



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월08일
(11) 등록번호 10-2713934
(24) 등록일자 2024년09월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01W 1/08 (2006.01) A01G 15/00 (2019.01)
G01W 1/14 (2006.01) G01W 1/18 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01W 1/08 (2013.01)
A01G 15/00 (2019.02)
(21) 출원번호 10-2022-0006287
(22) 출원일자 2022년01월17일
심사청구일자 2022년01월17일
(65) 공개번호 10-2023-0110851
(43) 공개일자 2023년07월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100071143 A*
KR1020180019412 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
대한민국
(72) 발명자
교아름
제주특별자치도 서귀포시 일주서로 731번지 10길, 103동 604호(이편한세상중문아파트)
장기호
서울특별시 서초구 반포대로24길 57
두성빌라B-303
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인세원

전체 청구항 수 : 총 11 항

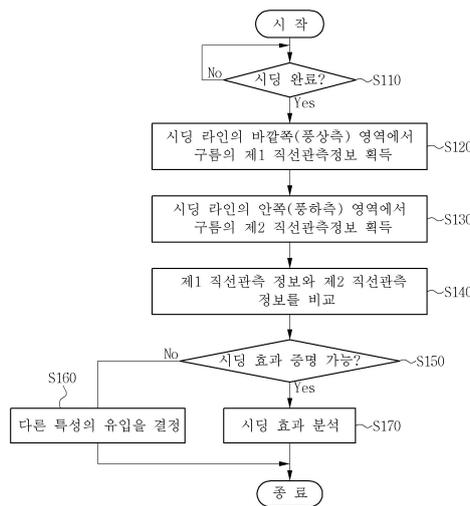
심사관 : 이재훈

(54) 발명의 명칭 강수 증가 검증 방법 및 시스템

(57) 요약

본 발명은 강수 증가 검증 방법 및 시스템을 제공한다. 상기 강수 증가 검증 방법은 시딩 실험 후 풍상측 영역에서 제1 관측정보를 획득하는 단계; 풍하측 영역에서 제2 관측정보를 획득하는 단계; 상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보를 비교하여 상기 제1 관측 정보와 상기 제2 관측정보가 설정된 범위 이내인 지를 판단하는 단계; 및 상기 제1 관측 정보와 상기 제2 관측정보가 설정된 범위 이내이면, 상기 시딩 실험의 효과를 증명할 수 있다고 판단하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도9



- (52) CPC특허분류
G01W 1/14 (2013.01)
G01W 1/18 (2013.01)

정운선

제주특별자치도 서귀포시 신서로 55, 107동 903호
(강정상록아파트)

- (72) 발명자

구정모

제주특별자치도 서귀포시 대청로 34 제주강정유승
한내들퍼스트오션 102동 901호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1365003664
과제번호	KMA2018-00224
부처명	기상청
과제관리(전문)기관명	기상청
연구사업명	기상업무지원기술개발연구
연구과제명	기상조절 및 구름물리 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	국립기상과학원
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

시딩 실험 후 풍상측 영역에서 제1 관측정보를 획득하는 단계;

풍하측 영역에서 제2 관측정보를 획득하는 단계;

상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보를 비교하여 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 설정된 범위 이내인 지를 판단하는 단계; 및

상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 상기 설정된 범위 이내이면, 상기 시딩 실험의 효과를 증명할 수 있다고 판단하고, 상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보가 상기 설정된 범위를 벗어나면 상기 풍상측 영역 및 상기 풍하측 영역중 적어도 하나에 다른 특성이 유입이 있음을 결정하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보는 연직관측정보 및 직선관측정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 방법.

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제1 관측정보 또는 제2 관측정보는 적어도 하나의 항공관측장비에 의해 획득되는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 적어도 하나의 항공관측장비는 항공자료조사시스템(Aircraft Integrated Meteorological Measuring System-20), 수합량측정기(Multi-Element Water Content System), 구름입자통합측정기(Cloud Combination Probe) 및 강수입자측정기(Precipitation Imaging Probe)를 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 방법.

청구항 6

시딩 실험 후 풍상측 영역에서 제1 관측정보를 획득하고, 풍하측 영역에서 제2 관측정보를 획득하는 관측정보 획득부; 및

상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보를 비교하여 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 설정된 범위 이내인 지를 판단하고, 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 상기 설정된 범위 이내이면, 상기 시딩 실험의 효과를 증명할 수 있다고 판단하고, 상기 비교 및 분석부는 상기 제1 관측정보가 상기 제2 관측정보로부터 상기 설정된 범위를 벗어나면 상기 풍상측 영역 및 상기 풍하측 영역중 적어도 하나에 다른 특성이 유입이 있음을 결정하는 비교 및 분석부를 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보는 연직관측정보 및 직선관측정보를 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 제1 관측정보 또는 제2 관측정보는 적어도 하나의 항공관측장비에 의해 획득되는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 시스템.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 적어도 하나의 항공관측장비는 항공자료조사시스템(Aircraft Integrated Meteorological Measuring System-20), 수함량측정기(Multi-Element Water Content System), 구름입자통합측정기(Cloud Combination Probe) 및 강수입자측정기(Precipitation Imaging Probe)를 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 시스템.

