

中華民國 第 50 屆中小學科學展覽會
作品說明書

國中組 地球科學科

最佳團隊合作獎

030502

屏東三地門地區斷層帶變質岩內斷層泥結構探討

學校名稱：高雄縣立路竹高級中學

| | |
|---|-----------------------------|
| 作者： 國一 楊惇棉 國一 呂竺芸 國一 蔡靜宜 國一 黃政豪 | 指導老師： 戴嘉亨 鍾志輝 |
|---|-----------------------------|

關鍵詞：斷層泥、奈米、結構

摘 要

本研究是來自於 Nature 雜誌有文章說到，在地震發生地層滑動時，有單層奈米顆粒，造成能量的釋放不如想像的多，經由尋問專家，瞭解到斷層泥是斷層帶上極細的構造。又由於本校特色為奈米科技，在上課中就對奈米的認知有所瞭解，所以我們就以探討斷層泥是否有奈米結構為主。屏東三地門地區斷層是一個很明顯且採樣容易地區，所以我們就以它為研究對象。

結果我們有一些結果

1. 利用 AMF、SEM 等檢測儀器，發現屏東三地門地區斷層中的斷層泥確定有奈米結構。
2. 發現奈米顆粒有些產生在裂縫中，有些浮在上層石粒。
3. 發現奈米顆粒與背景組成元素所含種類幾乎相同，有 O、Al、Si、Fe、Mg、K、C 等，可證明奈米顆粒不是雜質。
4. 我們建構一個奈米顆粒產生的模型：當地震造成地層斷裂的瞬間，因高溫高壓的環境，此時在斷層泥中產生很多裂縫，多餘的圍岩擠入裂縫同時形成奈米結構，至於有些奈米顆粒浮在上面是，經過滑動被擠壓出來浮在上層中。

今年我們是變質岩的斷層泥，未來我們將繼續沉積岩的探討，目前鎖定應菜龍斷層的斷層泥內結構及成分。

壹、研究動機：

地震發生時所產生的能量決定地震的破壞力，最近強震接二連三，侵襲全世界，地震研究的專家們所觀察到地震，所釋放出的真實能量卻是遠小於理論計算。近期Nature 有篇文章說到，在地震發生地層滑動時，若存在單層奈米顆粒，滑動時所產生的磨擦能量大減，主要是因奈米顆粒減小滑動時所產生的能量，進而用此解釋為何地震發生時，能量的釋放不如想像的多。

斷層泥來自於斷層帶，其組成的顆粒極細，大部分之顆粒均較200號篩孔徑為小；對於斷層帶一般我們所熟知是為極破碎的產狀之外，另外常常還包含了厚度數公釐至數十公分之斷層泥。斷層泥的產生主要是因為斷層錯動時在劇烈外力作用下產出的產物，所以說成因較為特殊，已有相當多國內外學者對其強度、組構、一般物理性質等做過詳細的研究與探討。

結合上述兩項敘述，我們認為斷層帶上的斷層泥裏應該是含有奈米結構，而到底什麼是奈米，根據歐盟所下的定義是長度1到100奈米的範圍稱之。

我們國家從民國 93 年起，教育部就很積極推動奈米科技教育，在高中國中到國小，推動奈米 K-12 教育，於是有融入課程，奈米科學營等活動，本校為國家奈米種子學校，教師要寫奈米各科教材，唯獨地球科學無法建立。而奈米課程也融入本校校本課程，加上每年都會有奈米到班研習，於是就有很多機會接觸到奈米科技的知識，也到中山大學、成功大學參觀，所以我們比一般同年齡層的學生，就有機會接觸到一些高精密度的檢測儀器，如 AFM 原子力顯微鏡，SEM 高倍率電子顯微鏡，TEM 穿透顯微鏡等。本校由於教育部補助經費，所以我們就決定朝先研究再建教材的方向來做，所以就開始我們的研

