

盛期ハラッパー文明期におけるガッガル川の河川環境 - 大河サラスワティーは存在したのか -

前空 英明

広島大学大学院教育学研究科

下岡 順直

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設

長友 恒人

奈良教育大学

八木 浩司

山形大学地域教育文化学部

1 はじめに

かつてインダス (Indus) 川周辺に展開した世界四大文明の一つであるインダス文明は、モヘンジョダロ (Mohenjo-daro) やハラッパー (Harappa) などの巨大都市が栄えたことで知られている (図 1)。しかし、文明の絶頂期である盛期ハラッパー文明期 (紀元前 2500-1900 年) に続くポスト都市ハラッパー文明期 (紀元前 1900-1000 年) には多くの主要な都市が放棄され、集落の数も西部を中心に急減したことが遺跡の調査などから指摘されている (Possehl 2002)。紀元前 1900 年頃を境に、文明の急激な衰退、もしくは文明拠点の大規模な移動が行われた原因として、アーリア人侵入・征服説 (Wheeler 1947)、自然環境原因説、過剰土地利用説などが挙げられている (Lahiri 2000)。

近年、アーリア人侵入・征服説については、文明衰退の主因として否定的見解が多い中 (Possehl 2002)、文明衰退の引き金になるような自然環境における「事件」が発生したとする研究が注目されるようになった。例えば、モヘンジョダロの近くにあるチャヌフダロ (Chanhu-daro) 遺跡における洪水痕跡の発見 (Mackay 1943) や、カーンバート (Khambhat) 湾に面したロータル (Lothal) 遺跡における同様な指摘 (Rao 1979) により、大雨による大洪水原因説が提示された。また、1819 年にカッチ (Kachhi) 湿原付近で発生したカッチ大地震時に現われたアッラー・バンド (Allah Bund) とよばれる地表地震断層により、下流側がせき止められ広範囲に冠水した事実から、ハラッパー文明期にも同様な地震が発生し、冠水域がインダス川下流域の広範囲に及んだとする地震起因洪水説もみられる (Sahni 1956)。

インド・ヒマーチャル・プラデーシュ (Himachal Pradesh) 州の低ヒマラーヤ (Himalaya) 山中に源流を持ち、ハリヤーナー (Haryana) 州からパンジャブ (Punjab) 平原を南西に流れ、ラージャスターン (Rajasthan) 州から西向きに流れを変えてパキスタン・チョーリスターン (Cholisthan) 砂漠に流入し末無川となるガッガル・ハークラー (Ghaggar-Hakra) という川がある。この川の流域には数多くのハラッパー文明期の遺跡が分布しており (図 1)、カーリーバ

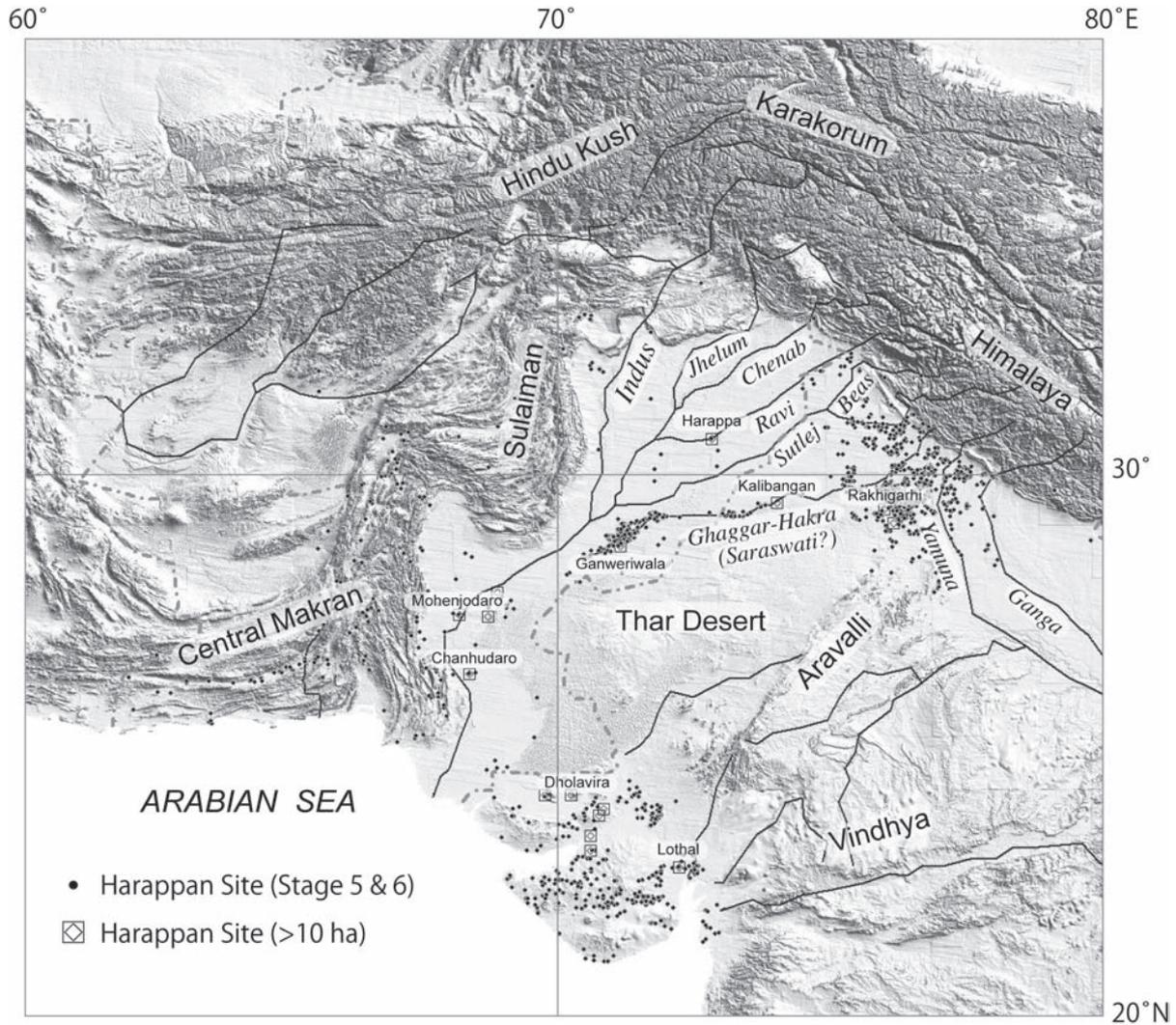


図1 ハラッパー文明期の主要遺跡とインダス・バレーおよびその周辺の地形
(遺跡分布は上杉 (2010) による)

