

荒川中流部扇状地河道における近年の砂礫堆の発達 －自然的・人為的環境変化に対する河川地形システムの応答－

町 田 尚 久*

荒川中流部の扇状地区間で、砂利採取などを発端とする河床低下が1970年以降にはほぼ終了した。それに合わせるように扇央部では、砂礫堆が形成した。その堆積物を研究対象として、層相・層序を詳しく観察し、9層の洪水堆積物を識別した。一方、この期間に、上流約15kmの地点で観測された年最大流量記録から、大小13回の洪水発生を認め、洪水堆積物を対比した。堆積物中に含まれていたインクペンの製造年を、一つの有力な年代指標として用いた。

それによって1970～1993年までの堆積物と洪水イベントとの対応が認められた。その堆積物は洪水時に供給され、砂礫堆上流側の砂利採取に起因する河床低下の影響と扇頂部まで波及したことで明戸サイフォンが露出し、それが一種の造瀑層となったことで生産された土砂が供給された。その土砂供給地点の明戸サイフォン直下では、深さ約5mにも及ぶ洗掘が引き起こされた。上流側には明戸サイフォンの露出をきっかけにそれを局地的侵食基準面として約2m程度の河床低下をもたらした。上流側での河床低下は六堰頭首工の堤体の一部や、その付近の護岸の破壊につながり、下流側では洗掘地点に続いて長さ約2km程度の穿入河道が形成、固定された。これらから、いわば人為の影響によって供給された砂礫が、観察地点におけるいくつかの洪水堆積物に含まれていることが確認された。また、河道の安定化にともなう砂礫堆表面での植生定着・成長が洪水による土砂の堆積傾向が強化され、伏流水の増大・河流水の減少を促したことが推察された。

これを河川地形システムが自然的・人為的インパクトに応答した過程の一端としてシステム論的に解釈すると、大小の洪水が発生する中で、砂利採取や人工構造物の設置・破壊・改修という人為作用が、長短さまざまな時間スケールで河道付近の微地形形成に関与していることが確認できた。

【キーワード】 1 砂礫堆 2 扇状地区間 3 河川地形システム 4 人為誘導地形 5 荒川中流部

1. はじめに

日本では、近世以降、河川への人為の影響が大きくなり、それに関する研究が数多くある。たとえば、都市近郊の河川における砂利採取にともなう地形変化は、ダム建設や砂利採取などによる河床変動の研究を三井（1956）が多摩川で、松本（1965）が富士川で、菊地（1991）が相模川で、Dang et al.（2012）が手取川で行っている。

しかし、人為の影響をうけて地形を変化させたプロセスやメカニズムについては、あまり研究されていない。そこで本研究では、人為のかかわる地形形成過程について、一歩踏み込んでみたい。

研究対象地域とする荒川中流部の扇状地区間には、広い堤外地が残されている。そこに現存する微地形や堆積物や河川管理資料は、今に至る地形や堆積物が変化してきた記録である。それらを基に河床変動を読み取ることができる（たとえば、石田ほか、2005；菊地ほか、2006）。このような記録の中には、砂利採取や河川構造物の設置・破壊・改修の繰り返しが、河床変動や流路の移動などに影響を与えた記録も含まれると考えられる。そこで本研究では、扇状地区間で河床変動が大きくあらわれた扇央部にある、堤外地段丘化した砂礫堆を対象にする。その堆積物の層相と層序の観察と、上記で示した人為的作用および自然の変化である洪水と渇水履歴等の記録とに基づき、それら自然的・人為

* 立正大学 地球環境科学部 外部研究員

的な作用に対する地形形成の過程を検討する。

その際、Chorley (1962), Chorley and Kennedy (1971) の System approach, また Schumm (1977) の流域単位や任意区間でシステム論的解釈した Fluvial System の考え方を参考にする。一般にシステムは、インプットからアウトプットへの流れをもち、その中で様々なプロセスが相互に影響しながら進行するものである。河川地形システムも同様の仕組みを持ち、上流から下流側へ向けて流入と流出があり、常に安定状態へと向かう。任意区間へのインプットには、流量や土砂量がある。そしてアウトプットは、その影響を受けて変化した地形や堆積物がある。このことから、地形の変化や堆積物の変化を基に、インプットの変化をとらえられると推察される。インプットとアウトプット

トの関係に人為や自然の影響が加わった地形形成までのプロセスがシステムの内部で進行しているものとする。ここでは、河川地形形成に注目するため、河川地形システムとする。

2. 荒川流域概要

関東山地甲武信ヶ岳 (2,475m) に源流をもつ荒川は、流路延長約173km、流域面積約2,940km²からなり、東京湾へ注ぎ込む河川である。中流部の寄居付近より下流側には、広大な荒川扇状地 (櫛挽面・御稜威ヶ原面・三ヶ尻面) を形成している (図1)。このうち完新世の熊谷扇状 (熊谷面) 地は、深谷市永田付近を扇頂、熊谷市久下付近を扇端とし、この間の縦断延長は約13km、

