

독도 남부 해안의 파식대 발달과 해식에 후퇴

권용휘

1. 서론

독도는 동해에 위치한 섬으로 대한민국 영토에 속한다. 이러한 독도는 비교적 작은 화산섬이지만 일본이 영유권을 주장하고 있어, 대한민국의 영유권을 확고히 하기 위해 이와 관련된 역사학적, 정치학적 연구는 비교적 활발하게 진행되고 있다. 그러나 지형, 지질, 기후 등 자연과학 분야에서의 독도에 대한 연구는 야외조사가 중요하나 현지 사정 상 이것이 어려운 관계로 상대적으로 정체되어 있다. 독도의 자연환경과 생태계에 관한 연구는 식물학자를 중심으로 이루어졌고, 해저 생물에 대한 연구는 해양학 및 생물학 연구자들에 의해 진행되어왔다. 지질학에서는 독도의 생성과정을 밝히기 위해 독도를 구성하는 암석의 물리, 화학적 특성에 대한 연구가 주를 이룬다. 특히 손영권·박기화(1994)는 독도에 대한 지질과 암석에 관한 조사를 실시하여 현재 해면 위로 노출된 독도의 화산암류가 약 270~210만 년 전에 형성되었음을 밝혔다. 그 외에 독도의 지형에 대한 연구는 황상구·전영권(2003), 전영권(2005)을 시작으로, 황상일·박경근(2007), 강지현 외(2008), 윤순옥·황상일(2008), 황상일 외(2009, 2019, 2022), 의 추가적 연구가 행해졌다.

독도에서 확인되는 지형은 해안지형, 화산지형, 구조지형¹⁾, 매스무브먼트²⁾, 암석풍화지형 등이 있다. 이러한 지형 중 섬의 규모가 달라지는데 직접적으로 영향을 주는 지형은 해안지형이다. 특히 파식대와 해식애이다. 파식대(波蝕臺)는 해안에서 파랑의 침식, 즉 파식에 의해 형성되는 기반암의 평평한 침식면을 말한다. 이것은 해식애(海蝕崖)와 밀접한 관련을 가지고 함께 나타나는데, 해식애가 후퇴함에 따라 파식대가 확장된다. 독도, 울릉도와 같이 심해에 형성된 산지성 섬 해안에서는 파식대가 해수면 아래에 있어서 육안으로 확인되지 않을 수 있으나, 대부분의 파식대는 해수면보다 약간 높게 위치하여 육안으로 쉽게 볼 수 있다. 그리고 파식대는 파식에 의해서만 형성되지 않는다. 파식대가 수면 위로 노출되는 경우 바람, 강우, 그리고 해수의 비말³⁾ 등에 의한 각종 풍화작용을 받는다. 또한 기반암이 석회암일 경우 용식 작용도 일어나지만 독도의 기반암에는 석회암이 없으므로 독도는 이에 해당되지 않는다.

독도를 구성하는 동도와 서도의 해안은 급경사의 해식애가 분포하며, 해식애 전면의 해수면 수준에는 일부 구간을 제외하고 파랑의 침식에 의해 형성된 파식대가 분포하고 있다. 이 파식대는 원래 해저의 사면과 연속적으로 이어지는 경사진 사면이었으나 파랑의 침식작용으로 해수면보다 높은 부분이 깎여나가면서 현재와 같이 평탄한 지형면이 되었다.

독도에서는 앞으로도 파랑이 해수면과 비슷한 높이에서 해식애의 아랫 부분을 침식하면서 해식애가 점차 후퇴하고 동시에 파식대는 점차 확장될 것이다. 이러한 지형 발달 과정은 궁극적으로 독도의 규모가 축소되는 것으로 이어질 것이다. 우리의 소중한 영토인 독도가 파랑에

1) 지구 내부 힘에 의한 지각운동의 영향으로 생긴 지형.

2) 토양이나 암설(rock debris) 등이 중력에 의해 경사 방향으로 흘러내리거나, 지표면이 수직방향으로 급작스럽게 침하하는 지형. 산사태 등이 있음.

3) 날아 흩어지거나 튀어 오르는 물방울.

의해 점차 축소되어 궁극적으로는 소멸될 수 있다는 것이다. 따라서 파식대의 확장에 대한 연구는 해식애의 후퇴와도 직결되어 독도 지형 변화를 예측하고 독도 보전에 기여할 수 있다. 특히 2023년 가을에는 독도 인근 울릉도 해안에서 갑작스러운 사면, 해식애(거북바위) 붕괴 현상이 일어나 인명, 재산피해가 발생하였다. 독도 해안에서도 파식대가 확장되고 해식애가 후퇴하고 사면의 경사가 더 급해진다면 이러한 현상이 일어날 수 있다. 현재 독도에서는 독도 경비대가 주둔하고 관광객, 어민 등이 드나들고 있다. 파식대 확장과 해식애 후퇴 양상을 분석하여 앞으로의 지형 변화를 예측하는 것은 이들의 안전과도 관련이 있다.

본 연구에서는 독도에서 접근하기 쉬운 남부 해안을 대상으로 파식대 분포 특성과 이에 영향을 미치는 요인을 검토하고 홀로세(Holocene) 중기 이후 파식대의 평균 확장속도를 정량적으로 파악하였다. 또한 접근하기는 어렵지만 남부 해안과 함께 파식대가 분명히 넓게 형성된 서부 해안의 파식대에 대해서도 추가로 자료를 수집하고 조사하였다. 이와 같은 논의를 위해 1: 1,000 지형도, 위성 사진, 지질도 등을 검토하였고, 현지 조사 및 사진 촬영을 통해 파식대의 형태를 파악하였다. 그리고 본 연구에서 제시한 파식대의 규모는 2007년 이후 현지 조사와 국토지리정보원(<http://map.ngii.go.kr>)에서 제공하는 위성 사진을 통해 측정하였다.

2. 독도의 개관

1) 독도의 지형과 지질

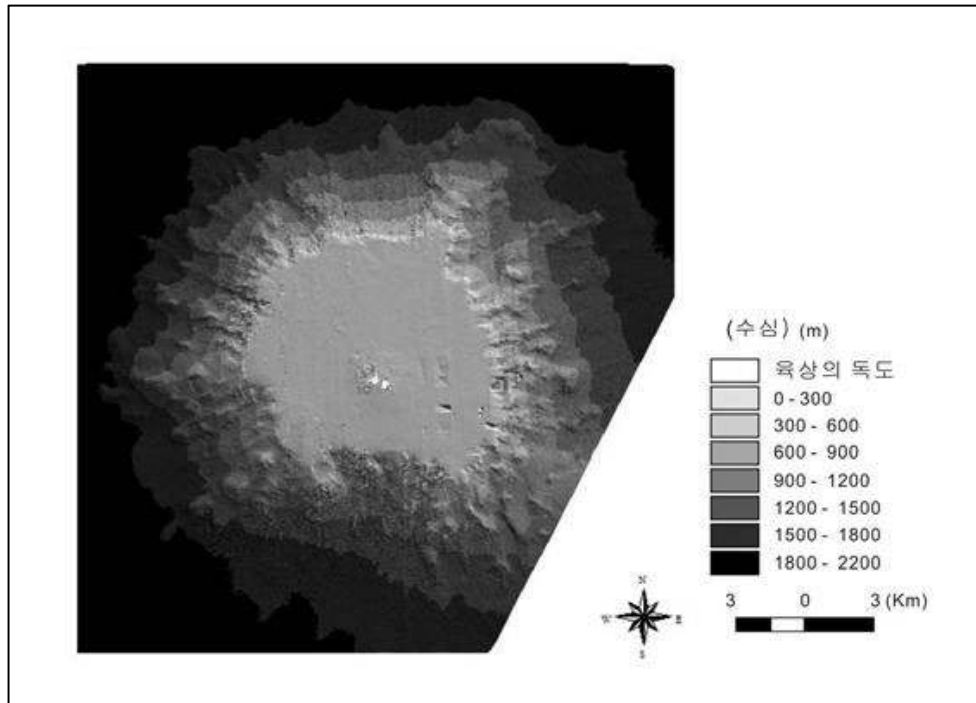
독도는 동해 남서부 지역의 울릉분지 북동쪽 경계부에 위치해 있으며, 신생대 제3기 플라이오세(Pliocene) 후기인 약 460만 년 전부터 250만 년 전 사이에 일어난 화산활동에 의해 형성된 화산체가 그 모태이다. 이러한 화산활동으로 생성된 독도는 여러 가지 기반암으로 구성되어 있으며, 이 기반암들은 지금도 독도의 지형 형성 작용에 영향을 미친다. 독도에 분포하는 기반암은 조면암, 각력암, 조면안산암, 스킨리아성 층상 라필리응회암, 층상 응회암, 층상 라필리응회암, 괴상응회각력암 등이 있다. 그리고 북서-남동 방향으로 정단층이 다수 발달하고 있다.

독도는 수심 2,000m가 넘는 울릉분지 아래에 높이 약 2,100m, 하부 지름 20~25km 가량의 봉우리의 형태로 솟아있다(해양수산부·한국해양연구소, 2000). 독도의 동쪽 해저에 존재하는 두 개의 해산은 독도와 함께 화산섬 군락을 이룬다. 이들 해산 가운데 유일하게 독도만 해수면 위로 솟아나 섬이 되었다. 독도보다 생성 시기가 오래된 동쪽의 해산들은 한때 해수면 위로 솟아났다 하더라도, 해수면 의로 드러난 부분이 파랑의 침식 작용으로 제거되었기 때문에 지금은 해수면 아래에만 존재하는 것으로 추정된다(황상일·박경근, 2007).

독도에서 현재 해수면 위로 노출된 부분은 해발고도 200m 미만에 면적이 0.18km²이다. 해저 화산암체가 파랑에 의해 정상부가 침식되어 평탄해진 것을 평정해산 또는 해저평정봉이라고 한다. 독도가 속한 평정해산은 매우 좁은 면적이 수면 위에 드러나 있으며 전체적으로 독도해산이라고 부른다. 독도해산의 정상부는 지름 약 10~11km로 해수면 위로 드러난 부분보다 해수면 아래에 잠긴 부분이 훨씬 더 넓다. 독도해산 정상부 중 해수면 아래에 잠긴 부분은 수심이 150~170m 정도이며, 경사가 매우 완만하여 거의 평탄하다(송원오 외, 2000).

반면, 독도해산 사면의 대부분은 30~40°의 급경사로 매스무브먼트가 일어나기 쉽기 때문에 곳곳에 매스무브먼트와 같은 지형이 존재한다(강지현 외, 2008). 독도해산 정상부의 평탄한 부

분은 급사면에서 발생하는 매스무브먼트로 가장자리가 붕괴하는 등의 현상으로 인해 계속해서 좁아지고 있다.



