



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년02월28일
 (11) 등록번호 10-1820728
 (24) 등록일자 2018년01월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G01W 1/08 (2006.01) F25C 3/04 (2018.01)
 G01C 5/00 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 G01W 1/08 (2013.01)
 F25C 3/04 (2018.01)
 (21) 출원번호 10-2016-0163447
 (22) 출원일자 2016년12월02일
 심사청구일자 2016년12월02일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101566381 B1
 KR101174466 B1
 JP2005013017 A
 KR101080060 B1

(73) 특허권자
 대한민국
 (72) 발명자
 정은실
 제주특별자치도 서귀포시 신동로 123, 203호 (서호동)
 장기호
 제주특별자치도 서귀포시 서호상로 46, 503호 (서호동, 서호메디치)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김인한

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 김홍래

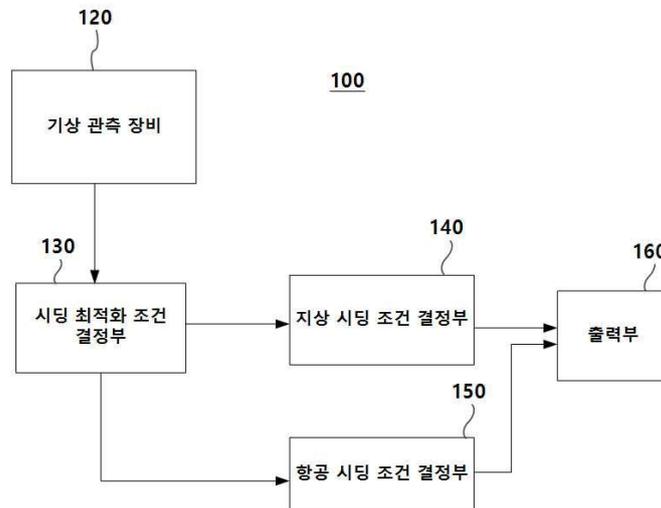
(54) 발명의 명칭 **인공강설을 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 방법 및 시스템**

(57) 요약

본 발명에 따른 인공강설을 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 시스템은 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보에 기초하여, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하인 지를 판단하고, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하이면, 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 큰 지를 판단하고, 상

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



기 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 크면 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가하는 지를 판단하고, 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가하면, 전통적인 지상 시딩 실험(제 1타입의 지상시딩 실험)을 결정하고, 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 떨어진 상층고도에서부터 증가한다면, 항공 시딩 실험 (또는 비전통적인 지상실험)을 결정하는 시딩 최적화 조건 결정부; 상기 지상 시딩 실험이 결정되면 상기 목표 지역에서 지상 시딩 실험 수행을 결정하는 지상 시딩 조건 결정부; 및 상기 항공 시딩 실험이 결정되면 최적의 시딩 고도를 결정하고 그 고도에서 항공 시딩실험을 수행하는 항공 시딩 조건 결정부를 포함한다.

(52) CPC특허분류

G01C 5/00 (2013.01)

(72) 발명자

양하영

제주특별자치도 서귀포시 서호남로 92-15, LH1단지
101동 201호

서성규

제주특별자치도 서귀포시 서호남로 92-15, LH 1단
지 103동 301호

정진임

서울시 관악구 신사로 34, 하마빌딩 506호

김백조

제주특별자치도 제주시 과원로 27 부영3차아파트
301동 702호

명세서

청구범위

청구항 1

인공강설(증설)을 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 시스템에 있어서,

목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보에 기초하여, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하인 지를 판단하고, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하이면, 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 큰 지를 판단하고, 상기 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 크면 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상에서 0 인지 또는 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가하는 지를 판단하고, 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가한다면, 제1 타입의 지상 시딩 실험을 결정하고, 상기 구름 수액량이 지상으로부터 떨어진 상층고도에서부터 증가하기 시작한다면, 제 2타입의 지상 시딩실험 또는 항공 시딩 실험을 결정하고, 상기 항공 시딩 실험의 수행 조건이 만족되지 않으면, 제2 타입의 지상 시딩 실험을 결정하는 시딩 최적화 조건 결정부;

