



The Bronze Age Civilization of South Asia: An Overview

Vasant Shinde

Shweta Sinha Deshpande

(Department of Archaeology, Deccan College Post-Graduate and Research Institute, Deemed University, Pune/India)

Introduction

The period between the Stone Age and the Early Historic period was considered to be the “Dark Age” in Indian History. However, the discovery of the Harappan Civilization, the first Bronze Age Culture of South Asia, in the twenties pushed back the antiquity of the settled life in India by two thousand years at one stroke. This was considered to be the greatest archaeological discovery of the twentieth century in the Indian subcontinent. The development and spread of agriculture and pastoralism in South Asian are complex phenomena that have taken place over the course of more than 9000 years. “First light on a long forgotten Civilization” was probably the first reference to the discovery of the today well known “Harappan Civilization” of the Indian Sub-continent by John Marshall in his article in the Illustrated London News dated September 20th 1924 to the western world. However, today this Urban Civilization known for its unique town planning, script, trade contacts with the Mesopotamians, well developed craft techniques etc. is the focus of popular academic debate not just within the sub-continent but international academic circles especially since even today we have not been able to decipher their writings.

Origin and Extent

The earliest excavations and scholars (Mackay, 1928-29; Marshall, 1931; Vats, 1940) interpreted the rise of the Harappans as a result of a Near Eastern or external stimulus based on simple diffusion models (Fairservis, 1956; Gordon and Gordon, 1940; Piggott, 1950; Sankalia, 1974; Wheeler, 1947, 1968). However, today ideas of indigenous development (Durrani, 1986; Jarrige and Meadow, 1980; Mughal, 1974b; Shaffer, 1982b) as a result of regional interactions among the existing earlier groups of people is believed to be the cause for the development of this civilization covering an area of 2.5 million sq. km nearly four times the size of its contemporary Mesopotamian and Egyptian Civilizations. The northern

most site is Manda on the River Beas in Jammu while Bhagtrav on the Tapti in Maharashtra forms its southern boundary. Alamgirpur on the Hindon river near Delhi and Sutkagendor on the Arabian sea shore near the Iranian border form its eastern and western periphery respectively. Today the Harappans are believed to be a complex of many ethnic groups (Mughal, 1990; Possehl, 1982, 1990b; Shaffer and Lichtenstein, 1989; Thapar, 1979), representing several cultural identities with large regional urban centers like Harappa (Punjab), Mohenjodaro (Sindh), Rakhigarhi (Haryana), Dholavira (Kutch/Gujarat) and Ganweriwala (Cholistan) (Fig. 1) supported by numerable craft centers, and smaller village settlements practicing agriculture which supported this urban and international trading economy.

Ecological setting

The environmental setting of the Harappan Civilization includes two major river systems and its flood plains, the Indus and the Ghaggar-Hakra (now dry); the highlands and plateaus of Baluchistan to the west, and the mountainous regions of northern Pakistan, Afghanistan, and India to the northwest and north. These geographical regions include highlands and lowlands, coasts and interior with distribution of land suitable for agriculture and pastoralism, the location of specific resources the procurement of which influenced the patterns of social and economic interaction and helped define social status.

Chronology

The Harappan culture cannot be studied as a homogeneous cultural phenomena as the cultural assemblages are varied, and include the Pre/Early-Harappan between 3500-2500 BC; Mature Harappan between 2500-2000 BC and the Post/Late Harappan after 2000 BC. A date of 2600 B.C. marks the approximate beginning of the urban fabric of the Harappans with the unification of the urban set-

tlements, the use of writing, weights, Harappan-type ceramic designs, civic planning, etc and is believed to have disintegrated by 2100-1900 B.C. (Shaffer, 1991).

The Harappan urbanisation and standardization (2500-2000 BC)

The urban or the mature Harappan Phase includes a wide range of urban and non-urban rural sites that are varied in size and function but are inherently known for several features like the town planning with defensive walls with impressive gates around the site, two or more divisions of the settlement at the site, drains, baked brick structures, brick size (4:2:1 ratio), pottery, script, similarity in

craft products and techniques (etched carnelian beads, copper-bronze artefacts, lithic blades), seals, weights and measures, evidence of external trade etc which help identify and denote them as a Harappan settlement irrespective of their size or urban/rural character. Some of these features have been touched upon in the following section.

Town planning

From excavated remains, it is clear that the Harappan Civilization possessed a flourishing urban architecture laid out on a grid pattern with provisions for an advanced drainage system and the most important innovation was the standardization of the

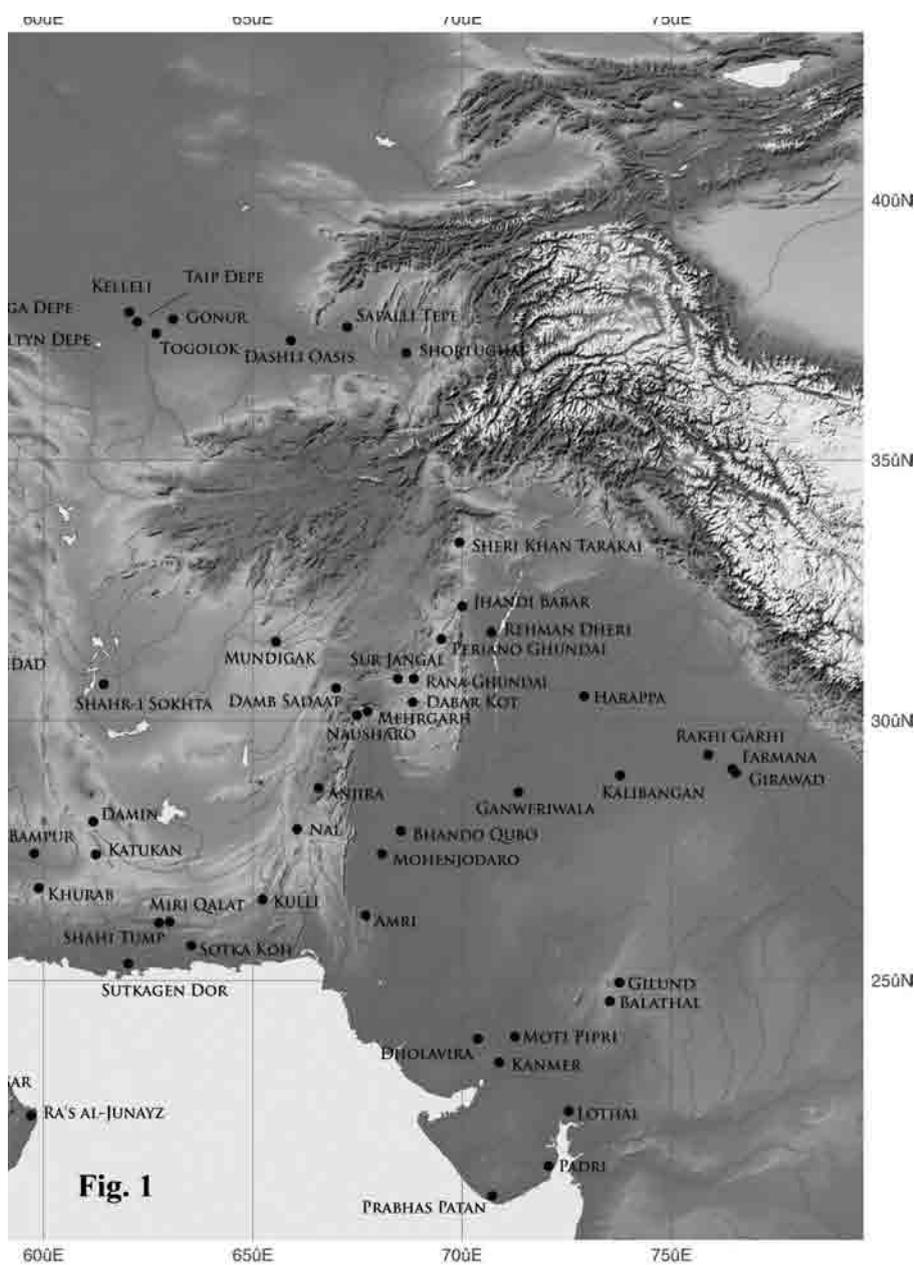


Fig. 1. Map showing the spread of the Bronze Age (Harappan) Culture of South Asia and the locations of important sites.

bricks in a size ratio very close to 4:2:1. The citadel, defense walls, dams etc prove to the existence of monumental architecture. Mohenjo-Daro, Harappa, Rakhigarhi and Dholavira were by far the largest urban centers of the Indus civilization evidently as important political and administrative regional centers. The metropolitan centers were internally divided into two or more parts: the Citadel for rulers and the Lower Town for the common people.

The private houses were oriented towards a central space, with access from the street by an entrance that blocks the view of the interior of the house. A group of houses are associated with one or more private wells and approximately 700 wells have been identified in the core area of Mohenjo-daro, (Jansen, 1989). The number of wells and their association with neighborhoods could indicate a need for discrete and relatively private water sources.

The large public structures have open access or provide a thoroughfare from one area of the site to another like the “Great Bath” of Mohenjodaro, and the “granaries” at Mohenjodaro and Harappa. The “Great Bath” is a large, water-proof tank but its exact purpose remains unknown. The so-called granaries at Mohenjo-daro, Harappa and Lothal are today massive foundation platforms for a superstructure no longer evident.

The cities and smaller settlements also had carefully designed and well maintained drainage systems. Wells and bathing platforms were lined with bricks, and small drains carried water away from the wells or living area to larger street drains (Fig. 2). The street drains were equipped with sump-pits and the streets had bins for non-liquid waste, which was presumably collected and dumped outside the settlement.

The sites were laid out on a rectangular grid of main streets and smaller lanes with an efficient drainage system. The grid-like arrangement of the streets and the stark uniformity of the houses suggest rigid state control, the first instance of town planning in the world. Such a layout is not indicative of a town that has developed from village beginnings; rather, it is the sign of a newly conceived, or relocated, settlement (c.f. Gupta, 1997). The citadel was raised on high mud platforms and its architectural units may have functioned like a palace complex combining the functions of defense stronghold,

meeting place, storage area, ceremonial centre, and perhaps the site of community feasting. In the major cities a defensive wall made of mud-brick protected the citadel and often the lower towns as shown by the excavations at Dholavira (Bisht, 1993; Gupta, 1997).

Subsistence and Economy

The economy was largely based on agriculture, animal husbandry and trade with specialized exchange networks for the procurement and distribution of raw materials and manufactured items within and beyond the civilization in existence. All the evidence indicates that the subsistence base of the economy remained much as it had already developed at Mehrgarh some two millennia earlier. The Harappan civilization apparently evolved from their predecessors, using irrigated agriculture with sufficient skill to reap the advantages of the spacious and fertile Indus River basin while controlling the formidable annual flood that simultaneously fertilizes and destroys (Kenoyer, 1991).

Even though most settlements were located in semi-arid areas with winter rainfall their wealth was based on a subsistence economy of wheat and barley. These winter crops, together with chickpeas, mustard, and field peas, were the staples. The other crops grown were rice, dates, melons, green vegetables (primarily legumes), and cotton. Cotton, a summer crop, was grown for fibre. The Harappans cultivated a variety of grains and harvested two crops a year. Fishing and hunting supplemented the diet. The Harappans developed an elaborate water management system and at the site of Dholavira in Kutch a network of dams, canals and reservoirs were used to manage the meagre and crucial water resources (Bisht, 1993).

Industry

The Harappan civilization boomed with industrial activity and a wide range of mineral resources were worked at various sites notably marine shells, ivory, carnelian, steatite, faience, lapis lazuli, gold, and silver. Craftsmen made items for household use (pottery and tools), for public life (seals), and for personal ornament (bangles, beads, and pendants) for elite markets and long-distance trade. The crafts were seen as producing standardized artifacts that were distributed throughout the Indus region. Often

there is evidence of specialized crafts being segregated in specific sites (**Shortugai, a lapis lazuli mining and processing center, Nageshwar, a shell-working site**) and also specific areas of the sites (Chanhudaro had many groups of artisans involved in the production of elite status items such as seals, long carnelian beads and copper objects). The standardization of crafts is attributed to centralized control of production, organized by a state-level organization (Piggott, 1950; Wheeler, 1968) or the result of a conservative ideology (Fairservis, 1984a; Miller, 1985).

Harappan pottery is perhaps the finest in India and is betoken of the achievement of the Harappan potter. It is made of extremely fine, well-levigated clay, free from impurities, and is uniformly well fired. The surface is treated with a red slip over which designs are executed in black. The painted patterns are rich in variety and the characteristic ones include intersecting circles, fish scales, the pipal leaf, etc but the bulk of the pottery is plain. Typical Mature Harappan shapes include S-shaped jars, the dish-on-stand and perforated cylindrical jars.

Terracotta figurines of humans and animals are an important part of the cultural assemblage of a Harappan site along with beads.

Copper/Bronze Metallurgy: Use of copper and bronze for shaping tools, vessels and ornaments was a characteristic feature of the Harappans. Most of the artifacts found are tools of everyday use such as axes, adzes, knives fish hooks, chisels (Fig. 3) including pots and pans and items of personal use such as jewellery in form of bangles, beads diadem strips while relatively few weapons of war have been found. Though the technique of manufacture of these objects is advanced we do not witness any elaborate ornamental decorative aspects to these items and were at large of a simplistic and modest style probably very typical to the Harappan ideology.

Interestingly most copper artifacts have been found at larger and economically developed settlements in comparison to small agricultural settlements which indicates that it was not in popular use and could have been a symbol of wealth and status. However, most copper artifacts including ornaments and vessels have been found in a non-hoard context which include burials (out of 168 total copper/

bronze ornaments 130 were found in non-hoard context) as against other metal objects especially gold and silver (largely hoards and catches), though some copper vessels and beads in hoards can not be ignored completely. Also the amount of copper/bronze artifacts found at Harappan sites (burial, on sites and hoards) is much less in comparison to the contemporary civilizations probably as an object of scarce availability and a symbol of wealth and status it was passed over from one generation to another and also recycled as is the case today in the region (Agrawal, 2007).

The source for this copper has yet not been identified but the Khetri mines on the Aravalli is the most plausible option. Some scholars have also identified the copper mines in northern and southern Baluchistan, Afghan Seistan as an important source since the Harappans seem to have established flourishing trade relations with the Helmand tradition of this region. The Oman peninsula with evidence of Harappan artifacts and short term Harappan settlements is a candidate for the source of Harappan copper as well. Agrawal (2007) **considers the Aravallis** as the most likely source for the Harappans especially as the Ganeshwar complex sites have yielded more than 5000 copper objects, with some typical Harappan types like thin blades, arrowheads etc. Besides Mesopotamians imported copper from Melleuha which is traditionally identified as the Indus region and hence the idea of a local source holds stronger ground than import from an outside source though the other mentioned sources could also have been tapped for recasting, fabricating and then export to Mesopotamia. However, Kenoyer and Miller argue that there is no direct evidence of Harappan phase mines or smelting sites in the Aravalli copper source areas, even though the area has been explored by numerous scholars (Piggot, 1999) and hence we are still at no particular consensus as far as the source for Harappan copper is concerned.

The Harappans are referred to as a Bronze Age culture, though they seemed to have preferred use of pure copper since a larger repertory of the artifacts are made of pure copper. Copper alloying though was a common aspect of metallurgy within the contemporary civilizations of the Harappans, only 30% of the 177 copper artifacts analyzed from Harappa and Mohenjo-Daro indicate tin, arsenic, nickel or lead alloying, of which tin is the most

common. The amount of tin ranged from 1-12% in the bronze artifacts studied.

The manufacture of copper/bronze objects involves two- three levels of industry. The first and the foremost is obtaining the metal from its ore through smelting for which we do not have any direct evidence in form of slag or the ore at either, the settlement sites or at the Khetri mines the so-called source for Harappan copper. Hence right from the outset we are at a loss for the source of this metal and it has to be put forth that most likely the Harappans obtained the metal from outside as ingots which could be worked by casting through melting and shaping the molten metal through a stone, terracotta or sand mould or direct fabricating or forging and shaping the metal through heating and beating techniques. There is evidence of plano-convex disc shaped ingots with an uneven puckered top surface from Mohenjodaro, Chanhudaro, Harappa and Lothal which it seems was further worked by the copper smiths for producing the objects required.

A detailed analysis of the copper artifacts indicate that the Harappans were aware of the lost wax process or *cire perdue* as the two dancing figurines and a covered cart without its wheels and another complete with the driver from Chanhudaro are manufactured using this closed casting technique. According to Mackay (1938), a large number of blade axes were manufactured using closed casting technique and “were so faulty and full of blow holes as to be unusable except for re-melting”. However the absence of moulds at any site except Lothal (not accepted by Agrawal, 2007) is suggested as a result of use of sand based moulds which disintegrate when exposed to nature and hence create a vacuum in the archaeological context.

Several other objects especially the flat celts and axes indicate open mould casting with slow and controlled cooling of the cast metal.

However the maximum objects are of the forged category which is basically the shaping and modification of non-molten metal using the force of a hammer on hot or cold metal. Forging helps shape and hardens the objects and hence is an important aspect of manufacture of edged tools of every day and industrial use, which are the most common finds at Harappan sites (of 521 objects for Chanhudaro, 645 are tools, 26% are ornaments, 7% were vessels and 3% percent included the miscellaneous objects).

The most common example is the Harappan chisel which was forged from a cast copper bars, while thin razors were cut from copper sheets and then forged to form a sharp cutting edge. Most of the copper vessels were also manufacture by beating the copper sheet into the required shape.

Besides copper the Harappans worked with gold, silver and lead as is exhibited from the artifactual evidence.

Shell: Gujarat was one of the main centres for production of shell objects from the *Turbinella Pyrum* which was cut and worked using a bronze saw. Nageshwar, Bagasra, Kuntasi etc. have been identified as important shell working centres for procuring raw material and processing finished goods like bangles, beads-pendants, decorative inlay pieces, spoons and ladles etc.

Stone: various types of stone was worked for different purposes which varied from lithic tools made of chert and chalcedony, seals carved of steatite for public utility to objects of personnel use especially ornaments like beads, bangles pendants etc. made of, technologically altered and transformed materials like faience, carnelian, paste. Some of this was not only for the local but the international market as well since Harappan carnelian beads have been found at the royal cemetery of Ur.

The Harappans and their crafts have been identified as a technologically innovative group with an indifference towards the regular precious stones like lapis and turquoise. Jarrige sums up their attitude by saying that “they didn’t like them because they couldn’t play with them” (Agrawal, 2007:323) while Vidale goes on to say “ the Indus people are noteworthy of their cultural expression of not power of conquering, but rather power of creating; from abstract universe created in their urban organization to artificial stone of their microbeads ” (Agrawal, 2007:323).

Trade

The evidence for trade/exchange is primarily artifacts made from raw materials with regionally restricted sources, such as marine shell, agate, carnelian, lapis lazuli, turquoise, coloured cherts and jaspers, serpentine, steatite and copper. Transport of objects was probably overland by human porters, cattle carts, and on the backs of sheep, goat, cattle etc. The locations of major settlements were related

to the importance of riverine or sea transport as is the case with settlements like Lothal, Balakot, Sutkagendor etc (Ratnagar, 1981; Jansen, 1989),

Evidence from sites in Mesopotamia suggests that the Harappans (Meluhha) exported wood, shell, ivory, gold, decorated carnelian beads, lapis lazuli and perishable items like textiles, cotton and food grains; and much of this trade would have been routed via the Gujarat coast due to its strategic location at the delta of the Indus River. Other goods found are indicative of the trade networks include gold from southern India or Afghanistan, silver and copper from Oman or Rajasthan, lapis lazuli from Afghanistan and turquoise from Iran and Afghanistan. It is believed that trade existed between Egypt and the Harappans on the basis of two terracotta mummies from Lothal. Also the blue colour used by the Egyptians is said to have come from Indigo cultivated in India (Zarins, 1992), evidence of which is found at Rojdi. Trade with the west seem to have received a major boost around 2300-2200 BC, and this is when the Harappans set-up small industrial centres all along the resource and coastal regions for promoting their trade. However by 1900 BC trade with Mesopotamia started to decline and by 1700 it had completely disappeared (Dhavalikar, 1997). The presence of cubical weights of precise measures and impressions of seals (sealings) also point to a well-developed and structured system of trade with control and distribution methods. The well developed though undeciphered script was probably also an integral part of this network.

The Harappan script

The urban Harappans can be easily differentiated from their predecessors and successors on the basis of their use of writing which was used for identification of ownership of goods or economic transactions, accounting, the recording of socio-political or ritual events (Fairservis, 1983; Parpola, 1986). The origins of this writing system is not clear and till date has not been deciphered due to the lack of a bilingual text and also because the inscriptions are very short, usually only of about five discrete symbols (Parpola, 1979).

However this has not restricted academic debate and linguists suggest affinities with Proto-Dravidian or Indo-Aryan language (Fairservis, 1983; Parpola, 1986) without any consensus or proof. Though now

it is generally agreed that writing was from right to left and is most commonly found on the intaglio seals, made of carved and fired steatite, steatite, clay or faience tablets and numerous incised tools and ornaments and often on pottery before or after firing, stamped on pottery, terra-cotta cakes or terra-cotta cones (Joshi and Parpola, 1987).

These writings or symbols regardless of its understanding by the modern scholars do represent a shared belief and ideology that was distributed over an extremely large area which was undoubtedly a key factor in the integration of the urban and rural populations spread over varied ecological settings.

Religion

Wheeler (1968) emphasized that religious and secular activities were indivisible concepts, and this fact applies not just to ancient past but even today as can be often seen from the religious symbolism of modern Indian sub-continent. Even today several tools and toys used in secular form acquire a “ritual status” with changing contexts. Many objects and symbols have been seen as representing Harappan “religious” beliefs and practices and include seals, horned male deities, Mother Goddess figurines, fire-altars, etc. However all attempts to correlate these objects and scenes to Indian mythology and religion or to the contemporary Mesopotamian religious belief have failed due to lack of deciphered text (Allchin, 1985; Ashfaque, 1989; Dhavalikar and Atre, 1989; Fairservis, 1975, 1984b; Parpola, 1984, 1988).

Religious traditions and beliefs are also witnessed in the death rituals and Harappan burials also indicate localized patterns (Kennedy and Caldwell, 1984). The cemeteries are small and do not appear to represent the entire society, hence, it is possible that certain groups practiced burial while others used cremation or exposure while variation in the mode of burial and the quantity of grave goods also indicate difference of social and religious norms.

Wheeler (1968) had put forth local cults and a state religion, which is similar to what he witnessed in the living traditions of numerable local cults and a larger religious ideology pantheon which is all inclusive. Fairservis (1986) proposed that cities such as Mohenjodaro were primarily ceremonial centers and that “religion” was an integrating factor using a

complex system of shared beliefs and rituals legitimizing the economic and political control.

The Harappan society and polity

It is still impossible to do more than guess at the social organization or the political and administrative control implied by this vast area of cultural uniformity. The evidence of widespread trade in many commodities, the apparent uniformity of weights and measures, the common script, and the almost common currency-of seals, all indicate some measure of political and economic control probably originating from the large regional centres. The presence of status objects throughout the Indus region indicates a strong socio-political and religious system of beliefs that demanded and prompted the acquisition and use of such items. A sufficient supply would have been ensured by economic networks and the spread of specialized artisans and technologies to major sites and interestingly there is no evidence for acquisition by force which is obvious in the near absence of weapons of war. The acquisition of exotic goods must be seen as the accumulation of grain or livestock surplus - in an increasing status differentiation between those who have and those who have not.

There is no clear idea about the composition of Harappan population in spite of the fact that a number of their grave-yards have been excavated. The sites like Harappan, Kalibangan, Rakhigarhi, Lothal, Farmana (Shinde et al. 2009) (Fig. 4) have produced separate cemeteries, but due to lack of sufficient scientific analyses such as DNA, Isotope and Trace Element, etc. features like genetic aspects, health and diet of the people is not sufficiently known yet. However, social stratification is evident in their burials.

Conclusion

In conclusion, a short survey of the Harappan cultural material indicates a sufficiently advanced socio-economic and technological fabric capable of developing a complex economic infrastructure and political organisation which involved international relations. As technologically and economically advanced people they were able to expand into a number of ecozones with different environmental variables and economic potential as shown by the location of most of the sites in areas of importance

such as resource areas or on trade routes. The Harappans were traders par excellence, which to a certain extent formed the basis of their urbanised status through trade contacts.

Bibliography

- Agrawal, D.P. (2007). *The Indus Civilization An interdisciplinary Perspective*, Aryan books International, New Delhi
- Allchin, F. R. (1985). *The Interpretation of a Seal from Chanhudaro and its Significance for the Religion of the Indus Civilization*. In Schotsmans, J. and Taddei, M. (eds.), *South Asian Archaeology 1983*, Istituto Universitario Orientale, Naples, 1, pp. 369-384.
- Ashfaque, S. M. (1989). *Primitive Astronomy in the Indus Civilization*. In Kenoyer, J. M. (ed.), *Old Problems and New Perspectives in the Archaeology of South Asia*, Wisconsin Archaeological Reports, Madison, 2, pp. 207-215.
- Bisht, R.S. (1993). *Banawali: 1974-77, Harappan Civilization in Recent Perspective* ed. G.L Possehl, Oxford and IBH Publications N. Delhi.
- Dhavalikar, M.K. (1997). *Indian Protohistory Books and Books*, New Delhi
- Dhavalikar, M. and Atre, S. (1989). *The Fire Cult and Virgin Sacrifice: Some Harappan Rituals*. In Kenoyer, J. M. (ed.), *Old Problems and New Perspectives in the Archaeology of South Asia*, Wisconsin Archaeological Reports, Madison, 2, pp. 193-206.
- Durrani, F. A. (1986). *Rehman Dheri and the Origins of Indus Civilization*. Ph. D. Dissertation, Temple University.
- Fairservis, W. A. (1956). *Excavations in the Quetta Valley, West Pakistan*. *Anthropology Papers of the American Museum of Natural History* 45 (part 2).
- Fairservis, W. A. (1975). *The Roots of Ancient India*. (2nd ed., revised) Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Fairservis, W. A. (1983). *The Script of the Indus Valley Civilization*. *Scientific American* 248 (3) : 58-66.
- Fairservis, W. A. (1984a). *Archaeology in Baluchistan and the Harappan Problem*. In Lal, B. B. and Gupta, S. P. (eds.), *Frontiers of the Indus Civilization*, Books and Books, New Delhi, pp. 277-288.
- Fairservis, W. A. (1984b). *Harappan Civilization According to its Writing*. In Allchin, B. (ed.), *South Asian Archaeology 1981*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 154-161.
- Fairservis, W. A. (1986). *Cattle and the Harappan Chief-*

- doms of the Indus Valley. Expedition 28 (2) : 43-50.
- Gordon, D. H. and Gordon, M. E. (1940). Mohenjo-daro: Some Observations on Indian Prehistory. Iraq (London) 7 : 7.
- Gupta SP, (1996), The Indus-Saraswati Civilisation, Origins, Problems and Issues, Pratibha Prakashan N. Delhi
- Jansen, M. (1989). Some problems regarding the Forma Urbis Mohenjo-Daro. In Frifelt, K. and Sørensen, P. (eds.), South Asian Archaeology, 1985, Curzon Press, London, pp. 247-254.
- Jarrige, J. F. and Meadow, R. H. (1980). The Antecedents of Civilization in the Indus Valley. Scientific American 243 (2) : 122-133.
- Kenoyer, J. M. (1991a) Ornament Styles of the Indus Tradition. Paper presented at the American Committee for South Asian Art, Washington, D.C, April 19.
- Kenoyer, J. M. (1991b). Urban Process in the Indus Tradition: A preliminary model from Harappa. In Meadow, R. H. (ed.), Harappa Excavations 1986-1990: A multidisciplinary approach to Third Millennium urbanism, Prehistory Press, Madison, WI, (In press).
- Kennedy, K. A. R. and Caldwell, P. C. (1984). South Asian Prehistoric Human Skeletal Remains and Burial Practices. In Lukacs, J. R. (ed.), The People of South Asia, Plenum Press, New York, pp. 159-197.
- Joshi, J. P. and Parpola, A. (eds.). (1987). Corpus of Indus Inscriptions. Suomalaisen Tiedeakatemia Toimituksia, Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Sarja - Ser, B, Nide - Tom. 239. Memoirs of the Archaeological Survey of India, No. 86. Suomalainen Tiedeakatemia, Helsinki.
- Marshall, S. J. (1931). Mohenjo-daro and the Indus Civilization. A. Probsthain, London.
- Mackay, E. J. H. (1928-29). Excavations at Mohenjodaro. Annual Report of the Archaeological Survey of India : 67-75.
- Mackay, E. J. H. (1938). Further Excavations at Mohenjodaro. Government of India, New Delhi.
- Miller, D. (1985). Ideology and the Indus Civilization. Journal of Anthropological Archaeology 4 (1) : 34-71.
- Mughal, M. R. (1974). New Evidence of the Early Harappan Culture from Jalilpur, Pakistan. Archaeology 27: 106-113.
- Mughal, M. R. (1990). Further Evidence of the Early Harappan Culture in the Greater Indus Valley: 1971-90. South Asian Studies 6 : 175-200.