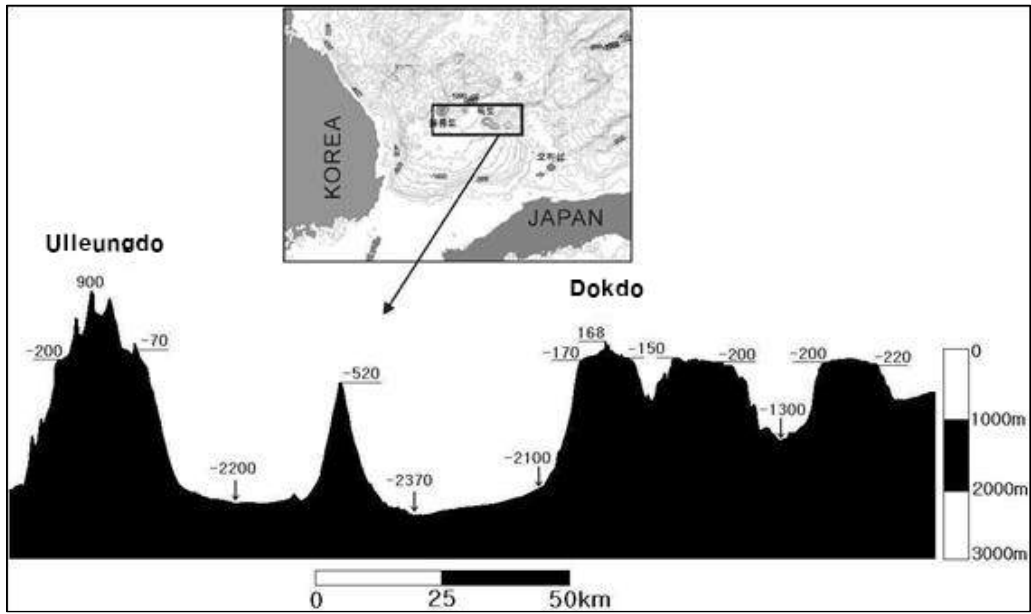
<그림 1> 독도해산의 수심도(강지현, 2008)

마지막 빙기 중에서도 가장 기후가 한랭했던 20,000~18,000년 전에는 해수면이 오늘날보다 140m 정도 아래에 있었다. 이러했던 해수면은 현세인 홀로세에 급격하게 상승하였다(황상일 외, 2013). <그림 1>에서 밝은 회색으로 표시된 현재 독도 해산 정상부에서 수심 150~170m에 잠겨있는 평탄면은 해수면이 낮았던 빙기에는 대부분 해수면 위로 약간 드러나 있었던 것으로 보인다. 그러다가 해수면이 상승하면서 해수면보다 낮아지게 되었고, 독도 해산 사면의 매스무브먼트 현상 등으로 가장자리가 붕괴되면서 조금 더 낮아지게 되었을 것이다. 그렇게 본다면, 이 평탄면은 과거 빙기에는 해수면과 비슷한 높이에서 파랑의 침식을 받아 형성된 파식대가 그 모태라고 볼 수 있다.

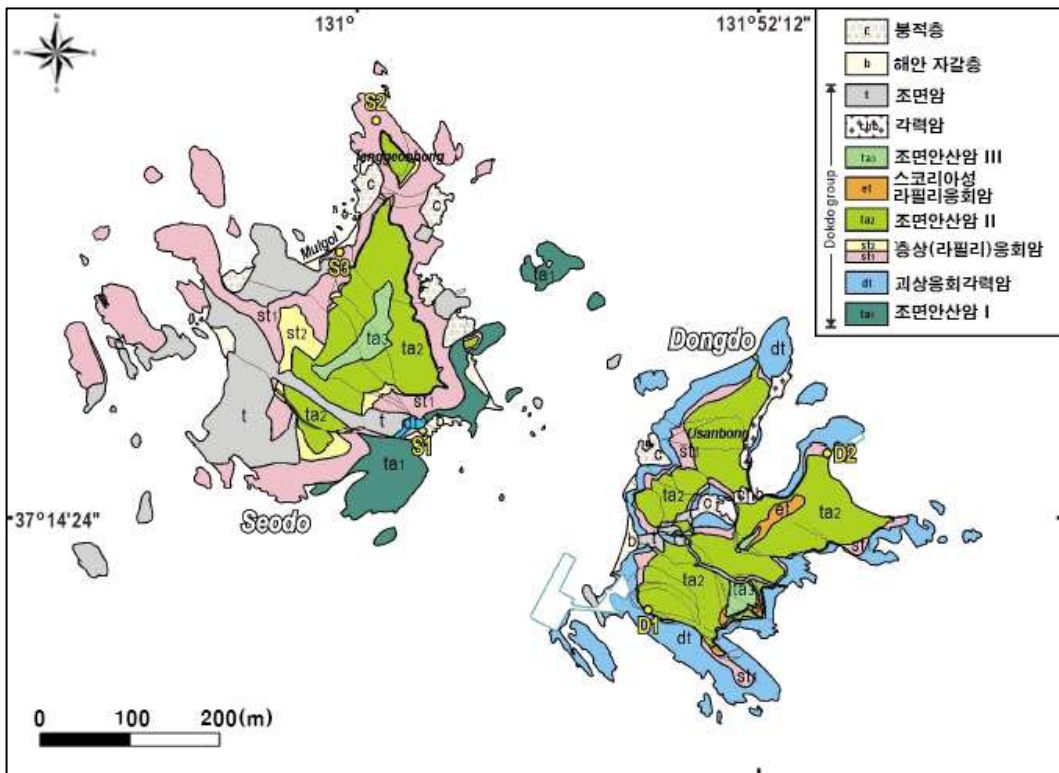
독도는 2개의 큰 섬인 동도와 서도, 그리고 80여 개의 작은 암초로 이루어져 있으며, 전체 면적은 약 187,554m²이다. 섬 곳곳에는 각종 바위들이 시스택⁴⁾, 시아치⁵⁾ 등의 복잡한 지형 경관을 이룬다. 그리고 동도와 서도 사이는 동도와 서도로부터 내려온 자갈과 같은 퇴적물이 쌓여 대부분 수심 5m 이하의 얇은 해역으로 되어 있다(황상일 외, 2022).

4) 해식애가 파랑의 침식작용으로 후퇴할 때, 약한 부분은 깎이고 단단한 부분만 남아 형성된 작은 바위 섬.

5) 해안 침식지형의 하나로 파랑의 차별 침식으로 암석에 구멍이 생겨 아치 모양을 하고 있는 지형.



<그림 2> 독도 주변 지역의 해저 단면도(송원오 외, 2000)



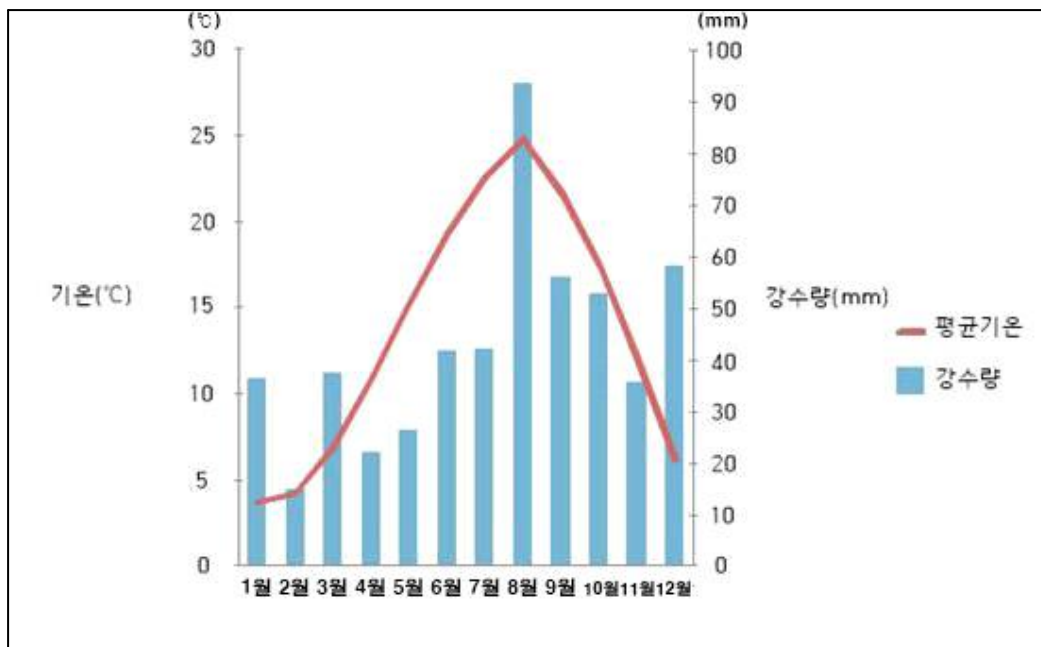
<그림 3> 독도의 기반암 분포(박선인, 2021)

<그림 3>은 독도의 기반암 분포, 즉 지질을 나타낸 것이다. 서도에는 화산 활동과 관련된 조면암(t, trachyte), 층상 라필리응회암(st1, stratified lapilli tuff), 층상 응회암(st2, stratified tuff), 조면안산암(ta, trachyandesite) 등이 분포한다. 이들 기반암의 퇴적상은 전

체적으로 화산쇄설암과 용암류가 번갈아 분출되어 형성된 구조이다. 그 중 조면안산암은 해수면에서 서도 정상부까지 3개의 층으로 나뉘어 분포하는데, 기본적으로 용암류에서 기원한 암석으로서 서도에 분포하는 기반암들 중에서는 침식에 강한 편이다. 반면 응회암류는 기본적으로 화산쇄설물에서 기원하였는데 이러한 종류의 암석은 풍화와 침식에 대한 저항력이 약한 편이다. 거기에 절리나 단층이 있다면 저항력이 더욱 약해진다. 독도에는 또한 북서-남동 방향으로 정단층이 다수 발달하고 있어 구조적으로 지반이 안정되어 있다고 보기는 어렵다. 다른 변수가 같다면, 파랑은 침식에 대한 저항력이 강한 환경보다는 약한 환경에서 발달하기 쉽다. 따라서 파식대가 생성되고 확장되기 용이한 환경으로 볼 수 있으며, 그 중에서도 침식에 대한 저항력이 약한 암석을 기반으로 하는 파식대가 더욱 빨리 확장될 수 있다.

2) 독도의 기후와 바람

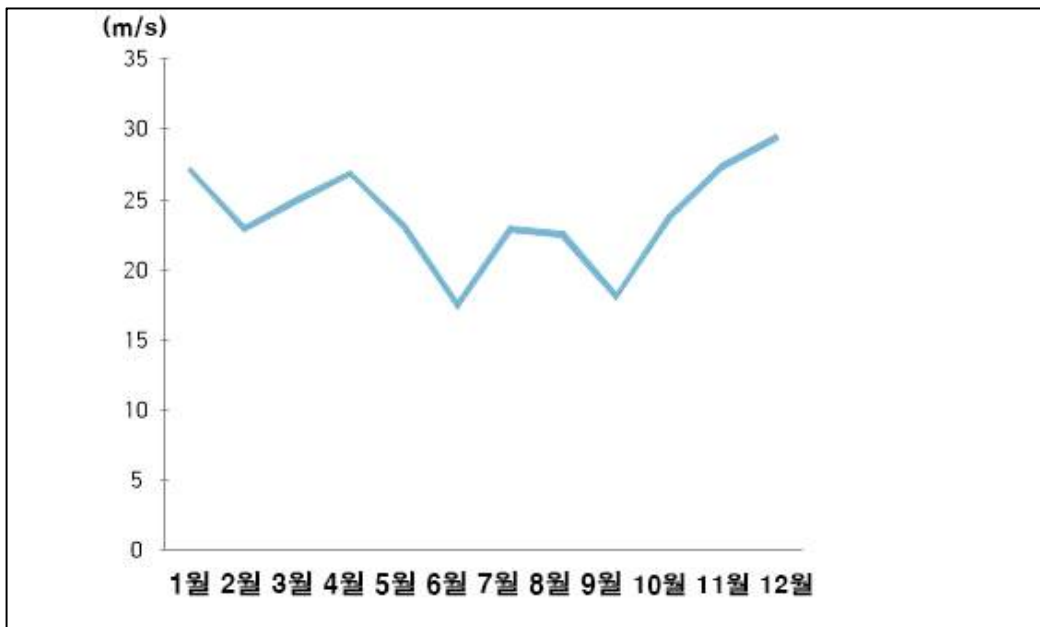
<그림 4>는 독도의 월별 평균기온과 강수량을 나타낸 그래프이다.



