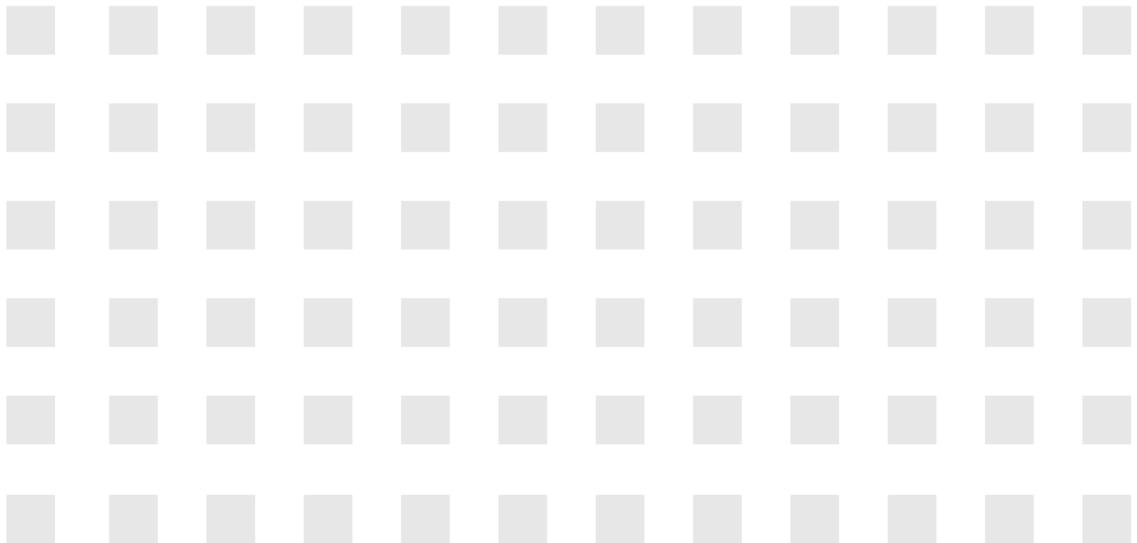


제주도 꽃자왈지대의 지질 특성 정립을 위한 선행연구 고찰 및 향후 과제 발굴

고기원 · 강승일 · 고수연



발 간 사

‘꽃자왈’은 제주어로 숲을 뜻하는 ‘꽃’과 나무와 덩굴 따위가 마구 엉클어진 덩굴이란 의미를 지닌 ‘자왈’의 합성어입니다.

‘제주특별자치도 꽃자왈 보전 및 관리 조례’에서 ‘꽃자왈’은 제주도 화산활동 중 분출한 용암류가 만들어낸 불규칙한 암괴지대로 숲과 덩굴 등 다양한 식생을 이루는 곳이라고 정의되고 있는데, ‘제주의 허파’라고 불릴 만큼 중요한 제주 생태계의 보고입니다.

그동안 꽃자왈에 관한 지질학적 연구는 20여년 넘게 진행되어 왔습니다. 그러나 꽃자왈 지형의 형성 과정과 정의, 분포 경계가 연구자마다 다르고, 법으로 고시된 ‘꽃자왈 분포도’의 경계가 일치하지 않는다는 지적이 있었습니다. 이에 이번 연구는 꽃자왈 지질에 대한 전문가들의 의견과 기존 지질연구의 미비점을 반영하여 꽃자왈의 지질적 특성을 정립하기 위해 향후 추진해야 할 연구 과제를 선정하기 위해 수행되었다는 점에서 가치가 큼니다.

이 연구를 위하여 1996~2021년까지의 꽃자왈과 관련한 수행된 선행연구 문헌, 2000~2022년까지 제주도내 일간신문(2개)에 보도된 꽃자왈 관련 기사 1,231건을 분석하였습니다. 그 결과 이번 연구에서 선정된 3대 연구과제는 첫째, 꽃자왈 지형의 경계설정 및 분포범위 매핑에 관한 연구, 둘째, 꽃자왈 지형의 지질학적 특성과 정의에 관한 연구, 셋째, 꽃자왈 지형의 수문지질적 특성 설정에 관한 연구입니다.

이번 연구를 토대로 향후 제주 꽃자왈 연구가 활발히 전개되길 기대합니다. 연구를 위해 애쓰신 고기원 제주꽃자왈공유화재단 꽃자왈연구소장님과 공동연구원인 강승일 제주꽃자왈재단 꽃자왈연구소 연구원님, 그리고 고수연 (주)기반이엔씨 대표님의 노고에 감사드립니다. 이 연구 수행을 위해 지원을 아끼지 않은 우리 센터 고은솔 연구원에게도 고마움을 전합니다.

꽃자왈의 가치 발굴을 위해 우리 제주학연구센터가 기여할 수 있게 되어 매우 기쁘게 생각합니다. 앞으로도 우리 센터는 제주의 자연과 환경 그리고 그 속에서 함께 살아가는 제주인들의 삶을 연구하는 학자들을 지원하기 위해 최선의 노력을 다하겠습니다.

2022년 12월

제주특별자치도 제주학연구센터장 김 순 자

목 차 CONTENTS

I. 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
2. 연구의 내용 및 방법	3
II. 선행연구 문헌 및 신문 기사 분석	7
1. 선행연구 문헌 분석	7
2. 신문 기사 분석	12
III. 꽃자왈지대 지질분야 선행연구 고찰	19
1. 선행연구 현황	19
2. 선행연구의 주요 내용	21
2-1. 조사·연구보고서	21
2-2. 연구논문	27
3. 선행연구의 성과와 한계	35
3-1. 총괄	35
3-2. 선행연구의 성과와 한계	38
3-3. 선행연구 고찰에서 얻은 시사점	41
IV. 향후 꽃자왈지대 지질 연구과제	43
1. 전문가 설문조사	43
1-1. 조사개요	43
1-2. 설문결과	45
1-3. 설문조사 결과 시사점	53

2. 향후 연구과제	53
2-1. 연구과제 도출과정	53
2-2. 연구과제 제안서(RFP)	55
3. 과제 추진 방안	58
 V. 결론 및 시사점	 59
1. 결론	59
2. 시사점 및 제언	62
 참고문헌	 64
Abstract	66
부록 1	69
부록 2	74

표차례

〈표 1〉 유형별 및 학술연구 분야별 꽃자왈 관련 선행연구 문헌 현황	7
〈표 2〉 세부 학술연구 분야별 꽃자왈 관련 선행연구 문헌 편수	9
〈표 3〉 꽃자왈 관련 선행연구의 주요 연구대상 현황	10
〈표 4〉 기타분야 꽃자왈 관련 선행연구의 주요 연구대상	11
〈표 5〉 연도별 · 유형별 꽃자왈 관련 언론 기사 현황	12
〈표 6〉 꽃자왈 관련 기사 유형별 세부 주제의 연도별 기사 현황	16
〈표 7〉 꽃자왈지대의 지질에 대한 선행 연구논문 목록	19
〈표 8〉 꽃자왈지대의 지질에 대한 선행 조사 · 연구보고서 목록	20
〈표 9〉 조천-함덕꽃자왈지대 지질조사의 연구방법 및 주요 내용	21
〈표 10〉 구좌-성산꽃자왈지대 지질조사의 연구방법 및 주요 내용	23

〈표 11〉 교래꽃자왈지대 지질조사의 연구방법 및 주요 내용	25
〈표 12〉 조사대상 지역의 지질조사 · 연구방법 및 주요 내용	27
〈표 13〉 조사 · 연구방법 및 주요 내용	28
〈표 14〉 조사 · 연구방법 및 주요 내용	30
〈표 15〉 조사 · 연구방법 및 주요 내용	31
〈표 16〉 조사 · 연구방법 및 주요 내용	33
〈표 17〉 꽃자왈지대 지질분야 선행연구의 주요 조사 내용(분석시료 개수 포함) ···	36
〈표 18〉 설문지 구성 및 주요 설문 내용	44
〈표 19〉 향후 수행되어야 할 꽃자왈지대 기초연구분야 응답 현황	46
〈표 20〉 향후 수행되어야 할 꽃자왈지대 응용연구분야 응답 현황	47
〈표 21〉 향후 수행되어야 할 꽃자왈지대 융합연구분야 응답 현황	49
〈표 22〉 향후 꽃자왈지대 지질 연구분야 순위별 현황	50
〈표 23〉 꽃자왈지대 지질학적 특성 정립에 필요한 지질분야 연구과제 응답 현황 ···	51
〈표 24〉 향후 지질학적 조사 · 연구분야 우선순위별 응답자 수 및 분석	52

그림차례

[그림 1] 2000년대 초반 도내 신문에 실린 꽃자왈 관련 기사	2
[그림 2] 주요 연구내용과 연구 수행 흐름도	4
[그림 3] 연도별 꽃자왈 관련 선행연구 문헌 분포	8
[그림 4] 꽃자왈 개발 및 훼손, 꽃자왈공유화, 꽃자왈 보전관리 관련 연도별 신문기사 건수	13
[그림 5] 꽃자왈공유화 관련 신문기사	14
[그림 6] 꽃자왈 가치활용, 기획기사, 조사연구 관련 연도별 신문기사 건수	14
[그림 7] 꽃자왈 가치활용 세부 주제 연도별 신문기사 건수	15
[그림 8] 꽃자왈 개발 및 훼손 세부 주제 연도별 신문기사 건수	15
[그림 9] 꽃자왈공유화 세부 주제 연도별 신문기사 건수	17

[그림 10] 꽃자왈 보전관리 세부 주제 연도별 신문기사 건수	17
[그림 11] 꽃자왈 조사연구 세부 주제 연도별 신문기사 건수	17
[그림 12] 꽃자왈 조사·연구 관련 신문기사	18
[그림 13] 설문조사 응답자의 일반현황(A)과 전공분야(B) 현황	43
[그림 14] 꽃자왈지대 선행 조사·연구 평가(A)와 부족 사유(B)	45
[그림 15] 기초분야 연구분야별 응답자 현황	46
[그림 16] 응용분야 연구분야별 응답자 현황	48
[그림 17] 융합연구분야 연구분야별 응답자 현황	48
[그림 18] 설문조사에서 나타난 꽃자왈지대 전체에 대한 조사·연구 분야	50
[그림 19] 지질학 분야 8개 연구과제에 대한 응답자 수 분포	52
[그림 20] 꽃자왈지대 지질특성 정립을 위한 향후 연구과제 발굴과정	54
[그림 21] 꽃자왈지대 지질 특성 정립을 위한 향후 연구과제	55
[그림 22] 꽃자왈지대 지질특성 정립을 위한 종합조사 추진 방안	58

I. 서 론

- 소를 방목하거나, 딸감을 조달하는 숲, 또는 약초 따위를 구하는 대상으로 이용되어 활용가치가 떨어지고 생산성이 낮은 땅으로 여겨왔던 꽃자왈지대가 1990년대 초반부터 지하수 함양과 오염에 영향을 미치는 투수성 지질구조인 동시에 희귀·멸종위기 식물 등이 서식하는 보호를 요하는 식생군락이라는 학술적 평가에 힘입어 보전해야 할 중요 환경자산으로 인식되기 시작함
- 이전에 수행된 꽃자왈지대에 대한 지질학적 연구에서 꽃자왈지대의 성인, 정의, 분포 경계에 대한 견해가 연구자에 따라 다르고, 현재 관리되고 있는 ‘꽃자왈 분포도’의 경계도 맞지 않다는 지적이 꾸준히 제기되는 실정임
- 이전에 수행된 지질분야 선행연구의 성과와 문제점에 대한 심층적 고찰을 통해 꽃자왈지대 고유의 지질특성 정립과 분포경계의 정확성 등을 기하기 위해 향후 추진할 과제를 발굴하고자 본 연구를 수행하였음

II. 선행연구 문헌 및 신문기사 분석

○ 선행연구 문헌분석

- 1996~2021년까지 수행된 꽃자왈 관련 조사·연구 문헌은 총 191편으로서 국내 박사학위논문(6편) 및 석사학위논문(21편) 논문, 연구보고서(48편), 국내 학술논문(65편), 해외 학술논문(1편), 단행본(6편) 등으로 분류되며, 학술논문과 연구보고서가 전체 연구문헌의 59%를 차지함
- 문헌 편수가 3편 이상인 세부 분야는 식물학을 비롯하여 모두 15개 분야·152편으로 전체의 84%를 차지하는 것으로 나타났음
- 지질분야는 화산학(11편), 암석학(3편), 수리지질학(2편), 층서학(2편)분야에서 총 18편으로 집계되었으나, 학술논문으로 발표된 것은 11편에 불과함

○ 신문 기사 분석

- 꽃자왈 관련 기사의 의제(agenda)를 압축하고, 보도 내용변화를 파악하기 위하여 2000~2022.6까지 제주도내 일간신문(2개)에 보도된 꽃자왈 관련 기사 1,231건을 추출하고 △ 꽃자왈 가치활용, △ 꽃자왈 개발 및 훼손, △ 꽃자왈 공유화, △ 기획기사, △ 꽃자왈 보전·관리, △ 꽃자왈 조사·연구로 분류해 분석하였음
- 꽃자왈 개발 및 훼손 관련 기사가 303건으로 가장 많았으며, 꽃자왈 보전·관리 계획 및 필요성을 강조한 기사 277건, 꽃자왈공유화 관련 기사 259편, 조사·연구 148건, 꽃자왈 가치활용 137건, 기획기사 107건으로 파악되었음
- 따라서, 지난 20여 년간 보도된 꽃자왈 관련 기사의 68%(839편)는 △꽃자왈 개발 및 훼손, △꽃자왈 보전·관리, △꽃자왈공유화와 관련한 이슈에 집중되었음을 알 수 있음

Ⅲ. 꽃자왈지대 지질분야 선행연구 고찰

○ 꽃자왈지대 지질분야 선행연구 고찰은 내용의 중복성을 고려하여 11편(연구 논문 6편, 조사·연구보고서 5편)을 대상으로 수행함

- 본 고찰에서는 연구의 한계를 비판적 시각보다는 꽃자왈지대의 지질특성 정립을 위한 향후 연구과제를 발굴하는 관점에서 검토하였으며, 전문가 자문을 통해 최대한 공정하고 객관적인 시각을 유지하였음

○ 꽃자왈지대별 조사·연구 집중도

- 7개 꽃자왈지대 중 가장 많은 조사·연구가 이루어진 곳은 교래꽃자왈지대로 12개 분야에서 조사가 이루어졌으며, 한경꽃자왈지대 11개 분야, 구좌꽃자왈지대 10개 분야, 수산꽃자왈지대 9개 분야이었고, 애월꽃자왈지대와 안덕꽃자왈지대는 각각 8개 및 7개 분야에 대한 조사가 이루어져 상대적으로 조사·연구가 덜 집중된 것으로 분석되었음

○ 조사·연구 분야별 수행사항

- 지질분야 중 7개 꽃자왈지대 모두를 대상으로 이루어진 조사분야는 △꽃자왈 경계조사 및 분포도 작성, △암상 및 용암유형 분류, △암석학적 기재, △전암 성분 분석 4개 분야뿐이며,
- 꽃자왈을 이루는 용암류의 성인연구(동위원소 연구), 꽃자왈지대와 지하수 간의 상호작용에 대한 연구는 전혀 이루어지지 않았음

○ 선행연구 고찰에서 얻은 시사점

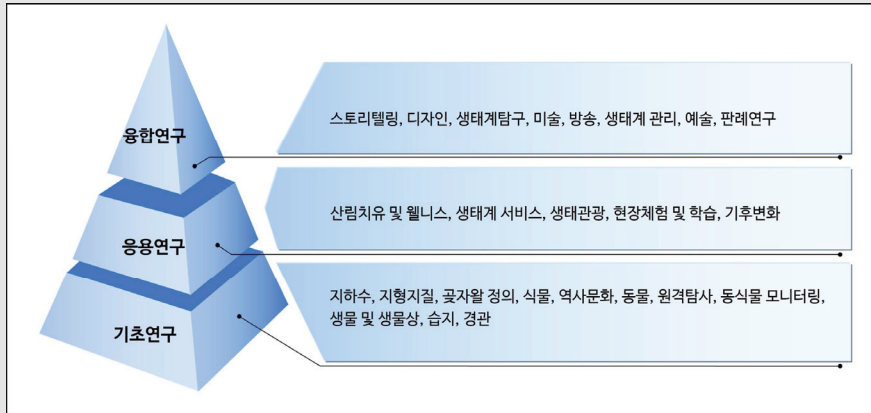
- 지금까지 갯자왓지대의 지질에 대한 조사·연구는 주로 동식물 분야를 포함한 대형 연구과제의 한 분야나 항목으로 수행됨
- 연구대상 갯자왓 및 조사항목은 지원되는 연구비 및 연구기간, 연구자의 관심 사항, 대형 연구과제의 목적 등에 따라 결정됨으로써, 7개 갯자왓지대 전체에 대한 지질분야 종합학술조사는 수행되지 않았음
- 갯자왓 경계조사를 통한 분포도 작성연구는 갯자왓 보전·관리 및 타 분야 조사·연구에 기본이 되는 매우 중요한 과제이나, 갯자왓지대의 지질학적 정의가 정립되지 않아 전체 갯자왓을 대상으로 지질학적 관점에서 갯자왓 분포도 작성연구는 수행되지 않았음
- 조사·연구에서 작성된 지질도, 용암유역도, 항공레이저측량에 의한 갯자왓 분포도는 보고서에만 소축척의 도면으로 제시되고, 실축척의 도면은 제공 또는 관리하는 기관이 없어 활용이 어려움
- 갯자왓지대가 투수성이 높아 지하수 함양과 오염에 취약한 지질구조라는 인식은 보편화되어 있으나, 정작 이를 규명하기 위한 「갯자왓지대-지하수 상호작용」에 관한 연구는 거의 수행되지 않았음
- 조사·연구사업의 경우, 중간 또는 최종 산출물에 대한 전문가 자문이나 평가, 또는 토론회 등 객관적 검증과정을 거치지 않고 보고서가 출간되고 있어 기술 내용에 크고 작은 오류가 발견되고 있음

IV. 향후 갯자왓지대 지질 연구과제

○ 전문가 설문조사

- 갯자왓지대를 대상으로 수행된 선행 조사·연구에 대한 정성적 평가와 향후 연구과제에 대한 전문가들의 의견을 수렴하기 위하여 제주도내 35명의 전문가를 대상으로 2022. 7. 22~8. 5일까지 설문조사를 실시하였으며, 17명으로부터 응답지가 회수되었음
- 응답자 17명 중 13명(76%)이 갯자왓지대에 대한 선행 조사·연구가 ‘부족’하다고 평가하였고, ‘만족’과 ‘보통’은 각각 2명씩임
- 전문가들이 제시한 향후 갯자왓지대 전체를 대상으로 수행이 필요한 기초·응용·융합연구 분야는 아래 그림과 같음

〈설문조사에서 나타난 꽃자왈지대 전체에 대한 조사·연구 분야〉



- 한편, 꽃자왈지대의 지질학적 특성을 정립하기 위해 향후 수행되어야 할 연구 분야(8개)의 우선순위는 아래 표와 같음

순위01	순위02	순위03	순위04	순위05	순위06	순위07	순위08
지질도 작성, 원격탐사	형성연대	용암형태, 지하수 함양량	미세지형, 화산암석학			수위수질 연관성	

○ 향후 연구과제 도출

- 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위해 향후 추진되어야 할 연구과제는 △꽃자왈지대 지질에 대한 선행 조사·연구 고찰에서 나타난 미흡점과 부족한 연구분야, △전문가 설문조사 결과, △제주도내 2개 일간지 기사를 반영하여 3대 과제 11개 세부과제를 도출하였음

○ 3대 연구과제 제안서(RFP) 작성

- 도출된 3대 연구과제 즉, △꽃자왈지대 경계설정 및 분포도 작성 연구, △꽃자왈지대 지질특성 및 정의 정립 연구, △꽃자왈지대 수리지질 특성 정립 연구에 대하여 필요성 및 목적, 연구목표, 주요내용, 기대효과 순의 연구 제안서를 작성하였음

V. 결론 및 시사점

○ 결론

- (선행연구 문헌)갯자왈 관련 선행 조사·연구 문헌은 총 191편으로 파악되었으며, 유형별로 살펴보면 박사학위 논문(6편), 석사학위 논문(21편), 연구보고서(48편), 국내 학술논문(65편), 해외학술논문(1편), 단행본(6편) 등으로 분류되며, 학술논문과 연구보고서가 전체의 59%를 차지함
- 식물학 분야가 45편으로 가장 많았으며, 뒤이어 환경생태학(20편), 인문지리학(13편), 문화재학(12편), 화산학(11편) 순의 편수를 보여 이들 5개 분야가 전체의 56%를 차지하였음
- (신문기사 분석)제주도내 2개 일간신문에 보도된 갯자왈 관련 기사1,231건을 추출하여 분석한 결과, 갯자왈 관련 기사의 68%(839편)는 △갯자왈 개발 및 훼손, △갯자왈 보전·관리, △갯자왈공유화 관련 기사로 나타났음
- 갯자왈 개발 및 훼손 관련 기사는 2004~2007년 사이에 집중된 후 감소 추세를 보였고, 갯자왈공유화 관련 기사는 2007~2014년까지 연평균 24건이 보도되었으나, 그 후 급격하게 감소하였다가 2020년부터 다소 많아지는 경향을 나타냄
- (갯자왈지대 지질분야 선행연구 고찰)선행연구 11편(중복성이 있는 4편 제외)을 대상으로 심층 고찰을 통해 다음과 같은 성과와 한계점이 파악되었음
- 7개 갯자왈지대 중 가장 많은 조사·연구가 이루어진 곳은 교래갯자왈지대로 12개 분야에서 조사가 이루어졌으며, 한경갯자왈지대는 11개 분야, 구좌갯자왈지대 10개 분야, 수산갯자왈지대 9개 분야, 애월갯자왈지대와 안덕갯자왈지대는 각각 8개 및 7개 분야에 대한 조사가 이루어져 상대적으로 조사·연구가 덜 집중된 것으로 분석되었음
- 또한, △갯자왈 경계조사 및 분포 작성, △갯자왈 분포도 작성에 필요한 항공레이저측량, △갯자왈지대 내 용암지형조사, △갯자왈지대의 정밀 지질도, △갯자왈지대별 용암류의 암상 유형분포도, △갯자왈 용암류 연대측정, △갯자왈지대의 지표 투수율, △지하수 함양량 산정, △갯자왈지대와 비갯자왈지대 간의 수리지질학적 특성 차이 등에 대한 조사·연구가 미흡한 것으로 나타났음
- 이처럼 갯자왈지대의 지질학적 특성에 대한 기초조사·연구의 부족으로 인하여 지질학적 관점에서의 갯자왈 정의가 설득력을 얻지 못하는 결과를 초래하고 있을 뿐 아니라, 특히 갯자왈지대가 투수성이 높아 지하수 함양기능과 오염에 취약한 지질구조라는 인식은 보편화되어 있으나, 정착 이를 규명하기 위한 「갯자왈지대-지하수 상호작용」에 관한 연구는 거의 수행되지 않았음

- (전문가 설문조사)곶자왈지대를 대상으로 수행된 선행 조사·연구를 정성적으로 평가하고 향후 수행되어야 할 조사·연구 분야를 파악하며, 지질학적 특성 정립을 위한 조사·연구 분야를 도출하기 위하여 제주도내외 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였음
 - 응답자 17명 중 13명(76%)이 곶자왈지대에 대한 선행 조사·연구가 ‘부족’하다고 평가하였고, ‘만족’과 ‘보통’은 각각 2명씩임
 - 향후 추진되어야 할 기초연구 분야로 지하수, 지질, 곶자왈 정의, 식물, 역사문화, 동물 등 6개 분야가 제시되었으며,
 - 응용연구 분야는 산림치유 및 웰니스, 생태계 서비스, 생태관광, 현장체험 및 학습, 기후변화를 꼽았고,
 - 융합연구 분야는 스토리텔링, 디자인, 생태계 탐구, 미술, 방송, 생태계 관리, 예술, 판례연구 순으로 응답하였음
 - 또, 곶자왈지대의 지질학적 특성을 정립하기 위해 향후 수행되어야 할 연구 분야는 「(1순위)지질도 작성, 원격탐사 → (2순위) 형성연대 → (3순위) 용암 형태, 지하수 함양량 → (4순위) 미세지형, 화산암석학 → (7순위) 지하수위-수질 연관성 연구」로 분석되었음
- (곶자왈지대 지질특성 정립 연구과제) 곶자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위해 향후 추진되어야 할 연구과제는 ①곶자왈지대 지질에 대한 선행 조사·연구 고찰에서 나타난 미흡점과 부족한 연구분야, ②전문가를 대상으로 실시한 설문조사 결과, ③제주도내 2개 일간지 기사 등 3가지 사항을 반영하여 3대 과제 11개 세부과제를 도출하였음

○ 시사점 및 제언

- (중장기 연구계획수립) 곶자왈지대는 지질·동식물·역사문화 등 매우 다양한 요소로 구성되어 있고, 또 이를 응용한 연구분야도 아주 광범위하며, 면적 또한 100km²에 달할 정도로 넓기 때문에 곶자왈지대의 제반 특성을 체계적으로 정립하기 위해서는 중장기 연구계획수립이 절대적으로 요구됨
- (곶자왈지대 연구전담기구 지정) 정부는 각 부처의 정책개발과 연구개발을 촉진하기 위하여 연구사업을 주관하는 전담기구를 부처 산하 공공기관으로 설치·운영하고 있으나, 현재까지 제주도 내에 공적자금이 투입되는 조사·연구사업의 기획, 수행기관 선정, 과제 및 연구비 관리·성과평가·연구성과의 관리 및 홍보 등을 전담하는 전담기구는 없는 실정임. 제주곶자왈공유화재단을 중장기 곶자왈 연구

를 전담하는 전담기구로 지정하여 조사·연구사업을 체계적으로 추진할 수 있는 기반 마련이 필요함

- (곶자왈 종합조사) 다양한 구성요소로 이루어진 곶자왈지대의 학술적 가치를 체계적으로 정립하기 위해서는 부문별·단계별로 나누어 종합학술조사를 실시하는 것이 바람직함
- (조사·연구 자료관리 플랫폼 구축) 그동안 진행된 조사·연구로부터 많은 자료(분석치, 측정치, 도면, 사진 등)들이 생산되었으나, 이를 체계적으로 관리하는 전담 기구나 조직이 없는 실정이므로 각종 조사·연구로부터 생산된 자료를 수집·정리·제공할 수 있는 플랫폼을 제주곶자왈공유화재단에 구축할 것을 제안함

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

■ 1990년대 초반부터 꽃자왈지대에 대한 인식의 변화가 싹트기 시작

- 제주도 꽃자왈지대는 오래전부터 소를 방목하거나, 딸감을 조달하는 숲, 또는 약초 따위를 구하는 대상으로 이용되어 토지이용 측면에서 활용가치가 떨어지고 생산성이 낮은 땅으로 여겨져 왔음(고기원, 2011).
- 그러나, 1990년대 초반에 접어들면서 지하수 보전 문제가 지역사회의 이슈로 떠오르고, 자연환경 보호에 대한 사회적 관심이 높아지면서 꽃자왈지대에 대한 인식에 큰 변화가 생기기 시작함. 즉, 꽃자왈지대가 지하수 함양과 오염에 영향을 미치는 투수성 지질구조인 동시에 희귀·멸종위기 식물 등이 서식하는 보호를 요하는 식생군락이라는 학술적 평가가 이 같은 인식의 변화를 이끄는 역할을 하였음

■ 꽃자왈지대 관리를 위한 법적 장치 신속한 마련

- ‘꽃자왈’ 용어가 행정기관에서 처음으로 사용된 것은 1992년 2월 27일로 거슬러 올라가는데, 당시 제주도에서는 도·내외 지하수·지질 관련 전문가를 초청하여 ‘수자원종합개발계획수립 과업내용 토론회’를 개최하였고, 토론회 자료에 지하수 함양량을 보다 정확히 산정하기 위하여 지질조사에 ‘숨골’과 ‘꽃자왈’조사가 포함되었으나, 실제 조사에서는 반영되지 않았음
- 그 후, 1995년 제주도가 국토연구원에 의뢰해 실시한 ‘중산간지역 종합조사’ 영역에 ‘숨골’과 ‘꽃자왈’ 지역을 포함한 투수성지질구조를 조사하고 분포도를 작성하도록 하는 내용이 포함되었고, 이 영역의 최종보고서에 중산간지역 내 ‘숨골’ 및 ‘꽃자왈’ 분포도가 작성되었음
- 또한, 2001년에는 ‘제주도 전역 GIS 확대 구축 연구’ 영역을 통해 제주도 전역의 꽃자왈지대 분포도가 최초로 작성되었고, 2003년 4월 「제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법」에 의해 관리보전지역(지하수자원 보전지구 2등급, 생태계보전지구 2, 3등급)으로 지정·고시되어 현재에 이르고 있음(그림 1)

- 1992년 처음으로 ‘꽃자왈’ 조사의 필요성이 제기된 이래 10년 만에 (구)「제주도개발특법」에 의해 꽃자왈지대 관리가 시작된 것은 매우 신속한 대응이라 할 수 있음

■ 꽃자왈지대의 지질학적 특성과 분포 경계에 대한 다양한 이견이 표출

- 1996년 송시대·고기원·윤선이 지하수 함양과 오염에 영향을 미치는 숨골구조와 꽃자왈지대에 관해 학회에 처음으로 보고가 이루어졌으며, 송시대(2000)는 꽃자왈지대를 암괴상 아아 용암류(Aa rubble flow)로 정의하였고, 그 후부터 꽃자왈지대가 아아용암류 이루어진 지대로 인식되기 시작하였음

