

花崗岩洞の地形学的研究

— 韓国ソウル北方山中の虎岩寺百人窟洞 —

池田 碩*

Topographic Study of a Granite Cave
— The Example of a Cave Discovered in a Mountain
in the Northern Part of Seoul, Korea —

Hiroshi IKEDA

要 旨

花崗岩が広く分布する韓国において、花崗岩地域の組織地形を調査している折、大変特異な山上に位置する花崗岩の洞窟をみつけた。

調査の結果、この洞は厚い風化層が発達している山中であって、局部的に花崗岩の割れ目（節理）の密度がきわめて低い、風化の遅れた部分が巨大な岩峰を形成しているところに位置している。

しかも、その岩峰の外側より内部の方が割れ目の密度が高かったため風化が早く進行し、さらにその早く風化した部分が、たまたま下方から抜け岩峰の内部が空洞になってできた洞窟である。

すなわち、この洞の形成はきわめてまれな花崗岩の岩質、特に節理密度や風化の差などの好条件がいくつも重なった結果生じたものであることがわかった。

1. はじめに

韓国には、花崗岩が広く分布するため、花崗岩地域に出現する一般的な地形のほか、種々の特異な地形、微地形が発達している^{1) 2) 3) 4) 5) 6) 7)}。このため韓国は、花崗岩を主体とする組織地形の研究にとって、大変すばらしいフィールドである。

筆者も、これまでにボルンハルト Bornhardot, トア Tor, タフォニ Tafoni, グナマ Gnamma, 岩塊流 Block stream 等について調査し、その一部については既に報告してきた^{8) 9)}。

今回はさらに、きわめてめずらしい「花崗岩洞」を見つけ調査してきたので、その結果を報告する。

一般に洞・洞窟は、それを形成する岩石・岩質として石灰岩地域に多い鍾乳洞や、玄武岩・安山岩のような火山地域に多くみられる溶岩洞に代表されるし、さらに海岸の波打際では、岩石にこだわらずむしろ断層や大きな節理に沿う波食洞があげられる。

ところが、今回報告する虎岩寺背後の百人窟洞は、上記のどれにも相当しない。すなわち百

人窟洞一帯の岩石は花崗岩であり、しかもその位置は山中（山上）である。それなのにその形態や規模は、典型的な洞窟と見なせる風格を持っている。

ごく小さな空洞や花崗岩特有の節理に沿う細長い割れ目状のすき間にできた穴ならともかく、今回紹介する百人窟洞は、その奥行が約23m、幅約16m、高度差約35mである。

このような洞内の広がりを持った規模の大きい花崗岩洞の存在は、おそらく世界的にもまれなものと考える¹⁰⁾。

また、この洞の形成営力や形成過程も、通常洞のような溶食や溶岩未固結部分の流動による空洞や波食とは異なる。

そこで、本論では、図や写真をまじえて、できるだけ洞窟の実態を詳細に紹介し、そのうえで洞の形成営力や形成の過程について考察していく。

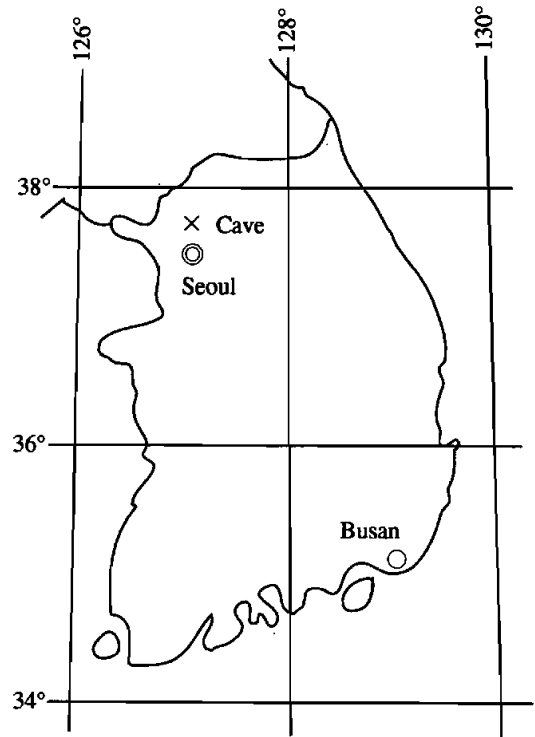


Fig.1. The Location of Cave, in the Republic of Korea

図-1 調査地百人窟洞の位置

2. 地域の概観

今回紹介する花崗岩洞「虎岩寺の百人窟」は、図-1に示すように、南北方向に延びる韓半島の中でもほぼ中央部にあたり、東西方向からはやや西によるが、それでも海岸からは約30km離れた内陸の山間部に位置している。

