

中國古玉地質考古學研究的續進展

聞 廣

〔內容提要〕：本文較詳細報導了中國大陸出土古玉地質考古學研究的近年進展，已觀察了新石器時代早期至西漢四十多處考古遺址出土的數千件玉器，並選擇具代表性者五百件進行了取樣分析研究。主要內容是：(一)確認古玉礦物二十種，發現了軟玉（閃玉）與假玉礦物的過渡產物半玉，未發現硬玉（輝玉）翡翠，討論了真假玉的時空分佈。(二)分析總結了兩種類型軟玉的各種成份特徵，為古玉溯源指出了方向。(三)從顯微結構追索了軟玉的生成過程，系動力作用下的熱流交代作用。(四)論述了古玉次生變化，即受沁，包括血沁在內的特徵。(五)討論了《周禮·考工記·玉人》分別等級按比例應用真玉與假玉的記載，是周代實際執行的制度，源於新石器時代晚期良渚文化時即已形成，又長久地影響後世。

世界上用玉最早且最著名的是中國，始於第四紀早全新世的新石器時代早期，新石器時代及青銅器時代所用真玉是軟玉（閃玉），數千年來中國玉器一直馳名於世。發達的玉器文化，正是古代中國文化有別於西方文化的最重要特徵之一，中國古代將玉當作等級、權力、禮儀、財富的標誌，故玉也是中國古代文化的標誌。

現將中國古玉地質考古學研究，繼〈中國古玉的研究〉（《建材地質》，1990年，第2期，第2-10頁）及〈中國古玉研究的新進展〉（《中國寶玉石》，1991年，第4期，第32-34頁）之後的進展，擇要報導如後。

第一節 總體認識

從中國大陸自新石器時代早期至西漢的四十多處考古遺址，其中大多是有關時代的典型遺址，所出土的極其大量古玉中，就器物及材質兩方面選取具有代表性者進行了取樣分析研究，每件玉器樣品均以室溫紅外吸收光譜研究了礦物成份，極少數樣品量過少者以X光粉晶照相代替，又均以掃描電子顯微鏡研究了顯微結構，部份樣品量多者還進

表一

時間	遺址	玉器數 (完整, 殘損)	真玉	半玉	假玉
2000 BP	3rd m.				
鐵器 / 青銅器時代	GTM2	14(12+ 2)	9(64%)	0	5(36%)
	GXM2	18(15+ 3)	17(94%)	0	1(6%)
	WYJ	26(19+ 7)	22(85%)	0	4(15%)
	QQ	16(15+ 1)	6(63%)	0	10(37%)
	SCC	42(27+15)	32(76%)	3(7%)	7(17%)
	BL	22(20+ 2)	11(50%)	0	11(50%)
3000 BP	4th m.				
青銅器時代	AXT-AP-AHG-AK	32(26+ 6)	28(88%)	0	4(12%)
	MOD	25(22+ 3)	19(76%)	0	6(24%)
4000 BP	5th m.(N)				
	JS62	33(25+ 8)	22(67%)	4(12%)	7(21%)
	SS	3(3+ 0)	3(100%)	0	0
	OD	1(1+ 0)	0	0	1(100%)
	HX	1(1+ 0)	0	0	1(100%)
	JB	2(2+ 0)	2(100%)	0	0
新石器時代 晚期	XB	7(6+ 1)	5(71%)	0	2(29%)
	5th m.(S)				
	LS	1(0+ 1)	1(100%)	0	0
	WS-WX	3(2+ 1)	2(67%)	0	1(33%)
	WC(2)	12(11+ 1)	10(83%)	0	2(17%)
	WZ	15(14+ 1)	13(87%)	0	2(13%)
	QF _L	25(24+ 1)	14(56%)	0	11(44%)
	HH	12(10+ 2)	7(58%)	0	5(42%)
	YW-YZB	3(2+ 1)	2(67%)	0	1(33%)
	YF-YY	64(51+13)	61(95%)	0	3(5%)
5000 BP	6th m.(S)				
	QS-OF _S	7(7+ 0)	5(71%)	0	2(29%)
	WC(6)	9(6+ 3)	8(89%)	0	1(11%)
	PY	1(1+ 0)	1(100%)	0	0
	PD	2(2+ 0)	0	0	2(100%)
新石器時代 中期	6th m.(N)				
	CW-LG-LL	9(8+ 1)	8(89%)	0	1(11%)
	ZB(2)	2(2+ 0)	2(100%)	0	0
	DH(2-3)	2(1+ 1)	2(100%)	0	0
	EOK	5(5+ 0)	4(80%)	0	1(20%)
	MWG	1(1+ 0)	1(100%)	0	0
	FH-KD-LSC	6(4+ 2)	4(66%)	1(17%)	1(17%)
	JP-LW-LB	5(5+ 0)	4(80%)	0	1(20%)
	JN	38(34+ 4)	23(60%)	1(3%)	14(37%)
6000 BP	7th m.(N)				
	SX	4(4+ 0)	4(100%)	0	0
	DH(4)	9(9+ 0)	9(100%)	0	0
	ZB(3)	2(2+ 0)	2(100%)	0	0
新石器時代 早期	7-8th m.(S)				
	WC(8-9)	5(5+ 0)	0	0	5(100%)
	TL	3(2+ 1)	0	0	3(100%)
	YM	5(5+ 0)	0	0	5(100%)
	8th m.(N)				
	FC	8(8+ 0)	8(100%)	0	0
8000 BP	Σ	500(419+81)	371	9	120

遺址代號：

AHG - 河南安陽後岡
AK - 河南安陽鋼廠
AP - 河南安陽鐵路苗圃北地
AXT - 河南安陽小屯
BL - 北京房山琉璃河
CW - 遼寧長海吳家村
DH - 遼寧東溝後窪
EOK - 黑龍江依蘭倭肯哈達
FC - 遼寧阜新查海
FH - 遼寧阜新胡頭溝
GTM2 - 江蘇高郵天山廣陵王夫人墓
GXM2 - 廣東廣州象崗南越王墓
HH - 浙江海寧荷葉地
HX - 吉林渾江新開頭道屯
JB - 遼寧金州博物館藏當地出土
JN - 遼寧建平牛河梁
JP - 遼寧省博物館藏建平出土
JS62 - 山西襄汾陶寺
KD - 遼寧喀左東山嘴
LB - 遼寧旅順博物館藏紅山文化
LG - 遼寧旅順郭家村
LL - 遼寧旅順老鐵山
LS - 江蘇漣水三里墩
LSC - 遼寧凌源三官甸子城子山
LW - 遼寧省博物館藏紅山文化

MOD - 內蒙古敖漢大甸子
MWG - 內蒙古翁牛特新井
OD - 內蒙古翁牛特大南溝
PD - 江蘇邳縣大墩子
PY - 江蘇南京浦口營盤山
QF - 上海青浦福泉山
(L-良渚文化 S-崧澤文化)
QQ - 山西曲沃曲村
QS - 上海青浦崧澤
SCC - 陝西長安張家坡(澧西)
SS - 陝西神木石峁
SX - 遼寧瀋陽新樂
TL - 浙江桐鄉羅家角
WC - 江蘇吳縣草鞋山
WS - 江蘇武進寺墩
WX - 江蘇吳縣橫涇徐巷村
WYJ - 江蘇吳縣嚴山簪墓
WZ - 江蘇吳縣張陵山及其東山
XB - 遼寧岫岩北溝
YF - 浙江餘杭反山
YM - 浙江餘姚河姆渡
YW - 浙江餘杭吳家埠
YY - 浙江餘杭瑤山
YZB - 浙江餘杭中溪百獸山
ZB - 遼寧莊河北吳屯

行了穩定同位素及微量元素成份等分析研究。截至1992年中已累計取樣研究古玉五百件，而經肉眼觀察鑑定者為此數十倍以上。全部古玉樣品分析研究結果統計如表一，就此表需說明如下：

(一)玉有真假之分，即真玉(True jade)及假玉(Pseudo jade)，真玉按現代礦學與寶石學的國際通用概念僅只包含兩種鏈狀矽酸鹽(Inosilicates)單斜晶系的輝閃石(Pyriboles)礦物集合體，即軟玉(閃玉Nephrite)與硬玉(輝玉Jadeite)翡翠。相對於真玉的美石假玉，古稱為珉(《荀子·法行》)、璚(《禮記·聘義》)、砮(《山海經·南次二經·會稽之山》)、石(《周禮·考工記·玉人》)等。有關科學歷史說明，現代真假玉的概念正是中國古代有關認識的繼承並予以科學化而已。

軟玉是透閃石(Tremolite)一陽起石(Actinolite)之具有交織纖維顯微結構(Interfelted fibrous microstructure)的變種，透閃石一陽起石是自然界中廣泛分佈常見的造岩礦物(Rock-forming minerals)，但軟玉卻分佈不廣而不常見，故要辨別是否軟玉，除了要鑑定礦物成份外，還必需研究其顯微結構。相似地翡翠是具有寶石學價值的硬玉集合體，硬玉也是自然界中分佈較廣泛的常見造岩礦物，而翡翠卻分佈不

廣也不常見。上述已研究與觀察的古玉中未發現翡翠，故表一中真玉即軟玉。

(二)半玉 (Hemijade) 係前所未知，是纖維化的透閃石—陽起石，即軟玉與假玉礦物的共生集合體。古籍中講到玉符，即玉的顏色時，曾提到玉有赤、黃、碧三色，如《文選》卷四二李善注引王逸〈正部論〉、《山海經·西次三經·崑崙》郭璞傳引〈王子靈符應〉、曹丕〈與鍾大理書〉、張世南《游宦紀聞》卷五。現代軟玉一般未見此三種顏色者，但古玉中的半玉有此三色，看來古人是將這類半玉當作真玉應用。有關半玉問題請參考本研究的系列報告：〈澧西西周玉器地質考古學研究——中國古玉地質考古學研究之三〉（《考古學報》，1993年，第2期，第251—280頁），在此補附此報告中缺圖的SCCM163:056:03 透閃石加葡萄石半玉橘紅色小片如彩圖一（實物長 1.8cm）。