[그림 1] 2000년대 초반 도내 신문에 실린 꽃자왈 관련 기사



- 그러나, 전용문 외(2012)는 수산, 선혈, 저지 및 신평 꽃자왈지역의 용암류는 암괴상 아아용암이 아니라, 파호이호이 용암류의 특징을 나타낸다고 보고하였고, 박준범 외(2014)는 제주도 꽃자왈지대 중 애월과 안덕 꽃자왈지대만이 아아용암류로 이루어져 있고, 그 외 지역은 아아 용암류와 함께 부분적으로 파호이호이 용암 혹은 전이형 용암류로 구성되어 있음을 보고하였음
- 또한, 전용문 외(2015)는 꽃자왈의 구체적인 범의설정을 위해 꽃자왈지대를 용암의 종류 및 형성과정에 따라 4가지 종류로 구분하고, 이를 생태 및 역사·문화적 요소와 결합한 분류를 시도하였음. 안웅산 외(2015)는 제주도 북동부의 구좌·성산꽃자왈과 남서부 안덕꽃자왈의 성인적 관계연구를 통해 꽃자왈 형성(잔존)의 가장 큰 원인으로 △용암류의 매우 젊은 연대, △그로 인한 토양층의 부재, △지형기복에 있을 것으로 해석하였음

- 이처럼 이전에 수행된 꽃자왈지대에 대한 지질학적 연구에서 꽃자왈지대의 성인, 정의, 분포 경계에 대한 견해가 연구자에 따라 다르고, 현재 관리되고 있는 '꽃자왈 분포도'의 경계도 맞지 않다는 지적이 꾸준히 제기되는 실정임
- 더욱이, 꽃자왈지대의 지질학적 성인과 특성이 정립되지 않음으로써 꽃자왈이라는 용어 대신 '용암숲'(정광중, 2015)으로 표현하는 경우도 생겨나고 있음

■ 이전 연구의 성과와 문제점 고찰을 통한 지질학적 특성 정립 방향 설정 시급

- 이전에 수행된 지질학적 조사·연구의 성과와 문제점에 대한 심층적 고찰이 아직까지 수행된 바 없을 뿐 아니라, 2018년에 이후에는 추가적인 지질학적 조사·연구사업도 진행되고 있지 않은 실정임
- 따라서, 본 연구는 꽃자왈지대의 지질에 대해 지난 25년(1996~2021) 간 수행된 조사·연구보고서와 학술논문을 중심으로 연구의 성과와 문제점을 고찰하고, 꽃자왈지대 고유의 지질특성 규명과 분포경계의 정확성을 기하기 위해 향후 추진해야 할 과제를 발굴하는데 그 목적이 있음
- 특히, 그동안 수행된 꽃자왈지대에 대한 지질학적 조사·연구에서 얻어진 것은 무엇이고, 어떤 문제점을 내재하고 있는지를 고찰함으로써 향후 추진해야 할 과제의 방향성을 올바르게 설정하고, 실행 가능한 지질학적 조사·연구 과제를 제시하기 위함

2. 연구의 내용 및 방법

■ 연구의 범위

- 시간적 범위 : 1996년~2021년
- 공간적 범위 : 제주도 내 7개 꽃자왈지대[안덕, 한경, 애월, 교래, 선흘, 구좌(세화, 상도-하도, 종달-한동), 수산꽃자왈지대]
- 내용적 범위 : 연구대상 꽃자왈지대에 대한 조사·연구 문헌수집, 언론기사 분석, 전문가 설문조사, 전문가 자문 등

■ 연구의 방법

본 연구는 크게 △기초자료 수집 및 정리, △연구결과 도출 및 고찰, △연구 마무리의 3단계 과정으로 수행되었음([그림 2])

[그림 2] 주요 연구내용과 연구 수행 흐름도



2-1. 선행 조사·연구 문헌 수집

- 1996년부터 2021년까지 꽃자왈을 대상으로 수행된 이전의 조사·연구 문헌을 △꽃자왈공유화재단 꽃자왈 연구 아카이브, △구글 학술검색 스칼라(Google Scholar), △학술검색 시스템(RISS, KISS, NDSL)을 이용하여 수집
- 문헌 수집에 사용된 검색어는 △꽃자왈 지질, △꽃자왈 정의, △꽃자왈 토양, △꽃자왈 식생, △꽃자왈 버섯, △꽃자왈 동물, △꽃자왈 생태계, △꽃자왈 역사문화, △꽃자왈 웰니스, △꽃자왈 숲 치유, △꽃자왈 교육 프로그램, △꽃자왈 학습, △꽃자왈 인문학 등임
- 검색된 문헌 중 학회 학술발표(구두 및 포스터 발표), 학술세미나·심포지움·워크샵 등에서 학술논문 형식이 아닌 ppt 자료나 요약문, 각종 교육프로그램 교재에 수록된 자료, 일간지·소식지·월간지 등에 게재된 학술논문 형식으로 작성되지 않은 자료 등을 제외하고 엑셀 데이터베이스(DB)로 구축하였음
- DB에는 저자(발표자), 발표(게재) 년도, 제목(문헌명), 게재지(출판사), 권호, 페이지 등 학술논문 참고문헌 작성 요령에 준하여 정리하였으며, 통계분석을 위하여 문헌의 유형(학술논문, 박사학위 논문, 석사학위 논문, 연구보고서, 단행본 등)과 학문분야(지질학, 생물학, 지리학, 산림학 등)를 추가

2-2. 언론기사 수집

- 꽃자왈과 관련한 주요 이슈의 흐름을 파악하기 위하여 한국언론진흥재단에서 구축·운영하는 BIGkinds(<https://www.bigkinds.or.kr/>) 뉴스분석 시스템을 이용하여 2000년 1월부터 2022년 6월까지 제민일보와 한라일보의 신문 기사를 검색·추출하였음. 이 시스템에서는 1995년 이후의 신문 기사를 검색할 수 있으나, 꽃자왈 관련 기사는 2000년부터 검색이 가능하였음
- 기사 검색 주요어(키워드)는 △꽃자왈 조사연구, △꽃자왈 공유화, △꽃자왈 보호, △꽃자왈 보전관리, △꽃자왈 보전등급, △꽃자왈 경계, △꽃자왈 훼손, △꽃자왈 개발, △꽃자왈 교육, △꽃자왈 기금 모금, △꽃자왈 심포지엄, △꽃자왈 사유지, △꽃자왈 한 평사기 운동, △꽃자왈 업무협력, 꽃자왈 생태마을, △꽃자왈 생태탐방 등을 사용하였음
- 검색된 기사 중 ‘꽃자왈’ 단어가 포함된 다른 주제의 기사나 일회성 행사를 소개하는 기사 등 검색어 주제와 거리가 먼 기사는 제외하여 엑셀 데이터 베이스로 구축하여 기초자료로 이용하였음

2-3. 전문가 설문조사

- 갯자왓에 대한 연구 경험이 풍부한 전문가 36명을 대상으로 향후 필요한 연구 분야에 대한 설문조사를 진행하였음
- 특히, 갯자왓지대의 지질학적 특성 정립과 정의, 분포범위, 갯자왓 지대별 지질학적 특징과 가치 정립을 위해 향후 추진되어야 할 과제에 대한 설문을 포함하여 설문조사를 실시하였음
- 설문조사지(안)에 대해 2회 자문을 통해 설문 문항과 내용을 보완하였으며, 설문조사에 사용된 설문지는 부록에 수록하였음

2-4. 전문가 자문

- 갯자왓에 대한 연구 경험이 풍부한 전문가를 대상으로 설문조사, 선행연구 문헌 고찰, 향후 연구분야 도출 등의 과정에 대해 자문을 실시하였음
- 전문가 자문을 통해 제시된 의견은 보고서에 반영하였음

II. 선행연구 문헌 및 신문 기사 분석

1. 선행연구 문헌 분석

■ 1996~2021년까지 수행된 곳자왈 관련 조사·연구 문헌은 총 191편임

- 191편의 연구문헌은 국내 박사학위(6편) 및 석사학위 논문(21편), 연구보고서(48편), 국내 학술논문(65편), 해외학술논문(1편), 단행본(6편) 등으로 분류되며, 학술논문과 연구보고서가 전체 연구문헌의 59%를 차지함(표 1))
- 한국연구재단의 학술연구분야 분류표(2016. 02)에 따라 선행연구 문헌을 분류한 결과, 자연과학이 86편으로 전체의 45%를 차지하였고, 사회과학(30편), 공학(23편), 농수해양학(19편) 등으로 분류되었음
- 연구문헌 편수가 가장 많은 자연과학 분야의 연구문헌은 연구보고서(17편), 학술논문(34편), 학술발표회 발표논문(22편)이 주를 이루며, 특히 국내 석·박사학위 논문도 13편에 이르고 있음

〈표 1〉 유형별 및 학술연구 분야별 곳자왈 관련 선행연구 문헌 현황

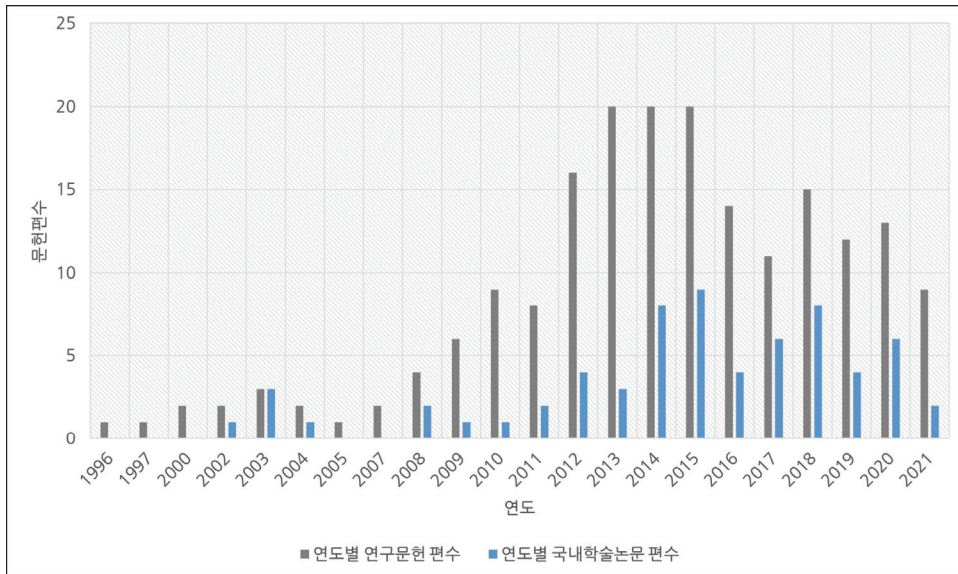
(단위: 편수)

구 분	공학	농수 해양학	사회 과학	예술 체육학	의약학	인문학	자연 과학	단행본	심포지엄 자료집	합계
합 계	23	19	30	2	6	13	86	7	5	191
박사학위논문		1	1				4			6
석사학위논문	2	2	6	2			9			21
단행본								7		7
연구보고서	15	1	6		1	8	17			48
학술논문	4	3	16		3	5	34			65
학술발표회	2	11	1		2		22			38
해외학술논문		1								1
심포지엄 자료집									5	5

■ 연도별 연구문헌 편수를 보면([그림 3]), 2008년부터 2015년까지 증가한 후, 점차 감소하는 양상을 보여주고 있음

- 그러나 연도별 국내 학술논문 편수는 2014~2018년 사이에 집중되고 있어 꽃자왈에 대한 학술적 연구는 이 기간에 주로 진행되었음을 알 수 있음

[그림 3] 연도별 꽃자왈 관련 선행연구 문헌 분포



■ 한편, 단행본과 심포지엄 자료집을 제외한 179편의 선행연구 문헌을 한국연구재단 학술연구분야 분류표(2016. 02)의 세부 학술분야를 참고해 분류한 결과, 총 35개 세부 분야에서 연구가 수행된 것으로 파악되었음(<표 2>)

- 그러나, 선행연구 문헌 편수가 3편 이상인 세부 분야는 식물학을 비롯하여 모두 15개 분야 · 152편으로 전체의 84%를 차지하는 것으로 나타났음
- 식물학 분야는 45편으로 가장 많은 선행연구가 이루어진 것으로 파악되었으며, 뒤이어 환경생태학(20편), 인문지리학(13편), 문화재학(12편), 화산학(11편) 순의 편수를 보여 이들 5개 분야가 전체의 56%를 차지
- 국내 학술논문 편수가 3편 이상 되는 세부 분야는 7개 분야로 파악되었으며, 그 중 식물학이 15편으로 가장 많고, 화산학(9편)과 암석학(1편)을 포함한 지질분야가 10편, 인문지리 분야가 6편, 동물학과 문화재학 분야가 각각 5편씩으로 파악되었음
- 해외 학술지에 게재된 논문은 1편(산림바이오매스)에 불과하여 꽃자왈에 대한 국제적 인식을 높이기 위한 연구가 집중되어야 할 것으로 보임

〈표 2〉 세부 학술연구 분야별 낱자알 관련 선행연구 문헌 편수

(단위 : 편수)

세부 분야	국내 박사	국내 석사	연구 보고서	국내 학술논문	해외 학술논문	학술 발표회	합계
식물학	2	6	10	15		12	45
환경생태학		1	15	2		2	20
인문지리학	1		6	6			13
문화재학			7	5			12
화산학	1			9		1	11
미생물학			3	1		4	8
곤충학		3		1		3	7
동물학	1			5		1	7
토양학			1			6	7
경관				3		2	5
자연지리				4			4
초등교육		3		1			4
관광마케팅/상품				2		1	3
산림측정/평가		1				2	3
암석학			2	1			3
건강진단				2			2
산림생태/휴양	1					1	2
수리지질학				1		1	2
원격탐사		1		1			2
층서학			2				2
해익학			1			1	2
환경교육학				2			2
관광개발		1					1
교과교육학				1			1
산림경영/경제		1					1
산림바이오매스					1		1
소설			1				1
수질공학				1			1
순수미술		1					1
스트레스의학				1			1
언론학		1					1
유아교육		1					1
지구화학				1			1
컴퓨터애니메이션		1					1
한약학						1	1
합계	6	21	48	65	1	38	179

■ 꽃자왈 관련 선행연구에서 연구대상 분류가 가능한 문헌(137편)을 분석한 결과, 연구대상이 매우 다양한 것으로 나타났음(〈표 3〉 및 〈표 4〉)

- 먼저 동물, 생물, 식물, 역사문화, 지질분야 79편의 선행연구에서 다루어진 주요 연구대상은 딱정벌레, 긴꼬리딱새 등을 포함한 36가지로 파악됨(〈표 3〉)

〈표 3〉 꽃자왈 관련 선행연구의 주요 연구대상 현황

(단위 : 편수)

구분	연구대상	국내 박사	국내 석사	연구 보고서	학술 논문	학술 발표회	해외 학술논문	합계
동물	곤충(딱정벌레)		3		1			4
	조류				2			2
	조류군집				1			1
	조류(긴꼬리딱새)	1			1			2
	조류(팔색조)				1			1
생물	미생물			3	1			4
식물	버섯	1	1		3			5
	녹나무		1					1
	백서향		1					1
	비자나무				1			1
	빌레나무				1			1
	산림바이오매스						1	1
	선태식물				3			3
	시험림 임분구분				1			1
	식생구조		1		2			3
	약용식물					1		1
	양치식물			2				2
	엽권지의류			1				1
	임분유형		1					1
	제주고사리삼				2			2
	종가시나무				1			1
	착생식물	1						1
	탄소분포와 수지		1					1
	식물, 곤충			2				2
	식물, 동물			1				1
	희귀 및 멸종위기 야생식물			2				2
역사 문화	역사문화자원			4	2			6
	역사유적자원			3	1			4
	곳 이름과 지명			2				2
	방목 활동				1			1
	숯 생산				2			2
지질	지질구조				1	1		2
	용암형태	1		4	6			11
	형성원인				1	1		2
	꽃자왈 분류				2			2
	형성연대				1			1
합계		4	9	24	38	3	1	79

- 또한, 선행연구 편수가 적고 분야를 특정하기 어려운 기타분야 58편의 선행연구에서는 주요 연구대상이 24가지에 이르는 것으로 파악됨(〈표 4〉)
- 기타분야의 선행연구는 아직까지 활성화가 이뤄지지 않아 편수는 많지 않지만, 꽃자왈의 응용 및 융합연구라는 측면에서 시사하는 바가 크며, 주요 분야(기초분야)의 연구결과를 바탕으로 꽃자왈의 다양한 가치를 발굴·활용의 학술적 근거를 뒷받침해주므로 향후 활성화되어야 할 것으로 생각됨

〈표 4〉 기타분야 꽃자왈 관련 선행연구의 주요 연구대상

(단위 : 편수)

구분	연구대상	국내 박사	국내 석사	연구 보고서	국내 학술논문	합계
기 타 분 야	개념 및 정의				2	2
	경관				3	3
	기후변화			2		2
	문화			2	1	3
	미술교육		2			2
	방송		1			1
	보전 및 이용	1	1	9	3	14
	산림치유	1			4	5
	상품 디자인				1	1
	생태계 탐구모델				1	1
	생태관광마을		1		2	3
	스토리텔링		2	1		3
	습지				1	1
	실태조사			1		1
	오염				1	1
	원격탐사		1		1	2
	인식과 이용				1	1
	자원조사			3		3
	체험학습		1		2	3
	토양			2		2
	판례연구				1	1
	풍경화		1			1
	학습자원 발굴				1	1
	환경조사			1		1
합 계		2	10	21	25	58

2. 신문 기사 분석

■ 2000~2022. 6까지 제주도내 2개 일간신문에 보도된 꽃자왈 관련 기사 3,771건 중 ‘꽃자왈’ 단어가 포함된 다른 주제의 기사나 일회성 행사를 소개하는 기사 등을 제외하고 1,231건을 추출하여 분석하였음

- 2개 일간신문에 보도된 기사의 의제(agenda)를 압축하고, 20여 년간의 변화를 파악하기 위하여 6가지 유형으로 분류해 분석하였음. 즉 △꽃자왈 가치활용, △꽃자왈 개발 및 훼손, △꽃자왈 공유화, △기획기사, △꽃자왈 보전·관리, △꽃자왈 조사·연구로 분류하였음

〈표 5〉 연도별·유형별 꽃자왈 관련 언론 기사 현황

(단위 : 건)

연도	가치 활용	개발 및 훼손	꽃자왈 공유화	기획 기사	보전 관리	조사 연구	합계
2000					1	1	2
2001				5			5
2002						1	1
2003		6		33	2		41
2004	2	11		4	6	4	27
2005	1	60	4	1	27	9	102
2006	1	29	10	5	8	4	57
2007	8	44	30	11	32	6	131
2008	4	18	15	3	36	1	77
2009	3	4	25	1	4	10	47
2010	17	15	19	1	8	1	61
2011	11	4	25	17	14	12	83
2012	15	2	34	2	9	21	83
2013	19	3	20	1	19	20	82
2014	6	22	22	7	15	13	85
2015	9	10	13	12	11	10	65
2016	9	21	6	3	15	9	63
2017	5	10	2		9	15	41
2018	10	9	3		6	2	30
2019	8	5	3		13	4	33
2020	5	5	10		5	3	28
2021	3	22	12	1	34		72
2022.06	1	3	6		3	2	15
합계	137	303	259	107	277	148	1,231

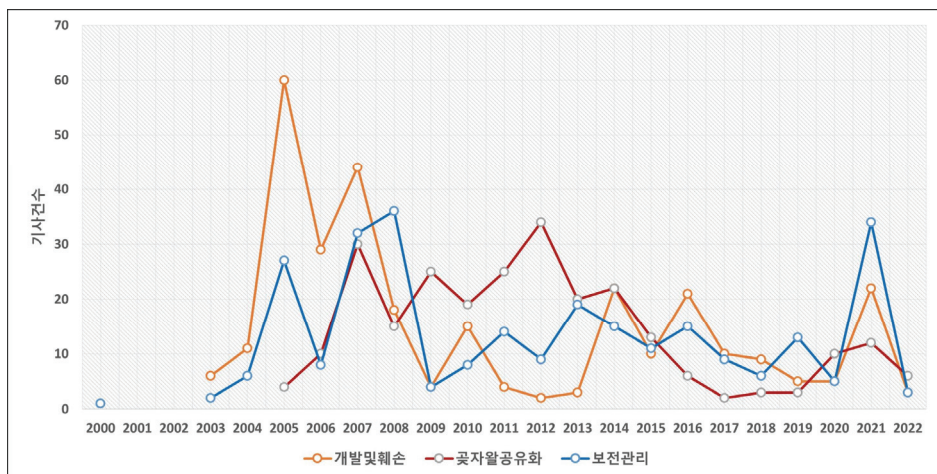
■ 먼저 6개 유형별 기사 건수를 보면,

- 꽃자왈 개발 및 훼손과 관련된 기사가 303건으로 가장 많은 기사 건수를 보였으며, 꽃자왈 보전·관리계획 및 필요성을 강조한 기사가 277건, 꽃자왈공유화와 관련된 기사 259편, 조사·연구 148건, 꽃자왈 가치활용 137건, 기획기사 107건으로 파악되었음(〈표 5〉)
- 따라서, 지난 20여 년간 보도된 꽃자왈 관련 기사의 68%(839건)는 △꽃자왈 개발 및 훼손, △꽃자왈 보전·관리, △꽃자왈공유화와 관련된 의제에 집중되었음을 알 수 있음

■ 지난 22년간 꽃자왈 관련 신문 기사 건수 변화를 보면,

- 전반적으로 2003~2008년까지 기사 건수가 정점을 이룬 후 점차 감소하는 추세를 보이며, 특히 2014~2020년 사이에 기사 감소현상이 두드러짐(그림 4)
- 꽃자왈 개발·훼손 관련 기사는 2005~2007, 2014~2016, 2021년에 집중되었는데, 이는 꽃자왈지대가 포함된 대규모 개발사업에 대한 부정적 시각과 불법적인 토석채취나 토지형질변경 행위가 근절되지 않고 있음을 보여줌(그림 4)
- 꽃자왈공유화 관련 기사는 2007~2014년까지 연평균 24건이 보도되었으나, 그 후 급격하게 감소하였다가 2020년부터 다시 증가하는 경향을 나타냄. 이 같은 기사 건수의 변화는 꽃자왈공유화 운동의 범도민적 전개기, 침체기, 재점화기의 과정을 반영하고 있는 것이라 할 수 있음(그림 4) 및 [그림 5])

[그림 4] 꽃자왈 개발 및 훼손, 꽃자왈공유화, 꽃자왈 보전관리 관련 연도별 신문기사 건수



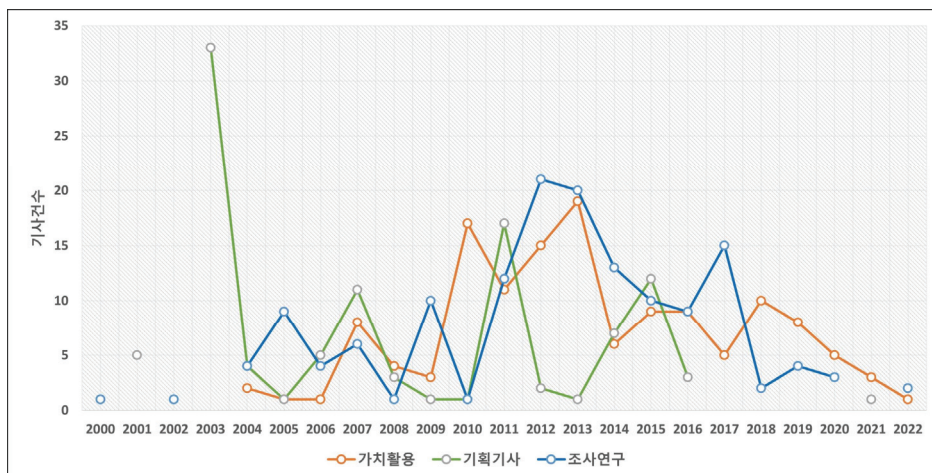
- 또한, 꽃자왈 보전·관리 관련 기사는 2005~2007년, 2014~2016, 2021년에 집중되었는데, 이는 제주특별자치도의 꽃자왈지대 경계 재설정 및 꽃자왈보호지역 지정 용역 시행과 꽃자왈 개발·훼손 행위에 대한 보전·관리 강화정책 발표가 반영된 것으로 보임(그림 4)

[그림 5] 꽃자왈공유화 관련 신문기사



- 한편, 꽃자왈 가치 활용과 조사·연구 관련 기사는 2010~2018년 사이에 많았고, 두 주제의 기사 건수가 유사한 경향을 보이는 것은 꽃자왈의 가치 활용 관련 조사·연구 결과가 학술 심포지엄·세미나·포럼 등을 통해 발표된 것이 기사화된 데 따른 것으로 보임([그림 6])

[그림 6] 꽃자왈 가치활용, 기획기사, 조사연구 관련 연도별 신문기사 건수

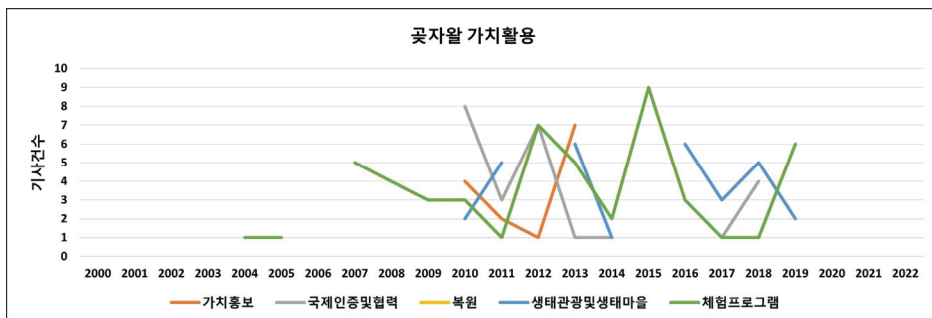


- 또한, 2개 신문사의 꽃자알 관련 기획기사도 2003~2016년까지 꾸준히 이어져 오고 있음을 알 수 있음

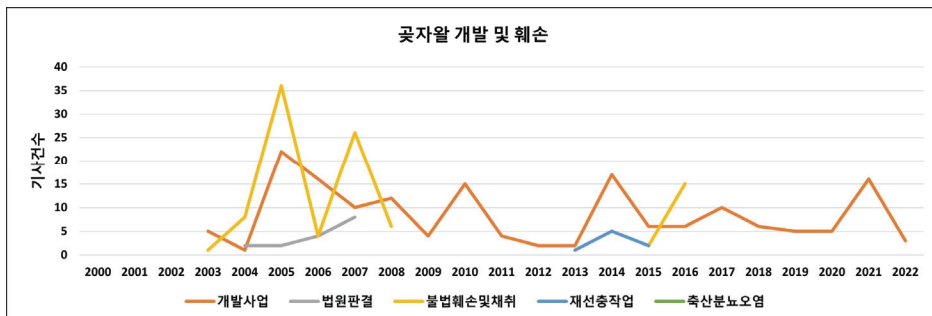
■ 1,231건의 기사를 6개 유형으로 분류한 후, 기사의 성격과 내용을 감안해 24개 세부 주제로 세분하여 분석하였음(〈표 6〉)

- 꽃자알 가치활용 세부 주제 기사는 대부분 2010~2019년까지 집중된 특징을 보였으며, 그 중 체험프로그램과 관련된 기사만 2007년부터 꾸준히 보도되었고, 나머지 주제 기사는 특정 시기에만 보도되는 경향을 나타내었음(그림 7)
- 꽃자알 개발·훼손 5가지 세부 주제 중 개발사업에 관한 기사가 2003년부터 연평균 10건 정도 꾸준히 보도되었음. 이는 관광지 및 테마파크 조성사업에 따른 꽃자알 훼손 문제가 그동안 지속되었음을 보여주는 것임(그림 8)
- 꽃자알공유화 3가지 세부 주제 중 꽃자알 공유화 기금모금 관련 기사는 비교적 꾸준히 기사화된 반면, 나머지 주제는 특정 시기에만 보도되어 의제의 지속성이 미흡한 것으로 보임(그림 9)