行政的には、首都ソウルの北方約10kmで、議政府市の西方にあたり、道峰山地の北端に位置する賜牌山（552m）の北東側に緩斜面となって続く1尾根の山上から中腹に形成された洞である。

この洞窟を形成する岩石は、粗粒の黒雲母花崗岩である。しかも花崗岩としては、この付近に広く分布している普通の岩石で、特別な岩質のものではない。節理の間隔は基本的には1～数mオーダなので、大割れ地域である。

地表での形態としては、大割れ花崗岩山地の一般的な山形を示すが、山中には特有の地形・微地形が発達している。なかでもBornhardtやTorが目立ち、岩盤にはTafoniが発達しているのが特徴的である。

このような地形の存在には、岩石・岩質と共に、この地域の現在の気候のみならず、過去の気候が重要な役割を果たしているものと思われる。

そこで、とりあえず、現在の気候環境を知るために、近くに位置しデータのそろったソウル

における1981～1990年の気象グラフを作成してみた。全体としては、年間の降水量が1250mm位にすぎなく、しかもそのほとんどが7月を中心とする夏に集中して降っているため冬期を中心に春秋共大変乾燥している。さらに冬季の気温が著しく低いため、凍結日数が年平均115日とほぼ4ヶ月間にも及んでいる。この付近は全体として北からの気団が強く大陸性の特徴を示している。

しかもこのデータは、首都のソウルのものである。10kmしか離れていないとはいえ、洞窟は山間部なので実際にはもっと厳しいはずである。調査中この一帯には前方が見えなくなる程の霧がよく発生したことも付記しておきたい。