상기 제1 타입의 지상 시딩 실험이 결정되면 상기 목표 지역에서 상기 제1 타입의 지상 시딩 실험을 수행하는 지상 시딩 조건 결정부; 및

상기 항공 시딩 실험이 결정되면 최적의 시딩 고도를 결정하여 그 고도에서 항공시딩실험을 결정하는 항공 시딩 조건 결정부를 포함하는 시스템.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보를 획득하는 기상 관측 장치를 더 포함하는 시스템.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 기상 관측 장치는 자동 기상 관측 장비, Gerber probe, 라디오 미터(microwave radiometer) 중 온도와 구름수액량을 측정하는 각 장비 (또는 센서)를 적어도 하나 이상을 포함하는 시스템.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 제1 타입의 지상 시딩 실험은 지상에 설치된 연소기에서 시딩 물질을 태워 시딩을 수행하는 지상시딩 실험을 포함하는 시스템.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 제2 타입의 지상 시딩 실험은 로켓, 드론, 및 사출 연소탄 중 어느 하나를 이용한 지상시딩 실험을 포함하는 시스템.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 항공 시딩 조건 결정부는 상기 최적의 시딩 고도를 상기 구름 수액량의 연직 분포에서 상기 구름 수액량의 최대값이 나타나는 고도에 근접하게 결정하는 시스템.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 항공 시딩 실험의 수행 조건은 상기 항공 시딩실험을 수행하는 비행기의 비행 조건을 포함하는 시스템.

청구항 8

인공강설(증설)을 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 방법에 있어서,

목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보에 기초하여, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하인 지를 판단하는 단계;

지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하이면, 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 큰 지를 판단하는 단계;

상기 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 크면 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가하는지 또는 지상에서 떨어진 상층고도에서부터 증가하는지를 판단하는 단계;

각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가한다면, 제1 타입의 지상 시딩 실험을 결정하는 단계;

상기 구름 수액량이 지상으로부터 떨어진 상층고도에서부터 증가한다면, 항공 시딩 실험을 결정하는 단계;

상기 항공 시딩 실험의 수행 조건이 만족되지 않으면, 제2 타입의 지상 시딩 실험을 결정하는 단계; 및

상기 항공 시딩 실험이 결정되면 최적의 시딩 고도를 결정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보를 획득하는 단계를 더 포함하는 방법

청구항 10

청구항 8에 있어서, 상기 제1 타입의 지상 시딩 실험은 지상에 설치된 연소기에서 시딩 물질을 태워 시딩을 수행하는 지상시딩 실험을 포함하는 방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서, 상기 제2 타입의 지상 시딩 실험은 로켓, 드론, 및 사출 연소탄중 적어도 하나를 이용하여 실시되는 방법.

청구항 12

청구항 8에 있어서, 상기 최적의 시딩 고도는 상기 구름 수액량의 연직 분포에서 상기 구름 수액량의 최대값이 나타나는 고도에 근접하게 결정되는 방법.

청구항 13

청구항 8에 있어서, 상기 항공 시딩 실험의 수행 조건은 상기 항공 시딩실험을 수행하는 비행기의 비행 조건을 포함하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 인공강설(증설)을 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 방법 및 시스템을 제공하는 것에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 가뭄현상은 생태계와 사회구조에 심각한 영향을 미치며 결과적으로는 사회안정성(community stability)에 영향을 미친다. 전 세계적으로 수백만의 사람들이 극심한 가뭄속에 살고 있으며 일부 국가에서는 어느정도의 사막화를 경험하고 있다. 이러한 기후변화는 세계의 많은 지역의 물부족과 직접적으로 관련되어 있으며 이 가뭄현상은 앞으로 그 정도가 심해질 것이라고 예측되고 있다 (IPCC, 2013; Trenberth et al., 2014). 따라서 안전하고 경제적인 수자원을 확보하는 것이 중요한 문제이다. 물부족을 해결하기 위한 방안으로 댐건설, 해수담수화 인공강우 등의 방법이 제안되고 있으며 이 중 인공강우는 비교적 적은 비용으로 수자원을 확보하고 가뭄피해를 줄이는 방안이 될 수 있다(Korea Water Resources Corporation, 1998).

[0003] 인공강우(이하, 인공강우, 인공증우, 인공강설 및 인공증설을 포함하는 개념으로 사용됨)는 ‘비 또는 눈으로 성장할 수 있는 구름씨 (응결핵 또는 빙정핵)를 구름 속 또는 구름하부 (sub-cloud layer)에 인위적으로 뿌려줌으로써’ (이하 시딩이라 한다) 강수를 만드는 (혹은 증가시키는) 기술을 말한다. 인공강우는 씨를 뿌리고자 하는 대상구름의 온도에 따라 인공강우/증우 또는 인공강설/증설로 나누어질 수 있으며, 그에 따라 시딩방법이 달라진다.

