

연구논문

풍혈의 공간적 분포 특징과 관리 방안

공우석* · 윤광희* · 김인태* · 이유미** · 오승환**

경희대학교 이과대학 지리학과*, 국립수목원 산림생물조사과**

(2012년 4월 18일 접수, 2012년 5월 14일 승인)

Spatial Distributional Characteristics of Wind-Hole and Governance Strategy

Kong, Woo-seok* · Yoon, Kwanghee* · Kim, Intae* · Lee, Youmi** · Oh, Seunghwan**

Department of Geography, Kyung Hee University*, Division of Botanical Research, Korea National Arboretum**

(Manuscript received 18 April 2012; accepted 14 May 2012)

Abstract

Wind holes or air holes, from which cool air blows out during the summer, but mild air comes out during the winter, have provided the phytogeographically important refugia for cryophilous or cold-loving boreal flora during the Holocene period. At present, wind holes are serving as a faraway disjunctive habitat for Pleistocene relict glacial floristic elements, and present an invaluable information to reconstruct the natural history.

Present work aims to collate the nationwide distribution and relevant DB on the potential wind holes of Korea based upon media and literature sources, along with geographical informations, such as place name, topographic map, environmental geographical information, flora, monitoring data of Korea National Arboretum, and field survey data. Geographical information on sixty nine wind hole sites have compiled and analyzed on the basis of flora and presence of fossilized periglacial landforms, such as talus, block field, and block stream, and sixteen sites have thereafter carefully selected and scrutinized through field surveys.

To maintain a sustainability of wind hole ecosystem, including their original landform, micro-meteorological phenomena and plant community therein as a refugia or habitat for relict plant species of Pleistocene glacial period, appropriate restrictions and preservation measures are required.

Keywords : Wind hole, Boreal plants, Refugia, Potential wind hole, Preservation measure

1. 서론

풍혈(風穴, wind hole 또는 air hole)은 플라이스토세 빙기에 주빙하(周氷河 periglacial) 환경에서 지형 발달과정을 거쳐 사면에 암설이 퇴적되어 만들어진 애추, 암괴원, 암괴류 등지에 발달한다. 풍혈은 여름철에는 찬 공기가 나오거나 얼음이 얼고, 겨울이면 따뜻한 바람이 불어 나오는 바람구멍이나 바위틈으로 독특한 미기상학적 현상이 국소적으로 나타난다(공우석 등, 2011).

여름에 주변보다 기온이 낮은 풍혈은 여름철 고온에 민감한 극지·고산식물 등 북방계식물(北方系植物 boreal element)들이 분포범위 밖에서 잔존종(殘存種 relict species) 또는 유존종(遺存種)으로 격리 분포(隔離 分布 disjunctive distribution)하는 공간이다. 따라서 풍혈에 분포하는 식물은 고기후와 자연사(自然史 natural history)를 복원하는 열쇠가 되며, 변화하는 기후환경에서 생물종 다양성을 유지하는 측면에서도 중요하다.

산림 내에 위치하는 풍혈에는 지구온난화에 취약한 북방계식물이 다수 분포한다(김진석 등, 2006; 공우석·임종환, 2008; 공우석 등, 2011). 그러나 풍혈은 과도한 이용과 훼손 그리고 개발 등으로 원형이 파괴되거나 사라질 위기에 있어 풍혈의 분포와 환경에 대한 체계적인 분석과 보전대책이 필요하다(Kong *et al*, 2011).

1. 연구목적

지구온난화로 저온을 선호하는 극지, 고산대와 아고산대 내 북방계식물의 서식지가 점차 축소되는 상황에서 여름에 낮은 온도가 유지되는 풍혈은 북방계식물의 피난처(避難處 refugia)로서 희귀 및 멸종위기종 보전 측면에서 중요하다. 그러나 풍혈에 분포하는 식물의 중요성이 인식되지 못한 상황에서 풍혈의 원형과 자연생태계가 소실될 위험성이 높아지고 있다. 특히 여름에 저온을 유지하는 풍혈의 미기상적 현상은 고온에 민감한 북방계식물에게는 피난처로서 중요성이 높아지고 있다. 따라서 우리나

라 풍혈의 지리적 분포, 환경 특성 및 생육하는 식물에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

이 연구에서는 다양한 정보원을 바탕으로 풍혈현상이 나타나는 장소를 탐색하여 공간적 정보를 DB로 구축하고 지도화(地圖化 mapping)하였다. 아울러 풍혈 지리적 분포와 유형에 기초하여 향후 관리방안 및 보전 대책을 제시하였다.

2. 연구방법 및 자료

우리나라 풍혈의 분포 현황과 환경 특성은 언론 보도·웹 사이트·연구 문헌·지명·지형도·환경공간정보·식물상·국립수목원 모니터링 정보·현지답사·주민 인터뷰 등 다양한 자료에 기초하여 작성한 뒤 잠재적인 풍혈의 분포를 추정하고, 조사대상 풍혈에 대한 현지답사를 통하여 기초 정보를 구축하였다(Figure 1).

풍혈이 나타나는 지형경관으로 애추·암괴원·암괴류 등에 대한 DB를 구축하기 위하여 국토해양부 국토지리정보원의 지형도와 환경부 환경지리정보(<http://egis.me.go.kr/egis/home/webgis/webgis.asp>), 문헌자료를 이용하였다. 암괴원·암괴류·애추 등 지형정보는 한반도 수치지도에 지도화한 뒤 행정구역별, 고도별, 사면별로 분포 특성을 파악하였다.

식물상을 기초로 풍혈이 나타나는지를 파악하기 위한 북방계식물의 분포 정보는 정태현·이우철(1965), 이영노(2000), 공우석(2002, 2005), 국립수목원의 기후변화 취약 산림종 및 관심종 정보(국립수목원, 2010)를 참조하였다.

이 연구에서는 북방계식물이 분포의 중심 범위를 벗어나 이례적으로 남쪽이나 낮은 고도에 분포하고 해당 지역에 애추·암괴원·암괴류 등 주빙하성 지형경관이 나타날 경우 잠재적으로 풍혈이 나타나는 것으로 가정하였다.

