

行政院原子能委員會  
委託研究計畫研究報告

臺灣本土天然類比案例之探討與分析  
Exploratory and Analysis for Cases of the Domestic Natural Analog,  
Taiwan

計畫編號：1042001INER039

受委託機關（構）：財團法人成大研究發展基金會

計畫主持人：國立成功大學 地球科學系 吳銘志 教授

聯絡電話：(06) 275-7575 轉 65435

E-mail address：mcwu@mail.ncku.edu.tw

核研所聯絡人員：蔡翠玲

報告日期：104 年 11 月 30 日

## 目 錄

目 錄.....	1
圖目錄.....	2
表目錄.....	3
中文摘要.....	4
ABSTRACT.....	5
壹、計畫緣起與目的.....	7
一、計畫背景.....	7
二、計畫之重要性.....	8
三、國內外有關本計畫之執行情況.....	9
四、計畫目的.....	9
貳、研究方法與過程.....	11
一、蒐集與分析臺灣本土潛在放射性廢棄物處置場址的 地質環境之演育歷史資料.....	11
二、蒐集並分析國、內外與放射性廢棄物處置相關的 天然類比案例資料.....	14
三、分類與探討臺灣本土的環境天然類比案例.....	19
四、蒐集與建立相關出土文物、器具等材料成分與 風化程度分析.....	21
參、主要發現與結論.....	27
一、SEM/EDS 檢測結果.....	27
二、MICRO-CT 檢測結果.....	29
肆、參考文獻.....	33
附 錄.....	35

## 圖目錄

圖一、兩個建議候選場址的地理位置圖.....	12
圖二、南田村的地質狀況.....	14
圖三、台南新市道爺遺址與善化社內遺址的地理位置 .....	15
圖四、臺北大龍峒遺址的地理位置.....	17
圖五、台南新市區、南科園區與善化區地質圖（五萬分之一） ....	18
圖六、臺北大龍峒遺址的地質圖（五萬分之一） .....	18
圖七、臺灣鐵質文物研究的方向、研究者及所用的分析技術 .....	20
圖八、IA001 鐵器的 SEM 檢測結果.....	27
圖九、IA001 鐵器的 EDS 檢測結果.....	28
圖十、IA001 鐵器的 (a) 正面、(b) 反面及 (c) 鐵鏽碎屑.....	29
圖十一、IA001 鐵器掃描影像經 CTAn 影像軟體處理的結果 .....	30
圖十二、IA001 鐵器的原始樣貌與掃描後的影像.....	31
圖十三、鐵器表面不同位置的橫剖面圖.....	31
圖十四、IA001 鐵器橫切面掃描影像 .....	32

## 表目錄

表一、臺南地區地層岩性特徵表.....	17
表二、臺灣鐵器時代的代表文化.....	20
表三、臺灣鐵器/銅器研究文獻的資料彙整.....	22
表四、商借自樹谷文教基金會之金屬考古文物資料.....	23
表五、進行 SEM 與 EDS 實驗的古代金屬文物資料.....	24
表六、鐵器文物檢測技術的目的與原理.....	26
表七、不同遺址鐵質文物的元素成分表.....	28

## 中文摘要

本計畫工作旨在進行與臺灣本土相關之天然類比研究的文獻與分析技術資料的蒐集與解析。一共蒐集 11 篇臺灣本土對於金屬文物的研究，其中有關於銅器研究的有 4 篇，鐵器有 7 篇。主要都著重於考古文物的形態描述與功能推測，極少數利用 SEM/EDS、拉曼光譜和金相觀察等技術，進行樣品的表面觀察與組成元素分析。本計畫中的考古文物分別出自於約 1800 年前蔦松文化的道爺遺址、300 多年前荷據時期的社內遺址，以及 100 多年前日治時期的大龍峒遺址。其地質條件均屬於全新世的沖積層，主要由礫石、砂和黏土所組成。所有樣本經過 SEM/EDS 檢測後，確定全部均含有較高成份的鐵，應屬於鐵器。在檢測技術方面，除了 SEM/EDS 之外，本計畫首次利用 Micro-CT 技術進行樣品的斷層掃描與分析；冀期藉由樣品經 Micro-CT 掃描後的 X-ray 影像分析，推測樣品鐵器的鏽蝕程度，以及由影像的灰階程度分析其可能代表樣品材料的密度變化或孔隙分佈。經初步分析結果與推算，道爺遺址的鐵器樣品，其鏽蝕速率約為 1.0~1.6 mm/1800y。

## **ABSTRACT**

This study mainly attempts to collect and analyze the literatures in relating to the domestic natural analogue study of Taiwan; as well, to establish the information database for analytic techniques of relative studies.

A total of 11 articles for Taiwan-related studies regarding metal relics were collected; four of them are related to bronze and the rest seven are about iron. All those investigations were mainly focused on the morphological description and speculation about the functionality of the archaeological findings. Few of them were examined by using the techniques such as SEM/EDS, Raman spectrum, and metallographic observation to analyze the surface textures and the elemental components.

The archaeological relics for this study were discovered at the Dao-Ye site of relatively 1800 years old within Naio-Sung Culture period, at the Shenei site of 300 years old while during the Dutch Formosa period, and at the Da-Long-Don site of hundred years ago while during the Japanese colonial period. The regional geological conditions are all belong to Holocene alluvium, which were mostly composed of gravel, sand and clay. All samples have been studied and examined by SEM/EDS, and had been determined to contain high iron composition; as well, are ironware.

In terms of measuring technique, besides the SEM/EDS study, Micro-CT technology was the first time to be adopted to perform the tomographic scanning and analysis of the ironware. It was expect to study the degree of corrosion for the sample ironware by observing and analyzing the Micro-CT scanned X-ray images; as well, to

identify the possible representation of the gray scale for density variation or porosity distribution of the sampled material.

According to the preliminary study and extrapolation results, the corrosion rate of the studied ironware, found in Dao-Ye site, reaches 1.0~1.6 mm/1800y, approximately.

## 壹、計畫緣起與目的

天然類比的研究在放射性廢棄物的深地層處置場安全評估中，為一重要的驗證方法，可彌補實驗室試驗及現地試驗在時間與空間尺度上的不足，並提高深地層處置概念技術之安全評估的可信賴度。本研究參考國內過去的研究成果及目前國際間天然類比之研究發展現況，針對深地層處置場中之工程障蔽（engineering barrier）材料，進行其天然類比資訊之分析；分析工程障蔽元件中放射性廢棄物的儲存槽罐，於長時間尺度下其材料特性之演變，做為未來安全評估分析結果之佐證資訊，並提供為未來工程障蔽設計與安全評估之參考。

### 一、計畫背景

地質環境在核燃料循環的起始及終結過程中扮演著雙重的角色。從鈾礦的探勘與開採開始，歷經提煉、濃縮、壓製、裝配及電廠發電的過程，以至於放射性廢棄物的最終處置等；由天然礦石經人工開採、提煉成為礦物原料，變成核電廠反應爐燃料，成為具放射性之能源事業廢棄物；其歷程自始至終乃屬地質環境歷史循環的一部分。

地球約有 50 億年歷史，堅硬的地殼、海洋、陸地和大氣層都是歷經長時間，慢慢演化而成。以 10 萬年之深層地質處置方式，可確保放射性廢棄物在衰變至環境背景值前，能與人類生物圈完全阻絕；此乃為目前國際間所公認，安全處置放射性廢棄物最適當可行的方法之一。

放射性廢棄物的安全最終處置工作現階段所面臨之困難，主要乃來自於非技術性層面的因素。因此，除了持續進行對臺



灣本土環境地質的調查等各項研究工作外，包括：實驗室與現地數據之分析與驗證，若能加強或著重於臺灣本土天然類比案例之研究與探討，勢必能提高社會大眾對最終處置工作安全性的信任與信心。

## 二、計畫之重要性

國際間天然類比的研究在放射性廢棄物之深地層處置場址安全評估中，為一重要的驗證方法；其可彌補實驗室試驗及現地試驗在時間與空間尺度上的不足，並提高放射性廢棄物的深地層處置技術評估之可信賴度。爰此，本計畫主要乃在蒐集臺灣本土相關天然類比之調查研究成果，同時綜整分析國際間之相關研究成果報告，分析以考古學為標的之科技方法理論，各種非破壞性或破壞性的檢測技術，針對出土古器具之風化、腐蝕機制（相當於地質營力的化學風化作用，chemical weathering），進行形態、組織、結構，以及風化產物之成分與組成元素等分析方法理論與檢測鑑識技術的彙整剖析。同時並探討文物在地層埋藏過程中，環境的成岩作用對於古文物器具會造成那些影響，建立我國內古蹟文物之風化繁衍的天然類比資料庫。因此，本計畫之研究工作乃將針對臺灣目前考古遺址中所發現的銅器或鐵器古物，嘗試建立一套適用於本土環境之天然類比檢測技術，並針對銅器或鐵器、古生物化石進行組成成分與風化程度的分析。由於每一件古物或古生物化石都具有其獨特性與唯一性；所以，非破壞性的檢測技術將會是本計畫發展檢測技術的重要考量。

### 三、國內外有關本計畫之執行情況

國內目前尚未有關於本土性天然類比的研究成果資料。因此，冀期藉由本研究計畫之進行，建立臺灣本土天然類比研究的資料庫，並針對臺灣特有的地質環境條件，進行更進一步的解析。

目前在其他國家地區，已有相關天然類比之研究成果可做為參考，例如：中國湖南省馬王堆三號墓出土的棺木保存的狀態，陝西地區出土的秦代兵馬俑的青銅劍，雖已歷經 2200 年的時間，仍然保存原樣，依舊刀鋒銳利。其他相關研究尚有芬蘭的 POSIVA，以及瑞典的 SKB 等。相關核種在地質環境中的繁衍過程與演化機制之相關研究則有：非洲加彭共和國的 Oklo 鈾礦、加拿大 Cigar Lake 的鈾礦，以及日本 Tono 鈾礦所存在的環境地質條件研究。

地質條件與埋藏環境是科技考古學追溯古文物器具保存的天然類比元素，同時也將是放射性廢棄物地質處置的工程障蔽所考量的因子之一；因此，都將是研究天然類比的重要資料。

### 四、計畫目的

本計畫旨在針對目前臺灣本土潛在放射性廢棄物處置場址之地質歷史演育調查成果，以及相關古蹟文物埋藏環境地質和其受風化、腐蝕等繁衍歷程的研究成果，進行相關天然類比研究文獻與分析技術資料之蒐集與解析。同時，並將蒐集國外相關天然類比的研究資料，進行地質環境條件與古文物器具保存狀態，兩者之間的因果利弊關係。嘗試剖析一套適用於本土出土古器物之檢測技術，以及其於類比放射性廢棄物的儲存槽

罐，在自然環境條件下，或於類同地質環境條件中之質變機制與演育歷程。

## 貳、研究方法與過程

所謂「天然類比 (natural analogue)」係指藉觀察和利用經過長期演育的天然情境，以比擬及評估人為系統長期演變的可能結果；係於自然界裡一些歷時長久的事件中，找尋與核廢料深層地質處置類似的現象或作用，並藉由對此自然事件的研究分析，揭露大尺度及長時間的自然實驗結果，加強民眾對「深層地質處置」概念的信心，並提供間接或直接的佐證，來驗證深層地質處置概念的可行性與長期安全性。

除了材料特性外，環境條件乃是決定放射性廢棄物深層地質處置安全性評估之一重要因子。爰此，本計畫乃針對目前臺灣本土地質歷史演化調查成果與考古文物演化（腐蝕/化學風化）研究成果，以臺灣歷史博物館、菜寮化石館、左鎮化石館、臺灣各地遺址園區，以及各學術研究單位的研究成果為主，進行天然類比研究文獻與分析技術資料的蒐集及解析，其研究方法內容簡述如後：

### 一、蒐集與分析臺灣本土潛在放射性廢棄物處置場址的地質環境之演育歷史資料，包括：成岩環境及其演化歷程。

首先針對經濟部在中華民國 100 年公告「低放射性廢棄物最終處置設施建議候選場址遴選報告」以「金門縣烏坵鄉小坵嶼」和「台東縣達仁鄉南田村」兩處，為建議候選場址。為此，針對這兩地的地質環境條件進行簡單的彙整與說明。

#### (一) 金門縣烏坵鄉小坵嶼

金門縣烏坵鄉位於臺灣本島西側，距離新竹市約 81 海哩

處，四面環海，戶政登錄居住人數約 38 人。烏坵鄉原隸屬於福建省莆田縣，自 1954 年起改由金門縣代管，總面積為 1.2 平方公里，由大坵與小坵兩座島嶼所組成。氣候上屬於亞熱帶海洋性氣候，全年降雨量主要分佈於在 4~9 月間，年平均雨量約 1000 公釐。其中，小坵嶼乃是目前的建議遴選場址之一（圖一）。

