

부 록 1.

고성 문암리유적 출토 토기의 연대측정
결과와 소견

쿠니키다 다이(國木田大)
(東京大学新領域創成科学研究科)

요시다 쿠니오(吉田邦夫)
(東京大学総合研究博物館)

번역 : 김 은 영
(동경대학대학원 고고학연구실)

測定資料は、文岩里遺跡7号住居址出土の無文深鉢の口縁部内面に付着していた炭化物である。測定試料の調製は、まず埋蔵中の汚染を除くために通常の前処理(AAA処理[Acid-Alkali-Acid])を行った(試料調製法の詳細はYoshida *et al.* 2004参照)。処理済試料は、真空にした石英ガラス封管内で、酸化銅および銀と共に 850℃で加熱し、二酸化炭素にかえた。その後、真空ラインにてドライアイス-エタノール、およびドライアイス-ペンタンの温度差を用いて、水分などを除去し二酸化炭素を精製した。二酸化炭素は、水素と触媒である鉄粉を入れた石英管内に封入し、650℃でグラファイトへと還元した(Kitagawa *et al.* 1993)。作製した鉄-グラファイト粉末は、アルミニウム製カソードにプレスし、測定用試料とした。測定は東京大学大学院工学系研究科加速器研究設備に設置されている AMS(Accelerator Mass Spectrometry)装置(Matsuzaki *et al.* 2004)を用いて行った。資料の化学処理における回収率を第1表に示す。

放射性炭素年代測定法で注意が必要なことは、得られた年代値が必ずしも暦年代ではないということである。放射性炭素年代測定法は、前提条件の一つに過去の放射性炭素濃度は一定であったという仮定がある。しかし、実際は地磁気の変動や太陽活動などの影響により濃度は一定ではなく、経年変動していることが明らかになった。放射性炭素年代値を暦年代に変換するためには、樹木やサンゴ、海洋堆積物などの年輪構造を用いて、実際の過去の放射性炭素濃度と暦年代の対応関係を求めたデータ集(暦年校正曲線: Calibration Curve)と照らし合わせる作業が必要になる。暦年校正曲線は、1986年、1993年に発表された後、これを改訂して 1998年にINTCAL98が公表された。現在ではINTCAL98をベースにRandom Walk Modelを用いてスムージング化された校正曲線INTCAL04やMARINE04が推奨されている(Reimer *et al.* 2004)。本稿では、オックスフォード大学が提供している校正プログラムOxCal 3.10(Ramsey 2005)を用いて暦年代に変換した(第1図)。放射性炭素年代値(Conventional Radiocarbon Age)と校正された暦年代を第2表に示す。得られた校正暦年代値は、7570~7430 calBP(2 σ =信頼率95.4%)である。BP(Before Physics)は、1950年からの逆算年代であるため、西暦では5620~5480 calBCとなる。

土器付着炭化物は、使用時を反映した食物残渣などで構成されていると考えられる為、土器使用時の年代情報を直接得ることができる点で通常有用であるとされる。しかし、一方で土器付着炭化物の由来がまだ究明されていないことや、想定年代よりかなり古い年代を示すことなどの問題が指摘されている(例えばFischer and Heinemeier 2003)。古い炭素を含んだ海洋水の影響

を受けた海洋資源(瀬上性のサケも同様)を調理した場合は、土器付着炭化物の年代値は古くなる傾向にある。通常、貝殻や海獣骨などの海洋資料は、MARINE04などの較正曲線を用いて、大気と海洋中での放射性炭素濃度差に起因する影響(海洋リザーバー効果: marine reservoir effect)の是正を行う。しかし土器付着炭化物の場合、その何割が海洋資源に由来するか不明な為、補正を行うことは困難である。その海洋リザーバー効果の有無については $\delta^{13}\text{C}$ 値・ $\delta^{15}\text{N}$ 値・C/N比などからの推定が試みられている(Kunikita *et al.*, 2005, Sakamoto *et al.*, 2005)が、補正方法は確立していない。海洋リザーバー効果は、平均して約400年古く炭素14年代値が得られるグローバル(global)な効果と各水域におけるローカル(local)な効果を合算して評価される。文岩里遺跡に比較的近い日本海海域におけるローカル海洋リザーバー効果(ΔR)は、5例報告されており、-128~345 yrであり(Yoneda *et al.*, 2000)、1例が345 yrと比較的高い値である。そのため、今回の土器付着炭化物資料が100%海洋資源に由来する場合、最大で約700年程度古く算出されている可能性があるが、4例の ΔR 値が小さいことや実際の付着物が混合物であることを考慮すると、年代値のぶれは数百年程度内であると考えられる。