Fig. 2. Recent evidence of town planning excavated at the site of Farmana in Haryana State of India.

- Parpola, A. (1979). The Problem of the Indus Script. In Agrawal, D. P. and Chakrabarti, D. K. (eds.), *Essays in Indian Protohistory*, B. R. Publishing Corp., Delhi, pp. 163-186.
- Parpola, A. (1984). New Correspondences Between Harappan and Near Eastern Glyptic Art. In Allchin, B. (ed.), *South Asian Archaeology, 1981*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 176-195.
- Parpola, A. (1986). The Indus Script: A Challenging Puzzle. *World Archaeology* 17 (3) : 399-419.
- Parpola, A. (1988). Religion Reflected in the Iconic Signs of the Indus Script: Penetrating into Long-Forgotten picto-graphic Messages. *Visible Religion :Annual for Religious Iconography*, Brill, Leiden, VI, pp. 114-135.
- Possehl, G. L. (1982). The Harappan Civilization: a contemporary perspective. *Harappan Civilization: A contemporary perspective*. G. L. Possehl. Delhi, Oxford & IBH and the American Institute of Indian Studies: 15-28.
- Possehl, G. L. (1990). Revolution in the Urban Revolution: The Emergence of Indus Urbanism. *Annual Review of Anthropology* 19 : 261-282.
- Piggott, S. (1950). *Prehistoric India*. Penguin Books, London.
- Ratnagar, S. (1981). *Encounters, The Westerly Trade of the Harappa Civilization*. Oxford University Press, Delhi.
- Sankalia, H. D. (1974). *The Prehistory and Protohistory of India and Pakistan*. Deccan College, Poona.
- Shaffer, J. G. (1982). Harappan Culture: A Reconsideration. In Possehl, G. L. (ed.), *Harappan Civilization*, Oxford and IBH Pub. Co., New Delhi, pp. 41-50.
- Shaffer, J. G. and Lichtenstein, D. A. (1989). Ethnicity and Change in the Indus Valley Cultural Tradition. In Kenoyer, J. M. (ed.), *Old Problems and New Perspectives in the Archaeology of South Asia*, Wisconsin Archaeological Reports, Madison, WI, 2, pp. 117-126.
- Shaffer, J. G. (1991). The Indus Valley, Baluchistan and Helmand Traditions: Neolithic Through Bronze Age. In Ehrich, R. (ed.), *Chronologies in Old World Archaeology (3rd Edition)*, University of Chicago Press, Chicago, 1, pp. 441-464.
- Shinde, Vasant, T. Osada, A. Uesugi and M. Kumar 2009-2010. *Harappan Necropolis at Farmana in the Ghaggar Basin*, New Delhi: Indian Archaeological Society.

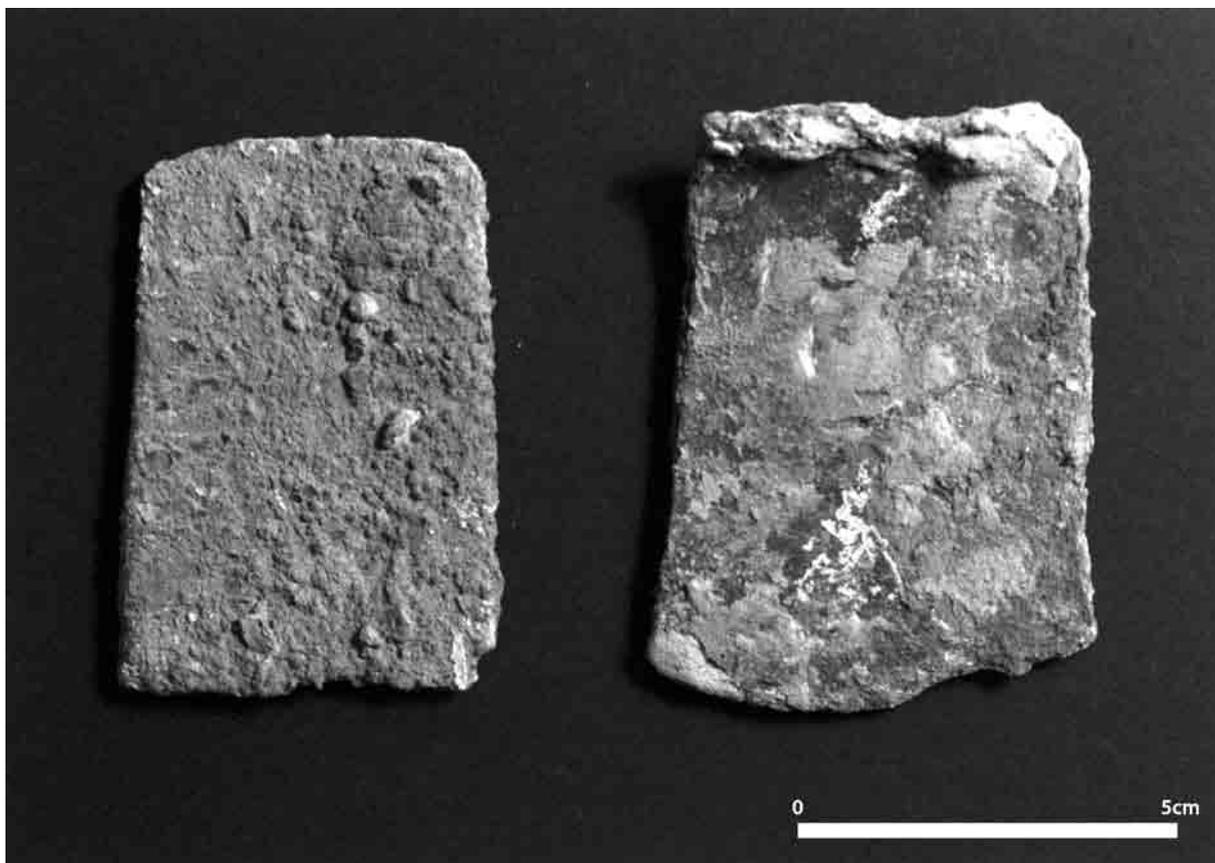
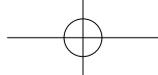


Fig. 3. Some of the copper/bronze artefacts of the Bronze Age Culture.



Thapar, B. K. (1979). The Mosaic of the Indus Civilization Beyond the Indus Valley. International Conference on Mohenjo-daro, Karachi.

Vats, M. S. (1940). Excavations at Harappa. Govt. of India Press, Delhi.

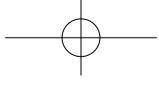
Wheeler, 1947, Wheeler, R. E. M. (1947). Harappa 1946: The Defenses and Cemetery R-37. *Ancient India* 3 : 58-130.

Wheeler, R. E. M. (1968). The Indus Civilization. Cambridge History of India. Cambridge University Press, Cambridge.

Zarins, J. (1992). The Early Utilization of indigo along the northern Indian Ocean rim, *South Asian Archaeology* 1989: 469-83, Madison: Prehistory Press



Fig. 4. Burials of the Bronze Age culture excavated at the largest Necropolis discovered at Farmana, Haryana State of India.



中国古代高锡青铜熔炼和制作技术初步研究

何堂坤(中国科学院自然科学史研究所)·王佩琼(中国科学院研究生院)

内容提要：我国古代的高锡青铜技术取得了多方面的成就。在金属熔炼方面，明代发明了专用于铜镜的火硝骨髓精炼法。在铸造方面，早在先秦时期人们就注意到了组织疏松对镜面映照效果的影响，之后并采用了改变铜镜厚度、镜钮大小等一系列积极措施，并获得了不少有效的成果。在热处理方面，先秦时期便把淬火处理用到了铜镜和刀剑等工艺中，从而在一定程度上提高了高锡青铜的强度，降低了它的硬脆性。在锻造技术方面，至迟汉代，人们就发明了淬火与锻打相结合的成型加工工艺，从而有效地改善了高锡青铜的加工性能。这些都从一个侧面反映了我国古代青铜技术的发展水平。

关键词：高锡青铜 熔炼 铸造 锻造 淬火

我国古代高锡青铜约发明于夏(前2070~前16世纪)及其与这相当的历史时期^①，由夏到宋(公元960~1279年)，高锡青铜的用途主要有6个方面，即饰器、生产工具、兵刃器、响器、铜镜、容器。其中有铸件，也有锻件，铸件居多；有铸态和退火态，也有淬火和回火态；部分器物表面还进行过车削或磨削加工。这都从一个侧面反映了我国古代高锡青铜在熔炼、铸造、机械加工和热处理等方面的杰出成就。本文主要对这四方面做一介绍。

一、关于我国古代高锡青铜的熔炼技术

早在商(前1600~前1046年)周(前1046~前256年)时期，我国就创造了灿烂的青铜文明，制作了大量体型高大、造型生动、花纹细腻、表面光洁、成分配制得当的青铜器，这与青铜熔炼技术的发展是密切相关的。

我国古代对青铜熔炼一直较为重视，从先秦、汉魏到明代，都留下过不少重要的记载，由早到晚，其大体经历了三个不同的发展阶段：(1)“消炼之精不复减”的精炼法，主要盛行于先秦时期。(2)“百炼”式标以炼数的精炼法，主要盛行于汉魏六朝时期。(3)火硝骨髓精炼法，主要盛行于明代。由文献记载和铜器铭文看，前二者乃泛指一般青铜合金，但高锡青铜使用得较多；后者则主要用于高锡青铜。

(一)“消炼之精不复减”精炼法

《考工记》云：“梲氏为量，改煎金锡则不耗，不耗然后权之，权之然后准之，准之然后量之，量之以为龠。”同书同段又说：“凡铸金之状，金与锡黑浊之气竭，黄白次之；黄白之气竭，青白次之；青白之气竭，青气次之，然后可铸也。”前一段文字说铸造量器时，铜锡料须精炼得非常纯净，最后要用多种方法检验和校核。汉郑玄注“不耗”云：“消涑之精，不复减也。”宋沈括在《梦溪笔谈》卷三说百炼钢在锻炼终了时，便“百炼不耗”；此两种说法的含义基本上是

一致的，唯一指铜、一个指钢言。第二段文字说金属熔炼各阶段的火焰性状，汉郑玄注为“消涑金锡精粗之候”。《考工记》是春秋战国时期的百工技艺之书^②，说明当时在金属熔炼方面已积累了相当丰富的经验，并形成了一整套较为严格的技术规范。郑玄注谓量器与钟鼎同齐，即依《考工记·六齐》的规定，其含锡量与钟鼎同样，亦为14.29%^③，近于高锡青铜。此法的具体操作已难详知，大体应是一种多次熔炼、反复精炼的工艺。

(二)“百炼”式精炼法

我国古代标以“炼数”的青铜精炼工艺约始见于西汉晚期，东汉六朝甚为流行，唐代及其稍后仍可看到。所见有“三炼”、“五炼”、“十炼”、“三十炼”、“百炼”等说，涉及的器物主要是铜鼎、铜壶、铜镜等，尤以铜镜为夥。依《考工记·六齐》的规定，铜镜为高锡青铜，鼎接近高锡青铜。

容庚《汉金文录》卷一载阳朔元年(公元前24年)“上林十涑铜鼎”1，这是今见标以炼数的最早铜器。同书又载永始二年(公元前15年)“十涑铜鼎”2件，永始三年(前14年)“十涑铜鼎”1件。《枫窗小牍》说北宋宣和三年(1121年)时，人得西汉绥和元年(公元前8年)“官造三十鍊铜黄涂壶”1件。东汉时期，铜业中又出现了“百炼”说。传世有建安七年(202年)半圆方形带神兽镜1枚，铭作“建安七年九月廿六日作明竟，百涑青铜”等字。六朝时期，标以炼数的铜镜甚多，所见有黄初三年“五束”神兽镜、黄武元年“百涑明竟”(半圆方枚神兽镜)，赤乌元年“百涑正铜”镜(半圆方形带神兽镜)、黄龙元年“陈师世造三涑明镜”(重列神兽镜)、西晋太康元年“百涑青铜”镜(神兽镜)、元康元年“百涑正铜”镜(半圆方形带神兽镜)等。

这类“百炼”工艺的具体操作今亦不得而知，大体上亦是一种多次熔炼、反复精炼的工艺。现代铸造用的铜料、锡料皆经电解精炼，夹杂很少，铸前熔炼的主要目的是调整好温度和成分，并控制好熔液含气含氧量；古代皆为火法冶炼和火法精炼，铜料锡料所含夹杂都较多；所以，去除夹杂是铸前熔炼的重要任务。当然，名为“百炼”，未必要达到一百之数。李肇《国史补》卷下云：“扬州旧贡江心镜，五月五日扬子江心所铸也。或言无有百炼者，功至六七十炼则易破难成。”这一说法很有道理。从现代技术观点看，反复精炼的次数，应以去尽夹杂为度，并非次数越多越好；因在“百炼”的同时，还会伴随金属吸气；精炼次数越多，吸氧量可能越大，温度较高时尤其如此；弄得不好时，就会出现过烧。所谓的“易破难成”，当是吸气、晶粒间界氧化等造成。

(三)“火硝骨髓”精炼法

明冯梦祯《快雪堂漫录》云：“凡铸镜，炼铜最难，先将铜烧红打碎成屑，盐醋捣，葶芥拌，铜埋地中；一七日

取出，入炉中化清，每一两投磁石末一钱，次下火硝一钱，次投羊骨髓一钱。将铜倾太湖沙上，别沙不用。如前法六七次，愈多愈妙。待铜极清，加碗锡；每红铜一斤加锡五两，白铜一斤加六两五钱。所用水，梅水及扬子江水为佳。白铜炼净一斤只得六两，红铜得十两，白铜为精。”^[2]此“磁石”(Fe₃O₄)、“火硝”，皆为氧化性熔剂。依金属溶液中的氢氧平衡原理，它们皆可起到除气(氢)的作用。“羊骨(髓)”含磷，为脱氧剂。“碗锡”即锌，为保护性熔剂。清郑复光《镜镜论痴》卷四“作照景镜”条说：“倭铅即白铅，又名碗锡”。此“白铜”当是镍白铜或神白铜，元代之后，这一名称的含义基本上已经定型。可见，此熔炼步骤是：先用磁石、“火硝”使铜液含氧量提高来达到去除氢气的目的；之后再用羊骨(髓)脱氧；之后加锌，以减少锡的氧化；最后再加锡^[3]。这是一套相当完善的熔炼、精炼工艺，与现代技术原理是基本相符的，现代部分铜加工厂也曾推荐过类似的操作法。文中的“如前法六、七次”主要指除气、脱氧两道工序；看来它便是依照“先除气一后脱氧一再除气一再脱氧”方式反复进行的。“盐醋捣，荇芥拌，铜埋地中”等项操作，当也是为了提高熔液含氧量的缘故。文中所云精炼次数“愈多愈妙”，则未必完全可信。

这段文献是指镜用合金的，其铜锡比为“每红铜一斤加锡五两”，若不计烧损的话，此铜镜含锡量当为23.8%。这对我们了解先秦“消炼之精不复减”精炼法、汉魏“百炼”式精炼法等都有一定帮助的。此三种精炼法，即“消炼之精不复减”精炼法、“百炼”型精炼法、火硝骨髓精炼法，大体都是一种反熔炼、复精炼，它代表了我国古代青铜熔炼、精炼工艺的三个不同发展阶段和操作形式。其具体操作当有一定差别：(1)时代不同，具体操作便可能不同。如我国古代的炼锌技术始见于明，故明代以前便不会有“加碗锡”的工序。(2)合金成分不同，具体操作未必完全一样，这涉及到熔化温度、浇铸性能等一系列问题。如镜用青铜配锡量较多，为减少锡的氧化，必须尽量降低铜液中的含氧量，并用加锌的办法来减少锡的烧损，一般锡青铜则未必如此。(3)器物不同，对熔炼技术的要求便不同，在古代常用青铜器物中，铜镜要求最高，其他器物则未必如此严格。

二、关于高锡青铜的铸造技术

今在考古发掘中所见我国年代最早的青铜铸件是马家窑文化青铜刀，时约公元前3280～前2740年。最早的高锡青铜铸件约属夏代至商初，这在火烧沟文化^[4]、岳石文化^[5]、二里头文化^{[6][7]}、朱开沟文化^[8]、赤峰大甸子夏家店下层文化等都可看到(表1)^[9]。这些早期高锡青铜，其中相当一部分可能都是利用共生矿直接冶接得到的。从夏代到唐宋，我国高锡青铜铸件主要有6大类：(1)饰器，如鼻饮^[4]、耳环^{[8][9]}、指环^[9]、杖首^[9]等；(2)生产工具，包括农具和手工业工具，如钩^[7]、刀^{[6][8]}、削^[10]、锥、针^[14]、镰^[18]、篋刀^[19]、刮刀^[22]、斧^[25]、凿^[26]等；(3)容器，如爵^[8]、罍、觚、尊^[11]、鼎等^[12]；(4)兵刃器，如矛^[4]、戈^{[8][17]}

、镞^[8]、刀^[13]、剑等^{[15][23][24]}；(5)响器，如钟^{[16][26]}、鎗于等^[18]、铃^{[18][26]}；(6)铜镜(表1)^[9]。可见高锡青铜几乎伸展到了社会生活和社会生活的各个领域。关于我国古代青铜铸造的工艺操作和技术成就，国内外学者都进行过许多研究，通常都包括了高锡青铜，今不再重复。今要讨论的问题主要是，古人在减少组织疏松对铜镜映照效果的影响方面取得的积极成果。这一点，以往是关注不够，研究较少的。

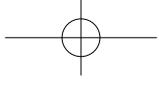
关于问题之缘起。人们在考察古代铜镜形制时，都会看到这样一个现象，即由战国至汉唐，随着时间的迁移，铜镜大小、厚薄、镜钮大小、花纹凸起高度等都会呈现一种规律性变化。对这种变化的原因，但已往一般认为主要与社会风尚和审美观点的变化有关，我在《中国古代铜镜的技术研究》一书中大体也持了同样的观点。现在看来，这仅仅是原因之一，此外应当还有更为重要的原因，即应当还与锡青铜冷凝时产生的组织疏松有关。现先看一下铜镜部分尺寸随时间迁移而变化的情况。我曾随机取样，对多个历史时期的铜镜尺寸做过一些测量，标本分属湖北、湖南、安徽、陕西等，其中半数以上的标本我都做过科学分析^[28]。测量结果如下：

关于镜之大小。战国镜一般较小，西汉之后稍有增大，东汉六朝镜更大，唐镜又稍变小。我测量过战国镜3枚，直径94～144毫米(鄂州四山镜01)，平均11.6毫米。西汉镜3枚，直径98～178毫米(鄂州规矩四神镜11号，新莽)，平均128.7毫米。东汉至中晚期至六朝镜7枚，直径103～201毫米(鄂州画纹带神兽镜1—116)，平均161毫米。唐镜6枚，直径106～188毫米(安徽宝相花镜2：3392)，平均155毫米^[28]。

关于镜之厚度。战国镜一般较薄，汉至六朝变厚起来，唐镜更厚。我测量过战国镜5枚，厚0.8～1.2毫米(长沙彩绘镜C1)，平均1.16毫米。西汉镜5枚，厚1.28～2.8毫米(安徽百乳镜W8)，平均2.0毫米。东汉晚期至南朝镜6枚，厚1～2毫米，平均1.517毫米。唐镜6枚，厚2.9～4.0毫米(鄂城八卦镜E33)，平均3.15毫米^[28]。

关于钮之大小。战国镜之钮一般既小且矮，最为习见的是三弦钮，其长宽高往往分别在5毫米、4毫米、7毫米附近。西汉时期增大，最为习见的是乳状钮，直径和高往往分别在12毫米、7毫米附近。东汉至中晚期至六朝镜钮的基本特点是既大且平，俗谓之扁圆大钮，直径和高往往在30毫米、10毫米附近。我检测过一件扁圆钮，径40.6毫米、高5.0毫米，而其镜面径却只有139毫米(鄂州柿蒂八凤镜32)。唐镜之钮又有些变小，我测量过4枚铜镜之圆钮，直径和高分别为：16毫米x5毫米、21毫米x8毫米、20.5毫米x6.6毫米、25毫米x10毫米^[28]。

关于花纹凸起之高低。战国镜花纹一般较细，凸起亦较低，包括羽状地纹镜、云雷地纹镜、花叶镜、山字镜、蟠螭纹镜等莫不如此。西汉之后凸起高度有所增加，这在日光镜、昭明镜等上都可看到。东汉六朝时，许多镜子的花纹都凸起较大，尤其是部分神兽镜。唐代又有减低。



这些标本皆随机取来，虽未必十分全面，但也在一定程度上反映了铜镜形制的真实面貌。这是一般情况，当然也有部分镜子与上述规律不符。

对铜镜形制的这种变化，仅用社会风尚和审美观点的变化来解释时，许多问题都是解释不通的。如：（1）先秦时期许多礼器、用器都既厚且重，为何铜镜这种极易摔破之物却既小且薄？（2）东汉六朝之后，有的铜镜制作得十分讲究，但其钮孔却开到了半腰上，看上去很不雅观，很难说与社会风尚和审美观点有关。今结合传统铸镜工艺调查来看，这主要应是一个技术问题，这种规律性变化，反映了人们为减少组织疏松对镜面映照的不良影响而进行的一系列探索和努力。

所谓“组织疏松”，是由铸造过程中的许多显微收缩造成的。当金属冷凝时， α 相的树枝状晶几乎在整个器件中同时生成，它们交叉分布，生长很快，而最后冷凝的枝晶间的微小金属液池，就会被这些枝晶隔离开来，在凝固收缩时，这些液池再也无法从他处得到液态金属的补足，便形成了许多分散的显微缩孔，众多的显微缩孔就成了“组织疏松”。在古代生产条件下，它对铸件使用性能的影响至少有两方面：（1）降低铸件强度。这对兵刃器和生产工具等较为不利。但在古代技术条件下，影响不会太大。（2）影响铜镜映照效果。若这种组织疏松发生于器件中心或接近于铜镜背面，此影响是不大的；但若出现于镜面表皮之下，则十分不利；它会一磨即现，无数个显微缩孔，密密麻麻，成块成片，其色灰暗，有如乌云一般。

因组织疏松的形成及数量，是由金属冷凝收缩的特性决定的，是不可避免或很难避免的，但它的分布位置，却可适当调节。这样，历代铜镜形制变化的许多问题便很好解释了。战国镜较小较薄，金属总量较少，镜体冷凝甚为迅速，存留的晶枝间“金属液池”的数量，和每个“金属液池”的金属量都较少，显微缩孔亦少，于是其出现于镜面表层下的几率也就较低。镜钮较小，就不存在迟迟未凝的晶枝间“金属液池”，镜钮处出现组织疏松的几率也就降低。这是战国镜形制的优点。但这种镜制也有缺点：主要是易于摔破，易于磨破，就缩短了它的使用年限。于是从西汉到唐代，铜镜就变得厚重起来，有时镜钮亦变大，金属的高温中心便移到了镜体断面的中心，离镜子正面表层稍远，一定程度上减少了它对镜面映照效果的不良影响。六朝铜镜背面有的花纹凸起较大，有时钮孔开得较高，也都是为了同一目的。

用改变镜体大小和厚薄、镜钮大小、花纹凸起高低、钮孔高低等办法来调节组织疏松区的分布，应是人们在长期生产实践中总结出来的，这也在一定程度上反映了古人的智慧和创造精神。当然，不管高锡青铜还是低锡青铜，都会出现组织疏松，我们将之作为高锡青铜铸造的一项技术成就，理由有二：（1）此技术主要用在作为高锡青铜的铜镜铸造中，其他青铜器很少使用，包括青铜刀剑在内，皆无调节组织疏松区的迫切需要。（2）在条件相同的情况下，高锡青铜产生组织疏松的倾向可能要大一些，组织疏

松区可能也要多一些大一些。

其实，组织疏松是杜绝不了的；镜体增厚，花纹凸起变大，铜镜就会变重，使用起来就很不方便。五代和北宋之后开始改用含铅量较高的青铜铸镜，镜体亦变轻，我们推测，这与组织疏松对映照效果的不良影响可能亦有一定关系。

三、关于高锡青铜的锻造和车削加工技术

（一）关于高锡青铜的锻造技术

从大量考古资料看，商周青铜器大多数是铸造的，锻件较少，高锡青铜锻件更少。一般而言，含锡量低于30%的锡青铜皆可热加工，但含锡量较高时，在相同条件下，加工难度也更大一些。今在考古实物中所见高锡青铜锻件最早属夏代晚期至商代初期，所见器物有朱开沟文化第四段铜耳环（采集）^[8]、赤峰大甸子夏家店下层文化铜耳环M453：2等^[9]。从夏末商初到明清的高锡青铜锻件主要有五种类型：（1）饰器，如朱开沟和赤峰大甸子耳环等。（2）小型生产工具，如云南剑川铜锥等^[14]。（3）护卫性兵器，如昆明羊甫头甲片等^[21]。（4）容器，如南阳汉代铜舟等^[29]。（5）响器，如徐州雪山寺宋代铜锣、铜钹、铜磬^[30]、江西宋代铜钹等（表1）^[31]。前三类基本上皆属小型器物，至今未见大件饰器、大型生产工具、锋刃类兵器使用高锡青铜锻造的。后两类有的器型稍大，一定程度上反映了我国古代青铜锻造技术的发展水平。表1示出了这些锻件的成分，由之可见：早期青铜锻件还是含铅的，如大甸子耳环M453：2的竟达3.7%，商代晚期，至迟春秋战国就发生了根本性变化，青铜锻件皆不含铅或含铅量极低，说明人们对“铅与青铜加性能间的关系”早已有了较深的认识。

