

## 回答：地形、水理・堆積プロセス、層相群に基づいた扇状地 そして河川地形との自然区分 (紹介)

Reply: Alluvial Fans and their Natural Distinction from Rivers based on Morphology, Hydraulic Processes, Sedimentary Processes, and Facies Assemblages

*Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes* 65A (1995): 708-711.

著者：BLAIR, T. C. and McPHERSON, J. G.

訳：齊藤享治 (埼玉大学)

我々のデータで論破した広く保持されている扇状地の概念を好んで、Kim は我々の論文 (Blair and McPherson, 1994) の客観的データの価値を排斥しているように思われる。それは、新しい情報に基づくものではなく、広く知られている扇状地の独断的見解、その大部分については我々の論文で述べたが、その問題ある議論の繰り返しによってである。ここで Kim の討論に答えて、我々はその点について繰り返し述べる。

### 【扇状地の定義】

Kim による間違った考えを明確にすることから我々は始める。我々は、氷成の条件での扇状地を扇状地ではないとは、決して述べていないし、考えてもいない。氷成・非氷成条件に関係なく、河川 [地形] や河川デルタは扇状地ではなく、扇状地は扇状地であると、結論づけたのである。

扇状地と河川を分ける我々の枠組みに対する Kim の主たる不満は、「まさしく語義論の問題」の主張である。「扇状地」の用語に、山麓でみられる急勾配円錐形堆積物にくわえ、「非山麓の沖積平野扇状地」を含めることが、まったく「妥当」と、Kim は主張する。実際、「非山麓の沖積平野扇状地」という Kim の主張は、素晴らしい矛盾した形容法である。彼の主張に反して、山麓の条件は扇状地の発達にとって先要条件であり、また常にそうであった。したがって、「非山麓」の扇状地というものには存在しない。さらに、もし平野と呼ばれるほど平坦ならば、円錐形は平坦ではないので、それも扇状地ではない。我々の論文で図示したように、急勾配で円錐形状の凸型横断面をもつ地形に対し、ほぼ平坦で部分的に溝型横断面

をもつ地形の堆積プロセスと生産物は、まったく似ていない。したがって、現成の条件であろうが、岩石上の記録であろうが、単純で客観的な基準に基づき、これらの実体は、異なった堆積環境として区分できる。「山麓扇状地でも沖積平野扇状地でも作用する流路プロセスは区分できるものではない」とする Kim の反論は、数多くの堆積学的相違を無視するばかりではなく、彼の扇状地の見解のなかに重要な錯誤を包み込んでいる。「河川と扇状地とは同じもの」という不利な立場を彼や他の人々が乗り越えたということは、この間違った仮定をまさしく基礎にしている。さらに、扇状地の概念を、昨今使用を単純に認めているからといって、「非山麓の沖積平野扇状地」を含むように広げるべきという Kim の主張は、妥当ではない。

「沖積平野扇状地」は山麓の急勾配扇状地と同じ扇状地環境の一部と述べることで、それが本当の扇状地と違うことを事実上、Kim は認めている。我々が明らかにしたように、地形、水理条件、堆積プロセス、層相群に基づくと容易にそのような区分ができる。Kim が「沖積平野扇状地」としたものは、偶然の一致ではなく、河川 [地形] や河川デルタの環境であるがゆえに、河川や河川デルタの環境と一致した特徴をもつ。扇状地を河川・河川デルタと同じ環境に結びつけることに賛成できない1つの結果は、過去の河川や河川デルタ堆積物を気まぐれで扇状地と解釈する「自由」である。この自由な枠組みを使用する者が、扇状地がまるで山麓に形成されるようにその地形を無節操に関連付けて解釈することによって、この問題が作り上げられている。そのとき、これら他の

