

# 金井山の Tor 現象에 關한 研究

權 炯 熙\*

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| ◀ 目 次 ▶                      |                          |
| 1. 序 論                       | (1) Joint                |
| (1) 研究目的 및 範圍                | (2) Block-field와 talus   |
| (2) 研究地域 및 方法                | (3) 粒狀崩壞와 剝離現象           |
| 2. Tor 現象                    | (4) Solution pan과 tafoni |
| (1) Tor의 位置와 高度              | 4. Tor의 成因 및 發達段階        |
| (2) Tor의 規模와 形態              | (1) Tor의 成因              |
| (3) Tor의 hardness와 roundness | (2) Tor의 發達段階            |
| (4) 基盤岩 및 周邊土壤               | 5. 結 論                   |
| (5) Tor의 要素別 關係              | ※ Summary                |
| 3. Tor와 關聯된 諸風化現象            |                          |

각된다.

## 1. 序 論

### (1) 研究目的 및 範圍

風化現象중에서 tor, tafoni, block-field 등은 最近 우리나라 地形의 主要 研究對象이 되고 있다. 특히 tor는 花崗岩風化的 대표적인 殘存物로서 이에 대한 研究는 한국의 風化地形을 이해하는데 매우 필요하리라 생각된다. 따라서 本 研究의 目的은 tor現象을 통해 風化地形 자체의 이해는 물론 한국의 地形發達 특히 山地斜面發達의 이해를 돕는 基礎資料를 마련하려는 것이다.

地形研究는 대체로 分布, 類型分類, 成因, 形成時期과약, 一般化등의 순서를 거쳐서 이루어지는 것이 보통이다. 本 研究는 한국의 花崗岩 山地에 발달하는 tor의 일반적 특성을 究明하기 위한 斷片的인 研究로서 tor의 分布와 類型分類 등에 重點을 두었고 그를 바탕으로 成因을 推定하였다. tor의 發達成因과 時期는 次後 綜合報告를 통해 明確한 結論을 내릴 수 있을 것으로 생

### (2) 研究地域 및 方法

金井山은 행정구역 상으로 釜山直轄市 北區와 東萊區에 위치하며 그 북부 일부는 慶尙南道 梁山郡 東面に 속한다.

太白山脈의 南端部に 해당하는 이 山地는 南北 方向의 山系로서 비교적 緩慢한 主稜線이 발달해 있으며 最高峰은 해발 801.5m에 이른다. 이 山系는 西쪽으로는 洛東江의 小支流과 東쪽으로는 水營江 支流의 分水嶺을 形成한다.

이 지역의 地質은 대부분 花崗岩類로서 主로 馬山岩類의 아다멜라이트와 佛國寺花崗岩類의 角閃石花崗岩으로 되어 있다(Fig. 1). 佛國寺花崗岩類가 粗粒質인데 反하여 이보다 後期에 分化된 馬山岩類는 細粒質이다. 本 研究地域의 東쪽으로는 蔚山斷層이 그리고 西쪽으로는 彥陽斷層이 각각 北北東~南南西方向으로 발달되어 있는데 이들 斷層活動은 이 지역의 深成岩 貫入活動과 깊은 關係를 갖고 있는 것으로 생각된다.<sup>1)</sup> 研究方法은 主로 野外踏査에 力點을 두었다.

\* 東國大 大學院 博士課程

1) 韓國地質圖(1:50,000, 東萊·月內), 資源開發研究所(1975), p. 25.

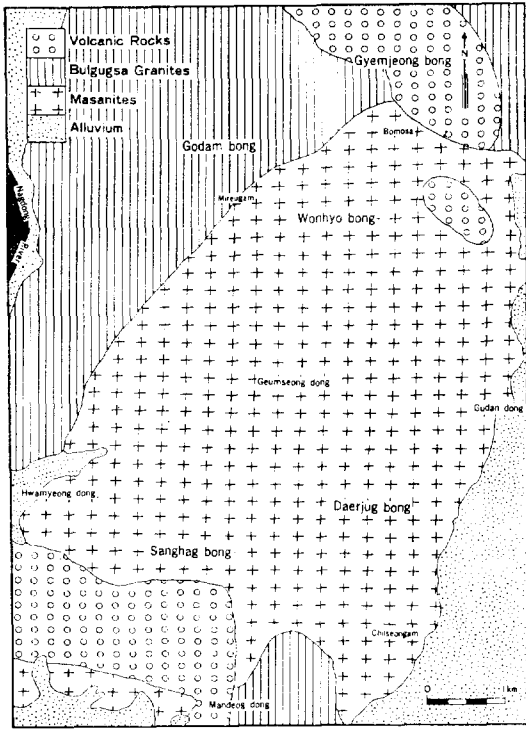


Fig. 1. Geologic map of the Geumjeong Mt.

1984년 7월 21일~28일까지 모두 8회의 답사를 통해 총 46개의 露頭를 調査·整理하였다. tor 자체의 특성을 파악하기 위해 우선 tor의 位置, 高度, 規模, 形態, hardness, roundness, 基盤岩 등을 調査하였으며 그 要素들간의 關聯性을 알아 보았다. tor의 發達 processes와 관련시켜 tor 주변의 토양 및 風化物質을 調査하였으며 이밖에 joint, block-field, talus, 粒狀崩壞, 剝離現象, solution pan, tafoni 등도 같은 목적으로 調査하였다.

現地踏査時 地形圖는 1983년 國立地理院 發行 1:5000(梁山·釜山) 地圖와 1:25000(梁山·東萊) 地圖를 使用하였고 특히 踏査코오스는 조선일보사 발행 월간 「山」(1984년 5월호)의 金井山 코오스가이드 圖를 利用하였다.

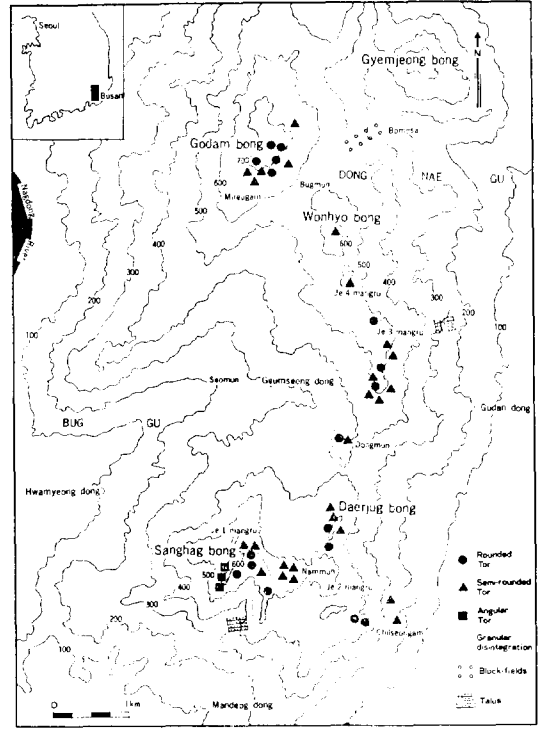


Fig. 2. Geomorphological map of the Geumjeong Mt.

