溫達窟 地帶의 自然地理 環境

학회 고문, 문화재위원 정 창희
상지대 교수 김 병우
신흥전문대 교수 김 추윤

1. 洞窟의 地理的 位置

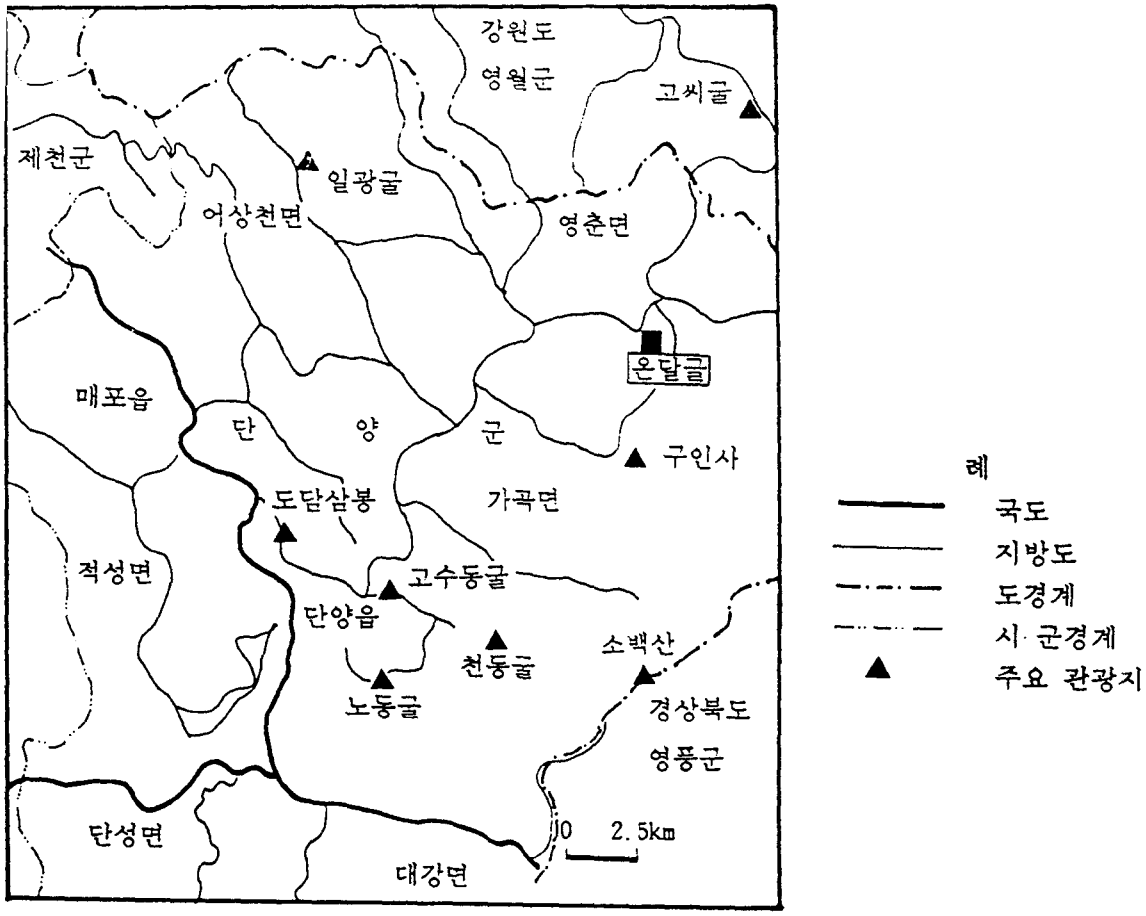
이 洞窟은 緯度上으로 보아 北緯 37° 03′, 東經 128° 29′에 位置하고 있으며 行政的으로는 忠淸北道 丹陽郡 永春面 下里에 소재한다. 또한 溫達窟은 自然立地面에서 볼때 太白山脈에서 西南쪽으로 뻗고 있는 小白山脈의 主峰인 小白山地(1439m)의 北斜面 陵線을 河蝕하고 있는 南漢江 水系의 南岸에 立地하고 있는데 이른바 溫達山城이 있는 城山과 그 줄기 峰인 南山의 땅속에 位置하고 있다. 한편, 交通 및 觀光立地面에서 이 洞窟의 位置를 본다면 洞窟은 小白山 國立公園에 해당하는 小白山地의 북쪽 斜面과 서쪽의 忠州湖 방향으로 흐르고 있는 南漢江의 江邊의 북쪽 沿岸에 있다.

최근에 개통 포장된 新丹陽에서 永春을 잇는 복선 道路의 개통으로 이 洞窟은 바로 옆에 있는 救仁寺와 함께 內陸山間地域을 연결하고 있는 忠淸北道와 江原道의 幹線道路邊에 立地하고 있다.

< 주요 교통노선표 > A -> 철도, B -> 버스

구 간	소 요 시 간
서울 A 제천 B 영춘(온달굴)	약 3시간 30분
서울 A 단양 B 영춘(온달굴)	약 4시간
부산 A 대구 A 안동 A 단양 B 영춘(온달굴)	약 5시간 30분
제천 B 영춘(온달굴)	약 30분
영월 B 영춘(온달굴)	약 30분

더구나 南漢江 上流를 가로 지르는 渡河橋梁을 통하는 水邊觀光資源들을 이어가는 道路邊에 立地하고 있으며 丹陽과 永春, 堤川과 永春간의 交通도 매우 편리하여 좋은 觀光交通的 位置에 자리잡고 있다고 보겠다.



(그림 1) 온달굴의 위치도

2. 地質槪觀

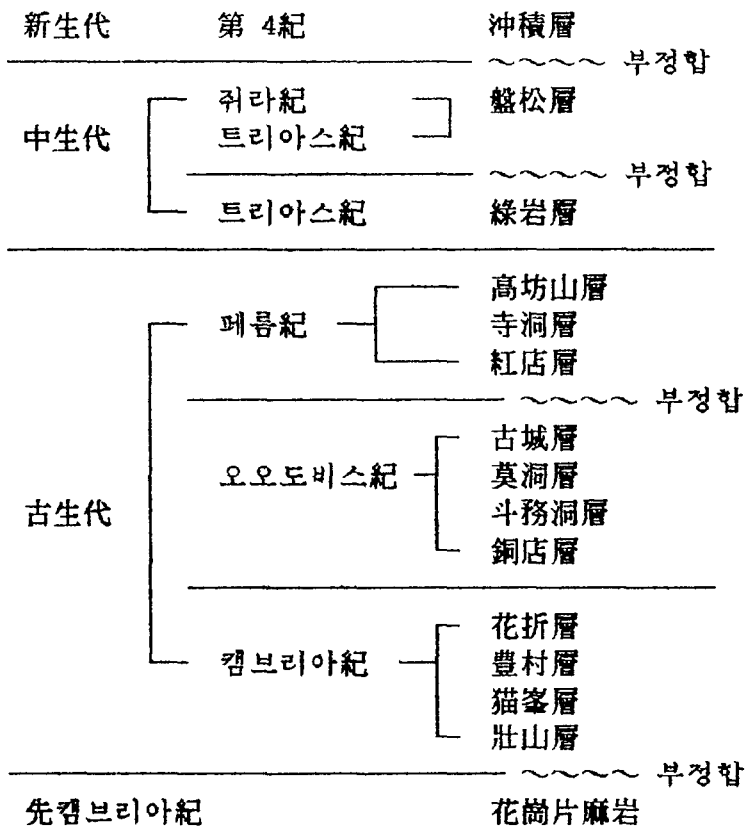
(1) 槪要

溫達窟은 忠淸北道 丹陽郡 永春面 下里 새터(음지새터) 마을에 있으며 永春의 南方 약 2km에 位置한다.

南漢江은 永春의 西측을 지나 새터에서 크게 曲流하는데 새터 북방 200m 지점에서 北西로 흐르는 南川川(南漢江의 支流)이 南漢江과 합류한다.

溫達窟의 入口는 曲流하는 南漢江을 향하여 있으나 洪水 때에는 강물이 洞窟 入口를 침범하므로 洞窟 入口 앞에 높이 약 5m인 둑을 쌓아 물을 막을 수 있게 하였다. 溫達窟은 축척 1:5,000 寧越(080) 圖幅에 있으며 그 入口는 東經 128° 00′ 00″ 와 北緯 37° 03′ 35″ 와의 교점에 位置한다.