事実無根の解釈をかばうために、「扇状地」の定義をすべての河成領域が入るように広げるべきとの主張が、その論者に必要となる。

扇状地を河川や河川デルタから分けることは、まさしく「語義論」とした結論を裏付ける3つの論拠を Kim は提出した。第1の論拠は、Kosi 川についての Wells and Dorr (1987, p. 53) の等高線図、縦断面、横断面を証拠として用いて、本当の扇状地のように「沖積平野扇状地」は半円錐形状地形をもつというのである。Kim や Wells and Dorr に指摘されていない問題は、Kosi 川の $0.02^\circ$ の縦断面勾配と $0.01^\circ$ 未満の横断面勾配を扇状地のように見せるために、垂直方向を717倍に誇張していることである。この過度の垂直方向の誇張は、ミシシッピ川デルタなど、ほんのわずかな傾斜をもったどんな河川や河川デルタを扇状地のように思わせてしまう。Wells and Dorr (1987, p. 53) が Kosi 川に適用したのと同じ717倍の垂直方向の拡大を、Death Valley の Hanaupah 扇状地やニュージーランドの Little River 扇状地のような本当の扇状地に適用するならば、図示するための y 軸の全長が3~4倍高くなる。

第2の論拠は、「扇状地の縦断面は、鋭い変換点がない河成システムに近いところでは一般的にタンジェントで漸移的な移行を示す」というものである。この論述における Kim の「一般的」の使用は、まったく事例に裏付けされていないことに注目することが重要であり、この論述に対し広く知られている扇状地の独断的主張のもう1つの誤った前提として我々が挑戦している。現成扇状地の扇端に鋭い変換点（堆積勾配のギャップ）が明瞭で一次オーダーの形態であることを我々の研究で明らかにしている。Surrell (1841) と Drew (1873) がかつて認めたこの変換点は、その後の多くの研究者によって、乏しい野外観察と大きな等高線間隔の地形図による縦断面を信用したために、見逃されてきた。等高線間を補外する方法では変換点を認知することができない。なぜなら、1m未満の標高差で発生しているからである。しかし、これらの勾配のギャップによる変換点は、Blissenbach (1954) の Fig. 1~3 や Bull (1972) の Fig. 1 のように、これまで発行された扇状地を概観するどんな空中写真でもみることができる。

「沖積平野扇状地」は扇状地であるという Kim の結論を裏付ける彼の第3の論拠は、半円形態の場所で流路移動によってできた分流路の平面パターンを扇状地がもつことである。しかし、河川デルタは、これと同じ分流の平面パターンをもつ。Kim の論法を用いれば、デルタも膨らんだ河川部分もこの平面パターンゆえに扇状地と認めてしまうことになる。我々の論文で指摘したように、それは「扇状地」の用語を非論理的に拡大したものである。デルタの大気下の部分が、扇状地であるのか、網状流であるのか、緩勾配（氾濫原卓越）河川なのかという (McPherson et al., 1986, 1988, 1989も参照)、単純で客観的な判断に基づいて、扇状地と河川の区分が、それらの環境のデルタを分けるときにすぐに適用できる議論も、我々の論文で行っている。その適切性、そしてこれらの一次オーダーの区別を層相の予想や古地理の復元に対し適用することの有効性は、我々が総括したようにきわめて高い。しかし、その重要性にもかかわらず、その概念は何人かの人によって (Nemec and Steel, 1987, 1988; Nemec, 1990, 1993)、繰り返す間違った説明により混乱している。

### 【扇状地上の「網状流」】

我々の結論を部分的に間違って説明することによって、網状流や網状デルタを扇状地環境から我々が分離することに Kim は強く反対した。たとえば、イタリアの Reno 川は、「扇形平面形態」など我々の扇状地の定義にすら合致する、緩勾配網状流システムであると、彼は主張した。Kim は、我々の「半円錐形状」の基準を「扇形平面形態」と置き換え議論しようとしているように思われるが、それは正しくない。さらに、低流砂階の斜交層理は、保存される可能性が低いので、扇状地上ではみられないと我々が結論づけたと、彼は主張した。そのような結論は決して述べていないし、扇状地上では低流砂階の流れが発生しないので、その層相が出現しないことを主張し、またたくさん例示した。

文献からいくつかの例を引用して、網状流とその層相が扇状地上に出現するとの Kim の結論を正当化した。引用文献の第1群は、土石流堆積物に覆われた「数mまでの」水平成層、平板型・ト