측정자료는 문암리유적 02-7호주거지 출토의 무문심발(보고서 도면 26-2)의 구연부 내면에 부착되어 있었던 탄화물이다. 측정시료의 조제는 우선 매장 중의 오염을 제거하기 위해 통상의 전처리(AAA처리[Acid-Alkali-Acid])를 행하였다(시료조제법의 상세는 Yoshida *et al.* 2004 참조). 처리를 마친 시료는 진공으로 한 석영 유리 봉관 안에서, 산화동 및 은과 함께 850℃로 가열하여 이산화탄소로 바꾸었다. 그 후 진공라인으로 드라이아이스-에탄올 및 드라이아이스-펜탄의 온도차를 이용하여 수분 등을 제거하고 이산화탄소를 정제했다. 이산화탄소는 수소와 촉매인 철분을 넣은 석영관에 넣어 봉하여, 650℃에서 흑연으로 환원했다(Kitagawa *et al.* 1993). 제작한 철-흑연 분말은, 알루미늄계 카소드(cathode)에 압력을 가하여, 측정용 시료로 했다. 측정은 도쿄대학대학원 공학계연구과 가속기연구설비에 설치되어 있는 AMS (Accelerator Mass Spectrometry)장치(Matsuzaki *et al.* 2004)를 이용하여 행하였다. 자료의 화학처리에 있어서 회수율은 <제1표>에 제시하였다.

방사성탄소연대측정법에서 주의가 필요한 점은, 얻어진 연대치가 반드시 역연대는 아니라는 점이다. 방사성탄소연대측정법은 전제조건에 하나에 '과거의 방사성탄소농도는 일정하였다'는 가정이 있다. 그러나 지자기(地磁氣)의 변동이나 태양활동 등의 영향에 의해 실제 농도는 일정하지 않았으며 해가 지남에 따라 변동했다는 것이 밝혀졌다. 방사성탄소연대치를 역연대로 변환시키기 위해서는 수목이나 산호, 해양퇴적물 등의 연륜구조를 이용하여, 실제 과거의 방사성탄소농도와 역연대의 대응관계를 구한 데이터집(역연교정곡선: Calibration Curve)과 비교하는 작업이 필요하다. 역연교정곡선은 1986년·1993년에 발표된 후, 이것을 개정하여 1998년에 INTCAL98이 공표되었다. 현재는 INTCAL98를 기초로, Random Walk Model을 이용하여 평탄화(smoothing)된 교정곡선 INTCAL04와 MARINE04가 추천되고 있다(Reimer *et al.* 2004). 본고에서는 옥스포드대학이 제공하고 있는 교정프로그램OxCal 3.10(Ramsey 2005)를 써서 역연대로 변환했다<제1도>. 방사성탄소연대치(Conventional Radiocarbon Age)와 교정된 역연대는 <제2표>에 나타내었다. 얻어진 교정역연대치는 7570~7430calBP(2 σ =신뢰율 95.4%)이다. BP(Before Physics)는 1950년부터의 역산연대이기 때문에 서력으로는 5620~5480 calBC가 된다.

