

1987學年度 碩士學位請求論文

濟州島 SEA-STACK의
地形學的 研究

指導教授 金 周 煥

東國大學校 大學院 地理學科

張 尚 燮

1987學年度 碩士學位請求論文

濟州島 SEA-STACK의
地形學的 研究

張 尚 燮

指導教授 金 周 煥

이 論文을 碩士學位 論文으로 提出함
위 論文을 碩士學位 論文으로 認准함

1988年 7 月 日

主審_____

副審_____

副審_____

東國大學校 大學院

濟州島 SEA-STACK의 地形學的 研究

張 尙 變

< 目 次 >

I. 序 論	3. 新陽里 섭지코지海岸 Sea-stack
1. 研究目的	4. 月令里海岸 Sea-stack
2. 研究方法	5. 高山里海岸 Sea-stack
3. 研究地域의 概觀	IV. 綜合考察
II. Sea-stack 一般論	1. Sea-stack 의 規模
1. Sea-stack 의 概念	2. Sea-stack 의 位置
2. Sea-stack 의 成因	3. Sea-stack 의 形態
3. Sea-stack 의 形成因子	4. Sea-stack 의 規模·位置와 形態와의 關係
III. 研究地域의 露頭觀察	5. Sea-stack 과 節里(Joint) 와의 關係
1. 西歸浦 三梅峰 Sea-stack	V. 結 論
2. 城山浦海岸 Sea-stack	* Summary

I. 序 論

1. 研究目的

不可變的(irreversible)이며 非回復性(irre-
coverable) 이란 地形變化의 特性을 나타내는
岩石海岸地形¹⁾ 中 sea-stack 은 波蝕臺, 海岸段
丘 그리고 海蝕洞 等과 함께 海岸侵蝕地形을 構
成하는 重要한 要素 中의 하나이다. 우리 나라
의 경우 지금까지 波蝕臺, 海岸段丘 等에 關한
研究는 活潑하게 進行되어 왔으나 sea-stack 에
關한 研究는 거의 進行된 적도 없을 뿐더러 그
成因이나 發達過程조차도 단지 海蝕營力의 差別
侵蝕에 起因하는 것으로 막연하게 인식되어져
왔다.

따라서 本 研究에서는 濟州島의 岩石海岸을
따라 發達한 海岸侵蝕地形들 가운데서 sea-stack
을 對象으로 하여 그 形成營力 및 發達過程 그

리고 形態의 特性을 考察하여 sea-stack 의 地
形學的 特性을 究明하는데에 그 目的을 두었다.

2. 研究方法

本 論文은 1987年 1月과 8月 數次에 걸친
野外調査를 통해 얻어진 資料를 바탕으로 作成
되었다. 1月과 8월에 野外調査를 行한 것은
濟州島 南·北海岸을 따라 差異를 보이는 氣候
學的인 影響을 考慮한 것이다.

濟州島 岩石海岸을 따라 分布하는 sea-stack
特性은 sea-stack 의 規模, 發達位置, 形態와
이들 各要素의 相互關係를 中心으로 파악하려고
하였다. Sea-stack 의 規模는 11個의 露頭를
對象으로 最大높이와 最大幅을 測定하였고, 發
達位置는 突出部(headland) 前面, 灣入部(shel-
tered area) 內側, 波蝕臺(shore platform)
前面으로 분류하여 調査하였다.

1) 砂村繼夫, "波による岩石海岸の地形變化", 地理學評論, 48卷6號, (1975), p.395.

Sea-stack 과 地質構造와의 構造的 相關性을 究明하기 위해 11個의 sea-stack 과 82個의 joint 를 調査하였다. 露頭에서 實測된 strike 의 方向은 磁北方向이므로 이 地域에서의 磁化 偏差 6° 를 東쪽으로 移動하여 眞北으로 計算하였다. 測定된 joint 들은 露頭別로 정리하였으며 露頭에서 strike 의 分布를 알아 보기위해 joint 의 frequency distribution 및 rose diagram 을 作成하였다.

野外調査시 利用한 地形圖는 1986年 國立地理院 發行 1:25,000, 1:50,000 地形圖를 利用하였고 地質圖는 1971年 濟州島地下水調査報告書에 첨부된 1:100,000 地質圖를 參考하였다.

3. 研究地域의 概觀

濟州島는 第三期末 Pliocene 으로부터 第四期 Pleistocene 에 걸쳐 일어난 火山活動에 의하여 噴出된 알카리玄武岩으로 構成된 火山島이다. 濟州島의 地質은 第三期末 Pliocene 에 속하는 西歸浦層, 第四期 Pleistocene 에 속하는 城山層, 和順層 및 新陽里層과 같은 堆積岩層과 玄武岩, 粗面岩, 粗面岩質 安山岩 等の 火山岩類 그리고 後火山作用과 관련된 寄生火山에서 噴出된 火山碎屑物 등으로 이루어져 있다.²⁾ 濟州島의 地質系統은 Table 1 과 같다.³⁾

濟州島에서 sea-stack 이 發達한 代表的인 地域은 東海岸의 城山 日出峰海岸과 新陽里 섬지코지海岸, 西海岸의 高山里海岸, 南海岸의 西歸浦 三梅峰 앞 海岸 그리고 北西海岸의 月令里海岸 5個 地域이다 (Fig.1).

城山 日出峰海岸의 基盤岩은 淡灰色이나 黃褐色을 띠는 粗粒質 凝灰岩인 城山層이다. 이 層은 第四期 Pleistocene 에 속하며 海底堆積後 生成된 凝灰岩으로 모래와 실트가 主成分을 이

루고 있고 粗面岩塊와 玄武岩塊들이 끼여있다.⁴⁾ 城山 日出峰 北東海岸에 發達한 sea-stack 들은 모두 이 層으로 되어 있다.

城山 日出峰에서 南쪽으로 約 3km 地點에 新陽里 섬지코지海岸이 있다. 섬지코지海岸 北東端에는 表善里玄武岩을 不整合으로 덮고 있는 熔岩層이 있는데 高度 約 10~15m 정도의 海蝕斷崖上에서 갑자기 高度가 變하고 構成物質이 火山灰로 되어 있는 噴石丘의 一部 形態가 남아 있고⁵⁾ 바다에 직접 接하는 突出部(headland) 는 波蝕에 의해 sea-stack 으로 남아 있다.

西海岸의 高山里海岸과 北西海岸의 月令里海岸은 모두 Pleistocene 初期에 噴出된 表善里 玄武岩으로 構成되어 있다. 이 層은 灰色 또는 暗灰色의 多孔質岩으로서 濟州島에 있어서 五期의 火山噴出 中 第二期初에 西歸浦層의 中心部가 隆起된 以後에 布狀流出하여 東西海岸을 따라 넓은 臺地狀分布를 하고 있다.⁶⁾ 따라서 表善里 玄武岩地域에서는 sea-stack 보다는 波蝕臺가 잘 發達하는 것이 特色이며 波蝕臺가 擴大後退해 가는 過程에서 간혹 局部的으로 小規模의 sea-stack 이 形成된다.

西歸浦를 中心으로 南海岸低地帶에는 粗面安山岩이 分布하는데 露頭에서 表善里玄武岩과의 직접적인 關係를 알 수 없으나 試錐結果 西歸浦層上部에 놓인다. 특히 西歸浦海岸一帶의 粗面安山岩은 灰色 또는 淡灰色의 緻密한 岩石으로 뚜렷한 粗面岩質 組織을 나타내는 것이 特徵이다.⁷⁾ 이 層은 西歸浦 三梅峰海岸에서 高度 約 20~30m 程度의 海蝕斷崖로 나타나며 垂直的인 節理나 柱狀節理(Columnar joint) 가 치밀하게 發達하여 있어서 波蝕에 의해 빠른 海蝕後退를 하기 때문에⁸⁾ 波蝕臺보다는 sea-stack 이 잘 發達하여 있다.

濟州島의 潮汐現象을 北岸과 南岸으로 나누어

2) 元鍾寬, 濟州島의 火山岩類에 對한 岩石化學의 研究", 地質學會誌, 12卷4號, (1975), pp.207~226.

3) 閔庚德·元鍾善·黃石淵, "濟州島에 分布하는 火山岩類 및 堆積岩類에 對한 古地磁氣研究", 鑛山地質 14卷3號, (1968), pp.155~165.

4) 元鍾寬, 前掲書, pp.37~38.

5) 吳南三, "濟州島 城山浦-新陽里의 海岸地形研究", 高麗大學校 教育大學院 卒業論文, (1980), p.10.

6) 金鳳均, 前掲書, pp.106~109.

7) 閔庚德·元鍾善·黃石淵, 前掲書, p.155.

8) 朴東源·吳南三, "濟州島 波蝕臺에 대한 地形學의 研究", 地理學論叢, 第8號, (1981), p.2.

Table 1. 濟州島의 地質系統 (The stratigraphic succession of principal Volcanic and Sedimentary units in Cheju Island)³⁾

Holocene		噴石丘堆積物	Groups of small basalt cone
Pleistocene	5th stage	白塵漂玄武岩	Baegrogdem basalt
	4th stage	漢拏山粗面岩	Hallasan trachyte
		漢拏山玄武岩	Hallasan basalt
		城板岳玄武岩	Seongpanak basalt
		始興里玄武岩	Sihungri basalt
	3rd stage	法井里粗面安山岩	Beobjeongri mugearite
		下孝里玄武岩	Hahyori basalt
		水望里玄武岩	Sumangri basalt
		濟州玄武岩	Cheju basalt
		新陽里層 ~ 不整合 ~	Sinyangri Fm (Unconf)
2nd stage	山房山粗面岩	Sanbangsan trachyte	
	中文粗面岩	Jungmun Hawaiiite	
	城山層	Seong san Fm	
	和順層	Hwasun Fm	
	西歸浦粗面岩 ~ 不整合 ~	Seoguiipo hawaiiite (Unconf)	
	表善里玄武岩 ~ 不整合 ~	Pyoseonri basalt (Unconf)	
	西歸浦層 ~ 不整合 ~	Seoguiipo Fm (Unconf)	
Pliocene	Ist stage	基底玄武岩	Basal basalt

살펴보면 北岸은 最大滿潮가 7月과 8月에 2.8 m, 그리고 南岸은 6月과 7月에 3.1m 程度로서 南岸이 約 0.3m 程度 높다. 따라서 本島는 Davis의 分類에 따르면⁹⁾ 低潮差에 너지環境 (microtidal energy environment) 下의 海岸에 해당하며 北岸은 8~14分을 周期로 하는 海面의 昇降이 있으며 그 昇降은 0.4m를 넘는 수가 있기 때문에 干滿潮差에 의한 波蝕의 地域差를 識別할 수는 없다.¹⁰⁾

本島의 波浪現象을 보면 Fig. 2에서 보는 바와 같이 平均波高는 南岸이 北岸보다 約 8cm程

度 높으나 波蝕에 직접적인 影響을 미칠 것으로 豫象되는 最高波와 1/10波¹¹⁾의 平均波高는 北岸이 南岸보다 各各 0.29m, 0.22m 더 높다. (Table 2, Fig.3) 季節的 波高를 보면 北岸은 北西風이 강하게 부는 1月에, 南岸은 颶風에 의한 海溢이 있을 때인 8月에 높게 나타난다. 波向別 出現頻度를 보면 北岸은 北西波(NW波)가 58%, 北東波(NE波) 40%, 北波(N波) 2%로서 北西波와 北東波가 卓越하고 冬季에 出現頻度가 높다. 南岸은 南東波(SE波)가 52%, 南西波 48%로서 南東波는 主로 夏

9) J.L.Davis, Geographical variation in coastal development, Longman, (1980), p.51.