1. **地形概況**：小坵嶼面積 42 公頃，地形較為平緩，最高點海拔 48 公尺。
2. **地質條件**：小坵嶼岩石主要為由花岡岩所組成，結晶顆粒大，新鮮面呈灰色，沒有受到變質作用。形成時間推測在 70 萬年前的燕山構造運動晚期。岩體完整，岩體中有黑斑岩脈、白砂岩脈和灰色變質岩脈分佈，但並不密集。岩體間的裂隙少，風化作用僅達表面下 20~30 公分處。



圖一、兩個建議候選場址的地理位置圖

## (二) 台東縣達仁鄉南田村

達仁鄉位於臺灣本島東南側，是台東縣最南端的行政區。本地處於中央山脈南段，大武山南麓；全鄉地形 90% 以上為丘陵山坡地，內有大武溪、安朔溪、楓港溪和塔瓦溪等溪流過，全鄉面積 30644 公頃。鄉內的南田村三面深居內陸，唯東臨太平洋，為全鄉唯一靠海而居的村落。南田村北隔安朔溪與安朔村毗鄰，僅向東接近海口處部份與大武鄉的南興村相鄰，其西面為森永村，向南及向西南越過太山、牡丹溪山之分水嶺，則進入屏東縣牡丹鄉境內，與旭海村相鄰。達仁鄉內居民以排灣族原住民為主，產業以農業、漁業為主。氣候屬於熱帶季風氣候，全年降雨量主要分佈於 5~10 月間；根據中央氣象局壽卡站的資料，區內年平均雨量可達 3276 公釐。達仁鄉之南田村乃為目前建議的放射性廢棄物之地質處置場的遴選場址之二（圖一），南田村也為世界唯一南田石的產地。

1. 地形概況：達仁鄉南田村的地形，主要為低矮丘陵，內有楓港溪和塔瓦溪及其支流流經，海拔高度介於 50~200 公尺之間。地勢西高東低，以西南側牡丹溪山 410 公尺為最高點。
2. 地質條件：依據中央地質調查所五萬分之一地質圖之大武圖幅（82 年，1993），此地區出露的岩層屬於潮州層，岩性主要由厚塊硬頁岩或板岩所組成，僅有少數變質砂岩夾雜其中（圖二）。硬頁岩主要是深灰色粉砂質泥岩經輕微變質作用而來，其岩體內夾有薄紋狀細粒砂岩，有劈

理面發育。岩體新鮮面呈灰黑色、緻密塊狀；風化後受鐵鏽染成灰褐色，常伴有洋蔥狀剝離構造。而板岩帶的泥質物具有較高可塑性，所以經過地殼變動後多形成剪力褶皺，再破裂成一複雜的斷塊系統。另外，場址內的現代沖積層分佈在溪流河床地區，以不整合的方式覆蓋於潮州層上，其沈積物主要由未膠結的礫石、砂、粉砂和黏土組成。



圖二、南田村的地質狀況

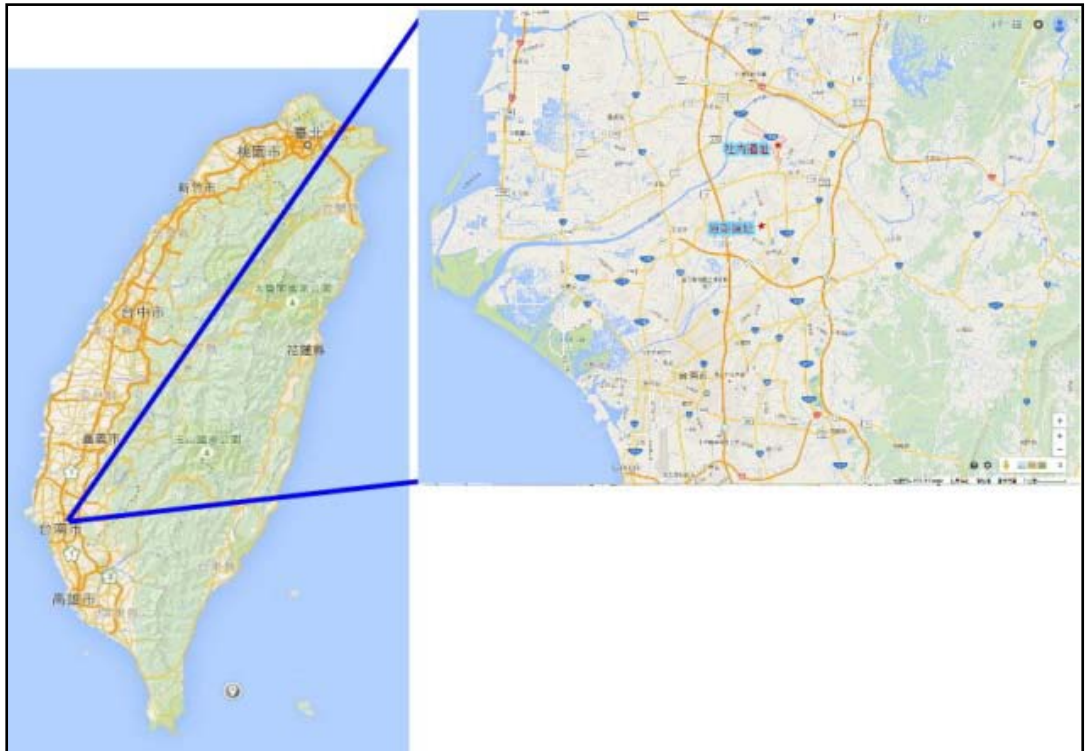
## 二、蒐集並分析國、內外與放射性廢棄物處置相關的天然類比案例資料，包括：古蹟文物埋藏環境地質與風化泛演歷程。

本計畫研究所用的樣品材料，主要乃商借自樹谷文教基金會，計 15 件金屬考古文物。根據考古文物的出土地點，進行埋藏環境的地理位置和其相關地質資料之收集。

### (一) 考古遺址的地理位置

依據考古文物的分佈時間，一共可分為三個時期：1800年前蔦松文化的道爺遺址、300 多年前荷據時期的社內遺址，以及 100 多年前日治時期的大龍峒遺址。以下就三個考古遺址的地理位置描述。

1. **道爺遺址**：道爺遺址位於臺灣西南部的台南市新市區豐華里(圖三)，西鄰柑港、南接堤塘港、北端靠近西拉雅大道及其向西之延伸線，東端則到達石頭埔，即今新市區第十公墓。目前在於南科三路與環西路一段交叉口附近，已發現兩處遺址，分別為道爺古墓與道爺南糖廓遺址。



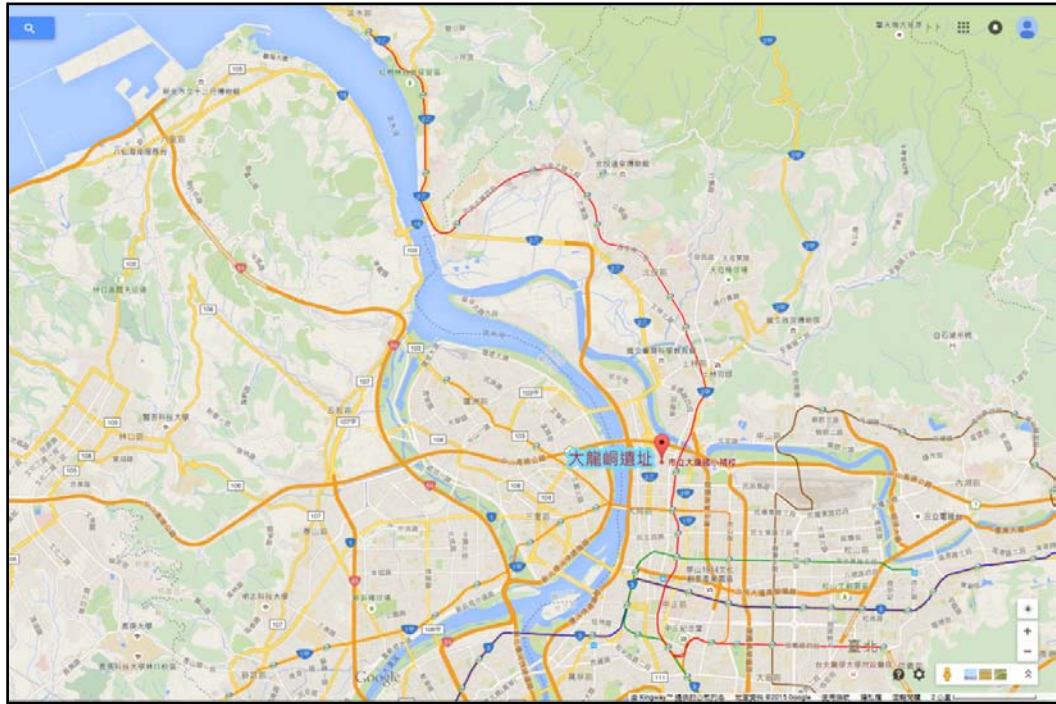
圖三、台南新市道爺遺址與善化社內遺址的地理位置



2. **社內遺址**：社內遺址主要位於臺南市善化區溪華里（圖三），範圍可以從光文橋至善化糖廠一帶。由出土的文物中發現，當地雖是屬於西拉雅族部落，但是卻發現大量漢人社會常見的生活器物，例如：安平壺、青花瓷碎片等；象徵漢人的強勢文化在當時已經入侵西拉雅族群的生活當中。
3. **大龍峒遺址**：大龍峒遺址，源自於台北市更新處進行大龍峒文化園區六藝廣場工程施工時，地方文史工作者發現疑似清代「輦輪堡」遺跡，因而委託考古專家劉益昌博士進行考古探坑試掘計畫。此次於臺北市大同區大龍國小操場與校內周圍挖掘的探坑（圖四），初期發現日治時期的木屐、膠鞋、生活用品、明治時期錢幣，再往下挖掘可見清代道光年間錢幣、乾隆間錢幣，再往下挖掘 1.5 公尺後，則發現史前人類遺留的痕跡，探坑中明顯見到單一文化層堆積情形，可確認為 4500 年前的訊塘埔文化。而此次所商借的鐵器文物，主要是日治時期所掩埋的，距今約 100 年以上。

## （二）考古遺址的地質條件

根據中央地質調查所的「地質資料整合查詢」系統顯示，台南市新市區、南部科學園區、善化區域都是屬於全新世的沖積層，主要是由礫石、砂泥及黏土所組成（表一）。按中央地質調查所五萬分之一臺灣地質圖說明書「朴子、佳里、台南」（2005）所提，此沖積層為未固結的河流相沉積物，除沿



圖四、臺北大龍峒遺址的地理位置

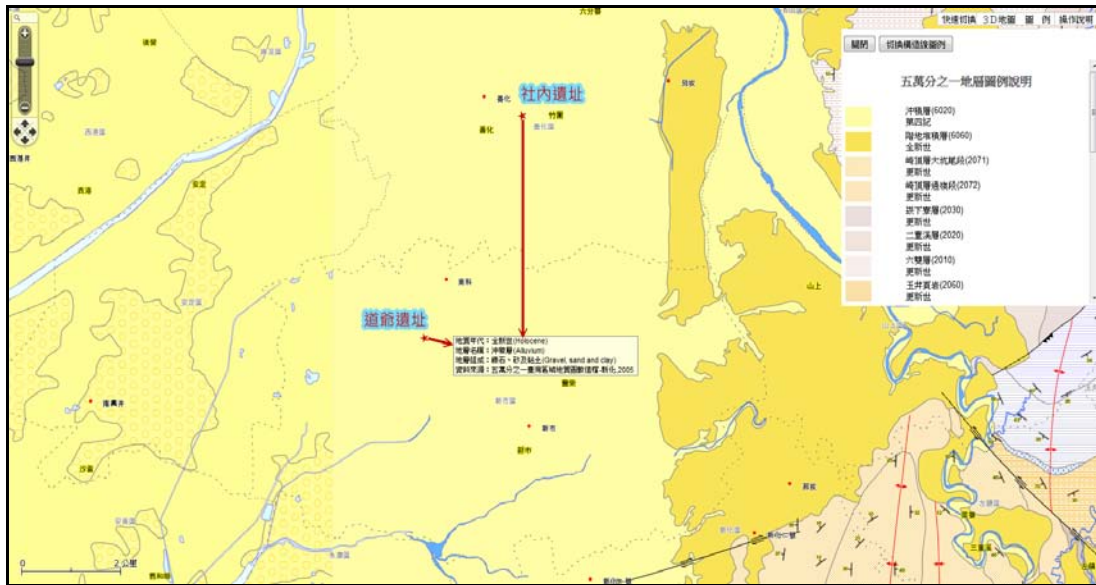
表一、臺南地區地層岩性特徵表

地層		岩性特徵	時代	
地表沉積物	沖積層	主要由細砂、粉砂及泥所組成。在古砂丘、古河口及古河道的沉積物以砂為主，在氾濫平原的沉積物則以泥為主，含少量的砂。	全新世晚期	
	臺南層	砂嘴及沙灘沉積物		中至細砂
		潟湖沉積物		厚層粉砂、泥及少至多量的有機質。部分沉積物中含少至多量的貝殼碎屑、草根或是有明顯土壤化的現象。
		三角洲沉積物		中至細砂間夾部分砂泥互層，部分砂中含薄層泥、泥塊獲生物碎屑，砂中常有明顯的平行紋理，低角度或高角度交錯層。