ラフ型斜交成層、礫のインプリケーションの存在を確立するために用いられた (Blissenbach, 1954; Bull, 1963; Wasson, 1977; Kochel and Johnson, 1984)。扇状地を形成する布状洪水と土石流のような主要な (一次的) プロセスと、一次的堆積物を表面的に移動させる副次的 (二次的) プロセスの存在を、我々の論文で詳細に図示した。表層の二次的篩い分けの発生、および土石流や布状洪水のシーケンス上の礫のラグ [基底地形] やガリーの生成、さらにこれらの地形が、扇状地形成に主に責任をおう網状流プロセスとしていかに間違っ理解されてきたかについて、我々は記載した。引用された Wasson, Bull, Blissenbach の論文は、我々の一次的・二次的プロセスの関係を層序的産物として例示していて、どれ1つとして Kim の結論である「斜交成層 [層理面に斜交する堆積面をもつ層厚数 cm ~ 数十 cm の成層]」の存在を論述していないことが注目値する。Blissenbach (1954) の「斜交層理 [主要層理面に斜交する堆積面をもつ層厚数十 cm 以上の層理]」の写真 (彼の Fig. 8) は、下刻流路の基底に調和的に平行した層理をもつ狭く薄いガリー埋積物であり、斜交成層ではない。

我々の結論にさらに反論するために Kim は、扇状地が網状流プロセスで形成されてきたと解釈するもう1群の論文を引用した (Harvey, 1984; Al-Sarawi, 1988; Kochel, 1990; Ritter et al., 1993; Nemeč and Postma, 1993)。しかし、これらの論文のどれも、網状流によって扇状地堆積物が堆積したとのしっかりした証拠を提供していない。それらの大部分は、堆積学的データのない地形研究であり、どんな水流に運搬されたシーケンスなのかのかわりに、がらくた戸棚の用語として「網状流堆積物」のような表現が含まれている。そのような論文は、扇状地が「網状流プロセス」によって形成されたことを証明していない。一方、Al-Sarawi (1988) の論文は扇状地についてですらない。彼のデータは、扇状地とは違い、海成段丘を下刻したアロヨ [乾燥地域の下刻流路] の埋積物を思わせる層相からなる地形形態を示す。Kim が引用した最後の論文 Nemeč and Postma (1993) はクレタ島において、典型的な扇状地の布状洪水シーケンスの例と我々は信じている、網状流層

相と間違っ解釈したシーケンスを提供した。この網状流の解釈は、記載された堆積状態の限り合理的ではなく、その結果である層相群は、礫質網状流の事例研究のどんなそれとも、類似物とされたその論文に引用されたそれらとでさえ、とにかく合致しない。その一方で、論文 (Blair and McPherson, 1995) で詳細に議論したように、これらの形態は、布状洪水によって形成された扇状地とされたものに合致している。

### 【扇状地上の布状洪水】

扇状地上の布状洪水に関する Kim の議論は、布状洪水のプロセスの強調が我々の1994年の論文の結果と考えることで始まっている。しかし、我々が記載したように、布状洪水は文献で長い間論述されてきたことを指摘しなければならない (たとえば, McGee, 1897; Hand et al., 1969; van de Kamp, 1973; Koster, 1978; Rust and Gostin, 1981; Hogg, 1982; Ballance, 1984; Blair, 1985, 1987a, b; Wells and Harvey, 1987)。理由は分からないが、これまででた事例研究では扇状地上の布状洪水についてかなり無視してきた、あるいは広く知られている扇状地の独断にうまく合わせるように間違っ説明をすることでそのデータがゆがめられてきた (我々の論文の例を参照)。これらのことは、布状洪水シーケンスの典型例を認めることを怠り、またそのようなシーケンスを網状流路堆積モデルに無理やり入れてきた (たとえば, Brierley et al., 1993; Nemeč and Postma, 1993)。

つぎに、網状流の条件で大規模な射流が存在することを我々が無視したと Kim は主張した。この話も間違っている。網状流路の流れは射流にならないと我々は決して述べていない。単にそれは一般的ではないと言っただけである。その結論は、我々の論文で説明したように、高エネルギーの礫床河川でさえ、その流れの観察と層相の研究により、発達が悪い層理そしてトラフ型や平板型の斜交層理堆積物など、低流砂階の状態と堆積構造が卓越していることを示す事実によって、裏付けされる。射流を暗示する構造が [扇状地ではなく] 河川の別種の低流砂階が卓越する層相群に貢献するのはわずかであることを、(我々の論文でたくさん引用した) 事例研究が示している。対照的に、