10) 水路局, 潮汐表, 1986.

朴東源·吳南三, 前掲書, p.2.

11) 波高計測資料中에서 上位 10%에 해당하는 最大波高의 平均値

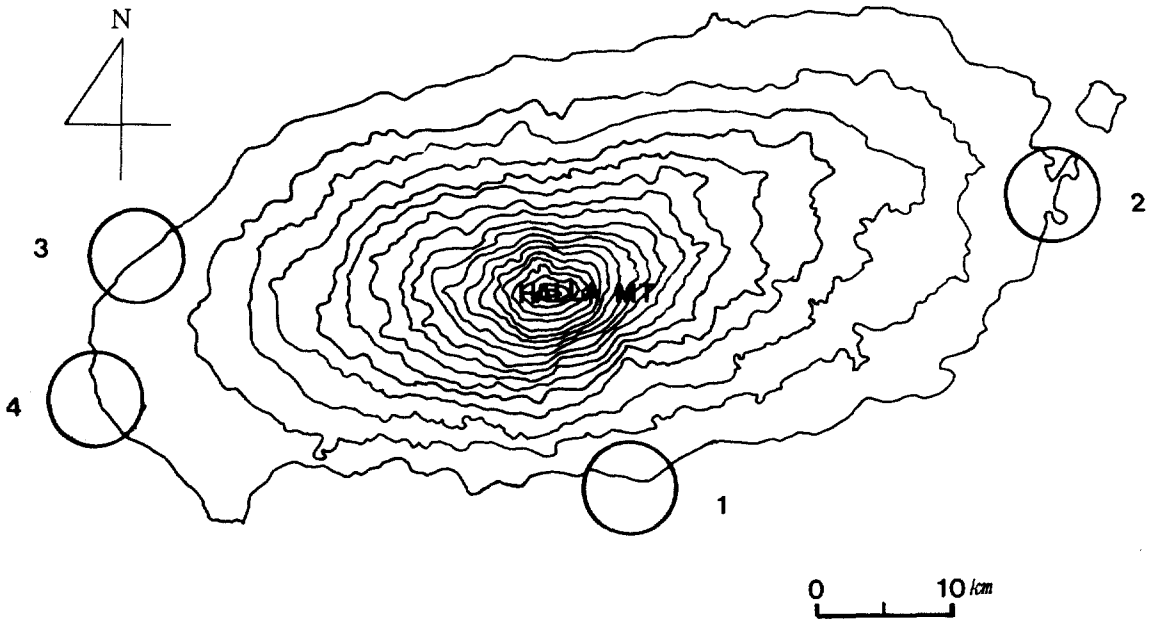


Fig 1. 研究地域의 位置

1. 西歸浦 三梅峰海岸 2. 城山浦 및 新陽里海岸
 3. 月令里海岸 4. 高山里海岸

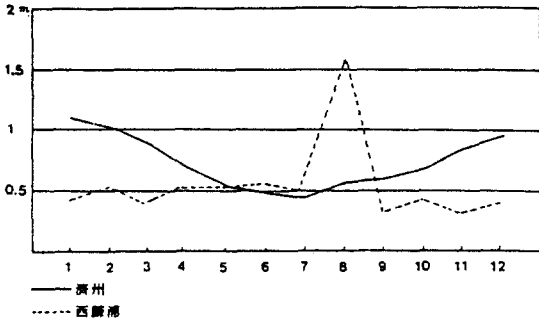


Fig 2. 月平均 波高
 (85,86 2年間 平均值)

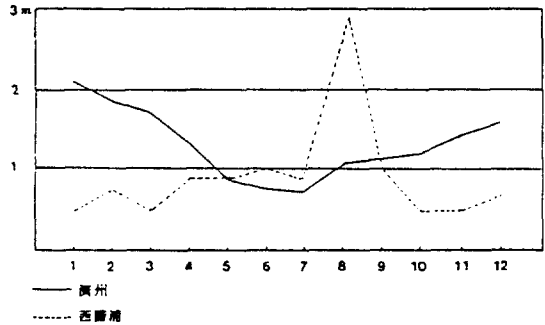


Fig 3. 1/10 波의 月平均 波高
 (85,86 2年間 平均值)

區分 地域	最高波	1/10 波	비 고
濟州	1.67	1.29	
西歸浦	1.38	1.07	

Table 2. 最高波, 1/10 波의 波高平均
 (85,86 2年間 平均值)

季에, 南西波는 冬季에 出現頻度가 높다.¹²⁾

끝으로 本 論文이 나오기까지 아낌없이 指導,
 激勵해 주신 金 周煥教授님께 깊은 감사를 드
 린다.

12) 海運港灣廳, 波浪統計表, (1985, 1986).

II. Sea-stack 一般論

1. Sea-stack의 概念

陸地와 바다가 접하는 곳에서 陸地的 機構와 海洋的 機構의 影響下에 形成되는 海岸地形¹³⁾ 中 波蝕에 의해 海蝕崖가 後退할 때 또는 波蝕臺가 확대될 때 差別侵蝕이 發生하여 硬岩部는 작은 突出部로서 바다에 남게 되거나 海岸에서 가까운 얕은 바다나 波蝕臺上에 작은 바위섬으로 남게 되는데 이와 같은 海蝕微地形을 sea-stack이라 한다.¹⁴⁾

Stack이란 用語는 Scandinavia Faeroe 섬의 方言 stakkur에서 由來하며 그 意味는 ‘굴뚝模樣의 바위섬’이란 뜻이다.¹⁵⁾ 우리 나라에서는 金相昊(1963)가 海蝕丘¹⁶⁾라는 用語로 使用하기도 하였는데 이와 같은 用語의 意味는 成因과는 無關하게 形態的인 觀點에서 使用되었다. 때때로 stack은 pillars, chimney rocks, chimneys, columns, needles, islands 등의 用語로 使用되기도 한다.¹⁷⁾

本 論文에서는 成因이나 規模에 關係없이 語源本來的 뜻을 살려서 海蝕崖나 突出部(headland)로부터 分離된 ‘孤立된 海蝕岩塊’로 간단히 形態的인 定義를 내리고 次後부터 sea-stack이란 用語로 使用하기로 한다.

2. Sea-stack의 成因

波蝕臺, 海蝕洞, sea-arch, 그리고 sea-stack과 같은 莊嚴한 海蝕地形들은 原來 形成되기가 드물고 一般的으로 岩石의 特性이나 地質構造 등과 같은 地形形成因子가 集中·發達해 있고 波浪 energy가 높은 岩石海岸에 局限된다.¹⁸⁾ 이와 같은 海蝕地形들은 突出部(headland)나 海蝕崖의 後退에 따른 差別侵蝕의 殘在로서 남게 되는데 여기에는 差別侵蝕作用뿐만 아니라 다

양한 復合的인 營力이 作用하게 된다. 따라서 sea-stack의 成因을 單一假說로는 說明할 수 없으며 多樣한 成因의 可能性을 考慮해야만 한다.

Sea-stack의 主된 形成營力은 突出部(headland)와 灣入部(sheltered area)에서 發生하는 波浪의 侵蝕作用이다. 岩石海岸의 基底部에서 發生하는 代表的인 波浪의 侵蝕營力은 磨蝕作用(abrasion), 掘蝕作用(quarrying) 그리고 溶蝕作用(Corrosion) 등을 들 수가 있다.¹⁹⁾ 이 中에서 磨蝕作用과 掘蝕作用은 sea-stack을 形成·發達시키는 1次的인 海蝕營力으로 생각되며 모래나 礫 등과 같은 磨蝕機構(abrasion tool)가 풍부한 海岸에서는 磨蝕作用이 活潑하게 일어나고, 그렇지 않은 海岸에서는 波浪이 岩石에 부딪치므로써 發生하는 水壓作用에 의한 掘蝕作用이 活潑하게 일어난다.²⁰⁾ 磨蝕과 掘蝕作用과 같은 波蝕作用은 主로 海蝕崖의 基底部에서 發生한다. 一般的으로 sea-stack은 바다쪽으로 길게 뻗은 突出部(headland)附近에 잘 發達하는 것으로 알려져 있다. 波浪은 海岸으로 接近할 때 突出部附近에서 屈折現象(refraction)을 일으키기 때문에 突出部에는 波浪의 막대한 energy가 集中되어 波蝕作用이 활발하게 일어난다. 이와 같은 侵蝕過程에서 突出部가 後退하는 도중에 突出部の 양쪽 側面에서 發生하는 磨蝕과 掘蝕의 差別侵蝕에 의해 sea-stack이 形成되는 것이다.²¹⁾ 또한 局部的인 斷層이나 隆起 등과 같은 地殼變動으로 形成된 海岸의 灣入部나 弱線 또는 軟層에 集中되는 波浪의 侵蝕에 의해 확대되는 小規模의 灣入部 等에도 sea-stack이 形成되는 경우가 있다. 一般的으로 突出部에는 波浪侵蝕 energy가 集中되는 反面에 灣入部內에서는 波浪侵蝕 energy가 分散된다. 分散된 波浪 energy는 灣入部內에서 海岸線에 平行하게 흐르는 沿岸流(long-shore current)를 發生시킨다. 비록 屈折現象에 의해 突出部に 集中되는 波蝕作用

13) C. A. M. King, Beaches and Coasts, Edward Anorld, London 2nd, (1972), pp.1 ~ 36.

14) 權赫在, 地形學原論, 法文社, (1978), p.199.

15) R. W. Fairbridge, The encyclopedia of Geomorphology, Reinhold Book Corporation, (1986), p.1044.

16) 金相昊, “濟州島의 自然地理”, 地理學 第一號, (1963), p.8.

17) W. D. Thornbury, Principles of geomorphology, John Willey & Sons. inc, (1969), p.430).

보다 弱하다 할지라도 灣入部内の surge channel 에 따라 發生하는 沿岸流는 灣入을 더욱 더 확대시키고 이같은 過程에서 灣入部内の 局部的인 突出部는 sea-stack 으로 形成되는 것이다.²²⁾

이와 같이 突出部나 灣入部內에서 發生하는 波浪의 侵蝕作用, 即 磨蝕作用과 掘蝕作用은 sea-stack 의 形成과 發達過程에 重要的인 역할을 한다. 特히 짧은 期間동안에 發生하는 巨波(storm wave)에 의한 磨蝕과 掘蝕의 侵蝕力은 日常的인 波浪이 한달內에 일으키는 侵蝕보다도 sea-stack 의 形成에 보다 效果的인 結果를 나타내기도 한다.²³⁾

Sea-stack 의 形成과 發達過程에 間接的인 影響을 미치는 2次的인 營力으로는 地上風化作用(subaerial weathering)을 들 수가 있다. 一般的으로 前述한 海蝕營力은 주로 海蝕崖의 基部(cliff foot)에서 發生하지만 地上風化作用은 比較的 高度가 높은 海蝕崖斜面(cliff face)이나 海蝕崖上部(cliff top)에서 잘 發生한다.²⁴⁾ 이같은 地上風化作用에는 서릿발作用(frost action), salt weathering, 水面層風化(Water layer weathering), mass movement 등이 있다.