ンガン (Kalibangan) やラーキーガリー (Rakhigarhi) などの大規模都市遺跡も含まれている。現在この川は、通常乾季には水流がほとんどなくなる間欠河川であるが、分布する遺跡数の多さから、かつては年中水量が豊富な恒常河川であったとする仮説が提示された (Oldham 1893; Marshall 1931; Stein 1942; Mughal 1990; Raikes 1968)。さらに、この川をインドの古代神話リグ・ヴェーダ (R̥gveda) に登場する大河サラスワティー (Saraswati) 川に比定する説が、歴史学や言語学の分野から提示されたことにより、「失われたサラスワティー (Lost Saraswati)」仮説を巡る議論が盛んに行われてきた (Sharma *et al.*, 2008)。すなわち、かつて豊かな大河だったこの川が、盛期ハラッパー文明を熟成させたが、それ以降の地殻変動や気候変動により水量が現在のようになくなったため、農業などに打撃を与え、文明衰退の引き金になったとする失われたサラスワティー仮説は、最近の衛星写真を利用した研究などからも追認されている (Yashpal *et al.* 1984)。しかし、水量変化があった証拠や原因、および時期について、地形・地質学的なデータから具体的な分析をした研究は少なく、いまだ推定の域を脱していない。

2 サラスワティー川の旧流路に関するこれまでの議論

1970年代以降、多くの研究者や機関によって、失われたサラスワティー川の旧流路を探る研究が行われてきた。その結果、サラスワティー川は少なくともラージャスターン州以東では現在のガッガル川の流路に沿って流れていたとする説が有力になっているが、インド・パキスタン国境付近からアラビア海に注ぐまでの流路については様々なルートが提唱されている (Roy and Jakhar 2001; Gupta *et al.*, 2004)。

Ghose *et al.* (1979) は空中写真とランドサット画像を利用して、サラスワティー川はアラヴァリー (Aravalli) 山地の隆起に伴って西側へシフトし、現在のガッガル川の位置に到達したと考えた。衛星写真解析を行った Bakliwal and Grover (1988) もアラヴァリー山地の隆起とともに東から西へ流路が移動していった説を支持した。

Naruse (1974) は、5万分の1地形図の読図から、高ヒマーラヤの氷河地域に水源を持つサトルージ川 (Satluj) が流向を90度西向きに変える山麓部のローパル (Ropar) と現在のガッガル川の間で旧河道地形と河畔砂丘の存在を指摘し、ガッガル川はかつてローパルより上流部のサトルージ川と接続していたと述べた (図2)。さらに接続が切れてサトルージ川が現在の流路に流れ始めた時期について、洪水堆積物と風成堆積物の¹⁴C年代値から4000 yrsBP頃としている (Naruse 1985)。Yashpal *et al.* (1980) は、ガッガル川がかつてサトルージ川と接続していた可能性をランドサット画像の分析から支持し、また支流のチョウタング (Chautang) 川を通じてヤムナー (Yamuna) 川とも接続していた可能性があることを指摘した。サトルージ川やヤムナー川との接続が途切れた原因として、1) 地殻変動によるローパル付近の隆起、2) ベアース (Beas) 川の谷頭侵食による河川争奪、3) 争奪部付近の断層運動などが挙げられている (Valdia 2002)。

一方、シワーリク (Siwalik) 山地南面でガッガル川支流の河成段丘を調査した Rajaguru and Badam (1999) は、段丘構成する堆積物の特徴から、ガッガル川がハラッパー文明期以降に現在の流量を大きく上回るような水文的变化はなかったとした Courty (1995) の主張を支持した。また、Tripathi *et al.* (2004) は、ガッガル川、ヤムナー川、サトルージ川など主要河川の流域から河成堆積物や砂丘堆積物を採取し、堆積物中のNdおよびSrの同位体比の特徴から、少なくとも最近2万年間はガッガル川に氷河起源の堆積物が運搬された形跡はないとし、ハラッパー文明期にガッガル川がヤムナー川やサトルージ川に接続していたとする説を否定した。

このように、少なくとも盛期ハラッパー文明期には高ヒマーラヤの氷河地域に源流をもつサトルージ川、もしくはヤムナー川と現在のガッガル川が接続していて、年中豊富な水量をたたえた大河サラスワティーがインダス川とガンジス川の間で存在し、その後の河川争奪などによって現在のような間欠河流になったため文明が衰退したとする仮説は、主に地形図や衛星画像から分析した研究に多いように見受けられる。これに対して、最近の地形・地質学的手法による研究では、ハラッパー文明期やそれ以降に、ガッガル川の水量にそれほど大きな変化はみられないとする研究も見られる。

本研究は、リグ・ヴェーダに登場する大河サラスワティーの名残とされるガッガル・ハークラ川において、盛期ハラッパー文明期以降に、水量豊富な大河 (恒常河川) から間欠河流に変化するような劇的な事件が発生したか否かに関して、氾濫原の規模や砂丘の形成年代に注目しながら、地形・地質学的手法を用いて明らかにすることを目的とする。

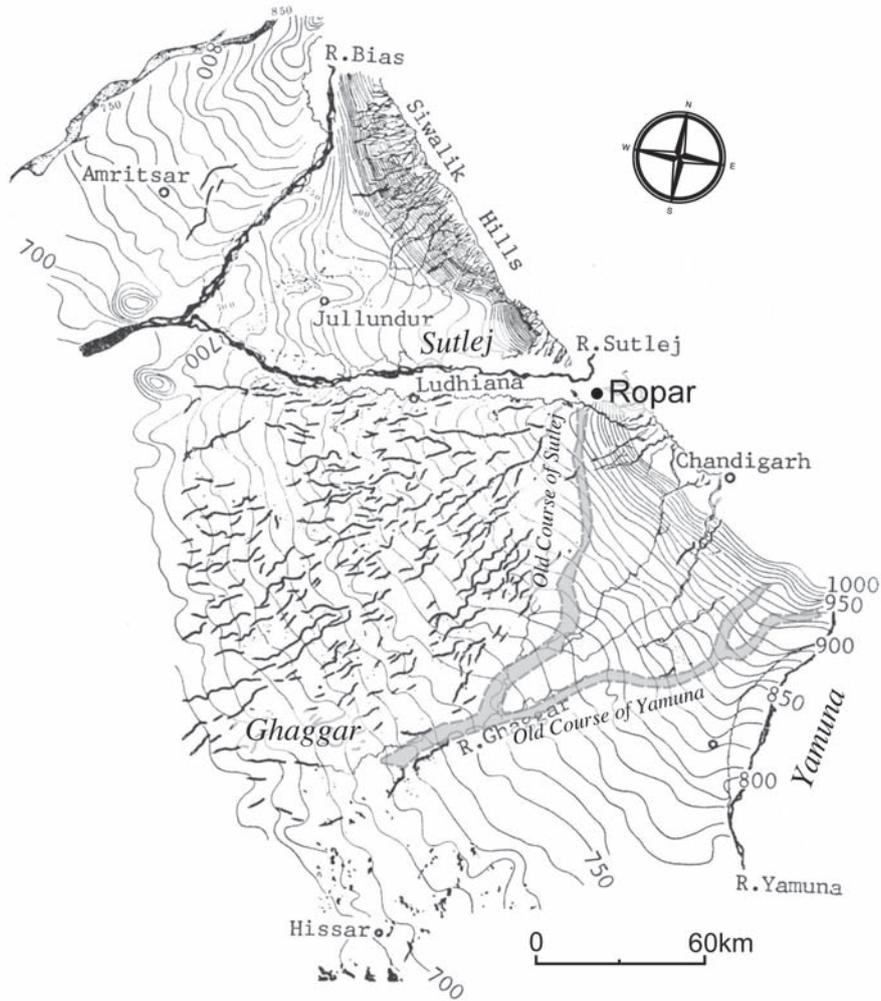


図2 パンジャーブ平原の流路跡地およびサトレジ川とヤムナ川の旧流路

(流路跡地および等高線図(単位 ft) は成瀬(1976)による。サトレジ川、ヤムナ川の推定旧流路は Yashpal et al.(1980)による)

