

# 弓矢の実験考古学的研究の歩み

佐々木 憲一

## はじめに

本稿の目的は二つある。まず第1に、古代に使用されていた弓の復元の意義と弓矢の実験考古学的研究の重要性を説明することである。次に、この種の実験考古学的研究の学史を概観し、今回の日文研共同研究の位置付けを行いたい。学史については、欧米の研究も含めた若干の紹介が御堂島（1991）により既になされている。ただ、御堂島論文の力点は矢におかれており、本稿では特に弓の実験考古学的研究史を探りたい。

## 1 実験考古学の目的

考古学は物的証拠に基づき、過去の人間の生活様式や社会構造理解に資するような仮説を提示する学問である。ただその物的証拠は、石器、土器、金属器など土中に残存するものに限られている。むしろ土中に残存しない物質文化の方が圧倒的に多いという現実がある。今回のテーマの弓矢にしても、考古学的に発見されるのは石や金属でできた矢尻、鏃の部分だけという場合が一般的である。基本的に木製の弓や矢の軸などが考古学的に検出できる例は極めて稀である。

例えば、イギリスは百年戦争以来、強力な弓兵隊で有名であったが、その木製の弓そのものは考古学的に殆ど検出されていない。250本というまとまった資料は、1545年に沈没した軍艦マリーローズ号の引き揚げ（日本語での紹介は鳥居鶴城 [1983] に拠る）によって得ることができた。長く海底の土中に埋もれ、木製品が腐らずに残っていたからである。それでも、弓自体は劣化が進んでおり、マリーローズ号から引き揚げられた弓は当時の能力を有しておらず、したがって同一の素材を用いた弓を復元して、初めて当時の弓の力を知る手掛かりを得られることになる（Hardy 1992）。

また、矢の部分のなかで、考古学的に一般的に検出されるのは矢尻の部分（鏃）だけであるため、考古学者は、発見例の極めて稀な矢の軸や矢柄より鏃の研究に時間を費やすが、民族学的研究によれば、矢の製作者は、石鏃より矢柄、矢の軸の製作に労力を費やすという（Keeley, 1982, 御堂島1991, p. 92）。この観察も矢の製作実験により、追認できるであろう。

歴史学の中で考古学が強みを一番発揮できるのは技術史の分野であると一般的に評価されているが、出土した遺物だけではなかなか判断できないことを、この矢柄、矢の軸の製作にかかる手間の事例は我々に教えてくれる。

そのように残存した考古資料が当時の物質文化の中でどのような位置を占めていたのか、残存しなかった部分を民族誌（史）料などを参考にしながら、仮説的に補ってみる必要がある。たとえば、鏃がどのように矢に装着されていたのか、その手掛かりが鏃表面に残されていた場合を除いて、鏃の形態だけを観察していても限界がある。色々な装着方法を現代の研究者が実験的に試みて、当時適切であったろう方法を推測するのが効果的である。

さらに、その物質文化が当時どのように使用され、その社会でどのような役割を果たしていたのかまで解釈を深める場合にも、実験的研究は極めて有効である。勿論、鏃等の遺物が遺跡でどのように出土したかを知ることにより、鏃の使われ方が推測可能な場合は少なくない。例えば鏃が人骨に突き刺さったまま発見されると、その矢は戦いで、人相手に使われたと簡単に解釈できる。しかし、そういう考古学的事例は多くない。

かつて、佐原眞（小林・佐原1964）は弥生時代の石鏃に縄文時代の石鏃より格段に重いものが多く見出せることに気付き、そういう重い弥生時代の石鏃は、それまでの狩猟ではなく、人を的にした戦に使われたと解釈した。この仮説は日本考古学界で広く受け入れられていた。しかし近年、縄文時代と変わらない、極めて小型の石鏃が弥生時代の人骨に刺さっている発掘例が報告されるようになった。したがって、重い石鏃は対人用、軽い石鏃は狩猟用、と佐原が考えていた程単純な作り分けを想定しにくくなっている。

