

# アイスランドの融氷河流扇状地の位置づけ

## — 沖積扇状地の定義の確立に向けて —

斉 藤 享 治\*

### Characteristics of Icelandic Outwash Fan: for Establishment on Definition of an Alluvial Fan

Kyoji SAITO\*

#### Abstract

Not only outwash fans but also stream-flow fans have been discussed as to whether or not they are involved in alluvial fans. In this study the Skeiðará outwash fan in Iceland is examined by checking various definitions on alluvial fans. The criterion that alluvial fans are steeper than 1.5 degrees is not acceptable in humid regions, because there is no gap between depositional slopes ranging from 0.5 to 1.5 degrees. Gentle stream-flow fans with mean slopes steeper than 2% or 0.11 degrees in Japan are recognized as alluvial fans; therefore, the Skeiðará outwash fan with a mean slope of 3.9% or 0.22 degrees can also be regarded as an alluvial fan on the basis of its longitudinal profile. Although the apex is around the valley mouth of Morsárdalur, it is at the front of the Vatna glacier. Therefore, the fan is not considered to be an alluvial fan in the narrow sense that it is formed at the valley mouth. However, the possibility of it being an alluvial fan in a narrow sense remains because of the following probable events-the main fan body had been built at the valley mouth, and the body was modified subsequently by outwash flow. The problem is whether or not such events occurred.

**Key words** : alluvial fan, definition, outwash flow, depositional slope, Iceland

キーワード : 扇状地, 定義, 融氷河流, 堆積勾配, アイスランド

#### I. はじめに

黒部川扇状地は、日本では典型的な河成扇状地とされ、日本人の多くは、「黒部川扇状地は沖積扇状地である」と信じている。世界的にも、網状流をなす融氷河流扇状地が数多く報告された1970年代から、融氷河流扇状地や河成扇状地が沖積扇状地として広く認められるようになった。

しかし、このような「融氷河流扇状地や河成扇状地は、一般に緩傾斜であり、扇状地を形成するプロセスによってできたわけではないので、沖積扇状地ではない」という見解が1990年代にでた。本研究では、融氷河流扇状地や河成扇状地が沖積扇状地であるかどうかの議論を整理しながら、沖積扇状地とされたアイスランドの融氷河流扇状地であるスキエイザルアウル (Skeiðará) 川扇状

---

\* 埼玉大学教育学部

\* Faculty of Education, Saitama University

地が、実際に沖積扇状地といえるのかどうかの検証を試みる。

## II. アイスランドの融氷河流扇状地

アイスランド島の大半は中新世以降の火山岩からなる(浅井ほか, 1991)。そのようななかで、島北東部と南西部の海岸沿いには(図 1A)、河成・海成の沖積低地が認められる(森脇, 1997)。島南東部には、アイスランド最大のパトナ水河が広がり、その南側の海岸沿いには融氷河流がつくるアウトウォッシュプレーンが広がる(図 1B)。氷河前縁にある融氷河水の出口を扇頂とした合流扇状地状の地形をなし、その表面には網状流路が発達する。このアウトウォッシュプレーンの東部にスキエイザルアウル川扇状地がある(図 1C)。

スキエイザルアウル川扇状地では、扇頂の標高 120 m、扇端の標高 0 m、長さ 31 km なので、平均勾配は  $3.9\%$  ( $m/km$ ) =  $0.22^\circ$  となる。日本の扇状地と比較すると(齊藤, 1988)、木曾川扇状地(長さ 14 km、平均勾配 2.5%)より急傾斜、手取川扇状地(長さ 15 km、平均勾配 6.0%)より緩傾斜といった、日本の扇状地のなかでは比較的緩傾斜の扇状地と位置づけられる。

