

지리교육을 위한 아이슬란드 자연지리*

기근도**

Physical Geography of Iceland for Geography Education*

Keun Doh Kee**

요약 : 이 연구는 자연지리를 바탕으로 한 지리교육 자료를 개발하는 데에 그 목적을 두었다. 이를 위해 현행 교육과정과 교과서에서 지형형성작용의 기본 원리가 어떻게 제시되고 기술되어 있는지를 분석하였다. 이를 토대로 내적 작용과 외적 작용 및 상호 작용을 효율적으로 설명할 수 있는 대상 지역을 지구적 시야에서 검토하였다. 대상 지역은 아이슬란드를 선정하였는데, 그 이유는 아이슬란드는 판구조론적 관점에서 지구 형성 과정을 이해하고, 지구 표면에서 일어나고 있는 다양한 기후적·지질적·지형적 변화를 설명하는 데에 유용한 현상이기 때문이다. 지구시스템은 암석권-기권-수권-생물권으로 이루어져 있어서 위치-기후-지질-지형-식생 간의 상호 관련성을 중심으로 하는 자연지리 내용 학습이 지리교육에 필요하다. 이 연구에서 제시하는 교수학습자료는 특히 수리적·지리적 위치와 기후 특성과의 관련성, 판구조 상의 위치와 내적 작용과의 관련성, 지형형성작용에 있어서 내적 작용과 외적 작용 간의 상호 작용 등을 이해하는 데에 주안점을 두었다.

주요어 : 지리교육, 자연지리, 지형형성작용, 아이슬란드, 상호작용

Abstract : The purpose of this study was to develop Geography Education materials based on physical geography. To this end, we analyzed how the basic principles of morphogenic processes were presented and described in the current curriculum and textbooks. Based on this, the target area that can efficiently explain endogenic and exogenic processes and interactions was reviewed from a global perspective. Iceland was selected as the target area because it is a useful site for understanding the earth formation process from the point of view of plate tectonics and explaining various climatic, geological, and geomorphological changes occurring on the earth's surface. Since the earth system is composed of the lithosphere, atmosphere, hydrosphere, and biosphere, learning of physical geography, which focuses on the interrelationship between location, climate, geology, geomorphology, and vegetation, is necessary for Geography Education. The teaching and learning materials presented in this study are particularly useful for understanding the relationship between mathematical and geographical location and climate characteristics, the relationship between location in the plate tectonic system and endogenic processes, and the interaction between endogenic and exogenic processes in morphogenic processes.

Key Words : Geography Education, Physical geography, Morphogenic processes, Iceland, Interaction

I. 서론

지표면은 지각과 지구를 둘러싸고 있는 기권·수권의 접촉부이다. 서로 다른 물체의 표면이 접촉하고 있는 경

우에 다른 물체들이 서로 영향을 주고받는 것과 마찬가지로 지각도 지각의 위와 아래로부터 기원하는 힘들 간의 상호 작용으로 변형된다. 한편으로 지각은 내적 작용으로 변형되며, 이는 조산 운동과 화산 활동으로 나타난

*이 연구는 2020년도 경상국립대학교 발전기금재단 재원으로 수행되었음.

**경상국립대학교 지리교육과 교수(Professor, Department of Geography Education, Gyeongsang National University, keundoh@gnu.ac.kr)

다. 다른 한편으로 기권과 수권에서 생겨난 외적 작용으로 지각은 변형되는데, 이 과정은 암석이 풍화되고 물·얼음·바람 등의 침식·운반·퇴적 작용으로 이루어진다. 내적 작용으로 형성된 지각의 변형, 즉 지표의 기복과 경사는 외적 작용으로 완화된다고. 그러니까 내적 작용과 외적 작용은 상반되게 지각을 변형시킨다.

지표면은 이러한 내적 작용과 외적 작용이 상호작용하여 지형을 형성한다. 내적 작용과 외적 작용의 상호작용은 지표면의 특성을 형성하는 중요한 요인이다. 이러한 내적 작용과 외적 작용의 상호 작용으로 형성되는 지형을 이해하기 위해서는 상호 작용의 메커니즘을 이해해야 한다. 즉, 지형을 이해하기 위해서는 내적 작용의 변형으로 만들어진 지표면의 불규칙성 위에 외적 작용이 어떻게 작용하는가를 파악해야 한다(Tricart, 1974).

이 연구는 자연지리 내용을 바탕으로 한 지리교육 자료를 개발하는 데에 그 목적을 두었다. 이를 위해 현행 교육과정과 세계지리 교과서에서 앞서 설명한 지형형성 작용의 기본 원리가 어떻게 제시되고 기술되었는지를 분석하였다. 이를 바탕으로 지형형성작용에 대한 효과적인 설명이 가능한 대상 지역을 지구적 시야에서 검토하였다.

연구 대상 지역 선정을 위한 첫 번째 전제 조건은 판구조론을 바탕으로 내적 작용에 의한 지형형성작용에 대한 설명을 비교적 쉽게 할 수 있는 지역은 어디인가, 더 나아가 내적 작용과 외적 작용의 상호작용에 대한 설명이 가능한 곳은 어디인가를 찾아야 했다.

이러한 전제 조건에 부합하는 곳을 찾기 위해 그 지역의 판구조 상 위치와 수리적·지리적 위치 특성을 지구적 시야에서 검토하였다. 우선 판구조 상 판의 경계부에 위치하는 곳에서는 지구 내부 에너지에 의한 내적 작용이 활발한 판의 경계부에 위치한 곳, 다음으로 어떤 지역이 수리적·지리적 위치 상 기후 환경과 관련하여 외적 작용에 의한 지형형성작용에 대한 이해가 쉬운 곳, 마지막으로 내적 작용과 외적 작용 간의 상호 작용이 잘 나타나는 곳을 찾고자 했다.

이 전제 조건을 충족하는 지역으로 아이슬란드를 택하였다. 아이슬란드를 연구 대상 지역으로 선정할 이유는 다음과 같다.

지구적 시야에서 볼 때, 아이슬란드는 가장 젊은 지각으로 이루어진 섬으로서 내적 작용에 의한 지형형성과정이 비교적 단순하다. 아이슬란드는 중앙 대서양의 해

지가 확장하면서 마그마가 분출하여 지각이 형성되었다. 이러한 사실은 지각과 지형형성 메커니즘이 단순하여, 판구조론의 여러 가지 과학적 개념을 전제하여야 설명이 가능한 안데스 산맥이나 히말라야 산맥과 같은 지형형성 과정을 설명하는 것보다 유리할 것이다. 특히 판구조론을 통한 대지형 형성 과정에 대한 설명은 자칫 그 내용이 다소 어려울 수 있어서 지형형성작용의 이해라는 수업 목표 달성에 실패할 수도 있는 점을 고려해보면 아이슬란드는 아주 매력적인 지역이다.

한편 아이슬란드는 위도상 북극권 남단에 위치하며, 북대서양의 한 가운데에 있는 섬이다. 이러한 아이슬란드의 수리적·지리적 위치 특성은 기후환경을 이해하는 데에 중요하다. 기후환경은 외적 작용에 의한 지형형성작용에 크게 영향을 미치는 요인이기 때문이다. 특히 아이슬란드의 기후 유형이 남서부 해안 지역은 아극 해양성 기후에, 그 밖의 대부분 지역은 툰드라 기후에 속한다는 점에 주목하였다. 기후 환경적인 측면에서 대륙 내부의 툰드라 기후 지역과 비교 가치가 높을 뿐 아니라 섬 내부의 고원지대에는 대규모의 빙모가 자리 잡고 있어 빙하 지형과 주빙하 지형을 설명하기에 적합하다. 또한, 빙하와 화산 활동이 결합하여 나타나는 지형 형성 과정은 내적 작용과 외적 작용의 상호 작용을 설명하기에 매우 적합한 사례이다.

이러한 아이슬란드의 기후·지형 환경 특성을 이해하기 위해서는 위치, 지질, 지형 등을 바탕으로 한 아이슬란드 자연지리 전반적 내용에 대한 이해가 요구된다. 지구시스템의 작동 원리가 암석권, 기권과 수권, 그리고 생물권 간의 상호 작용이 근간이기 때문에 아이슬란드 자연지리 내용은 지구시스템 이해의 폭을 넓히는 데에도 유용할 것이다. 이 연구에서 제시한 아이슬란드 자연지리 교수학습 내용은 교사나 예비교사들의 교수학적 변환¹⁾을 통해 수업 현장에서 활용하는 것을 전제로 작성하였다.

II. 현행 고등학교 교육과정과 세계지리 교과서의 지형 단원 내용 분석

우선 현행 고등학교 교육과정의 세계지리 교과 내용 부분에서 지형형성작용 관련 내용을 요약하면 표 1과 같다. 교육과정에서 제시한 교과 내용은 우선적으로 교과서

표 1. 현행 고등학교 사회과 교육과정에서의 지형형성작용 관련 내용

내용 체계	영역 : 세계의 자연환경과 인간 생활 내용 요소 : 세계의 주요 대지형
성취 기준	세계에는 다양한 지형형성작용으로 여러 가지 지형 환경이 나타나며 , 각각의 지형 환경은 인간의 거주 지역과 생활양식에 영향을 미치고 있음을 탐구한다. [12세기02-04] 지형형성작용에 대한 기본 이해를 바탕으로 세계의 주요 대지형의 분포 특징과 형성 원인을 분석한다.
학습 요소	지형형성작용, 세계의 대지형
성취 기준 해설	세계의 지형 환경에 대한 학습에 앞서 [12세기02-04]의 경우에는 지형형성작용에 대한 기본적 이해가 선행 되어야 한다.
교수·학습 방법 및 유의 사항	- 이 단원은 교사의 경험과 학교 여건에 따라 다양한 교수·학습 방법이 가능하지만 학습해야 할 기본 개념이 많고 학습 내용이 난해할 수 있기 때문에 체계적으로 잘 정리된 교사의 강연을 위주로 한 설명식 수업이 예외적으로 유용할 수 있다. - 세계의 지형 환경은 학생들이 직접적으로 경험하기 어려운 내용 이며, 다양한 지형 발달과 변화에 영향을 미치는 많은 요인을 논리적으로 설명하고 추론하며 때로는 그림으로 묘사하고 지리적 상상력을 동원하는 과정이 요구된다. 특히 현재의 지형 경관이 과거에는 어떤 모습이었을까를 논리적으로 추론하고 상상하는 능력이 필요한 단원이다.

출처 : 교육부, 2018.

표 2. 세계지리 교과서의 지형형성작용 관련 내용

학습 요소	내용(표현 방법)
지형형성작용	내적 작용과 외적 작용(설명 및 그림)
판구조 운동과 세계의 대지형	세계의 판구조(설명 및 지도) 판의 경계 유형(설명 및 그림)

출처 : 박철웅 등, 2018:46-49; 신정엽 등, 2018:56-59; 최병천 등, 2018:53-55; 황병삼 등, 2018:51-55에서 요약.

