

三陟地域の karst terrain에 關한 考察

建國大學校 地理學科 助教 鄭 美 淑

I. 序 論	3. Doline
II. 地質 및 地形的 特性	4. Uvala
1. 地質概觀	5. Hum
2. 地形概觀	6. Karst Spring
III. karst phenomena의 記述과 考察	IV. Karst 輪廻와 考察
1. Terra Rossa	V. 結 論
2. Lapiés	

I. 序 論

韓半島 各地에는 캄브로-오오도비스紀(Cambro-Ordovician)에 屬하는 두터운 石灰岩 層이 分布되어 있어 石灰岩地帶 特有의 karst地形을 形成하는 곳이 많다. 그들은 3個의 分布地域으로 區分되는데 즉, 平安地向斜, 三陟地向斜 및 沃川地向斜와 其他 小規模의 分布를 이루는 地域들이다. 이들 地域에는 局地的으로 karst地形의 特徵이 잘 觀察되고 있다.

韓半島에서의 karst 地形에 對한 研究는 中村新太郎(1928)의 平壤 南部의 新幕 附近의 karst에 對한 韓半島 地形報告와 小林貞一(1931)의 韓半島 地形에 對한 報告文에 部分的으로 karst地形을 記述하였고 吉川虎雄(1947)은 寧越-永春을 中心으로한 地域과 五十川, 沿岸의 削剝面上에 散在하고 있는 Doline에 對하여 記述하였으며 渡邊光(1961)은 그의 著書에서 平壤 南部의 樂浪平原에 對한 karst에 對하여 記述하였다. 이렇게 日人地形學者 및 地質學者에 依하여 短篇的으로 實施된 바 있다.

그後 最近에 와서는 鄭環鎬(1966), 徐茂松(1966), 劉宰臣(1977), 康勝三(1978), 元鍾寬(1978), 田容穆(1979) 등에 依하여 韓國의 karst地形 全般에 관한 問題를 研究 發表하였다.

karst地形에 관한 研究는 그들의 形態的인 問題에 있어서 結論이 얻어진 段階에 있으며 오늘날에는 karst 現象에 관련된 氣候學的이고 永河時代와 관련된 諸問題들이 論議되고 있다. 特別히 1956年 Riode Janeiro에서 開催된 I. G. U. 會議에서는 特別히 karst分科

委員會를 構成하여 Karst Phenomena 研究에 對한 國際的인 協力を 하고 있다.

本 論文의 作成을 爲한 野外調査는 1980. 4. 23~4. 25 3日에 걸쳐 實施되었다. 論文의 主된 研究地域은 表1과 같다.

〈表1〉 Sinkhole Terrain의 分布

번호	地 區	位 置	地 層 名	方 位	
				東 經	北 緯
1	雙 龍 里	江原道 寧越郡 西面 雙龍里	三 臺 山 層	128°17'30"	37°04'
2	고 마 루	江原道 平昌郡 美灘面 고마루	永興層 (旌善) (石灰岩)	128°32'00"	37°17'30"
3	三 陟	江原道 三陟郡 三陟邑	豐村石灰岩	129°10'00"	37°26'00"
4	楡 洞 里	江原道 旌善郡 旌善邑 楡洞里	旌善石灰岩 (永興層)	128°36'00"	37°24'30"
5	생 계 령	江原道 旌善郡 臨界面 桐木里	豐村石灰岩 石屏山石灰岩	129°56'00"	37°32'30"

II. 地質 및 地形的 特性

1. 地質概觀

韓半島에는 캄브로-오오도비스紀에 속하는 朝鮮累層群을 비롯하여 始生代(?)로 思料되는 變成堆積岩層, 原生代 祥原系, 石灰紀에 속하는 平安累層群의 下部인 紅店層群, 그리고 時代가 아직 確實시 되지 않는 沃川系地層 등에 石灰岩이 發達되어 있다. 이들 중 石灰岩層이 현저하게 發達하는 것은 朝鮮累層群의 大石灰岩層群이다. 石灰岩을 主로 하는 大石灰岩層群의 두께는 1,200~1,300m에 달한다.

