

日本の Karst 地形

全南大 康 勝 三

I. 序 論

最近의 Karst 地形에 關한 研究와 더불어 석회동에 關한 연구가 국내외적으로 10年 이상의 연륜을 쌓고 활발히 전개되고 있다. 우리나라에서도 한국동굴학회, 한국동굴협회, 자연보호협회 등을 통하여 활발히 진행되고 있다.

日本에서는 Karst (석회암) 地域을 국립공원으로 지정하여 Karst 地形의 보호 및 학습장으로서, 관광지로서 각광을 받은지 이미 오래다. 이와 병행하여 Karst 地形에 대한 연구도 각 Karst 地形에 박물관을 설치하고 전문적으로 그 地域연구를 담당하고 있다.

Karst 地形은 台地上地形에 그 발달이 양호하다. 산악지는 流水에 의한 침식이 강하기 때문에 용식地形의 발달이 적고, 台地는 유수의 완류로 침식이 적고 용식하면서 지하에 침투한다. 그러므로 Karst 地域에서는 물의 침투로 인한 물의 공급에 곤란을 겪는 地域이 많다. 英國에서도 古生代の 석탄기 석회암지역에 Karst 地形이 발달하고 있고 美國에서도 Karst 地形이 발달하여 동굴, 하천, 폭포가 分布하고 있다. 유고에서의 白雲石 석회암은 견고하여 용이하게 침식되지 않고 표면은 물이 침투하지 않기 때문에 더욱 표면만이 침식하여 석회암 地域의 특수한 형태가 유고의 Karst 地形을 이루고 있다. 日本

에서도 山口縣의 秋吉台, 廣島縣의 帝釋台, 福岡縣의 平尾台의 석회암은 고도의 台地를 이루어 전체적으로는 Karst 윤회의 유년기에 해당하며, 部分的으로는 장년기에 해당되는 Karst 地形이 발달했다. 유년기는 Doline, Uvale가 형성되고 台地上이거나 혹은 Karrenfeld 地域에 원표면이 광대하게 잔존하는 경우로 테라로사로 피복되어 있다.

장년기는 Cock Pit로 원표면이 상실한 경우이고 노년기는 전표면이 지하수표면에 가까운 地形이다. Karst 地形에 있어서는 地下水가 66년에 1cm의 석회암층을 용식할 수 있는 능력이 있다고 측정되고 있다. 이와 같은 가능성은 America에 있어서 사면이동, 면상 침식에 의한 평균 침식 감소량 보다도 더욱 큰 것이다.

여기에서는 이와 같은 용식지형이 대표적인 日本 最大の Karst 台地인 秋吉台 Karst 地形을 中心으로 平尾台, 青海, 奄美諸島 Karst 등 日本의 代表的인 Karst 地形의 형성과정, 表面形, 특성 및 분류상의 제문제를 中心으로 1983年 7月~8월에 걸쳐 현지 답사를 통한 개략적인 조사를 보고하고자 한다.

II. Karst 地形의 形成과 分布

日本의 Karst 地形의 형성은 조사운동으로 陸化되었고, 地域적으로는 화강암이 관입하여 結晶化를 이루어 이 地域에 Karst 地形이 형성하게 되었다.

조사운동으로 地尙斜가 융기하기 시작하여 융기한 앞은 해상에서 화산분출과 더불어 그 주변에 산호초가 형성되어 中國南部에서 부터 現在 地中海에 이르는 지역에 광대하게 分布 한다. 日本의 石灰岩地

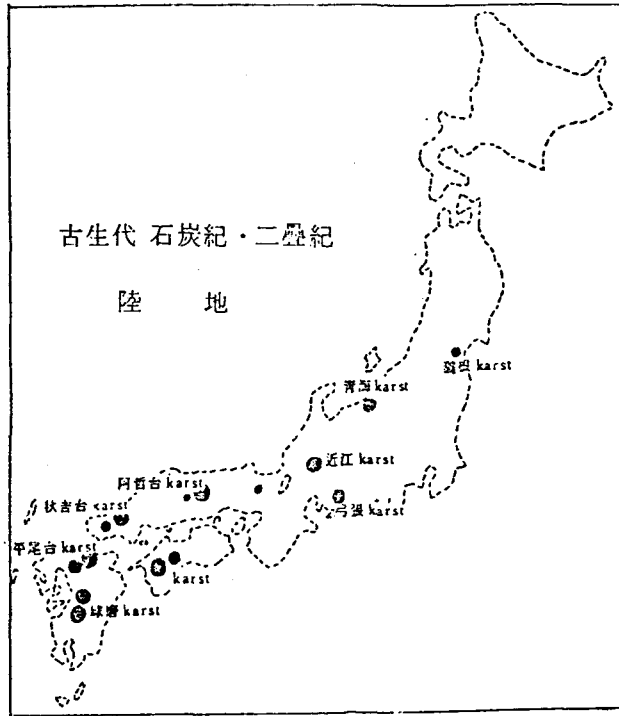
域은 이 테티스海의 東側을 차지하고 있다. 유공충·방수충 등의 생물유해가 해저에서 퇴적되어 응고하고 산호류, 완족류, 패류 등도 퇴적 응고하여 형성되었다.