애추(崖錐 talus)는 한랭한 빙하 주변에 발달하는 주빙하 환경에서 기계적 풍화작용이 활발한 곳의 경사가 급한 사면인 단애 아래에 암설이 쌓여 형성된 반원추형 또는 고깔 모양의 지형이다. 암괴원(岩

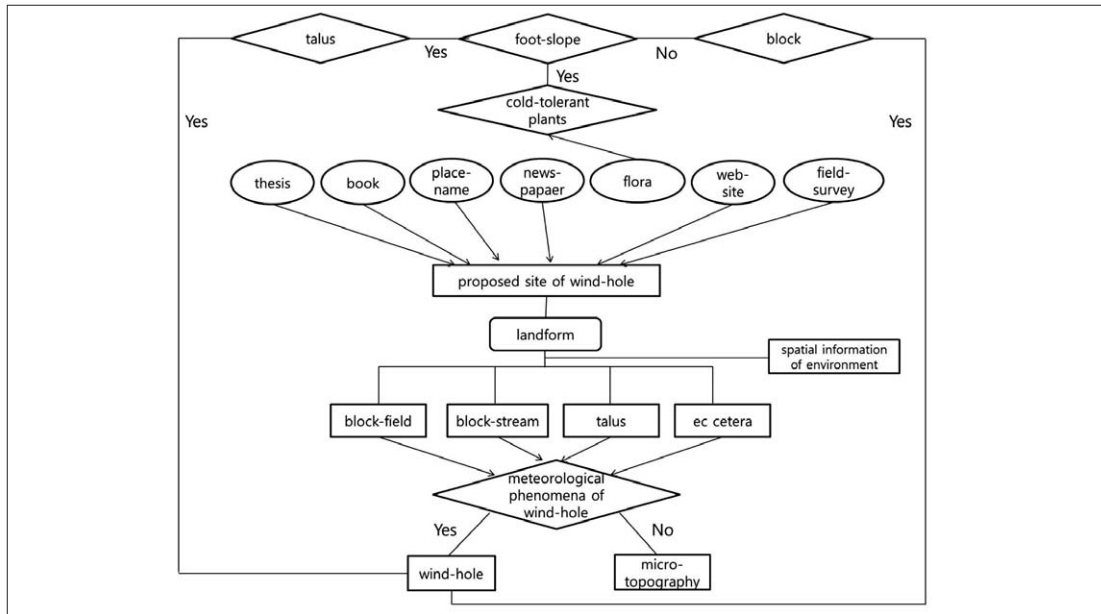


Figure 1. Research Data Sources and Process

塊原 block field)은 고산지역에서 암괴가 스며드는 물의 동결과 융해로 인한 얼음 썩기 작용으로 기반암에서 분리된 모난 암괴들이 완만한 경사면에 부서져 흩어진 암석노출면이다. 암괴류(岩塊流 block stream)는 주빙하 환경에서 사면에 직경이 30cm 이상의 암괴들로 덮인 암괴원이 집단적으로 사면의 경사를 따라 비교적 좁고 길게 흘러내린 것이다(공우석 등, 2011).

식물상과 주빙하성 경관을 바탕으로 잠재적 풍혈로 선별된 지역 중 풍혈로 보고된 장소를 중심으로 16곳에 대한 현지조사를 2011년 6월, 8월, 9월, 10월, 11월에 시행하였으며, 자세한 내용은 후속 논문에서 소개할 예정이다.

II. 본 론

1. 언론 보도와 연구 문헌에 기초한 풍혈 분포

1) 언론 보도에 기초한 풍혈 분포

예로부터 더운 여름에도 차가운 바람과 찬물을 얻을 수 있는 풍혈에 대한 관심이 많았다. 일제 강점기인 1926년 신문 기사(동아일보, 1926)는 한반

도 전역의 풍혈·얼음골 등 149개 지점을 소개하였다. 당시에 파악한 한반도 내 풍혈을 행정구역별로 보면 함북 7곳, 함남 14곳, 강원도 16곳, 평북 9곳, 평남 14곳, 황해 11곳, 경기 6곳, 충남 9곳, 충북 5곳, 전북 12곳, 전남 16곳, 경북 15곳, 경남 14곳, 제주 1곳 등으로 주로 백두대간을 중심으로 한 주요 산줄기 상에 위치한 강원도·전남·경북을 중심으로 풍혈이나 얼음골이 분포하였다(Figure 2).

앞으로 이들 지역의 지질·지형·토양·임상·식물·식생·기후·토지이용 등에 대하여 자료 수집과 현지답사를 통해 실제로 풍혈이 존재하고 어떠한 생태계가 발달하는지를 확인하는 조사 및 연구 활동이 필요하다.

과거 기사와 최근 기사연론 보도(강원일보, 2010; 뉴시스, 2007, 2008, 2010; 문화일보, 2005, 2011; 부산일보, 2009; 연합뉴스, 2008, 2009) 그리고 웹 사이트 검색을 통해 강원 양양군 미천리, 정선군 속암리, 횡성군 가곡리 등 3곳, 경기 동두천시 보산동 2곳, 충북 보은군 개안리와 구병리, 제천시 선고리 등 3곳, 경북 구미시 구평동, 안동시 도산면, 영양군 봉화리, 영천시 보현리, 청도군 방지리

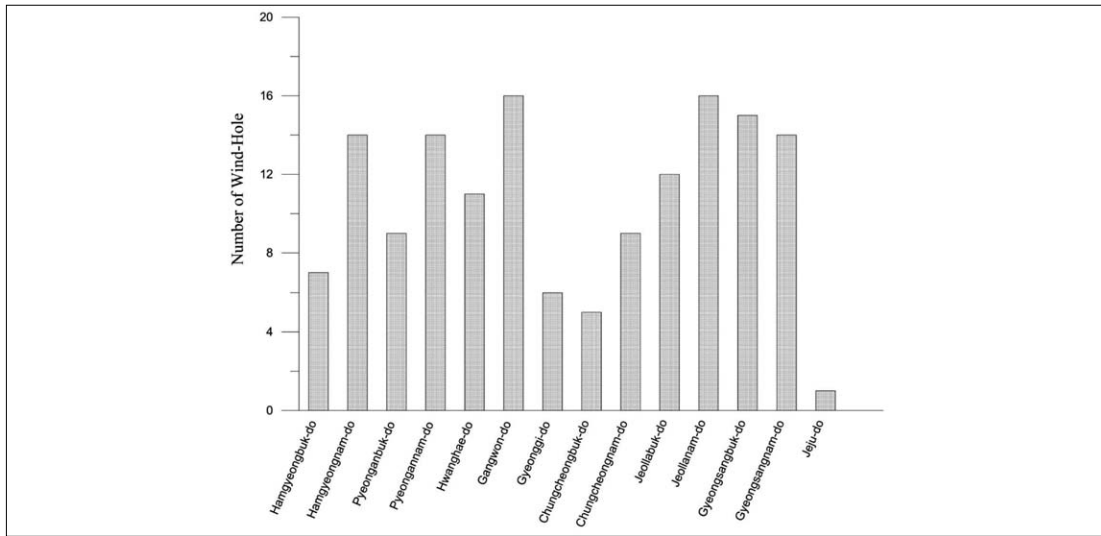


Figure 2. Provincial Distribution of Wind Hole by DongAllbo Newspaper(1926)