[그림 7] 꽃자알 가치활용 세부 주제 연도별 신문기사 건수



[그림 8] 꽃자알 개발 및 훼손 세부 주제 연도별 신문기사 건수

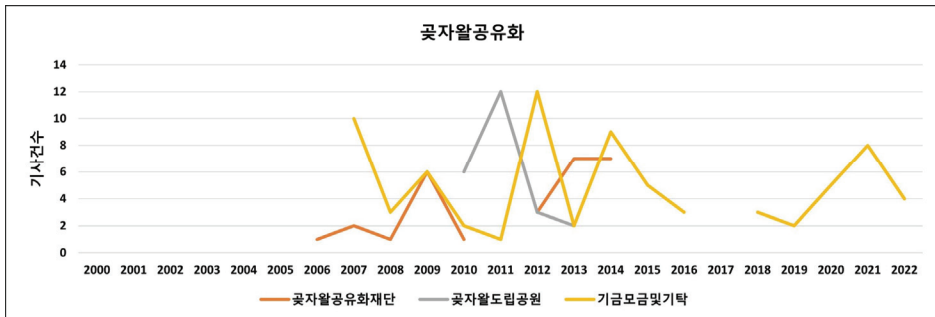


〈표 6〉 꽃자랄 관련 기사 유형별 세부 주제의 연도별 기사 현황

(단위 : 건수)																										
대분류	세부 분류	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	합계	
가치활동 (5)	가치홍보					1						4	2	1	7							5		1	21	
	국제인증 및 협력											8	3	7	1	1			1	4					25	
	복원							1								2							1		4	
	생태관광/생태마을								3			2	5		6	1		6	3	5	2				33	
개발 및 훼손 (5)	체험프로그램																								54	
	개발사업				5	1	22	16	10	12	4	15	4	2	2	17	6	6	10	6	5	5	16	3	167	
	범원판결					2	2	4	8																16	
	불법훼손 및 채취				1	8	36	4	26	6							2	15		3			3		104	
	재산출작업														1	5	2						3		11	
꽃자랄 공유화 (4)	축산분뇨오염							5																	5	
	공유화						3	9	18	11	13	10	12	16	9	6	7	3	1		1	5	4	2	130	
	꽃자랄공유화재단							1	2	1	6	1		3	7	7			1						29	
	꽃자랄도립공원						1					6	12	3	2		1								25	
	기금모금 및 기탁									10	3	6	2	1	12	2	9	5	3		3	2	5	8	4	75
기획기사					5	33	4	1	5	11	3	1	1	17	2	1	7	12	3				1		107	
보전관리 (8)	감시 및 단속				1		6	2										2							11	
	개념 및 정의정립												5		2	1									8	
	관리강화					2	5		3	1		2		7	5		1								26	
	관리부실					1	6		7	2		2			1		3	4	2		2				30	
	교육								1	2		1	1	1	2	2	1	4		3				2	20	
조사연구 (2)	법제도				1	3	5	4	14	33	3	4	6	1	2	5	5	4	1					2		94
	보전관리계획수립						5	1	6				2			7	1	1	5	2	2	1	17		57	
	사유재산 침해																		1	1	9	4	15	1	31	
	심포지엄 및 포럼					1			1											3	1	1	2		25	
	조사연구			1		3	9	4	5	1	10	1	12	19	16	11	6	5	12	1	3	1		2	123	
합 계		2	5	1	41	27	102	57	131	77	47	61	83	83	82	85	65	63	41	30	33	28	72	15	1,231	

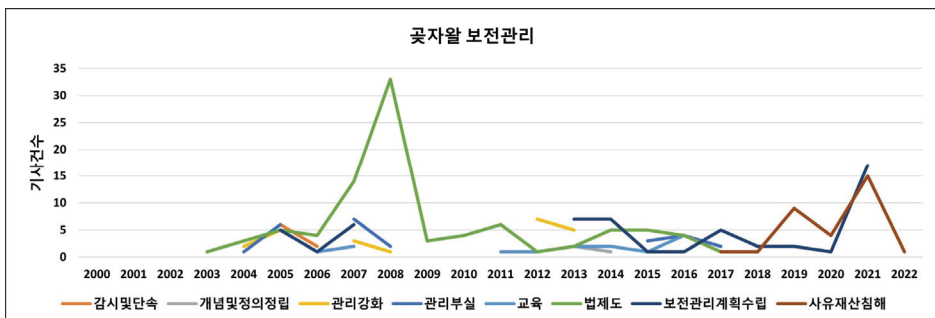
(단위 : 건수)

[그림 9] 꽃자왈공유화 세부 주제 연도별 신문기사 건수

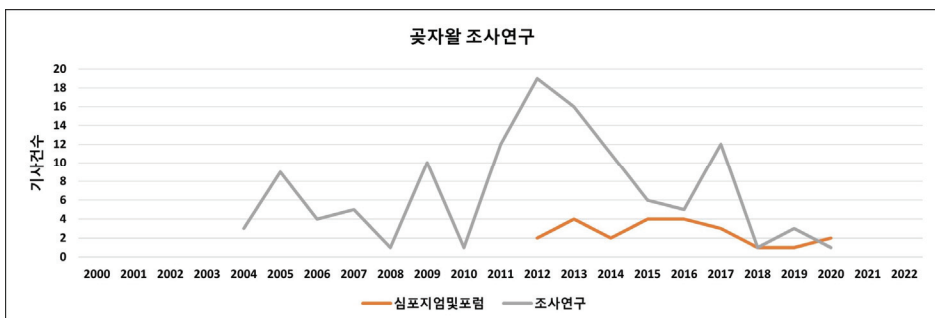


- 꽃자왈 보전관리 관련 8가지 세부 주제 중 꽃자왈 관리를 위한 법제도의 제정·개정 및 보완에 관한 기사는 2003~2017년까지 지속적으로 보도되어 왔으며, 2017년부터 사유 재산권 침해와 관련한 기사가 눈에 띄게 증가하기 시작하였음. 이는 꽃자왈보호 구역이 지정될 경우, 토지이용이 크게 제약을 받기 때문에 이에 대한 대책 마련이 필요성을 강조한 것으로 풀이됨([그림 10])

[그림 10] 꽃자왈 보전관리 세부 주제 연도별 신문기사 건수



[그림 11] 꽃자왈 조사연구 세부 주제 연도별 신문기사 건수



- 한편, 꽃자왈 조사·연구와 관련 기사의 대부분은 동식물, 지질, 역사문화 등에 대한 조사연구 결과를 기사화한 것과 꽃자왈종합조사의 필요성을 제기한 기사가 주종을 이루었음([그림 11] 및 [그림 12])

[그림 12] 꽃자왈 조사·연구 관련 신문기사



III. 꽃자왈지대 지질분야 선행연구 고찰

1. 선행연구 현황

■ 꽃자왈지대의 지질에 대한 선행 조사·연구는 모두 15편으로 파악됨

- 15편의 선행 조사·연구는 국내 학술지에 게재된 연구논문이 10편이고, 조사·연구보고서가 5편임(〈표 7〉 및 〈표 8〉)
- 게재된 국내 학술지는 지질학회지가 주를 이루고, 발표 시기는 2000~2016년까지이며, 2016년 이후에는 없는 실정임

〈표 7〉 꽃자왈지대의 지질에 대한 선행 연구논문 목록

연구자(연도)	제 목	게재지
송시태(2000)	제주도 암괴상 아아용암류의 분포 및 암질에 관한 연구	부산대 박사학위논문
송시태(2002)	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 1. 조천-함덕 꽃자왈지대	지질학회지
송시태(2003)	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 2. 애월 꽃자왈지대	제주대 백록논총
송시태(2003)	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 3. 도너리꽃자왈 용암	제주대 기초과학연구원
송시태(2003)	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 4. 병악꽃자왈 용암	제주대 기초과학연구원
전용문 외 4인 (2012)	제주도 꽃자왈 지역에 대한 지질학적 고찰: 예비 연구결과	지질학회지
박준범 외 3인 (2014)	제주도 꽃자왈지대의 지질 특성	지질학회지
안웅산 외 4인 (2015)	제주도 꽃자왈 형성의 주요 원인	지질학회지
전용문 외 3인 (2015)	제주도 꽃자왈 지대의 지질학적 분류체계 제안과 의미	지질학회지
안웅산 · 최형순 (2016)	매우 젊은 꽃자왈 용암류의 연대:꽃자왈 형성의 주요원인	지질학회지

■ 꽃자왈지대의 지질에 대한 학술조사는 제주특별자치도 환경자원연구원/수자원본부, 국립산림과학원, 꽃자왈공유화재단/제주특별자치도개발공사에 의해 수행되었음

- 제주특별자치도 환경자원연구원/수자원본부의 조사보고서는 2009~2012년까지 4개년 자체 연구사업으로 도내 4개 꽃자왈지역을 대상으로 수행한 조사·연구의 결과를 2010년과 2011년에 조사·연구보고서로 발간한 것이며, 4개 꽃자왈지대 전체에 대한 조사 결과를 수록한 종합보고서는 발간되지 않았으나, ‘제주도 꽃자왈지대의 지질 특성(박준범 외 3인, 2014)’이란 제목으로 지질학회지에 게재됨
- 국립산림과학원(2014, 2019)은 2012년부터 ‘꽃자왈의 보전과 이용기술 개발 연구’란 주제로 선홍지역과 저지-청수지역 약 300ha 국유시험림 지역을 중심으로 산림생물자원, 지질 및 수자원, 역사문화자원 분야의 가치발굴과 활용기술 개발을 위한 조사·연구 사업을 수행하였으며, 취득된 자료는 연구사업에 참여한 다수의 연구자들에 의해 지질 분야 이외의 학술논문(예; 정광중, 2015; 김진광 외 2인, 2015) 등으로 발표됨
- 꽃자왈공유화재단·제주특별자치도개발공사(2018)의 조사·연구보고서는 제주특별자치도개발공사의 연구비 지원에 의해 교래꽃자왈을 대상으로 꽃자왈공유화재단에서 수행하여 발간되었음

〈표 8〉 꽃자왈지대의 지질에 대한 선행 조사·연구보고서 목록

연구자/연구기관 (연도)	제 목	발행기관
강봉래 외 3인 (2010)	조천-함덕 꽃자왈의 지질 및 동식물상조사Ⅱ	제주특별자치도 환경자원연구원
제주특별자치도 수자원본부 (2011)	꽃자왈지대 수문지질학적 특성조사(Ⅱ):구좌-성산 꽃자왈지대	제주특별자치도 수자원본부
최형순 외 15인 (2014)	꽃자왈의 생태와 문화	국립산림과학원
강순석 외 4인 (2018)	교래꽃자왈 지대의 화산지질학적 기초 연구	꽃자왈공유화재단, 제주특별자치도개발공사
현화자 외 20인 (2019)	용암숲 꽃자왈의 가치발굴 및 지속 가능한 활용 연구	국립산림과학원

■ 꽃자왈지대 지질분야 선행연구 고찰은 상기 15편의 연구논문 및 조사·연구보고서 중 11편(연구논문 6편, 조사·연구보고서 5편)을 대상으로 수행함

- 연구논문 중 송시태(2002, 2003)의 4편은 송시태(2000)의 박사학위 논문을 4개 꽃자왈지대로 나누어 지질학회지, 제주대백록논총, 제주대 기초과학연구원지에 게재한 것이므로 내용적 중복성을 고려하여 고찰에서 제외하였음

2. 선행연구의 주요 내용

■ 선행연구 고찰을 위해 연구논문과 조사·연구보고서 내용을 먼저 요약하였음

- 연구논문 작성의 근간이 되는 각종 자료들이 조사·연구사업에서 취득되는 점을 감안하여 조사·연구보고서부터 주요 내용을 정리하였음
- 고찰 대상 선행연구 각각에 대해 조사·연구 목적, 조사 및 연구방법, 주요 결과 순으로 주요 내용을 정리하였음

2-1. 조사·연구보고서

① 조천-함덕꽃자왈의 지질 및 동식물상조사Ⅱ(강봉래 외 3인, 2010) — 제주특별자치도 환경자연연구원

■ 조천-함덕 꽃자왈지대를 대상으로 2009~2010년 수행한 조사·연구 결과를 수록한 보고서로서,

- △꽃자왈 분포도 작성, △꽃자왈지대 구성암석 및 용암류 형태 파악, △꽃자왈지대를 이루는 용암류의 단위 두께 및 하위 용암류 파악을 위해 추진하였으며, 조사·연구 방법 및 주요 내용은 <표 9>와 같이 요약할 수 있음
- 이 조사는 꽃자왈지대를 대상으로 시추조사를 통해 꽃자왈을 이루는 용암류의 두께와 그 하위 용암류의 종류 및 형태 파악을 목적으로 실시된 최초 조사라는 점에서 의의가 있음

<표 9> 조천-함덕꽃자왈지대 지질조사의 연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
조천-함덕 꽃자왈	2009~ 2010	□ 꽃자왈지역 지형·지질 및 분포지역 경계 현장조사 □ 시추조사 10개소(깊이 25m, 구경 300mm) 및 지질주상도 작성, 꽃자왈을 이루는 용암류의 단위 두께 및 하위 용암류 파악 □ 시추코어 29개 시료 XRF 분석(한국지질자원연구원 의뢰) □ 1:5,000 수치지형도 기반 꽃자왈 분포도 작성

■ 이 보고서는 △조천-함덕 꽃자왈지대에 분포하는 용암류의 암석학 및 암석화학적 특징과 △조천-함덕 꽃자왈지대의 분포현황 2가지 주제로 작성됨

- 조사지역의 지표에서 지하 25m 구간까지 분포하는 용암류는 5개의 그룹, 즉 그룹1 아아 용암, 그룹2 파호이호이 용암, 그룹3 아아 용암, 그룹4 파호이호이 용암, 그리고

그룹5 아아 용암으로 세분하였음

- 용암류는 SiO₂ 함량이 47.7~51.6 wt%인 현무암질의 좁은 성분 범위를 가지며, 전이질 현무암에서 조면현무암의 조성이며, 주성분 및 미량성분 원소의 변화 경향은 용암 그룹과 무관하게 동일한 모마그마의 감람석, 단사휘석, 사장석 결정의 분별결정작용에 기인한 것으로 해석함

■ 조천-함덕 꽃자왈지대를 이루는 용암류는 형태적 측면에서 아아 용암류의 특징을 나타내며, 그 지하는 아아 용암류와 더불어 파호이호이 용암류도 호층을 이루어 분포하고 있음을 보고하였음

- 특히, 10개 지점에서 회수된 시추코어 화산암 시료의 암석화학적 조성은 3개의 그룹은 확연하게 구분됨. 즉, 돌문화공원-비치힐리조트 지역 6개 시추공 지표 용암류는 전이질현무암 조성을 띠는 반면, 피꼬리오름 남-북측에 위치한 3개 시추공 지표 용암류는 조면현무암, 샘이오름 남측 시추공에서는 전이질현무암 조성을 나타냄
- 주변 지역에서 얻어진 용암류의 40Ar/39Ar 절대연대는 조천-함덕 꽃자왈 지역의 지표층을 이루는 아아 용암류가 각각 약 11~12만 년과 약 4~5만 년 전의 화산분출에 의해 형성되었음을 지시하는 것으로 해석

■ 한편, 이 보고서에서는 조천-함덕 꽃자왈지대를 송시태(2000)가 제시한 △조천-대흘꽃자왈 용암류, △함덕-와산꽃자왈 용암류로 세분하고, 그 분포 및 암상을 설명함

② 꽃자왈지대 수문지질학적 특성조사(II):구좌-성산 꽃자왈지대(제주특별자치도 수자원본부, 2011)

■ 이 보고서는 전술한 조천-함덕 꽃자왈지대에 뒤이어 2010~2011년 수행한 조사·연구 결과를 수록한 것으로서, △꽃자왈 분포도 작성, △꽃자왈지대 구성암석 및 용암류 형태 파악, △꽃자왈지대의 침투율을 밝히기 위해 추진하였으며, 조사·연구 방법 및 주요 내용은 <표 10>과 같이 요약할 수 있음

- 특히 이 조사에서는 꽃자왈지역 3개 지점에 시추(구경 300mm, 굴착심도 10m)를 하고 꽃자왈을 이루는 용암류의 두께, 암석화학적 특징, 침투율 등의 수리지질학적 조사가 실시됨
- 투수시험을 위해 수산꽃자왈지역 돌미 북쪽(GS-2)과 수산리 마을 북쪽(GS-3), 상도-하도꽃자왈지역 시작점인 아끈다랑쉬 동북쪽(GS-4)에 시추공을 설치하여 실시하였는데, 이 현장 투수율 시험은 제주도 최초로 수행된 것임

〈표 10〉 구좌-성산꽃자왈지대 지질조사의 연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
구좌-성산 꽃자왈	2010~ 2011	□ 꽃자왈지역 지형·지질 및 분포지역 경계조사 □ 꽃자왈 용암층 두께 및 침투율 등 수문지질학적 특성 조사 □ 시추조사 3개소(깊이 10m, 구경 300mm) 및 지질주상도 작성 □ 21개 시료(시추코어 9, 노두 12개) XRF 분석(한국지질자원연구원 의뢰) □ 1:5,000 수치지형도 기반 꽃자왈 분포도 작성

- 제주도 최초로 꽃자왈지대를 대상으로 수행한 투수율시험 결과를 보면,
 - GS-2 지점에서 지표 하 1.5m 굴착 후 실시한 결과, 투수량은 3.96m³/min이었고 투수속도(수리전도도)는 2.3m/min를 나타냈음. 그러나, 10m를 굴착한 후 실시한 시험에서는 투수속도가 8.7m/min를 나타내 심도가 깊어질수록 높은 투수율을 보이는 것으로 나타났음
 - GS-3 지점에서 10m 굴착 후 시행한 시험에서는 투수량은 4.86m³/min이었고 투수속도는 0.7m/min를 나타냈음
 - GS-4 지점의 경우, 10m를 굴착 한 실시하였으나 투수량은 1.41m³/min로 가장 낮은 값을 나타내었음
- 용암류의 추정 근원지, 암석 조직과 암석 화학성분을 바탕으로 하여 구좌-성산 꽃자왈 지대에 분포하는 용암류를 구분
 - 백악이오름 아아 용암, 궁대악오름 파호이호이 용암, 용논이오름 파호이호이 용암, 동거문(이)오름 아아 용암, 둔지봉 아아 용암, 그리고 체오름 아아 용암의 6개로 구분되지만, 이들 간 서로 떨어져 분포하고 있어 각 용암류간의 화산활동의 선후를 구분하기는 곤란한 것으로 보고함
- 이들 용암류는 주로 감람석-휘석 현무암 혹은 감람석 현무암 조직을 지니며, 드물게 반상 장석-휘석 현무암과 비현정질 현무암의 조직 특징을 지님. 이들은 SiO₂ 함량이 48.6~51.7 wt%인 현무암 및 현무암질 조면안산암의 조성을 나타냄
- 주변 시추조사에서 얻어진 용암류의 40Ar/39Ar 절대연대는 구좌-성산 꽃자왈 지대의 지표를 이루는 용암류가 약 5~6만 년 전의 화산활동 기간 동안 분출되어 형성되었음을 지시
- 구좌-성산 꽃자왈지대 내 파호이호이 용암의 분포 및 지형적 특징을 “구좌-성산 꽃자왈용암은 아아 용암류이며 곳에 따라 빌레형 지형 및 투물러스가 발달한다”로 소개해

오고 있으나, 향후 아아 용암류와 파호이호이 용암류의 지역으로 구분하고, 그 지형적 특징 기재가 필요함을 제시

- 한편, 이 보고서에서도 송시태(2000)가 제시한 △종달-한동꽃자왈 용암류, △세화꽃자왈 용암류, △수산꽃자왈 용암류, △상도-하도꽃자왈 용암류로 세분하고, 그 분포 및 암상을 설명함

③ 꽃자왈의 생태와 문화(최형순 외 15인, 2014) — 국립산림과학원

- 이 보고서는 제주시 조천읍 선흘1리, 한경면 저지리, 한경면 청수리에 위치한 국립산림과학원 난대아열대산림연구소의 꽃자왈시험림 약 300ha 지역(선흘꽃자왈과 한경꽃자왈)을 대상으로 식생, 동식물상, 역사문화유적, 수원함양기능, 지형지질 등에 대해 2012년 1월부터 2013년 12월까지 수행한 「꽃자왈의 보전 및 이용기술 개발 연구」의 결과 중 일부를 편집하여 작성한 종합보고서의 성격을 지님

- 지질조사는 선흘꽃자왈(동백동산지역)과 저지-청수꽃자왈을 대상으로 수행되었으며, 보고서 76~99쪽에 수록되어 있으나 세부적인 조사·연구방법은 서술되어 있지 않음

■ 선흘꽃자왈

- 선흘꽃자왈은 북오름에서 분출한 현무암질 안산암으로 이루어져 있으며, 이 용암류는 반정광물로 2~3mm 크기의 감람석이 우세하고, 흔히 취반상 조직을 띠며, 5~7% 함유함
- 선흘꽃자왈 내 용암류의 산상은 상·하류 간 변화를 나타냄
 - 상류 : 상대적으로 평탄한 지형(빌레), 소규모 투물러스 발달(빈도수 낮음)
 - 하류 : 투물러스 발달로 지형기복 심함
- 상기와 같은 용암류의 산상 변화 원인은
 - 상대적으로 분출량이 적고 점성이 작은 용암분출: 상류지역 평탄 지형 형성
 - 하류로 흘러가면서 지형적 장애물 등에 의해 용암 흐름 저해에 따른 배수저하로 용암상승 현상 발생(투물러스 등)
- 선흘 동백동산 주변과 북촌-동북 해안지역에 발달한 7개의 용암동굴 위치를 제시함(북촌굴, 도두기굴, 대섬이굴, 목시물굴 1, 2 등)
- 선흘꽃자왈지역의 기존 지질도(박기화 외, 1998; 안웅산과 황상구, 2009) 수정을 통해 북오름용암류 분포 범위를 수정하고, 구사산용암류를 추가함
- 선흘꽃자왈을 형성한 북오름분석구에서부터 용암류가 흘러간 해안방향(단면 A-A', B-B')과 용암류의 흐름방향에 직각방향(단면 C-C') 지형단면도를 통해 지형과 지형경사의 상관관계를 정량적으로 해석

■ 청수-저지꽃자왈

- 기존 청수-저지꽃자왈지역이 왕이매조면현무암으로 기재되어 있는 것을 현장조사를 통해 도너리오름이 용암류 공급지임을 확인하였고, 남송악오름에서 유래한 용암류를 별도로 기재하였으며, 선후 관계를 밝히고 지질도를 작성함
- 6개 지점에서 채취한 화산암 시료의 전암 주성분에 의한 암석명은 도너리오름, 남송악, 거린오름 용암류 모두 알칼리현무암으로 분류되어 기존 연구자료(박기화 외, 2000)에서 조면현무암으로 기재된 것과는 차이를 보임
- 용암유역 내에 분포하는 용암류를 거린오름 현무암, 남송악오름 현무암, 도너리오름 현무암으로 분류하고, 그 각각에 대해 암상과 암석을 기재함
- 꽃자왈의 지형적 특징을 상류지역, 중류지역, 하류지역(C, D)으로 구분하여 각 지역 내에 나타나는 동굴 · 함몰지 · 투물러스 등의 용암지형을 기재함
- 도너리오름에서 해안 방향(대정읍 영락리)의 측선과 용암류 흐름에 직각으로 2개 축선의 지형단면도를 통해 지형경사 변화와 용암분출량/용암배수 및 분출시기가 다른 용암류 분포와의 관계를 해석함

④ 교래꽃자왈 지대의 화산지질학적 기초 연구(강순석 외 4인, 2018) — 꽃자왈공유화재단/제주특별자치도개발공사

- 이 보고서는 제주특별자치도개발공사의 연구비 지원에 의해 꽃자왈공유화재단에서 2018년 교래꽃자왈을 대상으로 수행한 조사결과를 수록한 보고서로서, 용암류의 유형 및 특징, 용암류의 암석학 및 암석화학적 특징, 용암류의 기원 및 분포 범위를 밝히는데 목적을 둬, 아울러 교래꽃자왈의 분포 영역을 명확히 하고, 꽃자왈지대에 발달하는 다양한 지질자원의 내용과 특징 파악을 목적으로 수행됨
- 상기의 조사목적을 달성하기 위해 GIS 지형분석 기반 지질도 및 용암유역도 작성 등의 연구방법을 비교적 자세하게 서술(〈표 11〉)

〈표 11〉 교래꽃자왈지대 지질조사의 연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
교래꽃자왈	2018	□ 연구지역 내 용암류별 암상기재 □ 9개 노두시료 XRF 분석(주성 및 미량성분, 희토류원소) □ GIS 지형분석 기반 지질도 및 용암유역도 작성 □ 용암류 기원지 및 분출과정 규명 □ 교래꽃자왈 분포도 작성 □ 고토양층 내 탄화목(1점) 방사성탄소연대 측정

- 연구지역 전반 및 민오름 분석구의 지형 특성으로부터 교래꽃자왈 지대를 형성하고 있는 용암류는 민오름에서 기원되었을 것으로 추정하였으며, 연구지역 내 분포하는 용암류를 민오름현무암 I 및 II, 민오름분석구, 선민오름 현무암류 및 고기 분석구의 4가지로 구분하고 그 각각의 특징과 선후관계를 자세하게 설명함
- 연구지역에서 채취한 9개 노두 암석시료의 전암 주성분 분석 결과,
 - 교래꽃자왈지대 및 그 주변의 주요 용암류는 SiO₂ 함량이 52% 이내인 현무암질암류로서 민오름현무암 I, 민오름현무암 II의 일부와 감람석현무암은 현무암에 해당하고, 민오름현무암 II의 일부 및 감람석휘석장석현무암은 조면현무암으로 분류되었음
 - 제주도 현무암질 용암류 명명법(박준범 외 4인, 1999)을 적용하면, 민오름현무암 II의 일부(노두번호 18GR027)와 감람석장석휘석현무암은 알칼리계열의 조면현무암으로 분류되고, 민오름현무암 I, 민오름현무암 II의 일부, 민오름현무암 I의 일부는 알칼리 현무암, 그리고 감람석현무암은 전이질 현무암으로 분류됨
 - 교래꽃자왈지대를 이루는 민오름현무암류를 비롯하여 선민오름현무암류인 감람석장석휘석현무암 및 감람석현무암의 유사한 희토류원소의 분포 경향은 이들이 동일 마그마에서 기원했음을 지시하는 것으로 해석
- 민오름분석구에서 분출되어 교래꽃자왈지대를 형성하고 있는 민오름현무암류는 분출 순서에 따라 제1용암유역~제7용암유역의 7개 단위의 용암유역으로 구성되며, 축척 1:5,000 기반의 용암유역도 작성
- 또한, 교래꽃자왈 유형과 특징에 대한 조사를 통해 교래꽃자왈 지대의 지표를 형성하고 있는 용암류는 주로 아아 용암류로 구성되며, 부분적으로 파호이호이 용암류가 분포하는 것으로 제시
 - 저기복의 꽃자왈지대는 대체로 현무암 각력의 크기가 작은 반면, 고기복을 이루는 지역은 상대적으로 각력의 크기가 큰 특징을 보임
- 교래꽃자왈의 분포 영역(분포도)을 국토지리정보원에 의해 2017년 제작되어 공개된 정사영상지도에 도시하여 제시
- 민오름현무암 I의 하부에 발달하는 고토양층에서 발견된 목탄 1점을 대상으로 AMS 14C 연대 측정을 실시한 결과, 표준연대 5,927±31 cal BP, 보정연대 4,810±90cal. BC 값을 얻었으나, 연대측정이 수행된 목탄의 수량이 1지점의 1개체에 그치고 있어 향후 이를 검증, 보완하기 위해 보다 많은 지점에서 연대자료가 획득되어야 할 것으로 제시함

⑤ 용암쇄 꽃자왈의 가치발굴 및 지속 가능한 활용 연구(현화자 외 20인, 2019) — 국립산림과학원

- 이 보고서는 구좌-성산꽃자왈과 한경꽃자왈을 대상으로 식생, 동식물상, 역사문화유적, 수원함양기능, 지형지질 등에 대해 수행된 조사의 일부를 편집하여 작성한 종합보고서의 성격을 지님
 - 지질조사는 구좌-성산꽃자왈과 안덕꽃자왈을 대상으로 수행되었으며, 보고서 105~108쪽에 수록되어 있음

〈표 12〉 조사대상 지역의 지질조사·연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
구좌-성산 꽃자왈, 안덕꽃자왈	-	□ 수치지형모델을 이용한 음영기복도 및 경사분석도 작성, 암상 비교 등을 통해 용암유역도 작성 □ 꽃자왈 용암류 하부 고토양층 방사성탄소연대 측정 □ 항공레이저측량 - 조천-함덕꽃자왈, 한경-안덕꽃자왈

- 조사·연구방법을 따로 서술하고 있지 않으나, 본문의 내용에 기술된 사항을 정리하였음(〈표 12〉). 그러나 조사 참여자에 지질분야 전문가가 없음
- 조사대상 2개 꽃자왈지역에 대해 수치지형모델을 이용한 음영기복도 및 경사분석, 암상 비교 등의 방법을 이용하여 용암유역도를 작성
 - 구좌-성산꽃자왈지대의 용암류는 동거문오름에서 유래한 것으로 분석되었고, 안덕꽃자왈지대는 병악오름에서 유래한 것으로 제시
- 꽃자왈을 이루는 용암류 및 그 주변 용암류 하위의 고토양층을 대상으로 방사성탄소연대 측정값과 광여기루미네선스 연대 값에 근거해 꽃자왈지역의 생성연대를 제시
- 항공레이저측량을 실시하고, 꽃자왈의 범위와 면적변화를 비교 분석함

2-2. 연구논문

- ① 제주도 암괴상 아아용암류의 분포 및 암질에 관한 연구(송시대, 2000) — 부산대학교 박사학위 논문
- 이 논문은 제주도 꽃자왈지대에 관한 최초의 학술적 연구논문으로서, 꽃자왈지대의 보

전 · 관리와 조사 · 연구의 토대를 마련한 것으로 평가받고 있음

- 조사·연구 방법 및 주요 내용은 <표 13>과 같이 요약할 수 있으며, 꽃자왈지대에 대한 야외 지질학적 연구를 통하여 꽃자왈의 분포상태, 구성암석, 조직, 유형 및 성인 등을 밝히는 것을 목적으로 하였음

<표 13> 조사 · 연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
제주도 4개 꽃자왈지대	-	□ 항공사진과 음영도를 이용해 1/25,000 지형도에 꽃자왈 분포 경계 개략적 표시 후, 현장조사를 통해 경계를 확인하여 1/25,000 꽃자왈 분포도 작성 □ 노두조사 및 지질주상도 작성 □ 구성암석은 광물반정 종류와 함량에 의해 구분 □ 암괴 크기는 화산쇄설물의 입자분류 기준을 응용해 4가지로 분류 - 미세암편(2mm 이하), 소암괴(2~64mm), 중암괴(64~256mm), 대암괴(256mm 이상) □ 거리에 따른 암괴 크기 및 형태 변화 장 · 단축방향 횡단조사 □ 40개 암석시료 XRF분석(한국자원연구소 의뢰)

