

第1節 神戸市東灘区郡家遺跡で観察された土石流堆積物

増田富士雄（京都大学名誉教授）

はじめに

六甲山地の南側、大阪湾との間に広がる神戸の市街地は、狭い湾岸低地を除くとその大半が山麓斜面や扇状地や段丘といった地形上に立地している。それらの地形を構成する主体は、山地から流れ出る小河川からの土石流堆積物である。こうした土石流堆積物に関する地層学的な報告によって、随伴する堆積物の特徴、礫や流木の配列形式、その堆積過程などが明らかにされてきた（増田、1998、1999、2003、2010、2014、2016、2019；増田ほか2014）。また、この地域における土石流堆積物の堆積時期や変遷についての報告もなされている（六甲土石流団体研究グループ、2001）。

2019年1月と2月に、神戸市教育委員会が神戸市東灘区の住吉川扇状地上で発掘調査を行っていた「郡家遺跡」で、地層を観察する機会を得た。そこでは土石流が運んで来た径1mを越える花崗岩類の巨礫が、方向性をもって配列していた。その場所は扇状地の西縁部で、土石流が土砂を運んできて堆積させた舌状堆（堆積ロープ）の境界部にあたる。ここではその特徴的な堆積物の産状を報告する。

調査地の地形

調査地は、神戸市東灘区御影二丁目13番1の「郡家遺跡」である（第39図）。郡家遺跡は縄文時代早期以降の遺跡である（神戸市教育委員会、2011）。そこは六甲山から南流する住吉川の、右岸側の山麓扇状地上に位置する標高32.8～34.5mの地点にある。田中（2007）によれば、この扇状地はその分布高度の違いから約6つに地形区分されている（第39図）。それらは扇頂から広がる舌状（耳たぶ状）の複合堆積体（堆積ロープ群）を構成しており、調査地は田中（2007）による後氷期と現成との扇状地の境界部にあたる。こうした扇状地の堆積ロープ群は、大雨による洪水で発生した大規模な土石流がつくり出した堆積地形が、次々に重なりあってできたものである。従って、河床低下に伴ってつくられる河岸段丘とは違った堆積過程であることを考えると、分布標高で区分した各ロープの形成年代については、再検討の余地が残されているといえる。



第39図 調査地の位置（二重丸地点）と住吉川扇状地の地形分類

地形分類は田中（2007）による。①は最終氷期以前、②は最終氷期前半、③は最終氷期後半、④は晩氷期、⑤は後氷期、⑥は現成の扇状地。国土地理院発行2.5万分の1地形図「西宮」に加筆。

地層区分

発掘過程で出現した土石流で運ばれてきたと考えられる巨礫は、ほぼ東西方向にその長軸を配置して定置していた（第40図A）。そこで地層断面の観察のためにトレンチを掘削した結果（第40図B）、さらに下位には径が1mを越えるような巨礫が多く含まれる砂礫層や礫層が存在し、そこに含まれる礫も同じ粒子配列を示すものが多いことがわかった。

地層断面の観察から、この地域の地表付近の地層は大きく6つ（第1層～第6層）に区分できる（第41図）。最上位の淘汰が悪く乱雑な構造を示す泥質の砂礫層（第1層）は、平成30年の既存建物の解体に伴う整地土である。第2層は、厚さ30～50cmの砂質泥層で、ほとんど遺物を含まない耕作土で、古墳時代後期以降の層である。第3層は厚さ20～40cmの黒色の泥炭質の砂質泥層で（第41図C）、凹みを埋めるように堆積した浅い水域、湿地の堆積物である。扇状地ではその末端で湧水することが一般的であり、この場がそうした湧水湿地の環境になっていたのである。含まれる遺物から古墳時代後期（5世紀後半～6世紀初頭）の層と考えられる。第4層は厚さ60cmほどの砂礫層と上部の砂質泥層で、その薄い層に長径1m以上にもなる花崗岩の巨礫を含んでいる（第41図B）。第40図Aや第41図Aの発掘面にみられる巨礫もこの層に含まれるものである。この巨礫は後述するように、下位の土石流礫層に由来したものである。第5層は厚さ1mほどの巨礫を含む礫層で、上方粗粒化を示す典型的な土石流堆積物である。この堆積物の特徴については後述する。第6層はその上部がわずかに認められるだけの礫層であるが、その岩相から第5層と同じ土石流堆積物であることがわかる。第4層以下の砂礫層や礫層の年代は不明であるが、隣接地域での調査結果からそれは弥生時代後期以前とされる。なお地層の年代については、調査員の山口英正氏（神戸市教育委員会）にご教示頂いた。