图版壹，1所示为南阳汉代铜舟YN1的组织形态。其中的针状物是 β 相的淬火组织，浅色块状物是 α -Cu。此器为热锻成型，晶粒间界发展得较为充分，可能与加热温度稍高，或在高温下停留时间稍长等因素有关^[29]。图版壹，2、3、4为徐州宋代铜钹茅DH：2、铜磬茅DH：5、铜锣茅DH：4组织形貌。前二者为热锻淬火态，其中的交叉针状物为淬火组织，浅色长条块状物为 α -Cu，二者皆曾在高温（586~798℃）下进行过淬火处理；铜钹茅DH：2可能加热温度稍高，或在高温下停留时间稍长，故晶粒间界发展得较为充分。铜锣茅DH：4为热锻退火态，基体为 α 相，其中带斑点的灰白色条块状物应是（ α + δ ）共析体经热加工后的形态，浅灰色条状物为夹杂。其亦可能停锻温度稍高，或热锻后又在不太高的温度下做过不完全退火^[31]。观察面上未见淬火、回火态中习见的交叉针状、交叉条块状及环链状物。

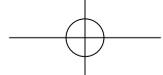
明宋应星《天工开物》卷十四曾载有锣钹锻打成型的过程，类似的工艺直到最近还在我国南北多个地方，如北京^[28]、广西^[32]等地保存着。

（二）关于车削加工

我国古代高锡青铜的车削、磨削式机械加工约始于汉，之后亦有一定发展。从现有资料看，进行过此类加工

表1 我国古代部分高锡青铜的合金成分和加工情况

序号	名称 器号样号	地点	断代	合金成分(%)				加工 状况	合金	文献
				铜	锡	铅	其他			
1	环首刀	二里头	二里头三期	82.3	15.4	1.3	银0.186 砷0.128		锡青铜	[6]
2	钩V H82: 9	二里头	二里头四期	58.68	23.09	18.23			铅锡青铜	[7]
3	铜锥T258⑦: 7	尹家城	岳石文化	71.11	15.12	13.78			铅锡青铜	[5]
4	铜鼻饮76 YHM299: 21	火烧沟	四坝文化	84.2	15.8			铸	锡青铜	[4]
5	铜矛采集A045	火烧沟	四坝文化	84.7	15.3			铸	锡青铜	[4]
6	耳环(采集)	朱开沟	(四段)	81.3	17	<0.1		热加工	锡青铜	[8]
7	戈M1040: 1	朱开沟	(五段)	80	15	4.7		铸后热 冷加工	铅锡青铜	[8]
8	铍钎H5003: 11	朱开沟	(五段)	77.7	15.3	3.5	镁3.6 砷1.4	铸	铅锡青铜	[8]
9	刀把H5028: 1	朱开沟	(五段)	71.8	23.9	3.5	银0.9	铸	铅锡青铜	[8]
10	爵H5028: 5	朱开沟	(五段)	63.2	16.5	26.7	镁1.8	铸	锡铅青铜	[8]
11	耳环M453: 2	大甸子	夏家店下层	81.8	15.1	3.1		热锻	铅锡青铜	[9]
12	耳环M454: 8	大甸子	夏家店下层	80.8	18.7			铸	锡青铜	[9]
13	指环M453: 9	大甸子	夏家店下层	77	22.4				锡青铜	[9]
14	杖首M43: 12	大甸子	夏家店下层	81.9	17.9				锡青铜	[9]
15	铜削YQ-01	垣曲	商代早期	76.57	23.08	0.25		淬(?)	锡青铜	[10]
16	甗1802	盘龙城	盘龙城文化	71.2	16.7	9.5	锌1.6		铅锡青铜	[11]
17	觚1810	盘龙城	盘龙城文化	55.7	18.2	24.4	锌0.8		锡铅青铜	[11]
18	尊1820	盘龙城	盘龙城文化	63.57	15.3	17.77	硫1.0 锌0.4		锡铅青铜	[11]
19	鼎96H1上: 3	南顺城	二里岗文化	70.9	17.8	10.1			铅锡青铜	[12]
20	铜刀9H1: 1	张营	商代中期	72.33	26	0.68			锡青铜	[13]
21	锥CHT2: 3(47)	海门口	殷商	82.1	16.6			热锻冷锻	锡青铜	[14]
22	针CHT2: 3(17)	海门口	殷商	73.3	26.1		硫0.4	铸	锡青铜	[14]
23	剑首3: 1253	高淳	西周中晚	69.22	23.22	7.83		淬火(?)	铅锡青铜	[15]
24	甬钟M2: 1	浙川	春秋中晚	77	15.3	7.26			铅锡青铜	[16]
25	戈3: 664内	丹徒	春秋晚期	/	23	/		淬火	铅锡青铜	[17]
26	残戈内	丹徒	春秋晚期	/	23	/		淬火	铅锡青铜	[17]
27	镰	昆山兵希盛	春秋晚期	69.66	17.04	6.23			铅锡青铜	[18]
28	鏢于采1	镇江王家山	春秋晚期	66.62	26.2	4.63	硫1.03 铁0.59 硅0.5		铅锡青铜	[18]
29	铜铃	丹徒青龙山	春秋	71.55	26.91	0			锡青铜	[18]
30	篋刀GL44	罗定	战国早期	79.46	19.5	1.04		淬火	锡青铜	[19]
31	杓柄M4: 19	荆门包山	战国中期	83.388	15.733	0.469		热锻退火	锡青铜	[20]
32	甲片M101: 51	昆明羊甫头	战国中后	82.5	16.8	0.8		热锻	锡青铜	[21]
33	刮刀S22	峨眉	战国晚期	81.343	18.656			淬火	锡青铜	[22]
34	白点花纹剑J20	江陵	战国	75.453	18.674	5.872		淬火	铅锡青铜	[23]
35	剑LY1	临沂	战国	74.39	21.73	3.88		淬火	铅锡青铜	[24]
36	斧B109	长沙	战国	77.51	16.31	7.51			铅锡青铜	[25]
37	凿EC14		东周	69.31	17.74	6.33	铁0.19 锌0.1		铅锡青铜	[26]
38	编钟EC1		东周	73.26	17.72	8.53	锌0.07		铅锡青铜	[26]
39	铃EC17		东周	73.73	17.45	8.45	锌0.08		铅锡青铜	[26]
40	四山镜W1	安徽	战国	78.779	19.684	1.536		淬火	锡青铜	[27]



41	蟠螭纹镜C8	长沙	战国	77.294	21.343	1.361		淬火	锡青铜	[27]
42	铜镜残片J10	江陵	战国	78.826	21.173			淬火	锡青铜	[27]
43	卷叶纹镜E1	鄂州	西汉早期	69.5	25.9	3			铅锡青铜	[27]
44	四乳螭纹镜C3	长沙	西汉	70.7	25.5	5			铅锡青铜	[27]
45	铜舟YN1	南阳	汉	79	18.73		铁0.88 硅0.71	热锻淬火	锡青铜	[29]
46	连弧镜B2	北京	东汉早晚	68.827	27.337	3.834		淬火	铅锡青铜	[27]
47	莲花镜Sh3	凤翔	唐	73.26	23.418	3.32		淬火	铅锡青铜	[27]
48	许家六曲葵花镜G1	江西	宋	63.778	27.473	7.041	硅1.714	淬火	铅锡青铜	[35]
49	叶家六曲葵花镜G3	江西	宋	69.65	25.76	4.59		淬火	铅锡青铜	[35]
50	钹G2	江西	宋	81.26	18.74			热锻淬火	锡青铜	[31]
51	钹茅DH: 4		宋	79.12	17.96	0.81	铁1.1 铝1.01	热锻退火	锡青铜	[31]
52	钹茅DH: 2	徐州 雪山寺	宋	79.89	17.92	0.12	铁0.78 铝1.3	热锻淬火	锡青铜	[31]
53	磬茅DH: 5		宋	80.27	16.87	0.36	铁1.04 铝1.04	热锻淬火	锡青铜	[31]

的高锡青铜器主要有3种:即(1)铜镜,(2)铜舟等容器,(3)钹钹磬等响器。在其他铜合金中,铜钱等亦进行过类似的加工。

铜镜表面的车削、磨削式机械加工在汉代卷缘镜上常可看到。如鄂州西汉早期卷叶纹镜E1(图版壹,5)、长沙西汉四乳螭纹镜C3等的加工道纹都较为清晰、明显,此两镜的正背两面皆漆黑光亮,在背部的卷缘内,以及卷起的缘上都布满了加工纹路^[27]。

在高锡青铜容器中,做过表面加工的器物主要有南阳汉代铜舟YN1等,此铜舟为圆形,残,不能复原,直径约18厘米,内外两表面皆见有加工道纹,比较均匀、规整,尤其是外表面(图版参,1、2)。铜舟外表面稍凸,内表面稍凹,无疑都增大了加工难度^[29]。

做过表面车削加工的响器实例主要有徐州雪山寺宋代钹钹磬等。1984年徐州铜山县出土了一批宋代的响器等物,我们分析了其中的1件铜钹、1件铜钹、1件铜磬。铜钹计出土2副4件,器形皆基本完整,通体光亮如新,背面隆凸处都有锤击加工痕迹,正面留有清晰的加工螺旋纹。钹茅DH:2甲、乙两片的直径分别为27.2厘米、27.5厘米(图版壹,6)。铜钹茅DH:2呈圆盘状,稍残,口径21、面径20厘米,钹面满布密密麻麻的加工螺旋纹(图版参,3)。铜磬茅DH:5为深腹钵形,口径31、残高19.3厘米,口沿内满布密密麻麻的加工螺旋纹(图版参,4),纹路比较清晰匀称^{[30][31]}。

上述车削、磨削的三类标本中,铜镜为铸件,铜舟和钹钹磬为锻件,表面都显示有较为清晰的螺旋纹,我们认为,这种纹路应是某种轮轴式机械加工,如车削、磨削加工所致的,不可能是范铸留下的痕迹。我国古代轮轴式机械加工至迟始见于良渚文化及其与之年代相近的时期,有学者认为当时便使用了砣机,当时主要用在玉石加工上,之后便扩展到了其他领域。在我国古代金属加工中,大家较为熟悉的是唐代何家村银器,其螺旋清晰,起刀和落刀

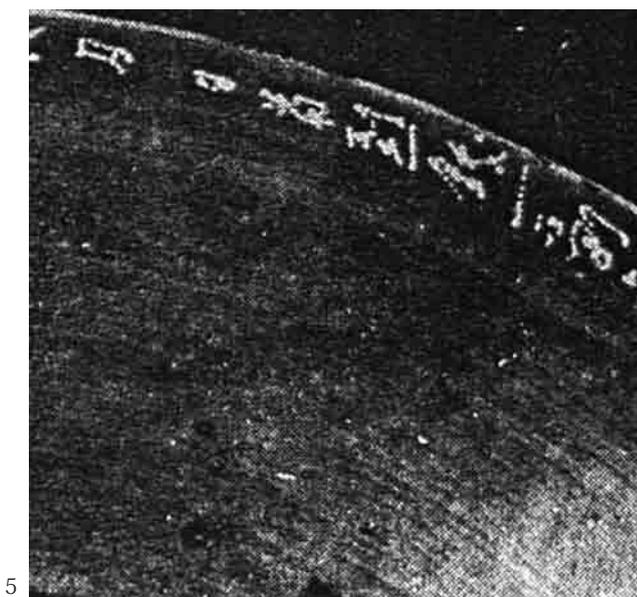
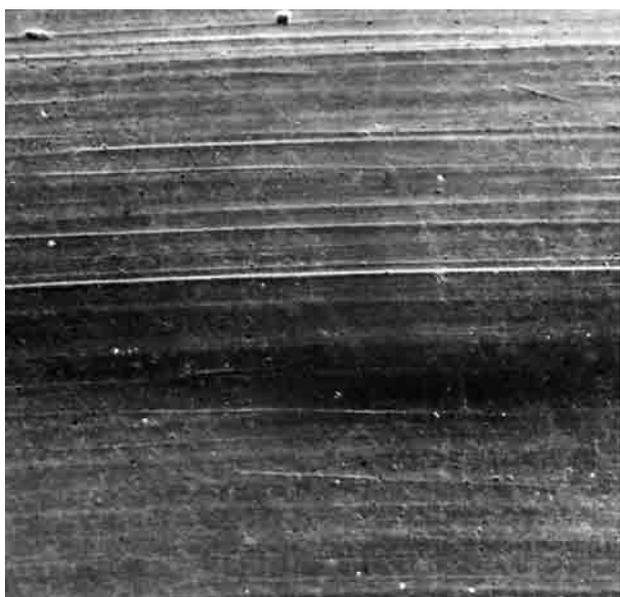
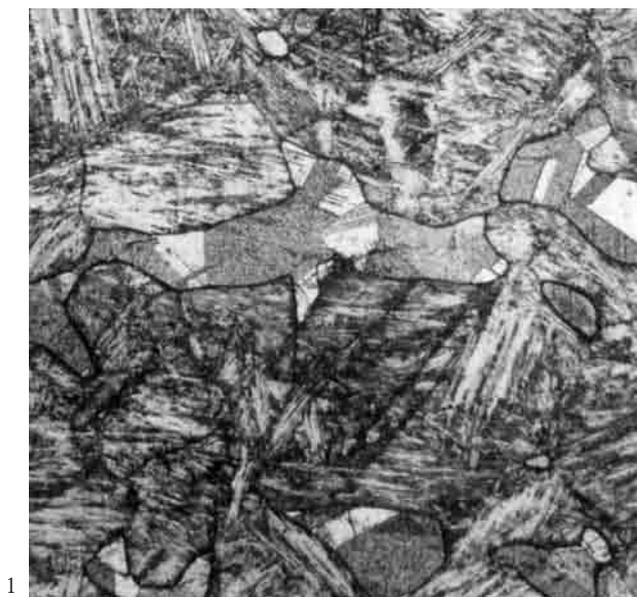
点明显^[33]。宋代将这种加工用到了钹钹磬类含锡量较高、器型稍大的青铜器上,一定程度上反映了它的变化和发展。这种加工纹路有的分布在平面上,有的在圆形器物内壁上,操作难度是较大的。具体装置有待进一步研究。

四、关于高锡青铜的淬火技术

我国古代青铜淬火技术的发明期尚难肯定,有报道说山西垣曲商代早期铜削YQ-01曾经淬火^[10],但可惜示意图较小而难窥全貌。又有报道说江苏高淳西周中晚期青铜剑3:1253的首部曾经淬火^[15],但有学者持有异议^[17]。从现有资料看,春秋晚期我国掌握了青铜淬火技术是无疑的,所见器物有江苏丹徒春秋晚期戈3:664等(图版贰,1)^[17]。战国时期,此技术有了较大发展,并迅速扩展开来。从先秦到明清,做过淬火处理的青铜器主要有4种,即刃器、铜镜、容器和响器,以铜镜居多,由战国到五代,大约80%以上的铜镜都曾淬火^[27],今见组织多与回火态相当。

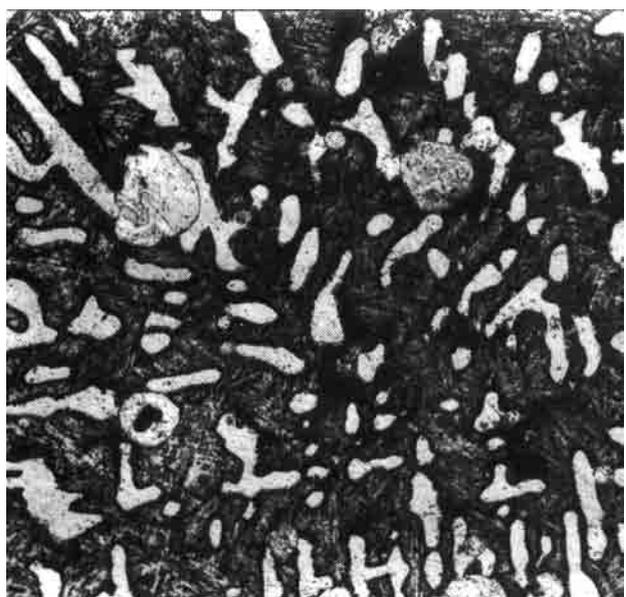
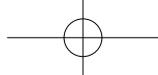
今日所见具有淬火组织的刃器主要有:丹徒春秋晚期戈3:664(内)和另一件无号残戈^[17]、广东罗定战国早期篋刀GL44^[19]、江陵战国白点花纹剑J20(出雨台山M131)^[23]、山东临沂战国青铜剑LY1^[24]、四川峨眉战国青铜刮刀^[22]、四川涪陵小田溪战国晚期至秦汉青铜剑MM22:6等(表1)^[34]。图版贰,2、3所示为江陵战国白点花纹剑J20(M131出土)、峨眉战国青铜刮刀S22组织形貌。

铜镜淬火至迟始见于战国时期,直到宋代还可看到^[35]。从现有分析资料看,此淬火曾在两个温度区间,即($\alpha + \beta$)相区和($\alpha + \gamma$)相区进行,图版贰,4、5、6分别江陵战国残镜J10、北京东汉连弧纹镜B2、凤翔唐莲花镜Sh3组织形貌,前二者为高温(586~798℃)淬火,观察面上可看到许多针状、竹叶状、环链状物,其色青灰或棕褐,这是 β 相经淬火、回火转变后的形态;这些组织间的斑纹状、絮状物为回火分解得到的($\alpha + \delta$)相;后者为低温(520~586℃)淬火,观察面上可看到许多白色交叉条状

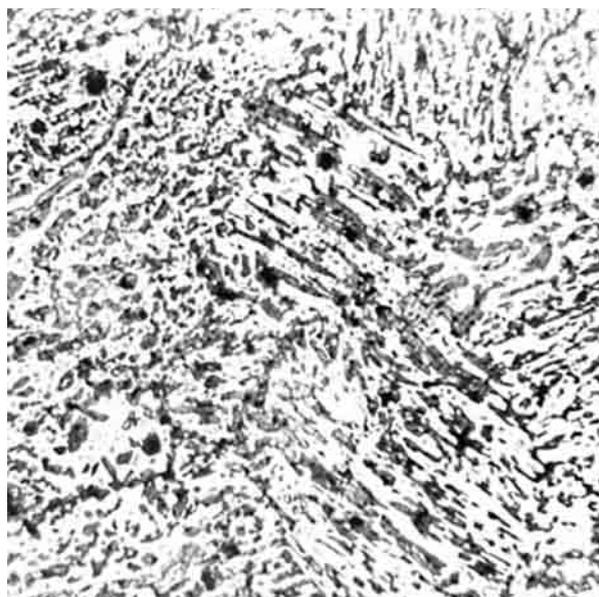


图版壹

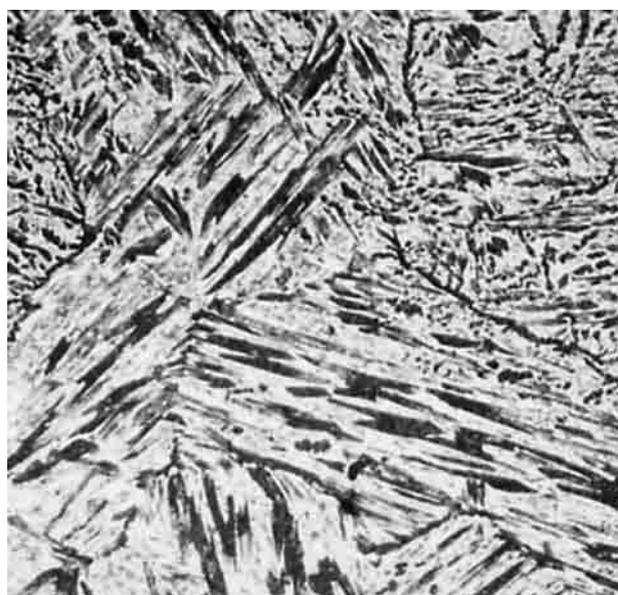
1. 南阳汉代铜舟YN1 组织形貌x250 2. 徐州宋代铜铍茅DH：2乙片组织形貌x250 3. 徐州宋代铜铍茅DH：5 组织形貌 x500 4. 徐州宋代铜铍茅DH：4 组织形貌x500 5. 鄂州西汉早期卷叶纹镜E1背面加工道纹 6. 徐州宋代铜铍DH：2乙片正表面加工道纹(1, 采自文献[29]。2、3、4, 采自文献[31]。5, 采自文献[28]。6, 采自文献[30])



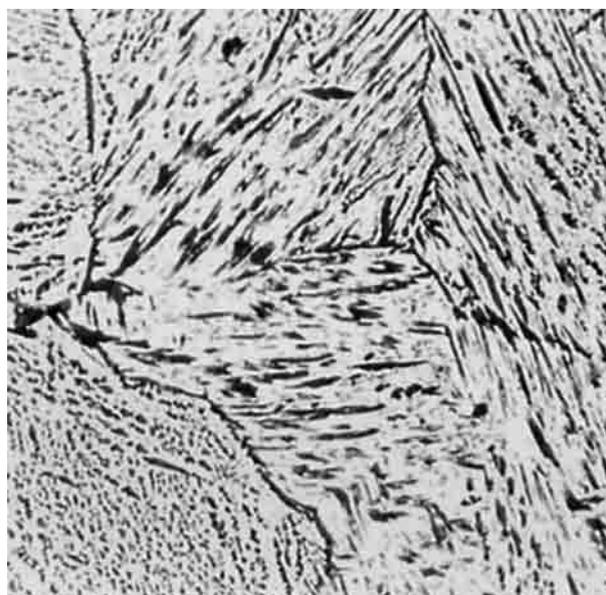
1



2



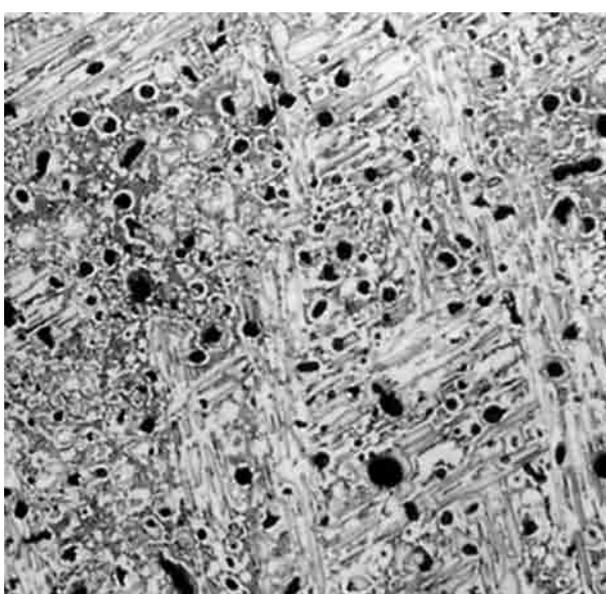
3



4



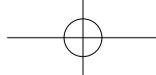
5



6

图版贰

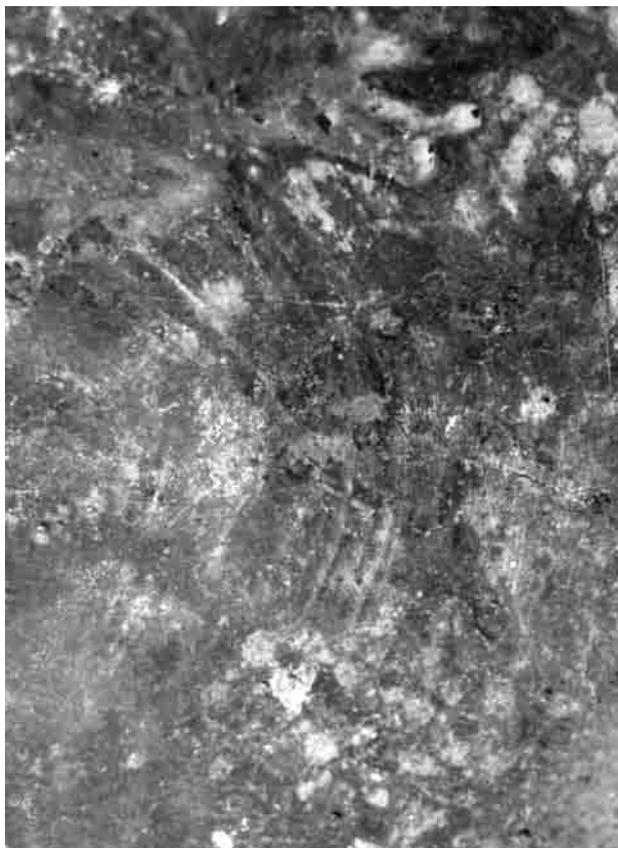
1.丹徒春秋晚期戈3：664内组织形貌x200 2.江陵战国白点花纹剑J20组织形貌 x300 3.峨眉战国青铜刮刀S22组织形貌 x320 4.江陵战国残剑J10组织形貌 x320 5.北京东汉连弧纹镜B2组织形貌 x320 6.凤翔唐莲花镜Sh3组织形貌 x320(1,采自文献[17]。2,采自文献[23]。3,采自文献[22]。4、5、6,采自文献[27][28])



1



2



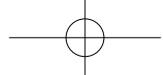
3



4

图版参

1. 南阳汉代铜舟YN1外表面的加工道纹 2. 南阳汉代铜舟YN1内表面的加工道纹 3. 徐州宋代铜锣DH: 4表面的加工螺旋纹 4. 铜磬DH: 5口沿内的加工螺旋纹(1、2, 采自文献[29]。3、4, 承李银德先生提供)



物,此即淬火产生的 α 相,在它们之间布满了许多灰色块状,及部分絮状物,此即 γ 相淬火又经某种回火后的组织。

容器淬火的典型实例是前述南阳汉代铜舟,响器淬火的典型实例是前述徐州铜钹、铜磬(图版壹,1、2、3)。锡青铜淬火的目的是,主要是提高材料的强度和塑性,改善其加工性能。

结语

我国古代高锡青铜技术约发明于夏,商代晚期就有了较大发展,春秋战国时期就达到了较为成熟的阶段^[28]。本文涉及到的我国古代高锡青铜技术的主要成就有5个方面:(1)熔炼技术。早在先秦时期便采用了“消炼之精不复减”精炼法,汉魏又采用了“百炼”式精炼法,明代又总结出了专用于镜用青铜的“火硝骨髓”精炼法。(2)铸造技术。较为重要而以往研究较少的是,早在战国时期,人们就开始注意到了组织疏松对镜面映照效果的不良影响,汉唐时期,人们采用改变铜镜厚度等方法来达到防患的目的,并取得了一定成效。(3)锻造技术。大约商代晚期,至迟是春秋战国,高锡青铜锻件就已不含铅或含铅量很低,说明人们对“铅与锡青铜加工性能间的关系”早有了一定认识。至迟汉代,就锻造了铜舟等体型较大且较复杂的容器,至迟宋代就锻制了钹钹磬等响器;至迟汉代就采用了锻打与淬火相结合的方式,使高锡青铜的加工性能大不改善。(4)淬火技术。至迟春秋晚期就发明了青铜淬火技术,并很快就推广到了戈、刀、剑等刃器和铜镜工艺中,在汉代和宋代,又推广到了容器和响器工艺中。(5)车削加工方面,汉代的铜镜、铜舟,宋代的钹钹磬等高锡青铜器都做过车削或磨削加工。这些情况,对我们了解我国古代的青铜文明得以繁荣、发展的原因,应是有所裨益的。