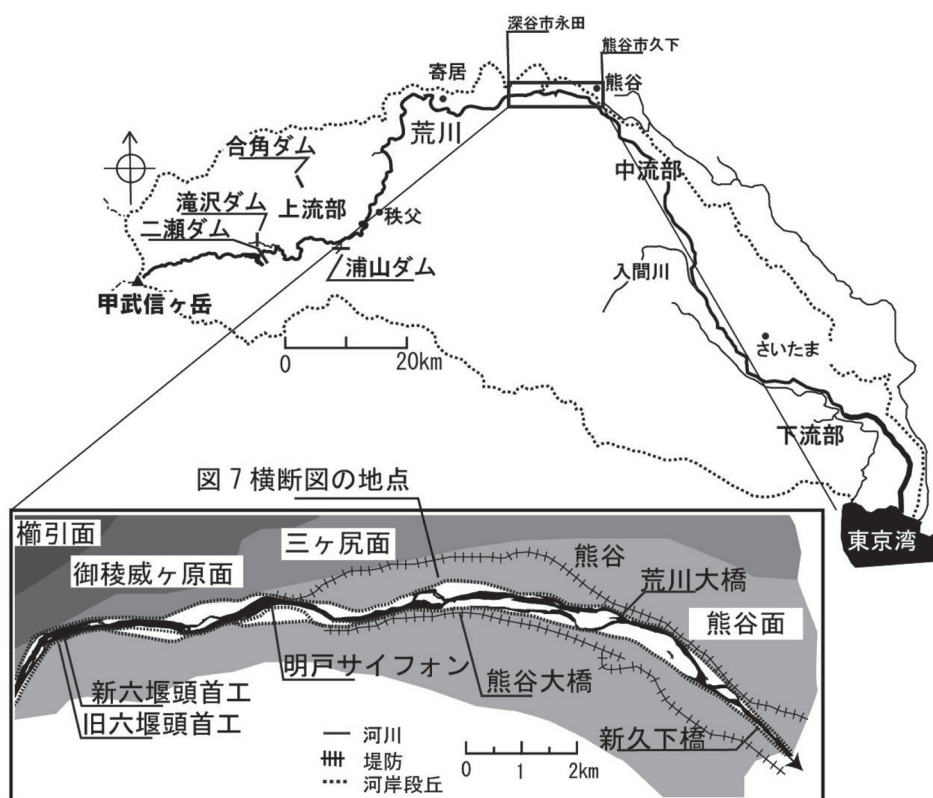


図1 地域概要

平均勾配は約2‰と緩い。その区間には扇頂付近には、1939年建設の六堰頭首工、その下流約2kmの扇央部には明戸サイフォン（江南サイフォン）がある。

3. 荒川中流部の河川を取り巻く環境情報

元来は堆積傾向にあった熊谷扇状地区間（古田ほか、2009）で、近世以降、その大半で砂利採取が行なわれ、近代に入ってからそれが顕著になった。砂利採取は、1963年、1964年頃をピークに1978年まで続いた（町田、2009）。中流部熊谷扇状地区間の河床低下は、1927年以降に明戸サイフォン直下で最大約10mに達したが、1970年代に入るとそこを除いた区間でほぼ沈静化した（図2）。

その河床低下によって、1939年に基盤岩（中新統の礫岩）の中に河道を横断する形で明戸サイフォンが埋設されたが、下流側から及んだ河床低下のために、明戸サイフンの上流側では基盤の侵食が始まり、1970

年頃にはサイフォンが河床に露出した。それと同時に明戸サイフンの下流側では、褐色の礫を含む礫岩などが侵食され、さらにコンクリート造の明戸サイフォンが造爆層となって、その直下での洗掘を助長した。このサイフォンは、その後2009年までに撤去され、その年には落差工として改修された。六堰頭首工では、1974年、1999年等の洪水で破壊された。その後、新設・改修され、明戸サイフォンよりも少し早く改修され、2009年に新しく完成した。

上流部の秩父山地には、1961年以来5基の大型ダムが建設された。洪水時・平水時の流量のコントロールが行われるようになった。この頃から石田ほか（2005）によると荒川中流部の明戸サイフンの露出が進み、その要因を河床低下だと考えている。空中写真などから、河床低下はさらに上流側（少なくとも玉淀ダム）にまで進み、堤外地の岩盤露出が拡大したことがわかる。

