

地質構造에 의한 韓半島 Karst의 發達過程 研究

吳宗祐*

A Process Study on Korean Peninsula Karst by Geologic Structures

Jong-Woo, Oh

국문요약 : 지질구조는 카르스트의 층위와 구조상의 배열에 있어서 다양한 카르스트의 지형을 결정한다. 카르스트의 발달은 조산 및 조륙운동, 석회암층의 두께, 구성물질의 유형, 단층 및 습곡의 다양성, 주향 및 절리면의 빈도, 기후변화 및 기상환경, 수문 및 유수의 유형, 토지이용 현황 외 환경오염 등에 따라서 차별성을 나타낸다. 특히 지질구조에 따른 카르스트의 발달은 석회암 등이 유수의 작용에 커다란 용해작용의 영향을 받으므로 지질구조의 요인인 단층과 습곡현황과 절리와 균열 등에 의한 카르스트의 발달에 가장 큰 기여를 한다. 지질구조에 의하여 카르스트 지표지형에는 karren과 hum, mogotes, doline와 uvala, towers, springs, 구조적 유역, Closed Systems 등이 형성되고, 지하지형에는 Phreatic 동굴, Vados 동굴, Chambers, Multileveling cavities, Vertical shafts 등이 형성되는 다양성을 가진다. 한반도에서는 습곡구조에 의한 동공의 발달이 탁월하며, 다단계 및 급사면형 동굴의 유형이 다양하게 분포되고 있다.

I. 서론

남한에 분포된 동굴의 형성과정에 관한 연구 결과에 의하면, 태백산맥의 융기와 신생대 제 4기 (약 1600-2000만년) 빙하기 동안에 발생한 수차례 해수면의 승강운동과 태백산맥의 융기작용에 의한 하천의 하각작용 등이 상호 발생된 것으로 간주 하고 있다. 이것은 한반도 지형의 성인적인 문제를 해결하기 위한 중요한 대상이 될 수 있으며, 동굴 퇴적물의 편년에 관한 연구와 동굴입구 주변의 고하천의 분포를 연관시켜 이를 규명 하였을 경우, 태백산맥의 융기적인 발달 과정에 대한 해석을 할 수 있을 것으로 본다.

본 연구에서는 한반도의 카르스트가 지질구조적인 환경과 어떠한 영향이 있는가에 대한 국외의 자료(Ford, Jenning)를 바탕으로 비교 분석하여 제시한다.

II. 구조적인 영향

1. 지질 구조의 영향

지질구조는 카르스트의 존재뿐만 아니라 암석학의 지형학은 물론 그 암석들의 층위와 구조상의 배열에 있어서 다양한 카르스트의 표현을 결정한다. 지질상의 형태와 구조상의 형태는 상이한 침식에 따른 형태로써 카르스트의 표현을 알 수 있다. 이로써 카르스트는 지형 지도책과 지형학책을 통해 알리는데 불균형하게 나타난다. 이러한 경향은 경험적 카르스트 와 관계가 있다고 할 수 있는데, 카르스트의 표면은 많은 지하수 때문에 쉽게 변형되지 않는다.

물줄기가 떨어짐에 따라 계곡 아래로 미끄러져 나감으로써 긴 시기동안 반복한다. 그럼에도 불구하고, 석회석이동의 다양한 연구는 대부분 표면가까이에서 발생되어지고 파괴되어짐을 보여준다. Aubert는 'The Jura Mountains'에 있어서

* 남서울대학교 교수

조산운동으로 형성된 기복이 계속 유지된다면 꾸준히 이동되어 질 것이라고 지적하고 있다. 또한 Aubert는 제 3기 침식 표면에 있어서도 누구보다도 먼저 의심을 품었다. P.W Williams는 반대적인 면에서 표면형태를 보존하여 감소함으로써 용식되어질 수 있다고 제안했다.

2. 구조의 지역적 영향

유고슬라비아 Holokarst와 Merokarst사이의 관계를 만들어낸 Cvijic는 주어진 것 이상의 의미를 가진다. 넓은 해안의 파식카르스트는 수면의 깊이에 따라 석회석의 두께를 가지는데 이것은 Holokarst이다. 여기에는 침식의 기원이 되는 폴리에를 포함하는 중위도의 카르스트지형과 배수가 전영역에 현존한다. 카르스트 발달 과정은 지배적인 것과 경계선의 영향이다. 백운암과 같은 이암은 스며들지 않는 암석으로 폴리에 형태로 진행시킨다. 육지내에 있는 유고슬라비아 카르스트는 더 얇으며 불투과성 암석에 의해 더 저지되어진다.