本域의 地質은 主로 캄브로-오오도비스기에 속하는 朝鮮累層群의 大石灰岩層群으로 沃川地尙斜의 北部에 넓게 分布한다.

沃川地尙斜에서 朝鮮累層群은 先캄브리아紀의 堆積源 變成岩類와 火成岩類를 不整合으로 被覆하고 있으며 그의 上部에서는 平安累層群에 依하여 傾斜 또는 平行 不整合으로 덮혀 있어 岩質에 있어서 그의 上·下部의 地層들과 현저한 차이를 이룬다.

太白山地區에서의 朝鮮累層群은 斗圍峰型和 寧越型으로 區分되며 그들의 層序 및 對比關係는 表2와 같다.

大石灰岩層群 中 東部の 斗圍峰型에 속하는 細松·粘板岩·花折層·銅店硅岩·斗圍峰세일은 그들의 分布地域에서 karst地形과 關係가 없다. 斗圍峰型 朝鮮累層群 分布地域에서 karst地形이 形成되는 地域의 地質은 豐村石灰岩과 莫洞石灰岩이며 이들의 두께는 각각 平均 250m 및 300m이다. 豐村石灰岩은 全層을 通하여 비교적 순수한 石灰岩으로 되어 있으나, 莫洞石灰岩은 그의 上部에 朶로마이트와 石灰質세일을 挾在한다.

斗圍峰型의 地質構造는 東側의 中央部가 N75°W의 尙斜軸을 갖는 白雲山 尙斜에 支配되고 그의 南쪽은 대체로 N15°E, 35°NW의 單斜構造에 의하여 支配된다. 그러나, 白雲山

向斜의 北部는 심한 褶曲과 斷層에 의하여 複雜한 地質構造를 나타낸다. 主로 褶曲軸의 方向은 NS~N15°E과 N70°W이다. 斷層은 NS~N15°E, N65°W~N75°W, N45°~60°E의 方向性을 이룬다.

특히 karst terrain을 發達시킨 本域의 石灰岩層은 平均두께 250m를 가지는 豊村石灰岩層으로 全層을 通하여 比較的 純粹한 石灰岩層으로 CaO의 含量이 52~54%, MgO의 含量이 1~2%를 나타내며 大部分이 淡紅色, 淡黃褐色, 白色, 及至 灰色의 結晶質 塊狀 石灰岩으로 構成되어 있어 karst terrain이 우세하게 發達한다.

2. 地形概觀

本域은 韓半島의 脊梁山脈을 이루는 太白山脈의 東麓에 韓國方向으로 發達한 海岸山地의 分水嶺에 小盆地 地形으로 位置하여 있어 매우 平坦한 山勢를 이룬다.

山系는 太白山脈과 같은 NNW方向으로 發達되어 있으며 山陵의 傾斜가 比較的 완만하고 大部分 石灰岩 特有的 둥근모양으로 200m이하의 低山性 丘陵地로 發達되어 있다.

특히 地質條件에 의한 地形的 特徵으로서 豊村石灰岩層을 따라서 禹池里, 麻達里, 塘底里, 邑上里, 元堂里, 城南里, 南陽里에는 양호한 karst地形이 發達되어 있다.

水系의 發達は 本域의 西쪽에 五十川이 太白山脈과 海岸山地와의 사이를 흘러 北北東으로 縱谷을 이루어 meander하여 海岸地帶에서 다시 東曲하여 東海에 流入하는데 中·上流 地方에서는 流速이 빠르나 下流에서는 느리다. 이 河川은 基盤岩이 露出되어 있지 않은 것으로 보아 平衡河川에 도달된 것으로 生覺되며 支流과 本流가 거의 直交하는 것을 볼 수 있어 河系綱의 패턴은 樹枝狀(dendritic pattern) 내지 格子狀(trellis pattern)을 이룬다.

五十川 水系의 主流(main trunk stream)는 5次數이고 分岐率(bifurcation ration)은 平均 3.49로 比較的 낮으며 河系의 密度(drainage density)는 9.37이어서 中密度 河系를 나타내고 있다.