청구항 11

제6항에 있어서,

상기 제1 관측정보 및 상기 제2 관측정보중 적어도 하나를 정량화하는 관측정보 정량화부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 관측정보 정량화부는 상기 제1 관측정보 및 상기 제2 관측정보 중 적어도 하나를 구름의 입자 크기별 평균 수농도로 정량화하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 시스템.

청구항 13

제6항에 있어서,

상기 시딩 실험에 따른 시딩 효과를 분석하는 시딩 효과 분석부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 강수 증가 검증 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 실시예는 강수 증가 검증 방법 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 인공증설(우) 실험은 가뭄을 대비하기 위한 저비용 고효율의 대표적인 수자원 확보 방안으로 미국, 중국, 이스라엘 등에서 활용 중이다.

[0003] 인공증설(우)란 강수구름으로 발달하지 못한 구름 속에 인위적으로 구름씨앗 역할을 하는 응결핵(Cloud Condensation Nuclei, CCN) 또는 빙정핵(Ice Nuclei, IN)을 시딩(seeding)하여 구름의 발달을 촉진하여 더 많은 강수를 내리게 하거나 다른지역에 강수를 미리 내리게 하는 기술이다. 여름철에는 온 구름(0°C 이상의 구름)을 대상으로 하여 구름씨앗으로 흡습물질(hygroscopic material)인 염화칼슘(CaCl_2) 또는 염화나트륨(NaCl)을 시딩하여 수증기와 물방울들의 충돌, 병합과정을 통해 인공적인 비를 내리는 인공강우를 실시하고, 겨울철에는 냉 구름(0°C 이하의 구름)을 대상으로 하여 구름씨앗으로 빙정을 생성시키는 요오드화은(AgI)을 시딩하여 인공적인 눈을 내리는 인공증설을 실시할 수 있다.

[0004] 인공증설(우) 실험은 구름씨앗을 시딩하는 위치에 따라 항공기를 이용하여 하늘에서 구름에 직접 구름씨앗을 시딩하는 항공실험과 산악지역의 지상연소기를 이용하여 지상에 인접한 구름에 구름씨앗을 시딩하는 지상실험으로 나뉜다.

[0005] 항공실험과 지상실험 둘 다 성공적인 실험을 위한 실험설계와 실험운영이 중요하지만, 무엇보다도 중요한 것은

이러한 실험의 결과로 증가된 강수량이며, 그 증가된 강수량이 과연 실험에 의해서 증가되었는지 아닌지 과학적으로 밝히는 실험효과의 검증이다.

- [0006] 도 1은 종래 기술에 따른 직접관측(In-situ) 구름물리 항공관측장비를 이용한 인공강우 항공실험의 물리적 검증 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [0007] 도 1을 참조하면, 단계 S10에서 시딩전 관측 정보가 획득된다. 관측 정보는 구름 내 미세물리적 변화를 측정함으로써 획득될 수 있다. 시딩전 관측정보를 획득한 후 단계 S20에서 구름 씨앗 시딩을 수행한다.
- [0008] 시딩 후 단계 S30에서 시딩후 관측 정보가 획득된다. 이후, 단계 S40에서 실험종료 후 시딩 전 직선관측 수행과 시딩 후 직선관측 수행 기간 동안 항공관측장비들의 관측자료 비교를 통해 구름씨앗 시딩 후 구름 내 미세물리적 변화를 확인할 수 있다.
- [0009] 이러한 종래 기술에 따른 시딩의 물리적 검증 방법에서는 시딩전 관측정보와 시딩후 관측정보가 비교되기 때문에, 시딩 과정에서의 외부 구름의 유입 등이 고려되지 않았다. 따라서, 시딩 효과가 정확하게 분석될 수 없었던 문제점이 있었다.
- [0010] 최근 기후 변화로 인해 시딩에 따른 효과의 분석이 매우 중요해지고 있다. 즉, 인공강우 실험 후 구름씨앗 시딩에 의한 구름 내 구름물방울의 성장과 이로 인한 지상에서의 강수 증가를 증명하기 위하여, 보다 정확성 높은 물리적 검증 방법에 대한 요구가 높아지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명은 전술한 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로서, 시딩 실험의 효과를 정확하게 검증할 수 있는 강수 증가 검증 방법 및 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 전술한 문제를 해결하기 위한 본 실시예의 일 측면에 따른 강수 증가 검증 방법은 시딩 실험 후 풍상측 영역에서 제1 관측정보를 획득하는 단계; 풍하측 영역에서 제2 관측정보를 획득하는 단계; 상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보를 비교하여 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 설정된 범위 이내인지를 판단하는 단계; 및 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 상기 설정된 범위 이내이면, 상기 시딩 실험의 효과를 증명할 수 있다고 판단하는 단계를 포함한다.
- [0013] 상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보는 연직관측정보 및 직선관측정보를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 강수 증가 검증 방법은 상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보가 상기 설정된 범위를 벗어나면 상기 풍상측 영역 및 상기 풍하측 영역중 적어도 하나에 다른 특성이 유입이 있음을 결정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 제1 관측정보 또는 제2 관측정보는 적어도 하나의 항공관측장비에 의해 획득될 수 있다.
- [0016] 상기 적어도 하나의 항공관측장비는 항공자료조사시스템(Aircraft Integrated Meteorological Measuring System-20), 수함량측정기(Multi-Element Water Content System), 구름입자통합측정기(Cloud Combination Probe) 및 강수입자측정기(Precipitation Imaging Probe)를 포함할 수 있다.
- [0017] 본 실시예의 일 측면에 따른 강수 증가 검증 시스템은 시딩 실험 후 풍상측 영역에서 제1 관측정보를 획득하고, 풍하측 영역에서 제2 관측정보를 획득하는 관측정보 획득부; 및 상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보를 비교하여 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 설정된 범위 이내인지를 판단하고, 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 상기 설정된 범위 이내이면, 상기 시딩 실험의 효과를 증명할 수 있다고 판단하는 비교 및 분석부를 포함한다.
- [0018] 상기 비교 및 분석부는 상기 제1 관측정보가 상기 제2 관측정보로부터 상기 설정된 범위를 벗어나면 상기 풍상측 영역 및 상기 풍하측 영역중 적어도 하나에 다른 특성이 유입이 있음을 결정할 수 있다.
- [0019] 상기 강수 증가 검증 시스템은 상기 제1 관측정보 및 상기 제2 관측정보중 적어도 하나를 정량화하는 관측정보 정량화부를 더 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 관측정보 정량화부는 상기 제1 관측정보 및 상기 제2 관측정보 중 적어도 하나를 구름의 입자 크기별 평균