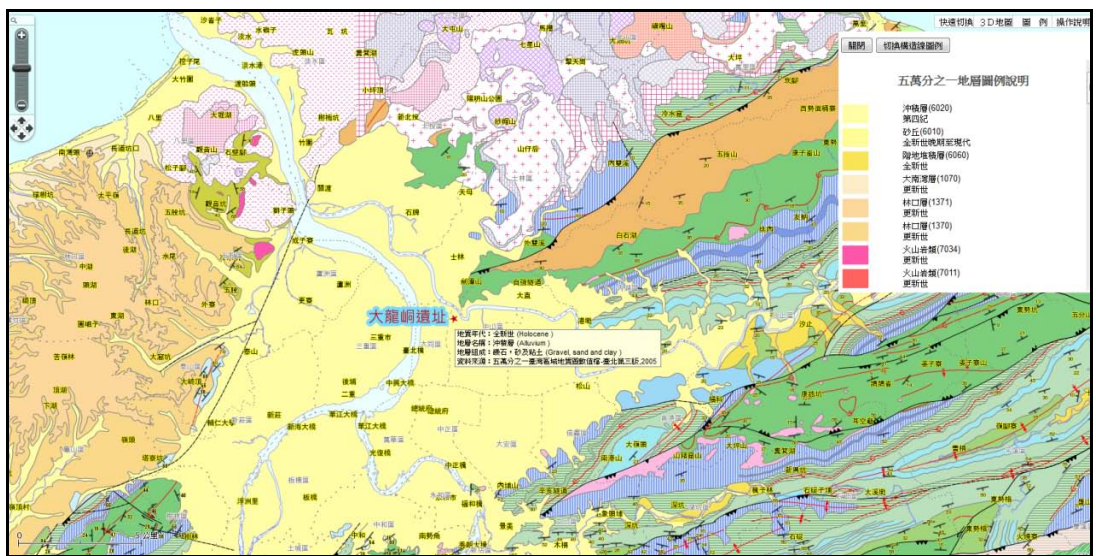
海附近外，遍佈於全區。岩性主要由細砂、粉砂及泥所組成（圖五）。分佈於古砂丘、古河口及古河道的沉積物以砂為主，而分佈在氾濫平原的沉積物則以泥為主，含少量的砂；

推估厚度應不超過 20 公尺，年代屬於全新世晚期。而分佈於地表和砂嘴、砂灘沉積物、瀉湖沉積物，以及三角洲沉積物則屬於同時異相沉積。

而大龍峒遺址位於臺北盆地內沖積層，年代屬於第四紀全新世。其地層主要由礫石、砂及黏土所組成，推測應為河流的沉積物（圖六）。



圖五、台南新市區、南科園區與善化區地質圖（五萬分之一）



圖六、台北大龍峒遺址的地質圖（五萬分之一）

綜整上述三個遺址的資料發現，遺址之位置主要都分佈於河道旁，受河流的沖積緣故，土層堆積特別快速、深厚，皆屬於全新世的沖積層；其沈積物主要由礫石、砂和黏土所組成。在道爺遺址的地層資料中提及，臺南平原因為受曾文溪經年沖積的緣故，土壤層堆積快速、深厚。對於考古遺址的保存來說，古代文化層深埋在地面下，受到人為開發擾亂的機率比較低，所存在的情況良好。而且這些文化層大部分都位在地下水位面之上，土壤中富含木炭，這些自然環境條件，都有利於古文物的保存。

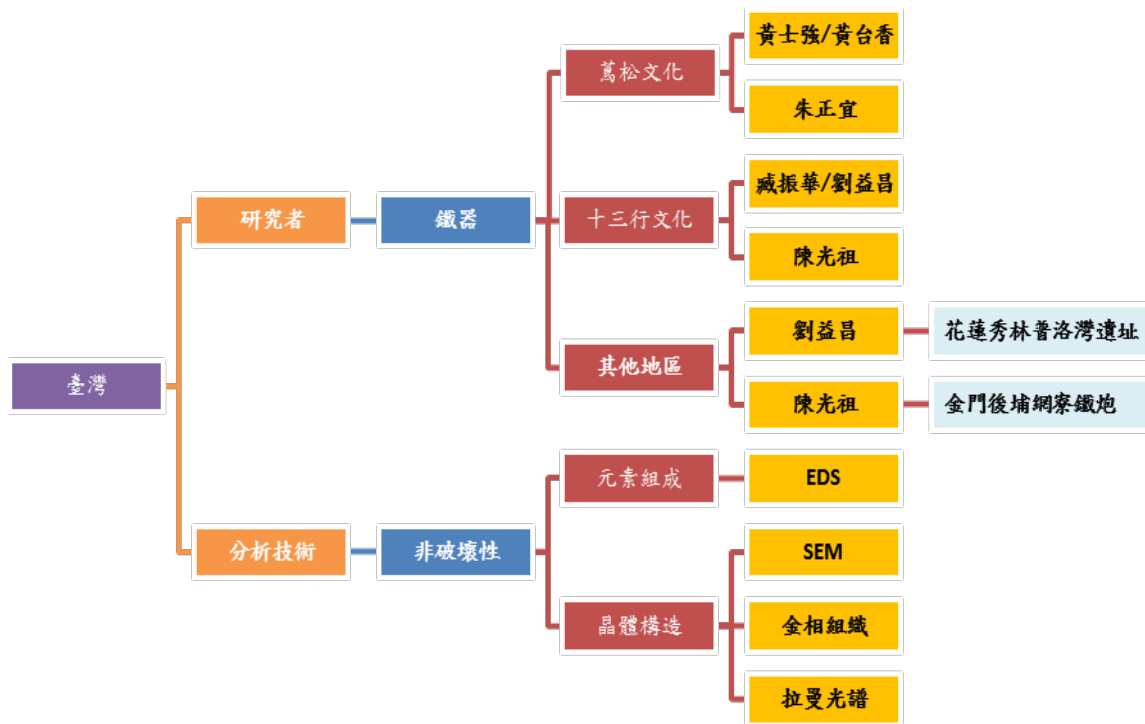
### 三、分類與探討臺灣本土的環境天然類比案例，包括：古生物化石、銅或鐵出土古物器材等。

臺灣的鐵器時代，主要從 2000 年前至 400 年前，屬於臺灣史前時代的最後一個時期。相對於中國歷史，約是在西漢末年至明朝末年之間。在這個時期，中國已經開始普遍使用鐵器。而臺灣的考古遺址中，也有發現少數的鐵器文物、煉鐵的鐵渣，以及疑似煉鐵用的煉鐵爐等。

在臺灣的鐵器時代中，有六個比較重要的代表文化，分別為北部地區的十三行文化，中部地區的番仔園文化和大邱園文化，南部地區的蔦松文化和龜山文化，以及東部地區的靜浦文化。本計畫研究的樣本題材，主要屬於南部的蔦松文化，距今年代約 2000~500 年間（表二）。綜整臺灣相關之金屬考古文物的研究成果文獻，一共找到 11 篇資料，計有 4 篇為銅器研究及 7 篇鐵器的研究。在鐵器研究中，主要都是針對考古遺址的金屬文物，進行其外觀形態的描述與構造功能的推測（圖七）。於其

表二、臺灣鐵器時代的代表文化

年代	文化	距今年代 (B.P.)	分佈位置
臺灣的鐵器時代	蔦松文化	2000~500	
	十三行文化	1800~500	
	番仔園文化	2000~400	
	大邱園文化	2000~500	
	龜山文化	2000~500	
	靜浦文化	2000~500	



圖七、臺灣鐵質文物研究的方向、研究者及所用的分析技術

中有 4 篇為針對鐵質文物進行科技檢測，主要係利用 SEM/EDS 和金相組織觀察，進行鐵質文物的表面構造、鐵鏽的礦物組成和元素比例及鐵鏽的除鏽與脫氯方式等資料（表三）。另外針對銅質文物，主要使用 XRF 和顯微拉曼光譜技術，進行器物的組成元素分析。截至目前，尚未發現有相關文獻針對鐵器文物的鏽蝕速率進行討論，推測其原因可能與鐵質文物的腐蝕狀況嚴重，較難辨認其構造與功能，並且深怕在搬運的過程中，鐵質文物因而解體。

#### 四、蒐集與建立相關出土文物、器具等材料成分與風化程度分析技術、古生物化石成岩作用分析技術，以及解析其類比天然核種於類同地質環境條件下之潛在演育歷程。

本計畫工作計向樹谷文化基金會商借 15 件於考古遺址所發掘出的鐵器文物，將這 15 件鐵器文物的所屬年代、樣品登錄號、出土層位標號與內容物整理成表（表四）。其出土時的地層環境，係位於台南台地下緣的平緩平台，土壤屬於黃褐色砂頁岩的沖積土，對應台南新市區與南科園區等地之區域地質圖，其為屬於全新世晚期的沖積層，與所描述的細砂、粉砂及泥所組成的岩性特徵相極為似。

表三、臺灣鐵器/銅器研究文獻的資料彙整

地點	研究焦點	類比項目	年代(年前)	研究目的	檢測技術	主要成果	研究者
花蓮縣 秀林鄉 普洛灣遺址	鐵器	鐵的鑄 造狀況	十三行文化晚期 普洛灣類型 1000~300	描述所發現的 鐵製工具	- 微金相	- 少量鐵器，包括鐵錘、鐵刀等工具	劉益昌 (1995)
新北市 八里區 十三行遺址	鐵渣	鐵的鑄 造狀況	十三行文化 1800~500	討論台灣鐵器 與製鐵技術	- XRD - 微探針分析鐵器 金相學組織分析	- 鐵渣可以組成成分分為兩類：一類為以方鐵礦和磁鐵礦為主，化學成分上含鈦量高，含錳量低，此類屬於十三行文化；另一類為含高比例的鐵橄欖石，磁鐵礦少，含鈦量低。 - 大部分器物由塊煉鐵製成，鍛造成形。銅形器以鑄鐵製成。	陳光祖 (2000)
南部 河川	鐵古砲	鐵的鑄 造狀況	未說明	- 研發出水搬質 文物有效之保 存維護方法。	- SEM/EDS	- 除鏽效率最佳的除鏽液配方—鹽酸除鏽液 - 脫銹效率最佳的藥劑為氫氧化鈉溶液， - 抑制鐵腐蝕機劑之藥劑為磷酸鈉及矽酸鈉。	謝智華(2006)。 連萬福、謝智華 (2008)
金門縣 後浦網寮	鐵砲碎片	鐵的鑄 造狀況	清代	- 對鐵屑進行 顯微組織觀察 與半定量 分析	- SEM+EDS - 用 Leica 顯微鏡 DM2500P 觀察金相組織	- 鐵砲組織為玫瑰狀石墨的灰口鑄鐵 - 鐵鑄產物有兩種氧化鐵相	陳光祖、鄭珩甫 (2010)
台南市 道爺遺址	鐵製工具 矛 鏃	鐵的鑄 造狀況	萬松文化-蔴子期 1800~1400	- 描述所發現 的鐵製工具	- 無	- 台灣西南部開始出現鐵製器物 - 發現鐵製工具、矛、鏃 - 鐵質飾品在墓葬內	朱正宜 (2012)
新北市 八里區 十三行遺址	鐵渣 (1965) 鐵刀 鐵錘 鐵斧 鐵製槍頭 鐵器裝飾	鐵的鑄 造狀況	十三行文化 1800~500	- 瞭解十三行 鐵器的來源。	- 無	- 煉鐵方式：塊煉法 - 礦砂來源：磁鐵礦 - 有鐵渣，疑似塊煉鐵渣 - 鐵器原料來源分析：只有部分使用到當地煉製的鐵金屬，其餘可能是交換鐵器或鐵塊。 - 發現：鐵刀（割取農作）、鐵錘、鐵斧（耕種伐木）、鐵製槍頭（漁獵）、鐵器裝飾（美化陶甕裝飾）	十三行博物館 (2012)
台南市 善化區 社內遺址	出土鐵器 種類及功 能	鐵的鑄 造狀況	荷據時期 300	- 臺灣歷史時期 初期，原住民 西拉雅族使用 鐵質器具的狀 況	- 無	- 社內遺址出土鐵器的造形特徵，可區分為刀、矛頭或箭鏃、鏃或釘、鏃與錘、鐵錘、鐵鎚、鐵環、鐵鈎、管狀器、不明鐵器，共十類。 - 至於在功能屬性上，能夠明確辨識與討論者，包括了「武器」、「生產工具」、「炊煮用具」、「鎖具」共四種。	盧泰康、李匡傑、王竹平 (2012)
新北市 八里區 十三行遺址	銅器的 形式與 來源	銅的鑄 造狀況	十三行文化 1800~500	描述所發現的 銅製器物	- 無	- 飾品上有青銅鈴，青銅刀柄（刀面鑄蝕嚴重，只剩刀柄）、銅幣、類似唐代風格的鍍金銅碗，碗底有唐朝風格的花草紋飾。 - 台灣無製銅技術，青銅器主要是靠與中國的貿易而來。	陳光祖 (2010)
新北市 八里區 十三行遺址	臺灣地區 出土銅器	銅的鑄 造狀況	十三行文化 1800~500	描述所發現的 銅製器物	- 無	- 台灣在新石器晚期，北部、西南部和東南部沿海有少量銅器 - 金屬時代早期，有部分銅器部分因為貿易交換，來自於中國大陸。 - 東南沿海有鑄銅作坊，此鑄銅技術屬於石範鑄造，其工藝類型接近大陸東南亞的鑄銅傳統。 - 鑄銅所需的材料，來自島外，應為國際貿易流通的金屬錠。	陳光祖 (2011)
國立歷史博 物館	收藏臺灣 出土銅質 遺物的觀 察與分析	銅的鑄 造狀況	十三行文化 1800~500	描述所發現的 銅製器物	- XRF 半定量元素成份 分析	- 分析所收藏的銅質器物主要以青銅為主，元素主要有銅、錫、鉛。	陳光祖 (2013)
台灣歷史博 物館	青銅牛的 成份	銅的鑄 造狀況	日據時期台北 社之遺物	對器前青銅牛 進行組織分析	- 顯微拉曼光譜	- 東側銅牛（1935年），材質為紅銅，即純銅鑄造。 - 西側銅牛（1937年），材質為青銅，屬於純銅加入錫或鉛的合金，所以含有錫的成份。	方建能、李永裕、黃慶祥 (2014)