究，經過地質專家的建議，由於屏東三地門的斷層帶凸出於河床，容易採集，於是就建構出我們對屏東三地門變質岩斷層泥的研究。

貳、研究目的：

我們所要研究的目的，就是想了解奈米顆粒是否存在斷層帶的斷層泥中。為了能驗證於是我們設計幾個研究方向有

- 一、 尋找斷層帶有明顯斷層泥的地理位置及進行採樣。
- 二、 利用AFM探討斷層泥，是否有奈米顆粒的結構?並且瞭解其分部。
- 三、 利用SEM探討斷層帶上，斷層泥及其圍岩顆粒的結構。
- 四、 採取相同斷層帶，在不同處來分析。

利用 EDS 探討奈米顆粒與附近非奈米的顆粒組成成份，以了解奈米顆粒是否與圍岩組成成份相同。

參、研究器材與裝置

採樣裝置有：鐵鎚、螺絲起子、尺、夾鏈袋

檢測裝置：TM1000(圖一)、AFM(圖二)、SEM(圖三)及 EDS



圖一 低倍率掃描電子顯微鏡 TM1000



圖二 多功能模態原子力顯微鏡 AFM



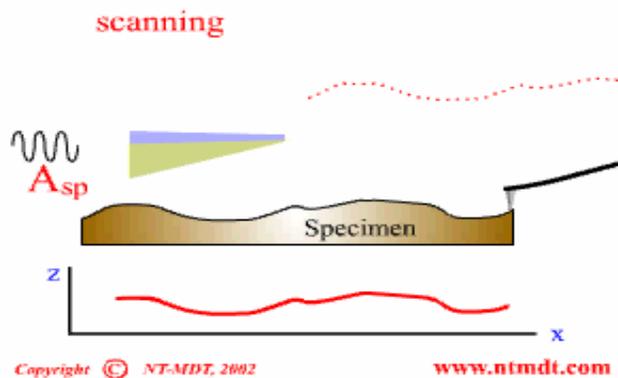
圖三 高倍率掃描電子顯微鏡 SEM

檢測儀器簡介：

多功能模態原子力顯微鏡
AFM：

為利用原子之間的凡得瓦力
(Van der Waals Force)所發展之
量測技術。當一極細微之探針
掃描試片表面時，探針尖端的
原子和試片表面之間的互相
吸引或排斥力會跟著試片表面

的高低起伏而變化，藉由吸引或排斥力大小會使探針產生一微小彎
曲，進而利用不同之檢測方法與控制即可得到試片表面形貌。它有兩
種模式一是非接觸式(Non-contact Mode)，一是輕拍式(Tapping-Mode)
式如圖四，因我們岩石樣本的表面凹凸起伏太大，我們是用輕拍式(T
apping-Mode)模式檢測以免探針斷掉。