[0004] 따뜻한 구름의 경우, 응결핵 역할을 하는 염화나트륨 (NaCl)이나 염화칼슘(CaCl2) 같은 흡습성 물질 (hygroscopic)을 구름속이나 구름하부에 뿌려줌으로써, 따뜻한 강수과정(warm rain process)의 핵심인 충돌·병합과정 (collision and coalescence)을 촉진시켜 강수(비)를 내리게 한다. 차가운 구름의 경우 (온도 < 0° C), 요오드화은 (AgI) 같은 빙정핵을 구름속이나 구름하부에 살포하여 구름속에 존재하는 과냉각 물방울을 얼음으로 바꿔 빙정을 생산 또는 증가시켜 (빙정핵화과정) 강수(눈)를 유발한다. 순수한 물로 이루어진 구름의 경우, 빙정핵화 과정은 영하 40° C 이하에서 일어나지만 요오드화은같은 물질을 구름에 뿌려줌으로써 빙정핵화과정에 필요한 온도를 높일수 있다. AgI는영하 4도 이하부터 핵화반응을 일으키는 것으로 알려져있다 (예: Rogers and Yau, 1989).

[0005] 인공강우 실험은 또한 시딩 위치에 따라 항공실험과 지상실험으로 나눌 수 있다. 항공실험은 항공기에 구름씨 살포장비를 탑재하여 구름하부 또는 구름속에 직접 씨를 뿌린다. 지상실험은 지상에 설치된 연소기에서 시딩 물질을 태워 시딩을 한다 (전통적인 지상실험 이하 제1 타입 지상실험).

[0006] 대한민국에서는 국립기상과학원에서 2006년부터 지상실험이, 2008년부터는 항공실험이 본격적으로 실시되었다. 그러나 현재까지 인공강우 실험 및 검증을 위한 관측장비가 부족한 실정이다. 예를 들어, 항공실험의 경우, 실험 측 관측, 분석 및 검증에 필요한 모든 기본적인 장비를 항공기에 탑재하지 않음으로써 항공기에 탑재된 장비만으로는 인공강우 효과 검증이 불가능하다. 따라서 항공실험을 이용한 인공증설 실험의 경우, 지상에 구축되어 있는 지상검증망에 적합한 인공증설 항공실험을 위한 시딩라인을 결정하는 연구(예: KR 10-1566381 B1 (2015.10.30.))의 "지상 검증망에 적합한 인공증설 항공실험의 시딩라인 결정 방법 및 시스템"가 있었다. 또는 우리나라 영동지방의 지형적인 특성을 이용한 인공증설 방법에 대한 연구가 있었다 (예: KR 10-1080060 B1 (2008.10.31.))의 "인공증설 또는 인공증우 목표지역 시딩 및 검증방법".

[0007] 그러나 KR 10-1566381 B1 (2015.10.30.))의 "지상 검증망에 적합한 인공증설 항공실험의 시딩라인 결정 방법 및 시스템" 연구는 실제 시딩이 이루어 질 구름의 특성은 전혀 고려되어지지 않고, 다만 연직 풍향, 풍속 및 눈의 낙하속도를 고려하여 시딩 라인을 결정하였다. 따라서 이 같은 경우에는, 시딩라인이 정해지는 구름이 실제로 얼마나 시딩에 적합한 구름인지는 고려하지 않고 다만 시딩한 구름이 지상관측망에 제대로 도달하는 지에 중점을 두어 시딩라인이 결정되었다.

[0008] KR 10-1080060 B1 (2008.10.31.))의 "인공증설 또는 인공증우 목표지역 시딩 및 검증방법"의 경우, 태백산맥의 지형적인 특성과 동풍유입 시 눈이 내리는 영동지방의 기후학적인 특성을 이용하여, 풍상측에서 바람방향과 교차되게 구름꼭대기 또는 구름속에서, 구름씨앗을 살포하는 방법을 제시하였다. 이 연구에서는 살포지역의 구름 온도가 영하 40도 이상 영하 5도 이하에서 시딩을 실시하였으나 빙정핵이 활성화되는 조건 중 중요한 역할을 하는 구름수액량은 고려되지 않았다. 참고로 과거 10년 동안 지상에서 관측한 지상시딩 실험자료를 분석한 결과,

온도의 조건이 충족되어도 구름속 수액량이 적을 경우 시딩이 성공하지 못한다는 결과를 보였다.

