

加波島와 馬羅島의 地形

朴 東 源 *
吳 南 三 **
朴 勝 弼 ***

1. 序 言

筆者들은 우리나라의 해안지형의 특색을 조사하는 과정에서 우리나라 최남단에 위치하고 있는 加波島와 馬羅島의 地形을 조사하였기로서기에 그 結果를 보고한다. 지형조사를 한 기간은 1982년 1월 13일~17일(4일간)이었다.

답사 동안에 여러가지로 도움을 주신 이장님과 현지주민들께 감사드린다.

* 서울대학교 사회대 지리학과 교수

** 서울대 지리학과 박사과정, 제주 서귀고 교사

*** 전남대학교 인문사회대 지리학과 전임강사

2. 加波島

가파도는 북위 $33^{\circ}10'$, 동경 $126^{\circ}16'$ 에 위치하며 동서·남북간의 거리가 모두 1.4 km 내외인 가오리 모양의 섬으로서 제주도의 모슬포로부터 약 5 km 남쪽에 위치하고 있다. 본 島에서는 독립 噴石丘는 발견되지 않으며, 본 島의 암석학적 특성은 제주도 남서부와 비슷한 것으로 생각된다. 기반암은 粗面岩質¹⁾ 岩石이며 고도 20 m 정도의 평탄한 지형을 이루고 있다.

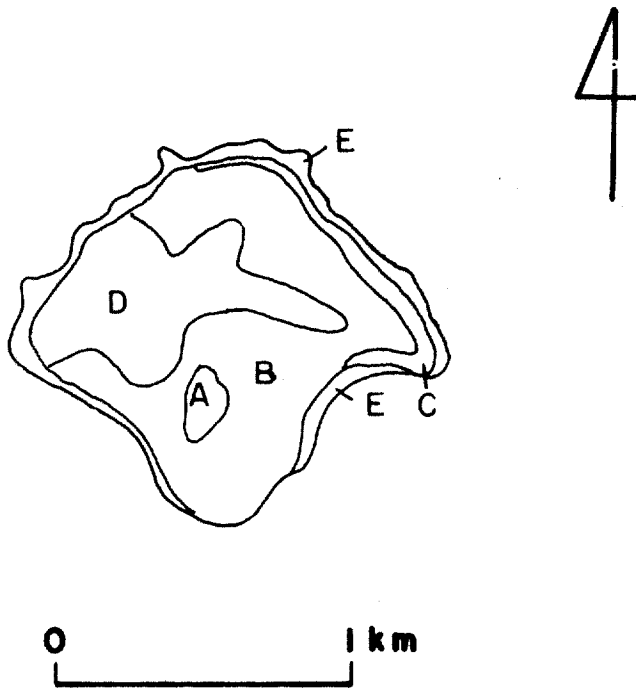


그림 1. 加波島의 土壤圖(설명은 본문 참조)

〈그림 1〉은 제주도의 1/25,000 정밀토양도(농촌진흥청 농업기술연구소, 1976)를 근거로 하여 작성한 것이다. A地域은 15~30°의 지형 경사를 갖고 있으며 토심은 100 cm 정도, 表土의 PH가 6.2, 深土는 PH 7.5이다. 土色은 암갈색이고 배수가 양호한 비옥토에 해당하지만 지형 경사가 비교적 높으므로 토양유실이 문제되고 있다.

B地域은 경사각 2~7°의 완만한 地形을 이루며 토양층은 약 100 cm, 表土의 PH는 6.6, 深土는 5.7이다. 이 지역은 토양배수가 양호한 미사질 식양토로 구성되어 있으며 토색은 암갈색을 띤다.

C·D地域도 경사가 완만한 평탄지로서 PH 6 정도이며 土深은 100 cm 정도이다. E地域은 암반이 노출되어 있는 古波蝕臺²⁾로서 지역적으로 高度의 차이는 있으나 만조수면보다 약 7 m 정도 높다.