表四、商借自樹谷文教基金會之金屬考古文物資料

編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物
1	道爺遺址	215 (距今 1800 年前)	IA-001	U20-TY3 DO-B2	鐵器
2			IY-001	TY3	鐵箭頭
3	善化社內 遺址	荷據時期 1624-1662	IA-003	SH.SN P3L4F1	鐵刀殘片
4			IA-004	SH.SN P3L4F1	鐵刀殘片
5			IA-008	SH.SN P3L7F1	鐵刀?
6			IA-011	SH.SN P3L5F1	鐵刀殘片
7			IA-012	SH.SN P3L3F1	鐵矛頭
8			IA-013	SH.SN P3L6F1	帶把環之尖器
9			IA-014	SH.SN P3L3d	鐵尖器
10			IA-017	SH.SN P3L2b	尖器
11			IA-018	SH.SN P3L4F1	帶倒鈎的矛頭
12	TLT 大龍峒遺址	日據時期 1895-1945	IY-014	TLT-F6 T3P4L34-35	金屬殘片
13			IY-034	TLT-B6 T5P7L32b	金屬殘片
14			IY-050	TLT S.C	金屬殘片
15			IP-051	TLT-E 區 S.C	金屬殘片

針對考古文物之分析研究過程，首先將上述 15 件金屬考古文物進行基本資料建檔與外表形態的拍攝工作；其次，將金屬考古文物保存袋內所遺留的鐵鏽予以收集，並進行 SEM 與 EDS 的檢測實驗，藉以了解金屬考古文物的組成元素與其表面的組織結構。這 15 個樣本共可分為三個時期，分別為 1800 年前臺灣鐵器時代蔦松文化的道爺遺址，350 年前荷據時期西拉雅文化的善化社內遺址，以及約 100 年前日據時期的台北大龍峒遺址。其中 IA-003、IA-004、IA-014、IY-014 與 IA-034 等五個樣本(表四)，



因所能取得的鐵鏽樣本數量太少，不足以進行 EDS 分析實驗，所以僅得分析其餘 10 個樣本（表五）。

道爺遺址中的樣本 IA-001 與 IY-001 是屬於 1800-1400 年前的蔦松文化鞍子期；蔦松文化是臺灣南部史前文化的最後一個時期，當時已經開始進入鐵器時代。從文物出土的狀況發現，於此時期石器幾乎不見，而開始出現鐵製工具。而荷據時期的社內遺址，其出土的金屬器種類繁多，有鐵器、鐵鎖、鐵鉤、鐵環、鐵柄、銅環、銅錢、鋤頭等；也因為長時期埋藏於土壤中，所以表面生成鏽化物，與土壤結合形成具有硬度的結塊。日據時期的樣本，外型保存較佳，其鏽蝕狀況尚未腐蝕整個樣品，所以大致可以辨認其用途功能。

表五、進行 SEM 與 EDS 實驗的古代金屬文物資料

採樣編號	樣品採集區	年代（西元）	樣品登錄號	層位標號	內容物
1	道爺遺址	215 （距今 1800 年前）	IA-001	U20-TY3 DO-B2	鐵器
2			IY-001	TY3	鐵箭頭
3	善化社內 遺址	荷據時期 1624-1662	IA-008	SH.SN P3L7F1	鐵刀？
4			IA-011	SH.SN P3L5F1	鐵刀殘片
5			IA-012	SH.SN P3L3F1	鐵矛頭
6			IA-013	SH.SN P3L6F1	帶把環之尖器
7			IA-017	SH.SN P3L2b	尖器
8			IA-018	SH.SN P3L4F1	帶倒鉤的矛頭
9	TLT 大龍峒 遺址	日據時期 1895-1945	IY-050	TLT S.C	金屬殘片 <sup>註</sup>
10			IP-051	TLT-E 區 S.C	金屬殘片 <sup>註</sup>

按所收集的參考文獻，歸納出目前臺灣科技考古的檢測技術種類，可明確地分為幾個方向：

- (一) 在文物的礦物成份分析方面，會利用肉眼觀察、岩相學分析、X 光繞射分析(XRD)、紅外線吸收光譜分析(IR)、X 拉曼光譜分析(RS)及熱差分析(DTA)等方式。
- (二) 在文物的元素化學成份分析方面，則利用 X 射線螢光分析(XRF)、原子吸收光譜分析(AA)、中子活化分析(INAA)、粒子誘發 X 射線輻射分析(PIXE)、感應耦合電漿原子發射光譜分析儀(ICP-AES)、電子微探儀(EPMA)及發射光譜(E. S.)等方式。

因為考古文物之獨特性與唯一性，所以檢測方法必須盡量避免破壞性的檢測方式，因此針對非破壞性的分析檢測技術之選擇，則有幾項要求；例如，敏感度要佳（才能對樣品進行有效鑑定），可為攜帶型設備（便於實地測量），對於偵測點面積與探測深度有好的解析力，及好的抵抗干擾能力。因此，建議的檢測技術有：Portable XRF（手持式 X 光螢光分析儀）、SEM-EDMX、PIXE 等方式。不過，非破壞性檢測技術，也有其技術的侷限性，例如：多為定量或半定量的分析，且通常僅能分析器物的表面成份，無法了解內層的組成。

本計畫工作中選擇利用行政院原子能委員會核能研究所化學組的 SEM/EDS 儀器設備，進行樣品的表面構造與元素組成比例的檢測工作，並且首次嘗試利用成功大學醫工所的 Micro-CT（Micro Computed Tomography，微型電腦斷層掃描儀；比利時 Skyscan-1076），進行鐵器文物的掃描。Micro-CT 常利用在生物

及醫學研究上，一般利用其錐形 X 線束 (Cone Beam)：可提高空間解析度、提高射線利用率，其掃描速度遠高於扇形束 CT，且其圖像解析度可達 1000 萬畫素。利用其所提供的幾何訊息和結構訊息，可以協助了解鐵器內部構造，觀察其鏽蝕的狀況，推測其鏽蝕的速率。以下為本計畫所採用的三種檢測技術及其目的與原理比較表 (表六)。

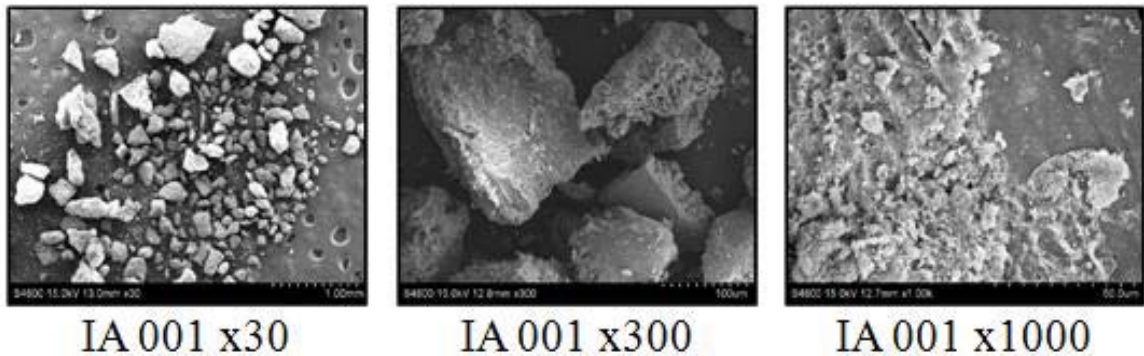
表六、鐵器文物檢測技術的目的與原理

檢測技術	目的	原理
<b>SEM</b>	樣品表面與剖面微結構	利用電子束掃描樣品表面，來獲得高解析度三維圖像。 解析度高，放大倍率可達數十萬倍以上，且景深大。
<b>EDS</b>	樣品的元素成分和比例	利用電子束所激發的特性 X 光，進行待測樣品的定性或半定量化學成份分析。
<b>Micro-CT</b>	非破壞性的 3D 成像技術。 觀察樣本的內部顯微構造	採用錐形 X 線束 (Cone Beam) 三維成像，解析度高 (微米)。提供幾何信息 (尺寸、體積、空間座標) 和結構信息 (樣品的衰減值、密度和多孔性)。

## 參、主要發現與結論

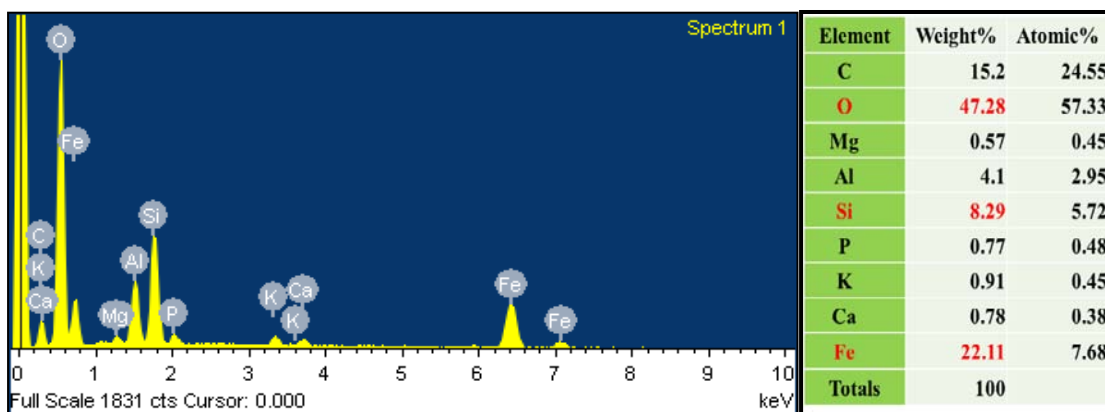
### 一、SEM/EDS 檢測結果

- (1) **SEM 成像分析**：將 10 件考古文物進行 SEM/EDS 檢測後，同時進行樣本的表層構造觀察，確認其組成的元素種類；完整資料如附錄所示。在 SEM 檢測方面，以編號 IA001 為例：IA001 的鐵鏽碎粒，於放大倍率 30 倍、300 倍及 1000 倍下所觀察到的構造（圖八），可以看到碎粒中呈現片狀、橫斷面看到孔隙較多。



圖八、IA001 鐵器的 SEM 檢測結果

- (2) **EDS 成分分析**：在 EDS 的實驗結果中，以編號 IA001 為例（圖九），可以發現元素最多為氧（O）、其次為矽（Si），再來是鐵（Fe）和碳（C）。將這 10 件考古金屬文物的結果彙整成表（表七），這 10 件金屬文物均含有鐵（Fe）的成分，其餘 Si、Al、Na、K 等元素均為土壤或礦物的成分。在荷據時期的樣品中，編號 3、4、6 之樣品含有鈉（Na）；編號 6 與 7 含有氯（Cl），此是否與文物埋藏當時的環境靠近海邊有關，或因海進的原因造成土壤受海水浸潤的結果，須得再進一步的探討。