Table 1. Wind Hole based upon Press and Web Pages

Provinces	Longitudes & Latitudes		Altitudes
Michonri, Yangyang, Gangwon	37° 57' 10"N	128° 30' 19"E	400
Sookamri, Jeongseon, Gangwon	37° 26' N	128° 35' E	-
Gagokri, Hoengsung, Gangwon	37° 34' 26"N	127° 59' 44"E	200
Bosandong, Dongducheon, Gyeonggi	37° 56' 26"N	127° 04' 25"E	410
Bosandong, Dongducheon, Gyeonggi	37° 56' 43"N	127° 05' 42"E	510
Gaeanri, Boeun, Chungbuk	36° 28' 39"N	127° 48' 11"E	180
Gubyungri, Boeun, Chungbuk	36° 28' 08"N	127° 51' 42"E	870
Seongori, Jechon, Chungbuk	36° 51' 58"N	128° 09' 39"E	572
Gupyungdong, Gumi, Gyeongbuk	36° 05' 47"N	128° 27' 12"E	100
Dosanmyon, Andong, Gyeongbuk	36° 46' 04"N	128° 52' 53"E	250
Bonghwari, Yeongyang, Gyeongbuk	36° 46' 33"N	129° 17' 04"E	-
Bohyunri, Yeongcheon, Gyeongbuk	36° 07' 13"N	129° 00' 44"E	806
Bangjiri, Cheongdo, Gyeongbuk	35° 40' 42"N	128° 56' 36"E	400
Baemsagol, Namwon, Jeonbuk	35° 19' 95"N	127° 35' 19"E	850
Gwangjumdong, Hamyang, Gyeongnam	35° 23' 28"N	127° 43' 28"E	690
Saengcheolri, Gimhae, Gyeongnam	35° 21' 18"N	128° 49' 31"E	370
Wondongmyon, Yangsan, Gyeongnam	35° 23' 20"N	128° 52' 46"E	350
Jisanri, Yangsan, Gyeongnam	35° 28' 27"N	129° 03' 28"E	278
Bibongri, Boseong, Jeonnam	34° 43' 39"N	127° 11' 31"E	200~300

등 5곳, 전북 남원시 뱀사골 1곳, 경남 함양군 광점동, 김해시 생철리, 양산시 원동면과 지산리 등 4곳, 전남 보성군 비봉리 1곳 등 모두 19곳의 풍혈 정보를 수집하였다(Table 1).

이 가운데 강원 정선군 속암리 얼음굴, 횡성군 가

곡리 벽봉마을 얼음굴, 경기 동두천시 보산동 소요산 풍혈 2곳, 충북 보은군 개안리 얼음굴과 구병리 풍혈, 경북 안동시 도산면 풍혈, 구미시 구평동 얼음굴, 경남 함양군 광점동 어름굴, 김해시 생철리 풍혈, 양산시 원동면 풍혈 등의 11곳은 언론매체에

서 풍혈로 발표한 곳이다. 웹 사이트 검색을 통해서 풍혈 8개 지점이 검색되었으나, 풍혈 현상이 실제로 나타나는지에 대해서는 조사 연구가 필요하다.

2) 연구 문헌에 기초한 풍혈 분포

풍혈에 대한 과학적인 연구는 기상학 등 전문 학계를 중심으로 진행되었다. 미기상학적 측면에서 풍혈 현상이 보고된 장소는 김성삼(1968), 문승의·황수진(1977), Bae and Kayane(1986), 장광수(1989), 배상근(1990), 정창희(1992), Song(1994), 田中博(1997), Hwang and Moon(1981), Tanaka *et al*(1995, 1997, 1998, 1999, 2000, 2006), 전병일(2002), 변희룡(2003), 변희룡 등(2004), 김윤이(2005), 황수진 등(2005)을 참고하였다.

풍혈이 발달하는 애추·암괴류·암괴원 등 지형 경관은 지형학적 연구(이정우, 1985, 1988; 윤석원, 1988; 전영권, 1990, 1993, 1997; 강내희, 1996; 허철호 등, 2004a, b, 2005; 송시태, 2007; 태백시, 2007; 한승희, 2007; 이일흠, 2009; 이광률·박한산, 2010; 고정근 등, 2011; 제주특별자치도-한국지질환경연구소, 2011)를 참조하였다.

풍혈과 관련되는 북방계식물에 대한 정보는 공우석(2002, 2005), 김진석 등(2006), 공우석·임종환(2008), 공우석 등(2011), Kong *et al*(2011) 그리고 국립수목원 모니터링 정보(국립수목원, 2010)를 기초로 하였다.

우리는 분야별 문헌 분석과 2010년도 1차 조사에서 9곳, 2011년 2차 조사에서 17곳 등 모두 26개 풍

Table 2. Distribution of Wind Hole based upon References and Field Survey

Provinces	Longitudes & Latitudes		Altitudes
Bongori, Hwachon, Gangwon	38° 12' 45" N	127° 35' 69" E	350
Dongmakri, Yeoncheon, Gyeonggi	38° 04' 99" N	127° 06' 63" E	350
Seongdongri, Pocheon, Gyeonggi	38° 00' 81" N	127° 16' 14" E	150
Bangnaeri, Hongcheon, Gangwon	37° 48' 28" N	128° 16' 15" E	510
Shingiri, Pyeongchang, Gangwon	37° 33' 53" N	128° 34' 10" E	700
Cheonburi, Ulreung, Gyeongbuk	37° 33' N	130° 52' E	200
Bongrae Fall, Ulreung, Gyeongbuk	37° 29' N	130° 53' E	200
Jangyeoul, Jeongseon, Gangwon	37° 27' 10" N	128° 41' 08" E	400
Deokwoori, Jeongseon, Gangwon	37° 21' 94" N	128° 43' 37" E	350
Woonchiri, Jeongseon, Gangwon	37° 15' 83" N	128° 37' 12" E	320
Hwangjidadong, Taebaek, Gangwon	37° 09' 03" N	128° 59' 49" E	840
Geumsoosan, Jecheon, Chungbuk	36° 59' 44" N	128° 14' 70" E	680
Samdongri, Bonghwa, Gyeongbuk	36° 52' N	128° 55' E	300
Bukgokri, Bonghwa, Gyeongbuk	36° 47' 28" N	128° 54' 15" E	700
Shingidong, Mungyeong, Gyeongbuk	36° 38' 27" N	128° 09' 25" E	-
Deoksanri, Yeongdeok, Gyeongbuk	36° 19' 58" N	129° 16' 09" E	-
Naryongri, Cheongsong, Gyeongbuk	36° 18' 95" N	129° 13' 42" E	240
Binggaeri, Uiseong, Gyeongbuk	36° 13' 88" N	128° 45' 32" E	140
Seoksanri, Gunwi, Gyeongbuk	36° 10' 18" N	128° 50' 47" E	150
Beophwari, Yeongcheon, Gyeongbuk	36° 09' 69" N	128° 57' 62" E	550
Hwabukri, Gunwi, Gyeongbuk	36° 07' 53" N	128° 46' 50" E	100
Jyoipori, Jinan, Jeonbuk	35° 43' 80" N	127° 17' 74" E	260
Samyangri, Milyang, Gyeongnam	35° 37' 12" N	128° 56' 62" E	600
Nammyeongri, Milyang, Gyeongnam	35° 34' 48" N	128° 59' 03" E	400
Shinjeongri, Jeongup, Jeonbuk	35° 29' N	126° 48' E	200
Seonheulri, Jeju, Jeju-do	33° 27' 10" N	126° 43' 23" E	350

