사유기물의 분해량을 이용하여 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하며, 산림토양탄소의 동태를 모의 및 예측할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

**박찬우**

서울특별시 노원구 하계1동 한신동성아파트 5-804

**김래현**

서울특별시 강남구 역삼2동 역삼 I'Park 206-1101

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 S111011L030120

부처명 산림청

연구사업명 산림과학기술개발사업

연구과제명 [협동] 산림토양탄소모델 개발

주관기관 국립산림과학원

연구기간 2011.04.01 ~ 2012.03.31

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

임분생체량, 고사유기물 생산량, 및 고사유기물 분해량을 이용하여 산림토양탄소를 모델링하는 방법에 있어서, 임령에 따른 임목 줄기의 체적변화에 의한 상기 임분생체량의 변화를 이용하여 임목 내 탄소량을 산출하는 단계;

임목의 고사율에 따른 상기 고사유기물의 생산량을 이용하여 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계; 및 상기 고사유기물의 분해량을 이용하여 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 임목 내 탄소량을 산출하는 단계는,

단위면적당 줄기재적, 목재기본밀도를 이용하여 단위면적당 줄기질량을 산출하는 단계;

상기 단위면적당 줄기질량과 전환계수를 이용하여 가지, 잎, 주근, 및 세근의 부위별 단위면적당 질량을 산출하는 단계; 및

상기 각 부위별 단위면적당 질량, 면적, 및 임분생체 내 탄소농도를 이용하여 상기 임목 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하고,

상기 단위면적당 줄기재적은 지위지수와 임령을 이용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 방법.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계는,

이전 시간의 줄기 내 탄소량과 줄기의 고사율, 및 이전 시간의 가지 내 탄소량과 가지의 고사율을 이용하여 지상부고사목 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 지상부고사목 내 탄소량과 지상부고사목의 분해계수를 이용하여 상기 지상부고사목 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 지상부고사목의 탄소변화량을 산출하는 단계;

이전 시간의 잎 내 탄소량과 잎의 고사율을 이용하여 낙엽 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 낙엽 내 탄소량과 낙엽의 분해계수를 이용하여 상기 낙엽 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 낙엽의 탄소변화량을 산출하는 단계;

이전 시간의 주근 내 탄소량과 주근의 고사율을 이용하여 지하부고사목 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 지하부고사목 내 탄소량과 지하부고사목의 분해계수를 이용하여 상기 지하부고사목 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 지하부고사목의 탄소변화량을 산출하는 단계;

이전 시간의 세근 내 탄소량과 세근의 고사율을 이용하여 고사세근 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 고사세근 내 탄소량과 고사세근의 분해계수를 이용하여 상기 고사세근 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 고사세근의 탄소변화량을 산출하는 단계; 및

상기 산출한 지상부고사목, 낙엽, 지하부고사목, 고사세근의 단위시간당 탄소변화량을 이용하여 상기 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하는 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계는,

각 단위별 이전 시간의 탄소량, 탄소손실량 대비 대기방출비율, 분해계수를 이용하여 부식된 고사유기물 내 탄

소량의 증가를 산출하고, 이전 시간 내 부식된 고사유기물 내 탄소량과 부식된 고사유기물의 분해계수를 이용하여 상기 부식된 고사유기물 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출하는 단계;

이전 시간의 부식된 고사유기물 내 탄소량, 부식된 고사유기물의 탄소손실량 대비 대기방출비율, 및 부식된 고사유기물의 분해계수에 따른 토양탄소 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간 내 토양탄소 내 탄소량과 토양탄소의 분해계수를 이용하여 상기 토양탄소 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 토양탄소의 탄소변화량을 산출하는 단계; 및

상기 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량과 상기 단위시간당 토양탄소의 탄소변화량을 이용하여 상기 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하고,

상기 단위별 이전 시간의 탄소량은 지상부고사목, 낙엽, 지하부고사목, 및 고사세근의 이전 시간의 탄소량인 것을 특징으로 하는 방법.

## 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항의 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체.

## 명세서

### 기술분야

[0001] 본 발명은 산림토양탄소모델에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 임분생체량, 고사유기물 생산량, 및 고사유기물 분해량을 이용하여 산림토양탄소의 동태를 모의 및 예측할 수 있도록 산림토양탄소를 모델링하는 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 환경에 대한 관심이 증가되고 있는 현재, 지구온난화가 세계적으로 문제되고 있다. 지구온난화는 이산화탄소를 비롯한 대기 중의 온실가스 농도의 증가에서 기인한다. 이산화탄소를 줄이는 방법의 발명도 중요하지만, 이산화탄소를 발생시키는 지구의 탄소저장 및 순환을 정확히 이해하고 관리하는 것이 필요하다. 상기 지구의 탄소 저장 및 순환을 이해하는 것은 기후변화의 완화 및 적응의 기초가 된다.

[0003] 토양이나 기후 환경에 따라 탄소의 저장 및 순환이 다를 수 있는바, 국가차원에서 탄소계정이 필요하고, 특히 우리나라와 같이 산림면적 비중이 높은 국가에서는 산림토양탄소의 정확한 정량화가 매우 중요하다.

[0004] 산림토양탄소모델에 대한 선행기술로 해외의 경우, 미국의 CENTURY (Metherell et al., 1993), 영국의 RothC (Coleman & Jenkinson, 1999), 또는 일본의 Sim-CYCLE (Ito & Oikawa, 2003) 등의 모델들이 연구되고 사용되고 있다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 산림토양탄소의 동태를 모의 및 예측할 수 있는 산림토양탄소모델을 생성하는 방법을 제공하는 것이다.

[0006] 또한, 상기된 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공하는데 있다.

#### 과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 해결하기 위하여, 임분생체량, 고사유기물 생산량, 및 고사유기물 분해량을 이용하여 산림토양탄소를 모델링하는 방법에 있어서, 임령에 따른 임목 줄기의 체적변화에 의한 임분생체량의 변화를 이용하여 임목 내 탄소량을 산출하는 단계, 임목의 연간 고사율에 따른 고사유기물의 생산량을 이용하여

제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계, 및 연간 고사유기물의 분해량을 이용하여 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 상기 임목 내 탄소량을 산출하는 단계는, 단위면적당 줄기재적, 목재기본밀도를 이용하여 단위면적당 줄기질량을 산출하는 단계, 상기 단위면적당 줄기질량과 전환계수를 이용하여 가지, 잎, 주근, 및 세근의 부위별 단위면적당 질량을 산출하는 단계, 및 상기 각 부위별 단위면적당 질량, 면적, 및 생체 내 탄소농도를 이용하여 부위별 임목 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하고, 상기 단위면적당 줄기재적은 지위지수와 임령을 이용하여 산출하는 것을 특징으로 하는 방법일 수 있다.