## III. 沖積扇状地の基準と緩傾斜扇状地

### 1) 世界的な緩傾斜扇状地の位置づけ

スキエイザルアウル川扇状地のような緩傾斜扇状地は、沖積扇状地の定義との関係において、世界的にどのように位置づけられてきたのか概観する。扇状地研究の初期段階では、黄河扇状地(長さ 500 km、勾配 0.13%)も沖積扇状地とされた(Davis, 1898)。しかし、扇状地研究が進展した合衆国南西部は乾燥地域であり、急傾斜の土石流扇状地が研究対象の主体であったこともあり、1960 年代までは、沖積扇状地といえど土石流扇状地を指すのが一般的であった。また、その勾配も  $1 \sim 2^\circ$  以上 ( $17 \sim 35\%$  以上) というのが目安であった(Blissenbach, 1954; Scheidegger, 1961; Anstey, 1965)。

1970 年代には、アラスカ湾沿いにあるスコット扇状地(勾配  $2 \sim 18\%$ ) やヤナ扇状地(勾配

$3 \sim 8\%$ ) が網状融氷河流扇状地と命名され(Boothroyd, 1972; Boothroyd and Anshley, 1975)、アイスランドのスキエイザルアウル川扇状地(勾配  $3 \sim 6\%$ ) も融氷河流扇状地とされた(Boothroyd and Nummndal, 1978)。1977 年には、これらの融氷河流扇状地は、インド北東部のヒマラヤ山脈山麓に発達するコシ川扇状地(長さ 60 km、平均勾配 0.34%)とともに、恒常河川がつくる湿潤扇状地と命名された(Schumm, 1977)。その結果、乾燥扇状地と名づけられた土石流扇状地とともに、湿潤扇状地も沖積扇状地として一般に認知されるようになった。

1980 年代以降には、融氷河流扇状地以外の湿潤地域の湿潤扇状地について、多数報告されるようになった(Pierson, 1980; Kochel and Johnson, 1984; Kesel and Lowe, 1987; Wells and Harvey, 1987; Evans, 1991)。また、コシ川扇状地のようなヒマラヤ山脈山麓に発達する巨大な扇形地形についても、様々な名称で呼ばれていたが、巨大扇状地と名づけられた(Gohain and Parkash, 1990; Mohindra *et al.*, 1992)。アンデス山脈東麓でも巨大扇状地が認定され、面積  $6.5$  万  $km^2$  (北海道  $7.8$  万  $km^2$ ) のグランデ川巨大扇状地も報告された(Iriondo, 1993)。これらの巨大扇状地は、大規模 ( $10^3 \sim 10^5 km^2$ ) で、緩傾斜 ( $0.05 \sim 0.18^\circ = 0.9 \sim 3.1\%$ ) の扇形地形として特徴づけられている(Sinha and Friend, 1994; DeCelles and Cavazza, 1999)。

1993 年には、ボツワナ北部にあるオカバンゴ扇状地(面積  $1.8$  万  $km^2$ 、長さ 150 km、平均勾配 0.23%)について、扇端側の低い屈曲度、扇頂側の蛇行が特徴的であり、low sinuosity/meandering の最初の文字をとって losimean 扇状地と名づけられた(Stanistreet and McCarthy, 1993)。しかし、約  $600 km^2$  が恒常的な湿地であり、季節的な湿地が過半を占め(McCarthy *et al.*, 1993)、堆積物は泥など細粒で、堆積プロセスも湿地植物の障害によるものといった、これまでの沖積扇状地とは異質の堆積プロセスであることが指摘されている。