■ 4대 꽃자왈지대 10개 꽃자왈지역으로 분류하고 축척 1:25,000 분포도 작성

- 한경-안덕꽃자왈지대 : 상창-화순꽃자왈, 월림-신평꽃자왈
- 애월꽃자왈지대 : 납읍-원동꽃자왈
- 조천-함덕꽃자왈지대 : 선흘꽃자왈, 함덕-와산꽃자왈, 조천-대흘꽃자왈
- 구좌-성산꽃자왈지대 : 종달-한동꽃자왈, 수산꽃자왈, 세화꽃자왈, 상도-하도꽃자왈

■ 제주도 꽃자왈지대는 암괴상 아아 용암류(Aa rubble flow)의 특징을 보여주며, 이를 ‘꽃자왈용암류(Gotchawal Lava Flow)라 정의함

■ 4대 꽃자왈지대 10개 꽃자왈지역 각각의 연장과 평균 폭을 제시함과 아울러, 꽃자왈용암류의 조직은 전반적으로 꽃자왈이 시작되는 지점에서부터 해안 쪽으로 거리가 멀어짐에 따라 암괴의 크기가 점차 감소하고, 암괴사이에 포함되는 미세암편(2mm 이하)의 양이 증가하는 경향을 보임

■ 꽃자왈용암류에 대한 주성분 원소분석을 실시한 결과, 상창-화순꽃자왈 용암류는 조면현무암과 현무암질조면안산암 조성이고, 납읍-원동꽃자왈 · 종달-한동꽃자왈 · 상도-하도꽃자왈은 조면현무암, 나머지 꽃자왈지역은 현무암으로 분류됨을 제시

② 제주도 꽃자왈 지역에 대한 지질학적 고찰: 예비 연구 결과(전용문 외 4인, 2012) — 지질학회지

- 이 연구논문은 파호이호이 용암의 특성을 보이는 월림-신평·선흘·수산꽃자왈을 대상으로 지형과 용암류의 특징, 형성과정을 제시
 - 조사·연구방법이 서술되어 있지 않으며, 용암지형과 암상에 대한 야외조사 결과를 정리해 보고함
- 신평 및 저지꽃자왈지역에 발달한 언덕형태의 지형은 압력돔(tumulus)이며, 압력돔의 표면에 발달한 다각형 절리 틈의 이차적인 동결파쇄작용과 식물 뿌리작용 등에 의해 암괴들이 떨어져 나가 경사가 낮은 방향으로 흘러내리면서 저지대에 암괴들이 모이게 된 것으로 해석
 - 원형의 함몰구와 계곡 형태로 연장성을 갖는 함몰지형은 지하 용암동굴의 천장이 무너지면서 형성된 붕괴도랑(collapse trench)로 해석
- 선흘꽃자왈지역 언덕형태의 지형은 압력돔이며, 압력돔 아래 존재하던 용암동굴의 천장이 무너지면서 붕괴도랑이나 원형 함몰구가 형성된 것으로 해석
- 수산꽃자왈이 오목한 지형을 따라 연장성 있게 분포하는 특징은 점성이 낮은 용암류에 의해 형성되었음을 시사하며, 붕괴도랑은 용암동굴 천장이 무너지면서 형성된 것으로 해석
- 연구대상 3개 꽃자왈지역은 암괴상 아아 용암류가 아니라, 점성이 낮은 파호이호이 용암류 분포지역임을 제시하고, 지질학적으로 꽃자왈지역은 “용암의 조성 및 성인에 상관 없이 암괴들이 불규칙하게 흩어져 분포하고 있으며, 독특한 생태계가 유지되고 있는 보존가치가 높은 지역”으로 재정의 할 것을 제안

③ 제주도 꽃자왈지대의 지질 특성(박준범 외 3인, 2014) — 지질학회지

- 이 논문은 제주특별자치도 환경자원연구원/수자원본부에서 2009~2012년까지 4년 간 진행한 제주도 전역 4대 꽃자왈지대의 수문지질학적 특성조사로부터 얻어진 자료를 종합·정리한 것으로서, 전술한 강봉래 외 3인(2010) 및 제주특별자치도 수자원본부(2011) 조사·연구보고서의 일부가 포함됨
 - 조사·연구방법이 비교적 자세히 제시되었으며(〈표 14〉), 조사과정에서 도출된 시사점을 중심으로 꽃자왈지대의 지질 특성을 요약해 보고함

〈표 14〉 조사·연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
제주도 전역 4대 꽃자왈지대	2009- 2012	□ 꽃자왈 현장조사 지점 GPS좌표에 근거한 1:5,000 수치지형도 입력 및 꽃자왈지대별 용암류 유형별 면적 산정 □ 20개 지점 시추조사(깊이 10~25m) 및 지질주상도 작성, 지표 용암류의 두께 및 특징 □ 노두 및 시추코어 102개 XRF분석(한국지질자원연구원 의뢰) 및 암석기재를 통한 꽃자왈 지역별 암석학적 특징 정리 □ 꽃자왈지대 내 혹은 근접지 16개 암석시료의 Ar/Ar 연대측정 자료를 인용한 형성시기 해석

■ 송시태(2000)가 제시한 꽃자왈 분포도에 의한 면적과 제주특별자치도가 고시(2003)한 지하수자원보전등급도 중 꽃자왈 분포도의 면적을 비교 분석함

- 송시태(2000)의 꽃자왈 분포도에 의한 면적은 169.7km²인데 반해 제주특별자치도가 고시한 꽃자왈 면적은 113.3km²로 큰 차이가 있음을 제시
- 1:25,000 축척의 지형도를 이용해 작성한 송시태(2000)의 꽃자왈 분포도는 토지이용 실태뿐만 아니라, 지질도와도 무관하게 작성되었음이 확인되며, 대축척(예; 1:5,000)보다 정밀도가 떨어지는 소축척 지도를 사용함으로써 분포 경계가 실제 지형과 맞지 않음을 제시함

■ 제주특별자치도의 꽃자왈 분포도의 문제점 몇 가지를 지적함

- 꽃자왈 원형이 훼손된 곳은 꽃자왈지대에서 제외되었고, 수산 및 애월꽃자왈지대의 일부가 미포함됨
- 꽃자왈지대 특성이 관찰되지 않는 지역(사려니숲, 녹하지악 주변)이 꽃자왈로 지정되어 있는 반면, 머체왓숲길 주변은 미포함됨

■ 꽃자왈지대별 지표 용암류의 유형과 분포면적 제시를 통해 “제주도의 꽃자왈지대는 아아(암괴상)용암 분포지로 통용되는 정의와 서로 부합되지 않음을 제시

- 아아 용암류만 분포하는 지역은 애월과 안덕 꽃자왈지대 뿐이며, 그 외 지역은 아아 용암과 함께 부분적으로 파호이호이 용암 혹은 용암전이에 의한 용암류로 구성되므로, 아아 용암 지형과 파호이호이 용암 지형의 형성과 관련된 기재적인 사항을 각 지역별로 구분하여 서술해야 할 것을 제안

■ 꽃자왈지대를 이루는 용암류의 암석화학적 조성을 제시

- 꽃자왈지대의 용암류는 SiO₂ 함량이 48.6~51.7wt%인 현무암질암 및 현무암질 조면 안산암류로서, 주로 전이질 현무암, 조면현무암, 그리고 현무암질 조면안산암의 조성을 가짐

- 꽃선희꽃자왈(동백동산 주변)의 용암류는 SiO₂ 함량이 52.7~53.0 wt%인 툴레이아이트질 안산암(tholeiitic andesite)에 해당하여 다른 지역의 용암류와는 성분이 다름

■ 꽃자왈지대 내 혹은 근접지에서 획득된 16개의 40Ar-39Ar 연대자료(미발표자료 및 고기원 외 3인, 2013)를 이용하여 해석한 결과, 꽃자왈지대의 용암류는 약 11만 5천 년 전부터 약 2만 6천 년 전의 화산분화에 의해 분출된 용암류인 것으로 해석

④ 제주도 꽃자왈 형성의 주요 원인(안웅산 외 4인, 2015) — 지질학회지

■ 이 논문은 구좌-성산 및 안덕꽃자왈지대를 대상으로 야외조사, 1:5000 수치고도모델, 꽃자왈 및 주변 용암류 하위 고토양층의 방사성탄소연대 측정 등을 통해 꽃자왈지대의 용암류 특성과 형성원인을 밝히는 것을 목적으로 함

- 조사·연구방법이 비교적 자세히 제시되었으며(〈표 15〉), 꽃자왈 용암유역도 작성과 꽃자왈 및 주변 용암류 하위 고토양층을 대상으로 방사성탄소연대 측정을 수행한 논문으로 평가됨

■ 구좌-성산꽃자왈지대의 용암유역도 작성

- 구좌-성산 꽃자왈의 토대가 되는 용암류는 동거문오름 분석구에서 유래하였으며, 크게 네 번의 순차적 용암류가 분출된 것으로 파악
- 각 용암류별 용암의 형태적 변화 양상을 기재. 즉 첫 번째 용암류는 파호이호이 용암류에서 전이적 특징으로 변화, 두 번째 용암류는 아아용암류의 특징이 우세하고 상류 구간에는 스코리아 뿔목 언덕지형 발달, 세 번째 용암류는 전형적인 파호이호이 용암류, 네 번째는 파호이호이 용암류에서 전이를 거쳐 아아용암류로 변화
- 둔지봉 남쪽 꽃자왈은 둔지봉에서 유래한 용암류로 판단
- 꽃자왈지대에는 토양이 거의 발달하지 않는데 비해 꽃자왈지대 이외 지역은 토양이 비교적 잘 발달되어 대부분 농지로 이용

〈표 15〉 조사·연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
구좌-성산 꽃자왈, 안덕꽃자왈		□ 야외조사를 통한 꽃자왈 용암류의 유역 파악, 용암류 분포와 꽃자왈 분포영역과의 관계, 주변 용암류와의 층서적 관계 등 파악 □ 1:5,000 수치지형도 기반 수치고도모델 생성 활용 □ 구조-성산 꽃자왈지대 용암유역도 작성, □ 꽃자왈 용암류 및 주변 용암류 하위 고토양층 방사성탄소연대 측정 - 다량쉬오름 분석층 하위 고토양층, 선희꽃자왈 용암유역 내 함덕리(1점) 및 월정리 저류지(2점) 고토양층 - 한국지질자원연구원과 서울대학교 기초과학공동기공원에서 측정

■ 안덕꽃자왈

- 안덕꽃자왈 영역은 병악오름에서 분출한 용암류(이하 병악용암류)의 영역과 비교적 잘 일치하며, 용암류가 공급지로부터 더 멀리 흘러갈수록 클링커층이 더 두껍게 발달
- 용암류의 하부에는 적갈색 혹은 적색의 고토양층이 약 0.5~1m 두께로 분포하고 있는데, 꽃자왈을 형성한 용암류 상부에는 토양층이 거의 없거나 빈약하고, 용암류의 하부에는 퇴적층(고토양 혹은 스코리아층 등)이 연속적으로 잘 발달하는 공통점이 인지됨

■ 방사성탄소연대 측정 결과

- 다랑쉬오름 북동쪽에 넓게 분포하는 다랑쉬오름 분석층 하부에서 채취한 고토양의 방사성탄소연대는 분석층 직하부의 고토양층에서 $9,400 \pm 120$ Cal. yr BP와 $9,500 \pm 60$ Cal. yr BP, 고토양층 내 80 cm 깊이 부근에서 $17,915 \pm 215$ Cal. yr BP의 연대를 얻음
- 선흘꽃자왈 북쪽에 위치한 저류지 절개면상에서 선흘리 현무암질안산암 하부에 놓이는 고토양의 방사성탄소 연대는 $11,150 \pm 90$ Cal. yr BP, 그리고 월정리 저류지에서는 $11,250 \pm 200$ Cal. yr BP와 $11,290 \pm 120$ Cal. yr BP의 연대를 얻음
- 구좌-성산꽃자왈, 안덕꽃자왈, 선흘꽃자왈 등 제주도의 꽃자왈을 형성한 용암류가 지금까지 알려진 것 보다 훨씬 젊은 용암류임을 제시함

■ 꽃자왈 형성의 주요 원인

- 동거문오름에서 순차적으로 분출한 용암류가 파호이호이, 전이적 특징, 아아의 특징을 모두 보이는 것으로 조사되었으며, 순차적으로 분출한 용암류상에는 아아, 파호이호이에 관계없이 꽃자왈이 형성되어 있음이 확인됨
- 이러한 결과는 아아 혹은 파호이호이와 같은 현무암질 용암의 표면적 특징은 용암류의 조성, 물리적 특성, 분출양상, 지형경사 등과 같은 요인에 의해 결정되는 표면적인 현상으로, 꽃자왈의 형성을 결정짓는 결정적인 요인이 아님을 의미함
- 꽃자왈지대의 특징과 층서적 관계를 검토한 결과 꽃자왈의 형성(잔존)의 가장 큰 요인이 ①용암류의 매우 젊은 연대, ② 그로 인한 토양층 부재, ③ 지형기복이라 판단함

⑤ 제주도 꽃자왈 지대의 지질학적 분류체계 제안과 의미(전용문 외 3인, 2015) — 지질학회지

- 본 논문은 꽃자왈의 지질학적 정의를 살펴보고 꽃자왈 지대의 범위설정을 위한 지질학적 분류를 제안하고, 지질 분류체계를 바탕으로 생태 및 역사·문화적 분류체계를 접목하여 꽃자왈의 새로운 분류체계가 적용 가능한지를 고찰함

■ 꽃자왈지대의 지질학적 분류체계

- 선혈 및 수산꽃자왈 : 용암류 두께가 1~3m로 얇고, 표면이 평탄한 파호이호이 용암류로서 용암대지, 용암튜브, 붕괴도랑, 투물러스 등 발달
- 안덕꽃자왈 : 3~20m 두께의 암괴와 상하부에 클링커가 발달한 아아 용암류로서 각력질 클링커, 용암볼, 급한 경사면 발달
- 교래 및 한경꽃자왈 : 파호이호이에서 아아로 전이하는 전이형 용암류로서, 용암류 표면에 부서진 용암 슬래브와 작은 로브로 이루어져 있고, spiny 파호이호이 또는 치약용암(toothpaste lava) 발달
- 선혈 및 수산꽃자왈 : 동결용해작용과 중력에 의해 2차적으로 이동한 용암 암괴로 이루어져 있고 테일러스(talus), 암괴상 아아 용암류 대지를 이룸

■ 꽃자왈지대의 지질학적 및 생태학적 분류체계 제안

- 생태학적 요소 : 멸종위기 야생식물군락지, 보호 야생식물 군락지 등 9가지
- 지질학적 요소 : 용암동굴, 숨굴, 붕괴도랑, 투물러스 등 6가지
- 역사문화적 요소 : 농경, 수렵, 주거, 역사문화유적 등

⑥ 매우 젊은 꽃자왈 용암류의 연대(안웅산 · 최형순, 2016) — 지질학회지

- 본 연구는 애월, 한경, 교래, 조천 꽃자왈에 대한 추가 연대자료를 보고하고, 고토양 및 지표 퇴적물 연대측정 자료를 바탕으로 제주도에서의 퇴적물을 살펴보고, 이를 통해 꽃자왈의 공통된 특징으로 나타나는 토양 빈약이 꽃자왈 용암류의 젊은 연대와 관계됨을 제시하는 것을 목적으로 함
- 조사 · 연구방법은 비교적 자세히 서술되어 있음(〈표 16〉)

〈표 16〉 조사 · 연구방법 및 주요 내용

대상지역	연구기간	조사·연구 방법 및 내용
애월 · 한경 · 교래 · 조천꽃자왈		□ 꽃자왈 지역 내 및 주변 용암류 하위 고토양층 방사선탄소연대, 광여기루미네선 연대측정 - 조천꽃자왈 2개 지점, 교래꽃자왈(주변 하천) 1개 지점, 애월꽃자왈 1개지점, 한경꽃자왈 1개 지점 - 방사성탄소연대측정은 Beta Analytic Inc.와 한국지질자원연구원, 광여기루미네선스 연대분석은 한국기초과학지원연구원에 의뢰

■ 고토양층의 방사성탄소연대 및 광여기루미네선스(OSL) 연대

- 조천꽃자왈

- 최상부 용암류 하부 고토양의 방사성탄소연대 $14,975 \pm 265$ cal yr BP과 $17,890 \pm 210$ cal yr BP을, 광여기루미네선스 연대 14 ± 1 ka와 13 ± 1 ka의 값을 얻음. 그러나, 고토양층의 최상부 지점에서는 방사성탄소연대 및 광여기루미네선스 연대를 얻지 못함
- 두 번째 용암류 하부의 고토양에서는 광여기루미네선스 측정으로 상부에서 하부로 각각 20 ± 1 ka, 24 ± 1 ka, 23 ± 1 ka의 연대를 얻었으나, 방사성탄소연대는 얻지 못함

- 교래꽃자왈

- 하천 주변에 노출된 고토양층의 방사성탄소연대는 $7,120 \pm 130$ cal yr BP과 $6,300 \pm 100$ cal yr BP를, 그리고 광여기루미네선스 연대는 상부에서 하부로 각각 8.0 ± 0.7 ka, 10.3 ± 1.0 ka, 9.5 ± 0.9 ka 값을 얻음

- 애월꽃자왈

- 노꼬메 용암유역 내 채석장 절개지에서 노꼬메 용암류 하위의 고토양층의 광여기루미네선스 연대는 10.0 ± 0.5 ka 값을 얻음
- 노꼬메 분석구 분석층 아래에 놓이는 고토양층의 방사성탄소연대는 $10,340 \pm 90$ cal yr BP과 $12,200 \pm 180$ cal yr BP 값을 얻음

- 한경꽃자왈

- 도너리오름 용암류와 그 하부의 고토양에서 총 5개의 시료를 채취하여 방사성탄소연대측정을 실시한 결과, 최상부 시료(HC01)의 경우 탄소연대측정이 불가하였으나, 그 하위 탄소연대는 $5,965 \pm 65$ cal yr BP에서 $9,160 \pm 20$ cal yr BP로 순차적으로 증가

■ 제주도 토양 및 고토양에서 연속적으로 얻어진 기존 연대자료를 바탕으로 퇴적률을 산출한 결과, 용암대지와 같은 곳에서는 100~180 mm/kyr로 상대적으로 낮은 반면, 하논과 같은 화구호 환경과 같은 곳에서는 380~1,000 mm/kyr로 상대적으로 매우 큼을 제시

■ 1만년 이내의 꽃자왈 용암류의 매우 젊은 연대, 제주도 퇴적물의 낮은 퇴적률 등을 고려할 때, 제주도 꽃자왈 형성의 가장 주요한 요인은 용암류의 매우 젊은 연대에 기인하는 것으로 유추함

3. 선행연구의 성과와 한계

- 본 연구에서는 전술한 선행연구(조사·연구보고서, 연구논문)를 중심으로 꽃자왈지대에 대한 지질조사·연구를 통해 얻어진 성과를 살펴보고, 또 선행연구의 한계점을 파악하여 향후 연구과제를 도출하는데 이용하였음
- 일반적으로 연구성과물은 연구비 및 연구기간, 연구참여자, 연구의 목적, 연구방법 등에서 크고 작은 한계가 있을 수 밖에 없음
- 따라서, 본 고찰에서는 연구의 한계를 비판적 시각보다는 꽃자왈지대의 지질특성 정립을 위한 향후 연구과제를 발굴하는 관점에서 검토하였으며, 전문가 자문을 통해 최대한 공정하고 객관적인 시각을 유지하려 노력하였음

3-1. 총괄

- 꽃자왈지대 지질분야 선행연구 11편의 성과와 미흡점을 보다 심층적으로 파악하고, 7대 꽃자왈지대 전체의 지질학적 연구 수행 상황을 파악하기 위하여 14개 세부 연구 항목으로 구분하여 정리하였음(〈표 17〉)
 - 송시태(2000)가 제시한 조천-함덕꽃자왈지대 중 조천-대흘꽃자왈을 ‘교래꽃자왈’로 표기하였고, 구좌-성산꽃자왈 지대는 ‘수산꽃자왈’과 ‘구좌꽃자왈’로 분리해 7개 꽃자왈지대로 나누어 정리함
 - 지난 20여 년간 수행된 꽃자왈지대의 지질분야 조사·연구성과와 문제점을 요약하면 아래와 같음
- 꽃자왈지대별 조사·연구 집중도
 - 7개 꽃자왈지대 중 가장 많은 조사·연구가 이루어진 곳은 교래꽃자왈지대로 12개 분야에서 조사가 이루어졌으며, 한경꽃자왈지대 11개 분야, 구좌꽃자왈지대 10개 분야, 수산꽃자왈지대 9개 분야이었고, 애월꽃자왈지대와 안덕꽃자왈지대는 각각 8개 및 7개 분야에 대한 조사가 이루어져 상대적으로 조사·연구가 덜 집중된 것으로 분석되었음

〈표 17〉 꽃자왈지대 지질분야 선행연구의 주요 조사 내용(분석시료 개수 포함)

구 분	매월 꽃자왈	한경 꽃자왈	안덕 꽃자왈	교래 꽃자왈 ¹⁾	신물 꽃자왈	구좌 꽃자왈 ²⁾	수산 꽃자왈
꽃자왈 경계조사 및 분포도 작성	- 송시태(2000) - 축척 1:25,000	- 송시태(2000) - 축척 1:25,000	- 송시태(2000) - 축척 1:25,000	- 송시태(2000) - 축척 1:25,000 - 강순석 외 4인(2018) - 축척 1:5,000	- 송시태(2000) - 축척 1:25,000	- 송시태(2000) - 축척 1:25,000	- 송시태(2000) - 축척 1:25,000
항공레이저촬영		현화자 외 20인(2019)		현화자 외 20인(2019)	현화자 외 20인(2019)		
용암 지형조사		- 전용문 외 4인(2012) - 암력도, 불괴도량		강순석 외 4인(2018)	- 최형순 외 15인(2014) - 용암동굴 7개		- 전용문 외 4인(2012) - 암력도, 불괴도량
용암유역도 작성				- 강순석 외 4인(2018) - 축척 1:5,000		- 인웅산 외 4인(2015) - 축척 1:5,000	- 인웅산 외 4인(2015) - 축척 1:5,000
지질도 작성		- 최형순 외 15인(2014) - 축척 1:5,000		- 강순석 외 4인(2018) - 축척 1:5,000	최형순 외 15인(2014)		
용암류 근원지	- 송시태(2000) - 큰오름	- 송시태(2000) - 물오름(노너리오름) - 최형순 외 15인(2014) - 도너리오름	- 송시태(2000) - 범악 - 인웅산 외 4인(2015) - 범악	- 송시태(2000) - 민오름 - 강순석 외 4인(2018) - 민오름	- 최형순 외 15인(2014) - 북오름	- 송시태(2000) - 동거문오름 - 인웅산 외 4인(2015) - 동거문오름	- 인웅산 외 4인(2015) - 동거문오름
암상 및 용암유형 분류	- 송시태(2000) - 박준범 외 4인(2014)	- 송시태(2000) - 박준범 외 4인(2014) - 전용문 외 3인(2015)	- 송시태(2000) - 박준범 외 4인(2014) - 전용문 외 3인(2015)	- 송시태(2000) - 강복래 외 3인(2010)/박준범 외 4인(2014) - 전용문 외 3인(2015) - 강순석 외 4인(2018)	- 송시태(2000) - 송시태(2000) - 전용문 외 3인(2015)	- 송시태(2000) - 제주특별자치도(2011)/박준범 외 4인(2014) - 전용문 외 3인(2015)	- 송시태(2000) - 제주특별자치도(2011)/박준범 외 4인(2014)
암석학적 기재	박준범 외 4인(2014)	- 최형순 외 15인(2014) - 박준범 외 4인(2014)	박준범 외 4인(2014)	- 강복래 외 3인(2010)/박준범 외 4인(2014) - 강순석 외 4인(2018)	박준범 외 4인(2014)	제주특별자치도(2011)/박준범 외 4인(2014)	제주특별자치도(2011)/박준범 외 4인(2014)

1) 송시태(2000)의 조천-함덕꽃자왈지대 중 조천-대들꽃자왈에 해당

2) 송시태(2000)의 구좌-성산꽃자왈지대 중 수산꽃자왈을 제외한 중달-한동·세화·상도-하도꽃자왈지역을 말함

〈표 17〉 계속

구 분	애월 꽃지알	한경 꽃지알	안덕 꽃지알	교래 꽃지알 ³⁾	선홍 꽃지알	구좌 꽃지알 ⁴⁾	수산 꽃지알
전임 성년분서	□ 송시태(2000) - 노두 5개 □ 박준범 외 4인(2014) - 시추코어 및 노두 8개	□ 송시태(2000) - 노두 8개 □ 박준범 외 4인(2014) - 시추코어 및 노두 19개 □ 최형순 외 15인(2014) - 노두 7개	□ 송시태(2000) - 노두 5개 □ 박준범 외 4인(2014) - 시추코어 및 노두 13개	□ 송시태(2000) - 노두 5개 □ 강봉래 외 3인(2010)/박준범 외 4인(2014) □ 박준범 외 29개 □ 강순석 외 4인(2018) - 노두 9개	□ 송시태(2000) - 노두 2개 □ 박준범 외 4인(2014) - 노두 2개	□ 송시태(2000) - 노두 9개 □ 제주특별자치도(2011)/박준범 외 4인(2014) - 9개(시추코어 3개, 노두 6개)	□ 송시태(2000) - 노두 2개 □ 제주특별자치도(2011)/박준범 외 4인(2014) - 12개(시추코어 6개, 노두 6개)
	□ 박준범 외 4인(2014) - 2개(고기원 마발표)	□ 박준범 외 4인(2014) - 2개(고기원 마발표)	□ 박준범 외 4인(2014) - 2개(고기원 마발표)	□ 강봉래 외 3인(2010)/박준범 외 4인(2014) - 6개(고기원 마발표)		□ 제주특별자치도(2011)/박준범 외 4인(2014) - 5개(고기원 등, 2008)	
연대측정 (고도양)	□ 안웅산·최형순(2016) - 1지점(¹⁴ C) 1지점(OSL)	□ 안웅산·최형순(2016) - 5지점(¹⁴ C)		□ 강순석 외 4인(2018) - 탄화목 1점(¹⁴ C)	□ 안웅산 외 4인(2015) - 1지점(ASM ¹⁴ C) □ 안웅산·최형순(2016) - 2지점(¹⁴ C) 1지점(OSL)	□ 안웅산 외 4인(2015) - 2지점(¹⁴ C)	
시추 및 용암류 층호조사 ⁵⁾	□ 제주특별자치도(마발표) 4개소(깊이 25m)	□ 제주특별자치도(마발표) 4개소(깊이 20m)	□ 제주특별자치도(마발표) 1개소(깊이 20m)	□ 강봉래 외 3인(2010) - 10개소(깊이 25m)		□ 제주특별자치도(2011) - 1개소(열람봉 북서측, 깊이 10m)	□ 제주특별자치도(2011) - 2개소(깊이 10m)
침투율 측정						□ 제주특별자치도(2011) - 1개소(열람봉 북서측)	□ 제주특별자치도(2011) - 2개소
꽃지알 정의 및 형성 원인	■ 꽃지알 정의 □ 송시태(2000) : 암괴상 아아 용암류 분포지 □ 진용문 외 4인(2012): 용암의 조성 및 성인에 상관없이 암괴들이 불규칙하게 흩어져 분포하고 있으며, 독특한 생태계가 유지되고 있는 모조기치가 높은 지역 □ 박준범 외 4인(2014): 꽃지알지대는 도양이 거의 없거나 그 표토층의 심도가 다른 지역에 비해 상대적으로 얇으며, 화산 분화시 화구(오름)로 부터 흘러나와 굳어진 용암의 크고 작은 암괴가 요철지형을 이루고 있는 곳 ■ 꽃지알 형성원인 □ 안웅산 외 4인(2015) : △용암류의 젊은 연대, △토양층 부재, △지형기복						

- 3) 송시태(2000)의 조천-함덕꽃지알지대 중 조천-대들꽃지알에 해당
 4) 송시태(2000)의 구좌-성산꽃지알지대 중 수산꽃지알을 제외한 중일·한동·세화·상도-하도꽃지알지역을 말함
 5) 보고서로 마발표된 애월·한경·인덕꽃지알지대 시추조사 개소 수를 포함

- 이처럼, 교래 및 한경갯자왓지대를 대상으로 지질학적 조사·연구가 집중된 것은 갯자왓지대의 지질 및 용암지형의 다양성 및 분포면적, 용암류 추적의 용이성, 조사·연구비 지원 등에 의한 것으로 보임

■ 조사·연구 분야별 수행사항

- 지질분야 중 7개 갯자왓지대 모두를 대상으로 이루어진 조사분야는 △갯자왓 경계조사 및 분포도 작성, △암상 및 용암유형 분류, △암석학적 기재, △전암 성분분석 4개 분야뿐이며,
- 갯자왓을 이루는 용암류의 성인연구(동위원소 연구), 갯자왓지대와 지하수 간의 상호작용에 대한 연구는 전혀 이루어지지 않았음

3-2. 선행연구의 성과와 한계

■ 갯자왓 경계조사 및 분포도 작성

- 송시태(2000)에 의해 7개 지대 갯자왓 분포도가 작성된 이후, 강순석 외 4인(2018)이 교래갯자왓지대를 대상으로 수행한 것이 유일함
- 이처럼 갯자왓지대의 경계 및 분포도 작성을 위한 조사가 부진한 것은 △제주특별자치도가 고시한 갯자왓 분포도와 불일치에 따른 심리적 부담, △갯자왓지대 경계부의 토지이용 고도화로 인한 경계 파악의 어려움, △암상이 유사한 용암류의 복잡한 분포, △조사대상 면적이 넓어 개인 연구자 단독으로 수행하기 어려움, △조사·연구비 확보의 어려움 등의 문제가 복합적으로 작용하고 있는 것으로 해석됨