## 2. Tor 現象

### (1) Tor의 位置와 高度

位置上으로는 稜線tor가 대부분이며 그 중에서도 側稜線보다는 主稜線tor가 우세하다. 斜面tor도 一部 存在하나 溪谷tor는 전혀 발달해 있지 않다(Fig. 2, Table 1). 이러한 主稜線 즉 山頂部分은 과거 地下水面이 가장 깊었다고 생각되는 곳으로서 이 山頂部의 顯著한 tor발달은 深層風化의 증거로 채택되기도 하는데<sup>2)</sup> 이에 대해서는 더 많은 資料의 蒐集이 필요하다.

山頂部의 tor는 King(1958)에 따르면 skyline tor<sup>3)</sup>에 해당되는 것이다. 이 skyline tor가 발달하는 지역은 舊平坦面(old planation surface)으로서 이 지역에 발달하는 tor의 processes는 현재의 溪谷形成 processes와는 다른 것으로 해석된다.

2) アーサー・ホームズ, 一般地質學(Ⅱ), 上田誠也外譯(東京:東京大學出版會, 1984), p. 400.

3) L.C. King, "The problem of tors," Geogr. Jour., V. 124, 1958, p. 289-91.

「King은 Pediplanation의 결과로서 skyline tor를 정의하였으나 本文에서는 成因의인 意味가 아닌 즉 位置의인 面에서 사용한 것임」

**Table 1. Site and Altitude**

| Sum | 2   | 8   | 22  | 8   | 6   | 46     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------|
| VS  | —   | —   | —   | —   | —   | —      |
| A   | —   | —   | —   | —   | —   | —      |
| LRS | 2   | —   | —   | —   | —   | 2      |
| MRS | —   | —   | 1   | 7   | —   | 8      |
| LR  | —   | —   | 3   | 1   | 1   | 6      |
| MR  | —   | —   | 4   | 14  | 7   | 30     |
| Si  |     |     |     |     |     | Sum    |
| A   | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700(m) |

**TABLE INDEX**

- VS : VALLEY SLOPE
- V : VALLEY
- LRS : LATERAL RIDGE SLOPE
- MRS : MAIN RIDGE SLOPE
- LR : LATERAL RIDGE
- MR : MAIN RIDGE
- Si : SITE
- A : ALTITUDE
- Sc : SCALE
- He : HEIGHT
- W : WIDTH
- H : HARDNESS
- R : ROUNDNESS
- F : FORM
- : ROUNDED TOR
- △ : SEMI ROUNDED TOR
- : ANGULAR TOR

즉稜線 tor의 발달은 과거의 특정한 斜面發達 processes(solifluction, soil creep 등)와 관계가 깊은 것으로 생각된다. 舊平坦面에 발달하는 sky line tor에 反해 最近의 開析(recent dissection)에 의해 溪谷上에 발달하는 것을 sub-skyline tor<sup>4)</sup> 라고하는데 本 研究地域의 調査에서는 발견되지 않았다.

山頂部の tor를 사반나型 tor<sup>5)</sup>라고 하여 tor의 位置에 따른 成因을 究明하기도 하는데 이들 成因에 關하여는 이밖에 多角的인 접근이 필요하다.

4) Loc. cit.

5) 金周煥外, 自然地理學研究(서울:大學教材出版社, 1983), p. 370.

6) 어사어·호름즈, op. cit., p. 400.

7) C.D. Ollier, Weathering (1969), p. 119.

8) R.W. Fairbridge, The Encyclopedia of Geomorphology (Stroudsburg: Dowden, Hutchinsonson & Ross, Inc., 1968), p. 1157.

9) 權炯熙, “서울近郊花崗岩山地에 發達한 Tor 現象에 關한 研究”, (碩士學位請求論文, 東國大學校, 1983), p. 6, 16.

10) R.W. Fairbridge, op. cit., p. 489.

Tor의 分布高度는 200~800m 사이에 多樣하게 나타나나 200m이하에서는 거의 존재하지 않는다. 이것은 上述한 tor의 位置와 關係되는 것이다.

**(2) Tor의 規模와 形態**

Tor의 規模는, 形態의으로 類似한 inselberg와 區分하는 主要한 指標가 된다. 높이 15~20m를 境界로 하여 그 이상의 것을 inselberg, 그 이하의 것을 tor로 보는 견해가 일반적이다.<sup>6,7,8)</sup>

金井山 tor의 規模는 최대높이 1.4~15m로 多樣하나 46개의 露頭중 24개가 5m이하로서 대부분 規模가 작은 편이다(Table 2). 道峰山·北漢山の tor는 대부분 5m 이상의 大規模로서<sup>9)</sup> 金井山과 대조를 보이는데 이들 tor規模의 지역차는 joint system의 幾何學的 性質과 밀접한 關係가 있는 것으로 생각된다.<sup>10)</sup>

Tor의 形態 역시 joint system과 關係가 깊다. 특히 joint 간격이 넓고 joint가 빈틈없이 단단할 경우에는 주로 城廓型 tor(castle tor)가 잘 발달하는데 金井山の tor는 여기에 해당된다. Table 12에서와 같이 46개의 露頭중 城廓型(Fig. 3, 4)이 20개로 가장 많이 발달해 있어 塔型(tower)이 우세한 道峰山·北漢山の 경우와는 좋은 대조를 이룬다.

城廓型 다음으로 우세한 것은 塔型(Fig. 5,

**Table 2. Site and Scale (height)**

| Sum | 24 | 19 | 2     | 1 | 46  |
|-----|----|----|-------|---|-----|
| VS  | —  | —  | —     | — | —   |
| V   | —  | —  | —     | — | —   |
| LRS | 1  | 1  | —     | — | 2   |
| MRS | 5  | 2  | —     | 1 | 8   |
| LR  | 4  | 2  | —     | — | 6   |
| MR  | 14 | 14 | 2     | — | 30  |
| Si  |    |    |       |   | Sum |
| Sc. | 5  | 10 | 15(m) |   |     |

12, 13, 17)이며 이밖에 崩壞型(Fig. 6), 卓狀型(Fig. 7), 岩柱型(Fig. 8), dome summit型(Fig. 11) 등이 발달해 있다.