このような沖積扇状地の定義の拡大傾向に対

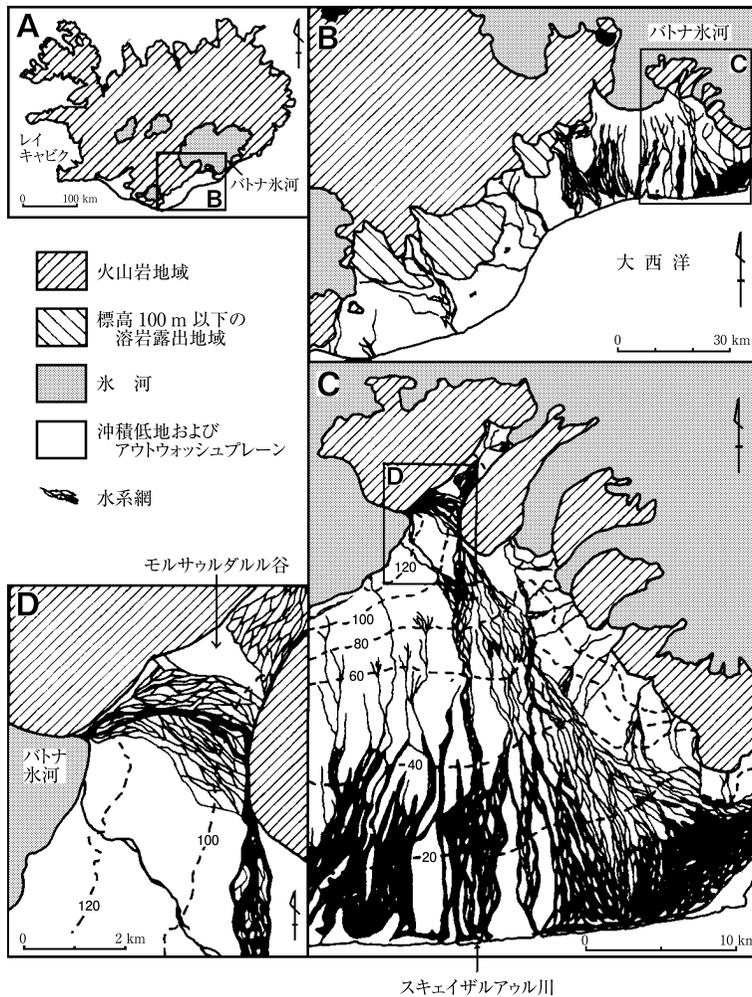


図1 アイランド島およびスキエイザルアウル (Skeiðará) 川扇状地の地形。  
 A: アイランド島の地形 (森脇, 1997 などによる), B: スキエイザルアウル・  
 アウトウォッシュプレーン (1: 750,000 Ísland と 1: 300,000 Suðausturland), C:   
 スキエイザルアウル川扇状地 (1: 100,000 Öræfajökull と Ingólfshöfði), D: スキエイ  
 ザルアウル川扇状地の扇頂部 (1: 25,000 Mælikvarði)。

Fig. 1 Landforms of Iceland and Skeiðará river fan.

A: Iceland, B: Skeiðará outwash plain, C: Skeiðará river fan, D: Apex of Skeiðará river fan.

し, Blair らは 1994 年に, 沖積扇状地・非沖積扇状地 (礫床河川) の勾配には  $0.5 \sim 1.5^\circ = 9 \sim 26\%$  のギャップが世界的に存在し, 沖積扇状地は  $1.5^\circ$  以上の半円錐形の地形であると厳格な基準を提示し, 融氷河流や網状河川流によってできた

「 $0.5^\circ$  未満の緩傾斜扇状地は沖積扇状地ではない」と主張した (図 2A)。この基準に従い, スキエイザルアウル川扇状地 (勾配  $0.21^\circ = 3.67\%$ ) も沖積扇状地と呼ばれるには問題があるとされた (Blair and McPherson, 1994)。