圖九、IA001 鐵器的 EDS 檢測結果

表七、不同遺址鐵質文物的元素成分表

採樣編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	內容物	元素成份
1	台南新市道爺遺址	215 距今約 1800 年前	IA-001	鐵器	C, O, Mg, Al, Si, P, K, Ca, <b>Fe</b>
2			IY-001	鐵箭頭	C, O, Mg, Al, Si, P, Cl, K, <b>Fe</b>
3	台南善化社內遺址	荷據時期 1624-1662	IA-008	鐵刀	C, O, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, <b>Fe</b>
4			IA-011	鐵刀殘片	C, O, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, <b>Ti, Fe</b>
5			IA-012	鐵矛頭	C, O, Al, Si, S, K, Fe
6			IA-013	帶把環尖器	C, O, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, <b>Ca, Fe</b>
7			IA-017	尖器	C, O, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, <b>Fe</b>
8			IA-018	帶倒鈎矛頭	C, O, Al, Si, P, K, Ca, <b>Fe</b>
9	大龍峒遺址	日據時期 1895-1945	IY-050	金屬殘片	C, O, Al, Si, S, <b>Fe</b>
10			IP-051	金屬殘片	C, O, Al, Si, S, Ca, <b>Fe, Sn</b>

## 二、Micro-CT 檢測結果

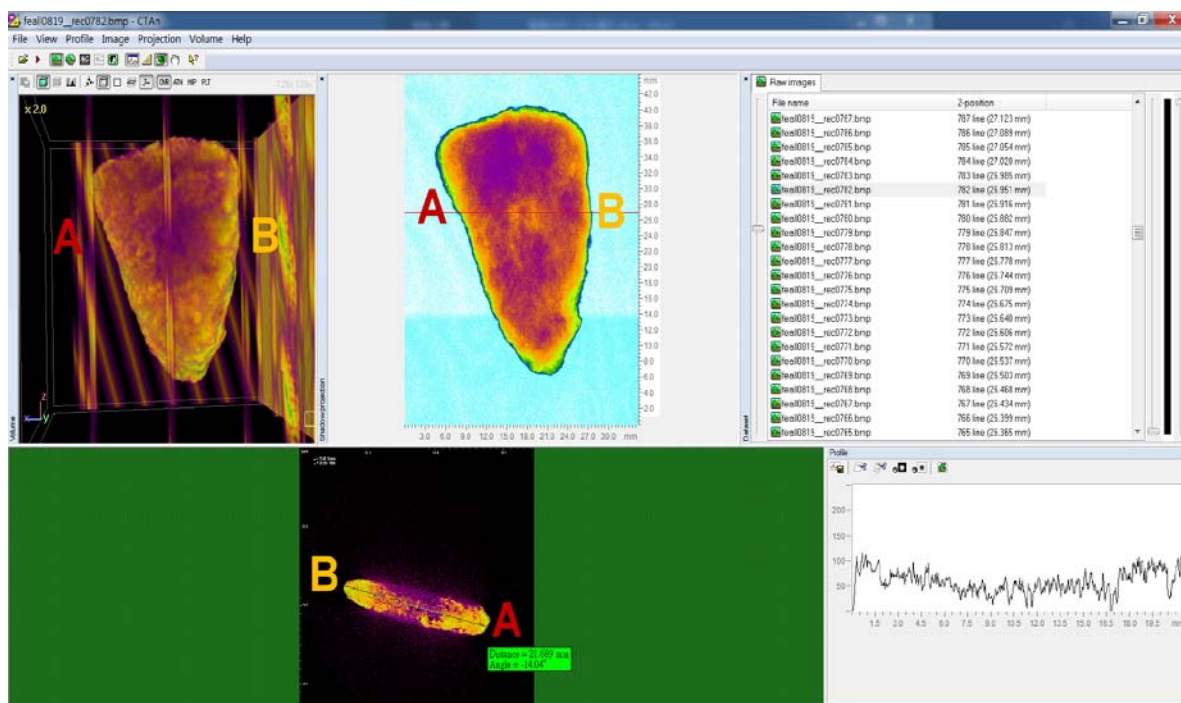
本計畫首次利用 Micro-CT (Micro-Computed Tomography, 微電腦斷層掃描; 型號: Skyscan-1076) 進行鐵質考古文物的掃描及進行該鐵器鏽蝕程度的評估檢測。本計畫目前僅對樣品 IA001 進行 Micro-CT 檢測 (圖十), 其原因有三:

- (1) 因為其年代屬於蔦松文化的早期, 距今年代最遠可達 1800 年前;
- (2) 因為該樣本雖然表面佈滿紅褐色的氧化鐵鐵鏽, 但是其本體組構仍較為堅硬完整, 可以輕易的移動到機器上進行掃描檢測工作;
- (3) 因為樣本長度、寬度與厚度尺寸約為 3.47 x 2.25 x 0.47 公分, 小於 Micro-CT 儀器之檢測樣品的長寬限制 (20 x 6 公分)。Micro-CT 掃描時自動將樣本分成三段區域進行掃描; 每一區域以 1 度作為掃描時的旋轉角度, 一共掃描 197 度後, 會得到一連串的掃描圖檔。



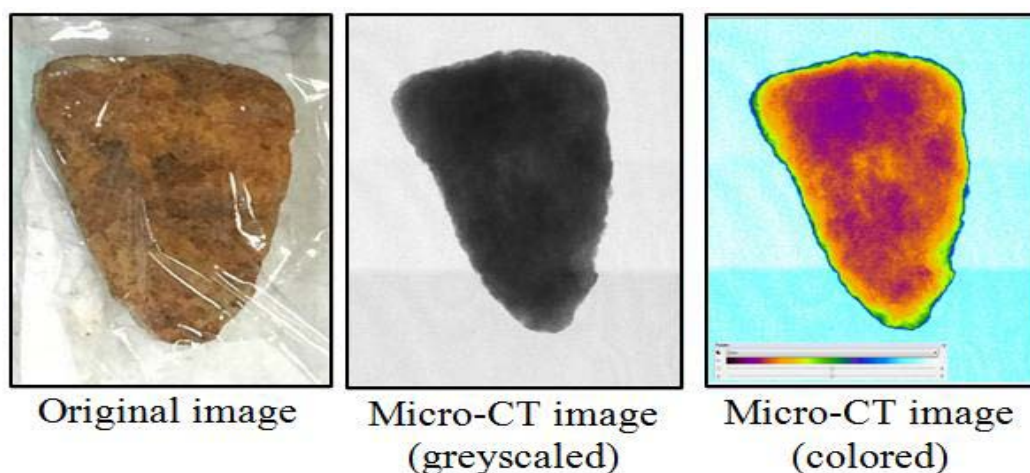
圖十、IA001 鐵器的 (a) 正面、(b) 反面及 (c) 鐵鏽碎屑

樣品經掃描後得 X-ray 影像，利用特定的影像軟體 CTAn 處理，可將個別的 2D 平面圖檔組圖後，得到一完整的 3D 立體影像（圖十一）。從圖中，可以看到樣本的 2D 平面圖及其選定區塊的剖面圖。並且可以透過 3D 成像功能，自由旋轉樣本各種角度，有利於觀察樣本的表層構造。因此從圖檔中，可以看到鐵器表面邊緣有多層次構造，可能與鐵鏽剝落有關。



圖十一、IA001 鐵器掃描影像經 CTAn 影像軟體處理的結果

再來，從 IA001 鐵器檢測結果發現：透過影像的灰階變化，可觀察到鐵質文物表層的凹凸起伏與內部的構造變化（如圖十二）。灰階與彩色影像的選擇，是取決於使用者想要觀察的便利性。



圖十二、IA001 鐵器的原始樣貌與掃描後的影像

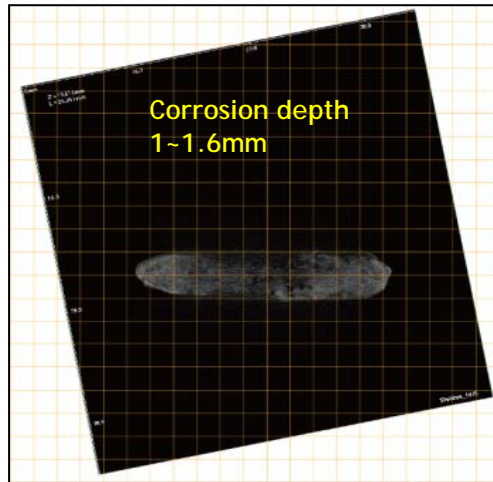
另外，挑選樣本中的凹洞部份（黃色圈部分），橫切凹洞的上方邊緣、中央橫切、下方邊緣的剖面圖，觀察黑白影像中灰階的變化。從影像的變化對比樣本的表面觀察，可以得到一個結論：樣本影像中顏色較暗（偏黑）的部份，可能代表該區域屬於低密度或是空洞的地方，可能代表該區域鏽蝕的狀況較為嚴重。

Image No. (Feall0819_rec....)	0944	0837	0782	0706
Position (μm)	32500	28750	26750	24250
Sample image				
Sample cross-section image				

圖十三、鐵器表面不同位置的橫剖面圖



最後，選擇凹洞中央的橫剖面圖，利用方格線計測其樣本影像中較暗的部份，推測其鏽蝕的深度介於 1.0~1.6mm (圖十四)。如果以鐵器的製造年代在 1800 年前，則推測此鐵器的鏽蝕速率為 1.0~1.6mm/1800y (等於 0.56~0.8mm/1000y)。



圖十四、IA001 鐵器橫切面掃描影像

在首次利用 Micro-CT 來進行鐵器文物的掃描，其成效比預期的結果佳。不過，後續影像軟體的處理方式還須再學習，讓鐵器文物能在非破壞的檢測方式下，得到更多的檢測資料，以建立臺灣本土鐵器鏽蝕速率的資料庫。

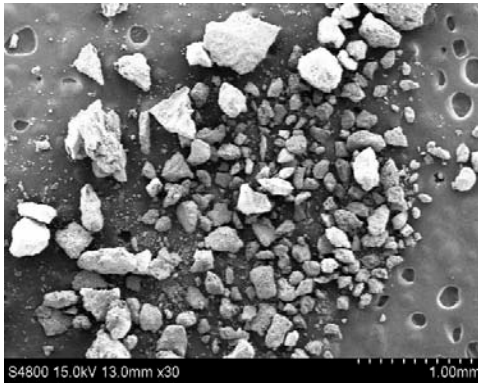



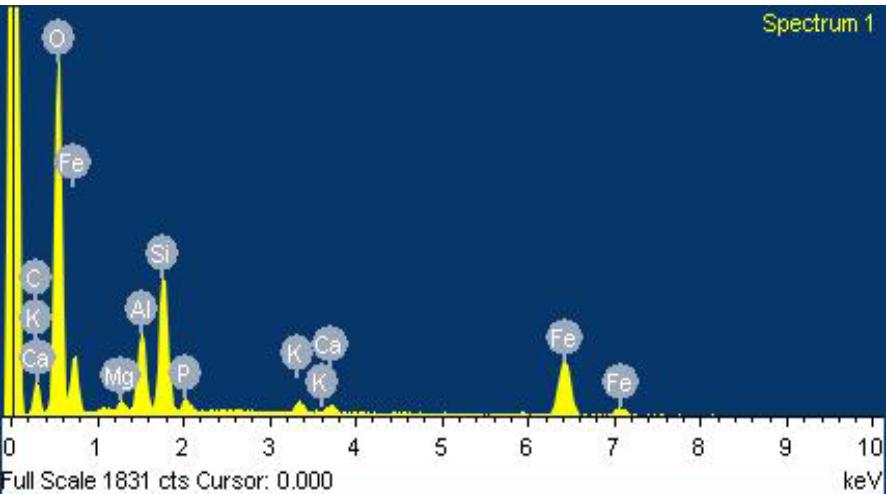
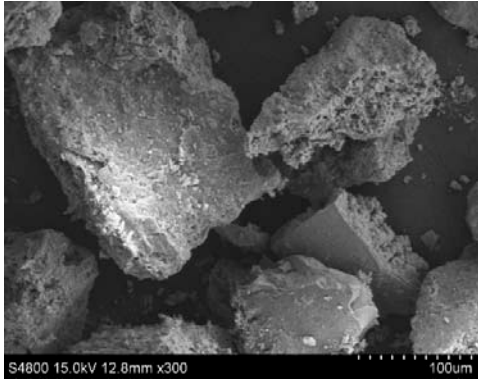
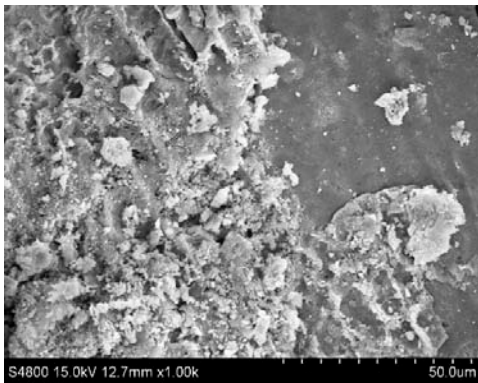
#### 肆、參考文獻