해안퇴적물은 대부분 礫層으로서 북서, 남동, 그리고 북동해안에서 현저하게 나타나며 (사진 1) shingle beach를 이루고 있다. 본島에서는 sand beach가 형성되지 못하였는데 이것은 파랑에너지가 강하고 城山層과 같은 sands의 공급원(source)이 결여된 때문인 것으로 판단된다. 한편 本島의 북동안에는 球狀風化의 產物로 보이는 원형의 巨礫(spheroidal boulders)들이 分布하고 있는데 이들 거력은 절리(joint)가 발달된 화성암지역에서 잘 관찰되는 것이 보통이며 주로 절리면을 따라 진행된 화학적 풍화에 기인된 것으로 알려져 있다.

고도 10~20 m의 평탄한 전작지의 表層에 圓礫이 多量으로 散在해 있는 것으로 보아(層을 이루고 있지는 못함) 이 평지는 舊汀線과 관련

1) 국립지질 광물 연구소, 1973, 1/250,000 지질도 참조.

2) 이 파식대는 서귀포 일대에 나타나는 제 5단 파식대와 같은 종류라고 생각된다. 다음을 참조할 것 : 朴東源, 吳南三, 1981, 濟州島 波蝕臺에 대한 地形學的 研究, 地理學 論叢, pp. 1~10.

된 지형일 것으로 판단되어 동해안 일대에서 관찰되는 舊汀線高度와 관련하여 볼 때 중요한 의미를 갖는다고 본다.

波蝕臺는 남부 및 남서부에 잘 발달되어 있는데 남서부의 파식대는 저조수위일 때 해안으로부터 그 길이가 약 250m에 달한다(사진 2). 波蝕臺 段의 발달은 극히 미약하며 제 3단 파식대가 주종을 이루고 있다. 제 1단, 제 2단은 거의 파식되어 제 3단과 연결되고 3단 段面이 거의 저조수위면과 연결되어 있다. 따라서 본 島의 파식대는 潮間帶型 파식대의 특성을 지녔다고 본다. 제 4단 파식대도 간헐적으로 나타나고 있으며 제 4단 파식대에 해당하는 rock stack들이 波蝕臺上에 소산되어 있는데(사진 3), 이러한 rock stack들은 기저부가 파식되어 버섯모양을 이루고 있으며 기저부가 완전히 마모된 것은 붕괴되어 옆으로 쓰러져 있는 것도 발견된다. stack이 형성되는 과정과 파식대가 파괴되어 그 고도가 낮아지는 과정은 동일한 과정이라고 볼 수 있는데 야외에서 관찰한 결과를 토대로 그 과정을 圖示하면 <그림 2>와 같다.

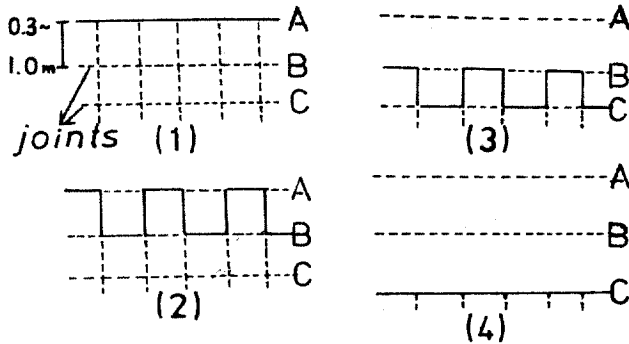


그림 2. shore platform의 變化 (모형)

A : 原 shore platform

B : 漸移 shore platform

C : 現 shore platform

shore platform上에는 pits, potholes, solution pools (또는 pan)등이 잘 발달되어 있다. 3단 파식대 後面의 段崖가 있는 곳에는 pothole이 발견되는 것이 보통이다. 특히 남서안에는 제 4단 전면에서 직경 1m, 깊이 1m에 달하는 대형 pothole이 관찰되었는데 이것이 바다 쪽으로 파괴되어 있어서 pothole의 생성에 파랑의 전진력이 강하게 작용하고 있음을 보여 주고 있다.

高潮水位와 低潮水位 사이의 노출된 기반암과 海水의 물보라가 미치지 않는 암벽에는 다양한 크기와 형태를 가지는 tafoni가 잘 관찰되는데 honey comb형의 pits가 주종을 이루고 있다 (사진 4).