카르스트는 덜 완정하며, 폴리에는 거의 없고 보통 강, 계곡은 흔하다. 통합된 계곡에 있어서 동굴이 발달되는데 이것이 돌리네이다. 이것은 카르스트 암석표면의 변화보다도 더 빈번히 발생한다. 하층용해의 조각은 후에 나타나는 Bedrock보다 더 중요하다. 영국의 낮은 지대의 Jurassic 석회석은 merokarst가 발생한다. 또한 영국과 프랑스의 Cretaceous도 그러하다. 이것에는 불순물이 없고 기계적인 나약함과 상반되는 동굴의 발달이 있다. 백운암은 백운사의 석회석보다 늦게 용해된다. 이러한 특징들은 격렬한 카르스트표면 기복이나 도랑과 동굴의 발달에 영향을 미치지 못한다. 다른 요인과 마찬가지로 돌리네는 석회석보다 수가 적고 더 얇다.

미국 Midwest의 카르스트의 돌리네의 단면은

탄산화 시키는 암석으로 암석학에 있어서 중요성을 가진다. 카르스트의 다양성은 더운 열대지방에서 발견할 수 있는데, Monroe는 북쪽의 Puerto Rico에서 시작했다. 여기에는 5개 칼슘 형성의 경사가 붕괴된 카르스트다. 반면에 mogote karst는 석회석과 유사한데 진흙과 모래에 둘러싸여 있다. 후기의 veneer the plain은 용해물질의 결과다.

오스트레일리아 북서 석회석의 지형학적 구조는 그 구조가 나타나기 이전부터 관심을 가지고 있었다. 일반적으로 받아들여지는 해석은 그것들이 구조적으로 방해 받는 Devonian 생물기원적 환초(Biogenic reef)이다.

페디먼트는 산기슭의 완사면으로 내환초(inter-reef)측면과 불투과성 분지이다. The reef proper의 좁은 구역은 전환초(reef)와 후환초(back-reef)면 아래 구조에 얽혀 형성되어 있다. 이러한 곳에 있는 것은 merokarst이다. 이것은 울퉁불퉁한 홀로 카르스트를 발생케 한다. 이 두 카르스트는 서로 차이점이 분명한데 그다지 중요하지는 않다. 전환초의 themega-breccias는 미끄러 나가지 않는 층적물의 성 같은 구조를 부식해 나간다.

Logan and Semaniuk는 여러가지 사실들을 보건데, 모든 구조물은 Shelf bank 탄산화로부터 시작되고, 후환초면으로 여겨지는 변화로 보여질 수 있다고 하였고, 지층의 경사는 축적물이 아니라 압력의 결과로 형성된 것이다

카르스트 지형학자를 위한 이러한 관심이 만약 받아들여졌다면 이러한 새로운 견해는 지질 해석의 재검토가 없이 난관에 부딪혔을 것이다. 탄산칼슘과 더불어 분석과 변경은 지질성질에 있어 다른 결과를 가져온다.

3. 지형형태의 구조적인 영향

구조적인 영향은 Sarawak의 석회석으로 알려져 있는 Wilford and Wall로서 모든 카르스트 집합물의 좀더 소규모를 표현한다. 구조적으로 모든 선이 확정된 탑은 세부적이지 못하고 크지도 않다. Mitchell과 the Palmer Rivers사이의 북쪽인 Queensland의 Chillagoe 북동쪽 카르스트 탑이 이에 속함에 확실하다. 이것은 단층이 생김과 수직층안의 Bicherm이 동시에 일어난다는 것을 설명하고 있다.

Sweeting은 석회암 암석학의 지형을 변형시키는데 있어서의 다른 증거에 공헌했다. Craven에 있어서 석탄층 석회석의 연속은 유공과 micrite와 sparite의 비율로 거의 측정되어 졌다. 두꺼운 층리와 낮은 유공은 좀더 낮은 유공의 micrite와 sparite 내용물과 깊은 관계를 갖는다. 그러나 biomicrite는 더 높은 유공을 가진다. 두꺼운 층리와 높은 sparite 내용물은 융합이 반대로 연관되어 있다.