<그림 4> 독도의 기후 그래프

독도의 기후는 전체적으로는 한반도, 특히 울릉도와 비슷한 편이다. 기온은 가장 추운 1월에 영상 3°C, 가장 더운 8월에 영상 24°C 가량으로 연교차가 한반도 육지부에 비해서는 적은 편이다. 독도와 위도가 비슷하면서 한반도 내륙 깊숙한 곳에 위치한 충북 충주의 경우 가장 추운 1월 평균기온이 영하 4.5°C로 독도보다 약 7.5°C 낮고, 가장 더운 8월 평균기온이 영상 26°C로 독도보다 약 2°C 가량 높다. 강수량은 태풍이 내습하여 많은 비를 뿌리는 8월을 제외하고는 불규칙적인 주기를 가진 것으로 보인다. 이는 독도의 기상 관측장비가 무인으로 운영되는데, 여기에 독도의 특성 상 바람이 심해 정확한 강수량을 측정하기 어려운 것이 이러한 결과에 영향을 미쳤을 수 있다. 그러나 겨울 강수량이 다른 계절, 특히 여름보다 매우 적은 한

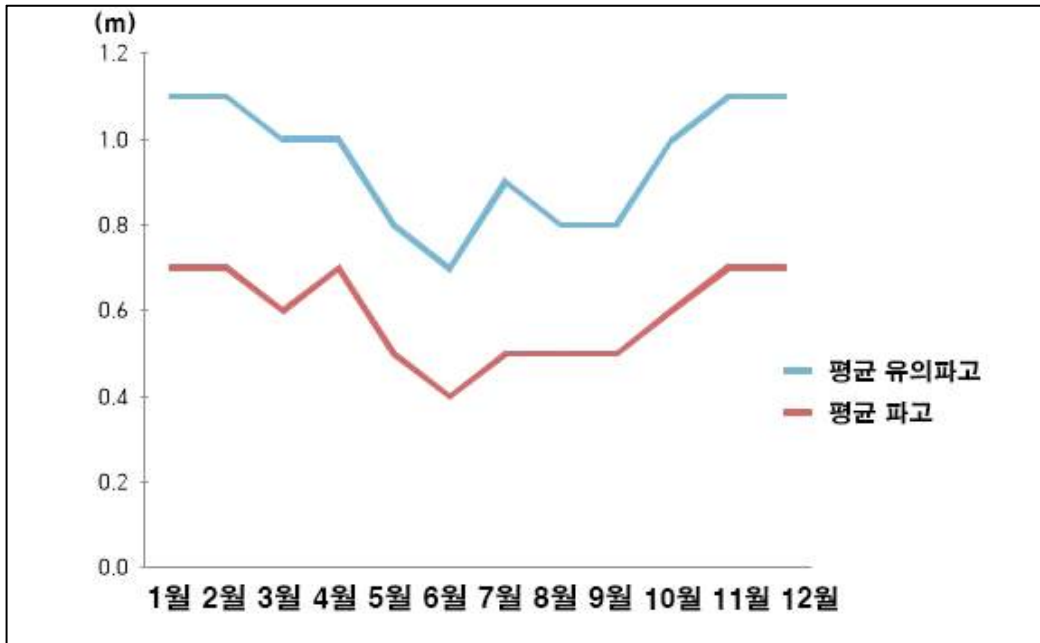
반도 육지부에 비해서는 겨울 강수량이 꽤 높은 것은 확실해 보인다. 이는 1년 내내 강수량이 고른 편인 울릉도와 비슷하여, 연교차가 적은 것과 더불어 독도와 울릉도의 기후를 해양성 기후에 가깝다고 볼 수 있는 근거가 된다. 또한 앞서 언급한 바와 같이 8월의 강수량이 많은 것도 확실하며, 이를 통해 독도의 기후에 태풍이 미치는 영향이 결코 적지 않다는 것도 알 수 있다.



<그림 5> 독도의 월별 평균 순간최대풍속(2013~2017)

<그림 5>는 2013년부터 2017년까지 기상청에서 설치한 자동기상관측장비(AWS)에서 관측된 독도의 월별 평균 순간최대풍속을 나타낸 것이다. 이를 요약하면 독도는 동해의 영향으로 1년 내내 강한 바람이 꾸준히 분다고 볼 수 있다. 특히 태풍이 주로 오는 여름, 가을철의 순간최대풍속 평균치가 봄, 겨울철보다 오히려 낮다는 것은 주목할 만 하다. 이는 태풍 외에도 독도에 강한 바람을 불러오는 요인이 있다는 것을 의미한다. 특히 겨울철에는 시베리아로부터 불어오는 북서 계절풍이 독도에도 강한 바람을 몰고 온다. 봄, 가을철에도 저기압 등의 영향으로 꾸준히 강한 바람이 이어진다. 더구나 독도에는 내륙 지역과 달리 이러한 계절풍, 태풍을 약화시키는 지형적 장애물이 없다시피 하다. 따라서 독도에는 1년 내내 여러 요인으로 인해 강한 바람이 부는 것이다.

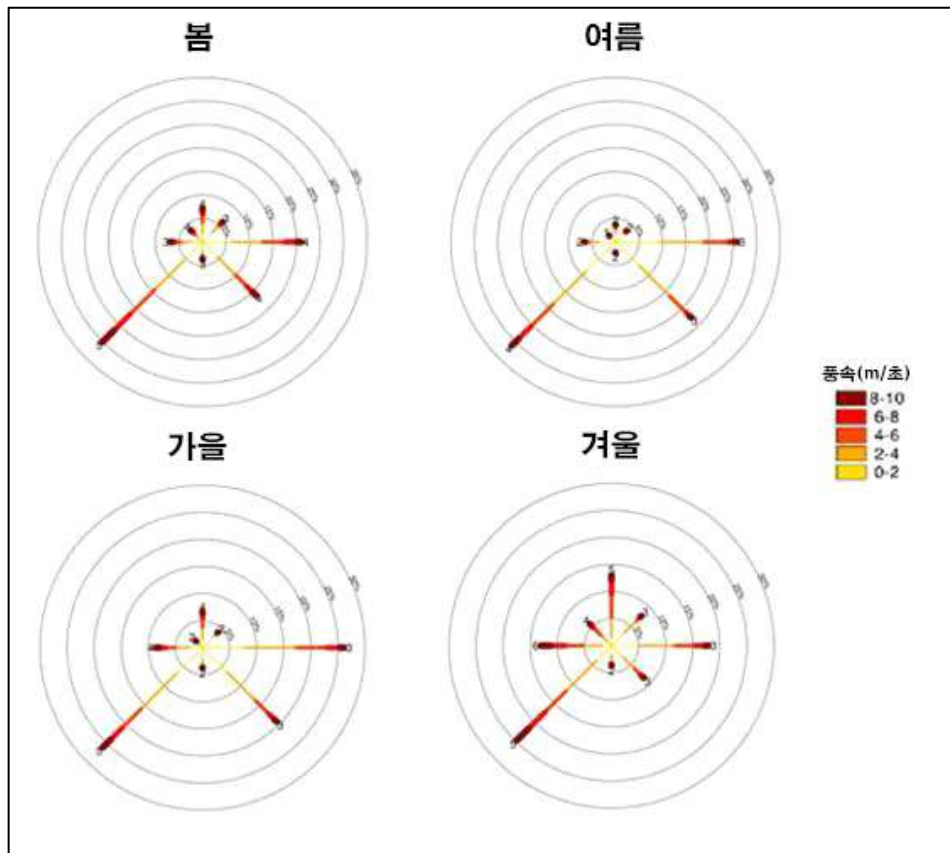
한편, 바다에서 순간최대풍속과 파고는 대체로 정비례하는 특성이 있다. 파고는 파랑의 높이를 의미하는데 파랑은 주로 바람의 힘에 의해 일어나기 때문이다. 이는 풍속이 파랑에너지 증가시켜 파고가 높아지도록 유도하며, 이것이 더 나아가 파식대의 지형발달을 촉진하는 것을 의미한다.



<그림 6> 독도의 월별 평균 유의파고와 평균 파고(2013~2017년)

<그림 6>은 역시 2013년부터 2017년까지 기상청에서 설치한 자동기상관측장비(AWS)에서 관측된 독도의 월별 평균 유의파고와 평균 파고를 나타낸 것이다. 앞서 언급한 바와 같이 풍속과 파고가 대체로 비례하는 특징이 반영되어 <그림 5>와 <그림 6>은 어느 정도 비슷한 주기를 나타낸다. 그러나 풍속은 비교적 빠르게 변화하는 반면, 파고는 한번 변화하는데 더 많은 에너지가 필요하다. 예를 들어서 태풍이 지나갈 때 풍속은 태풍이 지나간 직후 빠르게 낮아지지만, 태풍이 지나갈 때 한번 높아진 파고는 태풍이 지나가기 전의 수준으로 돌아오는데 며칠이 더 걸리는 경우가 많다.

여기서 유의파란 불규칙한 파군을 편의상 단일한 주기와 파고로 선별한 것으로, 하나의 주어진 파군 중 파고가 높은 것부터 세어서 전체 개수의 1/3까지 골라 파고나 주기를 평균한 것이다. 이것은 삼분의 일(1/3) 최대파고라고도 하며 유의파라고도 한다(공길영 외, 2005). <그림 6>의 내용을 정리하면 독도에서는 겨울철과 7월에 전체적으로 파고가 높으며, 단기간에 집중적으로 높은 파고가 발생한다고 볼 수 있다.

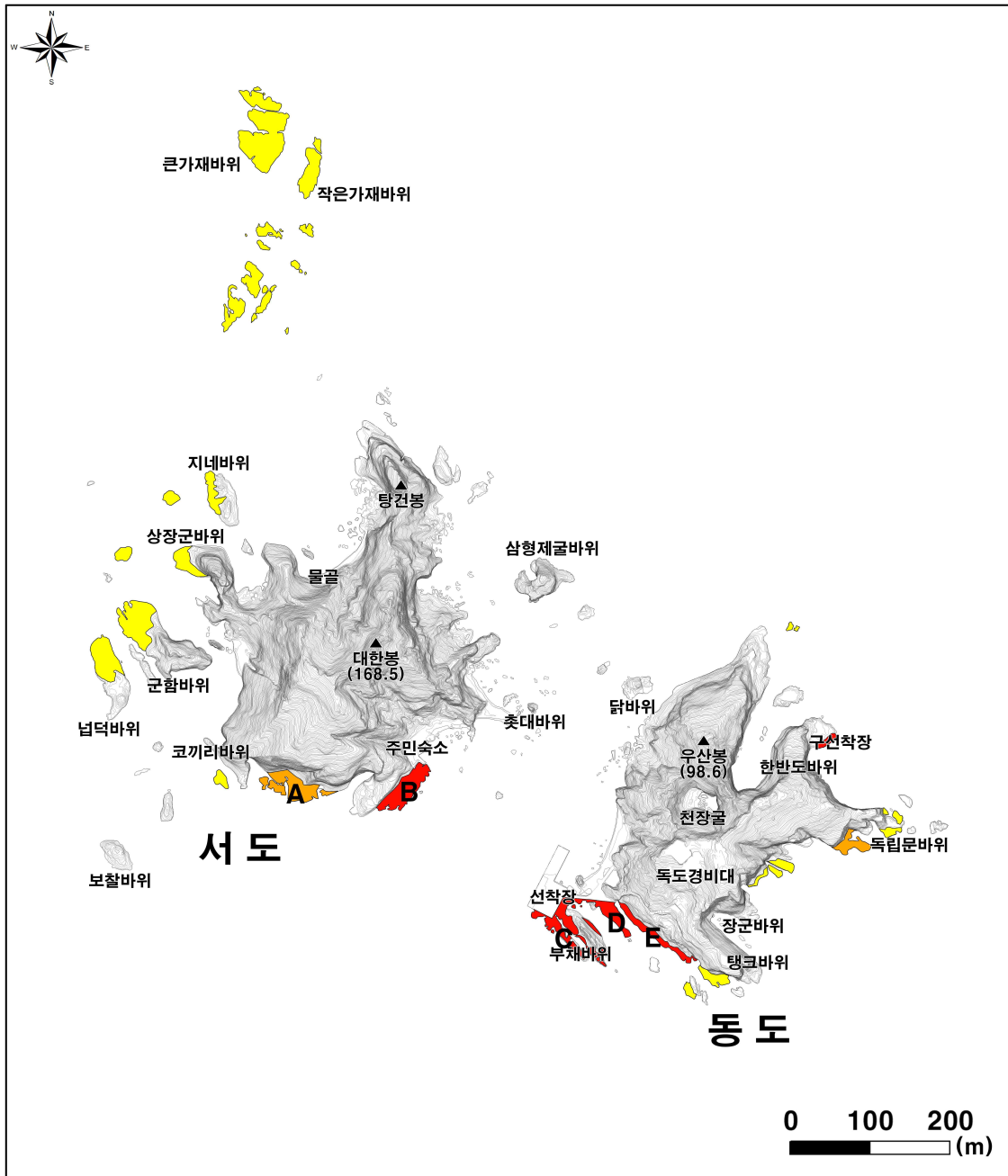


<그림 7> 독도의 계절별 바람장미(2010~2016년)
(경북대학교 울릉도·독도연구소, 2017)

<그림 7>은 독도의 계절별 바람장미이다. 바람장미는 양궁 과녁과 같은 원에 풍향과 풍속을 함께 표시할 수 있는 그림이다. 이 바람장미는 기상청에서 독도 자동기상관측장비(AWS)에서 관측한 값을 바탕으로 경북대학교 울릉도·독도연구소(2017)에서 정리한 자료이다. 이에 따르면 독도에서는 봄부터 가을까지 풍향과 풍속의 특징이 상당히 유사하다. 풍향의 빈도는 남서풍, 동풍, 남동풍 순으로 나타난다. 그리고 풍속도 봄부터 가을까지는 동안 유사한 경향을 보인다. 다만 여름에는 남동 계절풍의 영향으로 동풍과 남동풍이 좀 더 강하고, 반대로 북풍, 북서풍은 약해진다. 한편, 겨울은 바람의 특성이 다른 계절과 다소 다르게 나타난다. 다른 계절에 비해 북풍과 서풍의 빈도가 상대적으로 높고 남동풍은 다른 계절에 비해 약하다. 이는 북서 계절풍의 영향으로 보인다.