집필에 반영되며, 현장에서는 수업목표에 적용된다. 현행 교육과정에서 제시한 성취 기준은 ‘지형형성작용에 대한 기본 이해를 바탕으로 세계의 주요 대지형의 분포 특징과 형성 원인을 분석한다.’이며, ‘지형형성작용에 대한 기본적 이해가 선행되어야 함’을 강조하고 있다.

이러한 내용을 어떻게 교과서에 반영하였는지를 확인하기 위해 4종 세계지리 교과서(박철웅 등, 2018:46-49; 신정엽 등, 2018:56-59; 최병천 등, 2018:53-55; 황병삼 등, 2018:51-55)의 관련 내용을 조사·분석하였는데, 그 결과는 표 2와 같다.

세계지리 교과서가 4종에 나타난 지형형성작용 관련 내용은 표 2로 요약한 바와 같이 거의 유사하다. 여기에서 가장 중요한 교수·학습 내용은 판구조 운동을 바탕으로 한 대지형 형성 과정이다. 지리교육에서 판구조 운동을 학습하는 이유는 세계의 대지형 형성 과정을 이해하기 위해서이다. 그런데, 4종 세계지리 교과서에서 제시한 세계의 판구조 지도 및 설명과 판의 경계 유형 그림 및 설명 내용만으로는 대지형의 형성 과정을 이해하는 데에는 한계가 있다. 이를 효율적으로 학습하기 위한 교수·학습 자료의 개발이 요구된다.

현행 교육과정에서도 이러한 지형형성작용에 대한 학습 내용적 특성을 고려하여 교수·학습 방법 및 유의 사항을 통해 강조하고 있다. 즉, 학습해야 할 기본 개념이 많은 점, 설명식 수업이 예외적으로 유용할 수 있다는 점, 그리고 학생들이 직접 경험할 수 없는 점 등을 강조하고 있다(표 1).

실제로 지형형성작용 중 외적 작용에 대한 설명은 관련 자료도 많을 뿐 아니라 다루는 공간 규모나 시간 규모로 볼 때 비교적 쉬운 편이다. 반면에 내적 작용에 관한 설명은 판구조 운동에 대한 지식을 바탕에 두어야 하며 다루는 공간 규모나 시간 규모로 볼 때 상대적으로 많은 어려움이 있다. 이러한 지형형성작용에 대한 학습 내용적 특성을 고려하여 볼 때, 판구조 운동과 대지형의 형성 과정에 대한 교수·학습 자료의 개발은 중요하다. 특히 교사나 예비교사가 판구조 운동과 대지형 형성 과정을 연계하여 설명할 수 있는 자료가 필요하다. 교사나 예비교사는 이러한 자료를 교수학적 변환을 통해 현장 교수·학습 자료로 개발할 수 있게 될 것이다.

구덕훈 등(2022a, 2022b)의 연구는 교사 측면에서 학생들의 개념 이해와 흥미 유발을 위해 지형의 형태와 지

형형성작용 사이의 상호관계를 쉽게 설명할 수 있는 다양한 교수·학습자료의 개발과 확산을 강조하고 있다. 또한, 변종민(2022)은 예비교사를 위한 지형 관련 답사를 일상의 지형 경관을 이해하는 데 주안점을 두어 지형답사 프로그램을 개발하였는데, 특히 지형 경관 인식의 어려움을 극복하는 데에 초점을 두고 있다.

지형형성작용의 기본 원리를 효율적으로 전달할 수 있는 교수·학습 자료를 개발하는 것은 교사와 예비교사를 위해, 나아가 수요자인 학생들을 위해 필요한 작업이다. 이러한 맥락에서 이 연구는 아이슬란드의 자연지리를 바탕으로 한 교수·학습 자료를 제시하고자 한다. 아이슬란드는 특히 판구조적 관점에서 대지형 형성 과정을 이해하는 데 유용한 현장이다. 또한 아이슬란드는 외적 작용 및 내적 작용과 외적 작용 간의 상호작용에 의한 지형 형성 과정을 이해하는 데에 유용한 현장이다.

III. 아이슬란드 자연환경 개관

1. 위치와 기후

아이슬란드의 국토 면적은 103,000km²로서 본섬 외에 약 30여 개의 섬으로 이루어져 있다. 아이슬란드는 세계에서 18번째로 큰 섬이며, 유럽에서 영국 다음으로 큰 섬이다. 지구적 시야에서 보았을 때, 아이슬란드는 그리 크지 않은 섬이다. 유럽의 가장 서쪽에 위치한 아이슬란드는 유럽 대륙보다 빙하가 차지하는 면적이 넓은 섬이다(Guðjónsdóttir, 2016).

아이슬란드는 위도 63° 23'N 및 66° 32'N 및 경도 13° 30'W 및 24° 32'W 사이의 북극권에 가까운 북대서양에

위치한다. 이 위치는 북대서양과 북극해가 맞닿은 곳이다. 아이슬란드 본섬은 북극권의 남단에 위치하며, 본초 자오선이 통과하는 영국의 그리니치와 1시간 시차가 있다. 아이슬란드는 그린란드와 약 290km 떨어져 있고, 스코틀랜드와는 800km, 노르웨이와는 970km 떨어져 있다. 북미 대륙보다는 유럽 대륙에 더 가깝다(Einarsson, 1984).

북극권 남단에 위치하는 아이슬란드는 여름과 겨울의 낮 길이가 지역에 따라 차이가 크다. 아이슬란드 북부 지역에서는 한여름의 한밤중에 태양을 볼 수 있으며, 동시에 다른 대부분 지역에서도 밤이 흰하다. 아이슬란드의 여름철에는 약 2주 정도 백야를 경험할 수 있지만, 반면에 겨울철에는 해를 볼 수 있는 시간이 약 5시간 정도에 불과하다. 그리고 아이슬란드의 겨울철 밤에는 종종 오로라를 볼 수 있다(Einarsson, 1984).

2. 지역 구분과 지세

아이슬란드는 지리적으로 8개의 지역(수도 지역, 남부 반도 지역, 서부 지역, 서부 피오르 지역, 북서부 지역, 북동부 지역, 동부와 남부 지역 등)으로 구분할 수 있다(그림 1).

사람들은 대부분 남서쪽 해안에 위치한 수도 지역과 남부 지역의 해안 저지대에 주로 거주하고 있는 반면, 고원 지대에는 거의 사람이 살지 않고 있다(그림 2). 아이슬란드 남부 지역에는 헤클라(Hekla), 엘드가(Eldgjá), 카틀라(Katla)와 같이 가장 유명한 화산이 있다. 이러한 유명한 화산들과 함께 바트나요쿨(Vatnajökull), 미르달스요쿨(Mýrdalsjökull), 에이야프랴라요쿨(Eyjafjallajökull)과 같은 빙하가 다수 존재한다. 또한, 현무암 주상절리와 검은 모래 해안은 이 지역에서 일어난 활발한 화산활동



그림 1. 아이슬란드의 지역구분

출처 : Guðjónsdóttir, 2016:2.

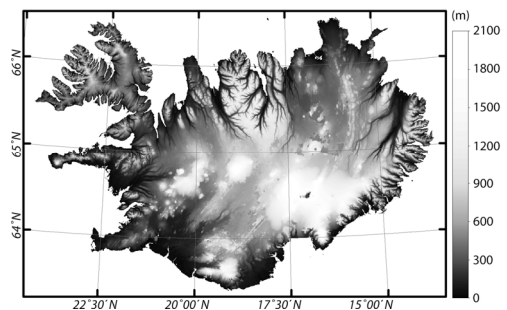


그림 2. 아이슬란드의 지형기복

출처 : NASA Earthdata를 바탕으로 제작.

동의 결과이다(박진성, 2018).

아이슬란드에서는 전 국토의 약 23%가 식생으로 피복되어 있으며, 이 지역에서 목축이 주로 행해지고 있다. 그중 경작지는 고작 1%에 불과하다. 나머지는 거의 황무지가 대부분이며, 빙하 및 호소로 이루어져 있다(그림 3)(Guðjónsdóttir, 2016).

3. 지질

아이슬란드는 위도상 북극권의 남단에 위치하는 한편, 판구조상 유라시아 판과 북아메리카 판이 경계를 이루는 대서양 중앙 해령 위에 존재한다. 이러한 아이슬란드의 위치 특성과 관련하여 아이슬란드는 지구 표면에서 일어나고 있는 다양한 지표 형상 변화를 관찰하고 이해할 수 있는 현장이다.

아이슬란드는 판구조상 대서양 중앙 해령이 바다 위로 드러난 부분으로서 그 면적이 꽤 넓고도 접근하기 쉬운 유일한 곳이다. 아이슬란드는 육지 위에서 해령을 볼 수 있는 드문 장소이다. 대서양 중앙 해령은 북극해에서 시작되어 아프리카 남단 부근에 이르기까지 그 길이가 약 14,000~15,000km, 그 폭이 1,600km에 달하는 광대한 해저산맥이다. 대서양 중앙 해령으로부터 대서양 양안의 대륙들까지의 거리는 거의 유사하며, 해저산맥의 꼭대기를 따라 약 80~120km 폭의 긴 계곡이 발달해 있다(Gudmundsson, 2015). 이 계곡은 지각이 갈라지는 단층에 해당하며, 이곳에서는 마그마가 지각 밑으로부터 솟아올라 냉각되고, 점차 산맥으로부터 떨어져 나와 해저

가 확장되는 것이다. 즉, 대서양 중앙 해령은 지각 내부로부터 분출된 물질이 쌓이고, 단층 열곡을 중심으로 양쪽으로 판이 이동함으로써 형성된 것이다.

아이슬란드를 가로지르는 깊은 계곡은 대서양 중앙 해령에 의해 만들어진 열곡대이다. 이 열곡대에서는 화산 활동에 의해 새로운 지각이 만들어지면서 연간 약 2cm의 속도로 넓어지고 있다. 따라서 아이슬란드는 지구 상에서 가장 화산 활동이 활발한 지역 중 하나로 꼽히며, 평균적으로 5년마다 화산 활동이 일어난다. 중세 이후, 지구 표면을 덮은 모든 용암의 1/3이 아이슬란드에서 분출했다(박진성, 2018).

4. 지형

아이슬란드의 주요 지형 경관들은 전문가들뿐만 아니라 일반인들에게도 매력적인 곳이다. 아이슬란드는 지구 표면에서 일어나고 있는 다양한 지형 변화를 관찰하고 이해하는 데에 큰 도움이 되는 현장이다. 아이슬란드에서는 현재 지각이 움직이고, 갈라지고, 지진이 일어나고, 때로는 화산 폭발이 일어나는 현장이다. 지진과 화산은 지각을 갈라지게 하여 온천수와 간헐천이 형성될 수 있는 통로와 열원을 제공한다. 이러한 내적 작용은 외적 작용과 상호작용하여 지형을 형성한다. 아이슬란드 전역에 걸쳐 많이 볼 수 있는 폭포, 협곡과 산지 지형은 내적 작용을 바탕으로 외적 작용인 빙하와 하천의 침식 작용으로 형성된 지형이다.