中生代에 와서 중앙구조선 外帶에서는 석회암지대가 융기하였고 중앙구조선 內帶에서 화산활동으로 인한 융기가 발생하였다.

新生代 第3 말기에서 제 4기에 걸쳐 해중에서 형성된 석회암은 남서제도의 융기로, 沖繩석회암은 대륙측의 화산활동으로 형성되었다. 本州, 四國, 九州의 융기석회암 보다 이 地域은 지질학적으로 신생 석회암지대이다.

西南 日本 내대에 分布하고 있는 석회암지대는 古生代의 석탄기 二疊紀 석회암으로 青海 Karst, 阿哲台 Karst, 帝釋 Karst, 秋吉台 Karst 地形을 형성하였으며 異質구성물은 없으나 화석은 다량 포함하고 있다. 秋吉台 석회암은 3억년 前의 산호초로 형성된 석회암으로 300~400 m 두께의 석회암 퇴적층을 이루고 있으며 秋吉台 조산 운동으로 석회암 대지를 형성하고 유기 석회암 즉 화석대지로 Karst 地形의 발달하고 있다. 대륙 주변부는 지향사 지대로 해저화산이 분화하여 화산구에 생물산호초가 발달하였으며 점점으로 산호초 地域이 日本 석회암지대를 형성하였다. 그 分布地域은 山口縣의 帝釋台, 岡山の 阿哲台 등이며 점점으로 分布하고 있다는 것이 특징이다.

秋吉台的 Karst 地形은 西南 日本내대·중앙부의 석회암대지로 山口縣 중앙부를 차지하여 동서 17 km (16 km), 남북 7.5 km (8 km)의 평행 사변형이다. 秋吉台 Karst는 日本型 표준지역으로 日本내에서는 最大面積과 규모, 分布를 자랑하며, 석회암地域의 면적은 130 km²이다.

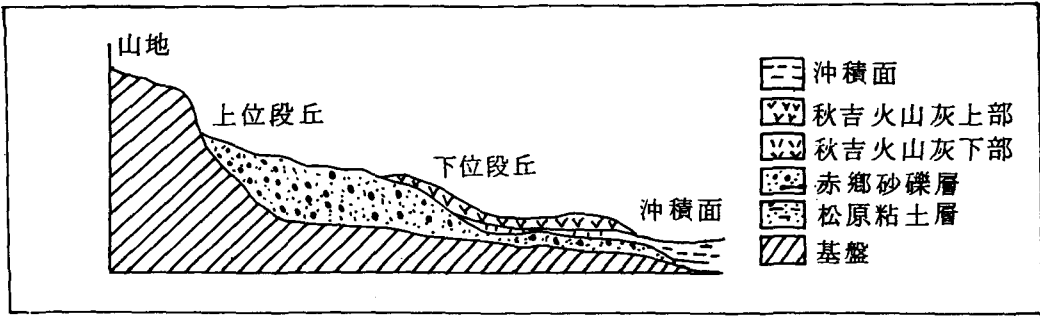


Karst 分布地

이 추길대의 Karst 지대는 역전구조로 歸水地域에서는 고지에 고화석, 저지에 신화석의 分布로 역전을 이루고 있고, 江原 Uvale 地域에서는 점판암이 下部에 있고 석회암이 上部에 있어 역시 역전구조를 이루고 있다. 秋吉台的 북부도 역전구조로 於福台 405.5 m 高地일대에도 高地가 古化名, 하부가 신화적으로 역전이고 우바코 新尺 점판암이 下部에 있어 역전층을 이끌고 있다. 秋吉台지형은 赤谷山 409.5 m 상에 400 m 내외의 용기 준평원 유물이 광범위하게 분포하고 있어서 地獄台面이라 칭하고 300 m 상의 평탄면은 長者森面, 200 m 상의 평탄면을 若竹原面 170~180 m 에도 평탄면이 존재한다. 厚東川연안의 서秋吉台 북방에는 하안단구가 있고 礫層이 퇴적되어 있다. 이 秋吉台的