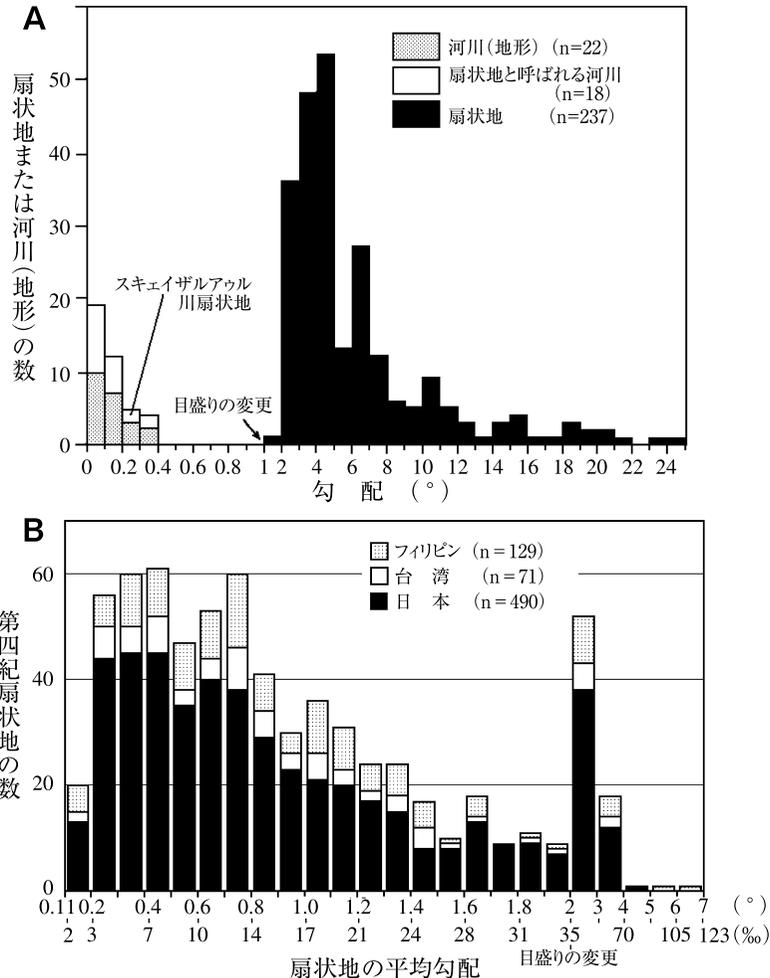


図 2 堆積勾配の頻度分布。

A: 扇状地・河川地形の堆積勾配の頻度分布 (Blair and McPherson, 1994),  
B: 湿潤変動帯の扇状地勾配 (Saito and Oguchi, 2005).

Fig. 2 Histograms of depositional slopes.

A: Histogram of depositional slopes of alluvial fans and rivers (Blair and McPherson, 1994), B: Histogram of mean alluvial fan slopes in humid regions (Saito and Oguchi, 2005).

## 2) 湿潤地域の緩傾斜扇状地の位置づけ

黒部川扇状地 (平均勾配 10.6% = 0.6°) も, Blair らの基準によれば勾配 1.5°以上の沖積扇状地ではなく, 世界的に存在しない 0.5 ~ 1.5°の堆積勾配をもつ地形となる。Blair らは, 堆積勾配のデータを世界中から集めたといっているが, 実

際には合衆国南西部の乾燥地域の扇状地をもとに, 堆積勾配のギャップを指摘した可能性が高い (小口ほか, 2004)。乾燥地域のデスバレーでは, 確かに 0.6 ~ 1.3°の堆積勾配は認められない (斉藤ほか, 2003)。それでは, 湿潤地域の堆積勾配はどうであろうか。

日本、台湾、フィリピンの扇状地の平均勾配には (図 2B), 0.5 ~ 1.5° のギャップは存在しない (Saito and Oguchi, 2005)。したがって、これらの湿潤地域においては、沖積扇状地を勾配 1.5° 以上の地形と限定することはできない。すなわち、黒部川扇状地が沖積扇状地であることを否定できるわけではない。日本では、およそ勾配 10% 以下の扇状地が緩勾配扇状地と呼ばれ、掃流砂礫が満遍なく堆積してできた地形とされる (門村, 1971)。このような扇状地は、土石流によってできた急傾斜扇状地に対して、河川流によってできた緩傾斜扇状地と呼ばれることもある (中山・高木, 1987)。緩傾斜扇状地は勾配が緩くなるとともに扇状地形態 (半円錐形状) をなさなくなり、その下限は 3% (戸谷ほか, 1971) と 2% (齊藤, 1988) ともいわれる。日本の扇状地では、2% 以上の平均勾配は連続的であり、「緩傾斜扇状地も沖積扇状地である」ことを否定できる状況にはない。