調査地は、扇央部区間に位置する熊谷大橋付近の砂

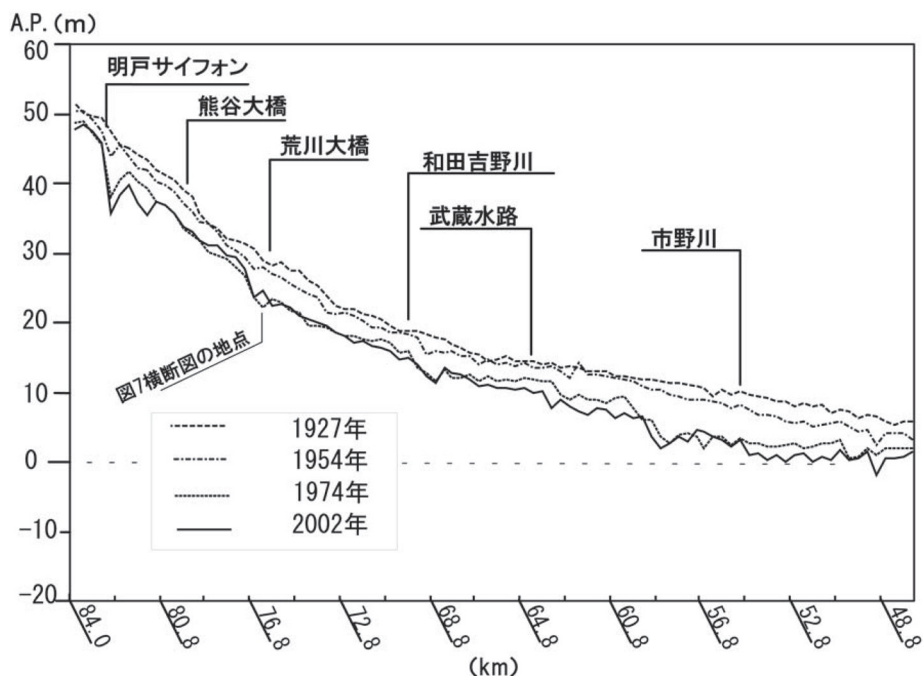


図2 荒川中流部の河床縦断形の変遷

礫堆である（図3）。河川作用を介して形成される砂礫堆の変化には、既存の自然的・人為的環境が影響する（以後、自然的・人為的環境）。これらの因果関係を明らかにするために、自然的・人為的環境の記録として、雨量・流量（公益社団法人日本河川協会、2007）、河床縦断面図（荒川上流河川事務所、1964、1974、1984、1993、2002）、空中写真（国土地理院、1970、1980、1990、1998、2002）、護岸の災害記録（荒川上流河川事務所作成）などを利用した。本研究では、対象地である扇状部区間での地形発達過程の復元を試みた。

荒川扇状地には大きな支流河川の流入がない。熊谷大橋付近の河川流量と寄居観測所の河川流量はほぼ等しいと考えられる。そこで、1970～2003年の年最大日流量を用いて洪水発生規模や時期を調べた（図4）。

発生頻度が年に1回程度の洪水では、比高100cm程度の砂礫堆は水没し、地形の表層物質が多少とも更新される。この規模の洪水のとき寄居観測点では、流量1,000 m^3/s 以上となることが多い。そこで、本研究では当該期間の洪水を1,000 m^3/s 単位で区切った大・中・

小3つの規模に区分した。大規模洪水は、1999年洪水の様に河川敷を洪水流が覆う、流量2,000 m^3/s 以上のものである。中規模洪水は、1998年洪水の様に比高200cm以上の砂礫堆を洪水流が覆う、流量1,000 m^3/s 以上2,000 m^3/s 未満のものである。そして小規模な流量は、2,000年洪水のように微高地化した砂礫堆を洪水流がわずかに覆う、流量1,000 m^3/s 未満のものである。このうち、対象の砂礫堆を構成する土砂に影響するのは流量1,000 m^3/s 以上の洪水、すなわち中規模以上の洪水にあたる。これに該当する洪水は、1971年、1974年、1981年、1982年、1983年、1985年、1986年、1990年、1991年、1993年、1998年、1999年、2001年の13回である。また荒川上流河川事務所（2003）によると1973～1997年に、荒川中流部などで10回の渇水（1973年、1978年、1984年、1987年、1990年、1992年、1994年、1995年、1996年、1997年）が発生した。本研究の渇水は滞筋が消失したもの、あるいは低水量の流量を指す。

空中写真からは、少なくとも1980～1986年に流路の移動が起こったことがわかる。一方、この期間の災害

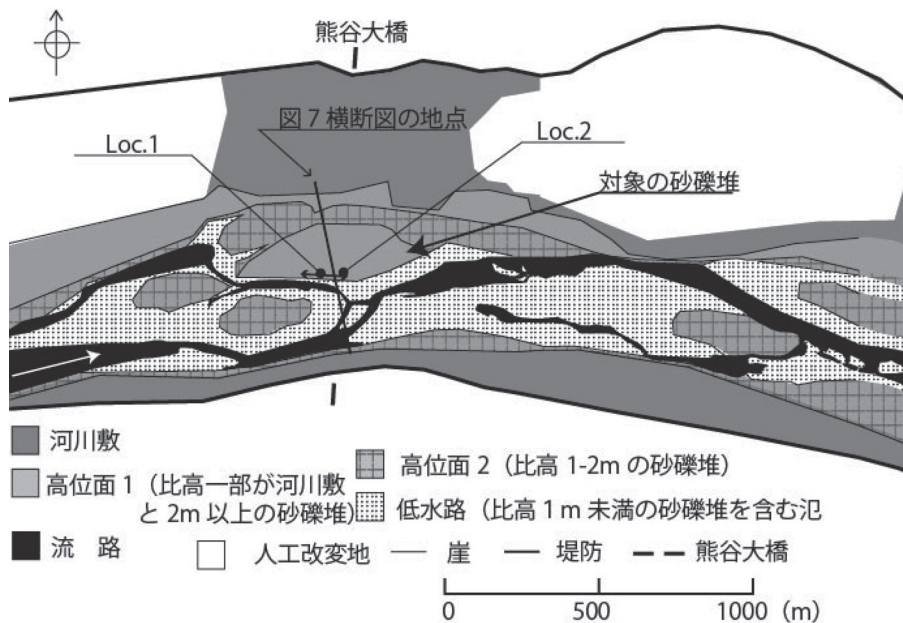


図3 調査地付近の地形区分

河道の変化に合わせるように、1970年に裸地であったところが、1980年には一部に低木と草本が侵入し、1990年には草本・低木が拡大しはじめ、1998年には低木が砂礫堆を覆い、2002年には1998年の低木も高木化した(表1)。低木の拡大などの状況から、1998年以降は、熊谷大橋付近の砂礫堆を洪水流が覆うことがなかったと判断される。また砂礫堆表面の植被状況も河道変