換言すれば、考古学が得意とする形態に基づく分類が、対象とする当時の機能の差違をそのまま反映するわけではないのである。考古学におけるこういう学問的特性（弱点）を踏まえた時、実験考古学は極めて有効な研究方法なのである。この重要性は早くから認識されており、以下に概観するように、弓矢の実験的研究に限っても20世紀初頭以来の長い研究史がある。

## 2 ポープ（Pope 1923）の実験的研究

ポープの研究は、その成果が既に約80年前に発表されたものであるが、「最も野心的な試み（Coles 1973, p. 123）」と近年でも評価は高い。ポープは民族資料としてカリフォルニア大学バークレー校や個人コレクションに所蔵されていた単弓、強化弓、複合弓、それらを参考にして自身で作成した復元弓、さらに矢、鏃も多くの種類を用いて、矢の発射実験を行った。実験では、弓の長さ、どれだけ弓を引けるか、そしてその弓を引くに必要な強さ（重さで表される）、矢の飛ぶ距離などを計測した。実験に供された弓の種類と結果は別表の通りである。ポープのデータについては、インチ、フィート、ヤードであった長さの表記をすべてメ

弓の使用者	弓の素材	弓の長さ	弓の引き	引く力	飛距離
フィリピンのイゴロト族	竹	187cm	71cm	11.8kg	91.4m
北米先住民のモハヴィ族	柳	170cm	71cm	18.1kg	100.5m
パラグアイ	硬質の木	180cm	71cm	27.2kg	155.4m
イギリス	イチイ	173cm	71cm	34.0kg	228.5m
カナダ先住民アタバスカン族	カンバ	173cm	64cm	27.2kg	114.3m
南カリフォルニアのルイヤーニョ族	柳	141cm	66cm	21.7kg	109.7m
北米先住民ナヴァホ族	マメ科*	112cm	66cm	20.4kg	137.1m
北西カリフォルニアのユーロック族	イチイ*	137cm	71cm	13.6kg	128.0m
アラスカのイヌイト人	モミ、骨※	142cm	66cm	36.2kg	164.5m
メキシコのヤキ族	オレンジ	151cm	71cm	31.7kg	191.9m
カリフォルニアのヤナ族	イチイ*	140cm	66cm	19.0kg	187.3m
北米のブラックフット族	トネリコ	121cm	63.5cm	19.0kg	132.5m
北米南西部アパッチ族	ヒッコリー	104cm	55.9cm	12.7kg	110.0m
ワイオミングのシャイアン族	トネリコ*	114cm	50.8cm	29.4kg	150.8m
カリフォルニアのフパ族	イチイ*	119cm	55.9cm	18.1kg	135.3m
北米先住民オーセージ族	オレンジ	121cm	50.8cm	18.1kg	84.1m
北米先住民クリー族	トネリコ	112cm	50.8cm	17.2kg	破損
ブラックフット族 (一部破損)	ヒッコリー*	102cm	50.8cm	18.1kg	140.0m
アフリカ	硬質の木	150cm	45.7cm	24.5kg	97.8m
インドのアンダマン島	カンバの1種	157cm	50.8cm	20.5kg	130m
南アメリカ	ヤシ科	188cm	71cm	22.7kg	90m
ソロモン諸島	〃	188cm	66cm	25.4kg	135m
中国のタタール族	カンバ、牛角※	188cm	71cm	13.6kg	82.3m
同上			91.4cm		102.4m
中国清時代	角、木、腱※	188cm	71cm	44.4kg	91.4m
日本	竹、桑※	223.5cm	71cm	21.7kg	142.6m
フィリピンのネグリティ族	ヤシ科	193cm	71cm	25.4kg	113.3m
ポリネシア	硬質の木	200cm	71cm	21.7kg	149m
同上			86cm		171m
トルコの弓のレプリカ	ヒッコリー、牛角※	122cm	73.7cm	38.5kg	257m
同上					250m
マリーローズ号の弓のレプリカ	イチイ	195cm	71cm	23.6kg	169m
同上			91.4cm	32.6kg	194m
ニューイングランド先住民 (レプリカ)	ヒッコリー	不詳	71cm	20.8kg	158m