3 パンジャーブ平原の地形地質概観

インダス川は、北緯33度、東経71度、標高200 m付近でヒマラーヤ山麓に流れ出し、北緯29度、東経71度、標高100 m付近で、ヒマラーヤの氷河地域に水源があるジェラム (Jhelum)、チェーナブ (Chenab)、ラーヴィー (Ravi)、ベアース、サトルージなどを東ねた大規模支流パンジナド (Panjnad) と合流し、カラチ (Karachi) 南方の北緯24度、東経68度付近でアラビア (Arabia) 海に注ぐアジア有数の大河川である。それぞれの大規模支流がインダス川に合流するまでの河間に発達する沖積平野がパンジャーブ平原である。ガッガル・ハークラー川は、ベンガル (Bengal) 湾に注ぐガンジス (Ganges) 川水系との分水界近くであり、低ヒマラーヤ前面や亜ヒマラーヤに源流を持つ間欠河流に流れを発生し、パンジャーブ平原南部でタール (Thar) 砂漠北縁部を西流し、チョーリストーン砂漠で末無川となっている。

平原の地形は、山麓に分布する開析扇状地、大河川の河間に発達する沖積台地、大河川に沿って発達する沖積低地(氾濫原)に大別される。中北部の沖積台地や一部の沖積低地上には比較的小規模な河畔砂丘が分布し、タール砂漠に近い平原南部には、比高数10 mの大規模な固定

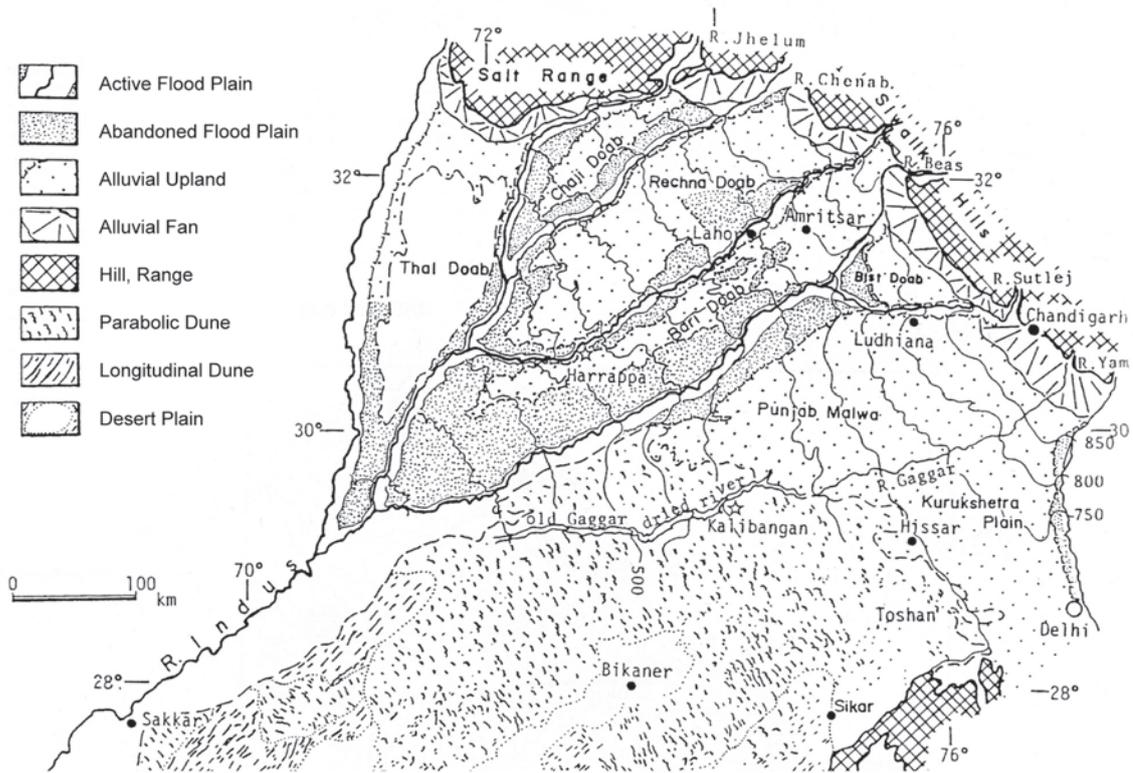


図3 パンジャーブ平原およびタール砂漠北部の地形分類
(Naruse (1985) により作成)

砂丘が発達している（図3）。

成瀬（1976）は、パンジャーブ平原を構成する沖積層は約 200 m の層厚で、ヒマラヤ前縁に堆積した沖積層の最大層厚 2,000 m に比べ非常に薄く、平均堆積速度は 0.3mm 程度であると述べている。沖積層の基底であるシワーリク層は約 40km の波長をもった北西-南東方向の褶曲構造を示しており、沖積層もこの褶曲構造に調和して変形を受けている。藤原（1975）はサトルージ川以西のビスト・ドーアープ（Bist Doab）では、沖積層の変形は地表にまで達し、河系異常が見られると指摘した。新旧氾濫原を構成する沖積低地堆積物、沖積台地最上部を構成する沖積台地堆積物、沖積台地の下部にある中部沖積層の 3 層に分類され、沖積低地堆積物は現成を含む上部完新統、沖積台地堆積層は下部～中部完新統、中部沖積層は上部～中部更新統に該当すると推定している（成瀬 1976）。

4 ガッガル川の氾濫原は大河の化石地形か？

ガッガル川の氾濫原の幅は衛星写真などから、ラージャスターン州付近で 5～8km とされており（Yashpal *et al.* 1984）、この幅が現在のガッガル川の平均的な流量に対して広過ぎると判断されるため、かつて大河であったと結論づける研究が数多くある（Yashpal *et al.* 1980）。一方、この幅を過大評価しすぎであり、季節河川は河床が浅いため氾濫しやすく、水量が少なくても氾濫原の幅が広くなりがちであるという指摘もある（Sridhar *et al.* 1999）。現在のガッガル川は、低ヒマラヤ南面に水源があること、また、近代以降の大規模灌漑による取水のため、通常乾



図4 パンジャーブ平原の主要河川と氾濫原

比高 5 mごとに段彩シグレーションで表現。河川の流路に直交する方向に、高さが 2 段階（比高 10 m）以上オフセットする箇所を氾濫原と河間台地の境界とした。実線(——)の長さがその地点の氾濫原の幅を示す。