일반적으로 해안에서 관찰되는 weathering pits는 wetting and drying이 교대되는 곳에서 잘 발견되며 계속해서 물에 잠기는 부분에서는 잘 형성되지 않는 것이 보통이다. 그리고 pits의 형성에는 반복되는 wetting and drying 작용과 함께 염분의 기계적 풍화작용이 중요하지만 이보다 선행해서 일어나는 해수의 화학적 풍화작용(solution 이나 hydration 등)도 강하게 작용하는 것으로 알려져 있다. 또한, 암석의 氣空, 조직(texture), 조암광물의 종류등의 암석학적 특성과의 관련되어 있음이 보고되어 있다.

본 島의 북서안 高潮水位 부근에서는 flat-floored pool이 관찰되었는데 (사진 5), 이 pool은 물이 고여있는 상태이고 주위는 암벽으로 둘러싸여 있다. 특히 바다쪽은 높은 암벽으로 막혀 있고, 그 암벽의 표면에는 honey comb형의 pits가 잘 발달하여 있다. 이 pool 주위의 낮고 얇은 암벽은 침식에 저항하여 남아 있게 된 부분으로 침식된 부분과는 광물의 造成에 차이가 있다.

3. 馬羅島

마라도는 가파도 남쪽으로 4km 정도 떨어진 북위 33°07', 동경 126°

16'에 위치한 우리나라 최남단의 섬으로 남북길이가 약 1.3km, 동서길이는 약 500m 정도인 작은 고립 도서이다 (사진 6).

本島의 기반암은 현무암질 암석으로 이루어져 있으며 절리(joint)가 잘 발달되어 있다. 본島는 독립 분화에 의하여 생성된 섬으로 판단되지만 분화구는 발견되지 않는다.

섬 북쪽의 돌출부위를 제외하면 전해안이 암석해안을 이루고 있으며 특히 북서안과 동안 및 남동안은 고도 20m 내외의 절애로 되어 있는데 이들 절애면에는 해식동굴(sea caves)들이 잘 발달하여 있다 (사진 7).

해식동굴은 파랑이 cliff의 기저부를 공격할 때 형성되는 것으로 그 기저부가 대략 평균 해수면과 일치한다. 그리고 해식동굴은 침식에 대한 저항이 약한 부분, faults와 joint등의 弱線을 따라서 이루어지는 경향을 보인다. 일단 caves가 형성된 후 그 윗부분이 무너져 내리면서 caves는 계속 확대되고 결과적으로 절애는 후퇴하게 된다. 本島에서 가장 현저한 북서안과 동안 및 남동안의 절애는 현무암의 절리발달과 관련하여 발달하고 있지만 우리나라의 양대 계절풍인 북서계절풍과 남동계절풍의 방향과도 잘 일치하고 있다.

<그림 3>은 제주도의 정밀토양도를 근거로 지형을 분류한 것으로 여기에 표시된 B地域은 해발 30m내외이고 경사는 2~7°인 평탄한 곳이다. 토양은 현무암의 풍화토로 암갈색이며 토양층은 10~20cm에 불과하고 표토 PH는 6.6이다. C地域은 고도 20m정도로서 경사가 7~15°로 B지역의 토양특성과 유사하며 대부분 초지로 덮여 있고 주택지 부근에 일부 농경지가 있을 뿐이다. E地域은 토양층이 10cm 정도이고 암반이 노출되어 있다. 본島는 토양층이 거의 流失되어 현무암의 기반이 드러나 있거나(사진 8) 토양층이 형성되어 있어도 그 두께가 0.5m 이하에 불과하다(사진 9). 이와 같은 현상은 섬 전체가 20여년 전까지만 해도 수목이 울창한 숲을 이루고 있었지만 그 후 개간을 위해 숲을 세

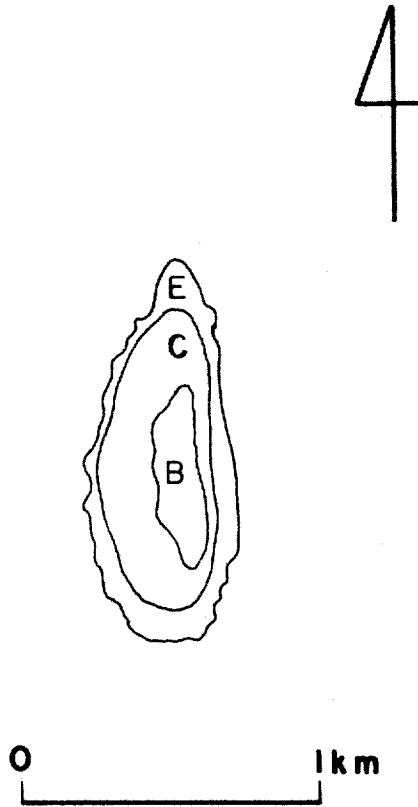


그림 3. 馬羅島의 土壤圖 (기호설명은 본문 참조)