水流扇状地 waterlaid alluvial fan はすべて射流の構造からなる。

さらに、礫が乏しい砂質堆積物を布状洪水の層相と我々が見誤ったと Kim は主張している。実際、我々の最近の論文などで (Blair, 1985, 1987a, b), そのような層相をよく記載し図示している。布状洪水扇状地 sheetflood fan を河川 [地形] から我々が区別することに反対するために、「布状洪水」の用語が、河床が全体的に沈むときの河川の流れにも適用されてきたので、そのような区別は「欠陥がある」と主張して、Kim は語義論の論拠も持ち出している。この論拠は、風成エルグ [砂砂漠] と網状流はどちらもデューン [砂堆] をもつので区別できないと主張するのと同様に、合理的ではない。河川の布状流に対する扇状地上の布状洪水の特徴づけ、区分、用法については、長い間確立している (McGee, 1897; Jutson, 1919; Hogg, 1982)。Kim が引用した語義論の問題は、これらの用語の不正確な使用とそれら固有の違いを捉えそこなったことから単に生じている。

つぎに、我々の結論に反対して、扇状地と河川 [地形] の間には勾配の完全な漸移があるので、扇状地上で射流から常流への推移があると、Kim は主張している。この大胆な論述の証拠として Kim があげた唯一の例が Brierley et al. (1993) であることは注目に値する。しかし、Brierley et al. の事例研究では、「斜交層理」の組は、扇状地表面にはほぼ平行して下扇側へ $2\sim 4^\circ$  傾いた厚く連続した平板型布状洪水の対によって覆われている (彼らの Figs. 3, 8, 9 参照)。さらなる批判は、これらの「斜交層理」の単層は数多くの上流側へ傾いた前置層を含む (彼らの Figs. 8, 9 参照) という事実であるが、それは典型的なアンティデューンの組であると我々は信じている。Brierley et al. (1993) がこれらの形態を網状流の流布している層相モデルを使用して (たとえば, Miall, 1985) 低流砂階の斜交層理と解釈したと述べていることにおいては、Kim は正しい。しかし、この解釈がたとえ妥当であるにしても、これらの斜交層理の組は $2\sim 4^\circ$  の勾配を流れる網状流によって堆積したことを意味するであろう。

## 【超集中流と扇状地の発達】

重要な扇状地形成プロセス、すなわち超集中洪水流を我々が見逃したと、河川で証明された常流の種類を言及しながら、Kim は主張している。我々の「水流層相」のところで変化する土砂集中の効果について議論しているが、扇状地上でみられる射流状態に議論を限定しているの、この非難は間違っている。

Kim の最後の論評は、我々の扇状地発達の枠組みに対して彼の拒否を覆い隠している。まず、水流扇状地と土石流扇状地の勾配の違い、我々が詳細に実際に議論した形態であるが、それを我々が認めなかったと非難した。さらに、水流扇状地は土石流扇状地よりも半径が一般的に長いという彼の主張は、彼や我々のデータのどれからも支持されない。つぎに、土石流堆積が水流堆積に先行するはずだと主張し、水流扇状地と土石流扇状地とが我々の提案のように区別されないと、Kim は表明している。この見解を支えるデータも例も提供されていない。Kim はこの論述によって正体が暴露された (Blair and McPherson, 1992) Trollheim 扇状地モデルの復活を試みているように思われる。最後に、我々の3段階の扇状地発達の枠組みは3段階で終わらずに、Stages 4, 5, 6を通じで河川 [地形] になるまで続く主張している。この声明も、なんのデータもなく、扇状地と河川とは連続体であるという Kim の独断の見解におそらく由来するものである。この主張とは反対に、扇状地をもつ相対的に小さな集水域の時間的経過に伴う壮大な拡大によってではなく、我々は河川 [地形] は集水域の統合 [争奪] により起こるものと信じている (たとえば、カリフォルニア州の Amargosa 川と Owens 川、フランスの Haute Savoie の L'Arve 川)。

## 【要 約】

我々の論文 (Blair and McPherson, 1994) で明らかにしたように、地形、水理学的状態、堆積プロセス、その結果としての層相群に基づき、扇状地を客観的に特徴づけ、河川 [地形] など他の環境から扇状地を区分できることは、自然の明白な反映をなしているだけでなく、社会のニーズや