季にはところどころ河道が干上がり途切れている間欠河流である。高ヒマラヤの水河分布地域に源を発するインダス川やサトルージ川のように、一年を通して河道に豊富な水流があるわけではない。しかし、現在でもインド洋ダイポールモード現象 (IOD) などにより、南西モンスーンが特に勢力が強い年には、数年～10 数年に一度の割合で大規模に氾濫することがあることは、住民の証言やシルサー (Sirsa) 付近のガッガル橋の橋脚に記された洪水マーク (1988 年、1993 年、1995 年) などから明らかである。

ガッガル川が過去に高ヒマラヤ水河地域に源を発する恒常河川と接続しており、その当時の氾濫原が化石地形として現在残されているのならば、氾濫原の幅は現在のサトルージ川やインダス川の幅と同等であると考えられる。このことを確認するため、インダス川と大規模な支流 (ジェーラム、チェーナブ、ラーヴィー、ベアース、サトルージ) について、平原部における氾濫原の幅と流量との関係を調べ、恒常河川とガッガル川の氾濫原の地形的特徴を明らかにした。地形を分析するためのデータとして、SRTM (3 arc seconds) および ASTER GDEM (1 arc second) を用い、コンピュータ上で氾濫原地形の分析を行った。氾濫原とは洪水時に流水が河道などから溢流して氾濫する範囲の平野のことであり、河川によって運搬されてきた未固結の物質に覆われている。水文学的には定期的に洪水の浸水を受ける範囲をいう。浸水は毎年氾濫原全体に及ぶわけではなく、通常は洪水が到達しうる最大範囲をもって氾濫原とする。毎年のように洪水で浸水する範囲は特に active flood plain とよばれ、区別されることがある。DEM により標高 5 m 間隔の段彩図を作成し、平野の微地形を表示した (図 4)。各河川を中心に、比

高 10 m 前後の急傾斜部で河間地 (interfluves) と区分された幅数キロ～数 10 キロの氾濫原が明瞭に浮かび上がる。この氾濫原の範囲は、Naruse (1985) による大縮尺地形図と現地調査により作成された地形分類図の active flood plain と abandoned flood plain を合わせた範囲にほぼ一致する (図 3)。

Naruse (1985) は、Abandoned flood plain は active flood plain より 3 m ほど高く、水位が高い洪水時に浸水する場所であり、また沖積台地 (=alluvial upland) とは 1.5 ～ 12 m の急崖により区分されると述べている。実際に 2010 年 8 月にパキスタンで発生した洪水時には、インダス川の中下流部で、Abandoned flood plain まで浸水している (NASA Photo Journal : PIA13337)。

ガッガル川の氾濫原幅とインダス川本流と氷河地域に水源がある 5 本の大規模支流の氾濫原幅を比較するため、山麓部から数 10 キロごとに氾濫原幅と標高を計測した。ガッガル川以外の氷河起源の河川の氾濫原幅は、標高 250 m 付近の山麓部では 10 ～ 20km くらいであるが、どの河川も標高が低下し、流量が増加するにつれて氾濫原幅が広がる傾向が認められる。サトルージ川と合流する以前のインダス川の氾濫原幅が流量に比べて狭いのは、西側のスライマン山脈に沿って流れているため、山麓からの扇状地がインダス川に向かって張り出し、氾濫原を狭めているためと考えられる。

一方、ガッガル川の氾濫原は、ラージャスターン州で 7km を越えるところがあるが、恒常河川のそれに比べ有意に狭く平均約 5km であることから、ガッガル川の現在の年間平均流量である 20 億 m^3 の状態で十分形成されうると考えられ、もしサトルージ川などと接続していた化石地形とするならば、流量も現在より 10 倍近く多かったことになり、氾濫原幅は少なくとも現在のサトルージ川と同程度であるはずである。

DEM による氾濫原の地形分析と現在の河川流量データから、現在のガッガル川の氾濫原は現在と同程度の河川流量によって形成されつつある現成の地形であり、決して過去の大水量時代に形成された化石地形ではないと判断できる。

5 ガッガル川の氾濫原の幅はいつ現在の状態になったのか？

幅が 9km にも満たないガッガル川の氾濫原は過去の大水量によって形成されたものではないことがわかった。それではガッガル川の氾濫原はいつ頃から現在の状態になっていたのか、その時期が次の問題となる。もし、氾濫原の幅が盛期ハラッパー文明期よりも後に現在の状態になったのならば、インダス文明衰退とガッガル川の流量変化との関係は、その時期のさらなる詳細な解明によって結論が導かれるであろう。しかし、盛期ハラッパー文明期以前から現在の状態であったならば、ガッガル川の劇的な流量変化説は、少なくともインダス文明衰退原因の選択肢から消えることになる。

ガッガル川は、チャンディーガル (Chandigarh) 付近で垂ヒマーラヤからパンジャブ平原に流れ出し、北緯 29.6 度付近まで南下した後、ラージャスターン州のタール砂漠北縁部で西向きに流れを変える。また、ガッガル川の支流の一つであり、過去にヤムナー川と接続していた時期の流路であった可能性があるチョウタング川は、ハリヤーナー州北東部のジャガドゥリ (Jagadhri) 付近の垂ヒマーラヤ山麓に源を発し、ジンド (Jind) 付近で河道が不明瞭になるが、洪水時には水流が生じる凹地として連続し、ヒサル (Hisar) から西向きに方向を変えて、ター

ル砂漠北縁部のノーハル (Nohar) を通り、スーラトガル (Suratgarh) 東方でガッガル川に合流する。流路と思われる凹地内には乾季にはほとんど水流はみられないが、ノーハル西方のラワトサル (Rawatsar) 以西では人工水路からの溢流などにより、流路が急に明瞭になる (図 5)。

ガッガル川やチョウタング川がタール砂漠北縁を流れるラージャスタン州では、それらの氾濫原の幅を規定しているのは、比高数~数 10 m、波長数 100 m~数 km の砂丘群である。これらの砂丘群はタール砂漠南部からアラヴァリー山地を取り囲むように分布する横列砂丘や放物線砂丘の一部であり、強い南西モンスーンによって形成されたものである (Kar,1993)。タール砂漠では、年降水量 200 ~ 250mm 未満の地域で砂丘の活動が活発であるとされているが (Goudie *et al.* 1973; Singhvi and Kar 2004)、ガッガル川やチョウタング川が流れるアラヴァリー山地北縁部は、年降水量が 250 ~ 500mm 程度であり (図 6)、ほとんどの砂丘は非活動的な固定砂丘である (Juyal *et al.* 2003)。

Chawla *et al.* (1992) は、ラージャスタン州西部のタール砂漠核心部において、砂丘砂の OSL 年代を計測した。その結果、少なくとも 40ka 頃から砂丘はすでに形成され始め、最終氷期最盛期以降次第に活動が盛んになり、14ka 頃に砂丘砂移動のピークを迎えた。続く 13-6ka の間は湿潤化により砂丘の活動は休止状態となり、3ka に再び活動が強まったとした。一方 Juyal *et al.* (2003) は、グジャラート (Gujarat) 州東部のタール砂漠南縁部においては、砂丘の形成は酸素同位体ステージ (MIS) 3 の終わりに対応して 26ka 頃始まり、その後 12ka 頃まで断続的に形成された。12-8ka の湿潤期には一旦固定化されるものの、8-5ka には再び砂丘砂の堆積が行われた。南縁部では 5ka 以降の砂丘の活動はほとんどないとした。