[0009] 또한, 본 발명의 다른 실시예에 의하면, 상기 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계는, 이전 시간의 줄기 내 탄소량과 줄기의 고사율, 및 이전 시간의 가지 내 탄소량과 가지의 고사율을 이용하여 지상부고사목 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 지상부고사목 내 탄소량과 지상부고사목의 분해계수를 이용하여 상기 지상부고사목 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 지상부고사목의 탄소변화량을 산출하는 단계, 이전 시간의 잎 내 탄소량과 잎의 고사율을 이용하여 낙엽 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 낙엽 내 탄소량과 낙엽의 분해계수를 이용하여 상기 낙엽 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 낙엽의 탄소변화량을 산출하는 단계, 이전 시간의 주근 내 탄소량과 주근의 고사율을 이용하여 지하부고사목 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 지하부고사목 내 탄소량과 지하부고사목의 분해계수를 이용하여 상기 지하부고사목 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 지하부고사목의 탄소변화량을 산출하는 단계, 이전 시간의 세근 내 탄소량과 세근의 고사율을 이용하여 고사세근 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 고사세근 내 탄소량과 고사세근의 분해계수를 이용하여 상기 고사세근 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 고사세근의 탄소변화량을 산출하는 단계, 및 상기 산출한 지상부고사목, 낙엽, 지하부고사목, 고사세근의 부위별 단위시간당 탄소변화량을 이용하여 상기 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하는 방법일 수 있다.

[0010] 본 발명의 또 다른 실시예에 의하면, 상기 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계는, 각 단위별 이전 시간의 탄소량, 탄소손실량 대비 대기방출비율, 분해계수를 이용하여 부식된 고사유기물 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간 내 부식된 고사유기물 내 탄소량과 부식된 고사유기물의 분해계수를 이용하여 상기 부식된 고사유기물 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출하는 단계, 및 이전 시간의 부식된 고사유기물 내 탄소량, 부식된 고사유기물의 탄소손실량 대비 대기방출비율, 및 부식된 고사유기물의 분해계수에 따른 토양탄소 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간 내 토양탄소 내 탄소량과 토양탄소의 분해계수를 이용하여 상기 토양탄소 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 토양탄소의 탄소변화량을 산출하는 단계를 포함하고, 상기 단위별 탄소량은 지상부고사목, 낙엽, 지하부고사목, 고사세근의 탄소량인 것을 특징으로 하는 방법일 수 있다.

[0011] 상기 다른 기술적 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 임분생체량, 고사유기물 생산량, 및 고사유기물 분해량을 이용하여 산림토양탄소모델을 생성하는 방법을 컴퓨터에서 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체를 제공한다.

### 발명의 효과

[0012] 본 발명에 따르면, 획득이 용이한 임분 정보를 모델에 적용하여 산림토양 내 탄소저장량 및 변화를 추정할 수 있다. 또한, 모델로 예측된 결과는 산림경영을 위한 의사결정에 도움을 줄 수 있다. 나아가, 산림탄소배출권 잠재력에 대하여 신뢰할 수 있는 평가도구로써 이용할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 산림토양탄소모델의 블록도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 산림토양탄소를 모델링하는 방법을 모델링 프로그램을 이용하여 설계한 전체 모듈을 예시한 도면이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 산림토양탄소를 모델링하는 방법을 모델링 프로그램을 이용하여 설계한 모듈의 각 부분을 예시한 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0014] 본 발명에 관한 구체적인 내용의 설명에 앞서 이해의 편의를 위해 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안의 개요 혹은 기술적 사상의 핵심을 우선 제시한다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 산림토양탄소를 모델링하는 방법은 임분생체량, 고사유기물 생산량, 및 고사유기물 분해량을 이용하여 산림토양탄소를 모델링하는 방법에 있어서, 임령에 따른 임목 줄기의 체적변화에 의한 임분생체량의 변화를 이용하여 임목 내 탄소량을 산출하는 단계, 임목의 연간 고사율에 따른 고사유기물의 생산량을 이용하여 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계, 및 연간 고사유기물의 분해량을 이용하여 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다.
- [0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있는 실시 예를 상세히 설명한다. 그러나 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.
- [0017] 본 발명이 해결하고자 하는 과제의 해결 방안을 명확하게 하기 위한 발명의 구성을 본 발명의 바람직한 실시예에 근거하여 첨부 도면을 참조하여 상세히 설명하되, 도면의 구성요소들에 참조번호를 부여함에 있어서 동일 구성요소에 대해서는 비록 다른 도면상에 있더라도 동일 참조번호를 부여하였으며 당해 도면에 대한 설명시 필요한 경우 다른 도면의 구성요소를 인용할 수 있음을 미리 밝혀둔다. 아울러 본 발명의 바람직한 실시예에 대한 동작 원리를 상세하게 설명함에 있어 본 발명과 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명 그리고 그 이외의 제반 사항이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 산림토양탄소모델의 블록도이다.
- [0019] 대기 중의 탄소가 산림으로 흡수되어 일정한 경로를 따라 이동하고 다시 대기 중의 탄소로 순환하게 된다. 산림에서의 순환과정에서 탄소를 포함하고 있는 부분을 크게 임목 탄소 저장고(110), 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120), 및 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)로 나눌 수 있다. 제 1 고사유기물은 살아있는 임목이 죽은 상태로 분해되기 전의 고사유기물이고, 제 2 고사유기물은 상기 제 1 고사유기물이 부식 분해된 고사유기물이다.
- [0020] 임목 탄소 저장고(110)는 탄소를 저장하고 있는 살아있는 임목을 의미하고, 줄기(Stem), 가지(Branch), 잎(foliage), 주근(굵은 뿌리, Coarse root), 및 세근(가는 뿌리, Fine root)을 포함한다. 여기서 주근은 지름이 2 미리미터 이상인 뿌리일 수 있다. 나무껍질 등을 더 포함할 수도 있다. 대기 중의 탄소는 광합성을 통해 임목 탄소 저장고(110)에 저장된다. 임목은 광합성과 호흡을 함께하기 때문에 순광합성량(112)을 통해 대기 중의 탄소가 임목 탄소 저장고(110)에 유입되며, 상기 순광합성량(110)은 연간 임분 생체량의 축적량이 된다. 임목 탄소 저장고(110)에 저장된 임목 내 탄소는 임령에 따른 임목 줄기의 체적변화에 의한 임분생체량의 변화를 이용하여 산출한다.
- [0021] 보다 구체적으로, 임목 탄소 저장고(110)의 각 부위별 단위면적당 질량을 산출하고 산림토양탄소모델을 적용하고자 하는 지역의 면적을 곱하면 전체 임분 생체량을 산출할 수 있고, 상기 전체 임목 내 탄소량을 추정하기 위하여 임목의 탄소농도(%)를 이용한다. 각 부위별 단위면적당 질량을 산출하기 위하여 상기 임목의 부위 중 가장 큰 부분을 차지하고 있는 줄기를 기준으로 한다. 임분수확표를 이용하여 산출된 수종별, 지위지수별로 임령과 단위면적당 줄기재적의 관계식을 이용하여 단위면적당 줄기 질량을 산출한다.
- [0022] 고펜페르츠 함수를 이용한 지위지수 별 임령에 따른 단위면적당 줄기재적은 다음 수학적 식 1과 같다.
- [0023] **[수학적 식 1]**
- [0024] 줄기재적 =  $a \times \exp(b \times \exp(c \times \text{임령}))$
- [0025] (a, b, c : 지위지수에 따른 상수)
- [0026] 지위지수는 토양의 비옥도에 따른 임분생체량의 변화의 정도를 나타내는 지수로써, 임분수확표를 이용하여 도출된다. 상기 임분수확표는 국립산림과학원에서 개발된 임분수확표 상의 자료를 고펜페르츠 함수를 이용하여 연속적인 자료로 변환하여 도출할 수 있다. 자료 범위 이외의 부분(예를 들어, 임령 20년 이하 또는 임령 80년 이상)

의 경우에는 외삽을 통해 추정할 수 있다. 지위지수(Site index)는 도 1a의 비연속자료(140)로부터 산출하고, 연속적인 자료인 함수 그래프(150)로 도출할 수 있다.