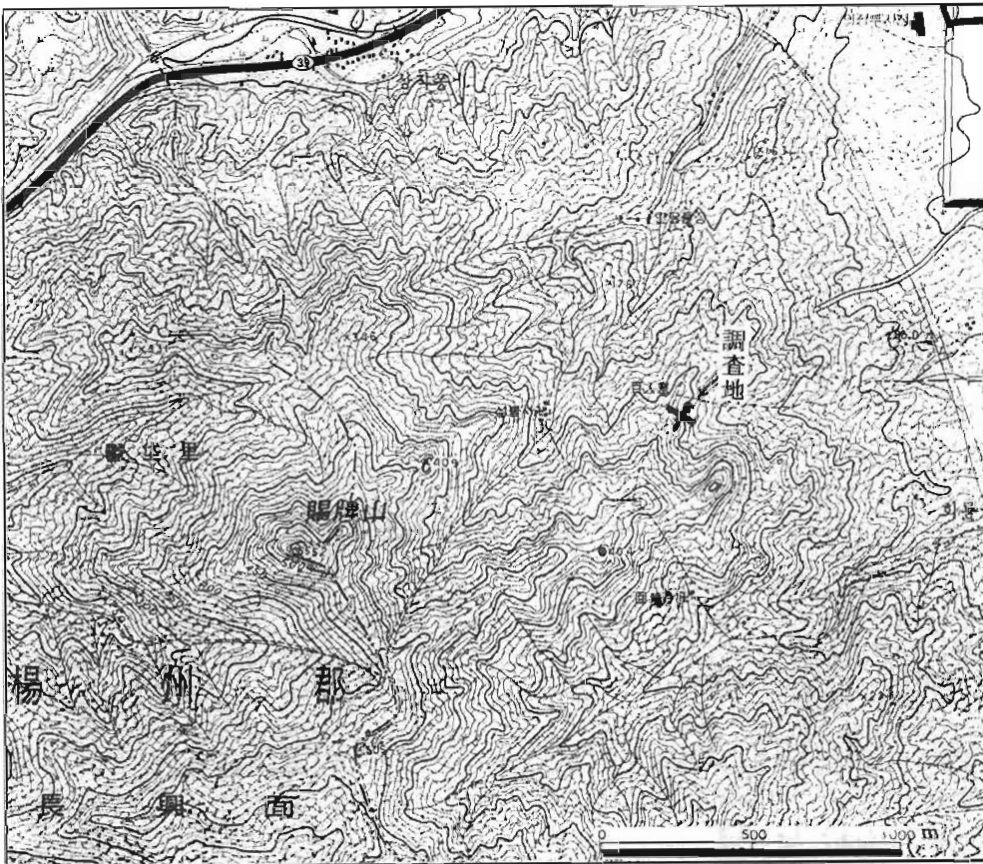


Fig.2 Topography of the Study area

図-2 調査地百人窟洞付近の地形図

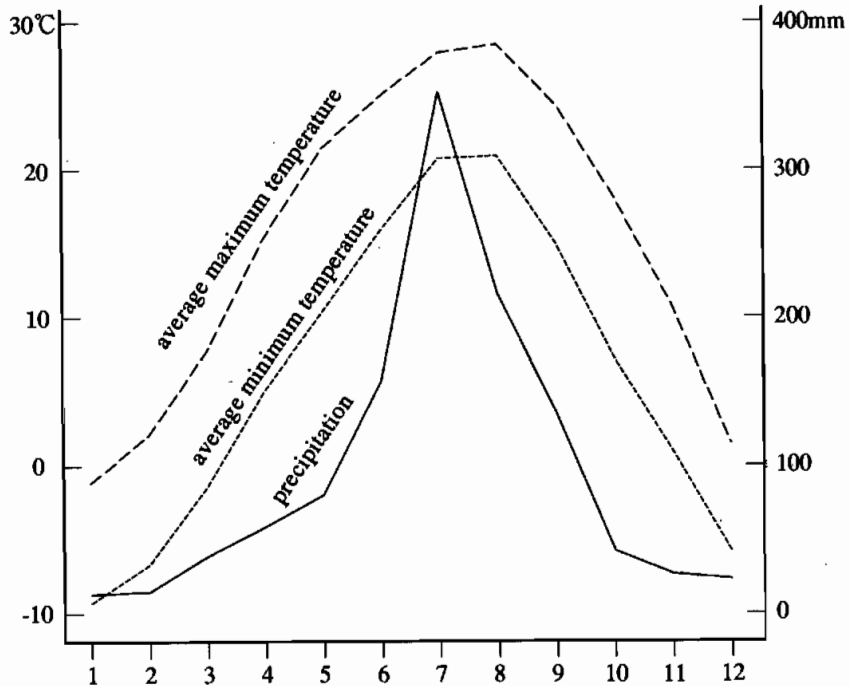


Fig.3. Climate Near Cave

図-3 洞付近の気象グラフ (データはソウル)

3. 百人窟洞の実態

この地域一帯には陽牌山(552m)の肩から北～東側に向かって放射状にいくすじかの高さのそろった尾根が並んでいる。これらは、過去地形発達のある段階で緩斜面として広く平坦化した部分が後に隆起し、その後花崗岩の大きな組織にもとづきつつ侵食された結果、現在はかつての平坦な斜面であった尾根にあたっている部分と新しく形成された谷とに分離されたのである。

尾根の長さは1～1.5km、尾根の標高は山地側が約350m、他方の平野と接する付近では200～150m位である。百人窟洞は、尾根上部に突出したボルンハルト状の岩峰(267m)の中に入り、谷底(185m)との高度差は約80mである。

次に洞の周囲についてみてみよう。ボルンハルトの上方はN40°W方向の巨大な裸岩壁となって急崖(上方68°S、下方72°S)であるのに対し、中腹には緩斜面があり、現在ここは、さらに人工的に平坦化され、虎岩寺とその境内になっている。そしてこれより斜面はふたたび傾斜を増し谷底へと下っている。このような斜面の中で、百人窟洞は岩峰の直下部から始まり、中腹の緩斜面との間に大きな裸岩として突出する、巨大な岩塊の内部に形成されている。斜面高度差80mのうち、この洞にかかわるのは上方のほぼ40mの部分である。

洞の上方口にあたる部分は、岩峰から約20m下ったところにある。そこは、洞内では中間部よりやや上方にあたるが、この高さは洞内の平坦な部分が最も広がったところである。そして、洞内はこの部分を境に「上部洞」と「下部洞」とに分けられる。なお洞穴の面積や空間の形状からみて、上部洞の方が主洞でありその形成も古い。