Singhvi and Kar (2007) はタール砂漠の砂丘形成史について以下のようにまとめた。1) タール砂漠の砂丘形成史は 150ka 以前に遡るが、最終氷期最盛期以前では、100 - 115ka, ~ 75ka, ~ 55ka, 30 - 25ka に砂丘砂の堆積が進行した、2) 最終氷期最盛期は南西モンスーンの強度が十分でなく砂丘の形成はきわめて弱かったが、乾燥期から湿潤期に移行する 16ka 以降に砂丘の移動や堆積がもっとも強くなった。ただし、一部の地域では 11-13ka のヤングドリラス (Younger Dryas) 期には冬雨の増加により風成作用は弱くなった。3) 完新世は 7-6ka の気候最温暖 (Climatic Optimum) 期には降水量の増加により砂丘の形成は弱まるが、続く 5-3.5ka には再び乾燥化が進み、風成作用が盛んになった。4.5-3.8ka に最盛期を迎えたハラッパー文明は、降水量や河川水の増加によるものではなく、減少する降水量の中で取水技術や冬作物へのシフトなど、人間の適応により栄えた。4) その後も 2ka, 0.8-0.6ka に風成作用が盛んにある時期がみられるが、0.6-0.3ka の小氷期 (Little Ice Age) には降水量が増えて砂丘形成は弱まった。0.3ka 以降は人類による過剰な土地利用により、砂漠化が進行している。

我々は、ガッガル川やチョウタング川の氾濫原の幅を規定している砂丘の形成年代を直接明らかにするため、CORONA 衛星写真や 25 万分の 1 地勢図、ASTER GDEM、およびグーグルアース (Google earth) の衛星画像を利用して、現河道および旧河道と推定されているコースを両側に分布する砂丘をマッピングした (図 5)。

砂丘の形成年代は OSL 年代測定によって行い、河道付近に分布する砂丘の露頭 6ヶ所から試料採取を行った (図 7)。本研究の目的の一つは、ガッガル川の氾濫原幅を規定している砂丘が、いつ頃から現位置で形成され始めていたのか、特にハラッパー文明期との前後関係を知ることであるため、砂丘砂はできる限り砂丘の基底部付近の砂丘の堆積構造が明瞭な露頭から採取した (前杵ほか 2009)。採取地が河道に近いと、河成のシルト~細砂からなる氾濫原堆

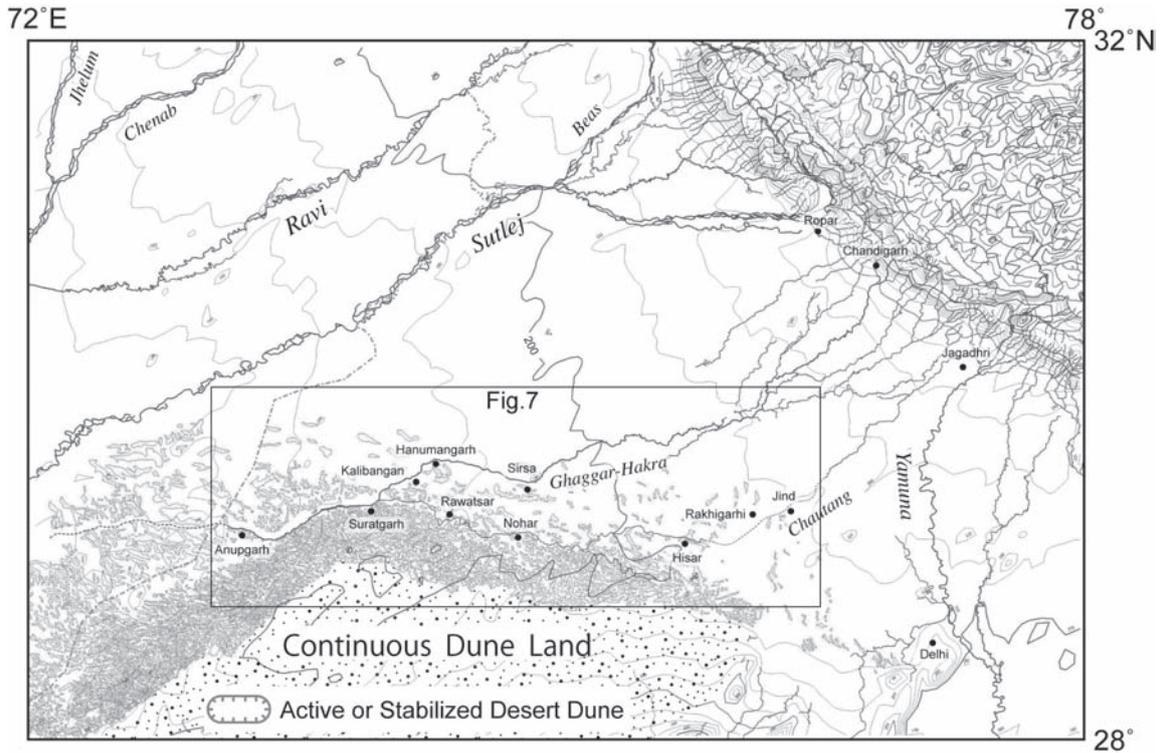


図5 ガッガル川およびチョウタング川の流路とタール砂漠北縁部の砂丘分布
 囲みは図7の範囲を示す。等高線間隔は平野部で20 m、山地部で100～500 m。

積物と砂丘砂を判別するため、堆積物の粒度分析を行った。粒度分析はレーザー回折・散乱式粒度分布測定装置 SALD-3100（島津製作所製）を使用し、受光センサーごとに光強度を128回検出し、それを2秒間隔あけて16回測定した光強度分布データの平均値から、粒子の屈折率を1.70-20.20iとして粒度分布が自動計算されるように測定条件を設定して行った。その結果、砂丘砂は粒度の頻度分布が単峰形（unimodal）で、100～150 μm の平均粒径を持つ細粒～極細粒砂からなる特徴を持っており、頻度分布が粘土およびシルト～極細粒砂の双峰形（bimodal）となる河川の氾濫堆積物とは明瞭に区別することができた（図8）。

OSL年代測定法は、光によって励起される鉱物の発光現象が、吸収した自然放射線の量に比例するという原理を応用して考案された年代測定法で、乾燥地域など有機物が少なく¹⁴C年代測定が使いにくい地域や堆積物をカバーする新しい年代測定法として注目されている。測定には、自然界にほぼ普遍的に存在する石英粒を使用するため、光に晒されてゼロイングされやすい風成砂などは、OSL年代測定には最も適した試料の一つとすることができる（Aitken 1998）。

OSL年代測定用の試料は、採取時に光に晒されると、鉱物内に蓄積した自然放射線の記録がゼロイングされてしまう可能性があるため、試料採取には細心の注意を払う必要がある。OSL年代測定の方法に関する詳細は下岡ほか（2010）に記述し、本稿では結果のみを記載する（図7）。