岩石海岸에서의 서릿발作用(frost action)은 주로 降水나 融氷水의 供給에 따른 水分의 凍結과 融解의 反復에 의해 岩石이 파괴되는 作用이다. 서릿발作用은 空隙이 커서 透水性이 좋은 岩石이 分布하는 地域에서 잘 發生하며, 이러한 서릿발作用은 海岸地域에서는 鹽分의 存在

로 因해 效果的인 侵蝕力을 발휘하지 못하는 경우가 있다. 왜냐하면 鹽分은 氷點溫度를 낮추는 作用을 하기 때문이다.²⁵⁾ Salt weathering은 岩石의 特定部分에 集積된 鹽類가 岩石을 파괴시키는 作用인데 鹽類와 岩石과의 熱膨脹率差異에서 오는 壓力, 鹽結晶의 成長에 의한 壓力, 그리고 水化作用에 의한 壓力의 增加 等에 의해서 發生한다.²⁶⁾ 水面層風化作用(water layer weathering)은 海水에 의해 交替的인 乾濕作用이 反復됨으로써 岩石이 파괴되는 現象이다.²⁷⁾ 潮間帶에서 岩石表面은 濕潤·乾燥狀態를 反復하기 때문에 岩石의 表面에는 吸水膨脹·脱水收縮에 따른 壓力差異에 의해 多數의 龜裂이나 節理가 생겨나 岩石은 쉽게 파괴되어진다.²⁸⁾

以上과 같은 地上風化作用(subaerial weathering)에 의하여 海蝕崖斜面이나 海蝕崖上部에서는 talus, rock fall과 같은 mass movement 現象이 發生하여 sea-stack 의 形成과 發達에 間接的인 影響을 미치기도 한다. 突出部の 양쪽 側面에는 波蝕에 의해 海蝕洞이 形成되고 계속해서 波蝕이 加해지면 2개의 海蝕洞은 서로 連結되어 sea-arch 가 形成된다.²⁹⁾ 波蝕의 影響이 미치지 않는 sea-arch 의 上部에서는 서릿발作用(frost action), salt weathering, 水面層風化(water layer weathering)의 侵蝕作用과 이에 따른 mass movement 現象에 의하여 sea-arch 는 陷沒되어 결국 sea-stack 으로 남게 되는 것이다.

18) J. L. Davis, op. cit., p.84.

19) C. A. M. King, op. cit., p.451.

20) L. A. Robinson, "Marine erosive processes at the cliff foot", Marine Geology v.23, (1977), p.262.

21) W. D. Thornbury, op. cit., p.430.

22) F. P. Shepard & G. G. Kuhn, "History of sea archs and remnant stacks of La Jolla, California, and their bearing on similar features elsewhere", Marine Geology v.51(1983), p.161.

23) W. D. Thornbury, op. cit., pp.424~425.

24) L. A. Robinson, op. cit., p.257.

25) A. S. Trenhaile, "The shore platforms of Gaspé, Quebec", Annals. Assoc. Amer. Geogr v.68,(1978), p.99.

26) 金周煥, 花崗岩風化的 問題와 salt weathering 現象", 東國地理 第一號, (1980), p.5.

27) J. L. Davis, op. cit., pp.81~83.

28) 鈴木隆介·高橋健一·砂村繼夫·寺田 稔, "三浦半島荒崎海岸の波蝕棚にみられる洗濯板起伏の形成について, 地理學評論 第43卷, (1970), p.216.

29) F. P. Shepard & G. G. Kuhn, op. cit., pp.217~218.

3. Sea-stack의 形成因子

Sea-stack의 發達과 形成을 左右하는 地質學的인 因子로는 岩石의 特性(lithology), 地質構造(geological structure) 그리고 成層面의 特性(bedding plane attitude) 등을 들 수 있다.³⁰⁾

岩石海岸에서 거의 모든 突出部(headland)는 周邊의 모든 岩石들보다도 海蝕에 對한 抵抗力이 強한 岩石들로 構成되어 있다. 波蝕作用에 의하여 突出部(headland)가 後退하는 도중에 sea-stack의 形成與否는 岩石內의 組織(texture), 強度(hardness) 등과 같은 岩石의 特性(lithology)에 左右된다고 할 수 있다.³¹⁾

그러나 모든 海岸地域이 同一岩石으로 構成되어 있다면 sea-stack의 形成과 發達は 岩石의 特性에 의해서라기보다는 構造的 因子(structural factor)에 左右된다고 할 수 있다. 斷層, 節理, 그리고 fracture와 같은 構造的 因子는 侵蝕營力의 發生뿐만 아니라 進行方向에서도 重要的 影響을 미치기도 한다.³²⁾ 특히 節理의 密度, 方向, 配列狀態 그리고 間隔 등은 岩石海岸에서 sea-stack과 같은 海蝕微地形의 形成과 發達에 직접적인 影響을 미치는 波浪의 侵蝕作用과 간접적인 影響을 미치는 地上風化作用의 發生에 重要的 役割을 하기도 하고 sea-stack의 細部的인 形態를 左右하는 形成因子이기도 하다.³³⁾

層序的 因子(stratigraphic factor)에 있어서 成層의 傾斜方向은 sea-arch 및 sea-stack의 發達에 重要的 影響을 미친다. 成層面의 傾斜가 陸地方向의 傾斜(landward dipping) 또는 水平方向의 傾斜를 나타내는 岩石海岸에서는 거의 垂直의이고 高度가 높은 海蝕崖가 發達하고

또한 海蝕崖의 後退過程에서 sea-arch, 波蝕臺 그리고 sea-stack 등이 形成되기도 한다.³⁴⁾ 바다方向의 傾斜(seaward dipping)를 나타내는 海岸에서는 傾斜가 30° 內外로 아주 완만한 그리고 基底部가 concave型, 上部가 比較的convex한 形態의 海蝕崖가 發達하고 海蝕이 急速度로 進行되기 때문에³⁵⁾ 一般의으로 sea-stack 보다는 波蝕臺가 잘 發達한다. 또한 成層面의 特性은 抵抗力이 弱한 軟層의 侵蝕에 影響을 끼칠 뿐만 아니라 landslide, rock fall, talus와 같은 mass movement의 發生에도 影響을 미치기도 한다.

이와 같이 sea-stack의 形成과 發達過程 그리고 形態의 特性을 究明하는데 있어서 모든 侵蝕營力의 分析뿐만 아니라 岩石의 特性, 地質構造的 因子, 成層面의 特性 등과 같은 여러가지 形成因子들을 考慮하지 않으면 안된다.

Ⅲ. 研究地域의 露頭觀察

1. 西歸浦 三梅峰 Sea-stack

西歸浦海岸一帶는 北岸의 濟州市海岸보다 約 20m程度 더 높게 隆起한 것으로 알려져 있는데³⁶⁾ 西歸浦 三梅峰앞 海岸에는 隆起現象에 따른 海蝕의 進전으로 크고 작은 灣入部가 形成되어 있다. 이곳에 多數의 sea-stack微地形이 發達·分布하고 있는데 이것은 三梅峰海岸의 地質과 깊은 關係가 있다. 이곳의 地質은 粗面岩質 安山岩으로 構成되어 있어 海蝕에 對한 抵抗力이 弱하고 柱狀節理(columna joint) 또는 垂直的인 節理가 發達해 있어 빠른 海蝕後退를 보이고 있으며 隆起現象에 의하여 高度 約 15

- 30) J.V.Byrne, "An erosional classification for the northern Oregon coast", Assoc. Am. Geogr. Am v.54, p.330.
31) J.V.Byrne, op.cit., pp.330 ~ 331.
32) F.P.Alstein, Introduction to geomorphology, Methuen & Co., Ltd, (1971), p.95.
33) J.V.Byrne, op.cit., p.331.
34) N.C.Flemming, "Form and relation to present sea level of pleistocene marine erosion features", Journal of Geology v.73, (1965), p.805.
35) J.A.Steers, Applied coastal geomorphology, The M. I. T. press, (1971), pp.99 ~ 108.
36) 姜相培, "濟州島 兩·北斜面地形의 比較研究", 建國大碩士學位請求論文, (1979), pp.24 ~ 25.



Fig.4. Sea-stack (西歸浦 三梅峰 - A)



Fig 5.Sea-stack(西歸浦 三梅峰-B)

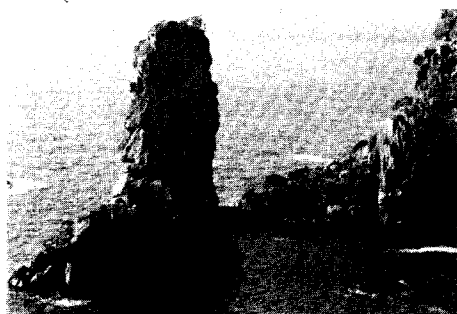


Fig 6. Sea-stack (西歸浦 三梅峰 - C)



Fig 7. Sea-stack (城山浦)



Fig.8. Sea-stack (新陽里)

~ 20m의 높은 斷崖가 形成되어 있어 波蝕臺와 sea-stack들이 잘 發達하여 있다. 本 海岸에 發達해 있는 sea-stack들은 波浪의 前進energy가 集中되는 突出部(headland)附近에 形成되어 있기 보다는 灣入部內의 外側에 形成·發達하여 있는 것이 特色이다.

Fig.4의 sea-stack은 높이가 約 9~10m, 幅 25~28 m정도로서 길게 橫軸으로 發達하여 있고 背後海蝕崖와 平行을 이루며 發達하여 있다. 이와 같은 事實은 灣入部內에 形成되는 sea-stack은 1次的으로 灣入部와 거의 平行으로 흐르는 沿岸流(longshore current)의 surge channel에 따라 일어나는 波浪의 侵蝕作用에 起因한다는 것을 잘 立證해 주고 있다. 露頭의 表面에는 交代的인 乾濕作用에 따른 吸水膨脹·乾燥收縮現象에 의하여 形成된 것으로 보이는 一種의 風化節理³⁷⁾가 發達해 있어 波浪의 磨蝕作用과 掘蝕作用에 의해 쉽게 侵蝕받고 있다. 그리고 sea-stack 露頭의 上部에는 대략 N 12° E 方向으로 節理들이 發達하여 있어 이들 節理面을 따라 깊은 溝(furrow)들이 形成되어 있는데 약간의 植生被服이 있는 것으로 미루어 보아 이같은 微地形들은 夏季의 颱風環境時에 巨波(storm wave)의 發生에 따른 海水의 撒水作用(water spray)이나 gully flow에 의해 形成된 것으로 보이며 이같은 結果로 露頭의 高度가 점차 低下되고 있다. 그리고 露頭의 南西部分은 節理面을 따라 block形態로 岩塊가 떨어져 나간 흔적이 보이는데 이것은 巨波(storm wave)에 의한 掘蝕作用이 作用한 것으로 보인다.