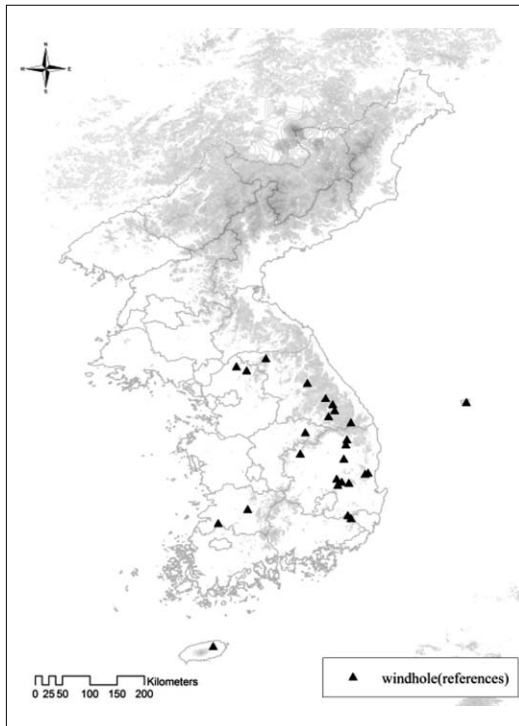


Figure 3. Distribution of Wind Hole based upon References and Field Survey

혈에 대한 분포 정보를 확인하였다. 지역별로는 강원도 7곳(화천군 상서면 봉오리, 홍천군 내면 방내리, 평창군 진부면 신기리, 정선군 북평면 장열리, 정선군 신동읍 덕우리, 정선군 신동읍 운치리, 태백시 황지동), 경기도 2곳(연천읍 동막리, 포천군 영중면 성동리), 충청북도 1곳(제천시 수산면 금수산), 전라북도 2곳(진안군 성수면 좌포리, 정읍시 입암면 신정리), 경상북도 11곳(울릉군 울릉읍 봉래폭포, 울릉군 북면 천부리, 봉화군 명호면 삼동1리, 봉화군

명호면 북곡리, 문경시 신기동, 영덕군 달산면 덕산리, 청송군 부동면 내룡리, 의성군 춘산면 빙계리, 군위군 고로면 석산리, 영천시 화북면 법화리, 군위군 고로면 화북리), 경상남도 2곳(밀양시 산내면 삼양리, 밀양시 산내면 남명리), 제주도 1곳(제주시 조천읍 선흘리) 등 26곳이다(Table 2, Figure 3).

2. 지리적 정보에 기초한 풍혈 분포

1) 지명에 기초한 풍혈 분포

지형도에 풍혈과 관련된 냉천·얼음굴·얼음골·바람굴 등 지명이 나타난 곳은 경기 양평 석장리 1곳, 강원 동해 천곡동, 정선 회동리 등 2곳, 충북 단양 외중방리 1곳, 경남 밀양 산외면, 함양 오편리 등 2곳, 전남 해남 관동리 1곳 등 7곳이다(Table 3).

2) 지형도와 환경공간정보에 기초한 풍혈 분포

우리나라의 산지 사면에는 기후가 지금보다 훨씬 한랭했던 플라이스토세 주빙하성 환경 아래에서 애추·암괴원·암괴류 등 암설퇴적지형이 주로 발달하였고, 이런 곳에 풍혈이 자주 나타난다.

지형도와 환경공간정보를 바탕으로 조사한 암설퇴적지형 521개 가운데 암괴류는 49.6%(259개)로 가장 널리 분포하고, 애추가 40.4%(211개), 암괴원이 10%(52개)의 비율로 나타났다(Figure 4).

지형경관의 행정구역별 분포를 보면 애추 211개는 강원도에 전체의 43.1%(91개)로 집중 분포하였고, 대구·경북(17.5%), 광주·전남(10.9%), 울산·경남(9.5%), 전북(7.1%)이 뒤를 이었다. 259개 암괴류는 광주·전남 지역이 64.1%(166개)로 우점

Table 3. Distribution of Wind Hole based upon Place Names

Provinces	Longitudes & Latitudes		Altitudes
Seokjangri, Yangpyung, Gyeonggi	37° 38' 06" N	127° 36' 40" E	400
Cheongokdong, Donghae, Gangwon	37° 31' 14" N	129° 07' 06" E	22
Hyeodongri, Jeongseon, Gangwon	37° 25' 46" N	128° 34' 46" E	400
Ojungbangri, Danyang, Chungbuk	36° 54' 48" N	128° 17' 23" E	-
Sanoemyon, Milyang, Gyeongbuk	35° 31' 25" N	128° 49' 44" E	300
Ogokri, Haman, Gyeongnam	35° 12' 41" N	128° 22' 41" E	300
Gwandongri, Haenam, Jeonnam	34° 28' 58" N	126° 27' 64" E	160

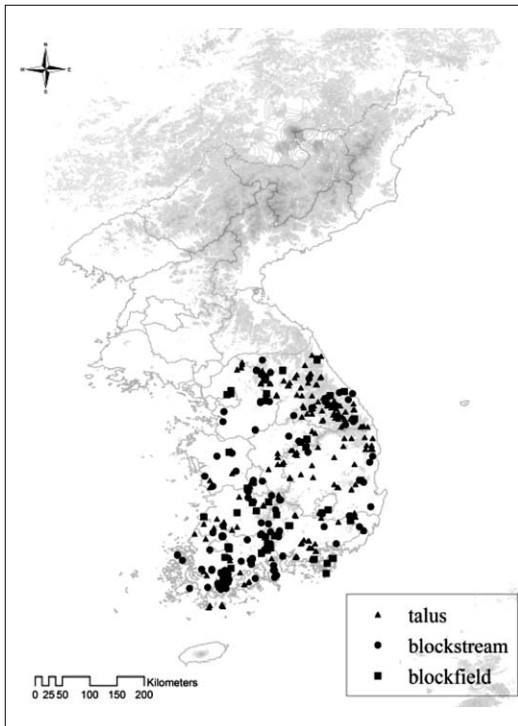


Figure 4. Distribution of Talus, Block Stream and Block Field

하였고, 강원(7.7%), 울산·경남(7.7%), 전북(4.2%) 순이었다. 52개 암괴원은 울산·경남 지역이 23.1%(12개), 강원에서 21.2%(11개)로 비슷한 비율로 분포하였으며, 광주·전남(19.2%), 전북(9.6%), 서울·경기(9.6%) 순이었다(Figure 4). 전체적으로 애추·암괴류·암괴원은 광주·전남이 199개(36.5%)로 가장 많고, 강원이 122개소(23.4%), 대구·경북과 울산·경남은 각각 52개소(10%)였다.

지리적으로 광주·전남에 애추·암괴류·암괴원이 많이 분포하지만 북방계식물이 많지 않은 것이 이 지역이 남부지방에 위치하여 기온이 높아 홀로세 온난기 동안 한대성식물들이 잔존하지 못한 것으로 추정한다.