これらのOSL年代測定の結果から、ガッガル川、およびチョウタング川の氾濫原幅を規定するタール砂漠北縁部の砂丘は、少なくとも12-15kaには形成され始めているものが多く、採取地点の中でもっとも西に位置する43GB村の砂丘でも5kaには形成が始まっていたことが明らかになった。また、12ka～6kaを示す年代値は得られなかった。これらの年代値はタール砂漠の他地域で行われた先行研究とほぼ整合的である（Singhvi and Kar 2007）。

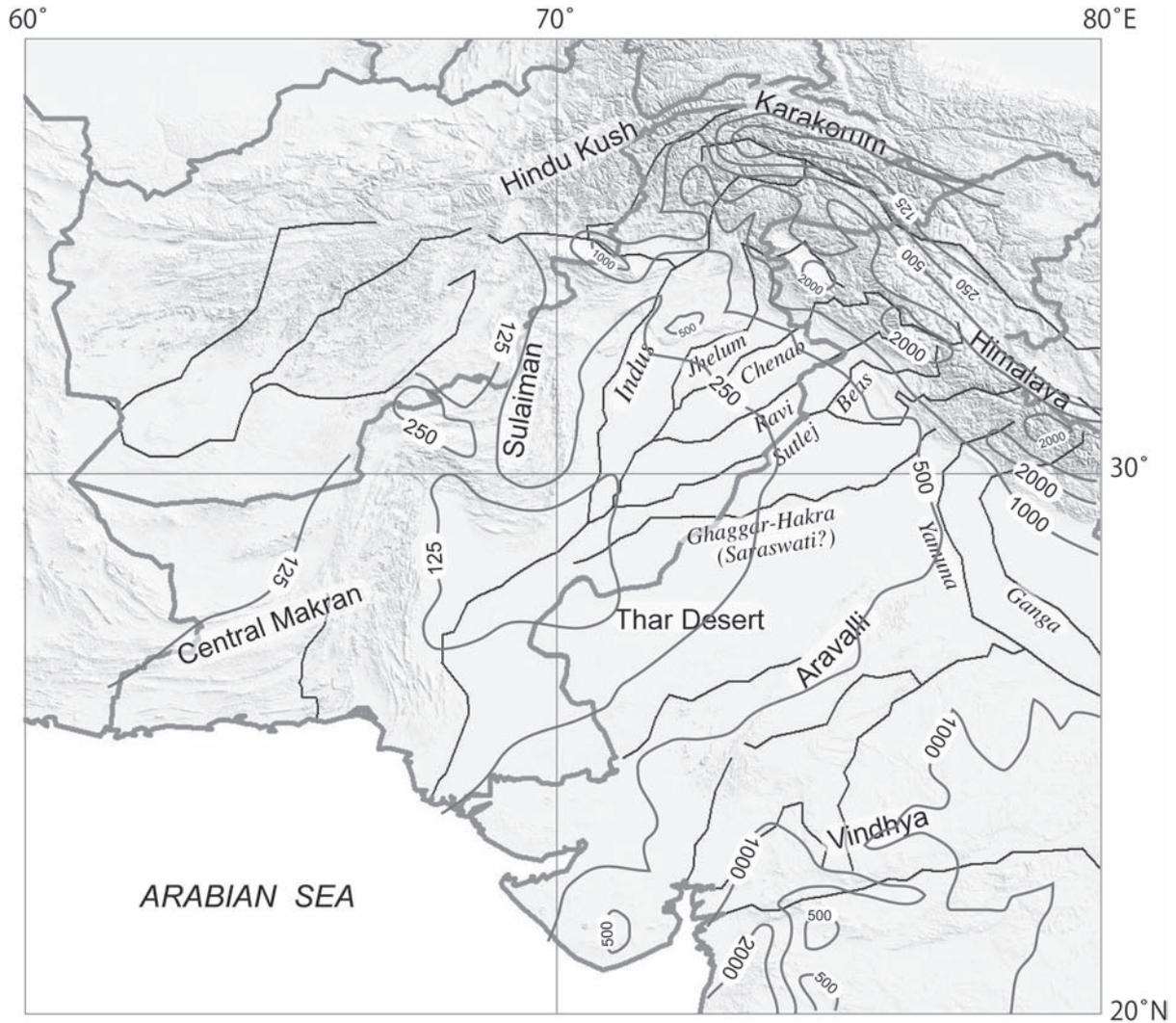


図6 インダス・バレーおよびその周辺部の年平均降水量

降水量データはインド側が Johnson (1979a)、パキスタン側が Johnson (1979b) による。
等値線の単位は mm。

ハラッパー文明が最盛期を迎えた 4.5 ~ 3.9ka (紀元前 2500 ~ 1900 年) には、ガッガル川やチョウタング川河道付近には、すでに現在の位置に見られる砂丘の形成が始まっており、それ以降大幅に氾濫原が広がり、砂丘が大規模に侵食されるような事件は発生していないことが明らかになった。すなわち、リグ・ヴェーダに登場するサラスワティー川は、少なくともハラッパー文明期に、現在のガッガル川流域において大河として存在していなかったということになる。さらに、シーサルカース (Sisarkhas) の砂丘尾根上において、砂丘の堆積構造が明瞭な地層の上位にハラッパー期後期の土器が多数産出することや、ガッガル川に面する 43GB 村背後の大規模な砂丘上に、盛期~後期ハラッパー文明期の土器片からなる厚さ数 10cm 以上の遺物包含層が存在することからも、ハラッパー文明期にガッガル川付近ではすでに砂丘の形成が始まっていたことは確実であろう。

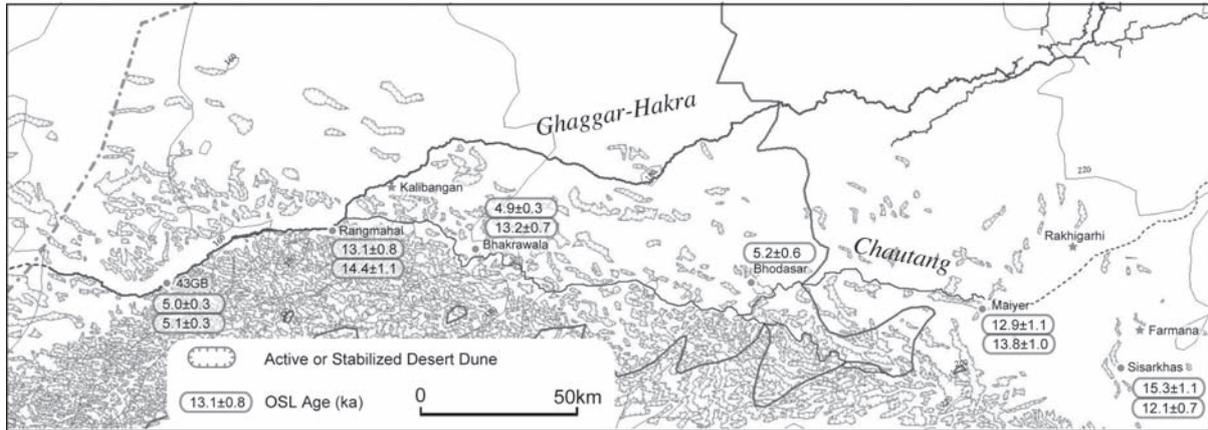


図7 ガッガル川流域における砂丘砂試料の採取地点と OSL 年代値

OSL 年代の測定条件などについては下岡ほか（2010）を参照。

6 結論

インダス文明の中心地域の一つであるパンジャブ平原において、ハラッパー文明期の諸都市を潤した、インダス川やサトルージ川に匹敵する大河サラスワティーが、現在のガッガル川の流域に存在していたのかについて、氾濫原の地形やそれを取り巻く砂丘の形成年代から明らかにする目的の研究を行った。