[0009] 앞에서 예로 든 지상 및 항공실험의 효과적인 구름씨뿌리기를 위해서는 최적의 시딩조건에 대한 정보가 필요하다. 그러나 상기 특허에서는 빙정핵화 과정에 직접적으로 영향을 주는 온도와 구름수액량에 대해서는 전혀 고려하지 않았거나 함께 고려하지 않고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) KR 10-1080060 B1 (2011.10.31.)
 (특허문헌 0002) KR 10-1566381 B1 (2015.10.30.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 본 발명은 전술한 바와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 빙정핵화 과정에 직접적으로 관계하는 두 요소인 온도와 구름수액량을 고려함으로써, 어떤 특정한 지역이 아닌 모든 지역, 그리고 지상 및 항공실험에서 보편적으로 사용 가능한 최적의 시딩 조건과 시딩 고도를 결정하는, 인공강우를 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 방법 및 시스템을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0013] 이 발명에서는 대상 구름의 온도가 0도 이하인 차가운 구름에서 요오드화은(AgI)을 이용한 인공강우 즉, 인공강설(증설)에 대한 내용을 다룬다.

과제의 해결 수단

[0015] 일 실시예에 따른 인공강설을 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 시스템은 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보에 기초하여, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하인 지를 판단하고, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하이면, 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 큰 지를 판단하고, 상기 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 크면 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상에서 0 인지 또는 지상으로부터 증가하는 지를 판단하고, 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가한다면, 제1 타입의 지상 시딩 실험을 결정하고, 상기 구름 수액량이 지상으로부터 떨어진 상층고도에서부터 증가하기 시작하면, 제2 타입의 지상 시딩 실험 또는 항공 시딩 실험을 결정하는 시딩 최적화 조건 결정부; 상기 제1 타입의 지상 시딩 실험이 결정되면 상기 목표 지역에서 상기 제1 타입의 지상 시딩 실험을 수행하는 지상 시딩 조건 결정부; 및 상기 항공 시딩 실험이 결정되면 최적의 시딩 고도를 결정하여 그 고도에서 항공시딩실험을 결정하는 항공 시딩 조건 결정부를 포함한다.

[0016] 상기 시스템은 상기 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보를 획득하는 기상 관측 장치를 더 포함할 수 있다.

[0017] 상기 기상 관측 장치는 자동 기상 관측 장비, Gerber probe, 라디오 미터(microwave radiometer) 중 온도와 구름수액량을 측정하는 각 장비 (또는 센서)를 적어도 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0018] 상기 제1 타입의 지상 시딩 실험은 지상에 설치된 연소기에서 시딩 물질을 태워 시딩을 수행하는 지상시딩 실험을 포함할 수 있다.

[0019] 상기 제2 타입의 지상 시딩 실험은 로켓, 드론, 및 사출 연소탄 중 어느 하나를 이용한 지상시딩 실험을 포함할 수 있다.

[0020] 상기 항공 시딩 조건 결정부는 상기 최적의 시딩 고도를 상기 구름 수액량의 연직 분포에서 상기 구름 수액량의 최대값이 나타나는 고도에 근접하게 결정할 수 있다.

[0021] 상기 항공 시딩 실험의 수행 조건은 상기 항공 시딩실험을 수행하는 비행기의 비행 조건을 포함할 수 있다.

[0022] 다른 실시예에 따른 인공강설을 위한 시딩 조건 및 고도를 결정하는 방법은 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보에 기초하여, 지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하인 지를 판단하는 단계;

지상 기온 및 상층 기온이 미리 결정된 온도 이하이면, 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 큰 지를 판단하는 단계; 상기 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 크면 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가하는지 또는 지상에서 떨어진 상층고도에서부터 증가하는지를 판단하는 단계; 각 고도에서의 상기 구름 수액량이 지상으로부터 증가한다면, 제1 타입의 지상 시딩 실험을 결정하는 단계; 상기 구름 수액량이 지상으로부터 떨어진 상층고도에서부터 증가한다면, 제2 타입의 지상 시딩 실험 또는 항공 시딩 실험을 결정하는 단계; 및 상기 항공 시딩 실험이 결정되면 최적의 시딩 고도를 결정하는 단계를 포함한다.

[0023] 상기 방법은 상기 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보를 획득하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 실시예들에 따라, 최적의 시딩 조건과 시딩 고도를 결정함으로써 인공 증설(강설)의 효과를 최대화할 수 있으며, 또한 증설(강설) 실험의 성공률을 높임으로써 부적절한 시딩설계로 인한 경제적 손실을 줄일 수 있는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0027] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 시딩 조건 및 고도를 결정하는 시스템의 블록 구성도이다.
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시딩 최적화 조건 결정부의 동작의 흐름도이다.
 도 3은 구름 수액량의 연직 분포의 예시를 나타낸 도면이다.
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 최적의 시딩 고도를 표시한 구름 수액량의 연직 분포를 도시한 그래프이다.
 도 5는 강설 현상이 있을 경우의 구름 수액량 및 온도의 연직 분포의 예시를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0028] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0029] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 하며, 도면을 참조하여 설명할 때 동일하거나 대응하는 구성 요소는 동일한 도면부호를 부여하고 이에 대한 중복되는 설명은 생략하기로 한다.