註

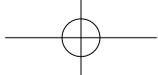
① 学术界对“高锡青铜”一词并无严格的定义,各家亦有不同说法。20世纪八九十年代,我在研究中国古代青铜镜时,曾将含锡量大于15%,可用淬火方式稍大地改变其组织和性能的锡青铜称之为高锡青铜,今亦沿用此说。当时的想法是:(1)此成分(15%Sn)偏离平衡相图的 β 相析出点(13.5%Sn)不是太远,否则就失去了理论意义和学术价值。(2)此成分(15%Sn)稍高于,而不是等于或低于平衡相图中 β 相析出点(13.5%Sn),否则金属基体中 β 相数量就太少,淬火处理对材料组织和性能也就影响太小。(3)为了便于记忆。在现代铜加工中,也有人把含锡量大于10%的锡青铜称之为高锡青铜的。

文献

[1]何堂坤:《考工记提要》,《中国科学技术典籍通汇·技术卷》(一),河南教育出版社,1994年。
[2]《快雪堂漫录》,一卷,清平湖陆氏刻,奇晋斋丛书本。
[3]何堂坤:《关于我国古代铜镜铸造技术的几个问题》,《自然科学史研究》1983年第4期。

[4]北京科技大学冶金与材料史研究所、甘肃省文物考古研究所:《火烧沟四坝文化铜器成分分析及制作技术的研究》,《文物》2003年第8期。
[5]孙淑云:《山东泗水县尹家城遗址出土岳石文化铜器鉴定报告》,《中国冶金史论文集》(二),《北京科技大学学报》增刊,1994年。
[6]金正耀:《二里头青铜器的自然科学研究与夏文明探索》,《文物》2000年第1期。
[7]曲长芝、张日清:《二里头遗址出土铜器X射线荧光分析》,《偃师二里头(1959~1978年考古发掘报告)》,中国大百科全书出版社,1999年。
[8]李秀辉、韩汝玢:《朱开沟遗址出土铜器的金相学研究》,载《朱开沟——青铜时代早期遗址发掘报告》,文物出版社2000年。
[9]李延祥、贾海新、朱延平:《大甸子墓地出土铜器初步研究》,《文物》2003年第7期。
[10]崔剑锋、吴小红、佟伟华、张素琳:《山西垣曲商城出土部分铜器的科学研究》,《考古与文物》2009年第6期。
[11]郝欣、孙淑云:《盘龙城商代青铜器的检验与初步研究》,《盘龙城》,文物出版社,2001年。
[12]孙淑云:《郑州南顺城街商代窖藏青铜器金相分析及成分分析测试报告》,《郑州商城窖藏铜器》,科学出版社,1999年。
[13]崔剑锋、郁金城、郭京宁、吴小红:《北京昌平张营遗址出土青铜器的初步科学分析》,载北京市文物研究所等:《昌平张营——燕山南麓地区早期青铜文化遗址发掘报告》第241~253页,文物出版社,2007年。
[14]李晓岑、韩汝玢:《云南剑川县海门口遗址出土铜器的技术分析及其年代》,《考古》2006年第7期。
[15]肖梦龙、华觉明、苏荣誉、贾莹:《吴干之剑研究》,《吴国青铜器综合研究》第118页,科学出版社,2004年。
[16]李敏生:《浙川下寺春秋楚墓部分金属成分测定》,《浙川下寺春秋楚墓》附三,文物出版社,1991年。
[17]贾莹、苏荣誉、林留根:《吴国青铜兵器的金相学考察》,《吴国青铜器综合研究》第167页,科学出版社,2004年。
[18]曾琳、夏锋、肖梦龙、商志香覃:《苏南地区古代青铜器合金成分的测定》,《文物》1990年第9期。按:此分析报告对青龙山青铜器未作断代,承肖梦龙于1998年5月18日电话惠告,应定作春秋中期偏晚。
[19]徐恒彬、黄渭馨、王秀兰、华觉明:《广东省出土青铜器冶铸技术的研究》,《科技史文集》第14辑,上海科学技术出版社,1985年。
[20]何堂坤:《包山楚基金属器初步考察》,《包山楚墓》上,文物出版社,1991年。按:第417页,柄勺M4:19、C形铈M2:315-1的厚度单位为毫米。
[21]李晓岑、韩汝玢、杨帆:《昆明羊甫头出土金属器的初步研究》,《昆明羊甫头墓地》,科学出版社,2005年。
[22]峨眉地区文物管理所、自然科学史研究所:《四川峨眉战国青铜器的科学分析》,《考古》1986年第11期。

- [23] 何堂坤、陈跃钧：《江陵战国青铜器科学分析》，《自然科学史研究》1999年第2期。
- [24] 待发。
- [25] 田长浒：《从现代实验剖析中国古代青铜铸造的科学成就》，《科技史文集》第13辑，上海科学技术出版社，1985年。
- [26] Shu-Chuan Liang and Kan-Nan Chang, The Chemical Composition of some Early Chinese Bronzes, Chinese chemical Society, Peking, 1950.
- [27] 何堂坤：《中国古代铜镜的技术研究》，紫禁城出版社，1999年再版。铜镜表面机械加工见第179页；淬火铜镜数见第171页。
- [28] 何堂坤：《中国古代金属冶炼和加工工程技术史》，山西教育出版社，2009年。(1)部分古镜尺寸见第454～455页，表5-4-1。(2)现代北京电镀情况调查见第714页。(3)合金技术，第60～78页，第113～153页。(4)鄂州西汉早期卷叶纹镜E1背面加工道纹见图4-6-2。
- [29] 何堂坤：《南阳汉代铜舟科学分析》，《中原文物》2010年
- [30] 李银德：《徐州雪山寺北宋窖藏纪年文物》，《文物》1990年第3期。彩版壹，3、4承李银德先生惠赠。
- [31] 何堂坤、李银德、李恒贤：《宋代镏铍磬的科学分析》，《考古》2009年第7期。
- [32] 孙淑云：《中国传统响铜器的制作工艺》，《中国科技史料》1991年第4期。
- [33] 陕西省博物馆、文管会革命委员会写作组：《西安南郊何家村发现唐代窖藏文物》，《文物》1972年第1期。
- [34] 姚智辉：《峡江地区部分青铜器成分与金相研究》，《自然科学史研究》2005年第2期。
- [35] 何堂坤、李恒贤：《江西博物馆所藏饶州镜及其科学分析》，《文物》1993年第10期。

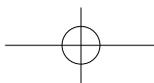
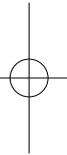
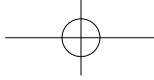


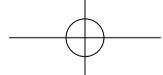
Asian High-Tin Bronzes
Production Technology and Regional Characteristics

日 文

- Japanese Translation -







韓半島における統一新羅以前の高錫青銅器

李恩碩（文化財庁国立加耶文化財研究所）

1. 青銅器の始まりと展開

韓半島における青銅器の出現はこれまで紀元前5～4世紀と考えられてきたが、最近では、青銅器時代の上限を遡及させる見解や弥生時代の編年における上方修正に応じた、より詳細な研究が必要となっている。初期の青銅器は、琵琶形銅剣や粗文鏡など主に遼寧地方と関連した製品を中心としたが、細形銅剣が韓半島で多量に製作される段階になると種類もまた多様となり、その技術力も発展をつづけ、技術の粋を集めた多鈕細文鏡が製作されるに至った。

その後、紀元前後の時期にあたる三国時代前半期（紀元後1～3世紀）には、鉄器の大量生産および使用が普遍化し、青銅器の使用を窺わせる資料は急激に減少する。墓への副葬品が鉄器中心に変化していくなか、青銅器は銅剣や倣製鏡あるいは青銅馬具・帯鉤・銅鍔など少量・少数に過ぎず、実生活で実際に活用されたのかは把握しがたい。当時は日常生活のための様々な製品が製作・活用されたであろうが、副葬品への特化にともなう儀器化や身分の高位を表徴する一部の遺物のみが副葬された結果といえる。発掘された楽浪古墳からは各種の青銅遺物が報告されているが、中南部地方へいくほど出土例が稀薄となる。紀元後2～3世紀の木槨墓からは青銅帯鉤や馬具が幾らか出土するが、これには系統についての研究と分析が求められる。

4世紀以後、5世紀になると高句麗や新羅地域の古墳からは各種の青銅遺物が多量に確認される。とくに新羅古墳からは高句麗との交流が把握できる青銅鼎や鏃斗が数多く出土しており、青銅盒にもまた様々な型式がある。加耶地域の場合には青銅容器や金銅容器の搬入品が古墳から出土しており、交易または下賜品の役割も備えたとみられる。

6世紀以後、統一新羅時代へと移行するなかで、古墳出土遺物は急激に減少するが、生活遺跡からは実生活のための青銅容器が出土する。8～9世紀代には青銅容器が大量に製作され流通が活発となる。とくに8世紀代に製作された聖徳大王神種には、青銅鑄造技術が頂点に達したと表現できるほどの驚くべき製作技術がみられる。

古代へ引き継がれた鑄造技術やこれを示す各種の考古遺物は中国などとの交流によって著しく多様化したといえる。とくに5世紀代以後の古墳から出土する各種の青銅器はこれを反映する。しかし、朱錫を多量にふくむ青銅遺物すなわち高朱錫青銅器について、記述史的な研究をするための分析資料は未だ不十分で比較資料が得難い状況にある。分析作業が漸次進行すれば、輸入品と在地

製品との区別や技術上の発展相を把握できるであろう。

2. 高錫青銅器についての最近の研究成果

韓国における青銅器製作技術についての研究は、2000年代以後、多くの関心とともに増加している。多鈕細文鏡総合調査研究（崇実大、2009）によって製作方法や成分分析についての詳細な研究が進んだ。

また最近、忠南論山市院北里出土多鈕細文鏡に対する微細組織分析により、錫含有量が約30%に達することや少量の鉛を使用していたことが明らかとなり、多くの錫を含有することは精密な文様製作や色を調整するためであろうという研究結果が出された（兪在恩、趙詳紀・朴長植、2010、銅陵青銅器文明シンポジウム、中国科学技術大学、日本文化財学会第27回大会、2010）。

そして「三国時代青銅遺物鉛同位体元素を利用した産地推定研究」（国立中央博物館・日本歴史民俗博物館、2009）による鉛同位体元素比についてのクロスチェックが2つの機関によって実施され、同じ資料が同一物の再利用であるのか、また別の遺物である場合には同一物の破片であるかについての確認作業がおこなわれた。しかし、より多くの情報を提供するには未だ限界があり、少なくとも比較資料を確保する必要があるが、このための分析資料は不足しており結果は容易に導き出せない。

現在進行中の「高錫青銅器の製作技術研究」では鍛打により製作する高錫青銅器の時期がどこまで遡りうるのか、またその証拠となる資料を求めての研究が継続的に進められている。清水康二（2009）の発表でも韓国における鑿器（二元系高錫青銅器）出現時期の証明が試みられているが、後ろ盾となる客観的な資料が提示されない恨みがある。韓半島における最良の研究方法は5～9世紀にわたる高錫青銅器サンプルを收拾し分析を試みることである。

最近、李在城（2010.6）は高錫青銅器（バンチャ鑿器）について韓国で実施された分析の結果160点を集成し、高麗時代の遺物（盃）の身部と台部の結合にCu-Ag合金のリベットが使用されたことを確認した。実験を通して青銅匙を比較した結果、鋸で打ち延ばす技術が高麗時代（918-1392）以前からあり現在まで維持されたことが分かった。また焼き入れ時の塩水処理が、製作時に形成された表面酸化膜の除去を容易にする役割を果たすことも明らかとされた。

技術史的問題や分析結果、出土遺物に対する全般的な内容を把握するために、つづいて韓半島南部地方出土青銅容器を中心に紹介していく。

3. 韓半島南部地方における三国期の青銅容器

1) 新羅地方の青銅容器

新羅・加耶古墳からは多数の青銅容器が出土する。3世紀代の古墳である木槨墓から出土した銅鍔には蔚山下袋遺跡、金海良洞・大成洞遺跡からの出土品があり、い

ずれも中国および北方からもたらされたものとみて間違いないが、搬入については様々な見解が提示されている。

最近、金眩希（2009）は慶州地域の新羅古墳から出土する各種の青銅容器79点に対して分類をおこない、副葬方式についての研究を進めた。

金眩希は青銅鼎を有蓋式と無蓋式に、青銅鏃斗を壺形と盤形に、青銅熨斗を短柄と長柄に、青銅盒は蓋の摘み（把手）の形態によって環状形、球形、宝珠形、鳥形、十字形に分類した。また青銅遺物に付着した織物を観察した結果、副葬時に包帯を巻くように織物で包んだ痕跡を発見し、副葬儀礼の一部分として、また青銅容器を所有することの意味を強調した。

新羅出土青銅盒の把手にみられる宝珠形や8葉花文は仏教式の文様だが、すでに5世紀代の遺物に現れており輸入品とみるべきであろう。すると5世紀代の新羅古墳から出土する遺物が果たして新羅で製作されたのか、あるいは高句麗や中国などから流入したのかを調査・研究することが重要な鍵を握る。これを解決するためには、やはり遺物の成分分析についての比較データを蓄積することが有効であろう。よって遺物の所蔵機関である韓国国立博物館で積極的な分析作業を進めねばならない。青銅容器のみならず漆器などの有機物分析でも当時の交流の内容を把握できるが、そうした重要な資料も未だ基礎調査の段階にとどまっているのが実情である（岡田文男・李恩碩・林志暎 2009.1）。

注目されるのは、金銀容器や青銅容器が数多く出土した皇南大塚南墳から青銅鏡1点（製作時期は3世紀後半と推定）が出土したことである。当時の新羅古墳における青銅鏡の副葬はごくわずかであり、TLV倣製鏡が5世紀代の韓半島内で製作されたことを証拠立てる資料はほとんど確認されていない。こうした点を考慮すると、皇南大塚出土銅鏡は北方あるいは倭からもたらされた遺物である可能性が十分に考えられる²⁾。当時の中国北方との交流により各種の金属製・硝子製容器が輸入され、また沖縄のイモガイ、白樺樹皮製の各種遺物なども交易や交流の結果、新羅地域にもたらされた。当時、倭とは敵対関係が続いていたが政治的に使臣と人質を送るなどしており、倭から送られる遺物も多様であったと考えられる。果たして、中国側から渡ってきたのか、倭から渡ってきたのか（中国で製作された後、倭を経由してきた可能性も考慮）、成分分析により倭銅鏡と比較するのが最もよい方法であろう。

2) 加耶地域の青銅容器

原三国時代（紀元後1-3世紀）以後、慶尚南道地域を中心に形成された六加耶は新羅と近接したために、4世紀代以後の古墳からは時折外来系遺物が出土する。代表的なものに玉田古墳から出土した琉璃蓋があり、新羅を経由してもたらされたようである。一方で古墳出土の青銅容器である皿や銅盃を南朝からの輸入品とみる最近の

見解は注目される（権五栄 2010）。この容器が百済で改良されたのか、南朝から直接搬入されたのかは明らかでないが、南朝起源あるいは南朝の影響を受けたものと主張される。この点について、南朝との関連性をどのように解釈すべきなのか、容易に把握できない。新羅古墳からの出土品が主に中国北方系であるのに対し、加耶が南朝系とみられるのは重要な鍵となる。

加耶の青銅容器は、底部が平底で口縁が外反または直立する新羅の青銅容器とはやや異なり、底部が丸底で口縁が内湾する特徴をもつ。高麗池山洞44号墳や晋州水晶峰2号墳、宜寧景山里2号墳の出土品については南朝との直接的な結びつきよりも、百済との交流に重点をおいて考えることができるだろう。

3) 百済地域の青銅容器

百済地域の代表的な青銅容器といえば、風納土城から出土した青銅鏃斗や公州武寧王陵から出土した青銅容器類などがある。また弥勒寺址からも出土例があり1990年代初頭には分析がおこなわれている。

鄭光龍（1992）は益山弥勒寺址出土品（7世紀以後）のうち、大楪や丸底鉢2、皿などの4点に対して分析をおこない、朱錫が18.6、21.1、19.8、20.3%、鉛が0.38、0.12、0.45%である、高朱錫が含まれた鑄造品（徐冷）であることを示した。

武寧王陵から出土した容器は鉢1、皿形容器3、盃3、蓋5点で、大伽耶圏出土品のような類型に属するとみられる³⁾。このうち鉢のなかには銅匙が1点入っており、鑄造後に鍍で製面した痕跡が残っていると報告された。鉢は胴部が丸く口縁部が内湾した形態で、底部は丸底と判断される。加耶古墳から出土する遺物と類似する。盃は2種類に分かれ、2点には新羅系統に結びつく高台があり口縁は外反する形態である。皿は高麗池山洞出土品のような身部が低く底部が平らな形態である。

武寧王陵出土品（525年、529年）が百済製でなく南朝からの輸入品であるならば、形態が類似する加耶出土品も、時期差はそれほどなく、いずれも輸入品と考えるべきであろう。

4) 統一新羅時代の青銅容器

5世紀代を中心に百済・新羅・加耶の青銅容器についてその概要を整理した。6世紀中頃以後、統一新羅時代（紀元後676-935）にいたるまで、各種の青銅容器が出土したが、成分分析などの科学的研究は活発でなかった。高錫青銅器についての関心と研究者が不足し、また分析対象の出土遺物も主に生活遺跡からの出土であり古墳出土遺物に比べて正確な編年を把握するのが困難である。

統一新羅時代遺跡から出土した青銅容器に対する分析はまず崔炷教授（1983）が着手した。雁鴨池出土の皿や盃など5点を分析した結果、鑄造後に焼き入れしたものは朱錫含量が23.2、22.5%の高錫青銅器であり、鑄

造後に徐冷させたものは15.2～17.5%であった。新羅王京地区と芬皇寺(紀元後7～9世紀)出土青銅容器では、鑄造後に焼き入れしたものが朱錫19.2、21.5、20.3、21.9%、鑄造後に徐冷したものは14.6%であった。朴長植(2004)は京畿道利川雪峰山城(三国～統一新羅)から出土した青銅容器2点を分析し、22.3%の高朱錫鍛造一焼き入れを確認した。

国立加耶文化財研究所では咸安城山山城(6世紀中頃～9世紀)から出土した鉄器および青銅容器に対する分析を進めている。8～9世紀頃に製作された青銅容器の成分分析と製作方法を考察すれば、意外に重要な成果が出るであろうことを確信する。

城山山城出土青銅容器のうち14点ほどの破片(口縁部と底部片、皿片など)を分析中であり、このうち8～9世紀の層から出土した皿底部片2、口縁部片1、皿1点については興味深い分析結果が得られた⁴⁾。

分析した4点ではいずれも不純物のない精錬された銅と錫が使用されており、焼き入れも確認された。鍛打はないが、少なくともバンチャ(鋸器)技術で製作する方法の前段階、あるいはバンチャ(鋸器)技術を認知した段階とみることができる。

なお青銅匙を鑄造した滑石製鎔範が慶州芬皇寺周辺の発掘調査で出土した。統一新羅時代の遺物に鑄造後の鍛打と焼き入れがあったのか、比較研究を可能にする遺物である。

4. むすび

以上、韓半島南部で出土する青銅器について概要を調べ具体的な遺物について調査を進めた。調査の結果、現在のところ、統一新羅時代(A.D. 676～935)以前である三国時代には鍛打して焼き入れを加える高錫青銅器の技術痕跡は確認されない。しかし、統一新羅時代にはこのタイプの青銅器が出土しており、少なくとも統一新羅時代には高錫青銅器(鋸器)の製作が始まっていたとみられる。韓国内の高錫青銅器の研究は近年著しく進展しており、分析作業と技術史研究についての研究結果が続々と出されている。総合的・学際的な研究が進めば、古代韓半島の高錫青銅器研究に瑞光を照らすであろうことを信じて疑わない。

発表資料の提供などご助力を賜った方々に感謝の意を表します。

金眩希、朴長植、朴種益、朴允禎、兪在恩、李在城(敬称略)

註

1) 慶州皇南大塚出土の漆器を分析した結果、中国で製作されたものが伝来し被葬者が生前に使用した後に副葬されたか、あるいは中国漢代に発明された高級漆器製作技術の韓半島への移入により製作され、使用ののち副葬

された可能性が提示された。皇南大塚南墳出土漆器の場合は青銅甌のなかに盛られており、高級漆器製品が韓半島製ではなく中国からの輸入品であると考え、5世紀代の新羅古墳から出土する青銅容器の大部分も輸入品であると判断できる。壺杆塚出土青銅盒の銘文(乙卯年國岡上廣開土地好太王壺杆十)によれば、この盒は高句麗で製作されたものが新羅に搬入されたのであるから、同時期の青銅容器の大部分も高句麗からの輸入品とみることができる。

2) 倭あるいは魏晋南北朝から輸入された遺物とみる見解が有力である(高久健二、上野祥史の発表資料)。

National Museum of Japanese History, 2002, 『The Interaction between Wa and Gaya in Ancient Eastern Asia』, The 5th Rekihaku International Symposium.

3) 李漢祥, 1994, 「武寧王陵出土品追報(2)」『考古学誌』第6輯

4) 分析は朴長植教授により進行中。その結果は学術誌に掲載する予定であり、まずその結果を簡単に紹介することにする。

〈参考・引用文献〉

崇実大学校基督教博物館, 2009, 『多鈕細文鏡総合研究』

金眩希, 2009, 「三国時代の青銅容器について」『三国時代青銅遺物鉛同位体元素を利用した産地推定研究』, 国立中央博物館・日本歴史民俗博物館発表資料

権五栄, 2010, 「葬制と墓制を通してみた加耶と中国南朝」『慶南の加耶古墳と東アジア』第2回韓・中・日国際学術大会、慶南発展研究員歴史文化センター

朴長植, 2004, 「古代韓国の青銅器技術体系」『熱処理工学会誌』第17巻第3号、韓国熱処理工学会

李在城, 2010.6, 「韓国伝統バンチャ鋸器の金属学的特性と再現実験」, 弘益大学校新素材工学科博士学位論文

李漢祥, 1994, 「武寧王陵出土品追報(2)」『考古学誌』第6輯

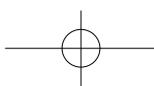
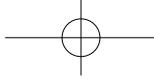
National Museum of Japanese History, 2002, 『The Interaction between Wa and Gaya in Ancient Eastern Asia』, The 5th Rekihaku International Symposium.

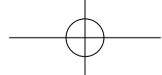
兪在恩・趙詳紀・朴長植, 2010, 「Study on the manufacture technology of bronze artifacts about B.C. 2~1 in Korea」, 銅陵青銅器文明シンポジウム、中国科学技術大学

鄭永東・朴長植, 2005, 「慶州芬皇寺址出土青銅器に現れた技術変遷に関する研究」『大韓金属・材料学会誌』第43巻第1号

崔炆・キムスチョル, 1983, 「統一新羅時代の容器に対する金属学的考察」『美術資料』第32号、国立中央博物館

表1 慶州地域出土青銅容器の器種分類表(金眩希2009)





慶南地域における高麗～朝鮮時代墳墓出土の 高錫青銅遺物研究

辛勇旻・李相龍¹⁾(東亜細亜文化財研究院)

I. はじめに

韓国における高錫青銅遺物は、主に高麗時代と朝鮮時代の墳墓から出土し、代表的なものに青銅皿と青銅匙がある。これらの高錫青銅遺物は単なる出土品にとどまらない、先人らの食習慣が反映された道具であるが、現在のところ研究はあまり多くない。匙については²⁾考古学的な研究が少しずつ進んでいるが、青銅皿については最近になって考古学的な研究が一部おこなわれたのが実情で³⁾多くは報告書における部分的な言及にとどまる。現在、これら高錫青銅遺物については主に製作方法、成分分析、民俗学的な研究がなされており、様式的変遷などについての考古学的な研究はようやく端緒についたばかりである。

本稿では慶南地域における高麗～朝鮮時代の墳墓遺跡⁴⁾から出土した高錫青銅遺物のうち、比較的数量があり、遺存状態が良好で、考古学的な属性分析に適した青銅皿、青銅匙について型式分類をおこない、型式変化の時期的様相を分析した。

II. 青銅遺物の各部名称および型式分類

1. 青銅皿、青銅匙の各部名称

高錫青銅遺物の各部名称は、報告書や論文で用いられる用語がそれぞれ異なっており、混乱のもととなっている。よって本稿ではまず青銅皿、青銅匙についての用語を整理し、整理された用語にもとづき以降の叙述をおこなう。

1) 青銅皿

青銅皿は普通、蓋の有無によって青銅盒・青銅鉢、もしくは有蓋台付碗・台付碗などと区分し、また蓋と鉢が組み合わさった場合を青銅盒、蓋なしの場合を青銅鉢とも呼ぶが、本稿では青銅盒・鉢を包括する用語として「青銅皿」を用いるのが妥当と考える。また細部の名称については「図1」のように磁器類の名称を用いることで、不要な混乱を避けることができる。

2) 青銅匙

青銅匙の名称についてはペヨンドンらの提案があり⁵⁾、筆者らもかつて青銅匙の名称を整理したことがある。

2. 青銅遺物の型式分類および変化

1) 青銅皿

分析対象とする青銅皿は慶南地域から出土した高麗・朝鮮時代の青銅皿63点(高麗時代18点、朝鮮時代45点)で[表1]の分類基準にもとづき分析した。蓋の器形と有無については、相対的に分類の基準とするにはやや無理

があると判断し、今回は型式分類から除外した。型式分類でもっとも優勢されるのは時間の変化を反映する属性である。各属性を分析した結果、台脚の高さ6)、口縁部断面形態、台脚の接合方法に青銅皿の変化がみとられた。上記の型式分類によれば青銅皿の時期的変化は以下の様に把握できる。

(1) 台脚の高さによる変化

[表2]は高麗・朝鮮時代の青銅皿を器高および台脚高の平均値により整理した結果である。高麗時代の青銅皿は台脚高が平均1.12cm、器高は平均8.76cmである。これをみると高麗時代の青銅皿は台脚高が1.5cmを超えず器高は10cmを超えないが、朝鮮時代の青銅皿は台脚高が平均2.21cm、器高が平均10.46cmである。これによれば青銅皿は、高麗時代から朝鮮時代へと移行するなかで器高が高くなるが、これとともに高くなる台脚高にその型式的特徴が看取された。

(2) 口縁部断面形による比較

[表3]は口縁部の断面形態別に出土量を比較したものである。総63点のうち1点は口縁部が欠失し断面形態が把握できないため分析対象から除外した。結果、高麗時代青銅皿の口縁部断面形態は内傾するものが28%(15点)、外反するものが67%(12点)、直立するものが5%(1点)となり、口縁は外反する形態がもっとも多い。一方、朝鮮時代の青銅皿の口縁部は内傾が57%(27点)、外反が25%(11点)、直立が18%(8点)となり、高麗時代から朝鮮時代に移行するなかで、外反が少なくなり内傾と直立が増加する。このうち高麗時代に現れる直立形態の口縁は高麗時代後期に出現するが、これは高麗時代から朝鮮時代への過渡的な遺物(釜山徳川洞高麗9号墳)と判断される。こうした変化の様相は、高麗時代から朝鮮時代にかけての青銅盒、すなわち蓋と鉢の組合せに関連すると考えられるが、蓋をとともなう場合の口縁形態には、蓋を青銅鉢の上部に被せるといった機能的要請から、内傾または直立への変化が看取される。そのため、高麗時代から朝鮮時代にかけての青銅皿の様相をみると、当時の食生活の変化と関連して蓋と鉢が組となって出土する例が増加するが、こうした器物の形態変化が、時間性を反映しながら差異をみせる点が明らかとなった。