또한, 아이슬란드에는 북극권 환경에서 잘 나타나는 빙모, 활성 빙하, 영구 동토 및 기타 흥미롭고 다양한 빙하와 주빙하 경관들이 존재한다. 더욱이 아이슬란드는 비교적 좁은 지역에서 다채롭고도 다양한 지형 경관을 관찰할 수 있는 곳이어서 연구자들이 비교적 쉽게 접근하여 연구할 수 있다는 장점을 지닌다. 전반적으로 아이슬란드는 다양한 지형형성작용이나 지질 작용을 단일 지역에서 연구할 수 있는 곳이다. 만약 아이슬란드가 없었더라면, 연구자들은 세계 곳곳을 찾아 헤매어야 했을 것이다. 최근 아이슬란드 중앙 고원 지대에서는 달과 화성의 경관 연구를 위한 모의실험과 학습이 이루어지고 있다(Gudmundsson, 2017).

아이슬란드에서는 이러한 자연의 힘에 의해 형성된 다양한 지형 경관뿐만 아니라 이와 연관된 천연자원과 재생에너지 자원도 쉽게 볼 수 있다. 아이슬란드의 지하

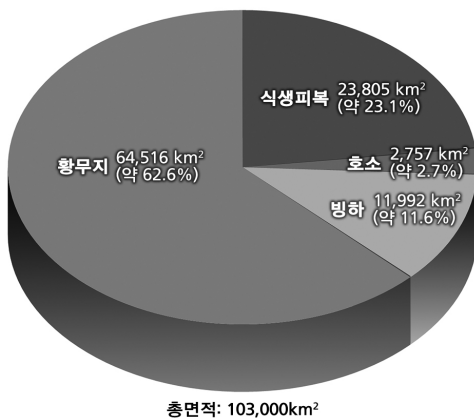


그림 3. 아이슬란드의 국토구성

출처 : Guðjónsdóttir, 2016:3 자료를 도표로 작성.

수는 매우 깨끗할 뿐만 아니라 특히 풍부하여 쉽게 이용할 수 있는 천연자원이다. 최근 세계적으로 재생에너지에 대한 관심이 높아지게 됨에 따라 잠재적·실제적 재생에너지의 중요성이 점차 더해가고 있다. 아이슬란드의 곳곳에서 볼 수 있는 재생에너지 자원으로는 폭포(수력), 지열대(지열), 파도(파랑에너지), 바람(풍력) 등이 있다(Gudmundsson, 2015).

IV. 역동적인 아이슬란드의 자연 환경

1. 아이슬란드의 기후 환경

아이슬란드 기후는 북대서양 해류의 영향으로 비슷한 위도대의 다른 지역보다 비교적 온난한 편이다. 특히 아이슬란드는 북극에 인접해 있지만, 겨울철에도 대부분 해안이 얼지 않는다. 한류인 동그린란드 해류를 따라 때로는 해빙이 밀려오지만, 북대서양 해류가 그 영향을 완화하기 때문에 같은 위도상의 다른 지역보다 훨씬 온난한 편이다. 아이슬란드의 기후 특색은 강풍, 잦은 강수, 온난한 겨울과 서늘한 여름이다. 남부 고원 지대를 제외한 지역의 평균 기온은 일반적으로 겨울에는 0°C에 가깝고 여름에는 10°C 정도이다(Ólafsson *et al.*, 2007).

1) 기후유형

코펜의 기후구분에 따르면, 아이슬란드 기후는 남서부 해안 지역을 중심으로 아극 해양성 기후(Cfc)에 속하며, 북부 내륙과 해안 지역은 대부분 툰드라 기후(ET)에 속한다. 아이슬란드 전체 면적의 62.7%가 툰드라 기후 지역에 속한다(그림 4).

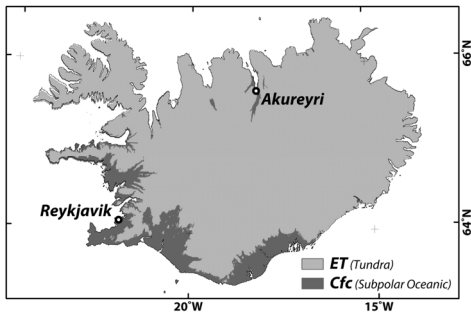


그림 4. 아이슬란드의 기후유형

출처 : Einarsson, 1984:676.

아극 해양성 기후(Cfc)는 연중 강수가 있으며, 여름이 짧고 선선한 기후로 실상 한대 기후와 구별이 어렵다. 아이슬란드 남부 및 남서부 지역이 툰드라 기후에 속하지 않고 아극 해양성 기후에 속하는 까닭은 북대서양 해류의 영향 때문이다. 즉, 아이슬란드 남부 및 남서부 지역은 난류의 영향으로 겨울철이 상대적으로 온난한 편이지만, 여름철에도 기온이 그렇게 크게 올라가지 않아 한랭한 편이다. Cfc는 c는 3개월 미만의 월평균 기온이 10°C 이상이고, 최난월 평균 기온이 22°C 미만인 기후형이다.

2) 기후의 지역차

아이슬란드에서는 섬 내에서도 기후의 지역차가 약간 나타난다. 대체로 아이슬란드의 남부 해안은 북부 해안보다 따뜻한 편이며, 습윤하고 바람이 강한 편이다. 아이슬란드의 수도인 레이카비크(Reykjavik)의 7월 평균 기온이 12.5°C이며, 1월 평균 기온은 1.6°C이다. 반면에 아이슬란드 북부 해안도시인 아쿠레이리(Akureyri)의 7월 평균 기온이 12.0°C이며, 1월 평균 기온은 -2.2°C이다(표 3). 아이슬란드에서 가장 추운 곳은 중부 고원 지대이다.

아이슬란드의 강수량은 600mm~4,000mm 이상 범위 내에서 지역 차가 나타난다. 이러한 아이슬란드 강수분포의 지역 차는 아이슬란드 남서 방향으로부터 북대서양을 가로지르는 저기압의 통과와 지형을 반영하여 나타나는데, 특히 남서-북동 방향으로 남부 해안으로부터 북동부 고원지대에 이르는 지역에 많은 강수가 집중되어 나타난다(그림 5).

겨울철에는 남부 지역보다 북부 지역에서 눈이 많이 내리며, 북부 저지대 내륙 지역이 가장 건조한 편이다.

표 3. 레이카비크와 아쿠레이리의 기온-강수량 비교

	Reykjavik			Akureyri		
	연	1월	7월	연	1월	7월
평균 기온(°C)						
2011	5.4	1.6	12.5	4.1	0.4	12.0
1961-1990	4.3	-0.5	10.6	3.2	-2.2	10.5
평균 강수량(mm)						
2011	905	62	45	643	64	9
1961-1990	799	76	52	490	55	33

출처 : Guðjónsdóttir, 2016:4.

3) 아이슬란드의 날씨와 기후에 영향을 미치는 기후 요인

아이슬란드에서는 몇 가지 기상적 요인만큼 지리적 요인도 날씨와 기후에 상당한 영향을 미친다. 아이슬란드는 위도상 북극권의 남단에 위치하기 때문에 지구와 대기의 복사에너지 평형에 있어서 상당한 열 부족 현상이 나타난다. 이를 보상하기 위해 해양과 대기 순환을 통해서 저위도 지역으로부터 열전달이 일어난다(Einarsson, 1984).

(1) 해류

아이슬란드는 난류와 한류의 경계 근처에 위치한다. 북대서양 해류는 아이슬란드 남쪽을 향해 흘러 올라오다가, 서쪽에서 2개의 해류로 나누어져 흐른다. 그중 하나인 이르밍거 해류(Irminger Current)는 남쪽, 서쪽 및 북쪽 해안을 둘러싸고 있다. 다른 한편으로, 동그린란드 한류의 한 지류는 아이슬란드 동해안을 따라 남쪽과 남동쪽으로 흐른다(그림 6). 북서해안과 남동해안으로부터 떨어져서 두 해류 사이에는 온대 전선이 존재한다. 이러한 해양 환경은 아이슬란드의 해안 지역과 바다를 통과하여 아이슬란드로 유입되는 모든 기단에 직접 영향을 미친다.

아이슬란드와 그 주변 지역의 기후 악화에 수반되는 현상은 해빙의 확장이 증가하는 것인데, 이는 겨울, 특히 늦겨울에 해빙이 아이슬란드 해안에 도달할 수도 있다. 이 해빙은 동그린란드 해류의 주요 해빙 흐름의 일부이다. 해빙 흐름의 범위는 해마다 그리고 계절에 따라 다르다. 해빙은 10월에 최소에 가까우며, 해빙의 가장 큰 범위는 3-5월에 나타난다. 정상적인 기후 상태에서 주

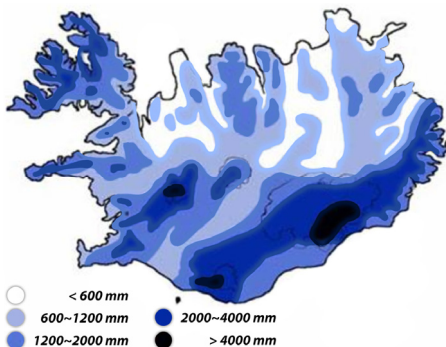


그림 5. 아이슬란드 강수 분포도

출처 : Saemundsson *et al.*, 2003:170.

요 해빙 한계는 아이슬란드 해안에 도달하지 않지만, 극심한 경우에는 해빙이 확장되어 서해안과 남해안까지 이르기도 한다. 해빙이 해안이나 그 인근에 존재하면, 해안 지역 기온은 눈에 띄게 낮아지는데, 일반적으로 가장 큰 편차를 보이는 지역은 북부와 동부 해안이다 (Geirsdóttir *et al.*, 2009).

(2) 기단

해류와 마찬가지로 온난 기단과 한랭 기단이 종종 아이슬란드 근처에서 만난다. 북극 전선은 거의 항상 북대서양 어딘가에 위치한다. 북극 전선을 교란하는 사이클론이 종종 강화되어 아이슬란드에 가까워지고, 그에 따라 불규칙하고 큰 기압 변동이 일반적이다.

아이슬란드 근처에는 사이클론이 자주 출현하는데, 이는 저기압 중심인 아이슬란드 저기압이 아이슬란드 남서부 근처에서 발견되기 때문이다. 이동하는 사이클론은 강수와 강한 바람을 가져오고, 그 결과로 급격한 날씨 변화가 사이클론의 이동 경로에서 나타날 수 있다. 예를 들어, 겨울에는 영상 5-10°C의 비나 이슬비를 동반한 강한 남풍에서 영하 5-10°C의 북풍으로 몇 시간 만에 변하기도 한다. 열대 기단과 극지방 기단의 기온 차는 겨울에 가장 크고, 결과적으로 최저점은 여름보다 더 강하다. 종종 고기압이 자리 잡은 그린란드가 북동 기류를 강화함으로써 아이슬란드 날씨에 크게 영향을 미칠 수도 있다 (Einarsson, 1984).