[0027] 국립산림과학원의 임분수확표를 이용하여 도출된 지위지수에 따른 소나무의 단위면적당 줄기재적은 다음 수학적식 2와 같다.

[수학적식 2]

[0029] 지위지수 10 : 줄기재적 =  $182.8 \times \exp(-7.7292 \times \exp(-0.0902 \times \text{임령}))$

[0030] 지위지수 12 : 줄기재적 =  $231.5 \times \exp(-8.7470 \times \exp(-0.0954 \times \text{임령}))$

[0031] 지위지수 14 : 줄기재적 =  $285.6 \times \exp(-9.5535 \times \exp(-0.0991 \times \text{임령}))$

[0032] 지위지수 16 : 줄기재적 =  $345.0 \times \exp(-10.1960 \times \exp(-0.1018 \times \text{임령}))$

[0033] (재적 단위는 m<sup>3</sup>/ha, 임령은 연 단위)

[0034] 단위면적당 줄기질량은 단위면적당 줄기재적과 목재기본밀도를 이용하여 다음 수학적식 3과 같이 산출할 수 있다.

[수학적식 3]

[0036] 단위면적당 줄기질량(ton/ha) = 단위면적당 줄기재적(m<sup>3</sup>/ha) x 목재기본밀도 (ton/m<sup>3</sup>)

[0037] 상기 산출된 단위면적당 줄기질량과 생체량전환계수를 이용하여 다른 부위별 단위면적당 줄기질량을 다음 수학적식 4와 같이 산출한다.

[수학적식 4]

[0039] 단위면적당 가지 질량 = 단위면적당 줄기질량 x 가지 줄기전환계수

[0040] 단위면적당 잎 질량 = 단위면적당 줄기질량 x 잎 줄기전환계수

[0041] 단위면적당 뿌리 질량 = 단위면적당 줄기질량 x 지상부생체량전환계수 x 지상부 대비 뿌리 비율

[0042] 주근과 세근의 비율에 따라 단위면적당 주근 질량과 단위면적당 세근 질량을 산출할 수 있다. 한국산임연구소의 자료에 의하면 소나무에 대한 가지/줄기 전환계수는 0.242, 잎/줄기 전환계수는 0.084, 뿌리/지상부 전환계수는 0.0259이다. 세근의 질량은 전체 지상부의 0.94 퍼센트이다.

[0043] 상기 각 부위별 단위면적당 질량, 전체 면적, 및 탄소농도를 이용하여 임목 내 탄소 저장고(110)에 저장된 임목 내 탄소량을 산출할 수 있다. 상기 탄소농도는 50 퍼센트(%)일 수 있다. 국제적으로 임목 내 탄소농도로 50 퍼센트가 사용되고 있다. 상기 탄소농도는 환경에 따라 45 퍼센트 내지 55 퍼센트 사이일 수 있다.

[0044] 임목 내 탄소 저장고(110)에 저장된 탄소는 임목의 각 부위가 고사함으로써 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)로 이동하게 된다. 제 1 고사유기물은 줄기와 가지 등이 고사하여 지상에 놓이는 지상부고사목 (AWD, aboveground woody debris), 잎이 떨어진 낙엽 (LTR, letter), 주근이 고사한 지하부고사목 (BWD, belowground woody debris), 고사세근 (DFR, dead fine roots)을 포함할 수 있다. 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 저장된 제 1 고사유기물 내 탄소량은 임목의 연간 고사율에 따른 고사유기물의 생산량을 이용하여 산출한다.

[0045] 보다 구체적으로, 제 1 고사유기물 내 탄소량은 임목 내 탄소 저장고(110)로부터 유입되는 탄소량과 이전 시간의 제 1 고사유기물이 분해되어 제 2 고사유기물탄소 저장고(130)로 유출되는 탄소량을 이용하여 산출할 수 있다. 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 저장된 탄소량을 산출하기 위하여, 임목의 부위별 내 탄소량과 고사율을 이용하여 임목 내 탄소 저장고(110)에서 유입되는 탄소량을 산출하고, 제 1 고사유기물 내 탄소량이 분해되는 양을 산출하여 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)로 유출되는 탄소량을 산출한다.

[0046] 임목 탄소 저장고(110)에서 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)로 유입되는 탄소량을 산출하기 위하여 각 부위별 고사율을 이용한다. 상기 부위별 고사율은 줄기 및 뿌리 고사율(122), 가지 고사율(123), 및 잎(낙엽) 고사율(124)을 포함할 수 있으며, 줄기 및 뿌리 고사율(122)에서 줄기, 주근, 및 세근을 세분화한 고사율을 이용할 수

있다. 또한, 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에서 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)로 유출되는 탄소량을 산출하기 위하여, 지상부고사목, 낙엽, 지하부고사목, 고사세근의 분해계수를 이용한다.

제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에서의 단위시간당 탄소변화량은 다음 수학적 식 5와 같다.

[수학적 식 5]

$$\frac{dAWD_t}{dt} = \text{Stem}_{t-1} \cdot M_{STM} + \text{Branch}_{t-1} \cdot ST - AWD_{t-1} \cdot k_{AWD}$$

$$\frac{dLTR_t}{dt} = \text{Foliage}_{t-1} \cdot LF - LTR_{t-1} \cdot k_{LTR}$$

$$\frac{dBWD_t}{dt} = \text{CoarseRoot}_{t-1} \cdot M_{CRT} - BWD_{t-1} \cdot k_{BWD}$$

$$\frac{dDFR_t}{dt} = \text{FineRoot}_{t-1} \cdot M_{FRT} - DFR_{t-1} \cdot k_{DFR}$$

$$k_i = \exp(-c_i \times t)$$

지상부고사목(AWD)의 탄소변화량은 이전 시간의 줄기 내 탄소량( $\text{Stem}_{t-1}$ )과 줄기의 고사율( $M_{STM}$ ) 및 이전 시간의 가지 내 탄소량( $\text{Branch}_{t-1}$ )과 가지의 고사율(ST, Self-thinning)에 의한 탄소량의 증가와, 이전 시간의 지상부고사목 내 탄소량( $AWD_{t-1}$ )과 지상부고사목의 분해계수( $k_{AWD}$ )에 의한 탄소량의 감소를 산출함으로써, 단위시간당 지상부고사목의 탄소변화량( $dAWD_t/dt$ )을 산출할 수 있다. 낙엽(LTR)의 탄소변화량은 이전 시간의 잎 내 탄소량( $\text{Foliage}_{t-1}$ )과 잎의 고사율(LF, Litterfall)에 의한 탄소량의 증가와, 이전 시간의 낙엽 내 탄소량( $LTR_{t-1}$ )과 낙엽의 분해계수( $k_{LTR}$ )에 의한 탄소량의 감소를 산출함으로써, 단위시간당 낙엽의 탄소변화량( $dLTR_t/dt$ )을 산출할 수 있다. 지하부고사목(BWD)의 탄소변화량은 이전 시간의 주근 내 탄소량( $\text{CoarseRoot}_{t-1}$ )과 줄기의 고사율( $M_{CRT}$ )에 의한 탄소량의 증가와, 이전 시간의 지하부고사목 내 탄소량( $BWD_{t-1}$ )과 지하부고사목의 분해계수( $k_{BWD}$ )에 의한 탄소량의 감소를 산출함으로써, 단위시간당 지하부고사목의 탄소변화량( $dBWD_t/dt$ )을 산출할 수 있다. 고사세근(DFR)의 탄소변화량은 이전 시간의 세근 내 탄소량( $\text{FineRoot}_{t-1}$ )과 세근의 고사율( $M_{FRT}$ )에 의한 탄소량의 증가와, 이전 시간의 고사세근 내 탄소량( $DFR_{t-1}$ )과 고사세근의 분해계수( $k_{DFR}$ )에 의한 탄소량의 감소를 산출함으로써, 단위시간당 고사세근의 탄소변화량( $dDFR_t/dt$ )을 산출할 수 있다. 상기 각 단위 탄소저장고의 분해계수( $k_i$ )는 분해율( $c_i$ )와 시간( $t$ )에 의해 구할 수 있다.