地形面은 준평원의 유물 혹은 고원상의 台地로 200~300 m의 광대한 평탄면이 存在하는데 270~320 m의 상위면을 長者森面이라 하고 230~250 m 하위면을 若竹原面이라 한다. 이 地域에 Polje가 分布하고 있는 洪積층은 Riss-Würm 빙기, 간빙기의 퇴적층으로 된 퇴적분지로 점토·사력층이 퇴적하여 상위단구를 형성하고 그 퇴적면의 고도는 赤郷地域이 200~220 m, 嘉萬地域이 90~100 m, 美祿地域이 100~120 m면으로 추정하고 있다. 그 후 상하면의 지하로 퇴적물이 침식되어 단구화 하였다. 하상저하가 일시 정체하여 평탄침식면이 형성되어 점토·화산회 퇴적층이 하위단구를 이루고 Würm 빙기에 하상면의 지하로 침곡을 이루어 침식면이 단구화 되었다. 후빙기에는 이 침곡에 충적층이 퇴적되어 현재의 지형이 형성되었다. 이 秋吉台地域은 厚東川의 지류가 Polje를 이루고 고도 70~80 m의 평탄한 저지가 있고, 상위단구는 사력층으로 된 比高 15 m면이고, 하위단구는 점토층과 화산회로 된 5~10 m면이고, 그 이하에 2~3 m의 충적단구를 이루고 있다. 秋吉台 台上에는 洪積세 前期의 礫尺도 分布하고 있어 상위단구와 동일인지는 의문이다. 단구의 발달지역은 赤郷地域, 嘉萬地域, 秋吉地域, 美祿地域으로 秋吉台 북동부를 차지하고 있는 赤郷저지는 300 m의 석회암 대지를 중심으로 170~230 m의 평야가 Polje를 이루고, 상위단구면과 하위단구면이 存在하며 상위면은 赤郷面으로 사력층으로 구성된 比高 20 m지역이다. 하위단구면은 中原面으로 점토·사력점토로 구성된 比高 10 m지역이다.

嘉萬저지의 Polje저지도 사력층으로 된 상위단구가 있고 하위단구도 존재한다. 平尾台의 Karst 지형은 2億8千~2億5千萬年 前



赤郷平野段의 地質斷面模式圖

폐름기에 산호, 방수층, 해백합 등의 생물초로 형성되었으며, 이 平野
 臺의 Karst 台地는 北九州市 小倉南區의 대부분이며 北九州 국립공원
 의 일부로서 長축이 6.3 km, 단축이 2.7 km, 면적은 1,400 ha이다.
 斜面은 급사면과 급한 단애로 형성되었고 정상은 台地上을 이루고
 있다. 이 台地上의 평탄면은 秋吉臺 Karst대지와 마찬가지로 준평원
 의 유물이다. 평탄면의 구분은 龍鼻面으로 670~680 m의 평탄면이고
 半群原面이 500~530 m 平坦面, 廣谷台面이 475~490 m, 花畑面이
 435~460 m, 鬼本戶面이 390~420 m 평탄면, 等火盆地面이 365~380 m
 의 평탄면이 存在하고 있다.

青海의 Karst 지형은 最東化 노출지로 전 延長은 7.5 km이고 최
 대폭은 중앙부의 黑姬山부근이 2.9 km이며 최대 두께는 1,000이다.
 이 青海 Karst 地域은 나아가다縣 南西部에 위치하여 북서의 青海
 町, 親不和에서 남동부의 絲魚川市 小龍까지 全長 12.5 km와 最大幅
 2.6 km로 帶狀으로 分布하고 있고 主分布地域은 板峯에서 黑姬山, 明
 星山에서 清水山일대로 板峯, 黑姬山, 明星山 地域이다. 이 青海석회암
 은 3억 3천~2억 4천 만년사이 약 9,000 만년간 사이에 형성된 海저生

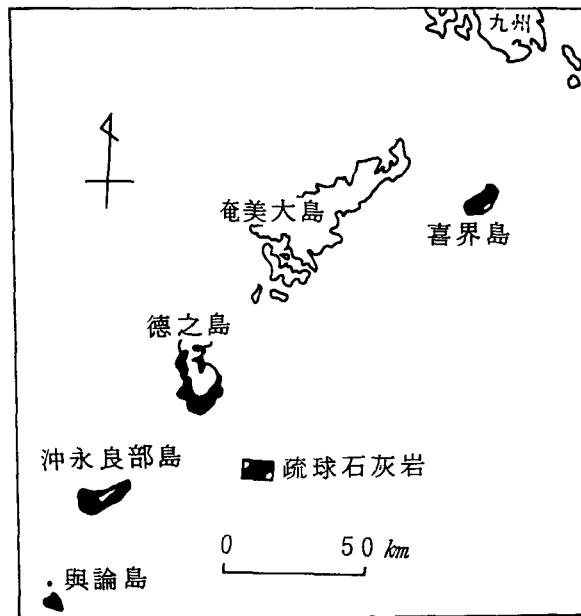
物로 구성된 석회암으로 남태평양에서 산호초로 형성되어 현재 위치로 이동되었다는 설이 주장되고 있다. 黑姬山 (1,222 m)을 정상으로 하여 1,000 m 이상의 台地로 구성되어 있고 주위는 침식지형 특유의 급사면을 형성하고 있다. 이 青海석회암은 호상으로 배열되어 있어 내측·외측이 암석차이를 보이고 있다. 외측은 북동측으로 산호·석회조류와 생물화석이 많은 석회암이 分布하고 어란상·역상 석회암도 存在한다. 내측의 남서측은 미세한 石灰質泥가 광대하게 分布하여 화석산출이 적고 규질을 포함한 석회암이다. 중간부는 방수층·산호·완족류 화석 등의 쇠석질 석회암이 광대하게 分布하고 있다. 그대서 青海석회암은 화석이나 석회암 성질로 보아 연장측을 중심으로 비대칭적으로 내측·외측이 해양성 성질의 격차를 보이고 있다.