한편, 모든 계절에 걸쳐서 전반적으로 독도에 많이 부는 방향의 바람은 동풍과 남서풍이다. 그 중에서도 특히 남서풍은 1년 내내 거의 비슷한 수준으로 독도의 지배적인 바람이라고 할 수 있다. 그렇다면 남서풍을 타고 남서쪽에서 북동쪽으로 향하는 파랑도 가장 강할 가능성이 높다. 이는 곧 독도에서 가장 강한 파랑을 맞는 해안이 남부 해안과 서부 해안이라는 것을 의미한다. 특히 독도의 남부 해안은 서도는 주민숙소, 동도는 선착장이 있어 사람의 왕래가 많다. 그러므로 독도 남부 해안의 파식대는 독도의 다른 해안의 파식대에 비해 강한 파랑을 맞으면서도 사람의 안전과도 직결된 파식대라 볼 수 있어서 보다 더 예의주시할 필요가 있다.

3. 독도 남부 해안의 파식대 분포와 규모



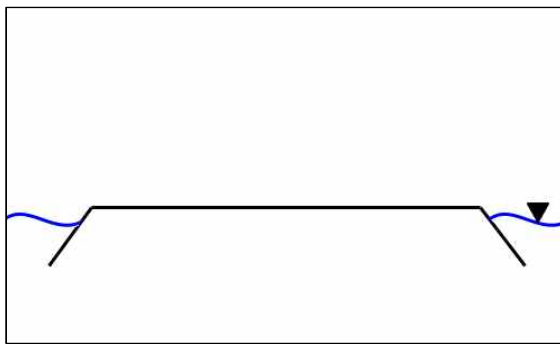
<그림 8> 독도의 지형과 파식대

<그림 8>은 독도 전체의 지형과 주요 파식대의 분포를 표기한 것이다. 그림 상에서 빨간색, 주황색, 노란색으로 표시된 부분이 바로 파식대이다. 빨간색은 사람이 자주 드나드는 파식대, 주황색은 기상 상황이 좋을 때는 사람이 드나들 수는 있으나 평소에는 인간이 드나들 일이 없는 파식대, 노란색은 인간이 드나들 수 없는 파식대를 의미한다. 그리고 A~E로 표기된 파식대는 앞서 언급한 것과 같이 독도에서 가장 중요한 파식대라 할 수 있는 남부 해안의 파식대이다. 이들 5개의 파식대는 빨간색이 4개, 주황색이 1개로 역시 인간의 왕래가 잦은 편임

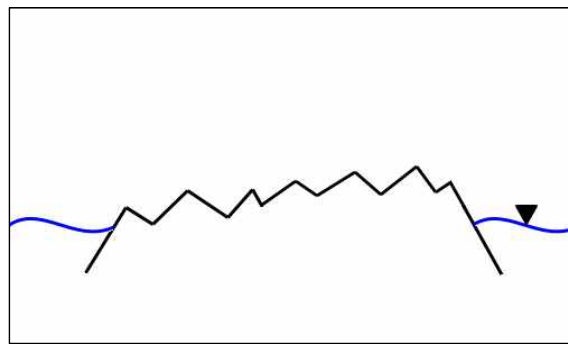
알 수 있고, 이들 파식대의 지형 변화는 독도에 거주하거나 왕래하는 인간의 안전과 관련이 있다고 볼 수 있다.

독도의 파식대는 고도와 표면의 울퉁불퉁한 정도에 따라 두 가지 유형으로 분류된다. 해수면과 비슷한 고도에서 표면이 대체로 평탄한 유형과 해수면보다 조금 더 높은 고도에서 표면이 울퉁불퉁하여 요철 정도가 심한 유형이 그것이다. 전자는 비교적 기반암이 침식에 약하거나 파랑이 강하게 작용한 것으로 편의 상 ‘평탄형’으로 분류하였다. 후자는 비교적 기반암이 침식에 대한 저항력이 강하거나 파랑이 약하게 작용한 것으로 ‘요철형’으로 분류하였다<그림 9~10>. 이러한 분류는 2015년부터 2021년까지 여러 차례에 걸친 현지 조사에서 육안으로 관측한 결과를 바탕으로 이루어졌다.

독도 남부 해안의 파식대는 대부분 평탄형에 해당한다. 이 파식대들은 연구의 편의를 위해 A부터 E까지 5개 구역으로 나누고<그림 8>, 현지 조사 결과와 대축척 지형도로 종단면도를 작성하였다. 그리고 2018년부터 이어진 여러 차례의 현지 조사를 통해 수정하였다.



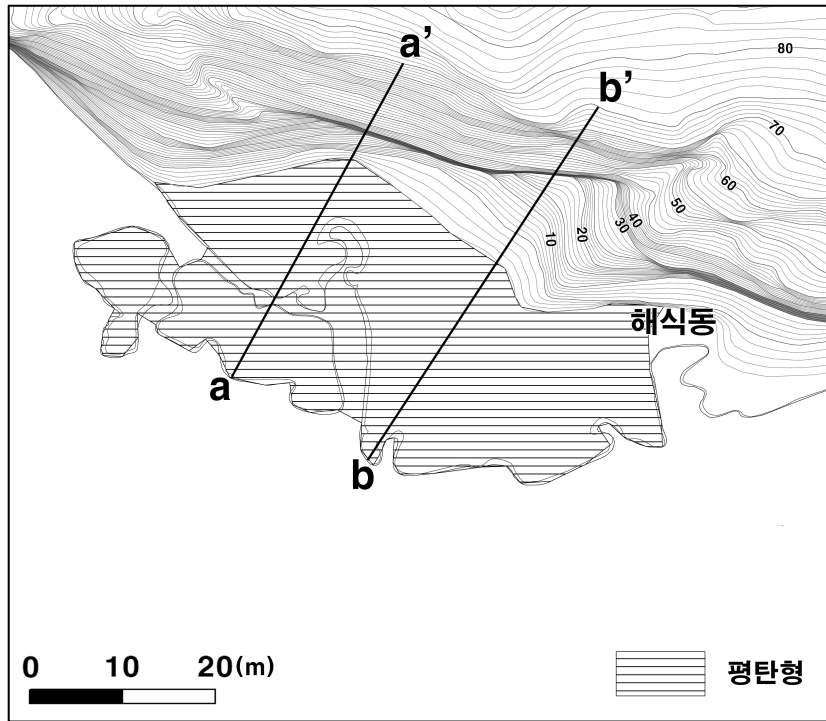
<그림 9> 평탄형 파식대의 모식도



<그림 10> 요철형 파식대의 모식도

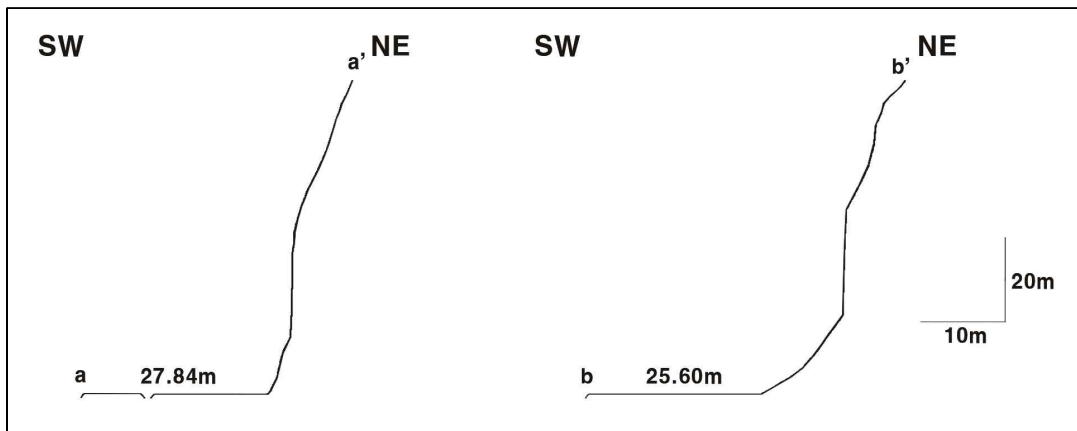
1) 파식대 A

파식대 A는 서도 주민 숙소와 코끼리바위 사이에 위치해 있으며 직접 접근이 불가능하여 파식대 B 인근의 사면에서 관측하였다. 파식대 A의 기반암은 층상라필리응회암이다.



<그림 11> 파식대 A의 표면 특성과 종단면도 위치

파식대 A의 지형면은 평탄형이다<그림 11>. 이 곳은 남부, 남서부 해안이 동해에 직접 노출되어 파랑의 영향을 직접 받으며, 기반암이 침식에 대한 저항력이 약하여 표면이 매끈한 파식대가 형성된 것으로 보인다. 이 파식대는 주로 남서풍과 남풍에 의해 형성된 파랑의 작용을 받았다. 파식대의 동쪽에는 해식동이 존재하고, 파식대 뒷편로는 가파른 해식애가 이어져 있다. 파식대 A는 평탄형으로 분류되면서 해식애의 경사가 북동부 해안보다 대체로 급한 것은 독도에서 가장 지배적인 바람인 남서풍에 의한 파랑의 영향으로 인해 침식이 활발하게 진행된 영향으로 생각된다. 또한 파식대 A 배후의 해식애 뒤쪽 사면에는 탐방로가 개설되어 있다. 파식대의 확장과 해식애의 붕괴가 발생할 가능성을 감안하면 탐방로의 안전 문제에 대해 생각해 볼 필요가 있다.