고도별 애추·암괴류·암괴원 분포는 해발고도 600m 이하에 85.2%(443개), 600m 이상 되는 산지에 14.8%(70개)가 나타났다. 특히 해발고도 201~400m에 애추의 42.9%, 암괴원의 35.9%, 암괴류의 28.8%가 집중적으로 분포하였다(Figure

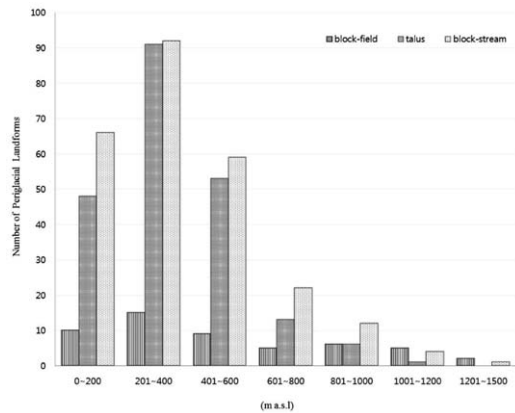


Figure 5. Distribution of Talus, Block Stream and Block Field with Elevation

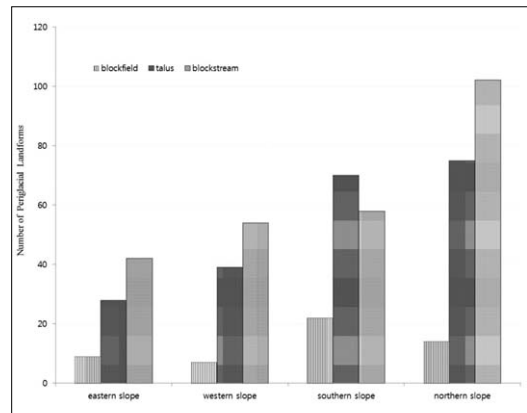


Figure 6. Distribution of Talus, Block Stream and Block Field with Aspect

5). 수직적으로 해발고도 201~400m에 분포하는 애추·암괴류·암괴원은 전체의 38%를 차지하며, 그 가운데 일부가 북방계식물이 잔존하는 피난처로서 기능하는 것으로 판단된다.

사면별로 애추는 북사면에 35.4%(75개)로 집중되고, 다음으로 남사면 33.0%(70개)이었다. 암괴원은 남사면 42.3%(22개), 북사면 26.9%(14개), 동사면 17.3%(9개), 서사면 13.5%(7개) 순이었다. 암괴류는 북사면 39.8%(102개), 남사면 22.7%(58개), 서사면 21.1%(54개), 동사면 16.4%(42개) 순으로 분포하였다. 전체적으로 애추·암괴류·암괴원의 36.7%(191개)는 북사면에 집중되었고, 남사면(28.9%)이 뒤를 이었다(Figure 6). 이는 북사면이

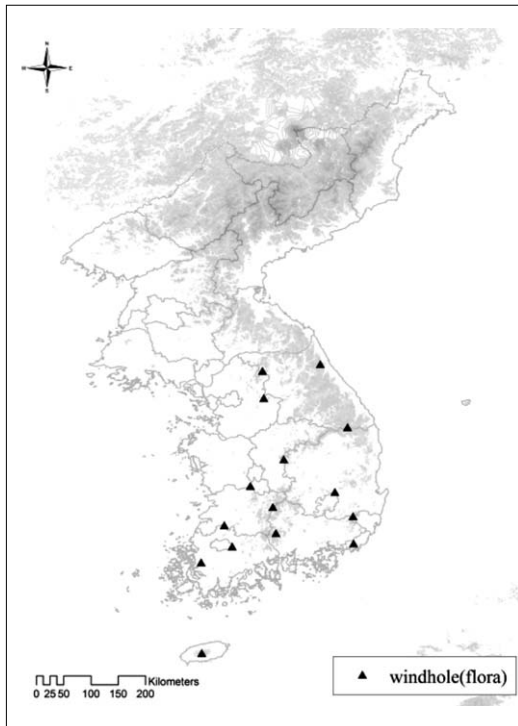


Figure 7. Distribution of Wind Hole based upon Flora

기온과 습도가 낮고 일교차 및 연교차가 커서 기계적 및 화학적 풍화가 활발하게 발생하기 때문에 판단된다.

3) 식물상에 기초한 풍혈 분포

식물상을 기초로 한반도에 분포하는 풍혈을 발굴하기 위하여 이례적으로 남쪽이나 낮은 고도에 나타나는 북방계 식물상과 주빙하성 지형경관의 출현을 비교하여 풍혈이 나타나는지를 검토하였다. 분석 대상이 된 식물종은 북방계식물인 주목·분비나무·부계꽃나무·민둥인가목·만병초·개들쭉·들쭉나무·눈жат나무·노랑만병초·떡버들·새잎종덩굴·마가목·홍피불나무·두메오리나무·정향나무·산가막살나무·구상나무·물참대·청시닥나무·철쭉나무·산겨릅나무 등이다.

북방계식물이 일반적으로 나타나는 해발고도 700m를 기준으로 하여 그 보다 낮은 고도에 나타나면 산록에 분포하는 것으로 간주하였고, 높은 고도에 나타나면 애추·암괴류·암괴원 등이 나타나

는 산록중간면 및 산정부로 판단하였다.

북방계식물 가운데 분포 고도가 700m보다 비정상으로 낮게 나타나는 산지, 격리되어 있는 산지를 우선 선별한 뒤 해당 산지에 주빙하성 지형 발달 여부를 확인하여 풍혈이 나타날 가능성을 탐색하였다. 특히 기후변화 취약종 및 관심종이 나타나며 주빙하성 지형이 발달하는 지역을 잠재적으로 풍혈이 나타나는 것으로 추정하였다(Figure 7).

산록말단부에서 국립수목원 지정 기후변화 취약식물종 및 관심종이 나타난 산지는 팔공산(300~1,100m, 떡버들, 청시닥나무), 화악산(200~1200m, 새잎종덩굴, 물참대), 내장산(300~350m, 정향나무), 대둔산(50~550m, 산가막살나무), 월출산(170~220m, 철쭉나무), 계룡산(350~400m, 새잎종덩굴), 올릉도(300~900m, 주목) 등이었다. 이 가운데 월출산·화악산·내장산·대둔산·무등산·월출산·계룡산 등의 산지에는 애추가 분포하는 것이 확인되었으나 올릉도에는 애추가 분포 여부가 확인되지 않아 풍혈로 분류되지 않았다(Table 4).

산록중간면 및 산정부에서 국립수목원 지정 기후변화 취약식물종 및 관심종이 나타난 산지는 용문산(800~1,150m, 주목·분비나무), 설악산(700~1,500m, 분비나무·만병초·노랑만병초), 설악산(1,500~1,708m, 눈жат나무), 태백산(800~1,000m, 부계꽃나무·민둥인가목·만병초), 한라산(1,900~1,950m, 개들쭉·들쭉나무), 덕유산(700~1,400m, 홍피불나무), 지리산(1,400~1,800m, 땃두릅나무), 가지산(950~1,000m, 구상나무) 등이었다. 이 가운데 용문산·설악산·태백산·속리산 등의 산지에는 애추가 있는 것이 보고되었고, 한라산 정상 인근에는 암괴원, 덕유산·지리산·가지산에는 암괴류가 분포하는 것이 확인되었다.

산록말단면에서 국립수목원이 지정한 기후변화 취약식물종 및 관심종이 나타난 비율은 조사 대상 16개 산지 중에 50%를 차지하며, 이 가운데 올릉도를 제외한 산지에서 애추가 확인됨에 따라 나머지 42.9%의 산지에 잠재적으로 풍혈이 분포하는 것으로 추정하였다.