■ 갯자왓지대에 대한 항공레이저측량

- 현화자 외 20인(2019)의 조사에서 한경-안덕갯자왓과 조천-함덕갯자왓에 대한 항공레이저측량이 이루어졌음
- 그러나, 연구 결과는 지질(용암류) 경계와의 일치 여부에 대한 검증이 필요해 보이며, 향후 7개 갯자왓 전체를 대상으로 항공레이저측량 + 지질(용암류) 경계조사가 동시에 수행될 필요가 있음

■ 갯자왓지대 용암지형조사

- 한경·교래·선흘·수산갯자왓지대에 대한 용암지형조사 수행되어 이들 지역에 발달한 압력돔(tumulus), 봉괴도랑(용암동굴 봉괴지), 용암동굴 7개소 등에 대해 기재가 이루어짐
- 그러나, 용암지형 역시 항공레이저측량과 지질조사가 병행되어 갯자왓지대에 발달한 미세지형의 유형별 위치 및 규모·연장 등에 대한 기재와 더불어 도면자료화가 필요함

■ 용암유역도 작성 및 용어의 정의

- 선행연구를 통해 교래 · 구좌 · 수산꽃자왈지대의 용암유역도가 작성되었는데, 용암유역도(lava flow map)란 용어는 안웅산 외 4인(2015)이 처음으로 사용
- 그러나, △용암유역도가 무엇을 의미하는지?, △그 정의가 어떻게 되는지?, △용암의 흐름에 수문학에서 사용하는 '유역(watershed, catchment area)'이란 용어의 사용이 적정한지?, △용암유역도와 지질도는 무엇이 다른 것인지?, △제주도와 같이 용암이 분출한지 상당한 시간이 지난 화산지대에서 lava flow map 용어의 사용이 적정한지?에 대한 심층 검토가 필요함
- 미국 하와이섬의 미국지질조사소 하와이화산관측소(USGS Hawaiian Volcano Observatory)에서는 일반적으로 용암이 식고 난 후, 정밀도가 5~20m인 휴대용 GPS 수신기를 이용하여 용암류 경계를 5~20m 간격으로 좌표를 기록하고, 여의치 않은 지역은 헬리콥터에 의한 GPS 측량 데이터를 취득한 후 GIS 소프트웨어를 이용해 '용암 흐름도 또는 용암류 분포도(lava flow field map)'를 작성함(Kauahikaua et al., 2003)
- 따라서, 꽃자왈지대를 구성하는 용암류만의 분포를 나타내는 것이라면 '용암류 분포도(lava flow field map)'라 표현하는 것이 적절할 것으로 보임

■ 지질도 작성

- 꽃자왈지대 및 그 주변지역을 포함하는 지질도 작성연구는 한경 · 교래 · 선흘꽃자왈지대를 대상으로 수행되었으며, 이들 연구에서는 기존 축척 1:50,000 지질도(박기화 외 10인 1997; 박기화 외 2인, 2000)를 보완한 수정 지질도를 제시하였음
- 그러나, 수정 지질도 작성과정에서 전문가 의견수렴이나 검토과정을 거치지 않아 지질도로서의 활용성에 대해서는 판단하기 곤란함

■ 꽃자왈지대 용암류 근원지

- 다수의 연구자들에 의해 7개 꽃자왈지대를 이루는 용암류의 근원지가 모두 상류측에 위치하는 분석구(오름)로 제시되었음.
- 그러나, 일부 꽃자왈지대의 경우는 지형분석을 통해 용암류 공급지(근원지)를 추정하고 있어 용암류의 성인 · 성분 · 분포가 일치하는지 여부에 대한 추가적인 연구가 필요해 보임

■ 꽃자왈 용암류의 암상 및 유형분류

- 7개 꽃자왈지대를 대상으로 다수의 연구자들에 의해 용암류의 암상적 특징이 개괄적으로 정리가 되었음
- 즉, △아아 용암류 분포 꽃자왈, △파호이호 용암류 분포 꽃자왈, △전이형 용암류 분포 꽃자왈, △압력돔(tumulus)의 풍화에 의한 절리의 붕괴 및 이탈 꽃자왈의 4가지 유형으로 분류되었음

- 그러나, 상기와 같은 유형분류는 서술적으로만 이루어졌고, 도면화된 자료는 없는 실정임. 특히 파호이호이에서 아아로 전이하는 과정에서 생겨나는 암상의 변화를 공간적으로 파악할 수 있는 도면자료가 없는 실정임

■ 꽃자왈 용암류의 암석학적 기재

- 꽃자왈지대 및 그 주변 용암류를 대상으로 구성광물의 종류와 비율, 기공발달 정도, 광물학적 특징을 기재하고 현미경 사진을 제공하는 등의 암석기재는 7개 꽃자왈지대를 대상으로 수행되었음
- 그러나, 강봉래 외 4인(2010)과 제주특별자치도 수자원본부(2011)를 제외한 나머지 연구보고서 및 연구논문에는 암석기재를 종합한 정보, 특히 구성광물에 대한 모드 분석 및 조성에 관한 정보가 없음
- 용암류의 암석기재는 지질도 또는 용암분포도를 작성할 때, 유사한 용암류의 구별이나 특징화를 위해 기본적으로 수행해야 하는 조사항목 중의 하나이므로 향후 추가되어야 할 조사항목으로 보임

■ 꽃자왈 용암류의 전암 성분분석

- 7개 꽃자왈지대에서 총 134개의 노두 및 시추코어 용암 시료 전암 주성분 분석이 이루어져 꽃자왈지대별 암석화학적 특징이 비교적 자세하게 파악되었음
- 그러나, 일부 연구에서는 전암 주성분 자료를 이용한 화산암 전암 분류도(TAS diagram)에서 알칼리, 전이질, 비알칼리계열을 구분하지 않아 화학적 암석명이 상이한 것으로 기재되고 있으며, 주성분 및 미량원소 분석자료도 제공하지 않고 있음
- 또한, 대부분 시료채취 지점의 위치에 대한 좌표정보가 제시되지 않았음

■ 꽃자왈 용암류 연대측정

- 꽃자왈을 이루는 용암류에 대한 방사성동위원소를 이용한 연대측정(^{40}Ar - ^{39}Ar) 자료는 선혈 및 수산꽃자왈지대를 제외한 5개 꽃자왈지대에 대한 연구에서 제시되었음
- 그러나, 제시된 연대자료는 꽃자왈지대만을 대상으로 수행된 것 보다 주변 지역 지표 및 지하 용암류 자료 수가 더 많아 꽃자왈지대별 용암류의 ^{40}Ar - ^{39}Ar 연대 파악에는 미흡함. 따라서, 향후 꽃자왈지대별 대표 시료에 대한 연대측정 연구가 필요함

■ 꽃자왈 및 주변 지표 용암류 하위 고토양층 연대측정

- 안덕 및 수산꽃자왈지대를 제외한 5개 꽃자왈지대의 용암류 하위 및 주변 지역 지표 용암류 하위에 존재하는 고토양층을 대상으로 방사성탄소연대(^{14}C)와 광여기루미네선스(OSL) 연대측정 연구가 수행되었으며, 이를 근거로 꽃자왈지대 용암류 연대와 제주도 퇴적물을 제시하고 있음
- 그러나, 고토양층 연대측정 결과의 신뢰성을 높이기 위해서는 고토양층에 대한 체계적 시료채취와 더불어 퇴적학적·지구화학적 연구(예; 이진영 외 6인, 2014; 임재수 외

20인, 2018)가 함께 이루어져야 할 것으로 보임

■ 꽃자왈지대 시추 및 용암류 층후조사

- 제주특별자치도는 2009~2012년까지 선홍꽃자왈지대를 제외한 6개 꽃자왈지대를 대상으로 총 22개 지점에서 지표 하 10~25m까지 시추조사를 최초로 수행하였으며, 회수된 시추코어는 암석기재 및 전암 성분분석과 꽃자왈지대 용암류 하부의 용암류 분포에 대한 정보가 제공되었음
- 그러나, 4년간 수행된 조사사업의 최종보고서가 발간되지 않아 시추조사로부터 얻은 꽃자왈지대를 이루는 지표 용암류의 층후(두께)를 비롯한 다양한 정보를 알 수 없는 실정임

■ 꽃자왈지대의 침투율 조사

- 상기 제주특별자치도의 4개년 조사 과정에서 구좌 및 수산꽃자왈지대 3개 지점의 투수율조사가 수행되었음
- 그러나, 구좌-성산 꽃자왈지대는 전이형 용암류가 지배적으로 분포하여 아아 용암류로 이루어진 교래·안덕·애월꽃자왈지대와는 다른 수리지질학적 특성을 나타내고 있어 제주도 꽃자왈지대를 대표하기는 곤란할 것으로 판단됨
- 또한, 화산암지대에서 시추공 비포화대를 대상으로 한 투수율조사는 공극발달이 매우 가변적이고, 시추과정에서 인위적 교란 발생 등의 문제를 지니고 있기 때문에 지표에서 침투율 측정이 바람직함

■ 꽃자왈의 정의 및 형성 원인

- 꽃자왈의 정의는 3명의 연구자에 의해 제시되었으며, 형성원인은 한 명의 연구자가 제시하여 상대적으로 연구가 부족한 실정임
- 꽃자왈지대의 형성과 지질학적 정의는 꽃자왈지대의 법적·제도적 관리의 근간이 되는 매우 중요한 연구 주제이므로 향후 이에 대한 연구가 활발하게 진행되어야 할 필요가 있음

3-3. 선행연구 고찰에서 얻은 시사점

- 지금까지 꽃자왈지대의 지질에 대한 조사·연구는 주로 동식물 분야를 포함한 대형 연구과제의 한 분야나 항목으로 수행되어 왔음
- 연구대상 꽃자왈 및 조사항목 선정은 지원되는 연구비 및 연구기간, 연구자의 관심 사항, 대형 연구과제의 목적 등에 따라 결정됨으로써, 7개 꽃자왈지대 전체에 대한 지질학적 종합조사·연구는 수행되지 않았음

- 갯자왓 경계조사를 통한 분포도 작성연구는 갯자왓 보전·관리 및 타 분야 조사·연구에 기본이 되는 매우 중요한 과제이나, 갯자왓지대의 지질학적 정의가 정립되지 않아 전체 갯자왓을 대상으로 지질학적 관점에서 갯자왓 분포도 작성연구는 수행되지 않았음
- 조사·연구에서 작성된 지질도(예; 최형순 외 15인, 2014; 강순석 외 4인, 2018), 용암유역도(예; 안웅산 외 4인, 2015; 강순석 외 4인, 2018), 항공레이저측량에 의한 갯자왓 분포도(예; 현화자 외 20인, 2019)는 보고서에만 소축척의 도면으로 제시되고, 실축척의 도면은 제공 또는 관리하는 기관이 없어 활용이 어려움
- 갯자왓지대가 투수성이 높아 지하수 함양과 오염에 취약한 지질구조라는 인식은 보편화되어 있으나, 정작 이를 규명하기 위한 「갯자왓지대-지하수 상호작용」에 관한 연구는 거의 수행되지 않았음
- 조사·연구사업의 경우, 중간 또는 최종 산출물에 대한 전문가 자문이나 평가, 또는 토론회 등 객관적 검증과정을 거치지 않고 보고서가 출간되고 있어 기술내용에 크고 작은 오류가 발견되고 있음

IV. 향후 꽃자왈지대 지질 연구과제

1. 전문가 설문조사

1-1. 조사개요

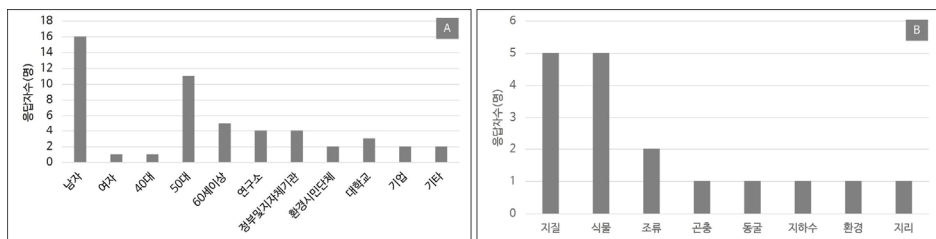
■ 조사의 목적

- 꽃자왈지대를 대상으로 수행된 선행 조사·연구에 대한 정성적 평가
- 꽃자왈지대 전체를 대상으로 향후 수행되어야 할 조사·연구 분야 파악
- 향후 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위한 조사·연구 분야 파악
- 기타 꽃자왈지대 조사·연구 수행에 필요한 의견 수렴

■ 설문조사 기간 및 대상

- 설문조사 기간 : 2022년 7월 22일 ~ 8월 5일(15일간)
- 설문조사 대상 : 꽃자왈지대에 대한 조사·연구 경험이 있는 제주도내외 전문가 35명
- 코로나19 상황을 감안해 구조화된 설문지를 이메일을 통해 발송 및 회수(문자 메시지로 협조 요청)하였으며, 총 17건(48.6%)의 설문지가 회수되었음
- 설문에 응답한 응답자의 일반현황과 전공분야는 [그림 13]과 같음

[그림 13] 설문조사 응답자의 일반현황(A)과 전공분야(B) 현황



■ 설문지 설계

- 응답자들이 현재까지 이루어진 선행 조사·연구에 대한 이해를 돕기 위해 선행 조사·연구 현황 정보를 설문지와 함께 제공하였음
- 설문지는 크게 △일반사항, △꽃자왈지대에 대한 선행 조사·연구에 대한 정성적 평가, △향후 꽃자왈지대 전체를 대상으로 수행되어야 할 조사·연구 분야, △꽃자왈지대의 지질특성 정립을 위해 추진되어야 할 세부 분야 우선순위의 4가지 항목으로 구성(〈표 18〉 및 부록 1 참조)
- 설문지는 연구진에서 초안을 마련한 후, 전문가 자문을 거쳐 확정하였음

〈표 18〉 설문지 구성 및 주요 설문 내용

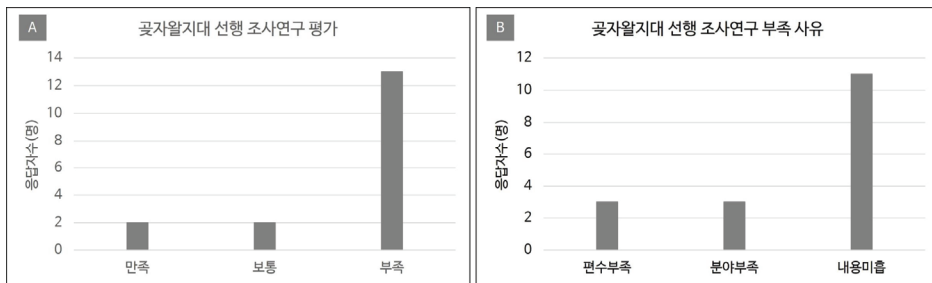
구 분	주요 설문 내용		비고		
일반사항	성별, 연령대, 현 근무지, 연구경력				
선행 조사·연구 정성적 평가	- 선행 조사·연구의 편수, 연구분야, 연구내용에 만족 또는 부족한지? 여부 - 만족 또는 부족하다고 판단하는 경우, 그 이유 간략히 기재		만족, 보통, 부족으로 구분		
꽃자왈지대를 대상으로 향후 수행되어야 할 연구분야 파악	- 기초분야, 응용분야, 융합연구 분야로 구분하여 아래의 예시를 참고하여 각각 5개 분야를 기재				
	기초 연구	지질, 꽃자왈 정의 및 개념, 지하수, 식물, 동물, 생물 및 곤충, 역사문화, 유적, 원격탐사, 토양, 습지, 경관, 동식물 모니터링 등			
	응용 연구	생태관광 프로그램, 현장/체험학습 프로그램, 산림치유, 웰니스, 생태계 서비스, 기후변화 등			
	융합 연구	생태계 탐구, 스토리텔링, 디자인, 판례연구, 미술, 방송 등			
	- 추가 연구분야, 국제학술지 논문 게재를 위해 필요한 사항 간략히 기재 ※ 기초분야, 응용분야, 융합연구 분야 예시 제공				
꽃자왈지대 지질특성 정립에 필요한 향후 연구과제 우선순위 파악	- 지질 연구분야(8개)를 제시하고, 향후 꽃자왈지대의 지질특성 정립을 위해 수행되어야 할 우선순위 기재				
	조사연구 분야	우선 순위		조사연구 분야	우선 순위
	화산암석학적 연구			정밀 원격탐사 연구	
	형성연대 연구			지하수 함양량 연구	
	지질도(용암유역도) 작성연구			꽃자왈지대와 지하수위/수질과의 연관성 연구	
	용암형태 및 특징연구			꽃자왈지대 내 미세 용암지형 연구	
	-추가 연구분야 기재				

1-2. 설문결과

■ 꽃자왈지대 선행 조사·연구가 “부족”하다는 평가가 우세

- 응답자의 76%(13명)이 지금까지 수행된 꽃자왈지대에 대한 조사·연구가 ‘부족’하다고 평가하였고, ‘만족’과 ‘보통’은 각각 2명씩임([그림 14])

[그림 14] 꽃자왈지대 선행 조사·연구 평가(A)와 부족 사유(B)



- 부족하다고 판단한 이유는 연구내용 미흡(11명)이 가장 많았고, 연구 편수 부족과 연구분야가 특정 분야에 편중되었다는 의견이 각각 3명씩임
- 응답자들이 지적한 세부 내용은 아래와 같음

- 기초분야부터 연구가 진행되지 못해 기초정보 절대 부족
- 서식처 특성을 연계한 생태적 특성연구 거의 전무
- 생태계서비스 및 주민 참여 보전이용 분야 부족
- 체계적인 합동조사가 수행되지 않음
- 전문가 부족, 조사연구 소재 편중, 사계절 접근성 취약
- 특정 분야 편중 및 꽃자왈 정의 재정립, 지하수 관련 연구 전무
- 주로 연구보고서로 이뤄져 있고, 객관적 검증이 안 됨
- 꽃자왈 보호와 이용, 기후변화에 따른 환경변화, 고환경에 대한 연구 부족
- 25년이라는 기간에 비해 문헌 편수가 적고, 식물보다 동물분야가 적음

■ 향후 꽃자왈지대를 대상으로 수행되어야 할 기초·응용·융합연구 분야의 응답 결과는 매우 다양하였으며, 그 각각의 내용은 아래와 같음

1-2-1. 기초연구 분야

- 기초연구 분야는 모두 29개 연구분야가 제시되었으나, 2명 이상 응답한 연구분야는 13개로 압축됨([그림 15] 및 <표 19>)
- 또한, 5명 이상이 응답한 분야는 지하수(8), 지질(7), 꽃자왈 정의(6), 식물(6), 역사문화(6), 동물(5) 등 6개 분야임

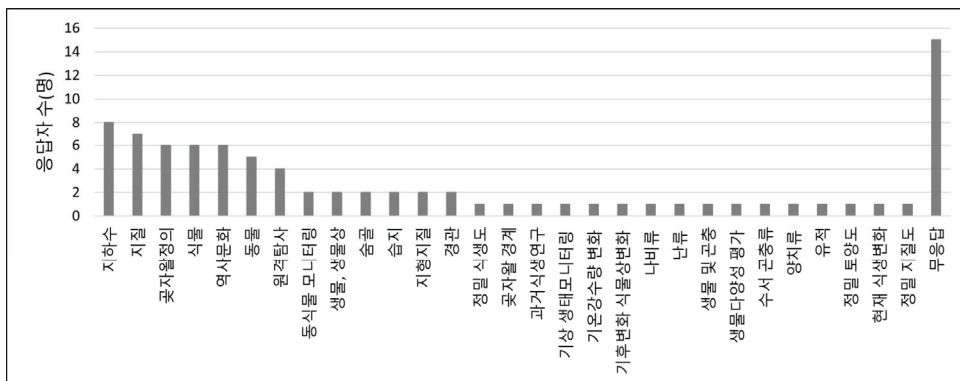
- 설문에서 나타난 29개 연구분야는 꽃자왈지대의 자연·인문·역사를 망라한 가치를 발굴하는데 필요한 분야라 할 수 있으나, 조사·연구의 발전단계를 감안할 때, 2명 이상 응답한 13개 분야는 향후 꽃자왈지대 전체를 대상으로 한 조사·연구계획 수립시 반영할 필요가 있다고 보여짐

〈표 19〉 향후 수행되어야 할 꽃자왈지대 기초연구분야 응답 현황

응답자	기초분야 1	기초분야 2	기초분야 3	기초분야 4	기초분야 5
1	꽃자왈 정의	지질	지하수	식물	동물
2	꽃자왈 정의	지질	지하수	식물	동물
3	정밀지질도	정밀토양도	정밀식생도	기상·생태모니터링	무응답
4	지질	지하수	습굴	습지	역사문화
5	지질	꽃자왈 정의	생물	지하수	역사문화
6	지질	꽃자왈 정의	지하수	원격탐사	동식물모니터링
7	양치류	난류	나비류	수서곤충류	습굴
8	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
9	지질	원격탐사	지하수	유적	역사문화
10	꽃자왈 정의	지하수	동식물 모니터링	꽃자왈경계	무응답
11	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
12	과거식생 연구	현재 식생변화	기후변화 식물상변화	지질과 식물상 및 식생연구	무응답
13	동식물모니터링	동물	식물	원격탐사	습지
14	꽃자왈 정의	역사문화	식물	경관	지질
15	생물상	원격탐사	지형지질	경관	역사문화유적
16	동물	생물 및 곤충	지질	식물	역사문화
17	지하수	기온강수량 변화	생물다양성 평가	무응답	무응답
연구 분야별 응답자 수	지하수 8, 지질 7, 꽃자왈 정의 6, 식물 6, 역사문화 6, 동물 5, 원격탐사 4, 동식물 모니터링 2, 생물 및 생물상 2, 습굴 2, 습지 2, 지형지질 2, 경관 2, 정밀 식생도 1, 꽃자왈 경계 1, 과거식생연구 1, 기상 생태모니터링 1, 기온강수량 변화 1, 기후변화 식물상 변화 1, 나비류 1, 난류 1, 생물 및 곤충 1, 생물다양성 평가 1, 수서 곤충류 1, 양치류 1, 유적 1, 정밀 토양도 1, 현재 식생변화 1, 정밀 지질도 1, 무응답 15				

※ 기초분야 1~5는 우선순위를 의미하는 것이 아니라, 응답 내용을 정리하기 위해 구분한 것임

[그림 15] 기초분야 연구분야별 응답자 현황



1-2-2. 응용연구 분야

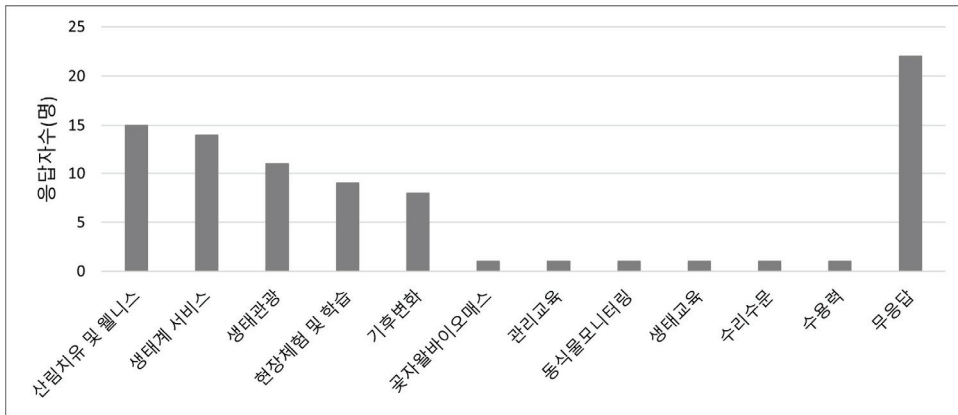
- 응용연구 분야는 모두 11개 연구분야가 제시되었으나, 2명 이상 응답한 연구분야는 5개로 줄어들어 향후 응용연구 분야에 대한 좀 더 광범위한 의견수렴이 필요한 것으로 보임([그림 16] 및 <표 20>)
- 2명 이상 응답한 향후 응용연구 분야는 산림치유 및 웰니스(15)와 생태계 서비스(14)가 가장 많고, 이어서 생태관광(11), 현장체험 및 학습(9), 기후변화(8) 순을 나타냈음
- 그러나, 수리수문을 비롯해 동식물 모니터링 등 일부는 응용연구 분야의 성격에 부합하지 않는 것들도 포함되어 있음

<표 20> 향후 수행되어야 할 곳자왓지대 응용연구분야 응답 현황

응답자	응용분야 1	응용분야 2	응용분야 3	응용분야 4	응용분야 5
1	현장학습	산림치유	생태관광		
2	현장학습	산림치유	생태관광	생태계서비스	기후변화
3	생태계기능 평가	생태계서비스 가치평가	무응답	무응답	무응답
4	생태관광	생태교육	생태계서비스	수용력	수리수문
5	생태관광	현장체험 프로그램	산림치유	생태계서비스	동식물 모니터링
6	현장체험학습	산림치유	웰니스	생태계서비스	기후변화
7	생태관광	웰니스	기후변화	무응답	무응답
8	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
9	기후변화	현장체험 학습	생태관광	생태계서비스	산림치유
10	곳자왓 바이오매스	생태관광	기후변화	생태계서비스	무응답
11	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
12	관리교육	기후변화	산림치유	웰니스	무응답
13	기후변화	웰니스	현장체험	생태관광	생태계서비스
14	현장체험 학습	생태관광프로그램	웰니스	산림치유	생태계서비스
15	생태계서비스	기후변화	생태관광	현장체험	웰니스
16	기후변화	체험학습	산림치유	웰니스	생태계서비스
17	기후변화 효과적 응	생태계서비스 평가	무응답	무응답	무응답
연구 분야별 응답자 수	산림치유 및 웰니스 15, 생태계 서비스 14, 생태관광 11, 현장체험 및 학습 9, 기후변화 8, 곳자왓바이오매스 1, 관리교육 1, 동식물모니터링 1, 생태교육 1, 수리수문 1, 수용력 1, 무응답 22				

※ 응용분야 1~5는 우선순위를 의미하는 것이 아니라, 응답 내용을 정리하기 위해 구분한 것임

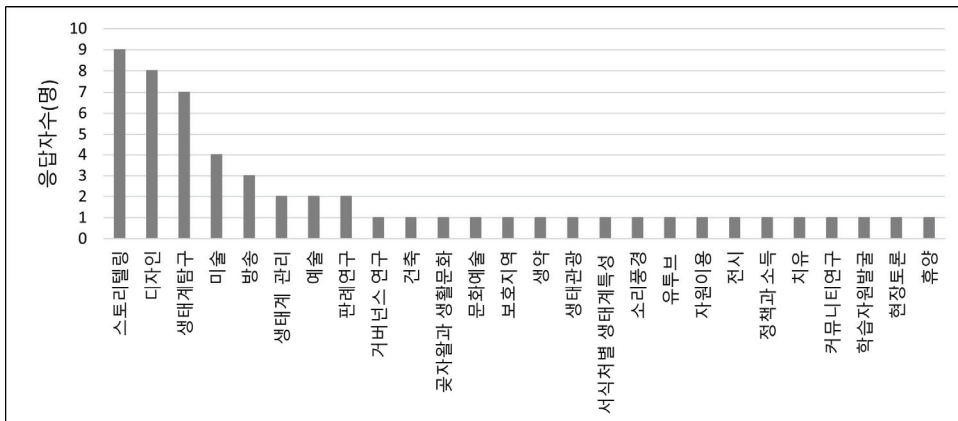
[그림 16] 응용분야 연구분야별 응답자 현황



1-2-3. 융합연구 분야

- 융합연구 분야에서는 모두 26개 연구분야가 제시되었으나, 2명 이상 응답한 연구분야는 9개로 압축됨([그림 17] 및 <표 21> 참조)
- 2명 이상 응답한 분야는 스토리텔링(9), 디자인(8), 생태계 탐구(7), 미술(4), 방송(3), 생태계 관리(2), 예술(2), 판례연구(2) 순으로 나타났음