상기 각 단위 탄소저장고의 단위시간당 탄소변화량을 산출한 후, 시간을 적용하여 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출할 수 있다.

제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)의 탄소는 제 1 고사유기물이 분해됨으로써 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)로부터 유입되고, 부식된 고사유기물은 부식분해과정을 통해 토양탄소로 변환되고, 토양호흡에 의해 다시 대기 중으로 유출되어 대기 중 탄소가 됨으로써, 산림에서의 탄소의 순환이 이루어진다.

보다 구체적으로, 제 1 고사유기물 탄소 저장고의 단위 탄소 저장고별로 제 1 고사유기물이 분해되어 제 2 고사유기물로 변환된다. 제 2 고사유기물은 부식된 고사유기물(HUM, humus)과 토양탄소(SOC, soil organic C)를 포함하며, 부식된 고사유기물과 토양탄소로 탄소 저장고를 더 나눌 수도 있다.

부식된 고사유기물은 제 1 고사유기물 탄소 저장고의 단위별 이전 시간의 탄소량, 탄소손실량 대비 대기방출비율, 및 분해계수를 이용하여 부식된 고사유기물 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간 내 부식된 고사유기물 내 탄소량과 부식된 고사유기물의 분해계수를 이용하여 상기 부식된 고사유기물 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출할 수 있다. 제 1 고사유기물이 분해되어 유입되는 탄소

량, 부식된 고사유기물이 부식 분해되어 토양탄소로 변하는 탄소량, 및 분해과정에서 대기로 방출되는 탄소량을 종합하여 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출할 수 있으며, 이는 다음 수학적 식 6과 같다.

[0059] [수학적 식 6]

$$\frac{dHUM_t}{dt} = AWD_{t-1} \cdot (1 - E_{AWD}) \cdot k_{AWD} + LTR_{t-1} \cdot (1 - E_{LTR}) \cdot k_{LTR} + BWD_{t-1} \cdot (1 - E_{BWD}) \cdot k_{BWD} + DFR_{t-1} \cdot (1 - E_{DFR}) \cdot k_{DFR} - HUM_{t-1} \cdot k_{HUM}$$

[0060]

[0061] 이전 시간의 단위 저장고별 탄소량(지상부고사목은  $AWD_{t-1}$ , 낙엽은  $LTR_{t-1}$ , 지하부고사목은  $BWD_{t-1}$ , 고사세균은  $DFR_{t-1}$ ), 탄소손실량 대비 대기방출비율(지상부고사목은  $(E_{AWD})$ , 낙엽은  $(E_{LTR})$ , 지하부고사목은  $(E_{BWD})$ , 고사세균은  $(E_{DFR})$ ), 및 분해계수(지상부고사목은  $k_{AWD}$ , 낙엽은  $k_{LTR}$ , 지하부고사목은  $k_{BWD}$ , 고사세균은  $k_{DFR}$ )를 이용하여 부식된 고사유기물의 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 부식된 고사유기물 내 탄소량( $HUM_{t-1}$ )과 부식된 고사유기물의 분해계수( $k_{HUM}$ )을 이용하여 부식된 고사유기물의 탄소량의 감소를 산출함으로써, 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량( $dHUM_t/dt$ )을 산출한다.

[0062] 부식된 고사유기물에 포함된 탄소는 부식분해 과정을 통해 토양탄소로 변환된다. 토양탄소는 고사유기물 내가 아닌 토양 자체에 포함된 탄소로써, 이전 시간에 부식된 고사유기물 내 탄소량, 부식된 고사유기물의 탄소손실량 대비 대기방출비율, 및 부식된 고사유기물의 분해계수에 따른 토양탄소 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간 내 토양탄소 내 탄소량과 토양탄소의 분해계수를 이용하여 상기 토양탄소 내 탄소량의 감소를 산출함으로써 단위시간당 토양탄소의 탄소변화량을 산출한다. 이는 다음 수학적 식 7과 같다.

[0063] [수학적 식 7]

$$\frac{dSOC_t}{dt} = HUM_{t-1} \cdot (1 - E_{HUM}) \cdot k_{HUM} - SOC_{t-1} \cdot k_{SOC}$$

[0064]

[0065] 이전 시간의 부식된 고사유기물 내 탄소량( $HUM_{t-1}$ ), 부식된 고사유기물의 탄소손실량 대비 대기방출비율( $E_{HUM}$ ), 및 분해계수( $k_{HUM}$ )를 이용하여 토양탄소 내 탄소량의 증가를 산출하고, 이전 시간의 토양탄소 내 탄소량( $SOC_{t-1}$ )과 토양탄소의 분해계수( $k_{SOC}$ )을 이용하여 토양탄소 내 탄소량의 감소를 산출함으로써, 단위시간당 토양탄소의 탄소변화량( $dSOC_t/dt$ )을 산출한다. 실험적으로, 분해과정에서 83 퍼센트의 탄소가 대기로 방출되는 것을 알 수 있다.

[0066] 상기 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량과 단위시간당 토양탄소의 탄소변화량을 이용하여 제 2 고사유기물 탄소 저장고의 탄소량을 산출한다.

[0067] 이러한 산림토양탄소모델을 적용하기 위하여 탄소저장량의 초기화를 할 수도 있다. 미래에 변화된 토양탄소저장량을 모의하거나, 현재의 토양탄소저장량을 추정하기 위하여, 상기 탄소저장량의 초기화를 할 수 있다. 초기화를 위해서, 몇 가지의 가정이 필요하다. 과거의 산림생장형태가 현재와 동일하다는 가정, 초기화된 시점에서 토양탄소동태가 평형상태에 이른 것으로 가정, 및 과거에 교란이 없었던 것으로 가정하는 것이 필요할 수 있다. 상기 초기화에 따라 모든 탄소저장고의 값을 0으로 지정하고, 이들이 주어진 조건에 따라 모의되었을 때 안정된 상태에 도달할 때까지 모의를 하여, 어떻게 토양탄소가 순환되는 지를 파악할 수 있다.

[0068] 상기과 같이, 산림토양탄소모델은 임목 탄소 저장고(110), 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120), 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)로 산림 내에서 탄소가 순환되는 순서에 따라 나누고, 임분생체량 축적량(111), 고사유기물 생산량(121), 고사유기물 분해량(131)을 이용하여 각 저장고에 저장되어 있는 탄소량을 모의 및 예측을 할 수 있다. 산림토양탄소모델을 이용함으로써, 산림 내에서 탄소가 어떻게 순환하는지 파악할 수 있으며, 이러한 정보를 이용하여 산림토양탄소를 효율적으로 계획하고 관리할 수 있다.