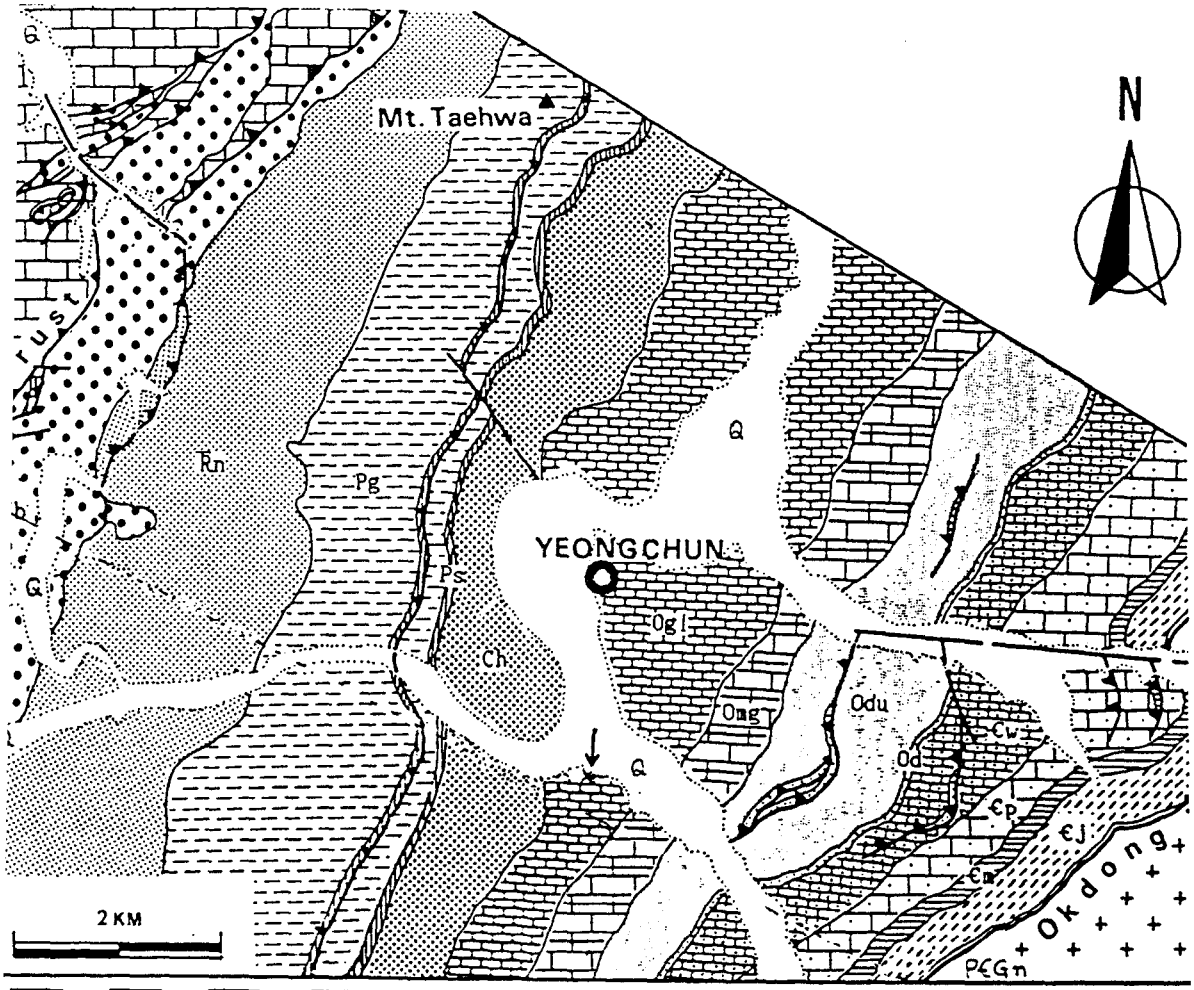
(표 1) 溫達窟 부근의 地質系統



溫達窟이 생성되어 있는 地層은 캠브로·오오도비스紀에 퇴적된 朝鮮累層群의 최상부層인 古城層 중에 생긴 N30° W 방향의 節理를 따라 溶蝕作用이 진행된 결과로 이루어진 石灰洞窟이다.

朝鮮累層群은 최하부에 캠브리아紀 초엽에 퇴적된 壯山層과 猫峯層(이상 非石灰岩層)이 있고, 그 상위에는 6개의 層으로 된 大石灰岩層群이 놓여 있다(표 1).

壯山層은 先캠브리아紀의 花崗片麻岩을 부정합으로 덮는다. 古城層의 上位에는 平安累層群의 含炭 古生代層이 중첩되어 있고 이는 中生代의 盤松層으로 不整合으로 덮인다.



(그림 2) 溫達窟 부근의 地質圖 (南吉鉉, 1992年에 의함)

盤松層은 그 西側에서 覺洞斷層으로 衝上된 大石灰岩層群의 石灰岩과 접한다. 이들 地層은 대체로 北北東-南南西 方向으로 走向하며 西쪽으로 急하게 傾斜하는데 覺洞斷層에 평행한 소규모의 衝上斷層은 前記 두 累層群 내의 곳곳에서 발견되며 그 走向은 地層들의 走向과 規를 같이한다.

溫達窟은 古城層 안에 N30° W 方向으로 거의 垂直(鉛直)으로 발달된 節理를 따라 生成되었다. 溫達窟의 높이는 최고 약 6m이며 보통 약 4m 內外이다. 溫達窟의 幅은 3m 내외로 200m이상 연장된다.

(2) 溫達窟 附近의 地質

永春을 중심으로 작성된 東西 약 12km 南北 약 10km 간의 地質圖는 그림 2와 같고 地質圖의 地質系統은 표 1과 같다. 이 표에 의하여 오랜 地層에서 새로운 地層의 순서로 설명한다.

1) 花崗片麻岩

先캠브리아紀에 속하는 花崗片麻岩은 溫達窟 東方 약5km에 분포하며 黑雲母의 黑色部와 長石·石英의 淡色部가 거치른 平行構造를 이루는 片麻狀 構造를 보이는 黑雲母 花崗片麻岩이다. 이 片麻岩은 壯山層(壯山珪岩이라고도 함)으로 부정합으로 덮인다.

2) 朝鮮累層群

① 壯山層

壯山珪岩으로 불리는 이 層은 淡色의 珪岩으로 基低에는 圓礫으로 된 약 5m의 礫岩層을 둔다. 층 거의 전부가 石英砂로 된 砂岩이 變成된 珪岩이다. 이 層의 두께는 약 200m 이며 N45° E의 走向으로 40° 內外 北西傾 한다.

② 猫峯層

이는 猫峯세일로 알려진 地層이며 주로 세일에서 변성된 슬레이트로 되어 있다. 암색은 黑色 내지 帶綠 黑色이며 얇게 조개어진다. 얇은 淡色의 石灰岩을 협재하는 일이 있다. 이 層의 두께는 약 150m 이며 N45° E의 일반 走向으로 40° 내외 北西傾한다.

④ 豊村層

豊村石灰岩으로도 알려져 있으며 주로 乳白色 石灰岩으로 되어 있다. 이 層 中部에서는 紅色을 띤 層이 있다. 대부분 結晶質로 變해 있으며 대체로 塊狀이지만 국부적으로 層理가 발달된다. 이層의 두께는 약 200m이며 그 일반 走向은 N35° E이고, 50° 내외 北西傾한다.

⑤ 花折層

花折層은 암상에 따라 下部와 上部로 區分되는데 下部는 암회색의 슬레이트와 암회색의 砂岩으로 되어 있고 上部는 담회색의 石灰岩(미결정질)으로 되어 있으며 이에 돌로마아트層이 협재된다.

花折層 下部는 細松슬레이트層에 대비될 것으로 보이며 花折層 上部는 소위 蝕石灰岩으로 알려진 標式地의 花折層에 대비될 것이나 溫達窟 부근의 花折層 上部는 蝕相을 보이지 않음이 특징이다. 이곳 花折層의 두께는 200m내외이며 그 일반 走向은 N40° E, 傾斜는 40° NW이다.

⑥ 銅店層

이는 銅店珪岩으로 불리는 層으로서 花折層을 정합으로 덮는 變成 砂岩層이다. 銅店珪岩은 보통 두께 약 50m인 珪岩을 주로한 담색, 갈색, 적갈흑색의 地層이지만 溫達窟 東쪽의 銅店層은 下部에 5m정도의 유백색 珪岩層, 上部에 암회색 砂岩을 주로한 약 10m의 珪岩層을 두고 중부에는 담회색의 石灰岩 약 10m를 둔 총 약 30m의 地層이다. 이는 上部가 斗務洞層에 의하여 整合으로 덮인다. 이 層의 일반 走向은 N40° E, 傾斜는 40° NW이다.

⑦ 斗務洞層

이 層은 회색 내지 녹회색 石灰岩으로 되어 있으며 중부에는 암회색의 슬레이트의 협재가 현저하다. 上部에는 豆狀石灰岩이 협재된다. 일반적으로 얇게 쪼개지는 剝離性이 발달되어 있다. 이 層의 두께는 200m 내외이며 일반 走向은 N30° E, 傾斜는 50° NW이다.

⑦ 莫洞層

이 層은 溫達窟이 있는 古城層의 東측에 접해 있는 담회색 내지 암회색 塊狀의 石灰岩으로 된 地層이다. 下部에는 녹회색 세일을 협재하며, 上部는 암회색 石灰岩과 녹회색 石灰岩의 호층으로 되어 있다. 두께는 250m 내외이고 그 일반 走向은 N30° E, 傾斜는 50° NW이다.