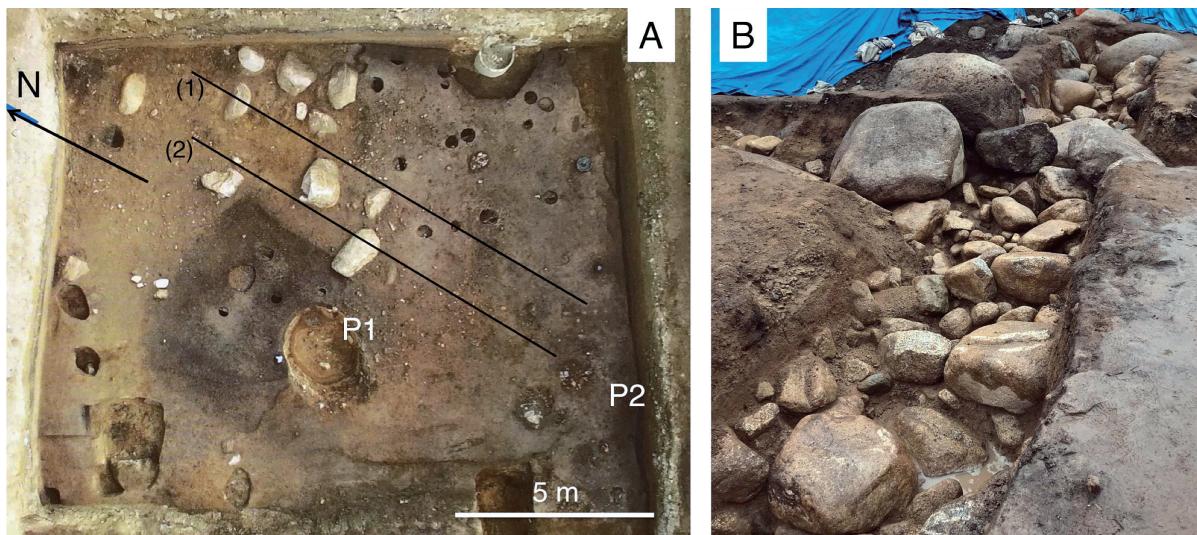
土石流堆積物

ここでは土砂流堆積物である第4層の砂礫層と、典型的な土石流堆積物である第5層の礫層について、その特徴を述べる。

典型的な土石流堆積物の岩相を示す第5層は、厚さ約1mで、淘汰（分級）が悪く、基質が泥質の礫支持礫層で、上部に巨礫、いわゆる“outsized clasts”を含む。層全体として最下部の砂層から礫層へと上方粗粒化を示す。第5層の上部は土壌化した砂質土となっていて、第4層との間にかなりの時間間隙があったことが予想される。