- [0069] 본 발명에 따른 산림토양탄소모델은 한국형 산림토양탄소모델에 적합하며, 한국형 산림에 적합하도록 국립산림과학원에서 개발된 임분수확표와 산림탄소계정 연구결과를 이용하여 설계될 수 있다.
- [0070] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.
- [0071] 210단계는 임령에 따른 임목 줄기의 체적변화에 의한 임분생체량의 변화를 이용하여 임목 내 탄소량을 산출하는 단계이다.
- [0072] 보다 구체적으로, 임분생체량, 고사유기물 생산량, 및 고사유기물 분해량을 이용하여 산림토양탄소모델을 생성하는 방법에 있어서, 상기 산림토양탄소모델은 임목 내 탄소량, 제 1 고사유기물 내 탄소량, 및 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하여 생성되는데, 본 단계는 임목 내 탄소량을 산출하는 단계이다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 임목 탄소 저장고(110)에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 임목 탄소저장고(110)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0073] 220단계는 임목의 연간 고사율에 따른 고사유기물의 생산량을 이용하여 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계이다.
- [0074] 보다 구체적으로, 210단계의 임목 내 탄소는 임목의 각 부위가 고사하는 경우 제 1 고사유기물이 되는바, 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계이다. 여기서, 제 1 고사유기물은 임목이 고사하고, 분해되기 전의 고사유기물을 의미한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0075] 230단계는 연간 고사유기물의 분해량을 이용하여 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계이다.
- [0076] 보다 구체적으로, 220단계에서 임목이 고사한 고사유기물이 시간이 지나면 산림의 미생물에 의해 분해되는바, 제 1 고사유기물이 분해되어 제 2 고사유기물이 될 때의 탄소량을 산출하고, 상기 부식된 고사유기물이 부식분해과정을 통해 탄소가 토양탄소로 이동하는바, 토양탄소 내의 탄소량을 산출하는 단계이다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)에 대한 상세한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)에 대한 상세한 설명으로 대신한다.
- [0077] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.
- [0078] 310단계는 단위면적당 줄기재적, 목재기본밀도를 이용하여 단위면적당 줄기질량을 산출하는 단계이다.
- [0079] 보다 구체적으로, 임목 내 탄소량을 산출하기 위하여 우선, 단위면적당 줄기재적, 목재기본밀도를 이용하여 단위면적당 줄기질량을 산출한다. 상기 단위면적당 줄기재적은 지위지수와 임령을 이용하여 산출할 수 있다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 임목 탄소 저장고(110)의 단위면적당 줄기질량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 임목 탄소저장고(110)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0080] 320단계는 상기 단위면적당 줄기질량과 전환계수를 이용하여 가지, 잎, 주근, 및 세근의 부위별 단위면적당 질량을 산출하는 단계이다.
- [0081] 보다 구체적으로, 310단계에서 산출한 단위면적당 줄기질량에 전환계수를 적용하여 가지, 잎, 주근, 및 세근의 각 부위별 단위면적당 질량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 임목 탄소 저장고(110)의 임목의 각 부위별 단위면적당 질량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 임목 탄소저장고(110)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0082] 330단계는 상기 각 부위별 단위면적당 질량, 면적, 및 생체 내 탄소농도를 이용하여 부위별 임목 내 탄소량을 산출하는 단계이다.
- [0083] 보다 구체적으로, 310단계 내지 320단계는 임목의 각 부위별 단위면적당 질량을 산출한 것으로, 임목 내 탄소량을 의미하는 것이 아니므로, 임목 내 탄소량을 산출하기 위하여, 310단계 내지 320단계에서 산출한 각 부위별 단위면적당 질량, 면적, 및 생체 내 탄소농도를 이용하여 임목 내 탄소량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 임목 탄소 저장고(110)의 임목 내 탄소량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 임목 탄소저장고(110)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0084] 도 4는 본 발명의 실시예에 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.
- [0085] 410단계는 줄기 내 탄소량, 줄기의 고사율, 가지 내 탄소량, 가지의 고사율, 지상부고사목 내 탄소량, 및 지상부고사목의 분해계수를 이용하여 단위시간당 지상부고사목의 탄소변화량을 산출하는 단계이다.

- [0086] 보다 구체적으로, 제 1 고사유기물은 줄기 및 가지가 고사하여 생성되는 지상부고사목, 잎이 고사하여 생성되는 낙엽, 주근이 고사하여 생성되는 지하부고사목, 및 세근이 고사하여 생성되는 고사세근을 포함한다. 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하기 위하여 상기 각 단위별 단위시간당 탄소변화량을 산출한다. 본 단계에서는 지상부고사목의 단위시간당 탄소변화량을 산출한다. 지상부고사목으로 유입되는 탄소량과 지상부고사목으로부터 유출되는 탄소량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)의 지상부고사목의 단위시간당 탄소변화량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0087] 420단계는 잎 내 탄소량, 잎의 고사율, 낙엽 내 탄소량, 낙엽의 분해계수를 이용하여 단위시간당 낙엽의 탄소변화량을 산출하는 단계이다.
- [0088] 보다 구체적으로, 제 1 고사유기물의 단위 중 잎이 고사하여 생성되는 낙엽의 단위시간당 탄소변화량을 산출한다. 낙엽으로 유입되는 탄소량과 낙엽으로부터 유출되는 탄소량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)의 낙엽의 단위시간당 탄소변화량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0089] 430단계는 주근 내 탄소량, 주근의 고사율, 지하부고사목 내 탄소량, 지하부고사목의 분해계수를 이용하여 단위시간당 지하부고사목의 탄소변화량을 산출하는 단계이다.
- [0090] 보다 구체적으로, 제 1 고사유기물의 단위 중 주근이 고사하여 생성되는 지하부고사목의 단위시간당 탄소변화량을 산출한다. 지하부고사목으로 유입되는 탄소량과 지하부고사목으로부터 유출되는 탄소량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)의 지하부고사목의 단위시간당 탄소변화량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0091] 440단계는 세근 내 탄소량, 세근의 고사율, 고사세근 내 탄소량, 고사세근의 분해계수를 이용하여 단위시간당 고사세근의 탄소변화량을 산출하는 단계이다.
- [0092] 보다 구체적으로, 제 1 고사유기물의 단위 중 세근이 고사하여 생성되는 고사세근의 단위시간당 탄소변화량을 산출한다. 고사세근으로 유입되는 탄소량과 고사세근으로부터 유출되는 탄소량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)의 고사세근의 단위시간당 탄소변화량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0093] 450단계는 지상부고사목, 낙엽, 지하부고사목, 고사세근의 단위시간당 탄소변화량을 이용하여 상기 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계이다.
- [0094] 보다 구체적으로, 410단계 내지 440단계에서 산출한 상기 제 1 고사유기물의 각 단위별 단위시간당 탄소변화량에 적용하려는 기간을 이용하여 제 1 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계이다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120) 내 탄소량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 1 고사유기물 탄소 저장고(120)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0095] 도 5는 본 발명의 실시예에 산림토양탄소를 모델링하는 방법의 흐름도이다.
- [0096] 510단계는 각 단위별 탄소량, 탄소손실량 대비 대기방출비율, 분해율, 부식된 고사유기물 내 탄소량, 및 부식된 고사유기물의 분해계수를 이용하여 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출하는 단계이다.
- [0097] 보다 구체적으로, 제 1 고사유기물이 분해되면 제 2 고사유기물이 되는데, 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출한다. 제 2 고사유기물은 두 단계로 나눌 수 있다. 제 1 고사유기물이 분해되기 시작하는 부식된 고사유기물과 상기 부식된 고사유기물이 부식분해되는 과정에서 변환되는 토양탄소로 나눌 수 있다. 본 단계에서는 상기 두 단계 중, 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출하는 단계이다. 상기 단위별 탄소량은 지상부고사목, 낙엽, 지하부고사목, 고사세근의 탄소량일 수 있다. 상기 각 단위별 탄소량을 이용하여 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)의 부식된 고사유기물의 탄소변화량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0098] 520단계는 부식된 고사유기물 내 탄소량, 탄소손실량 대비 대기방출비율, 및 분해계수, 토양탄소 내 탄소량, 및 토양탄소의 분해계수를 이용하여 단위시간당 토양탄소의 탄소변화량을 산출하는 단계이다.