Fig. 9는 inselberg에 해당하는 것이다. 成因上으로는, tor가 inselberg와 마찬가지로 pediplanation 혹은 斜面後退<sup>11)</sup>에 의해 형성되기도 한다는 報告가 있어 tor와 區分하기는 어렵지만 그 規模나 形態面에서는 inselberg는 tor와 區分된다. 앞으로의 tor 研究는 inselberg는 물론 bornhardt 등과 並行되어야 할 것이다.

### (3) Tor의 hardness와 roundness

Table 3에서와 같이 hardness는 hammer bounce가 가장 탁월하며 다음으로 hammer break, hand break 順으로 나타나 대부분의 tor block이 硬質임을 알 수 있다. 이것은 道峰山·北漢山의 경우와 일치한다. 그러나 여기에서 하나의 tor block 전체가 hammer break 또는 hand break되는 露頭가 존재한다는 뜻은 아니다. 하나의 露頭라 하더라도 전체적으로는 hammer bounce이나 부분적으로는 hammer break 또는 hand break가 나타나기도 한다. 이와같이 同一한 tor 內에서도 hardness가 多樣하게 나타나는 것은 texture의 局部的 多樣性으로 해석된다.

Table 4에서와 같이 roundness는 亞圓礫(semi rounded, △으로 표시) tor가 제일 많고 다음으로는 圓礫(rounded, ○으로 표시) tor가 탁월하나 角礫(angular, □으로 표시) tor는 微弱하다.

Fig. 2에서 보면 亞圓礫 tor와 圓礫 tor는 全地域에 걸쳐 混在하고 있으나 角礫 tor는 南部地域에 偏存하고 있음을 알 수 있다. Fig. 4는 대표적인 角礫 tor이다. 여기에서 흥미로운 사실은 Fig. 4의 角礫 tor 주변에 Fig. 5와 같은 圓礫 tor들이 同時에 존재한다는 것이다. 과거에는 roundness에 의해 tor의 成因을 究明하려고 하였으나 Fig. 2에서와 같이 圓礫 tor와 角礫 tor가 混在하고 있는 상태에서는 어떤 單一 假說에 의한 tor의 成因 究明은 不可能하다. 따라서 同一

Table 3. Site and Hardness

| Sum | 4          | 9            | 31            | 44  |
|-----|------------|--------------|---------------|-----|
| VS  | —          | —            | —             | —   |
| V   | —          | —            | —             | —   |
| LRS | —          | —            | 1             | 1   |
| MRS | 2          | 3            | 5             | 10  |
| LR  | 1          | 2            | 5             | 8   |
| MR  | 1          | 4            | 20            | 25  |
| Si  | HAND BREAK | HAMMER BREAK | HAMMER BOUNCE | Sum |

Table 4. Site and Roundness

| Sum | 17  | 26 | 3 | 46  |
|-----|-----|----|---|-----|
| VS  | —   | —  | — | —   |
| V   | —   | —  | — | —   |
| LRS | —   | 2  | — | —   |
| MRS | 3   | 5  | — | —   |
| LR  | 4   | 2  | — | —   |
| MR  | 10  | 17 | 3 | —   |
| Si  | R ○ | △  | □ | Sum |

한 地域의 tor라고 하더라도 多樣的 成因의 可能性을 考慮해야 한다.<sup>12)</sup>

同一한 地域內에 圓礫 tor와 角礫 tor가 同時에 발달해 있는 것을 地形의 位置에 따른 微氣候의 多樣性<sup>13)</sup>으로 설명하기도 하나 金井山의 경우에는 이것 역시 만족한 설명이 되지 못한다. 왜냐하면 Fig. 2에서와 같이 地形의 位置에 따라 圓礫 tor 혹은 角礫 tor가 나타나는 것이 아니라 같은 稜線部에 거의 隣接하여 두가지 極端的인 形態가 同時에 존재하고 있기 때문이다. 결국 이러한 現象은 岩石의 構造의 特徵에 따른 風化形態의 差異로 보는 것이 더 타당할 것으로 생각된다.

Fig. 16은 剝離作用에 의한 球狀風화가 나타나는 露頭로서 이러한 風化作用에 의해 圓礫 tor가 형성될 수도 있음을 보여주어 주고 있다. 바람의 作用에 의해 圓礫 tor가 형성된다는 報告<sup>14)</sup>도 있으나 金井山의 경우 그러한 증거는 발견할 수

11) L.C.King, op. cit., p. 400.

12) N. Caine, "The Tors of Benlomond, Tasmania," Zeit. für Geomorph., N.F. (1967), p. 419.

13) E. Derbyshire, "Tors, Rock weathering and climate in Southern Victoria Land, Antarctica," Inst. Br. Geogr. Spec. Publ. V.4 (1971), p. 102.