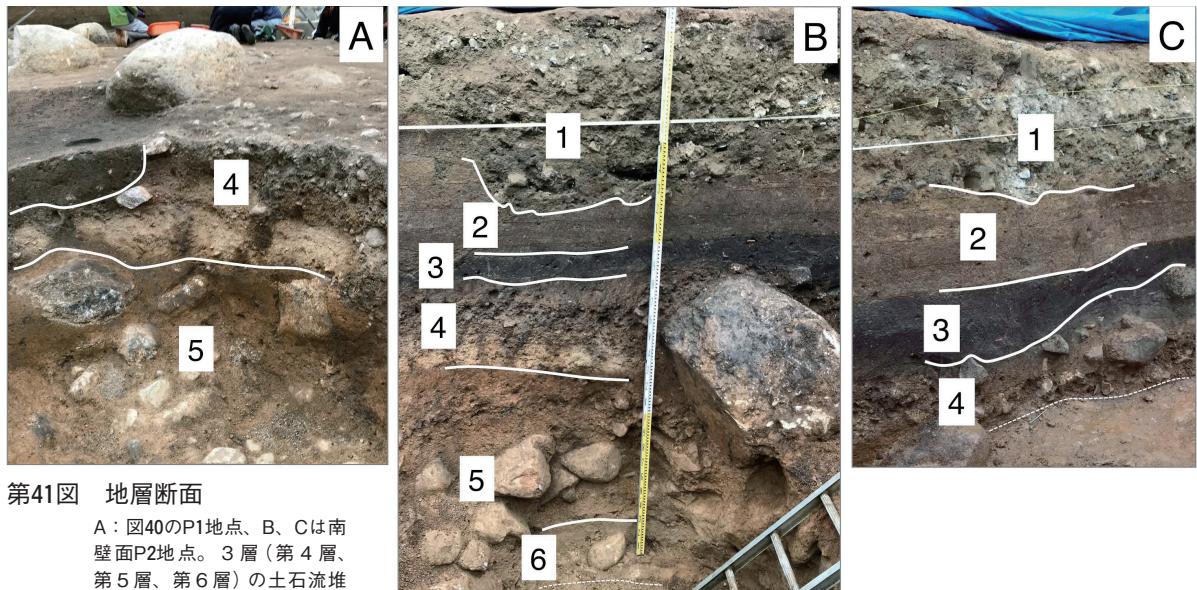
流れに多量の土砂を含んだ高濃度で高密度の土石流や、それより流れに含まれる土砂濃度が低い土砂流は、全体がひとつの集団として流動化し重力によって駆動し、斜面を流れ下る。こうした流れは重力流としてまとめられる。重力流はその駆動力である重力が、自身のもつ粘着性や周囲との摩擦を下回ると、急に停止しそこに含有していた堆積物を沈積させる。その停止は流れの密度が大きいほど激で、あたかも流れが“凍結”したかのような振る舞いをする。重力流堆積物についての詳細な説明は、増田（2004、2005、2016）、成瀬ほか（2001）などを参照されたい。

第5層の断面には礫が上流に傾斜して次々に倒れて重なるインブリケーション構造（覆瓦構造）が発達する（第42図A）。その礫は長軸を流れに直交して配列したものが多（第42図B）。この姿勢は粒子が底面を転がって移動する、転動から停止したことを示している。また、これとは違って礫の長軸を流れに平行にして堆積した粒子もみられる。これは礫が浮遊した状況からそのまま停止したことを物語っている。こうした礫の構造や配列は流れの停止とそこでの堆



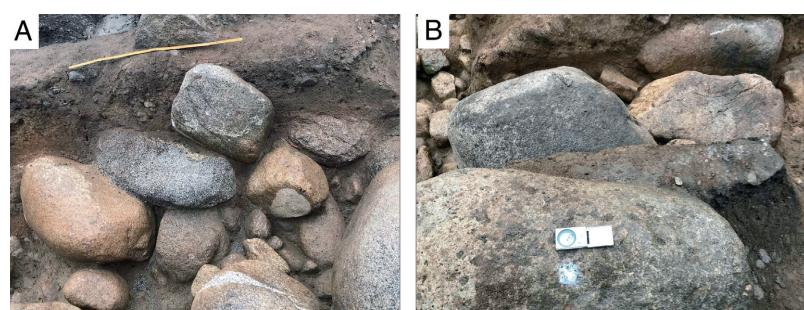
第40図 土石流礫の様子

A:発掘調査過程で露出した巨礫。(1)と(2)はその後に掘削したトレンチの東西壁の位置。P1、P2は地層断面の観察位置。
B:掘削したトレンチに出現した巨礫の様子。トレンチの南から北方向を写したもの。