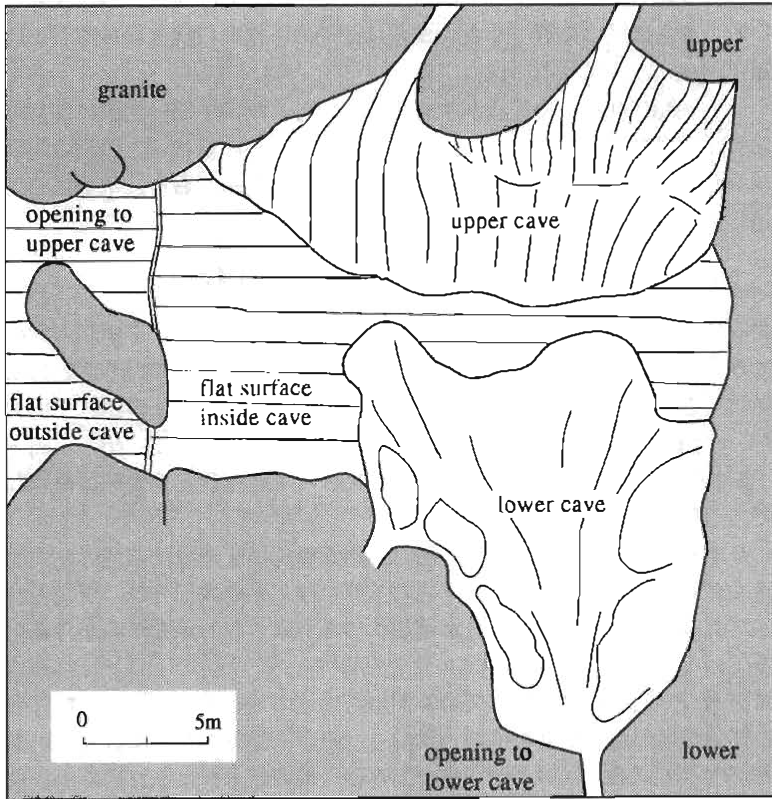


Fig.4. Plan View of the Granite Cave

図-4 虎岩寺百人窟洞内の平面図

これに対し下部洞口は、裸岩からなる急崖斜面の直下で、緩斜面への移行部に位置しており、せまい洞内にはかなり大量に風化した土砂がたまっている。洞口は、人間ひとりが腹這いになってやっと出入りできる位の楕円形の穴である。

上部洞内は、まさに百人窟・その名の通りの広さがあるが、形状はかなり複雑である。洞内は、全体としては岩盤の大きな節理面に沿って南側へと傾斜しているため片流れ状となっており、その丁度中間部に平らな面が広がっているという形状で、その奥行は約23m、幅が16mあり、やや無理して押し込めば100人位は入れそうな広がりである。

この平坦面は、洞口近くが最も広く安定しているが、若干人為的に平らにならされてもいる。この洞内平坦面から見上げる天井部は数枚の巨大な岩盤の節理面が壁面となっているが、その表面は鱗状に風化部が剝離しているため、斜めから見ると、岩の表面はあたかもサザ波状になっている。なお、天井は大きく傾斜してナナメ上方へと延び、さらにその先端は狭くなっていき、最後は大きい割れ目（節理）に沿う巨大な穴となっている。この穴はさらにナナメ上方へと続いているが、どこまで延びているかは人間が入れず不明である。この穴からは、通常時でもわずかの水のしたたりがあり、雨天の日には水流が生じることから、屋根の上端までは抜けないものの、表層風化部の直下付近まで続いているものと思われる。

一方下部洞の方は、広い平坦面の下方から天井まで約6mと急にせばまり、さらにそのまま

漏斗を全体に押しつぶした形状となって低下しているため、その途中からは天井との間2 m位に縮まっている。さらに洞口に近づくと、まさに漏斗の下端の口状となってしまう最後は高さ1 m、幅1.5mの小さな穴になっている。

この穴からは、昼間は強烈な冷気流が吹き出している。洞口下部の土層には常時たっぷり水分を含んでおり、雨天日が続くと水流を生じる。しかし、その量は、この洞の規模からするときわめて少ないため、洞内下部ではさらに下方へと風化が進んでおり、すでにそこへと洞内水の大半は滲透しているものと考えられる。