14) Loc. cit



Fig. 3. Semi-rounded Castle Tor

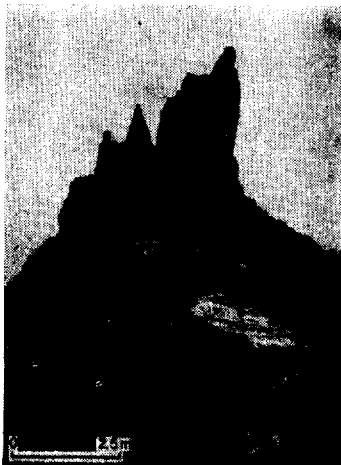


Fig. 4. Angular Castle Tor

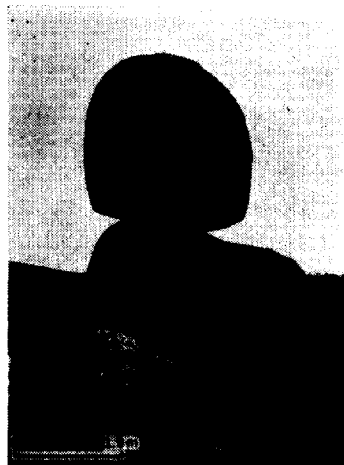


Fig. 5. Rounded Tower Tor

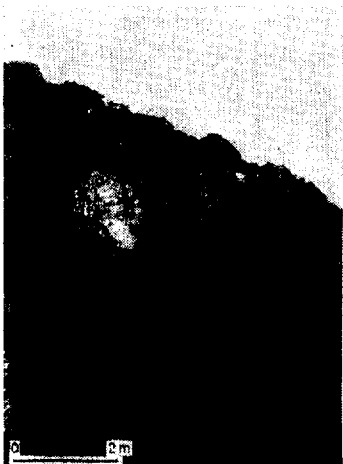


Fig. 6. Collapse Tor

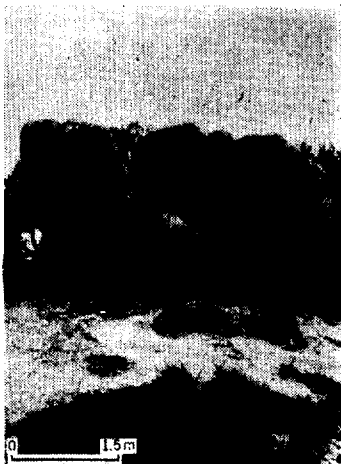


Fig. 7. Table hill Tor

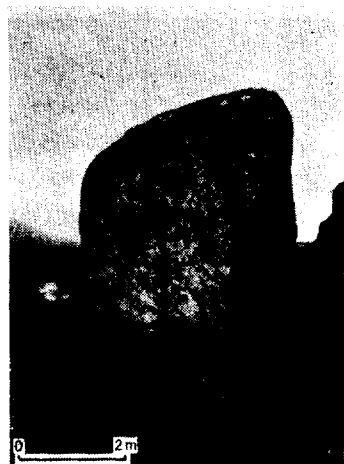


Fig. 8. Rock Pillar Tor



Fig. 9. Inselberg



Fig. 10. Weathering of bedrock

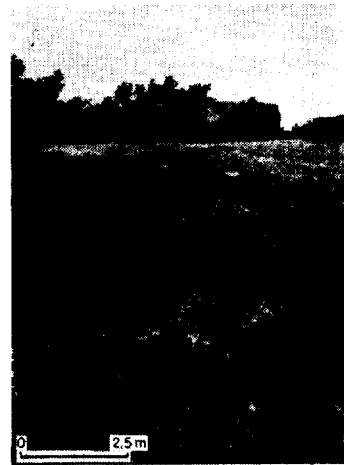


Fig. 11. Sheeting joint



Fig. 12. T joint



Fig. 13. Y joint



Fig. 14. Closely spaced joint



Fig. 15. Block-field



Fig. 16. Exfoliation

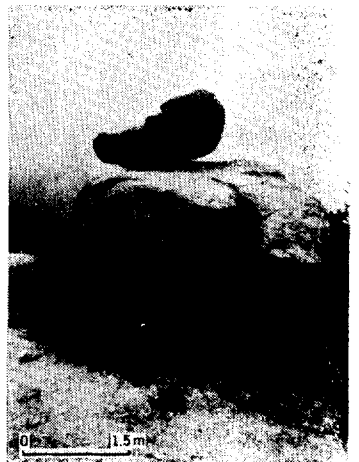


Fig. 17. Granular disintegration

없었다.

결국 深層風化에 의하지 않더라도 圖礫 tor는 형성될 수 있으므로 roundness 자체가 tor형성 processes를 指示하는 指標가 될 수 없음은 확실하다.

#### (4) 基盤岩 및 周邊土壤

金井山 tor의 특징중 하나는 基盤岩이 뚜렷하게 발달해 있지 않다는 것이다. 基盤岩의 露出이 뚜렷하지 않기 때문에 일반적인 boulder와 구분하기 어려운 露頭가 나타나는데 Fig. 8은 그 대표적인 것이다. 基盤岩이 뚜렷하게 나타나지 않아 마치 다른 지역에서 移動되어 온 boulder

로 생각할 수도 있으나 그 規模가 너비 4m, 높이 4m, 로 비교적 큰 편이며 位置的으로도 主稜線上에 발달해 있기 때문에 그 供給源을 찾을 수가 없어 tor로 취급함이 타당하다고 본다. 이와같이 많은 tor가 boulder와 類似的한 形態로 강한 獨立性을 갖고 발달해 있다.

基盤岩이 露出된 경우도 간혹 있으나 基盤岩의 風化가 심하여 실제로 주변의 토양과 구분하기 어려운 경우가 많다(Fig. 7, 10, 17). 이들 露頭의 공통점은, tor block은 hammer bounce 내지는 hammer break 될 정도로 단단하지만 基盤岩部分은 hand break 될 정도로 風化가 進展되어 있다는 것이다. Fig. 10은 그 대표적인 露頭

**Table 5. Height and Width in Scale**

|       |    |    |    |    |       |   |     |
|-------|----|----|----|----|-------|---|-----|
| Sum   | 24 | 11 | 7  | 1  | 2     | 1 | 46  |
| 15(m) | —  | —  | —  | —  | 1     | — | 1   |
| 10    | —  | —  | —  | —  | 1     | 1 | 2   |
| 5     | 3  | 9  | 7  | —  | —     | — | 19  |
| He    | 21 | 2  | —  | 1  | —     | — | 24  |
| W     | 5  | 10 | 15 | 20 | 30(m) |   | Sum |

**Table 6. Altitude and Scale**

|     |    |    |    |       |     |
|-----|----|----|----|-------|-----|
| Sum | 24 | 19 | 2  | 1     | 46  |
| (m) |    |    |    |       |     |
| 700 | 2  | 3  | 1  | —     | 6   |
| 600 | 4  | 4  | —  | —     | 8   |
| 500 | 11 | 9  | 1  | 1     | 22  |
| 400 | 6  | 2  | —  | —     | 8   |
| 300 | —  | —  | —  | —     | —   |
| 200 | 1  | 1  | —  | —     | 2   |
| A   | Sc | 5  | 10 | 15(m) | Sum |

**Table 7. Altitude and Hardness**

|     |   |            |              |               |     |
|-----|---|------------|--------------|---------------|-----|
| Sum | 4 | 9          | 31           | 44            |     |
| (m) |   |            |              |               |     |
| 700 | — | —          | 3            | 3             |     |
| 600 | — | —          | 4            | 4             |     |
| 500 | 2 | 6          | 16           | 24            |     |
| 400 | 2 | 3          | 7            | 12            |     |
| 300 | — | —          | —            | —             |     |
| 200 | — | —          | 1            | 1             |     |
| A   | H | HAND BREAK | HAMMER BREAK | HAMMER BOUNCE | Sum |

이다. 윗부분이 tor block이고 水平 joint에 의해 구분되는 아래부분이 基盤岩으로 基盤岩은 상당히 風化가 進展되고 있음을 알 수 있다. 이같은 現象은 水分供給이 더욱 容易한 地表附近이 tor block 部分보다 쉽게 風化될 수 있기 때문인 것으로 생각된다. 金井山의 경우 다른 山地에 비하여 섯과같은 地表水가 비교적 풍부한 것을 확인할 수 있었는데 바로 이것은 金井山 tor의 基盤岩發達이 왜 微弱한가에 대한 하나의 端緒가 될 수 있다. Fig. 10에서와 같은 基盤岩風化가 더욱 進展되면 Fig. 8과 같은 tor가 발달하리라는 것은 쉽게 이해할 수 있다.