수동도로 정량화할 수 있다.

[0021] 상기 강수 증가 검증 시스템은 상기 시딩 실험에 따른 시딩 효과를 분석하는 시딩 효과 분석부를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0022] 본 발명의 실시예에 따라 인공강우 항공실험 효과를 검증할 수 있다. 또한, 실험항공기에 탑재된 구름물리관측 장비를 활용해 시딩에 의한 구름 미세물리 변화를 입증함으로써 본 실험의 과학적 신뢰성을 높일 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 종래 기술에 따른 강수 증가 검증 방법의 흐름도를 도시한다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템의 블록도를 도시한다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 항공관측장비의 구성도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 실험항공기 상에 배치된 항공관측장비를 도시한 도면이다.
- 도 5는 인공강우의 경우에 시딩라인 및 풍향을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6은 도 5의 도면을 모식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 7은 본 발명에 따른 제1 관측정보와 제2 관측정보의 일 예를 나타낸 그래프이다.
- 도 8은 본 발명에 따른 제1 관측정보와 제2 관측정보의 다른 예를 나타낸 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 강수 증가 검증 방법의 흐름도를 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 바람직한 본 발명의 일 실시예에 대해서 상세히 설명한다. 다만, 실시형태를 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그에 대한 상세한 설명은 생략한다. 또한, 도면에서의 각 구성요소들의 크기는 설명을 위하여 과장될 수 있으며, 실제로 적용되는 크기를 의미하는 것은 아니다.
- [0025] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템의 블록도를 도시한다.
- [0026] 도 2를 참조하면, 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템의 블록도를 도시한다.
- [0027] 본 발명의 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템(1000)은 인공강우를 위한 시딩을 수행한 후 시딩후 관측정보를 획득하고 관측 정보에 기반하여 시딩 효과가 증명가능한 지를 판단한다. 만약 시딩 효과가 증명가능하면, 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템(1000)은 관측정보를 이용하여 시딩 효과를 분석할 수 있다.
- [0028] 도 2를 참조하면, 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템(1000)은 관측 정보 획득부(100), 관측 정보 정량화부(200), 비교 및 분석부(300) 및 시딩 효과 분석부(400)를 포함한다.
- [0029] 관측 정보 획득부(100)는 시딩실험 후 관측정보를 획득할 수 있다. 이들 관측 정보는 적어도 하나의 항공관측장비 통해 획득될 수 있다. 항공관측장비들은 실험항공기에 설치될 수 있다. 관측 정보 획득부(100)는 도 3에 도시된 항공관측장비(110)를 포함할 수 있다.
- [0030] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 항공관측장비의 구성도이며, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 실험항공기 상에 배치된 항공관측장비를 도시한 도면이다.
- [0031] 도 3을 참조하면, 항공관측장비(110)는 도 4에 도시된 실험항공기(111)에 설치될 수 있으며, 시딩 후의 관측 정보를 획득할 수 있다. 관측정보는 연직관측정보 및 직선관측정보를 포함할 수 있다.
- [0032] 보다 구체적으로, 상기 항공관측장비(110)는 실험항공기(111)에 배치되어 구름의 꼭대기에서부터 바닥까지의 고도 또는 최저비행고도까지의 나선형의 연직관측정보를 측정하고, 구름의 바닥 또는 최저비행고도로부터 구름의 꼭대기까지의 나선형의 연직관측정보를 측정하고, 구름의 바닥 또는 최저비행고도로부터 시딩고도 또는 구름의 꼭대기까지의 직선관측정보를 측정할 수 있다.
- [0033] 항공관측장비(110)는 구름응결핵계수기(112), 구름콤퍼네이션프로브(114) 및 강수이미징프로브(116)를 포함할

수 있다.