(3) 해발 고도와 지형

아이슬란드에 산이 많다는 사실은 여러 면에서 중요

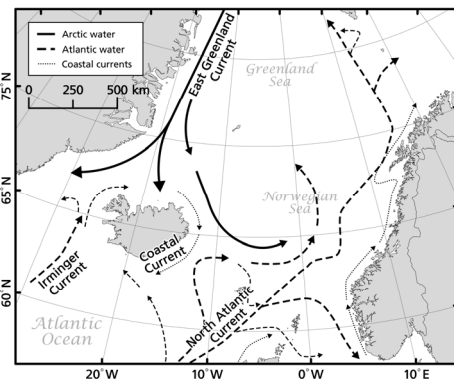


그림 6. 아이슬란드 근해의 해류

출처 : Geirsdóttir *et al.*, 2009:2108.

하다. 기온 상태는 해발 고도와 지형에 따라 다르다. 또한, 산지는 해양 기단이 내륙에 도달하는 것을 방해하는 장벽으로 작용할 수 있다. 산지가 운량과 강수량에 미치는 영향은 명백하여, 바람받이 사면에서는 두 요소가 모두 증가하고, 바람그늘 사면에서는 비그늘이 생겨 심지어는 화창한 날씨가 나타나기도 한다.

풍향 빈도 분포는 골짜기와 피오르의 형태와 방향에 따라 크게 달라진다. 또한, 국지 지형도 풍속에 영향을 미친다(Einarsson, 1984).

2. 아이슬란드의 지각형성 메커니즘

아이슬란드는 유라시아 판과 북아메리카 판 사이의 발산 경계 위에 있다. 또한, 아이슬란드 플룸인 열점 위에 있다. 이 플룸에 의해 아이슬란드가 형성된 것으로 여겨지며, 섬은 약 1,600만~1,800만 년 전에 바다 표면에 처음 드러났다. 그 결과 아이슬란드는 반복되는 화산 활동과 간헐천과 같은 지열 현상이 특징인 섬으로 탄생했다(Gudmundsson, 2015). 아이슬란드는 해저 확장이 육지에서 관찰될 수 있고 맨틀 플룸에 대한 증거가 있는 독특한 장소 중 하나이다.

1) 북대서양의 열림과 맨틀 플룸의 이동, 그리고 아이슬란드의 탄생

아이슬란드의 생성과 진화는 약 2천 만 년에 걸쳐 진행하였으며, 그 과정은 열점의 상호작용과 연관되어 있다. 그 하나는 그린란드 아래의 열점이며, 다른 하나는 북대서양 아이슬란드 지구대 근처의 열점이다. 발산 경계부의 지각 균열과 강력한 아이슬란드 열점의 영향에 따라 현재에도 화산 활동과 지구조 운동이 일어나고 있다. 열점은 대서양 판이 매우 느리게 북서쪽으로 이동함에 따라 그 상대적 위치가 변화한다. 이러한 사실은 아이슬란드의 균열대가 다소 복잡하게 이동하여 나타나는 것과 지각판 내의 측면에 존재하는 화산 지대를 설명하는 데에 유용하다. 또한, 아이슬란드 인근 해저 지형은 열점의 상호작용뿐만 아니라, 일반적으로는 얇은 해양 지각과는 달리 아이슬란드 지각이 두꺼운 이유를 설명할 수 있게 한다(Jovanelly, 2020).

아이슬란드의 형성 과정은 크게 유럽 대륙으로부터 뉴펀들랜드와 그린란드를 갈라놓은 대륙분열, 그리고 그 이후 현재 아이슬란드를 둘러싸고 있는 해저 지각의

생성으로 나누어 살펴볼 수 있다. 현재 북대서양 양쪽에 있는 북아메리카와 유라시아 대륙은 약 3억 년 이상 하나의 초대륙 판게아를 이루고 있었다. 그런데 약 7,000만 년 전 뉴펀들랜드-영국 제도의 위도대로부터 북쪽으로 스칸디나비아와 그린란드 사이의 북극으로 연장되는 거대한 균열대를 따라 양 대륙은 분열되기 시작하였다. 이러한 균열대를 중심으로 분리되어 새로운 판의 경계부를 이루게 되었다. 이러한 판의 경계부는 판의 확장과 성장이 활발하게 진전되는 곳이다. 그곳은 마치 지각이 갈라진 자리의 아래로부터 마그마가 분출하여 틈새를 메꾸는 봉합선 같은 곳이다. 해저 확장이 계속 진전됨에 따라, 더 많은 마그마가 분출하여 균열을 메웠으며, 그 결과 아이슬란드 주위의 해저를 형성하는 지각이 생성되게 된다. 북대서양의 확장 속도는 1년에 2cm 정도이다. 한 방향으로 1cm 확장되는 셈이다.

판 경계부는 대양의 한가운데에 뚜렷한 산맥과 같은 구조를 형성한다. 이러한 지질구조를 중앙 해령이라고 하며, 해령의 능선부는 확장축을 의미한다. 이러한 중앙 해령은 지구상의 주요 대양에서 나타나는데, 일반적으로 중앙 해령은 해수면 위로 드러나지 않는다. 그러나 아이슬란드는 해수면 위로 드러나 육지인 섬을 이루었다. 아이슬란드를 가로지르는 판 경계인 대서양 중앙 해령에서는 다른 곳에서보다 더 많은 분출이 일어나고 있는데, 이는 열점 때문이다. 열점은 맨틀 내부에 있는 매우 뜨겁고 밀도가 낮은 물질로 이루어진 맨틀 플룸에 의해 생성된다. 플룸은 주변부보다 부력이 크기 때문에 표면을 향해 상승하게 된다. 이는 아이슬란드 플룸이라고 알려져 있으며, 지난 6,500만 년 동안 활동해 왔다.

이 기간 동안 어마어마한 양의 마그마를 지표에 뿜어 왔다. 그 결과, 일련의 화산 지대가 형성되었고, 아이슬란드를 포함하여 스코틀랜드로부터 그린란드까지 대서양을 가로질러 뻗어 있다. 아이슬란드는 그중에서도 가장 젊고 현재도 활동 중이다. 총체적으로 이러한 화산 지대는 ‘북대서양 거대 화성암 지대’라고 한다. 그것은 길이가 약 2,000km에 달하며, 6500만 년 이상 화산 활동을 통해서 아이슬란드 맨틀 플룸으로부터 약 100만 km³의 마그마가 분출되었다.

이 양은 아이슬란드 체적의 50배에 해당한다(Thorðarson and Höskuldsson, 2013). 현재 아이슬란드는 북쪽의 콜베인세이 해령(Kolbeinsey Ridge)과 남쪽의 레이카네스 해령(Reykjanes Ridge)에 의해 분열하고 있다. 시간이

경과함에 따라 맨틀 플룸의 위치가 그린란드에서 아이슬란드 쪽으로 이동하고 있다(그림 7)(Jovanelly, 2020).

2) 활발한 지구조 운동

아이슬란드의 지질구조(tectonic structure)는 여러 개의 지진 및 화산 활동 중심이 특징이다. 아이슬란드는 중앙 대서양 해령의 레이카네스 해령(Reykjanes Ridge) 구간이 남쪽으로, 콜베인세이 해령(Kolbeinsey Ridge)이 북쪽으로 경계를 이룬다(그림 8).

아이슬란드 남부의 단층들은 두 개의 주요 평행 단층대에 집중되어 있다. 남서 아이슬란드의 레이카네스 반도 단층은 서부 화산 지대(WVZ)와 연결되는 레이카네스 해령의 내륙 연속이다. 보다 활발한 동부 화산 지대(Eastern Volcanic Zone)는 주요 단층 운동이 어떻게 동쪽으로 전파되었는지는 불분명하지만 단층 운동이 증가하여 나타난다. 서부 화산 지대와 동부 화산 지대 사이의 분기는 높은 지진 활동이 특징인 남쪽 아이슬란드 지진 지대에 의해 수용된다. 동부 화산 지대는 북쪽으로 크라플라(Krafla) 화산을 포함하는 북부 화산 지대로 이동한다(그림 8). 북부 화산 지대는 지진 및 변형의 또 다른 주요 중심인 트외른스 단열대(Tjörnes Fracture Zone)에 의해 콜베인세이 해령에 연결된다(Gudmundsson, 2015).

3) 화산 활동

일반적인 믿음과는 달리, 아이슬란드의 어느 곳에서도 지각이 갈라져 용암이나 화산재를 내뿜을 수 없다. 현재의 지구대는 적어도 2개의 판 내부 화산 벨트와 함께 아이슬란드의 활화산 지역을 이루고 있다. 이러한 활

화산 지대 이외의 대부분 지역에서는 마그마가 공급되는 원천 지점으로부터 멀어짐에 따라 수십만 또는 수백만 년 동안 화산 폭발은 일어나지 않았다. 활화산 지대 내에서 화산과 화산 균열은 무작위로 나타나지는 않지만, 열하, 단층 및 화산 활동과 관련된 선상으로 길쭉하게 늘어선 지대에 제한적으로 나타난다. 이러한 지대에는 수백 개의 분출 지점과 분화구가 존재하는 약 30개의 화산 시스템을 형성한다. 많은 화산 시스템은 부분적으로 또는 전체적으로 빙모에 의해 덮여 있으며, 화산의 최고봉은 빙모를 이루고 있다. 화산 활동이 빙하 밑에서 일어나는 것은 매우 일반적인 현상이다.

화산과 분화구의 유형은 다양하며, 이에 따라 분출암과 분화 양상도 다르다. 대체로 아이슬란드에서의 화산 형성은 세계의 어떤 곳에서도보다도 잦은 편이다. 아이슬란드에서는 평균 4년마다 화산 폭발이 일어날 정도로 화산 활동이 매우 활발한 곳이다(Thordarson and Höskuldsson, 2008).

아이슬란드 화산대는 서부 화산대, 동부 화산대, 북부 화산대로 나눌 수 있다. 스나이페들스 화산 지대는 서부 아이슬란드의 중앙 반도를 이루고 있다. 이들 화산 지대에서는 언젠가 화산이 폭발할 가능성이 있다. 화산 지대에는 지각의 틈새가 모여 있는 열하군(fissure swarm)이 나타난다.

1783년 라키(Laki) 화산 분출로 인해 섬은 크게 황폐화하였으며, 섬 인구의 25%가 굶어 죽는 인명 손실을 초래했고, 이로 인해 이산화황이 북반구에 뿌려지면서 지구 온도가 떨어졌다. 이로 인해 유럽에서는 흉작이 나타났

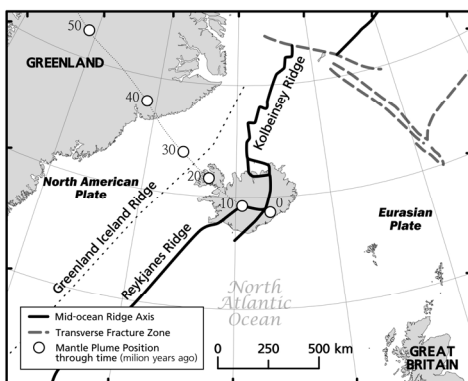


그림 7. 맨틀 플룸의 위치 변화(50Ma~현재)

출처 : Jovanelly, 2020:7.