⑧ 古城層

溫達窟은 古城層의 중부에 生成되어 있다. 이 層은 三陟炭田 西部의 織雲山세일과 斗圍峯石灰岩에 대비될 地層이지만 古城層 下部에는 織雲山세일에 대비될 地層의 발달이 단속적이며 1962년 부터 織雲山세일을 합하여 古城層이라고 불러 왔다. 古城層 下部는 剝離性이 좋은 암회색 내지 녹회색 微晶質石灰岩(현미경사진 2)과 세일의 호층으로 되어 있다.

古城層 上部는 암회색 石灰岩으로 되어 있으며 古城層 중부에는 얇은 세일이 많이 협재되어 있다. 이 層의 일반 走向은 N15° E이고 傾斜는 60° W이며 그 두께는 300m내외이다.

3) 平安累層群

平安累層群은 종래 平安系라고 호칭되던 것을 새로운 층서학적 견지에서 개칭된 것이다. 이 累層群은 下部의 石灰系 上部에 해당하는 紅店層과 下部 寺洞層, 페름系 下部에 해당하는 上部寺洞層과 高坊山層 및 트리아스系에 해당하는 綠岩層으로 되어 있다.

① 紅店層

溫達窟 西方 약 500m에는 古城層을 平行不整合으로 덮는 紅店層이 南北으로 대상 分布를 보인다. 紅店層은 자색 내지 녹회색의 세일과 같은 색의 중립 砂岩으로 되어 있으며 紅店層 上部에는 유백색의 石灰岩을 협재한다. 이 層의 두께는 약 400m이며 그 일반 走向은 N10° E이고 傾斜는 60° W이다.

② 寺洞層

寺洞層은 암회색 石灰岩層을 협재한 下部와 石炭層을 협재하는 上部로 구별되지만 모두 회색 암회색 사암과 세일로 되어 있음이 특징이다. 下部의

石灰岩 중에서는 石炭紀의 방추충 化石이 발견되며 上部의 石炭層 상반에서는 페름紀의 植物化石이 발견된다. 寺洞層의 두께는 약 80m이며 그 일반 走向은 N10° E, 傾斜는 40° W이다.

③ 高坊山層

이 層은 주로 珪化된 粗粒 砂岩으로 구성되어 있으며 그 색은 이 層 下部에서 유백색이고 암회색 세일層을 협재한다. 이 層의 중부의 粗粒 砂岩은 녹회색을 띠며 점이層理가 발달되며 자색의 세일層을 협재한다. 이 層의 상부는 자색의 砂岩과 세일로 되어 있고 사層理가 발달된다. 高坊山層의 두께 약 400m이며 그 일반 走向은 N10° E, 傾斜는 40° W이다.

④ 綠岩層

이 層은 주로 녹회색 砂岩으로 되어 있으며 곳에 따라 녹색 세일과 자색 세일을 협재한다. 세일은 납석화되어 있기도 하다. 이 層은 溫達窟 西쪽 2km～5km 사이의 漢江 流域에서 東西 方向으로 分布의 폭은 약 3km로 南北으로 대상 分布를 보인다. 그러나 구조적 영향으로 이 地層의 두께는 약 600m일 것으로 추측된다. 이 層은 그 西측에서 盤松層의 下部인 礫岩層으로 不整合으로 덮인다.

4) 盤松層群

盤松層群 下部의 礫岩과 上部의 砂岩·세일層으로 2분되며 그 時代는 트리아스紀이다. 礫岩層은 하위의 綠岩層을 傾斜不整合으로 덮으며 잘 원마된 礫을 주로 하는데 장경은 10～50cm이다. 礫岩層의 두께는 2～30m이다. 礫岩層을 덮은 砂岩·세일層은 그 下部가 자색 내지 유백색 砂岩으로 되어 있고 그 上部는 갈회색 세일과 회색 또는 녹색 砂岩의 호층으로 되어 있다. 두께는 350m 이상이며 그 일반 走向은 N15° E, 傾斜는 45° W이다. 盤松層群의 上部는 大石灰岩層群의 石灰岩과 覺洞衝上斷層을 사이에 두고 접하여 있다.

5) 沖積層

南漢江邊의 沖積層은 溫達窟 入口 앞까지 접근하여 沖積平原을 형성하였고 南川川의 兩岸에도 넓은 沖積平野를 발달시켰다. 溫達窟 안에는 얇지만

洞窟內 流水에 따라 沖積層이 쌓여 있다.

6) 覺洞斷層 西측의 石灰岩層

溫達窟의 北西方 약 9km 以西에는 넓은 地域이 大石灰岩層群의 石灰岩으로 덮여 있다. 이들은 주로 興月里層과 三台山層이다.

(3) 地質構造

溫達窟의 배경이 되는 朝鮮累層群과 平安累層群의 각 層의 일반 走向과 傾斜는 이미 기술한 바 있으나 朝鮮累層群의 下部層의 走向은 N45° E이나 상부로 감에따라 NS에 가까운 走向을 보여 古城層에서는 그 일반 走向이 N15° E이고 곳에 따라서는 NS가 된다.

平安累層群의 走向도 N15° E~NS 이다. 地層의 傾斜는 古生代層 전체를 통하여 40° NW~60° NW로 모두 西쪽 내지 西北쪽으로 傾斜하는 것으로 되어 있으나 地層은 국부적으로 褶曲軸面이 같은 傾斜 方向을 가진 急斜褶曲으로 반복되어 地層의 分布의 폭에 비하면 地層의 두께는 퍽 얇다.

또한 地層의 走向과 같고 傾斜도 거의 같은 衝上斷層이 層內에 발달되어 있다.

斗務洞層 직하위에 있을 銅店層이 花折層에서 발견되는 경우와 斗務洞層 중부에 노출되는 일이 있는데 이는 衝上斷層에 의한 구조적 변화에 기인하는 현상이다. 또 溫達窟 西쪽의 寺洞層이 2중으로 分布되는데 이것도 衝上斷層에 의한 것이다.

그림 2 地質圖 서연부에 分布하는 石灰岩은 盤松層에 衝上한 것으로 이 逆斷層은 覺洞斷層으로 명명되어 있다. 이는 그 연장 상에서 갈라진 2~3개의 衝上斷層을 동반한다.

3. 地形概觀

溫達窟은 원래 南窟로 불리운 이 洞窟은 忠淸北道 丹陽郡 永春面 下里 南漢江이 西南流하여 굽이치는 南岸의 南山 기슭에 位置한다. 이 산기슭은 小白山脈에 속하며 비교적 傾斜가 급한 산으로 中部地方에서 볼 수 있는 전형

사진 1. 溫達窟 入口(중앙의 검은 곳) 부근의 地層.
오른쪽 계곡은 웃자삽골. 이 계곡은 右端의 紅店層과 層理가 잘 보이는 古城層(走向 N15° E, 傾斜 65° W) 사이의 경계가 되어 있다.

사진 2. 溫達窟 西쪽의 古城層의 노두.
層理가 잘보이며 剝離性이 좋은 石灰岩, 走向·傾斜는 N15° E, 65° W이다.

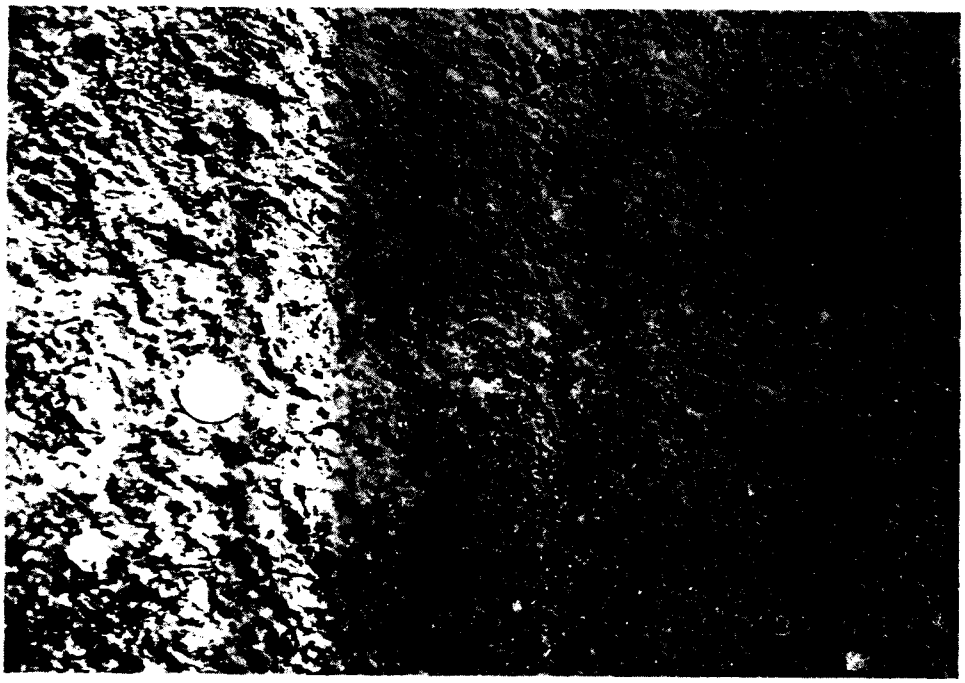


사진 3. 古成層 石灰岩의 層面.
차별적 風化溶蝕으로 들어난 生痕들(둥근것은 100원 동전)