就上述研究以及觀察結果，對中國大陸新石器時代玉器文化分佈，可概括如表二，

表二

地 時 B P	遼河流域	黃河下游	長江下游	珠江流域	長江中游	黃河中游	黃河上游
4000		△ 龍山文化			△ 龍山文化		▲ 齊家文化
5000	▲ 小河沿文化		△ 良渚文化	△ 石峽文化	▲ 屈家嶺文化		馬家窯文化
6000	△ 紅山文化	△ 大汶口文化	△ 崧澤文化		▲ 大溪文化	▲ 仰韶文化	
7000	△ 新樂文化	▲ 北辛文化					仰韶文化
8000	興隆窪- 查海文化	后李文化	馬家浜- 河姆渡文化			裴李崗文化	大地灣文化
9000							
10 000							

△ 真玉器

▲ 假玉器

▲ 玉器未分

表中真玉器示有真玉器，假玉器示只有假玉器，玉器未分示有玉器而未經觀察研究區分真假。就此表需說明如下：

(一)查海 (FC) 真玉器，是中國也是全世界已知最早的真玉器。以往在西方，如 S.F.Leaming (Jade in Canada. Geol. Surv. Canada, Paper 78-19, 1978.) 認為世界上最早的真玉器，系出於前蘇聯雅庫特 Suruktaakh-khaya (60°40'N.123°10'E) 的軟玉斧及白軟玉環 (Radiocarbon, 1972.Vol.14, No.2, pp.358-361.)，是出自距今第五個千紀當地新石器時代晚期的 Ymyyakhtakh 文化層。而查海真玉器系距今

第八個千紀的新石器時代早期，早於上述雅庫特玉器三個千紀。其實就宏觀而論，史前的雅庫特文化遠比中國文化為落後，其玉器出現較晚也是理所當然。查海玉器1989年第一次出土的八件，全是真玉器且明顯出自不只一塊玉料，除一件鏤外全是裝飾品並製作精美，說明查海玉人鑑別玉料和製作玉器已達到相當高的水平，即已脫離用玉初期真假玉混雜鑑別不清且製作簡陋的階段，故查海玉器尚非玉器之源。又第四紀全新世是從距今一萬年開始，而距今第九及十個千紀的新石器時代初期在中國大陸普遍尚未發現，故應有更早更原始的玉器有待於考古實踐去發現。

(一)中國史前用玉已知和新石器時代與之俱來同步發展，新石器時代中期西遼河流域以牛河梁（JN）為代表的紅山文化是史前玉器文化發展的第一個高峯，而晚期的江南良渚文化則是史前玉器文化發展的最高峯，其玉器已從裝飾品發展為琮、璧等禮器。以上事實進一步證實了成書於戰國時代的《越絕書·外傳，記寶劍第十三》的記載：「軒轅、神農、赫胥之時，以石為兵，……至黃帝之時，以玉為兵，……禹穴之時，以銅為兵，……當此之時，作鐵兵，……」。其「軒轅、神農、赫胥之時」，即三皇時代，可擬於更新世舊石器時代；「黃帝之時」，即五帝時代，可擬於新石器時代；「禹穴之時」，即夏商周三代的青銅器時代。說明在中國玉器時代即新石器時代，而古史記載符合客觀事實且充分反映了中國史前文化的特徵。

(二)總觀中國大陸史前玉器文化，是自北向南和自東向西逐步發展，即愈南愈西用玉起始愈晚。史前玉器文化的如此發展方向，與以往廣為流傳的一些認識無法相容，如中華文明起源於黃河流域，中華文明西來說，有史以來產玉中心是崑崙，等等。面對現實，必須重新作出合乎已知事實的解釋。

進一步再將中國北方遼河流域的相應玉器文化分佈，概括如表三。就此表需說明如下：

(一)西遼河流域的紅山文化與在先的查海文化和在後的大甸子文化之間的小山子文化和大南溝文化，分別未發現有玉器和未發現有真玉器，當地玉器文化發展的這種波浪式起伏，其原因是什麼？有待闡明！

(二)史前玉器文化在西遼河流域以裝飾品為主，而遼東則以工具為主，其間的下遼河一帶又所知玉器文化甚少。遼河流域史前玉器文化的這種東西差異，其原因是什麼？有待闡明！

在此還將研究中已檢出的古玉礦物，按比重由小至大列出如表四。表中豐西出土的

表三

時間	西遼河	下遼河	遼東 (北部) (南部)		
3 000 BP	*MOD ^{ot}				青銅時代
4 000 BP	+OD ^o	X P	*X B ^t	*L G(1-2) ^o	
5 000 BP	*J N ^o *L S C ^o *K D ^o *F H ^o	?	*D H(2-3) ^t *Z B(2) ^{to}	*L G(3-5) ^t *C W ^{to}	新石器時代 中期
6 000 BP	O X	*S X to	*D H(4) ^t *Z B(3) ^t	*C X(5) ^t	
7 000 BP	*F C ^o				新石器時代 早期
8 000 BP					

* - True jade 眞玉

o - Ornaments 裝飾品

CW - 長海吳家村

DH - 東溝後窪

FH - 阜新胡頭溝

KD - 喀左東山咀

LS C - 凌源三官甸城子山

OD - 翁牛特大南子溝

S X - 瀋陽新樂

X P - 新民偏堡

+ - Pseudojade 假玉

t - Tools 工具

CX - 長海小珠山

FC - 阜新查海

JN - 建平牛河梁

LG - 旅順郭家村

MOD - 敖漢大甸子

OX - 敖漢小山子

XB - 岫岩北溝

ZB - 莊河北吳屯

表四

Symbol 符號	Mineral 礦物	Compoitiion 成分	G 比重	H 硬度	Example 實例
Jt	Jet 煤玉		1.33±	2½±	SXF1:234 珠
			2.40		
(Tr)	YYM12:01 殘刻花管		2.41	2½±	
			2.50		
Lz	Lizardite 利蛇紋石	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2.55±	2½	JN2Z1M17:2 鳳首
Az	Amazonite 天河石	KAlSi ₃ O ₈	2.59±	6-6½	JN2Z4M3:2 小墜珠
			2.60		
Dc	Dickite 迪開石	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2.60±	2-2½	WCM68:1 玦
Kl	Kaolinite 高嶺石	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2.61±	2-2½	TLT111(3):12 穿孔斧
At	Antigorite 葉蛇紋石	(Mg,Fe ²⁺) ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	2.61±	2½-3½	JN2Z1M17:1 雙人首三孔飾
Ab	Albite 鈉長石	NaAlSi ₃ O ₈	2.62±	6-6½	JS62M320:1 珠
Qz	Quartz 石英	SiO ₂	2.65±	7	WCM42:4 玦
Tq	Turquoise 綠松石	CuAl ₆ (PO ₄) ₄ (OH) ₈ 5H ₂ O	2.6-2.8	5-6	WYJ2:102.2 珠
			2.70		
Cc	Calcite 方解石	CaCO ₃	2.71±	3	QQM6214:23 胸佩
Lc*	Leuchtenbergite 淡斜綠泥石	(Mg,Fe ²⁺) ₅ Al(Si ₃ Al)O ₁₀ (OH) ₈	2.74±	2-2½	Q001 肅州玉
An*	Anorthite 鈣長石	CaAl ₂ Si ₂ O ₈	2.75±	6-6½	D002 南陽獨山玉
Tc	Talc 滑石	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	2.78±	1	JN1J1B:1-1 女神眼珠
Pp	Pyrophyllite 葉蠟石	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	2.79±	1-2	YM73T18(4):62 條形璜
			2.80		
(Tr)	SCCM22:13 鉞		2.81	2½±	
Sc	Sericite 絹雲母	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	2.81±	2-2½	TLT137(1):10 管
Ms	Muscovite 白雲母	KAl ₂ (Si ₃ Al)O ₁₀ (OH,F) ₂	2.83±	2½-4	JS62M1271:4 琮
			2.90		
Pr	Prehnite 葡萄石	Ca ₂ Al ₂ Si ₃ O ₁₀ (OH) ₂	2.92±	6-6½	SCCM163:056:03 殘片
Tr	Tremolite 透閃石	Ca ₂ (Mg,Fe ²⁺) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂			FCT47:6.1 玦 YEM12:98 琮
(Tr*)	S005 和闐羊脂白玉		2.95	5.4	
(Ac*)	S002 瑪納斯碧玉		2.99	5.3	
			3.00		
(Ac*)	S006 昆侖墨玉		3.04	6.2	
Ac	Actinolite 陽起石	Ca ₂ (Mg,Fe ²⁺) ₅ Si ₈ O ₂₂ (OH) ₂			FC04 鑿 AXTM5:584 戈
Mg	Magnesite 菱鎂礦	MgCO ₃	3.05±	4-4½	QFM40:86 鉞
			3.10		
Fl	Fluorite 螢石	CaF ₂	3.18	4	HHM9:7 珠
Jd*	Jadeite 硬玉	NaAlSi ₂ O ₆	3.25±	6½-7	B 001 翡翠
En	Enstatite 頑輝石	Mg ₂ Si ₂ O ₆	3.32±	5-6	JN2Z1CJ:1 仿貝
Zs*	Zoisite 黝簾石	Ca ₂ Al ₃ (SiO ₄) ₃ (OH)	3.55±	6-6½	S1 南陽獨山玉

