

平坦面から隆起する地塊の降雨侵食実験

Rainfall erosion experiment with a square sand mound rising from a flat surface

大内 俊二 [1]
Shunji Ouchi[1]

[1] 中大・理工
[1] Science and Engineering, Chuo Univ.

隆起と侵食による地形進化は、かつては地形学の主要テーマであり、侵食輪廻をはじめとしていくつかの説が提唱された。しかし、長期間にわたる地形進化は、実証的研究のための手がかりが極端に乏しく、説明も想像力を働かせた推測以上のものにはなり難かった。そのため、実証的研究が重んじられるようになると、地形進化の説明は地形研究進展の障害ともみなされるようになってしまった。しかしながら、長期にわたる地形発達を理解する必要がなくなったわけではない。発表者は、この状況を打破することを目指して、隆起を伴う降雨侵食実験を行ってきた。実験地形は、実際の地形とは大きく異なるが、地球上で起こり得る現象による時間的変化を示しており、手がかりが乏しい地形進化について有用な知見をもたらす可能性があると考えたからである。今回は、平坦面から隆起する四角い砂山に人工降雨による侵食を起こさせた実験の結果を報告する。

60x60cmの天板が四角柱状のケース中をステップモーターとギアによって上下する隆起装置を地下に埋設し、天板上のケース中に細砂 ($D_{50} = 0.17\text{mm}$) とカオリナイトの混合物 (透水係数: $k = 4.0 \times 10^{-4}\text{cm/s}$) を詰めて (深さ約 30cm) ゆっくりと上昇させた。これに農用の灌水チューブから細かい人工雨 (約 40mm/h) を降らせて微小な侵食地形を作り出し、微小地形の発達過程を観測・計測した。使用材料、降雨量を同一にし、隆起速度を変えて2回の実験を行った (Run 1: 1.2mm/h および Run 2: 0.5mm/h)。一回の実験時間は 646 時間、隆起時間は Run 1 では 270 時間 (総隆起量約 339mm)、Run 2 では 646 時間 (総隆起量約 310mm) であり、表面形態はレーザセンサを用いたポイントゲージで定期的に計測した (測定範囲 110x110cm)。

それまでの実験における砂山の侵食に比べると、段差のない平坦な地形面から隆起が起った場合は、谷の発達が不明瞭なことが特徴的であった。隆起部の周辺から細かな溝状の侵食が始まったが、深く大きな谷にまとまる様子もなく、隆起と侵食の進行とともになだらかな地形面と急斜面で囲まれた山ないしは高原状の地形が発達していった。侵食に残った始原面が隆起とともに高原状に上昇したが、侵食の進行とともに面積を減じ、隆起部 (60x60cm) における最高点高度の変化に示されているように、隆起継続中に Run1 では約 140 時間で (高度約 180mm)、Run2 では約 280 時間で (高度約 130mm) 崩壊によって消滅した。その後隆起の続く間は、そそり立つ山地状の地形周囲の斜面傾斜が、隆起による上昇と基部の流水侵食によって限界に達して崩壊・低下することを繰り返した。隆起範囲の平均高度は、始めは隆起とともに上昇したが、すぐに侵食による低下によって減速し、隆起継続中は Run1 では 250 時間ころから約 95mm で、Run2 では 520 時間ころから約 68mm で、ほぼ一定の値となるようであった。隆起部の最低点高度も隆起とともに緩やかな上昇を見せ、Run2 については 450 時間以降約 42mm の高さでほぼ一定となった。Run1 では、隆起継続時間内 (270 時間) に最低点高度は上昇傾向を示したが、隆起がさらに継続されていれば (今回は装置の限界であった)、いずれ一定高度に達したと推定できる。最低点高度は、隆起地塊周りの扇状地発達を反映しており、かなりの時間にならって隆起とともに扇状地の発達が続いたことを示している。扇端部が装置を取り囲む段差に達したのが、最高点高度が低下を始めた時間にほぼ一致しており、その後の扇状地発達は勾配の増加を意味している。隆起にともなって増加する堆積物の供給が扇状地上部の堆積を勾配がある限界に達するまで促したのであろう。Run1 の隆起終了後は、高度が一方向的に低下して Run2 の場合より低くなった。

平均高度が隆起継続時間中に隆起速度に応じたある一定の値をとるようになったことは、隆起と侵食の間に動的平衡状態が出現したとみなすことも可能であろう。形態としては、周りの扇状地およびそれらと連続する比較的平坦な地形面の発達と、隆起による上昇と崩壊による低下を繰り返す山地地形が特徴的であった。斜面崩壊によって生産された堆積物を流水が運搬し、隆起域外に扇状地の形態で堆積を起こすことが観察され、細部の形態は異なるものの類似の地形が維持された。崩壊の発生は、斜面傾斜だけでなく降雨時間も関係していると考えられ、隆起速度の遅いほうがより緩傾斜で崩壊しやすい。また、斜面崩壊による堆積物の生産量は隆起速度が大きなほうが多く、これを運搬する流路も堆積する扇状地も勾配が大きくなる。さらに、砂山周りの扇状地が発達できる場所の広さと隆起部の幅も安定的な勾配と高度を決める重要な条件になると考えられた。