기후에 있어서 용해성과 성질은 biomicrites와 더불어 가장 크다. 그 결과 sparite는 높은 절벽과 계곡면을 따라 scars가 형성된다. 그리고 좁은 골짜기를 만든다. 또한 빙하로 씻겨 내려간 석회석 포장도로는 the sparite bed 위에서 가장 잘 발달하는데 이것은 후기 빙하용해에 의해 적게 분리되어지고 많은 침식의 제한을 받는다. 벽이 있어 열린 측대는 석회석 형태 보다 더 발달된 것이다. 계곡은 넓고 얕으며, 돌리네의 붕괴는 biomicrite와 micrite의 빈번함으로 일어난다.

Bioherms는 reef knoll를 야기 시킬 뿐 아니라 카르스트의 배수 형태에 영향을 준다. 상부지구 동쪽에는 골짜기가 있는데 Bradwell Dale 마른 골짜기와 Derwene at Matlock의 형태와 같다.

대체로 특별한 침식을 형성하는 것은 용해과 이프로 부터 만든 전환된 기복형태이다. 용해

파이프 주위의 Cementation은 구멍에 남겨진 작은 물질로 형성된다. 고화는 칼슘사의 석질과 연관 되어 있는데 연속적인 바람의 침식이 파이프 벽과 작은 기둥안의 토양 주위를 이동하는 것이다. 이것은 Jurien Bay, WA 가까이 비석과 같은 것이다. Sheringham, Norfolk, England의 관모양의 퇴적물은 부식작용을 한다. 그러나 여기에는 집중 형성의 예로 놀랄만한 물질을 가져왔다.

4. 지하의 구조적인 영향

지질의 요인에 있어서 초기동굴을 특정지역에 모이는 것은 특히 중요한 요인이다. 그러나 대체로 동굴은 지질구조에 기반을 두고 발달되었다. Rauch and White는 펜실베이니아의 Thenittany 계곡을 통해 분석을 했다. 거의 모든 동굴은 Champlainian 석회석과 소수의 백운암 구조로 발견되어졌다. 이 구조내에는 1/4을 구성하는 30여개의 구성요소와 지층의 6개가 존재해 있다. 작은 알갱이와 석회석의 순도는 알맞으며 점토와 백운암은 알맞지 못하다. 서버지니아 지역 Theswago Creek 의 W.B. White는 동굴발달은 석회석 속의 점토질의 요소가 알맞게 배합된 것으로 인한 것이라 했다. 반면에 Waltham은 석탄층 석회석을 기반으로 craven동굴을 지적했다. 미국 Midwest 미시시피 구조는 Mammoth 동굴군의 모든 것을 포함하는 셀 수 없을 정도의 많은 동굴들이 있다. 그러나 이곳에는 많은 축적물의 분지를 통해 변화하고 있으며, 또 다른 알맞은 형태의 수직 변화를 발견하고 있다.

수직의 탄산암으로서 동굴평면은 융합되어 조적하고 있으며 craven 과 clare의 많은 동굴은 각각의 층으로 윤곽을 그려내고 있다.

지층의 경사시 중요한 것은 방향이다. 급격한 단층이 단면을 가로질러 특이한 지층이 발생한다. 이것은 종단면과는 다르다. 여러 신문에

서 거론하고 있는 각각의 동굴들은 동굴통로와 절리방향의 대비를 보여주며, 고의적으로 절리와 층리의 상대적인 중요성을 가중시키고 있다. 여러 구조에 있어서 the Grotte de Remouchamps 와 Belgium은 지하지질학의 지도가 신문지상의 EK에 따르면 층리보다는 절리가 더 조절되어 통로를 만든다. Powell은 거의 수평의 층리인 인디애나 카르스트 안에 절리의 중요성의 더 큰 의의를 가진다. 그는 백운암 층리에 대해 언급하였는데 혼합의 정도가 더 크기 때문에 석회암 주위의 동굴형성이 더 쉽게 만들어진다고 한다. 반면에, 석회암은 즉시 용해로 되기 때문에 동굴 집단이 주이다.

Slovenian 동굴의 조사에 따르면 Gams 는 다양한 구조에 있어서 층리는 동굴의 중요한 요인이라 했다. Bogli는 초기의 동굴층리면에 대해 언급했는데 절리면을 따라 부서지기에 2차 확장을 통해 뚜렷하지 못할 것이라 했다. Holloch, Switzerland, Kentucky와 같은 오랜 동굴들이 많은 것은 절리 때문은 아니다.