거하고 耕地化하면서 토양침식이 진행되어 나타난 결과이다. 토양유실이 계속되자 농경지로서 가치를 상실하게 되어 현재는 이 섬에서 경작이 이루어지지 않으므로 섬의 대부분이 草地化한 狀態이다(사진 10).

本島에서는 경작을 위해 식생이 제거되었을 뿐만 아니라 기반암에 점토광물의 함유량이 높아 투수력이 낮은 현무암의 風化土가 土壤層을 이루고 있다. 따라서 빗방울에 의한 토양의 **spray erosion**이 잘 발생하고 토양이 쉽게 빗물에 의해 포화상태에 이르게 되어 地表水를 증가시

켜 강력한 토양침식을 일으킨다고 생각된다.

이 섬에서는 또한 **spheroidal Weathering**도 잘 관찰되는데, 이는 절리에 따라 침식이 우선적으로 진행되기 때문이다. 해변에서 발견되는 圓磨度가 높은 巨礫들은 대부분 이러한 과정을 통해 생성되었다.

해빈 퇴적물은 섬의 북안에만 分布하고 있으며 礫層으로 구성되어 있다(사진 10). 해빈에는 주로 **cobbles** 크기의 원력들이 있는데 비해 해빈 배후의 상당히 높은 곳까지 巨礫(**boulder**)들이 散在해 있다(사진 11). 이들 거력들은 本 현무암에 발달한 **joint**에 따른 침식에 의해 형성된 것으로 폭풍시의 파랑에너지에 의해 이동되어 간 것으로 생각된다. 또한 이들 거력들 아래에는 **sand**를 **matrix**로 하는 **cobble** 크기의 적황색의 礫層이 관찰되는데(사진 12), 이들은 舊汀線과 관계된 퇴적층일 가능성이 높은 것으로 생각된다.

shore platform은 해식단애가 비교적 완만한 북동해안과 남서해안에 주로 발달하여 있는데 특히 남서해안에는 **shore platform**의 段이 잘 발달하여 있다. 이러한 **platform**은 파랑에 의한 磨蝕力 이외에도 板狀構造를 가진 용암의 특성을 반영하여 발달하는 것으로 생각된다(사진 13, 그림 4).

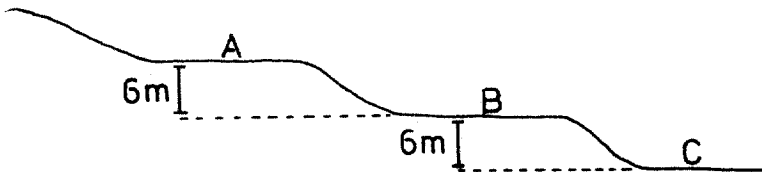


그림 4. 馬羅島의 海岸斷面(등대 남쪽 해안)

- A : 高位 古 shore platform (植生으로 피복됨)
- B : 低位 古 shore platform (植生으로 피복됨)
- C : 現 shore platform (波蝕臺)

제 3단 shore platform 上에도 potholes이 자리하고 있는데 최남단의 제 3 shore platform의 전면에 걸려있는 pothole은 그 규모가 직경 2m, 깊이 2m로 평균 저조수면과 일치하는 제 1단 shore platform의 段面보다 1m 정도 높은 곳에 형성되어 있다. 너비 50cm 정도의 해수 진입로를 따라 해수가 진입하면 직경 30cm 정도의 원력이 서서히 회전하면서 pothole 바닥을 磨蝕하게 된다.

본 島에서도 shore platform 上에는 weathering pits와 flat-floored pools (또는 pans)가 잘 형성되어 있다.

tafoni는 加波島보다 현저하며 규모가 큰 pits들이 관찰되는데 이는 本島의 현무암 氣空과 관련된 것으로 생각된다. 현무암의 氣空은 온도 변화에 상응하여 수축과 팽창을 반복하므로 이렇게 기계적 풍화가 진전되면 풍화된 debris는 구멍에 쌓이게 되고 細粒의 debris들은 水分을 더 잘 흡수하게 되어 화학작용을 촉진시켜 주므로 pits는 더욱 확대되는 것으로 판단된다.