ートル法に、ポンド表記であった強さをキログラムにそれぞれ置き換えた。またこの表で、\*は動物の腱などで補強した強化弓、※は複合弓を示す。この発射実験に主として使用された矢は、矢柄にカンバ材、矢羽根に七面鳥の羽を使ったもので、長さは63~74 cmであった。発射された矢の初速は秒速36m (時速130km) に達したこともわかった。

この一連の実験の結果、弓の素材についてはイチイ材が最適とポーブは結論づけた。最も弾力性があり、伸縮性に富むからである。その他、弓に適した素材としてヒッコリー、竹、ヤシ科のpalma bravaがあり、曲げるのは十分可能なものの、矢を発射した後に弓が復元するのに若干弱い面がある。また、イギリスの長弓はすべてイチイ材の単弓である事実に関して、うまく辺材と心材の両方を採ることにより、単弓ながら強化弓のように仕上がっていることもわかった。即ち、弾力性があり圧縮に耐える心材を弓の、矢が飛んでゆく側(表面)に、そして強く、破損に耐える辺材を弓の後側(裏面)に使いわけているのである。ただ、弓の補強は発射力を高めるものではなく、むしろ弓の破損を防ぐ役割が主であるという。

### 3 ハーディー (Hardy *et al.* 1976 [1992]) らの研究

ハーディーらの研究は、軍艦マリーローズ号から引き揚げられた大量の弓が実用の弓であることを立証し、そしてその強さを知るために実施された。弓はすべて、年輪のめが細かい良質のイチイ材で作られており、ポーブ (1923) がイギリスの弓の構造について指摘した通り、辺材と心材の境界部分の材を採り、弓の表面に心材を、弓の裏面に辺材を用いていた。弓の両端約5センチは、既に失われた弓筈(ノック)が装着されていたため、他の部分と表面の色が変わっていた。また、握部(グリップ)は特に設けられていなかった。

彼等の研究の特色は、まずマリーローズ号の弓のできる限り正確なレプリカを作り、共同研究者B. W. Kooi (グリュニンゲン大学) の方法により、コンピューターで当時の弓の強さを理論的に推測する点にある。理論値を得るために必要なデータは弓の重さと材の密度、その木の「伸縮度」、弓の長さ、弓の形態、弦を張ったときの弓の高さ、矢の長さや形態である。木の伸縮度は現存のイチイ材からの数値を採用した。計算の結果、弓を30インチ(76.2cm) 引くに必要な力は次の通りであった。

ロンドン塔保管の弓 : 44.4kg, 19世紀にマリーローズ号から引き揚げられロンドン塔に保管されていた弓(ちなみにポーブが実験に使用したのは、この弓のレプリカ) : 45.8kg, マリーローズ号から今回引き揚げられた弓A812 : 49.9kg, 同A3952 : 52.1kg, 同A1654 : 56.2kg, 同A1648 : 61.7kg, 同A3975 : 62.1kg, 同A1607 : 83.9kg。

さらに実際の弓を引いて、上記の理論値を検証する必要がある。マリーローズ号から引き揚げられた弓は、400年もの間海底に埋もれていたため、やはり材が劣化しており、伸縮度は現在のイチイ材の半分しかなく、18~20cm引くだけで折れてしまった。従って、復元弓