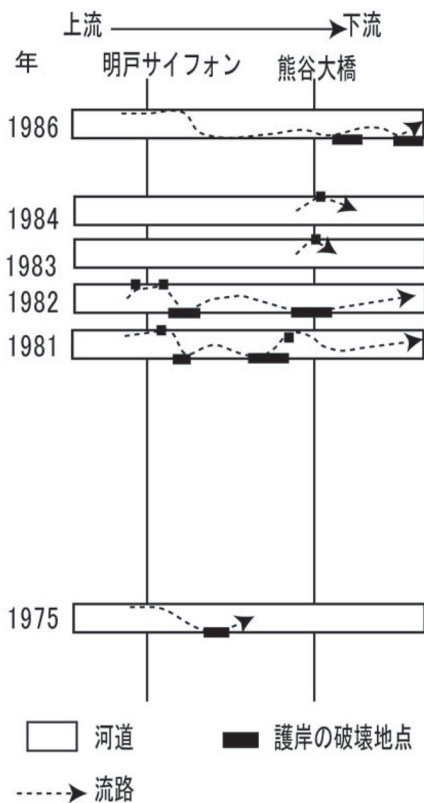


図5 河川構造物の破壊から推察した流路位置
上流側が左，下流側が右。露頭地点は，熊谷大橋付近である。
1983年と1984年は人工構造物の破壊から推定した。

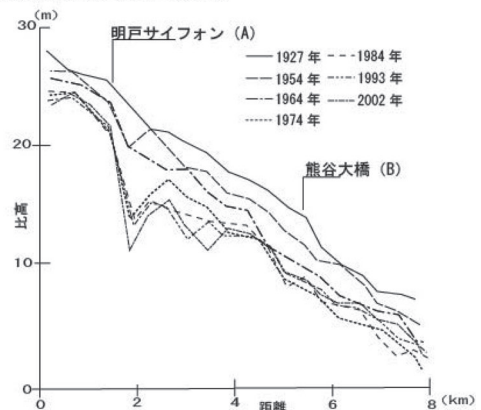
表1 空中写真から判読した砂礫堆の植生状況

年	植 生 状 況
1970	裸 地
1980	一部に低木と草本が侵入
1990	草本・低木が拡大
1998	低木が覆い始める
2002	1998年の低木が高木化

化にあわせて変化していると考えられる。

荒川上流河川事務所作成の図2より短い区間の河床縦断を1964年，1974年，1984年，1993年，2002年を図6に作成した。1964～1974年には，対象区間とその上・下流で，ほぼ一様な速さで河床低下したが，1970年から河床縦断形で読み取れるような顕著な河床変動をとまった河床低下が生じた。1974～1984年には明戸サイフォン直下で河床が急激に低下し，そこより下流側では，堆積や侵食が2 km 前後の距離で河床変動がみられる。1984～1993年には明戸サイフォン直下の侵食区間が，さらに下流側へと伸びたように見える。1993

① 河床縦断形の変化 (1927～2002年)



② 河床上昇・河床低下の状況 (1964～2002年) ■河床上昇 ▨河床低下

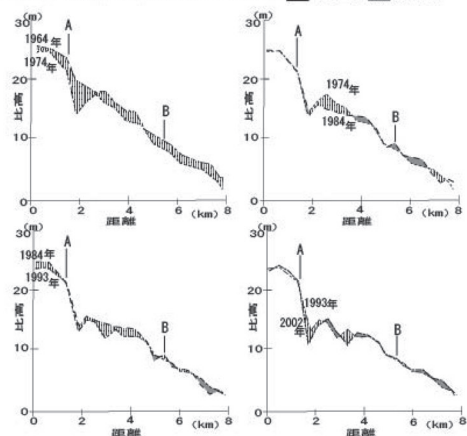


図6 河床縦断形の変遷と河床上昇・河床低下の状況

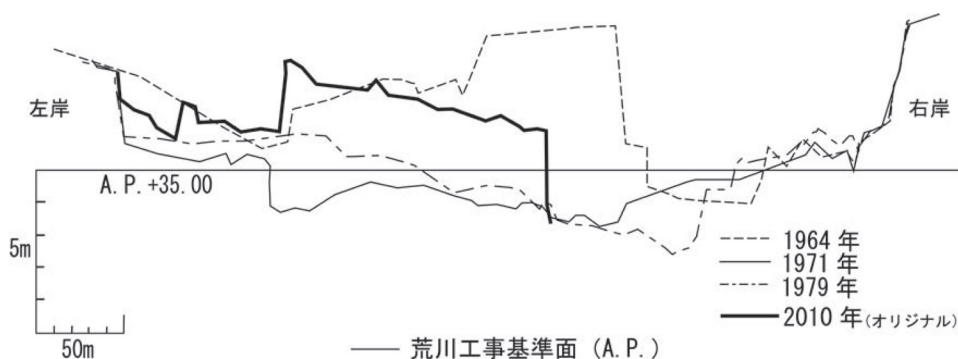


図7 2010年までに形成された堤外段丘状の砂礫堆横断面
上流側から下流側をみたときの断面図（町田，2013を一部改変）

～2002年には全体として若干の低下がみられるものの、ほぼ一定の河床高となり、1964年から続いた河床低下がほぼ止まり、変化の少ない安定的な状態となった。この頃になると、明戸サイフォン直下では約1kmの距離で河床が急激に低下、そこより下流約1kmでは堆積、さらに下流側では熊谷大橋上流側まで再び侵食し、その下流側では堆積となった。