이러한 문제는 아마도 주향 절리면의 중요성에 따라 혼란을 가져온다. 절리형태는 Charity와 Christopher가 주장한바 다른 요인들이 반영된다. 절리가 향사를 따라 있기 보다는 배사층을 따라 열린다. 평면상의 층리와 얇은 층은 강한 영향력의 과정이라 할 수 있다. Kavalieris와 Martini는 서부 Transvaal 백운암굴의 절리와 층의 모순을 이용하였는데, 절리는 지역 지질역사의 하나다.

굴 형성에 있어 단층을 일으킴을 알 수 있다. 유사한 다양성을 산정지역의 많은 굴은 단층들과 광석성질이 단층을 일으킨 지층대를 따라 고정되어 발달된 것이다. 대로는 큰 직선통로의 뚜렷한 활면표면을 그려냈다. 단층들은 지층의 경사방향이 동시에 발생한다. 광석은 썩힌 단층

면과 단층각력암으로 너무 빈약하여 보조물이다. Palmer는 뉴욕과 Onesquethaw 굴의 배열부분을 단층으로 여겼다. Gregg는 동굴발달의 층리에 따른 운동이라고 주장했다. 스페인의 the Matienzo 동굴의 단층은 때로는 알맞게 또는 부적합하게 큰 통로가 형성된다.

단층은 수문학의 장역으로 높고 낮은 침투성의 암석으로 존재한다. 이것은 karstic Edward 석회석의 텍사스 주에 잘 알려져 있다.

석회석의 좁은 경선의 배수는 지하배수의 시발을 표면배수선에 형성되는 것으로 부터 막아준다. 이는 the Zaton과 Mehedinti Plateau, Romania Bulbaa 굴사이의 체계로 알려져 있다.

III. 한반도 Karst의 지질

한반도의 카르스트는 산지지역에서 다양하게 분포하고 있는 산악카르스트(Alpine Karst)라고 규정지어진다(오종우, 1993). 북한지역의 석회암 지대의 분포는 남한의 것보다 몇 배 이상의 기반암 분포가 광범위하기 때문에 카르스트 지형의 발달에 호조건을 갖고 있으며, 특히 남한 암석보다 오래된 고생대, 원생대, 시생대 퇴적암에서 다양하게 분포하여 상대적으로 좋은 조건을 가지고 있다. 북한의 와지지형(Dolines-sinkholes)은 주로 고생대 오도비스기의 하부대석회암통과 캄브리아기의 양덕통 석회암과 원생대의 연천층군, 상원층군, 마천령층군에서 출현되며(표 1),

소수의 와지가 시생대의 변성암기저복합체에 서도 분포되고 있다(표 2). 북한 지역의 와지분포는 주로 평안남도과 황해도를 연하는 중서부 지역의 고생대 대석회암과 원생대 석회암 지대에 주로 분포하지만, 시생대의 기저변성암 복합체 중에서 석회암군에서도 출현이 현저한 편으로 남한의 지질보다 상대적으로 오래된 지질층

에 다양하게 분포 발달하는 특성이 있다. 특히 대동강 유역을 중심으로한 저산성 잔구릉지대에 는 무수한 와지지형이 형성되어 있어 일명 “카 르스트 준평원”이라고 불리워질 만큼 와지지형 이 대규모적이다.

표 1. 북한Karst지형분포지역의 지질계통도

	지질 계통
신생대	제4기 현무암류
	제3기 화산암류
중생대	백악기 화강암류
고생대	오도비스기 하부대석회암통
	캠브리아기 양덕통
원생대	상원층군
	연천층군
	마천령층군
시생대	기저변성암복합체

자료: 대한민국국세지도(1989)국립지리원

남한의 카르스트 지형의 경우 대부분의 암석 계가 고생대 하부 대석회암통으로 형성되어 있으며, 카르스트지형의 모암인 石灰岩과 白雲岩이 넓게 분포하고 있다. 남한 지표지형의 형상으로서 가장 대표적인 것이 지표면의 함몰에 의해 나타난 돌리네 지형인데 이들의 분포는 석회암 석의 분포와 비례적인 관련성을 나타내고 있다. 특히 강원도의 삼척, 동해, 영월, 평창 등지와 충청도의 단양, 영춘, 매포 그리고 경북의 문경 등 지에 집중적으로 분포하고 있다.

