

## 古人類・考古資料の年代学的諸問題に関する骨の加速器<sup>14</sup>C年代測定（I）

松浦秀治<sup>1)</sup>

近藤 恵<sup>2)</sup>

中村俊夫<sup>3)</sup>

中井信之<sup>4)</sup>

1)お茶の水女子大学生生活科学部人間科学

112 東京都文京区大塚2-1-1

2)東京大学理学部人類学教室

113 東京都文京区本郷7-3-1

3)名古屋大学年代測定資料研究センター

464-01 名古屋市千種区不老町 1

4)有限会社 地球科学研究所

468 名古屋市天白区天白町植田

字源工門新田22-19

### 1. はじめに

遺跡から出土する古人骨・動物骨資料は、当時の人々の労働の軽重、虫歯その他の疾病の種類や罹患率、家族・集団構造、平均余命、食糧資源と獲得技術、家畜の有無、生業活動の季節差など、多岐にわたり過去におけるヒトの生活の様相を復元する上で最も直接的な素材のひとつとして、重要な調査対象となっている。こうした過去を探る研究を進めるにあたっては、まず諸事象の年代を明らかにすることが一つの基盤をなし、“when”という情報をいかに引き出すかは調査対象資料の評価を左右する要素となる。骨の年代については、一般的には一緒に見つかった他の遺物や出土地層の古さから間接的に推定される。しかしこれらは、骨の正確な出土層準が不明であったり、伴出遺物との同時代性や新旧関係が不確実な場合など、多少とも曖昧さを伴うものであり、できるだけ骨そのものを直接分析することによって年代を検討するのが望ましい。骨に適用される絶対年代測定法、相対年代判定法には、現在いくつかの方法があるが、残念ながら特に絶対年代測定法においては、骨が基本的には開放系であり、堆積物中で様々な続成作用を受けること、資料の貴重性や分析に必要な絶対量の不足などから、実際には利用することが不可能であることが少なくない。また、測定された年代値の持つ意味が明確でないケースもしばしば見られる。

これに対して、近年における加速器質量分析計（AMS）を用いた<sup>14</sup>C測定技術の発展は、分析試料の少量化、<sup>14</sup>C計数時間の短縮化、測定可能年代限界の延長（約6万年前）などの革新を放射性炭素年代測定法にもたらし（中井・中村，1988；中村・中井，1988；中村・中井，1991）、骨の絶対年代測定法としての実用性をはるかに高めることに大きく寄与した。本研究は、これらの利点を生かして、古人類学、考古学における骨資料の編年に関わる諸問題の解決に加速器<sup>14</sup>C年代測定法を応用しようとするものである。なお、先史時代の骨資料には希少性が非常に高いものが多く、標本の破壊を最小限に留めることが要請されるため、さらなる省サンプル化が望まれる状況にある。本研究では、これについても検討課題とした。以下、現在までに得られた

2, 3の成果の概要を述べる。

## 2. $^{14}\text{C}$ 測定に用いる骨コラーゲンの抽出

哺乳類動物化石の $^{14}\text{C}$ 年代測定には、骨・歯・角に残存する固有のコラーゲンを抽出して用いるのが一般的である。コラーゲンには、酸に可溶のもの（acid-soluble collagen）と、不溶のもの（acid-insoluble collagen）とがある。生体の骨組織に含まれるコラーゲンはほとんど不溶性成分からなるが、堆積物に埋まり続成作用を受けると、一部は可溶性になる。通常、不溶性コラーゲンの方が不純物がなく、 $^{14}\text{C}$ 年代測定に適するとされているため、今回の分析においては、不溶性コラーゲン画分のみを対象とした。これをさらにゼラチン化して精製を行ったものを測定に供した。