このような流量、河床地形、人工物についての参照可能な記録は、対象期間・区間を網羅する形で残されてはいない。その制約の下で各々の記録を相互に補うように使用することで、河川地形に対する自然的・人為的インパクトを推察できるよう工夫した。

4. 調査地の地形と堆積物

熊谷大橋付近の砂礫堆は左岸側に位置し、高位面と低位面に分かれ、低位面はさらにいくつかに分けられる。1964年に現在よりも大きな砂礫堆が存在していたが、その後一時消失し、2010年までに新たな砂礫堆が形成されたことが空中写真から判読される（図7）。その砂礫堆の横断方向の長さは約250m、縦断方向の長さは約1,200mで、高位面の比高は流路付近では河床から300～400cmである（図3）。一部に高木化している樹木があり、アシ（ヨシ）が砂礫堆表面を覆っている。

さらに左岸側の低位面は、裸地に低木や草本がまばらに生育した状態であることから、中規模洪水時に洪水流が覆うと判断できる。

調査地点（Loc.1, Loc.2）は、図3に示した砂礫堆の流路側に位置する高位面にあり、相互に約50m離れている。Loc.1の露頭は、高さ約200cm、幅約100cm、Loc.2の露頭は高さ約300cm、幅約400cmで、後者は露頭が大きいため、上流側と下流側の2か所（2a, 2b）で詳しい観察を行った。砂礫層はLoc.1およびLoc.2で、下位から砂礫層はGSⅠ層からGSⅦ層までの7層に区分される。これらの砂礫層は、いずれもほぼ水平に堆積しているので、両地点で相互に対比できる。それらの地層は、礫質層（GSⅠ-g i など）、砂質層（GSⅠ-s i など）に細分できる（図8）。以下に各層の特徴を記す。

GSⅠ層：Loc.2のみで確認できる最下位の層で、層厚40cm以上（下限未確認）である。淘汰の良い細粒砂から粗粒砂で構成される。

GSⅡ層：Loc.2aとLoc.2bで確認でき、Loc.2aでは層厚約20cm、Loc.2bで層厚40cm以上である。細礫を主として中礫が混在する。Loc.2bには厚さ5cmごとに細礫層と砂層の互層を成す。

GSⅢ層：Locs.2a, 2bで、対比できるものの細部の構成は異なる層厚が30～40cmである。Loc.2aのGSⅢ

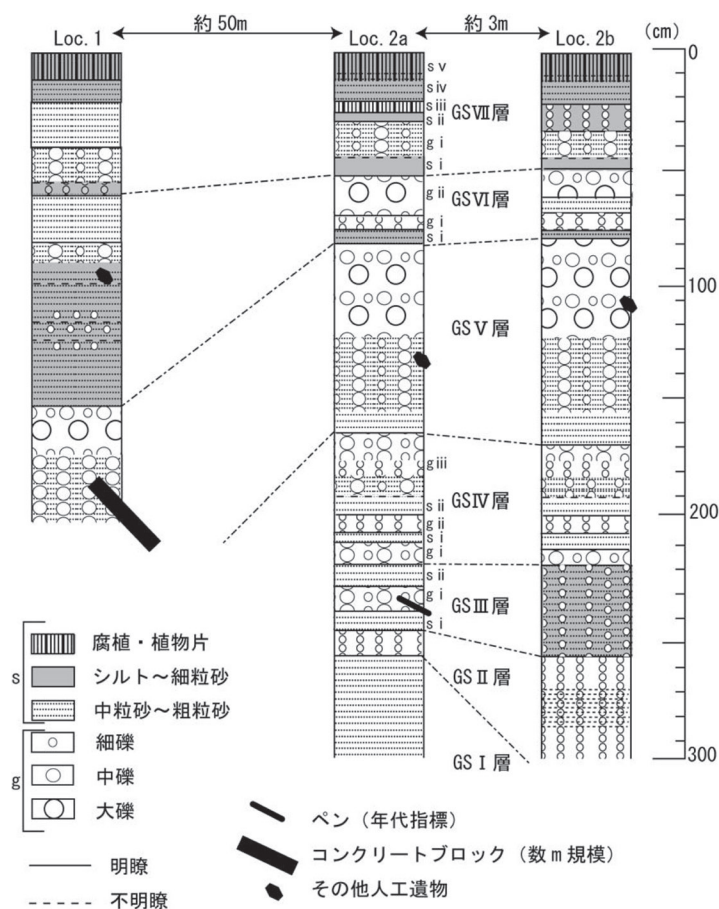


図8 調査地点の柱状図

層は、下部から GSIII-s i 層, GSIII-g i 層, GSIII-s ii 層に明瞭に細分できる。砂層 (GSIII-s i 層, GSIII-s ii 層) は中粒砂から粗粒砂で, GSIII-s i, GSIII-s ii 層の間に充填した細礫層 (GSIII-g i 層) が挟まれている。この礫層には、人工遺物 (株式会社サクラクレパス社製, ペンタッチサクラカラーインキ細字, 製造1970～1973年, 以降: ベン) が取り込まれている。

