

弥生時代の年代測定

今村峯雄 国立歴史民俗博物館教授



福岡市雀居遺跡の土器。
土器の口縁部からスス混じりのコゲを採取した。

日本列島で水田農耕が本格的に始まったのは九州北部である。その時期は考古学の編年では弥生時代早期とされ、その年代は紀元前4～5世紀とされてきた。ところが、国立歴史民俗博物館（歴博）の最近の研究から、その時期は前9～10世紀になる可能性が高いという結果が出てきた。研究チームの当事者の一人として、その内容を解説する。

研究の端緒

歴博では、1997年来、AMS法による¹⁴C（炭素14）年代測定法に着目し、その歴史研究への活用をはかってきた。

AMS法というのはAccelerator Mass Spectrometry（加速器質量分析法）の略称で、加速器で炭素原子をイオン化して加速し、¹⁴C 原子1個1個を数えることによって濃度を測定する。従来の放射線（ベータ線）検出器では炭素1g以上を必要とするのに対して、AMS法は0.2～1mgレベルの微量の炭素試料から高い精度で年代を求めることができる。試料がわずかですむため、貴重な文化財を壊さずに測定できるので、対象となる試料の種類も大幅に広がる。1990年代後半から世界的に精度が向上してきた技術である。

そのAMS法による年代測定をまず、縄文時代の高精度編年研究に取り入れ、5人の学際混成メンバーでスタートしたのである。この研究に関連して、筆者は「縄文—弥生移行期の年代」について的小論文を発表した。それは、この移行期の年代測定が技術的に非常にむずかしいことを取り上げたものであったが、同時に、弥生前期の開始を前300年とすることに対する疑念も示した。それまでの炭素年代測定例を整理し、試料の出土状況が信頼できるものに限ると、測定例は非常に少なくなる。精度も不十分ながら、弥生前期は少なくとも前400年よりもかなり古くなる可能性がある、その年代測定が将来の課題であることを述べたものであった。そうしたこともあり、次の共同研究においては、研究の範囲をさらに弥生時代に広げ「縄文時代・弥生時代の高精度年代体系の構築」（科研費・基盤研究A）として2001年にスタートした。

われわれは、まず弥生早期から弥生前期にかけての試料に注目した。九州北部においては、左の年表に示すように縄文時代晩期の黒川式土器があらわれたのち、弥生早期の夜白Ⅰ式、夜白Ⅱ式と推移し、次に弥生前期の板付Ⅰ式等が続く。夜白Ⅱ式と板付Ⅰ式が重複する時期を夜白Ⅱb式とし、それに先行する時期を夜白Ⅱa式と記述する。

測定する試料を選ぶにあたっては、「目的」の遺物との関係が明確であることを最重要視している。これまで縄文の資料で、同じ地層からの木炭がまったく異なる年代を与えるとか、古いはずの小さな種実の年代が江戸時代とか現代とかとつも無く新しい年代を与える例がしばしばあったからである。試料は、コゲ（焦げ）・スス（煤）、そのほか、炭化材、木材、堅果などである。とくに、土器そ

西暦	中国	韓国	九州北部	従来の年代	
2500			中期	中期	
	仰韶	櫛目土器時代	●南福寺	縄文時代	
2000	龍山		後期		後期
	夏		西平		御領
1500			広田		
	商	漁隠			
1000	1072	欣岩里	晩期	●黒川	
	西周	無文土器時代	早期	●夜白Ⅰ ●夜白Ⅱ	
770	春秋		前期	●夜白Ⅲb ●板付Ⅰ ●板付Ⅱa ●板付Ⅱb ●板付Ⅲc	
500	403		水石里・靱島	中期	●城の越 ●須玖Ⅰ ●須玖Ⅱ
紀元前	8	原三国時代			
紀元後	25		後期		
250	後漢				