(3) 高麗・朝鮮時代の台脚接合方法

[表4]は高麗・朝鮮時代青銅皿について台脚接合方法別にみた出土量の比較である。高麗時代の青銅皿においては、台脚のないものが28%(5点)、台脚を別途接合したものが78%(13点)、同時に鋳造したものは0%(0点)で、高麗時代には台脚を同時に鋳造した製品がないという特徴がある。これに反して、朝鮮時代の青銅皿には、台脚のないものが31%(14点)、台脚を別途接合したものが33%(15点)、同時に鋳造したものが36%(16点)で、高麗時代と比べると別途接合した割合が少なくなり、3種類が同程度の割合で出土するという特徴があ

る。こうした特徴は、朝鮮時代になって鑄造技術が発達したことに起因すると解釈でき、今後は朝鮮時代における青銅皿の製作地の違い、すなわち受容と供給における特徴の可否を追跡調査する必要がある。

(4)高麗・朝鮮時代青銅皿の変化様相

以上を総合すると[表5]に示したように、高麗時代の青銅皿には台脚がなかったり、別途接合したものが多いが、朝鮮時代の場合には台脚がないもの、別途接合したもの、同時に鑄造したものが万遍なくあるという特徴がみられる。これによれば台脚の高さ、器高、口縁部断面形態、台脚接合方法が、時期差を反映する主要な属性であると分かる。

2)青銅匙⁷⁾

青銅匙の型式においてもっとも優先されるのは柄部の湾曲度、柄端部形態である。この2つの形態が時代的特徴をよく反映すると考えられる。湾曲度は柄部湾曲度の違いによって区分され、柄端部形態は大きく燕尾形、半円形、蓮峯形、葉匙形の4種類に分類できる。このうち朝鮮時代には燕尾形や半円形の柄端部形態のうちに青銅匙の時期差を把握しうる要素がみとれる。一方で、蓮峯形や葉匙形については、はっきりとした形態差や時間差を反映する属性が見いだせないため今回は型式分類から除外した。

分析対象としたのは、上記の遺跡から出土した青銅匙のうち、柄端部が破損し形態が分からないものを除いた総160点である。柄部の湾曲度によって大きくI～IV式に分類した。湾曲度については柄端部と匙部を接地した状態で高さを測定し、区分した。

(1)高麗～朝鮮時代青銅匙の湾曲度、「匙部長：全長」による変化

[表7]は高麗～朝鮮時代の青銅匙を時期別に分類した後、湾曲度の変化および「匙部長：全長」の比率を調べた結果である。これによると高麗時代の青銅匙(I式)の場合、湾曲度は2.2cm以上、「匙部長：全長」の比率は1：3以上で、青銅匙は曲率が大きく全体として匙部が小さい一方で、朝鮮時代の青銅匙(II～IV式)においては、湾曲度が2cmを下回り、「匙部長：全長」の比率も1：2.9cmを超えず、高麗時代より曲率が小さく、全体として匙部の全長に占める割合が増加したと分かる。

各類型別の平均値を調査した結果、湾曲度においてI式(12～14世紀)からIV式(18世紀)へと変化するにつれて数値が低くなるのが分かり、「匙部長：全長」比率についてはI式からIII式へと変化するにつれて比率が低くなる。IV式では数値があがるが、その上昇は小規模であるため全体としてはI式(12～14世紀)からIV式(18世紀)へと移行するにつれて数値は低下[表8]の様相をみせる。

(2)高麗～朝鮮時代の青銅匙規格比較

以上の分析内容は[表9]のように整理され、以下のよ

うに分析できる。

まず、匙部の深さについてである。高麗時代の青銅匙では匙部長は平均0.41cmであるのに対して、朝鮮時代では平均0.61cmであり、0.2cmほど深くなる。0.2cmの差異は容積にして約50%の増加であり、相当に深くなったと分かる。匙部が深くなれば、より多くの食事を盛ることができる。

つぎに、匙部の長さについてである。高麗時代の青銅匙は匙部の平均長が7.5cm、朝鮮時代は平均9.55cmで、2cmほど長くなる。約27%の伸長であり、これはまた容積の増加を反映すると考えられる。

さらには、全長についてである。高麗時代の青銅匙は全長が平均24.58cm、朝鮮時代は平均25.8cmであり、1cmほど長くなると分かる。全長が長くなるのは匙部容積の大型化にともなって起きた自然な現象と理解される。

以上を総合すると、青銅匙においては、湾曲度とともに匙部の長さや深さ、全長などの規格も時期性を反映する主要な属性であると分かる。

III. 高錫青銅遺物の編年⁸⁾

12～14世紀に編年される青磁類とともに副葬された高錫青銅遺物は高麗時代のもものと判断でき、青銅皿においては台脚高が1.5cmを超えず口縁部形態には内傾と外反がある。14世紀、高麗から朝鮮時代に移るとともに、口縁形態が直立である過渡的な遺物も出土している。台脚は別途製作し接合したものだけが出土し、高麗時代には台脚を同時に鑄造した製品がないと判断できる。

高麗時代の青銅匙は多くの資料で共通した特徴を確認できる。例えば、12～14世紀に編年できる亀浦徳川洞遺跡2・4号墳と14世紀中～後半に編年される昌原貴山洞遺跡1・2号墳から出土した青銅匙の特徴をみると、側面形は極度の「∞」字形をなし、柄部から柄端部にかけて竹節文が施文され、柄端部は燕尾装飾で仕上げられており形態差がほとんどない。ただ、昌原貴山洞遺跡3号墳から出土した青銅匙は、14世紀後半に編年される青銅鉢や青磁皿などと共伴するが、前述の青銅匙とは異なり湾曲度が緩慢であるのが特徴である。側面形態は「∞」字形から緩慢な湾曲形であり、これもまた高麗から朝鮮時代に移行する過渡的な遺物と判断できる。

朝鮮時代の青銅遺物は15～18世紀に編年される粉青沙器類と白磁類と共に副葬された。まず、高麗から朝鮮時代に移行する過程で、青銅皿は形態および属性が多様に変化し、台脚の高さは高麗時代に比べて1.5cm以上高くなり、口縁形態には内傾外反・直立するものが遍くあらわれ、また高麗時代には見られなかった同時鑄造の台脚が現れる。青銅匙の場合には、高麗時代から時期ごとに画期的に変化しながら画然とした差異をみせるようになる。もっとも大きな特徴は柄部の湾曲度が目に見え

て小さくなり、かつ匙部が大きくなることである。そして柄部の端が消え高麗時代の青銅匙からの簡略化傾向がみられる。柄端部の形態では半円形が増加し、燕尾形は退化して16世紀以後は姿を消すなど、より実用的に変化するのが特徴である。

IV. むすび

以上、慶南地域の高麗・朝鮮時代の墳墓遺跡から出土した青銅遺物の変化様相および編年を検討した。高麗時代青銅遺物は12～14世紀に編年される青磁類と共に出土する。青銅皿の場合、台脚は高さが1.5cmを超えず、口縁部形態には内傾と外反があり、14世紀の高麗から朝鮮時代に移行する過程で過渡的な形態の直立口縁が現れる。台脚は別途製作し接合したもののみが出土しており、高麗時代には台脚の同時鑄造はないと判断される。しかし高麗時代の青銅匙にはほとんど変化がないが、朝鮮時代に入ると急激な変化が起こり、とりわけ湾曲度が弱まるとともに匙部分が大型化するのが特徴で、新たな柄端部形態が現れる。こうした変化は、高麗から朝鮮時代に移行するなかで、宗教的理念と農業の発達によって食習慣が変化したことによる主要な原因があると推定される。今回の研究においては、共伴する磁器類を利用することで、未だ不十分な高麗・朝鮮時代の青銅遺物に対し時期的属性の変化および編年を設定することに重きを置いた。これを基礎に、青銅遺物の金属組織観察・成分分析および実際の伝統的な製作方法などの自然科学的分析と連携した研究を進めることで、韓国出土高錫青銅製品研究が進歩していくものと考えられる。

註

- 1) 東亜細亜文化財研究院院長・研究員
- 2) 研究・論文には次のものがある。

李蘭映、「II - 3. 匙箸の型式」、『韓国古代金属工芸研究』、一志社、1992、pp. 97-143.

ペヨンドン、「韓国匙箸の飲食文化的特性と意義」、『文化財』29号、文化財管理局、1996.

ジョンウイド、「韓国古代青銅匙箸研究—高麗時代」、『石堂論叢』第38輯、東亜大学校石堂研究院、2007.

李相龍、「慶南地域高麗～朝鮮時代墳墓出土青銅匙研究」、『韓国高錫青銅器の製作技術研究』、2009.
- 3) クジャギョン、「麗末鮮初嶺南地域墳墓出土青銅碗に関する研究」、東亜大学校大学院碩士学位論文、2010.
- 4) 東亜大学校博物館、『金海徳山里民墓群』、1995.

慶南考古学研究所、『晋州武村—高麗・朝鮮墓群（1・2）—』、2004.

東亜大学校博物館、『龜浦徳川洞遺跡』、2006.

東亜細亜文化財研究院、『巨濟徳浦・間谷遺跡』、2007.

_____、『巨濟徳浦・間谷遺跡』、2008.

_____、『昌原貴山洞朝鮮墳墓群』、

2008.

_____、『昌原加音丁複合遺跡（下）』、

2009.

_____、『金海竹谷里遺跡Ⅱ（上・下）』、

2010.

5) ペヨンドンは青銅匙の細部名称について次のような用語を使用している。飯を掬う平たく大きな部分を「匙葉（술잎）」、持ち手を「匙柄（술자루）」、匙葉の長軸方向外郭の端部を「匙刃（술날）」、匙刃と匙柄の接する箇所を「匙頸（술목）」と呼んだ。

6) クジャギョン、「麗末鮮初嶺南地域墳墓出土青銅碗に関する研究」、東亜大学校大学院碩士学位論文、2010. p.34.

台脚の高さについては台脚の高さの形態によって2種類に区分したが、時間的な変化様相については区分しなかった。

7) 青銅匙の分析内容は、李相龍、「慶南地域高麗～朝鮮時代墳墓出土青銅匙研究」、『韓国高錫青銅器の製作技術研究』、2009. に準ずる。

8) 高麗時代の青磁類および朝鮮時代の粉青沙器および白磁類の編年基準とする論文は次のようである。

李鍾玟「14世紀後半 高麗象嵌青磁の新傾向：飲食器皿を中心に」、『美術史学研究』、201—韓国美術史学会一、1994.

_____、『韓国の初期青磁研究』、弘益大学校大学院博士學位論文、2002.

長南原、『高麗中期青瓷の研究』、梨花女子大学校大学院博士學位論文、2003.

ハンソング、「高麗後期青磁器形の変遷」、『美術史学研究』、232—韓国美術史学会一、2001.

姜敬淑、『粉青沙器研究』、一志社、1986.

_____、『韓国陶磁史研究』、2004.

鄭良模、「西武慶南の朝鮮陶磁器」、『朝鮮地方沙器の痕跡—国立晋州博物館』、2004.

クアクテヒョン、「昌原龜山洞遺跡墳墓出土時期類に対する小考」、『昌原貴山洞朝鮮墳墓群』、東亜細亜文化財研究院、2008.

_____、「昌原加音丁洞複合遺跡の高麗～朝鮮時代墳墓出土磁器小考」、『昌原加音丁複合遺跡（下）』、東亜細亜文化財研究院、2009.

_____、「金海竹谷里遺跡高麗・朝鮮時代墳墓出土陶器および時期小考」、『金海竹谷里遺跡Ⅱ（上・下）』、東亜細亜文化財研究院、2010.

図1 青銅皿各部名称__上から順に、蓋身部、口縁部、口縁部、胴体部、基底部、台脚部

図2 青銅匙各部名称__左上から順に、匙部、柄部、柄端部、先端部、匙頸

図3 青銅遺物編年表__左上から順に、時代、年代、青銅皿、

青銅匙、共伴遺物、高麗、12、竹谷里高麗 33 号、徳川高麗 4-2 号、徳川高麗 2 号、徳川高麗 4 号、竹谷里高麗 33 号、13、竹谷里 38 号、加音丁高麗 5 号、徳川高麗 1 号、竹谷里高麗 4 号、徳川高麗 2 号、徳川高麗 1 号、14、徳川高麗 9 号、加音丁高麗 2 号、貴山洞高麗 2 号、加音丁高麗 2 号、徳川高麗 9 号、貴山洞高麗 3 号、15、加音丁朝鮮 64 号、加音丁朝鮮 67 号、加音丁朝鮮 3 号、加音丁朝鮮 41 号、加音丁朝鮮 70 号、加音丁朝鮮 2 号、貴山洞朝鮮 30 号、16、加音丁朝鮮 51 号、貴山洞朝鮮 37 号、加音丁朝鮮 709 号、加音丁朝鮮 41 号、長坪 12 号、貴山洞朝鮮 64 号、徳川高麗 24 号、貴山洞朝鮮 3 号、加音丁朝鮮 13 号、加音丁朝鮮 38 号、竹谷里朝鮮 91 号、加音丁朝鮮 70 号、17、巨濟間谷 17 号、貴山洞朝鮮 6 号、加音丁朝鮮 65 号、加音丁朝鮮 69 号、加音丁朝鮮 79 号、巨濟間谷 17 号

表 1 青銅皿型式分類基準_左上から順に、分類基準、型式、内容、出土遺構、台脚高、I、1.5cm 未満、昌原貴山洞高麗 3・5 号、晋州武村 1 丘 3 号、釜山徳川洞高麗 8 号、金海竹谷里高麗 2・4・38 号など、II、1.5cm 以上、昌原加音丁 74・82 号、昌原貴山洞 36 号、晋州武村 1 丘 156・3 丘 95・98・153・159 号、巨濟間谷 2・17 号、巨濟長坪 2・5 号など、口縁部断面、A、内傾、昌原貴山洞高麗 4 号、金海竹谷里高麗 2・4 号、昌原加音丁 41・69 号、晋州武村 3 丘 85・95・98 号など多数、B、外反、昌原加音丁高麗 5 号、昌原貴山洞高麗 3・67 号、金海竹谷里 38・39・40 号、釜山徳川洞 18 号、晋州武村 1 丘 114・3 丘 64・159 号など、C、直立、釜山徳川洞高麗 8・13・45 号、昌原加音丁 41・79・82 号、昌原貴山洞 86 号、巨濟長坪 8 号など、台脚の製作方法、1、別途接合（結合式）、昌原加音丁 51・67・69 号、昌原貴山洞高麗 3・5・82・85・86・91 号、晋州武村 1 丘 3 号・3 丘 95・98 号、釜山徳川洞高麗 8 号、金海竹谷里高麗 2・4・38 号ほか多数、2、同時鑄造、昌原加音丁 41・74・78 号、昌原貴山洞 82・85・86・91 号、釜山徳川洞 13・18 号、晋州武村 1 丘 114 号・3 丘 64・159 号、巨濟長坪 2・8 号など

表 2 青銅皿の器高および台脚高平均値_上から順に、時代別青銅皿の器高および台脚高平均、高麗、器高、台脚高、朝鮮、器高、台脚高、単位

表 3 口縁部断面形態別出土量の比較_左上から順に、口縁部断面携帯別出土量の比較、高麗（18 点）、内傾（5 点）、外反（12 点）、直立（1 点）、朝鮮（44 点）、内傾（25 点）、外反（11 点）、直立（8 点）

表 4 高麗・朝鮮時代台脚の接合方法別出土量の比較_左上から順に、台脚接合方法別出土量の比較、高麗（19 点）、なし（5 点）、別途接合（13 点）、同時鑄造（0 点）、朝鮮（45 点）、なし（14 点）、別途接合（15 点）、同時鑄造（16 点）

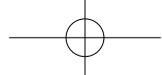
表 5 高麗・朝鮮時代青銅皿の変化様相_左上から順に、時代、台脚高、低、高、台脚接合方法、別途接合、同時鑄造、

口縁断面携帯、内傾、外反、直立、高麗、朝鮮
表 6 青銅匙型式分類表_左上から順に、型式、柄部湾曲度、柄端部細部携帯、青銅匙携帯、出土遺構、I、2.2cm 以上、柄端部の中間部分が V 字形に開き端が尖るもの、亀浦徳川洞 1・2・4・5・6・8 号墳、晋州武村 1 丘 3 号墳、昌原貴山洞高麗 1・3 号墳、昌原加音丁高麗 1・2・4・5 号墳、II、1.8cm 以上 2.2cm 未満、柄端部の中間部分が Y 字形に開き端が尖るもの、晋州武村 2 丘 57・3 丘 153 号墳、昌原加音丁朝鮮 3・51 号墳、昌原貴山洞 30 号墳、III-1、1.2cm 以上 1.8cm 未満、柄端部の中間部分が Y 字形に開き端が角張るもの、晋州武村 2 丘 46 号墳、昌原加音丁 41・78・80 号墳、III-2、柄端部の中間部分が V 字形に開き端が尖るもの、固城新田里 5・15 号墳、金海徳山里 97・100・253 号墳、晋州武村 2 丘 67 号墳、昌原貴山洞 4・66・68・86 号墳、III-3、柄端部の中間部分がコの字形に開き端が角張るもの、固城新田里 6・12 号墳、巨濟長坪 12 号墳、金海徳山里 1・61・82 号墳、III-4、柄部の中間以降が平行に広がるもの、巨濟長坪 2・4・5・6・7・9 号墳、固城新田里 19 号墳、金海徳山里 1・4・7・19・27 号墳など、亀浦徳川洞 4・20・24 号墳など、その他多くの遺跡から出土、IV、1.2cm 未満、柄部から柄端部まで一直線にのびるもの、巨濟間谷 2・17 号墳、昌原貴山洞 6・7・8・113 号墳

表 7 青銅匙の湾曲度および匙部長対全長による分布様相_左上から順に、湾曲度（単位：cm）、匙部長：全長比率

表 8 類型別湾曲度および匙部長対全長比率平均値_上から順に、匙部長：全長（比率）、湾曲度（単位：cm）

表 9 青銅匙の規格による分布_左上から順に、単位：cm、高麗、朝鮮、匙部深さ、匙部長、全長



韓国の古代青銅器の時代別組成特性と変遷

金奎虎(公州大学校文化財保存科学科)
安珠暎(国立中央博物館保存科学チーム)

I. 序論

韓国の青銅器は紀元前1000～700年の新石器時代が終末を迎える頃に出現し、青銅器の登場が青銅器時代の始まりに結びついた。現在のところ、最古の青銅器は紀元前3700年頃のエジプトのピラミッドから出土したものであり、これら中東地方の青銅技術が地中海にひろがって、ヨーロッパでは紀元前3500年ごろ、シベリア一帯では紀元前1500～700年ごろに青銅製品が出現すると知られている¹⁾。

青銅器の主な材料は銅であるが、自然に産出され、また鉱石から抽出する方法(精錬)も比較的容易であることから、様々な金属のなかで最も早く利用された。銅には、赤色の光沢があり、展性・延性にすぐれ比較的加工しやすいという性質があるが、銅自体は軟らかいため、これで作った製品は硬くない。しかし、銅は合金になると硬くなり、合金の成分によって銅+錫が青銅、銅+亜鉛が黄銅と大別され、これに鉛が加わると銅+錫+鉛が鉛青銅、銅+亜鉛+鉛が鉛黄銅に分類される。合金成分のうち錫の含量が高いものを高錫青銅器とよぶ。錫の含量が多いほど強度が高まり、銀白色を帯びてくる。高錫青銅器のひとつに銅鏡があるが、銅鏡には銅剣とともに韓国的特徴があり、時期区分に重要な役割を果たす。

銅鏡の主要成分配合比や金属組織の観察によって当時の鑄造技術を探索できる。青銅器の主要成分である銅・錫・鉛は、その配合比によって金属の性質に変化が生じ、成分組成が同一の場合でも冷却速度や熱処理加工によって特定の金属組織が形成される。また、微量成分は大部分が原料に由来する不純物であるが、その含量を分析することで原料物質の精選の程度が検討でき、鑄造時の意図的な添加物であるのかどうかを判断することができる。また、青銅器の製作に用いた鉛の産地を明らかとする鉛同位体元素比の分析も重要である²⁾。

現在、これら自然科学による研究が進められているが、いまだ試料の数量があまりにも少なく、考古学との連携も不十分である。ゆえに本稿では、銅鏡について、考古学的に整理された時代ごとの特徴と自然科学研究の成果を提示しその関連を検討していく。

II. 銅鏡の考古学的特徴

韓国を中心に、東北アジア地域で発見されている青銅器時代の銅鏡は、鏡面に文様がなく、その滑らかな反射面は凹面や凸面のものもあるが、ほとんどが平らな形状を呈する。鏡背面には、直線の集合による粗雑な斜線文

や鋸歯文、円を重ねた同心円文などの幾何学的複合文様を刻むのが特徴である。背面には2～3個の鈕をつけるが、ごく少数を除けば大部分が双鈕である。これにより「双鈕鏡」ではなく「多鈕鏡」と称する。しかし現在まで韓国で発見された青銅器時代の銅鏡は大部分が鈕2つの双鈕鏡である³⁾。平面形は円形と方形が基本で、使用方法によって銅鏡・柄鏡・懸鏡に分かれる。円形鏡や方形鏡は摘みが鏡背面の中央にあり、紐を通して手で持ったり鏡架にかけて使用する。柄鏡は把手を持って顔を写したり、前後で向かい合わせて後ろ姿を写すなどする。懸鏡は懸けたり吊したりして使用するものである⁴⁾。

1. 青銅器時代⁵⁾、¹⁵⁾

韓国の青銅器文化は大きく前期と後期に分かれる。紀元前9～7世紀は典型的な琵琶形銅剣と多鈕粗文鏡に代表される時期であり、紀元前6世紀初めにはジグザグの雷文をもつ銅鏡が現れる。銅鏡が盛行するのは青銅器文化後期であり、青銅器の鑄造が本格化され全盛期となる。この時期には背面に2つ以上の鈕をもつ粗文鏡が製作された。青銅器時代の鏡は、まず雷文のような単純な幾何学文を配置した粗い文様の鏡が製作され、次第に三角形と円形を複雑に精巧に配置した精文鏡に変わり、遂には鏡縁の断面が半円形となり文様が内区・中間・外区の構成をとる。

2. 初期鉄器時代・原三国時代⁶⁾、¹⁵⁾

紀元前3世紀後半から2世紀前半ごろに鉄器時代がはじまり、紀元前1世紀後半になると鉄器の生産は普遍的となった。初期鉄器時代である紀元前1世紀以降には多くの漢鏡が楽浪郡を通じてもたらされ、韓半島南部には漢鏡を模倣した倣製鏡が出現する。漢鏡は粗文鏡や細文鏡と異なり一鈕である。

原三国時代とは三国が国家体系を整え始める紀元前後から紀元後300年までの期間をいう。この時期は鉄の生産が加速化し、農器具を製作し稲作をおこない、初期鉄器時代のように漢鏡や倣製鏡の出土が増加する。

3. 三国時代・統一新羅時代⁶⁾、⁹⁾、¹⁵⁾

三国時代末期には、主に墓から出土していた銅鏡が、寺址などの建物址からもしばしば出土するようになる。新羅地域には3～4世紀の銅鏡がみられず、その後も事例は増加しないが、5世紀末から6世紀には限られた数の小型鏡があらわれる。6世紀中葉までは外来の鏡が支配層の墓に、在地の製品は相対的に下位層の墓に副葬された。流入経路をみると5世紀中葉以前には高句麗、それ以後は倭の鏡が流入する。6世紀中葉以後になると鏡の副葬は顕著に減少するが、寺刹からの出土が目につく。百済では年代が確実な武寧王陵から銅鏡が出土しており、また益山弥勒寺址でも銅鏡が確認された。

統一新羅では7世紀以降、舍利莊嚴具として銅鏡が用いられるが、金銀平脱技法を利用した銅鏡なども現れる。益山弥勒寺址でも銅鏡の破片が出土するが、これは典型

的な唐鏡の系統に属する。

4. 高麗時代^{6), 15)}

高麗時代には銅鏡の出土事例が急増する。高麗銅鏡の範疇は概念の設定によって違いがあるが、高麗独自のデザインと技術、材料を用いた銅鏡や中国の銅鏡を模倣してつくった鏡が高麗銅鏡に含まれる。

高麗銅鏡の代表的な事例として高麗国造という文字が陽刻された銅鏡をあげることができる。高麗時代の銅鏡のうち国家の名前があらわれるのは高麗が唯一であるから、この銅鏡は確実に高麗で製作されたといえる。文字や文様がない鏡でも地域名が陽刻された場合が多いため、韓国で確認された文様のない鏡は高麗銅鏡の特徴と考えることができる。また高麗銅鏡とみられる銅鏡には煌丕昌天が刻まれたものや龍樹殿閣文鏡などがある。煌丕昌天が中国で出土するのは稀であるが、韓国では大量に確認されている。龍樹殿閣文鏡について韓国と中国を比較してみると、陽刻の文様の深さが中国は深い韓国は浅く、全体的に絵が左右反転する様相がみられ、また中国では龍がみられないという違いもある。

III. 銅鏡の科学的特性

1. 組成分析

表2はこれまでに発表された銅鏡素地の分析結果などを時代別に整理したものである。分析結果の平均値は青銅器・初期鉄器時代が Cu:Sn:Pb=67.6:26.7:5.4、原三国・三国時代は Cu:Sn:Pb=67.4:28.0:4.6、統一新羅時代は Cu:Sn:Pb=68.1:26.8:4.7、高麗時代は 68.4:18.9:10.1 である。錫の含量は、原三国・三国時代に増加し、統一新羅時代に減少するが、全体としては高い割合を維持している。これが高麗時代になると錫の含量は減少するが、鉛の含量は増加する。一般的に錫の割合が増加するほど強度が高まるが、引張強度は錫22%のときが最大値でこれより増加すると急激に落ち込む⁴⁾。錫の含量が増加すれば強度は高まるが衝撃に弱くなる。また錫は、鉱山の分布状況や埋蔵量によれば、銅に比べて生産は限定されていた⁷⁾。錫の含量が減少すると反射率が落ち、鏡本来の事物を映す機能が低下する。これを補うために錫アマルガムや、金・錫の溶湯につけるなどの鏡面処理を施して鏡面の白色度を高め、壊れにくさを維持しながら反射率を高めたと推定される¹³⁾。こうした技法がいつから導入されたのか確実でないが、時期がくだるほどより多く現れる。これについての研究は現在進行中である。

図1で、時代別に銅、錫、鉛の3元系様相をみると青銅器・初期鉄器時代には鉛が一定で、銅・錫が反比例する一定の組成を維持するが、時期がくだるほど多様な組成となることが確認できる。このような組成比の規則性を確認するため図2に銅と錫の割合を表した。全体的には銅と錫が反比例し、青銅器・初期鉄器・原三国・三国時代にはひとつのラインを形成するが、統一新羅・高麗

にいたっては規則性がなく、銅と錫の分布図が散漫な様相をしめす。これは時期がくだるほど技術が多様化したものと推定できる。

2. 金属組織

金属の組織では、加工した方法によって固有の現象があらわれる。また組織に存在する介在物は使用した原料と材料によって変化するため、組織を観察すると外観からは把握できない様々な情報を得られる。

銅+錫の合金である青銅は約14wt%以上の錫が含まれていれば色が明るくなって銀色に近づき硬くなるが、16wt%以上になるとかえって壊れやすくなる。錫の量が14wt%以上になると通常2つの相があらわれ、25wt%以上になると3つの相があらわれる²⁾。