* - 現代玉石附作比較

鉞 SCCM 22:13 已通體沁透，其礦物成份未變仍是透閃石，只是交織纖維顯微結構變鬆，因而硬度劇烈降低，但比重降低幅度較小為 2.81，此值可能已接近一般受沁變化的極限，故可考慮應用比重為 $2.80 \pm$ 的重液以區分一般的受沁古（真）玉與一系列比重小於 2.80 如表所示的假玉礦物。但對「鷄骨白」及「象牙白」（後者較前者顏色濃度為大）類淡黃色調古玉不適用，因其成因非一般受沁所致將如後述，例如瑤山所出殘刻花管 YYM12:01，見彩圖二（殘長 1.3cm），其礦物成份亦未變仍為透閃石，交織纖維顯微結構明顯變鬆，而其比重已降至 2.41。以上事實是僅憑比重與硬度來區分真假玉者所必須考慮到的問題，即考慮用此方法在不同情況下分別能有多少置信度。廣為流傳的古玉次生變化術語為「鈣化」（Calcification），與上述古玉次生變化的事實不符，故此術語不值得繼續使用，仍以沿用傳統古名「受沁」為當。

國立故宮博物院 第二節 玉料來源 NATIONAL PALACE MUSEUM

古玉溯源是非常複雜而困難的科學問題，除只產於某地的特殊品種較易判明來源，但這種情況實在太少，而一般僅憑肉眼觀察其外觀實難查清，古玉行家之將真假玉錯認亦屬情有可諒，若再由此侈談其古玉來源則更是空中樓閣無從置信。一般表面特徵相似而出自不同產地的軟玉所在多有，三個半世紀前宋應星在《天工開物》下卷第十八卷中即曾指出：「朝鮮西北太尉山，有千年璞，中藏羊脂玉，與葱嶺美者無殊異」。實際上古玉溯源與古青銅的銅鉛原料溯源問題困難所在正相反，中國大陸已知的含銅鉛的礦產地太多成千上萬，故科學對比的工作量太大而難於着手對比。軟玉在中國大陸現知礦產地太少，但可能存在不少歷史中遺失的礦產地，因而無從下手對比。要對比就需從已知中研究總結其規律並以之尋找歷史中遺失的礦產。由此認識出發着手研究，已有成果可以作一些方向性的探討如下。

全世界的軟玉已知主要有兩種地質產狀類型，即產於鎂質大理岩中，或產於蛇紋石化超基性岩中，前者如新疆崑崙和闐一帶、遼寧寬甸、四川汶川、韓國春川等，後者如新疆天山瑪納斯、河南淅川、臺灣花蓮豐田等，中國大陸所產軟玉以前者為主，而世界其他許多地區都以後者為主。兩種類型軟玉由於生成原岩成份顯著差異的繼承性所致，蛇紋石化超基性岩中軟玉比諸鎂質大理岩中軟玉，主成份相對富鐵，微量成份相對富鉻、鎳、鈷等超基性岩特徵元素。統計國內外現代軟玉分析結果，鎂質大理岩中軟玉的 $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ p.f.u.} \%$ 為 0-7 者佔 88%，大體相當於白玉、青白玉至青玉，而蛇紋

石化超基性岩中軟玉的 $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ p.f.u. } \%$ 為 7-14 者佔 88%，大體相當於淺深碧玉。兩種類型軟玉上述主成份的差異非常顯著，這種總體特徵可用以判別考古遺址出土成組軟玉樣品的主體地質類型。在此列出已研究各主要遺址出土軟玉主成份特徵如表五，表的下端附有現代兩類型軟玉的統計以便對比。由表可知，中國大陸已研究各主要遺址出土古玉均為主體來自鎂質大理岩中軟玉，即古今軟玉的主要地質類型一致，均以鎂質大理岩中軟玉為主。

表五

遺址 Sites	Σn	n (f%)				
		$\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ p.f.u. } \%$				
		0-7	7-10	10-14	14-20	20-50
GTM2	9	9(100)	0	0	0	0
GXM2	16	16(100)	0	0	0	0
WYJ	18	15(83)	2(11)	1(6)	0	0
QQ	6	6(100)	0	0	0	0
SCC	26	25(96)	1(4)	0	0	0
BL	11	10(91)	1(9)	0	0	0
AXT	24	23(96)	0	0	0	1(4)
MOD	12	10(84)	1(8)	0	1(8)	0
JS62	22	19(86)	0	2(9)	0	1(5)
WC	18	12(67)	2(11)	4(22)	0	0
WZ	13	11(85)	0	2(15)	0	0
QF+QS	16	15(94)	0	1(6)	0	0
HH	7	6(86)	1(14)	0	0	0
YF+YY	59	52(88)	3(5)	4(7)	0	0
JN	22	22(100)	0	0	0	0
DH+XB+ZB +CW+LG+LL	27	19(70)	2(7)	5(19)	0	1(4)
FC	8	7(88)	0	1(12)	0	0
NpMgMb	41	36(88)	2(5)	1(2)	2(5)	0
NpSpUb	51	2(4)	27(53)	18(35)	4(8)	0

NpMgMb - 現代鎂質大理岩中軟玉

NpSpUb - 現代蛇紋石化超基性岩中軟玉

軟玉由於組成礦物透閃石—陽起石中含有羥基 (OH)，即結構水，故可用之測定研究其穩定同位素 (Stable isotopes)，即 $\delta^{18}\text{O}$ 及 δD 特徵。分析研究了中國大陸及鄰區兩種類型已知產地軟玉的穩定同位素特徵，連同臺灣花蓮豐田已發表的資料 (Tzen-Fu Yui, Hsueh-Wen Yeh: and Chihming W. Lee: Stable isotope studies of nephrite deposits from Fengtien, Taiwan. Geochim. Cosmochim. Acta, 1988, Vol. 52, No. 3, pp. 593-602.)，取得主要認識如下：

(一) 兩種類型已知不同產地軟玉的 δD - $\delta^{18}\text{O}$ 均有其一定的分佈範圍，具體分佈範圍

大小與測定數據多少在一定程度上有關，這個特徵應可考慮用作判別古玉原料來源的重要參考。

(二)中國各產地軟玉的 $\delta^{18}\text{O}$ 無一例外均為正值，而韓國春川者均為負值，可能系同類型之具體生成條件存在某些差異所致。

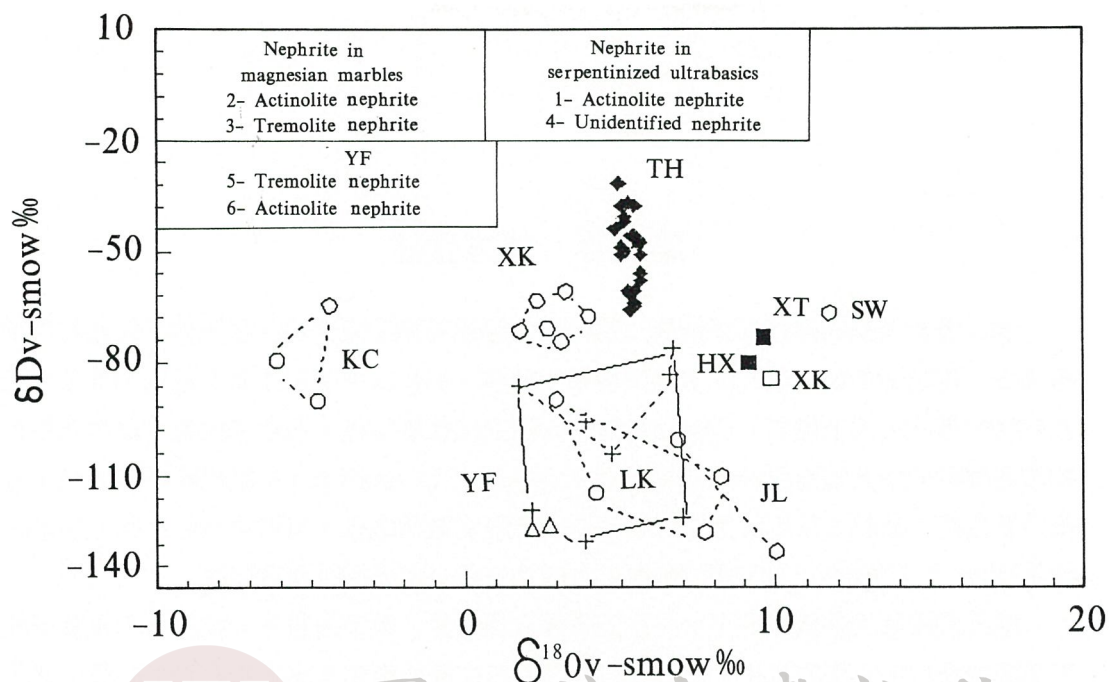
(三)蛇紋石化超基性岩中軟玉歷來都認為是交代成因，鎂質大理岩中軟玉由於最主要產地崑崙和闐一帶位於區域變質帶內，故傳統認識是區域變質成因，不同的成因認識引導不同的找礦方向。根據透閃石—陽起石的礦物成份為 $\text{Ca}_2(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ ，所測得的 δD 全系來自結構水，而 $\delta^{18}\text{O}$ 則系來自包括結構水在內的全礦物，與類似的矽酸鹽礦物對比軟玉結構水中的 $\delta^{18}\text{O}$ 應顯著低於全礦物，故兩類軟玉的穩定同位素特徵基本上都不在變質水的範圍($\delta\text{D}\text{‰} = 0 - -70$; $\delta^{18}\text{O}\text{‰} = +3 - +20$)之內，由此否定鎂質大理岩中軟玉的區域變質成因，而說明系熱流交代(Hydrothermal metasomatic)成因，從而開拓了此類型軟玉新的找礦方向。據此認識，檢查鎂質大理岩接觸帶中緻密塊狀透閃石岩的顯微結構，發現了原被當作普通透閃石岩的江蘇溧陽小梅嶺產於中生代燕山期花崗岩體與下二疊紀棲霞組鎂質大理岩接觸帶的透閃石軟玉，標本如彩圖三(長6.2cm)。此標本與南京浦口營盤山崑崙澤文化遺址所出玉料 PYM31 及江南不少崑崙澤與良渚文化玉器很相似。這是世界上第一個由認識成礦條件而找到軟玉的實例，而類似地質條件在中國大陸以至世界許多地區所在多有，因而有其普遍意義，同時也為當地研究史前古玉原料來源開拓了道路。