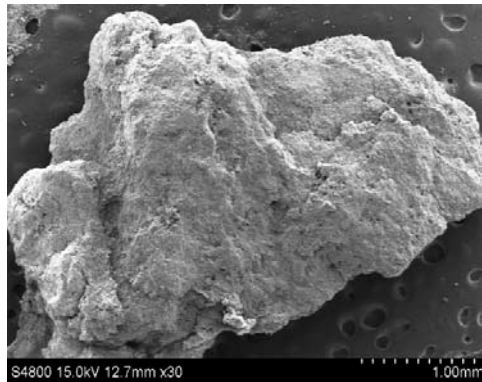



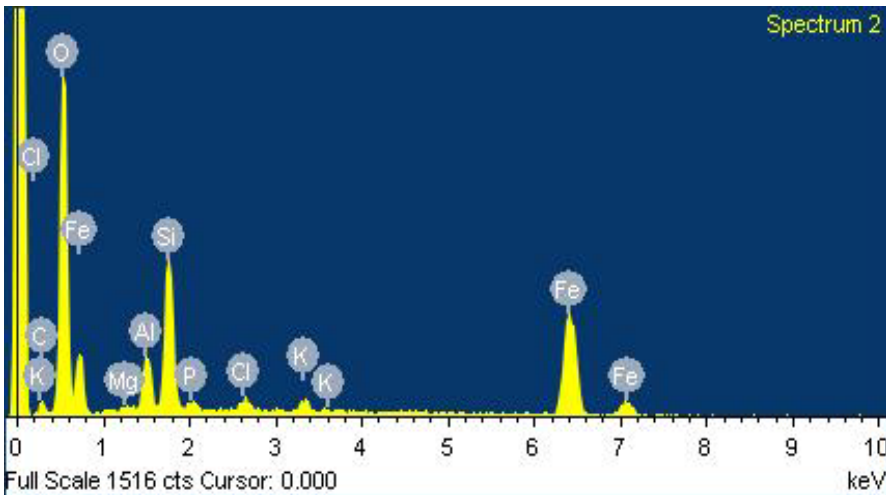
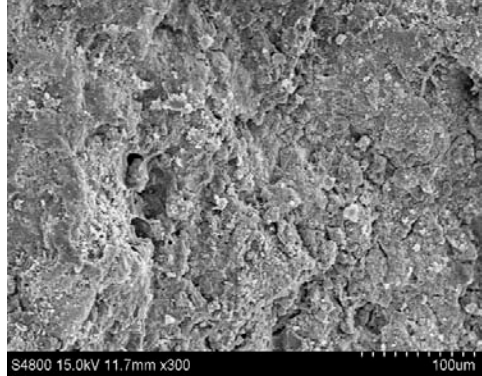
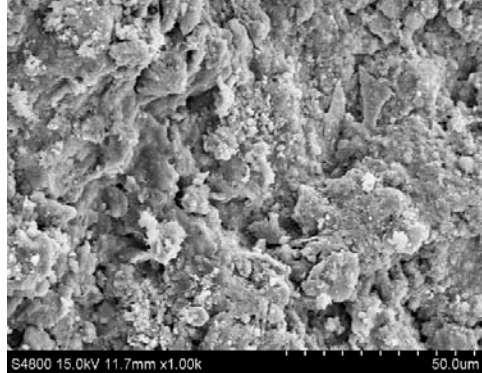
1. 十三行博物館（2012）。鐵定有意思～十三行人的煉鐵工藝，新北市立十三行博物館。頁 1-49。
2. 方建能、李永裕、黃慶祥（2014）。金屬材質文物的非破壞性檢測-以國立臺灣博物館銅牛典藏品為例。國立故宮博物院「2014 文物科學檢測工作坊」論文集。
3. 朱正宜（2012）。蔦松文化：臺灣南部鐵器時代的來臨，樹谷文化基金會，Tree Valley 07，樹谷文化基金會。頁 50~55。
4. 宋昱潔（2008）。龍門舊社遺址出土鐵渣與製鐵遺留之研究。臺灣大學人類學研究所碩士學位論文。
5. 連萬福、謝智華（2008）。出水鐵質文物除鏽脫氯之研究，文化資產保存學刊，Vol.1， No.3。頁 41-48。
6. 陳光祖（2000）。Ancient Iron Technology of Taiwan，Ph. D. Dissertation， Harvard University。
7. 陳光祖、鄭玠甫（2010）。金門後浦網寮出土鐵砲的初步分析，後浦網寮古砲群考古學研究，浯島社會研究叢刊。金門：金門縣文化局，頁 40-49。
8. 陳光祖（2010）。《十三行遺址出土後續研究：青銅器工藝技術計畫期末報告》，臺北縣立十三行博物館委託中央研究院歷史語言研究所之研究報告（八里：臺北縣立十三行博物館）。
9. 陳光祖（2011）。〈臺灣地區出土銅器及相關遺留芻論〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》82.2：169-259。
10. 陳光祖（2013）。〈國立歷史博物館收藏臺灣出土銅質遺物的觀察與分析〉，《史物論壇》17（2013.12）：頁 47-69。

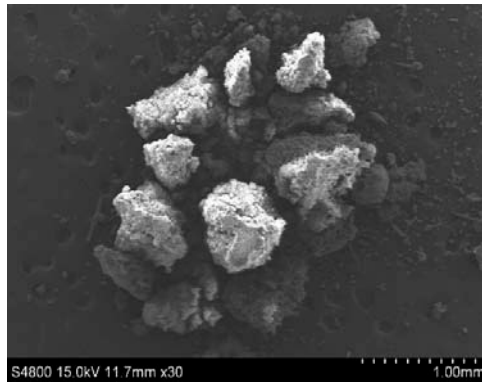


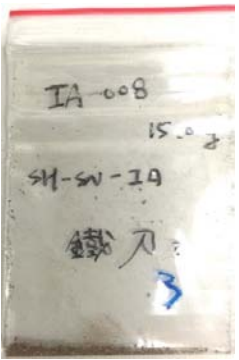
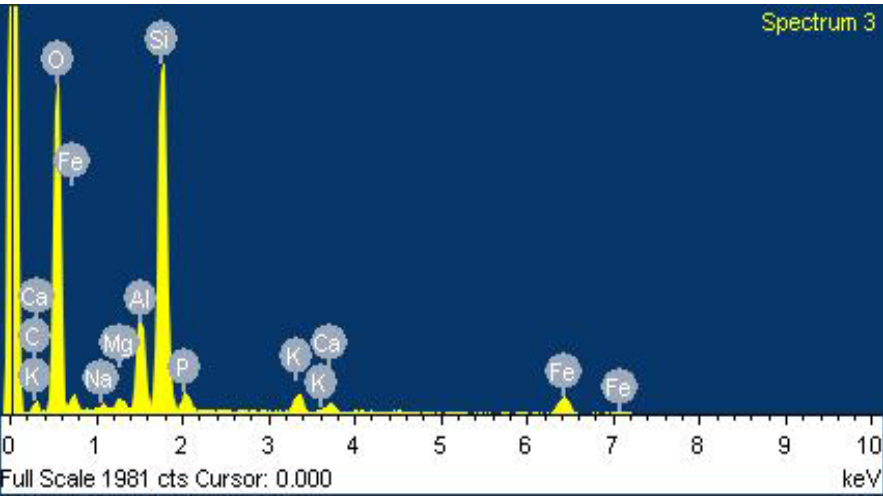
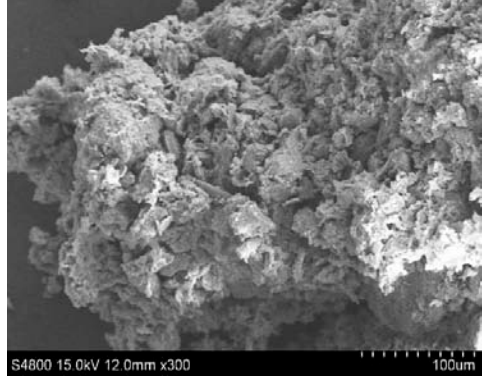
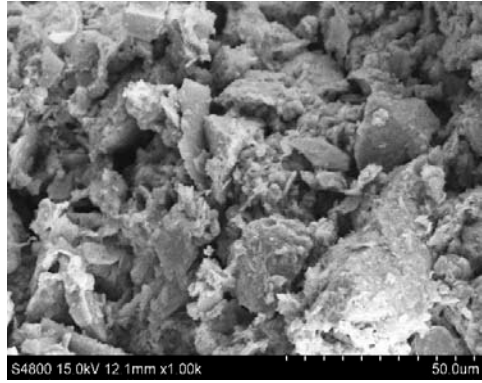
11. 黃台香，1982 《台南縣蔦松遺址》。國立臺灣大學考古人類學研究所碩士論文。
12. 曹瑞軒（2011）。模擬低放射性廢棄物處置場於工程障蔽地下水化學分析。國立臺灣大學生農學院生物環境系統工程學系碩士論文。頁 20-25。
13. 劉益昌（1995）。臺灣北部沿海地區史前時代晚期文化之探討，平埔研究論文集。頁 1-20。
14. 潘瑋玲（2005）。龍門舊社遺址的發掘與研究。臺灣大學人類學研究所碩士學位論文。頁 80-86。
15. 盧泰康、李匡悌、王竹平（2012）。社內遺址出土鐵質文物研究，2012 年臺灣人類學與民族學學會年會。  
<http://www.taiwananthro.org.tw/conferencepaper/749>
16. 謝智華（2006）。出水鐵器維護之研究。國立雲林科技大學文化資產維護系碩士論文。
17. H12: Project to Establish the Scientific and Technical Basis for HLW Disposal in Japan, pp.58-59, L-1.
18. H17: Development and management of the technical knowledge base for the geological disposal of HLW.
19. Posiva Oy（2012），Safety Case for the Disposal of Spent Nuclear Fuel at Olkiluoto-Complementary Considerations, 2012, pp.83-99.

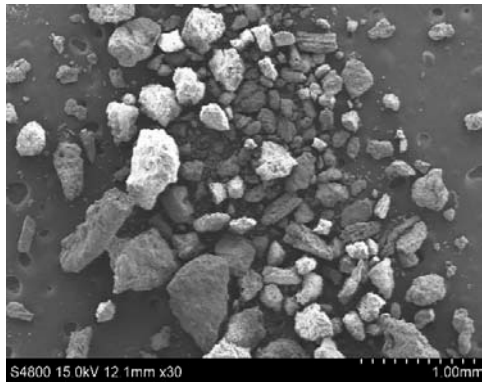


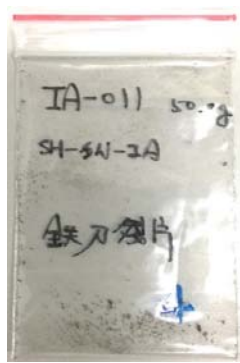
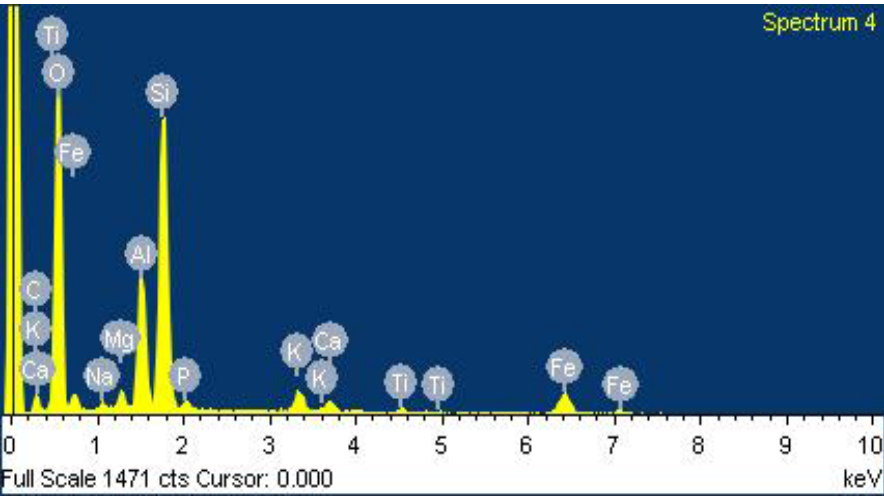
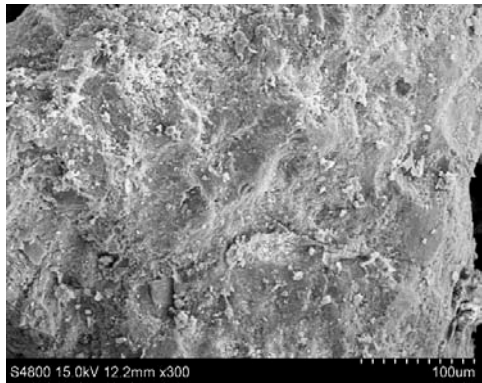
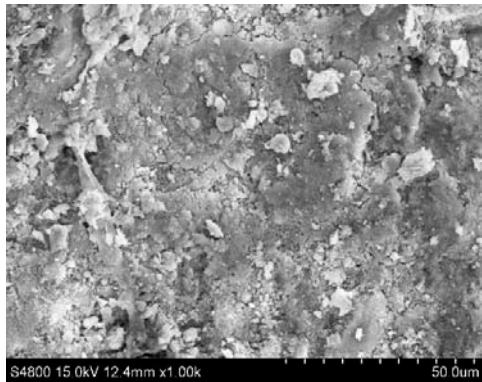
# 附 錄