Tor자체의 基盤岩뿐만 아니라 일반적인 基盤

岩 역시 金井山 全地域을 통해 그 발달이 微弱하다. tor 주변은 매우 깨끗하다는 느낌을 줄 정도로 平坦하며 岩塊내지는 岩屑등이 거의 存在하지 않는다(Fig. 3, 6, 7, 8, 12, 13, 17). 대부분의 地表는 부드러운 風化土로 被覆되어있다. 결국 이러한 사실은 이 지역이 全般的으로 物理的風化보다는 化學的風化를 우세하게 받았음을 의미하는 것으로서 tor의 成因 究明에 考慮되어야 할 사항들이다.

**Table 8. Altitude and Roundness**

|     |    |    |   |    |     |
|-----|----|----|---|----|-----|
| Sum | 17 | 26 | 3 | 46 |     |
| (m) |    |    |   |    |     |
| 700 | 4  | 2  | — | 9  |     |
| 600 | 1  | 4  | 3 | 8  |     |
| 500 | 8  | 14 | — | 22 |     |
| 400 | 4  | 4  | — | 8  |     |
| 300 | —  | —  | — | —  |     |
| 200 | —  | 2  | — | 2  |     |
| A   | R  | ○  | △ | □  | Sum |

**Table 9. Hardness and Roundness**

|               |    |    |   |    |     |
|---------------|----|----|---|----|-----|
| Sum           | 26 | 15 | 3 | 44 |     |
| HAMMER BOUNCE | 15 | 13 | 3 | 31 |     |
| HAMMER BREAK  | 8  | 1  | — | 9  |     |
| HAND BREAK    | 3  | 1  | — | 4  |     |
| H             | R  | ○  | △ | □  | Sum |

**Table 10. Hardness and Scale**

|               |    |    |    |       |     |
|---------------|----|----|----|-------|-----|
| Sum           | 28 | 15 | 1  | —     | 44  |
| HAMMER BOUNCE | 18 | 12 | 1  | —     | 31  |
| HAMMER BREAK  | 7  | 2  | —  | —     | 9   |
| HAND BREAK    | 3  | 1  | —  | —     | 4   |
| H             | Sc | 5  | 10 | 15(m) | Sum |

**Table 11. Roundness and Scale**

|     |    |    |    |       |     |
|-----|----|----|----|-------|-----|
| Sum | 24 | 19 | 2  | 1     | 46  |
| □   | —  | 3  | —  | —     | 3   |
| △   | 12 | 12 | 1  | 1     | 26  |
| ○   | 12 | 4  | 1  | —     | 17  |
| R   | Sc | 5  | 10 | 15(m) | Sum |

Table 12. Form and Site

| Sum         | 30 | 6  | 8  | 2   | —   | — | 46 |     |
|-------------|----|----|----|-----|-----|---|----|-----|
| TOWER       | 7  | 4  | 4  | 1   | —   | — | 16 |     |
| CASTLE      | 16 | 2  | 1  | 1   | —   | — | 20 |     |
| ROCK PILLAR | 1  | —  | 1  | —   | —   | — | 2  |     |
| DOME SUMMIT | 1  | —  | —  | —   | —   | — | 1  |     |
| TABLE HILL  | 3  | —  | —  | —   | —   | — | 3  |     |
| COLLAPSE    | 2  | —  | 2  | —   | —   | — | 4  |     |
| F           | S  | MR | LR | MRS | LRS | V | VS | Sum |

Table 13. Form and Altitude

| Sum         | — | 2   | —   | 8   | 22  | 8   | 6      | 46  |
|-------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|--------|-----|
| TOWER       | — | 1   | —   | 4   | 6   | 3   | 2      | 16  |
| CASTLE      | — | 1   | —   | 1   | 9   | 5   | 4      | 20  |
| ROCK PILLAR | — | —   | —   | —   | 2   | —   | —      | 2   |
| DOME SUMMIT | — | —   | —   | —   | 1   | —   | —      | 1   |
| TABLE HILL  | — | —   | —   | 1   | 2   | —   | —      | 3   |
| COLLAPSE    | — | —   | —   | 2   | 2   | —   | —      | 4   |
| F           | A | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700(m) | Sum |

Table 14. Form and Scale

| Sum         | 24 | 19 | 2  | 1     | 46  |
|-------------|----|----|----|-------|-----|
| TOWER       | 12 | 4  | —  | —     | 16  |
| CASTLE      | 2  | 15 | 2  | 1     | 20  |
| ROCK PILLAR | 2  | —  | —  | —     | 2   |
| DOME SUMMIT | 1  | —  | —  | —     | 1   |
| TABLE HILL  | 3  | —  | —  | —     | 3   |
| COLLAPSE    | 4  | —  | —  | —     | 4   |
| F           | Sc | 5  | 10 | 15(m) | Sum |

(5) Tor의 要素別 關係

Table 1~16은 tor의 各要素別 특징과 그 相互 關係를 알아본 것이다. 그 결과 대부분은 뚜렷한 關係성이 없으나 Table 4, 9, 14, 16의 경우에는 어느 정도 關係성이 있는 것으로 나타난다.

Table 4는 tor의 位置와 roundness와의 關係를 알아본 것이다. 여기에서 注目할 만한 사실은 圖礫 tor와 亞圖礫 tor는 緩線과 斜面에 高르게 分布하지만 角礫 tor는 모두 主稜線에 발달해 있다고 하는 것이다. 그러나 이것은 地形的 位置에서 오는 차이보다는 岩石의 構造的 性질의 차

에서 起因되는 것으로 생각되며 一般化를 위해서는 더 많은 露頭의 資料調査가 필요하다.