이것은 즉 환경적 차이를 나타내는 것이고 環境變化에 따른 생물변화를 보이고 있는 것이다.

Karst 地形의 分布는 黑姬山 북평탄면의 표고 1,100~970 m 부근 및 남측 완사면상의 폭 1 km 연장 2 km 표고 1,100~700 m 부근과 田海川 中域의 涸澤 舞込平 Polje 일대의 표고 700 m 부근으로 이 Karst 地域은 독자적인 형태적 특성을 가지고 있다. 특히 이 青海 Karst 地形은 北陸지방 기후 分布로 몇만년 동안 台地를 침식한 결과 기복의 변화가 심하여 함몰 Doline, Ponor가 발달하고 폭설지대 특유의 용식지형과 Karren이 발달하고 있다. 남세제도의 Karst 地形이 발달하고 있는 沖永良部島는 全島가 석회암 地域으로 용기 산호초島이다. 大山 (240 m), 越山 (189 m)을 중심으로 수개단의 단구 地形이 발달하고 있으며 고위단구 (180~130 m), 중위단구 (130~

100 m), 저위단구(60~40 m)로 구분한다. 단구상에는 Karst 地形의 모식지를 이루고 있다. 고위단구면은 第3기말 大山이 150 m의 섬, 越山이 30 m의 섬이었던 것이 섬 남측의 주변에 발달한 거초의 완만한 용기로 폭 1,000 m의 거초로 된 原面이 大山中心으로 형성되었다. 급속한 용기로 2개의 섬이 연결되어 台地상의 고위단구면을 형성하고 그후 용기가 완만해짐에 따라 중위단구면의 거초가 형성되었다. 역층이 分布하고 단층도 存在한다. 地域에 따라 10~5개의 단구가 分布하고 있다. 주변 오목상의 굴곡지형은 구 석호이다. 與論島도 남측은 거초이고 섬주변 폭 1,500 m의 보초가 발달하여 7개의 단구가 存在하고 있다.

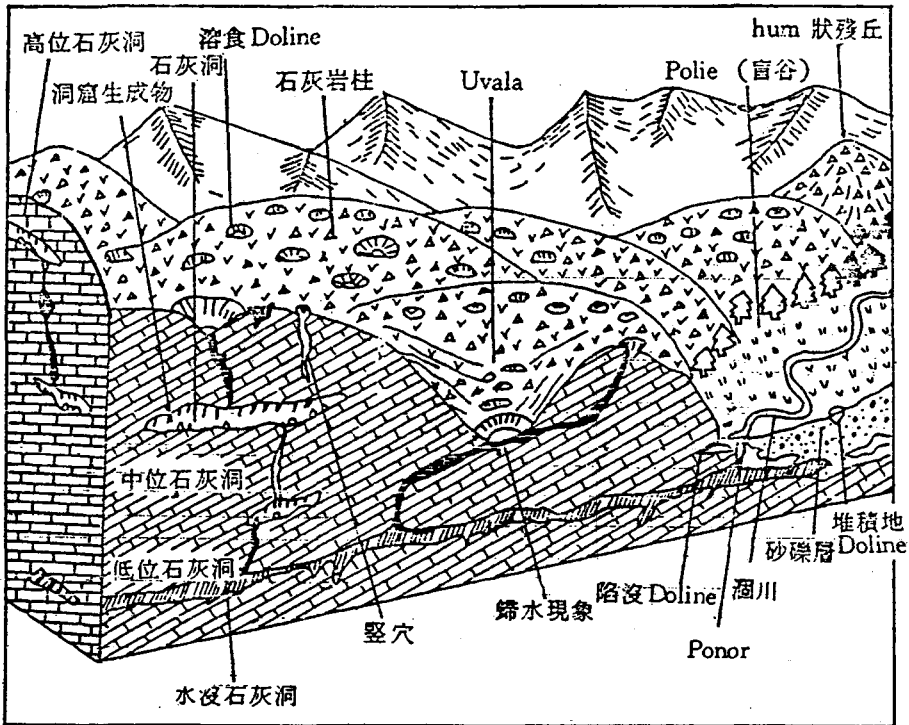
德之島도 용기산호초로 台地를 형성하고 고위단구(190~200), 중위단구(45~60 m), 저위단구(25 m)등이 3개의 단구를 이루고 있으나 그 고결성이 약하다.