潮間帶나 spray zone에 남겨진 水分이 바위틈(joint clefts)이나 오목지(depressions)에 모이게 되면 그와 접하게 되는 암석을 solution, hydration 등에 의해 풍화시키게 되는데 이렇게 하여 형성된 hollow는 半球狀의 형상도 이루지만, 보다 일반적인 경우에는 넓고 얇은 flat-floored pool(또는 pans)을 형성하게 된다. 이러한 pools에는 거의 계속하여 물이 채워져 있으므로 wetting and drying이 반복 작용보다는 wetting 작용이 보다 중요하다는 점, 많은 造岩鑛物이 담수에서보다도 해수(sea water)중에서 더 잘 용해된다는 점 등을 감안하여 생각한다면 flat-floored pool은 주로 화학적 풍화에서 기인된 micro feature라고 할 수 있다. 한편 이러한 solution pool이 우리나라의 남해안 일대나 제주도의 해안에서 잘 관찰된다는 사실에 주목하여 볼 때 solution pools의 형성이 기온에도 크게 영향을 받는 것으로 사료된다.

4. 요약 및 결론

1) 우리나라 최남단의 孤島인 加波島와 馬羅島는 조면암과 현무암으로 구성되어 있는데 이들 기반암에는 절리가 잘 발달되어 있으며 고도 20~30 m의 평탄한 지형을 이루고 있다.

2) 가파도에서 고도 10~20 m에 분포하고 있는 多量의 圓礫들은 舊汀線과 관련된 것으로 판단된다.

3) 가파도의 **shore platform**은 潮間帶型이 주종을 이룬다. 마라도의 **shore platform**은 5개의 고도가 相異한 段으로 구성되며 모두 舊汀線과 관련된 **wave-cut platform**이라 생각된다.

4) 마라도에는 전형적인 암석해안이 형성되어 있으며 탁월풍의 방향과 일치하는 북서안과 동안 및 남동안에는 절애와 해식동굴이 잘 발달되어 있다.

5) 마라도는 토양유실로 인하여 대부분의 경우 토양층이 0.5 m 이하로 빈약한 상태인데 이것은 식생을 제거하고 경사지로 개간한데서 기인된 것이다.

6) 가파도와 마라도의 해빈퇴적물은 북쪽 해안에 주로 분포하고 있으며 이곳에는 **shingle beach**가 발달되어 있다.

7) 가파도와 마라도에서는 球狀風化와 관련된 지형들이 관찰되는데 이들은 **blocks** 사이의 절리면을 따라 화학적 풍화가 진행되어 형성된 것이다.

8) 가파도와 마라도 해안의 암벽에는 **tafoni**가 잘 발달되어 있고 **shore platform** 상에는 **pits, potholes, pools** 등이 형성되어 있는데 이들 **micro features**는 **platform**형성에 중요한 역할을 하고 있다.

9) 가파도와 마라도의 해안에서 발견되는 **flat-floored pools**는 주로 화학적 풍화의 산물로서 남해안 일대와 제주도 등의 온난한 기후

지역에서 잘 발견되는 사실로 보아 이의 형성에는 온도조건이 중요하게 작용하는 것으로 思料된다.

< 참 고 문 헌 >

- 朴東源, 朴勝弼, 1981, “울릉도와 독도의 지형”, 한국자연보존협회 조사보고서, 제 19 호. pp. 37~59.
- Bird, E.C.F., 1969, *Coast*, M. I. T. Press, pp. 49~80.
- Guilcher, A., 1958, *Coastal and Submarine Morphology*, Methuen, pp. 27~52.
- Thornbury, W. D., 1969, *Principles of Geomorphology*, John Wiley and Sons Inc., pp. 65~67.
- Tricart, J., 1974, *Structural Geomorphology*, Longman, pp. 273 ~ 282.
- Twidale, C. R., 1976, *Analysis of Landforms*, John Wiley and Sons, pp. 203~204, pp. 373~375.