### 3) スキエイザルアウル川扇状地の勾配による位置づけ

Blair らによって「沖積扇状地と呼ばれるには問題がある」とされたスキエイザルアウル川扇状地については、勾配が 3 ~ 6% なので、日本の 2% 以上の緩傾斜扇状地を沖積扇状地とするのなら、勾配だけの観点であるが、スキエイザルアウル川扇状地も沖積扇状地といえる。

## IV. 沖積扇状地の定義と融氷河流扇状地

### 1) 形成位置をふまえた沖積扇状地の定義

沖積扇状地の定義はさまざまである。「沖積扇状地は、山地河川によって山麓にできた碎屑性堆積物からなる」(Blissenbach, 1954)。「沖積扇状地 (堆積物) は、上流流域の涵養流路と山地前面とが交差したところに堆積した粗粒で角張った土砂からなる半円錐形をなす堆積物である」(Blair and McPherson, 1994)。これらの定義は、沖積扇状地を山麓に形成された地形に限っている。このように定義された沖積扇状地を、本研究では「狭義の沖積扇状地」と呼ぶ。

「沖積扇状地 (堆積物) は、流出する河川の側

方の制限がなくなり、運搬荷重を広げることができる峡谷や河谷の出口にある堆積物である」(Lustig, 1974)。「堆積の究極の原因は、流れの拘束の消失である」(McCarthy and Cadle, 1995)。これらの、とくに後者の定義では、沖積扇状地を山麓に形成された地形に限っていない。平野のなかの段丘崖下にできる氾濫原扇状地 (Rannie *et al.*, 1989; Rannie, 1990)、緩斜面の任意の場所にできる火山麓扇状地 (Kesel, 1985; Kesel and Lowe, 1987) や砂丘涵養扇状地 (Sweeney and Loope, 2001) も、沖積扇状地とされる。このような形成位置が山麓に限定されていない沖積扇状地を「広義の扇状地」と呼ぶ。なお、狭義の「沖積扇状地」に対し、広義の「沖積扇状地」について「扇状地」と呼ぶ提唱もあるが (Stanistreet and McCarthy, 1993)、日本では単に「扇状地」と呼ぶときには「沖積扇状地」を一般的に意味しているので (鈴木, 1998)、本研究では単に「扇状地」とせず「広義の扇状地」とする。

### 2) 融氷河流扇状地の位置づけ

沖積扇状地を河川流扇状地 (あるいは土石流扇状地) に限定し、融氷河流による扇状地は沖積扇状地ではないとの見解もある (Carryer, 1966)。しかし、融氷河流堆積物と純粋な河川流堆積物を決定的に区分するのは、堆積ファブリックよりも地形配列ともいわれ (Kuhle, 1990)、谷口にできた融氷河流による扇形地形と河川流とを区分するのは難しく、そもそも区分する必要性が明確ではないので、融氷河流による扇形地形も本研究では沖積扇状地とする。

氷河の末端にできる融氷河流扇状地については、山麓に限定されない「広義の扇状地」であるが、一般には「狭義の沖積扇状地」とはならない。ただし、融氷河流扇状地が山地の出口にできた場合には、「狭義の沖積扇状地」となる。

### 3) スキエイザルアウル川扇状地の形成位置からみた位置づけ

スキエイザルアウル川扇状地の扇頂は、モルサウルダール谷の谷口にあるが、正確にはバトナ氷河の末端にある (図 1D)。したがって、スキエイザルアウル川扇状地は、「狭義の沖積扇状地」