Table 4. Distribution of Wind Hole based upon Flora

Vulnerable & Concerned Plants by Korea National Arboretum	Mountains (Vertical range)	Mt. & Periglacial Landform(Ref.)
주목 <i>Taxus cuspidata</i>	Yongmunsan(800~1,150m), Ulreungdo(300~900m)	Yongmunsan(T, 1)
분비나무 <i>Abies neprolepis</i>	Soraksan(700~1,500m), Yongmunsan(800~1,000m)	Soraksan(T, 2) Yongmunsan(T, 1)
부계꽃나무 <i>Acer ukurunduense</i>	Taebaeksan(800~1,000m)	Taebaeksan(T, 3)
민둥인가목 <i>Rosa suavis</i>	Soraksan(500~1,550m), Taebaeksan(800~900m)	Taebaeksan(T, 2) Soraksan(T, 3)
만병초 <i>Rhododendron brachycarpum</i>	Soraksan(700~1,700m), Taebaeksan(1,300~1,500m)	Taebaeksan(T, 2) Soraksan(T, 3)
개들죽 <i>Lonicera caerulea</i> var. <i>emphyllocalyx</i>	Hallasan(1,900~1,950m)	Hallasan(BF, 4)
들쪽나무 <i>Vaccinium uliginosum</i>	Hallasan(1,900~1,950m)	Hallasan(BF, 4)
눈잣나무 <i>Pinus pumila</i>	Soraksan(1,500~1,708m)	Soraksan(T, 2)
노랑만병초 <i>Rhododendron aureum</i>	Taebaeksan(1,300~1,500m)	Taebaeksan(T, 3)
떡버들 <i>Salix hallaisanensis</i> for. <i>hallaisanensis</i>	Palgongsan(300~1,100m)	Palgongsan(T, 5)
세잎종덩굴 <i>Clematis chiisanensis</i> .	Hwaaksan(200~1,200m), Gyeryongsan(350~400m)	Hwaaksan(T, 2)
마가목 <i>Sorbus commixta</i> .	Ulreungdo(600~900m)	-
홍괴불나무 <i>Lonicera sachalinensis</i>	Ulreungdo(430~980m), Deokyusan(700~1,400m)	Deokyusan(BS,2, BF 2)
두메오리나무 <i>Alnus maximowiczii</i>	Ulreungdo(300~750m)	-
정향나무 <i>Syringa patula</i> var. <i>kamibaysbii</i>	Naejangsan(300~350m)	Naejangsan(T, 2)
산가막살나무 <i>Viburnum wrightii</i>	Daedunsan(50~550m)	Daedunsan(T, 2)
구상나무 <i>Abies koreana</i>	Mudeungsan(450~500m) Gajisan(950~1,000m)	Mudeungsan(T, 6) Gajisan(BS, 2)
물참대 <i>Deutzia glabrata</i>	Hwaaksan(200~1,000m)	Hwaaksan(T, 2)
청시닥나무 <i>Acer barbinerve</i>	Palgongsan(500~900m)	Palgongsan(T, 6)
철쭉나무 <i>Rhododendron schlippenbachii</i>	Wolchulsan(170~220m)	Wolchulsan(T, 7)
맛두릅나무 <i>Oplopanax elatus</i>	Jirisan(1400~1800m)	Jirisan(BF, 2)
흰인가목 <i>Rosa koreana</i>	Soraksan(1650~1700m)	Soraksan(T, 2)

Reference No. 1: 전국자연환경조사, 2: 환경지리정보, 3: 이우평(2007), 4: 김태호(2002), 5: 한승희(2007), 6: 안건상(2010), 7: 박승필 등(1997)

Abbreviation T: Talus, BF: Block Field, BS: Block Stream

4) 현지조사에 기초한 풍혈 분포

풍혈에 대한 현지조사 도중에 강원도 홍천군 내면 창촌리 계방산 1,300m 일대에 얼음골과 강원도 인제군 남면 부평리 수리봉에 풍혈이 나타남을 확인하였다. 계방산 얼음골은 5~6월에도 경사가 급한 사면에 얼음이 발견된다고 수청골 주민들은 진술하였다. 수리봉 풍혈은 도로 공사 과정에 절단되었지만 산록말단부에서 차가운 냉기가 여름철에도 나오는 것으로 부평리 주민들이 확인하였다. 따라서 애추나 암괴류가 발달하는 다른 지역에도 풍혈이 추

가적으로 나타날 것으로 본다.

5) 전체 풍혈 분포

이 연구에서는 파악한 풍혈의 수는 언론매체·웹사이트 검색에 기초한 풍혈 19곳(27.5%), 연구 문헌에 기초한 풍혈 26곳(37.7%), 지형도와 지명에 기초한 풍혈 7곳(10.1%), 식물상 자료와 환경지리정보의 주빙하성 지형에 기초한 풍혈은 15곳(21.7%), 현지 주민의 증언으로 확인된 풍혈이 2곳(2.9%) 등 69개이다(Figure 8).

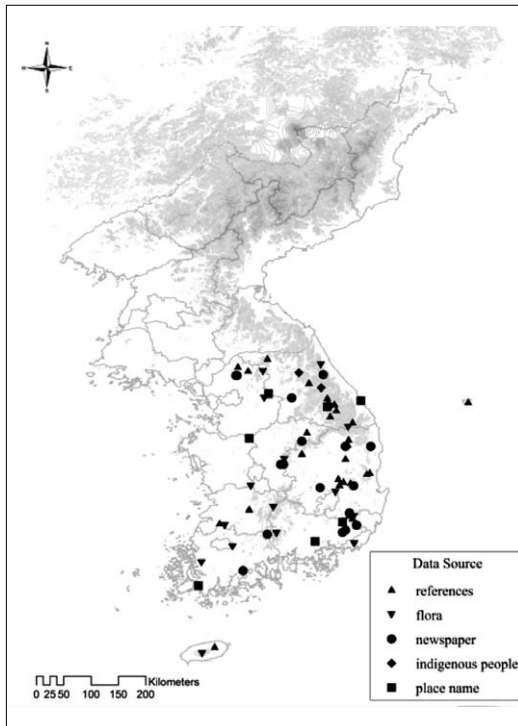


Figure 8. Distribution of Wind Hole based upon Various Sources

풍혈 관련 지형경관과 식물상 자료를 바탕으로 찾은 잠재적 풍혈을 제외하고 나머지 54개 풍혈을 애추·암괴류·암괴원 등 지형경관 분포를 기초로 잠재적인 풍혈의 분포를 추정하였다. 전체 54개 풍혈 가운데 주빙하성 지형의 분포 비율은 애추(59.3%), 암괴류(7.4%), 암괴원(1.9%), 기타(31.5%) 등의 비율을 보여 사면의 애추에서 풍혈현상이 주로 나타났다.

3. 풍혈의 유지 관리

지구온난화에 따라서 한대성식물의 분포역이 점차 좁아지고, 북방계식물의 피난처인 풍혈이 교란되고 훼손되고 있다. 따라서 풍혈의 지형경관과 미기상현상을 유지하고 북방계식물이 잔존할 수 있도록 환경을 보전하여야 한다. 여기에서는 풍혈의 학술적 가치를 높이기 위하여 식물과 지형공간 정보를 통합 관리하기 위한 여러 방안을 제시하였다.