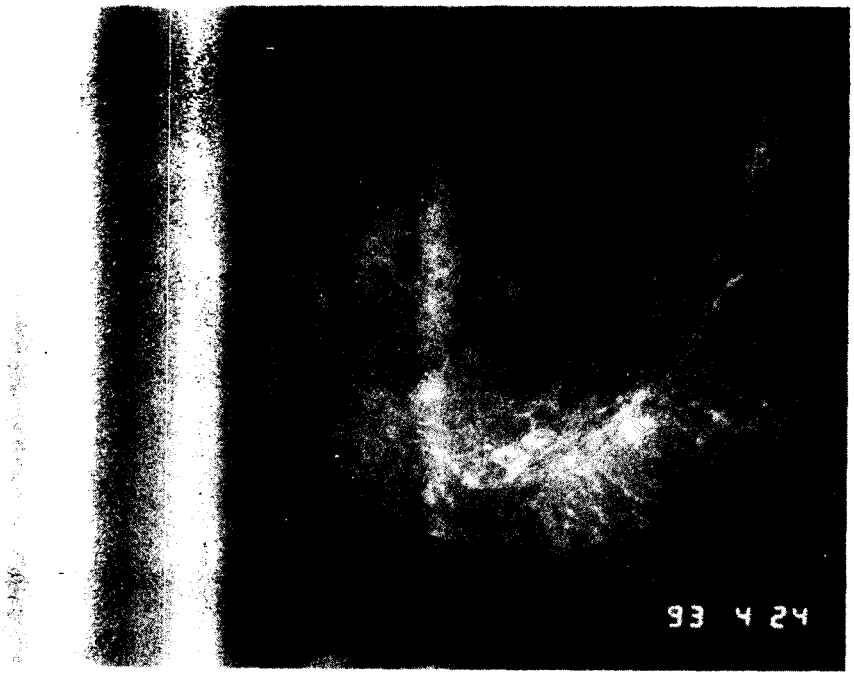


사진 4. 盤達窟 主窟 막장 부근의 向斜構造.
이 向斜의 軸은 NS이며 대칭적인 급사습곡이다.

적인 野山의 景觀을 보이고 있다.

이 南山은 西南쪽에 下里와 柏子里의 境界를 이루고 있는 南漢江邊에 우뚝솟은 海拔 427m 城山의 기슭에 해당하는 邱陵峰으로 石灰岩地帶의 山地地形인 급경사인 山勢를 이루고 있으며 마을의 부락 뒤쪽으로는 남당골이라는 계곡이 있다.

이 南山의 산마루를 따라 城山으로 오르면 山頂부근에서 陵線을 따라 그 유명한 城山古城이 축조되어 있다. 이것이 현재 溫達城으로 불리우고 있는 古城이다. 이 溫達山城 정상의 높이는 554.5m로 정상 주위의 해발고도 442.5m~427.5m로 동쪽으로 急傾斜를 이루고 있다.

이 溫達城은 史蹟 第 264號로 指定받고 있으며, 이 산기슭의 땅속으로 뻗어 있는 洞窟을 溫達窟이라고 부르고 있는 것이다.

溫達窟 앞에는 넓은 모래밭이 있는데 이는 南漢江이 홍수시 범람하여 생기는 배후습지이며 이 뒤쪽인 마을의 앞에는 많은 논과 林野가 분포하고 있다.

溫達窟의 앞에 있는 강쪽으로는 자연제방이 약 600m가 있다. 그리고 洞窟 앞을 흐르는 南漢江은 마을 바로 앞에서 南漢江의 支流인 南川川과 합류하여 서쪽으로 흐르고 있다.

이 溫達窟에 관한 記錄은 輿地勝覽에 洞窟 內部의 모습이 소개되고 있는 점으로 보아 이미 많은 사람들의 出入이 있었던 것으로 보이며 부근 住民들의 피신처나 修道場으로 利用되어 왔던 것으로 추측된다.

1975年 8月 부터 한때 觀光開發洞窟로 一般人에게 公開되기도 하였으나 1979年에 交通不便 등의 이유로 폐쇄하여 非公開 洞窟로 오늘에 이르기까지 保全管理되어 오고 있다.

과거에 觀光開發되었던 通路는 약 380m로 간단한 照明施設과 通路施設만으로 최소한의 開發施設로 公開되었으나 폐쇄된 이후 15年間을 그대로 保全하고 있는 실정이다. 현재 이 地域은 國有林으로 되어 있어 丹陽郡에서 指名받은 管理人에 의하여 管理保護되고 있다.

4. 氣候特性

(1) 槪要

溫達窟이 位置하고 있는 丹陽郡 永春面 地域은 南漢江의 上流 地方에 位置하고 있다.

이 지역 대부분의 住民生活 공간은 南漢江을 따라서 발달한 소규모의 盆地나 平地上에 發達하고 있다.

이 永春地域은 南漢江이 曲流하는데 이러한 地形的 조건은 이 地域의 氣候에 많은 影響을 미치고 있다.

이러한 地理的 位置의 影響으로 W. KÖppen의 氣候分類에 위하면 겨울철에는 寒冷 乾燥하고, 여름철에 高溫多濕한 전형적인 冷帶濕潤(Dw)氣候를 형성하고 있다.

同緯度線上의 嶺東地方에 비하여는 겨울철이 더 寒冷하고 乾燥한 것이 특징이다.

이 地域의 경우 장기간의 氣候 觀測記錄을 갖고있는 관측소가 없으므로 가장 인접하고 있으며, 地理的 特性이 비슷한 堤川地方의 氣候資料를 이용하여 永春地域의 氣候 特徵을 고찰하고자 한다.

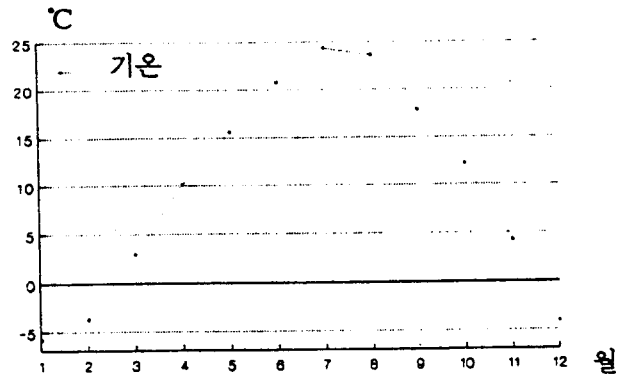
(2) 氣候要素別 特性

① 氣溫

이 地域의 年平均 氣溫은 10.8℃로써 우리나라에서는 비교적 낮은 氣溫分布이며, 최한월은 -5.9℃로 寒冷하다. 최난월인 7월은 24.3℃로 연교차는 30.2℃에 이르고 있다.

이와같이 同緯度의 다른 地域에 비하여 氣溫이 낮은 것은 이 地方이 內陸山間地方에 位置하고 있는 地理的 特徵에 의한 것이다.

丹陽郡 永春 地域은 앞에서 제시한 堤川地域의 氣溫보다 더 낮을 것으로 판단되는데 최한월의 平均氣溫은 -6℃~-8℃ 정도이고, 年平均氣溫은 8℃~10℃에 이를 것으로 생각된다. 한편 최난월인 7, 8월에는 堤川과 비슷한 23℃~24℃ 정도가 될 것으로 판단된다.

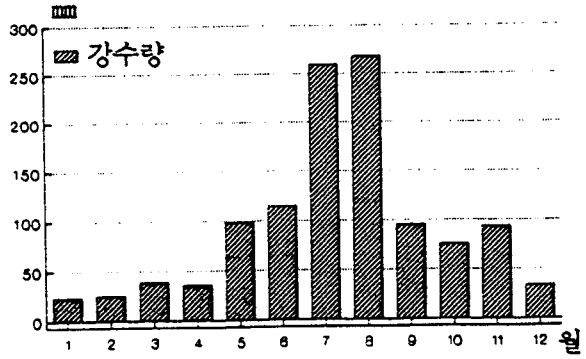


(그림 3) 영춘지역의 월평균 기온 변화

② 降水量

年平均 降水量은 1162.8mm로 비교적 습윤한 편으로 우리나라의 평균값 정도에 해당한다. 최다우월인 7月에는 259.8mm의 降水가 내리고 있으며, 최소우월인 1月은 23.1mm의 降水를 보인다.