4. 洞の形成条件と形成過程

この花崗岩洞は、どうして山中（山上）に形成されたのだろうか。まず洞周囲の花崗岩の状態を調査してみると、この屋根一帯の花崗岩は、かなり風化が進んでいることに気づく。しかし、周囲を見渡すと風化した土層の地域のなかに、ところどころ風化の遅れた巨大な岩塊群からなる部分が、小山状のボルンハルトやトアとなって点在していることから、同一時期の風化面とはいえ、割れ目（主として節理）の密度の差によって風化量と地表形に微妙な差異を生じている地域であることがわかる。

とはいえ、基本的にこのような厚い風化層は、周囲の尾根を連ねた原地形の表面部から長期にわたって進んだものである。尾根部にみられる厚い風化層の大部分は、現在の地形すなわち原地形が、谷によって刻まれ残った部分が尾根状へと分離されるはるか前から風化を進めてきたものである。

なお風化層が下方へ向って形成されていく間にも、途中で岩体の割れ目が特に少ない部分となると、その部分だけが風化が遅れることになり、その下部に当たる部分の方が先に風化が進み風化の逆転が生じてくる。同様に斜面側でも外側（地表部分）は割れ目の少ない岩盤であっても、その中側の方が割れ目の密度が高く上方から水の供給があれば水和作用による風化が進み、この場合も風化の逆転が生じることになる。

さて、百人窟洞では、その位置が山上ときわめてまれな存在であることを考えると、この場所が洞形成に大変特異な好環境にあったと思われるが、その条件は何であったのだろうか。

まず、洞の母体は、巨大な岩塊群が尾根上に突出したボルンハルトで、小山状となっていること。そうして、岩塊の割れ方はたて割れが目立ち岩盤はN40° W方向に約70° 近く急斜する岩塊が主体となって岩峰を形成していること。しかもこの岩塊群中にも割れ目の密度差があり、岩塊群の内部の方で割れ目の密度の高い部分が先に風化しており、そのうち風化土層化した部分でその下方が抜けた部分が空洞となったものである。すなわち、上部より下方が、さらに外側より内側の方が風化が早く進んだ結果生じた風化の逆転に起因してできたきわめて特異な洞窟地形なのである。

なお、洞内では、現在も風化と剝離が進んでいる。それは洞内壁の表面からの風化だけではなく、最も重要なのは、すでに前述したが、現在唯一の排出口である下部洞口からの水流が洞内規模からみてはるかに少ないことを考えると、洞内水はさらに下方へと滲透しているはずである。実際、下部洞口の高さより、さらに5 m程下部にあたる部分には虎岩寺の生活水を得るだけの湧水が常時流出している。地形的にも谷底まではここより下方へ30mもあり、風化層は洞内でさらに下方へと進行しているものと考えられる。このため、条件さえそろえば、洞はさらに下方へと拡大することが考えられる。

その一方で、地形発達史的には、洞外側からの風化と洞内からの風化とが共に進むと、いずれこの岩塊峰全体が崩壊しだし、洞の生命も閉じることになるのである。

ところで、この洞の形成過程中的ある段階には大きな転換期があったことがわかってきた。すなわち、洞内はほぼ中間部の平らな面の広がる部分を境に洞内の地形も大きく異なっていることから、上部洞と下部洞とに分けられることはすでに指摘したが、ではこの平らな面とその広がりはどうして、またいつの段階に形成されたのだろうか、それについて考えてみよう。

まず、2つある洞口のうち上部の洞口は、現在は最下部の洞口すなわち出口がありここから全ての水流や風化物は搬出されているため、洞入口の状態である。ところが上部の洞内地形からみると、その下方に位置し出口にあっていること。

そこで、次に上部洞内の広がりを考えると、とても現在の下部の小さな洞口からは上部洞の形成にもなう大量の風化物質を全て排出したとは思えないこと。さらに上部洞の方が、洞内の広がりや形態からして洞としてほぼ完成していることから主洞であり、下部洞より形成が古いこと。

以上の考察から、ここは洞内横式図(図-5)に示したように、まず上部洞がほぼ現在の形にまで完成した後、下部洞が下部洞の方から上方へと拡大してきて、ついには上部洞と連結したものであると考えた。すなわち、上部洞床面として広がっている平らな面は、現在は下部洞の上方への拡大によって縮小されながらも洞内中間部に残っているが、過去の一時には上下の2洞があったことを示していることを思うとこの平らな面の存在は、洞の形成過程を考える時、大変重要な内容を秘めていることがわかった。