を新たに用いて実験する必要に迫られた。その復元弓を30インチ引くに必要な力は102.4ポンド (46.5kg) であった。この値は、19世紀に同艦より引き揚げられロンドン塔に保管されていた弓を引く力の理論値に極めて近い。ということは、現在のイチイ材の伸縮度が中世のイチイ材の場合も同じであるという前提で、上記の理論値が、同艦搭載の他の弓を引く力として正しい可能性が高いということである。引く力が60kgや、特に80kg以上という値が正しいとすると、中世イギリスの弓兵の力の強さが思い知らされる。

#### 4 バーグマン (Bergman 1987, Bergman *et al.* 1988) らの実験的研究

バーグマン (1987) は、ボストンカレッジが1937-8年に発掘したレバノンのKsal Akil上部旧石器時代遺跡で大量に (79点, 中近東の単一旧石器遺跡としては最大の数) 出土した骨角製尖頭器がどういったものであったのか、解釈するために復元製作, 使用実験を実施した。それら骨角製尖頭器と同じ材料で同じ形態の「矢尻」を製作, 考古学的にわからなかった矢の軸 (シャフト) を製作, 矢尻に取り付け, 矢を放って, その威力や矢尻の嵌め込みの効果をみたのである。

まず矢尻の材料として, アカジカ, ダマジカの角, ダマジカ, ノロジカの四肢骨を用いた。おおよその原形を鋸で切り取り, 鬼目やすりで成形, 様々な石器で整形した。鹿角は水に浸してから成形, 整形を行った。また, 古く, 乾燥した材料については, 鹿の脂肪をぬり, 乾燥を防いだ。それら矢尻を矢に取り付けるには, 松やにと蜜蝋を使う場合と, 糸か腱で矢尻を矢の軸に巻き付ける場合 (Bergman *et al.* 1988, p. 662) の, 両方を想定した。矢尻の基部を小さくするのは, 獲物の体内に貫通しやすくするためと考えられる。

次に, アメリカ合衆国南西部 (現在のアリゾナ州など) の先住民族マギヨン (Magollon), ホホカム (Hohokam) 族の矢を参考にして, 矢の軸を製作した。材には, 切り出してから数カ月おいておいたハシバミ, ハンノキ, アシを用いたが, 特にアシは使いやすかった。材の選択は, 矢が作られるところの自然環境にやはり左右される (Bergman *et al.* 1988, p. 661)。材料の木は樹皮を剥ぎ, 曲がった木は真直ぐにする。真直ぐにするためには, 先史時代の人々は溝付きの石を用いたようであるが, 今回の製作実験では, 木を加熱した。カリフォルニア州の先住民イシIshi族は, 過熱するのを「下手な職人芸」と見なしていたという。軸の直径は, 矢筈の部分で7mm, 前軸 (foreshaft) の部分で9mmとした。矢の長さは, 一般的に弓を引く距離にほぼ一致するので, そのようにした。最終的に矢筈と, 矢尻をつけるパイルの部分を整形し, 矢羽根を取り付けた。

最後に, 完成した矢を5~20m離れた的に向けて発射して, 矢の性能をみた。的は肉とその後ろに骨をつけたものである。その結果次のようなことがわかってきた。まず矢羽根なしで, 矢尻の取り付けに樹脂と腱を使用した場合, 鋭い矢尻はすべて肉を貫通し, 骨に穴を開

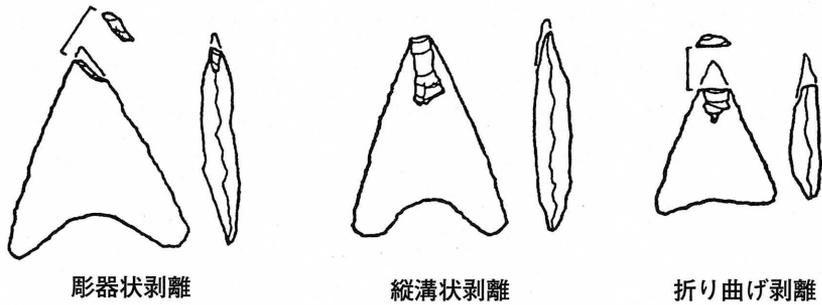


図1 石鏃剥離の3タイプ (御堂島1991より)