GSIV層: Locs.2a, 2bで確認でき, 層厚が50cm内外で一部に逆グレーディングを示す。この層は下位より上位へ3つの礫層 (GSIV-g i 層, GSIV-g ii 層, GSIV-g iii 層) と2つの砂層 (GSIV-s i 層, GSIV-s ii 層) か

らなる。GSIV-g i 層, g iii 層は細礫と中礫で構成される礫層で GSIV-g iii 層には砂の充填が確認できる。GSIV-g ii 層は細礫層, GSIV-s i 層は中粒砂から粗粒砂の砂層, GSIV-s ii 層は中粒砂から粗粒砂の砂層である。GSIV-s ii 層から上位の GSIV-g iii 層へは漸移することから, 小規模な逆グレーディング構造と判断され, これらの層は1回の洪水イベントで堆積したものと推察される。このGSIV層より上位の礫層には, 風化した褐色の礫が含まれている。

GSV層: Loc.1, Loc.2で確認でき, 層厚は約100cm, 下部は細粒の砂質となり, 上部に行くにつれ粗粒化し

て礫がちとなって、最上部では大礫が主になる。そして下部から上部に向かって漸移することから、GSV層全体が逆グレーディング構造を示している。そこには、いくつかの人工遺物を取り込まれている。

GSVI層：層厚が約50cmで下部からGSVI-s i層、GSVI-g i層、GSVI-g ii層に細分される。GSVI-s i層はシルトから粗粒砂からなる砂層である。GSVI-g i層は細礫層で明瞭な境界を持ちLoc.1、Loc.2で見られ、Loc.1では中粒砂から粗粒砂を充填物とする細礫から中礫である。その上位にGSVI-g ii層（大礫を含む礫層）がLoc.2のみで見られる。

GSVII層：層厚が約50cmで下部からGSVII-s i層、GSVII-g i層、GSVII-s ii層、GSVII-s iii層、GSVII-s iv層、GSVII-s v層に細分される。各砂層は、シルトから中粒砂に植物遺体が多く取り込まれ、現生植物の根などもみられる。GSVII-g iii層、GSVII-g v層は腐植層と植物遺体を主とした堆積物である。またGSVII層の砂層は上部になるほど淘汰の良い砂層で植物遺体が含まれている。それらの特徴を持ったGSVII-s i層とGSVII-s ii層との間に砂礫層（GSVII-g i層）が挟まれる。

これらのうち、下位からGSII層、GSIII-g i層、GSIV-g i層、GSIV-g ii層、GSIV-g iii層、GSV層、GSVI-g i層、GSVI-g ii層、GSVII-g i層の9層の礫質層は、その堆積構造から、一回の洪水イベントによる堆積と判断される。

5. 各礫層に対応する洪水イベント

露頭 Loc.1と Loc.2における観察結果の柱状図から模式柱状図を作成した。これに示された礫層はいずれも、中規模洪水以下では、砂礫堆を洪水流が覆うことができないため、第2章で述べたように流量1,000m³/s以上の中規模の洪水（13回：1970～2003年）よりも大きい洪水で堆積したと考えられる。

河床堆積物に含まれている人工遺物を用いた年代推定は、菊地ほか（2006）、木林ほか（2002）などを参考

にして、GSIII-g i層に含まれているペンの製造期間（1970～1973年）を明らかにした。一般的にその期間中に、遺物として堆積する可能性は低いと考えられることから、上記期間以降に堆積したと判断した。それに加えて、砂礫堆付近の植生の生育状況から推測される、この地点での洪水規模の推移も考え合わせると、この礫層を堆積させた洪水は、1974～1997年の間に発生した中規模洪水のいずれかになる。一方、露頭付近（Loc.1と Loc.2）の河床横断面（図6）は、1964年から1971年までの間で河床高に変化がみられないので、その期間には顕著な堆積がなかったと推察できる（図9）。これにより、GSIII-g i層よりも下の層と対応する洪水は、少なくとも1971年以降のものとなる。これらのことから、GSII層は1974年の洪水、GSIII-g i層は1981年の洪水によって堆積したと判断するのが妥当と考えられる。

以下順次、礫層と洪水とを対応させると、GSIV-g i層とGSIV-g ii層は1981年の洪水に続くもので、GSIII-g i層の上位にあるという層序と、層相と洪水規模から、前者は1982年の洪水、後者は1983年の洪水によると判断した。

さらにGSIV-g ii層の上位にあたるGSIV-g iii層は、逆グレーディング構造を示す薄い砂礫であることから、1985年の中規模洪水で堆積したと判断できる。これと同じ構造が、この層の上位にあたるGSV層にあり、この層はGSIV-g iiiとは堆積厚が大きく異なる。この違いは土砂量の影響で、明戸サイフォン下流側で断続的に発生した河床侵食が土砂供給量の増大に影響したと考えられる。

GSV層は、GSIV-g iii層とは異なり、層全体に風化した褐色の礫と一部にコンクリート片を含む厚い逆グレーディング構造で堆積している。層序から1986年の洪水によると考えられるが、その洪水の流量は、下位にあたるGSIV-g iii層を堆積させた洪水と同じ中規模洪水であり、両層の堆積厚の違いに比べて洪水の規模が大きく異なることから、GSV層の堆積物は、土砂供給が増大した結果による堆積と考えられる。GSV層を構