對中國大陸十多處考古遺址出土的軟玉器進行了穩定同位素的分析研究，並將結果分別投入現代軟玉的 $\delta\text{D}-\delta^{18}\text{O}$ 特徵圖，現選擇樣品數較多的餘杭反山(YF)及長安豐西(SCC)兩遺址，如圖一及圖二，所得主要認識如下：

(一)反山古玉第一批1988年五個樣品位於圖中分佈範圍的上部近三角形，俟增加1989年第二批五個樣品後分佈範圍擴大了兩倍多而成近方形，說明具體分佈範圍的大小在一定程度上與樣品數量多寡有關。史前古玉如反山，其他遺址也如此，其分佈範圍都相對比較局限，說明其來源比較簡單，而且「就近取材」的可能性很大。

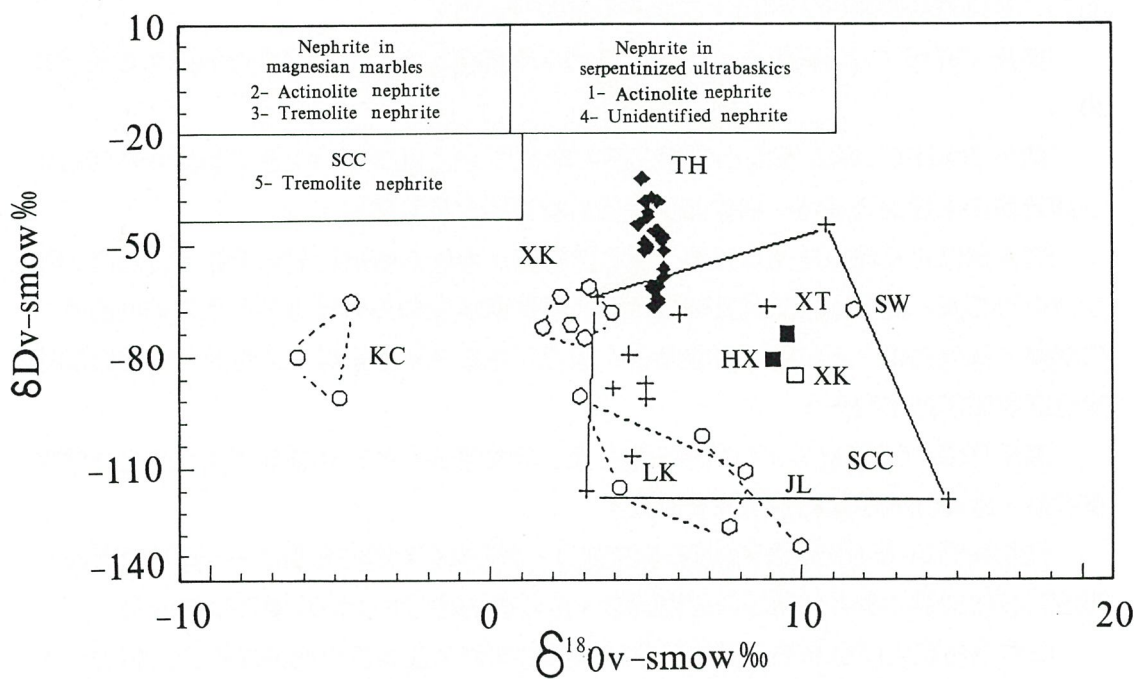
(二)豐西古玉則是信息複雜多樣，說明了原料的多源性，這點符合於當時中央集權專制王朝京畿地區的供需特徵。

(三)所有已分析中國大陸古玉的 $\delta^{81}\text{O}$ ，包括遼東史前古玉在內，無一例外全是正值，說明其中沒有韓國春川軟玉的信息。



1 2 3 4 5 6
 鎂質大理岩中軟玉 蛇紋石化超基性岩中軟玉
 XK - 新疆昆侖 XT - 新疆天山
 LK - 遼寧寬甸 HX - 河南浙川
 SW - 四川汶川 TH - 台灣花蓮
 JL - 江蘇溧陽 KC - 韓國春川

圖一



圖二

第三節 軟玉生成

軟玉是具有交織纖維顯微結構的透閃石—陽起石礦物集合體，軟玉與普通造岩礦物透閃石—陽起石的區別就在於有無這種顯微結構，由於有它軟玉才具有緻密潤澤及在天然礦物中僅次於黑金剛石（Carbonado）的極高韌性等特性，而軟玉質量的優劣及受沁的難易和韌性的具體差異又均取決於由成束雛晶（Crystallites）組成纖維的粗細，愈細質量愈好。故軟玉的生成是透閃石—陽起石經交織纖維化，可稱之為軟玉化（Nephritization）的產物，如何交織纖維化生成軟玉是一直未得答案的問題。

應用掃描電子顯微鏡研究古今軟玉顯微結構取得了數千張照片，發現數十張顯示軟玉交織纖維化不完全的照片，即透閃石—陽起石交織纖維化生成軟玉的軌跡記錄，就其中選出九張如圖版一，以之說明軟玉生成的過程，其要點如下：

(一)原有的如由接觸變質生成的透閃石—陽起石晶體（Crystal），受熱流作用（Hydrothermal activity）自中心開始內部融化（Internal melting），並隨即由成核作用（Nucleation）依原晶體結晶格架重結晶成透閃石—陽起石窄板狀雛晶羣，其 $x:y \approx 1:2$ 。此階段的作用與冰的融化及結晶特徵非常相似。

照片 39776（QSM60:6 透閃石軟玉璜）示殘留的未經交織纖維化的透閃石晶體部份。

照片 39521（LC02 溧陽小梅嶺透閃石軟玉）示上述內部融化及成核結晶作用自中心開始而尚未達到全晶體，即原晶體邊部尚有未經作用的殘留。

(二)內部融化及成核結晶作用波及原晶體全部，而原晶體的外形尚保存，在垂直(001)方向可見到一個原晶體變成數百個雛晶，而在垂直C軸方向則見平行排列的雛晶羣，即纖維。與此同時，生成的雛晶在動力（應力）作用下發生非均一性變形，原晶體的外形也逐漸變形以至消失。

照片 90283（YYM11:94 透閃石軟玉璜）示透閃石一個原晶體全部被作用生成數百個雛晶，原晶體外形輪廓清晰保留原狀。

照片40374（WCM199:8陽起石軟玉璧）—90282（YYM11:94）—39931(YYM7:35透閃石軟玉鐲)示生成的雛晶逐漸變形，原晶體的外形也由逐步變形以至消失。

(三)在原晶體之間由於各晶體的結晶格架方位不同，故各自生成的雛晶羣互相交叉。

照片 90486（AXTM11:4 透閃石軟玉戈）示原晶體之間雛晶羣排列方向不同，且

示中心部份的原晶體生成的雛晶羣呈似文象狀顯微結構。

照片 96766 (KC03 韓國春川透閃石軟玉) 示不同原晶體生成的雛晶羣纖維束，在原晶體內互相平行，而在原晶體間互相交叉。

(四)在進一步動力作用下，生成的雛晶羣組成的纖維束經進一步變形，融為一體形成交織纖維顯微結構。

照片 39864 (YFM12:98 透閃石軟玉琮王) 示最後完成的完全交織纖維化的軟玉。

軟玉的上述生成過程說明全過程是在動力作用下的熱流交代作用 (Hydrothermal metasomatism)，而交代物質基本上就是被熱流 (Hydrothermal fluid) 融化的被交代物質。在以上認識基礎上，還需說明兩點如下

(一)軟玉中殘留有局部交織纖維化不完全的部份，可不影響其質量，如圖版二所示三件反山出土的古玉，YFM12:90 透閃石軟玉琮—YFM12:98 透閃石軟玉琮王—YFM12:100透閃石軟玉鉞王，圖版左列示其交織纖維顯微結構，右列示其平行纖維顯微結構，中列示兩種顯微結構共存，而這三件都是古玉中之極品。

(二)以往有些描述軟玉的術語，如：類(似)軟玉 (Nephritoid) (J.Fromme: Chemisch-mineralogische Notizen aus dem Radautale. Tscherm. Min. Petrog. Mitt., 1909, Vol.28, No.4, pp.305-328.)，系指具有平行纖維結構的軟玉；半軟玉 (Semi-nephrite) (F.J.Turner: Geological investigation of the nephrites, serpentines, and related "greenstones" used by the Maoris of the Otago and South Canterbury. Trans. Roy. Soc. New Zealand, 1935, Vol.65, pp.187-210.)，系指含有清晰針柱狀或平行未交織纖維結晶透閃石的軟玉。他們均系就肉眼及普通光學顯微鏡觀察所得的認識。其實具有他們所說現象的軟玉，實際上只是存在部份交織纖維化不完以及保留原晶體外形而已，而在數千倍的電子顯微鏡下往往可觀察到原有的透閃石晶體絕大多數已變成雛晶羣，和由雛晶羣成束組成纖維呈平行以至交織。因而基於前述認識，他們的術語已經似無保留的必要。