ではなく、「広義の扇状地」となる。なお、スキェイザルアウル川扇状地表層の融氷河川堆積物については、日本の扇状地堆積物に比べ若干円磨度が低いようであるが、河川流堆積物と明確に区分できるものではない。

## V. 沖積扇状地と網状流扇状地

### 1) 網状流路と扇状地形成プロセス

河成（河川流）扇状地上には、しばしば網状流路が認められる。したがって、網状河川が河成扇状地をつくってきたと一般に指摘されている（Crews and Ethridge, 1993）。しかし、合衆国コロラド州のローリング川では、1982年にダム崩壊により大洪水が発生し、フォール川との合流点にローリング川扇状地が形成された。そのときの堆積物は、布状洪水流と非粘着性土石流によるものであり、現在の扇状地上にみられる網状河川は、空中写真の判読から、布状洪水流堆積物をその後3年間で侵食した河川流によるものであると指摘された（Blair, 1987）。このように、「網状流路は、布状洪水流によってできた扇状地の表面が、後に修飾をうけたときのもので、扇状地形成プロセスとは関係がない」とされた。

### 2) スキェイザルアウル川扇状地上の大洪水

バトナ氷河下にあるグリムスボトン火山とバウルザルブンガ火山の間の長さ4 kmの割れ目で、1996年10月1日に火山噴火が発生し、10月14日には終息した。その氷底火山の噴火により融けた融氷河川は、11月5日から6日にかけてスキェイザルアウル川沿岸などに流出した。このような大洪水は48年ぶりに発生した（邸・柳木, 2003）。

### 3) スキェイザルアウル川扇状地の形成プロセスからみた位置づけ

1996年の大洪水による土砂堆積は、ローリング川扇状地と同様に、扇状地本体を形成したのではなく、扇状地本体を修飾したに過ぎない可能性もある。扇状地本体が、巨大な洪水によりモルサウルダール谷の谷口を扇頂としてでき、その後、バトナ氷河の末端からでた融氷河川により修飾されたに過ぎなければ、スキェイザルアウル川

扇状地は、「広義の扇状地」だけではなく、「狭義の沖積扇状地」となる。

## VI. まとめと今後の課題

アイスランドのスキェイザルアウル川扇状地は、平均勾配が3.9%なので、日本の2%以上の緩傾斜扇状地を沖積扇状地とするのなら、勾配だけの観点からは、スキェイザルアウル川扇状地も沖積扇状地といえる。扇頂は、モルサウルダール谷の谷口にあるが、正確にはバトナ氷河の末端にあるので、スキェイザルアウル川扇状地は、形成位置が山地の出口にある「狭義の沖積扇状地」ではなく、「広義の扇状地」となる。ただし、表面は扇状地本体を修飾したに過ぎない可能性もあり、そうであれば、「狭義の沖積扇状地」の可能性もある。そのような沖積扇状地であるかどうかについては、今後の検討課題である。この課題は、河成扇状地が網状河川によってできたのかどうかという、沖積扇状地の定義の確立に直結するものとなっている。その解決には、カナダのチーキー扇状地の内部構造（堆積相）を明らかにしたレーダーによる解析手法（Ékes and Hickin, 2001）が有効と思われる。

## 謝辞

本研究では、平成17年度東京地学協会研究・調査助成金を使用させていただきました。ここに深く感謝の意を表します。

## 文献

- Anstey, R.L. (1965): Physical characteristics of alluvial fans. *U.S. Army Natick Laboratories, Tech. Rep., ES20*, 1-109.
- 浅井辰郎・岩田修二・貝塚爽平・鈴木啓助・千葉達朗・中村和郎・早川由紀夫・平川一臣・森脇 広 (1991): アイスランドの自然地理学. *地理学評論*, **64A**, 95-124.
- Bergmann, D. (2004): *Skaftafell National Park*. JPV Publishers.
- Blair, T.C. (1987): Sedimentary processes, vertical stratification sequences, and geomorphology of the Roaring River alluvial fan, Rocky Mountain National Park, Colorado. *J. Sediment. Petrol.*, **57**, 1-18.
- Blair, T.C. and McPherson, J.G. (1994): Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, sedimentary pro-