たと判断される。この時期は、草本や低木が定着し、離水が進む時期（1993年）である。1993年以降の植生は、河床変化の規模が小さくなり、それに合わせて植生が拡大し、木本は高木化する。

6. 河川地形システムの応答としてみたときの河川環境変化¹⁾

前章までで明らかとなった堆積物と洪水イベントとの対応関係から、河川を取りまく環境の変化に対する河川地形システムの応答について検討する。そこで、第3章の環境情報を適宜用いて解釈する。

砂利採取などに起因する河床低下は、まず明戸サイフォンの洗い出しをもたらし（石田ほか、2005）、1978年に採取が終了した後も、河床の低下が続いた。明戸サイフォンの露出後に上流側の流路では、その上面を局地的侵食基準面とする安定状態の地形が形成され、下流側は明戸サイフォンを造瀑層とする局所的洗掘が生じた。この結果、明戸サイフォンの直下とそのすぐ下流側の区間では、流路位置が固定化した。

この時、洪水の強度に合わせて明戸サイフォン上流の河床低下と明戸サイフォン直下の侵食によって土砂が生産されたことで、砂礫堆に影響を及ぼした可能性がある。さらに、1970年以降に発生した六堰頭首工の一部で堤体や護岸が破壊され、新たな土砂生産の場となったと考えられる。これらの影響が、今回対象とした砂礫堆のような堆積地形の形成を促した。一方、明戸サイフォンは河床低下によって落差工の役割と同じ効果を発揮したことで、滝と同様の作用を下流側に発生させた。層相や層厚から明らかなように、砂礫堆の各礫層を堆積させ、GSV層のような急激な堆積の結果熊谷大橋付近の流路が1986年頃に左岸から右岸へ移動する原因になった判断される。このような堆積は、熊谷大橋のさらに下流側に位置する荒川大橋付近にまで及んだ。そのため伏流がしやすい区間が長くなり、扇状部で1980年代後半に入り徐々に表流水が減少したと

考えられる。それによって滞筋が消滅（瀬切れ）するなど取水が困難となる状況となって、流域を通して渇水になった。1994年には熊谷付近で滞筋（瀬切れ）の消滅という事態に至った。

そのような顕著な堆積が続く中で、洪水規模と対応しない堆積は、砂礫堆より上流側での河川作用の変化（本研究では造瀑層）に伴って土砂生産量に変化生じ、供給土砂量にも変化が及んだ。この時、河川地形システム内部で河川作用に変化が生じて、土砂供給の場が形成されたと考えられる。これは、新たな安定した地形を形成するような働きであり、その働きのバランスをとるように下流側で堆積地形の形成を促したと判断される。これはLeopold et al. (1964)の河床縦断形におけるバランス議論を用いて説明することができる。この新たな安定状態へのプロセスは、流路の移動や河床変動をも発生させている。これは、河床縦断形の平衡を、その場に応じた特徴をもった勾配の維持しようとする地形の動きである。このようなバランスとしての応答は、似た働きが生じる構造物や地形があればどこでも発生するプロセスである。この河川作用の変化に伴ってバランスをとるように地形変化が促されたことは、河川地形システムを通して明らかにすることができた。

7. まとめ

荒川中流部の扇状地河道で1927年から続く、河床低下傾向は1978年に砂利採取が終了した後も続き、明戸サイフォンの露出・造瀑層化をもたらし、新たな地形変化の始まりとなった。

河床低下に伴って明戸サイフォンの上流側では、六堰頭首工の破壊が生じ、下流側では局所的洗掘と、その下流側に続く流路の下刻が起きた。これらは、常に洪水イベントと対応している。また規模の大きな洪水は明戸サイフォン直下の侵食をもたらし、小規模洪水では明戸サイフォン付近で土砂生産をもたらし、その時は土砂を供給せずに、中規模洪水時に生産土砂

をまとめて下流側へと供給した。その結果、熊谷大橋付近で砂礫堆を形成した。同時に進行した河道への厚い堆積は、伏流を促すことで渇水の原因となった。また堆積や侵食の作用の進行は、流路の移動を引き起こし、それによって護岸を破壊するなどした。さらに植生の立地や生育状況にも影響した。

これらのような砂礫堆の形成と河川地形を中心とした自然環境の変化は、明戸サイフォンや六堰頭首工の破壊などをインパクトとして河川地形システムが働き、明戸サイフォンの直下やその下流側などで土砂生産がもたらされた。その変化は、少なくとも明戸サイフォンなどの人為影響に河川地形システムが応答した結果である。これは、似た働きが生じる河川があれば、どこでも同様の応答がある。

これらの過程は、河川地形システムの作用が安定に向かうように作用した結果である。この作用は、システムに新たなインパクトが生じることで常に働き、動的平衡状態を保っているものと判断できるであろう。

謝辞

国土交通省荒川上流河川事務所には河川管理に利用する各種図面および災害記録の提供を頂きました。六堰頭首工管理事務所には、災害図面の提供を頂きました。また、編集委員会および査読者には、投稿にあたり、適切な指摘および助言を頂きました。ここに謝意を表します。

(受付2013年10月26日)

(受理2013年11月11日)