本域의 많은 支流들 中에는 石灰岩 地帶 特有的 乾川을 이루는 곳을 볼 수 있다.

以上에서 記述한 內容을 綜合하여 보면 山陵의 傾斜가 완만하며 低山性山地이고 水系는 河系綱이 무수히 發達하여 密度가 높으며 平衡河川에 도달한 것으로 보아 本域의 地形輪廻는 滿狀年期的 地形的 特性을 갖고 있다.

Ⅲ. Karst Phenomena의 記述과 考察

本域은 캬브로-오오도비스紀에 속하는 比較的 純粹한 豊村石灰岩이 分布되어 있어 Terra Rossa를 비롯한 Doline, Uvala, Lapiés, Hum, Blind Velley, Karst Spring 등의 多樣한 Karst Phenomena가 잘 나타난다. 이들 中에서 Lapiés와 Terra Rossa가 局地的으로 發達한 半被覆 Karst의 特成을 보여준다. 특히 本域은 40~90m의 低位 平坦面인 海岸段丘上에 karst terrain이 發達되어 있다. 이들의 地形内에는 여러가지 Karst Pheno-

mena들이 發達하며 이들의 地形的 特徵은 다음과 같다.

1. Terra Rossa

本域은 地形輪廻上 滿狀年기에 속하며 溫帶濕潤氣候地域이므로 石灰岩의 殘留土壤인 Terra Rossa가 比較的 잘 分布한다.

특히 本域은 半裸出 karst地形的 特性을 이루고 있어 一部地域을 除外하고는 全體가 殘留土壤에 의해 被覆되어 있다. 이들의 分布는 植生과 氣溫에 密接한 關係를 가지고 있어 北斜面보다 南斜面에 比較的 양호하게 分布하는데 이것은 南斜面이 北斜面에 比하여 活發한 化學的 風化作用이 進行되며 土壤水에 依한 可溶性 物質의 溶脫이 活發하게 일어나기 때문이다.

〈表3〉은 雙龍里地區(S-1~S-4)와 三陟地區(Y-1~Y-4)에서 採取된 Terra Rossa의 化學成分表이다. 試料中 S-1, S-2, Y-1, Y-2는 陽地斜面에서 S-3, S-4, Y-3, Y-4는 陰地斜面에서 採取한 것이다. 三陟地區에 比하여 雙龍里地區에서 CaO/R₂O₃의 값이 작게 나타나는데 이는 氣候條件의 差와 植生에 關係되는 것으로 生覺되며 陰地斜面보다 陽地斜面의 土壤이 成熟度가 더 높음을 알 수 있다. 그리고 陰地斜面에 比하여 陽地斜面쪽이 CaO/R₂O₃의 값이 작다.

이들 地域에 發達하는 Terra Rossa層의 두께는 1m를 넘지 못하며 平均 30cm 内外이다.

〈表3〉 Chemical composition of terra rossa

	Ssangreong Region				Samcheog Region			
	S-1	S-2	S-3	S-4	Y-1	Y-2	Y-3	Y-4
SiO ₂	35.1	34.7	32.4	34.2	33.3	35.6	33.1	32.5
Fe ₂ O ₃	13.0	14.5	12.5	11.9	15.0	13.5	13.0	12.5
Al ₂ O ₃	36.7	35.8	34.5	33.9	35.7	34.9	33.0	34.0
CaO	4.5	3.9	5.7	5.5	3.2	2.7	5.2	6.0
ig·loss	10.4	11.8	15.1	14.7	13.2	15.0	14.8	14.7

2. Lapiés

本域에서는 石灰岩과 돌로마이트가 互層을 이루고 있는 곳에서 差別溶蝕에 의해 Lapiés가 形成되는데 溶蝕에 對한 低抵抗力이 강한 Dolomite가 Lapiés를 形成하고 溶蝕에 對한 低抵抗力이 弱한 石灰岩이 溶蝕溝를 이룬다.