その結果は以下のようにまとめられる。

- 1) 現在のガッガル川の氾濫原の幅は、最大でも 10km を越えない。これは年間流量が 100 億 m³ を越える氷河起源の大河川の氾濫原に比べ数分の 1 程度であり、きわめて小規模である。このことから、現在のガッガル川の氾濫原は、過去に存在した大河によって形成された化石地形ではなく、現在のガッガル川の流量で十分形成しうると推定される。実際にガッガル川の氾濫原全体が冠水する規模の洪水は、現在も 10 数年に一度くらいの頻度で発生している。
- 2) ガッガル川、およびチョウタング川の氾濫原幅を規定するタール砂漠北縁部の砂丘は、OSL 年代測定によると、少なくとも 12-15ka には形成され始めているものが多く、もっとも新しいものでも 5ka には形成が始まっていることが明らかになった。この結果はタール砂漠の他地域で行われた先行研究とほぼ整合的である。
- 3) ハラッパー文明が最盛期を迎えた 4.5～3.9ka (紀元前 2500～1900 年) には、ガッガル川やチョウタング川河道付近には、すでに現在の位置に砂丘の形成が始まっていた。それ以降、水量の増加により大幅に氾濫原が広がり、砂丘が大規模に侵食されるような事件は発生していない。
- 4) さらに、一部の砂丘尾根上には、ハラッパー文明期の土器を多数産出する遺物包含層が存在することから、ハラッパー文明期にすでに砂丘が形成されていたことは確実である。
- 5) リグ・ヴェーダに登場するサラスワティー川は、少なくともハラッパー文明期に、現在のガッガル川流域に、インダス川やサトルージ川に匹敵する大河として存在していた可能性はきわめて低い。
- 6) もしサラスワティー川が大河であったとするならば、ハラッパー文明期より前の出来事だったのか、もしくはガッガル川とは別の川に比定される可能性は残されている。

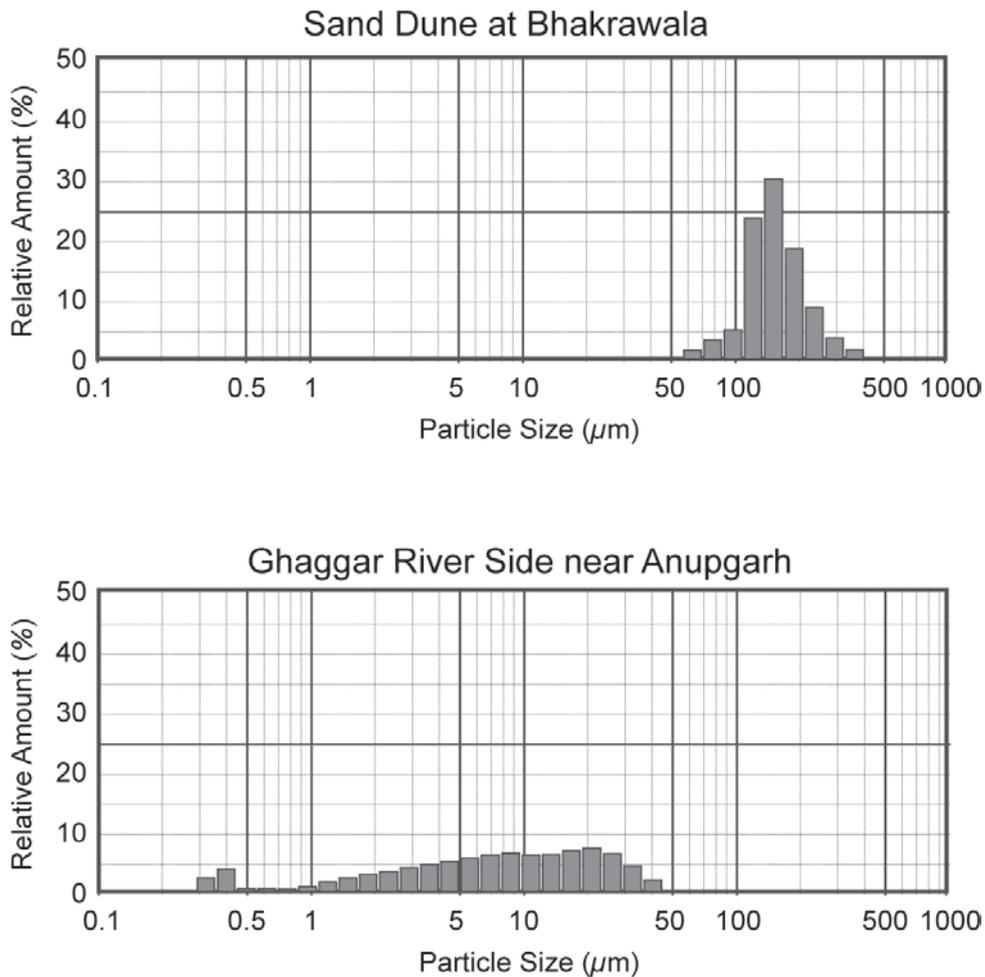


図8 砂丘砂と氾濫原堆積物の典型的粒度分布

測定はSALD-3100（島津製作所）を使用して行った。

縦軸は粒子全体の体積相対値（%）、横軸は対数軸で粒度（単位μm）を示す。

本研究により、ガッガル川はハラッパー文明期に恒常河川から季節河川に移行するほどの劇的な水文的变化はないことがわかった。しかし、気候変化やマイナーな河川争奪などによる小規模な河川流量の変化が起こった可能性を否定するものではない。むしろ今後は、小規模な河川水量の変化でも、文明衰退に影響を及ぼしうるのであることが重要なテーマとなり、そのメカニズムについて考古学、人類学、植物学、農学、地理学などの学際的研究が推進されることが期待される。

謝辞

本研究を進めるにあたり、プロジェクトリーダーの長田俊樹教授（総合地球環境学研究所）には、物心ともに多大なご支援をいただいた。現地調査にあたっては、V. Shinde 教授（デカン大学）、Manmohan Kumar 教授（マハリシ・ダヤーナンド大学）に有用な情報提供とご協力をいただいた。また、デカン大学大学院生の P. Shirvalkar 氏、およびマハリシ・ダヤーナンド大学大学院生 V. Dangi 氏には現地調査において案内と補助をしていただいた。以上の方々に、厚く御礼を申し上げます。