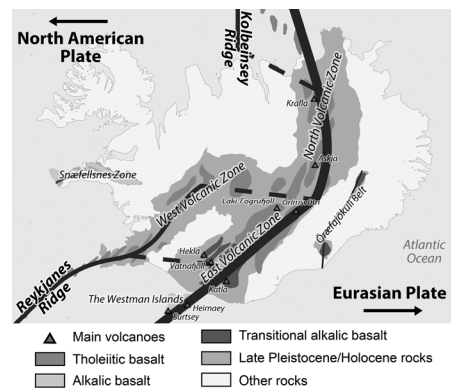


그림 8. 아이슬란드의 주요 구조선, 화산대 및 암석 분포

출처 : Gudmundsson, 2015:106; Geirsdóttir et al., 2007:172를 참고로 제작.

으며 인도에서는 가뭄이 발생했을 수도 있다. 이 화산 분출로 인해 전 세계적으로 600만 명이 사망한 것으로 추정된다(Whalley, 2010).

1963년에서 1967년 사이에 화산 분출에 의해 남서쪽 해안에 서지(Surtsey) 섬이 새로 생겨났다(그림 8)(Whalley, 2010).

2011년 5월에 분화한 그림스비튼 화산(Grímsvötn)은 아이슬란드의 최대 빙하 바트나이외쿠틀에 위치한 해발 1,725m의 화산이다(그림 8). 이 화산은 화산이지만 빙저 호이고, 화산의 전형적인 형태는 보이지 않는다. 그러나 곳곳에 증기가 나오는 바위가 있어 화산임을 알 수 있다. 이 화산의 분화는 2004년에도 있었는데, 역시 화산재가 공중으로 치솟았다. 지금은 분화를 멈추었지만, 여전히 증기가 나오기 때문에 활화산이다. 2011년 5월에 폭발했지만 2010년과 같은 항공대란은 없었다. 이때 화산재 구름은 3km 이상 솟아올랐지만, 유럽 쪽으로 날아가지 않아 결항 같은 항공대란은 없었다(박진성, 2018).

4) 지진

아이슬란드는 발산 경계 판 가장자리에 위치할 뿐만 아니라, 맨틀 플룸 위에 위치하기 때문에 지진이 자주 발생할 가능성이 크다. 그리고 실제로도 확실히 지진이 자주 발생한다. 매년 수천 건의 지진이 발생하고 있으며, 대체로 진도 1~4.0 지진이 발생하여 피해가 크지는 않더라도 사람들은 놀랄 수 있다. 종종 4~5.5 규모의 지진이 발생하기도 하는데, 이러한 지진이 거주 지역에 인접하여 발생하더라도 적은 피해를 초래할 뿐이다. 10 년마다 수차례 6 규모의 지진이 발생할 수 있으며, 1세기마다 6~7.2 규모의 대규모 지진이 발생할 수도 있다. 지난 1,100년 동안 일어났던 대규모 지진은 매우 심각한 사태를 초래했으며, 지역적으로 피해가 발생하거나 심지어 사람들의 생명을 앗아가는 치명적인 피해가 발생하기도 하였다. 대부분 지진은 마그마가 지구의 깊은 곳으로 이동하더라도 순전히 지구조 운동의 결과이다. 화산 폭발을 동반하는 다른 지진들은 대체로 4.0~4.5 규모를 넘지 않는다. 열린 단열, 열하 및 단층들은 오래되고 새로운 지진 지역 또는 지역을 표시한다(Gudmundsson, 2015).

지진 발생 지점들은 주로 판 경계와 그 주변의 변환 단층, 열하 등에 집중된 모습이다(그림 9). 실제로 변환 단층대에서는 지진이 잦은 편이고 때로는 격렬하게 발생하기도 하지만, 화산 활동의 빈도는 매우 적은 편이다.

5) 암석 분포

아이슬란드는 대서양 한가운데 있는 고립된 큰 현무암 덩어리이다(그림 8). 아이슬란드는 대륙과 그 기원이 다르기 때문에 기반암이 여러 면에서 큰 차이가 있다. 아이슬란드는 지구상에서 가장 강력한 맨틀 플룸 중의 하나 위에 위치한 대서양 중앙 해령 상에 형성되었다. 플룸과 해령 밑에서 올라오는 물질로부터 분출은 해수면 아래에서 약 40km 두께로 매우 밀도가 낮은 현무암질 지각이 형성되는 데에는 충분하다. 이러한 용암대지는 총면적은 족히 200,000km² 이상이다. 이 면적 중에서 해수면 위로 드러나 섬을 이루는 면적은 약 103,000km²에 달한다. 따라서 아이슬란드는 대륙에 비해 지각의 나이가 매우 젊다. 해수면 위로 드러난 육지에서 가장 오래된 암석의 나이는 약 1,600만 년이다. 이것은 또한 아이슬란드가 암석학적으로 매우 균질하다는 것을 의미한다. 기반암의 약 90%는 화성암이며, 그중 약 80%는 현무암이며, 약 10%는 퇴적암이다. 나머지 10%는 규산염 광물(SiO₂)이 풍부한 산성암과 중간 분출암이다. 변성암은 거의 존재하지 않는다(Gudmundsson, 2015).

아이슬란드는 제3기 중기 마이오신 이후 지속적으로 쌓여온 퇴적암층이 끼어 있는 화산암으로 이루어져 있다. 이 암석은 4개의 주요 누층(累層)으로 나눌 수 있다(그림 10). 제3기 고원 현무암 누층, 하부 플라이스토세 회색 현무암 누층, 상부 홍적세 팔라고나이트 누층 및 뷔름 빙력토(표석점토), 홀로세 퇴적물 및 화산암이 그

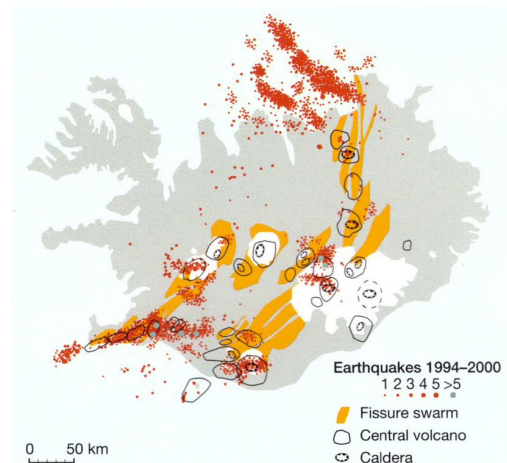


그림 9. 아이슬란드 지진 진앙 분포(1994~2000년)
출처 : Gudmundsson, 2015:116.

것이다. 현무암질 용암류는 제3기 고원 현무암층의 가장 큰 비율을 차지한다. 플라이스토세 누층에는 더 다양한 암석층과 특히 더 많은 빙하기의 유리질 퇴적물, 하천 및 해양 퇴적물이 포함되어 있다. 암석에는 급격한 기후 변화(예: 약 3m.y)의 기록이 포함되어 있다. 아이슬란드의 홀로세 화산 활동은 현무암질 용암뿐만 아니라 중간 및 산성 암석도 생성했다. 화산 열화와 단층들은 신화산 지대를 특징짓는데, 이는 대서양 중부 해령 위에 있는 아이슬란드의 위치와 관련이 있는 것으로 여겨진다(Geirsdóttir *et al.*, 2007).

아이슬란드 맨틀 플룸은 최대 빙모인 바트나요쿨 아래에 위치하며, 활성 화산대와 열곡대는 판의 경계부에 집중되어 있다. 암석 분포는 판의 경계부를 중심으로 젊은 암석이 분포하고, 서북부 지역과 동부 해안 지역에는 가장 오래된 암석이 나타난다. 서북부와 동부 지역의 오래된 암석들은 빙하 작용을 받아 협곡을 이루는 피오르 해안을 이루고 있다. 또한, 가장 최근에 퇴적된 물질들은 거대 빙모들의 남쪽 해안 지역과 북부 해안 지역의 상대적으로 넓은 곡지 하구에 축적지를 이루고 있다(그림 10).

6) 간헐천

간헐천은 일반적으로 화산 지역과 관련이 있으며, 비영구적이다. 물이 끓으면서 발생하는 압력은 간헐천의 지각 내부 통로를 통해 과열된 증기와 물을 표면으로 밀어낸다. 간헐천의 형성은 특히 화산 지형에서 일반적으로 발견되는 세 가지 지질 조건, 즉 강한 열, 물 및 지각 내부의 통로 체계의 조합이 필요하다.

간헐천 형성에 필요한 열은 지구 표면에 가까운 마그마에서 나온다. 가열된 물이 간헐천을 형성하기 위해서는 균열, 열화, 다공성 공간 및 때로는 공동으로 구성된 지각 내부의 통로 체계가 필요하다. 여기에는 물이 가열되는 동안 물을 담을 수 있는 저수 공간이 포함된다. 간헐천은 일반적으로 단층을 따라 선상으로 배열된다(그림 11).

지하의 열에 의해 데워진 물의 온도가 끓는 점보다 높으면 연속적으로 분출하는 간헐천(geyser)이 되고, 열이 식어 수온이 끓는 점 이하가 되면 보통 온천이 된다. 간헐천을 발생시키는 열원은 대개 활동 중인 마그마나 휴면 중인 마그마이며, 물은 강수에 의해 지표면으로 스며들어 재공급된다(박진성, 2018).

아이슬란드는 화산 활동이 활발하여 세계에서 가장 유명한 간헐천이 있는 곳이다. 이곳에는 약 20~29개의 활동적인 간헐천과 이전에 활동했던 수많은 간헐천이 있다. 아이슬란드의 간헐천은 유라시아판과 북미판의 경계를 따라 남서쪽에서 북동쪽으로 뻗어 있는 지역에 분포한다. 대부분의 아이슬란드 간헐천은 비교적 수명이 짧으며, 이곳의 많은 간헐천이 지진 후에 재활성화되거나 새로 생성되어 몇 년 또는 수십 년 후에 휴면 상태가 되거나 소멸되는 것도 특징이다(Amórsson, 1995).

지열 에너지는 문자 그대로 지구 내부로부터 얻어진 열을 의미하며, 반면에 지열 발전(geothermal power)은 구체적인 지열 전기로의 이용 전략 또는 지열을 직접 사용하는 것과 관계된다. 지열 전기(geothermal electric)는 수증기 또는 수증기를 뽑아내는 뜨거운 물을 이용하여,

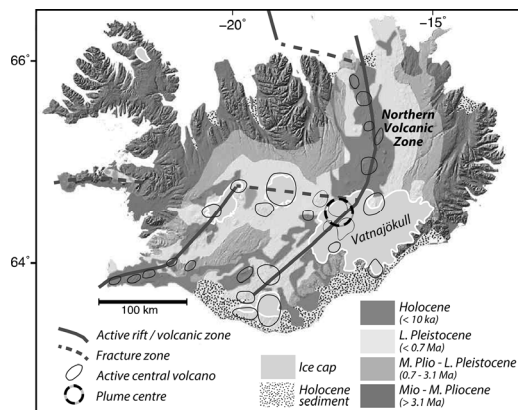


그림 10. 아이슬란드의 지질구조와 화산·빙모 분포
출처 : de Quay *et al.*, 2019:119.