本域은 半裸出 Karst地形이기 때문에 Lapiés가 比較的 많이 分布한다. 南陽里地域에서는 cement工場 附近에 cement 副原料 採取를 目的으로 表層의 粘土인 Terra Rossa를

(註1) CaO/R₂O₃: CaO와 SiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, 기타成分과의 比

除去함으로써 나타나는 人爲的인 Lapiés와 Doline斜面에 높이 2m 정도의 多數의 Lapiés가 發達되어 있다.

畝上里地域에선 Lapiés가 가장 잘 發達된 곳으로 N20W의 走向, 傾斜 75°上에 크기 1.5~2.0m의 Lapiés들이 많이 分布되어 있어 小規模의 Karren field의 景觀을 이루고 있다.

本域에서 Lapiés의 모양은 칼날같이 뾰족한 形態를 이룬다. 그러나 局部的으로 윗部分이 平坦한 形態의 Lapiés가 形成되는데 이는 成層面이 水平을 이루고 있어 層理를 따라 溶蝕이 進行되었기 때문이다. 이와같이 溶蝕溝는 土壤水에 의해 走向과 같은 方向으로 發達되며 層理에 直交 또는 斜交하는 節理들의 接合點에 發達된다. 溶蝕溝는 層理面보다 節理面을 따라 우세하게 發達한다.

調査結果에 따르면 Lapiés를 形成하는 溶蝕溝는 地表面上에 露出된 石灰岩 表面이 地表水에 의해서 溶蝕이 이루어졌다기 보다는 被覆된 狀態에서 重力水의 流動으로 인해 節理·層理를 따라 進行되었으며 後에 森林벌채로 土壤浸蝕이 加速化되어 地表에 露出되므로 流水의 영향을 받게 된 것이라 生覺된다.

本域의 Lapiés는 節理面을 따라 溶蝕溝가 發達되어 뾰족한 모양을 이루며 半被覆 Karst 地形을 나타낸다.

3. Doline

Karst Phenomena中 地形의 特徵을 가장 잘 나타내는 Doline는 石灰岩의 品位와 氣候, 地層의 傾斜, 地方水準高度와 Karst Terrain 高度의 差 등에 의해 그 크기와 形態를 달리한다.

本域은 基盤岩의 均質로 Doline의 斷面 形態가 大部分 圓型이나 橢圓型이며 對稱을 이룬다. 또 雨水에 의한 表面溶蝕 作用으로 생기는 溶蝕 Doline가 分布한다.

Karst Terrain高度 40~90m로서 地方水準高度 10m와의 高度差 30~80m로 값이 작게 나타나지만 Doline가 比較的 크게 나타난다. 이는 基盤岩이 比較的 純粹한 石灰岩으로 되어 있기 때문이다.

本域의 Doline를 高度에 따라 分析해 보면 50m以下에 1개, 50~70m에 50개 70~90m에 26개, 90m以上에 3개로 低地帶에 分布되어 있다.

長徑에 따라 分類해 보면 長徑 50m以下가 55개로 가장 많이 分布하며 50~100m가 19개, 100~150m의 것은 6개가 發達한다.

本域은 Terrain面積 2.56km²에 Doline數 80個로 Doline密度 31.25를 나타낸다.

Doline주위에는 圓磨度가 잘 發達된 丹礫들이 나타나는데 이들은 海低에서 礫들이 堆積된 海岸般丘層상의 礫이다. 즉 海低에서 礫들이 堆積後에 石灰岩이 溶蝕을 받아 Doline를 形成하였기 때문에 Doline内部에는 많은 礫들이 分布한다. 그러나 Doline内에서 農作

물을 耕作하기 위해 人爲的으로 礫들을 移動시켜 現在는 Doline주위에만 分布된 것으로 思料된다.

本域에선 2段階 Doline가 5個, 3段階 Doline가 2個 나타난다. 이는 氣候的인 變化나 地盤의 段階的인 隆起로 發生된 侵蝕의 證據로 起因된 것으로 思料된다. 이들은 現在 耕作地化되어 一部地域을 除外하고는 形態가 微弱하다.