●は年代を計測した土器型式



名古屋大学のAMS装置。AMS法による¹⁴C年代測定法では、現在0.3~0.5%の測定精度が得られる。

のものに付着しているコゲヤス、漆の類は直接土器の使用年代を与えるという利点がある。収集した場所は九州北部を中心に、九州・韓半島南部までの範囲で、おもに共同研究者の藤尾慎一郎・歴博助教授が収集した。その後、収集の範囲を中国・四国・近畿と広げ、また、弥生時代とほぼ重なる時期の東北や信越地方の資料についても収集した。

年代測定の実際

では、ここで年代測定はどのようにして行っているのかを説明しよう。自然界の炭素には、¹²C、¹³C、¹⁴Cという3種類の同位体が混ざり合っている。大気や現在生育している生物には、放射性の¹⁴Cがごく微量（炭素原子1兆個につき1個程度）含まれる。生物が死亡して外界との間で炭素のやりとりがなくなると、その体内の¹⁴Cは一定の割合（半減期5730年）で減少していく。この性質を利用し、生物起源の遺物やその炭化物の中に残っている¹⁴Cの濃度から、その生物が死んで何年たったか、すなわち何年前の試料かを算出するのが、¹⁴C年代測定法である。

試料を準備するにあたっては、ほかの起源の汚染成分（土中の腐植酸など）は除かなければならない。人工の不純物が入ることも十分注意する必要がある。そこで、顕微鏡で観察して夾雑物を除去し、純水や有機溶媒による物理的洗浄、酸・アルカリによる化学洗浄を行う。

前処理した試料は、真空中で酸化銅とともに加熱して二酸化炭素にかえ、生じた不純物を除いて精製する。精製した二酸化炭素は鉄触媒のもとで加熱し、グラファイト炭素に還元する。これをペレット状に固めたものをAMS装置で測定する。

AMS装置では、加速した炭素イオンビームを気体または固体の薄膜を通過させることで分子イオンを分解し、さらに、電磁石や静電分析器を使ってイオンの質量・電荷を選別し、最終的には重イオン検出器等で同重体等からの分別検出を行う。¹⁴C測定では、同時に¹²C、¹³Cを電流で測定し、同位体比¹⁴C/¹²C、¹³C/¹²Cを求める。同重体、分子イオン、散乱イオンを分離したことによって、先に述べたような高い分析感度と分析効率（¹⁴C 試料あたり20~40分）で測定できるのが特徴である。

歴博ではAMS装置は持たないため、民間測定機関、名古屋大学、東京大学などに、標準試料も含めAMS測定を依頼している。上の写真は名古屋大学のAMS装置である。

それぞれの測定機関では、得られる¹⁴C/¹²C比に対し、質量の違いによる分別効果（同位体効果）を¹³C/¹²C比によって補正した値を用いて¹⁴C年代を算出する。

こうして求められた「¹⁴C年代（単位BP）」は、過去から現在までの大気中の¹⁴Cが一定であると仮定して算定された値である。実際には、地球磁場や太陽の黒点活動の変動によって¹⁴C濃度は変化している。そのため、¹⁴C年代から実際の年代「暦年代」を求めるには補正が必要である。

暦年代に補正するためには、¹⁴C年代の測定結果と年代のわかっている試料の値を照合する必要がある。近年は、古木などの年輪試料を使って過去の¹⁴C濃度の変動を調べ（下の図）、これをデータベースとして実年代を求めることが行われるようになった。この作業を「暦年較正」といい、そのデータベースは「暦年較正データベース」と呼ばれる。