6, 7, 8月 여름철의 降水量은 648.8mm로 全年의 55.8%가 집중되어 나타나며, 겨울철 12, 1, 2月은 82.4mm로 全年의 7.1%에 불과하으므로 여름철 雨期와 겨울철 乾期의 특징이 투렷하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

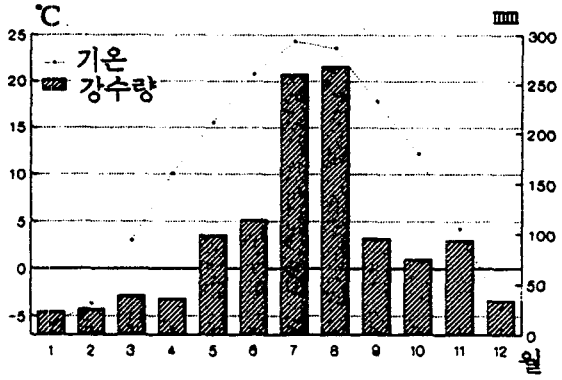


(그림 4) 영춘지역의 월평균 강수량 변화

이와같이 여름철에 降水가 집중적으로 나타나는 현상은 이 地域의 地形的 조건에 기인한다. 즉, 여름철 이 地域을 포함한 우리나라의 탁월풍의 風向은 南西風이 우세하다.

北東에서 南西로 발달한 차령산맥, 소백산맥과 南西 氣流의 流入에 유리하며 東으로 이동하면서 강제적으로 氣流가 상승할 수 있는 地形 條件을 갖추고 있고, 山地의 사이에는 南漢江이 흐르고 있어서 上昇氣流의 形成과 水蒸氣의 供給이 원활한 地域이므로 降水의 形成에 매우 유리하다.

그러나 겨울철에는 탁월풍의 風向이 北西風이라서 차령산맥, 소백산맥의 風下地域에 位置하게 되어 降水 현상이 드물게 나타난다.



(그림 5) 영춘지역의 월평균 기온 및 강수량 변화

③ 바람

이 地域의 바람은 地形的으로 장애물이 많이 分布하고 있으므로 다른 地方에 비하여 風速은 약한 편이다. 年平均 風速은 1.7m/sec이며, 가장 바람이 강한 달인 4月에도 2.0m/sec에 불과하다.

觀測 以來의 最大 風速은 1977年 3月 24日에 기록되었던 12.5m/sec이지만 이도 他地域에 비하여 强風은 아니다. 결과적으로 風速은 강한편은 아니며, 이 地域의 最多 風向은 西風이다. 全年을 통하여 5, 8, 9, 10, 12月을 제외하고는 西風이 불고 있으며, 5, 10月에는 南西風, 8, 9月에는 北東風, 12月

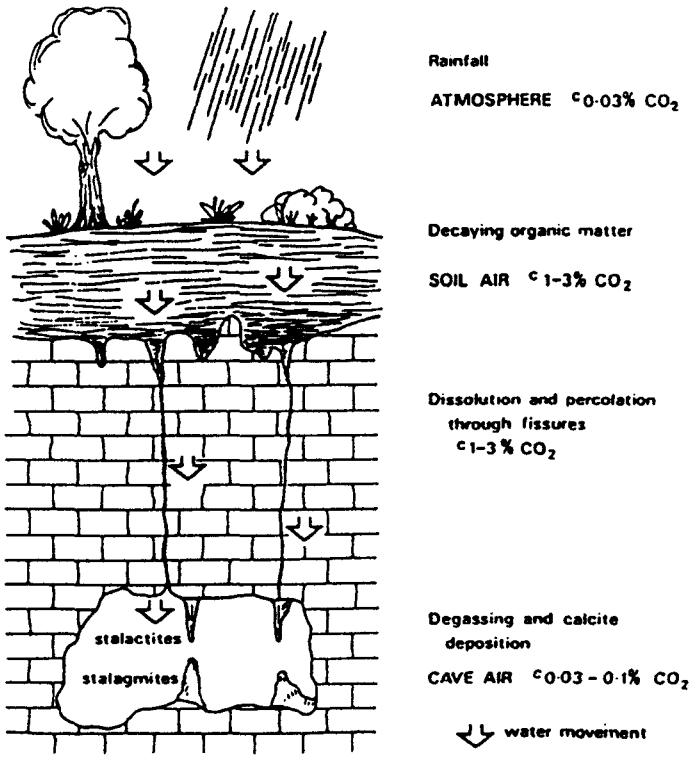
에는 西南西風이 우세하게 불고 있어 전체적으로도 西風系列의 바람이 우세하게 나타나고 있다. 또한 最大 風速도 西風系列일 경우에 나타난다.

(3) 氣候特性과 洞窟形成과의 관계

이 地域은 面積이 좁으므로 탄산가스의 농도에 영향을 미칠 수 있는 植生, 土壤 分布 상태는 동일하다고 볼 수 있다. 따라서 탄산가스의 농도가 일정하다고 가정하면, 이 地域에서는 氣溫과 降水가 石灰質 成分의 溶解에 중요한 변수가 될 수 있다. 石灰質 成分의 溶蝕에 降水가 작용하는 과정은 다음의 식 ①로 나타낼 수 있으며, 이 과정에서 溫度도 기여하게 된다.

식 ①　　$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \langle\text{---}\rangle Ca^{2+} + 2HCO_3^-$

순수한 물에서 포화상태에 달했을 경우 탄산칼슘의 용해량은 水溫의 상승과 더불어 약간씩 증가하여 16℃에서 약 13㎎/ℓ, 25℃에서 약 15㎎/ℓ로 나타난다. 그러나 탄산칼슘과 탄산가스로 포함된 상태의 溶液은 냉각되면 石灰質을 더 溶解시키고, 가열되면 탄산칼슘의 一部를 침전 시킨다.

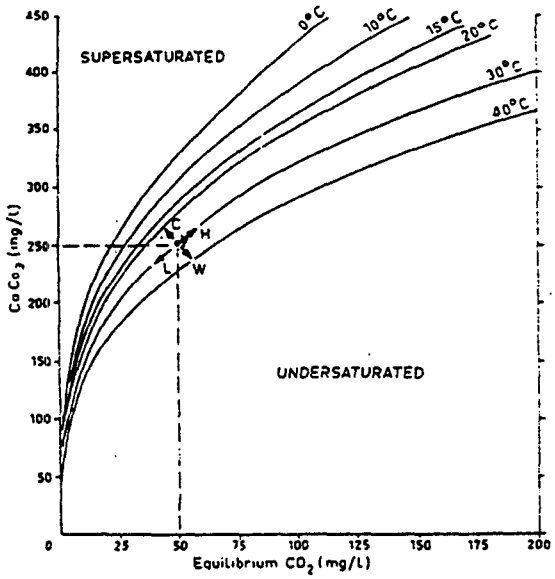


(그림 6) 석회질의 용식과 탄산칼슘의 침전

그러므로 겨울철의 경우에 지표에서 溶解된 탄산칼슘의 성분이 洞窟 內部로 침투하여 氣溫이 상승하면 위의 반응식 ①에서 역반응이 일어나 탄산칼슘은 침전되기 시작하여 鐘乳石이나 石筍을 발달시킨다.

따라서 이 地域의 풍부한 降水量과 겨울철의 洞窟 外部와 內部의 氣溫 分布 차이는 石灰質의 溶解와 洞窟 內部에서의 침전 즉, 二次生成物의 形成과 發達에 도움를 주고 있다.

다시 말하면 洞窟 外部의 氣象 條件은 洞窟의 發達에 매우 중요하게 작용한다. 특히 石灰岩 地域인 경우에는 地表에서 地下로 침투하는 地下水가 石灰岩의 溶蝕作用에 반드시 필요한 요소로서 地下水의 有無나 그 量은 洞窟의 特徵을 결정 짓는 중요한 要素이다.



(그림 7) 탄산칼슘의 용해량과 탄산가스의 용해량과의 관계

5. 水文水質

우리나라는 古生代의 朝鮮系層에 石灰岩이 分布하는데 이는 탄산가스를 포함하는 雨水에 溶蝕되어 카르스트 地形이 널리 분포하고 있다. 이들의 대표적인 地域은 忠北의 丹陽, 堤川, 江原의 寧越, 旌善, 平昌, 三陟, 慶北의 蔚珍地域을 중심으로 分布하고 있다.

石灰岩이 分布하고 있는 地域은 地下水가 河川으로 흘러 들어갈 때 대량의 石灰岩이 溶解되고 제거되어 石灰洞窟이 생긴다.

石灰岩의 節理를 따라서 흘러 들어간 地下水에 의해서 溶蝕作用을 받아서 1차적으로 空洞이 생기고 그 1차 空洞에 2차적으로 石筍, 石柱, 鐘乳石 등의 스펠레오뎀이 생성된다.

石灰洞窟은 地下水面 밑에서 石灰岩이 용해, 제거 된 다음 地下水가 흘러드는 河川의 하방침식으로 하곡이 깊이 파이면 地下水面이 낮아지는 동시에 空洞이 地下水面 위로 올라온다.