図1に抽出操作を示すが、これは最小限の骨試料からフミン酸等アルカリ可溶性有機物を効果的に除去するとともに、酸不溶性コラーゲンの損失を抑えることを考慮したものであり、Longin (1971), 松浦・植田 (1980), Moor *et al.* (1989), 有田ほか (1990), Stafford *et al.* (1991), Ambrose (1991) などに基づいて検討し、設定した。しかしながら、可溶性コラーゲン・ペプチド画分のアミノ酸構成割合が不溶性画分のそれと類似する場合 (Matsu'ura & Ueta, 1980) や、可溶性画分と不溶性画分の $^{14}\text{C}$ 年代値間に本質的な差がない場合 (Taylor, 1983) があり、不溶性コラーゲンのみでは十分な量の炭素が得られないケースでは、可溶性画分を補充する形で混合して用いる (有田 ほか, 1990) ことも想定される。可溶性画分は図1の操作で脱灰終了後、遠心分離した上澄をセルロースチューブを用いて透析し凍結乾燥すれば得られるが、汚染物質の除去が充分であるかどうかの疑問が残る。今後、更新世の化石骨などで続成作用の影響を強く受け、残存するコラーゲンの多くが可溶化しているものを試料とする場合には、不用な構成成分や外来性有機物を取り除きつつ、骨全体からコラーゲンを効率よく回収する方法を検討する必要があるだろう。

## 3. 遺跡出土骨資料への応用

以下、古人類・考古遺跡から出土した骨資料の年代学的諸問題に関して、本研究で加速器 $^{14}\text{C}$ 年代測定を適用した結果とその意義について簡単に述べる。なお、 $^{14}\text{C}$ の定量は、抽出したゼラチン化コラーゲン（約10mg）を銀粉（約40mg）とともに真空封管中で炭化し、ターゲットペレットに調製後、名古屋大学年代測定資料研究センターに設置されている、米国ジェネラル・アイオネックス社製タンデトロン加速器質量分析計によった (中村・中井, 1988 参照)。 $^{14}\text{C}$ 年代値の算出にあたっては、 $^{14}\text{C}$ の半減期として Libbyの半減期 5570年を用いた。0yr B.P.が西暦1950年に相当し、西暦1950年から過去へ遡って年数を数える。誤差は、 $^{14}\text{C}$ 計数に基づく統計誤差であり、1標準偏差 (one sigma) を示す。