- [0034] 구름응결핵계수기(Cloud Condensation Nuclei Counter: 112)는 구름의 응결핵으로 작용하는 에어로졸의 크기분포를 관측한다. 구름응결핵계수기(112)는 0.75~10 마이크로미터 사이의 구름응결핵으로 작용할 수 있는 에어로졸을 관측할 수 있는 장비이다.
- [0035] 보다 구체적으로, 상기 구름응결핵계수기(Cloud Condensation Nuclei Counter)는 실험항공기(111)의 내부에 배치되며, 등속 유입구(Isokinetic Inlet)을 통해 유입되는 에어로졸을 관측한다.
- [0036] 구름조합네이션프로브(Cloud Combination Probe: 114)는 에어로졸, 구름물방울 및 작은 강수입자의 크기분포와 형태를 관측한다.
- [0037] 보다 상세하게 설명하면, 상기 구름조합네이션프로브(114)는 2~50 마이크로미터 사이의 에어로졸 및 작은 구름물방울의 크기분포와 동시에 7.5~930 마이크로미터 사이의 구름물방울 및 작은 강수입자의 크기분포와 형태를 관측할 수 있는 장비이다. 이를 위해 구름조합네이션프로브(114)는 구름입자측정기(Cloud Droplet Probe: CDP)와 구름영상측정기(Cloud Imaging Probe: CIP)를 포함할 수 있다.
- [0038] 또한, 강수이미징프로브(Precipitation Imaging Probe: 116)는 큰 구름물방울 및 강수입자의 크기분포와 형태를 관측한다.
- [0039] 보다 상세하게는 상기 강수이미징프로브(116)는 100~6200 마이크로미터 사이의 큰 구름물방울 및 강수입자의 크기분포와 형태를 관측할 수 있는 장비이다.
- [0040] 선택적으로(Alternatively), 관측 정보 획득부(100)는 또한, 비행경로의 위치정보(위도, 경도, 고도 등)와 기상상태(기온, 습도, 풍향, 풍속, 연직속도 등)를 측정하는 항공자료조사시스템(Aircraft Integrated Meteorological Measuring System-20; AIMMS-20)(118) 또는 총수함량(액체수함량+얼음물량)을 관측하는 수함량측정기(Multi-Element Water Content System; WCM-2000)를 포함할 수 있다.
- [0041] 한편, 실험항공기(111)는 시딩 실험을 위해 인공적 구름씨앗 살포를 위한 실험 항공기 양 날개에 불꽃형 연소탄 거치대(각 날개에 12개씩 최대 24개를 장착 가능)를 포함할 수 있다.
- [0042] 관측 정보 획득부(100)는 항공관측장비들(112, 114, 116, 또는 118)로부터 제1 관측정보 및 제2 관측정보를 획득할 수 있다.
- [0043] 시딩 실험이 이루어진 후 시딩 실험후 관측 정보가 획득된다. 시딩 실험에서 시딩라인을 설정 및 결정하는 중요하다. 시딩라인은 구름액체수함량(cloud liquid water content)이 가장 많이 있는 지점 및 고도에 위치하는 것이 효과적이다.
- [0044] 도 5는 인공강우의 경우에 시딩라인 및 풍향을 설명하기 위한 도면이다. 도 6은 도 5의 도면을 모식적으로 나타낸 도면이다.
- [0045] 도 5 및 도 6을 참조하면, 일반적으로, 시딩라인은 바람의 방향에 대해 대략 수직으로 수립된다. 시딩라인(510)은 풍상측에 위치하여 풍하측에 위치한 목표지역으로 시딩물질이 확산되도록 설계하는 것이 일반적이다. 실험항공기(111)는 시딩라인(510)을 따라 이동하면서 시딩물질을 살포하며, 그에 따라 시딩물질은 바람의 방향으로 확산될 수 있다. 도 6의 점선에 의해 표시된 사각 영역이 시딩물질이 확산된 영역이다. 풍향에 의해 풍상측 영역에는 시딩물질이 거의 존재하지 않게 된다.
- [0046] 예컨대, 실험항공기(111)는 최종결정한 실험 위치(도 6의 Target)에서 주 풍향의 수직한 방향으로 좌우 약 10 km 길이(총 20 km의 길이)의 시딩라인(510)을 따라 왕복 비행하며 시딩물질을 살포한다. 이때, 시딩물질은 구름속에서는 1~2발씩, 터블런스가 강할 경우 3발씩, 실험항공기(111)에 아이싱 또는 창문에 빗물이 관측될 때 4발씩 적절한 시딩량을 선택하여 각 날개의 불꽃형 연소탄을 점화한다.
- [0047] 시딩이 완료되면 관측정보가 시딩라인(510)으로부터 최소 5mile 이상 떨어져 시딩라인 바깥쪽(풍상측(upwind)) 영역에서 직선관측을 수행함으로써 획득될 수 있다(520). 이는 시딩물질의 영향을 받지 않는 영역으로 자연구름의 유입 여부 및 시딩물질 영향지역에서의 실험대상 구름과 비교하기 위함이다.
- [0048] 이후, 제2 관측정보가 시딩라인 안쪽(풍하측(downwind)) 직선관측을 수행함으로써 획득될 수 있다. 이는 시딩물질의 영향을 받는 영역(풍하측 영역)으로 시딩에 의해 변화된 구름 특성을 관측하기 위함이다.
- [0049] 대기는 유체의 성질을 가지고 있어 구름을 시간에 따라 이동시킨다. 즉, 바람방향과 속도에 영향을 받아 구름의

이동방향 및 속도가 달라진다.