けたケースも2例。しかし、鈍い矢尻は肉も貫通しなかった。また、矢尻を取り付ける部分は軸を削るので、その部分は弱くなる。その取り付けには弾力性のない樹脂は不適切で、腱が最適の材料と判明。次に前軸を使用したところ、矢が的にあたったときの衝撃を前軸が吸収するので、メインシャフトの破損は殆どなかった。すなわち、矢のメインシャフトの寿命に貢献したのである。いずれの場合でも、的にあたった矢の先端は破損する。矢の基部が破損したケースも一例あった。そういった矢は再使用は困難であった。矢尻についてみたとき、骨製より、角製のほうが修復可能な範囲内で破損度が小さかった。換言すると、角製は耐久性に優れるのである。また、厚さ6mmの尖頭器は9mmのものより耐久性に関しては劣っていたが、的に貫通させるという点で優れていた。

また同時に、的に当たった矢尻がどのように破損したかを調べ、彫器状剥離、縦溝（フルート）状剥離、折り曲げ剥離、以上3つのタイプの衝撃剥離を区別した（図1）。これらを、実際の考古資料と比較し、同じ剥離の残る石鏃がどのように使用されたかを推測する手掛かりを提供した。

さらに、バーグマンら（Bergman *et al.* 1988）は様々な弓の使用実験を行った。実験に供された弓とその特徴は次の通りである。なお比較のため矢投げ具（atlatl）も実験に使った。

1. アメリカ合衆国先住民スー族が使用した単弓のレプリカ。ヒッコリー材で長さ112cm（騎乗して用いるため短い）。それに長さ58cmの矢が伴う。
2. 紀元前二千年紀前期エジプト以来のデザインで現在もソマリアで使用されている単弓。弓の末弭が弓の表（belly）に反っており、そのため使用しないときも、弦を外す必要がない（普通の木製単弓は弦を外しておかないと弓の力が弱くなる）。
3. 中世のイチイ材の長弓（長さ193cm）のレプリカ。マリーローズ号搭載の弓と同じく、辺材と心材の境界部分の材を採り、弓の押し縮められる表面に心材を、弓の引張られる裏面に辺材を用いていた。81cmも引くことができ、引く力は41kgに達する。
4. アメリカ合衆国先住民アパッチ族が使用した、長さ119cmの強化弓。ヒッコリー材で、鹿の足の腱で補強。

5. エジプト、テーベの第XVII王朝期の墓から出土した角形複合弓のレプリカ。角、木、腱からなる。
6. クリミアのタタール族の軍事用複合弓のレプリカ。弦を外した状態で「耳」形になるような深いリカーブが特徴。他の複合弓より、弓自体は長いものの、この深いリカーブのお陰でコンパクトで、騎乗にも有効。
7. 現代の弩。引く力は41kg。

これらの弓で矢を発射し、そのスピードを測定、比較した。その結果、すべての弓は矢投げ具より矢を速いスピードで飛ばすことがまずわかった。また、弓の構造と材料は矢を飛ばすスピードに大きな影響を及ぼすこともわかった。同じ力で弓を引いたとき、複合弓、強化弓、単弓の順で、より速く、遠くに矢を飛ばすことができる。具体例として、ヒッコリー材だけでは、矢を発射する速度は劣るものの、腱を糊付けすることにより、その速度を大きく向上させることが可能である。同時に、矢のデザインと重さも矢の飛ぶスピードに深く関わっているし、さらには弓の外形にも影響を与える。同じ弓で、同一の力で発射させた場合、矢は軽い竹の矢の方が、青銅の矢尻を装着した重い矢よりも速く、遠くに飛ぶのである。