- cesses, and facies assemblages. *J. Sediment. Res.*, **64A**, 450-489.
- Blissenbach, E. (1954): Geology of alluvial fans in semiarid regions. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **65**, 175-189.
- Boothroyd, J.C. (1972): Coarse-grained sedimentation on a braided outwash fan, northeast Gulf of Alaska. *Univ. South Carolina Coastal Res. Division Tech. Rep.*, **6-CRD**, 1-127.
- Boothroyd, J.C. and Ashley, G.M. (1975): Processes, bar morphology, and sedimentary structures on braided outwash fans, northeastern Gulf of Alaska. *Soc. Econ. Paleontol. Miner., Spec. Publ.*, **23**, 193-222.
- Boothroyd, J.C. and Nummedal, D. (1978): Proglacial braided outwash: a model for humid alluvial-fan deposits. *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **5**, 641-668.
- Carrier, S.J. (1966): A note on the formation of alluvial fans. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **9**, 91-94.
- Crews, S.G. and Ethridge, F.G. (1993): Laramide tectonics and humid alluvial fan sedimentation, NE Uinta Uplift, Utah and Wyoming. *J. Sediment. Petrol.*, **63**, 420-436.
- Davis, W.M. (1898): *Physical Geography*. Ginn and Company.
- DeCelles, P.G. and Cavazza, W. (1999): A comparison of fluvial megafans in the Cordilleran (Upper Cretaceous) and modern Himalayan foreland basin systems. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **111**, 1315-1334.
- Ékes, C. and Hickin, E.J. (2001): Ground penetrating radar facies of the paraglacial Cheekye Fan, southwestern British Columbia, Canada. *Sediment. Geol.*, **143**, 199-217.
- Evans, J.E. (1991): Facies relationships, alluvial architecture, and paleohydrology of a Paleogene, humid-tropical alluvial-fan system: Chumstick Formation, Washington State, U.S.A. *J. Sediment. Petrol.*, **61**, 732-755.
- Gohain, K. and Parkash, B. (1990): Morphology of the Kosi megafan. in *Alluvial fans: a field approach* edited by Rachocki A.H. and Church, M., John Wiley & Sons, 151-178.
- Iriondo, M. (1993): Geomorphology and late Quaternary of the Chaco (South America). *Geomorphology*, **7**, 289-303.
- 門村 浩 (1971): 扇状地の微地形とその形成—東海地域の緩勾配扇状地を中心に。矢澤大二・戸谷 洋・貝塚爽平編：扇状地。古今書院, 55-96.
- Kesel, R.H. (1985): Alluvial fan systems in a wet-tropical environment, Costa Rica. *Natl Geogr. Res.*, **1**, 450-469.
- Kesel, R.H. and Lowe, D.R. (1987): Geomorphology and sedimentology of the Toro Amarillo alluvial fan in a humid tropical environment, Costa Rica. *Geogr. Ann.*, **69A**, 85-99.
- Kochel, R.C. and Johnson, R.A. (1984): Geomorphology and sedimentology of humid-temperate alluvial fans, central Virginia. *Can. Soc. Petrol. Geol. Mem.*, **10**, 109-122.
- Kuhle, M. (1990): Ice marginal ramps and alluvial fans in semiarid mountains: convergence and difference. in *Alluvial fans: a field approach* edited by Rachocki A.H. and Church, M., John Wiley & Sons, 55-68.