- [0050] 본 발명에서와 같이 일정한 풍향에서 시딩완료 후 시딩라인 안쪽과 바깥쪽을 관측하는 것은 크게 두 가지 이점이 있다. 첫째, 시딩동안의 다른 특성을 가진 구름의 유입을 구별할 수 있다. 예를 들어, 24밭의 시딩물질을 1밭씩 모두 연소하는데 약 1시간이 소요된다. 즉, 시딩동안에 실험지역 내의 대상구름 이외에 추가적으로 다른 성질의 구름이 유입될 가능성이 높기 때문에 시딩라인 바깥쪽을 관측함으로써 추가 구름의 유입 여부를 확인할 수 있다.
- [0051] 두 번째 이점은 시딩 후 시딩물질의 영향을 받는 지역과 시딩물질의 영향을 받지 않는 지역을 직접적으로 비교할 수 있다. 대기의 이동속도(약 10m/s) 대비 항공기 이동속도(약 100m/s)가 약 10배 빠르기 때문에 시딩을 완료한 이후 시딩라인 안쪽과 바깥쪽을 관측하는 것이 (추가 구름 유입이 없는 경우) 동일한 구름시스템 내에서 시딩물질의 효과를 비교하기에 적합하다.
- [0052] 관측 정보 획득부(100)는 항공관측장비들로부터 획득한 관측정보를 관측정보 정량화부(200)와 비교 및 분석부(300)에 제공 또는 출력한다. 관측정보 정량화부(200)는 제1 관측정보 및 제2 관측정보중 적어도 하나를 정량화할 수 있다.
- [0053] 제1 관측정보는 시딩 라인의 바깥쪽(풍상측) 영역에서 구름으로부터 측정될 수 있으며, 제2 관측정보는 시딩 라인의 안쪽(풍하측) 영역에서 구름으로부터 측정될 수 있다.
- [0054] 관측정보 정량화부(200)는 제1 관측정보 및/또는 제2 관측정보를 구름의 강수입자 크기별 평균 수농도로 정량화할 수 있다. 선택적으로, 관측정보 정량화부(200)는 풍상측 영역의 구름 특성과 풍하측 영역의 구름 특성을 그래프로 표현할 수 있다.
- [0055] 상기 관측정보 정량화부(200)는 본 발명의 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템의 필수 구성요소는 아니며, 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템에 선택적으로 포함될 수 있다.
- [0056] 비교 및 분석부(300)는 관측 정보 획득부(100)로부터 제1 관측정보와 제2 관측 정보를 수신하고 제1 관측정보와 제2 관측정보를 비교할 수 있다.
- [0057] 구체적으로, 비교 및 분석부(300)는 상기 제1 관측정보와 상기 제2 관측정보를 비교하여 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 설정된 범위 이내인 지를 판단할 수 있다.
- [0058] 비교 및 분석부(300)는 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 설정된 범위 이내이면, 상기 시딩 실험이 유효한 것으로 판단할 수 있다. 다시 말해, 비교 및 분석부(300)는 상기 제1 관측 정보가 상기 제2 관측정보로부터 설정된 범위 이내이면, 시딩으로 인한 강수 증가가 발생하였음을 판단할 수 있다.
- [0059] 도 7은 본 발명에 따른 제1 관측정보와 제2 관측정보의 일 예를 나타낸 그래프이고, 도 8은 본 발명에 따른 제1 관측정보와 제2 관측정보의 다른 예를 나타낸 그래프이다.
- [0060] 도 7 및 도 8에서 a1에 의해 지시된 선들은 시딩 라인 바깥쪽 영역(풍상측 영역)에서의 구름의 입자 크기별 평균 수농도이고, a2에 의해 지시된 선들은 시딩 라인 안쪽 영역(풍하측 영역)에서의 구름의 입자 크기별 평균 수농도이다.
- [0061] 도 7을 참조하면, 시딩라인 안쪽(시딩물질 확산지역)과 바깥쪽(시딩물질 비 영향 지역)으로 두 영역의 구름 특성이 다르며, 이 경우에는 외부 요인의 유입이 의심된다..
- [0062] 예컨대, 도 7에서는 풍상측 영역의 구름물방울 입자들의 분포와 풍하측 영역의 구름물방울 입자들이 분포가 상당히 다르다. 따라서, 풍하측 영역에 외부구름의 간섭(유입)이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 풍하측 영역에 풍상측 영역의 구름과 다른 성질의 구름이 유입되었음을 확인할 수 있다.
- [0063] 도 8을 참조하면, 풍하측 영역의 구름 특성과 풍상측 영역의 구름 특성이 유사함을 알 수 있다. 즉, 시딩라인 안쪽의 구름에서 시딩물질의 영향으로 강수입자의 수농도가 증가되었음을 확인할 수 있다. 즉, 시딩의 의한 효과를 확인할 수 있다. 결론적으로, 도 8을 참조하면, 외부구름의 간섭(유입)이 없고, 유의미한 시딩 실험의 효과를 얻은 것임을 확인할 수 있다.
- [0064] 비교 및 분석부(300)는 제1 관측정보와 제2 관측정보를 비교하고 비교 결과를 시딩 효과 분석부(400)로 제공할 수 있다.
- [0065] 시딩 효과 분석부(400)는 비교 결과 시딩 효과가 유효한 것임을 알 수 있으며, 그에 따라, 시딩 실험에 따른 효

과를 분석할 수 있다. 본 발명은 시딩 효과를 분석하는 것과 관련이 없으며, 종래 시딩 효과를 분석하는 어떠한 방식도 채용할 수 있다.