本域中에서 城南里地域을 자세히 살펴보기로 한다. 城南里地域은 縞狀構造를 보이는 石灰岩層으로 走向 N8E, 傾斜가 거의 垂直인 地域에 Doline가 發達되어 있으며 Karst Terrain面積 1.69km²에 Doline數 56個로 密度 33.14를 나타낸다. 高度別로 볼 때 50m以下에 6個, 50~70m의 36個, 70~90m의 12個, 90m以上에서 2개의 Doline가 나타나 이들 中 50~70m地域에 Doline가 우세하게 發達한다. 特히 60m上에 나타나는 円礫은 化崗岩類, 角閃石類 片麻岩, 珪岩으로 構成되어 있으며 이들의 成因은 前述한 바와 같다.

4. Uvala

Uvala는 Karst輪廻가 壯年期에서 老年期로 進入한 佳坪里, 雙龍里 및 閻三里 地區에 規模있게 分布한다.

佳坪里 地區에는 延長 3km, 幅 500m에 달하는 것도 있다. 同域에서 Uvala는 地層의 走向을 따라 發達하기도 하지만 規模가 큰 것들은 그를 斜交하는 山斜面的 傾斜 方向을 따라 發達한다. 閻三里와 생계령地區에서는 Sinkhole Terrain上에 形成된 새로운 局地侵蝕 基準面的 점진적인 下降에 의하여 그에 따르는 새로운 侵蝕輪廻의 過程을 밟고 있다. 이러한 現象은 地方水準面과 sinkhole Terrain面の 高度差가 커 地下水의 伏流가 현저한 地域에서 發達한다. 이렇게 形成된 Blind valley의 길이는 生계령地區에서 3km에 달하는 곳도 있다.

Uvala의 形態는 直線上에 發達하는 複合 Doline의 二次的인 產物이므로 대체로 直線狀을 이루나 全般的인 地形과 관련되어 L字型을 이루거나 不規則한 모양을 形成한다. 佳坪里地區의 uvala는 直線的인 연장이 500m에 달하는 것도 있다.

5. Hum

本域은 Karst輪廻의 만장년기 地形에 속하므로 地形輪廻의 末期段階에서 나타나는 殘丘와 유사한 形態의 石灰岩殘丘를 볼 수 있다.

研究地域의 Hum은 Doline와 Doline사이에 남아있는 殘有山地라기 보다는 石灰岩의 差別侵蝕으로 形成된 殘丘地形이다. 本域에서 가장 양호한 形態를 이루고 있는 Hum은 길이 30m, 높이 5m, 傾斜 23°정도로써 낙엽송에 의해서 被覆되어 있으며 石灰岩의 殘丘가 半球形인 圓頂 Karst의 特色을 나타내고 있다.

6. Karst Spring

Karst Spring은 地下로 滲透되었던 地表面의 滲透水가 다시 地表에 나타난 現象으로

本域에선 大口里에 1個가 나타난다.

이 地域의 地質條件을 고려하면 表面 河川의 滲透로 因한 湧出은 없고 全的으로 石灰岩地域의 伏流에 의해 供給받는 exsurgences이다. 平均湧出量은 계절에 따라 약간의 差異는 있으며 Karst Spring은 高度와는 無關한 것으로 思料된다.

IV. Karst 輪廻와 考察

Karst地形의 發達은 여러가지 要因 즉, Doline高度와 地方水準高度의 差에 支配되는 位置에너지의 크기와 氣候條件·層理·節理·斷層等の 地質構造와 石灰岩의 品位 등이 浸蝕力의 정도에 영향을 주므로 그들의 條件에 따라서 多樣한 形態의 Karst Phenomena를 나타낸다. 이러한 現象은 各地區의 Karst Phenomena를 比較 研究하는데 重要한 資料를 提供하여 줄 것으로 思料된다.

檜洞里, 淵堂里, 三陟地區의 Sinkhole Terrain上에 分布하는 圓磨度가 높은 砂礫層은 古期河成層의 殘跡으로서 Sinkhole形成의 相對的인 時期를 決定짓는데 도움이 된다. 三陟地區에서 發見되는 砂礫層은 海岸段丘層의 殘跡物로 生覺되며 東海岸의 隆起와 Karst Phenomena를 결부시켜 時間的인 問題를 論議하는데 重要하다.