組成分析の結果のうち、組織に対する研究が併せて実施されたのは初期鉄器時代の国宝141号多鈕細文鏡と全州孝子洞出土多鈕細文鏡、三国~統一新羅時代の益山弥勒寺址銅鏡片である。

1) 初期鉄器時代の国宝141号多鈕細文鏡¹²⁾

下地は δ 相が大部分を占めており、その間に共析である $\alpha + \delta$ が存在している。組織相の大きく黒い点はピンホールで、小さな黒い円形の点は鉛の粒子である。灰色の粒子は硫化物である Cu_2S である。断面に該当する下段部のピンホールを満たす腐食物のなかには再析出銅が存在している。

2) 初期鉄器時代の全州孝子洞出土多鈕細文鏡¹⁴⁾

小さな粒子は δ 相で樹枝状部分は α 相と δ 相が共存した共析相をなす鑄造組織である。大部分の銅鏡は錫含量が22%前後であるが、この多鈕細文鏡は錫含量が30.4%と高く、 α 相でなく δ 相が優先的に成長して現れたものとみられる。また小さく黒い粒子はPb粒子として相当に微細に分布している。

3) 三国~統一新羅時代の益山弥勒寺址銅鏡片⁸⁾

a) 銅色とみられる部分が α 相で、 α 相の間の白い部分は $\alpha + \delta$ 共析相をなしている。金属組織の観察結果、鑄造工程以外に鍛打や熱処理が実施された痕跡は観察されない。

b) 銅鏡片1と類似した組織をみせる。明るい黄色をみせる粒子は α 相で、 α 相の間の白い部分は共析相である $\alpha + \delta$ 相をなす。しかしこの銅鏡の場合、表面にちかい部分にはウィドマンステッテン Widmanstätten 組織をみせる。これは銅鏡の表面の冷却速度が内部より早いために現れた組織で、ウィドマンステッテン組織以外には加工や熱処理痕跡が観察されない。

c) 黄色の粒子は α 相をなし、樹枝状部分はマルテンサイト martensite 組織(暗い部分は γ 相)で明るい針状部分では β 相が観察される。樹枝状部分でマルテンサイト組織が観察されるということは焼き入れに先だって実施された加熱過程で、試片の温度が β 領域に達したことを意味する。この銅鏡は製作時に意図的に焼き入れ処理

が追加された点で前の銅鏡と異なる。

3. 鉛同位体元素比分析

青銅器は、大部分が銅と錫を基本としながら必要に応じて鉛を添加し鑄造したものである。青銅に鉛を添加する目的は、溶融温度を下げて鑄造時の流動性を高めること、また錫が高価で入手が困難なときに代わりに鉛を添加する。このように青銅器の製造においては、技術的・経済的な側面を考慮しつつ、用途に応じてその量を調節して鉛を添加するが、この鉛がいつ、どこで入手されたのかを明らかにすることが重要である。青銅原料の産地を推定するための自然科学的な方法として、鉛同位体元素比を利用した産地推定法が応用されている⁵⁾。

これまでに分析された銅鏡の鉛同位体元素比は総8点で青銅器時代(1点)、初期鉄器時代(5点)、原三国時代(1点)、三国時代(1点)など、初期鉄器時代に集中している。分析点数も不足するが韓国銅鏡の分類もなされておらず、分析結果について、この分類も必要である。分析結果を時代別で表3に整理し、分布図を図3に示した。三国時代の益山弥勒寺址銅鏡片をのぞくと、ひとつのラインを形成するなかで3つのグループに分かれる。このグループからは時代的特徴を探ることができないが、多鈕細文鏡(▲)と倣製鏡(●)の違いがあらわれる。三国時代の銅鏡片は形態がわからないが、韓国の領域に属しており多鈕細文鏡の破片と推定される。

IV. 結論および考察

韓国出土銅鏡について科学的調査の結果を中心にその特徴を調べた。

まず組成分析結果を特徴をみると、時期がくだるほど錫の含量が減少し鉛の含量が増加する様相がみられる。初期には錫含量が高いことで鏡面が銀白色を帯び反射率を高めたが、時期がくだるにつれ、錫に対する様々な制限によって錫の含量が減少したものとみられる。これを補完するために錫アマルガムや金・錫溶湯に漬け込む鏡面処理をおこなって鏡面の白色度を高め、壊れにくさを維持しつつ反射率を高めたと推定される。また初期に一定の組成を維持した銅・錫・鉛は時期がくだるほど多様な組成比を示すが、これは技術的な変化が多様に現れたことを意味する。

次に銅鏡の金属組織をみると、初期鉄器時代の国宝第141号多鈕細文鏡と全州孝子洞出土多鈕細文鏡は錫の割合が高く α 相でなく δ 相が優先的に成長したが、再析出銅も現れており、初期鉄器時代の錫比率の高さともなう現象のひとつとみられる。三国時代の銅鏡片3ではマルテンサイト組織に観察され、製作時に意図的に焼き入れ処理がなされたとみられる。金属組織に対する調査がまだ十分でないが、初期鉄器時代には錫含量が30%以上である銅鏡の特徴がみられ、三国時代に焼き入れ処理が行われたことが確認できる。

鉛同位体比分析を通じて、多鈕細文鏡と倣製鏡の領域が区分されることが確認できた。

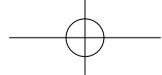
銅鏡以外にも高錫青銅器は様々なところで使用されてきた。科学的研究がまだまだ不十分ではあるが、研究が多様に進めば、銅鏡の時代ごとの特徴と関連させながら高錫青銅器の特徴を探ることができると期待される。

参考文献

- 1) 金元龍、1998、『韓国考古学概説』、一志社
- 2) 李 勝平、1998、『絵で説明する金属材料』、図書出版清湖
- 3) カンヒョンテ・ユフェソン・ムンソニョン・クォンヒョングンナム、2000、「清州 思惱寺 青銅器の科学分析 (I)」、『博物館保存科学2集』
- 4) チェジュ、2000、「韓国冶金史 (3)」
- 5) カンヒョンテ・チョンクァンヨン・チョサンギ・イムニョン、2003、「論山市院北里土坑墓遺跡出土青銅器の科学分析」、『韓国上古史学報』
- 6) 李蘭映、2003、『高麗鏡研究』、図書出版シニユ
- 7) パクジャンシク、2004、「古代韓国の青銅器技術体系」、『熱処理工学会誌』
- 8) ホイルクォン、2006、「弥勒寺址出土銅鏡と銅鐘の金属学的研究」、韓瑞大学校碩士論文
- 9) 国立慶州博物館、2007、『国立慶州博物館所蔵鏡鑑』
- 10) アンジュヨン、2008、「鉛同位体元素比による韓国出土青銅製品の産地考察」、公州大学校碩士論文
- 11) イスンウ、2008、「多鈕細文鏡製作技法研究」、東国大学校碩士学位論文
- 12) パクハクス・ユフェソン、2009、「国宝第141号多鈕細文鏡の微細組織と原料」、『国宝第141号韓国基督教博物館所蔵多鈕細文鏡総合調査研究』
- 13) ユフェソン、2009、「韓国・中国の銅鏡成分分析事例を通じた特性考察」、『国宝第141号韓国基督教博物館所蔵多鈕細文鏡総合調査研究』
- 14) チョナムチョル・金奎虎、2009、「韓国高錫青銅の材料学的特徴」、『韓国高錫青銅器の製作技術研究』
- 15) 国立中央博物館、2010、『国立中央博物館テーマ展 高麗銅鏡』

表1 多鈕鏡の時代変遷¹⁾ __上左から、時代、年代、銅鏡の変遷、琵琶形銅劍前期、800～600 B.C.、粗文鏡、琵琶形銅劍後期、600～400 B.C.、細形銅劍初期、400～300 B.C.、粗精文鏡、細形銅劍前期、300～200 B.C.、細形銅劍中期、200～100 B.C.、細文鏡、細形銅劍後期、100～50 B.C.、細形銅劍末期、50 B.C.～50 A.D.、漢式鏡、変形銅劍時期、50 A.D.～100 A.D.

表2 銅鏡の組成分析結果^{8)、13)、15)} __ 1. 青銅器・初期鉄器：上左から、連番、時代、出土地(遺物番号)、遺物名、Cu、



南アジアにおける青銅器時代文明の概観

ヴァサント・シンデ
シュウエタ・シンハ・デシュパンデ
(デカン大学院准大学考古学部)

はじめに

インド史において石器時代と初期歴史時代のあいだは「暗黒期」と考えられていた。しかし、南アジア最初の青銅器文化であるハラッパー文明が1920年代に発見されたことにより、インドにおける定住生活の起源が一挙に2000年も古くなることが分かった。これはインド亜大陸における20世紀最大の考古学的発見であると知られた。南アジアにおける農耕牧畜の発達と拡散は、9000年以上にわたる複雑な過程である。「長く忘却された文明への黎明」は、インド亜大陸の「ハラッパー文明」として今日知られる発見をおそらく初めて西洋世界に紹介したジョン・マーシャルが、1924年9月20日にIllustrated London Newsに掲載した記事である。この都市文明は、独自の都市計画や文字記録、メソポタミアとの交易や発達した工芸技術などによって有名であるが、その学論上の注目はインド亜大陸だけでなく世界から集まる。というのも、未だに文字の解読に成功していないからであろう。

起源と範囲

初期の発掘者や研究者は(Mackay, 1928-29; Marshall, 1931; Vats, 1940)、単純な拡散モデルに基づいて、ハラッパー文明の起源は中東など外部からの影響に求められると考えた(Fairservis, 1956; Gordon and Gordon, 1940; Piggott, 1950; Sankalia, 1974; Wheeler, 1947, 1968)。しかし今日では、在来の住民による領域間の交流の結果として起こったローカルな発達によってこの文明が登場し、同時期のメソポタミア文明やエジプト文明の4倍に相当する250万平方キロメートルという地域が包括されるに至ったと考えられている(Durrani, 1986; Jarrige and Meadow, 1980; Mughal, 1974b; Shaffer, 1982b)。その北限はJammuのBeas川沿いのManda遺跡であり、南限がMaharashtraのTapti沿いのBhagtrav遺跡である。東西の境界は、デリー近郊のHindon川沿いのAlamgirpur遺跡とイラン国境近くアラビア湾岸のSutkagendor遺跡である。今日、ハラッパーの人々は幾つもの民族が複合して構成され(Mughal, 1990; Possehl, 1982, 1990b; Shaffer and Lichtenstein, 1989; Thapar, 1979)、Harappa (Punjab) や Mohenjo-daro (Sindh)、Rakhigarhi (Haryana)、Dholavira (Kutch/Gujarat)、Ganweriwala (Cholistan) といった大都市センターをもつ複数の文化アイデンティティーが含まれて

いたと考えられている(図1)。これらの都市と国際交易経済は、多くの工芸センターと小型農耕村落によって支えられていた。

生態環境

ハラッパー文明をとりまく環境は、IndusとGhaggar-Hakra (現在は水流が枯渇) という2つの大きな河川流域とその平原から構成され、西はBaluchistanの高原地帯を含み、北西と北にはパキスタン北部とアフガニスタン、インドの山岳地帯を望む。これらの地理帯には高原と低地、海岸、内陸部が含まれ、処々の土地は農耕牧畜に適し、特定の資源に恵まれている。その資源獲得は、社会経済の交流パターンに影響を与え、社会的地位の確立に一役買った。

編年

ハラッパー文化は均一な文化現象として捉えることはできない。というのも、その物質文化は多様であり、初期ハラッパー文化(3500-2500BC)と盛期ハラッパー文化(2500-2000BC)、後ハラッパー文化(2000BC以降)に分けられるからである。2600BCという年代が、ハラッパー人による都市の統一と都市社会、文字や量り、ハラッパー式土器デザイン、都市計画などの開始に相当し、これらは2100-1900BCまでに解体してしまったと考えられている(Shaffer, 1991)。

ハラッパーの都市化と標準化(2500-2000 BC)

都市あるいは盛期ハラッパーには、様々な規模と機能をもつ都市と農村遺跡が含まれるが、その本質的特徴として防壁や壮大な門をもつ都市計画や遺跡内の区画、排水施設、焼レンガ建築物、レンガの規格サイズ(4:2:1)、土器、文字資料、工芸品と工芸技術の類似性(エッチングされた紅玉髓製ビーズ、銅や青銅製品、石刃)、印章、度量衡、外部との交易の証拠などが知られている。これらの特徴に基づいて、遺跡のサイズや都市・農村の区別によらず、ハラッパー文化遺跡を同定することができる。この内のいくつかの特徴について以下に述べる。

都市計画

発掘調査の結果明らかになったのは、ハラッパー文明では立派な都市建築が碁盤目状に配され、発達した排水設備が整い、レンガのサイズが4:2:1に近い比率に統一されていたことである。城塞や防壁、ダムなどの巨大建築物も発見されている。インダス文明の中でも、Mohenjo-DaroやHarappa、Rakhigarhi、Dholavira遺跡が大都市センターであり、政治・行政上の地域センターとして重要であったと考えられる。都市センターの内部は複数に区画されていた。支配者層が占める城砦と、一般市民が居住する下町である。

個人住居は中央空間に向かうように配置され、道路からアクセス可能な入り口は家屋内部への視界を妨げていた。幾つかの住居には井戸が伴い、およそ700の井戸が Mohenjo-daro の中心部で発見された (Jansen, 1989)。それだけの数の井戸が近隣の居住区毎に所有されていたことは、それぞれ固有の水資源が必要であったことを示唆する。

大型公共建築物は開放的で、遺跡内の各所をつなぐ大通りとなっている。その例が、Mohenjodaro の「大浴場」や Mohenjodaro と Harappa の「穀物倉庫」である。「大浴場」は大規模な耐水容器であるが、その明確な目的は不明である。Mohenjodaro と Harappa、Lothal のいわゆる「穀物倉庫」は、巨大な建築基礎であり、その上屋構造については良く分かっていない。

都市や小型遺跡にはまた、丁寧に設計・維持された排水設備が伴っていた。井戸や浴場基礎はレンガで縁どられ、小型の排水溝を通して井戸や居住空間から道路の大型排水溝へ水が運ばれた (図2)。道路の排水溝には汚水ためピットが伴い、通りには固体ゴミ用の容器が配されていた。その中身が収集され遺跡の外に廃棄されたと考えられる。

遺跡は大小の通路によって碁盤目状に区切られ、効率的な排水設備が伴っていた。道路の碁盤目状配置と住居の高い規格度は、厳格な都市制御、世界最古の都市計画を示唆する。この様な都市計画は、農村から徐々に発達して形成されたとは考えられない。それは、新たに計画・建築されてきた居住地と思われる (c.f. Gupta, 1997)。城塞が泥製の高い基壇の上に建てられ、その建築物は宮殿の様な場所で、砦や集会場、倉庫、儀礼場、そして饗宴場の機能を有していたかもしれない。主要な都市では、Dholavira 遺跡の発掘で分かったように、泥レンガ製の防壁が城塞や下町を囲んでいた (Bisht, 1993; Gupta, 1997)。

生業と経済

主な経済基盤は農耕と家畜飼育、交易である。交易では、特別な交換ネットワークによって原材料や製品が文明の領域内外で獲得・流通された。あらゆる証拠によると、生業活動は、Mehrgarh 遺跡において2000年前ほど早くに発達していたものと同様であったと考えられる。ハラッパー文明はその先行文化から進化したようである。その過程では、十分な技術レベルの灌漑農業を用いて、広大で肥沃なインダス川の利点を活かす一方、肥沃な土壌と破壊を同時にもたらす強大な洪水がコントロールされた (Kenoyer, 1991)。

ほとんどの居住地が冬雨の半乾燥地帯に位置していたが、その富はコムギとオオムギの栽培に基づいていた。これらの冬作物は、ヒヨコマメやマスタード、エンドウと共に主要産物であった。他の作物はコメ、ナツメヤシ、

メロン、野菜(主にマメ類)、そして綿花であった。夏作物の綿花は繊維のために栽培された。ハラッパー人は様々な穀物を栽培し、二毛作を行っていた。補助的に漁撈や狩猟活動も行われていた。ハラッパー人は精巧な水利施設を発達させ、Kutch の Dholavira 遺跡ではダムと水路、貯水槽のネットワークによって希少な水資源が利用された (Bisht, 1993)。

工芸インダストリー

ハラッパー文明では工芸活動が盛んで、各遺跡で鉱物など様々な資源が加工された。例えば、海産貝や象牙、紅玉髓、滑石、ファイアンス、ラピス・ラズリ、金、銀である。工芸品製作には、世帯用(土器や道具)、公共用(印章)、そしてエリート層や長距離交易のための装身具(腕輪、ビーズ、ペンダント)が含まれる。インダスの領域全体において規格化された製品が流通していたようである。しばしば、特別な工芸活動が行われていた証拠が特定の遺跡 (Shortugai でのラピス・ラズリ掘削と加工、Nageshwar での貝の加工) や地区でみられる (Chanhudaro ではたくさんの工人が印章や大型の紅玉髓製ビーズ、銅製品の製作に関わっていた)。工芸品の規格が保たれていた理由として、中央集権的な生産制御や国家レベルの組織が関わっていたとする説 (Piggott, 1950; Wheeler, 1968) と、保守的な観念の結果であるとする説 (Fairervis, 1984a; Miller, 1985) が提起されている。

ハラッパー土器はおそらくインドにおける最も精巧な土器であり、ハラッパー陶工の到達点である。土器は不純物を含まない極細粒粘土から製作され、均一に焼成されている。外壁には赤色スリップが施され、その上に黒色の彩文が描かれている。彩文パターンは変異に富み、交差する円や魚鱗、菩提樹の葉などの特徴的パターンがみられるが、ほとんどは無紋である。盛期ハラッパーに特徴的な器形は、S字状壺や高杯、円窓付円筒状壺である。

テラコッタ製の人物・動物像は、ハラッパー文化の遺跡においてビーズと共に重要な文化要素である。

銅・青銅技術：銅や青銅製の道具や器、装飾品の製作は、ハラッパー文化の特徴である。ほとんどの製品は縦・横斧やナイフ、釣り針、鑿などの日常道具のほか (図3)、なべや腕輪やビーズ、髪飾りなどの装身具である。まれに、武器も見つかっている。これらの製作技術は高度であるが、精巧な装飾は認められず、簡単で質素な様式がハラッパー文化の観念的側面の特徴を示すであろう。

興味深いことに、ほとんどの銅製品は小型農村ではなく大型の経済的に発達した遺跡で発見されている。これは、銅製品の使用が一般的ではなく、富や社会的地位のシンボルであったことを示唆する。しかし、装身具や器などのほとんどの銅製品は墓や一括埋納 (hoard context) ではないコンテキストから発見されている (合計168の銅・青銅装飾品の内、130点は一括埋納では

ないコンテキストから見つかった)。これは、ほとんどが一括埋納として見つかる金や銀など他の金属製品と異なる点である。しかし、幾つかの銅製容器やビーズが一括埋納で見つかる事実を完全に無視することはできない。さらに、ハラッパー文化の遺跡(墓、遺跡、一括埋納)で発見された銅・青銅製品の量は同時代の他の文明に比べて少ない。これは、当地における現代例にみられるように、銅・青銅が希少な資源であり、富や社会的地位のシンボルとして相続され、再利用されたためと考えられる(Agrawal, 2007)。

銅の産地は未だ特定できていないが、Aravalli の Khetri 鉱山だったというのが妥当であろう。研究者によっては、Baluchistan 北部と南部やアフガニスタンの Seistan の銅鉱が重要な産地であったと指摘された。ハラッパー人がこの地域の Helmand 伝統と盛んな交易関係を結んでいたと思われる。ハラッパー文化の製品と短期居住地があるオマーン半島もハラッパーの銅の産地候補である。Agrawal (2007) は、ハラッパー人の資源地として Aravallis を有力視する。Ganeshwar 複合遺跡において 5000 点以上の銅製品とハラッパー型の薄い石刃や尖頭器などが出土したからである。さらに、メソポタミアの人々は、Melluha (インダス地方と従来から目される) から銅を輸入していたので、インダス地方では外部からの輸入よりも在地の産地を利用していたとする考えがより説得力を増すが、外部から輸入された銅が再び鋳造・製造されてメソポタミアに輸出された可能性もある。しかし、Kenoyer と Miller によると、Aravalli の銅産地は多くの研究者によって調査されたにも関わらず (Piggot, 1999)、ハラッパー期の採掘を示す証拠が見つかっていない。従って、ハラッパー文化の銅産地に関して一致した見解は得られていないのが現状である。

ハラッパー文化は青銅器文化として言及されるが、ほとんどの製品が純銅製であり、その使用をより好んでいたようである。銅合金はハラッパー文化と同時代の文明の冶金では一般的であるが、Harappa 遺跡と Mohenjodaro 遺跡から分析された 177 点の銅製品のうち 30% のみが錫とヒ素、ニッケル、鉛の合金であり、錫が最も一般的である。分析された青銅の内、錫の含有率は 1-12% であった。

銅・青銅製品の製作には 2-3 段階の工程が含まれる。まず初めに精錬によって鉱石から金属を抽出するのであるが、この工程に関するスラグや鉱石といった直接的証拠は、居住遺跡からも Khetri 産地 (ハラッパー文明の銅産地といわれている) から得られていない。したがって、銅・青銅の産地については不明である。おそらく、ハラッパー人は外部からインゴットの形で獲得された金属を融解し、石やテラコッタ、または砂製の鋳型で鋳造したか、もしくは加熱して鍛造したと考えられる。断面平凸形の円盤インゴットで上面がでこぼこした資料が

Mohenjodaro や Chanhudaro、Harappa、Lothal 遺跡から出土している。それが銅工人によってさらに加工され、必要な製品が作られたと思われる。

銅製品の詳細な分析の結果、ハラッパーの人々はロストワックス製法 (cire perdue) を知っていたと考えられる。というのも、この鋳造法によって、Chanhudaro 遺跡出土の舞踏者像 2 体と車輪の欠けた幌車、それに運転手付の完全な幌車が製作されているからである。Mackay (1938) によると、数多くの斧が閉じた鋳型を用いて製作され、「欠点が多く空洞が多いため、再び融解しなければ使用できないほどである。」しかし、鋳型は Lothal 遺跡 (Agrawal, 2007 によって認められていない) が以外で発見されていない。保存されない砂製の鋳型が使用されたため、考古学的証拠に空隙が残されていると考えられる。

他の銅製品、特に平らな縦・横斧は、開いた鋳型を用いた鋳造法を示し、鋳物がゆっくりとコントロールされながら冷やされたと考えられる。しかし、銅製品の主体は鍛造物である。それは、基本的に融解していない金属を加熱または非加熱の状態ハンマーの力で成形したものである。鍛造によって製品が成形・硬化されるので、鍛造は日常用や工芸用の刃物の製作にとって重要である。刃物はハラッパー文化の遺跡において一般的な銅製品である (Chanhudaro 遺跡出土の 521 点の銅製品のうち、64% が道具、26% が装身具、7% が容器、3% がその他の製品)。最も一般的な製品はハラッパーの鑿である。それは鋳造製の銅の棒から鍛造される。薄い刃が銅板から切り出され、鍛造によって鋭い刃部が作り出される。ほとんどの銅製容器も銅板の鍛造によって作られ、必要な形が打ち出されている。

銅以外にも、ハラッパーの人々は金や銀、鉛を加工したことが遺物の証拠から知られている。

貝: Gujarat 遺跡は貝製品の主要な産地の 1 つであり、そこでは Turbinella Pyrum が青銅製の鋸で切断・加工されていた。Nageshwar 遺跡、Bagasra 遺跡、Kuntasi 遺跡なども主要な貝加工センターと考えられており、原材料の獲得や製品の仕上げが行われ、腕輪やビーズ、ペンダント、装飾用の象嵌、スプーンやひしゃくなどが製作された。

石: 多様な石が幅広い用途のために加工された。チャートや玉髄から石器が製作され、滑石からは公共用の印章が製作された。個人用の道具、特にビーズや腕輪、ペンダントなどの装身具は、技術的変成を受けたファイアンスや紅玉髄、鉛ガラスから作られた。この内の幾つかは、在地だけでなく広域の市場交易用でもあった。というのも、ハラッパーの紅玉髄製ビーズがウルの王墓から出土しているからである。

ハラッパー文明の人々と工芸品は技術革新的であり、通常の貴石であるラピス・ラズリやトルコ石に無関心で

あった。その姿勢はJarrigeによると、「それらの石で遊ぶことができなかつたので好きではなかつた」とまとめられている(Agrawal, 2007:323)。一方でVidaleによると「インダスの人々は、支配力ではなく創造力の文化表象が特筆に価する。それは、都市計画に表現された抽象世界から小びーズの石器に至る」(Agrawal, 2007:323)。

交易

交易・交換の証拠は主に産地の限られた原材料で作られた製品であり、例として海産貝やめのう、紅玉髓、ラピス・ラズリ、トルコ石、様々な色のチャート、ジャスパー、蛇紋岩、滑石、銅などがあげられる。交易品の輸送はおそらく陸上で、人力、ウシの荷車、ヒツジ・ヤギ・ウシの背中などが手段であっただろう。主要な遺跡の立地は河川や海洋輸送の重要性に関連しており、Lothal, Balakot, Sutkagendor 遺跡などがこれに当てはまる(Ratnagar, 1981; Jansen, 1989)。

メソポタミアの遺跡からの証拠によると、ハラッパーの人々(Meluhha)は木材や貝、象牙、金、装飾された紅玉髓びーズ、ラピス・ラズリ、そして織物や綿、穀物などの腐りやすい物品を輸出していた。そして、この交易はインダス川デルタにおける要所であるGujarat 海岸を経由していただろう。交易ネットワークを示唆する他の物品として、南インドやアフガニスタンからの金、オマーンからラジャスタンからの銀と銅、アフガニスタンからのラピス・ラズリ、そしてイランとアフガニスタンからのトルコ石が含まれる。エジプトとハラッパーのあいだの交易も存在したことが、Lothal 遺跡出土の2体のテラコッタ製ミイラによって示されている。また、エジプトで使用された青色はインドで栽培されたインディゴから得られたといわれており(Zarins, 1992)、その証拠はRojdi 遺跡で見ついている。西方との交易は2300-2200BC 頃に最盛期を迎えたようであり、その頃にハラッパー文明の人々は小規模な工芸センターを産地と海岸部に設置し、交易を促進した。しかし、1900BC までにメソポタミアとの交易は衰退し始め、1700BC までには完全に消滅した(Dhavalikar, 1997)。精密な立方体の量りや印影も、交易システムが発達し組織的であり、制御と流通方法が整っていたことを示す。発達していたが解読されていない文書も、このネットワークの主要素であっただろう。

ハラッパー文明の文書

ハラッパー都市文明の人々は、その祖先や子孫と明確に異なり、文字を用いていた。文字は、物品の所有証明や経済交流、会計、社会・政治や儀礼イベントの記録に使用されていた(Fairservis, 1983; Parpola, 1986)。この文字システムの起源は不明確であり、現在まで解読されていない。その理由として、二ヶ国語テキストが見つ