### 3-1. 夫婦岩岩陰遺跡出土人骨

夫婦岩（めおといわ）岩陰遺跡は、関東山地の北東面にある奥武蔵の丘陵を開析す

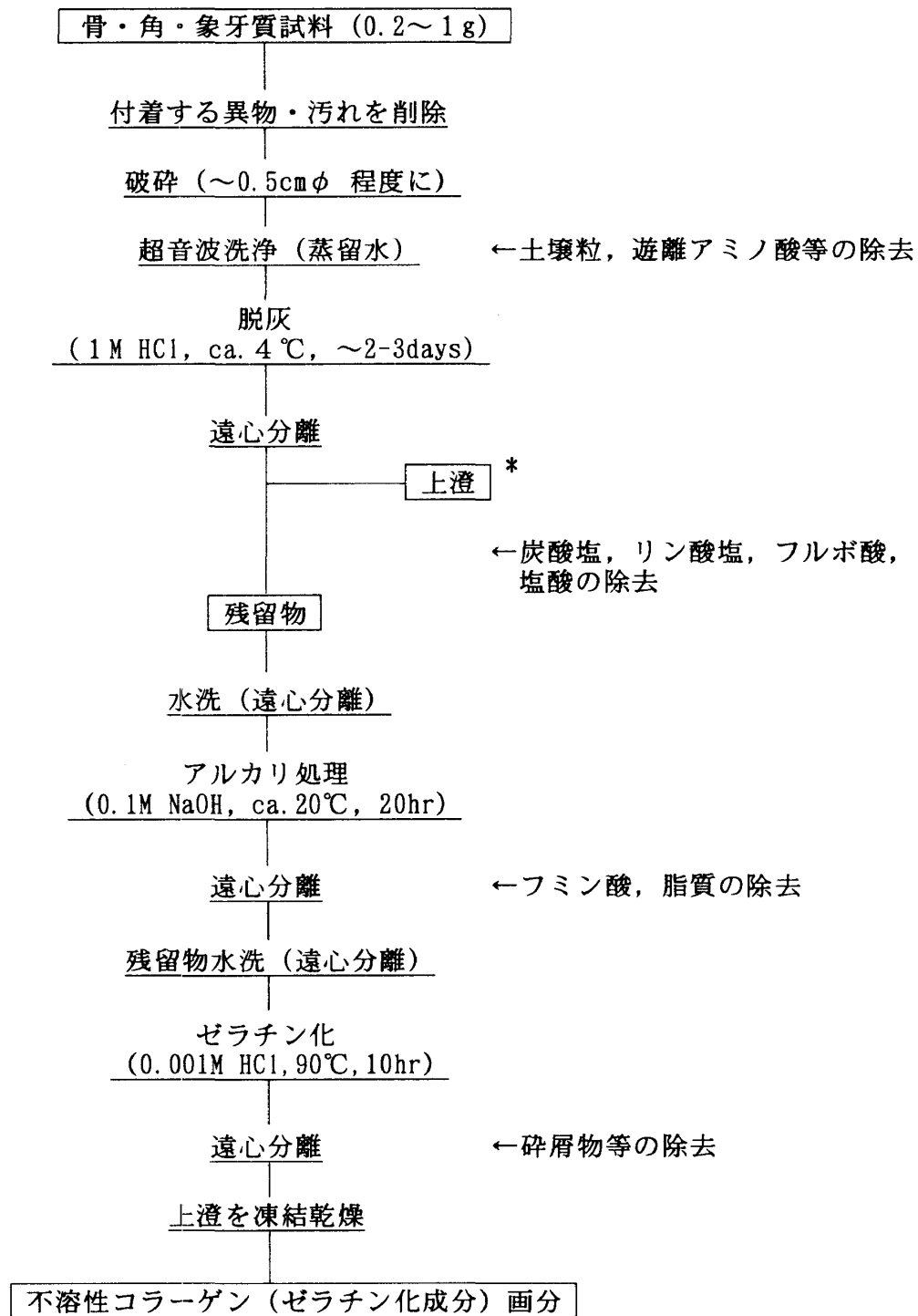


図1 骨に残存する酸不溶性コラーゲンの抽出操作  
 不溶性画分の回収を良くするため、脱灰からゼラチン化までの操作は同一の試験管（スクリュウキャップ付き遠心沈澱管）内で行う。  
 \* 本文参照  
 Isolation of acid-insoluble collagen in bone remains.  
 Decalcification through to gelatinization steps are run in the same test tube with a Teflon-lined screwcap to improve the recovery of insoluble fraction of collagen.  
 \* See text.

る小谷の上流，海拔約200メートルに位置し，現在の地籍では埼玉県入間郡越生町津久根字夫婦岩に所在する．1987年に越生町教育委員会を主体に行われた発掘調査の際，縄文時代の早期後半から各時期，また，弥生時代，平安時代の土器・石器類や動物遺存体などとともに，1体の保存のよい人骨が出土した．人骨は岩陰の中央部，表土から約80cmの深さの所で，南に頭部を置いた仰臥屈葬の形で検出されたが，副葬品を伴わないことから，各時代の遺物あるいは遺構との関連は明確でなかった．人骨のやや上位のレベルから，年代的には弥生時代前期と併行する土器が産出したことから，暫定的に弥生文化伝播期の所産である可能性が提示され，群馬県万場町岩津保洞窟遺跡の弥生時代中期人骨とともに，関東地方の山間部では希少なものとして注目された．しかし，当遺跡の弥生時代前期層の直下には縄文時代前期の遺物包含層があり，縄文前期に遡る可能性も否定できなかった．山口 敏 (Yamaguchi, 1992 参照) による人骨の形態学的所見も後者の可能性を支持したことから，資料的重要性を鑑み，年代を明らかにする必要が生じた．

まず予察的な分析として，肋骨片のフッ素含量を測定したところ，0.821%と高い値を示し，骨試料の緻密質が薄い (<0.9mm) ことによる影響を考慮しても，本人骨は，弥生時代のものではなく，少なくとも縄文時代に，恐らくは完新世前半には至るものと示唆された．しかしながら，現在のところフッ素含量に関する当地域の比較基準データがないので，年代の確証を得るため，左腓骨片 (F=0.757%) を材料として<sup>14</sup>C年代測定を試みた結果，6510±200yr B.P. (NUTA-2055) となり，縄文時代早期末から前期初頭に比定された (松浦 ほか, 1992; Matsu'ura *et al.*, in preparation) ．