- [0066] 따라서, 시딩 효과 분석부(400)는 본 발명의 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템의 필수 구성요소는 아니며, 인공강우 항공실험의 물리적 검증 시스템에 선택적으로 포함될 수 있다.
- [0067] 이하, 상기한 바와 같이 구성된 강수 증가 검증 시스템에서 수행되는 강수 증가 검증 방법을 도 9를 참조하여 설명한다.
- [0068] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 강수 증가 검증 방법의 흐름도를 도시한다.
- [0069] 도 9를 참조하면, 먼저 강수 증가 검증 시스템(1000)은 단계 S110에서 시딩 실험이 완료되었는지를 판단한다.
- [0070] 시딩 실험이 완료되었으면, 강수 증가 검증 시스템(1000)은 단계 S120에서 시딩라인 바깥쪽(풍상측(upwind)) 영역에서 직선관측을 수행함으로써 구름의 제1 직선관측정보를 획득한다. 이는 시딩물질의 영향을 받지 않는 영역으로 자연구름의 유입 여부 및 시딩물질 영향지역에서의 실험대상 구름과 비교하기 위함이다.
- [0071] 본 실시예에서는 관측 정보가 직선관측정보이지만, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 당업자에게 자명한 어떠한 관측정보도 가능하다.
- [0072] 이후, 강수 증가 검증 시스템(1000)은 단계 S130에서 시딩라인 안쪽(풍하측(downwind)) 직선관측을 수행함으로써 제2 직선관측정보를 획득할 수 있다. 이는 시딩물질의 영향을 받는 영역(풍하측 영역)으로 시딩에 의해 변화된 구름 특성을 관측하기 위함이다.
- [0073] 도시되지 않았지만, 제1 관측정보 및/또는 제2 관측정보를 구름의 입자 크기별 평균 수농도로 정량화될 수 있다.
- [0074] 이어서, 강수 증가 검증 시스템(1000)은 단계 S140에서 제1 직선관측정보와 제2 직선관측정보를 비교할 수 있다. 강수 증가 검증 시스템(1000)은 단계 S150에서 상기 제1 직선관측정보가 상기 제2 직선관측정보로부터 설정된 범위 이내인지를 판단할 수 있다.
- [0075] 전술한 바와 같이, 시딩라인 안쪽(시딩물질 확산지역)과 바깥쪽(시딩물질 비 영향 지역)으로 두 영역의 구름 특성이 다른 경우에는 강수 증가 검증 시스템(1000)은 외부 요인(외부 구름의 유입)이 있는 것으로 판단할 수 있다.
- [0076] 이 경우, 강수 증가 검증 시스템(1000)은 시딩 효과의 증명이 어려움을 판단할 수 있다. 다시 말해, 시딩 효과가 있더라도, 관측 정보에 대한 신뢰도가 저하될 수 있다. 이 경우, 시딩 실험이 유효하더라도, 관측정보는 외부요인의 유입으로 인해 정확한 시딩 효과를 분석할 수 없게 된다.
- [0077] 강수 증가 검증 시스템(1000)은 상기 제1 직선관측정보가 상기 제2 직선관측정보로부터 설정된 범위 이내가 아니면 즉, 설정된 범위를 벗어나면 단계 S160에서 다른 특성(외부 구름)의 유입이 있음을 결정할 수 있다.
- [0078] 강수 증가 검증 시스템(1000)은 상기 제1 직선관측정보가 상기 제2 직선관측정보로부터 설정된 범위 이내이면 단계 S170에서 해당 관측 정보에 따른 시딩 효과가 증명 가능하다고 판단하고, 시딩 효과를 분석할 수 있다.
- [0079] 이상과 같이 본 발명의 실시예에 따르면 인공강우 항공실험 후 풍상·하측 관측 및 비교분석을 통한 강수 증가를 검증하는 방법을 제공할 수 있다. 이러한, 본 발명의 실시예에 따라 인공강우 항공실험 효과 검증라인 설계 기술이 수행될 수 있다. 또한, 실험항공기에 탑재된 구름물리관측 장비를 활용해 시딩에 의한 구름 미세물리 변화를 입증함으로써 본 실험의 과학적 신뢰성을 높일 수 있다.
- [0080] 전술한 바와 같은 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였다. 그러나 본 발명의 범주에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 변형이 가능하다. 본 발명의 기술적 사상은 본 발명의 전술한 실시예에 국한되어 정해져서는 안 되며, 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