## 考古金屬文物的基本資料與 SEM / EDS 分析資料

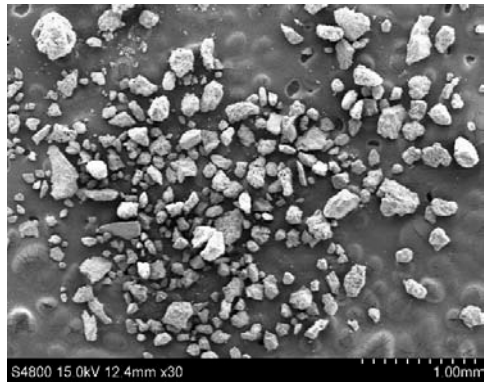


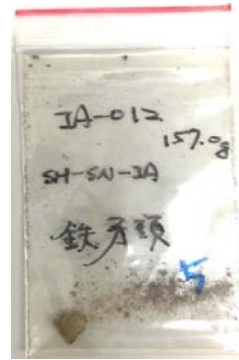
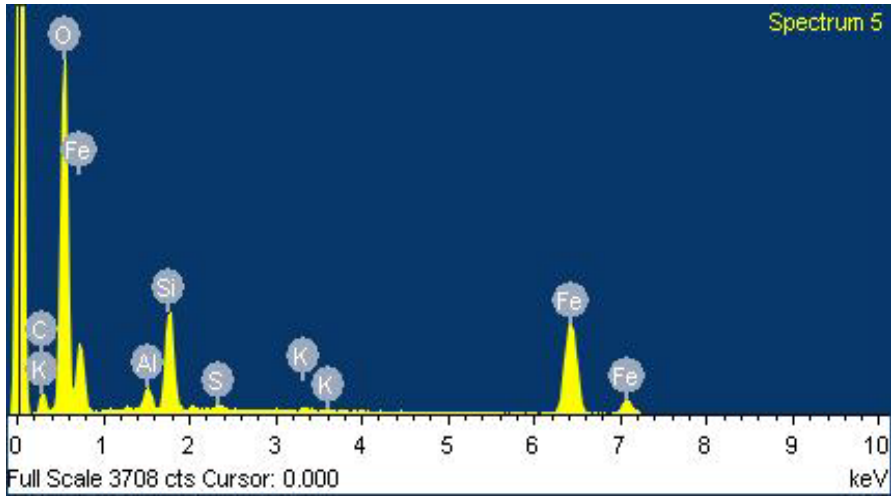
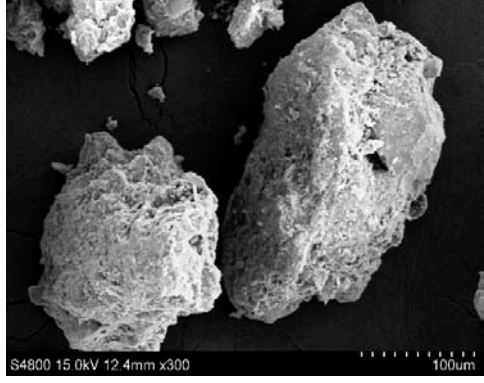
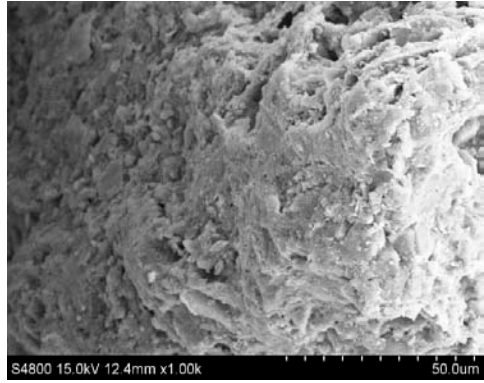
檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
1	道爺遺址	215 距今約 1800年前	IA-001	U20-TY3 DO-B2	鐵器	 <p>IA 001 x30</p>
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Fe						
						 <p>IA 001 x300</p>
						 <p>IA 001 x1000</p>

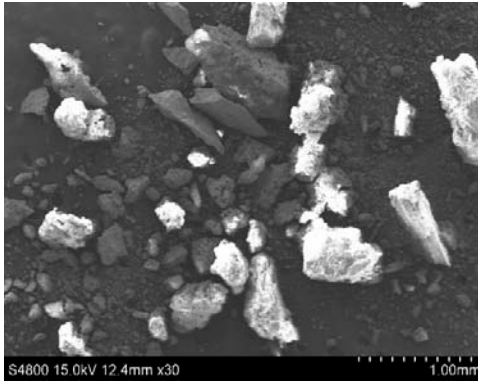

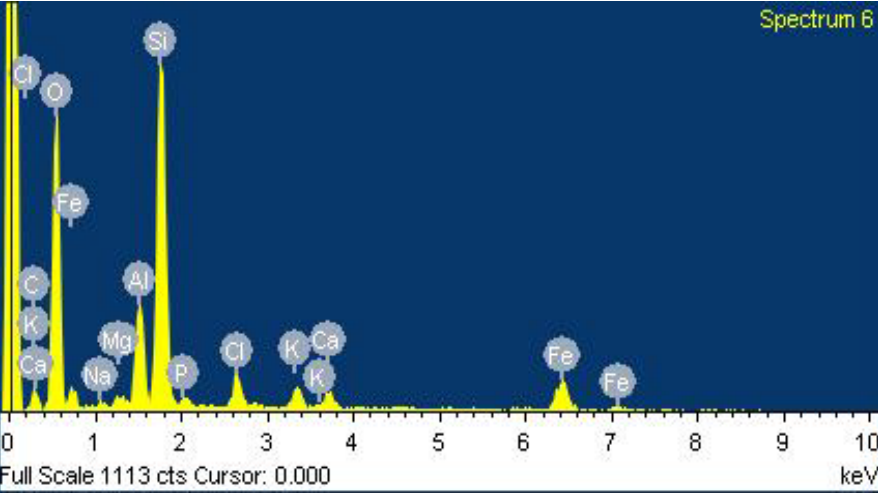
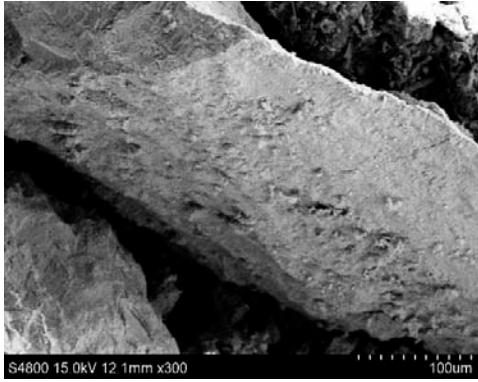
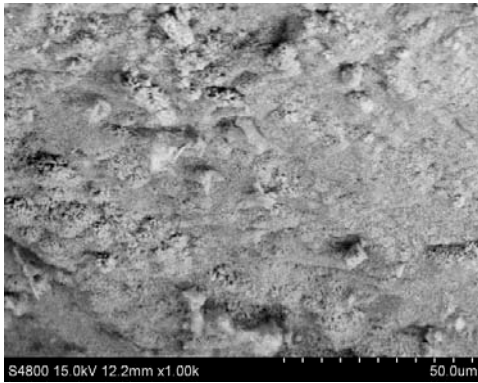
檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
2	道爺遺址	215 距今約 1800年前	IY-001	TY3	鐵箭頭	 <p>S4800 15.0kV 12.7mm x30 1.00mm</p> <p>IY 001 x30</p>
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Mg, Al, Si, P, Cl, K, <b>Fe</b>						
 <p>Spectrum 2</p> <p>Full Scale 1516 cts Cursor: 0.000 keV</p>						 <p>S4800 15.0kV 11.7mm x300 100um</p> <p>IY 001 x300</p>
						 <p>S4800 15.0kV 11.7mm x1.00k 50.0um</p> <p>IY 001 x1000</p>

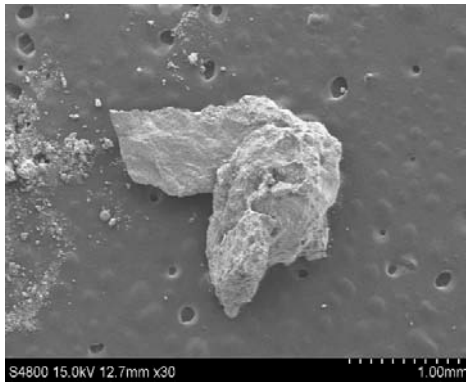


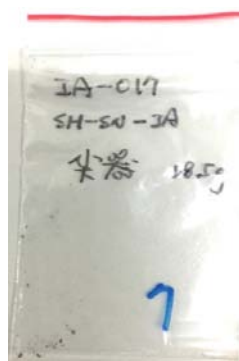
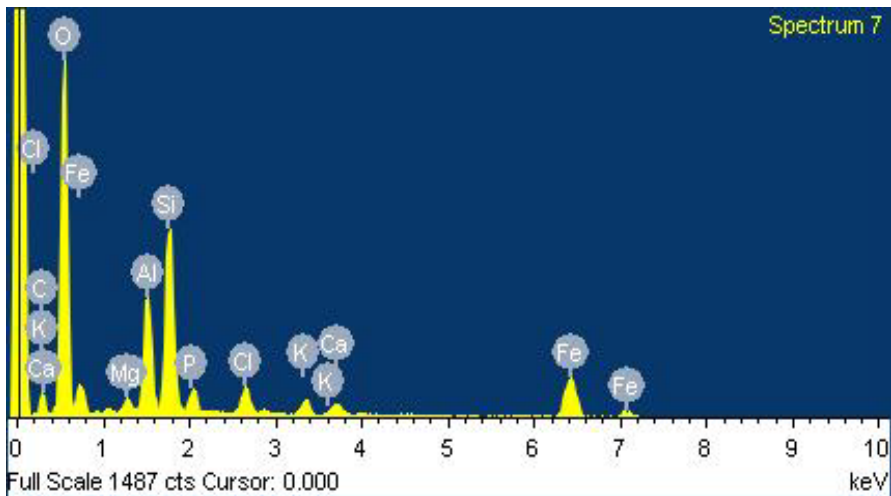
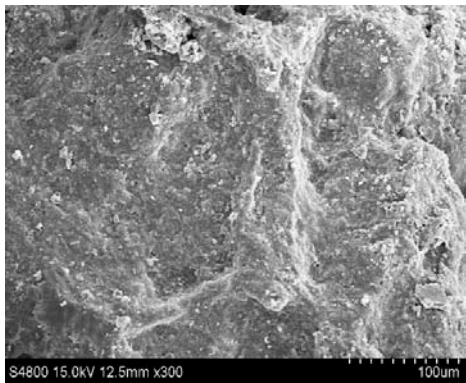
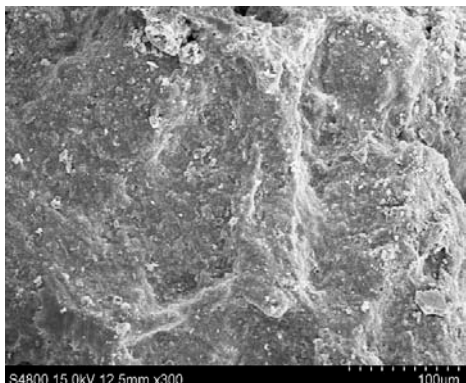
檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
3	善化社內遺址	荷據時期 1624-1662	IA-008	SH.SN P3L7F1	鐵刀?	 <p>IA 008 x30</p>
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, <b>Fe</b>						
 <p>Spectrum 3</p> <p>Full Scale 1981 cts Cursor: 0.000 keV</p>						 <p>IA 008 x300</p>
						 <p>IA 008 x1000</p>