[그림 17] 융합연구분야 연구분야별 응답자 현황



- 이 외에도 생약, 소리풍경, 전시, 정책과 소득, 커뮤니티 연구 등 여러 분야가 제시되어 융합연구에 대한 관심도 높음을 알 수 있음

〈표 21〉 향후 수행되어야 할 꽃자왈지대 융합연구분야 응답 현황

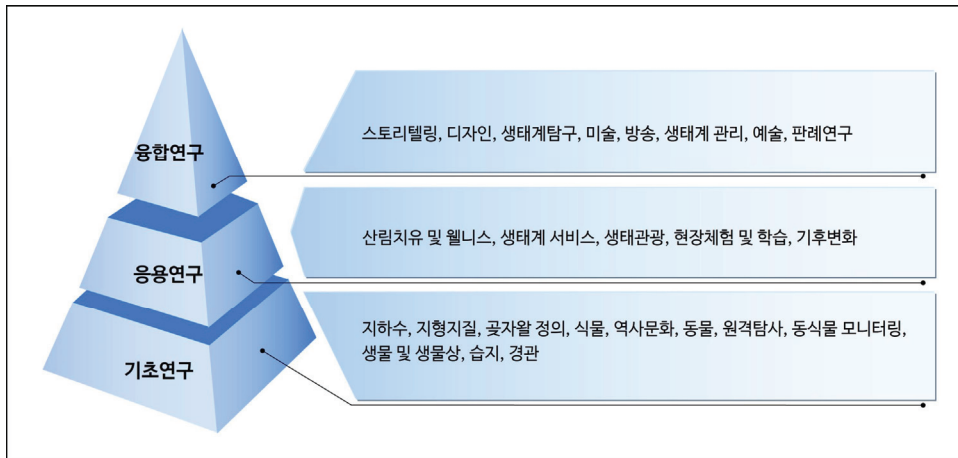
응답자	융합분야 1	융합분야 2	융합분야 3	융합분야 4	융합분야 5
1	스토리텔링	무응답	무응답	무응답	무응답
2	스토리텔링	디자인	판례연구	무응답	무응답
3	서식처별 생태계 특성	무응답	무응답	무응답	무응답
4	생태계	예술	소리풍경	생약	치유
5	생태계 탐구	스토리텔링	디자인	판례연구	미술
6	생태계 탐구	스토리텔링	무응답	무응답	무응답
7	예술	전시	유튜브	현장토론	무응답
8	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
9	생태계 탐구	스토리텔링	방송	디자인	미술
10	꽃자왈과 생활문화	학습자원 발굴	무응답	무응답	무응답
11	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
12	스토리텔링	건축	디자인	휴양	생태계 관리
13	스토리텔링	디자인	방송	미술	생태계 탐구
14	생태계 탐구	스토리텔링	디자인	방송	미술
15	생태계 탐구	문화예술	스토리텔링	방송	디자인
16	자원이용	생태관광	보호지역	스토리텔링	디자인
17	커뮤니티 연구	거버넌스 연구	정책과 소득	무응답	무응답
연구 분야별 응답자 수	스토리텔링 9, 디자인 8, 생태계탐구 7, 미술 4, 방송 3, 생태계 관리 2, 예술 2, 판례연구 2, 거버넌스 연구 1, 건축 1, 꽃자왈과 생활문화 1, 문화예술 1, 보호지역 1, 생약 1, 생태관광 1, 서식처별 생태계 특성 1, 소리풍경 1, 유튜브 1, 자원이용 1, 전시 1, 정책과 소득 1, 치유 1, 커뮤니티 연구 1, 학습자원발굴 1, 현장토론 1, 휴양 1, 무응답 30				

※ 응용분야 1~5는 우선순위를 의미하는 것이 아니라, 응답 내용을 정리하기 위해 구분한 것임

1-2-4. 향후 중점적으로 추진되어야 할 꽃자왈지대 조사·연구과제

- 전문가 설문조사를 통해 압축된 향후 추진되어야 할 꽃자왈지대에 대한 조사·연구 분야를 정리하면 [그림 18]과 같음
- 꽃자왈지대의 정의 및 개념, 지형지질, 원격탐사, 식물, 동물, 생물, 역사문화, 지하수 등 기초분야에 대한 토대를 구축하고,
- 이를 기초로 산림치유 및 웰니스, 생태계 서비스, 생태관광, 현장체험 및 학습 프로그램 개발, 기후변화 관련 등 응용연구를 통해 꽃자왈지대의 생태학적 및 문화적 가치를 더욱 고양시키며,
- 스토리텔링, 디자인, 미술, 방송 등 융합연구를 통해 꽃자왈지대에 대한 인식개선과 아울러, 생태적 활용가치를 극대화하기 위한 단계별 연구가 필요

[그림 18] 설문조사에서 나타난 꽃자왈지대 전체에 대한 조사·연구 분야



■ 꽃자왈지대의 지질학적 특성을 정립하기 위해 향후 수행되어야 할 연구 분야(8개)의 우선순위 응답 결과는 우열을 가리기 어려웠음

- 따라서, 우선순위별 응답자율이 높은 상위 2개 분야를 추려낸 후, 중복 분야를 제외하여 우선순위별 향후 연구분야를 정리하였음(<표 22>~<표 24> 참조)

<표 22> 향후 꽃자왈지대 지질 연구분야 순위별 현황

순위 01	순위 02	순위 03	순위 04	순위 05	순위 06	순위 07	순위 08
지질도 작성, 원격탐사	형성연대	용암형태, 지하수 함양량	미세지형, 화산암석학			수위수질 연관성	

- 특히, 지질학적 조사·연구는 비용·기간·투입입력·자료의 공유 등을 감안할 때, 각 분야별로 독립적으로 추진하기보다는 몇 개의 세부 과제로 나눠 종합조사 방식으로 추진하는 것이 바람직함
- 「제2절. 향후 연구과제」에서는 이러한 점을 고려하여 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위한 연구과제와 추진방식을 제시하였음
- 한편, 우선순위별 응답율은 분산되어 있지만, 1~8순위까지 응답한 분야별 응답자수를 합하면, 8개 연구분야의 응답자수는 13~15명의 범위를 나타내어 8개 분야 모두가 향후 필요한 연구분야로 인식하고 있음([그림 19])

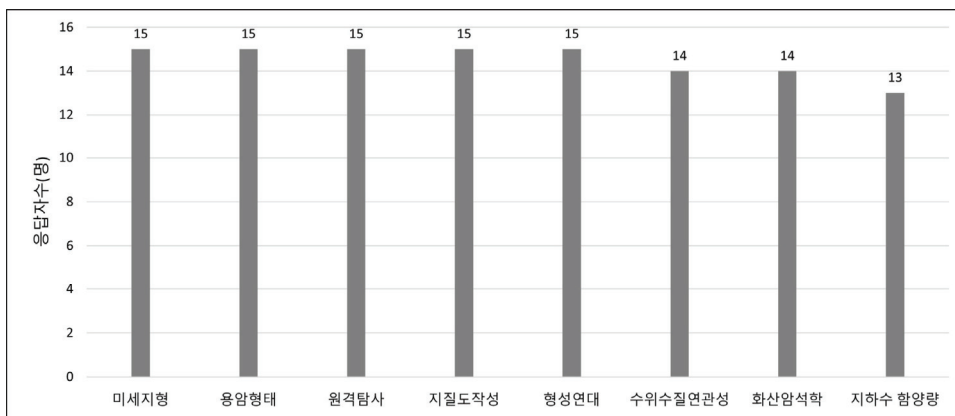
〈표 23〉 꽃가람지대 지질학적 특성 정립에 필요한 지질분야 연구과제 응답 현황

응답자	우선순위 1	우선순위 2	우선순위 3	우선순위 4	우선순위 5	우선순위 6	우선순위 7	우선순위 8
1	지질도작성	화산암석학	응암형태	형성연대	미세지형	원격탐사	지하수함양량	수위수질연관성
2	원격탐사	지질도작성	응암형태	미세지형	형성연대	지하수함양량	수위수질연관성	화산암석학
3	지질도작성	원격탐사	응암형태	형성연대	화산암석학	지하수함양량	수위수질연관성	미세지형
4	형성연대	지질도작성	응암형태	화산암석학	수위수질연관성	미세지형	지하수함양량	원격탐사
5	화산암석학	형성연대	지하수함양량	수위수질연관성	지질도	응암형태	미세지형	원격탐사
6	지질도작성	원격탐사	응암형태	화산암석학	미세지형	수위수질연관성	지하수함양량	형성연대
7	화산암석학	형성연대	응암형태	지질도작성	수위수질연관성	지하수함양량	원격탐사	미세지형
8	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
9	원격탐사	미세지형	지질도작성	응암형태	형성연대	무응답	무응답	무응답
10	지질도작성	형성연대	지하수함양량	화산암석학	응암형태	수위수질연관성	원격탐사	미세지형
11	원격탐사	지질도작성	응암형태	미세지형	화산암석학	형성연대	지하수함양량	수위수질연관성
12	형성연대	지질도작성	응암형태	미세지형	화산암석학	원격탐사	수위수질연관성	지하수함양량
13	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답	무응답
14	화산암석학	형성연대	미세지형	응암형태	원격탐사	지질도작성	지하수함양량	수위수질연관성
15	원격탐사	지질도작성	수위수질연관성	형성연대	화산암석학	응암형태	지하수함양량	미세지형
16	지질도작성	화산암석학	응암형태	형성연대	미세지형	원격탐사	수위수질연관성	지하수함양량
17	지하수함양량	수위수질연관성	화산암석학	지질도작성	형성연대	응암형태	원격탐사	미세지형
연구 분야별 응답자 수	지질도작성 5	화산암석학 2	응암형태 9	형성연대 4	미세지형 3	원격탐사 3	지하수 함양량 6	수위수질연관성 3
	원격탐사 4	지질도 작성 5	지하수함양량 2	미세지형 3	형성연대 3	지하수 함양량 3	수위수질연관성 4	화산암석학 1
	형성연대 2	원격탐사 2	지질도 작성 1	화산암석학 3	화산암석학 4	미세지형 1	미세지형 1	미세지형 5
	화산암석학 3	형성연대 4	미세지형 1	수위수질연관성 1	수위수질연관성 2	응암형태 3	원격탐사 3	원격탐사 2
	지하수 함양량 1	미세지형 1	수위수질연관성1	지질도 작성 2	지질도 작성 1	수위수질연관성 2	무응답 3	형성연대 1
	무응답 2	수위수질연관성 1	화산암석학 1	응암형태 2	응암형태 1	형성연대 1	지하수 함양량 2	지하수 함양량 3
		무응답 2	무응답 2	무응답 2	원격탐사 1	지질도 작성 1		
					무응답 2	무응답 3		

〈표 24〉 향후 지질학적 조사·연구분야 우선순위별 응답자 수 및 분석

우선 순위	분야별 응답자 수	응답을 상위 2개 분야	채택 분야
01	지질도 작성 5, 원격탐사 4, 형성연대 2, 화산암석학 3, 지하수 함양량 1, 무응답 2	지질도 작성 원격탐사	지질도 작성 원격탐사
02	지질도 작성 5, 형성연대 4, 화산암석학 2, 원격탐사 2, 미세지형 1, 수위수질 연관성 1, 무응답 2	지질도 작성 형성연대	형성연대
03	용암형태 9, 지하수 함양량 2, 지질도 작성 1, 미세지형 1, 수위수질 연관성 1, 화산암석학 1, 무응답 2	용암형태 지하수 함양량	용암형태 지하수 함양량
04	형성연대 4, 미세지형 3, 화산암석학 3, 수위수질 연관성 1, 지질도 작성 2, 용암형태 2, 무응답 2	형성연대 미세지형 화산암석학	미세지형 화산암석학
05	화산암석학 4, 미세지형 3, 형성연대 3, 수위수질 연관성 2, 지질도 작성 1, 용암형태 1, 원격탐사 1, 무응답 2	화산암석학 미세지형 형성연대	
06	원격탐사 3, 용암형태 3, 지하수 함양량 3, 미세지형 1, 수위수질 연관성 2, 형성연대 1, 지질도 작성 1, 무응답 3	원격탐사 용암형태 지하수 함양량	
07	지하수 함양량 6, 수위수질 연관성 4, 미세지형 1, 원격탐사 3	지하수 함양량 수위수질 연관성	수위수질 연관성
08	미세지형 5, 수위수질 연관성 3, 화산암석학 1, 원격탐사 2, 형성연대 1, 지하수 함양량 2, 무응답 3	미세지형 수위수질 연관성	

[그림 19] 지질학 분야 8개 연구과제에 대한 응답자 수 분포



- 꽃자왈지대의 지질학 분야 연구과제의 우선순위를 결정하는데 고려한 요소에 대해 전문가들은 △꽃자왈의 정의 정립, △용암분출지 및 분포범위 정립, △연구기간과 연구비, △꽃자왈의 형성과정 규명, △꽃자왈의 분포와 지형적 특성 정립 등으로 응답하였음

- 아울러, 예시된 8개 연구분야 외에 추가하고 싶은 분야는 △동위원소 연구, △시추조사, △꽃자왈 변화 모니터링(동식물 변화, 꽃자왈에 대한 인식변화, 훼손 혹은 개발지 인근 꽃자왈의 변화 경향 등), △일본 등 해외 사례 연구 등을 제시하였음

1-3. 설문조사 결과 시사점

- 설문에 참여한 대부분의 전문가(76%)들은 꽃자왈지대 선행 조사·연구가 편수·분야·내용 모두에서 매우“부족”하다고 인식하는 것으로 나타나 향후 체계적인 조사·연구가 요구됨
- 전문가들은 향후 꽃자왈지대에 대한 기초·응용·융합연구가 필요하다는데 인식을 같이 하고 있는 것으로 나타났음
 - 기초연구 분야는 지질, 지하수, 꽃자왈 정의, 식물, 역사문화, 동물 등 6개 분야를 꼽았고,
 - 산림치유 및 웰니스, 생태계 서비스, 생태관광, 현장체험 및 학습, 기후변화에 대한 연구가 집중되어야 할 것으로 응답하였음
 - 또한, 전문가들은 스토리텔링, 디자인, 생태계 탐구, 미술, 방송, 생태계 관리, 예술, 판례연구를 융합연구 주 분야로 꼽았음
- 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 하기 위한 연구과제의 우선위로 「지질도작성, 원격탐사, 용암형태, 지하수 함양, 미세지형, 화산암석학, 수위수질 연관성」을 꼽았으나,
 - 각 순위별로 응답자 수가 동수를 이룬 경우가 많아 연구목적을 고려하여 세부과제로 구성할 필요가 있는 것으로 나타났음

2. 향후 연구과제

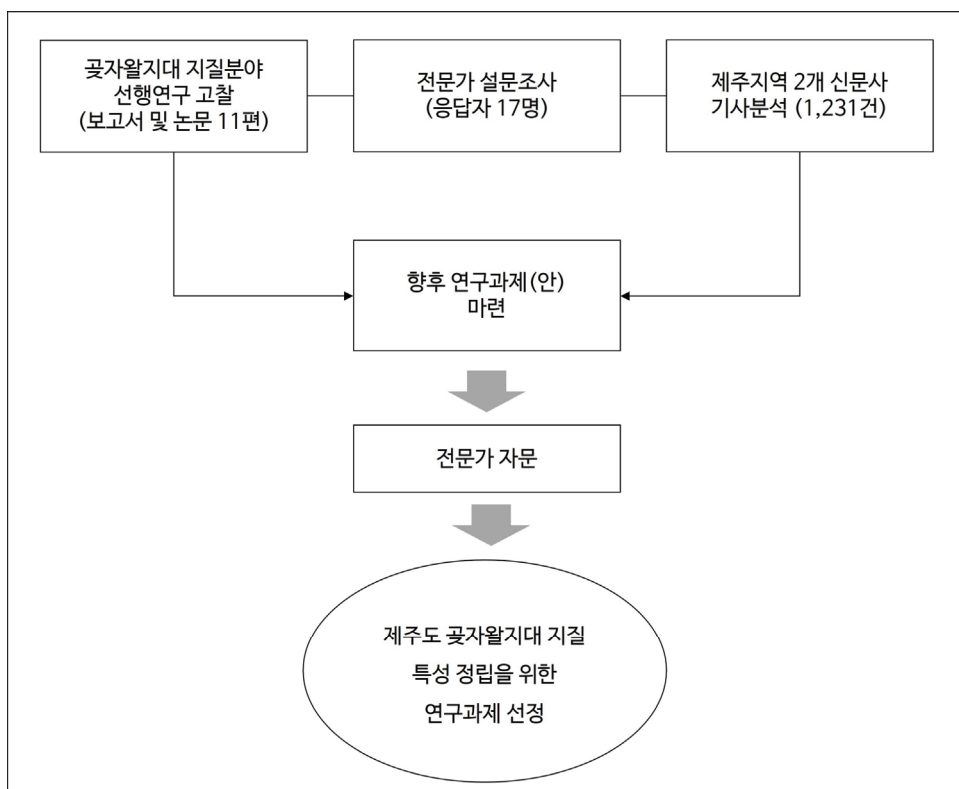
2-1. 연구과제 도출과정

- 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위해 향후 추진되어야 할 연구과제는 다음과 같은 3가지 사항을 고려하여 도출하였음
 - 첫째, 꽃자왈지대 지질에 대한 선행 조사·연구 고찰에서 나타난 미흡점과 부족한 연구분야

- 둘째, 전문가를 대상으로 실시한 설문조사 결과
- 셋째, 제주도내 2개 일간지 기사

■ 1차적으로 정리된 향후 연구과제(안)은 전문가 자문을 거쳐 확정하였으며, 과제 도출과정은 [그림 20]과 같음

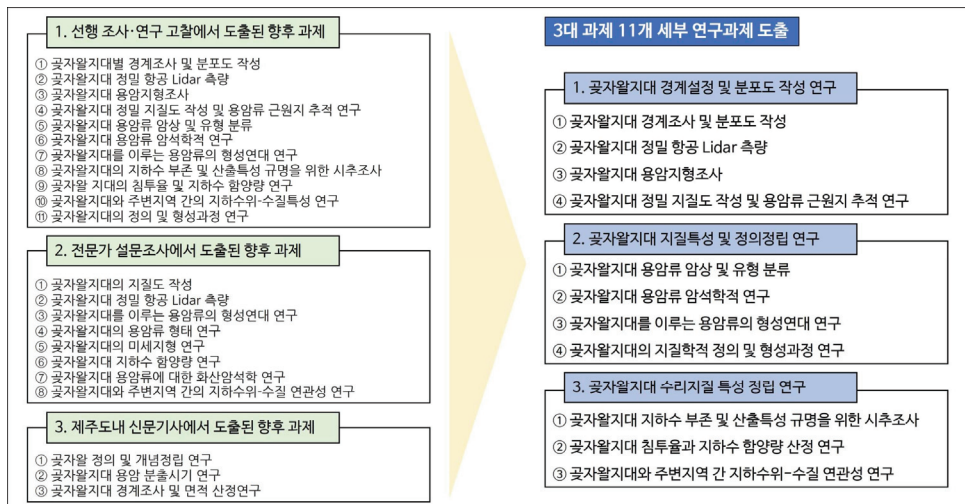
[그림 20] 꽃자왈지대 지질특성 정립을 위한 향후 연구과제 발굴과정



■ 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위한 향후 연구과제로 3대 과제 11개 세부과제를 도출하였음([그림 21])

- 첫 번째 과제는 꽃자왈지대의 경계설정과 분포도 작성과제로서, 이 과제는 꽃자왈지대 경계조사를 위한 항공레이저측량을 비롯한 4개 세부 과제로 구성
- 두 번째 과제는 꽃자왈지대의 지질특성 정립과 지질학적 정의를 정립하기 위한 과제로서, 꽃자왈지대를 이루는 용암류의 암상과 유형분류 등 4개 세부 과제로 구성
- 세 번째 과제는 꽃자왈지대의 지하수 부존특성 규명 및 함양량 산정 등을 위한 과제로서, 시추조사를 포함해 3개 세부과제로 구성

[그림 21] 꽃자왈지대 지질 특성 정립을 위한 향후 연구과제



2-2. 연구과제 제안서(RFP)

2-2-1. 꽃자왈지대 경계설정 및 분포도 작성 연구

■ 필요성 및 목적

- 1995년부터 꽃자왈지대의 경계를 설정하기 위한 조사·연구가 진행되어왔으나, 각종 개발사업 및 경작활동 등으로 원형이 훼손된 지역이 많을 뿐만 아니라, 늦가을~초봄 사이를 제외한 기간은 현장 접근이 어렵고, 꽃자왈지대 및 그 주변 용암류와 경계를 규명하는데 상당 시간이 소요되는 등 현실적 어려움으로 지질학적 관점에서의 상세한 경계조사는 미흡하였음
- 따라서, 1960년대 촬영 항공사진 해석과 정밀 항공레이저측량 자료를 기반으로 야외 지질조사를 실시하여 꽃자왈지대를 이루는 용암류의 분포 경계를 정확히 도면화함으로써 꽃자왈지대별 용암지형, 용암류 근원지 등을 상세히 밝히고, 조사결과를 반영한 정밀 지질도 등의 기본도를 작성하기 위함

■ 연구 목표

- 꽃자왈지대별 분포도 작성(축척 1/5천)
- 꽃자왈지대별 용암지형 분포도(축척 1/5천)
- 꽃자왈지대별 정밀 지질도 작성(축척 1/5천)

■ 주요 연구내용

- 1960년대 촬영 항공사진 해석

- 정밀 항공레이저측량 및 수치지형도/음영기복도 등 작성(DEM 간격 0.5m)
- 항공사진 및 항공레이저측량 자료를 이용한 꽃자왈 분포도(축척 1/5천) 초안 작성
- 야외지질조사를 통한 초안 보완 및 꽃자왈 분포도(축척 1/5천) 완성
- 꽃자왈지대별 용암지형 분석(용암채널, 요철지형, 용암동굴 붕괴지, 투물러스, 용암동굴, 용암 주 흐름 방향 등을 포함한 용암지형도 작성)
- 정밀 지질도 작성(축척 1/5천) 및 용암류 근원지 추적

■ 기대효과

- 최신의 첨단기술과 꽃자왈지대 원형이 크게 훼손되지 않았던 1960년대의 자료를 반영한 지질학적 관점의 꽃자왈 분포도를 작성함으로써 꽃자왈지대를 이루는 용암류 분포 범위를 복원하고,
- 꽃자왈지대 내에 발달한 용암지형 상세화 및 정밀 지질도가 작성됨으로써 식생·동물·역사문화·산림치유·생태관광·현장학습 및 체험학습 프로그램 개발 등의 기초·응용연구 기반을 제공함과 아울러,
- 제주특별자치도의 꽃자왈 보전·관리정책을 과학적 기반 위에 일관성 있게 추진할 수 있는 근거 제공

2-2-2. 꽃자왈지대 지질특성 및 정의 정립 연구

■ 필요성 및 목적

- 「제주특별법」 및 「제주특별자치도 꽃자왈 보전관리 조례」에 꽃자왈을 “제주도 화산활동 중 분출한 용암류가 만들어낸 불규칙한 암괴지대로서 숲과 덩굴 등 다양한 식생을 이루는 곳”으로 정의하고 있으나, 지질학적 특성 반영이 미흡하다는 지적이 꾸준히 제기되고 있으며,
- 꽃자왈지대를 이루는 ‘암괴’의 성인에 대해서도 포괄적 설명 수준에 그치고 있어 ‘숲과 덩굴이 우거진 곳이 곧 꽃자왈’이라는 인식이 뿌리내리고 있어 지질학적 관점에서 꽃자왈지대의 정의 정립이 시급한 실정임
- 따라서, 꽃자왈지대의 경계설정과 분포도 작성 연구 결과를 기반으로 꽃자왈지대 용암류의 암상과 유형 특성화, 암석화학적 연구를 통한 꽃자왈 용암류의 마그마 기원, 용암류의 형성연대 등에 근거한 꽃자왈지대의 지질학적 정의를 정립하기 위함

■ 연구 목표

- 꽃자왈지대별 암상 유형도 작성(축척 1/5천)
- 꽃자왈지대별 용암류 형성연대 규명
- 꽃자왈의 형성 및 지질학적 정의 정립

■ 주요 연구내용

- 꽃자왈지대별 용암류 암상 유형화 및 암상도 작성(축척 1/5천)
- 꽃자왈지대별 용암류의 암석화학적 및 동위원소적 특성 규명
- 꽃자왈지대별 용암류 형성연대 정립
- 지질학적 관점의 꽃자왈 형성원인 및 정의 정립

■ 기대효과

- 지질학적 제반 조사·연구 결과를 반영한 꽃자왈의 형성원인과 정의가 정립됨으로써 꽃자왈 보전·관리의 기초를 세우고,
- 꽃자왈지대의 암상도 작성, 암석화학적 제반 특성 정립, 형성연대 정립 등이 이뤄짐으로써 꽃자왈지대의 지질학적 가치를 재정립함과 아울러, 동식물 및 역사문화 등 타 학문 분야 조사·연구의 기초정보로 활용

2-2-3. 꽃자왈지대 수리지질 특성 정립 연구

■ 필요성 및 목적

- 그동안 꽃자왈지대가 지하수 함양기능과 오염물질을 유입시키는 오염취약성이 높은 ‘투수성지질구조’라는 표현을 무수히 사용해 왔지만, 정작 지하수에 대한 조사·연구는 거의 이루어지지 않은 실정임
- 특히, 일부에서는 “꽃자왈지대에 유출된 오염물질은 지하수체(지하수위)로 바로 침투해 지하수를 즉시 오염시킨다”거나, “꽃자왈지대가 훼손되면, 지하수가 고갈된다”는 등의 주장을 하고 있으나, 이를 뒷받침해주는 과학적 조사·연구 결과는 없는 실정임
- 따라서, 꽃자왈지대에 대한 수리지질학적 조사·연구를 통해 꽃자왈지의 투수성, 지하수 함양량, 지하수 부존특성, 꽃자왈지대와 주변 지역 간의 지하수위-수질의 연관성 등에 대한 과학적 규명이 요구되고 있음

■ 연구 목표

- 꽃자왈지대의 지하수 부존특성 정립
- 꽃자왈지대별 지표 침투율 및 지하수 함양량 정량적 평가
- 꽃자왈지대와 주변지역 간의 지하수위-수질 연관성 해석

■ 주요 연구내용

- 꽃자왈지대 지하수 부존특성 정립을 위한 시추조사(관측정, 시험정)
- 꽃자왈지대와 주변 지역 지하수위-수질 모니터링
- 꽃자왈지대별 지표 침투율 조사 및 지하수 함양량 산정
- 꽃자왈지대와 주변 지역 간의 지하수위-수질 연관성 해석

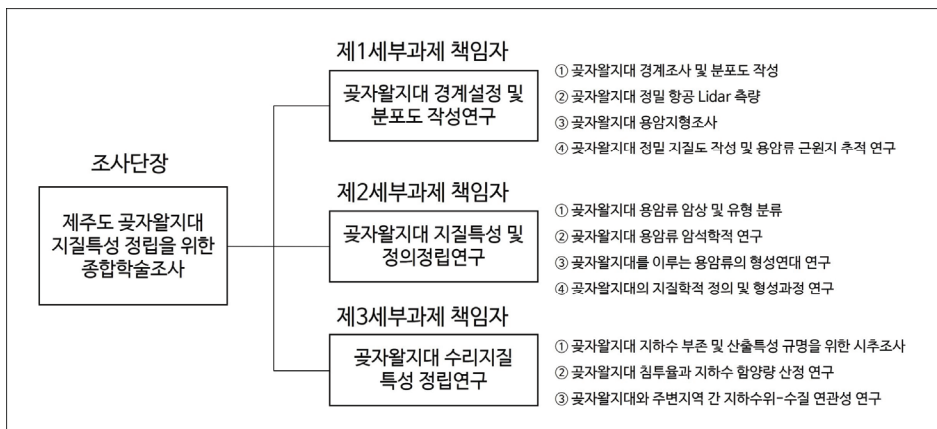
■ 기대효과

- 수리지질학적 관점에서 꽃자왈지대의 특성을 밝혀냄으로써 꽃자왈지대가 지하수 함양과 오염에 어떠한 기능을 하고 있는지를 정립하고,
- 꽃자왈지대와 비꽃자왈지대 간에 수리지질학적으로 어떠한 차이점이 있는지를 규명함으로써 꽃자왈지대의 수리지질학적 기능을 정립

3. 과제 추진 방안

- 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위한 3대 과제 11개 세부과제는 조사범위, 조사기간, 조사내용을 감안할 때, 다년간 수행해야 할 종합학술조사의 성격을 지니고 있음
 - 이 같은 점을 고려하여 ‘국가연구개발사업의 중형사업⁶⁾’ 수행체계에 준하여 추진하는 방안을 제안함(그림 22)
 - 따라서, 3대 연구과제를 총괄하는 연구단 공모 및 선정평가 과정을 거쳐 종합학술조사를 수행할 연구단을 선정해 추진하는 방안이 바람직하다고 판단됨
- 국가연구개발사업에 준하여 연구단을 선정하고 학술조사를 진행하는 경우, 연구목표·진도·연구비 관리가 체계적으로 이루어질 수 있을 뿐 아니라, 세부 참여기관 간 정보공유 및 협력체계 유지가 가능하여 전반적인 연구성과의 수준을 끌어올릴 수 있다는 장점이 있음

[그림 22] 꽃자왈지대 지질특성 정립을 위한 종합조사 추진 방안



6) 국가의 재정지원 규모가 300억원 미만인 둘 이상의 세부과제로 구성된 연구개발사업

V. 결론 및 시사점

1. 결론

- 제주도 꽃자왈지대의 지질에 대해 지난 25년(1996~2021) 간 수행된 조사·연구보고서와 학술논문을 중심으로 연구의 성과와 문제점을 고찰하고, 꽃자왈지대 고유의 지질특성 규명과 분포경계의 정확성을 기하기 위해 향후 추진해야 할 과제발굴을 위해 수행한 연구로부터 도출된 결론은 다음과 같음
- 꽃자왈 관련 선행 조사·연구 문헌은 총 191편으로 파악되었음
 - 유형별로 살펴보면 박사학위 논문(6편), 석사학위 논문(21편), 연구보고서(48편), 국내 학술논문(65편), 해외학술논문(1편), 단행본(6편) 등으로 분류되며, 학술논문과 연구보고서가 전체의 59%를 차지함
 - 한국연구재단의 학술연구분야 분류표(2016. 02)에 따라 분류한 결과, 자연과학이 86편으로 전체의 45%를 차지하였고, 사회과학(30편), 공학(23편), 농수해양학(19편) 등으로 분류되었음
 - 식물학 분야가 45편으로 가장 많았으며, 뒤이어 환경생태학(20편), 인문지리학(13편), 문화재학(12편), 화산학(11편) 순의 편수를 보여 이들 5개 분야가 전체의 56%를 차지하였음
- 제주도내 2개 일간신문에 보도된 꽃자왈 관련 기사(2000~2022. 6) 1,231건을 추출하여 분석한 결과, 꽃자왈 관련 기사의 68%(839편)는 △꽃자왈 개발 및 훼손, △꽃자왈 보전·관리, △꽃자왈공유화 관련 기사로 나타났음
 - 꽃자왈 개발 및 훼손 관련 기사는 2004~2007년 사이에 집중된 후 감소 추세를 보였고, 꽃자왈공유화 관련 기사는 2007~2014년까지 연평균 24건이 보도되었으나, 그 후 급격하게 감소하였다가 2020년부터 다소 많아지는 경향을 나타냄
 - 또한, 꽃자왈의 가치활용과 조사·연구 관련 기사는 대체로 2010~2018년 사이에 집중된 것으로 분석되었음