美諸島位置圖

Ⅲ. Karst 地形의 表面形

秋吉台的 Karst 地形은 용기 후 雨水로 용해되어 新生代 洪積세에 Karst 地形을 形成하였다. 秋吉台에는 河川流水로 인한 Hum 상의 잔구가 많고 秋吉台가 형성시작하면서 Hum, Uvale 및 사력층의 퇴적하고 추길대 원형이 형성되어 Uvale, Polje가 형성되었고 현재의 추길대가 형성되어 Polje가 형성되었다. 마고로비에는 1km에 120 ~ 140 개의 Doline가 分布하고 있어 그 밀도는 세계 1위로 알려져 있다. 석회암지대에 단층곡이 형성되어 歸水地域은 구조성 용식곡을 이루고 있다. 秋吉台 Karst 地形은 형태상으로는 皿狀이나 井戶狀 Doline는 적고 누드상 Doline가 많이 分布하고 있다. 그 발



秋吉台模式斷面圖

달 과정은 皿狀에서 井戶형 壺型을 거쳐 양동이형, 누드형 순으로 발달한다는 說과 古狀에서 皿狀으로 또는 누드형으로 발달한다는 주장 등 일정하지가 않다.

Doline 地形은 若竹山 부근에는 1 km내에 50 ~ 60 個, 地獄台에서 1 km當 30 ~ 40 個의 Doline가 分布한다는데 一般的으로 200 ~ 300 m 地形面에는 Doline의 分布·밀도가 높고 300 ~ 400 m의 잔구상 및 200 m 以下の 잔구상 山에는 그 分布가 적다. Uvale는 江原 Uvale, 大久保 Uvale, 立見 Uvale 등 Doline의 복합으로 단일 돌리네 보다 크다.

地表面流가 있고 谷形地形으로 Uvale 內에 Doline가 발달하고 있다. 歸水의 Uvale 地域도 수 m 流水 후 지하로 흘러 강우시에는 湧泉湖를 형성한다. Polje는 大盆地를 형성하여 밑에는 지하수면에 도달되어 용천과 지상천을 형성하고 평야를 이루어 취락이 입지하고 있다. 석회암 주변이 다른 암석 인접지역에도 발달하고 있다. 秋吉台의 석회암은 중앙부를 남북방향으로 하여 厚東川연변에 Polje 群이 발달하여 貫通谷을 이루고 있다.

歸水 오목지대(凹지대)에 分布하고 있는 Polje는 ①中原 Polje ②沼 Polje ③佐山 Polje ④三角田 Polje ⑤廣谷 Polje ⑥瀬戶 Polje ⑦嘉萬 Polje ⑧青景 Polje ⑨芝尾 Polje ⑩堅田 Polje가 있고 嘉萬 Polje, 別府 Polje, 秋吉 Polje, 水田 Polje는 단층지이다. 지하수 상류측의 물이 유입하는 Polje발달이 盲谷을 이루며 지하수가 유출하는 Polje는 袋谷을 이룬다.(廣谷 Polje) 秋吉台 상에는 잔구들인 若竹山, 北山, 冠山, 劍山, 眞元岳이 있고 P-

olje 內에는 잔구가 있어 Hum을 이루고 있다. Polje는 降雨中에는 流水하나 건천을 形成하는 경우가 많고 강우시에는 일시적으로 홍수를 형성한다.

鬼六窪지대는 於福 Polje, 大嶺 Polje, 伊佐 Polje, 河原 Polje가 分布하고 있다. 이들 Polje는 석회암대지 뿐만 아니라 다른 석회암경계지대의 분지까지도 Polje에 포함시키고 있는 것이 특징이다. 이 경우 측벽경사는 완경사를 이루고 있다. Karrenfeld의 分布는 기복이 심하고 잔구상의 정상부에 分布하는 것이 특징으로 秋吉台的 地獄台, 烏帽子岳, 蓮華山, 眞名岳, 劍山, 笠木山, 若竹原에 分布하고 있다.