기반암층을 덮고있는 2-3 미터 두께의 토양은 석회암 風化土 (Carbonate residual soil)로서 적갈 색을 띠며, 대부분의 암층상에 분포되어 被複 카

르스트 (Overburden karst)의 특성을 가진다. 괴복 카르스트는 대개 한국과 같은 온대지방의 석회 암지대에서 형성되는 특징이 있다. 왜냐면 열대 지역의 침식을 보다 온대지역의 심층풍화에 의 한 토양생성에 의한 집적율이 상대적으로 빠르 기 때문이다 (오중우, 1995).

본 지역은 지체구조상 태백산 地尙斜帶에 속 하기 때문에 습곡과 단층작용에 의한 地構造 형 상이 매우 복잡한 양상을 가진다. 동굴을 胚胎시 킨 母岩은 古生代 오도비스 (Ordovician)기의 上 部大石灰岩群 (조생계의 막동석회암류)으로써 막골석회암이며, 회색 白雲質석회암 (Dolomitic Limestone)으로써 탄산염 (CaCO₃)의 함량이 비 교적 높은 것으로 알려져있다.

IV. 결론

지질구조는 카르스트의 층위와 구조상의 배 열에 있어서 다양한 카르스트의 지형을 결정한 다. 카르스트의 발달은 조산 및 조륙운동, 석회 암층의 두께, 구성물질의 유형, 단층 및 습곡의 다양성, 주향 및 절리면의 빈도, 기후변화 및 기 상환경, 수문 및 유수의 유형, 토지이용 현황 외 환경오염 등에 따라서 차별성을 나타낸다. 특히 지질구조에 따른 카르스트의 발달은 석회암 등 이 유수의 작용에 커다란 용해작용의 영향을 받 으므로 지질구조의 요인인 단층과 습곡현황과 절리와 균열 등에 의한 카르스트의 발달에 가장 큰 기여를 한다. 지질구조에 의하여 카르스트 지 표지형에는 카렌과 홈, mogotes, 돌리네와 유발 라, towers, springs, 구조적 유역, Closed Systems 등이 형성되고, 지하지형에는 Phreatic 동굴, Vados 동굴, Chambers, Multileveling cavities, Vertical shafts 등이 형성되는 다양성을 가진다. 한반도에서는 습곡구조에 의한 동공의 발달이

표 2. 북한의 카르스트 지역의 지질계통과 관련된 동굴과 와지의 분포 현황

	지질계통	동굴분포	와지 분포	기타
고생대	오도비스기 하부대석회암통 캠브리아기 양덕통	평남, 함남, 황해도 황해도, 평남	평남, 함남, 황해도, 강원도, 충북, 경북	전체의 57% 분포
원생대	상원층군 연천층군 마천령층군	황해도, 강원도, 평남, 평북	황해도, 강원도, 평남, 평북	전체의 42% 분포
시생대	기저변성암 복합체	-	함북, 함남	전체의 1% 분포

자료: 조선총독부 발행 1/50000 지형도.
대한민국국세지도, 1989, 국립지리원

탁월하며, 다단계 및 급사면형 동굴의 유형이 다양하게 분포되고 있다. 그러나 지질구조적인 카르스트의 발달은 단층과 습곡 및 절리 및 균열에 따라 지배적인 양태를 배태시키지만 암석의 층리의 두께 및 암석의 성분조성 및 유형에 따라서도 상당한 차별성을 견지한다.

참고문헌

서무송, 1969, 한국의 karst 지형, -삼척일대의 지형 발달을 중심으로-, 경희대학교 석사학위논문
서무송, 1977, 한국의 석회암 동굴산 Pisolite에 관한 연구, 지리학, 16
오종우, 1989, Wisconsin 남서부 Karst의 Loess 토양 및 퇴적토, 지역개발 논문집, 15, 29-43
Oh Jongwoo, 1990, Sinkhole Sediment Sequences in

the Southwestern Wisconsin Karst, 1990년도 세계한민족과학기술자 종합학술대회 논문집 -지구과학분과, 한국과학기술단체총연합회, 199

Oh, Jongwoo, M. Day, B. Gladfelter, G. Huppert, G. Fludland, and M. Kolb. 1991. Potential sources of the sinkhole sediments in the Wisconsin Driftless Area. 지리학총 19호. 31-58.

Oh J. 외 1인. 1991. Sediments of the Seneca Sinkhole in the southwestern Wisconsin. The Wisconsin Geographer 7. 25-39.

Oh JONGWOO. 1992. Sinkhole Sediments in the Wisconsin Driftless Area Karst. University of Wisconsin Ph.D Dissertation. 201p.