三陟, 직원리, 檜洞里 Karst Phenomena比較

區分 \ 地名	三 陟	직 원 리	檜 洞 里
Location	129° 10' 10"E 37° 26' 00"N	128° 56' 00"E 37° 32' 30"N	128° 26' 00"E 37° 24' 33"N
地 質	豊村石灰岩	豊村石灰岩	정선石灰岩
特 徵	半被覆 Karst	被覆 Karst	被覆 Karst
Terra Rossa	30~70cm	안나타남	안나타남
Lapiés	많이 分布	nothing	a little
Doline Scale	中 間	아주 큼	小 規 模
Uvale	거의 없음	현저하게 나타남	조금 나타남
Polje	nothing	faulf polje	nothing
Blind Vally	nothing	0	nothing
Doline form.	solution doline	solution doline collapse doline	solution doline
Karst Cyclé	mature stage	old stage	mature stage →old stage 段階

地形發達過程은 여러 要因에 의해 支配되며 複合된 그들 因子의 強弱에 따라 進行過程의 速度를 달리하므로 時間이 絶對的인 因子가 되지 못한다. 그러기 때문에 Karst Phenomena形成에 對한 絶對的인 時間을 뜻하는 形成時期를 論하는 것은 매우 곤란하다.

本論文 對象地域의 Sinkhole Terrain은 매우 複雜한 地質構造上에 發達하고 있으므로 水平的이고 石灰岩層의 上·下部에 不透水性 岩石의 存在를 가정한 Cvijic의 輪廻說에 적용하여 Karst 輪廻를 論하기는 곤란하다.

各地區에서의 輪廻過程은 Sinkhole Terrain과 地方水準高度의 差에 支配되는 位置에 너지의 세기가 輪廻過程을 촉진시키는 侵蝕力에 關係되므로 地域에 따라 약간의 차이를 나타낸다. 그의 落差가 큰 閭三里, 고마루, 발구덕, 생계령地區에서는 아직 壯年期에 속하는 Doline들이 散在하고 있으나 대규모의 blind valley들이 發達하는 것으로 보아 壯年期에서 老年期로 進入된 것으로 生覺된다.

上記한 事實들을 綜合해 볼 때 本對象地域의 Karst 輪廻는 滿壯年期에 속하는 곳도 있으나 大體로 晚壯年期에서 老年期로 進入하는 過程에 있다.

V. 結 論

1) 本域의 Karst Terrain은 캄브로-오오도비스紀에 속하는 朝鮮累層群의 大石灰岩層中 豊村石灰岩層에 形成되며 Terra Rossa를 비롯한 Lapiés, Doline, Uvala, Hum, Karst Spring等の Karst Phenomena가 나타난다.

2) 이들 Karst Phenomena는 地質構造 石灰岩의 品位, 地形, 地方水準高度와 Sinkhole Terrain의 高度의 落差等の 要因에 支配된다.

3) Doline의 斷面形態는 大部分 圓型 혹은 橢圓型을 이루며 高度別 Doline의 發達을 보면 50~70m上에 가장 우세하며 地方水準高度와 Terrain高度와의 差가 작지만 比較的純粹한 石灰岩層으로 되어 있어서 Doline가 比較的 크게 나타난다. 어떤 氣候的인 變化나 地盤의 段階의 陸起에 기인된 輪廻의 中斷으로 發達되는 階段式 Doline가 나타난다.

4) Terra Rossa와 Lapiés의 發達이 현저한 半被覆 Karst地形을 이룬다.

5) Lapiés는 土壤水에 의해서 石灰岩의 層理와 節理를 따라서 發達되는 溶蝕溝의 發達로 形成되며 보통 狹窄한 型態를 이룬다.

6) Doline의 發達이 양호하고 Uvala가 거의 나타나지 않으며 cvijic의 Karst地形 輪廻說에 비추어 볼 때 大體로 滿壯年期에 속하는 곳도 있으나 晚壯年期에서 老年期로 進入하는 過程에 있다.