平尾台 Karst地形은 고생대에 形成되어 Magma 열로 變성작용을 받아 결정질석회암(대리석)이 되었고 화석이 파괴되어 연대가 미상이다. 이 지역은 粗立결정질 석회암으로 풍화가 용이하여 Karrenfeld는 角이 아니고 圓形의 Karrenfeld를 형성하고 있다. 秋吉台는 角이고 용식무늬도 角이다. 青海 Karst地形은 日本內에서 最大적설지대로 黑姬山에는 연간 5 m의 적설이 쌓이는 地域이다. Doline나 동굴내부에는 주변이동 설빙이 누적되고 설해빙作用으로 용식이 발달하여 장기간 설빙 용설수의 작용과 석회암층의 두께가 두꺼워서 급한 능을 형성하고 있다. 四紀 지각상승의 특수성으로 日本內에서는 유래없는 특이한 青海 Karst地形을 형성하고 있다. 青海 Karst지형은 판봉의 400~500 m 대지상 地形에 Doline가 발달하고 있고 黑姬山에도 Doline, Uvale, Karren, 석회동, 천연교 등의 Karst지형이 발달하고 있다. 黑姬山 북동과 남서사면에는 Doline,

Uvale가 最大로 發達하여 8,008개의 Doline가 分布하며 연중 눈으로 덮힌 Doline도 있고 깊이가 50 m가 되는 Doline도 存在하며 함몰성 Doline가 발달하고 있다.

黑姬山 북평탄면에는 직경 30~60 m 底深의 Doline가 밀집되어 있고 남사면에는 150~200 m의 底深의 대형 Doline, Uvale가 연속적으로 발달하고 있다. 田海川 澗澤에도 대규모의 용식곡 지형이 발달하고 있고 Polje인 舞込平에는 Ponor群과 最大深度 500 m이상의 고저차가 存在하는 洞窟群이 分布하고 있다. 그리고 직경 100 m 内外의 깊이가 깊은 함몰성 Doline群은 측벽이 수직에 가까운 특유의 Karst地形을 노출시키고 있다.

明星山地域은 系魚川市, 明星山, 清水山地域으로 明星山(1,188 m) 전체가 석회암으로 남면은 600 m이상의 대암벽을 형성하고 있다. 清水山은 피복 Karst지형으로 Karren지형 발달이 적다. 南亞諸島의 沖永良部島의 고위단구상에는 동심원상의 Doline가 다수 발달하고 있다. 중위단구에는 고위에 비하여 소수의 Doline가 발달하여 그 형태가 불안정한 것이 특징이다. 저위단구에는 형성초기의 Doline가 소수 분포한다. 與論島의 단구상에도 Doline가 발달하고 있다.

IV. Karst地形의 特性和 分類上的 諸問題

日本の 석회암地域은 2억 수천만년~3억 수천만년 사이에 해저에서 生物의 유해가 퇴적되었고 中生代의 석회암지대의 용기로 中央構造線 외대가 용기하였으며, 화산활동으로 중앙구조선 내대가 용기 형성되었다.

南西諸島는 新生代 3紀末~第四紀에 해저에서 형성된 석회암이 대륙측의 화산활동으로 융기하여 本州四國, 九州의 융기 석회암보다도 신생석회암으로 알려지고 있다. 秋吉台조산운동은 추길대 동부 화석시대를 연구한 결과 산층·구층 순서가 역전되어 지형면 高地에 하위 화석이 分布하고 저지에 上位 화석이 分布하여 횡와습곡에 의한 역전구조가 이첩기 말에 형성되었다고 알려지고 있다. 그러나 추길대에 전체적 역전이 있었다는 설에 비해 부분적 역전만이 인정되고, 혹은 소습곡설이나, 소층상운동설로도 인정되나 역전구조를 부정하고 대조산 운동 자체를 부정하는 說도 유력하다. 단구는 長者森面의 지하수면에 고위 석회동에 발달하고 若竹面의 지하수면에 중위 석회동이 발달하고 저위면 석회동도 단구와 관계되어 형성되었다고 알려지고 있다. Polje도 상위단구면, 하위단구면이 존재하고 있다. 충적단구는 比高 2~3 m이다. 상위단구는 홍적세 전기 퇴적물로 Riss-Würm 빙기시 간빙기, 빙기퇴적물이 퇴적하여 형성되었다. 그 후 하상저하로 침식하여 단구화되었으며 하상저하가 일시 정체시에 평탄면이 형성되었고 Würm빙기 하상저하로 심곡의 형성으로 단구가 되었고 후빙기에는 심곡에 충적층이 퇴적하여 현재의 지형이 형성되었다.

平尾台的 지형면도 준평원의 유물로서 대지상의 평탄면이 고도차가 다른 6개의 지형면이 存在하며 이와 같은 지형면의 존재가 융기 차이인지 침식의 차이에 의한 것인지 침식면의 형성원인이 불분명하다. 남서제도의 沖永良部島에는 대산·월산을 중심으로 그 주변에 단구상 지형이 있어서 5~10개의 단구가 分布하고 있고 융기차에 의해 고위·중위·저위 3개의 단구로 구분하고 있으나 與論島의 7개 단구

분포를 비롯하여 德之島の 3개 단구群의 고도가 고위 150~200 m 중위 45~60 m, 저위 25 m 등으로 용기차이에 의한 고도의 차이인지 해수면 변동차이에 의한 단구형성인지는 확실하지가 않다.