- Lustig, L.K. (1974): Alluvial fans. in *Encyclopedia Britannica 15th ed.* edited by Adler, M.J., Benton, W. and Wanson C.E., Britannica, 611-617.
- McCarthy, T.S. and Cadle, A.B. (1995): Discussion on "Alluvial fans and their natural distinction from rivers based on morphology, hydraulic processes, and facies assemblages". *J. Sediment. Res.*, **65A**, 581-583.
- McCarthy, T.S., Ellery, W.N. and Ellery, K. (1993): Vegetation-induced, subsurface precipitation of carbonate as an aggradational process in the permanent swamps of the Okavango (delta) fan, Botswana. *Chem. Geol.*, **107**, 111-131.
- Mohindra, R., Parkash, B. and Prasad, J. (1992): Historical geomorphology and pedology of the Gandak megafan, middle Gangetic plains, India. *Earth Surf. Process. Landf.*, **17**, 643-662.
- 森脇 広 (1997): アイスランドの火山と氷河と地殻変動。貝塚爽平編：世界の地形。東京大学出版会, 281-294.
- 中山正民・高木勇夫 (1987): 微地形分析よりみた甲府盆地における扇状地の形成過程。東北地理, **39**, 98-112.
- 小口 高・斉藤享治・橋本亜希子・早川裕一・山田真之 (2004): 堆積勾配の普遍的ギャップの提唱と扇端における河床勾配の急変との関係。地理学研究報告 (埼玉大学), **24**, 74-78.
- Pierson, T.C. (1980): Erosion and deposition by debris flows at Mt Thomas, New Zealand. *Earth Surf. Process.*, **5**, 227-247.
- Rannie, W.F. (1990): The Portage La Prairie 'flood-plain fan'. in *Alluvial fans: a field approach* edited by Rachocki A.H. and Church, M., John Wiley & Sons, 179-193.
- Rannie, W.F., Thorleifson, L.H. and Teller, J.T. (1989): Holocene evolution of the Assiniboine River Paleochannels and Portage la Prairie alluvial fan. *Can. J. Earth Sci.*, **26**, 1834-1841.
- 斉藤享治 (1988): 日本の扇状地。古今書院。
- Saito, K. and Oguchi, T. (2005): Slope of alluvial fans in humid regions of Japan, Taiwan and the Philippines. *Geomorphology*, **70**, 147-162.
- 斉藤享治・山田真之・橋本亜希子・小口 高 (2003): デスバレーにおける扇状地の堆積勾配 (予報)。地理学研究報告 (埼玉大学), **23**, 29-40.
- Scheidegger, A.E. (1961): *Theoretical geomorphology*. Springer-Verlag.
- Schumm, S.A. (1977): *The fluvial system*. John Wiley & Sons.
- Sinha R. and Friend, P.F. (1994): River systems and their sediment flux, Indo-Gangetic plains, Northern

- Bihar, India. *Sedimentology*, **41**, 825-845.
- Stanistreet, I.G. and McCarthy, T.S. (1993): The Okavango Fan and the classification of subaerial fan systems. *Sediment. Geol.*, **85**, 115-133.
- 鈴木隆介 (1998): 建設技術者のための地形図読図入門: 第2巻 低地. 古今書院.
- Sweeney, M.R. and Loope, D.B. (2001): Holocene dune-sourced alluvial fans in the Nebraska Sand Hills. *Geomorphology*, **38**, 31-46.
- 戸谷 洋・町田 洋・内藤博夫・堀 信行 (1971): 日本における扇状地の分布. 矢沢大二・戸谷 洋・貝塚爽平編: 扇状地. 古今書院, 97-120.
- Wells, S.G. and Harvey, A.M. (1987): Sedimentologic and geomorphic variations in storm-generated alluvial fans, Howgill Fells, northwest England. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **98**, 182-198.
- 邸 景一・柳木昭信 (2003): 旅名人ブックス アイスランド・フェロー諸島・グリーンランド. 日経BP社.