かっていないことや、銘字が短く通常5つくらいのシンボルのみであることが指摘される(Parpola, 1979)。

しかし学論は絶えることがなく、言語学者は先ドラビア語やインド・アーリア語との類似性を唱えるが(Fairservis, 1983; Parpola, 1986)、意見の一致や証明は得られていない。しかし、文章が右から左に書かれるという点は、現在のところ意見が一致している。またこの文字は、被熱した滑石に凹彫された印章や滑石、粘土あるいはファイアンスの板に彫られたり、たくさんの道具や装飾品、しばしば焼成前後の土器に彫刻される。また、土器やテラコッタ製のケーキヤコーンにスタンプで押されたりする(Joshi and Parpola, 1987)。

こうした文字やシンボルは、現代の学者による理解とは関係なく、信仰と観念が共有されていたことを示し、それは広大な範囲におよび、多様な生態環境に分布する都市と農村地帯の人々を統合する主要因であったことは疑いが無い。

宗教

ウィーラー(1968)は、神事と俗事は分離しがたい概念であると主張したが、それは古代の過去だけではなく現代のインド亜大陸の宗教シンボリズムにも当てはまる。今日でも、俗事で使用される道具や小物の幾つかはコンテキストによって「儀礼的意味」を持つ。多くの物品やシンボルがハラッパー文明の「宗教的」信条や行為を示すと考えられ、その例には印章や有角男神像、女神像、火祭壇などが含まれる。しかし、これらとインドの神話や宗教との関連や、メソポタミアの宗教との関連を説く試みは、解読された文書がないために失敗している(Allchin, 1985; Ashfaque, 1989; Dhavalikar and Atre, 1989; Fairservis, 1975, 1984b; Parpola, 1984, 1988)。

宗教伝統と信条は埋葬儀礼にも表れ、ハラッパー文明の墓は地域的パターンを示す(Kennedy and Caldwell, 1984)。墓地の規模は小さく、社会全体に相当するとは思われない。したがって、一部の集団は火葬や風葬を行った可能性がある。また、埋葬行為や副葬品の多様性は社会・宗教的規範の違いを示唆する。

ウィーラー(1968)は、在地信仰と国家宗教を区別した。それは、彼が目撃した現代の多くの在地信仰伝統と、より大きな包括的宗教観念に類似する。Fairservis(1986)によると、Mohenjodaro のような都市は主要な儀礼センターであり、「宗教」とは共有された信念と儀礼の複合システムを用いる統合手段であり、経済と政治上のコントロールを正当化した。

ハラッパー文明の社会と政治

社会組織、あるいは広大な地域におよぶ文化的統一性に示唆される政治行政上のコントロールについて想像以上の議論を行うことは未だに難しい。数多くの物品が長

距離交易され、度量衡が一見統一しており、共通した文字が存在し、印章が流通していたことを考慮すると、何らかの政治的経済的コントロールが大規模領域センターから発信されていたと考えられる。また、インダス地域全体に威信財が存在したことは、社会政治的・宗教的システムがそのような物品の獲得と使用を要求し促進したことを示すであろう。

十分な供給が確保された要因として、経済ネットワークと工芸人および工芸技術が主要都市に分布していたことがあげられる。興味深いことに、武力による獲得の証拠はなく、武器はほとんど見つかっていない。外来品の獲得は、穀物や家畜の余剰の蓄積として認められ、持てるものと持たざるものとのあいだの社会格差が拡大したであろう。

数多くの墓地が発掘されたにも関わらず、ハラッパー文明の人口構成に関しては不明である。HarappanやKalibangan、Rakhigarhi、Lothal、Farmanaのような遺跡では性格の異なる墓地が発見された(Shinde et al. 2009)(図4)。しかし、DNAや同位体、微量元素などの科学分析なしでは、遺伝系統や健康状態、食性などについて未だ十分には分からない。しかし、社会格差は墓地に明確に表れている。

まとめ

以上のように、ハラッパー文明の物質文化を概観してみると、十分に発達した社会経済・技術組織が存在することが示され、それは国際関係を含む複雑な経済構造や政治組織を発達させることができた。技術的・経済的に卓越した人々として、彼らは異なる環境要因と経済性を有する幾つもの地域に進出することができた。それは、産地や交易ルートなど重要な立地に分布する遺跡に示される。ハラッパー文明の人々は卓越した交易集団であり、交易を通して都市社会の基盤をある程度形成したのである。

図1. 南アジアの青銅器時代文化(ハラッパー)の分布と主要遺跡の位置

図2. 都市計画に関する最近の証拠(Farmana遺跡、インドHaryana州)

図3. 青銅器時代文化の銅・青銅製品

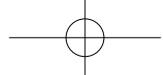
図4. 青銅器時代文化の墓(Farmana遺跡の大規模墓地、インドHaryana州)

引用文献

- Agrawal, D.P. (2007). *The Indus Civilization An interdisciplinary Perspective*, Aryan books International, New Delhi
- Allchin, F. R. (1985). *The Interpretation of a Seal from Chanhu-Daro and its Significance for the Religion of*

- the Indus Civilization. In Schotsmans, J. and Taddei, M. (eds.), *South Asian Archaeology 1983*, Istituto Universitario Orientale, Naples, 1, pp. 369-384.
- Ashfaque, S. M. (1989). *Primitive Astronomy in the Indus Civilization*. In Kenoyer, J. M. (ed.), *Old Problems and New Perspectives in the Archaeology of South Asia*, Wisconsin Archaeological Reports, Madison, 2, pp. 207-215.
- Bisht, R.S. (1993). *Banawali: 1974-77, Harappan Civilization in Recent Perspective* ed. G.L Possehl, Oxford and IBH Publications N. Delhi.
- Dhavalikar, M.K. (1997). *Indian Protohistory, Books and Books*, New Delhi
- Dhavalikar, M. and Atre, S. (1989). *The Fire Cult and Virgin Sacrifice: Some Harappan Rituals*. In Kenoyer, J. M. (ed.), *Old Problems and New Perspectives in the Archaeology of South Asia*, Wisconsin Archaeological Reports, Madison, 2, pp. 193-206.
- Durrani, F. A. (1986). *Rehman Dheri and the Origins of Indus Civilization*. Ph. D. Dissertation, Temple University.
- Fairservis, W. A. (1956). *Excavations in the Quetta Valley, West Pakistan*. *Anthropology Papers of the American Museum of Natural History* 45 (part 2).
- Fairservis, W. A. (1975). *The Roots of Ancient India*. (2nd ed., revised) Univ. of Chicago Press, Chicago.
- Fairservis, W. A. (1983). *The Script of the Indus Valley Civilization*. *Scientific American* 248 (3) : 58-66.
- Fairservis, W. A. (1984a). *Archaeology in Baluchistan and the Harappan Problem*. In Lal, B. B. and Gupta, S. P. (eds.), *Frontiers of the Indus Civilization*, Books and Books, New Delhi, pp. 277-288.
- Fairservis, W. A. (1984b). *Harappan Civilization According to its Writing*. In Allchin, B. (ed.), *South Asian Archaeology 1981*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 154-161.
- Fairservis, W. A. (1986). *Cattle and the Harappan Chiefdoms of the Indus Valley*. *Expedition* 28 (2) : 43-50.
- Gordon, D. H. and Gordon, M. E. (1940). *Mohenjo-daro: Some Observations on Indian Prehistory*. Iraq (London) 7 : 7.
- Gupta SP, (1996), *The Indus-Saraswati Civilisation, Origins, Problems and Issues*, Pratibha Prakashan N. Delhi
- Jansen, M. (1989). *Some problems regarding the Forma Urbis Mohenjo-Daro*. In Frifelt, K. and Sørensen, P. (eds.), *South Asian Archaeology, 1985*, Curzon Press, London, pp. 247-254.
- Jarrige, J. F. and Meadow, R. H. (1980). *The Anteced-*

- ents of Civilization in the Indus Valley. *Scientific American* 243 (2) : 122-133.
- Kenoyer, J. M. (1991a) Ornament Styles of the Indus Tradition. Paper presented at the American Committee for South Asian Art, Washington, D.C, April 19.
- Kenoyer, J. M. (1991b). Urban Process in the Indus Tradition: A preliminary model from Harappa. In Meadow, R. H. (ed.), *Harappa Excavations 1986-1990: A multidisciplinary approach to Third Millennium urbanism*, Prehistory Press, Madison, WI, (In press).
- Kennedy, K. A. R. and Caldwell, P. C. (1984). South Asian Prehistoric Human Skeletal Remains and Burial Practices. In Lukacs, J. R. (ed.), *The People of South Asia*, Plenum Press, New York, pp. 159-197.
- Joshi, J. P. and Parpola, A. (eds.). (1987). *Corpus of Indus Inscriptions*. Suomalaisen Tiedeakatemia Toimituksia, *Annales Academiae Scientiarum Fennicae*, Sarja - Ser, B, Nide - Tom. 239. *Memoirs of the Archaeological Survey of India*, No. 86. Suomalainen Tiedeakatemia, Helsinki.
- Marshall, S. J. (1931). *Mohenjo-daro and the Indus Civilization*. A. Probsthain, London.
- Mackay, E. J. H. (1928-29). Excavations at Mohenjodaro. *Annual Report of the Archaeological Survey of India* : 67-75.
- Mackay, E. J. H. (1938). *Further Excavations at Mohenjodaro*. Government of India, New Delhi.
- Miller, D. (1985). Ideology and the Indus Civilization. *Journal of Anthropological Archaeology* 4 (1) : 34-71.
- Mughal, M. R. (1974). New Evidence of the Early Harappan Culture from Jalilpur, Pakistan. *Archaeology* 27: 106-113.
- Mughal, M. R. (1990). Further Evidence of the Early Harappan Culture in the Greater Indus Valley: 1971-90. *South Asian Studies* 6 : 175-200.
- Parpola, A. (1979). The Problem of the Indus Script. In Agrawal, D. P. and Chakrabarti, D. K. (eds.), *Essays in Indian Protohistory*, B. R. Publishing Corp., Delhi, pp. 163-186.
- Parpola, A. (1984). New Correspondences Between Harappan and Near Eastern Glyptic Art. In Allchin, B. (ed.), *South Asian Archaeology, 1981*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 176-195.
- Parpola, A. (1986). The Indus Script: A Challenging Puzzle. *World Archaeology* 17 (3) : 399-419.
- Parpola, A. (1988). Religion Reflected in the Iconic Signs of the Indus Script: Penetrating into Long-Forgotten picto-graphic Messages. *Visible Religion :Annual for Religious Iconography*, Brill, Leiden, VI, pp. 114-135.
- Possehl, G. L. (1982). The Harappan Civilization: a contemporary perspective. *Harappan Civilization: A contemporary perspective*. G. L. Possehl. Delhi, Oxford & IBH and the American Institute of Indian Studies: 15-28.
- Possehl, G. L. (1990). Revolution in the Urban Revolution: The Emergence of Indus Urbanism. *Annual Review of Anthropology* 19 : 261-282.
- Piggott, S. (1950). *Prehistoric India*. Penguin Books, London.
- Ratnagar, S. (1981). *Encounters, The Westerly Trade of the Harappa Civilization*. Oxford University Press, Delhi.
- Sankalia, H. D. (1974). *The Prehistory and Protohistory of India and Pakistan*. Deccan College, Poona.
- Shaffer, J. G. (1982). Harappan Culture: A Reconsideration. In Possehl, G. L. (ed.), *Harappan Civilization*, Oxford and IBH Pub. Co., New Delhi, pp. 41-50.
- Shaffer, J. G. and Lichtenstein, D. A. (1989). Ethnicity and Change in the Indus Valley Cultural Tradition. In Kenoyer, J. M. (ed.), *Old Problems and New Perspectives in the Archaeology of South Asia*, Wisconsin Archaeological Reports, Madison, WI, 2, pp. 117-126.
- Shaffer, J. G. (1991). The Indus Valley, Baluchistan and Helmand Traditions: Neolithic Through Bronze Age. In Ehrich, R. (ed.), *Chronologies in Old World Archaeology (3rd Edition)*, University of Chicago Press, Chicago, 1, pp. 441-464.
- Shinde, Vasant, T. Osada, A. Uesugi and M. Kumar 2009-2010. *Harappan Necropolis at Farmana in the Ghaggar Basin*, New Delhi: Indian Archaeological Society.
- Thapar, B. K. (1979). *The Mosaic of the Indus Civilization Beyond the Indus Valley*. International Conference on Mohenjo-daro, Karachi.
- Vats, M. S. (1940). *Excavations at Harappa*. Govt. of India Press, Delhi.
- Wheeler, 1947, Wheeler, R. E. M. (1947). Harappa 1946: The Defenses and Cemetery R-37. *Ancient India* 3 : 58-130.
- Wheeler, R. E. M. (1968). *The Indus Civilization*. Cambridge History of India. Cambridge University Press, Cambridge.
- Zarins, J. (1992). The Early Utilization of indigo along the northern Indian Ocean rim, *South Asian Archaeology 1989*: 469-83, Madison: Prehistory Press



中国古代高錫青銅精鍊と製作技術についての研究

何堂坤 (中国科学院自然科学史研究所)

王佩琮 (中国科学院研究生院)

内容提要：中国古代の高錫青銅技術は多方面において成果をあげてきた。金属精鍊の面では、明代に銅鏡専用の硝酸カリウム骨髄精鍊法が発明された。鑄造の面では、早くも先秦時代に金属組織の空間が鏡面の映照効果に影響することが発見されていた。後に銅鏡の厚さ、鏡鈕の大小などを改変する処置が採用され、多くの有効な成果が得られた。熱処理の面では、春秋時代以前に銅鏡や刀剣などの鑄造工芸の中に焼入れ処理を利用したものがみられ、高錫青銅の強度が一定程度上昇し、脆性が低下したことがわかった。鍛造技術の面では、遅くとも漢代には、焼入れと鍛打を組み合わせた成型加工技術が発明され、高錫青銅の加工性能が大きく改善された。これらはみな中国古代青銅技術の発展レベルを反映している。

キーワード 高錫青銅 精鍊 鑄造 鍛造 焼入れ

中国古代の高錫青銅は夏 (BC2070年～BC16世紀) 及び併行する歴史時期に発明された^①。夏代から宋代 (AD960年～1279年) にかけて、高錫青銅の用途の主要なものは6つ挙げられる。装飾品、生産工具、武器、打楽器、銅鏡、容器である。その中には鑄造物、鍛造物があり、前者が多くを占める。それらには鑄造状態と焼鈍し、焼入れ、焼戻しの状態がある。また、ある鑄造物の表面には旋盤加工が施されている。これらは中国古代高錫青銅の精鍊、鑄造、機械加工と熱処理などの傑出した成果を反映している。本文ではこれら4つの面を紹介していく。

一、中国古代高錫青銅の精鍊技術について

早くも商 (BC1600年～BC1046年) 周 (BC1046年～BC256年) 時期、中国では絢爛たる青銅文明が開花していた。大型で、造形は生き生きとし、紋様は微細にして、表面はなめらかで美しく、金属成分も適格な青銅器が大量に製作されていた。これは青銅精鍊技術の発展と密接に関係している。

中国では古代より一貫して青銅精鍊を重視しており、先秦から漢魏、明代に至るまで重要な記載を数多く残している。中国古代の青銅精鍊は早期から晩期まで、およそ3つの異なる発展段階を経ている。(1) “消煉之精不復減”精鍊法：主に先秦時期に流行する。(2) “百鍊”式精鍊法：漢魏六朝時期に流行する。(3) 硝酸カリウム骨髄精鍊法：明代に流行する。文献記録と銅器銘文から、前二者は一般の青銅合金を広く指すが、高錫青銅の使用もやや多い。後者は主に高錫青銅を用いている。

(一) “消煉之精不復減”精鍊法

『周禮』考工記に“臬氏為量，改煎金錫則不耗，不耗然後權之，權之然後準之，準之然後量之，量之以為鬴。(臬氏量を為る。金錫を改煎すれば則ち耗せず。耗せずして然る後これを權す。これを權して然る後これを準す。これを準して然る後これを量す。これを量し以て鬴と為す。)”とあり、また同書同段に“凡鑄金之狀，金與錫黑濁之氣竭，黃白次之；黃白之氣竭，青白次之；青白之氣竭，青氣次之，然後可鑄也。(凡そ金を鑄るの狀、金と錫と黒濁の氣竭き、黃白これに次ぐ。黃白の氣竭き、青白これに次ぐ。青白の氣竭き、青氣これに次ぐ。然る後これ鑄る可きなり。)”とある。前段の文章は量器を鑄造する際、銅と錫の材料は純化する必要があり、最後に多種の方法を用いて検査及び改善することが書かれている。後漢の鄭玄の注に“不耗(耗せず)”は“消煉之精不復減也(消煉の精復た減ぜざるなり)”とあり、宋代の沈括は『夢溪筆談』巻三で百煉鋼の鍛鍊終了時に、“百煉不耗(百煉して耗せず)”と記述している。この両者の話の含意は基本的に一致しており、前者は銅、後者は鋼を指して述べている。二段目の文章は金属精鍊の各段階の火焰の状態を指しており、鄭玄の注に“消涑金錫精粗之候(消涑し金と錫の精粗これを候う)”とある。「考工記」は春秋戦国時期の百工技芸の書であり⁽¹⁾、当時の金属精鍊方面について相当豊富な経験を集め、比較的厳格な技術規範を形成していたことが説明されている。鄭玄の注に、量器と鐘鼎は同齋とあり、すなわち「考工記」六齋の規定により、錫の含有量が鐘鼎と同様の14.29%を示し⁽¹⁾、高錫青銅と近い値を指す。この説による鑄造の具体的操作は難しく、おそらく同一方法による複数回及び反復精鍊によるものであろう。

(二) “百鍊”式精鍊法

中国古代において“鍊数”を標準とした青銅精鍊工芸がおそらく前漢晩期に始まり、後漢六朝に流行し、唐代以降にもみられた。“三鍊”“五鍊”“十鍊”“三十鍊”“百鍊”などがあり、主要な器物は銅鼎、銅壺、銅鏡などに及び、特に銅鏡に多くみられる。「考工記」六齋の規定によると、銅鏡は高錫青銅であり、鼎は高錫青銅の成分量に近い。

容庚の『漢金文録』巻一、前漢陽朔元年 (BC24年) に“上林十涑銅鼎”1点とあり、これは鍊数を標準とした最も早い銅器である。同書はまた、永始二年 (BC15年) “十涑銅鼎”2点、永始三年 (BC14年) “十涑銅鼎”1点とある。北宋宣和三年 (1121年) に編まれた『楓窓小牘』の中では、前漢緩和元年 (BC8年) “官造三十鍊銅黃塗壺”1点が発見されたことが記されている。また後漢時期にも鑄銅業の中に“百鍊”がみられる。建安七年 (AD202年) には伝世の半円方形帯神獸鏡1点がみられ、銘に“建安七年九月廿六日作明竟、百涑青銅”とある。六朝時期には、鍊数を指標とする銅鏡が数多くみられる。例えば黄初三年“五東”神獸鏡、黄元年“百涑明鏡”(半円方枚神獸鏡)、赤烏

元年“百煉正銅”鏡(半円方形帯神獸鏡)、黄龍元年“陳師世造三煉明鏡”(重列神獸鏡)、西晋太康元年“百煉青銅”鏡(神獸鏡)、元康元年“百煉正銅”鏡(半円方形帯神獸鏡)などがある。

これら“百煉”工芸の具体的な工程は今となっては知ることがおろそかであるが、おそらく一種の複数回精錬、反復精錬を指すのであろう。現代の鑄造用の銅材料、錫材料はみな電解精錬を経ており、不純物は少ない。鑄造前の精錬の主な目的は、温度と成分の調整及び溶液に含まれる酸素量を制御することである。中国古代においては“火法製錬”と“火法精錬”が用いられ、銅材料、錫材料に含まれる不純物はやや多かった。そのため不純物を取り除くことが鑄造前の精錬の重要課題であった。当然“百煉”という名称であっても百回精錬するというわけではない。李肇の『国史補』巻下に“揚州旧貢江心鏡、五月五日揚子江心所鑄也、或言無有百煉者、功至六七十煉則易破難成(揚州の旧貢江の鏡、五月五日揚子江鑄るなり、或いは百煉有るもの言うに無く、功六七十煉に至り則ち破れ易く成り難し)”とあり、この文章は道理にかなっていない。現代技術の観点から、反復精錬の回数は不純物を取り除いた程度であり、回数が多ければ良いというものではない。“百煉”と同時に金属吸気がともなう。精錬の回数が多いほど吸気量も多くなる。温度が比較的高温な時は特にそうである。精錬が上手くいかなかった時は、過熱状態があらわれてしまう。いわゆる“易破難成(破れ易く成り難し)”であり、まさに吸気、結晶粒界酸化などが引き起こった状態を指す。

(三)“硝酸カリウム骨髓”精錬法

明代の馮夢禎の『快雪堂漫録』に、“凡鑄鏡、煉銅最難、先将銅燒紅打碎成屑、塩醋搗、葶薺拌、銅埋地中；十七日取出、入炉中化清、每一兩投磁石末一錢、次下火硝一錢、次投羊骨髓一錢。將銅傾太湖沙上、別沙不用。如前法六七次、愈多愈妙。待銅極清、加椀錫。每紅銅一斤加錫五兩、白銅一斤加六兩五錢、所用水、梅水及揚子江水為佳。白銅煉淨一斤只得六兩、紅銅得十兩、白銅為精。(凡そ鏡を鑄るに、煉銅が最も難く、先ずまさに銅を焼き紅く打ち砕いて屑とならんとす。塩醋を搗き、葶薺を拌し、銅を地中に埋める。十七日に取り出し、炉中に入れ清く化わる。一兩ごとに磁石末一錢を投じ、次に火硝一錢を下し、次に羊の骨髓を一錢投じる。まさに銅を太湖に傾け沙げ上げ、別ち沙げ用いず。前法六七次のごとくし、いよいよ多きにしていよいよ妙なり。銅の極めて清なるを待ち、椀錫を加える。紅銅一斤ごとに錫五兩を加え、白銅一斤に六兩五錢を加え、水を用いる。梅水及び揚子江の水が佳為り。白銅一斤を煉え淨すること只六兩を得る、紅銅は十兩を得、白銅は精為り。)”とある²⁾。この“磁石(マグネタイト)”(Fe_3O_4)、“硝酸カリウム”はみな酸化性溶剤である。金属溶液中の水酸平衡原理により、これらはみな空気(水素)を取り除く作用を持つ。“羊の骨

(髓)”は磷を含み、脱酸素剤となる。“椀錫”はすなわち亜鉛であり、保護性溶剤となる。清代の鄭復光の『鏡鏡論』巻四“作照景鏡”の条に、“倭鉛即白鉛、又名椀錫(倭鉛すなわち白鉛、また椀錫と名づく。)”とあり、元代以降、この名称の含意はほぼ定型化していった。精錬の順序は、まず銅液に含まれる酸素を除去する目的でマグネタイト、硝酸カリウムを用い、その後さらに羊の骨(髓)を用いて酸素を除去する。その後亜鉛を加え、錫の酸化を減少させる。最後に再び錫を加える³⁾。これは完成された一連の精錬工芸であり、現代技術の原理と基本的に一致している。現代のある銅加工工場ではほぼ同様の工程が進められている。文中の“始前法六、七次”は主に空気、酸素を取り除く二つの工程を指す。この文章から、“空気の除去→酸素の除去→空気の除去→酸素の除去”の方式に基づいて反復して進められていたのがわかる。“塩醋搗、葶薺拌、銅埋地中”などの工程は、まさに溶液に含まれる酸素量を高める原因であった。文中の精錬回数に“愈多愈妙”とあるが、完全に信頼出来るものではない。

この文献中にみられるものは銅鏡に用いられた合金であり、銅と錫の比率は“每紅銅一斤加錫五兩”とあり、もし焼成における損失がなければ、この銅鏡に含まれる錫量は23.8%となる。これは我々が先秦の“消煉之精不復減”精錬法、漢魏の“百煉”式精錬法などを理解する上である程度の助けとなる。3種の精錬法、すなわち“消煉之精不復減”精錬法、“百煉”式精錬法、“硝酸カリウム骨髓”精錬法はおそらくみな反復精錬の一種であろう。これは中国古代の青銅精錬工芸の3つの異なる発展段階と工程形式を代表する。その具体的な工程はある程度の差異がある。(1)時代及び具体的な工程が異なる。例えば中国古代の亜鉛溶解技術は明代に起こる。ゆえに明代以前は“加椀錫”という工程は存在しない。(2)合金成分が異なる。具体的な工程も完全に一致するというわけではなく、差異は溶解温度、鑄造性能など一連の問題に及ぶ。例えば鏡に用いる青銅のうち錫の量が比較的多いものは錫の酸化を減少させるために銅液中の酸素量を極力減少させる必要があり、亜鉛を加える方法によって、焼成における錫の損失をも減少させることが出来る。一般の錫青銅ではこのようにはいかない。(3)器物が異なる。精錬技術の要求が異なり、中国古代において主に用いられた青銅器物中、銅鏡への要求が最も高く、その他の器物はそこまで厳格ではなかった。

二、高錫青銅の鑄造技術について

現在まで中国考古発掘中にみられる年代の最も古い青銅鑄造物は馬家窯文化の青銅刀であり、時期はおおよそBC3280～BC2740年にあたる。最も古い高錫青銅鑄造物はおおよそ夏代から殷代初めに属し、火焼溝文化⁴⁾、岳石文化⁵⁾、二里头文化⁶⁾⁷⁾、朱開溝文化⁸⁾、赤峰大甸子夏家店下層文化⁹⁾などにみられる(表1)。これら早期高

錫青銅中、一部のものは共生鋳床から直接獲得したものを利用していたであろう。夏代から唐、宋に至るまで、中国の高錫青銅鑄造物の主要なものは6種類ある。(1) 装飾品；鼻環⁽⁴⁾、耳環⁽⁸⁾⁽⁹⁾、指環⁽⁹⁾、杖首⁽⁹⁾など。(2) 生産工具；農耕具と手工業工具を含み、鉤⁽⁷⁾、刀⁽⁶⁾⁽⁸⁾、削⁽¹⁰⁾、錐、針⁽¹⁴⁾、鎌⁽¹⁸⁾、蔑刀⁽¹⁹⁾、刮刀⁽²²⁾、斧⁽²⁵⁾、鑿⁽²⁶⁾などが挙げられる。(3) 容器；爵⁽⁸⁾、罍、觚、尊⁽¹¹⁾、鼎⁽¹²⁾など。(4) 武器；矛⁽⁴⁾、戈⁽⁸⁾⁽¹⁷⁾、鏃⁽⁸⁾、刀⁽¹³⁾、劍⁽¹⁵⁾⁽²³⁾⁽²⁴⁾など。(5) 打楽器；鐘⁽¹⁶⁾⁽²⁶⁾、鐃于⁽¹⁸⁾、鈴⁽¹⁸⁾⁽²⁶⁾など。(6) 銅鏡⁽²⁷⁾(表1)。高錫青銅のほとんどが社会生産と社会生活の各領域に及んでいることがわかる。中国古代の青銅鑄造の工芸工程と技術の成果に関して、国内外の学者が多くの研究を進めてきた。その多くが高錫青銅を含むが今は繰り返す述べない。今、討論の問題の主要な点は、中国古代の人々が金属組織の空間の減少が銅鏡の映照効果に影響することについて獲得した積極的成果である。