Doline 지형은 小 Doline는 명상이고 中 Doline는 凹狀, 누드상이다. 정호상은 함몰로 형성되거나 혹은 퇴적속도 차이에 의해 小에서 大로 진행된다. 표면형은 小 Doline의 경우 그 종류, 형이 다양하고 大 Doline의 경우 원형·타원형이다. 원형은 처음부터 원형으로 용식된 것이고 타원형은 Doline 第 2 연결된 경우이며 장타원형은 원타원형이 측벽 붕괴, 용식퇴적이 많아서 형성된 것이다. Doline의 입면 형태도 명상형·누드형·정호형으로 3구분하고 있으나 향아리형, 양동이형 등 형태가 다양하며 이와 같은 3대분도 문제이다. 토양층이 얇은 地域에서는 Doline가 잘 발달하고 토양층이 두꺼운 곳에서는 Doline의 성장이 약하다. Doline의 분류는 강우가 지하내 침투하여 용식하는 경우 용식틀리네, 석회암상에 퇴적된 층적지가 함몰로 형성한 경우 층적지 Doline, 층적층이 아니고 피복층이 침강한 경우 침강 Doline, 동굴천정의 붕락으로 정호상 수직굴을 이루는 경우 함몰 Doline로 분류하고 혹은 함몰 Doline, 용식 Doline로 구분하기도 한다.

Sander 氏는 직경 10~1,000 m를 Doline라 하고 그 발달과정은 皿狀형에서 정호형·향아리형을 거쳐 양동이형, 누드형 순이라 하고 혹은 舌형에서 皿狀형, 누드형 순이라고 주장하고 있다. 일반적으로 피복지역에는 Doline가 적고, 노출지역에는 Doline가 많다.

日本の 경우 Doline는 500 m 이하의 밀면이 평탄하고 용수가

없는 경우를 지칭하고 있다. Uvale지형은 Doline의 복합이나 혹은 단일 Doline보다 큰 것아때, 물이 흐르는 谷上의 지형으로 Uvale 內에도 Doline가 발달한다. 저지는 지하수면에 도달되고 있는 경우이다. Doline가 지하수면에 도달한 후는 측방침식으로 Uvale를 형성한다. Uvale는 1km내외이다. Sander는 직경 1,000 m 이상을 Uvale라 하고 日本에서는 500~1,000 m의 직경과 기복이 있고 용수가 있고 기복저하가 진행중인 경우를 Uvale 또는 Composite Doline라 칭하고 있다. Polje지형은 석회암 대지상에 발달하고 있는 분지로 석회암이 아닌 그 주변지도 Polje에 포함시키고 있다. 석회암地域을 흐르는 하천은 급경사이며 특히 하천 曲流의 외측에 나타난다. 하천이 흐르고 측벽경사가 급경사이며 석회암과 비석회암의 경계에 발달하는 경우는 측벽경사가 완경사이다. 대지를 관통하는 용식곡도 존재한다. 지하수 상류상에 형성하는 경우는 건천·맹폭Ponor가 발달하고 지하수 하류측에 발달하는 경우는 대곡·용천을 형성한다. Polje는 용식작용과 하천의 기계적 침식작용으로 10km~100km길이이고 Polje 밑은 평탄 삭박면으로 Hum이 존재하고 Polje는 Karst地形의 終面을 표시하고 있다. Polje는 10km내외이다. Sander는 직경이 10,000 m 이상으로 폭이 좁고 긴 경우를 말하고 있으나 Uvale와 Polje의 구별이 확실치 않고 日本의 경우도 1,000 m 이상의 폭이 좁고 긴 평탄하고 표류수가 있는 경우를 말하고 있다. 그의 구조상으로 구분하여 단층 Polje, 향사 Polje, 배사 Polje 등으로 구분하고 있다. 현재 이와 같은 구분상으로 보아서는 Doline, Uvale, Polje의 구분이 명확히 되지 않고 있다.

우리나라에서는 日本의 Uvale에 해당하는 盆地地形을 Polje로 규정하나 嚴密한 구분은 없다. Karrenfeld의 분류는 Bögli氏의 석회암 용식환경 상태로 分類하는 방법이 있다. 자유 Karren은 대기중에 형성되어 全體가 유수나 部分的인 流水로 용해되는 경우이고 반자유 Karren은 일부가 토양으로 피복되어 있는 경우이고 피복 Karren은 토양이 피복되어 있는 경우이다. 그의 동굴 Karren, 정선 Karren, 해석 Karren 등으로 구분되기도 한다.