Fig.5의 sea-stack 露頭는 높이 12~13m, 幅 27~35 m정도의 露頭로 灣入部內에 發達하는 sea-stack의 發達過程을 잘 觀察할 수 있는 좋은 露頭이다. 露頭의 오른쪽部分을 보면 왼쪽보다 훨씬 高度가 낮는데 이것은 高度가 높은 왼쪽部分에 植生被服이 두드러진 점으로 보아

夏季의 颱風環境下의 巨波에 의해 侵蝕된 것으로 보이고, 또한 露頭의 基底部에 發達해 있는 水平의 節理面을 따라 磨蝕과 掘蝕作用을 받은 흔적이 뚜렷한데 이것은 日常的인 波浪環境下에서 沿岸流(longshore current)에 의한 波蝕作用으로 背後海蝕崖와 分離되는 過程에 있다는 것을 잘 나타내주고 있다. 露頭의 上部에는 salt weathering에 의한 岩石의 파괴, 節理面에 따른 凍結과 融解의 反復에 의한 서릿발作用(frost action), 그리고 植生에 의한 파괴作用 등의 흔적을 볼 수가 있는데 sea-stack의 發達過程에 있어서 地上風化作用(subaerial weathering)이 어느정도 영향을 미치고 있다는 것을 보여 주고 있다.

이곳에서 西쪽으로 約 200 m 떨어진 海蝕崖 前面에는 突出部(headland)가 差別侵蝕을 받아 形成된 典型的인 sea-stack이 分布하고 있다. Fig.6은 높이 約 20 m, 幅 10 m로서 굴곡模樣의 典型的인 sea-stack 露頭이다. 露頭와 分離된 背後海蝕崖斜面에는 垂直的이고 緻密한 柱狀節理(columnar joint)가 發達해 있어 이곳에 波浪의 屈折(refraction)에 의한 侵蝕energy가 集中되어 突出部(headland)가 sea-stack으로 分離된 것이다. 露頭의 形態를 보면 거의 垂直的인 圓錐模樣의 形態를 나타내고 있는데 이것은 突出部(headland)가 後退하는 過程에서 基底部에서 發生하는 波浪의 侵蝕率과 突出部上部 및 斜面에서 發生하는 地上風化作用(subaerial weathering)의 侵蝕率이 거의 同一해서³⁸⁾ 거의 똑같은 速度로 後退를 한 것과 垂直的인 節理와 柱狀節理가 緻密하게 發達해 있는 것에 起因한다. 그리고 이 sea-stack 露頭의 形成營力을 보면 背後海蝕崖基底部에 波浪의 水壓作用에 쉽게 침식당하는 柱狀節理가 發達해 있고 모래나 礫과 같은 磨蝕機構가 貧弱한 점으로 보아 磨蝕作用보다는 주로 掘蝕作用이 作用한 것으로 보인다.³⁹⁾

37) 鈴木隆介·高稿健一·砂村繼夫·寺田 稔, 前掲書, pp.218~219. 여기서 “風化節理”란 水面層風化作用(Water layer weathering)에 의해 생긴 微細한 틈이나 fracture를 의미함.

38) K.W.Butzer, Geomorphology from the earth, Harper International Edition, (1976), p.234.

39) J.L.Davis, op. cit., p.78.

39) 李文遠, 濟州島의 海岸地帶에 分布하는 堆積岩에 關한 研究”, 濟州大學校 論文集 8輯, (1976), p.26.

2. 城山浦海岸 Sea-stack

城山浦 日出峰을 中心으로 北西쪽 海岸에는 日出峰噴火口가 噴出할 때에 일어난 小規模의 褶曲과 2~3個의 斷層을 볼 수가 있고, 日出峰斷崖 5m以上の 곳에 海蝕洞이 있는 것으로 보아 日出峰一帶의 地盤이 隆起한 것을 알 수 있다.⁴⁰⁾ 이와 같이 日出峰 北西쪽 海岸에는 日出峰噴火口 隆起時에 形成된 地質構造線을 따라 海蝕에 의해 發達한 小規模의 灣入部內에 2~3個의 sea-stack들이 形成되어 있다. Sea-stack들은 灰色, 黃褐色 또는 暗灰色을 띠는 粒立質의 凝灰岩인 城山層과 이를 被服하고 있는 약간의 城山岩으로 構成되어 있다.

Fig.7에서 sea-stack과 分離된 突出部(headland)는 대략 N 18° E 方向의 走向을 이루고 있어 波浪의 接近方向과 거의 直角을 이루고 있다. 大體로 이곳에 發達한 sea-stack들은 突出部(headland)와 거의 直角方向으로 接近해 오는 波浪의 侵蝕作用과 灣入部內에서 發生하는 沿岸流(longshore current)에 의한 波蝕作用으로 形成된 것으로 보인다. 즉 Fig.7에서 波浪이 직접 공격하는 sea-stack 露頭와 突出部(headland) 外側에는 모래나 礫과 같은 磨蝕機構(abrasion tool)가 貧弱하고 水深이 매우 깊은 점으로 보아 波浪의 掘蝕作用이 主된 營力으로 作用했고, 灣入部內側에 面해 있는 露頭와 突出部(headland) 基底部에 모래와 小礫과 같은 磨蝕機構가 被服된 점으로 보아 灣入部에서 잘 發生하는 沿岸流(longshore current)의 磨蝕作用에 의해 形成된 것이다. 그런데 sea-stack과 背後突出部の 基底部에는 波浪의 侵蝕作用으로 떨어진 岩塊와 巨礫들이 쌓여 있으며 岩塊는 幅이 約 5~8 m에 달하고 떨어진 狀態 그대로의 角礫들이다. 이같은 岩塊와 巨礫들은 보통의 日常的인 波浪環境下에서는 形成되기가 드물기 때문에 Fig.7의 sea-stack들은 主로 夏季에 發生하는 熱帶移動性 低氣壓인 颶風에 의한 巨波(storm wave)의 영향으로 形成된 것임을 알 수가 있다.

Sea-stack 露頭와 背後突出部の 上部에는 節理面을 따라 salt weathering에 의한 벌집型 tafoni(honeycomb weathering tafoni)가 發達하여 있고 背後突出部斜面에는 節理面에 따른 波浪의 侵蝕으로 幅約 3~4 m의 sea-arch가 形成되어 있는 있는 점으로 보아 sea-stack과 突出部가 分離된 지점은 節理가 매우 稠密하게 發達해 있었던 것을 알 수가 있고 또한 sea-stack의 發達過程에 節理와 같은 形成因子가 얼마나 重要한 役割을 하였는지를 알 수가 있다.

3. 新陽里 섬지코지海岸 Sea-stack

城山浦 日出峰에서 南쪽으로 約 4 km 떨어진 新陽里에는 陸繫島(land-tied island)에 속하는 섬지코지海岸이 있다. 섬지코지海岸의 地質은 表善里玄武岩, 城山層, 新陽里層, 新陽里噴石丘 등으로 區分된다. 本 섬지코지海岸에는 粗面岩層은 나타나지 않고 表善里玄武岩위에 新陽里層이나 城山層이 직접 連接되어 있으며 섬지코지海岸 東쪽의 突出部(headland) 附近에는 表善里玄武岩이 직접 바다에 露出되어 있다.⁴¹⁾ 그리고 섬지코지海岸 東南端에는 2個의 噴石丘가 있는데 바다에 직접 面해 있어서 原地形을 識別할 수 없을 만큼 海蝕에 의해 파괴되어 있다.

本 海岸의 sea-stack들은 噴石丘가 海蝕에 의해 planeze 段階로 開拓되어가는 過程에서 形成된 것 들이다. Fig. 8의 sea-stack들은 約 15~17 m의 高度를 나타내는 熔岩層으로 된 海蝕斷崖上에 이루어진 噴石丘가 海蝕에 의해 後退하는 도중에 形成된 것이다. 바다에 직접 連接해 있는 噴石丘는 突出部(headland)의 役割을 하고 있어서 이곳에 波浪의 屈折現象(refraction)에 의한 波蝕energy가 集中되어 平行·後退하는 過程에 噴石丘 양쪽 側面에 發達한 節理面이나 成層面과 같은 弱線에 差別侵蝕이 일어나 sea-stack들이 形成된 것이다.⁴²⁾

Fig.8를 보면 噴石丘와 sea-stack의 基底部에 모래와 礫과 같은 磨蝕機構가 貧弱하고 幅 1~7 m에 달하는 巨礫과 岩塊들이 散在해 있는

41) 金鳳均, 前掲書, pp.103~121.

42) F. P. Shepard & G. G. Kunn, op. cit., p.184.

것으로 보아 巨没 (storm wave)에 의한 掘蝕作用 (quarrying)이 sea-stack發達過程에 주된 營力으로 作用한 것을 알 수 있다. 그리고 噴石丘斜面 곳곳에는 talus 現象을 볼 수가 있는데 地上風化作用에 따른 mass movement 現象도 sea-stack이 背後海蝕崖와 分離될 때 어느 정도 영향을 미친 것으로 보인다.

이곳에 發達해 있는 sea-stack 露頭는 모두 4 個이고 規模를 보면 높이는 約 7~15 m, 幅은 約 8~17 m 정도이며 形態는 거의 圓錐模樣을 하고 있다.

4. 月令里海岸의 Sea-stack

濟州島 北西海岸에 位置하는 月令里海岸의 地質은 灰色 내지 暗灰色을 띠는 多孔質岩石인 表善里玄武岩이다. 이 表善里玄武岩은 初期에 西歸浦層의 中心部가 陸起된 후에 布狀流出하여 本島 全地域의 基底를 形成하고 있고 海岸을 따라 發達해 있는 濟州島 波蝕臺의 代表的인 基盤岩이기도 하다.⁴³⁾

月令里海岸에는 表善里玄武岩으로 된 波蝕臺가 넓게 形成되어 있고 이 波蝕臺가 확대·후퇴해 가는 過程에서 形成된 sea-stack이 分布하고 있으며 이곳에서 서쪽으로 約 800 m 떨어진 海岸에는 3~4 m의 高度를 갖는 海蝕斷崖와 分離되고 있는 sea-stack 露頭들이 分布하고 있다.

Fig.9의 露頭는 月令里海岸에 發達한 가장 代表的인 波蝕臺로서 길이 約 90 m, 幅 約 22 m 程度의 規模를 나타내고 Bird (1968)의 分類基準에 의하면 高湖位波蝕臺 (high tide shore platform)에 해당된다.⁴⁴⁾ 波蝕臺의 傾斜는 陸地에서 바다쪽으로 1°~2° 정도 기울어져 있으며 發達方向은 주로 北西方向이다. 波蝕臺上에 陸地에서 바다쪽을 향해 大略 垂直方向으로 節理가 發達해 있어 이들 節理面을 따라 波蝕이 加해지고 또한 海水의 交代的인 乾濕作用이 反

復됨에 따라 發生하는 水面層風化作用 (Water layer weathering) 등의 結果로 이 波蝕臺가 形成된 것으로 보인다.⁴⁵⁾

Fig.10은 波蝕臺의 확대·후퇴과정에서 形成된 典型的인 sea-stack 露頭이다. sea-stack 露頭와 分離된 波蝕臺末端部와 境界面을 보면 수 많은 垂直的인 節理가 發達하여 있어 이 節理面을 따라 岩塊들이 떨어져 나간 흔적을 볼 수가 있고 (Fig.10-1) 周邊에 모래나 礫들이 거의 없는 점, 그리고 露頭表面에 굴, 따개비, 섭조개류 등이 없는 점으로 미루어 보아 波浪의 掘蝕作用이 磨蝕作用보다 더 強力한 侵蝕力을 發揮한 것을 알 수 있다.