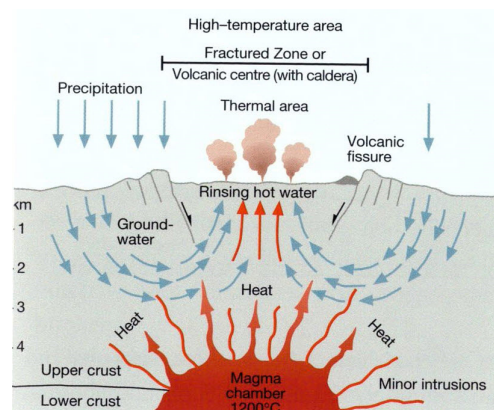


그림 11. 지열 지대의 지각 내부 모습
출처 : Gudmundsson, 2015:335.

이를 터빈 발전기로 이동시킨다. 지열을 직접 사용하는 것은 열 교환 시스템을 통해서 뜨거운 물로 차가운 물체를 가열하는 데 사용되며, 온실, 토양, 수영장 온도를 높이거나 제조업이나 양식장에서 사용한다.

아이슬란드 레이카비크에서는 대부분의 공간 난방(87%)과 발전량의 일부(18%)에 지열을 이용한다. 레이카비크 반도에 있는 스바르트생기(Svartsengi) 발전소는 이러한 현대 시설의 한 예이다. 스바르트생기 지열 발전소에서는 전기를 생산하며 가정과 기업에 뜨거운 물을 제공한다. 발전소의 이름인 ‘스바르트생기’는 ‘검은 목초지’를 의미하는데, 이는 이 지역에 전반적으로 나타나는 광범위한 용암 기저부를 뜻한다. 블루라군 스파는 스바르트생기 발전소가 있는 레이카비크 반도의 지열 지대에 위치한다(Gudmundsson, 2015).



그림 12. 열상 응회구

출처 : Thorðarson *et al.*, 2008:201.



그림 13. 열상 응회구와 마르

출처 : Thorðarson *et al.*, 2008:201.

3. 아이슬란드의 다양한 지형 변화

1) 다양한 형태의 화산 지형

아이슬란드에서 거의 전 지역에서 다양한 화산 지형을 볼 수 있지만, 특히 대서양 중앙 해령이 지나가는 곳의 선구조를 따라 주요 화산 지형이 집중되고 있다. 아이슬란드 화산은 열하나 단층과 관련하여 선상으로 길게 배열되는 모습을 보인다. 화산과 분화구의 유형은 매우 다양하여 분출되는 암석과 분화 양상도 각기 다르다. 아이슬란드에서 분출되는 마그마는 해양지각을 이루는 현무암질 마그마가 대부분을 이어서 점성이 낮아 홍수 현무암이 용암대지나 순상화산을 이루는 경우가 많다. 폭발 분화로 형성되는 응회구나 마르가 선상으로 줄지어 길게 늘어서는 모습을 보이기도 한다(그림12, 13).

화산 활동의 가장 큰 면적은 눈에 띄는 봉우리가 아니라 섬의 많은 부분을 덮고 있는 홍수 현무암 지역(hraun)이다. 용암과 테프라가 결합된 성층 화산은 아이슬란드 서부의 스나에펠스요쿨(Snaefellsjökull)과 같이 대략 원형도 있고, 헤클라(Hekla)와 같이 길쭉한 형태도 있다. 순상화산은 홍수 현무암으로 만들어졌으며, 가장 좋은 예는 아이슬란드에서 가장 큰 호수인 싱바틀라비튼(Tingvallavatn) 근처의 넓은 순상화산이다. 이는 주변 용암대지에서 약 800m 높이인 1,060m에 이르며, 분화구가 있다. 서트지(Surtsey)는 작은 순상화산이라 할 수 있다(Whalley, 2010).

테프라 콘과 분화구는 아이슬란드에서도 발생하며, 때때로 개별적이거나 열하 선구조를 따라 길게 늘어선다(그림12, 13). 폭발 분화구는 레이카비크에서 남서쪽으로 약 30km 떨어진 레이카네스 반도의 크리수비크 근처에 있는 그라에나바튼(Graenavatn)이다. 미바튼 지역은 진흙 웅덩이, 분기구와 같은 작은 활화산 지형의 좋은



그림 14. 모베르그 산지의 모습

출처 : Jovanelly, 2020:13.

예이며, 같은 지역에 디무보르기르(Dimmuborgir)에는 용암 기둥(lava pillars)과 용암 튜브(lava tube)가 있는 용암 지대가 있다(Whalley, 2010).

다소 특별한 지형 및 화산 유형은 모베르그(Móberg) 산지이다. '갈색 암석'을 뜻하는 모베르그는 독특한 암석 유형으로, 그 색뿐만 아니라 빙하 아래 형성되었기 때문이다. 독특한 탁상형 산지 지형은 이러한 빙하 아래에서 분화된 것과 관련이 있다(그림 14). 아이슬란드에서 모베르그 산지는 더 이상 화산 활동이 없다. 그것들은 평평한 꼭대기와 가파르고 자유면이 있는 단면, 그리고 아래에 테일러스 사면을 가지고 있으며, 후기 홍적세 빙저분출의 결과이다(Jovanelly, 2020).

2) 빙하 지형

아이슬란드는 평균 해발 고도가 500m인 산악 지대이며, 외라이바이외퀴들(Öraefajökull)은 최고봉으로서 2,119m이다. 국토의 1/4만이 200m 미만이다. 가장 큰 저지대는 아이슬란드 남부에 있으며, 해안은 모래로 이루어져 그 윤곽이 매끄럽다. 그 밖의 대부분 다른 지역은 수많은 피오르들이 암석 경관을 파고들고 있어 불규칙한 해안선을 이룬다. 피오르 골짜기의 맨 안쪽 지역에는 일반적으로 좁은 저지대를 이룬다(그림 15). 이러한 형태의 경관은 북서부 지역과 동부 지역의 현무암 지대에서 잘 나타난다. 남부 해안 지역에는 피오르가 없으며, 대부분만의 입구에 석호가 형성되어 있다. 그 사이인 남서부에서 북동부 지역은 다소 부드럽고 고원과 유사한 경관을 이루며, 때때로 급경사 산지가 나타나기도 한다(Einarsson, 1984).

아이슬란드의 전 국토 면적은 103,125km²에 달하며,

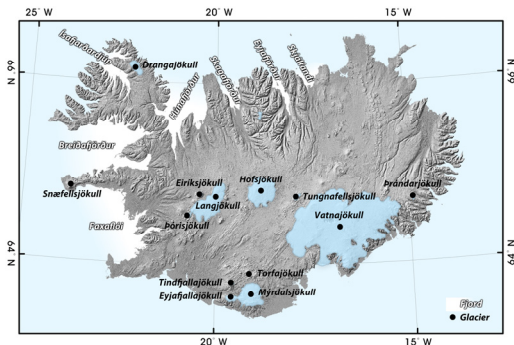


그림 15. 아이슬란드의 빙모와 피오르 해안 분포
출처 : Björnsson, 2002:256을 참고하여 제작.

이중 약 11%인 11,400km²가 빙하와 빙모(ice cap)로 덮여 있다(그림 15). 바트나요쿨은 면적이 8,400km²로 가장 크다. '요쿨'은 덴마크어로 '빙모'를 의미한다. 빙하는 기후 변화에 반응하여 따뜻한 시기에 후퇴하고 추운 시기에 전진한다. 아이슬란드에서 빙하와 빙모는 지형 경관에서 차지하는 비중이 크며, 기후에도 크게 영향을 미친다. 빙모는 50,000km² 이하의 면적을 덮고 있는 돔 형태의 빙하로서 분출빙하(outlet glaciers)의 공급원인데, 아이슬란드의 빙모는 고원지대를 덮고 있다(Gudmundsson, 2015).

3) 화산 활동과 빙하의 상호작용, 요쿨라우프

아이슬란드의 빙모와 빙하는 대부분 화산체를 덮고 있다. 거대한 얼음 덩어리와 화산 활동이 인접해 있다. 이에 따라 빙하 밑에서 화산 폭발이 일어날 경우, 용빙수로 인하여 급작스런 빙하홍수를 일으킨다. 이러한 현상을 아이슬란드에서는 요쿨라우프(jökulhlaup)이라고 한다. 아이슬란드어로 요쿨(jökul)은 빙하를, 라우프(hlaup)은 뛰거나 뛰는 것을 의미하는데, 아마도 주 배출 이전에 작은 파도를 생성하는 빙하의 특성을 지칭하는 것 같다. 하지만 일반적으로 발생하는 요쿨라우프는 빙하 아래가 지열에 의해 가열되어 생성된 용빙수가 축적되어 나타난다(그림 16). 종종 이러한 요쿨라우프는 급작스런 하중 감소를 가져와 화산 폭발을 일으키는 원인이 되기도 한다(Björnsson, 2002).

용빙수는 빙하 표면과 빙하 아래 또는 두 위치 모두에서 생성될 수 있다. 표면에서 용융되는 경우에는 표면에서 물을 모으는 경향을 지닌다. 빙하 아래에서 용융되는 경우는 위치에 따라 달라지는 지각 내부로부터의 지열의 흐름과 빙하 아래에서 지면을 타고 이동하는 얼음으

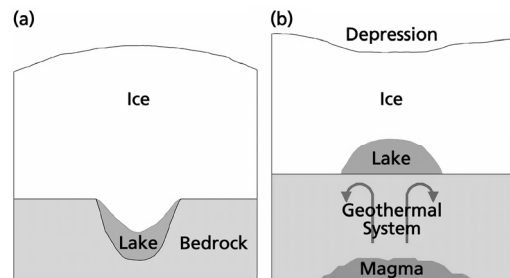


그림 16. (a) 안정적인 빙저호, (b) 불안정한 빙저호(마그마 방 관련)

출처 : Björnsson, 2002:259.

로 인한 마찰 가열로 인해 발생한다.

그림스피튼 화산(1,725m)은 지하에 빙저호가 존재하며, 현재에도 곳곳에서 수증기가 뿜어 나오고 있는 활화산이다. 바트나요쿨(Vatnajökull)에서는 그림스피튼 화산에 의해 종종 큰 빙하홍수(jökulhlaup)가 발생한다. 그림스피튼 화산은 1996년과 2004년에 폭발하였고, 많은 양의 용빙수와 빙하홍수를 발생시켰다. 1996년 분화 때에는 방출량이 50,000 m³/s에 이르는 빙하홍수가 발생하여 며칠 동안 지속되었다. 2010년 에이야프얄라요쿨(Eyjafjallajökull) 화산 분화로 인해 약 2,000~3,000m³/s에 이르는 빙하홍수가 발생했다(Gudmundsson, 2015).