石灰岩 地域에서 나타나는 카르스트 地形은 石灰岩이 溶蝕이라는 化學的風化作用을 받아서 形成되는 데 이때 溶蝕作用은 水溫과 水量에 따라 큰 영향을 받는다. 一般的으로 水量이 豊富하고 水溫이 높으면 風化作用이 강하게 나타난다.

石灰岩의 種類는 다양하지만 보통 방해석($CaCO_3$)의 형태로 존재하는 탄산염 鑛物이 50% 이상인 岩石을 말한다.

방해석으로서의 石灰岩은 순수한 물에도 溶解되지만 물에 溶解된 탄산가스의 作用이 카르스트 地形을 형성하는데 보다 중요한 역할을 한다.

자연수에서는 탄산가스가 어느 정도 溶解되어 있으나 그 양은 수면에 접한 공기의 탄산가스압에 따라 달라지며 水溫과도 밀접한 관계를 갖는다.

즉, 溶液이 포화상태에 있을 때 溶液속의 탄산가스 양은 공기의 탄산가스압에 비례하며 水溫 上昇에 반비례한다.

石灰岩 地域에서 탄산칼슘으로 포화된 地表水가 夏季에 地下로 스며들면서 냉각될 경우 石灰洞窟의 공기에서 탄산가스를 더 흡수하여 石灰岩의 溶

蝕이 촉진될 수 있다. 또한 土壤層을 통과하면서 더 많은 탄산가스를 흡수한 물이 地下로 스며들어 洞窟內에서 자유대기와 접하게 됨으로써 탄산가스의 일부는 방출되고 溶解되었던 방해석의 一部가 침전될 수 있다. 이때 二酸化炭素를 함유한 물(탄산수)이 石灰岩을 만나게 되면 칼슘이온과 중탄산이온으로 분해되어 化學的 風化를 일으켜 溶蝕作用을 일으켜 단단한 石灰岩을 녹이게 되어 지하에 공동이 생기는 것이다. 따라서 石灰岩을 통해서 흘러나오는 地下水에는 硬度가 높은 것이 일반적인 특징이다.

二酸化炭素의 성분은 우선 일상생활에서 흔히 접하고 있는 물질이다.

大氣중의 CO_2는 分子比로 0.03%가 포함되어 있어서 매우 희소하지만 질소(78%), 산소(21%), 아르곤(0.9%) 다음으로 많은 성분이다(표 2).

(표 2) 대기구성중 CO_2의 양

- 100% (Total)
  - Nitrogen(N_2) : 78.084%
  - Oxygen(O_2) : 20.946%
  - Remaining : 0.970%
- 0.97% (Remaining)
  - Argon(A) : 0.934%
  - Carbon Dioxide(CO_2) : 0.033%
  - Others : 0.003%
- 0.003% (Others)
  - Ne : 0.00182%
  - He : 0.00053%
  - Kr : 0.00012
  - Xe : 0.00009%
  - CH_4: 0.00002%
  - N_2O: 0.00005%

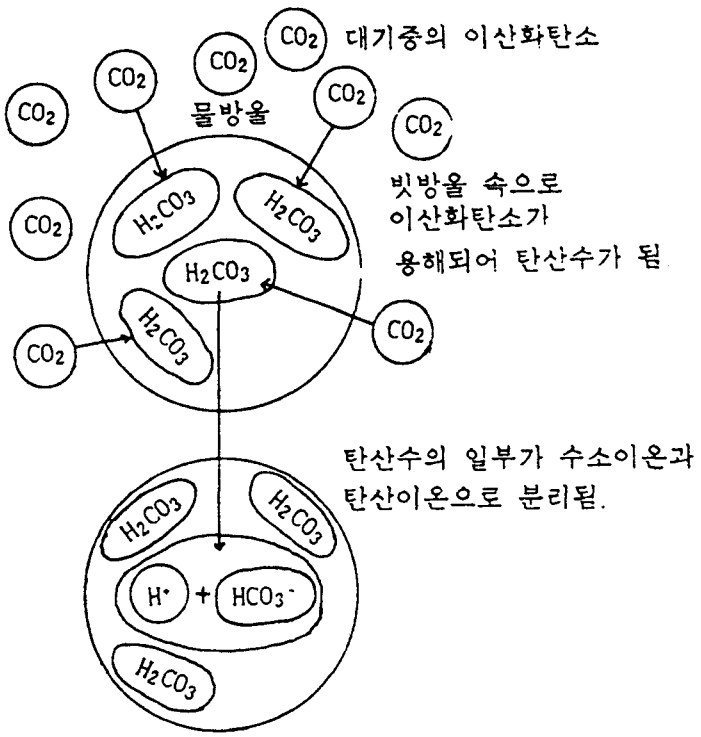
특히 이산화탄소의 大氣중에 체류시간은 50~200년으로 반영구적으로 볼 수 있기에 오랫동안 化學的 溶蝕作用에 영향을 미치고 있다. 대기조성 가운데에 있는 O_3가 2~3개월, CFC_{11}이 65년, CH_4가 5~10년, N_2O가 120년인 것에 비하면 이산화탄소의 체류시간이 더 긴 편이다. 특히 CO_2의 양이 산업혁명 이전에 270ppm이던 것이 최근에는 400ppm에 가깝게 나타나 石灰岩의 溶蝕作用도 과거보다 더욱 더 빨리 진행되고 있음을 알 수 있다(표 3 참조).

(표 3) 대기중의 CO_2의 체류시간과 농도

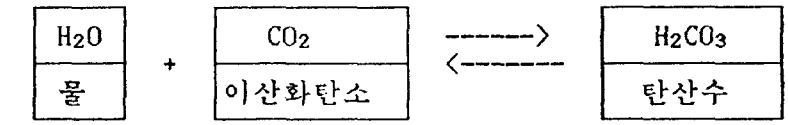
대기중의 기체종류	체류시간 (년)	산업 혁명 이전 농도	1985년의 농도	2050년의 농도
CO_2	50~200	275	345 ppm	400~600 ppm
CH_4	5~10	0.7	1.7 ppm	2.1~4.0 ppm
O_3	0.1~0.3	0~25% 감소	10~100 ppb	15~20% 증가
N_2O	120	285 ppb	304 ppb	350~450 ppb
CFC_{12}	110	0 ppb	0.38 ppb	0.7~3.0 ppb
CFC_{11}	65	0 ppb	0.22 ppb	2.4~4.8 ppb

<ppm=100만분의 1, ppb=10억분의 1>
지구규모의 환경문제, 중앙법규사, 1993. p 98.

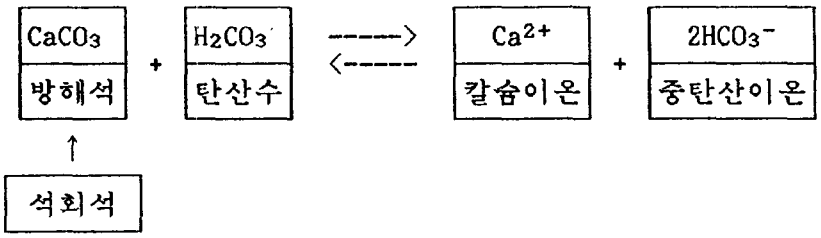
CO_2양은 化學的 溶蝕作用 뿐만 아니라 地球의 平均氣溫을 상승시켜 地球溫室效果를 가져오기도 한다.



(그림 8) CO_2가스가 우수에 용해되어 약한 탄산수를 만들고, 이는 다시 물과 반응하여 수소이온과 탄산이온으로 되는 모식도.



(1) 식



(2) 식

炭酸水는 극히 약한 酸이기 때문에 鹽酸 또는 黃酸에 비해 物質에 대한 化學的 領域이 매우 약하지만 地表에서 多量으로 장기간 作用하면 岩石에 化學的 風化를 일으킬 수 있다.

大氣중의 CO_2와 빗물 즉 雨水가 결합하여 위의 (1)식과 같이 炭酸水의 生成을 보여준다. 그러나 (1)식과 같이 간단히 표현되지만 실제적으로 CO_2의 용해도는 극히 낮다. 또 溫度와 壓力에 따라 可逆反應이 되기도 한다.

大氣중의 CO_2의 용해도는 1리터의 순수한 물에 0.0006g의 炭酸水가 평형을 이룰 정도이지만 수만년 또는 수억년 등의 장구한 시간을 고려하면 石岩石의 化學的 風化를 가져와 洞窟이 생길 정도가 되는 것이다.

최근에 化學工業의 발달에 따라 大氣중에 배출되는 유황가스가 酸性雨를 내리게 해서 논란이 되고 있다.