第41図 地層断面

A:図40のP1地点、B、Cは南壁面P2地点。3層（第4層、第5層、第6層）の土石流堆積物が認められる。第1層は平成30年の既存建物解体時の整地土。第2層はほとんど遺物を含まない数層の耕作土層で隣接地の層序から推定すると14世紀初頭以降の層。第3層は古墳時代後期（5世紀後半～6世紀初頭）の遺物を包含する泥炭質の湿地堆積層、第4層～第6層は土砂流および土石流堆積物とその上面の土壤層。第4層に含まれる巨礫は第5層の上面のものが再移動したもの。第4層以下は弥生時代後期以前の堆積物。



第42図 土石流堆積物の巨礫の配列の様子

A:トレンチ断面(2)の第5層上部にみられる右側(上流)に傾斜したインプリケーション構造。礫の長軸が流れに平行したもの(浮遊からの停止)と、流れに直交したもの(転動からの停止)がみられる。スケールの折り尺は長さ1m。B:第4層と第5層上部にみられる流れに直交した巨礫の長軸配列。スケールのクリノコンバスは長さ17cm。

積が一連で急激だったことを示している。同様の土石流堆積物のインプリケーション構造や粒子配列は、すでに神戸の北青木遺跡（増田、1999）や雲井遺跡（増田、2010）、深江北町遺跡（増田、2014）などで報告されている。

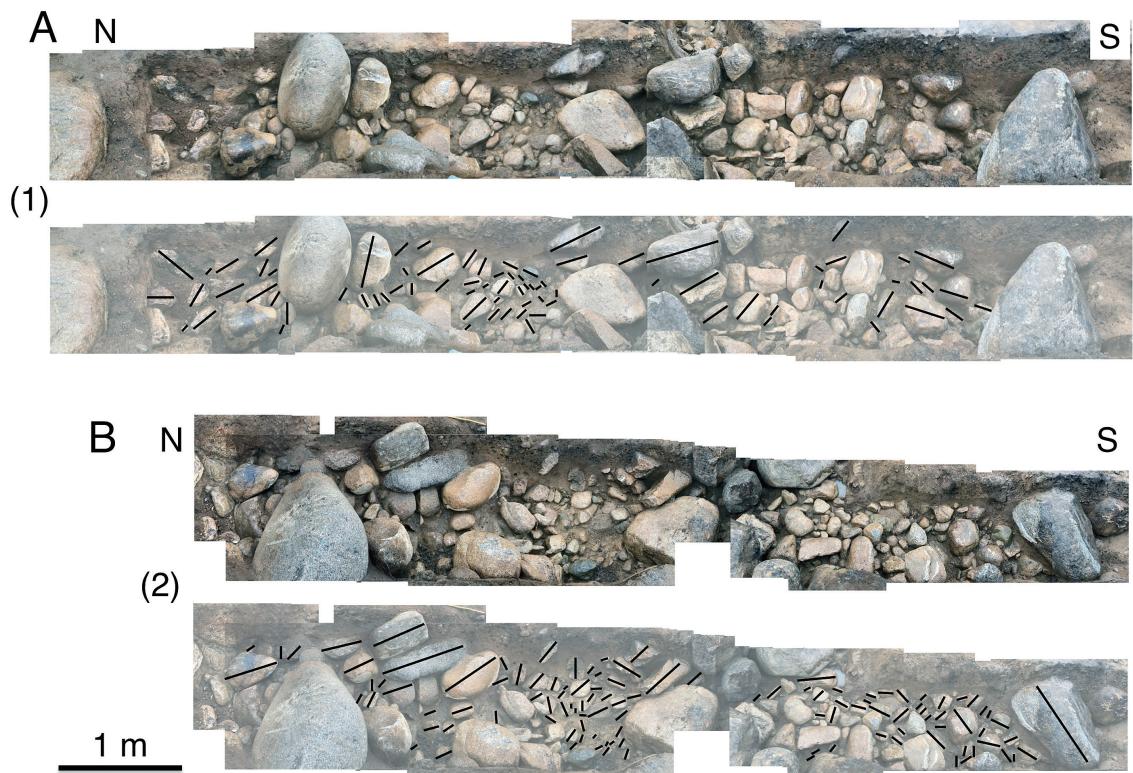
今回の調査地が、住吉川扇状地に広がる舌状の土石流堆積体（堆積ロープ群）の西側の縁辺に位置することは、すでに述べた。この調査地のトレーニング断面では、土石流が停止した末端の様子を観察することができる（第43図）。トレーニングの両側の壁面で、現地性と判断できる第5層の礫についてみかけの長軸を調べると、上流側ではインプリケーション構造が発達するのに対し、末端ではその上部が崩れ、前方の斜面を転がり落ちたと思われる礫配列を示している。すなわち、そこでは多くの礫が長軸を流れに直交して下流傾斜しているのがわかる。また一部の礫は長軸が流れに平行になっていることから、斜面を滑り落ちて（滑動）停止したと思われる。すなわち、土石流が急激に停止した部分では、流れの中での移動姿勢を多く残しているのに較べ、最末端では下部や後方の部分が停止しても移動してきた慣性で上部が前方に崩れ、斜面上を礫が転がって堆積していったのである。そのことは地層の厚さが薄くなっていることからもわかる（第43図）。土石流では先端の頭部が最も粒子密度が高く厚さも大きいことから、堆積時にその形態が壊れたことがわかる。この産状の解釈では、堆積物には運搬してきた流れの状況だけではなく、停止した後の情報をも記録している箇所があることを示し、堆積物から水理条件を推定することの難しさがわかる。