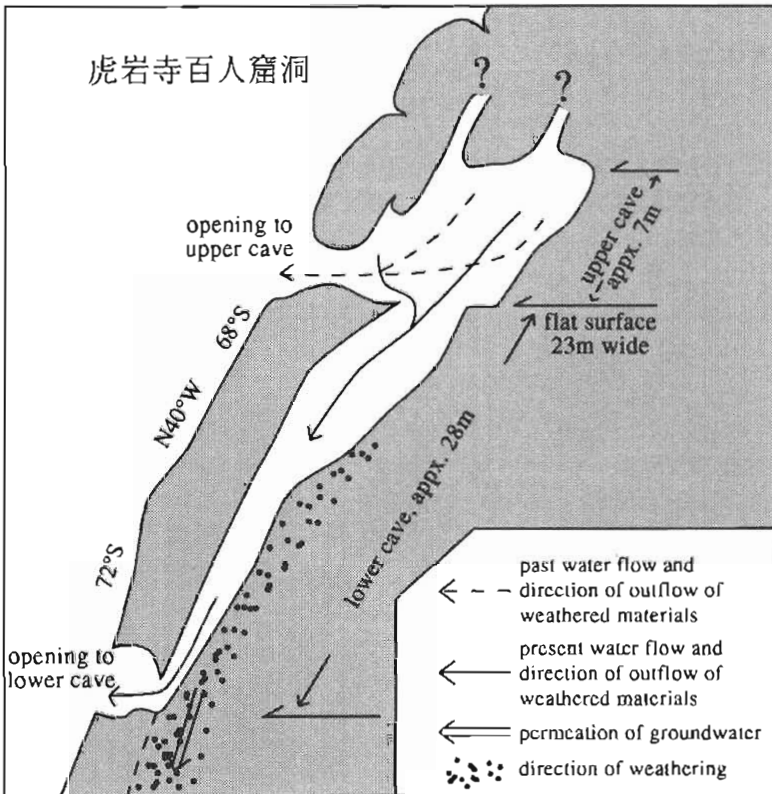


Fig.5. Section View through the Granite Cave Showing the Formation Process

図-5 花崗岩洞とその形成過程を示す模式断面図

5. さいごに

最初に現地で百人窟洞を見た時、あまりもの大きさと山上という位置に驚いてしまった。そして次には実に特異な好条件がいくつも重なって形成されたものと思われ、花崗岩が広く分布する韓国といえど各地に出現するものではないということまではすぐに理解できた。しかし、それではどんな条件とどのような過程を経て形成されたものか、と考えだしたとたんしばらくはどこから調査したらよいかわからなくなった。

このため、初回(1992年5月)は調査というより観察で終え帰国した。帰国後、時折思い出し、考えるほどにこの洞の存在自体が特異で貴重な洞であるだけに、そのことを紹介することの意義も大きいと考えた。また、筆者の専門は地形学でもあり、やはりまずはこの洞の実態を地図・模式図・写真を含めてできるだけ詳細に紹介することが重要であることに気づいた。そのうえで、観察を通して考察したことをふまえ洞の形成過程を考えてみることにして2回目の調査(1993年5月)へと出かけた。

これまでの調査の結果をまとめてみたのが、本報告である。もっと十分な調査をと思いつつも、外国であり簡単には行けずもどかしい点もある。しかし、花崗岩特有の風化の進み方とそこでさらに特異な状況下でこの「百人窟洞」が形成されてきた過程は、おおむね明らかにできたと思う。

とにかく、このような貴重な地形にめぐりあえたこと自体大変幸運であったこと。そして、今回それを紹介でき、これまでの筆者の花崗岩地域の地形研究の中の1つに加えることができたことの意義は大変大きいと思っている。

謝 辞

今研究に同行終始御協力いただきました元全羅北道教育委員会学生科学館地学研究室主任の姜龍錫先生、百人窟洞を管理され研究の機会を与えていただいた虎岩寺住職の許潭和尚さんと家族のかたがたに対し、心から感謝の意を表します。