【引用・参考文献】

- Aitken, M.J. (1998) *An Introduction to Optical Dating*. Oxford University Press, Oxford, p.267.
- Bakliwal, P.C. and A.K. Grover (1988) On the migration of Saraswati river in Thar Desert, western India. *Record of Geological Survey of India*, vol.116: 77-86.
- Chawla, S., R.P. Dhir and A.K. Singhvi (1992) Thermoluminescence chronology of sand profiles in the Thar desert and their implications. *Quaternary Science Reviews*, vol.11: 25-32.
- Courty, M.A. (1995) Late Quaternary environmental changes and natural constraints to land use (NW India). *Ancient Peoples and Landscapes*. Lubbock, Texas, pp.105-126.
- Ghose, B., A. Kar and Z. Husain (1979) The lost Saraswati river in the great Indian desert: New evidence from Landsat imagery. *The Geographical Journal*, vol.145: 446-451.
- Goudie, A., B. Allchin and K.T.M. Hegde (1973) The former extensions of the great Indian sand desert. *Geographical Journal*, vol.139: 243-257.
- Gupta, A.K., J.R. Sharma, G. Sreenivasan and K.S. Srivastava (2004) New Findings on the course of river Saraswati. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, vol.32: 1-24.
- Johanson, B.L.C.(1979a) *India - Resources and Development*. Heinemann Educational Books, London, p.211.
- Johanson, B.L.C. (1979b) Pakistan. Heinemann Educational Books, London, p.214.
- Juyal, N., A. Kar, S.N. Rajaguru and A.K. Singhvi (2003) Luminescence chronology of Aeolian deposition during the late Quaternary on the southern margin of Thar desert. India. *Quaternary International*, vol.104: 87-98.
- Kar, A.(1993) Aeolian processes and bedforms in the Thar desert. *Journal of Arid Environments*, vol.25: 83-96.
- Lahiri, N. (ed.) (2000) *The decline and fall of the Indus Civilization*. Permanent Black, Delhi, p.410.
- Mackay, E.J.H. (1943) *Chanhu-daro Excavations 1935-36*. American Oriental Series vol.20, American Oriental Society, New Haven.
- Marshall, J. (1931) *Mohenjo-daro and the Indus Civilization*. Arthur Probsthain, London.
- Mughal, M.R. (1990) The decline of the Indus Civilization and the Late Harappan period in the Indus Valley. *Lahore Museum Journal*, vol.3: 1-22.
- Naruse, T. (1974) "Sand dunes in the Punjab Plains", in H. Ishida (ed.) *Geographical Field Research in Northwestern India: A Progress Monograph*. Special Publication no.5. Department of Geography, Hiroshima University, pp.122-128.
- Naruse, T. (1985) Aeolian geomorphology of the Punjab plains and the north Indian desert. *Annals of Arid Zone*, vol.24: 267-280.
- Oldham, C.F. (1893) The Saraswati and the lost river of the Indian desert. *Journal of the Royal Asiatic Society*, vol.34: 49-76.
- Possehl, G.L. (2002) *The Indus Civilization*. AltaMira Press, Lanham. p.276.
- Raikes, R.L. (1968) Kalibangan: Death from natural causes. *Antiquity*, vol.42: 286-281.
- Rajaguru, S.N. and G.L. Badam (1999) Evolutionary story of a lost river of northwestern India. *Memoirs of Geological Society of India*, vol.42: 143-151.
- Rao, S.R. (1979) *Lothal : A Harappan port town 1955-62*, vol.I. Memoirs of the Archaeological Society of India, no.78, p.77.
- Roy, A.B. and S.R. Jakhar (2001) Late Quaternary drainage disorganization, and migration and extinction of the Vedic Saraswati. *Current Science*, vol.81: 1188-1195.
- Sahni, M.R. (1956) Bio-geological evidence bearing on the decline of the Indus Valley Civilization. *Journal of the Paleontological Society of India*, vol.1: 101-107.
- Sharma, D.P., M. Sharma and K. Pandey (2008) *The Lost Saraswati Civilization*. Bharatiya Kala Prakashan, Delhi, p.360.
- Singhvi, A.K. and A. Kar (2004) The Aeolian sedimentation record of the Thar desert. *Proceedings of Indian Academy of Science*

- (*Erath & planetary Science*), vo.113: 371-401.
- Singhvi, A.K. and A. Kar (2007) The history of sand dunes in the Thar desert. *ISG Newsletter*, vol.13: 4-15.
- Sridhar, V., S.S. Merth and J.N. Malik (1999) Late Quaternary drainage disruption in northwestern India: A geoarchaeological enigma. *Memoirs of Geological Society of India*, vol.42: 187-204.
- Stein, A. (1942) A survey of ancient sites along the "lost" Saraswati River. *Geographical Journal*, vol.99: 173-182.
- Subba, B. (2001) *Himalayan Waters - Promise and Potential, Problems and Politics*. Panos South Asia, Kathmandu, p.286.
- Tripathi, J.K., B. Bock, V. Rajamani and A. Eisenhauer (2004) Is river Ghaggar, Saraswati? Geochemical constraints. *Current Science*, vol.87: 1141-1145.
- Valdia, K.S. (2002) *Saraswati: the River that Disappeared*, Universities Press, Hyderabad, p.116.
- Wheeler, M. (1947) Harappa 1946: The defences and cemetery R-37. *Ancient India*, vol.3: 58-130.
- Yashpal, B. Sahai, R.K. Sood and D.P. Agrawal (1980) Remote sensing of the lost Saraswati river. *Proceedings and Indian Academy of Science (Earth & Planetary Science)*, vol.89: 317-337.
- Yashpal, B. Sahai, R.K. Sood and D.P. Agrawal (1984) "Remote sensing of the lost Saraswati river", in B.B. Lal and S.P. Gupta (eds.) *Frontiers of the Indus Civilization*. Books & Books, Dehli, pp.491-497.
- 上杉彰紀 (2010) 『中洋言語・考古・人類・民俗叢書 2 インダス考古学の展望』。総合地球環境学研究所・インダスプロジェクト, p.138.
- 下岡順直・長友恒人・前杵英明 (2010)「インダス文明に関連したガッガル川河畔砂丘の光ルミネッセンス (OSL) 年代測定」『環境変化とインダス文明 2009 年度成果報告書』総合地球環境学研究所インダス・プロジェクト, 印刷中。
- 成瀬敏郎 (1976) 「インド・パンジャーブ平原と北部タール砂漠の地形学的研究」『地学雑誌』 vol.85: 1-18.
- 藤原健蔵 (1975) 「インド・パンジャーブ地方における水問題の新展開」、石田 寛編『インド・パンジャーブの動態地誌的研究』広島大学総合地誌研究資料室, 220-250.
- 前杵英明・長友恒人・下岡順直 (2009) 「インダス文明の盛衰と自然環境の変化に関する研究—ガッガル川の河川環境変化に関する調査—」『環境変化とインダス文明 2008 年度成果報告書』総合地球環境学研究所インダス・プロジェクト, pp.37-43.