[0030] 본 발명은 인공강설(증설)을 위한 시딩을 하고자 하는 구름의 온도와 구름수액량 (liquid water contents)을 함께 고려하여 최적의 시딩조건을 제시함으로써, 지상 및 항공실험에서 실험수행여부 및 실험수행 시 최적의 시딩 고도를 결정한다.

[0031] 본 발명을 달성하기 위한, 인공강설을 위한 시딩 조건 및 고도 결정 시스템은 도 1에 도시되어 있다.

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 시딩 조건 및 고도를 결정하는 시스템(100)의 블록 구성도이다.

[0033] 본 실시예에 따른 시딩 조건 및 고도 결정 시스템(100)은 기상 관측 장비(120), 시딩 최적화 조건 결정부(130), 지상 시딩 조건 결정부(140), 항공 시딩 조건 결정부(150), 및 출력부(160)를 포함한다.

[0034] 시딩 조건 및 고도를 결정하는 시스템(100)은 정확한 대기 상태를 이해하기 위하여 지상뿐만 아니라 상층의 기상 상태까지 파악해야한다. 이를 위해, 기상 관측 장비(120)는 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보를 획득한다. 이 때, 연직 기상 관측 정보는 상기 목표 지역으로부터의 연직 방향(수직 방향)의 상공에서의 기상 관측 자료를 말한다.

[0035] 기상 관측 장비(120)는 지상 및 구름층의 온도 및 구름수액량을 관측할 수 있는 자동 기상 관측 장비 (AWS) (온도센서), Gerber probe (특히 항공기 탑재의 경우), 라디오 미터(microwave radiometer) (온도 및 구름수액량), 등을 포함할 수 있다.

[0036] 자동 기상 관측 장비(Automatic Weather System: AWS)는 기상관측 정보를 주기적으로 자동 생성하는 장치로서, 사람이 접근하기 힘든 장소나 기상관측소가 없는 지역에 설치되어 기상 정보를 획득한다. 기상 정보는 풍향, 풍

속, 기압, 습도, 온도, 강우량 등을 포함할 수 있다.