第四節 次生變化

軟玉的次生變化 (Secondary alteration)，系指生成後的變化，即習稱的受沁，是研究鑑賞古玉者所經常關心的問題。要認識古玉的次生變化，可先了解軟玉生成時在礦體邊部的變化，希望能以之解開這個問題。為此舉一實例，即遼寧寬甸軟玉標本

K003 如彩圖四（長 9.5cm），其本體為 - 1 玳黃玉，至邊部變化為 - 2 到 - 3。K003 三部份的特徵經測定如表六。

表六

標本	K003-1	K003-2	K003-3
特徵			
$\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})_{\text{p.f.u.}}\%$	3.13	2.71	2.91
顏色	10Y7/4	10YR4/2	N9(Y)
半透明度	++	+	-
比重	2.95	2.94	2.86-2.89
硬度	5.9	5.8	4.4

顏色指數按 Munsell 色標

由 K003 標本及測定結果可知，軟玉礦體到邊部，其礦物成份未變，但 $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})_{\text{p.f.u.}}$ 、半透明度、比重、硬度均呈下降趨勢，K003-1 先增色為 - 2，繼而褪色發白呈不透明成 - 3，後一階段因其顯微結構變鬆而硬度下降顯著且呈不透明，如比軟玉到礦體邊部的生成過程應屬降溫過程。

就上述認識，反其道而行之，用軟玉標本作系列加熱實驗，即以 YFM20:184 透閃石軟玉殘壁切成小塊在馬弗爐內加熱，所得結果摘要如表七。

表七

標本	YFM20:184	YFM20:184-1	YFM20:184-12
實驗條件及特徵			
溫度 (℃)	0	650	950
保持時間 (小時)	0	1	5
$\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg})_{\text{p.f.u.}}\%$	8.24	7.25	5.24
顏色	5GY6/3	N2	5YR8/2

YFM20:184-1 表面變呈棕黑色，-12 為褪色發白不透明，但礦物成份均未變仍為透閃石，而顯微結構有變鬆趨勢。若加長實驗保持時間褪色作用會加深且有可能變化溫度會適當降低。本實驗所得結果與 K003 的變化相似，但作用相反，因實驗是升溫過程。以上認識結合古玉的次生變化試作如下解釋：

(一)古玉在常溫下一般受沁，最常見的是直接褪色變白呈不透明，即相當於 K003-1 直接變為 K003-3，因不同於軟玉成礦時的逐漸降溫過程，故無中間產物相當於 K003-2 者。古玉受沁的內因取決於顯微結構，組成纖維愈細，即質量愈佳，則因堆積密度 (Packing density) 愈密而愈難受沁，反之則易。另一方面，受沁的外因取決於古玉周圍的外部環境條件及作用時間，相同條件下作用時間愈長受沁相對愈深。

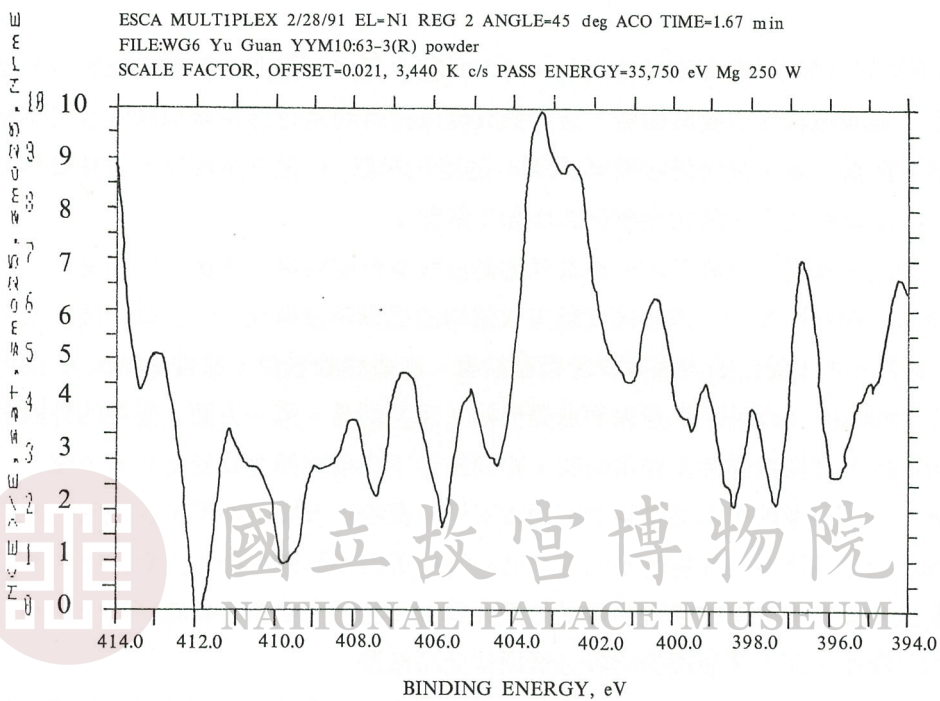
此外，同一遺址所出同礦物的不同古玉受沁深淺可有顯著差異，甚至同一件古玉的不同部位受沁深淺亦往往有所不同。自同一遺址所出不同礦物的古玉更是受沁深淺不同，如假玉中最常見的葉蛇紋石經常受沁深於軟玉，且所見史前葉蛇紋石假玉器不分南北幾乎均已深沁，而石英類礦物的假玉器則常受沁甚淺。

(二)軟玉的基本色調 (Hue) 是黃綠色，若 Fe^{3+} 置換 Fe^{2+} 較多可使色調偏黃，其濃度 (Chroma) 變化不大，主要隨組成礦物透閃石—陽起石中按公式單位鐵和鎂的佔位比率 $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ p.f.u.}$ 升高而降低其明度 (Value, Lightness)，故其基本致色因素是過渡金屬 (鐵) 化合物的自色顯色作用 (Idiochromatic coloration by transition-metal compounds)。

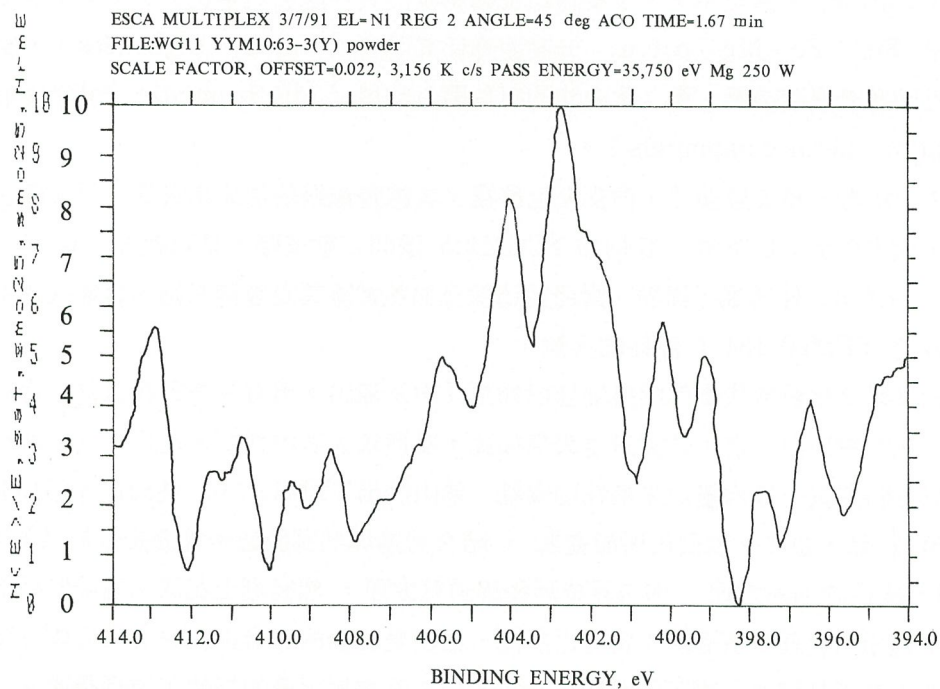
古玉中有一類表層漆黑，內部顏色很淺，其總體鐵鎂佔位比率很低，說明顏色表裏不一，而表色與成份不符，實例如 SCCM1:5 透閃石軟玉璧，見彩圖五，其 $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ p.f.u.}$ 極低接近極限，對照前述軟玉加熱實驗其表層漆黑應系曾經火燒所致，即相似於 YFM20:184-1 條件的火燒。

(三)良渚文化最有代表性的遺址址已知是反山及瑤山，出有許多刻花玉器相當於「鷄骨白」與「象牙白」者，其實只是表部如此，器形較大者內部並未變化。又當地刻花玉器的原材料質量一般均優於未刻花的素璧。瑤山所出 YFM12:01 殘刻花管已如前述比重降至 2.41，並非一般受沁所能造成，結合前述加熱實驗應系曾經相似於 YFM20:184-12 條件的加熱處理，即玉器成形後經加熱處理，然後刻上花紋，對照當時的製陶工藝上述加熱處理所需溫度是當時之所能，而經處理後的玉器由於表層硬度劇烈降低，故刻花工具應易解決，剩下的難題是當時如何在沒有放大鏡的條件下進行微雕。