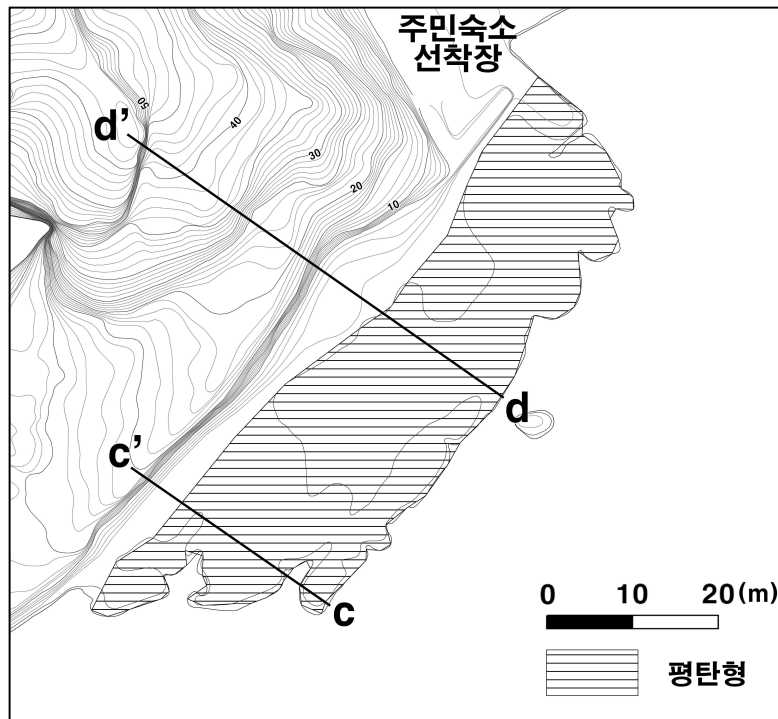


<그림 12> 파식대 A의 종단면도

<그림 12>는 파식대 A의 종단면도이다. a-a'는 파식대 서쪽, b-b'는 동쪽에 위치한다. a-a' 종단면도 상에는 바다에 의해 분리된 두 개의 파식대가 존재하는 것으로 보이는데 원래는 서도 본체에 연결되어 있다가 파랑에 의한 침식으로 인해 섬으로 분리된 것이다. 이것을 통합하여 하나의 파식대로 본다면 지형면 폭은 27.84m이고, b-b' 종단면도 상의 파식대 폭은 25.60m이다.

2) 파식대 B

파식대 B는 서도 주민 숙소 남서쪽에 위치하고 있으며 탐방로가 개설되어 있어 직접 진입하여 관찰하였다. 파식대 B의 기반암은 지질도 상에는 조면안산암으로 분류되어 있으나 현지 조사를 통해 판단한 바로는 응회암 계통일 가능성이 있다.

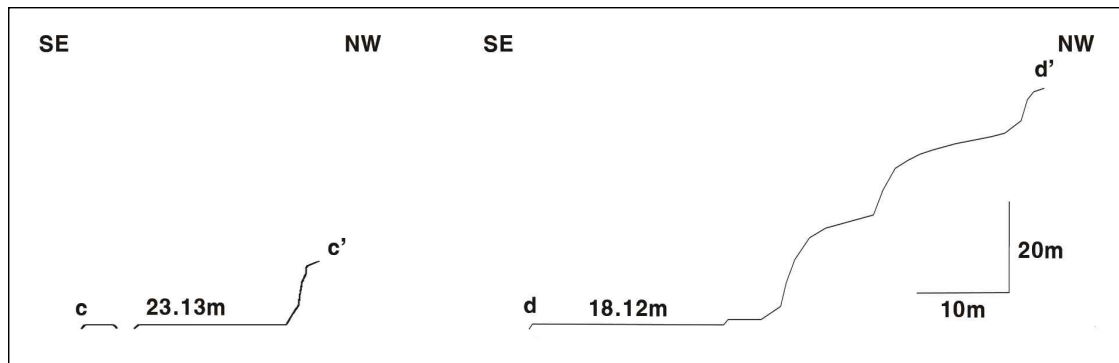


<그림 13> 파식대 B의 표면 특성과 종단면도 위치

파식대 B는 A와 마찬가지로 평탄형으로 분류된다<그림 13>. 파식대 방향은 남동쪽으로 열려있으므로 남동풍의 영향을 받은 것으로 볼 수 있으나, 동도에 의해 파랑에너지가 대부분 차단되었을 가능성이 크다. 따라서 이 파식대는 주로 남서풍과 남풍에 의해 형성된 파랑의 영향을 받은 것으로 파악된다. 파식대 뒤편으로는 역시 해식애가 이어지는데 파식대 남서부보다 북동부 해식애의 해발고도가 높다. 그리고 북동부의 해식애에는 중간에 비교적 경사가 완만해지는 지점이 두 군데 있다. 이 파식대에는 탐방로가 해식애 위가 아닌 해식애와 파식대 사이에 위치해 있어, 이 파식대가 계속해서 확장한다면 파식대 A 뒤편의 탐방로보다도 먼저 탐방로의 안전 문제가 발생할 수 있다. 지금도 파식대 B의 탐방로는 기상 상황에 따라 진출입이

불가한 경우가 있다. 파식대 B의 확장은 더 나아가 파식대 북쪽에 위치한 주민숙소의 안전에도 영향을 미칠 수 있다.

한편, 이 파식대에서는 해식애에서 떨어져나온 자갈의 마식⁶⁾과 굴식⁷⁾에 의해 형성된 포트홀⁸⁾이 관찰되었다. 파식대 중 주민 숙소에 가까운 곳에는 요철형에 가까운 암석 일부가 침식되지 않고 돌출부 형태로 남아있는데 그 크기는 각각 70×400cm, 180×210cm, 280×420cm이다.



<그림 14> 파식대 B의 종단면도

<그림 14>는 파식대 B의 종단면도이다. c-c'은 파식대 남서부, d-d'는 북동부를 기준으로 하였다. c-c' 종단면도 상의 파식대 폭은 23.13m인데, 파식대 A와 마찬가지로 중간에 파랑에 의해 침식되어 분리된 부분도 하나의 파식대로 간주하였다. 그리고 d-d' 종단면도 상의 파식대 폭은 18.12m이다.

- 6) 하천, 빙하, 바람, 바다 등이 운반하는 암석에 의하여 암반이 연마되어 점차 마멸되어 가는 침식 작용.
- 7) 유수의 압력으로 발생하는 침식.
- 8) 돌개구멍. 유수의 영향을 받는 기반암 하상 혹은 파랑의 영향을 받는 암석 파식대지 표면에서 발달하는 구멍.



<그림 15> 기상이 좋은 날의 실제 파식대 A 모습

<그림 15>는 기상이 좋은 날에 촬영한 파식대 B 모습이다. 사진 오른쪽으로 파식대와 해식애가 만나는 곳에 탐방로가 조성된 것도 볼 수 있다. 기상이 좋아 기압이 높거나 건조인 시기에는 해수면이 일시적으로 내려가고 파랑이 낮아 파랑이 파식대 위로 올라오지 않는다. 그러나 이러한 때에도 파식대 위에 해수가 고여있는 것을 볼 수 있는데, 이를 통해 파랑이 올라오지 않아 파식이 일어나지 않을 때에도 해수에 의한 염풍화작용은 계속될 수 있다는 것을 유추할 수 있다.



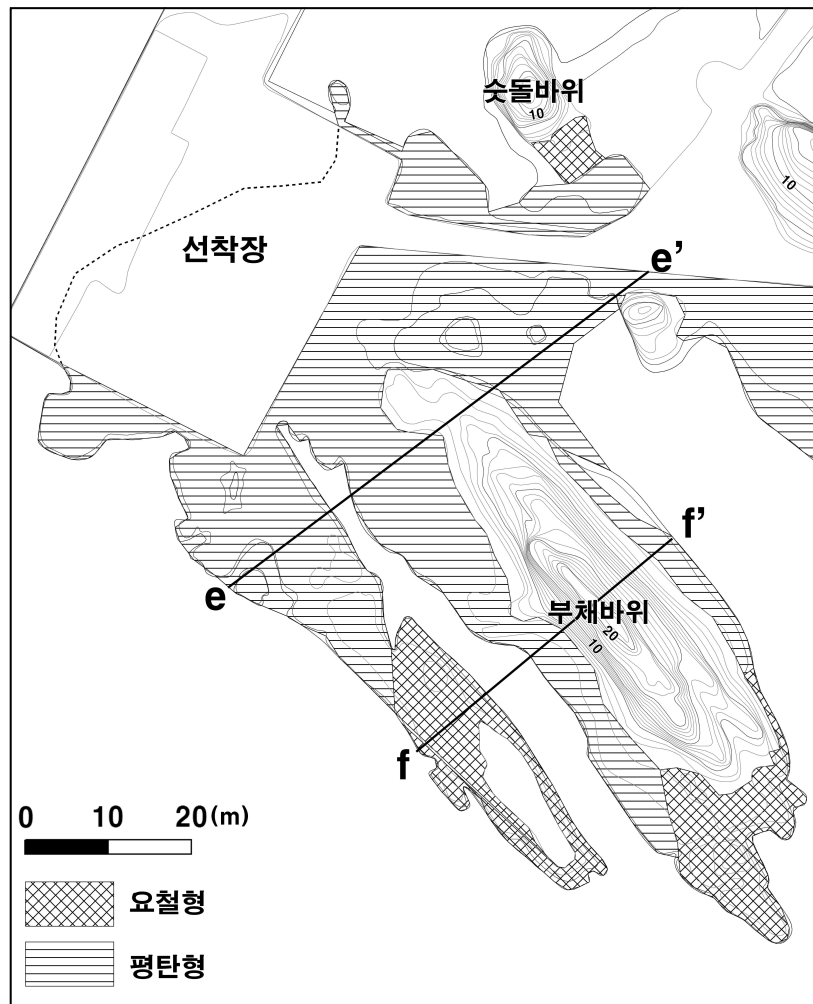
<그림 16> 기상이 좋지 않은 날의 실제 파식대 B 모습

<그림 16>은 기상이 좋지 않은 날에 촬영한 파식대 B의 모습이다. 기상이 좋지 않아 기압이 낮거나 만조인 시기에는 해수면이 일시적으로 올라오고 파랑이 높아 파랑이 파식대 위로 올라온다. 그리하여 파식대 대부분이 침수되고 파랑이 사진 오른쪽의 해식애와 탐방로를 직접

침식한다. 그나마 <그림 16>은 기상이 좋지 않은 날에 선박이 독도에 드나들 수 있는 날에 촬영한 것이다. 태풍 등이 불어와서 선박이 독도에 드나들 수 없을 정도로 기상이 좋지 않은 날에는 <그림 16>에서 보이는 것보다 해수면이 더 올라오고 더욱 강한 파랑이 발생할 것이다.

3) 파식대 C

파식대 C는 동도 주민숙소 선착장 남쪽에 위치하고 있으며, 파식대에는 북서-남동 방향으로 좁고 긴 내만 지형이 형성되어 있다. 파식대 C의 기반암은 괴상응회각력암이다.

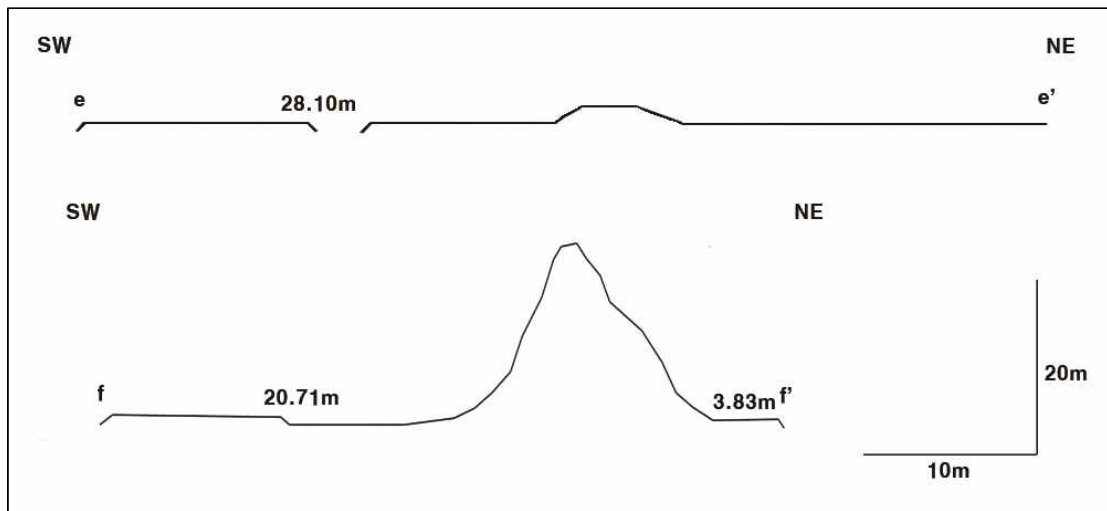


<그림 17> 파식대 C의 표면 특성과 종단면도 위치

파식대 C는 동도 선착장 인근 부채바위와 숫돌바위의 연장선상에서 좁게 발달한 요철형의 파식대와 부채바위와 선착장 사이에 주로 발달한 평탄형 파식대로 구성된다<그림 17>. 그 중 평탄형 파식대의 침식이 더 빠르게 진행되는 것으로 보인다. 이 파식대는 주로 남쪽과 남서쪽으로 열려있어 주로 남서풍에 의한 파랑의 영향을 받은 것으로 판단된다. 평탄형 파식대는 해수에 침수되어 해조류가 서식하고 있다. 그리고 부채바위 주변에는 가파른 해식애가 있고 양

옆으로 좁은 파식대가 발달해 있다. 그리고 남서쪽으로는 그보다 넓고 평탄한 파식대가 분포한다. 이 파식대의 발달 과정은 부채바위의 축소 및 해체 과정과도 관련이 있을 것이다.