4) 지구 온난화에 따른 빙하의 잠식

최근 기후 변화의 영향으로 아이슬란드에서는 빙하가 사라지고 있다. 아이슬란드 서부 지역(West Iceland)의 보르가르피오르두르(Borgarfjörður)에 있는 오크요쿨(Okjökull) 빙하는 아이슬란드어로 빙하를 뜻하는 요쿨(jökull)이라는 접미사를 잃어버리고 단지 “오크(Ok)”라고만 알려져 있다. 충분히 두꺼워서 자체 무게만으로도 가라앉아 이동이 가능할 경우에 빙하라고 부를 수 있는 기준에 해당하는데, 오크요쿨(Okjökull)은 이러한 기준치를 충족시키지 못하는 것이다. 오크요쿨(Okjökull)은 아이슬란드 빙하 중에서 최초로 그 이름을 잃은 빙하이다(Geirsdóttir et al., 2009).

5) 주빙하 및 영구 동토층 형성과 관련 지형

용암원(hraun)은 심지어는 저위도 지역에서도 대체로 식생이 드물어서, 영구동토층은 충분히 두꺼운 토양이 존재하면서도, 식생이 빈약하고 건조한 내륙 지역, 고도가 약 500m 이상인 곳에서만 나타난다. 그리고 그러한 곳에서는 눈이 늦게 와서 땅이 얼고 해를 건너 보존될 수 있다. 렌즈상 얼음을 포함하고 있는 팔사(palsa)라고 하는 평평한 돔에서 얼음이 발견되는 것 외에 영구동토층 작용으로 인한 주요 지형은 없다. 서릿발은 종종 토양에서 발생할 수 있으며, 흙이 없는 평평한 곳에서 볼 수 있는 직경 수 미터에 달하는 원형 구조토와 같이 동상(frost heaving)에 의해 분급된 토양에서도 발생할 수 있다. 지면이 더 가파른 곳에서는 분급된 돌 줄무늬가 나타난다. 분급된 구조토는 바람이 적설량을 최소화하는 높은 고원에서 흔히 볼 수 있다. 저지대에서는 초목이 있는 두꺼운 토양이 계절적 결빙기간 동안 형성된 풀이

무성한 유상구조토를 형성한다. 그들은 아마도 수년 동안 존재할 수 있으며 재활성화 및 성장하는 데 가끔 동결기간이 필요하다(Gudmundsson, 2015).

특별히 주빙하 작용 때문은 아니더라도, 아이슬란드에서는 상당한 토양 침식 문제가 있음을 언급할 가치가 있다. 토양 침식은 퇴스 또는 모래에 의해 날려진 퇴적물의 존재 때문이며, 종종 아이슬란드 역사의 “정착” 단계 동안 삼림 벌채 또는 과도한 방목으로 인해 발생하였다. 아이슬란드의 토양 침식 중 최대 절반이 인위적으로 유발된 것으로 추정되었다. 실제 침식은 대부분 강한 바람에 의한 것이다. 강한 바람이 토양을 제거하고 재퇴적시키는 것과 마찬가지로 집중되어 흐르는 지표수는 토양 제거로 이어지며, 상대적으로 건조한 내륙에서는 모래 사막 상태가 발견된다(Whalley, 2010).

6) 산사태와 매스무브먼트

암설, 눈, 물이 포함된 급속한 매스무브먼트는 아이슬란드의 수많은 도시와 마을에 크고 직접적인 위협이 되고 있다. 지난 세기 동안 아이슬란드에서 눈사태와 산사태 사고로 193명이 목숨을 잃었다. 눈사태로 인하여 166명이 목숨을 잃었고, 산사태로 27명의 생명을 앗아갔다. 매스무브먼트가 아이슬란드 대부분 지역에서 일반적이지만 그 유형, 원인 및 민감성은 상당히 다양하다(Gudmundsson, 2015). 매스무브먼트는 주로 다양한 유형의 지형, 지질 조건 및 기후로 인해 발생한다.

많은 산지 사면과 절벽에 나타나는 테일러스는 거력과 암설이 낙하하는 모습을 보여준다. 이것은 현무암의 암석 특성으로 인해 많은 절리, 균열 및 미세 균열을 따라 화학적 풍화에 취약하지만 동결-융해 및 수압 조건에 의해 더욱 심해진다.

아이슬란드에서 빠른 매스무브먼트를 유발하는 가장 흔한 요인은 일반적으로 강한 바람과 연관된 폭우이다. 일반적으로 강한 바람과 연결됩니다. 따뜻한 계절인 5월에서 9월/10월 사이에 폭우는 종종 토석류와 낙석을 일으키며, 주로 남동부에서 발생한다. 섬의 동부와 중북부. 이러한 유형의 빠른 매스무브먼트는 일반적으로 가을철에 최고조에 달한다. 토석류를 유발하는 데 필요한 강수량의 임계치는 다소 다르며 강한 바람의 방향에 따른다. 10월부터 4월까지의 추운 겨울에는 일반적으로 강한 바람과 관련된 폭설로 인해 주로 섬의 동부, 중부 북부 및 북서부 지역에 눈사태가 발생한다. 매스무브먼트

는 12월부터 2월에 이르기까지 최대로 발생한다. 또한 추운 겨울 몇 달 동안 종종 폭우가 발생하기도 하며, 녹기 시작한 눈이나 젖은 눈사태가 발생하기도 한다. 눈이 녹는 것은 아이슬란드에서 빠른 매스무브먼트를 유발하는 중요한 요인이다. 눈이 많이 녹는 봄철인 4월부터 6월에는 낙석, 토석류, 진창류 및 젖은 눈사태 활동이 일반적이다. 낙석은 섬 전체에서 흔하지만 눈이 녹아서 생긴 토석류는 섬의 중북부와 북서부 지역에서 가장 흔하다. 아이슬란드에서 빠른 매스무브먼트를 일으키는 또 다른 요인은 지진이다. 지진은 남부 저지대와 중앙 북부 해안 지역의 활화산 지대와 변환 단층대 일련의 낙석, 토석류 및 눈사태를 일으킨다(Saemundsson, *et al.*, 2003).

7) 강과 폭포, 그리고 호수

높은 강수량과 눈·빙하가 녹기 때문에 특히 봄과 초여름에는 많은 강은 사륜구동 차량으로도 건너기 힘든 곳이 많다. 아이슬란드 남부의 바깥 유수평원에 있는 강은 넓고 꼬불꼬불한 특성 때문에 건너기가 특히 어렵다. 순환 도로는 1974년에 외라이바이외쿨들(Öræfajökull)의 남서쪽으로 가로지르는 다리로 완전히 완성되었다. 그러나 이것은 1996년에 요쿨라움에 의해 파괴되었다. 바트나요쿨을 배수하는 아이슬란드 남부의 유수평원을 가로질러 흐르는 강은 상대적으로 짧고 빙하 종점이 해수면에 가깝기 때문에 대부분 빙하 퇴적물의 광활한 유출평원을 가로질러 흐른다. 내륙 평야를 가로질러 북쪽으로 흘러가는 강은 더 길고 고도가 훨씬 더 떨어진다. 가장 긴 강은 요쿨사아플룸강(Jökulsá á Fjöllum)이며 요쿨사 국립 공원의 순환 도로에서 북쪽으로 약간 떨어진 곳에 유명한 폭포인 데티포스(Dettifoss)가 있는 용암 더미를 통과한다. 굴포스(Gullfoss), 고다포스(Godafoss) 및 셸포스(Selfoss)와 같은 다른 폭포는 용암 더미를 절단하는 도로에서 더 쉽게 볼 수 있다(Gudmundsson, 2015).

싱바틀라바튼은 아이슬란드에서 가장 큰 호수로 남서쪽의 용암 지대에 있다. “미지 호수”라는 뜻을 지닌 미바튼은 레이카홀리드(Reykjahlid) 마을 근처의 활발한 화산 활동 지역의 북쪽에 있다. 전체 지역은 때때로 미바튼이라고 불리며 호수가 형성된 화산 지역과 후기 빙하 빙퇴석을 포함한다(Whalley, 2010).

8) 해안지형

아이슬란드의 해안선은 6,000km에 이른다. 봄과 여름에 새들이 사는 가파른 절벽에서부터 사막과 같은 사구가 있는 평평한 검은 모래 해안에 이르기까지 다양한 지형이 나타난다. 가파른 해안은 아이슬란드 북서부, 북부 및 동부 지역에서 잘 발달하며, 남부 해안선의 전형적인 지형은 평평한 해변과 에스쥬어리이다. 북대서양은 아이슬란드의 가장자리를 강타하고 있으며, 지난 10,000년 동안 해수면의 변화는 아이슬란드 해안 및 인접 지역의 지형을 형성하는 데 중요한 역할을 했다.

피오르와 만으로 만입된 약 5,000km의 긴 둘레를 가진 아이슬란드는 매우 다양한 해안선을 이루고 있다. 특히 주목할만한 곳은 빙하 퇴적물이 유출되는 해안이다. 바트나요쿨 빙하의 바깥쪽 유수평원(sandar)이 특히 중요하다. 해안에는 여러 개의 높고 넓은 연안사주가 해안을 따라 나타난다. 수도 레이카비크는 배후에 트외르닌(Tjörn) 석호가 있는 연안사주 상에 자리 잡고 있다. 아쿠레이리와 같은 다른 도시도 사취나 사주 상에 위치한다. 용암 더미와 고원의 고지대는 많은 곳에서 바다와 매우 인접해 있기 때문에 아이슬란드의 해식에는 장관을 이룬다. 해수면 변동은 아이슬란드 해안에 흔적을 남겼고, 파식대는 수십 또는 수백 미터 높이의 해식대와 같이 여러 곳에서 볼 수 있다. 지반의 용기 속도는 많은 곳에서 빙하 또는 빙퇴석을 노출시키기에 충분히 빠르다(Whalley, 2010).

V. 결론 및 제언

이 연구는 자연지리 내용에 바탕을 둔 지리교육을 지향하는 교수학습자료 개발하고자 하였다. 이를 위한 대상 지역으로 아이슬란드를 선정하였다.

아이슬란드는 짧은 지질 역사와 지리적 위치 때문에 찾아볼 수 없는 지형 경관도 분명히 존재하지만, 놀라울 정도로 다양한 지형이 존재한다. 특히 화산암, 화산, 지열 작용, 물, 얼음 사이의 상호 작용은 아이슬란드 지형 형성에 있어서 중심적 역할을 했다. 아이슬란드는 다양한 지형형성작용을 설명하는 데에 유용할 뿐만 아니라, 특히 내적 작용과 외적 작용 간의 상호 작용을 설명할 수 있는 최적의 장소이다. 우리나라와 같이 지체구조 상 오래된 안정지괴의 경우에는 내적 작용의 영향이 상대

적으로 비중이 작아서 외적 작용 위주의 이해에 치우친 내용이 대부분이다. 반면에 아이슬란드는 화산체 위에 빙하가 덮여 있는 곳이 많아서 내적 작용과 외적 작용의 상호 작용 메커니즘을 설명하기에 매우 적합하다. 또한, 외적 작용의 경우에도 내적 작용의 영향으로 빠른 침식과 운반 및 퇴적 작용이 일어나 매우 다양한 지형 경관을 만든다. 아마도 지구촌에서 아이슬란드처럼 다양하고 멋진 지형 경관이 형성된 곳은 드물다. 그리고 그러한 지형 경관은 현재에도 다른 어떤 지역보다도 역동적으로 형성되고 있다.