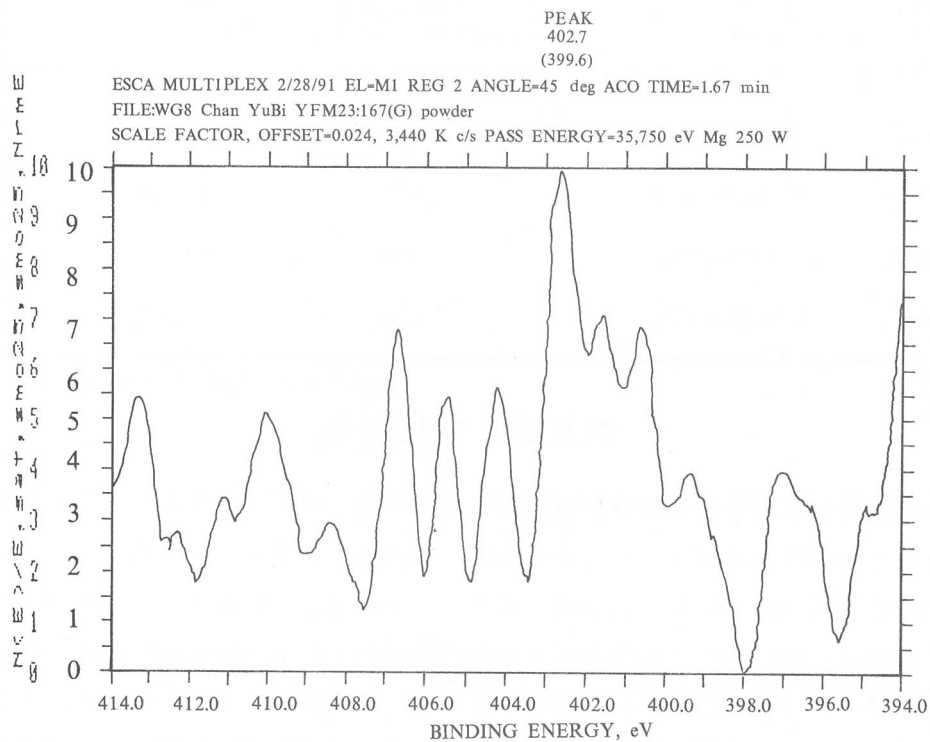
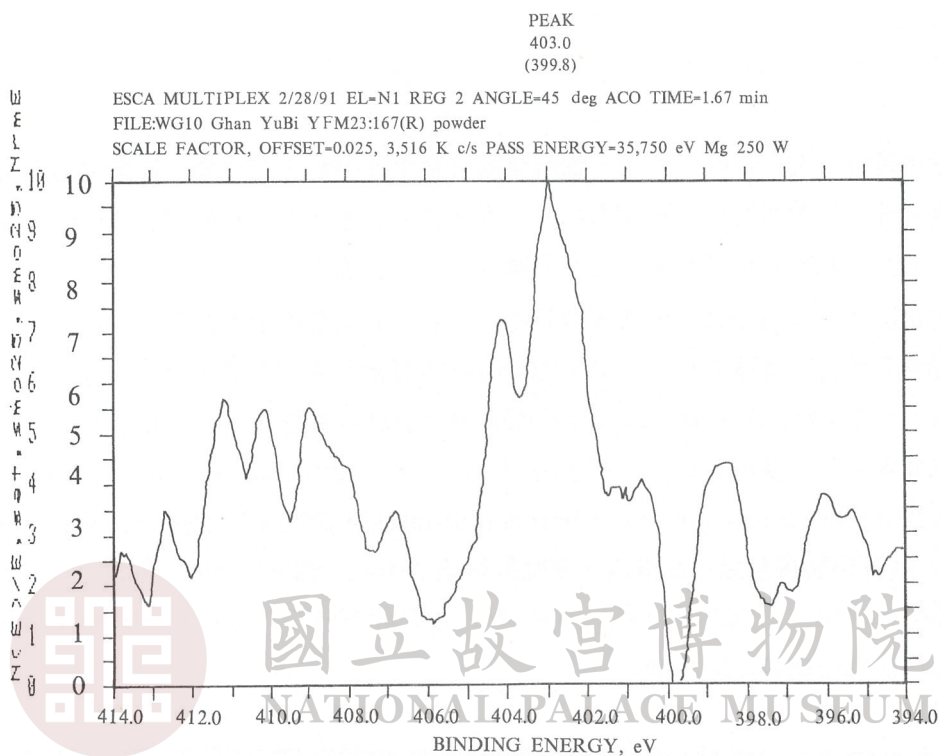
PEAK
403.4 402.5
(400.1) (399.2)



(399.7)



圖三



圖四

(四)古籍中多有「黃琮」之說，就所見的大量古玉中按現在的辨色習慣可稱作黃色的琮只有一件，即澧西所出 SCCM32:1，但非真玉而是利蛇紋石加方解石假玉，故古人所說「黃琮」是否系指帶淡黃色調的「鷄骨白」與「象牙白」。

(五)古玉中有一類沁成紅色習稱為「血沁」者，究竟是否由血沁所致？為此，用兩件帶有紅色「血沁」斑塊的出土古玉，即瑤山透閃石軟玉管 YYM10:63-3 見彩圖六（長 2.0cm），及反山透閃石軟玉殘壁 YFM23:167 將紅色斑塊「血沁」部份（R）與未變色部份分別平行取樣用 X 射線光電子能譜儀（X-ray Photoelectron Spectroscopy-XPS 或 Electron Spectroscopy for Chemical Analysis-ESCA）測定有關元素含量，其中 N_{1s} 的對比圖譜如圖三及圖四，相應的結果如表八。圖譜中 N_{1s} 的峯位與血清胺基酸中氮的峯位相似，而紅色斑塊部份的 N_{1s} 含量較未變色部份高出一倍，由此初步闡明了這些紅色斑塊是血沁所致。

表八

序號 File	標本號 Comment	N_{1s} 原子濃度 Atomic Concentration	顏色 Colour
WG6	YYM10:63-3(R)	0.43	7R6/8-(5R1/2)
WG11	YYM10:63-3(Y)	0.27	N9(5Y)
WG10	YFM23:167(R)	0.78	5R3/5
WG8	YFM23:167(G)	0.24	5YG6/3

Perkin-Elmer PHI 5300 ESCA System

第五節 等級制度

中國古代分等級用玉制度最重要的記載是《周禮·考工記·玉人》：「天子用全，上公用龍，侯用瓚，伯用將」。《說文解字》的解釋：「瓚，三玉二石也，从玉，贊聲。禮，天子用全，純玉也；上公用龍，四玉一石；侯用瓚；伯用將，玉石半，相將也」。故辨別區分玉與石，即真玉與假玉，是問題的關鍵，也是討論問題的前提。長期以來，歷史考古學界普遍認為《周禮》是戰國晚年的「托古改制」著作。現在中國大陸新石器時代早期至西漢一系列重要典型遺址出土大量古玉研究觀察的基礎上，有可能來討論

《周禮·考工記·玉人》分別等級用真假玉的制度，在周代是否實際存在？其來龍去脈如何？

長安張家坡灋西（SCC）是西周典型遺址，墓葬大多曾經盜掘，存玉稍多者無一墓全是真玉，說明諸墓都沒有「用全」，其中兩座顯貴重臣井叔墓 SCCM157與SCCM170現存真假玉研究鑑別統計如表九，其真假玉比例相當於「用龍」，與其上公身份相符。

表九

墓號	玉器數 Σn	真玉 n (%)	假玉 n (%)
SCCM 157	39	23 (88)	3 (12)
SCCM 170	79	66 (89)	8 (11)

北京琉璃河（BL）西周遺址及曲沃曲村（QQ）兩周遺址，各墓亦未「用全」。從上述事實看來，《周禮·考工記·玉人》分別等級用真假玉的規定，不是「托古改制」的設想，而是周代實際執行的制度。

《論語·爲政》：「殷因於夏禮，所損益可知也，周因於殷禮，所損益可知也，……」。由此可知，問題應當往古追溯。安陽小屯殷墟婦好墓（AXTM5）的玉器除個別外全是真玉，近似「用金」。襄汾陶寺（JS62）龍山文化遺址，大部份墓葬未用玉，而用玉者也都雜有假玉，說明當地即便是夏墟也非王陵區。

江南新石器時代晚期的良渚文化，是已知史前玉器文化發展的最高峯，當時已形成琮、璧等禮器，其已研究觀察諸墓用玉至少可分四個等級如表十，用玉數量在等級之間

表十

等 級	特徵	實例（墓號）
I	用全	YEM12
II	用龍 / 璜	QFM9
III	用將	HHM3 HHM9
IV	未用真假玉	HHM8 HHM13

有近於一個數量級之差，而用玉質量也有相應的差異，這些事實說明當時已分別等級按比例用真假玉。

順便說明，餘杭反山（YF）及瑤山（YY）是良渚文化的典型遺址，反山十二號墓（YFM12）又為其冠，所出六件琮全經研究都是「鷄骨白」透閃石軟玉；當地出璧最多者是 YFM23，共五十四件，全是真玉；此二遺址所出玉器中，除原來已檢出的 YYM8:26 珠為絹雲母假玉外，又檢出 YFM14:158 帶鉤及 YFM14:234 朽殘璧均為蛇紋石假玉。出鉞最多的青浦福泉山 QFM139，所出十一件，全是石鉞。

往前是史前玉器文化的先一高峯，即西遼河流域新石器時代中期的紅山文化，其典型遺址是建平牛河梁（JN），經研究觀察其墓葬用玉至少已可分出三個等級如表十一，說明當時用玉已存在有無與真假之分的等級差異。