또한, 파식대의 침식 속도를 보다 정확히 계산하고 독도의 원형을 파악하기 위해서는 동도 선착장이 건설되기 전 이 파식대의 원형을 추정하여 보다 정확한 길이와 폭을 조사할 필요가 있다. 이는 향후 연구 과제로 남겨져 있다.



<그림 18> 파식대 C의 종단면도

<그림 18>은 파식대 C의 종단면도이다. e-e' 종단면도에서는 부채바위 남서쪽에서 파식대 폭이 가장 넓었다. 현재는 두 개의 파식대로 분리되어 있지만 파랑의 침식을 감안하여 하나의 파식대로 본다면 그 폭은 28.10m이다. 부채바위 정상을 기준으로 작성한 f-f' 종단면도에서도 부채바위 남서쪽에 발달한 두 개의 파식대를 하나의 파식대로 볼 경우 지형면 폭은 20.71m이며, 부채바위 북동쪽에 발달한 파식대는 폭이 3.83m이다.

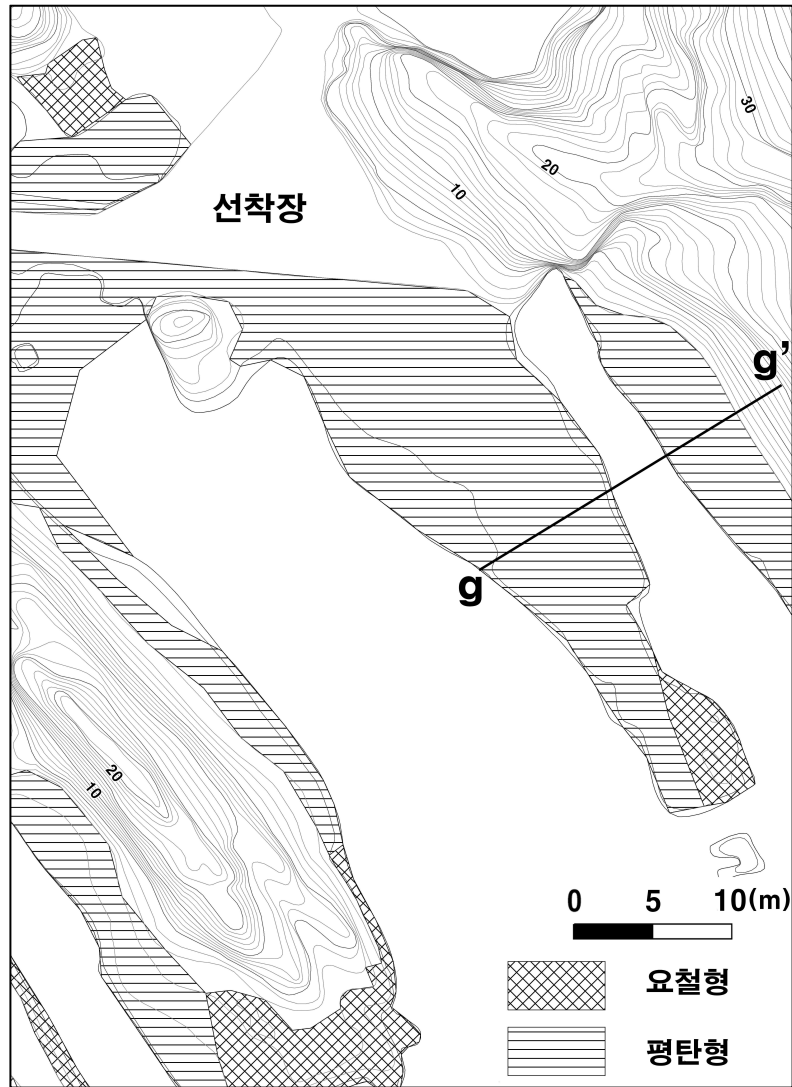


<그림 19> 실제 파식대 C 모습

<그림 19>는 동도 선착장에서 촬영한 실제 파식대 C와 부채바위 일부의 모습이다. 이 사진을 통해 부채바위 근처와 오른쪽에 분포한 요철형 파식대와 사진 정면 선착장 근처에 분포한 평탄형 파식대의 차이에 대해서도 알 수 있다.

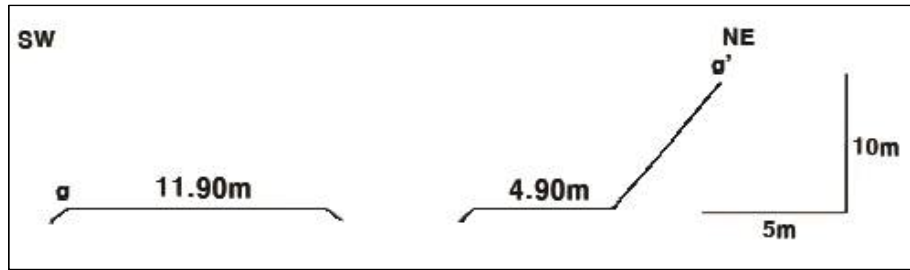
4) 파식대 D

파식대 D는 선착장 구조물 동쪽 끝부분의 남쪽에 위치하여 선착장과 직접 연결되어 있다. 파식대 E와의 사이에는 과거 구름다리로 활용되다가 폐기된 구조물이 남아있다. 기반암은 괴상응회각력암으로 분류된다.



<그림 20> 파식대 D의 표면 특성과 종단면도 위치

파식대 D는 남쪽 끝부분에 요철형 파식대가 분포하고 북쪽의 선착장과 맞닿은 부분에는 평탄형 파식대가 분포한다<그림 20>. 그러나 평탄형으로 분류되는 부분에도 요철형에 가까운 크기 400×520cm, 높이 110cm의 돌출부가 존재한다. 이 파식대는 남쪽으로 열려있어 남풍으로 인한 파랑의 영향이 클 것으로 예상된다. 파식대 D 역시 파식대 C와 마찬가지로 선착장이 건설되기 전의 원형을 밝혀 정확한 길이와 폭을 조사할 필요가 있다.



<그림 21> 파식대 D의 종단면도

<그림 21>은 파식대 D의 종단면도인데 선착장 남쪽에 독립적으로 발달한 파식대 D는 별다른 기복없이 거의 평탄하다. g-g' 종단면도 상에서 선착장 남쪽에 독립적으로 발달한 파식대의 폭은 11.90m, 동도 본체에 붙어서 발달한 파식대의 폭은 4.90m이다. 후술하는 바와 같이 <그림 21>에서 해식애와 직접 연결된 4.90m 폭의 파식대는 D가 아닌 E의 일부로 분류하였다. 이는 두 파식대 사이의 해협이 비교적 깊어 원래 파식대였다고 보기는 어렵기 때문이다. 따라서 <그림 12, 14, 18>과 달리 그림 상의 두 파식대를 하나의 파식대로 볼 경우의 파식대 폭은 따로 계산하지 않았다.



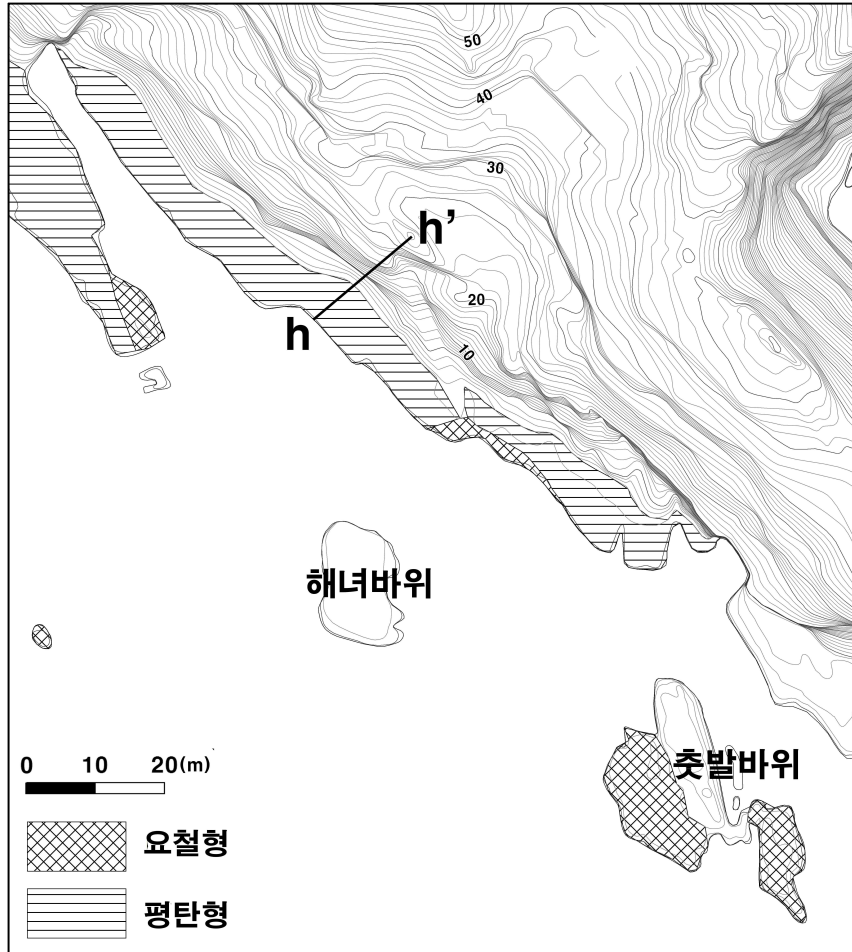
<그림 22> 실제 파식대 D 모습

<그림 22>는 동도 탐방로 중간에서 촬영한 실제 파식대 D의 모습이다. 사진 왼쪽 파식대 끝부분에 요철형 표면이 있는 것과 오른쪽에 과거 구름다리로 사용되다가 폐기된 구조물이 있는 것을 볼 수 있다.

5) 파식대 E

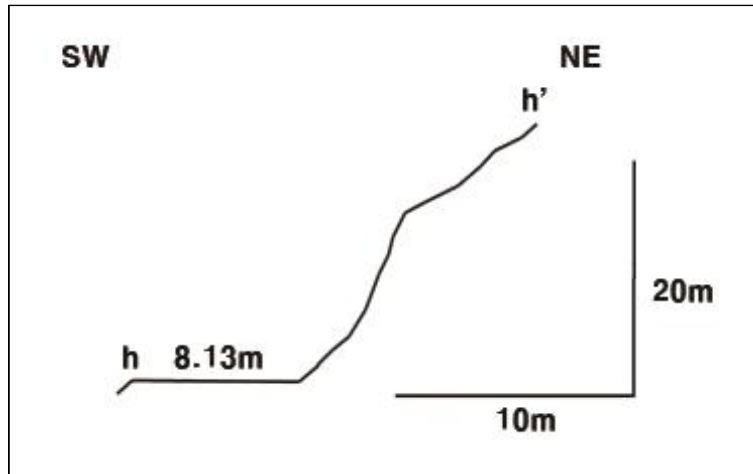
파식대 E는 선착장 구조물과 인접하여 있으므로 직접 진입하여 조사하였다. 이 파식대의 기반암은 괴상응회각력암이다. 파식대 D와의 사이에는 앞서 언급한 과거 구름다리로 활용되다가

폐기된 구조물이 남아있다. 그리고 남쪽에 해녀바위에는 과거 케이블카 시설 혹은 선박 접안 시설로 활용하다가 폐기된 콘크리트 구조물이 남아있다.