問題の原因について筆者は以下のように考える。古代銅鏡の形成を考察する際、ある現象に気づく。戦国から漢唐に至り時間が移り変わると銅鏡の大小、厚さ、鏡鈕の大小、紋様の突出部の高度などみな一定の規律に基づいた変化が現れている。これらの変化の原因は、一般に社会風習と審美的観点の変化と関係すると考えられ、筆者も『中国古代銅鏡の技術研究』の中でほぼ同様の観念に立っていた。しかし現在に至り、この原因のひとつはこの他にさらに重要な要因があると考えている。つまり錫青銅の凝縮時に生じる金属組織の空間の減少に係る。現在、銅鏡の各部分のサイズにおける時間の変化の状況をみていく。資料をランダムに選出し、各時代の銅鏡のサイズを計測した。サンプルは湖北、湖南、安徽、陝西の4省を含み、その中の半数以上のサンプルは筆者自身が化学分析を行ったものである⁽²⁸⁾。計測結果は以下の通りである。

鏡の大小について。戦国鏡は一般的にやや小型であり、前漢以降少しずつ大きくなり、後漢六朝時期には更に大型化する。唐代の銅鏡はやや小型化していく傾向にある。筆者が計測した戦国鏡は計3枚(鄂州四山鏡01など)で、直径は94～144mm、平均116mmである。前漢鏡も計3枚(新王莽期の鄂州規矩四神鏡11号など)で、直径98～178mm、平均128.7mmである。後漢中晩期から六朝期にかけての銅鏡は計7枚(鄂州画文帯神獸鏡1-116など)で、直径103～201mm、平均161mmである。唐鏡は計6枚(安徽宝相花鏡2:3392など)、直径106～188mm、平均155mmである⁽²⁸⁾。

鏡の厚さについて。戦国鏡は一般的にやや薄く、漢代から六朝にかけて厚みを増す。筆者が計測した戦国鏡は計5枚(長沙彩繪鏡C1など)で、厚さ0.8～1.2mm、平均1.16mmである。前漢鏡は計5枚(安徽百乳鏡W8など)で、厚さ1.28～2.8mm、平均2mmである。後漢晩期から南朝

期にかけての銅鏡は計6枚、厚さ1～2mm、平均1.517mmである。唐鏡計6枚(鄂州八卦鏡E33など)、厚さ2.9～4.0mm、平均3.15mmである⁽²⁸⁾。

鏡鈕の大小について。戦国鏡の鈕は一般的に小さく短い形状であり、最もよくみられるものは三弦鈕である。鈕はおおよそ長さ5mm、幅4mm、高さ7mmの近似値を指す。前漢時期に鈕は大型化し、典型的なものに乳状鈕が挙げられる。直径は12mm、高さは7mmの近似値を指す。後漢中晩期から六朝にかけての銅鏡の鈕の基本的特徴は大きく平らな形状をとることであり、俗に扁平円鈕と呼ばれる。直径は30mm、高さは10mmの近似値を指す。筆者が計測した鏡の1点(鄂州柿蒂八鳳鏡32)は扁平円鈕で、直径40.6mm、高さ5.0mmであるが、鏡面自体の直径は139mmである。唐鏡の鈕もやや小型化する傾向にあり、筆者が計測した4枚の銅鏡の円鈕はそれぞれ以下の通りである。直径16mm×高さ5mm、直径21mm×高さ8mm、直径20.5mm×高さ6.6mm、直径25mm×高さ10mm⁽²⁸⁾。紋様の突出部の高さについて。戦国鏡の紋様は一般的にやや細かく突出部も比較的低い。羽状地紋鏡、雲雷地紋鏡、花紋鏡、山字鏡、蟠螭紋鏡など枚挙にいとまがない。前漢以降、紋様の突出部は高さを増していく。日光鏡や照明鏡などが例として挙げられる。後漢六朝時、銅鏡の紋様はほぼ全てが大きく突出するようになる。特に神獸鏡が顕著である。唐代の鏡の紋様は突出部が低くなっていく。

これらサンプルはランダムに選出したものであり、全面的な分析ではないが、銅鏡の構造の真の様相をある程度反映している。これらは一般的な状況であり、当然この規律から外れる銅鏡も存在する。銅鏡の構造について、これらの変化は社会的風潮や審美的観点の変化だけをもって説明すると、その他多くの点について問題を残す。例えば(1)先秦時期の多くの礼器は重厚であるのに対し、なぜ銅鏡のように壊れやすい器物がかえって小さく薄いのか？(2)後漢六朝以降、ある銅鏡は非常に意識的に製作されているが、その鈕孔はかえって中程上部に空けられており見栄えが良くない。社会的風潮や審美的観点と関連があると言いがたい。現在伝統的鑄鏡工芸の調査と併せて考えると、これらは主にある種の技術的問題と規律性の変化と対応しており、金属組織の空間が銅鏡の映照効果に与える悪影響を減少させるために行った一連の探求と努力を反映している。いわゆる“金属組織の空間”は鑄造工程中の顕微収縮によってもたらされる。金属の冷却凝縮時、 α 相の樹枝状結晶のほとんどは器物中に同時に生成され、交叉状に分布し、その成長は早く、最後に凝縮した樹枝状結晶間の微小金属液状組織は、これら樹脂状結晶から引き離される。凝固収縮時に、これら金属液状組織は他から得られた液状金属の補充には成り得ず、分散した顕微収縮孔になる。これら多くの顕微収縮孔が“金属組織の空間”と

なる。古代の生産条件のもと、“金属組織の空間”が鑄造物の性能に与える影響は少なくとも2つの面がみられる。(1) 鑄造物の強度の低下。これは武器や生産工具などにやや不利であるが、古代の生産技術の条件を考慮するとその影響はあまり大きくない。(2) 銅鏡の映照効果に影響を及ぼす。もしこの種の“金属組織の空間”が器物の中心または銅鏡の背面に発生すればその影響はあまり大きくないが、鏡面表皮の下に出現すると非常に大きな影響が及ぶ。これは鏡面を研磨すると現れ、無数の顕微収縮孔となり、隙間なくめぐり、その色は灰暗色でまるで暗雲の様相を呈する。

金属組織の空間の形成及び数量は金属冷却凝縮時の特性によって決定する。これは避けられないことであるが、その分布位置は適正のものである。このように金属組織の空間は、歴代の銅鏡形成の変化の数多くの問題について説明するのに適している。戦国鏡は比較的小型で薄く、金属の総量もやや少ない。鏡体の冷却凝縮は非常に速く、樹枝状結晶間に留まっている金属液池の金属量と各金属液池の金属量も比較的少ない。顕微収縮孔もまた少なく、鏡面表層下に出現する確率も低い。鏡鈕も比較的小さく、遅々として凝縮しないため樹枝状結晶間の金属液池は存在せず、鏡鈕に金属組織の空間が出現する確率も低い。これは戦国鏡の形成上の長所である。ただしこの種の銅鏡には欠点もある。主な欠点は、壊れやすい、摩耗しやすい、鏡の使用年限が縮まることである。前漢から唐代にかけて、銅鏡は重厚に変化していき、鏡鈕もまた大きくなっていった。金属の高温部の中心は鏡体の断面の中心に移動し、鏡面の表層からやや遠くなり、鏡面映照効果の悪影響を一定程度減少させている。六朝の銅鏡は背面の紋様の突起が比較的大きくなり、鈕孔はやや高い位置に空けられるが、みな同一の目的からなるものである。銅鏡の大小と厚さ、鏡鈕の大小、紋様の突起の高低、鈕孔の高低などを改変する方法は金属組織の空間区の分布を調整することでもあり、人々が長期間かけて生産実践して得られたものであり、古代人の知恵と創造の精神をある程度反映している。当然、高錫青銅あるいは低錫青銅にかかわらず、みな金属組織の空間が出現する。金属組織の空間の調整は高錫青銅鑄造の一つの技術成果である。理由は以下の二つがあげられる。(1) この技術は主に高錫青銅の銅鏡鑄造に用いられ、その他の青銅器ではほとんどみられない。青銅刀剣が使用銅器の中に含まれるが、金属組織の空間区を調整するという切なる需要とは無関係である。(2) 同じ条件での状況下、高錫青銅が金属組織の空間を産み出す傾向が上昇し、金属組織の空間自体も多く大きい。

実際、金属組織の空間は防ぐことが出来ない。鏡体は厚さを増し、紋様の突起も大きくなる。銅鏡は重量を増し使用しづらくなる。五代、北宋以降、鉛の含有量が比較的高い青銅で鏡が鑄造され、鏡体はまた軽くなる。筆

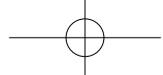
者はこれらと金属組織の空間が鏡の映照効果に与える影響とある程度関係があると推測する。

三、高錫青銅の鍛造物と旋盤加工技術について

(一)高錫青銅の鍛造技術について

大量の考古資料からみると、商周青銅器の大半は鑄造物であり、鍛造物は少ない。高錫青銅の鍛造物はさらに少ない。一般に錫の含有量が30%以下の錫青銅は熱加工に適しているが、錫の含有量が比較的多い時、同じ条件下では加工の難度が高くなる。現在、考古実物資料中の高錫青銅鍛造物で最も古い物は夏代晩期から商代初期にかけてのものであり、朱開溝文化第四段の銅耳環⁽⁸⁾(採集)、赤峰大甸子夏家店下層文化の銅耳環M453:2⁽⁹⁾などである。夏末商初から明清の高錫青銅鍛造物は主に5つの類型がある。(1) 装飾品；朱開溝と赤峰大甸子の耳環などがあげられる。(2) 小型生産工具；雲南劍川出土の銅錐⁽¹⁴⁾などがあげられる。(3) 防護用の武具；昆明羊甫頭出土の甲片⁽²¹⁾などがあげられる。(4) 容器；南陽出土漢代銅舟⁽²⁹⁾など。(5) 打楽器；徐州雪山寺出土の宋代銅鑼、銅鈸、銅磬⁽³⁰⁾、江西出土の鈸⁽³¹⁾などがあげられる(表1)。前三類は基本的にみな小型器物で、これまで大型装飾品、大型生産工具、大型武器の中で高錫青銅鍛造物のものはみられない。後者二類は比較的大型の器物で、中国古代の青銅鍛造技術の発展レベルをある程度反映している。表1に示したこれら鍛造物の成分は、早期青銅鍛造物は鉛を含んでおり、大甸子の耳環M453:2は3.1%を示す。商代晩期から春秋期を経て、戦国期に成分量の基礎が変化する。青銅鍛造物は鉛を含まなくなるか、あるいはその含有量は極めて低くなる。これは鉛が青銅に与える性能の関係について早くから深い理解があったことを説明している。

図版-1には南陽出土前漢銅舟YN 1 金属組織の形態を示している。その中の針状物はβ相の焼入れを経た金属組織であり、淡色の塊状物はα-Cu(α相の銅)である。この器は加熱鍛造によるもので、晶粒間界は十分に発展している。おそらく加熱温度がやや高い、或いは高温下でやや長時間留まっていたことなどの要因が関係しているだろう⁽²⁹⁾。図版1-2、3、4はそれぞれ徐州出土宋代銅鈸茅DH:2、銅磬茅DH:5、銅鑼茅DH:4の金属組織の形態を示している。前二者は加熱鍛造と焼入れを経た状態であり、その中の交叉針状物が焼入れを経た組織であり、淡色の長条塊状物はα-Cu(α相の銅)である。両器ともに高温下(586~798℃)で焼入れ処理が行われている。銅鈸DH:2はおそらく加熱温度がやや高い、或いは高温下で長時間留められており、結晶粒界は十分に発展している。銅鑼DH:4は加熱鍛造と焼鈍しを経た状態で、基本α相であり、その中の斑点状の灰白色塊状物は(α+δ)共融合金体が熱加工を受けた後の状態である。ライトグレーの長形状物は不純物である。それは



鍛造を留めた温度がやや高い、或いは加熱鍛造後に再度低温で行う不完全な焼鈍しと関連するであろう⁽³¹⁾。観察面上には焼入れ、焼戻しの状態によくみられる交叉針状物、交叉条塊状物及び環連状物はみられない。

明の宋應星の『天工開物』巻十に銅鑼、銅鉞の鍛造型の過程が記載されており、類似する工芸技術は現代中国の南北至る所数多くの場所に存在する。例えば北京⁽²⁸⁾、広西⁽³²⁾などの地域に残っている。

(二) 旋盤加工について

中国古代の高錫青銅の旋盤、研磨式機械加工は漢代に始まり、その後一定の発展をとげる。現在までの資料から、これら加工技術を施された高錫青銅器は主に3種類みられる。(1)銅鏡。(2)銅舟などの容器。(3)銅鑼、鉞、磬などの打楽器。その他の銅器の合金中、銅銭などもこの種の加工が施されている。

銅鏡の表面の旋盤、研磨式機械加工は漢代の卷縁鏡に常にみられる。たとえば鄂州出土前漢早期卷葉紋鏡E1(図版一、5)、長沙出土前漢四乳螭紋鏡C3などに加工されている道紋は比較的明確でこの両銅鏡の正背両面はみな漆黒に光り、背面の卷縁内や縁上部に至るまでみな加工筋で埋められている⁽²⁷⁾。

高錫青銅器中、表面が加工された器物の主要なものは、南陽出土前漢銅舟YN1などで、この銅舟は円形で大部分が欠けており復元は不可能である。直径約18cm、内外両面に道紋の加工痕がみられ、比較的均等に一定の規格に沿っており、特にその外表面(カラー図版一—1、2)がそうである。銅舟の外表面はやや凸状で内表面はやや凹状である。加工難度が増したことは疑いない⁽²⁹⁾。

表面に旋盤加工を施した打楽器の実例の主なもの、徐州雪山寺出土の宋代銅鑼、鉞、磬である。1984年に徐州銅山県で出土した宋代の一組の打楽器であり、その中の各1点ずつを分析した。銅鉞は計2副4点出土しており、器形はみな完全な状態で保存状態も良好で、背面の隆起した部分はみな打ち叩いた加工痕であり、正面には螺旋紋の加工が明確に残っている。銅鉞DH:2甲、乙両片の直径はそれぞれ27.2cm、27.5cmである(図版一—6)。銅鑼DH:4は円盤状でやや欠けており、口径21cm、面径20cm、銅鑼表面は螺旋紋の加工で埋められている(カラー図版一—3)。銅磬DH:5は深鉢形で、口径31cm、残高19.3cm、口縁内部は螺旋紋の加工で埋められている(カラー図版一—4)。加工筋は比較的明確で均等である⁽³⁰⁾⁽³¹⁾。

上述の旋盤、研磨の3種類のサンプル中、銅鏡は鑄造物で、銅舟と銅鑼、鉞、磬は鍛造物である。後者の表面はみな比較的明確な螺旋紋が施されている。筆者はこの種の加工筋はある種の輪軸式機械加工、たとえば旋盤、研磨加工によるものと捉え、范鑄での痕跡はありえないと認識する。中国古代の輪軸式機械加工は遅くとも良渚文化及びその年代の近い時期にみられ、ある学者は当時

回転砥石を使用しており、主に玉石加工に用いられ、その後他の領域にも拡大発展していったと考えている。中国古代金属加工中、よく知られるところの何家村出土唐代銀器は、その螺旋紋ははっきりとしており、起刀点と落刀点も明確である⁽³³⁾。宋代におけるこの種の加工を用いた銅鑼、鉞、磬の打楽器類は錫の含有量がやや多く、やや大型の青銅器の器形の変化と発展をある程度反映している。この種の加工筋は、あるものは平面上、あるものは円形器物の内壁上にみられることから、加工の難度は比較的高いことがわかる。機械加工の具体的装置についてはさらなる研究結果を待ちたい。

四、高錫青銅の焼入れ技術について

中国古代青銅焼入れ技術の発明時期については今もなお見解が異なる。ある報告によると、山西省垣曲出土商代早期銅削YQ-01が焼入れを経ているとあるが⁽¹⁰⁾、残念なことに提示された図がやや小さく全貌がつかみにくい。またある報告では、江蘇省高淳出土西周中晚期青銅劍3:1253の首部が焼入れを経ているとあるが⁽¹⁵⁾、ある学者は異議を唱えている⁽¹⁷⁾。現在の資料からみるに、春秋晩期には青銅焼入れ技術を掌握していたことに疑いはなく、江蘇省丹徒出土春秋晩期戈3:664などが例として挙げられる⁽¹⁷⁾(図版二—1)。戦国時期、この技術はやや大きな発展を遂げ、急速に広まっていった。先秦から明清にかけて焼入れ処理を経た青銅器は主に4種ある。すなわち武器、銅鏡、容器と打楽器であり、銅鏡が最も多くみられる。戦国から五代にかけて、およそ80%以上の銅鏡が焼入れを経ている⁽²⁷⁾、金属組織の多くは焼戻しの状態に相当する。

現在みられる焼入れ状態の金属組織をもつ武器の主なもの、江蘇省丹徒出土春秋晩期戈3:664(内)ともう1点の残戈⁽¹⁷⁾、広東省羅定出土戦国早期蔑刀GL44⁽¹⁹⁾、江陵出土戦国時期白点花紋劍J20(雨台山M131出土)⁽²³⁾、山東省臨沂出土戦国時期青銅劍LY1⁽²⁴⁾、四川省峨眉出土戦国時期青銅刮刀⁽²²⁾、涪陵小田溪出土戦国晩期～秦漢時期青銅劍MM22:6などが挙げられる⁽³⁴⁾(表1)。図版二—2、3に示される図は、江陵出土戦国時期白点花紋劍J20(雨台山M131出土)、四川省峨眉出土戦国時期青銅刮刀S22の金属組織の形態である。

銅鏡にみられる焼入れ処理は遅くとも戦国時期に始まり、宋代までずっとみられる⁽³⁵⁾。現在分析した資料からみるに、この焼入れは二つの温度区間、すなわち($\alpha + \beta$)相区と($\alpha + \gamma$)相区で行われる。図版二—4、5、6はそれぞれ江陵出土戦国残鏡J10、北京出土後漢連弧紋鏡B2、陝西省鳳翔出土唐蓮花鏡Sh3の金属組織を示している。前二者は高温(586～798℃)の焼入れで、表面にみられる多針状、竹葉状、環連状物中、その色が青灰色または茶褐色のものは、焼入れ、焼戻しを経て変化した β 相の状態である。これらの金属組織間の斑紋状、

綿状物は焼戻しにより分解して得られた($\alpha + \delta$)相である。後者は低温(520 ~ 586°C)の焼入れで表面にみられる多くの白色交叉条状物は、焼入れにより生じた α 相で、この金属組織間には多くの灰色塊状物及び一部綿状物によって埋められている。これはすなわち焼入れまたは焼戻しを経た γ 相の金属組織である。

焼入れ処理した容器の典型例は前述の南陽出土漢代銅舟であり、焼入れ処理した打楽器の典型例も前述の徐州銅鈸、磬(図版一—1、2、3)である。錫青銅の焼入れの目的は主に材料の強度と塑性の向上とその加工性能の改善である。

結語

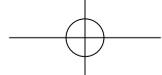
中国古代の高錫青銅技術は夏代に発明され商代晩期に比較的大きな発展を遂げ、春秋戦国時代に成熟段階に入っていた⁽²⁸⁾。本文が及ぶところの中国古代の高錫青銅技術の主なもの5つの方面があげられる。(1) 精錬技術。早くも先秦時期には“消煉之精不復減”精錬法が採用され、漢魏には“百煉”式精錬法が、明代には銅鏡専用の“硝酸カリウム骨髄”精錬法が出現した。(2) 鑄造技術。重要ではあるがこれまであまり研究されていなかったもので、早くも戦国時代に金属組織の空間が鏡面の映照効果に影響を与えることが注目されており、漢から唐代に破碎を防ぐ目的で鏡の厚さなどを変える方法を採用し、一定の成果をあげた。(3) 鍛造技術。およそ商代晩期、遅くとも春秋戦国時期の高錫青銅鍛造物はすでに鉛を含まない、もしくは鉛の含有量が非常に少ないものであり、鉛と錫青銅加工性能の間の関係性について当時の人々が一定の認識を持っていたことを説明している。遅くとも漢代に至り、銅舟など比較的大型かつ複雑な容器が鍛造されるようになり、宋代には銅鑼、鈸、磬などの打楽器が鍛造されるようになる。また漢代に至り鍛打と焼入れの結合方式が採用され、高錫青銅の加工性能が大きく改善された。(4) 焼入れ技術。春秋晩期には青銅焼入れ技術が発明され、戈、刀、劍などの武器と銅鏡工芸中に広まっていった。漢代及び宋代には容器と打楽器工芸中に採用されていった。(5) 旋盤加工技術。漢代の銅鏡、銅舟、宋代の銅鑼、鈸、磬などの高錫青銅器はみな旋盤あるいは研磨加工が施されている。これらの状況は、中国古代の青銅文明が獲得した繁栄、発展の原因を理解する上で非常に有益なことである。

註

① 学術界において、“高錫青銅”という言葉は明確な定義がなく、各研究者により見解が異なる。20世紀80、90年代、筆者が中国古代の青銅鏡を研究していた時、錫の含有量が15%以上のもので、焼入れ処理を経て金属組織と性能が変化した錫青銅を高錫青銅と定めた。本文もそれに従う。当時の考えとして、(1) 金属成分(錫

15%)が平衡相図 β 相の析出点(錫13.5%)から離れていないこと。そうでなければ理論上の意義と学術価値が失われてしまう。(2) 金属成分(錫15%)が平衡相図 β 相の析出点よりやや高い・同等・低い状態を指す。そうでなければ金属基体中の β 相の数量は激減し、焼入れ処理が金属材料の組織や性能に与える影響も非常に小さくなってしまう。(3) 記録する都合上、現代の銅の加工中10%以上の錫を含む青銅を高錫青銅と呼ぶ場合がある。

- (1) 何堂坤 1994「考工記提要」『中国科学技術典籍通匯・技術卷』(一) 河南教育出版社、鄭州
- (2) 『快雪堂漫録』一卷、清 平湖陸氏刻、奇晋齋叢書本。
- (3) 何堂坤 1983「關於我国古代銅鏡鑄造技術幾個問題」『自然科学史研究』1983年第4期
- (4) 北京科技大学冶金与材料史研究所・甘肅省文物考古研究所 2003「火烧溝四壩文化銅器成分分析及制作技術的研究」『文物』2003年第8期
- (5) 孫淑雲 1994「山東泗水県尹家城遺址出土岳石文化銅器鑑定報告」『中国冶金史論文集』(二)、『北京科技大学学報』増刊
- (6) 金正耀 2000「二里頭青銅器的自然科学研究与夏文明探索」『文物』2000年第1期
- (7) 曲長芝・張日清 1999「二里頭遺址出土銅器 X 射線螢光分析」『偃師二里頭(1959 ~ 1978 年考古發掘報告)』中国大百科全書出版社 北京
- (8) 李秀輝・韓汝玢 2000「朱開溝遺址出土銅器的金相学研究」內蒙古自治区文物考古研究所・鄂爾多斯博物館『朱開溝 - 青銅時代早期遺址發掘報告』文物出版社 北京
- (9) 李延祥・賈海新・朱延平 2003「大甸子墓地出土銅器初步研究」『文物』2003年第7期
- (10) 崔劍鋒・吳小紅・佟偉華・張素琳 2009「山西垣曲商城出土部分銅器的科学研究」『考古与文物』2009年第6期
- (11) 郝欣・孫淑雲 2001「盤龍城商代青銅器的檢驗与初步研究」湖北省文物考古研究所『盤龍城 - 1963 ~ 1994 年考古發掘報告』文物出版社 北京
- (12) 孫淑雲 1999「鄭州南順城街商代窖藏青銅器金相分析及成分分析測試報告」河南省文物考古研究所・鄭州市文物考古研究所『鄭州商城窖藏銅器』科学出版社 北京
- (13) 崔劍鋒・郁金城・郭京寧・吳小紅 2007「北京昌平張營遺址出土青銅器的初步科学分析」北京市文物研究所・北京市昌平区文化委员会『昌平張營 - 燕山南麓地区早期青銅文化遺址發掘報告』文物出版社 北京
- (14) 李曉岑・韓汝玢 2006「雲南劍川県海門口遺址出土銅器的技術分析及其年代」『考古』2006年第7期
- (15) 肖夢龍・華覚明・蘇榮譽・賈瑩 2004「吳干之劍研究」肖夢龍・劉偉『吳国青銅器綜合研究』科学出版社 北京
- (16) 李敏生 1991「浙川下寺春秋楚墓部分金属成分測定」河南省文物研究所・河南省丹江庫区考古發掘隊・浙川県



- 博物館『浙川下寺春秋楚墓』文物出版社 北京
- (17) 賈瑩・蘇榮譽・林留根 2004「吳國青銅兵器的金相學考察」肖夢龍・劉偉『吳國青銅器綜合研究』科學出版社 北京
- (18) 曾琳・夏鋒・肖夢龍・商志禛 1990「蘇南地區古代青銅器合金成分的測定」『文物』1990年第9期 本報告では青龍山出土青銅器についての年代に触れていないが、編者の一人である肖夢龍氏に1998年5月18日に電話で話したところ、春秋中期後半であるとのことだった。
- (19) 徐恒彬 1985「廣東省出土青銅器冶鑄技術的研究」『科技史文集』第14輯、上海科學技術出版社
- (20) 何堂坤 1991「包山楚墓金屬器初步考察」湖北省荊沙鐵路考古隊『包山楚墓』上、文物出版社 北京
- (21) 李曉岑・韓汝玢・楊帆 2005「昆明羊甫頭出土金屬器的初步研究」雲南省文物考古研究所・昆明市博物館・官渡區博物館『昆明羊甫頭墓地』科學出版社 北京
- (22) 峨眉地區文物管理所・自然科學史研究所「四川峨眉戰國青銅器的化學分析」『考古』1986年第11期
- (23) 何堂坤・陳躍鈞 1999「江陵戰國青銅器科學分析」『自然科學史研究』1999年第2期
- (24) 待刊
- (25) 田長濬 1985「從現代實驗剖析中國古代青銅鑄造的科學成就」『科技史文集』第13輯、上海科學技術出版社
- (26) Shu-Chuan Liang and Kan-Nan Chang, The Chemical Composition of some Early Chinese Bronzes, Chinese chemical Society, Peking, 1950
- (27) 何堂坤 1999『中國古代銅鏡的技術研究』紫禁城出版社 北京 銅鏡表面的機械加工は179頁；燒入れのある銅鏡の数は171頁を参照せよ。
- (28) 何堂坤 2009『中國古代金屬冶煉和加工工程技術史』山西出版集團・山西教育出版社 太原
(1) 銅鏡のサイズは454～455頁、表5-4-1。(2) 現代北京の銅鑼の状況調査は714頁。(3) 合金技術については60～78頁及び113頁。(4) 鄂州出土前漢早期卷葉紋鏡E1背面加工道紋は図4-6-2をみよ。
- (29) 何堂坤 2010「南陽漢代銅舟科學分析」『中原文物』2010年
- (30) 李銀德 1990「徐州雪山寺宋窖藏紀年文物」『文物』1990年第3期 図一の3、4は李銀德先生から頂いたものである。
- (31) 何堂坤・李銀德・李恒賢 2009「宋代鑼鈸磬的科學分析」『考古』2009年第7期
- (32) 孫淑雲 1991「中國傳統響銅器的制作工藝」『中國科技史料』1991年第4期
- (33) 陝西省博物館、文管會革命委員會寫作組 1972「西安南郊何家村發現唐代窖藏文物」『文物』1972年第1期
- (34) 姚智輝 2005「峽江地區部分青銅器成分與金相研究」『自然科學史研究』2005年第2期
- (35) 何堂坤・李恒賢 1993「江西博物館所藏饒州鏡及其科學分析」『文物』1993年第10期