関東地方およびその近縁部における縄文時代前半の人骨資料を産出した遺跡は，大谷寺洞穴 (大谷観音岩陰)，栃原岩陰，平坂貝塚および夏島貝塚を数えるくらいであり，今回の結果から，夫婦岩遺跡出土人骨の新たな資料的価値が認められた．

### 3-2. 縄文遺跡出土ウマ遺存体

日本に，いつからウマが存在したかという問題に関しては，これまで様々な議論がなされてきた．日本列島において，旧石器時代の人類遺跡からウマの化石が出土した例はないが，引き続き縄文時代の貝塚からは，明治時代以来各地でウマ遺存体の出土が報告され，これを根拠として縄文時代に大陸からウマが移入され，それらが家畜ウマとして飼育されていたことを認める立場がある．しかし，このような論の基となったウマの骨は，必ずしも組織的学術調査によって発掘されたものばかりではなく，偶然に表面採集された資料や，考古学の非専門家による発掘資料など，産出状況が不明であって，出土層位に疑問が持たれるものも少なくない．近年，精度の高い大規模な発掘調査の数が著しく増加していくのに反して，確実に縄文時代の文化層からウマ遺存体の出土する例が見られなくなることは，従来の出土記録の中に疑わしいものが含まれている公算の大きいことを示唆している．また，遺伝学的調査や文化的見地からも現在は「縄文馬」の信憑性が問われている状況にある (以上，近藤 ほか, 1991; 近藤, 1993; 松浦・近藤, 1993 参照) ．そこで筆者らは松井 章 (奈良文化財研究所

埋蔵文化財センター)と共に、縄文時代におけるウマの存否に関する問題の決着に寄与するため、実際に縄文貝塚から出土したウマ資料について、フッ素年代判定法および放射性炭素年代測定法を用いて調査し、実証的検討を試みた。

分析資料として、9遺跡の縄文貝塚から出土したウマ骨14点を入手した。それらは、関東地方の大崎貝塚、木戸作遺跡、余山貝塚、武田貝塚、常行院裏貝塚、荒屋敷貝塚、築地台貝塚、および九州地方の出水貝塚と黒橋貝塚から出土した資料である。このうち、余山貝塚と出水貝塚のウマは縄文時代の最も確実な証拠として常に引用され、「縄文馬」代表例となっているものである。各々のウマ骨資料、および比較資料として縄文貝塚出土のイノシシ、シカなどの動物骨計数十点についてフッ素分析を行い、さらに余山貝塚、出水貝塚、武田貝塚、常行院裏貝塚、荒屋敷貝塚のウマ5点については $^{14}\text{C}$ 年代測定を行った。

成果は順次公表中(近藤 ほか, 1992, n.d.; 近藤, 1993; 松浦・近藤, 1993; Kondo *et al.*, in preparation)であるが、縄文貝塚9遺跡出土のウマ14点の全てが、縄文時代のものではないと判断され、後世において貝塚内へ混入したものであることが強く示唆されている。5点のウマ骨資料の $^{14}\text{C}$ 年代は、中世あるいは近世の範囲であった。すなわち、縄文時代の日本にウマが存在していたことを示す証拠となる骨資料は確認されなかったということであり、3世紀の日本の姿を伝えた『魏志倭人伝』の中の「牛馬なし」という記載に対し、倭人伝以前の縄文貝塚から出土するウマの存在を反証として挙げ、『魏志倭人伝』の文献としての信頼性に疑問を投げかける向きもあったが、本研究結果はその疑問を支持しなかった。

### 3-3. クック諸島出土の人骨および犬骨

南太平洋クック諸島における遺跡発掘調査は、ポリネシア人の起源と形成や先史活動および彼らの持つ家畜動物のルーツなどについて、また、モンゴロイドの海洋世界への進出・拡散の歴史を知る上で重要な資料を提供しつつある。ここでは、1985、1989年の慶應義塾大学(代表:近森 正 教授)を主体とする調査によって得られた人骨資料2点と犬骨資料1点の $^{14}\text{C}$ 年代測定結果を述べる。

#### Penryn 環礁 TePuka の墳墓出土資料

Grave 1 人骨片(1989年8月18日採集) 140±170 yr B.P. (NUTA-2081)  
(Modern と区別不可)