これら一連の実験結果から得られる示唆は大きい。まず、矢投げ具との比較から、弓の有効性が明白となる。弓は、様々なポジションから簡単に矢を発射できるので、森などどのような環境の使用に耐える。また、矢投げ具や投げ槍に比べ、的を狙いやすい。これは以下の御堂島(1991)も自身の実験的研究から痛感している。さらに、使う矢が矢投げ具用の矢より軽いことから、矢を大量に持ち運ぶことが可能である。したがって、人類史における弓の発明は大きな意味があったと言えるのである。

弓同士の比較では、単弓、強化弓、複合弓の順で、弓に蓄えられたエネルギーが矢に移される効果は大きくなる。単弓の場合は、引く力が強くなければならぬし、長さも長くなければならぬ。同時に弓を長くすると、引いた弓に蓄えられたエネルギーをその長い弓自体がある程度消費してしまう。そういった意味で、新石器時代の単弓は中世の長弓よりも理想に近い長さとなっている。これは先史時代人が多くの実験を繰り返した成果ではないだろうか。

## 5 御堂島(1991)の実験的研究

御堂島の実験的研究は、自身が述べるように、バークマンらの研究に触発され実施されたものである。御堂島の研究の目的は、弓の性能を知るためより、むしろ的に当たった矢尻がどのように破損するかを調べ、その結果の基づき、実際に考古学的に検出される石鏃がどのように使用されたかを知る手掛かりを得るためであった。したがって、日文研共同研究の目的に共通する側面に関して、ここで紹介したい。なお御堂島(1996)はその後、刺突具(槍、

銚など)の先にナイフ形石器を装着し実験を行っており、考古学における実験的研究が稀な日本において、御堂島の貢献は極めて大きい。

御堂島は縄文時代遺跡から出土する資料を参考に、弓矢、投槍を製作、動物を対象とした発射実験を行った。矢尻には石鏃を、槍先には有舌尖頭器を、共に北海道白滝産の黒耀石を素材にして用いた。縄文時代に使用された弓の素材としてはカヤ、イヌガヤ、カマツカが知られていることから、カヤ製の丸木弓を製作した。弭は、これも出土例を参考に、コブ状に削り出した。弦は考古学的検出例がないので、麻の繊維を撚り合わせて作った径3mm程度の紐を用いた。完成した弓は全長125cm、直径1.4~2.1cm、重さ274.2gのものと同全長121cm、直径1.9~2.2cm、重さ322.6gの2例であるが、発射実験の90%に供されたのは前者である。

矢は、考古学的検出例が極めて稀で、矢柄の断片的な発見例を参考に、ヤダケとアズマザサを用いた。石鏃の装着には、縄文時代にアスファルトが多用されていたことがわかっているが、岩手県<sup>しなだい</sup>科内遺跡出土例を踏まえ、松やにを用いた。矢羽根は2枚羽根とした。完成した矢は、長さ95.9~109.4cm、最大径0.7~1.1cm、重量15.5~51.3gである。

発射実験は、重さ30kg程度のブタを的にして、的から4m離れた位置から行った。投げ槍の場合は的から2~3m離れた。同じ矢や槍は、石器に破損が生じたり、石器が矢柄から外れたり、矢柄が裂けたりしない限り、繰り返し使われた。実験の結果、バーグマン(Bergman 1987)の研究と同様、彫器状剥離、縦溝(フルート)状剥離、折り曲げ剥離、その他の剥離が使用した石鏃にみられた(図1)。石鏃が刺さった動物の骨が考古学的に検出されることから、これらの衝撃剥離は骨との接触によって起こったものと考えられるが、同時に、御堂島の実験では、骨との接触が起こりにくい箇所<sup>しなだい</sup>に刺さった石鏃にも破損がみられることから、一部には動物の皮や肉との衝撃による場合も考慮する必要性を指摘している。この研究では、御堂島は使用された石鏃の剥離痕と実際の考古資料との比較をし、考察を行っている。