圖四 輕拍式操做示意圖

高倍率掃描電子顯微鏡SEM：

利用電子束掃描待測物表面，經由穿隧電流提供金屬材料、電子
材料及高分子材料等於高倍率下之電子影像之表面型態觀察。本機台

同時配置有能量分散光譜儀(EDS)能做元素成分之定性及半定量分析之工作。

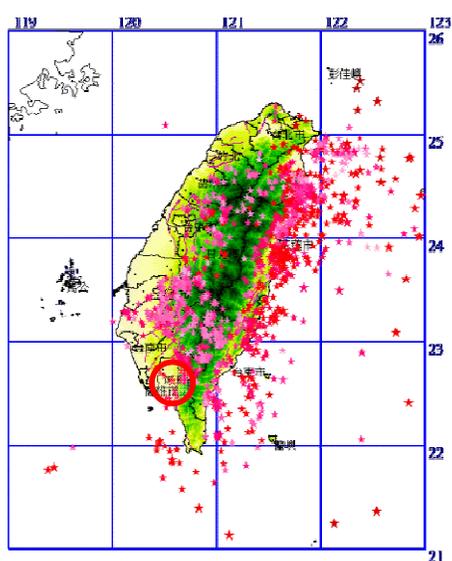
低倍率掃描電子顯微鏡SEM：

本機台提供 10000 倍以下檢測，原理同上。

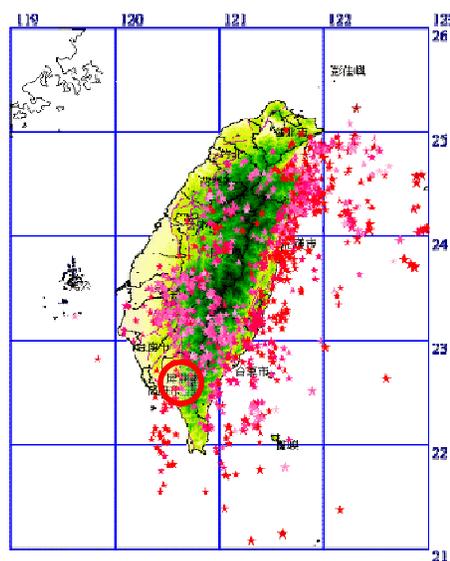
肆、研究過程

研究過程一：尋找斷層帶明顯的地理位置及採樣。

從中央氣象局地震資料中，我們分析 2010 年 1 月及 2 月的地震分佈圖，如圖五及圖六。



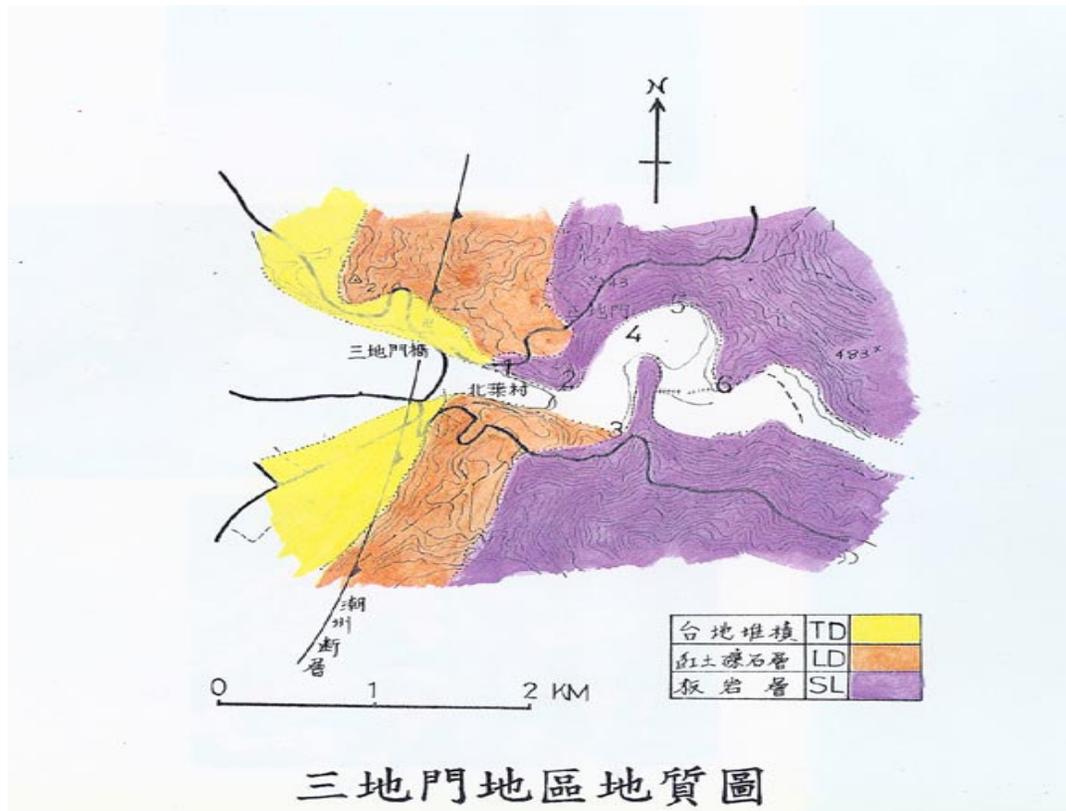
圖五 2010 年 1 月



圖六 2010 年 2 月

從圖形分佈我們知道南部較多地震是在潮州斷層帶上發生如圖五，潮州斷層位置上是從枋山往北延伸到六龜，它是條非常直的斷層。而屏東三地門的橋東側北岸地質構造有呈甚整齊的斷崖，在附近的板岩形成了牽引褶皺。此斷層的狀態為逆斷層，東側為上盤，西側為下盤，板岩層呈層之板岩如圖七，其上部為紅土礫石層，所以我們就鎖定屏東三地門，位置在三地門橋東側的南岸堤防下溪谷後直向對岸，步行約 300 公尺，可看到露頭如圖八，我們就在此進採樣如圖八