첫째, 우리나라 전체 풍혈에 대한 개황 조사와 함께 주요 풍혈에 대한 정밀 조사 연구를 실시하여 관

련 DB를 구축한 뒤 풍혈의 유지, 보전, 이용 정책 수립과 관리에 활용하는 시스템이 필요하다.

둘째, 주요 풍혈에 대하여 지형학·열역학·기상학·식물분류학·생태학·식물지리학·임학 등 여러 분야의 전문가들이 공동 참여하는 학제적 종합조사 연구가 필요하다.

셋째, 풍혈이 가진 경관, 생태계, 자연유산, 식물 피난처, 산림자원 등 여러 분야에서의 다양한 가치를 평가하고, 식물지리 및 보전생물학적으로 가치 있는 풍혈과 식물자원을 모니터링하고 풍혈을 환경영향평가 항목으로 도입해야 한다.

넷째, 풍혈과 분포하는 식물종의 식물지리와 자연사를 복원하여 일반인들에게 풍혈과 풍혈에 분포하는 식물에 대한 이야기를 제공하는 스토리텔링 콘텐츠를 개발하여 풍혈 생태계 보전이 필요함을 알려야 한다.

다섯째, 풍혈의 자연환경적 가치를 보전하기 위한 정부 차원에서 체계적인 보전과 이용 정책이 수립되어야 한다. 주요 풍혈을 중심으로 핵심지역·원충지역·점이지역을 지정하여 환경과 경관을 입체적으로 관리해야 한다. 필요하다면 풍혈 보전구역을 신설하거나 재조정하고 사유지를 매입하여 보전지로 편입시켜야 한다.

여섯째, 풍혈의 개개 풍혈의 등급에 따라 보전하거나 이용하기 위한 기준 또는 가이드 라인을 설정하고 보전과 함께 생태관광, 교육, 자연치료 등 친환경적인 이용 방안을 수립해야 한다.

일곱째, 풍혈의 미기상학적 원리를 응용하여 기후변화 취약종과 멸종위기 북방계식물의 서식지 외 보전 기술을 개발하는 인공 풍혈 기술 및 공법을 개발하여 인공보존원 개발에 활용한다.

III. 토론 및 결론

풍혈은 주로 플라이스토세에 형성된 주빙하성 자연유산으로 홀로세에 들어 기온이 온난해지면서 한랭한 기후를 선호하는 북방계 한대성식물과 최후빙기 식물종이 분포하는 피난처로 기능하였다. 현재

풍혈은 북방계식물이 주된 분포범위를 벗어나 생존하는 최후빙기 유존식물종의 서식지로서 한반도의 자연사를 복원하는데 중요한 자연지형경관이다.

한반도에 분포하는 풍혈지역에 대한 정보를 파악하기 위해 언론 보도 · 연구 문헌 등 언론 및 연구 문헌 정보와 함께 지명 · 지형도 · 환경지리정보 · 식물상 · 국립수목원 모니터링 정보 · 현지조사 등 지리적 정보 자료를 이용하여 우리나라에 분포하는 69개소의 잠재적 풍혈지역을 추정하고 관련 기초정보를 구축하였다.

이 연구에서는 언론매체 · 웹 사이트 검색에 기초한 풍혈 19곳(27.5%), 논문, 문헌에 기초한 풍혈 26곳(37.7%), 지형도와 지명에 기초한 풍혈 7곳(10.1%), 식물상 자료와 환경지리정보의 주빙하성 지형에 기초한 풍혈은 15곳(21.7%), 현지 주민의 증언으로 확인된 풍혈이 2곳(2.9%) 등 69개 풍혈에 대하여 기초 정보를 확보하였다. 이 중 지역별 식물상과 종별 분포 고도와 애추 · 암괴원 · 암괴류 등 지형경관을 바탕으로 선정된 16개 지점의 풍혈에 대하여 현지 조사를 실시하였다.

풍혈과 주변 지역의 과도한 이용과 개발에 따라 풍혈의 원형이 훼손되고 교란되면서 풍혈에서 나타나는 미기상현상이 유지되지 못하면, 고유한 자연경관과 식물상이 파괴되게 된다. 따라서 풍혈과 주변지역을 핵심지역 · 완충지역 · 접이지역으로 지정하여 토지이용에 적절한 규제와 함께 환경영향평가 항목에 풍혈을 포함시키는 등 보전을 위한 관리 대책이 필요하다.

전국에 흩어져 있으나 아직 발견되지 않은 풍혈을 추가적으로 탐색하고, 공간의 지리와 생태적 가치를 평가하는 등 풍혈에 대한 지속적인 관심과 조사가 필요하다. 아울러 식물지리 및 보전생물학적으로 가치 있는 풍혈에 대한 체계적인 모니터링을 실시하며, 기후변화 취약종을 현지 내 보존하는데 풍혈을 이용하는 방안을 수립하는 등 지역별로 확인된 풍혈의 특성을 파악하여 종합적으로 관리하여야 한다.

사 사

이 연구는 산림청 국립수목원의 2011년도 위탁연구과제 “기후변화에 따른 한반도 풍혈지역 관리 방안”에 의하여 수행되었다.

참고문헌

- 강내희, 1996, 부산의 금정산과 장산의 지형경관 비교 연구, 한국교원대학교 석사학위논문.
- 강원일보, 2010. 11. 2, 신강원기행(88) 횡성군 공근면 가곡리 ‘벽봉마을’.
- 고정균 · 문명옥 · 송국만 · 현화자 · 조병창 · 김철수, 2011, 세계자연유산 거문오름 일대 식물상, 제주특별자치도 한라산연구소 조사연구보고서, 10, 3~23.
- 공우석, 2002, 한반도 고산식물의 구성과 분포, 대한지리학회지, 37(4), 357~370.
- 공우석, 2005, 지구온난화에 취약한 지표식물 선정, 한국기상학회지, 41(2~1), 263~273.
- 공우석 · 임종환, 2008, 극지 · 고산식물 월굴의 격리 분포와 기온요인, 대한지리학회지, 43(4), 495~510.
- 공우석 · 이슬기 · 윤광희 · 박희나, 2011, 풍혈의 환경 특성과 식물지리적 가치, 환경영향평가, 20(3), 1~10.
- 국립수목원, 2010, 기후변화 취약 산림식물종 보전 · 적응사업 조사 매뉴얼, 국립수목원.
- 김성삼, 1968, 얼음골(밀양군)의 하계결빙현상에 관한 고찰, 한국기상학회지, 4(1), 13~18.
- 김윤이, 2005, 한반도 얼음골의 지형적 특성과 결빙 현상, 한국기상학회지, 41(6), 1151~1161.
- 김진석 · 정재민 · 이병천 · 박재홍, 2006, 한반도 풍혈지의 종조성과 식물지리학적 중요성, 한국식물분류학회지, 36(1), 61~89.
- 김태호, 2002, 한라산의 지형경관, 기초과학연구, 15(1), 15~28.
- 뉴스스, 2007. 8. 17, 구미 천생산 석굴 찬바람에 무