<그림 23> 파식대 E의 표면 특성과 종단면도 위치

파식대 E는 서도의 파식대 A, B와 유사하게 대부분 평탄형이나, 쫓발바위 인근에서 중간의 바다와 맞닿은 부분에는 요철형 표면이 일부 분포한다<그림 23>. 그리고 남쪽의 쫓발바위 양 측면에서도 요철형 파식대가 확인되었다. 쫓발바위는 동도와 다소 떨어져 있으나 파랑으로 인해 침식되기 전에는 하나의 파식대로 이어져 있었을 가능성을 무시할 수 없다고 보아 파식대 E의 일부일 가능성을 열어놓았다. 그리고 해녀바위는 현재는 표면이 평탄하나 이는 인공 콘크리트 구조물에 의한 것으로 해녀바위의 원형을 정확히 파악할 수 없어 파식대에 관련한 논의에서는 일단 제외하였다. 파식대 E는 남풍과 남서풍의 영향을 받은 파랑에 의해 형성되었는데 남서풍이 비교적 강력함에도 불구하고 파식대 C~D에 의해 일부 가로막히고 해녀바위 또한 남서쪽에서 밀려오는 파랑을 일부 막아주어 파식대 E가 좁게 형성된 것으로 보인다. 이러한 좁은 파식대 뒤로는 가파른 해식애가 존재한다. 그런데 이 해식애 위로는 선착장과 경비대 숙소를 연결하는 탐방로가 조성되어 있다. 따라서 파식대 E의 확장과 이에 따른 해식애의 후퇴 현상은 탐방로의 안전과도 관련이 있다.



<그림 24> 파식대 E의 종단면도

<그림 24>는 파식대 E의 종단면도이다. h-h' 종단면도 상에서 파식대의 폭은 8.13m로 역시 파식대 A~D에 비해 좁은 것으로 나타났다.



<그림 25> 실제 파식대 E 모습

<그림 25>는 동도 선착장에서 찍은 실제 파식대 E의 모습이다. 사진 오른쪽 옛 구름다리 케이블 뒤로 촛발바위와 해녀바위의 모습도 보인다. 그리고 파식대 E 역시 파랑이 잔잔할 때에도 해수에 의해 침수된 모습도 확인되어 지속적으로 염풍화작용을 받는 것을 시사한다. 파식대 E는 선착장과 다소 떨어져 있음에도 불구하고 여러 인공 구조물이 설치되어 있어 원형이 약간 훼손된 상태이다. 현재 활용하지 않는 구조물이라면 철거하여 지형의 원형을 복원하는 것도 생각해볼 만 하다.

6) 남부 해안 이외 기타 파식대

지금까지 살펴본 독도 남부 해안의 파식대 A~E 외에도 독도 이곳저곳에는 여러 파식대가 산재해 있다<그림 8>. 이들 파식대는 독도 남부 해안의 파식대에 비해 독도의 인간 생활과 직접 관련은 없다고 해도 계속해서 살펴볼 필요가 있다. 특히 독도 서부 해안의 파식대는 남부 해안의 파식대와 마찬가지로 독도의 지배적인 풍향인 남서풍의 영향을 직접 받아 비교적 넓게 분포하고 있다.



<그림 26> 독도 서부 해안의 주요 파식대 분포와 표면 특성 분류

<그림 26>은 독도 서부 해안의 주요 파식대 분포와 그 표면 특성을 분류한 자료를 정리한 것이다. 독도 서부 해안은 서도가 직접 외해와 맞닿기보다는 서도의 서쪽에 넙덕바위, 군함바위 등의 바위가 분포하여 이들 바위가 외해와 직접 맞닿아 있다. 서도가 직접 외해와 맞닿아

있는 부분은 북쪽의 상장군바위 일대 정도이다. 서도 서부 해안 중 상장군바위보다 남쪽 구간은 넓덕바위, 군함바위에 막혀 외해 파랑의 영향을 직접 받지 않고 있고, 이에 따라 파식대가 거의 발달하지 않고 있다. 그 대신 외해 파랑의 영향을 직접 받는 넓덕바위, 군함바위에 파식대가 비교적 넓게 나타나고 있다.



<그림 27> 서도 탐방로에서 관찰한 넓덕바위와 군함바위

서도 서부 해안의 파식대는 남부 해안과 달리 인간 생활과 직접 관련이 없고 인간의 접근도 매우 어렵다. 따라서 직접 접근하여 조사하는 것이 사실상 불가능하다. 따라서 <그림 27>과 같이 해발고도 100m 가량 고도에 있는 서도 서부 탐방로에서 내려다보면서 관찰하는 것이 거의 유일한 방법이다. 또한 대부분의 파식대가 서도 혹은 동도와 연결되어 있는 남부 해안과 달리 넓덕바위, 군함바위 등으로 파편화되어 있어 홀로세 해수면 상승 이전의 원형을 알기가 어렵다.



<그림 28> 큰가재바위와 작은가재바위의 파식대 모습

또한 서도 북쪽에는 큰가재바위와 작은가재바위가 있는데 이 또한 파식대로 분류할 수 있다 <그림 28>. 큰가재바위와 작은가재바위는 남쪽 방향만 서도에 의해 막혀있고 서쪽, 동쪽, 북쪽이 모두 외해를 향해 열려있어 이들 방향으로부터 밀려오는 파랑의 침식을 직접 받고 있다. 그 때문에 파랑의 침식을 활발히 받았는지 이제 해수면 위에 남아있는 대부분의 지형이 사라져가고, 이제 파식대만 남아있다. 그런데 이 파식대의 면적이 상당히 넓은 것으로 보아 해수면이 지금과 같은 수준으로 상승하기 전에는 꽤 큰 섬이 지금의 큰가재바위와 작은가재바위 위에 남아있었던 것으로 보인다.

그러나 이러한 현실적인 어려움에도 불구하고 서도 서부 해안과 큰가재바위, 작은가재바위의 파식대는 독도의 지배적인 풍향인 남서풍이 불러온 파랑의 침식을 직접 받았다는 의미가 있다. 실제로 독도 서부 해안의 파식대는 남부 해안의 파식대와 비슷하거나 더 넓게 분포한다. 따라서 해저 지형을 보다 면밀히 조사하여 해수면 상승 이전의 지형을 추정하고, 드론 탐사 등의 기술을 통해 남부 해안과 마찬가지로 더욱 정확한 조사가 이루어질 필요가 있다.

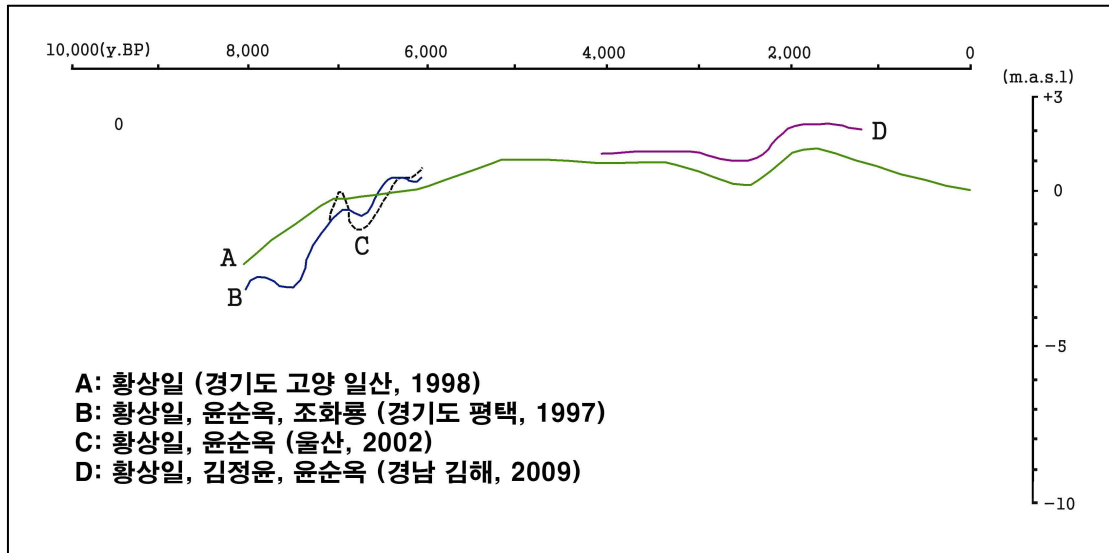


<그림 29> 동도 정상부에서 관찰한 구선착장과 그 일대의 파식대

그 외에는 동도 구선착장 일대의 파식대 등이 있다<그림 29>. 이들 파식대는 남서풍의 영향을 직접 받지 않아 면적이 비교적 작고 파식대 확장 속도를 추정하는 의의가 적다. 그러나 동도 구선착장 일대에는 오늘날에도 현 선착장을 이용하기 어려운 경우에 계속해서 선박이 정박하고 있다. 따라서 이 곳은 계속해서 인간이 드나들기 때문에 안전 문제가 중요하다. 구선착장은 7×14m의 인공 콘크리트 구조물로 이루어져 있다. 이 인공 구조물이 설치되기 전 지형의 원형을 알아내는 것도 구선착장 일대의 파식대 확장과 해식에 후퇴 양상을 파악하여 구선착장을 이용하는 선박과 인간의 안전을 도모하는데 도움이 될 것이다.

4. 독도 남부 해안의 파식대 지형 발달

1) 독도의 파식대와 해수면 변동



<그림 30> 홀로세 한반도 해수면 변동에 대한 주요 연구 결과

지금 파식대로 분류되는 지형은 현재 해수면 수준에서 파랑의 침식작용으로 형성된다. 독도 남부 해안선에 직교하여 파식대가 가장 넓은 곳은 파식대 A에서 북동-남서 방향으로 27.8m, 파식대 B에서 북서-남동 방향으로 23.1m, 파식대 C에서 북동-남서 방향으로 28.1m이다.

앞서 빙기에 지금보다 낮았던 해수면이 홀로세에 이르러 상승하여 지금의 수준에 이르렀다는 내용을 언급한 바 있다. 이에 대해 한반도에서는 홀로세 해수면 상승이 어떤 양상으로 나타났는지에 대한 주요 연구를 종합하였다<그림 30>. 이에 따르면 마지막 빙기에 현재보다 140m 정도 낮았던 평균해수면은 홀로세 동안 급격하게 상승하여 약 7,000년 전에 현재 수준 부근에 이르렀으며, 이후 $\pm 1\text{m}$ 이내에서 상승과 하강을 반복하는 약간의 변동을 하면서 현재 수준에 도달하였다.

빙기 이후 해수면이 급격하게 상승하여 현재 수준에 도달한 시기에는 파식대 형성 속도가 빨랐으나, 이후에는 파랑에너지가 파식대를 통과하면서 감소하므로 점차 그 속도가 느려졌다. 원운동으로 이루어진 파랑에너지는 원운동 지름이 클수록 파랑에너지가 증가하며 원의 지름이 클수록 파고가 높아져 파랑의 침식력도 증가한다. 따라서 해수면 부근에서 파식대 위를 통과하는 파랑은 에너지가 급격하게 감소하므로, 규모가 큰 파식대일수록 해식애에 도달하는 파랑 에너지는 작아진다. 즉, 해식애와 파식대 너머 바다의 거리가 길수록 해식애가 직접 받는 파랑이 약해지는 셈이다. 다만 현재 해식애 기저부에 도달하는 파랑에너지 양과 파식대 확장속도가 어느 정도인지 알 수 있는 자료는 없다.