- [0099] 보다 구체적으로, 제 2 고사유기물 중 토양탄소의 단위시간당 탄소변화량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)의 토양탄소의 탄소변화량을 산출하는 방법에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0100] 530단계는 상기 단위시간당 부식된 고사유기물의 탄소변화량과 상기 토양탄소 내 탄소변화량을 이용하여 상기 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출하는 단계이다.
- [0101] 보다 구체적으로, 510 단계 내지 520단계에서 산출한 단위시간당 탄소변화량을 이용하여 제 2 고사유기물 내 탄소량을 산출한다. 본 단계에 대한 상세한 설명은 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)에 대한 설명에 대응하는바, 도 1의 제 2 고사유기물 탄소 저장고(130)에 대한 설명으로 대신한다.
- [0102] 도 6은 본 발명의 실시예에 산림토양탄소를 모델링하는 방법을 모델링 프로그램을 이용하여 설계한 전체 모듈을 예시한 도면이다.
- [0103] 모델링 프로그램 중 STELLA 9.1, isee system을 이용하여 산림토양탄소모델을 설계할 수 있다. 산림토양탄소모델을 적용하기 위하여 기초자료를 일정한 조건하에 초기화하고, 토양탄소가 안정화될 때까지 동태를 모의하고 예측한다. 앞부분의 설계는 초기화를 위한 초기화모듈(610)이고, 제 1 고사유기물의 각 단위인 지상부고사목(AWD), 낙엽(LTR), 지하부고사목(BWD), 고사세균(DFR)을 설계하고, 다음으로 제 2 고사유기물에 해당하는 부식된 고사유기물(HUM)과 토양탄소(SOC)에 대한 모듈을 설계한다.
- [0104] 도 7은 본 발명의 실시예에 산림토양탄소를 모델링하는 방법을 모델링 프로그램을 이용하여 설계한 모듈의 각 부분을 예시한 도면이다.
- [0105] 토양탄소모델에 중목적으로 적용되는 각 모듈을 먼저 설계할 수 있다. 상기 모듈에는 시간모듈(710), 임목생장모듈(임분 내 수간 생장모듈, 720), 임목 부위별 생장모듈(임분 내 임목 부위별 생장 모듈, 730), 분해모듈(740), 및 고사모듈(생체량-고사유기물 전화모듈, 750)이 있을 수 있고, 도 7과 같이, 각 인자를 이용하여 설계할 수 있다. 또한, 파라미터 컨트롤러, 모의결과값 출력(그래프 또는 표)할 수 있는 모듈을 이용하여 쉽게 변화를 추정하고 결과를 알 수 있도록 할 수 있다.
- [0106] 본 발명의 실시예에 따른 산림탄소토양모델은 운영체제를 구동시키고 일련의 연산을 처리할 수 있는 처리기(processor) 및 이러한 연산에 필요한 기억공간(memory)을 통해 구현될 수 있으며, 필요에 따라서는 처리기와 기억공간 간의 데이터 처리를 적절하게 제어할 수 있는 제어기(controller)가 활용될 수도 있을 것이다. 이러한 처리기, 기억공간 및 제어기는 본 발명이 속하는 기술분야의 활용 환경이나 동작 환경을 고려하여 통상의 지식을 가진 기술자에 의해 적절하게 선택될 수 있을 것이다. 나아가, 이러한 제어 과정에는 이상에서 예시된 하드웨어들을 제어하기 위한 부가적인 소프트웨어 코드(code)도 활용될 수 있을 것이다. 또한, 상기 처리기는 임목 내 탄소량 산출부, 제 1 고사유기물 탄소량 산출부, 제 2 고사유기물 탄소량 산출부를 포함할 수 있다.
- [0107] 본 발명의 실시예들은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 본 발명을 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 본 발명의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.
- [0108] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.
- [0109] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

## 부호의 설명

[0110]