Sea-stack의 規模를 보면 높이가 約 1.5 m 内外, 幅 16~18 m 程度로서 背後波蝕臺와 同一한 高度와 幅을 나타내고 있다. 形態面에서도 평평한 卓狀처럼 거의 평탄해서 背後波蝕臺와 類似性を 나타내고 있다. 現在 이곳에 發達한 sea-stack이나 波蝕臺는 波蝕에 의하여 점차 破壞되는 段階에 있다.

이곳에서 北西쪽 約 800 m 지점에는 高度 3~4 m 程度의 斷崖가 發達하여 있는데 sea-stack이 背後의 海蝕斷崖와 分離되는 過程을 明確하게 알 수 있는 몇 개의 露頭가 觀察된다. Fig.11은 높이 約 1.8 m, 幅 18 m 程度로서 아직 斷崖와 分離되지 않은 狀態의 sea-stack 露頭이다. 露頭와 斷崖의 基底部에는 모래와 小礫들이 쌓여 있고 이와 같은 磨蝕機構에 의해 계속해서 波蝕이 加해진 흔적들이 있는 것으로 보아 波浪의 掘蝕作用보다는 磨蝕作用이 活發하게 作用하고 있다는 것을 알 수가 있다. 露頭的 왼쪽부분을 보면 高度가 훨씬 낮는데 이곳에서 波浪의 侵蝕作用에 의해 形成된 微地形인 pothole이 있다. Fig.11-1의 pothole은 깊이 約 1.5 m, 直徑 約 1.7 m로서 cylinder型의 海蝕微地形이다. 이와 같은 cylinder型의 pothole은 板狀節理 (sheeting joint)나 多數의 平行하는 節理의 密度가 稠密한 곳에

43) 朴東源·吳南三, 前掲書, p.2.

44) J. L. Davis, op. cit., pp. 95~96.

45) 崔成吉, "珍島內灣地域 Shore platform의 形態와 發達過程에 關한 研究", 地理學 第31號, (1985), pp. 28~29.

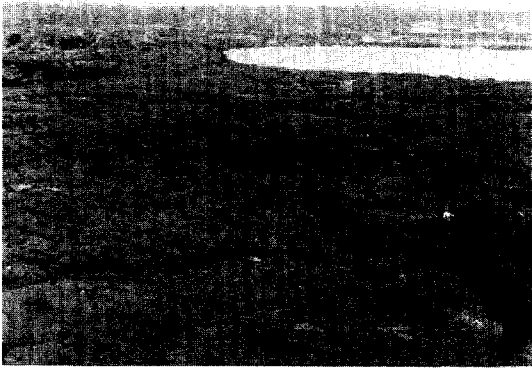


Fig. 9. Shore platform (月令里)



Fig 10. Sea-stack (月令里)

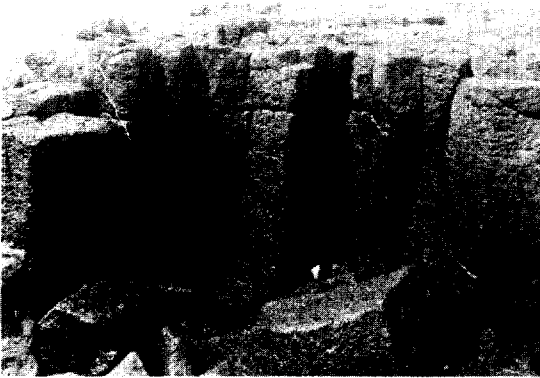


Fig 10-1. Dividing point between Sea-stack and Shore platform

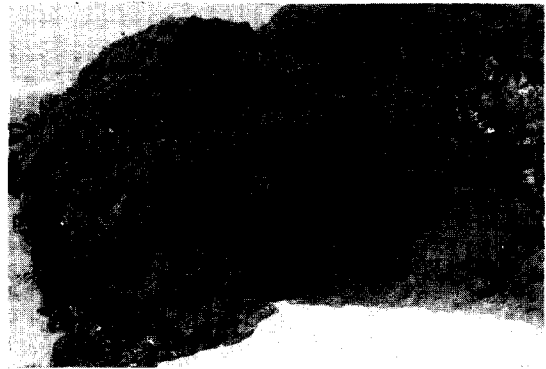


Fig 11. Sea-stack (月令里)



Fig 11-1. Pothole

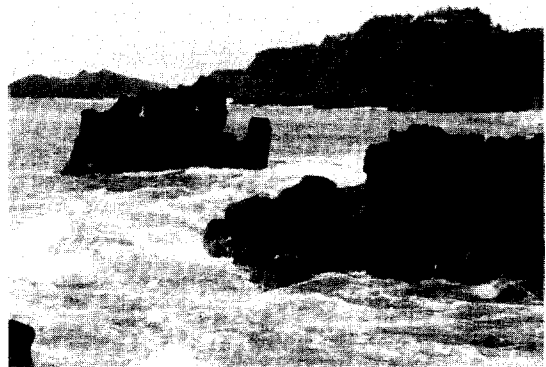


Fig 12. Sea-stack (高山里)

波浪의 渦流에 의해 모래나 礫들이 누선형으로 파고 들면서 垂直의으로 또는 점차橫의으로 發達하여⁴⁶⁾ 形成된 것이다. pothole의 基底部에는 모래와 小礫들이 남아 있어서 波蝕이 加해지면 pothole은 점차橫의으로 發達하면서 나중에 露頭와 斷崖를 分離시켜 sea-stack이 形成될 것으로 보인다. 이와 같이 pothole에 의해 分離되고 있는 露頭는 硬軟의 差가 거의 없는 同一岩石海岸에서 節理나 fracture와 같은 構造的인 因子(structural factor)가 sea-stack의 形成과 發達에 重要한 役割을 하고 있다는 것을 잘 立證해 주고 있다.

5. 高山里海岸의 Sea-stack

濟州島 西海岸에 位置하는 高山里의 地質은 表善里玄武岩으로 되어 있으며 海岸에는 玄武岩을 不整合으로 덮는 高度 約 60 m, 傾斜 約 25° 程度의 噴石丘인 水月峰이 形成되어 있다. 水月峰은 第二噴出期末인 城山層, 和順層, 新陽里層 등의 堆積期에 噴出되었으며 심한 海蝕에 의해 火山體의 原地形이 破壞되어 planeze 段階 내지 殘溜山地段階로 開狹되어 있다.⁴⁷⁾

水月峰 앞 海岸에는 表善里玄武岩으로 된 小規模의 波蝕臺가 發達되어 있다. 이것은 水月峰이 海蝕에 의해 開狹되면서 빠른 後退를 하는 도중에 基盤岩인 表善里玄武岩이 露出되어 形成된 것으로 보인다. Fig.12의 露頭는 높이가 約 2~2.5 m, 幅 約 6 m 程度로서 海蝕에 의해 露出된 基盤岩이 平行·後退하면서 小規模의 波浪臺로 形成되고 이 波浪臺의 末端部가 波浪의 侵蝕, 즉 差別侵蝕으로 인해 남게 된 sea-stack 이다. 露頭의 周邊에 모래·小礫 등과 같은 磨蝕機構가 貧弱하고 露頭의 表面에 굴, 따개비·섭조개類와 海澡類가 密生하지 않는 점으로 보아 sea-stack의 形成과 達達에 波浪의 磨蝕作用보다는 掘蝕作用이 主된 形成營力인 것으로 보인다.⁴⁸⁾ 그리고 Fig.12에서 볼 수 있듯이 露頭

의 後面部가 侵蝕의 程度가 더 큰데 이것은 波浪의 前進 energy에 의한 直接的인 侵蝕作用 뿐만 아니라 海岸線과 平行하게 흐르는 沿岸流(longshore current)와 이에 따른 backwash에 의한 渦流의 侵蝕作用도 sea-stack의 形成과 發達過程에 있어서 어느 程度 큰 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

高山里海岸의 sea-stack은 高湖位時에 海水의 撤水作用(water spray)과 颶風環境下에서 發生하는 巨波(storm ware)의 侵蝕作用이 多數의 節理面을 따라 일어나고 있어 sea-stack의 高度는 低下되고 있고 점차 破壞·消滅되어 가는 過程에 있다.

IV. 綜合考察

앞에서 考察한 바와 같이 本 研究地域의 sea-stack들은 岩石의 特性, 地質構造的 發達程度, 成層面의 特性, 海蝕崖의 高度差異 등에 의하여 規模, 發達位置, 그리고 形態狀의 特色, 形成·發達過程 등이 모두 다른 樣相을 나타내고 있다.

따라서 研究地域에 發達한 sea-stack 露頭中 11個를 選擇하여 規模, 位置, 形態 등의 各要素別로 나누어 그 特性을 把握하고 그 要素들간의 相互關係 및 節理(joint)와의 關係를 分析하여 綜合的으로 整理하여 보았다.

1. Sea-stack의 規模

Fig.13은 sea-stack의 最大높이를 나타낸 것이다. 높이 6~15 m 사이의 sea-stack이 총 11個 가운데서 8個로서 72.7%를 차지하여 가장 卓越하다. 그 다음에 1~5 m 사이의 sea-stack이 2個로서 18.2%, 16~20 m 사이의 sea-stack이 1個로서 9.1% 程度를 차지한다. 最大높이의 sea-stack은 20 m이고 最

46) C. R. Twidale, Granite landforms, Elsevier Scientific Publishing Company, (1982), p.226.

47) 孫仁錫, “濟州島에 分布하는 寄生火山의 類型分類에 關한 研究”, 高麗大學校 教育大學院 卒業論文, (1980), p.34.

48) 崔成吉, 前揭書, p.25.

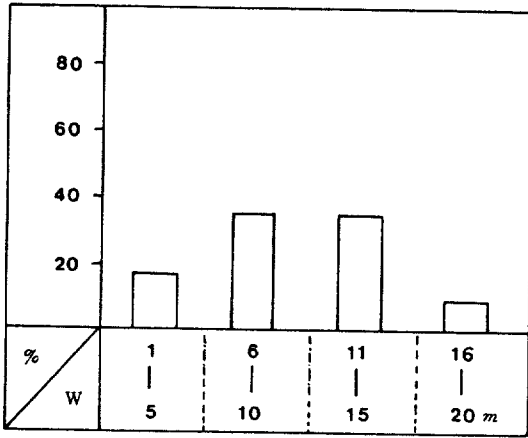


Fig 13. Sa-stack의 最大 높이
(Height of Sea-stack)

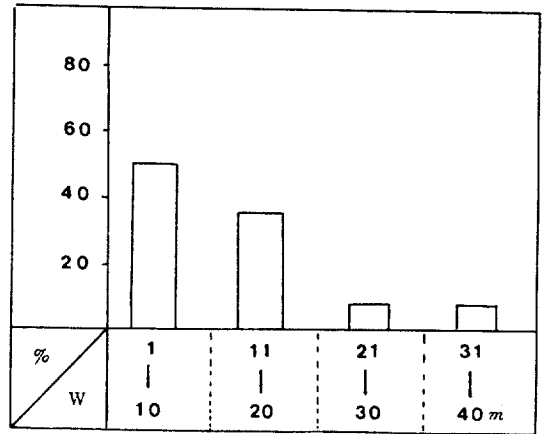


Fig 14. Sa-stack의 最大幅
(Width of Sea-stack)

低높이의 sea-stack은 1.5 m이다.