Table 9는 roundness와 hardness와의 關係를 나타낸 것이다. 여기에서 角礫 tor는 모두 hammer bounce로 나타나 어떤 相關性을 보이고 있는데 결국 근본적인 岩石의 texture 등이 tor의 hardness와 roundness 를 결정하는 것으로 생각된다.

Table 14는 tor의 形態와 規模와의 關係로서 相互 密接한 關係가 있음을 알 수 있다. 즉 다른 tor에 비하여 城廓型 tor의 規模가 대부분 5m이상으로 큰 편인데 金井山 tor중 가장 큰 15m정도의 tor (Fig. 3)도 바로 城廓型 tor이며 이것도 또한 joint system과 관계있는 것으로 생각된다. 왜냐하면 joint의 간격이 비교적 넓고 joint가 빈틈없이 단단할 경우에는 이같은 城廓型 tor가 주로 발달하기 때문이다.

Table 16은 tor의 形態와 roundness와의 關係를 나타낸 것이다. 角礫 tor는 모두 城廓型으로 나타나 어떤 關係性을 보이기는 하나 이것 역시 一般化를 위해서는 더 많은 資料의 蒐集이 要請된다.



Table 15. Form and Hardness

|             |   |            |              |               |     |
|-------------|---|------------|--------------|---------------|-----|
| Sum         | 4 | 9          | 31           | 44            |     |
| TOWER       | 3 | 6          | 14           | 23            |     |
| CASTLE      | — | 1          | 9            | 10            |     |
| ROCK PILLAR | 1 | 1          | 2            | 4             |     |
| DOME SUMMIT | — | —          | 1            | 1             |     |
| TABLE HILL  | — | —          | 3            | 3             |     |
| COLLAPSE    | — | 1          | 2            | 3             |     |
| F           | H | HAND BREAK | HAMMER BREAK | HAMMER BOUNCE | Sum |

Table 16. Form and Roundness

|             |    |    |   |    |     |
|-------------|----|----|---|----|-----|
| Sum         | 17 | 26 | 3 | 46 |     |
| TOWER       | 8  | 8  | — | 16 |     |
| CASTLE      | 5  | 12 | 3 | 20 |     |
| ROCK PILLAR | 2  | —  | — | 2  |     |
| DOME SUMMIT | —  | 1  | — | 1  |     |
| TABLE HILL  | —  | 3  | — | 3  |     |
| COLLAPSE    | 2  | 2  | — | 4  |     |
| F           | R  | ○  | △ | □  | Sum |

### 3. Tor와 關聯된 諸風化現象

#### (1) Joint

Tor발달에 있어 joint는 기본적인 要素이다. 특히 joint密度는 tor 발달의 地域的 分布有無를 결정하며<sup>15)</sup> joint pattern은 tor의 形態에 영향을 준다.<sup>16,17)</sup>

Fig. 14는 tor가 발달해 있지 않은 主稜線地域에 나타나는 joint 露頭이다. joint 간격이 겨우 5mm~2cm 정도로 稠密한데 이러한 joint의 발달지역은 다른 지역보다 더 강하게 風化를 받게 될 것이고 그러한 지역에 tor는 발달할 수 없는 것이다. 결국 기본적으로 joint密度는 tor의 有無를 결정짓는 중요한 指標가 된다.

Joint pattern에는 ① Linear(horizontal, vert-

ical) ② Cross ③ T or Y ④ Cross check ⑤ Curviplanar(Sheeting) ⑥ Radial ⑦ Irregular Pattern<sup>18)</sup> 등이 있는데 이들중 tor발달과 가장 관계가 깊은 것은 Linear pattern이며 Cross, T or Y, Curviplanar pattern도 特異한 형태의 tor형성에 영향을 준다. Fig. 5,7은 Linear pattern과 관계 깊은 tor이며 Fig. 11은 Curviplanar pattern에 의한 dome summit tor이고 Fig. 12,13은 각각 T와 Y pattern에 의해 발달한 塔型 tor들이다. 결국 joint pattern이 tor의 형태를 결정함을 알 수 있다.

#### (2) Block-field와 talus

Fig. 14는 梵魚寺 주변에 발달된 block-field이다(Fig. 2). 이 block-field는 周氷河性 solifluction으로 報告된 바 있는데<sup>19)</sup> 이러한 solifluction現象은 tor의 발달과 밀접한 관계가 있다.<sup>20)</sup> 그러나 周氷河期の 寒冷한 氣候下에서 物理的 風化自體가 tor를 발달시킨 것으로는 볼 수 없다. 즉 tor는 그 이전에 이미 深層風化등에 의해 형성되어 있던 것으로서 solifluction 등은 단지 그와 같은 tor를 地表上에 露出시킨 因子에 지나지 않는다고 보는 것이 더 타당하다. 다시 말하면, Fig. 14의 block-field를 형성하는 直徑 3m 內외의 巨礫들이 solifluction에 의해 周氷河期間동안 山稜線部로부터 移動되어 온 것일지라도 周氷河期の

15) D.L. Linton, "The problem of Tors," Geogr. J., V. 121 (1955), p. 475.

16) A. Jahn, "Granite Tors in the Sudeten Mountains," Progresses in Geomorphology (E.H. Brown and R.S. Waters), (1972), p. 54.

17) 金周煥, "Joint와 花崗岩風化와의 關係考察", 東國地理 3號 (1982), p. 5.

18) 上揭書, p. 6.

19) 權純植, "釜山市 梵魚寺 周邊의 Block Field에 關하여", 地理學論叢 第5號 (1978), p. 52.

20) A. Jahn, op. cit., p. 58.

탁월한 物理的 風化보다는 그 이전의 深層風化에 의해 生成되었을 가능성이 크다고 하는 것이다.<sup>21)</sup> 그 이유는 다음과 같다. 첫째, 巨礫의 供給源이 되는 山稜線tor의 주변에서, 그와 같은 巨礫을 生成시킬 정도로 큰 物理的 風化的 결과로서 風化碎屑物質이 거의 발견되지 않는다. 둘째 역시 巨礫의 供給源으로 생각되는 山稜線 tor의 주변에는 오히려 風化된 regolith 가운데 風化殘留礫이 존재한다. Fig. 7은 대표적인 露頭중 하나이다 뒤쪽에 tor가 발달해 있고 그 앞쪽으로 풍화흔적의 礫이 突出해 있는데 그 주변에는 化學的 風化를 指示하는 粒狀崩壞에 의한 grit들이 多量 존재한다.