表十一

等 級	特徵	實例（墓號）
I	全用真玉	JN2Z1M14 JN2Z1M22 JN5Z1M1
II	全用假玉	JN2Z1M7 JN2Z1M11 JN2Z1M17 JN2Z1M21-1
III	未用真假玉	JN2Z1M6

新石器時代早期的用玉資料尚少，只知存在有玉與無玉的差異，如前述阜新查海（FC）遺址有真玉，江南河姆渡—馬家浜文化的餘姚河姆渡（YM）、桐鄉羅家角（TL）、吳縣草鞋山（WC₈₋₉）諸遺址都只有假玉而無真玉，其他各地許多時代與其相當的遺址也均未發現有玉。

總結起來，中國古代當作等級標誌的用玉特徵差異，是和新石器時代，即玉器時代，與之俱來同步發展，其早期已知存在有無玉的差異，中期發展了真假玉的差異，晚期更發展為按比例用真假玉，這就是《周禮·考工記·玉人》分等級按比例用真假玉制度的來龍，確實由來久遠古已有之。

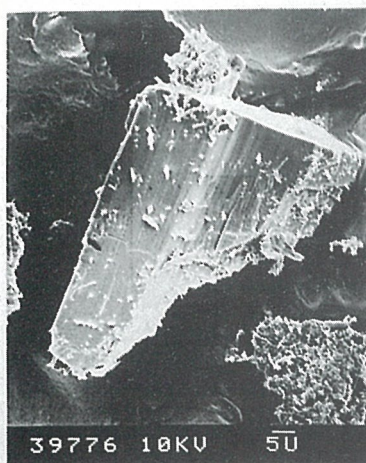
反過來，再探討其去脈，即對後世的影響。廣州象崗西漢南越王墓玉衣（GXM2:D50）及高郵神居山（天山）西漢廣陵厲王夫人墓（GTM2）殘玉衣，經研究發現均雜有外觀近似的假玉片，史書記載了不同等級玉衣的用縷差異，但對更重要的玉質問題卻失載，漢代諸侯王玉衣雜用假玉看來應是有意所為，意在以避「用全」，說明有關制度延至漢代仍在實行。並且還一直長久影響後世，如：「唐玄宗天寶十載（751 AD），詔曰：禮神以玉，取其精潔溫潤，今有司竝用珉。自今禮神六器、宗廟奠玉，竝用眞玉，諸祀用珉。如玉難得大者，寧小其制度，以取其眞」（丘濬《大學衍義補》卷九十六寶玉之器）。唐玄宗此詔說明，真假玉之別，即玉珉之別是屬首要，高於規格制度，隔越千餘年後仍復如此，影響實在深遠。