110: 임분생체 탄소 저장고

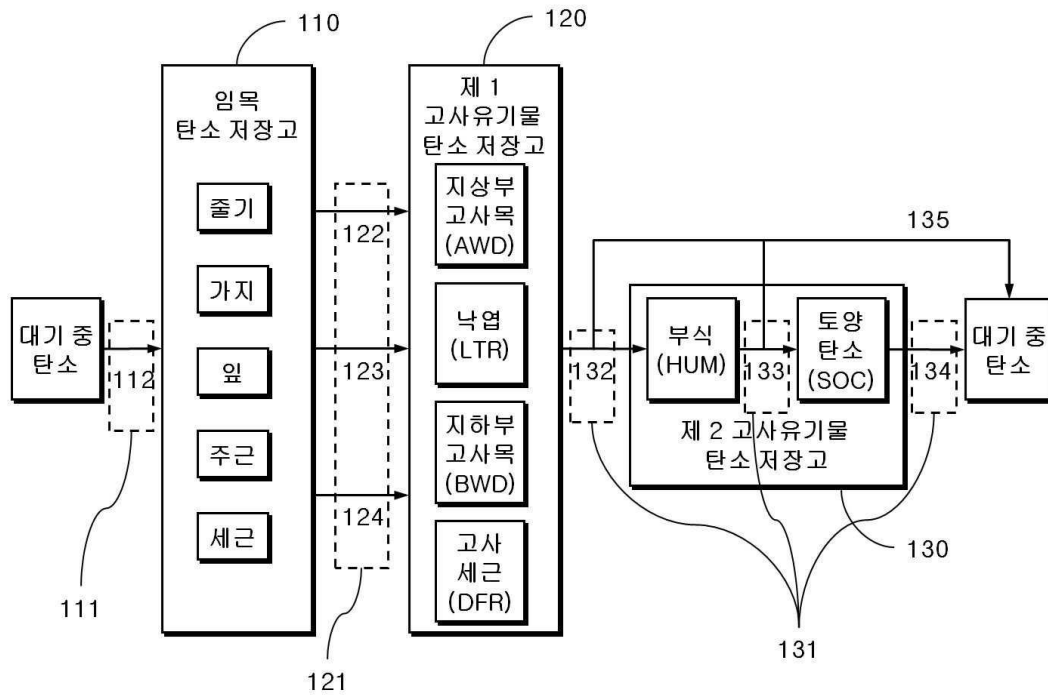
120: 제 1 고사유기물 탄소 저장고

130: 제 2 고사유기물 탄소 저장고

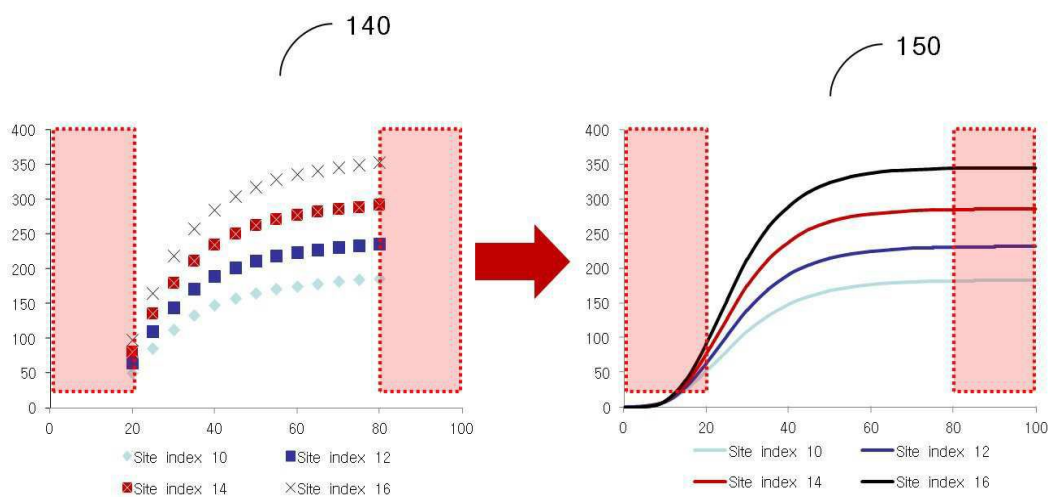
610: 초기화 모듈

## 도면

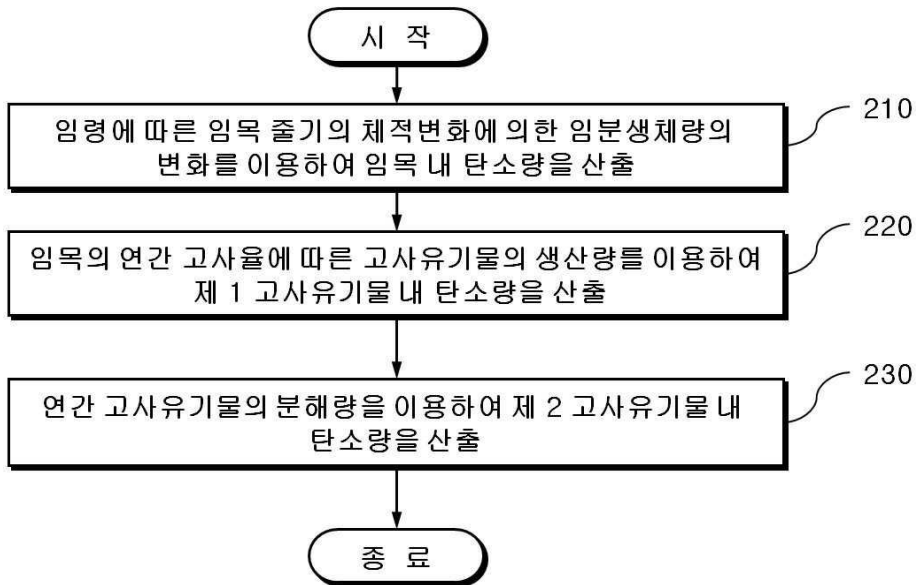