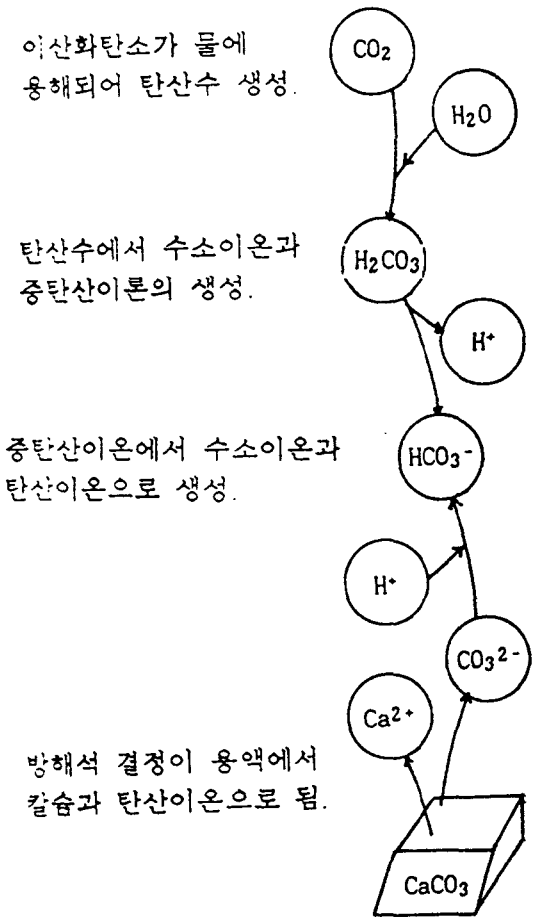
이때의 酸性雨는 黃酸을 미량 용해시킨 것으로서 탄산에 비해서 월등히 강한 것으로 동식물의 생존환경에 큰영향을 미친다. 그러나 炭酸水는 약 黃酸이기에 적어도 동식물의 생존기간의 범위에서는 피해가 거의 없다.

炭酸水가 H^+이온과 HCO_3^-이온으로 되는 비율은 HCl,KCl 등과는 달리 매우 희소하며 分子比로는 炭酸水의 1000분의 1정도이며 여기서 $HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$로 이온화되는 율은 10만분의 1이다.

二酸化炭素는 大氣중에서 보다 土壤內에서 더욱 풍부해진다. 동식물의 호흡이나 유기물의 腐植에서 발생되는 양이 많기 때문에 土壤 밑으로 침투되

는 물에는 炭酸水의 공급량이 더욱 더 많아져 石灰岩의 風化는 더욱 활발하게 진행될수 있다.

특히 또는 다른 규산염 鑛物들이 炭酸水에 의해 분해되기도 하지만 특히 강하게 영향을 받는 것은 石灰岩의 주성분인 方解石($CaCO_3$)과 苦灰石($CaMg(CO_3)_2$)과 같은 탄산염 鑛物이다.



(그림 5-3-2) 방해석과 같은 탄산염 광물이
탄산수에 의해 용해되는 모식도

石灰岩 地帶에서는 溫達窟古과 같은 石灰岩層에서 發達한 石灰洞窟을 흔히 볼 수 있다. 이것은 石灰岩의 틈 즉, 節理를 따라 흘러 들어간 이산화탄소를 함유한 地下水가 溶蝕作用 즉,化學的 風化 作用을 일으키면서 많은 세월에 걸쳐서 큰 空洞을 만들었기 때문이다.
이 空洞에 石灰石을 용해한 물이 통풍이나 기타 다른 원인에 의해서 수분이 증발하면 다시 침전되어 鐘乳石이나 石筍 등과 같은 스펠레오뎀이 생성된다.

方解石이 炭酸水와 반응해서 化學的 風化를 일으켜 용식되는 과정은 앞의 (2)식과 같다.

이 분해 진행의 模式圖를 보면 그림 9와 같은데 여기서 중탄산이온은 水素이온과 炭酸이온으로 분리되어 方解石내의 CO_2 성분은 가스로 소멸되기도 한다. 또한 칼슘이온과 중탄산 이온이 중탄산칼슘($Ca(HCO_3)_2$)용액으로 되어 제거되기도 하는데 이 용액은 다시 위 반응식의 可逆反應을 일으켜 方解石 成分으로 재침전 될수도 있다. 이와같이 재침전된 것이 鐘乳石이나 石筍과 같은 二次生成物 즉, 스펠레오뎀을 만든다.

6. 植生槪觀

이 地域은 小白山脈에 속하는 山岳地形으로 北쪽은 永春방면으로 河川이 협곡을 이루며, 南쪽은 救仁寺가 있는 산이 있다. 이들 산들 사이는 깊은 溪谷을 이루고 있기 때문에 이들 溪谷으로 부터 흐르는 水量이 풍부하여 食生活에 影響을 줄 만한 물부족은 없는 地域이다. 또한 700m~900m 부근의 河川邊의 구릉지대에는 무, 배추, 감자 등의 고냉지 栽培가 활발하며 野山에는 草地 조성이 되어 있는 곳이 있다. 한편 마을주변은 급경사지를 개간하여 이곳에서 고냉지 작물을 栽培하고 있기 때문에 土壤의 유실이 다소 있으며 일부지역에는 20~30年生 낙엽송을 벌목하였던 흔적도 있었다.

植物의 分布를 결정하는 1차적인 요인은 氣候, 특히 溫度와 乾濕度의 地理的 구배로서 온량지수에 따른 植物의 분포대를 보면 WI값이 15이하이면

한대, 15～45의 범위는 아한대, 45～85는 냉온대, 85～180은 난온대, 180～240은 아열대, 240 이상이면 열대에 속하며, 高度에 따라서는 우리나라의 植物區界를 아한대 기후대, 냉온대 북부, 냉온대 중부, 남부 기후대로 區分한다.

本 調査地域 일대는 WI의 55～85에 해당되기 때문에 植物區界와 地理學的으로 보면 냉온대의 중부구에 속한다고 볼 수 있다.

本 調査地域의 山林地域과 마을주변, 도로주변, 하천변에서 조사된 유관속 식물은 72과, 287속, 389종, 40변종, 3품종, 1아종으로 총 433종이었다.

(1) 山林 地域의 植生

山林地域의 植生은 階層構造가 비교적 잘 발달되어 있었으며, 각 계층별 주요 樹種으로는 교목층에서 신갈나무, 일본 잎갈나무, 산벚나무, 떡갈나무, 굴참나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 굴피나무이며, 아교목층은 물푸레나무, 서어나무, 신갈나무, 신나무, 산벚나무, 산뽕나무, 갈매나무이고, 관목층에서는 조팝나무, 국수나무, 고로쇠나무, 물푸레나무, 노린재나무, 생강나무, 광대싸리, 싸리 노박덩굴, 둥근잎 조팝나무, 떡갈나무 등 비교적 다양하게 나타났다.

草本層에서는 큰기름새, 억새, 애기나리, 산거울, 미역줄나무, 줄따기, 사갓나물, 물봉선화, 그늘사초, 초롱꽃, 알록 제비꽃을 비롯해서 등칡, 사위질빵, 청미래덩굴 등의 만경식물과 아카시아, 일본잎갈나무 등 外來種도 소수 볼 수 있었다.

(2) 河川과 道路邊의 植生

河川과 道路邊의 밭에는 무, 배추, 감자 등 고냉지 植物과 옥수수, 당근, 콩, 메밀 등의 재배식물 등이 대부분이며, 河川邊에는 갯버들, 버드나무, 물봉선화, 물푸레나무, 아까시나무, 물오리나무, 달뿌리풀, 칡, 인동덩굴, 물억새 등이 分布하고 있다.

道路邊은 대체로 植物相이 양호한 편으로 군데 군데 오리나무, 아까시나무, 은수원사시나무 등 식재식물이 있지만 道路邊에서 약간 벗어나면 싸리,

낙엽송, 소나무를 비롯해서 때죽나무, 쥐똥나무, 진달래, 개암나무, 팥배나무, 떡갈나무, 노간주나무 등의 木本을 볼 수 있으며, 草本으로는 강아지풀, 억새, 새, 망초 으아리, 도깨비바늘, 바랭이, 소리쟁이, 애기수영, 수영, 뚝갈, 민들레, 쑥, 까마중, 비름, 냉이, 질경이, 미꾸리낚시, 달맞이꽃, 둑새풀 등이 넓은 面積에 分布하고 있었다.

(3) 마을 부근의 植生

대부분 고냉지 채소인 무, 배추, 옥수수, 감자 등을 재배하기 위해 경사가 급한 곳을 개간한 흔적이 많이 보이고 있었다. 마을 부근의 植生으로는 냉이, 다닥냉이, 씀바귀, 쑥, 민들레, 질경이, 개망초, 고마리, 소리쟁이, 까마중, 쇠무릅, 쇠비름 등 田野의 雜草가 무성하였다.

(4) 結論

① 본 調査地域은 냉온대 중부 아구에 속하는 地域으로서 출현하는 種은 총 433종이었다.

② 洞窟 소재지 일대에서 調査된 주요 山林群落은 신갈나무 군락, 소나무 군락, 일본잎갈나무 群落으로 區分되었으며, 種의 다양도가 가장 높은 群落은 신갈나무 群落이었다.

③ 道路邊에서는 쑥 군락, 망초 군락, 소리쟁이 군락 등 잡초 군락이 넓은 面積에 형성되어 있었다.

이상에서 관찰된 植生의 항목을 살펴보면 다음과 같이 나타난다.