오종우, 1993, 지역개발에 수반되는 동굴지역의 지형조사, 동굴, 36, 32-36

오종우, 1993, 북한지역의 Karst 지형, In, 북한지역의 지형연구, 한국과학기술단체총연합회,

- 107p
- J. Oh 외 2인, Geomorphic Environmental Reconstruction of the Holocene Sinkhole Sediments in the Wisconsin Driftless Area. 1993년도 세계한민족과학기술자 종합학술대회 논문집 -기초과학분과(지구과학)-. 한국과학기술단체 총연합회. 390-397.
- 오종우. 1993, Karstic Sinkhole Sediments of Dolostone in the Upper Midwest's Driftless Area, USA. 동굴34(35). 78-104.
- 오종우, 1993. Blacks' Economic Activities in Chicagoland Using Geographic Information System (GIS). 지역개발논문집 43-52.
- 오종우, 1993. 시카고 부분지역의 사회경제적 특성에 대한 지형공간정보체계(GSIS)의 이용. 지형공간정보 1(2). 223-235.
- 오종우 외 8인, 1993. 용연동굴 내부 개발기분구상 및 실시계획 (지형분야). 강원도 태백시. 254p.
- 오종우 외 12인, 1993. 만장굴 학술조사 보고서 (환경분야). 북제주군. 236p.
- 오종우 외 1인, 1994. 북한의 카르스트지형과 동굴 분포와 상관성. 동굴 36(37). 13-32.
- 오종우, 1994. 북한의 화산지형 소고. 동굴 36(37). 33-37.
- 오종우외1인, 1994. 태백시 용연동굴 지대의 지리환경. 동굴 36(37). 81-102.
- 오종우, 1994. Soils and landforms on the loess mantled karst uplands in southwestern Wisconsin. 동굴 36(37). 103-113.
- 오종우외 1994. 고씨동굴의 환경보전및 안전진단 학술조사연구보고서. . 영월군. 155p.
- 오종우. 1994. 카르스트(KARST)의 지표지형과 동굴 지형. 동굴37(38)P.89-96.
- 오종우, 1994. 고씨동굴의 발달과 특성. 동굴 38호
- 오종우 외, 1994, 고수동굴의 환경보전 및 안전진단 학술조사 연구보고서, (주)유신, 169p
- 오종우, 1994, 고씨동굴의 내부지형에 관한 특성과 형성과정에 관한 연구, 동굴, 39, 14-33
- 오종우, 1994, 지리정보체계(GIS)를 이용한 Karst 연구의 가능성, 동굴, 40, 13-29
- 오종우외. 1994. 고수동굴의 환경보전및 안전진단 학술조사연구보고서. (주)유신 169p.
- 오종우. 1995. 카르스트지형에 관한 기초공간 정보. 동굴 40호. 97-116
- 오종우. 1995. A Geoarchaeological Review of the Fan Sites in the Lower Illinois Valleys, USA. 환동해권의 시간과 공간의 교감-목지 오희석박사 회갑기념논문집 I. 753-768.
- 우경식, 원종관, 1988. 삼척군 대이리 동굴군의 관음굴과 화선굴내에 발달한 동굴생성물의 초기 광물성분과 탄산염 속성작용에 관한 연구, 지질학회지, 25(1), p. 90-97.
- 우경식, 1987~1989, 강원도 조선누층군 탄산염암에서 발견되는 화석 및 비화석 구성요수의 초기광물 성분과 탄산염 속성작용, 과학재단, 연구책임자
- 우경식, 1999, 석회동굴의 지질학적 의미와 연구방향, 99 Samchok International Cave Symposium & Festival, Samchok, Korea.
- 홍시환, 1981, 제주도 만장동굴계 학술조사보고, 동굴, 6, 7
- 홍시환, 1996, 석회암과 석회동굴의 상관성 연구, 동굴, 48, 9-16
- Cvijic, J., 1918, Hydrographie souterraine et evolution morphologique de karst, Rec. trav. Inst. Geog. Alpine, 6, 375-426
- Ford, D., 1987, Effects of Glaciations and Permafrost upon the Development of Karst in Canada, Earth Surface Resources and Landforms, 12, 507-521
- Ford, D. and Williams, P., 1989, Karst Geomorphology and Hydrology, Unwin and Hyman, 601p
- Jennings, J., 1978, Karst Geomorphology, Blackwell, 293p
- Moore, G., 1962, The Growth of Stalactite, Bull. Nat. Spel. Soc., 24, 95