到圖十三。



圖七 三地門地質圖 (<http://vb.geo.ncu.edu.tw/earth/edu/south/Trace8/g30801a.jpg>)



圖八 採樣地區



圖九 斷層泥處手指地方



圖十 採樣



圖十一 紅色圈較黑處即為斷層泥



圖十二 紅色圈中間即為斷層泥



圖十三 三地門地區很多斷層

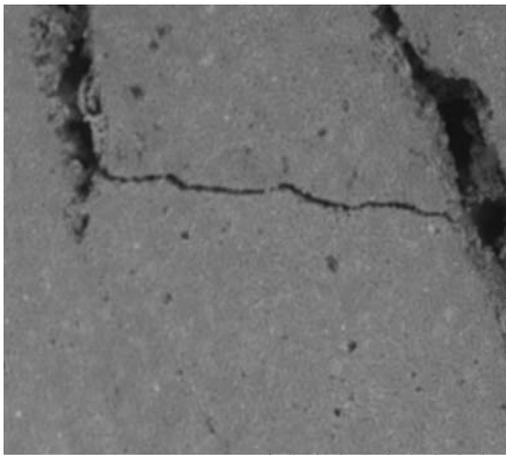
研究過程二：利用TM1000探討斷層帶上，斷層泥及其圍岩顆粒的結構。

過程：

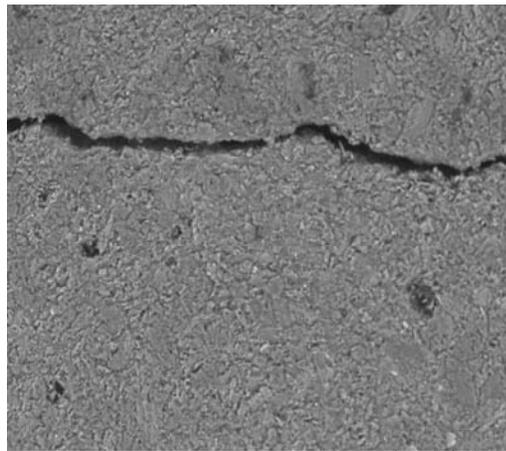
1.我們採斷層泥上層岩層(圍岩)及斷層泥及斷層泥下層岩層(圍岩)來觀察結構

2.顆粒大小的推估是由每一張照片右下角的比例值推估，以紅色箭頭長度來量。

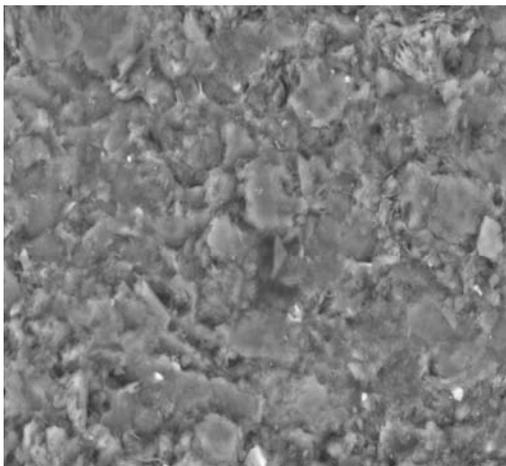
上圍岩(非斷層泥)：