B Grave 人骨片(1989年8月28日採集) 700±160 yr B.P. (NUTA-2086)

#### Pukapuka 環礁出土資料

イヌ脛骨(1985年8月12日採集) 240±150 yr B.P. (NUTA-2085)

これらは、遺跡自体に年代推定の手がかりが乏しく、出土骨資料の直接的年代測定が期待されていたものである。本年代値の意味づけなどは調査全体を踏まえた上でなされることになろうが、イヌ遺存体の形態については上記の測定結果を含めて近々発表予定とのことである(Shigehara *et al.*, in preparation)。

## 謝辞

本研究においては、多くの方々から、貴重な骨資料を入手するにあたって様々な便宜を図って戴き、また、数々の御教示や御助言を賜った。以下に記して（順不同）心より感謝申し上げる。

奈良国立文化財研究所埋蔵文化財センター 松井 章主任研究官，同研究所同センター長 佐原 眞博士，野田市郷土博物館 金山喜昭学芸員，東京大学総合研究資料館 赤沢 威教授，九州大学医学部 柴田洋三郎教授，同学部 中橋孝博博士，九州大学文学部 田中良之助教授，慶應大学文学部 近森 正教授，聖マリアンナ医科大学 吉田俊爾博士 独協医科大学 茂原信生助教授，東京都立武蔵村山東高校 橋口尚武教諭，国立科学博物館人類研究部長 山口 敏博士。

## 引用文献

- Ambrose, S. H. (1990) Preparation and characterization of bone and tooth collagen for isotope analysis. *Journal of Archaeological Science*, 17, p. 431-351.
- 有田陽子・中井信之・中村俊夫・亀井節夫・秋山雅彦・沢田 健 (1990) 哺乳類化石のコラーゲン抽出法とそのAMS法による<sup>14</sup>C年代測定. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, 6, p. 45-54.
- 近藤 恵 (1993) 千葉市木戸作遺跡縄文後期貝層出土ウマ遺存体の年代の再評価 — 伴出哺乳動物骨のフッ素分析より. 第四紀研究, 32 (2号または3号), 印刷中.
- 近藤 恵・松浦秀治・松井 章・金山喜昭 (1991) 野田市大崎貝塚縄文後期貝層出土ウマ遺残のフッ素年代判定 — 縄文時代にウマはいたか. 人類学雑誌, 99, p. 93-99.
- 近藤 恵・松浦秀治・中井信之・中村俊夫・松井 章 (1992) 出水貝塚出土ウマ遺存体の年代学的研究. 日本文化財科学会第9回大会, 東京.
- 近藤 恵・松浦秀治・中井信之・中村俊夫・松井 章 (n. d.) 出水貝塚縄文後期貝層出土ウマ遺存体の年代学的研究. 考古学と自然科学, 投稿中.
- Longin, R. (1971) New method of collagen extraction for radiocarbon dating. *Nature*, 230, p. 241-242.
- 松浦秀治・近藤 恵 (1993) 縄文時代にウマはいなかった? — 骨の古さを測る. 化学と工業, 46 (3月号), 印刷中.
- 松浦秀治・中村俊夫・近藤 恵・橋口尚武 (1992) 埼玉県越生町夫婦岩岩陰遺跡出土人骨の年代測定. 第46回日本人類学会・日本民族学会連合大会, 大阪.
- Matsu'ura, S. & N. Ueta (1980) Fraction dependent variation of aspartic acid racemization age of fossil bone. *Nature*, 286, p. 883-884.
- 松浦秀治・植田伸夫 (1980) 化石骨のラセミ化年代測定. 考古学と自然科学, 13, p. 1-18.