Bornhardt Dome of the Granite Cave
as seen from Outside

上・百人窟洞の位置する巨大な岩塊峰。その中腹の緩斜面部には人工を加え、虎岩寺とその境内が造られている。

下左・虎岩寺境内から見上げた岩塊峰。巨大な裸岩壁面の内部に百人窟洞がある。

下右・岩塊峰山頂部の巨礫群。巨大な岩塊の下部の方が風化が進んでいる。





Inside of the Granite Cave

- ①②上部洞天井奥の右側と左側。奥の節理に沿う穴はどこまで延びていくのか不明。
- ③④洞内中間部の平坦な床面。③は洞口側、④は内部奥。この平坦面を境に洞内は上部洞と下部洞に2分される。
- ⑤平坦面から見上げた天井の花崗岩
- ⑥平坦面から見下ろした下部洞とその奥に見える小さな洞口（写真中央部）。
- ⑦洞内岩盤表面の風化の著しく進んだ部分。メジャ下方の部分は手で簡単にめくれるほど風化している。





↑
上部洞口

下部
洞口



Upper and Lower Entrance to the Cave

写真上・大きな上部洞口と、写真下・小さな下部洞口
現在洞内水や風化土砂が排出されるのは下部洞口からのみである。
下部洞口は、仏像群の左側奥にある。

注

- 1) 赤木祥彦 (1971) : 韓国光州付近の Pediment と岩塊流。東北地理, 第22巻第2号。
- 2) 金道貞 (1972) : ソウル近郊の花崗岩風化に対する気候地形学的考察。ソウル大学駱山地理, 第2号。
- 3) 金周煥・張載勳 (1977) : 韓国の花崗岩に発達する Salt Weathering 現象に関する気候地理学的研究。地理学研究, 第4号。
- 4) 權純植 (1978) : 釜山市梵魚寺周辺の Block Field。ソウル大学地理学論集, 第5号。
- 5) 張 昊 (1983) : 智異山地主稜線東部の周氷河地形。地理学, 第27号。
- 6) 金恵子 (1984) : 道峰山と仏岩山地域の Joint・Tor・Tafoni に関する研究。東国地理, 第5号。
- 7) 權炯熙 (1985) : 金井山の Tor 現象に関する研究。地理学, 第32号。
- 8) 池田碩・姜龍錫 (1981) : 韓国・全州東部の馬耳山にみられる Tafoni 地形。奈良大学紀要, 第10号。
- 9) 池田碩 (1990) : 韓国東北部海岸注文津付近にみられる Tafoni 地形とその形成過程。奈良大学紀要, 第18号。
- 10) C. R. Twidale (1982) : Granite Landforms. Elsevier. Oxford. の p.280-282 に U. S. A. Texas 州の Enchanted Rock Cave 他数例が報告されている。

Summary

I have long been doing research on the development processes and characteristics of places formed out of granite. Here I would like to briefly report the results of a survey I did on a granite cave in a mountain in central Korea, a place unique for its widely distributed granite surface which contains numerous tafoni and gnamma landforms. The particular cave I would like to report on here I discovered there.

In general, there are several types of caves, such as stalactite grottos formed in limestone, lava caves formed in volcanic regions, and wave cut caves formed along cliffed coastlines. However, in this report, I'd like to talk about a granite region cave I found in the upper part of a mountain. First, I will briefly describe the conditions found in the area today, and then I will attempt to describe the process by which the cave was formed.

As shown in the maps and photographs, the cave I found is located inside the south slope of a mountain range which is located at an elevation of 267 meters above sea level. The cave is inside the upper portion of a mountain which is 80 meters above the adjacent valley floor. This cave is a typically shaped one 23 meters long (deep), 16 meters wide and 35 meters high. The upper part of the mountain range in which the cave is located is deeply weathered granite where fully weathered soil and less weathered rocks mixed with soil is found. In addition, here and there can be seen large unweathered rock blocks. These rock blocks are higher than their surrounding mountains and form small mountains by themselves.

It is in one of those small unweathered areas that in between the unweathered rock blocks, quite accidentally there is a rapidly weathered soil area, and likewise accidentally there, the lower part of the slope has been completely weathered through resulting in a large empty hole. This is the very unusual cave I am reporting about

here.

On further study, I found the cave to be huge, formed quite by accident by a coincidental combination of suitable conditions. Furthermore, the inside of the cave is even now continuing to weather with the surface of the walls scaling off. That is, this cave is in a condition of "active" weathering and is still getting larger.

Here, I have very briefly reported on an unusual granite cave that I discovered in central Korea. It is but one more example of a granite landform but one of which I am particularly happy to be able to add to my granite landform research.