周水河氣候의 火石地形의 하나로 알려진 talus가 Fig. 2에서와 같이 一部地域에 발달해 있다. 이러한 talus가 나타나는 지역에는 거의 tor가 형성되어 있지 않으며 이러한 사실은 北漢山 tor 研究에서도 밝혀진 바 있다. 결국 物理的 風化보다는 化學的 風化가 tor형성에 더 큰 因子가 됨을 알 수 있고, 同一한 氣候條件下에서도 岩石의 構造의 특징에 따라 風化類型이 달라지며 이는 tor의 立地에 근본적인 영향을 끼치는 것으로 생각 할 수 있다.

### (3) 粒狀崩壞와 剝離現象

粒狀崩壞는 花崗岩의 대표적인 化學的 風化作用으로서 이는 tor의 형태결정에 영향을 준다.<sup>22)</sup> Fig. 2에서 보던 상학봉의 東南部斜面上에 전형적인 粒狀崩壞現象이 나타나는데 이 지역은 金井山中 tor가 가장 密集된 곳으로서 특히 塔型 tor가 많이 발달된 곳이다. Fig. 5는 그 대표적인 塔型 tor로서 金井山 tor중 가장 둥글게 風化된 圓礫 tor이다. Fig. 10의 基盤岩崩壞露頭는 바로 Fig. 5의 基盤岩이며 이들 tor주변은 전형

적인 grit 斜面을 형성하고 있다.

Fig. 16은 고담봉의 南部斜면에 발달한 剝離現象이다. 이같은 球狀風化는 tor의 roundness에 영향을 주어 둥근 tor를 형성할 수 있다. 따라서 둥글게 風化된 tor 자체가 深層風化的 증거가 될 수는 없음이 확실하다. 洪積世水期の 寒冷한 tundra 氣候下에서 frost action<sup>23)</sup>이나 congelifraction에 의해 형성된 角진 tor는 최근 짐차 둥글게 변하고 있을 뿐만 아니라<sup>24)</sup> 深層風化에 의한 둥근 tor도 frost action 등에 의해 그 본래의 형태가 변하고 있기 때문이다.<sup>25)</sup>

### (4) solution pan과 tafoni

solution pan은 연구지역에서 모두 16개의 露頭를 발견하였다. 그 規模를 보면 길이 2~30cm, 너비 6~80cm로 多樣하나 전반적으로는 작은 편이다. 발달한 位置를 보면 대부분 tor基底部 혹은 tor주변의 岩石平坦面에 발달해있으며 tor block 자체에는 그 발달이 微弱하다. 이것은 tor block이 規模가 작고 그 上部面이 대부분 平坦하지 않기 때문인 것으로 생각된다. Fig. 11의 tor에는 唯一하게 tor block 上部에 pan이 발달해 있는데 이는 sheeting joint의 영향으로 tor 上部面이 平坦하기 때문인 것이다.

Solution pan은 micro pediment를 발달시키면서 그와 같은 micro pediment에 둘러싸인 tor를 형성시키며 또한 後에는 tor頂上部에 solution pan이 발달하여 tor가 破壞되기도 하는데<sup>26)</sup> 金井山의 경우 그러한 micro pediment에 의한 tor 발달 흔적은 발견되지 않는다. 다만 이와같은 solution pan의 발달은 tor의 破壞내지는 形態變形에 어느 정도 영향을 주는 것으로 생각된다.

Tor와 tafoni 관계는 상당히 密接하여 대부분의 전형적인 tor에는 tafoni가 일반적으로 발달해

21) 三木幸藏・古谷正和, 土木技術者のための岩石・岩盤圖鑑(東京: 鹿島出版會, 1983), p. 156.

22) E. Derbyshire, op. cit., p. 95.

23) N. Caine, op. cit., p. 418, 428.

24) F.F. Cunningham, "The Crow Tors, Laramic Mountains, Wyoming U.S.A.," Zeit. für geomorph., V. 13 (1969), p. 57.

25) N. Caine, op. cit., p. 427.

26) S.T. Dzulgnski and A. Kotarba, "Solution pans and their bearing on the development of pediments and Tors in granite," Z. für Geomor. V. 23 (1979), p. 172.

있는 것으로 報告된 바 있다.<sup>27,28,29)</sup> 그러나 金井山の tor에는 전혀 tafoni가 존재하지 않는다. 이에 대해서는 岩石學의인면에서 地域間 比較研究가 要請된다.

#### 4. Tor의 成因 및 發達段階

##### (1) Tor의 成因

Tor에 따라 그 成因은 다를 수 있으나 지금까지의 내용을 종합해 보면 金井山 tor는 대부분 深層風化에서 起因되었을 가능성이 큰 것으로 생각되며 그 理由는 다음 몇가지로 요약된다.

① Tor의 位置: 과거 地下水面이 가장 깊었던 곳으로 생각되는 山頂部 즉 主稜線에 주로 발달한 tor자체가 深層風化의 증거가 된다.<sup>30,31)</sup>

② 基盤岩: 全般的으로 基盤岩의 발달이 微弱하다. 一部 基盤岩이 나타나는 tor의 경우 tor block에 비해 상당히 風化가 進展되어 있다. 이는 水分供給과 관계가 깊기 때문이다.

③ Tor周邊風化物質: tor 주변에 物理的 風化의 흔적으로서 岩屑이나 岩塊가 발달되지 않는다. 따라서 tor는 강한 독립성을 갖는다. 그러한 tor 주변에 regolith가 존재하며 regolith 중에는 風化殘留礫이 殘存한다.<sup>32)</sup> 전형적인 tor 주변에는 粒狀崩壞에 의한 grit가 多量 존재하며 그외에는 어떤 風化碎屑物質도 발견되지 않는다. 物理的 風化의 產物인 talus 주변에는 오히려 tor가 형성되어 있지 않다.

④ 地形·地質構造<sup>33)</sup>: 花崗岩에 있어 連續性이 있는 板狀·柱狀節理는 深層風化와 깊은 관계가 있는데 金井山의 경우 山城附近의 아다멜라이트상에 柱狀節理가 존재한다. 그리고 연구 지역의 東·西쪽으로는 彥陽·蔚山등 2개의 大斷層이 발달해 있고 역시 아다멜라이트상에 N50°E 方向의 壓碎帶가 발달해 있는데 이와 같

은 斷層이나 破碎帶地域은 地下水의 浸透·流動이 활발하여 深層風化의 有利한조건이 된다. 또한 台地·丘陵地·緩傾斜의 高地를 이루는 地形은 深層風化地域의 특징이기도한데 Fig. 2에서와 같이 연구지역의 頂上部는 그아래 斜面部보다 훨씬 緩傾斜를 이루고 있다.