그러므로 시간의 경과에 따른 파식대의 확장과 해식애의 후퇴속도를 계산하지 않고 얻은 파식대의 평균 확장 속도는 파식대 A와 파식대 C의 경우 연평균 4.0mm, 파식대 B의 경우 연평균 3.3mm이다.

앞서 밝힌 바와 같이 독도 해안의 파식대 중 폭이 20m 이상인 경우 현재 파식대의 확장 속도는 수 천년 전에 비해 현저하게 느려졌다고 볼 수 있다. 그러나 지구온난화로 해수면이 상승하고 더 강한 태풍이 불어온다면, 더 강한 파랑이 파식대를 통과하여 해식애까지 도달하는 현상이 잦아져 파식대의 확장 속도가 다시 빨라질 수 있다. 아울러 파식대가 없는 해안은 수심이 깊어지므로 해식애에 직접 도달하는 파랑에너지가 커지면서 새로운 파식대가 형성될 수 있다.

2) 파식대와 기반암 분포

파식대는 암석이 파랑에 의한 침식 작용을 받아 만들어지는 지형이다. 그러므로 기반암의 침식에 대한 저항력은 파식대의 형성과 크기에 직접적인 영향을 미친다. 즉, 침식에 대한 저항력이 약한 기반암일수록 파식대가 형성되기 용이하다. 만약 침식에 대한 저항력 이외의 다른 변수가 없다면, 침식에 대한 저항력이 낮은 기반암에서 더 넓은 파식대가 형성될 가능성이 높다(Trenhaile, 2018). 독도에 분포하는 파식대의 규모를 비교, 평가하기 위해 파식대가 형성되는 해안의 기반암 종류와 파식대 분포와의 상관관계를 검토하면, 서도는 해수면 부근에 조면암, 층상라필리응회암, 조면안산암이 혼재되어 있다. 그 중 비교적 침식에 대한 저항력에 약한 층상라필리응회암으로 된 해안에서 파식대의 폭이 넓다. 또한 동도 해안 지역은 괴상응회각력암이 주를 이루고 조면암, 각력암이 일부 분포되어 있다. 동도에서 파식대는 주로 섬의 서부와 남부, 동부의 괴상응회각력암 해안에 분포하며, 이 파식대의 기반암을 이루는 암석은 서도의 남부 해안 파식대의 응회암질암과 침식에 대한 저항력이 유사하다. 따라서 독도의 파식대는 침식에 대한 저항력이 약한 암질을 반영하여 대부분 평탄형으로 나타난다. 또한 동도에 비해 서도 해안에서 파식대의 규모가 보다 크고, 평탄형의 파식대 지형 발달이 탁월하였다. 요철형은 동도의 C~E 파식대의 일부 구간에서만 확인되는데 이것은 풍화에 대한 저항력이 강한 암석이 기반암이기 때문인 것으로 판단된다.

3) 독도 해안의 파식대 분포에 영향을 미친 요소

서도에서는 서북쪽의 큰 가재바위와 작은 가재바위 일대, 서쪽의 지네바위, 상장군바위, 군함바위, 넓덕바위 일대, 그리고 남쪽의 주민숙소와 코끼리바위 그리고 이들 사이에 파식대가 분포한다. 이들 파식대는 폭이 상대적으로 넓은 편이며, 전체적으로 파식대 규모가 크다.

동도는 서도보다 파식대의 규모가 상대적으로 작다. 섬 동부에는 선착장과 부채바위 일대에 파식대가 길게 연장된 형태로 발달하고 있다. 그리고 동쪽의 독립문바위와 구선착장 일대에도 파식대가 소규모로 분포하고 있다. 한편 동도와 서도의 북부 해안에는 주로 규모가 작은 파식대가 분포한다.

이와 같은 파식대의 분포는 독도의 풍향 분포와 어느 정도 관계있는 것으로 생각된다. 풍향 분포에 의하면 독도에서 남동풍의 빈도가 가장 높으며 봄부터 가을까지 남동풍이 그 다음으로 높다. 그러나 북풍, 북서풍, 북동풍, 서풍의 빈도는 낮다.

그러나 풍향의 빈도와 파식대 분포와의 관계가 완전히 일치하는 것은 아니다. 서풍의 빈도는 겨울을 제외하면 매우 낮지만, 서풍의 영향을 직접 받는 서도 서부 지역에는 파식대가 넓게 발달한다. 반면 동풍은 봄부터 겨울에 걸쳐 높은 빈도로 불지만, 동풍의 영향을 직접 받는 동도 동부 지역의 파식대는 상대적으로 규모가 작다. 이것은 서부 해안에는 지네바위부터 넓덕바위까지 일련의 시스택이 있어서 이들이 헤드랜드(headland) 역할을 하여 파식대가 형성되었으며, 동부 해안에는 탱크바위와 독립문바위 사이에 만이 분포하며 북쪽 해안에도 여러 개의 만들이 분포하므로 이러한 만이 외해의 파랑에너지가 해안으로 들어오는 것을 어느 정도 막아주어 파식대의 규모가 작은 것으로 생각된다.

파랑에너지는 주로 파고에 의해 결정된다. 독도에서는 11월부터 이듬해 2월까지, 그리고 7월에 파고가 높고, 이 기간에는 단기간에 높은 파고가 집중적으로 발생한다. 이와 같은 경향은 풍속과 어느 정도 비례한다. 풍속이 빠른 겨울의 바람 방향은 다른 계절에 비해 서풍과 북풍이 상대적으로 강하지만 남서풍과 동풍이 강한 것은 다른 계절과 그 경향이 일치한다. 따라서 독도에서 남서풍과 동풍이 강한 것을 통해 남부 해안의 파식대 형성 과정을 어느 정도 설명할 수 있다. 또한 북서 계절풍이 부는 겨울철에 유독 파고가 높아지는 것은 서도 서부 해안과 큰가재바위, 작은가재바위에 분포하는 넓은 파식대의 형성 과정과 어느 정도 관련이 있는 것으로 보인다.

5. 요약 및 결론

독도는 화산활동으로 지표면, 해수면 위로 솟아난 이후 파랑의 침식 작용을 받아 지속적으로 축소되어 왔다. 특히 독도 경관을 구성하는 해안지형 가운데 파식대, 해식애는 이와 같은 독도의 축소 현상을 보여주는 대표적인 지형이다. 파식대가 확장될수록 해식애는 후퇴하는데, 이러한 과정은 곧 섬의 면적이 축소됨을 의미한다. 단기적으로는 독도에 설치된 인공 구조물과 독도 거주민 및 방문객의 안전, 장기적으로는 독도의 규모가 축소되는 양상을 예측하기 위하여 동도와 서도의 남쪽 해안에 분포하는 5개 지점을 중심으로 여러 파식대를 통해 그 발달 과정을 살펴보았다.

독도의 남부 해안에서 파식대가 가장 넓은 곳의 폭은 약 28m이다. 파식대는 해수면이 현재 수준에 도달한 약 7,000년 전부터 형성되기 시작하였으므로 파식대 평균 확장속도는 연평균 4.0mm가 된다. 독도 남부 해안의 파식대는 침식에 대한 저항력이 약한 암석의 특징을 반영하여 대부분 평탄형으로 나타난다. 파식대의 폭이 넓은 서도는 해수면 부근에 비교적 침식에 대한 저항력에 약한 층상라필리응회암이, 동도는 주로 괴상응회각력암으로 이루어져 있다. 해안선 부근에서 침식에 대한 저항력이 약한 기반암으로 되어있는 환경에서 지구온난화에 따라 해수면이 상승하고 더 강한 태풍이 내습한다면 파식대의 확장 속도는 다시 빨라질 것으로 예상된다.

파식대의 분포는 독도의 풍향 분포와 어느 정도 관계있는 것으로 생각된다. 풍향 분포에 의하면 독도에서 남동풍의 빈도가 가장 높으며 봄부터 가을까지 남동풍이 그 다음으로 높다. 그러나 북풍, 북서풍, 북동풍, 서풍의 빈도는 낮다.

그러나 풍향의 빈도와 파식대의 분포와의 관계가 완전히 일치하는 것은 아니다. 서풍의 직접 영향을 받는 파식대는 서풍이 겨울 이외의 계절에 약함에도 불구하고 넓게 발달한다. 반면 동풍의 직접 영향을 받는 파식대는 동풍이 연간 높은 빈도로 불어옴에도 불구하고 상대적으로 규모가 작다. 이것은 기반암 별로 풍화에 대한 저항력에 차이가 있기 때문이다. 그리고 서쪽 해안에는 지네바위부터 넙덕바위까지 일련의 시스택이 있어서 이들이 헤드랜드 역할을 하므로 파식대가 형성되었으며, 동쪽은 탱크바위와 독립문 바위 사이 해안이 내만 지형이고, 북쪽 해안에도 내만 지형이 다수 분포하므로 파식대의 규모가 작은 것으로 생각된다.

참고문헌

- 강지현, 2008, 독도해산의 사면침식으로 인한 지형변화와 독도사면안정성 분석, 석사학위논문, 이화여자대학교 대학원, 서울.
- 강지현·성효현·박찬홍·김창환·정의영, 2008, 독도해산의 사면침식으로 인한 지형변화, 대한지리학회지, 43(6), 791-807.
- 공길영·김세원·조익순, 2005, 선박·항해 용어사전(Dictionary of Ship Navigation Terms), NRF KRM(Korean Research Memory).
- 경북대학교 울릉도·독도연구소, 2017, (6th) 독도 천연보호구역 모니터링, 대전, 문화재청.
- 박선인, 2021, 독도 서도응회암의 분출 및 퇴적작용, 석사학위논문, 경상국립대학교 대학원, 경남.
- 손영관·박기화, 1994, Geology and Evolution of Tok Island, Korea, 지질학회지, 30(3), 242-261.
- 손영관, 2005, 독도의 지질과 형성과정, Koreana(Korean), 19(3), 8-13.
- 윤순옥·황상일, 2008, 한국 독도 동도의 고식생, 식물분류학회지, 38(4), 583-599.
- 전영권, 2005, 독도의 지형지(地形誌), 한국지역지리학회지, 11(1), 19-28.
- 해양수산부·한국해양연구소, 2000, 독도 생태계 등 기초조사 연구, 서울, 해양수산부.
- 황상구, 2003, 전영권, 독도 화산의 분출유희와 화산형태, 자원환경지질, 36(6), 527-536.
- 황상일, 1998, 일산층적평야의 홀로세 퇴적환경변화와 해면변동, 대한지리학회지, 33(2), 143-163.
- 황상일·권용휘·윤순옥, 2019, 독도 서도 및 동도 남부 해안의 파식대 지형 발달, 한국지형학회지, 26(4), 33-45.
- 황상일·김정윤·윤순옥, 2009, 고김해만 북서지역의 Holocene 후기 환경변화와 지형발달, 한국지형학회지, 16(4), 85-99.
- 황상일·김정윤·윤순옥, 2013, 창녕 비봉리 지역의 Holocene 중기 해수면변동, 대한지리학회지, 48(6), 837-855.
- 황상일·박경근, 2007, 독도 동도 서쪽 해안의 타포니 지형 발달, 한국지역지리학회지, 13(4), 422-437.
- 황상일·박경근·윤순옥, 2009, 독도 서도 북서 해안의 Holocene 기후변화와 타포니 지형발달, 한국지형학회지, 16(1), 17-30.
- 황상일·윤순옥, 2002, 울산시 황성동 세죽 해안의 Holocene 중기 환경변화와 인간생활, 한국고고학보, 48, 35-57.
- 황상일·윤순옥·권용휘, 2022, 독도 서도 남동해안의 애추 지형발달, 한국지형학회지, 29(1), 13-30.
- 황상일·윤순옥·조화룡, 1997, Holocene 중기에 있어서 도대천유역의 퇴적 환경 변화, 대한지리학회지, 32(4), 403-420.
- Trenhaile, A. S., 2018, Shore platform erosion and evolution: Implications for cosmogenic nuclide analysis, *Marine Geology*, 403, 80-92.