이와 같은 sea-stack의 높이는 어떠한岩石의 特性이나 地質構造의 發達與否, 成層面의 特性에 의해 左右되기 보다 sea-stack과 分離된 背後海蝕崖의 高度差異에 따른 結果라고 할 수 있다.

Fig.14는 sea-stack의 最大幅을 나타낸 것이다. 幅 1~10 m 사이가 全體의 45.4%, 11~20 m 사이가 36.4% 그리고 21~30 m, 31~40 m 사이가 各各 9.1%를 차지한다. 여기서 1~20 m 사이의 sea-stack 들은 11個露頭 가운데서 9個를 차지하여 가장 두드러진다. 이들 sea-stack 가운데서 最大幅의 sea-st-

ack은 40 m이고 最大幅은 약 6 m 程度이다.

2. Sea-stack의 位置

Fig.15는 sea-stack의 發達位置를 나타낸 것이다. sea-stack이 分布해 있는 位置를 突出部(headland) 前面, 灣入部(sheltered area) 內側, 그리고 波蝕臺(shore platform) 前面 等 셋으로 구분하였다. 총 11個의 露頭中 5個가 波蝕作用이 가장 활발한 突出部 前面에 分布하여 45.4%를 차지하고 이보다 侵蝕力이 덜한 灣入部 內에는 4個가 分布하여 36.4%, 波蝕臺 前面에는 2個가 分布하여 18.2%를

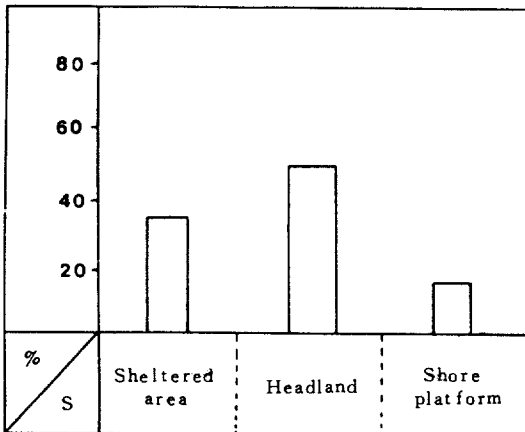


Fig 15. Sa-stack의 發達位置
(Site of Sea-stack)

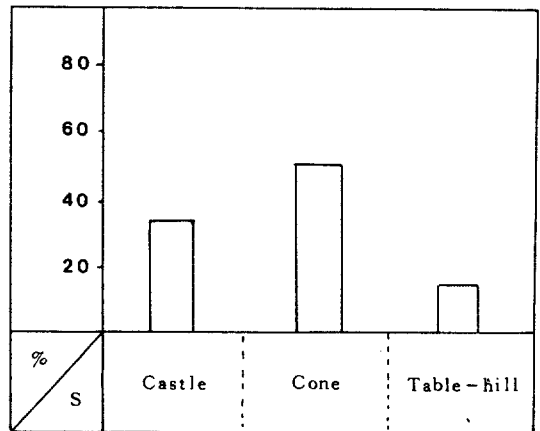


Fig.16. Sa-stack의 形態
(Form of Sea-stack)

차지한다.

그런데 一般的으로 sea-stack, sea-arch, 海蝕洞 (sea-cave) 등과 같은 海蝕微地形들은 波浪의 屈折(refraction)에 따른 差別侵蝕作用이 集中되는 突出部前面에 잘 形成·發達하는 것으로 알려져 있다. 그러나 Fig.15에서 보듯이 灣入部內에 36.4%의 sea-stack이 發達해 있는 점으로 보아 突出部(headland)보다 波浪의 侵蝕이 미약한 灣入部內에 發生하는 沿岸流(longshore current)와 backwash의 侵蝕力도 sea-stack의 形成과 發達에 어느 정도 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다.

3. Sea-stack의 形態

Fig.16은 sea-stack의 形態를 나타낸 것이다. 全研究地域에 發達해 있는 sea-stack을 形態別로 區分하면 城廓型(castle type), 錐狀型(cone type) 그리고 卓狀型(table-hill type) 셋으로 大別할 수가 있다.

全研究地域에서 錐狀型(cone type)의 sea-stack이 全體의 45.4%, 城廓型(castle type)이 36.4%, 그리고 卓狀型(table-hill type)이 가장 낮아 18.2%를 차지하고 있다. 가장 많이 나타나고 있는 錐狀型(cone type)의 形態上的 특징은 背後海蝕崖의 高度와 거의 비슷하고 경사가 급하며 垂直的으로 圓錐模樣을 나타낸다. 城廓型은 高度가 그리 높지 않고 背後海蝕崖와 平行하게 橫的으로 길게 發達해 있는 것이 특징이다. 卓狀型의 sea-stack은 3個 形態의 sea-stack 가운데서 高度가 가장 낮고 평평한 卓子模樣을 나타낸다.

本 研究地域에 分布하는 sea-stack의 形態의 인 特性은 各各의 研究地域을 支配하는 joint system의 發達狀態와 成層面의 特性 그리고 背後海蝕崖의 高度差異 등에 起因하는 것으로 생각된다.

4. Sea-stack의 規模·位置와 形態와의 關係

Table.3은 sea-stack의 높이와 形態와의 關係를 나타낸 것이다. 最大높이를 나타내는

H \ F	Castle	Cone	Table-hill	비 고
1 — 5	0	0	2	2
6 — 10	1	3	0	4
11 — 15	3	1	0	4
16 — 20m	0	1	0	1

Table 3. Sea-stack의 높이와 形態와의 關係 (Relationship between Height and Form of Sea-stack)

W \ F	Castle	Cone	Table-hill	비 고
1 — 10	0	5	0	5
11 — 20	2	0	2	4
21 — 30	1	0	0	1
31 — 40m	1	0	0	1

Table 4. Sea-stack의 幅과 形態와의 關係 (Relationship between Width and Form of Sea-stack)

S \ F	Castle	Cone	Table-hill	비 고
Sheltered area	4	0	0	4
Headland	0	5	0	5
Shore platform	0	0	2	2

Table 5. Sea-stack의 發達位置와 形態와의 關係

sea-stack 形態는 錐狀型이고 最底높이는 거의 모두가 卓狀型의 sea-stack 들이다. 錐狀型의 sea-stack은 6~10m의 높이가 가장 卓越하고, 城廓型의 sea-stack은 11~15m 사이의 높이가 가장 卓越하다. 여기서 볼 수 있듯이 sea-stack의 높이와 形態와는 별로 相關이 없고 背後海蝕崖의 高度差異에 起因하는 것으로 생각된다.

Table.4는 sea-stack의 幅과 形態와의 關係를 나타낸 것이다. 最大幅을 나타내는 sea-stack 形態는 城廓型이며 또한 多樣한 幅을 나타내는 것도 城廓型 sea-stack이다. 錐狀型의 sea-stack은 모두가 1~10m의 幅을 나타내 모든 sea-stack 形態가운데서 最底의 幅을 나타내고 있다.

Table.5는 sea-stack의 發達位置와 形態

와의 關係를 나타낸 것이다. Table 5.에서 볼 수 있듯이 城廓型的 sea-stack은 모두가 灣入部内側에, 錐狀型은 突出部前面에 그리고 卓狀型은 모두 波蝕臺上에 發達해 있는 것이 두 드러진다.

이와 같이 發達位置에 따라 sea-stack의 形態가 달라지는 것은 sea-stack이 形成되어 있는 各各의 海岸에서 發生하는 海蝕營力の 差異, 海蝕의 進行方向 等に 起因하기 때문이다.

5. Sea-stack과 節理(Joint)와의 關係

氣候因子와 함께 特定地域의 構造의 特性은 그 地域의 地形發達에 基本的으로 影響을 미친다.⁴⁹⁾ 特히 海蝕의 差別侵蝕으로 殘存하는 sea-stack과 같은 海蝕微地形은 그 地域의 地質

構造를 잘 反映한다고 할 수 있다. Sea-stack의 形成과 發達過程에 影響을 미치는 地質構造가운데서 節理(joint)를 調査·分析하여 sea-stack과의 相互關係를 파악해 보는 것은 意味있는 일이라 하겠다. 따라서 여기에서는 節理(joint)와 sea-stack 形態와의 相互關係에 對해서 綜合的으로 分析·把握해 보았다.

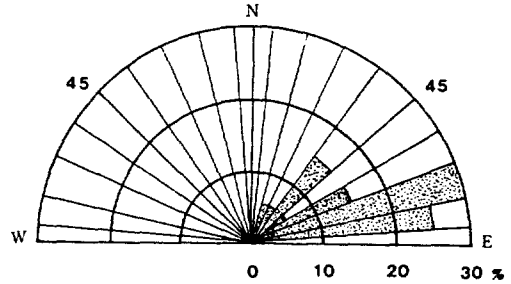


Fig 17. Rose Diagram of Joint Strike (三梅峰 - A)

Strike	Frequency	%	Strike	Frequency	%
N 1 — 5 W	0	0	N 1 — 5 E	0	0
N 6 — 15 W	0	0	N 6 — 15 E	5	25
N 16 — 25 W	0	0	N 16 — 25 E	6	30
N 26 — 35 W	0	0	N 26 — 35 E	3	15
N 36 — 45 W	0	0	N 36 — 45 E	1	5
N 46 — 55 W	0	0	N 46 — 55 E	3	15
N 56 — 65 W	0	0	N 56 — 65 E	1	5
N 66 — 75 W	0	0	N 66 — 75 E	1	5
N 76 — 85 W	0	0	N 76 — 85 E	0	0
N 86 — 89 W	0	0	N 86 — 89 E	0	0
Total	0	0	Total	20	100

Table 6. Frequency Distribution of Joint (三梅峰 - A)

49) 權炯熙·金惠子, "Tor와 構造現象과의 關係", 東國地理, 第7號, (1986), p.19.

1) 城廓型 sea-stack 과 節理(joint)와의 關係

全研究地域에서 代表的인 城廓型 sea-stack 은 西歸浦 三梅峰海岸 sea-stack 과 城山浦海岸 sea-stack이다. 城廓型 sea-stack 은 灣入部內에 形成되어 있는 것이 特色이며 灣入部內에서 波浪 energy 가 分散될 때 發生하는 沿岸流(longshore current)와 backwash에 의해 形成된 것으로 보인다.