이와같은 理由로서 金井山의 tor成因을 深層風化와 관련시켜 생각해 볼 수 있으나 그렇다고 해서 이러한 成因이 金井山 全地域의 tor에 적용된다고 할 수는 없다. 왜냐하면 岩石의 構造的 특징에 따라 同一한 조건하에서도 風化形態가 다르게 나타날 수 있기 때문이다.

##### (2) Tor의 發達段階

Tor의 成因으로서 深層風化를 前提할 때 다음과 같은 段階를 거쳐 현재의 tor가 존재하는 것으로 생각된다.

1 段階——深層風化

2 段階——solifluction등에 의한 tor露出: tor의 露出時 基盤岩과 連繫性이 약한 block들이 移動되어 block-field를 형성

3 段階——tor block의 變形 및 基盤岩風化: frost action·solution pan·粒狀崩壞·剝離現象 등에 의해 tor block變形, tor block에 비해 基盤岩의 差別的風化進展.

이와같은 1~3 段階를 거쳐 현재에 이르는 tor block의 變形과 基盤岩의 風化는 결국 tor의 破壞를 意味한다.

#### 5. 結 論

研究地域에서 모두 46개의 tor露頭를 調査·整理한 결과 다음과 같은 結論을 얻었다.

① 位置上으로는 後線 tor가 대부분이며 溪谷 tor는 존재하지 않는다. 이는 tor의 成因 및 形成時期와 관계있다.

27) 金惠子, “서울近郊 tafoni 現象에 관한 研究.” (碩士學位請求論文, 祥明女子大學, 1983), p. 24.

金惠子, “道峰山과 佛岩山 地域의 joint, Tor, Tafoni에 관한 研究, 東國地理 5號 (1984), p. 87.

28) 張 昊, “南西部地方의 諸岩石에 나타나는 風化穴의 成因과 形成時期”, 地理學 論叢10號 (1983), p. 319.

29) 權桐熙, 前揭書, p. 35.

30) 어서·호름즈, op. cit., p. 400.

31) 金周煥 外, 前揭書, p. 370.

32) 三木幸藏·古谷正和, 前揭書, p. 156.

33) 上揭書, p. 164.

② 規模는 최대높이 1.4~15m로 多樣하나 대부분 5m이하로 작은 편이다.

③ 形態는 城廓型이 가장 많다. 城廓型 tor는 다른 形態에 비해 規模가 큰 것이 특징이다. 이 같은 tor의 形態·規模등은 joint system과 관계 깊다.

④ hardness는 hammer bounce가 대부분이다 同一한 tor block 內에서도 부분적으로는 hammer break·hand break가 함께 나타나기도 하는데 이는 texture의 差에서 起因되는 것으로 생각 된다.

④ roundness는 亞圓礫·圓礫의 둥글게 風化된 tor가 많으며 角礫의 tor는 드물다. roundness는 岩石의 構造的 特徵과 密接한 關係를 갖는 것으로서 tor발달의 氣候的 成因을 밝히는 指標는 되지 못한다. 角이진 tor는 모두 最上의 hammer bounce로 나타나 hardness와 roundness간의 어떤 相關性이 있음을 보여준다.

⑥ tor주변에 新鮮한 基盤岩은 거의 발달해 있지 않으며 그 어떤 物理的 風化의 흔적도 발견하기 어렵다. 그 반면에 regolith性 토양중에 化學的 風化의 殘留礫이 발견된다.

⑦ joint密度·pattern등은 tor의 발달과 형태를 결정하는 기본적 因子이다.

⑧ 粒狀崩壞·剝離現象·solution pan 등은 tor 형태에 영향을 주고 있으나 tafoni는 tor와 전혀 관계가 없다.

⑨ Tor의 位置·基盤岩, tor주변의 風化物質, 地形·地質構造的인 특징을 종합해 보면 全般的인 tor가 古氣候下에서의 深層風化에 그 起源을 갖고 있을 가능성이 크며 이들 tor는 現氣候下에서 점차 破壞되고 있는 것으로 생각된다.

그러나 同一한 氣候下에서도 岩石의 構造的 特徵에 따라 風化類型은 다르게 나타날 수 있는 것이므로 地質構造的인 立場에서 tor成因의 多樣性을 考慮해야 할 것이다.

# A Study on Tor Phenomenon Developed in Mt. Geumjeong, Busan.

Dong-Hi, Kwon\*

## Summary

The purpose of this paper is to collect the fundamental data for studies of granite landforms and slope development in Korea. From the field survey 46 tors were checked in the area.

The results are as follows;

1. Most tors occur on ridge and next on slopes, but not on valley.

2. Tors show variations of scale, but seldom exceed 15m in height and most tors much less than 5m.

3. Six types of tor forms are recognized as illustrated table 12. They are Tower, Castle, Rock-pillar, Dome-summit, Table-hill, Collapse, Castle tors are the most distinguished features in the area and are relatively higher than other types in scale.

The scale and types of tors are closely related to the geometry of the joint system.

4. Hardness of tor blocks show hammer bounce mostly, but some outcrops have the variety of hardness partially, hammer bounce, hammer break and hand break etc. It is supposed that the variety of hardness comes from the difference

of texture consisting the bedrock.

5. Rounded and semirounded joint blocks are well developed in the area. Also angular and rounded tors developed in the same region, their differences seems to be related to the petrography, rock structure etc.

6. Surrounding many tors are not composed of angular masses or fragments but rounded blocks and regolith.

7. Shapes and distribution of tors are controlled by structure of the granite, that is, by density and pattern of jointing.

8. Granular disintegration, solution pan and exfoliation act mainly as agents of destruction of tors and deformation of the shapes.

9. With the evidence of topographic sites, surrounding of tors, bedrock etc., Mt. Geumjeong tors seems to be developed through 3 stage process;

1 stage: development of corestone by deepweathering of corestone by deepweathering.

2 stage: exhumation of tor by removal of regolith.

3 stage: reformation or destruction of tor by subaerial weathering.

---

*Geography*, Korean Geographical Society, No. 32, pp.11-23, 1985.

\* Graduate School, Dongguk University