토기 부착 탄화물은 사용시를 반영한 음식물 잔재 등으로 구성되어 있다고 생각되기 때문에, 토기 사용시의 연대정보를 직접 얻을 수 있는 점에서 통상 유용하다고 여겨진다. 그러나, 한편

으로 토기부착 탄화물의 유래가 아직 구명되어 있지 않은 점과 상정연대보다 상당히 오래된 연대를 나타내는 점 등의 문제가 지적되고 있다(예를 들면 Fischer and Heinemeier 2003). 오래된 탄소를 포함한 해양수의 영향을 받은 해양자원(역상성의 연어도 마찬가지임)을 조리한 경우, 토기부착 탄화물의 연대치는 (실제보다) 오래된 연대로 나오는 경향이 있다. 동상, 패각이나 바다동물의 뼈 등 해양자료는 MARINE04 등의 교정곡선을 이용하여, 대기와 해양 중에서의 방사성탄소농도차에 기인하는 영향(해양 리저버 효과 : marine reservoir effect)의 시정을 행한다. 그러나 토기부착 탄화물의 경우, 그 몇 할이 해양자원에서 유래하는지가 명확하지 않기 때문에, 보정을 행하는 것이 곤란하다. 그 해양 리저버 효과의 유무에 대해서는 $\delta^{13}C$ 치· $\delta^{15}N$ 치·C/N비 등에서의 추정이 시도되고 있지만(Kunikita *et al.* 2005; Sakamoto *et al.* 2005), 보정 방법은 확립되어 있지 않다. 해양 리저버 효과는 평균해서 약 400년 이른 탄소14연대치가 얻어지는 글로벌(global)한 효과와 각 수역에 있어서의 로컬(local)한 효과를 합산하여 평가된다. 문암리유적에 비교적 가까운 동해해역에 있어서의 로컬 해양 리저버효과(ΔR)는 5‰가 보고되어 있는데, -128~345yr이며(Yoneda *et al.* 2000), 1‰가 345yr로 비교적 높은 수치이다. 그 때문에, 이번 토기부착 탄화물 자료가 100% 해양자원에서 유래한 경우, 최대 약 700년 정도 이르게 산출되었을 가능성이 있으나, 4‰의 ΔR 치가 작은 점, 실제의 부착물이 혼합물인 점을 고려하면, 연대치의 차이는 수백년 정도 이내일 것이라고 생각된다.

참고문헌

- Yoshida, K., Ohmichi, J., Kinose, M., Iijima, H., Oono, A., Abe, N., Miyazaki, Y. and Matsuzaki, H. (2004) The application of ^{14}C dating to potsherds of the Jomon period. *Nucl.Instr. and Meth. B*, 223-224 : 716-722
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS ^{14}C measurement, *Radiocarbon*, 35(2) : 295-300
- Matsuzaki, H., Nakano, C., Yamashita, H., Maejima, Y., Miyairi, Y., Wakasa, S. and Horiuchi, K. (2004) Current status and future direction of MALT, The University of Tokyo. *Nucl.Instr. and Meth. B*, 223-224 : 92-99
- Reimer, P.J., Baillie, M.J.L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Bertrand, C.H.J., Blackwell, P.G., Buck, C.E., Burr, G.S., Cutler, K.B., Damon, P.E., Edward, R.L., Fairbanks, R.G., Friedrich, M., Guilderson, T.P., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsay, C.B., Reimer, R.W., Remmele, S., Southon, J.R., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F.W., Plicht, J. v. d. and Weyhenmeyer, C.E. (2004) IntCal04 terrestrial ^{14}C age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, 46(3) : 1029-1058
- Ramsey, C.B. (2005) OxCal v 3.10
- Fischer, A. and Heinemeier, J. (2003) Freshwater reservoir effect in ^{14}C dates of food residue on pottery. *Radiocarbon*, 45(3) : 449-466
- Kunikita, D., Yoshida, K., Miyazaki, Y., Saito, K., Matsuzaki, H., Ito, S., Kobayashi, T., Fujimoto, T., Kuznetsov, A.M., Krupyanko, A.A. and Tabarev, A.M. (2005) Decipherment of dates on the archaeological site in the Russian Far East Research of marine reservoir effect by comparing charcoal and charcoal remains on the surface of pottery -, 10th International Conference on Accelerator Mass Spectrometry Abstracts : 85
- Sakamoto, M., Kobayashi, K., Matsuzaki, H. and Imamura, M. (2005) Characterization of charred materials on potsherds by means of carbon and nitrogen isotopic analysis

including ^{14}C application to the dietary study in old times, 10th International Conference on Accelerator Mass Spectrometry Abstracts : 60