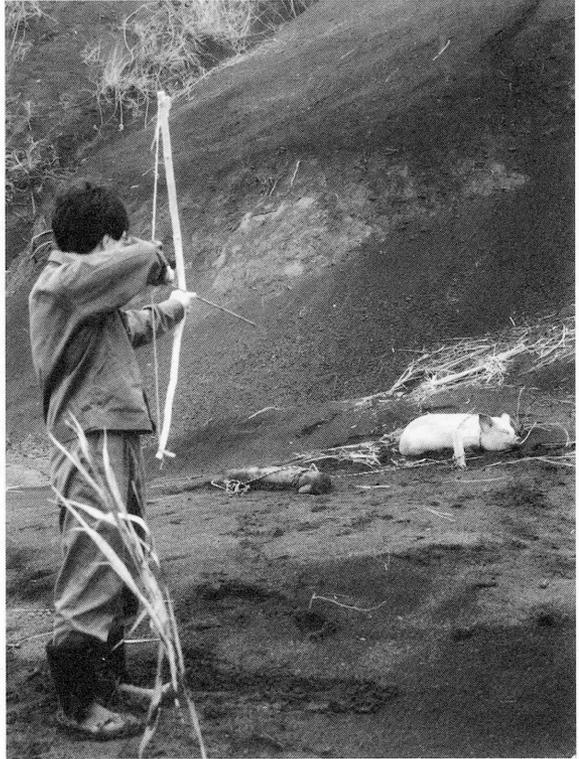


図2 復元弓矢の発射実験

## まとめ

以上、弓矢の実験考古学的研究の20世紀における主な例を概観した。これらの研究成果が、考古学的に検出される弓矢の理解に多大な貢献をしてきたことは明白である。特に弓は検出例が少なく、検出されても、製作以来長い時間を経て劣化している場合が多く、その性能は、レプリカを製作した上で発射実験して、初めてわかってきたのである。先史時代の弓となるとはおさらであろう。また矢も一般的に矢尻しか検出できないため、矢のその他の部分については復元実験を行って、初めて矢全体の製作技術に迫れるのである。この種の実験考古学的研究が、考古学全体の中で果たす役割は今後も大きい。

## 謝辞

御堂島正氏より、写真の提供を受けるなど、種々ご高配頂いた。厚く御礼申し上げます。

## 引用文献目録（アルファベット順）

- Bergman, Christopher A. 1987. Hafting and Use of Bone and Antler Points from Ksar Akil, Lebanon. *La main et l'Outil: Manches et Emmanchements Préhistoriques TMO*, 15, pp. 117-126.
- Bergman, Christopher A., E. McEwen, and R. L. Miller. 1988. Experimental Archery: Projectile Velocities and Comparison of Bow Performances. *Antiquity*, Vol. 62, pp. 658-670.
- Coles, John. 1973. *Archaeology by Experiment*. Charles Scribner's Sons, New York.
- Hardy, Robert. 1992. *Long Bow: A Social and Military History*, Third Edition. Haynes, Sparkford.
- Keeley, Lawrence H. 1982. Hafting and Retooling: Effects on the Archaeological Record. *American Antiquity*, 47, pp. 798-809.
- 御堂島正 1991 「石鏃と有舌尖頭器の衝撃剥離」『古代』第92号, pp. 79-97.
- 〃 1996 「ナイフ形石器の刺突実験」『神奈川考古』第32号, pp. 77-96.
- Pope, Saxton T. 1923. *A Study of Bows and Arrows*. University of California Publications in American Archaeology and Ethnology, Vol. 13, No. 9.
- 小林行雄・佐原眞 1964 『紫雲出』 詫間町教育委員会
- 鳥居鶴城 1983 「戦艦マリーローズ号の発見と引き揚げ」『考古学ジャーナル』226号, pp. 16-18.