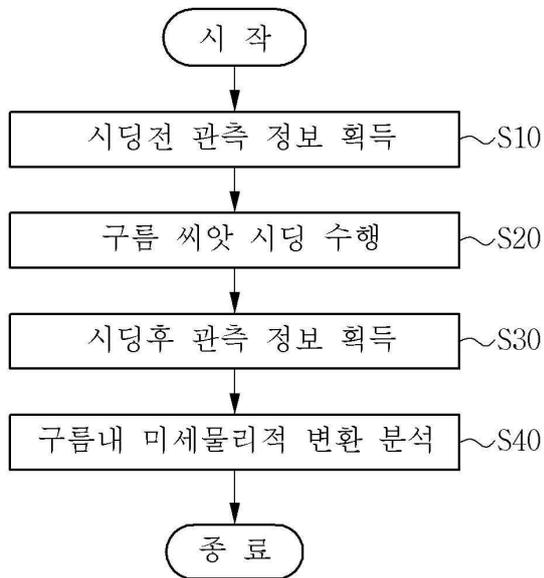
부호의 설명

- [0081] 100: 관측정보 획득부
- 200: 관측 정보 정량화부

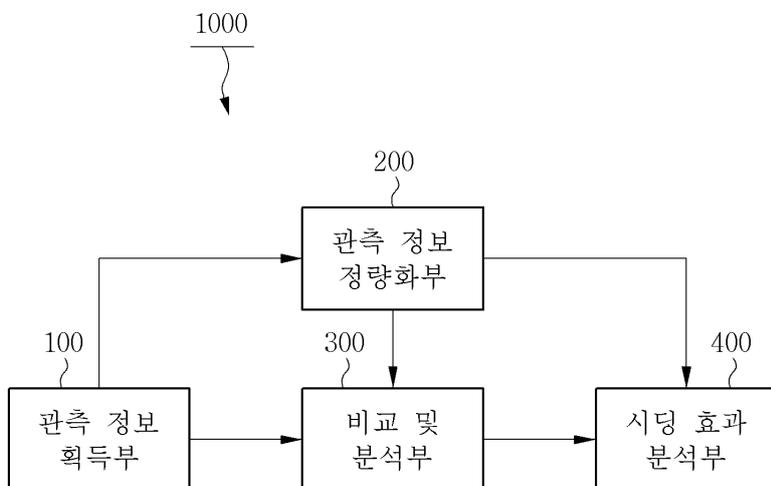
- 300: 비교 및 분석부
- 400: 시딩 효과 분석부
- 110: 항공관측장비
- 111: 실험항공기
- 112: 구름응결핵계수기
- 114: 구름컴비네이션프로브
- 116: 강수이미징프로브
- 118: 항공자료조사시스템