### 도면1



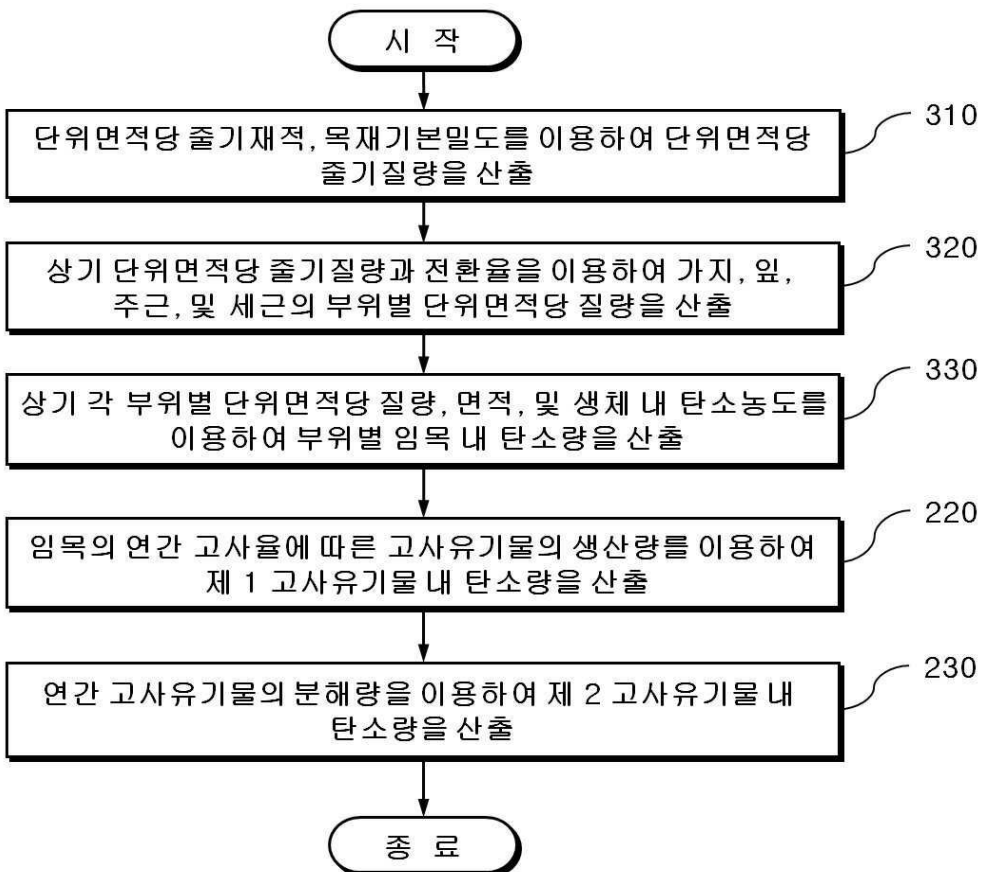
### 도면1a



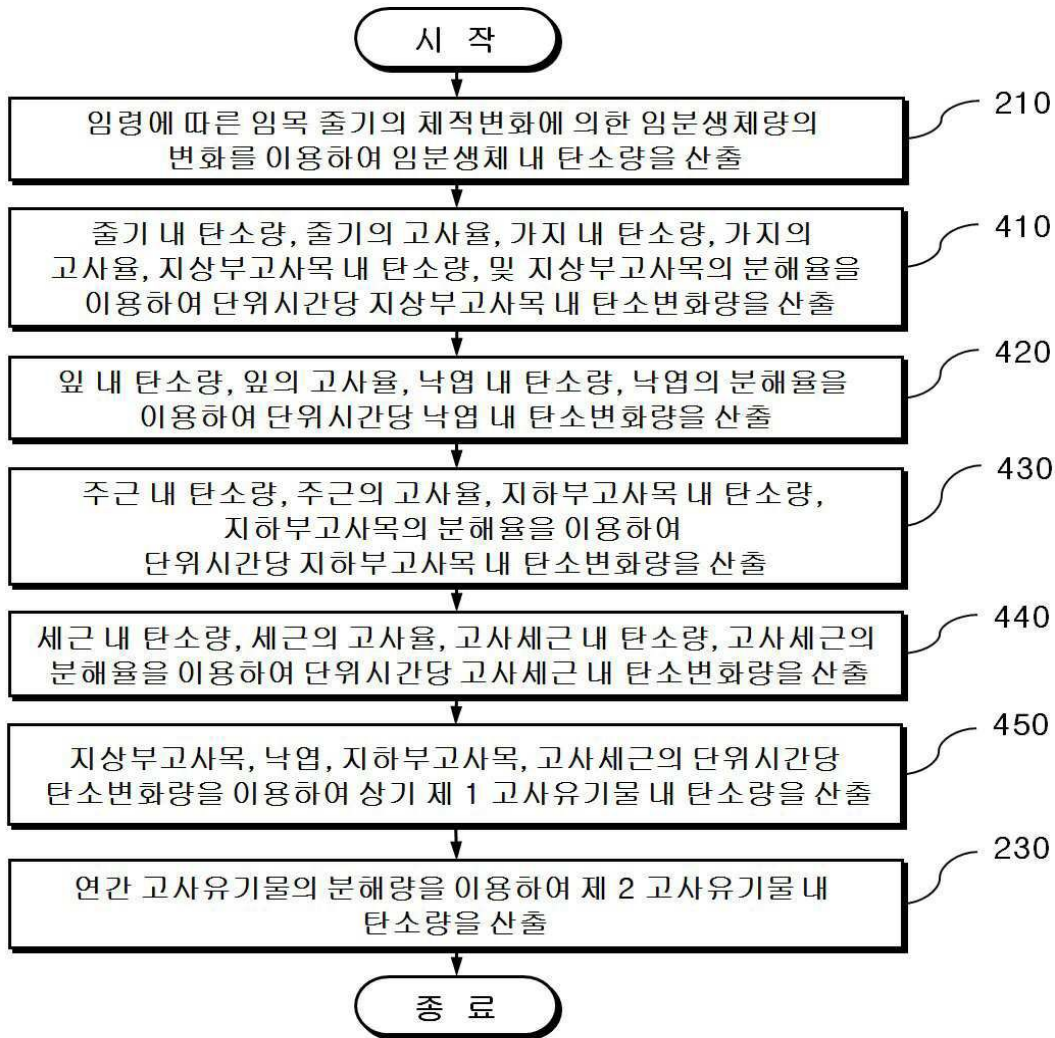
도면2



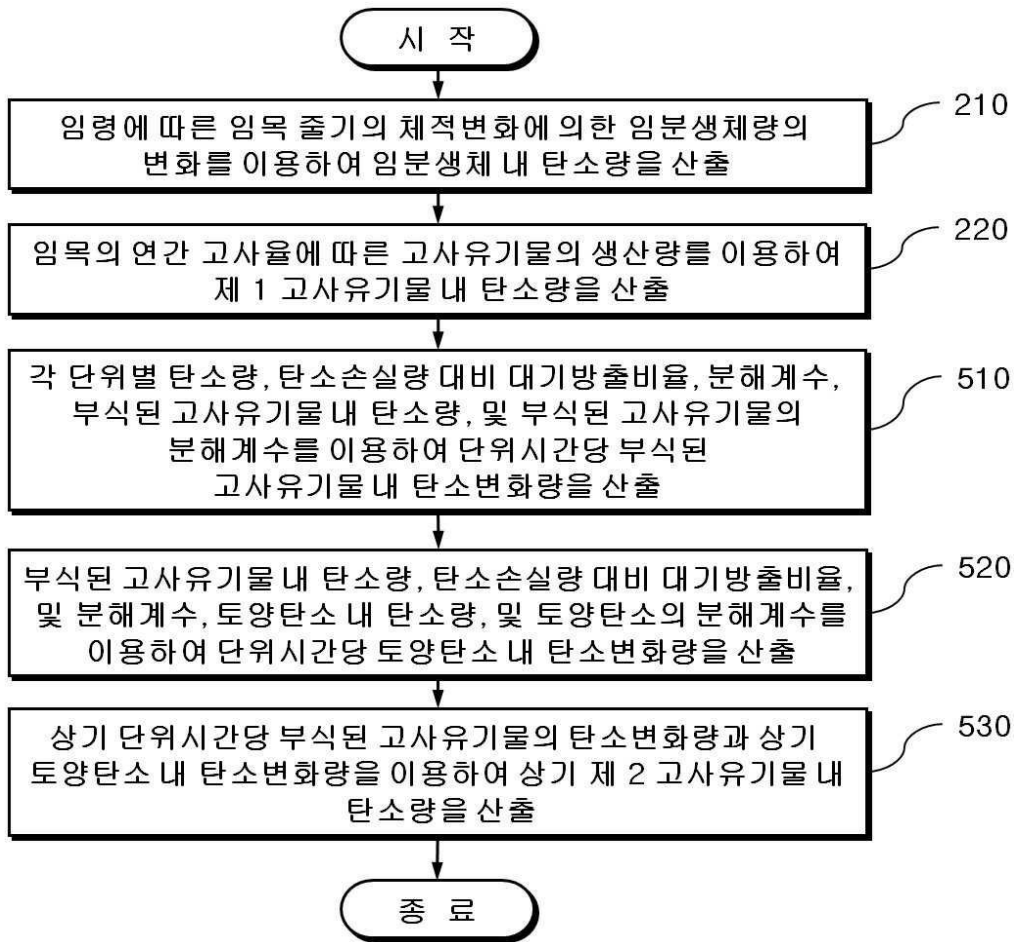
도면3



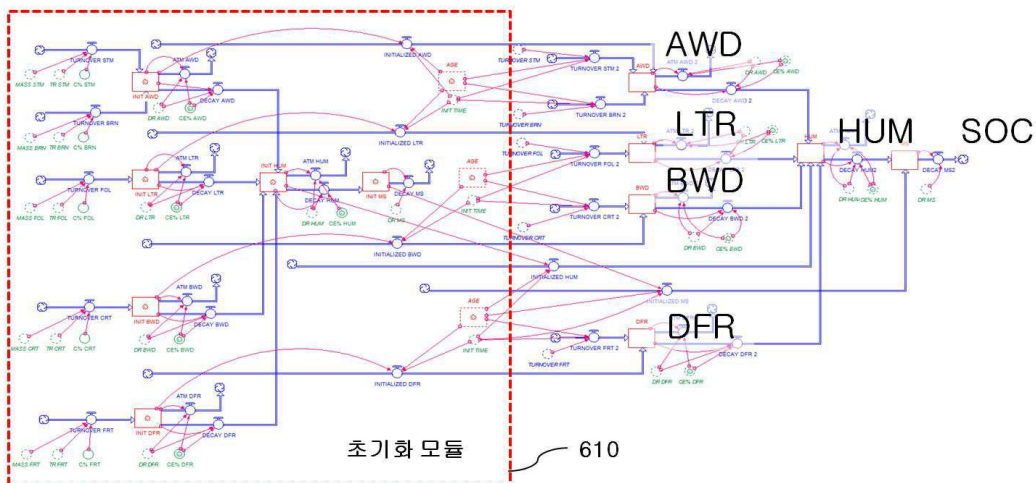
도면4



도면5



도면6



도면7