問題に意義ある適用も持っている。これらの適用は、地質学的危険度の定義と軽減を含む。すなわち、水、鉱物、炭化水素の給源の評価と利用であり、危険な廃棄物処分場の適切な配置であり、堆積盆地の発達や地球の進化に対する洞察力である。Kim の討論で彼に擁護された事実無根で独断的な扇状地の概念の継続的な推進は、扇状地システムの純粋な研究と応用研究のどちらも妨げることにしかならない。

## 文 献

- Al-Sarawi, A.M. 1988. Morphology and facies of alluvial fans in Kadmah Bay, Kuwait. *Journal of Sedimentary Petrology* 58: 902-907.
- Ballance, P.F. 1984. Sheet-flow-dominated gravel fans of the non-marine middle Cenozoic Simmler Formation, central California. *Sedimentary Geology* 38: 337-359.
- Blair, T.C. 1985. Depositional chronology, sedimentary processes, and the resulting vertical stratification sequences in the Roaring River alluvial fan, Rocky Mountain National Park, Colorado. In *Field guidebook to modern and ancient fluvial systems in the United States*, ed. R.M. Flores and M.D. Harvey, Fort Collins, Colorado, *Proceedings of the Third International Fluvial Conference*: 96-101.
- Blair, T.C. 1987a. Sedimentary processes, vertical stratification sequences, and geomorphology of the Roaring River alluvial fan, Rocky Mountain National Park, Colorado. *Journal of Sedimentary Petrology* 57: 1-18.
- Blair, T.C. 1987b. Tectonic and hydrologic controls on cyclic alluvial fan, fluvial, and lacustrine rift-basin sedimentation, Jurassic-lowermost Cretaceous Todos Santos Formation, Chiapas, Mexico. *Journal of Sedimentary Petrology* 57: 845-862.
- Blair, T.C. and McPherson, J.G. 1992. The Trollheim alluvial fan and facies model revisited. *Geological Society of America Bulletin* 104: 762-769.
- Blair, T.C. and McPherson, J.G. 1994. Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary processes, and facies assemblages. *Journal of Sedimentary Research, Section A: Sedimentary Petrology and Processes* 64: 450-489.
- Blair, T.C. and McPherson, J.G. 1995. A discussion: Quaternary alluvial fans in southwestern Crete: sedimentation processes and geomorphic evolution. *Sedimentology* 42: 531-535.
- Blissenbach, E. 1954. Geology of alluvial fans in semiarid regions. *Geological Society of America Bulletin* 65: 175-189.
- Brierley, G.J., Liu, K., and Crook, K.A.W. 1993. Sedimentology of coarse-grained alluvial fans in the Markham Valley, Papua New Guinea. *Sedimentary Geology* 86: 297-324.
- Bull, W.B. 1963. Alluvial fan deposits in western Fresno County, California. *Journal of Geology* 71: 243-251.
- Bull, W.B. 1972. Recognition of alluvial-fan deposits in the stratigraphic record. In *Recognition of ancient sedimentary environments*, ed. J.K. Rigby and W.K. Hamblin, *Society of Economic Palaeontologists and Mineralogists, Special Publication* 16: 63-83.
- Drew, F. 1873. Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the upper-Indus Basin. *Quarterly Journal of the Geological Society of London* 29: 441-471.
- Hand, B.M., Wessel, J.M., and Hayes, M.O. 1969. Antidunes in the Mount Toby Conglomerate (Triassic), Massachusetts. *Journal of Sedimentary Petrology* 39: 1310-1316.
- Harvey, A.M. 1984. Debris flows and fluvial deposits in Spanish Quaternary alluvial fans: implications for fan morphology. In *Sedimentology of gravels and conglomerates*, ed. E.H. Koster and R.J. Steel, *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoirs* 10: 123-132.
- Hogg, S.E. 1982. Sheetflood, sheetwash, sheetflow, or...? *Earth-Science Reviews* 18: 59-76.
- Jutson, J.T. 1919. Sheet-flows, or sheet-floods, and their associated phenomena in the Niagara District of sub-arid south-central Western Australia. *American Journal of Science* 198: 435-439.
- Kochel, R.C. 1990. Humid fans of the Appalachian Mountains. In *Alluvial fans: a field approach*, ed. A.H. Rachocki and M. Church, 109-129. New York: Wiley.
- Kochel, R.C. and Johnson, R.A. 1984. Geomorphology and sedimentology of humid-temperate alluvial fans, central Virginia. In *Sedimentology of gravels and conglomerates*, ed. E.H. Koster and R.J. Steel, *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoirs* 10: 109-122.
- Koster, E.H. 1978. Transverse ribs: their characteristics, origin, and hydraulic significance. In *Fluvial sedimentology*, ed. A.D. Miall, *Canadian Society of Petroleum Geologists, Memoirs* 5: 161-186.
- McGee, W.J. 1897. Sheetflood erosion. *Geological Society of America Bulletin* 8: 87-112.
- McPherson, J.G., Shanmugam, G., and Moiola, R.J. 1986. Fan-deltas and braid deltas: conceptual problems (abstract). *American Association of Petroleum Geologists, Memoirs* 70: 619.
- McPherson, J.G., Shanmugam, G., and Moiola, R.J. 1987. Fan-deltas and braid deltas: varieties of coarse-grained deltas. *Geological Society of America Bulletin* 99: 331-340.
- McPherson, J.G., Shanmugam, G., and Moiola, R.J. 1988. Fan deltas and braid deltas: conceptual problems. In *Fan deltas: sedimentology and tectonic settings*, ed. W. Nemecek and R.J. Steel, 14-22. Glasgow: Blackie and Son.
- Miall, A.D. 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies analysis applied to fluvial deposits. *Earth-Science Reviews* 22: 261-308.
- Nemecek, W. 1990. Deltas: remarks on terminology and classification. In *Coarse-grained deltas*, ed. A. Colella and D.B. Prior, *International Association of Sedimentologists, Special Publication* 10: 3-10.
- Nemecek, W. 1993. The concept and definition of a fan delta: review and discussion: Pohang, Korea, 3rd International Workshop on Fan Deltas, Abstracts with Program: 17-25.
- Nemecek, W. and Postma, G. 1993. Quaternary alluvial fans in southwestern Crete: sedimentation processes and geomorphic evolution. In *Alluvial sedimentation*, ed. M. Marzo and C. Puigdefàbregas, *International Association of Sedimentologists, Special Publication* 17: 235-276.
- Nemecek, W. and Steel, R.J. 1987. What is a fan-delta and how do we recognize it? *Fan deltas: Sedimentology and Tectonic Settings, International Symposium Proceedings*:

- Nemec, W. and Steel, R.J. 1988. What is a fan delta and how do we recognize it? In *Fan deltas: sedimentology and tectonic settings*. ed. W. Nemec and R.J. Steel, 3-13. London: Blackie.
- Ritter, J.B., Miller, J.R., Enzel, Y., Howes, S.D., Nadon, G., Grubb, M.D., Hoover, K.A., Olsen, T., Reneau, S.L., Sack, D., Summa, C.L., Taylor, I., Touyinhthiphonexay, K.C.N., Yodis, E.G., Schneider, N.P., Ritter, D.F., and Wells, S.G. 1993. Quaternary evolution of Cedar Creek alluvial fan, Montana. *Geomorphology* 8: 287-304.
- Rust, B.R. and Gostin, V.A. 1981. Fossil transvers ribs in Holocene alluvial fan deposits, Depot Creek, South Australia. *Journal of Sedimentary Petrology* 51: 441-444.
- Surell, A. 1841. *Etude sur les torrents des Hautes-Alpes*, 1st ed. Paris: Imprimerie Cusset.
- Van de Kamp, P.C. 1973. Holocene continental sedimentation in the Salton Basin, California: a reconnaissance. *Geological Society of America Bulletin* 84: 827-848.
- Wasson, R.J. 1977. Last-glacial alluvial fan sedimentation in the lower Derwent Valley, Tasmania. *Sedimentology* 24: 781-799.
- Wells, N.A. and Dorr, J.A. 1987. A reconnaissance of sedimentation on the Kosi alluvial fan of India. In *Recent developments in fluvial sedimentology*, ed. F.G. Ethridge, R.M. Flores, and M.D. Harvey, *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication* 39: 51-62.
- Wells, S.G. and Harvey, A.M. 1987. Sedimentologic and geomorphic variations in storm-generated alluvial fans, Howgill Fells, northwest England. *Geological Society of America Bulletin* 98: 182-198.