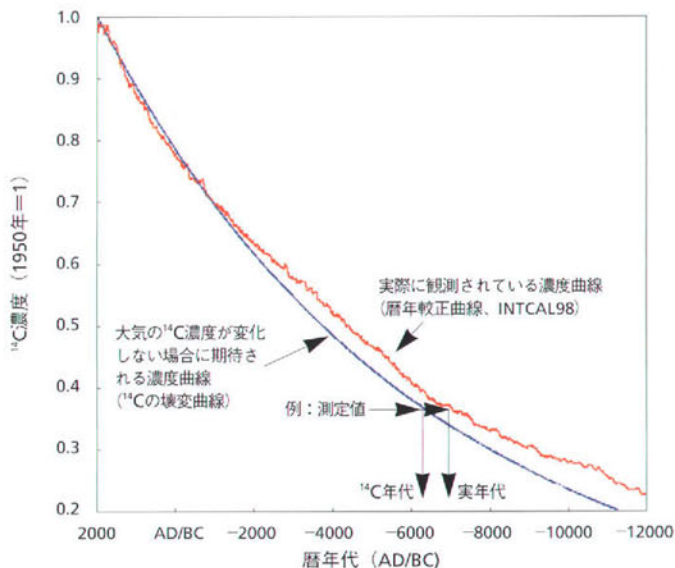
暦年較正データベースは1986年に初めて国際レベルで整備され、標準化された。その1998年版であるINTCAL98は、10年ごとの¹⁴C濃度および¹⁴C年代値を算定している。過去約1万2000年については年輪年代に基づく精度の高い暦年較正が可能である。日本の木材については、260BCからAD900の10年ごとの年輪、約1000年分について¹⁴C測定を行い、INTCAL98と一致することをわれわれのグループで確認している。

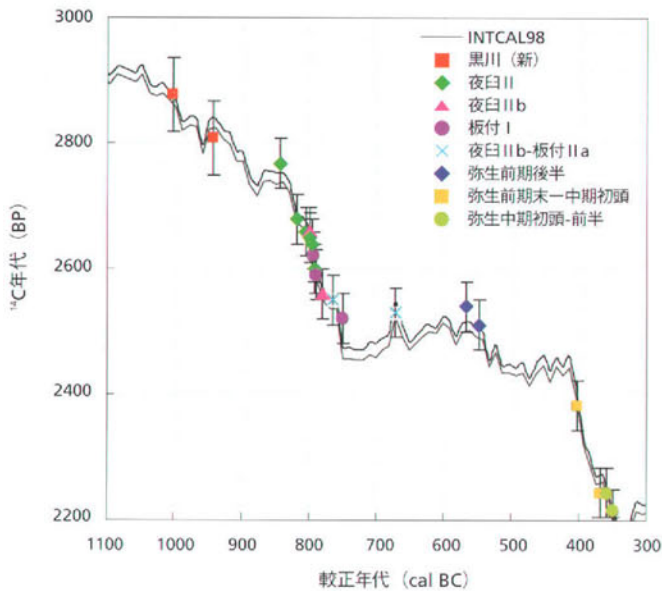
「弥生時代の開始年代」

2003年5月の時点で得られていた30点余のデータと、その後得られている約70点のうち、公表されているデータをひろって39ページ上図に表してみた。発掘資料に関するデータは、調査報告書への報告を優先するという慣習のため現時点では公表できないものが多いが、すべてのデータは、ほぼ土器型式の順序にしたがっ

大気の¹⁴C濃度曲線

実際に観測されている¹⁴C濃度曲線（暦年較正曲線、INTCAL98）は、過去の¹⁴C濃度が変化しないと仮定した濃度曲線（¹⁴Cの壊変曲線）からはずれている。





九州および韓国の資料で得られた年代値を校正曲線 (INTCAL98) に配置すると、ほぼ土器編年の順に配置することができる。X軸に対するデータの配置は、とくに校正曲線が平らな領域では任意性が大きく、おおよその目安として示した。

てINTCAL98上に並べることができ、矛盾がない。この中で、土器のかけらか鉦物片が混入して古い年代を与えたと考えられる夜臼IIbの1点を除いても、夜臼II、夜臼IIb、板付Iの11点が、2520BPから2770BPの値で、いずれも前750~400年の平らな領域の2450~2500BPより大きい値に分布している (誤差はいずれも±40炭素年である)。夜臼IIと夜臼IIb+板付Iの¹⁴C年代測定データを分析し、弥生時代早期と前期の境界を求めると、その境界は暫定的に紀元前820~790年 (95% 信頼限度) となる。これは、多くの教科書に採用されている前300年より、500年さかのぼる年代である。