國立故宮博物院
NATIONAL PALACE MUSEUM



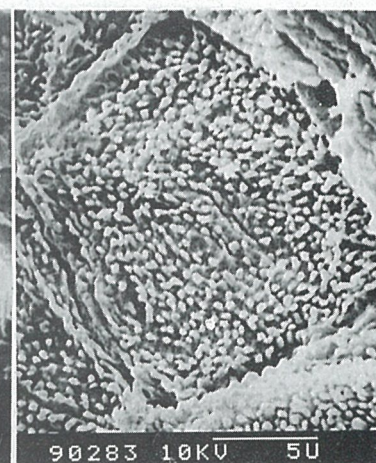
國立故宮博物院
NATIONAL PALACE MUSEUM



QSM60 : 6



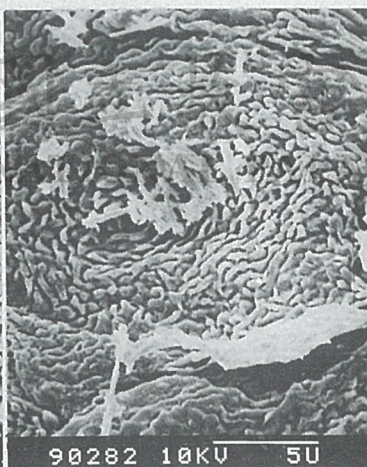
LC02



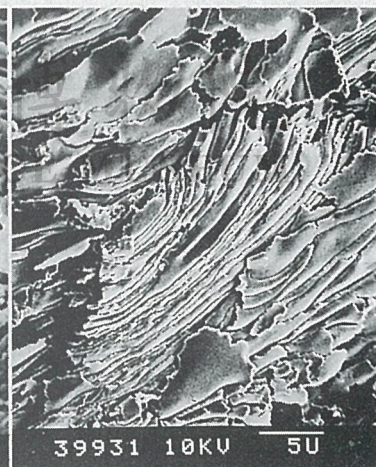
YYM11 : 94



WCM199 : 8



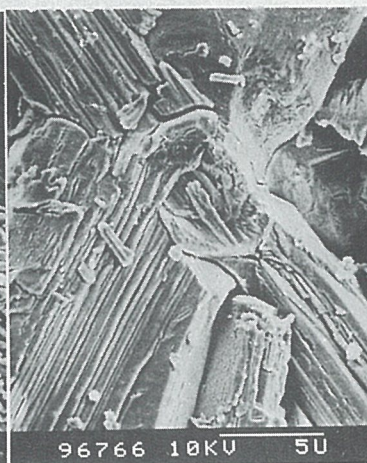
YYM11 : 94



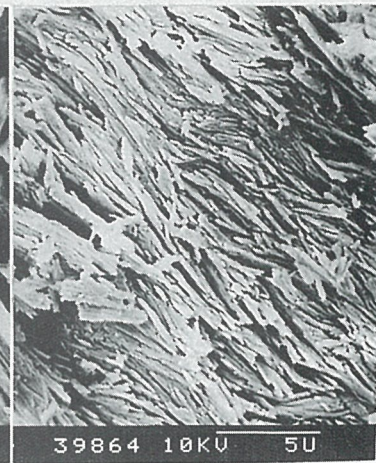
YYM7 : 35



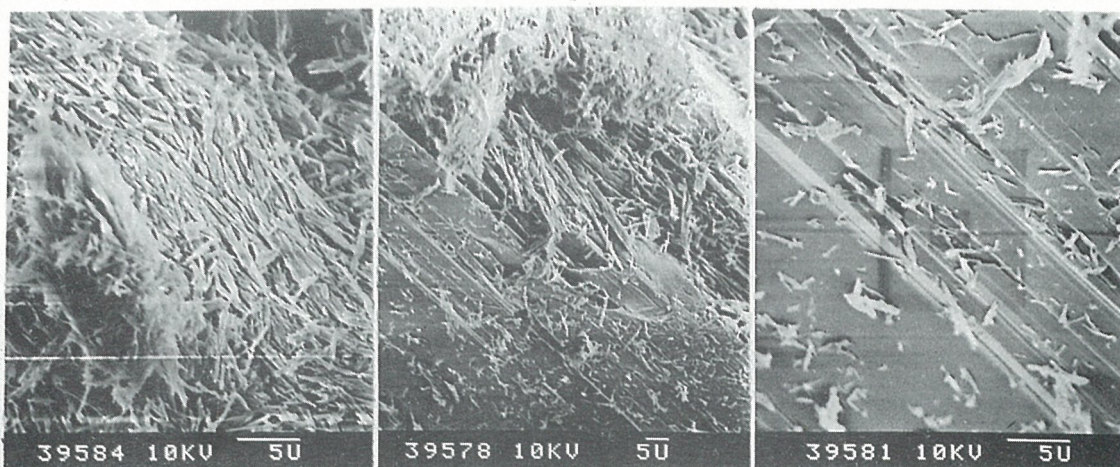
AXTM11 : 4



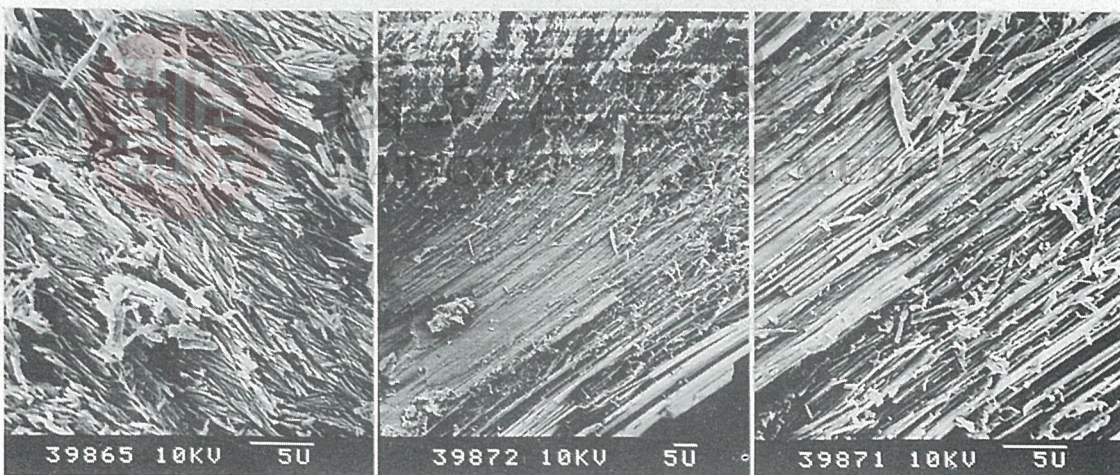
KC03



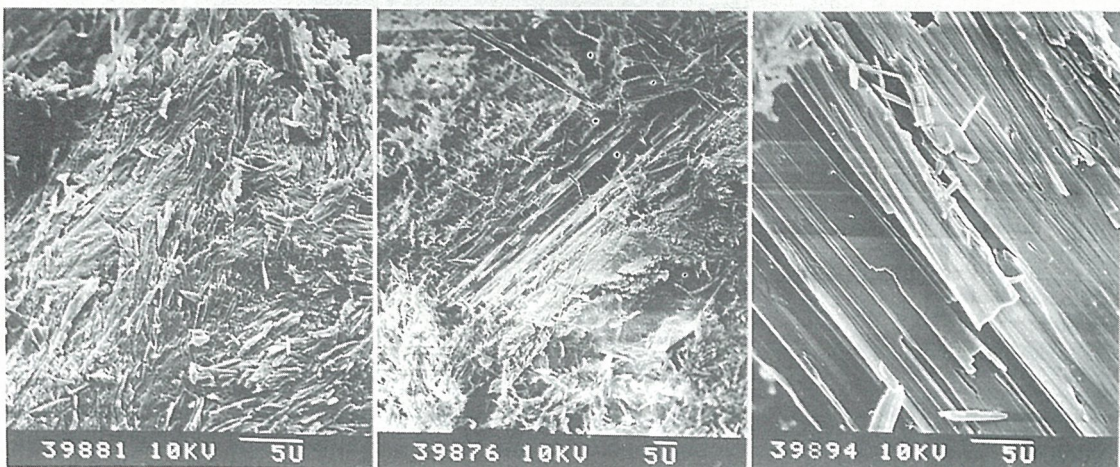
YFM12 : 98



YFM12 : 90



YFM12 : 98

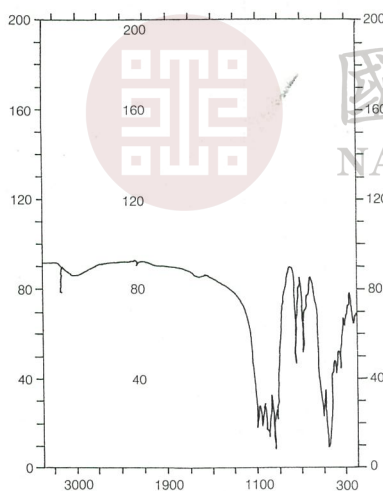


YFM12 : 100

圖版三

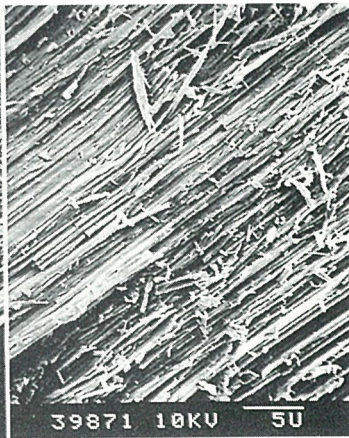
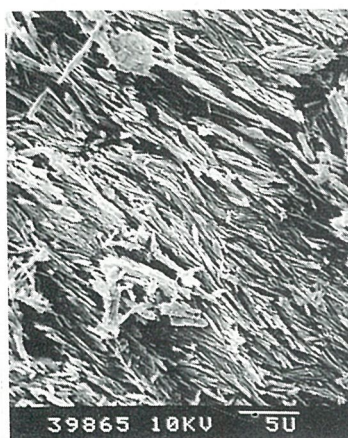
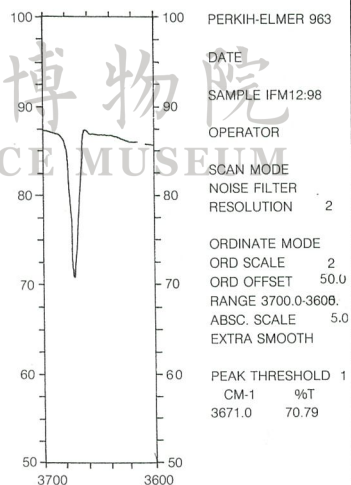


YFM 12 : 98 琮王
透閃石軟玉
 $\text{Fe}/(\text{Fe}+\text{Mg}) \text{ p.f.u.\%} = 1.83$



PERKIN-ELMER 983	PEAK THRESHOLD 1 %T
CM-1	%T
DATE	3671.0 78.16
SAMPLE IFM12-98	3401.0 85.00
OPERATOR	2340.0 92.36
SCAN MODE	2318.0 90.13
NOISE FILTER	1104.0 17.67
PESOLUTION	1067.0 18.36
ORDINATE MODE %T	1000.0 13.35
ORD SCALE	949.0 7.42
RANGE 4000.0 — 200.0	923.0 20.81
ABSC. SCALE	757.0 46.29
EXTRA SMOOTH	685.0 52.29
	645.0 76.43
	509.0 22.27
	459.0 8.81
	391.0 42.04
	359.0 43.90
	317.0 62.93
	301.0 68.10
	236.0 63.91

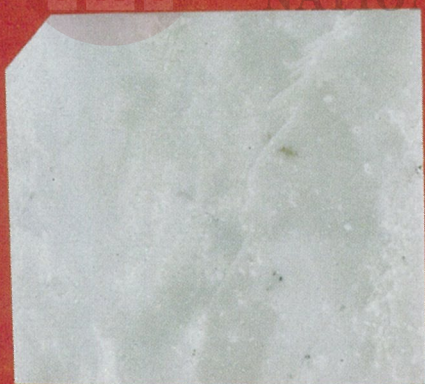
室溫紅外
吸收光譜



掃描電子顯微鏡



圖一



圖二

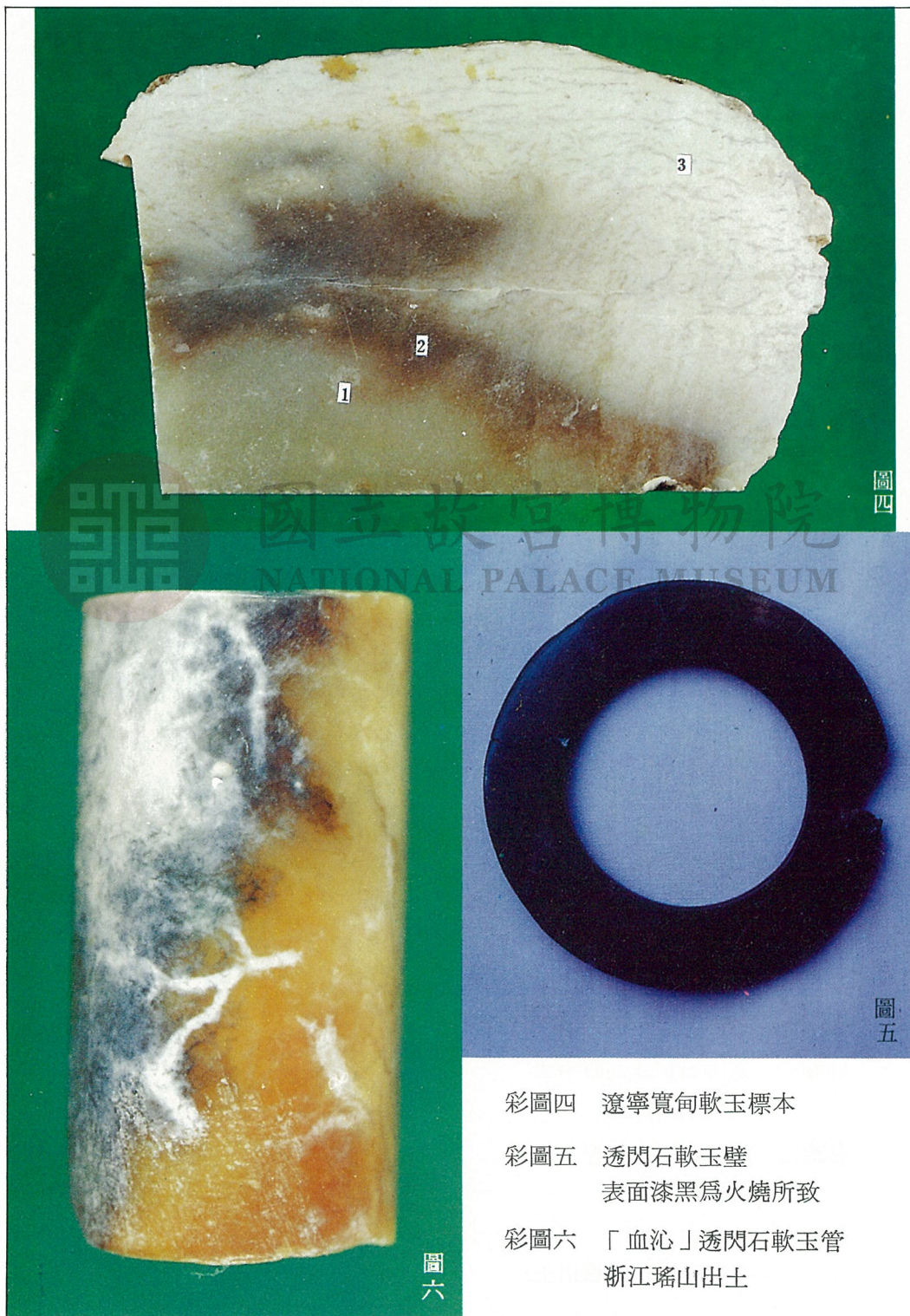


圖三

彩圖一 透閃石加葡萄石半玉
陝西禮西出土

彩圖二 透閃石殘刻花管
浙江瑤山出土

彩圖三 透閃石軟玉
江蘇溧陽小梅嶺出土



圖四

圖五

圖六

彩圖四 遼寧寬甸軟玉標本

彩圖五 透閃石軟玉璧
表面漆黑為火燒所致

彩圖六 「血沁」透閃石軟玉管
浙江瑤山出土