Selaginellaceae
  selaginella stauniana spring 개부처손
Equiset aceae
  Equisetun arvens L. 쇠뜨기
Pinaceae
  pinus densiflora Sieb. et Zucc. 소나무
  P. koraiensis Sieb. et Zucc. 잣나무
  Larix leptolepis (Sieb. et Zucc.) Gorden 일본잎갈나무
Cupressaceae
  Thuja orientalis L. 측백나무

Poaceae

Alopecurus aequalis var. amurensis (Kom) Ohwi 뚝새풀

Arundinella hirta (Thunb.) C.Tanaka 새

Festuca ovina L. 김의털

Miscanthus sinensis Anderss. 참억새

Setaria viridis (L.) Beauv. 강아지풀

Spodiopogon cotulifer (Thunb.) Hack 기름새

Imperata cylindriea (L.) Beauv. 띠

Cyperaceae

Cyperus amuricus Maxim. 동방새

Commeliaceae

Commelina communis L. 닭의장풀

Aneiiema keisak hassk. 사마귀풀

Liliaceae

Allium thunbergii G. Don 부추

Hemerocallis fulva L. 왕 원추리

Lilium concolor Salisb. var. Parthenion

(Sieb. et de Var.) Baker 날개하늘나리

L. langifolium Thunb. 백합

polygonatum odoratum var. pluriflorum ohwi 둥글레

Smilax china L. 청미래 덩굴

S. sieboldii Miquel. 청가시덩굴

Dioscoreaceae

Dioscorea tocoro Makino 도꼬로마

Juglandaceae

platycarya strobilacea Sieb. et Zucc. 굴피나무

Berulaceae

Alnus hirsuta (Spach) rupr. 물오리(산오리)나무

Corylus heterophylla Fisch. Bl. 난티잎 개암나무

C. heterophylla Fischer Var. thunbergii Bl. 개암나무

Fugaceae

Castanea crenata Sieb. et Zucc. 밤나무

Quercus acutissima Carr. 상수리나무

Q. aliena Blume 갈참나무

Q. dentata Thunb. 떡갈나무

Q. Variabilis Blume 굴참나무

Ulmaceae

Hemiptelea Davidii Planchon 시무나무

Ulmus davidiana for. suberosa Nakai 혹느릅나무
U. Davidiana var. japonica Nakai 느릅나무
Zelkova serrata Makino 느티나무
Moraceae
Humulus japonicus Sieb. et Zucc. 환삼덩굴
Morus bombycis Koidz. 삽봉나무
Urtieaceae
Uritca thunbergiana Sieb. et Zucc. 쐐기풀
Aristolochiaceae
Aristolochia contorta Bunge 쥐방울덩굴
Polygonaceae
Polygonm aviculare L. 마디풀
Rumex japonicus HOUTT. 참소피쟁이
Chenopodiaceae
Chenopodium album L. var. centrorubrum Makino 명아주
Kochia scoparia Schrad 댑사리
Amaranthaceae
Achyranthes japonica (Miquel) Nakai 쇠무릅
Portulaceae
Portulaca oleraceae L. 쇠비름
Caryophyllaceae
Arenaria serpyllifolia L. 벼룩이자리
Stellaria aquatica (L.) Scop. 쇠별꼴
S. media (L.) Villars 별꼴
Ranunculaceae
Clematis apiifolia DC. 사위질빵
C. trichotoma Nakai 할미질빵
Ranunculus chinensis Bunge 젓가락나물
Thalictrum aquilegifolium L. 꿩의다리
Aquilegia bueriana Var. oxysepala Kitamura 매발톱꽃
Menispermaceae
Cocculus triobus (Thunb.) DC. 댕댕이덩굴
Menispermum dauricum DC. 새모래덩굴
Lauraceae
Lindera obtusiloba Bl. 생강나무
Cruciferae
Capsella bursa-pastoris Medicus 냉이
Draba nemorosa L. Var. hebecarpa Ledeb. 꽃다지

Rorippa islandica(Oed.) Borb. 속속이풀

Crassulaceae

Sedum kamtschaticum Fischer 기린초

S. sarmentosum Bunge 돌나물

Saxifragaceae

Ribes fasciculatum Sieb. et Zucc. Var. chinensis Maxim. 까마귀밥

Rosaceae

Agrimonia pilosa Ledeb. 짚신나물

Rosa multiflora Thunb. 찔레꽃

S.officinalis L. 오리풀

Spiraea pubescens Turcz. 아구장나무

Stephanandra incisa (Thunb.) Zabel 국수나무

Leguminosae

Amphicarpaeavedgeworthii Benth. var. trisperma. (Miquel) Ohwi 새콩

Desmodium oxyphyllum DC. 도둑놈의 갈구리

Kumerowia striata (Thunb.) Schindler 매듭풀

Lespedeza cuneata G. Don 비수리

L. cyrtobotrya Makino 참싸리

L. intermedia Nakai 풀싸리

L. maximowiczii C. K. Schneider 조록싸리

Medicago lupulima L. 잔개자리

Pueraria thunbergiana (Sieb. et Zucc.) Benth. 칡

Robinia pseudo-acacia L. 아까시나무

Trifolium repens L. 토끼풀

Oxalidaceae

Oxalis corniculata L. 괭이밥

Rutaceae

Zanthoxylum schinifolium Sieb. et Zucc. 산초나무

Simaroubaceae

Ailanthus altissima Swingle 가죽나무

Picrasma quassioides (D. Don) Benn 소태나무

Euphorbiaceae

Euphorbia sieboldiana Morr. et Decne 개감수

Securinega suffruticsa Rupr. 광대싸리

Anacardiaceae

Rhus japonica L. 붉나무

R. trichocarpa Miquel 개옻나무

R. verniciflua stokes 옻나무

Aceraceae
  Acer mono Maxim 고루쇠나무
  A. palmatum Thunb. 단풍나무
Celastaceae
  Euonymus alatus (Thunb.) Sieb. 화살나무
Vitaceae
  Ampelopsis brevipedunculata Var. hetero-phylla (Thunb.) Hara 개머루
  Parthenocissus tricuspidata (Sieb. et Zucc.)PLANCH 담쟁이덩굴
Araliaceae
  Aralia elata (Miquel) Seem 두릅나무
Umbelliferae
  Torilis japonica (Houtt.) DC. 사상자
Cornaceae
  Cornus officinalis Sieb. et Zucc. 산수유
  Cornus walteri Wanger 말채나무
Pyrolaceae
  Pyrola japonica Klenze 노루발
Primulaceae
  Lysimackia Clethroides Duby 큰까치수염
Oleaceae
  Syringa dilatata Nakai 수수꽃다리
  S. reticulatata Var. mandshurica Hara 개회나무
Apocynaceae
  Metaplexis japonica (Thunb.) Makino 박주가리
Labiatae
  Mosla punctulata (Gmel.) Nakai 들깨풀
  Prunella vulgaris L.var. lilacina Nakai 꿀풀
Plantaginaceae
  Plantago asiatica L. 질경이
Rubiaceae
  Asperula odorata L. 선갈퀴
  Galium verum L. var. asiaticum Nakai 솔나무
  Rubia akane Nakai 꼭두서니
Caprifoliaceae
  Viburnum dilatatum Thunb. 가막살나무
  Weigela subsessilis (Nakai) Bailey 병꽃나무
Valerianaceae
  Patrinia villosa (Thunb.) Jussieu 뚝갈

Cucurbitaceae
  Trichosanthes kirilowii Maxim 하늘타리
Campanulaceae
  Adenophora triphylla(Thunb.) A. DC. var. japonica(Regel) Hara 잔대
  Campanula punctata Lam 초롱꽃
  Platycodon grandiflorum (Jacq.) A. DC. 도라지
Compositae
  Achillea sibirica Ledeb. 톱풀
  Artemisia capillaris Thunb. 사철쑥
  A. princeps var. orientalis (Pampan) Hara 쑥
  A. iwayomogi Kitamura 더위지기
  A. japonica Thunb. 제비쑥
  A. Keiskeana Miquel 맑은대쑥
  A. lavadulaefolia DC 참쑥
  A. montana (Nakai) Pampan 산쑥
  Aster scaber Thumb 실망초
  Erigeron annus L. 개망초
  E. canndensis L. 망초
  Hieracium umbellatum L. 조팝나무
  Scorzonera albicaulis Bunge 쇠채
  Youngia sonchifolia Maxim 고들빼기
Conabinaceae
  Humulus japonicus Sieb. et Zucc. 환삼덩굴
Convolvulaceae
  Calystegia zaponica (Thunb.) Choisy 메꽃
Geraniaceceae
  Geranium sibiricum L. 쥐손이풀
Beriberidaceae
  Beriberis Koreana Palibin 매자나무
Rhamnaceae
  Hovenia dulcis Thunb. 헛개나무

위에서 관찰된 植生 사항외에 기타 관찰된 動物로는 까치독사, 산개구리, 사마귀, 풀무치, 개미, 불개미 등이 있었다.