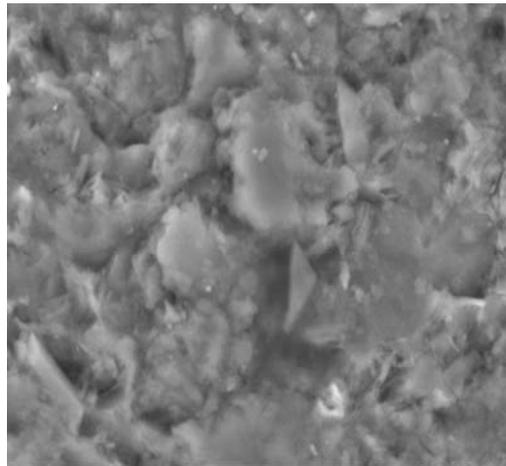
圖十四 放大 250 倍



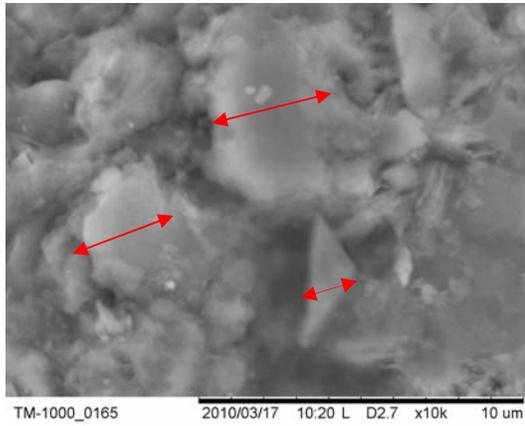
圖十五 放大 500 倍



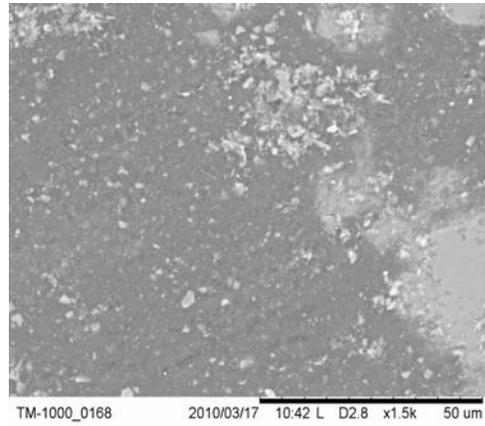
圖十六 放大 3000 倍



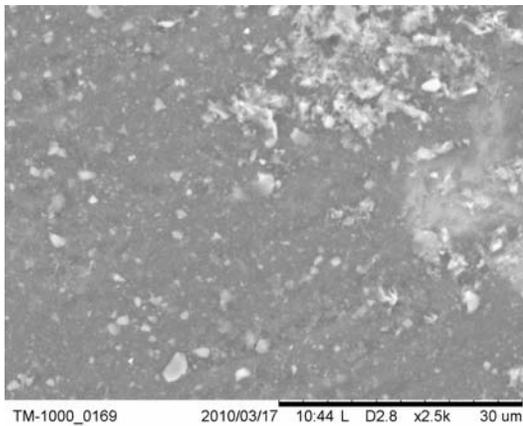
圖十七 放大 6000 倍



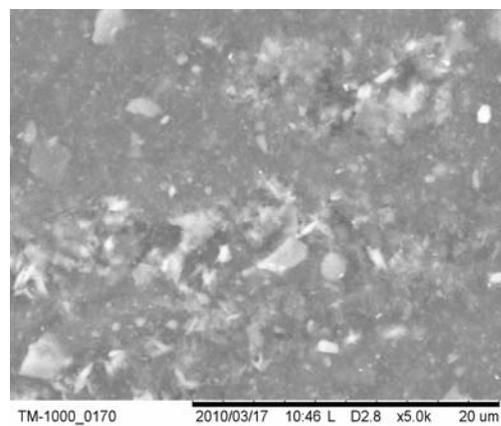
圖十八 放大 10000 倍



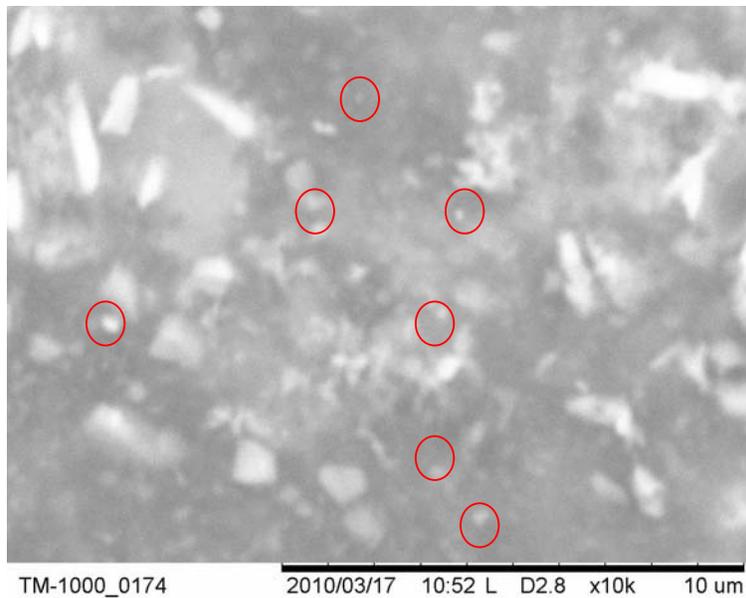
圖十九 放大 1500 倍(中間層為斷層泥)



圖二十 放大 2500 倍(中間層為斷層泥)

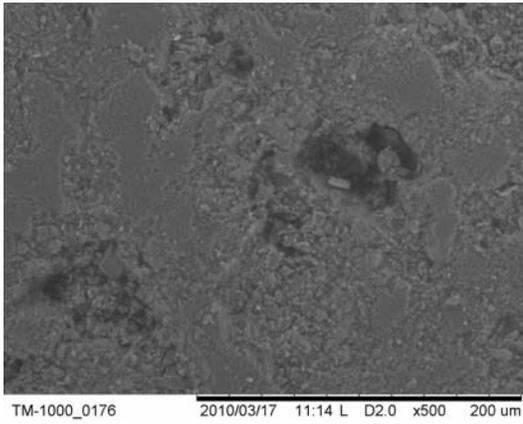


圖二十一 放大 5000 倍(中間層為斷層泥)