- [0037] 라디오미터는 일정한 고도에서 방출되는 마이크로파 영역의 에너지 강도를 측정하여, 지상에서 10 km 고도까지 기온, 습도, 액체물량 등의 연직분포를 관측하는 장비이다.
- [0038] 라디오존데는 대기 상층의 기상(기압, 온도, 습도 등)을 관측하여 지상에 송신하는 측정장치로서, 기구에 장치한 기압계, 온도계, 습도계 등으로 측정된 상층의 기상상태를 소형의 무선발신기를 통해 발신한다. 일반적으로 지상의 자동추적장치로 그 위치를 추적할 수 있으며, 가벼운 기체(수소나 헬륨)를 이용한 기구방식이 사용된다.
- [0039] 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 기상 관측 장비(120)로부터 목표 지역의 지상 기상 관측 정보 및 연직 기상 관측 정보를 수신한다. 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 시딩 최적화 조건을 결정한다. 구체적으로, 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 목표 지역에 항공 시딩 실험 및 지상 시딩 실험 중 어떤 실험을 수행하는 것이 바람직한지를 결정한다.
- [0040] 여기에서, 지상 시딩 실험은 제1 타입의 지상 시딩 실험 및 제2 타입의 지상 시딩 실험을 포함한다. 제1 타입의 지상 시딩 실험은 종래부터 일반적으로 수행되어 온 전통적인 인공 강설(증설) 실험을 말한다.
- [0041] 제2 타입의 지상 시딩 실험은 인공 강설(증설)을 위해 근래 개발된 과학기술을 이용하여 수행되는 인공 강설(증설) 실험을 말하며, 로켓, 드론, 사출연소탄 등을 이용한 인공 강설(증설) 실험을 포함한다.
- [0042] 제1 타입의 지상 시딩 실험은 지상에 설치된 연소기에서 시딩 물질을 태워 시딩을 수행하는 실험을 의미한다.
- [0043] 제2 타입의 지상 시딩 실험은 로켓, 드론, 및 사출 연소탄 중 적어도 하나를 이용하여 실시되는 실험을 의미한다.
- [0044] 본 발명에 의한 시딩 최적화 조건은 요오드화 은(AgI) 시딩물질을 사용하여 차가운 구름에서 인공강설(증설) 실험을 하는 것을 가정한다.
- [0045] 이러한 시딩 최적화 조건 결정부(130)의 동작은 도 2을 참조하여 설명한다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 시딩 최적화 조건 결정부의 동작의 흐름도이다.
- [0046] 도 2를 참조하면, 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 단계 310에서 기온이 최소 -4°C 이하인지를 판단한다. 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 지상 온도 및 상층 온도가 최소 -4°C 이하인지를 판단한다. 예컨대, 지상실험의 경우 지상온도, 항공실험의 경우 시딩고도에서의 온도가 최소 -4°C 이하인지 판단한다.
- [0047] 이어서, 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 단계 320에서 최소 -4°C 이하의 조건에서 구름속에 충분한 구름 수액량(Liquid Water Contents)이 존재하는지를 판단한다. 다시 말해, 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 단계 320에서 구름 수액량 예컨대, 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값, 예컨대, 0.1 gm^{-3} 보다 큰지를 판단한다. 구름 수액량은 구름이 물 입자 즉, 수분이 얼마나 포함하는지를 나타내는 값이다.
- [0048] 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 예컨대, 구름 수액량의 최고값이 미리 정해진 값보다 크면, 단계 330에서 상기 구름 수액량이 지상으로부터 수직방향으로 증가하는지를 판단한다.
- [0049] 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 지상으로부터 구름 수액량이 증가하였으면, 단계 340에서 제1 타입의 지상 시딩 실험을 결정한다. 또한, 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 지상으로부터 구름 수액량이 증가하는 것이 아니라 지상에서의 구름수액량이 0이고, 충분한 구름 수액량이 존재하는 고도가 상층에 존재한다면 항공 시딩 실험을 결정한다.
- [0050] 또한, 시딩 최적화 조건 결정부(130)는 상기 구름수액량이 지상으로부터 떨어진 상층고도에서부터 증가함에도 지상 시딩 실험을 수행해야 한다면, 제2 타입의 지상 시딩 실험을 결정할 수 있다. 항공 시딩 실험이 최적인 조건에서 지상 시딩 실험을 수행해야 하는 경우는 항공 시딩 실험을 수행할 수 있는 조건을 만족하지 않는 경우, 즉, 항공 시딩 실험을 수행할 비행기의 비행 조건이 충족되지 않는 경우를 포함할 수 있다.
- [0051] 도 3은 구름 수액량의 연직 분포를 나타낸 도면이다. 도 3의 그래프들은 고도에 따른 구름 수액량을 나타낸 도면이다. 도 3의 a)에서는 구름 수액량이 부족하여 인공강설(증설) 실험을 할 수 없는 경우이다. 일반적으로 LWC가 0.1 gm^{-3} 보다 클 경우 구름 수액량이 풍부한 구름이라 한다. 그러나 이 값은 그 지역에서 발생하는 구름의 기후학적인 특성에 따라 그 값에 차이가 있을 수 있다.
- [0052] 도 3의 b)에서는, 구름수액량이 지상에서부터 증가하는 반면 c)의 경우 지상 약 500 m 고도에서 연직수액량이

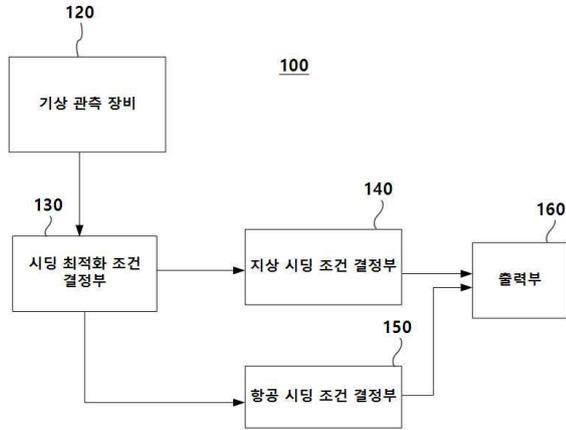
증가하는 모습을 보인다. b)의 경우는 구름 수액량이 지상으로부터 증가하므로, 지상 실험이 가능하지만, c)의 경우에는 충분한 구름 수액량이 존재하는 고도가 지상으로부터 멀리 떨어져 있으므로 지상에 설치된 연소기를 이용하여 시딩물질을 태우는 전통적인 지상실험에 적합하지 않음을 보여준다.