- Moore, K. M., M. L. Matthew & M. J. Schoeninger (1989) Dietary reconstruction from bones treated with preservatives. *Journal of Archaeological Science*, 16, p. 437-446.
- 中井信之・中村俊夫 (1988) 放射性炭素年代測定法. *地質学論集*, 29, p. 235-252.
- 中村俊夫・中井信之 (1988) 放射性炭素年代測定法の基礎 — 加速器質量分析法に重点をおいて. *地質学論集*, 29, p. 83-106.
- 中村俊夫・中井信之 (1991) 加速器法による4万年前より古い試料の $^{14}\text{C}$ 年代測定についての検討. *堆積学研究会報*, 34, p. 27-32.
- Stafford, T. W., Jr., P. E. Hare, L. Currie, A. J. T. Jull & D. J. Donahue (1991) Accelerator radiocarbon dating at the molecular level. *Journal of Archaeological Science*, 18, p. 35-72.
- Taylor, R. E. (1983) Non-concordance of radiocarbon and amino acid racemization deduced age estimates on human bone. *Radiocarbon*, 25, p. 647-654.
- Yamaguchi, B. (1992) Notes on the human skeleton of the Early Jomon phase from the Meotoiwa rock shelter site in Ogose, Saitama Prefecture. *Bulletin of the National Science Museum, Tokyo, Ser. D*, 18, p. 29-37.

Radiocarbon Dating by Accelerator Mass Spectrometry of Bone Remains  
of Palaeoanthropological and Archaeological Significances

Shuji MATSU'URA<sup>1)</sup>, Megumi KONDO<sup>2)</sup>,  
Toshio NAKAMURA<sup>3)</sup> and Nobuyuki NAKAI<sup>4)</sup>

- 1) Department of Human Biological Studies, School of Human Life and Environmental Science, Ochanomizu University: 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112, Japan
- 2) Department of Anthropology, Faculty of Science, The University of Tokyo: 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113, Japan
- 3) Dating and Materials Research Center, Nagoya University: 1 Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-01, Japan
- 4) Research Institute of Earth Sciences: 22-19 Gen'emonshinden, Ueda, Tempaku-cho, Tempaku-ku, Nagoya 468, Japan

Bone is widely found in palaeoanthropological and archaeological sites, and is the material of a diversity of approaches to reconstructing the past. Direct dating of bone is particularly important where the stratigraphical or archaeological contexts involved may be less accurate and/or the age assessment based on artifacts is imprecise. Conventional ( $\beta$ -decay-counting) radiocarbon dating of bone is frequently not accepted because it sacrifices large quantities of samples usually amounting to 100-500g. On the contrary, recent development of accelerator mass spectrometry (AMS) of  $^{14}\text{C}$  has revolutionized the feasibility of radiocarbon dating in that it decreases measurement times, lowers sample size requirements and extends age measurements to  $\sim 60,000$  yr B.P. The AMS method needs only less than 5g of bone, and has enabled the analysis of specimens too small or too rare for conventional  $^{14}\text{C}$  dating. This has allowed us to directly date valuable palaeoanthropological or archaeological bone remains, especially surrounded with controversy in terms of their chronology without any reliable arguments.

The present report gives a brief note on the results obtained by using AMS radiocarbon dating from three chronological subjects: (1) a human skeleton of good preservation found in a flexed supine position from the Meotoiwa Rock-shelter site in Ogose-cho, Saitama Prefecture, Japan, (2) horse remains recovered from prehistoric Holocene shellmounds in Japan of the Jomon period, which are placed in a suspense account since doubts have been increased as to whether they really did originate in Jomon deposits (later intrusions?), (3) human and dog remains unearthed from TePuka and Pukapuka atolls in the Cook Islands.

Scarcity of some prehistoric specimens often demands further saving of the sample to be analysed, and then requires increasing indigenous collagen yield with removing contaminants from bone. Here also outlined is a procedure for isolating acid-insoluble collagen fraction from bone, acknowledging the above requirements.



## 学会発表

- 1) 近藤 恵・松浦秀治・中井信之・中村俊夫・松井 章：出水貝塚出土ウマ遺存体の年代学的研究。日本文化財科学会第9回大会，1992年5月，東京。
- 2) 松浦秀治・中村俊夫・近藤 恵・橋口尚武：埼玉県越生町夫婦岩岩陰遺跡出土人骨の年代測定。第46回日本人類学会・日本民族学会連合大会，1992年10月，大阪。

## 論文・解説発表

- 1) 松浦秀治・近藤 恵：縄文時代にウマはいなかった？ — 骨の古さを測る。化学と工業，46（1993年3月号，印刷中）。
- 2) 近藤 恵・松浦秀治・中井信之・中村俊夫・松井 章：出水貝塚縄文後期貝層出土ウマ遺存体の年代学的研究。考古学と自然科学，投稿中。