Yoneda, M., Kitagawa, H., Plicht, J. v. d., Uchida, M., Tanaka, A., Uchiro, T., Shibata, Y., Morita, M, and Ohno, T. (2000) Pre-bomb marine reservoir ages in the western north Pacific : Preliminary result on Kyoto University collection. Nucl.Instr. and Meth. B, 172 :377-381

Sample No.	Amt. received (mg)	Amt. picked (mg)	The residue after AAA treatment (mg)	The residue after AAA treatment (%)	Amt. oxidation (mg)	Carbon content (%)	Amt. CO ₂ (oxidized) (mg C)
BGR-1	97.1	42.6	30.6	71.7	2.3	47.8	1.1

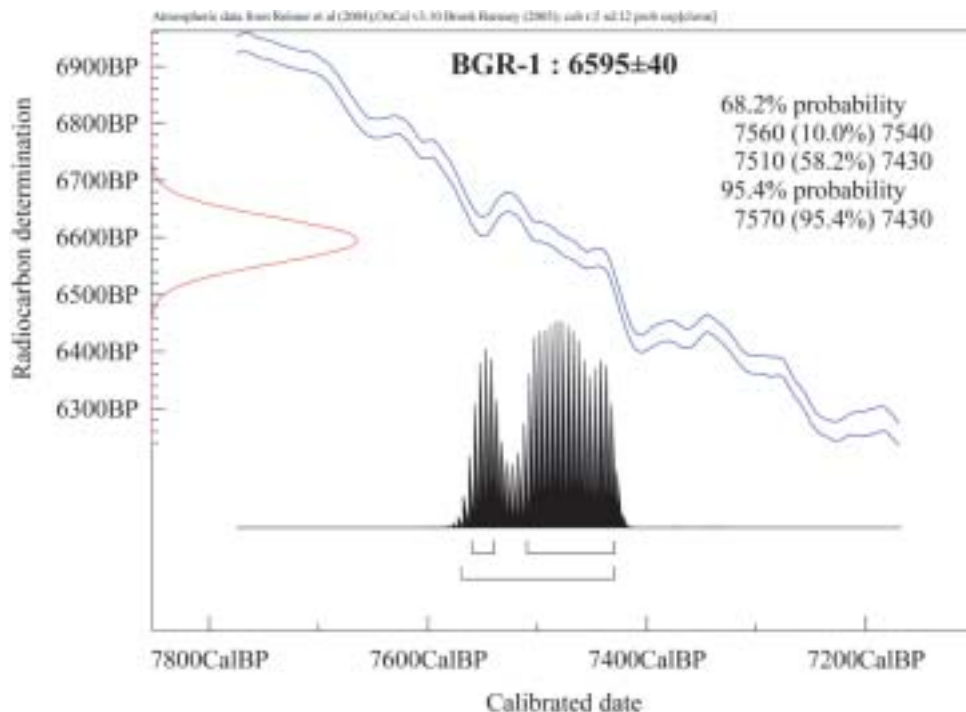
第1表 資料の質量および化学処理

Sample No.	¹⁴ C ages* (BP±1σ)	Calibrated age (cal BP) ±2σ range(provability)**	δ ¹³ C _{PDБ} (‰)	Lab. Code
BGR-1	6595±40	7570 – 7430 (95.4%)	-22.9	TKa-13909

*) ¹⁴C ages were calculated after the correction of isotopic fractionation by the value of δ¹³C measured with AMS.

**) ¹⁴C ages were calibrated using the calibration program, Oxcal 3.10 and INTCAL 04 data set.

第2表 年代測定結果



第1図・校正暦年代値