この結果は、土器型式が同時代とされる、ほかの地域の年代データとも整合性がとれる。たとえば、韓国の松菊里期^{ソンクンニ}の木炭の年代は雀居遺跡で検出された土器炭化物とほぼ同じ値であった。また、雀居遺跡で検出された大洞C2期の土器片があるが、東北地方のこの時期について測定した土器炭化物の年代も整合性のある年代となっている。

一方、近畿地方のデータでは、大阪府・瓜生堂遺跡の弥生前期に相当する第一様式の年代が2440BP、奈良県・唐古・鍵遺跡の大和第一様式が2460~2490BPの値が得られており、近畿の弥生の始まりは若干遅れることを示しているようである。

測定結果に対する議論

われわれが得た測定結果と結論は、研究者のみならず多くの人々に衝撃を与えることになった。考古学会では、三つの議論がおこった。AMS法に対する信頼性の問題、試料数に対する問題、鉄の問題 (鉄の存在が中国よりさかのぼってしまう) などである。試料数は現在100を超えていること、鉄の問題は考古学上の解釈の問題であり、出土状況に関する批判的な考察もあるので、ここでは割愛する。

データの信頼性の問題では、これまで共通の試料を数点ずつ、外国を含む2カ所の民間測定機関、名古屋大学、東京大学の4機関で測定し、いずれも誤差の範囲内で一致しており、AMSの測定機関の間に系統的な差はないと判断された。

試料の問題としては、前述した古い年代の炭素を含む土器片または鉦物片が混入した問題のほか、海洋リザーバー効果がある。これは、コゲが海産物由来であると、海洋の古い炭素年代 (通常400年古い) を示す現象である。しかし、これまで縄文時代の内陸部の遺跡について行ってきた200点以上の土器炭化物では、海産物を示す兆候は見られなかった。対象とした弥生の遺跡は内陸部にある。また、縄文時代の同じ住居内の木炭と土器炭化物を比較した四つのケースでは、むしろ木炭のほうがわずかに古い傾向を示した (木炭のほうが年輪分古くなる古木効果のため)。さらに、夜臼II期に相当する木杭 (クリ) の2点のデータが土器炭化物のデータと一致していること、同時期と見られている韓半島の遺跡からの木炭のデータがほぼ同じような年代を示すことなどの事実が、海産物に由来するコゲでないことを支持している。

今後の展開

九州北部の土器から得た年代測定結果は、弥生時代の始まり、すなわち日本における水田耕作が前9~10世紀、中国の西周の時代に始まった可能性が強いことを示している。弥生時代の年代データは、これまで西日本の100以上の測定例が蓄積され、弥生時代前期と中期の境界についてもほぼ明らかになりつつある。

今後、中国や韓半島の関連データの蓄積を通じて、大陸の情勢と弥生時代との関連をより具体的に考えていきたい。また、弥生文化の日本の各地域への伝播・拡散を、年代データを基礎に調べていきたいと考えている。

なお、この研究に先行する形で縄文時代中期の研究がなされており、おもに総研大学院の小林謙一さんが直接、約400にのぼる資料の収集と前処理を行った。弥生の研究では、この縄文の年代研究から得られたさまざまな経験と知識が生かされている。強調したいのは、この研究が自然科学と人文科学の双方向的な協業の成果だということである。測定と評価に関する年代科学の基礎的な理解と、資料に対する確かな考古学者の眼、そして両者の相互のフィードバックがなければ、土器編年を通して実年代体系に変換するという作業は困難である。

本稿は歴博の藤尾慎一郎・春成秀爾・小林謙一・坂本稔との共同研究の成果を今村の責任でまとめたものである。

今村 雄 (いむら・みねお)

AMSとの出会いは、1979年に東京大学で核物理研究用の古い加速器を改良し、AMSの開発研究に取り組んだことに始まる。1996年に歴博へ。前館長の故佐原真さんから¹⁴C研究を勧められ、その研究に携わるようになる。現在の研究の魅力は、日本の先史年代は未開の荒野で、年代値が得られるとともに世界が徐々に広がる感覚。校正曲線が複雑な中で、高精度の実年代を得るのに、工夫と総合的な戦略が必要などところなど。