- [0053] 또한, 도 3의 c)의 경우, 연직수액 총합량(예: Liquid water path, LWP)만을 참조하여 실험 수행여부를 판단할 경우, LWP 값이 충분한 것으로 나타남으로써, 지상실험이 가능한 것으로 잘못 판단될 위험이 있다. 도 3의 c)의 경우 드론이나 로켓, 사출연소탄등을 이용하여 구름수액량이 최대 값을 보이는 2km 부근에서 시딩을 하는 것이 가장 효과적이다 (비전통적인 지상실험, 제 2타입의 지상실험). 그러나 앞에서 언급한 바와 같이 지상에 설치된 연소기를 이용하여 시딩물질을 태우는 지상실험 (전통적인 지상실험, 제 1타입의 지상실험)에는 적합하지 않다.
- [0054] 시딩 최적화 조건 결정부(130)에 의해 지상 실험이 결정되면 지상 시딩 조건 결정부(140)는 지상 시딩 조건을 결정한다. 지상 시딩 조건 결정부(140)로부터 지상 시딩 조건이 결정되면 결정된 지상 시딩 조건을 출력부(160)에 출력한다. 구름수액량이 지상에서부터 증가하는 경우에만 제 1타입의 지상 시딩 실험이 수행된다.
- [0055] 또한, 시딩 최적화 조건 결정부(130)에 의해 항공 시딩 실험이 결정되면 항공 시딩 조건 결정부(150)는 항공 시딩 조건을 결정한다. 예컨대, 항공 시딩 조건 결정부(150)는 최적의 시딩 고도를 결정한다. 항공 시딩 조건 결정부(150)는 목표 지역의 구름 수액량의 연직 분포에 기초하여 최적의 시딩 고도를 결정한다.
- [0056] 항공 시딩 조건 결정부(150)는 구름 수액량의 연직 분포에서 구름 수액량의 최대값이 나타나는 고도에 근접하게 시딩고도를 결정한다.
- [0057] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 최적의 시딩 고도를 표시한 구름 수액량의 연직 분포를 도시한 그래프이다.
- [0058] 도 4를 참조하면, 항공 시딩 조건 결정부(150)는 구름 수액량의 연직 분포에 기초하여 최적의 시딩 고도를 결정한다. 도 4에서, 회색실선은 임의의 30분 동안에 관측된 모든 구름수액량을 나타낸 것이고, 검은색 실선은 평균 구름수액량을 나타낸 것이고, 가장 큰 박스 A는 LWC가 0.01 gm^{-3} (A 영역, 고도 500 m - 2800 m)인 구간을 나타내고, 중간 크기의 박스 B는 LWC가 0.1 gm^{-3} (B 영역, 구름 수액량이 풍부한 고도)인 구간을 나타내며, 가장 작은 박스 C는 구름 수액량이 최대인 구간(C 영역, 1800-2000 m)을 나타낸다.
- [0059] 항공 시딩 조건 결정부(150)는 도 4의 구름 수액량의 연직 분포에서 구름 수액량이 최대인 구간(C 영역)의 고도를 최적의 시딩 고도로 결정할 수 있다. 하지만 박스 A B C 세 구간 모두에서 시딩이 가능하다. 단 온도 조건이 맞다는 가정하에 박스 A보다는 B가, B보다는 C에서 시딩효과가 더 크다.
- [0060] 항공 시딩 조건 결정부(150)로부터 항공 시딩 조건이 결정되면 결정된 항공 시딩 조건을 출력부(160)에 출력한다.
- [0061] 출력부(160)는 최적의 시딩 조건을 표시할 수 있다. 출력부(160)는 디스플레이로 구현될 수 있다.
- [0062] 도 5는 강설 현상이 있을 경우의 구름 수액량 및 온도의 연직분포의 예시를 나타낸 그래프이다.
- [0063] 도 5는 구름수액량(검정색)과 온도(빨간색)의 연직분포를 도시하며, 시딩이 성공하여 인공강설(증설)이 발생할 경우 예상되는 구름수액량 및 온도의 연직분포의 예이다. 도 5에서, 구름 수액량이 충분한 고도에서, 눈이 생성됨에 따라 잠열 방출로 인하여 대기의 기온이 올라가는 것을 잘 보여주고 있다.
- [0064] 전술한 바와 같은 본 발명의 실시예에 따라, 시딩을 하고자 하는 구름의 온도와 구름 수액량을 함께 고려하여 최적의 시딩조건을 제시함으로써, 지상 및 항공실험에서 실험수행여부 및 실험수행 시 최적의 시딩고도를 결정할 있으며, 그에 따라, 인공강설(증설)의 효과를 최대화 할 수 있으며, 또한 증설(강설) 실험의 성공률을 높임으로써 부적절한 시딩설계로 인한 경제적 손실을 줄일 수 있는 효과가 있다.
- [0065] 본 발명의 실시예에 따른 방법은 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 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다.
- [0066] 한편, 본 발명의 상세한 설명에서는 첨부된 도면에 의해 참조되는 바람직한 실시 예를 중심으로 구체적으로 기술되었으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본