第5層の典型的な土石流堆積物と異なるのが、第4層の砂礫層（第41図）である。まず主体となる構成物質の粒度が小さいこと、層の厚さも約40cmと薄いこと、上方粗粒化も明確でなく、上部で細粒化している部分もみられる。これらは土石流よりも流れの濃度や密度が低い、いわゆる土砂流からの堆積物（増田、2016）である。土砂流堆積物は土石流堆積物から側方変化することも確認されている（増田、2016）。しかし、すでに述べたようにこの土砂流堆積物には堆積物本体の礫よりも桁外れに大きい、径が1mを越える巨礫が含まれ、その礫はすべて長軸を流れに直交させた転動配列の姿勢で堆積している（第40図A、第41図A）。この巨礫は下位の第5層の土石流堆積物の上部に含まれていたものが再移動したものであることが、下位層を侵食した産状からわかる。第5層の堆積後に地表に突きでていた巨礫は、その上を流れた土砂流の渦でその基部が削られ、土砂流に巻き込まれ転動して再移動し、第4層に取り込まれていったのである。土砂流の運搬力が想像以上に大きいことをこの産状は示している。また、この層の一部には停止時に形成された剪断面が発達し（第44図）、その流れが高濃度であったことがわかる。第4層も第5層もその上部に土壌化した泥質砂層が堆積し（第41図）、土石流や土砂流がある程度の長い時間間隔で発生したことがわかる。さらにこの地点では最後の記録となる第4層の土砂流発生後、地点の南側が暫くは扇状地末端の湧水湿地帯であったことが、第3層の岩相と重なりからわかる。

この発掘地点では液状化層や噴砂などの地震動の痕跡は認められなかった。すなわち、土石流の発生原因が地震に伴うことを示す証拠は見いだせなかった。

まとめ

神戸市東灘区の郡家遺跡で観察できた3層の重力流堆積物は、弥生時代後期以前のもので、この地点はその後、古噴時代後期（5世紀後半～6世紀初頭）まで扇状地縁辺の湧水湿地帯であった。主体となる土石流堆積物（厚さ約1m）は、泥質で淘汰が悪く、巨礫をその上部に含