■ 꽃자왈지대의 지질에 대한 선행 조사·연구는 모두 15편으로 파악되었으며, 국내 학술지에 게재된 연구논문의 10편이고, 조사·연구보고서가 5편임

- 국내 학술지에 게재된 연구논문 게재 학술지는 지질학회지가 주를 이루고 있음
- 발표 시기는 2000~2016년까지이고, 2016년 이후에는 없는 실정임

■ 선행연구 11편(중복성이 있는 4편 제외)을 대상으로 심층 고찰을 실시한 결과 다음과 같은 성과와 한계점이 파악되었음

- 7개 꽃자왈지대 중 가장 많은 조사·연구가 이루어진 곳은 교래꽃자왈지대로 12개 분야에서 조사가 이루어졌으며, 한경꽃자왈지대는 11개 분야, 구좌꽃자왈지대 10개 분야, 수산꽃자왈지대 9개 분야, 애월꽃자왈지대와 안덕꽃자왈지대는 각각 8개 및 7개 분야에 대한 조사가 이루어져 상대적으로 조사·연구가 덜 집중된 것으로 분석되었음
- 또한, △꽃자왈 경계조사 및 분포 작성, △꽃자왈 분포도 작성에 필요한 항공레이저측량, △꽃자왈지대 내 용암지형조사, △꽃자왈지대의 정밀 지질도, △꽃자왈지대별 용암류의 암상 유형분포도, △ 꽃자왈 용암류 연대측정, △꽃자왈지대의 지표 투수율, △지하수 함양량 산정, △꽃자왈지대와 비꽃자왈지대 간의 수리지질학적 특성 차이 등에 대한 조사·연구가 미흡한 것으로 나타났음
- 이처럼 꽃자왈지대의 지질학적 특성에 대한 기초조사·연구의 부족으로 인하여 지질학적 관점에서의 꽃자왈 정의가 설득력을 얻지 못하는 결과를 초래하고 있고, 꽃자왈지대가 투수성이 높아 지하수 함양기능과 오염에 취약한 지질구조라는 인식은 보편화되어 있으나, 정착 이를 규명하기 위한 「꽃자왈지대-지하수 상호작용」에 관한 연구는 거의 수행되지 않았음

■ 꽃자왈지대를 대상으로 수행된 선행 조사·연구를 정성적으로 평가하고 향후 수행되어야 할 조사·연구 분야를 파악하며, 지질학적 특성 정립을 위한 조사·연구 우선순위 분야를 도출하기 위하여 제주도내외 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하였음

- 응답자 17명 중 13명(76%)이 지금까지 수행된 꽃자왈지대에 대한 조사·연구가 '부족'하다고 평가하였고, '만족'과 '보통'은 각각 2명씩임
- 향후 추진되어야 할 기초연구 분야는 모두 29개 연구분야가 제시되었으나, 2명 이상 응답한 연구분야는 13개로 줄어들었고, 5명 이상이 응답한 분야는 지하수, 지질, 꽃자왈 정의, 식물, 역사문화, 동물 분야로 제시되었으며,
- 또한 향후 추진되어야 할 응용연구 분야는 모두 11개 연구분야가 제시되었으나, 2명 이상 응답한 연구분야는 산림치유 및 웰니스와 생태계 서비스가 가장 많고, 이어서 생태관광, 현장체험 및 학습, 기후변화 순을 나타냈음
- 아울러, 융합연구 분야에서는 모두 26개 연구분야가 제시되었으나, 2명 이상 응답한 연구분야는 스토리텔링, 디자인, 생태계 탐구, 미술, 방송, 생태계 관리, 예술, 판례연구 순으로 나타났음

- 꽃자왈지대의 지질학적 특성을 정립하기 위해 향후 수행되어야 할 연구 분야(8개)의 우선순위는 「(1순위)지질도 작성, 원격탐사 → (2순위) 형성연대 → (3순위) 용암형태, 지하수 함양량 → (4순위) 미세지형, 화산암석학 → (7순위) 지하수위-수질 연관성 연구」로 분석되었음
- 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위해 향후 추진되어야 할 연구과제는 ①꽃자왈지대 지질에 대한 선행 조사·연구 고찰에서 나타난 미흡점과 부족한 연구분야, ②전문가를 대상으로 실시한 설문조사 결과, ③제주도내 2개 일간지 기사 등 3가지 사항을 반영하여 3대 과제 11개 세부과제를 도출하였음
 - 첫 번째 과제는 꽃자왈지대의 경계설정과 분포도 작성과제로서, 이 과제는 꽃자왈지대 경계조사를 위한 항공레이저측량을 비롯한 4개 세부 과제로 구성
 - 두 번째 과제는 꽃자왈지대의 지질특성 정립과 지질학적 정의를 정립하기 위한 과제로서, 꽃자왈지대를 이루는 용암류의 암상과 유형분류 등 4개 세부 과제로 구성
 - 세 번째 과제는 꽃자왈지대의 지하수 부존특성 규명 및 함양량 산정 등을 위한 과제로서, 시추조사를 포함해 3개 세부과제로 구성
 - 도출된 3대 과제에 대해 △연구의 필요성 및 목적, △연구목표, △주요 연구내용, △기대효과가 포함된 연구과제 제안서(RFP)를 작성하였음
- 한편, 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위한 3대 과제 11개 세부과제는 조사범위, 조사기간, 조사내용을 감안할 때, 다년간 수행해야 할 종합학술조사의 성격을 지니고 있음에 따라 ‘국가연구개발사업의 중형사업’ 수행체계에 준하여 추진하는 방안을 제안하였음
 - 3대 연구과제를 총괄하는 연구단 공모 및 선정평가 과정을 거쳐 종합학술조사를 수행할 연구단을 선정해 추진할 경우, 연구목표·진도·연구비 관리가 체계적으로 이루어질 수 있을 뿐 아니라, 세부 참여기관 간 정보공유 및 협력체계 유지가 가능하여 전반적인 연구성과의 수준을 끌어올릴 수 있다는 장점이 있음

2. 시사점 및 제언

■ 1990년대 초반부터 ‘개발과 보전’이라는 환경 갈등의 한복판에 있는 갯벌지대를 대상으로 진행된 학술조사·연구는 이슈의 무게에 비해 부족한 수준에 머물러 있음을 금번 선행 연구 고찰을 통해 인지하게 되었으며, 지금부터라도 갯벌지대의 본질적 특성을 밝히기 위한 체계적 연구가 필요함

- 특히, 본 연구의 설문조사에 참여한 전문가 대부분이 갯벌지대에 대한 선행 조사·연구는 연구 편수·연구분야·연구내용 모두 “부족”하다는 평가는 향후 조사·연구는 보다 더 체계적이고 지속적으로 추진되어야 함을 역설하는 것이라 하겠음
- 따라서, 향후 추진되는 조사·연구는 추진주체, 연구진 구성, 연구목표, 과제 관리, 연구비 집행, 연구결과에 대한 객관적 검증 또는 평가, 연구결과의 국내외 학술지 게재 의무화 등이 포함된 보다 강화된 관리가 필요하며, 이 같은 관점에서 몇 가지 사항을 제안하고자 함

■ 갯벌지대 중장기 연구계획수립

- 갯벌지대는 지질·동식물·역사문화 등 매우 다양한 요소로 구성되어 있고, 또 이를 응용한 연구분야도 아주 광범위하며, 면적 또한 100km²에 달할 정도로 넓기 때문에 갯벌지대의 제반 특성을 체계적으로 정립하기 위해서는 중장기 연구계획수립이 절대적으로 요구됨
- 이전의 조사·연구에서처럼 산발적·부분적·분야별·단기적으로 분산 추진될 경우, 투입되는 비용 대비 연구의 성과는 기대하기 어려움
- 특히, 「제주특별자치도 갯벌 보전 및 관리조례」제 11조에 도지사는 ‘갯벌 보전기본계획’ 5년마다 수립하도록 규정하고 있고, 또 제13조에는 “도지사는 보호지역으로 지정하거나 기본계획을 수립하기 위해 5년마다 갯벌의 자연생태계·지형·지질 및 훼손 현황과 토지이용실태 변화 등 사회·경제적 현황 등에 대한 기초조사를 실시하여야 한다. 단, 필요한 경우에는 해당 지역의 정밀조사를 실시할 수 있다”라 규정하고 있으며,
- 2021년 수립된 갯벌 보전기본계획에 △화산지형 연구 조사사업(8억원), △갯벌에서 물의 이동 특성 연구(4억원), △생물 다양성 조사사업(7억원), △멸종위기야생생물의 체계적 보전관리 연구사업(7억원), △바이오블리츠 갯벌(2억원), △갯벌 해설서 발간(5천만원) 등 6개 연구과제에 28억 5천만원의 연구비를 책정하고 있음
- 따라서, 상기 계획에 반영된 조사·연구사업을 포함하여 보다 상세하고 구체적인 중장기 연구계획을 수립하여 연차사업으로 추진하는 것이 필요함

■ 꽃자왈 연구 전담기관 지정(설치)

- 정부는 각 부처의 정책개발과 연구개발을 촉진하기 위하여 연구사업을 주관하는 전담 기구를 부처 산하 공공기관으로 설치·운영하고 있으며, 제주특별자치도의 경우 제주연구원과 제주테크노파크에서 유사한 업무를 수행하고 있음
- 그러나, 이들 2개 기관에서는 대부분 자체 연구사업만을 진행하고 있으며, 현재까지 제주도 내에 공적자금이 투입되는 조사·연구사업의 기획, 수행기관 선정, 과제 및 연구비 관리·성과평가·연구성과의 관리 및 홍보 등을 전담하는 전담기구는 없는 실정임
- 제주꽃자왈공유화재단은 꽃자왈지역의 공유화를 위한 기금 모금·토지 등 부동산 매입·신탁에 관한 사업, 도민 참여에 의한 꽃자왈 보전 및 관리, 꽃자왈 등 자연환경의 실태 및 보전방안에 관한 조사·연구사업 등의 사업을 수행하기 위하여 2007년 설립되었음을 고려하면, 꽃자왈지대 조사·연구사업을 총괄하는 전담기구로 지정받을 수 있는 자격을 갖추고 있다 하겠음
- 따라서, 제주꽃자왈공유화재단을 꽃자왈 연구 전담기구로 지정하여 조사·연구사업을 체계적으로 추진할 수 있는 기반을 마련하는 것이 필요함

■ 조사·연구사업은 부문별·단계별 종합학술조사로 시행

- 앞서 언급한 바와 같이, 다양한 구성요소로 이루어진 꽃자왈지대의 학술적 가치를 체계적으로 정립하기 위해서는 부문별·단계별로 나누어 종합학술조사를 실시하는 것이 바람직함
- 예를 들어, 꽃자왈지대의 지질학적 특성 정립을 위한 종합학술조사를 1차적으로 실시하고, 그다음에 동식물 분야, 역사문화 분야 등의 학술조사로 이어 나가는 추진방향 정립이 필요함
- 이는 꽃자왈지대를 이루는 구성요소 모두를 포함한 종합조사를 일시에 추진할 경우, 막대한 자원확보 문제와 기초분야 정보의 부족에 따른 혼선이 우려되며, 지질-식생-생태의 상호관계 및 작용을 심층적으로 규명하는 것도 어려울 수 있기 때문임

■ 조사·연구자료의 관리 및 활용을 위한 플랫폼 구축

- 그동안 진행된 조사·연구로부터 많은 자료(분석치, 측정치, 도면, 사진 등)들이 생산되었으나, 이를 체계적으로 관리하는 전담기구나 조직이 없음
- 제주꽃자왈공유화재단에서 '꽃자왈 아카이브'를 구축·운영하고 있으나, 조사·연구 문헌에 대한 정보만을 제공하고 있는 실정임
- 조사·연구로부터 얻어진 각종 자료는 조사·연구의 중복을 방지하고, 새로운 해석에 활용할 수 있으며, 꽃자왈지대의 특성과 가치를 정립하는데 활용할 수 있는 귀중한 자료임을 감안 할 때, 각종 조사·연구로부터 생산된 자료를 수집·정리·제공할 수 있는 플랫폼을 제주꽃자왈공유화재단에 구축할 것을 제안함

참고문헌

국문 참고문헌

- 고기원 · 박준범, 2016. 제주도 꽃자왈지대의 지질학적 해석. 2016 꽃자왈공유화재단 학술심포지엄 ‘꽃자왈의 정의정립’발표자료집, 45-73
- 강봉래 · 김기표 · 문덕철 · 김수정, 2010. 조천-함덕 꽃자왈의 지질 및 동식물상조사Ⅱ. 제주특별자치도 환경자연연구원, 제2권, 184
- 강순석 · 류춘길 · 최미경 · 김성현 · 김세진, 2018. 교래꽃자왈 지대의 화산지질학적 기초 연구. 꽃자왈공유화재단 · 제주특별자치도개발공사, 86
- 김진광 · 권준기 · 최형순, 2015. 항공레이저측량에 의한 꽃자왈의 분포와 범위 설정. 국토지리학회지, 49권 4호, 455-463
- 박기화 · 이병주 · 조등룡 · 김정찬 · 이승렬 · 김유봉 · 최현일 · 황재하 · 송교영 · 최범영 · 조병욱, 1998. 제주 · 애월 지질보고서. 제주도, 290
- 박기화 · 조등룡 · 김정찬, 2000. 모슬포 · 한림도폭 지질보고서, 한국자연연구소, 56
- 박준범 · 박기화 · 조등룡 · 고기원, 1999. 제주도 제4기 화산암류의 암석화학적 분류. 지질학회지, 제35권 4호, 253-264
- 박준범 · 강봉래 · 고기원 · 김기표, 2014. 제주도 꽃자왈지대의 지질 특성. 지질학회지, 50권 3호, 431-440
- 송시태 · 고기원 · 윤선, 1996. 제주도 지하수의 함양과 오염에 영향을 미치는 숨골구조와 꽃자왈 지대에 관한 연구(I). 한국지하수토양환경학회 68-69
- 송시태, 2000. 제주도 암괴상 아아용암류의 분포 및 암질에 관한 연구. 부산대학교 대학원 박사학위 논문, 118
- 송시태, 2002. 제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 1. 조천-함덕 꽃자왈지대. 지질학회지, 38권 3호, 377-389
- 송시태, 2003. 제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 2. 애월 꽃자왈지대. 제주대학교 백록논총, 5권 1호, 253-263
- 송시태, 2003. 제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 3. 도너리꽃자왈용암, 제주대학교 기초과학연구, 16권 1호, 47-55
- 송시태, 2003. 제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 4. 병악꽃자왈용암. 제주대학교 기초과학연구, 16권 1호, 57-63
- 안웅산 · 황상구, 2009. 만장굴 용암동굴을 형성한 용암의 공급지에 관한 연구. 암석학회지, Vol.18 No.3, 237-253

- 안웅산 · 손영관 · 강순석 · 전용문 · 최형순, 2015. 제주도 꽃자왈 형성의 주요 원인. 지질학회지, 51권 1호, 1-19
- 안웅산 · 최형순, 2016. 매우 젊은 꽃자왈 용암류의 연대. 지질학회지, 52권 4호, 433-441
- 이진영 · 김진철 · 박준범 · 홍세선 · 임재수 · 최한우, 2014. 제주도 상창리 제4기 퇴적층 연대와 화산활동. 지질학회지, 제50권 제6호, 697-706
- 임재수 · 홍세선 · 이춘오 등 21인, 2018. 2018년 한라산 천연보호구역 기초학술조사. 제주특별자치도 세계유산본부 · 한국지질자원연구원, 589
- 전용문 · 안웅산 · 류춘길 · 강순석 · 송시태, 2012. 제주도 꽃자왈 지역에 대한 지질학적 고찰: 예비 연구 결과. 지질학회지, 48권 5호, 425-434
- 전용문 · 김대신 · 기진석 · 고정균, 2015. 제주도 꽃자왈 지대의 지질학적 분류체계 제안과 의미. 지질학회지, 51권 2호, 235-241
- 정광중, 2015. 제주의 용암숲, 꽃자왈. 철도저널 18(3), 24-28
- 제주특별자치도 수자원본부, 2011. 꽃자왈지대 수문지질학적 특성조사(II):구좌-성산 꽃자왈지대. 제주특별자치도 수자원본부, 125
- 최형순 · 현화자 · 김찬수 · 김해란 · 원현규 · 김진 · 강영제 · 박찬열 · 천정화 · 최형태 · 홍경낙 · 강창화 · 정광중 · 강순석 · 이영진 · 송국만 · 김은미, 2014. 꽃자왈의 생태와 문화. 국립산림과학원, 254
- 현화자 · 송국만 · 임은영 등 20인, 2019. 용암숲 꽃자왈의 가치발굴 및 지속가능한 활용 연구. 국립산림과학원, 151

영문 참고문헌

- Kauahikaua, J.P., Sherrod, D.R., Cashman, K.V., Heliker, C.C., Hon, K., Mattox, T.N., and Johnson, J.A., 2003. Hawaiian lava-flow dynamics during the Pu'u 'Ō'ō-Kūpaianaha eruption; a tale of two decades, in Heliker, C., Swanson, D.A., and Takahashi, T.J., eds., The Pu'u 'Ō'ō-Kūpaianaha eruption of Kīlauea Volcano, Hawai'i; the first 20 years: U.S. Geological Survey Professional Paper 1676, 63-87.

Abstract

Review of previous research literature and selection of future research projects for establishing the geological characteristics of the Gotjawal terrain in Jeju Island

Gi Won Koh, Seung IL Kang, Su Yeon Ko

Keywords : Gotjawal terrain, previous research, questionnaire survey for experts, future geological research project

In previous geological studies of Gotjawal terrain, it is pointed out that the formation process, definition, and distribution boundary of the Gotjawal terrain are different for each researcher, and that the boundary of the ‘Gotjawal Distribution Map’ announced by law does not match.

This study was carried out to select a research project to be pursued in the future to establish the geological characteristics of the Gotjawal terrain by reflecting the opinions of experts and the deficiencies of previous geological research on the Gotjawal terrain.

In order to establish the geological characteristics of the Gotjawal terrain, 3 major projects and 11 detailed research themes were selected as research projects to be pursued in the future. The three major research projects selected in this study are as follows.

1. A study on the boundary setting and distribution range mapping of the Gotjawal terrain
2. A study on the geological characteristics and definition of the Gotjawal terrain
3. A study on establishing the hydrogeological characteristics of the Gotjawal terrain

For each of these three major research projects, a research proposal was prepared in the order of research necessity, research purpose, research goal, main research content, and expected effect of the research.

부록 1. 전문가 설문조사지

제주도 꽃자왈지대 연구과제 발굴을 위한 전문가 설문조사

ID

안녕하십니까? 평소 제주도 꽃자왈 보전·관리와 꽃자왈공유화재단의 업무에 많은 관심과 도움을 주시는데 대하여 깊이 감사드립니다.

여러분들께서도 주지하시고 계신 바와 같이, 꽃자왈은 지하수 함양, 멸종위기 동식물 서식, 생태계 서비스, 역사문화 등 여러 방면에서 보전가치가 높은 제주의 귀중한 자산으로 평가받고 있습니다. 2000년대 초반부터 꽃자왈 관련 조사·연구들이 활발하게 진행되어 꽃자왈에 대한 많은 정보들이 축적되고, 보전·이용에 활용되고 있으나, 꽃자왈지대의 특성정립과 가치발굴을 위해서는 이전에 진행된 연구의 내용과 성과를 되돌아보고, 향후 추진되어야 할 연구과제(또는 연구주제) 발굴이 필요한 시점입니다.

꽃자왈공유화재단에서는 꽃자왈과 관련한 이전에 수행된 조사·연구를 살펴보고, 향후 추진과제 발굴을 위해서 전문가 설문조사를 진행하고 있습니다. 바쁘시더라도 설문에 참여하시어 고견을 주시면 감사하겠습니다.

「통계법」제33조에 의거, 귀하(기관)의 답변내용은 통계분석 및 정책 자료로만 활용되며 응답 내용에 대한 비밀이 보장됩니다.

※ 본 설문조사에 대한 문의는 아래의 연락처로 문의해주시기 바랍니다.

■ 조사기관 : 꽃자왈공유화재단

■ 조사책임자 : 강승일(꽃자왈연구소)

■ 연락처 : 010-9882-5155 / r2topic@naver.com

기관명			
응답자	소속 :	직위 :	성명 :
	연락처 :	(핸드폰)	
	e-mail :		

I 꽃자왈 관련 선행 조사·연구에 대한 의견

1996~2021년까지 수행된 꽃자왈지대와 관련한 조사연구는 190여 편에 이르고 있으며, 연구분야도 동식물, 역사문화, 지질, 경관, 토양 등 다양한 것으로 파악되었습니다. 【붙임 1, 2】 자료를 참고하여 아래의 질문에 답하여 주세요.

1. 2021년까지 수행된 조사연구 분야와 연구문헌 편수를 감안할 때, 선행 꽃자왈 관련 조사연구에 대해 어떻게 평가하십니까?

① 만족할만한 수준이다() ② 보통이다() ③ 부족한 편이다()

2. (“만족할만한 수준이다”고 답한 경우) 선행 조사연구에서 어떤 사항이 ‘만족스럽다’고 생각하십니까?

① 조사연구 편수() ② 조사연구 분야() ③ 조사연구의 내용()

2-1. 구체적인 사례를 들어 이유를 기술해주시길 바랍니다.

○

○

○

3. (“부족한 편이다”고 답한 경우) 선행 조사연구에서 어떤 사항이 ‘부족하다’고 생각하십니까?

① 조사연구 편수() ② 조사연구 분야() ③ 조사연구의 내용()

3-1. 구체적인 사례를 들어 이유를 기술해주시길 바랍니다.

○

○

II 꽃자왈 관련 향후 조사·연구에 대한 의견

꽃자왈 관련 선행연구 결과는【붙임 1, 2】와 같으며, 이를 참고로 선행 연구 분야를 요약하면, 아래의 【표】와 같습니다. 자료와 아래의 표를 참고하여 향후 추진되어야 할 꽃자왈 조사연구 분야의 우선순위를 기재하여 주세요.

구 분	조사연구 분야
기초연구	지질, 꽃자왈 정의 및 개념, 지하수, 식물, 동물, 생물 및 곤충, 역사문화, 유적, 원격탐사, 토양, 습지, 경관, 동식물 모니터링 등
응용연구	생태관광 프로그램, 현장/체험학습 프로그램, 산림치유, 웰니스, 생태계 서비스, 기후변화 등
융합연구	생태계 탐구, 스토리텔링, 디자인, 판례연구, 미술, 방송 등

※ 상기 구분 및 조사연구 분야 분류는 학문적 기준에 의한 분류가 아니라, 조사자가 임의적으로 작성한 것임

4. 【붙임 1, 2】와 아래의 표를 참고하여 향후 추진되어야 할 꽃자왈 조사연구 분야의 우선순위를 기재하여 주세요.

구 분	향후 필요로 하는 조사연구 분야	비 고
기초연구 (5가지)		
응용연구 (5가지)		
융합연구 (5가지)		

5. (4번 문항)의 조사연구 분야 외에 추가하고 싶은 분야가 있다면, 기재해 주세요.

○ _____

6. 꽃자왈 관련 선행 연구 중 국제학술지에 1편의 논문만이 게재되어 향후 꽃자왈에 대한 국제적 이해와 관심을 높여 나가기 위해서는 국제학술지에 논문 게재가 활발히 진행되어야 할 것으로 사료됩니다. 이를 위해 필요하다고 생각하시는 사항을 기재해 주십시오.

○ _____

III

향후 꽃자왈지대 지질분야 조사·연구과제에 대한 의견

꽃자왈지대의 지질에 대한 선행 조사연구 문헌 편수는 16편으로 파악되었으며, 그 중 주요 연구내용은 아래와 같습니다. 아래 표를 참고하여 질문에 답하여 주세요.

연구자	연구제목	주요 내용
송시태 (2000)	제주도 암괴상 아아용암류의 분포 및 암질에 관한 연구	- 꽃자왈은 암괴상 아아 용암류로 구성되며 ‘꽃자왈용암류’라 지칭하고, 분포도 제시(면적 약 169.7 km ²)
전용문 등 (2012)	제주도 꽃자왈 지역에 대한 지질학적 고찰: 예비 연구 결과	- 파호이호이 용암류의 분포지에서도 꽃자왈 형성 확인 - 꽃자왈의 정의 제안 “용암의 조성 및 성인에 상관없이 암괴들이 불규칙하게 흩어져 분포하고 있으며, 독특한 생태계가 유지되고 있는 보존가치가 높은 지역”
박준범 등 (2014)	제주도 꽃자왈지대의 지질 특성	- 각 꽃자왈 지역별로 용암류의 특징, 암석화학 성분과 형성 연대(Ar/Ar)가 다름을 제시 - 꽃자왈의 정의 제안 “토양이 거의 없거나 그 표토층의 심도가 다른 지역에 비해 상대적으로 얇으며, 화산 분화시 화구(오름)로 부터 흘러나와 굳어진 용암의 크고 작은 암괴가 요철지형을 이루고 있는 곳”
안웅산 등 (2015)	제주도 꽃자왈 형성의 주요 원인	- 꽃자왈 형성(잔존)의 가장 큰 원인 ① 용암류의 매우 젊은 연대, ② 토양층의 부재, ③ 지형기복으로 제시
전용문 (2015)	제주도 꽃자왈지대의 지질학적 분류체계 제안과 의미	- 꽃자왈지대 내 지질요소에 대한 지질학적 분류 제안
고기원·박준범 (2016)	꽃자왈지대의 지질학적 해석	- 꽃자왈지대를 “거력 이상의 암괴가 우세한 연장성을 갖는 용암유역”으로 정의

7. 꽃자왈지대의 지질학적 개념 및 정의, 분포범위, 꽃자왈지대별 지질학적 특성 정립 등을 위해 향후 추진되어야 할 조사연구 과제의 우선순위를 기재하여 주세요

조사연구 분야	우선순위	조사연구 분야	우선순위
화산암석학적 연구		정밀 원격탐사 연구	
형성연대 연구		지하수 함양량 연구	
지질도(용암유역도) 작성연구		꽃자왈지대와 지하수위/수질과의 연관성 연구	
용암형태 및 특징연구		꽃자왈지대 내 미세 용암지형 연구	

7-1. 우선순위를 결정할 때, 고려한 요소를 간략히 기재해 주세요

8. (7번 문항)의 조사연구 분야 외에 추가하고 싶은 분야가 있다면 기재해 주세요

VI 일반적인 사항

- 1) 귀하의 성별은? ()
- ① 남성 ② 여성
- 2) 귀하의 연령은? ()
- ① 20대 ② 30대 ③ 40대
④ 50대 ⑤ 60세 이상
- 3) 귀하의 근무지는? ()
- ① 학교 ② 연구소 ③ 기업 ④ 정부 및 지자체 기관
⑤ 환경시민단체 ⑥ 기타 ()
- 4) 귀하의 연구경력은? ()
- ① 5년 미만 ② 5년 ~ 10년 미만 ③ 10년 ~ 15년 미만 ④ 15년 ~ 20년 미만
⑤ 20년 이상

부록 2. 선행 조사 · 연구문헌 목록(연도별 순임)

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
송시대 · 고기원 · 윤선	1996	제주도 지하수의 함양과 오염에 영향을 미치는 습골구조와 꽃자왈 지대에 관한 연구(I)	한국지하수토양환경학회		68-69
제주도 · 국토연구원	1997	제주도 중산간지역 종합조사	제주도, 국토연구원		344
송시대	2000	제주도 암괴상 아아용암류의 분포 및 암절에 관한 연구	부산대학교 일반대학원		118
제주도 · 국토연구원	2000	제주도 전지역 GIS 확대 구축	제주도, 국토연구원		102
송시대	2002	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 1. 조천-함덕 꽃자왈지대	지질학회지	38권 3호	377-389
제주도 · 국토연구원	2002	제주도 보전지역 검증용역	제주도, 국토연구원		68
송시대	2003	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 2. 애월 꽃자왈지대	제주대학교 배록논총	5권 1호	253-263
송시대	2003	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 3. 도너리꽃자왈용암	제주대학교 기초과학연구	16권 1호	47-55
송시대	2003	제주도 꽃자왈지대의 용암 No. 4. 병약꽃자왈용암	제주대학교 기초과학연구	16권 1호	57-63
김호철 · 홍석준 · 조성익 · 변경해 · 강호진	2004	제주의 허파 꽃자왈	도서출판 아트21		288
정광중	2004	꽃자왈과 제주인의 삶	제주교육대학교 논문집	33집	41-65
제주환경운동연합	2005	생명의 숲, 선홍꽃 이야기 : 꽃자왈 생태가이드북	제주환경운동연합		63
송시대 · 김호철 · 김대신 · 류성필 · 좌승훈	2007	제주의 꽃자왈	국립민속박물관, 제주특별자치도		
제주도 · 국토연구원	2007	제주도 관리보전지역 재정비용역	제주도, 국토연구원		115
김대신 · 김봉찬 · 송시대	2008	제주도 꽃자왈지대의 식물상	한국자연보호학회지	2권 2호	91-103
문용포 · 김성아 · 꽃자왈 적은학교 아이들	2008	꽃자왈 아이들과 머털도사	소나무		191