지리교육에 효율적으로 활용할 수 있는 아이슬란드 관련 학습 콘텐츠로는 수리적·지리적 위치와 기후 특성 간의 관련성, 판구조 상의 위치 특성과 화산·지진·간헐천의 분포 간의 관련성, 판구조 상의 위치 특성과 주요 암석 및 지형 경관 특징과의 관련성, 내적 작용과 외적 작용 간의 상호 작용, 기후환경이 지형 발달에 미치는 영향 등 매우 다양하다. 이 연구에서 제시한 구체적 내용은 다음과 같다.

아이슬란드의 기후 특성에 대한 학습은 공간 규모를 상정하여야 이해할 수 있다. 거시적 공간 규모에서 볼 때, 기후 요인으로 위도(수리적 위치), 해류(지리적 위치), 기단 등의 영향을 이해해야 할 것이다. 섬 크기의 공간 규모에서 볼 때, 지형과 해발고도, 섬 내에서의 위치에 따라 기후의 지역차가 나타난다는 사실을 학습할 수 있다.

아이슬란드는 판구조 상 발산 경계부의 지각 균열과 열점의 영향으로 현재에도 화산 활동과 지진이 활발하고 간헐천과 지열 현상이 특징적인 지역이다. 그리고 아이슬란드 지각을 구성하는 암석의 종류는 주로 점성이 낮은 현무암질 마그마가 분출하여 형성된 현무암 덩어리로 구성되어 단순하다.

아이슬란드에서는 다양한 화산 지형이 나타나지만, 화산 활동이 아무 곳에서나 일어나는 것은 아니다. 아이슬란드의 주요 화산들은 단층선이나 균열(열하) 등 주요 선구조를 따라 선상 배열을 이룬다. 지진 발생 지점이나 간헐천의 분포도 주로 판 경계와 그 주변의 단층 및 균열(열하) 등에 집중된 모습이다. 또한, 폭발 분화로 형성된 화산 지형인 응회구나 마르도 마찬가지로 선상 배열하는 모습이다.

지형 경사의 측면에서 볼 때, 점성이 낮은 현무암질 마그마가 분출하여 섬을 이루었기 때문에 대체로 경사

가 완만하다. 홍수 현무암이 용암대지 형태의 고원을 이루거나, 산지를 이루더라도 경사가 완만한 순상화산을 이루는 경우가 많다.

아이슬란드에서는 내적 작용과 외적 작용 간의 상호 작용으로 형성된 지형의 사례를 다양하게 볼 수 있다. 가장 대표적인 사례로는 화산 활동과 빙하의 상호 작용인 요클라옌이다. 요클라옌은 거대한 빙하 밑에서 화산 폭발이 일어나서 발생한 급작스런 홍수이다. 아이슬란드의 남동부에 위치한 최대 빙모인 바트나요쿨 남쪽으로는 빙저 폭발에 의한 홍수성 유출로 형성된 빙하 유수 평원이 비교적 넓게 발달해 있다.

화산 지형 중 모베르그 산지는 암석의 색채도 독특하지만, 평편한 꼭대기와 가파른 사면을 이루는 형태는 빙하 아래에서 화산이 분출하여 형성된 것이다. 빙저 분출의 사례인 것이다. 산지 사면 상에서도 강한 바람과 폭우에 지진이 겹치면, 산사태와 같은 빠른 매스무브먼트가 발생하기도 한다.

아이슬란드에는 북극권 기후환경에서 잘 나타나는 빙하 지형과 주빙하 지형이 발달해 있다. 섬의 남동부에는 편서풍과 고원지형의 영향으로 거대한 빙산이 발달해 있고, 섬의 북부 지역은 상대적으로 눈이 적게 내려 작은 곡빙하들이 발달해 있다. 고도가 높은 고원지대에서는 주빙하 작용에 의한 구조토가 발달해 있고, 강한 바람에 의한 토양 침식도 활발하게 일어나고 있다.

섬의 북서부, 북부, 동부 해안은 대부분 용암류의 말단부가 강한 바람과 파랑의 침식에 의해 가파른 절벽을 이루는 경우가 많고, 곡빙하가 자리 잡은 곳에서는 피오르 해안을 이루고 있다. 반면에 거대한 빙산의 남부 해안에는 용빙수에 의해 사주나 사취가 발달한 모래 해안을 이루고 있다.

여행 지리 교과 내용이나 2022 교육과정 지리 교과 관련 내용 목차를 보면, 앞으로 지형 관련 지리교육은 경관 위주로 내용이 구성되어 가고 있음을 알 수 있다. 지형 경관에 대한 이해는 지형형성작용의 기본 원리를 바탕으로 출발하여야 한다. 따라서 지리교사나 예비교사들에게는 지형형성작용의 기본 원리에 대해 보다 폭넓고 깊이 있는 지식이 필요하다고 할 수 있다. 지형 경관의 아름다움과 그 가치에 대한 기초학습의 준비가 필요한 것이다.

註

- 1) 지리교수를 계획하는 데 필연적인 과정은 교과교육적 관점에서 학문적 내용을 교육적 내용으로 변환하는 것이다. 이러한 변환과정을 교수학적 변환이라고 한다. 교사가 교실 수업에서 사용하는 교수학적 지식은 반드시 학문적 지식과 일치하지는 않으며, 교육적 목적과 교실 수업을 위해 지식을 변형하는 주체로서의 교사와 변형된 지식을 대하는 객체로서의 학생, 그리고 지식이 갖는 삼자적 관계를 이해하는 데 도움을 준다(서태열, 2018:230-231; 권정화, 2015:104-107).

참고문헌

- 교육부, 2018, 사회과교육과정, 교육부 고시 제2018-162호 [별책7], 174-181.
- 구덕훈·전보애·최광희, 2022a, “지형교육에 대한 중등 지리 교사의 인식과 교수학습 자료의 개발 방향” 한국사진지리학회지, 32(4), 98-115.
- 구덕훈·조대현·최광희, 2022b, “효과적인 지형교육을 위한 지형 시뮬레이션 UCC 수업 자료 개발” 한국사진지리학회지, 29(3), 69-85.
- 권정화, 2015, 「지리교육학 강의노트」, (주)푸른길, 104-107.
- 박진성, 2018, 「지구과학 교사들의 아이슬란드 지질답사여행」, 고양: 도서출판 맑은샘, 10-423.
- 박철웅·조성호·강은희·이강준·홍철희·박병철·김지현·백승진, 최재희, 2018, 「고등학교 세계지리」, 서울: (주)미래엔, 46-49.
- 변종민, 2022, “예비교사를 위한 도시 지형답사 프로그램 개발” 한국지리학회지, 11(3), 287-303.
- 서태열, 2018, 「지리교육학의 이해」, 파주: 한울아카데미, 230-231.
- 신정엽·이정식·이경희·양희경·김봉수·유상철·박재현·박찬영·박철진, 2018, 「고등학교 세계지리」, 서울: (주)천재교과서, 56-59.
- 최병천·유성종·강성열·김덕일·우연섭·이우평·김시구·이훈정·엄주환·남길수·김차곤·이희영·이두현·강문철·윤정현·김진형·방완석, 2018, 「고등학교 세계지리」, 서울: (주)비상교육, 53-55.

- 황병삼·천종호·이준구·이해창·천재호·강재호, 2018, 「고등학교 세계지리」, 서울: (주)금성출판사, 51-55.
- Arnórsson, S., 1995, Geothermal systems in Iceland : Structure and conceptual models-I. High-temperature areas, *Geothermics*, 24(5/6), 561-602.
- Björnsson, H., 2002, Subglacial lakes and jökulhlaups in Iceland, *Global and Planetary Change*, 35, 255-271.
- de Quay, G.S., Roberts, G.G., Rood, D.H. Fernandes, and V.M., 2019, Holocene uplift and rapid fluvial erosion of Iceland: A record of post-glacial landscape evolution, *Earth and Planetary Science Letters*, 505, 118-130.
- Einarsson, M., 1984, Climate of Iceland - *World Survey of Climatology*, Climate of Oceans, H. van Loon (Ed.), 15, 673-697.
- Geirsdóttir, Á., Miller, G.H., and Andrews, J.T., 2007, Glaciation, erosion, and landscape evolution of Iceland, *Journal of Geodynamics*, 43, 170-186.
- Geirsdóttir, Á., Miller, G.H., Axford, Y., and Ólafsdóttir, S., 2009, Holocene and latest Pleistocene climate and glacier fluctuations in Iceland, *Quaternary Science Reviews*, 28, 2107-2118.
- Gudmundsson, A.T., 2015, *Living Earth: Outline of the Geology of Iceland*, 2nd ed. Mál og Menning, Reykjavik.
- Gudmundsson, A., 2017, *The Glorious Geology of Iceland's Golden Circle*, Springer-Verlag, Berlin.
- Guðjónsdóttir, S., 2016, *Iceland in figures 2012*, Statistics Iceland, 2-4.
- Jovanelly, T.J., 2020, *Iceland: Tectonics, Volcanics, and Glacial Features*, John Wiley & Sons. Inc.
- Ólafsson, H., Furger, M., and Brümmer, B., 2007, The weather and climate of Iceland, *Meteorologische Zeitschrift*, 16(1), 005-008.
- Saemundsson, T., Petursson, H.G., and Decaulne, A., 2003, Triggering factors for rapid mass movements in Iceland, Rickenmann & Chen, eds, *Debris-Flow Hazards Mechanics, Prediction, and Assessment*, Rotterdam: Millpress, 167-178.
- Thordarson T. and Höskuldsson Á., 2008, Postglacial volcanism in Iceland, *JÖKULL*, 58, 197-228.

기근도

Thordarson T. and Höskuldsson Á., 2013, *Iceland: Classic Geology in Europe* 3, 2nd ed. Dunedin, 11-53.

Tricart, J., 1974, *Structural Geomorphology*, London: Longman, 1-9.

Whalley, W.B., 2010, Iceland : Glaciers and Volcanoes in the North Atlantic, Migoń, P., ed., *Geomorphological Landscapes of the World*, Springer Science+Business Media B.V., 235-245.

교신 : 기근도, 52828, 경남 진주시 진주대로 501, 경상
국립대학교 사범대학 지리교육과(이메일: keundoh@
gnu.ac.kr)

Correspondence: Keun Doh Kee, 52828, 501 Jinju-
daero, Jinjusi, Gyeongsangnam-do, Korea, Department
of Geography Education, Gyeongsang National
University (Email: keundoh@gnu.ac.kr)

투고접수일: 2023년 2월 20일

심사완료일: 2023년 3월 17일

게재확정일: 2023년 3월 20일