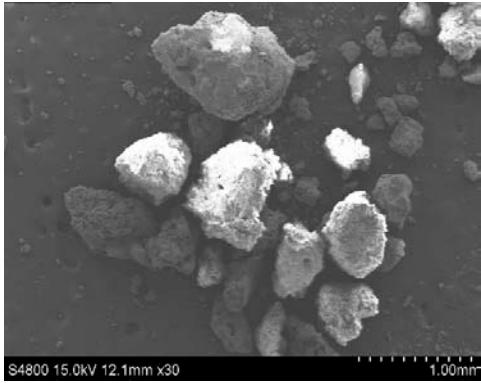


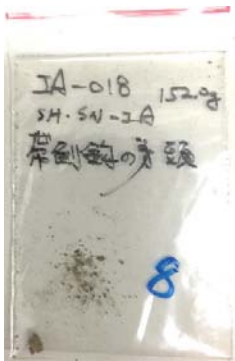
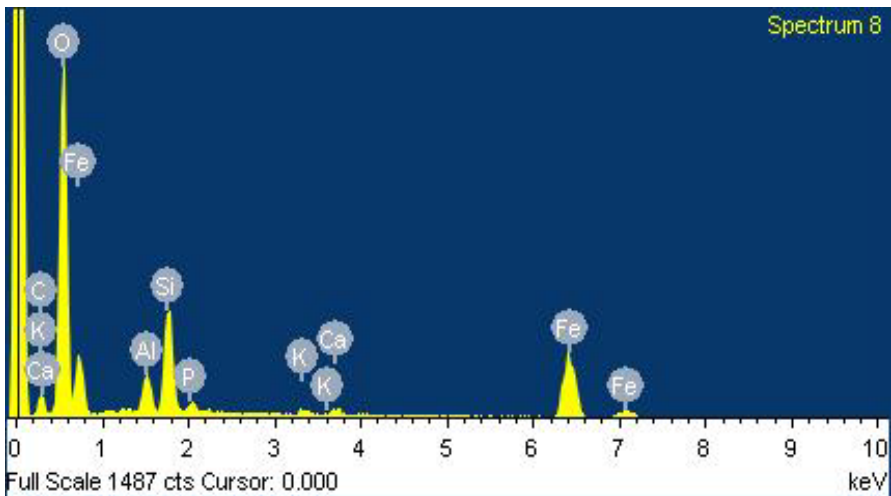
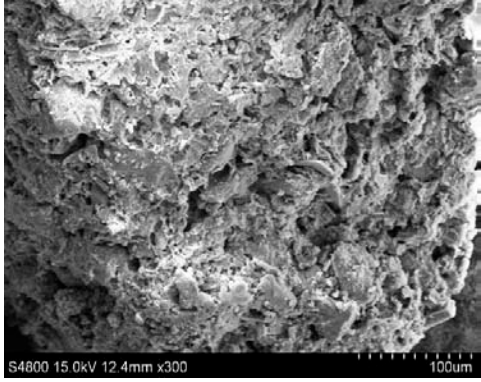
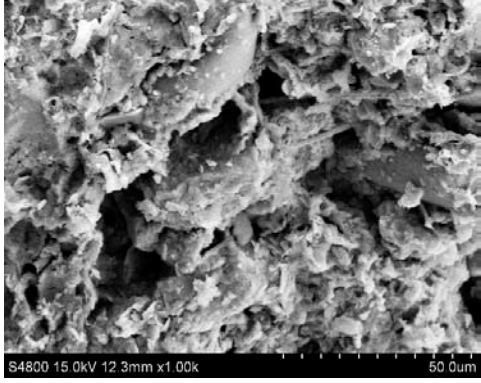
檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
4	善化社內遺址	荷據時期 1624-1662	IA-011	SH.SN P3L5F1	鐵刀殘片	 <p>IA 011 x30</p>
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, <b>Ti, Fe</b>						
						 <p>IA 011 x300</p>
						 <p>IA 011 x1000</p>

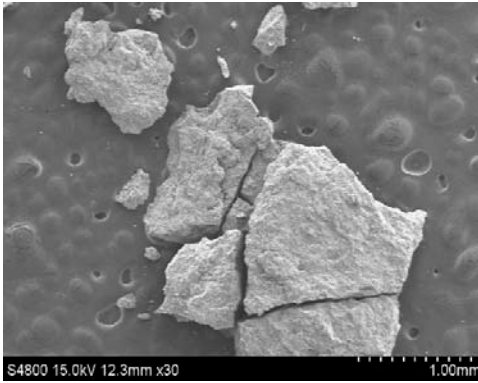



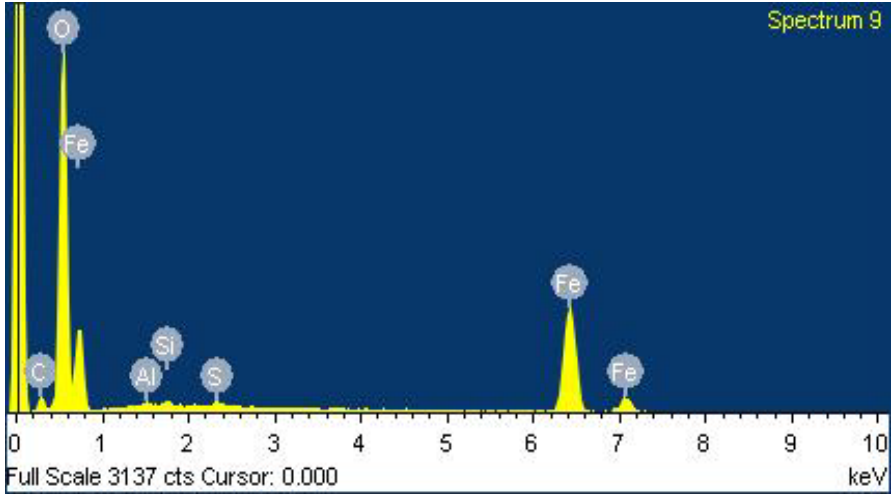
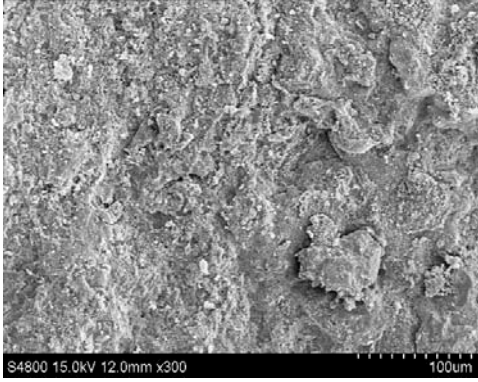
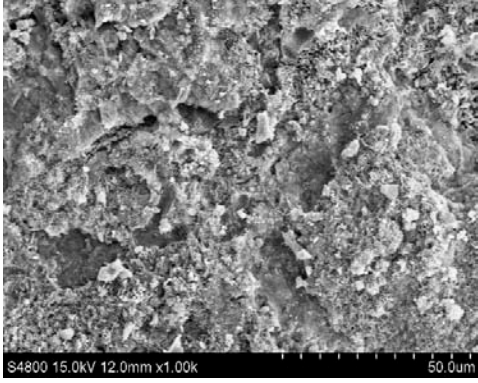


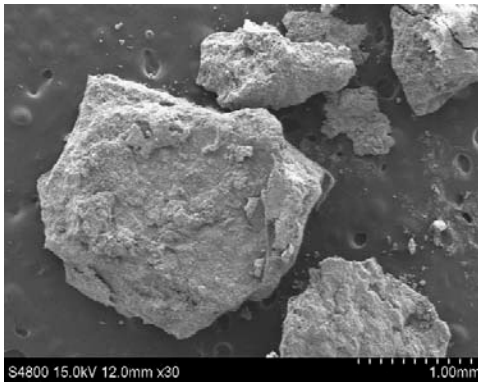


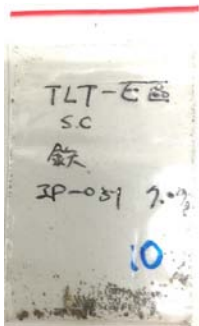
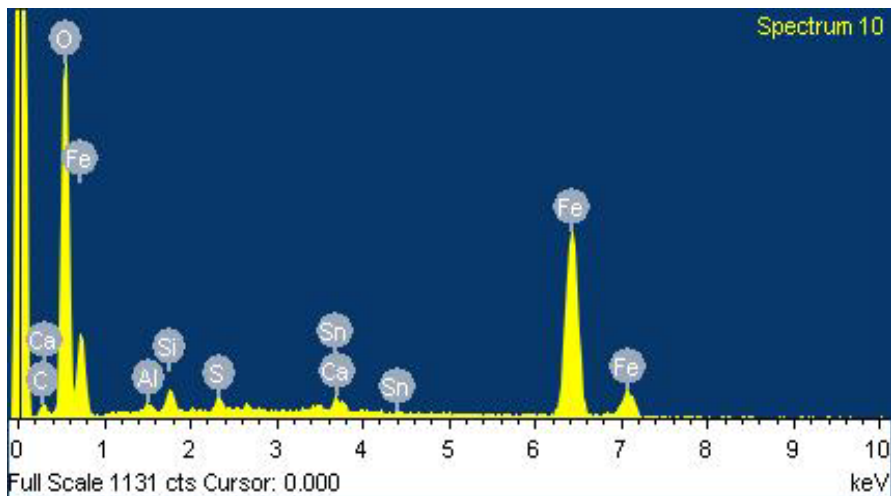
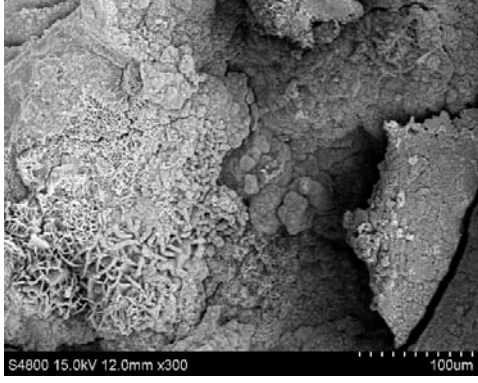
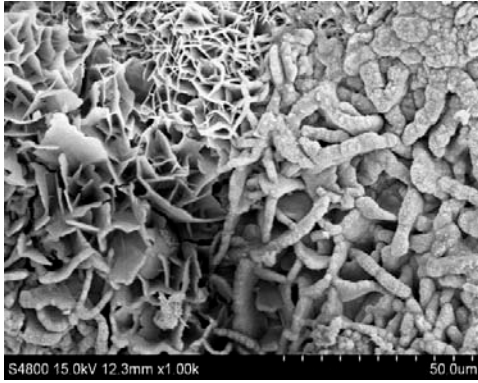
檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
5	善化社內遺址	荷據時期 1624-1662	IA-012	SH.SN P3L3F1	鐵矛頭	 <p>IA 012 x30</p>
文物照片						
						
SEM-EDS						
元素成份：C, O, Al, Si, S, K, Fe						
						 <p>IA 012 x300</p>
						 <p>IA 012 x1000</p>

檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
6	善化社內遺址	荷據時期 1624-1662	IA-013	SH.SN P3L6F1	帶把環尖器	 <p>IA 013 x30</p>
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Na, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, <b>Fe</b>						
						
 <p>IA 013 x300</p>						
 <p>IA 013 x1000</p>						

檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
7	善化社內遺址	荷據時期 1624-1662	IA-017	SH.SN P3L2b	尖器	
<b>SEM</b>						
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Mg, Al, Si, P, Cl, K, Ca, <b>Fe</b>						
						
						IA 017 x300
						
						IA 017 x1000

檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
8	善化社內遺址	荷據時期 1624-1662	IA-018	SH.SN P3L4F1	帶倒鈎 矛頭	 S4800 15.0kV 12.1mm x30 1.00mm
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Al, Si, P, K, Ca, <b>Fe</b>						
						 S4800 15.0kV 12.4mm x300 100um
						 S4800 15.0kV 12.3mm x1.00k 50.0um

檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
9	大龍峒遺址	日據時期 1895-1945	IY-050	TLT S.C	金屬殘片	 <p>IY 050 x30</p>
<b>文物照片</b>						
						
<b>SEM-EDS</b>						
元素成份：C, O, Al, Si, S, Fe						
						 <p>IY 050 x300</p>
						 <p>IY 050 x1000</p>

檢測編號	樣品採集區	年代(西元)	樣品登錄號	層位標號	內容物	SEM
10	大龍峒遺址	日據時期 1895-1945	IP-051	TLT-E區 S.C	金屬殘片	 S4800 15.0kV 12.0mm x30 1.00mm
文物照片						
						
SEM-EDS 元素成份：C, O, Al, Si, S, Ca, Fe, Sn						
						 S4800 15.0kV 12.0mm x300 100um
						 S4800 15.0kV 12.3mm x1.00k 50.0um