도면

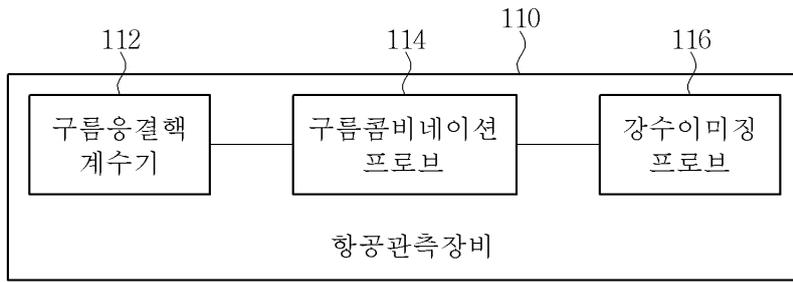
도면1



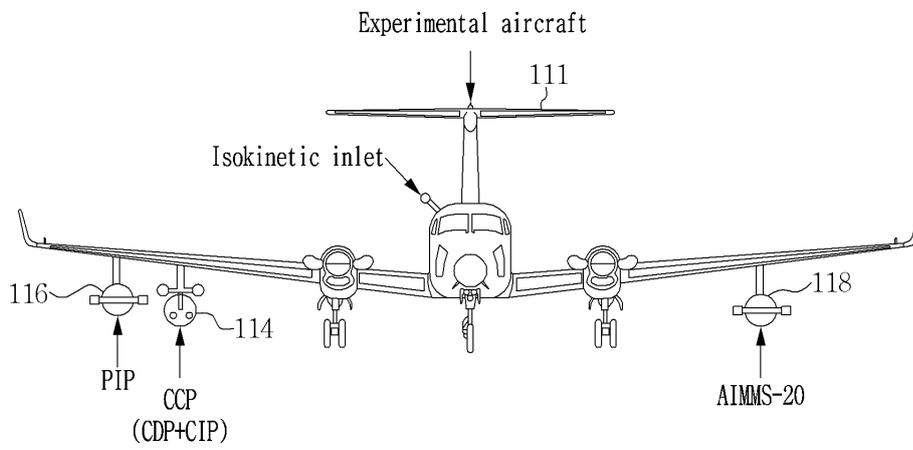
도면2



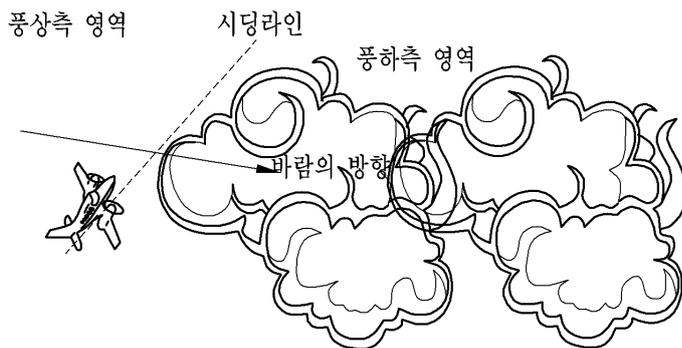
도면3



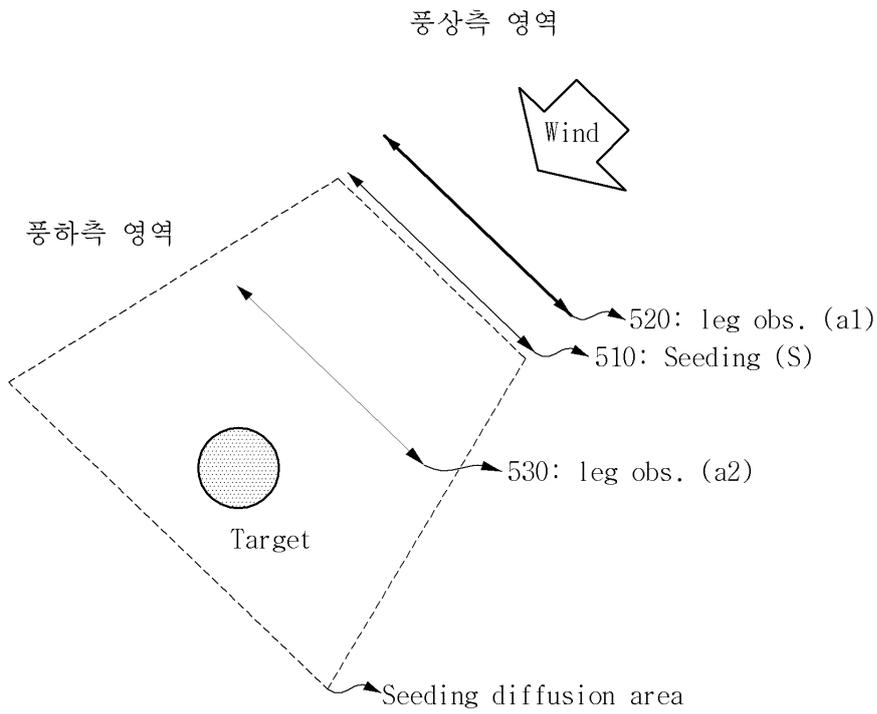
도면4



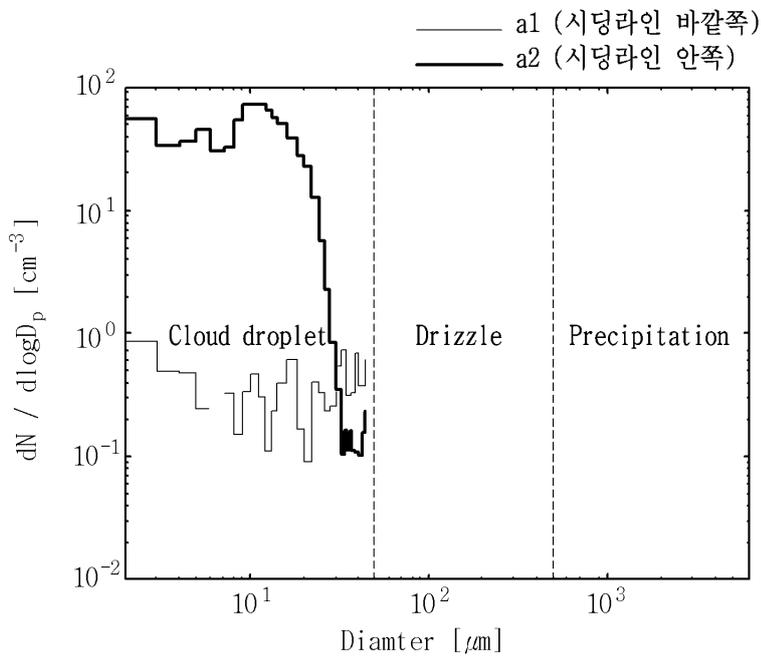
도면5



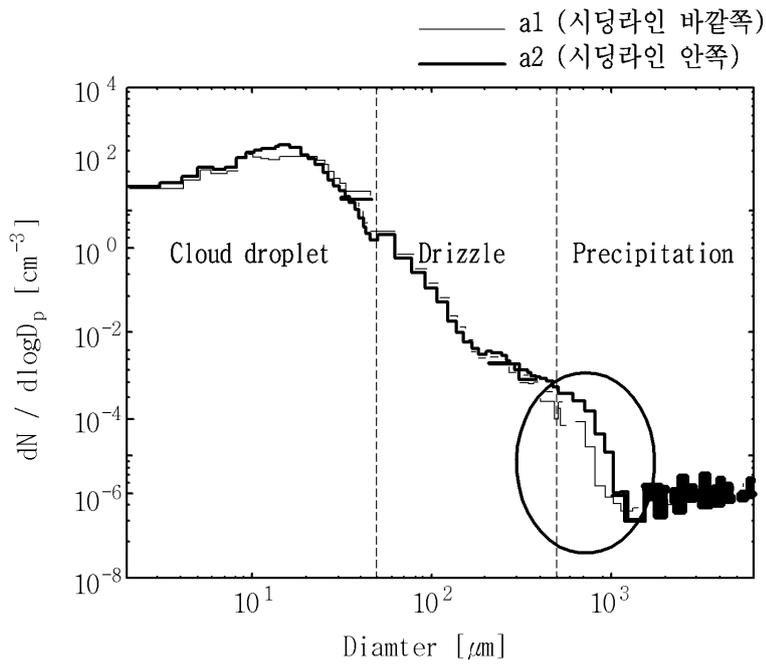
도면6



도면7



도면8



도면9