第43図 土石流堆積物の礫のみかけの長軸配列の変化

A: 第40図の断面線(1)の東側壁の断面、B: トレンチ(2)の西側壁の断面。Bの写真は古流向をAと合わせるため、南北を反転して表示している。上流(写真左側)傾斜のインプリケーション構造で停止した土石流は、ロープ末端(写真右側)ではさらにその上部が崩れて、下流傾斜で転動あるいは滑動して停止したことを示している。



第44図 土砂流堆積物(第4層)に発達する停止時に形成された剪断面に沿って並んだ礫粒子
下部から上部にむけ上流(右側)傾斜の角度がやや急になっている。スケールは約20cm。

む上方粗粒化を示し、転動や浮遊からの堆積を示すインブリケーション構造など、典型的な岩相や堆積構造を示す。また、その上位に重なる土砂流堆積物は、層厚が約40cmと小さく細粒の砂礫層で、上方粗粒化から上方細粒化を呈し、停止時に形成された剪断面がみられる。その土砂流によって、下位の土石流堆積物の表層の巨礫の一部は洗掘され再移動した。

謝辞：神戸市教育委員会の千種 浩氏には発掘現場での観察と報告の機会を与えて頂き、また、山口英正氏には現場でのお世話や地層の年代などの情報をご教示頂いた。記して感謝申し上げます。

文献

- 神戸市教育委員会, 1990, 『郡家遺跡 神戸市東灘区所在御影中町地区第3次調査概報』, 31p.
- 増田富士雄, 1998, ダイナミック地層学－堆積と累重の過程を明らかにする新しい地層学, 深田研ライブラリー, 17, 71p.
- 増田富士雄, 1999, 北青木遺跡の海浜堆積物, 北青木遺跡発掘調査報告書, 神戸市教育委員会, 66-74.
- 増田富士雄, 2003, 神戸市本庄町遺跡で観察された浜堤の形成過程を記録した地層, 本庄町遺跡第9次発掘調査報告書, 神戸市教育委員会, 55-62.
- 増田富士雄, 2004, 堆積システムと堆積物, 堆積ショートコース, 日本堆積学会, 571p.
- 増田富士雄, 2005, 陸上土石流・水中土石流堆積物から堆積過程を読み取る, 京都大学防災研究所報告, 一般共同研究, 16G-09, CD, 14p.
- 増田富士雄, 2010, 地層と土石流堆積物, 雲井遺跡第28次発掘調査報告書, 10, 181-187, 神戸市教育委員会.
- 増田富士雄, 2014, 神戸市東灘区深江北町遺跡第12次調査地での自然堆積層, 深江北町遺跡第12・14次調査埋蔵文化財発掘調査報告書, 神戸市教育委員会, 171-182.
- 増田富士雄, 2016, 神戸市兵庫区祇園遺跡で観察された土石流と土砂流堆積物, 祇園遺跡第17・18次発掘調査報告書, 神戸市教育委員会, 94-101.
- 増田富士雄(編著), 2019, ダイナミック地層学, 大阪平野・神戸六甲山麓・京都盆地の沖積層の解析, 近未来社, 219p.
- 増田富士雄・谷口圭輔・佐藤喜英, 2014, 神戸市東灘区北青木遺跡第7次調査における堆積物と地層, 北青木遺跡第7次調査発掘調査報告書, 神戸市教育委員会, 107-124.
- 成瀬 元・田村 亨・久保雄介・増田富士雄, 2001, 重力流堆積物とその構造, 堆積構造入門シリーズ(2), 堆積学研究会(京都), 147p.
- 六甲土石流団体研究グループ, 2001, 六甲山地南麓扇状地での土石流・洪水堆積物の堆積時期・堆積場の変遷, 地球科学, 55, 201-216.
- 田中眞吾, 2007, 兵庫の地理, 地形でよむ大地の歴史, 神戸新聞総合出版センター, 222p.