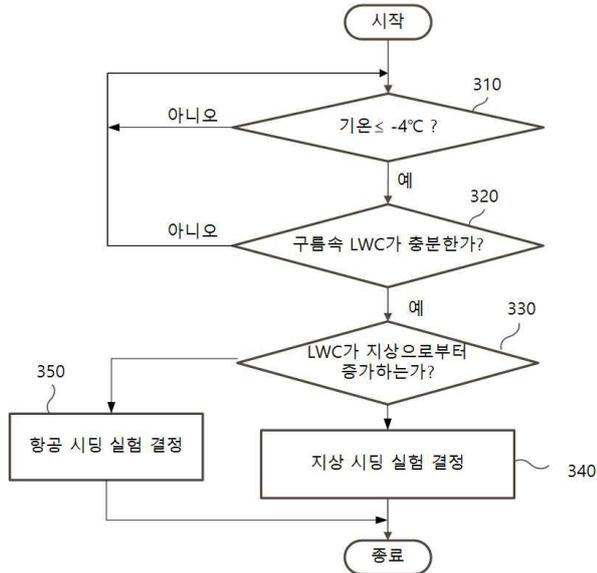
발명의 범위는 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 안되며 후술하는 특허청구의 범위뿐 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해서 정해져야 한다.

도면

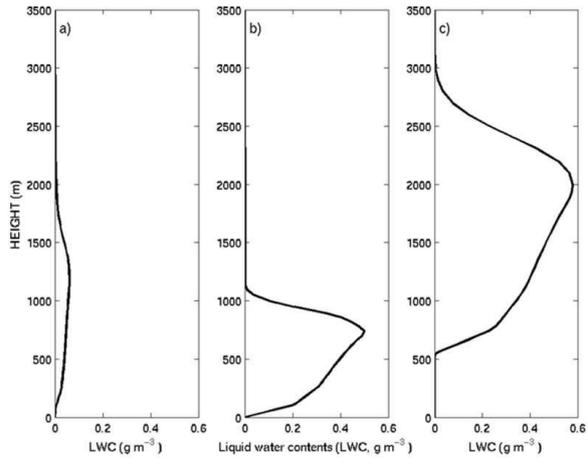
도면1



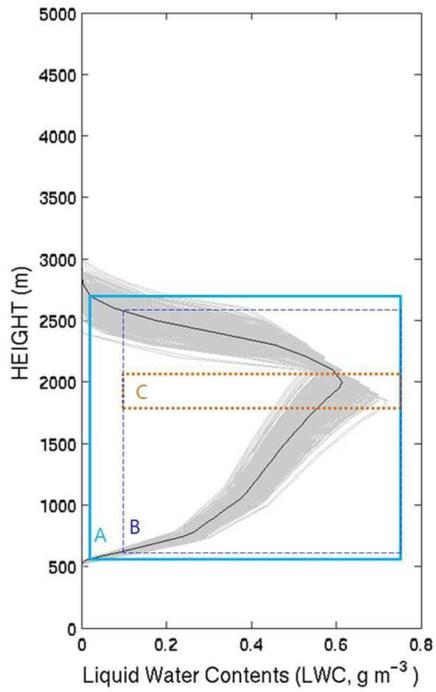
도면2



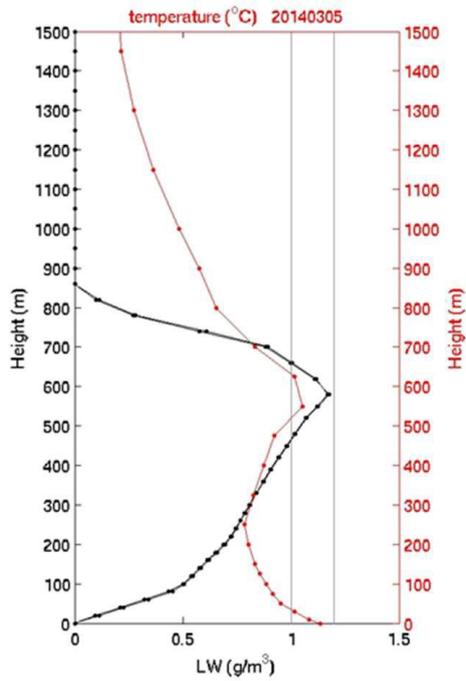
도면3



도면4



도면5



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

시작하한다면

【변경후】

시작한다면

【직권보정 2】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

【변경전】

인공강설(증설)을(증설)강우를 위한

【변경후】

인공강설(증설)을 위한