Table.6 과 Fig.17은 各各 三梅峰 城廓型 sea-stack 의 joint strike의 級間別分布와 joint strike의 rose diagram을 나타낸 것이다. 이곳에서 節理(joint)의 測定은 主로 sea-stack 露頭와 背後海蝕崖 사이에서 이루어 졌다. Table.6 과 Fig.17에서 가장 두드러진 joint strike의 級間은 N16-25E로서 全體의 30%를 차지한다. 그 다음으로는 N6-15E는 級間이 25%를 나타내고 있는데 全體의 N6-25E 級間이 55%를 차지하여 가장 뚜렷한 경향을 보이고 있다. 그런데 特異한 점은 이곳에서 가장 뚜렷한 경향을 보이는 N6-25E 級間은 背後海蝕崖斜面的 strike 方向 및 sea-stack 長軸의 strike 方向과 거의 一致한다는 점이다. 즉, sea-stack과 分離된 背後海蝕崖斜面과 sea-stack 長軸 方向은 서로 平行을 이루고 있다. 이것은 三梅峰海岸의 城廓型 sea-stack 이 N6-25E 級間의 joint strike 를 따라 灣入部內에서 發生하여 海岸線과 平行하게 흐르는 沿岸流(longshore current)와 backwash의 波蝕作用에 의해 形成·發達한 것임을 立證해 준다.

지금까지 考察한 城廓型 sea-stack 과 節理(joint)와의 關係는 城廓型 sea-stack 이 發達해 있는 城山浦 日出峰海岸에도 거의 똑같은 樣相을 보인다. 이처럼 城廓型 sea-stack 은 灣入部內의 背後海蝕崖斜面과 平行하게 發達하는 joint set 의 構造的인 特徵을 잘 反映한 것으로 생각된다.

2) 錐狀型 sea-stack 과 節理(joint)와의 關係

錐狀型的 sea-stack 은 城廓型과는 달리 垂直的인 海蝕斷崖가 나타나는 突出部(headla-

nd) 附近에 發達하는 것이 一般的인 現象이다. 研究地域에서 가장 代表的인 錐狀型 sea-stack 은 新陽里 십치코지海岸의 sea-stack과 西歸浦 三梅峰海岸의 sea-stack(Fig.6-c)이다.

Table.7과 Fig.18은 新陽里 sea-stack 露頭의 周邊에 發達한 joint strike의 級間別 頻度 分布와 rose diagram을 나타낸 것이다. 各 級間別 分布를 보면 N36-45E 級間이 28.5로 가장 頻度가 높으며 다음으로는 N46-55E 級間과 N56-65E 級間이 各各 23.8%를 차지한다. 따라서 新陽里地域에서 가장 뚜렷한 比重을 나타내는 級間은 N36-55E 級間으로 全體의 76.1%를 차지한다. Fig.18의 strike rose diagram을 보면 결국 N36-55E 사이의 joint strike가 新陽里 sea-stack 地域을 지배하고 있음을 알 수 있다. 그리고 N36-55E 級間의 joint strike의 間隔을 보면 대체로 10~30cm 内外로 좁은 편이다.

西歸浦 三梅峰의 錐狀型 sea-stack(Fig.6-c) 露頭의 경우 接近하기가 不可能해서 節理 現象을 測定하지 못하였으나 sea-stack 露頭와 背後海蝕崖 사이의 基底部에 거의 垂直的인 節理와 柱狀節理(columnar joint)가 緻密하게 發達해 있었던 흔적을 육안으로 識別할 수 있었다.

두 研究地域의 錐狀型 sea-stack 이 뾰족한 圓錐模樣의 形態를 이루고 있는 것은 그 地域의 地形的 特性을 잘 反映하고 있기 때문이다. 즉, 高度가 15m 以上인 垂直的인 節理나 柱狀節理가 緻密하게 발달해 있고 節理의 密度가 높고 間隔이 무척 좁다는 것에 起因한다.

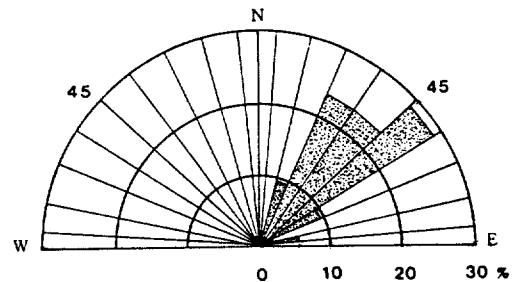


Fig 18. Rose Diagram of Joint Strike (新陽里)

Strike	Frequency	%	Strike	Frequency	%
N 1 — 5 W	0	0	N 1 — 5 E	0	0
N 6 — 15 W	0	0	N 6 — 15 E	1	4.8
N 16 — 25 W	0	0	N 16 — 25 E	0	0
N 26 — 35 W	0	0	N 26 — 35 E	2	9.5
N 36 — 45 W	0	0	N 36 — 45 E	6	28.5
N 46 — 55 W	0	0	N 46 — 55 E	5	23.8
N 56 — 65 W	0	0	N 56 — 65 E	5	23.8
N 66 — 75 W	0	0	N 66 — 75 E	2	9.5
N 76 — 85 W	0	0	N 76 — 85 E	0	0
N 86 — 89 W	0	0	N 86 — 89 E	0	0
Total	0	0	Total	21	100

Table 7. Frequency Distribution of Joint (新陽里)

3) 卓狀型 sea-stack 과 節理 (joint) 와의 關係

研究地域에서 가장 代表的인 卓狀型 sea-stack 은 高山里海岸과 月令里海岸의 sea-stack 이다. 卓狀型 sea-stack 은 모두가 波蝕臺가 發達하여 확대·후퇴해 가는 過程에서 波蝕臺의 硬岩部가 差別侵蝕을 받아 形成된 것이다. 卓狀型 sea-stack 은 發達地域의 地質과도 깊은 關係가 있다. 卓狀型 sea-stack 은 모두 表善里玄武岩으로 되어 있는데 이 玄武岩은 濟州島 火山噴出初期에 東西海岸을 따라 布狀流出하여 高度가 낮은 臺地上으로 形成되어 分布하는데 다양한 節理가 緻密하게 發達하고 多孔質의 岩石이기 때문에 sea-stack 보다는 波蝕臺가 形成되는 것이 特色이다. 따라서 表善里玄武岩이 分布하는 地域은 波蝕臺가 形成된 후에 sea-

stack 이 2次的으로 發達하는 것이다.

Table.8 과 Fig.19 는 月令里 sea-stack 露頭周邊의 joint strike 의 級間頻度分布와 joint strike 의 rose diagram 을 나타낸 것이다. 이곳에서의 節理測定은 주로 sea-stack 과 波蝕臺 사이에서 行하여 졌다. 各 級間別 分布를 보면 N26-35W가 22%로서 가장 뚜렷하며 그 다음으로 16-25W와 N36-45W가 各各13%의 比重을 나타낸다. N26-35W 級間이 月令里地域을 지배하고 있고 이곳에 發達한 sea-stack 은 N26-35W 級間의 地質構造線을 따라 發生하는 差別侵蝕에 의해 形成된 것이다.

Table.9 와 Fig.20 은 高山里海岸 卓狀型 (table-hill) sea-stack 의 joint strike 級間別 頻度分布와 joint strike 의 rose diagram 을 나타낸 것이다. 各 級間別 分布를 보

면 N36-45E 級間이 44.4%로서 가장 頻度가 높고 그 다음으로 N26-35E와 N46-55 級間이 各各 11.1%, N6-15E, N56-65E, N66-75E, N26-35W, N56-65W, N86-89W 級間이 各各 5.5%를 차지한다. Fig. 20인 joint strike의 rose diagram을 보면 N36-45E 級間이 高山里地域을 지배하고 있음을 알 수 있으며 高山里海岸의 卓狀型 sea-stack은 月令里海岸의 卓狀型처럼 小規模의 波蝕臺가 확대·후퇴해 가는 過程에서 波蝕臺의 發達方向과 거의 直角을 이루며 發達해 있는 N35-45E 級間의 joint set를 따라 發生하는 波浪의 差別侵蝕에 의해 形成된 것이다.

이와 같이 卓狀型 sea-stack은 波蝕臺가 확대·후퇴해 가는 過程에서 地質構造를 따라 加해지는 波浪의 2次的인 差別侵蝕에 의해 形

成·發達하였고 이와 같은 이유 때문에 卓狀型 sea-stack의 高度나 形態는 波蝕臺와 거의 비슷한 樣相을 나타낸다.

以上과 같이 全 研究地域에 分布하는 各各의 sea-stack 形態와 節理의 關係에 對해 알아 보았다. Table 10과 Fig.21은 全 研究地域에 發達해 있는 joint strike의 級間別 頻度分布

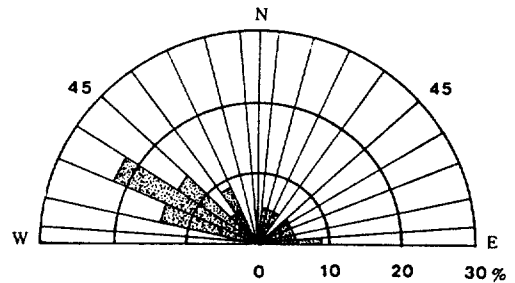


Fig 19. Rose Diagram of Joint Strike (月令里)

Strike	Frequency	%	Strike	Frequency	%
N 1 — 5 W	0	0	N 1 — 5 E	2	8.8
N 6 — 15 W	0	0	N 6 — 15 E	1	4.3
N 16 — 25 W	3	13	N 16 — 25 E	1	4.3
N 26 — 35 W	5	22	N 26 — 35 E	1	4.3
N 36 — 45 W	3	13	N 36 — 45 E	1	4.3
N 46 — 55 W	1	4.4	N 46 — 55 E	0	0
N 56 — 65 W	2	8.8	N 56 — 65 E	1	4.3
N 66 — 75 W	0	0	N 66 — 75 E	1	4.3
N 76 — 85 W	0	0	N 76 — 85 E	1	4.3
N 86 — 89 W	0	0	N 86 — 89 E	0	0
Total	14	61.1	Total	9	38.9

Table 8. Frequency Distribution of Joint (月令里)

와 joint strike의 rose diagram을 나타낸 것이다. 各 級間別 頻度分布를 보면 N36-45 E 級間이 20%를 차지하여 가장 높은 比重을 나타내고 다음으로는 N46-55E 級間이 12.2%, N26-35E 級間이 10%, N16-25E 級間과 N56-65E 級間이 各各 8.5% 等の 比重을 갖는다. 全 研究地域의 joint strike의 경향을 보면 N-W 級間의 方向은 미약하고 N-E 級間의 方向이 뚜렷하며 N26-55E 級間の 集中度가 매우 높다. 특히 N36-45E 級間の strike를 가지는 節理가 가장 比重이 높아 全

研究地域을 지배하고 있다.