M. Swee, T.N.Zelningse氏의 분류는 나출 피복정도에 따라 나출 Karst 발달형태로 대기중 강우에 의한 雨蝕穴(rain pit), 우식파문(solution ripple), 우식조구(Solution flete or ryllen Karren), 유수집중으로 사행수구(meandering runnel, 혹은 meander Karren), 용식구혈(Solution slot), 용식수구(Solution runnel, runnel Karren) 등이 있고 部分的 피복 Karst 발달형태로, 용식분(solution pan), 용식공동(Under Cut, Hlan Karren, Solution runnel), 용식노치(Solution Notch)가 있고 피복 카르스트 발달형태로, 원할용식구(rounded solution runnel, Karren)와 용식파이프(solution pipe)가 있다. 日本의 분류도 이 분류를 다소 변화시키고 있을 뿐이다. 강우 효과에 의한 우식형·우식파문·용식구조·우수효과에 의한 용식수구·용식미로 부분적 피복발달 형태인 용식분·용식노치·용식구혈이 있고 지중효과에 의한 용식원할면(rounded solution surface), 용식굴곡(Solution Waist), 용식관통공으로 구분하고 있다. 이 구분방법도 동굴 Karren, 정선 Karren, 해석 Karren 등을 全部 포용하는 것이 아니고 地表面 반

피복, 피복 등의 구분자체가 여러가지 문제점을 가지고 있다. 일반적으로 Karrenfeld의 分布地域도 기복이 많고 잔구상의 정상부에 分布하고 있으나 산지사면 下部에도 分布하여 어떠한 일률성을 찾기란 곤란하다. Karrenfeld의 分布는 산지사면의 上部 Doline, 사면의 上部에만 발달하고 잔적토의 유실지대에 分布한다는 주장과 혹은 지질과의 관계가 없고 일정한 方向性を 인정하는 것은 곤란하다고도 주장하고 있다. 일반적으로 Karrenfeld는 토양이 빈약하고 표토가 얇은 地域에 발달하고 두꺼운 地域에는 자유 Karren은 없고 피복 Karst地形이 발달한다. Karren의 발달과정은 석회암이 노출된 地域에 소규모의 기복현상이 형성되고 이것이 대기복지형으로 변화하여 토양층이 피복되고 토양피복이 증대하면 Karrenfeld사이가 피복되어 나출 Karst에서 피복 Karst로 변한다. 이와같은 과정도 토양속에서 용해되어 地表에 노출하는 경우가 있고 지표노출 Karren도 피복 Karst로 변하지 않고 그 자리에서 용식소멸되는 경우가 있기 때문에 나출 Karst에서 피복 Karst로 변화한다고 규정지을 수도 없다.

V. 結 論

日本の Karst地形도 古生代の 석탄기에서 이첩기 사이에 海中에서 生物의 유해가 堆積되어 中生代 융기와 火山活動으로 융기하여 新生代에 Karst地形이 형성되었다. 그러나 남서제도의 석회암지형은 신생대 제 3기 제 4기에 걸쳐 海中에서 형성된 퇴적암이 화산활동으로 융기한 신생 석회암지형이다. 그러나 日本의 고생대 석회암이 구

태치스海 동측에서 형성되었다. 열대의 산호초가 대륙이동으로 인하여 이동되었다고 주장되고 있다.

각 석회암 分布는 몇 개의 준평원의 유물인 평탄면에만 발달하고 있어 평탄면의 비교 및 해안단구의 비교는 일정치가 않다. Karst 지형인 Doline, Uvale, Polie, Karren 지형은 秋吉台, 平尾台, 青海남서제도에 점점으로 발달하고 있으나 그 地形은 전체적으로 유년기에 해당하고 部分的으로는 장년기에 해당한다. 그러나 남서제도는 유년기에 해당한다. 석회암층이 두꺼운 곳에서는 피복 Karst가 발달하고 얇은 곳에서는 나출 Karst가 발달하고 있다. Doline, Uvale, Polje, Karrenfeld 등의 表面地形 및 발달 순서도 다양하여 일정한 발달순서 및 方向性을 찾기란 곤란하고 그 구분방법도 여러 가지 문제점을 내포하고 있다. 북부의 적설이 많고 용설수가 많고 석회암층이 두꺼운 곳에서는 기복이 심한 특수한 석회암지형이 발달하고 있다. Karst 지형을 결정하는 것은 석회암층의 두께성질뿐만 아니라 地形面 등을 비롯하여 강우의 다소, 적설량의 다·소등 복합적인 요인이 作用하여 複雜한 양상을 띄고 있다.

앞으로 우리나라의 Karst 地形과의 지형면의 대비형태의 비교 발달순서 형성사등의 연구를 통한 석회암 지형의 비교연구가 기대된다.