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
전형식·양경식·이가은· 김원택	2008	제주도의 꽃자왈에 분포하는 지표성 딱정벌레 군집의 특성	환경생물학회지 환경생물	26권 3호	226-232
표민경	2008	국민신탁 운동을 도입한 제주도 월림-신평 꽃자왈 보전계획	서울대학교 대학원		174
김대신·임은영·고명석· 김문홍·송관필	2009	애월 꽃자왈의 유용 약용식물	정기총회 및 학술연구발표회		235-235
김대신·장세호·김철수· 신창훈·송관필	2009	애월꽃자왈지대의 식생구조	한국자연식물학회 학술심포지엄		84-84
장용창	2009	제주도 꽃자왈 숲, 국제적으로 중요한 습지	한국습지학회지	11권 1호	99-104
전형식	2009	제주도 꽃자왈지역 멧쟁이딱정벌레의 미토콘드리아 ND5 유전자 염기서열 비교분석	제주대학교		31
정재엽	2009	중앙방송과 지역방송의 TV 다큐멘터리 비교 연구 : 제주 고대사, 탐라순력도, 꽃자왈을 중심으로	제주대학교		97
제주특별자치도 환경자연 연구원	2009	꽃자왈지대의 식물상 및 곤충상 조사보고서(1): 애월꽃자왈	제주특별자치도 환경자연연구원		102
강봉래·김기표·문덕철· 김수정	2010	조천-함덕 꽃자왈의 지질 및 동식물상조사II	제주특별자치도환경자연연구원	제2권	184
강영제	2010	제주도 산림식생에서 척생식물의 종다양성	제주대학교 대학원		87
강창훈·최선아·현화자· 송국만·송관필	2010	제주도 꽃자왈지역내의 새끼노루귀(Hepatica insularis) 자생지 분포 및 식생	정기총회 학술발표회		305-306
고성우	2010	꽃자왈 숲 생태 체험 학습을 통한 초등학생의 환경감수성 변화에 관한 연구	제주대학교 교육대학원		65
고성우·홍승호	2010	제주 꽃자왈 숲 자연 놀이 체험 학습이 초등학생의 환경 감수성 변화에 미치는 영향	환경교육	23권 3호	97-114
김찬수 외	2010	기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 체계 기반 구축 연구	제주지역환경기술개발센터		75

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
송시대 · 김철수 · 김대신 · 정세호 · 오장근	2010	꽃자왈 이야기	제주특별자치도 환경자연연구원		304
신성여자고등학교 동백동산 생태길라잡이 발간위원회	2010	제주 선을 꽃자왈 동백동산 생태 길라잡이 1	신성여자고등학교		195
최선아 · 강창훈 · 고명석 · 김문홍 · 송국만 · 현화자 · 김대신 · 송관필	2010	꽃자왈지역 내 새우난초(Calanthe discolor Lindl) 자생지의 식생구조	한국자연식물학회 학술심포지엄		
김승언	2011	제주 교래 꽃자왈과 그 인근 지역의 딱정벌레類 분포에 관한 연구	제주대학교 교육대학원		35
김영호	2011	긴꼬리딱새 Terpsiphone atrocaudata의 번식 생태에 관한 연구	제주대학교 대학원		119
김영호 · 김완병 · 오홍식	2011	제주도에서의 긴꼬리딱새 분포현황과 관리방안	한국조류학회지	18권 2호	141-148
송관필 · 정용환 · 윤필용 · 김영주 · 김동삼 · 오대주 · 김지영 · 양경식 · 최선아 · 현정인 · 고명석 · 박소현 · 원주영 · 배기화 · 박영철 · 윤의수 · 김대신 · 김문홍 · 현화자 · 송국만 · 강성현 · 강창훈 · 송정민 · 고건희 · 김태근 · 현경아	2011	꽃자왈 희귀 및 멸종위기야생식물자원의 자생지특성규명 및 식물자원 관리기술개발	환경부, 제주테크노파크		210
제주특별자치도 수자원본부	2011	꽃자왈지대 수문지질학적 특성조사(Ⅱ):구좌-성산 꽃자왈지대	제주특별자치도 수자원본부		125
제주특별자치도 한라산연구소	2011	꽃자왈지대의 식물상 및 곤충상 조사(3): 구좌 - 성산 꽃자왈	제주특별자치도 한라산연구소		84
현화자 · 문명옥 · 김문홍	2011	제주 고사리삼의 자생지 유형 및 식생 특성	한국자연식물학회지	24권 4호	395-403

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
Jong-Shik Kim · Suk-Hyung Ko · Dae-Shin Kim · Seon Yeong Jin	2012	제주 꽃자왈의 미생물다양성	한국토양비료학회 학술발표회 초록집		134-134
김상규 · 송재호 · 하철구 · 김효철 · 송시태 · 김태일 · 김봉찬	2012	꽃자왈 보전 및 현명한 이용대책 마련 연구	제주녹색환경지원센터, 제주대학교, (사)꽃자 왈사람들		231
강창화	2012	꽃자왈의 역사유적 현황조사(꽃자왈의 보전 및 이용기술개발)	한라산생태문화연구소. 국립산림과학원		
고석형 · 김종식 · 김대신 · 고정근 · 한해남	2012	제주도 선출 및 애월꽃자왈지대의 토양특성	한국토양비료학회 학술발표회 초록집		133-133
김대신 · 고석형 · 김수경 · 김종식 · 강인보	2012	제주도 꽃자왈지대의 식물상	한국토양비료학회 학술발표회 초록집		132-132
김원직 · 박혜인 · 박경호 · Liu Dong · 박재우	2012	RAD7을 이용한 제주도 꽃자왈의 토양 내 라돈 농도 측정	대한방사선방어학회 학술발표회 논문요약집		76-77
김종식 · 김대신 · 고석형	2012	제주 꽃자왈 토양미생물의 기능적 구조 분석을 위한 마이크로어레 이 (GeoChip)의 활용	한국토양비료학회 학술발표회 초록집		184-184
김진희 · 조가연 · 김초아 · 김한순 · 최재신 · 박솔이 · 문광희 · 김창무 · 우은주 · 박혜원 · 강명석 · 김민경	2012	고산습지 및 꽃자왈 미생물상 조사(대암산 용늪 및 제주 선출꽃자 왈 중심으로)	국립생물자원관		73
김찬수 · 김진 · 문명옥 · 현 화자 · 송국만 · 김지은 · 임 현아	2012	기후변화에 따른 제주지역 육상생태계의 영향평가 및 모니터링 기반구축	국립산림과학원		180
김태일	2012	꽃자왈의 경관가치 분석에 관한 연구	대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집		27-30

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
이경미 · 신정훈 · 정현모 · 김해란 · 김정호 · 신동훈 · 유영한	2012	멸종위기 식물 제주고사리삼의 입지와 식생구조의 특징에 대한 연구	한국습지학회지	14권 1호	35-45
장정훈 · 김종우	2012	태블릿 PC 기반 현장 체험 학습용 '꽃자왈의 새' 애플리케이션	정보과학회 컴퓨터의 실제 논문지	18권 11호	804-807
진용문 · 안웅산 · 류춘길 · 강순서 · 송시태	2012	제주도 꽃자왈 지역에 대한 지질학적 고찰: 예비 연구결과	지질학회지	48권 5호	425-434
정광중	2012	꽃자왈의 역사문화자원 현황조사(꽃자왈의 보전 및 이용기술개발)	한라산생태문화연구소 국립산림과학원		
정광중	2012	제주의 숲, 꽃자왈의 인식과 이용에 대한 연구	한국사지리학회지	22권 2호	11-28
제주특별자치도 한라산연구소	2012	꽃자왈지대의 식물상 및 동물상 조사(4): 한경-안덕 꽃자왈 지대	제주특별자치도 한라산연구소		104
강명석	2013	고산습지 및 제주 꽃자왈 서식 미생물상(오대산습지 및 제주 애월 꽃자왈)	국립생물자원관		54
강명석 외	2013	산지습지 및 꽃자왈 지역 미생물상 조사	국립생물자원관		68
강창화	2013	꽃자왈의 역사유적 분포, 실측조사 및 역사문화자원 평가, 활용기술 개발연구	한라산생태문화연구소, 국립산림과학원		
강하범 · 고수림 · 최윤술 · 이상우 · 고영림 · 오달영 · 최경호	2013	꽃자왈 지역의 의약물질과 농약의 오염수준과 생태독성영향	한국환경보건학회지	39권 5호	426-437
강홍구	2013	제주도 서부 한경-안덕 꽃자왈지대의 식생구조와 동태	국민대학교 대학원		88
고석형 · 좌재호 · 김종식 · 김대신 · 현해남	2013	제주도 한경-안덕 및 성산-구좌 꽃자왈지대의 토양 및 미생물 분포 특성	한국토양비료학회 학술발표회 초록집		207-208
고평열	2013	제주 자생버섯의 종다양성 연구	제주대학교 대학원		156

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
김성웅·장미나·최형순· 원형규·정성철·서연옥· 김찬수·박정환·이영진	2013	제주도 꽃자왈 숲의 임분제적 및 탄소저장량 추정	한국임학회 학술발표논문집		318-320
김중식·진선영·김대신· 고석형	2013	제주 용암숲 꽃자왈의 토양세균다양성과 생물계면활성제 생산 미생물 스크리닝 전략	한국환경농학회 학술발표논문집		271-271
김태수·권관익·김슬옹· 이제민·장갑수·최문보	2013	제주도 내 운문산반딧불이의 분포, 출현 및 개체크기 조사	한국응용곤충학회 학술대회 논문집		228
민동원·양경식·강성희· 김은미·김동순	2013	한경-안덕 꽃자왈의 함정덫(Pit-fall Trap)에 유인된 지표성 딱정 벌레목(Coleoptera) 분포	한국응용곤충학회 학술대회 논문집		202-202
박해인	2013	RAD7을 이용한 제주도 꽃자왈의 토양 내 라돈의 농도 측정	교육과학기술부		19
서홍렬·김기경·박선재· 안능호	2013	자생 토양 절지동물을 이용한 제주도 토양 등급 분석 연구	한국환경생태학회 학술대회		103-104
이원호	2013	천연기념물 식물 입지환경 및 관리개선방안 연구	국립문화재연구소		6
임은영·문명옥·선병윤· 나타나시 코즈에	2013	선흘 꽃자왈 동백동산의 선태식물상 연구	식물분류학회지	43권 4호	274-284
정광중·강성기·최형순· 김찬수	2013	제주 선흘 꽃자왈에서의 숲 생산활동에 관한 연구	한국사지진리학회지	23권 4호	37-55
제주특별자치도 한라산연구소	2013	꽃자왈 환경자원 조사	제주특별자치도 한라산연구소		223
현화자·송국만·최형순· 김찬수	2013	꽃자왈에 분포하는 개가시나무의 생육 특성	한국산림휴양학회 학술발표회 자료집		1035-10 38
현화자·송국만·최형순· 김찬수	2013	선흘꽃자왈 상록활엽수림 식생변화 연구	한국산림휴양학회 학술발표회 자료집		643-646
현화자·송국만·최형순· 김찬수	2013	선흘꽃자왈 상록활엽수림 식생변화 연구	산림과학 공동학술대회 논문집		643-646

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
강창화	2014	꽃자왈의 역사유적 및 문화자원의 가치평가와 활용연구	한라산생태문화연구소, 국립산림과학원		
강창화·정광중	2014	제주 선혈꽃자왈 내 역사문화유적의 분포실태와 특성	한국사지리학회지	24권 1호	153-173
강창화·정광중·최형순· 현화자·김진수	2014	선혈꽃자왈의 역사문화자원	국립산림과학원		138
고평열·석순자·이항범· 고효순·전용철	2014	제주도 자생버섯의 종다양성	한국균학회지	42권 2호	104-132
꽃자왈공유화재단	2014	교래꽃자왈의 식물	꽃자왈공유화재단		56
김은미·최형순·강창원· 민동원·양은정·오미래	2014	제주도에서 팔색조 반식지 특성에 따른 지령이 밀도 비교 연구	한국환경생물기술학회지	17권 5호	43-49
민동원	2014	제주 한경-안덕 꽃자왈에서 함정덫 조사를 통한 지표성 딱정벌레의 종다양성 분석	제주대학교 대학원		53
박준범·강봉래·고기원· 김기표	2014	제주도 꽃자왈지대의 지질 특성	지질학회지	50권 3호	431-440
송지호	2014	제주도 교래꽃자왈 낙엽활엽수림 식생구조 특성 연구	서울시립대학교 대학원		137
송지호·한봉호·이경재· 곽정인·김홍순	2014	제주도 교래꽃자왈 낙엽활엽수림 식생구조 특성 연구	한국환경생태학회 학술대회지		29-30
안현주	2014	제주 꽃자왈 이미지를 활용한 문화관광상품 디자인 개발	2014년도 한국의상 디자인학회 1차학술대회		63-67
유리화·정미애·이효정· 최형순	2014	제주 선혈 꽃자왈 이용객의 휴양이용 특성분석	한국산림휴양복지학회 추계 총회 및 학술대회 발표논문집		75-76
윤용택	2014	꽃, 자왈, 꽃자왈에 대한 인문학적 성찰	제주도연구	41집	27-59
이원호·김동현·김재웅· 오해성·최병기·이종성	2014	천연기념물 제374호 제주 평대리 비자나무 숲의 보존·관리방향 설정을 위한 기초연구	한국전통조경학회지	32권 1호	93-106

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
정광중	2014	제주 선술꽃자왈 내 역사문화자원의 유형과 평가	한국사지리학회지	24권 2호	1-20
정현모·김해란·조규태·이승혁·한영섭·유영한	2014	제주도 꽃자왈 상록활엽수 종기시나무의 생물량 추정을 위한 상대 생장식	한국습지학회지	16권 2호	245-250
최형순·현화자·김진수·김해란·원현규·김진·강영재·박찬열·천정화·최형태·홍경나·강창화·정광중·강순석·이영진·송국만·김은미	2014	꽃자왈의 생태와 문화	국립산림과학원		254
한영섭	2014	제주도 꽃자왈 주요식물군락의 탄소분포와 수지에 관한 연구	공주대학교 대학원		136
허철구	2014	꽃자왈 보전관리를 위한 종합계획 수립(최종보고서)	제주특별자치도		
강지현	2015	자연생태를 활용한 미술교육 지도방안 연구 : 초등학교 1~3학년을 중심으로	제주대학교 교육대학원		60
강창화	2015	한경꽃자왈지역의 역사, 문화자원 실측조사 및 문화자원활용방안 연구	한라산생태문화연구소 국립산림과학원		
고석형	2015	제주도 꽃자왈의 토양특성	한국환경농학회 학술대회집		219-234
고석형	2015	제주도 꽃자왈의 토양특성	2015 한국환경농학회 정기총회 및 학술발표 대회		219-234
김대신	2015	꽃자왈의 식물상	한국환경농학회 학술발표논문집		185-218
김은미·최형순·강창환·오미래	2015	제주도 선술꽃자왈지역과 청수꽃자왈지역 간 조류 출현 양상 비교	한국농림기상학회지	17권 2호	136-143
김종식	2015	꽃자왈의 미생물 다양성	한국환경농학회 학술대회집		235-253
김진광·관준기·최형순	2015	항공레이저측량에 의한 꽃자왈의 분포와 범위 설정	국토지리학회지	49권 4호	455-463

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
김진중	2015	녹나무의 자생지별 외부형태학적 변이 및 서식지 환경	경남과학기술대학교 대학원		72
인웅산 · 손영관 · 강순석 · 전용문 · 최형순	2015	제주도 꽃자왈 형성의 주요 원인	지질학회지	51권 1호	1-19
인웅산 · 최형순	2015	꽃자왈, 1만년 이내의 젊은 용암지대에 형성된 자연쇼	2015 추계지질과학연합학술 발표회		201-201
안현주	2015	제주 꽃자왈 사진을 디지털 프린팅 활용한 문화관광상품 디자인 개발	한국의상디자인학회지	17권 4호	145-160
양지혜	2015	게임 스토리텔링을 활용한 꽃자왈 세계관 설계 연구	제주대학교 사회교육대학원		61
오순옥	2015	한국산 업권지의류의 다양성 조사 및 한반도 기후변화 모니터링 기법 개발	순천대학교		10
전용문 · 김대신 · 기진석 · 고정근	2015	제주도 꽃자왈 지대의 지질학적 분류체계 제안과 의미	지질학회지	51권 2호	235-241
정광중	2015	꽃자왈의 과거, 현재 그리고 미래 - 꽃자왈의 존재방식에 대한 물음과 제언 -	한국사지진리학회지	25권 3호	15-32
정광중	2015	제주의 용암 숲, 꽃자왈	철도저널	18권 3호	24-28
정광중	2015	저지-청수꽃자왈과 그 주변지역에서의 숲 생산활동	문화역사지리	27권 1호	83-111
정상배 · 양경식 · 홍인철 · 김찬수 · 최형순 · 김동순	2015	제주도 월림-신평꽃자왈의 특이 지형에 발생하는 곤충의 분포에 관한 연구	한국응용곤충학회 학술대회는 문집		134-134
김문규	2016	제주삼다수 스토리텔링을 위한 꽃자왈 스토리바이블 제작 용역보고서	제주특별자치도개발공사 한라산생태문화연구소		
강칭화	2016	꽃자왈 역사문화자료의 보존과 지속가능한 활용을 위한 종합계획 연구	한라산생태문화연구소 국립신림과학원		
고석형	2016	계절에 따른 교래와 신앙 꽃자왈의 토양화학적 특성	한국환경농학회 학술대회는문집		94-95

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
고평열	2016	제주도 물영아리오름과 꽃자왈의 버섯종 다양성	버섯	20권 2호	252-252
꽃자왈공유화재단	2016	꽃자왈 생태학습장 자원조사 보고서	꽃자왈공유화재단		119
꽃자왈공유화재단	2016	꽃자왈의 정의 정립	2016꽃자왈심포지엄		138
박세진	2016	공동체기반 생태관광마을 조성과정에서 나타나는 활성화요인 분석에 관한 연구	서울대학교 환경대학원		102
박준범 · 고창성	2016	제주도 꽃자왈지대의 지질특성 연구 최종보고서	대한지질학회		113
부혜진	2016	제주도 종산간 꽃자왈 지대의 마을공동목장 운영과 방목활동을 통한 생활상 연구	한국지역지리학회지	22권 2호	353-368
안웅산 · 최형순	2016	매우 젊은 꽃자왈 용암류의 연대	지질학회지	52권 4호	433-441
이지영	2016	아동용 환상숲꽃자왈공원 스토리북 개발	제주대학교 사회교육대학원		74
전철현 · 원현규 · 김하승 · 조영준	2016	제주시험림의 상록활엽수림 식생구조 특성 - 한남시험림을 중심으로 -	한국도서연구	28권 1호	221-238
정광중	2016	꽃자왈 경관의 특성과 가치	한국문화역사지리학회 학술대회 자료집		54-64
허여진	2016	프로젝트 접근법을 적용한 유아 미술교육 지도방안 연구 : 제주 꽃자왈을 대상으로	제주대학교 교육대학원		61
강창화	2017	꽃자왈 역사문화자원 복원기법 및 이용계획 수립	한라산생태문화연구소, 국립산림과학원		
꽃자왈공유화재단	2017	제주 곳 이름과 주변 지명 1	꽃자왈공유화재단		171
김예은 · 고현우 · 김소정 · 도경탁 · 박수제	2017	국내 폐광산 및 제주 꽃자왈 지역내의 미생물 분리 및 특징 분석	미생물학회지	53권 4호	309-315
서연옥 · 한화자 · 김진 · 이성관 · 김찬수	2017	꽃자왈에 사는 식물	국립산림과학원		271

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
선은수	2017	꽃자왈 도립공원 탐방안내소 및 전망대	건축사	제576권	94-107
신방식·임동호·이근광	2017	제주 교래꽃자왈 숲 탐방객의 스트레스 호르몬인 Cortisol량의 변화에 대한 연구	한국산학기술학회논문지	18권 10호	471-479
임정균	2017	항공 LiDAR와 디지털영상을 이용한 용암 흐름 형태 및 식생분포 특성 연구	서울시립대학교		59
전철현·강성혁·김찬수·이성연	2017	제주 꽃자왈 역사·문화자원의 보존가치 추정: 제주도민을 대상으로	환경정책	25권 4호	169-194
정광중	2017	제주 꽃자왈의 경관 특성과 가치 탐색	문화역사지리	29권 3호	58-77
정영신	2017	커먼즈와 커뮤니티 관계의 역사적 변동 - 제주도 선율리 마을과 선율꽃-동백동산 관계를 사례로	로컬리티 인문학	17호	119-163
현명선	2017	제주도 꽃자왈지역에 자생하는 백서향의 자생지 식생 연구	제주대학교 일반대학원		64
강순석·류준길·최미경·김성현·김세진	2018	교래꽃자왈 지대의 화산지질학적 기초 연구	꽃자왈공유화재단, 제주특별자치도개발공사		86
고평열	2018	한라산과 꽃자왈의 자생버섯 분포상	버섯	22권 2호	17
고효순	2018	교래 꽃자왈에 자생하는 버섯의 종류와 특성	제주대학교 대학원		78
고효순·고평열·전용철	2018	제주 교래꽃자왈에 자생하는 버섯의 종류와 발생 특성	제주도연구	49집	135-158
꽃자왈공유화재단	2018	꽃자왈 내 사업장 실태조사	꽃자왈공유화재단		220
꽃자왈공유화재단	2018	제주도 동부 꽃자왈 지역의 양치식물상 조사	꽃자왈공유화재단		134
꽃자왈공유화재단	2018	제주 곳 이름과 주변 지명 2	꽃자왈공유화재단		145
신방식·이근광	2018	꽃자왈휴양림 삼림욕 후 자율신경 활성의 변화	한국자연치유헌회지	7권 2호	39-46
신방식·이형환·이근광	2018	제주 꽃자왈숲 삼림욕 후에 심박동변이에 미친 영향	한국자연치유헌회지	7권 1호	39-46
신방식·이형환·이근광	2018	제주지역의 대기질 중의 음이온 및 양이온의 분포와 변이성	한국자연치유헌회지	7권 1호	10-19

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
이차희·손용훈·현화자	2018	탐방로에서 경험 가능한 선홍 꽃자왈 경관 분석	한국산림휴양학회지	22권 1호	67-79
임은영·현화자	2018	Floristic study of bryophytes in a subtropical forest of Nabeup-ri at Aewol Gotjawal, Jeju-do Island	식물 분류학회지	48권 1호	100-108
정광중	2018	선홍꽃자왈 동백동산 탐방로 주변의 학습자원의 발굴과 학교교육의 활용을 위한 방향성 탐색	탐라문화	58호	249-285
정광중	2018	꽃자왈 연구의 성과와 과제	제주학회 학술발표논문집		318-331
최수정, 현화자	2018	꽃자왈 용어 정의를 위한 고찰	문학과 환경	17권 1호	77-101
꽃자왈공유화재단	2019	제주도 서부 꽃자왈 지역의 양치식물상 조사	꽃자왈공유화재단		105
꽃자왈공유화재단	2019	제주도 꽃자왈 지역의 토양조사(1)	꽃자왈공유화재단		72
꽃자왈공유화재단	2019	수산꽃자왈 환경조사 보고서	꽃자왈공유화재단		100
꽃자왈공유화재단	2019	꽃자왈 연구 25년 그리고 새로운 시작	2019 꽃자왈심포지엄 자료집		55
김남주·유영권·전병주·김대성	2019	제주도 특수성지형의 형태별 분류 및 오염취약성 평가기법 제안	지질학회지	55권 2호	247-256
김산	2019	제주의 꽃과 자왈을 형상화한 풍경화 연구-본인의 작품을 중심으로	제주대학교 대학원		63
김은미·강창완·최형순	2019	제주도 꽃자왈 지역에서 서식 환경에 따른 조류 다양성 및 특징	한국환경과학회지	28권 11호	917-925
박지현	2019	한경꽃자왈 산림유전자원 보호구역의 식물상	세명대학교 대학원		27
신방식	2019	제주도 꽃자왈 숲의 산림치유효과에 대한 연구	동방문화대학원대학교		191
이영지·권용주	2019	시스템 사고에 기반한 생태계 탐구 모델 개발 - 꽃자왈 생태계를 중심으로	Brain, Digital & Learning	9권 4호	387-399
임은영·최병기·현화자	2019	Floristic study of bryophytes in Hangeyeong Gotjawal (Cheongsu-ri), Jeju-do Island(영문)	식물 분류학회지	49권 3호	215-223
현화자·송국만·임은영 등 20인	2019	용암숲 꽃자왈의 가치발굴 및 지속가능한 활용 연구	국립산림과학원		151

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
Ji Young An · Si Ho Han · Woo Bin Youn · Sang Iok Lee · Afroja Rahman · Huong Thi Thuy Dao · Jeong Min Seo · Aung Aung · Hyung- Soon Choi · Hwa Ja Hyun · Byung Bae Park	2020	Comparison of litterfall production in three forest types in Jeju Island, South Korea (영문)	Journal of Forestry Research	31권	945-952
꽃자왓공유화재단	2020	한국의 용암숲, 꽃자왓의 국제적 재조명	2020 꽃자왓심포지엄 자료집		211
꽃자왓공유화재단	2020	해외 용암숲 어떤 모습	꽃자왓공유화재단		46
꽃자왓공유화재단	2020	꽃자왓 보전을 위한 국제 용암숲 비교조사 및 심포지엄	2020꽃자왓공유화재단		488
김동혁	2020	제주의 환상숲, 꽃자왓	한국도로학회지	제22권 제1호	81-85
김은미 · 강창원 · 최형순	2020	제주도 꽃자왓 지역의 상록활엽수림에서 식생층위별 조류군집의 분석	한국조류학회지	27권 2호	101-106
김찬수 · 서연옥 · 최형순	2020	용암숲 꽃자왓에 자라는 몇 종 식물의 분류학적 실제	제주학회 학술발표논문집		79-93
김형호 · 박은정 · 정광식 · 서연옥 · 임은영 · 박준형	2020	제주 꽃자왓 시험림 산림유형별 임분구조와 관리방향	농업생명과학연구	54권 5호	55-62
김형호 · 박은정 · 한화자 · 서연옥 · 박준형	2020	제주 꽃자왓 지역의 식생구조 비교	농업생명과학연구	54권 4호	43-50
이지원	2020	제주도 '꽃자왓' 지역에 대한 판결인 대법원 2020. 08. 13. 선고 2020두37994 판결 대법원 2020. 08. 13. 선고 2020두38003 판결에 대한 평석 - 개발행위허가의 제량행사를 중심으로 -	국제법무	12권 2호	223-252
임현우 · 조상만 · 신지환 · 박수국	2020	꽃자왓 숲의 열 저장효과 비교분석	한국조경학회 학술대회논문집		93

저 자	연도	문 헌 명	학술지/발표지	권·호	페이지
최지원·오충현	2020	제주 저지꽃자왈 생물권보전지역 생태계서비스 지불제 시행방안 검토	한국환경생태학회 학술대회지	30권 1호	6
홍창유	2020	지역 개발을 위한 지속가능한 생태관광 프로그램 발굴 연구-제주 의 산양 꽃자왈 사례를 중심으로-	한국사지리학회지	30권 3호	1-19
꽃자왈공유화재단	2021	꽃자왈 신규매입지 자원조사 및 보전관리방안 보고서	꽃자왈공유화재단		140
꽃자왈공유화재단	2021	제주 꽃자왈의 지역 브랜드를 통한 제주환경의 지속가능성 강화 방안 연구	꽃자왈공유화재단		174
꽃자왈공유화재단	2021	꽃자왈과 웰니스	2021 꽃자왈심포지엄 자료집		108
김진수·서연옥·최형순	2021	제주도 용암숯 꽃자왈에 자라는 몇 종 식물의 분류학적 주해	제주도연구	55집	301-319
박민지·서연옥·최형순· 최병기·임은영·양주은· 이채빈	2021	차광 처리가 빌레나무(Maesa japonica)의 개화 및 생장에 미치는 영향	한국자연식물학회지	34권 5호	462-469
이승학	2021	제주 안덕-한경 꽃자왈지대 버섯 종 다양성 연구	버섯	25권 1호	23
이승학·윤원종·정용환	2021	제주 조천-함덕 꽃자왈지대 버섯 종 다양성 연구	제주학회 학술발표논문집		253-253
전정남	2021	제주 꽃자왈 산림에 대한 지역주민의 관습적 관리와 이용에 관한 연구	서울대학교 대학원		156
정광식	2021	꽃자왈지역 임분유형 분류에 따른 관리방안	경상대학교 대학원		106

연구진

연구책임	고기원	제주꽃자왈공유화재단 꽃자왈연구소장
공동연구	강승일	제주꽃자왈공유화재단 꽃자왈연구소 연구원
	고수연	(주)기반이엔씨 대표

제주학연구 77

제주도 꽃자왈지대의 지질특성 정립을 위한 선행연구 고찰 및 향후 과제 발굴

발행인 || 김 순 자

발행일 || 2022년 12월

발행처 || 제주특별자치도 제주학연구센터

63196 제주시 동광로 51

TEL.(064)726-5623 FAX. (064)747-6140

www.jst.re.kr

인쇄처 || 일신옵셋인쇄사

ISBN : 979-11-977601-4-3 93060

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로, 제주특별자치도의 정책적
입장과 다를 수 있습니다. 또한 이 보고서는 출처를 밝히는 한
자유로이 인용할 수 있으나 무단전재나 복제는 금합니다.