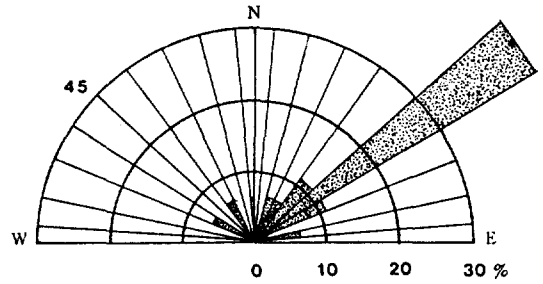


Fig 20. Rose Diagram of Joint Strike (高山里)

Strike	Frequency	%	Strike	Frequency	%
N 1 — 5 W	0	0	N 1 — 5 E	0	0
N 6 — 15 W	0	0	N 6 — 15 E	1	5.5
N 16 — 25 W	0	0	N 16 — 25 E	0	0
N 26 — 35 W	1	5.5	N 26 — 35 E	2	11.1
N 36 — 45 W	0	0	N 36 — 45 E	8	44.4
N 46 — 55 W	0	0	N 46 — 55 E	2	11.1
N 56 — 65 W	1	5.5	N 56 — 65 E	1	5.5
N 66 — 75 W	0	0	N 66 — 75 E	1	5.5
N 76 — 85 W	0	0	N 76 — 85 E	0	0
N 86 — 89 W	1	5.5	N 86 — 89 E	0	0
Total	3	16.5	Total	15	83.5

Table 9. Frequency Distribution of Joint (高山里)

Strike	Frequency	%	Strike	Frequency	%
N 1 — 5 W	0	0	N 1 — 5 E	2	2.4
N 6 — 15 W	0	0	N 6 — 15 E	8	10
N 16 — 25 W	3	3.7	N 16 — 25 E	7	8.5
N 26 — 35 W	6	7.3	N 26 — 35 E	8	10
N 36 — 45 W	3	3.7	N 36 — 45 E	16	20
N 46 — 55 W	1	1.2	N 46 — 55 E	10	12.2
N 56 — 65 W	3	3.7	N 56 — 65 E	8	8.5
N 66 — 75 W	0	0	N 66 — 75 E	5	6
N 76 — 85 W	0	0	N 76 — 85 E	1	1.2
N 86 — 89 W	1	1.2	N 86 — 89 E	0	0
Total	17	20.7	Total	65	79.3

Table 10. Frequency Distribution of Joint (研究地域)

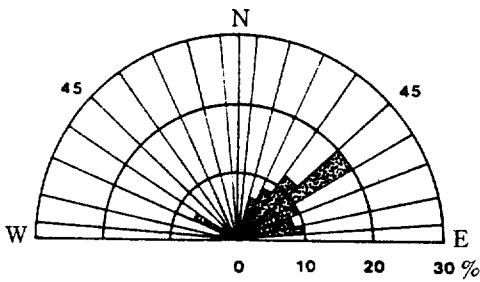


Fig 21. Rose Diagram of Joint Strike (研究地域)

五. 結 論

本 研究는 海岸侵蝕地形 中の 하나인 sea-stack의 形成과 發達過程을 究明하기 위해 濟州島 岩石海岸을 따라 分布하는 sea-stack을 對象으로 그 形成營力, 發達過程, 形態의 特性, 그리고 地質構造와의 關係 등을 考察하여 다음과 같은 結論을 얻었다.

1. 全 研究地域에 發達한 11個의 sea-stack 들은 濟州島 海岸에 고르게 分布하고 있다.
2. Sea-stack의 規模面에서 最大높이는 6 ~ 15 m 사이가 가장 많고, 幅은 1 ~ 10 m 사이가 두드러진다. Sea-stack의 發達位置面에서 대부분 突出部(headland) 附近에 sea-stack이 分布하는데 波浪의 侵蝕作用이 突出部보다 훨씬 미약한 灣入部(sheltered ared) 부근도 全體의 36.4%를 차지하고 있다. 이같은 事實은 突出部에서 分散된 波浪 energy에 의해 灣入部內에 發生하는 沿岸流(longshore current)도 sea-stack의 形成과 發達에 重要한 影響을 미치고 있다는 것을 잘 보여주고 있다.
3. Sea-stack의 形態는 城廓型(Castle type), 錐狀型(cone type) 그리고 卓狀型(table-hill type) 등 세개로 區分된다. 이 중 가장 卓越한 것은 錐狀型으로 45.5% 차지하며 가장 희박한 것은 卓狀型으로 18.2%를 차지한다.
4. Sea-stack의 規模와 形態와의 關係를 보면 最大높이를 보이는 것은 錐狀型이며 最底높

이는 卓狀型이다. 城廓型의 높이는 보통 11 ~ 15 m 程度이다. 그리고 最大幅의 sea-stack 은 城廓型이며 最底幅은 錐狀型의 sea-stack 이다.

5. Sea-stack의 發達位置와 形態와의 關係에서 城廓型 sea-stack 은 모두 灣入部 (sheltered area) 內側에 分布하며 錐狀型 (cone type) sea-stack 은 突出部 (headland) 前面에, 卓狀型 (table-hill) 은 波蝕臺 (shore platform) 前面에 分布하는 것이 두드러진다. 이것은 各各의 海岸에서 發生하는 形成營力の 差異, 背後海蝕崖의 高度差異, 地質構造 等に 起因한 結果이다.

6. Sea-stack의 成因은 波浪의 侵蝕作用, 即 磨蝕作用 (abrasion) 과 掘蝕作用 (quarrying) 이 主된 營力이고, 이밖에 서릿발作用 (frost action), salt weathering, 水面層風化作用 (water layer weathering) 등과 같은 地

上風化作用 (suhaerial weathering) 도 間接的으로 sea-stack의 形成과 發達에 影響을 미치는 2次的인 營力들이다.

7. Sea-stack의 形成·發達過程 그리고 形態에 基本的인 影響을 미치는 因子는 岩石의 地質構造의 特性和 成層面의 特性이며, 特히 節理 (joint)의 密度差, pattern, 間隔, 그리고 發達方向 等은 sea-stack의 細部的인 形態에 直接的인 影響을 미치고 있다.

8. Sea-stack의 發達과 破壞의 面에서 巨波 (storm wave)에 의한 侵蝕作用도 어느 정도 影響을 미치기도 한다. 特히 本島의 南海岸과 東海岸과 같이 波浪이 미약한 城域에 發達해 있는 sea-stack 들은 夏季에 發生하는 熱帶移動性 低氣壓인 颱風에 의한 巨波 (storm wave)의 影響으로 形成·發達하고 破壞·消滅되는 것으로 생각된다.

參 考 文 獻

- 姜相培, “濟州島 南北斜面地形의 比較研究”, 建國大學校 碩士學位 請求論文, 1979. p.36.
- 權炯熙, 金惠子, “Tor 와 構造現象과의 關係”, 東國地理 第7號, 1986. pp.103~121.
- 權赫在, 地形學原論, 法文社, 1978. p.295.
- 金鳳均, “濟州島 新陽里 및 新陽里層에 對한 層序 및 古生物學的 研究”, 地質學會誌 一五卷 2號, 1969. pp.103~121.
- 金相昊, 濟州島의 自然地理, 地理學 第1號, 1963. pp.2~14.
- 金周煥, 花崗岩風化의 問題와 salt weathering 現象, 東國地理 第1號, 1980. pp.3~8.
- 閔庚德, 元重善, 黃石淵, “濟州島에 分布하는 火山岩類 및 堆積岩類에 對한 古地磁氣研究, 鑛山地質 14卷 3號, 1986. pp.153~163.
- 朴東源, 吳南三, “濟州島 波蝕臺에 對한 地形學的 研究”, 地理學論叢 第8號, 1981. pp.1~10.
- 孫仁錫, “濟州島에 分布하는 寄生火山의 類型分類에 關한 研究”, 高麗大學校 教育大學院 卒業論文, 1980. pp.1~66.
- 元鍾寬, “濟州島의 火山岩類에 對한 岩石化學的 研究”, 地質學會誌 12卷 4號, 1975. pp.207~226.
- 李文遠, “濟州島의 海岸地帶에 分布하는 堆積岩에 對한 研究”, 濟州大學校 論文集 8輯, 1976. pp.23~29.
- 崔成吉, “珍島內灣地域 shore platform의 形態와 發達過程에 關한 研究”, 地理學 31號, 1985, pp.16~31.
- 水路局, 湖汐表, 1986.
- 海運港灣廳, 波浪統計表, 1985. 1986.
- 砂村繼夫, “波による岩石海岸の地形變化”, 地理學評論 48卷 6號, 1975. pp.395~411.
- 鈴木隆介·高橋健一·砂村繼夫·寺田 稔, 三浦半島荒騎海岸の波蝕棚にみられる洗濯板起伏の形成について”, 地理學評論 43卷, 1970. pp.211~222.
- Alstein, F. P., Introduction to geomorphology, Methuen & Co., Ltd, 1971, pp. 350.
- Butzer, K. W., Geomorphology from the earth, Harper International Edition, 1976, p. 463.
- Byrne, J. V., “An erosional classification for the northern Oregon Coast,” Assoc. Am. Geogr. Ann. V. 54, 1964, p. 329-335.
- Davis, J. L., Geographical variation in Coastal development, Longman, 1980, p. 211.
- Flemming, N. C., “Form and relation to present sea level of pleistocene marine erosion features”, Journal of Geology V. 73, 1965, p. 799-811.
- Fairbridge, R. W., The encyclopedia of geomorphology, Reinhold Book Corporation, 1968, p. 1295.
- King, C. A. M., Beaches and coasts, Edward Arnold, London 2nd ed., 1972, p. 570.
- Robinson, R. A., “Marine erosive processes at the cliff foot”, Marine Geology V. 23, 1977, p. 257-271.
- Shepard, F. P & Kuhn, G. G., “History of sea-arches and remnant stacks of La Jolla, California, and their bearing on similar features else-where, Marine Geology V. 51, 1983, pp. 139-161.
- Steers, J. A., Applied coastal geomorphology, The M. I. T Press, 1971, p. 227.
- Thornhury, W. D., Principles of geomorphology, John Willey & Sons, Inc., New York, 1969, p. 594.
- Trenhaile, A. S., “The shore platforms of Gaspé, Quebec”, Annals. Assoc. Amer. Geogr. V. 58, 1978, pp.95-114.
- Twidale, C. R., Granite landforms, Elsevier Scientific Publishing Company, 1982. p. 372.

A Geomorphological study on the sea-stacks of the Cheju island

Sang Seob Jang

Summary

This study investigated the morphology of sea-stacks in the Cheju island and the development processes of it and the sea-stacks development in relation with geological structures, especially joints.

The results are as follows:

1. 11 sea-stacks developed in all study areas are uniformly distributed to each shore of the Cheju island.
2. By the sea-stack's scale 6-15m height and 1-10m width of sea-stacks are much distinguished. When we see the sea-stacks site, the headland is most distinguished, but 36.4% of the sea-stacks are developed in the sheltered areas which wave erosion is more weak than the headland. By this facts we can know well that longshore current occurring in the sheltered areas by wave energy dispersed from the headland have a great effect on the formation and development of the sea-stacks.
3. There are three types of the sea-stacks, the cone type of the sea-stack is very common while the table-hill type of the sea-stack is rarest. By relations between sea-stack's types and their site, it is characteristic that the cone type is developed in the headland, the castle type in the sheltered area and the table-hill type on the shore platform. This distribution is ascribed to the difference of formation processes, sea-cliff's altitude and the development of geological structures.
4. Geological structural attitude of rock and bedding-plane attitude have a basic effect on the form and formation of the sea-stacks, especially joint's density, joint's pattern, joint's spacing and joint's direction have a direct influence on the form of the sea-stacks.
5. The most important formation processes of the sea-stacks are wave erosion, especially abrasion and quarrying. And such subaerial weathering as frost action, salt weathering and water layer weathering have an indirect influence on the formation and development of the sea-stacks.
6. Wave erosion occurred by storm waves have some influence on the development and extinction of the sea-stacks. Like the south coast and the east coast of the Cheju island were the waves are weak, storm waves which occur in summer have some influence on the development, destruction and extinction of the sea-stacks.