

地球及び火星における土石流堆積物に関する比較惑星学的アプローチ

Comparative and planetological approach on debris flow deposits on Earth and Mars

宮本 英昭[1], 千木良 雅弘[2], 登坂 博行[1]

Hideaki Miyamoto[1], Masahiro Chigira[2], Hiroyuki Tosaka[3]

[1] 東大・工・地球システム, [2] 京大防災研

[1] Geosystem Engineering, Univ. Tokyo, [2] DPRI, [3] Geosystem Eng., Univ. Tokyo

<http://www.geosys.t.u-tokyo.ac.jp/miyamoto>

火星には土石流堆積物のように見える地形が多数確認されていて、火星上に水が存在した重要な証拠と考えられている。確かにこのような地形は、地下浅部における水の存在を示唆しているとも考えられるが、二酸化炭素の凍土が減圧されて生じた流動化した土塊による堆積物の可能性も指摘されている。そこで高解像度画像からどこまで上の議論を深める事が可能か、最近発達した地球の土砂移動に関する研究のレビューを通じて考察する。また火星には植生が無く、全球にわたって調査ができるなど地球に無い利点があるので、逆に土砂移動による堆積物の一般的な形態像の把握や、土砂の流動メカニズムのより深い理解を助ける可能性がある。

マリナー探査機以降、火星には様々なスケールの土砂移動現象が見つかっていて、土石流や岩屑流、地滑りのように見える地形が数多く存在している。例えば Malin and Edgett [2000] は、水を多く含んだ土砂の流れ(土石流)のような物がクレーター壁などに多く見られる事を報告した。この地形は明瞭な堤防で区切られたV字型のチャンネルを持ち、非常に良い直線性を示している。また底面を浸食した後、高度の低い所で堆積しているように見受けられるなど、土石流堆積物と酷似した形態を示している。さらに、この堆積物は一つ、もしくは複数のロープ状の形態を示すなど、いわゆる土石流堆を形成したものと考えられている。

このような形態は、火星の地下高々数メートルのところに液体の水が存在していたことを示唆していると考えられていて、火星における水の存在を示す有力な証拠とされている。クレーター壁に土石流のような形態が見られる地域が、30度より高い緯度に集中していて、これが10mよりも浅い地表付近に凍土が存在すると考えられている地域と一致することから、土壤中に存在する氷が土石流を形成するのに必要な液体の水の供給源であったとも考えられている。ところがどんな熱源が氷を溶かしたかが第一に問題となるし、液体の水として長距離移動するという考えは、液体の水が火星の低温かつ低圧の地表面に存在できないとする従来の考え方に矛盾してしまう。例えば水が純粋な水では無く、溶解物の存在を示唆しているとする考え方もあるが、地域的な変化をうまく説明できないなど問題がある。そのため大きな気候の変化が生じた結果と解釈される場合が多い。

これとは別に、水ではなくて二酸化炭素の凍土によるものとする説もある。土石流堆積物が見つかった同じ地域は、固体の二酸化炭素が地表付近で安定して存在できる場所と重なっている。そのため例えば雲仙普賢岳で見られた溶岩ドーム崩落後の火砕流のように、地下に固体として存在していた二酸化炭素が、斜面崩落などで減圧されて高密度の気体となり、これが潤滑剤となって土砂が流動したり、気体が粒子を運ぶ流れが生じたのかもしれない。また過去火星で大洪水があった証拠と考えられているアウトフローチャンネルも、火星が温暖化した時に赤道付近の二酸化炭素凍土が暖められて生じたとする考え方もあるなど、火星に本当に水があったかどうかは、まだよくわからない。

さて土木工学の分野では、近年土砂移動に関する研究が進み、次第に土石流や岩屑流と呼ばれる土砂移動が理解されるようになってきた。斜面崩壊や地滑り以外の、内部の組織が破壊されて、内部変形を伴う流動現象は、大きく2つに分ける事が出来る。1つめは固・気混相流として考えられるもので、岩屑流やなだれ、火砕流が含まれる。もう一つは固・液混相流で、土石流や泥流、河川の浮遊砂流が含まれる。これらの違いは、流動を支配する媒体が気体か水や高濃度の粒子の混濁液かの違いと言う事もできる。このような自由表面を持つ混相流の物理は非常に複雑でまだ良くわかっていない部分も多いが、近年ビデオで様々な災害が記録された事もあり、実験や数値計算を通じて理解が深まっている。そこで本講演では高解像度画像からどこまでこの議論を深める事が可能か、地球の土砂移動に関する最近の研究のレビューを通じて考察する。また火星には植生が無く、全球にわたって調査ができるなど地球に無い利点があるので、逆に土砂移動による堆積物の一般的な形態像の把握や、土砂の流動メカニズムのより深い理解を助ける可能性がある。このような火星の土石流の研究が地球上の防災面において果たし得る役割についても議論する。