- 더위 썩.
- 뉴시스, 2008. 7. 6, 속리산 서원계곡에 얼음굴 있다.
- 뉴시스, 2010. 7. 23, 시원한 바람 나오는 풍혈.
- 동아일보, 1926. 10. 17, 향토예찬 내 고을 명물.
- 문승의 · 황수진, 1977, 밀양 어름골의 하계결빙현상에 관한 연구, 부산대학교 사대논문집, 4, 47~57.
- 문화일보, 2005. 9. 3, 가볼만한 전국휴양림.
- 문화일보, 2011. 7. 1, 수도권명산 30선.
- 박승필 · 양해근, 1997, 월출산의 지형과 수문환경, 현대사회과학연구, 8권, 171p.
- 배상근, 1990, 얼음골 하계 결빙현상에 관한 수문학적 연구, 한국수문학회지, 23(4), 459~466.
- 변희룡, 2003, 얼음골의 동계온풍과 하계결빙에 연관된 지하대류, 대기, 13(1), 230~233.
- 변희룡 · 최기선 · 김기훈 · 田中博, 2004, 재약산 얼음골에 나타난 온혈의 특징과 열적기구, 한국기상학회지, 40(4), 29~40.
- 부산일보, 2009. 10. 1, 산&산<224> 양산 감림산.
- 송시태, 2007, 국립민속박물관, 제주의 꽃자왈, 국립민속박물관.
- 안건상, 2010, 무등산 도립공원의 지질과 경관, 암석학회지, 19(2), 109~121.
- 윤석원, 1988, 인제군 남면 일대의 애추(Talus)에 관한 연구, 동국지리, 9, 1~24.
- 연합뉴스, 2008. 2. 15, 흑한 속 더운 바람 보은 구 병산 또 '풍혈'.
- 연합뉴스, 2009. 1. 8, 김해 생림면 '풍혈'.
- 이광률 · 박한산, 2010, 청송군 웅점리 일대 암설 사면의 분포와 지형 변화, 대한지리학회지, 45(3), 360~374.
- 이영노, 2000, 한국의 고산식물, 교학사.
- 이우평, 2007, 한국지형산책, 푸른숲.
- 이일흠, 2009, 밀양시 삼랑진읍 만어사 암괴류에 관한 연구, 부산대학교 석사학위논문.
- 이정우, 1985, 쌍곡 Talus의 형상과 구조, 지리학연구, 10, 769~784.
- 이정우, 1988, 영월 구하도의 Talus, 지리학총, 16, 1~10.
- 장광수, 1989, 충북 제원군 금수산 얼음골 하계결빙 현상에 관한 연구, 공주사범대학 대학원 석사학위논문, pp. 33.
- 전병일, 2002, 강원도 정선군 운치리 얼음골의 여름철 결빙현상에 관한 연구, 한국환경과학회지, 11, 857~863.
- 전영권, 1990, 암설사면에 관한 연구동향 및 이론적 배경: Talus, Block stream, Block field를 중심으로, 지리하논구, 10-11합호, 42~63.
- 전영권, 1993, 태백산맥 남부산지의 암설사면지형, 지리학, 28(2), 77~98.
- 전영권, 1997, 경남 밀양 얼음골 일대의 지형적 특성: 테일러스를 중심으로, 한국지역지리학회지, 3, 165~182.
- 정창희, 1992, 밀양 남명리 얼음골(천연기념물 제224호)의 조사 연구, 천연기념물 및 공룡 발자국 화석류 조사보고서, 대한지질학회, 61~84.
- 정태현 · 이우철, 1965, 한국삼림식물대 및 적지적수론, 성균관대학교논문집, 10, 367~435.
- 제주특별자치도-한국지질환경연구소, 2011, 제주 거문오름 종합학술조사 결과보고서, pp. 152.
- 태백시, 2007, 문화유적분포지도, 태백시.
- 한승희, 2007, 팔공산 수태골의 지형자원을 활용한 지오투어리즘, 대구가톨릭대학교 석사학위논문.
- 허철호 · 이재호, 2004a, 덕유산 국립공원의 지질 및 지형, 한국자연보존연구지, 1.2 No.1~2, 141~154.
- 허철호 · 이재호 · 윤성택 · 최선규 · 김성용, 2004b, 계룡산 국립공원 지형경관자원의 유형과 분포, 국토연구, 42, 3~15.
- 허철호 · 박상준 · 김성용, 2005, 내장산 국립공원 지질 및 지형경관자원의 유형과 분포, 한국지구과학회 2005년도 춘계학술발표회 논문집.
- 황수진 · 서광수 · 이순환, 2005, 밀양 어름골의 결빙형성기구에 관한 고찰, 한국기상학회지, 41, 29~40.

- 田中博, 1997, 韓國密陽郡のICE VALLEY における夏季氷結現象の数値實驗, 地理學評論, 70(A-1), 1~14.
- Bae, S.K. and I. Kayane, 1986, Hydrological study of Ice Valley, Korea, Annual Report of Institute of Geoscience, University of Tsukuba, 12, 15~20.
- Hwang, S.J. and S.E. Moon, 1981, On the summertime ice formation at Ice Valley in Milyang, Korea, Abstracts in Spring Conference, Geographical Soc. Japan, 19, 218~219.
- Kong, W.S., Lee, S.G., Yoon, K.H. and, H.N. Park, 2011, Climate change and conservation of fragile air hole landscape and ecosystem, 2011 International Conference on Landscape Conservation, pp. 27~30, Taipei, Taiwan.
- Song, T.H., 1994, Numerical simulation of seasonal convection in an inclined talus, Proceedings of the 10th International Transfer Conference, 2, Brighton, U. K., 455~469.
- Tanaka, H.L., 1995, Mysterious ice valley in Korea where ice grows during the hottest season, Tenki, 42, 647~649(in Japanese).
- Tanaka, H.L., 1997, A numerical simulation of summer time ice formation in the Ice Valley in Milyang, Korea. Geogr. Rev. Japan, 70A-1, 1~14(in Japanese with English abstract).
- Tanaka, H.L., Moon, S.E. and Hwang, S.J., 1998, Mysterious ice valley in Korea where ice grows during the hottest season, Tenki, 45, No. 11, 3~4(in Japanese).
- Tanaka, H.L., Moon, S.E. and Hwang, S.J., 1999, An observational study of summer time ice formation at the Ice Valley in Milyang, Korea. Sci. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, 20, 33~51.
- Tanaka, H.L., Nohara, D. and M. Yokoi, 2000, Numerical simulation of wind hole circulation and summer time ice formation at Ice Valley in Korea and Nakayama in Fukushima, Japan, Jour. Meteor. Soc. Jap., 78, 611~630.
- Tanaka, H.L., Nohara, D. and H.R. Byun, 2006, Numerical simulation of wind hole circulation at Ice Valley in Korea using a simple 2D Model, Jour. Meteor. Soc. Jap., 84, 1073~1084.
- <http://egis.me.go.kr/egis/home/webgis/webgis.asp>