注

- 1) 河川環境変化は、人工構造物の破壊や植生の変化、砂礫堆の変化などで、本研究の対象地域にある河道とかわりのあるものを指す。

参考文献

- 荒川上流河川事務所 (2003) : 荒川の概要 荒川の災害の歴史、あらかわ 荒川上流河川事務所事業概要, 16, 16-17.
- Chorley,R.J. (1962) : GEOMORPHOLOGY AND GENERAL SYSTEMS THEORY, Geological Society of America Special Paper 500-B, [http://pubs.usgs.gov/pp/0500b/report.pdf (2013年8月)]
- Chorley,R.J. and Kennedy,B.A. (1971) : Physical geography : A systems approach, London, Prentice-Hall.
- Dang,M.H., Umed, S., Matsuda, R., Yui,M. (2012) : Influence of Anthropogenic Activities on the Lower Tadori River,Japan, Japan Sea Research,Kanazawa University, 43,19-34.
- 古田智弘・田村俊和・松岡達郎・早乙女尊宣 (2009) : 熊谷扇状地に認められる埋没谷の形成時期・形成過程の微動探査を用いた検討, 地球環境研究 (立正大学), 11, 89-94.
- 石田 武・長田真宏・吉崎秀隆・田村俊和・菊地隆男・門村 浩・

- 高村弘毅 (2005) : 荒川中流域の洪水と河床変動, 立正大学文部科学省学術研究高度化推進事業オープンリサーチセンター (ORC) 整備事業平成16年度事業報告書, 114-117.
- 木林 大, 池尻公祐, 倉茂好匡 (2002) : 埋没人工物を用いた低水路段丘化堆積物の堆積年代同定 - 滋賀県東部・犬上川の事例 -, 応用生態工学, 5, 115-123.
- 菊地隆男 (1991) : 相模川における砂利採取禁止後の河床の変化, Proceedings, 1st Symposium of Geo-Environments,311-316.
- 菊地隆男・吉崎秀隆 (2006) : 熊谷市, 荒川大橋付近の堤外地段丘地形とその堆積物, 地球環境研究 (立正大学), 8, 11-22.
- 公益社団法人日本河川協会 (2007) : 雨量・流量年表データベース.
- Leopold, L.B., Wolman,M.G., Miller,J.P. (1964) : Fluvial Processes in Geomorphology, Freeman, San Francisco, CP7, 199-332.
- 三井嘉都夫 (1956) : 多摩川の河床変化と水利問題, 多田文男・石田龍次郎 編, 海洋と陸水の地理, 現代地理講座2, 195-206.
- 松本繁樹 (1965) : 富士川下流部における最近の河床変動と砂利採取, 東北地理, 17 (4), 197-203.
- 町田尚久 (2013) : 荒川中流部河道への人為的インパクトに対する河川システムの応答, 地球環境研究 (立正大学), 15, 17-27.
- Schumm,S.A. (1977) : The Fluvial System, John Wiley & Sons., 43-48.

Zapletal, L. (1973) : Naprime antropogenni geomorfologicke
prcesy a jejicj vliv na zemsky povrch. Acta Universitatis

Palackianae Olomoucensis, Facultes Rerum Naturalium
42, Geographica-Geologica, 13, 239-261.

Recent development of a gravel bar in the alluvial-fan reach of the mid-Arakawa, Central Japan: Responses of fluvial geomorphic system to natural and man-induced environmental changes

Takahisa MACHIDA *

Gravel-bars were formed at a point in the alluvial fan of mid-Arakawa, where river-bed degradation continued in some reaches even after the formal finish of gravel mining in 1970. I intend to reconstruct the processes of gravel-bar development on the basis of detailed stratigraphic observation of gravelly deposits and the reference of official discharge records. I distinguished 9 gravel beds which seem to correspond to respective flood events while 13 large and small floods were recorded since 1970 at a river gauge about 15km upstream. Each gravel bed was correlated with single flood event based mainly on the magnitude and time sequence of floods. A pen included in one of the gravel beds provided a useful key of correlation because its date of manufacture was known.

The correlation enabled the interpretation of the effects of man-made structures on fluvial processes. For example, the exposure of the Aketo-siphon, which was buried in bedrock in 1939, exposed around 1970 as a consequence of retrogressive down cutting induced by gravel mining and affected the river bed in the following two ways. In the downstream reach, very localized incision at the foot of the siphon produced gravelly sediments from the bedrock exposed in the incised reach. In the upstream reach, the exposed siphon acted as a local base of erosion and induced about 2m lowering of riverbed which made the seawall near or part of the dam body of the Rokuseki-headworks unstable. The unstabilized structures were destroyed by the floods in 1981 and 1986 and the fragments were transported downstream. Both gravelly sediments produced in the incised reach lower than the Aketo-Siphon and the concrete fragments provided from the Rokuseki section were included in the gravel bed sediment at the observation point. Increase of depositional trend since around 1980 in the middle fan reaches lower than the observation point promoted the increase of underflow and resulted in the decrease of surface flow. The situation affected the growth of vegetation on the gravel bars.

The recent development of landforms in and around the river channel of the mid-Arakawa is thus interpreted as a response of fluvial system to natural and man-induced impacts.

[Keywords] 1 gravel-bar 2 alluvial-fan section 3 fluvial geomorphic system 4 man-induced landforms 5 mid-Arakawa

*Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University