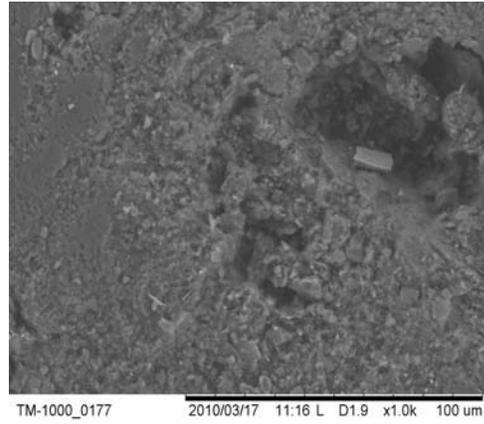


圖二十二 放大 10000 倍

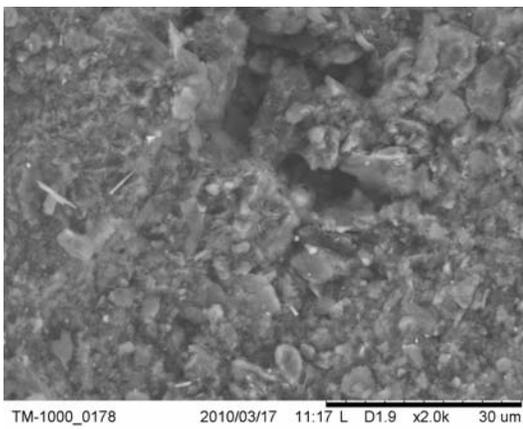
下圍岩(非斷層泥)：



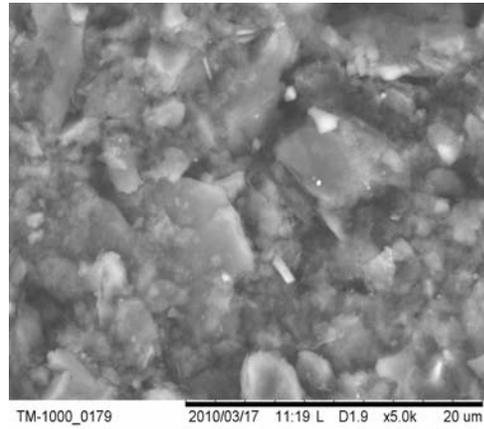
圖二十三 放大 500 倍



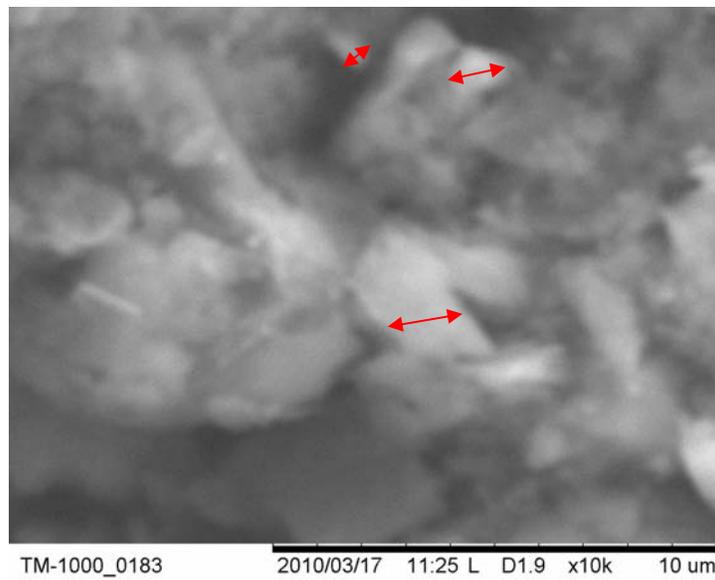
圖二十四 放大 1000 倍



圖二十五 放大 2000 倍



圖二十六 放大 5000 倍



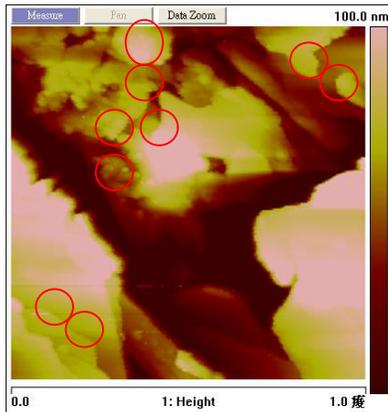
圖二十七 放大 10000 倍

討論：

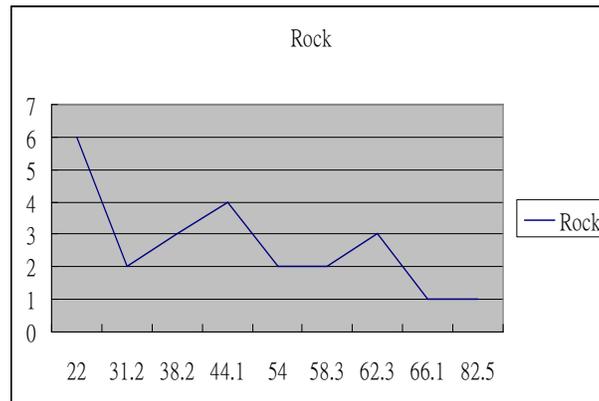
1. 我們用TM1000先觀察初步結構，在斷層的上一層稱為圍岩層的結構圖十四到圖十八，放大倍率從250倍到10000倍，觀察到破碎的結構，顆粒形狀不均勻，且大小不一，大多是在3微米以上。
2. 在斷層泥這一層的結構圖十九到圖二十二，放大倍率從1500倍到10000倍，觀察到顆粒形狀大部分為不均勻，且大小不一，大多是在1微米以下的大小，所以我們認為可能有奈米顆粒。
3. 在斷層下一層的圍岩層的結構圖二十三到圖二十八，放大倍率從500倍到10000倍，觀察到顆粒形狀不均勻，且大小不一，大多是在2微米以上。
4. 從上討論我們得到上下圍岩的顆粒形狀不均勻，顆粒大小在2微米以上。而中間斷層泥是在1微米以下的大小。
5. TM1000的樣本不需刻意製作，可直接掃描，且操作簡單，所以我們就先以TM1000來掃描檢測。
6. 我們再對斷泥層利用 AFM 及 SEM 探討及拍攝到更高倍率，來確認更精確的數據及結構。

研究過程 三：利用AFM進行斷層泥表面分析

1. 先做試片
2. 利用AFM拍攝
3. 在 AFM 上做出數據分析圖



圖二十九 AFM 顯微圖

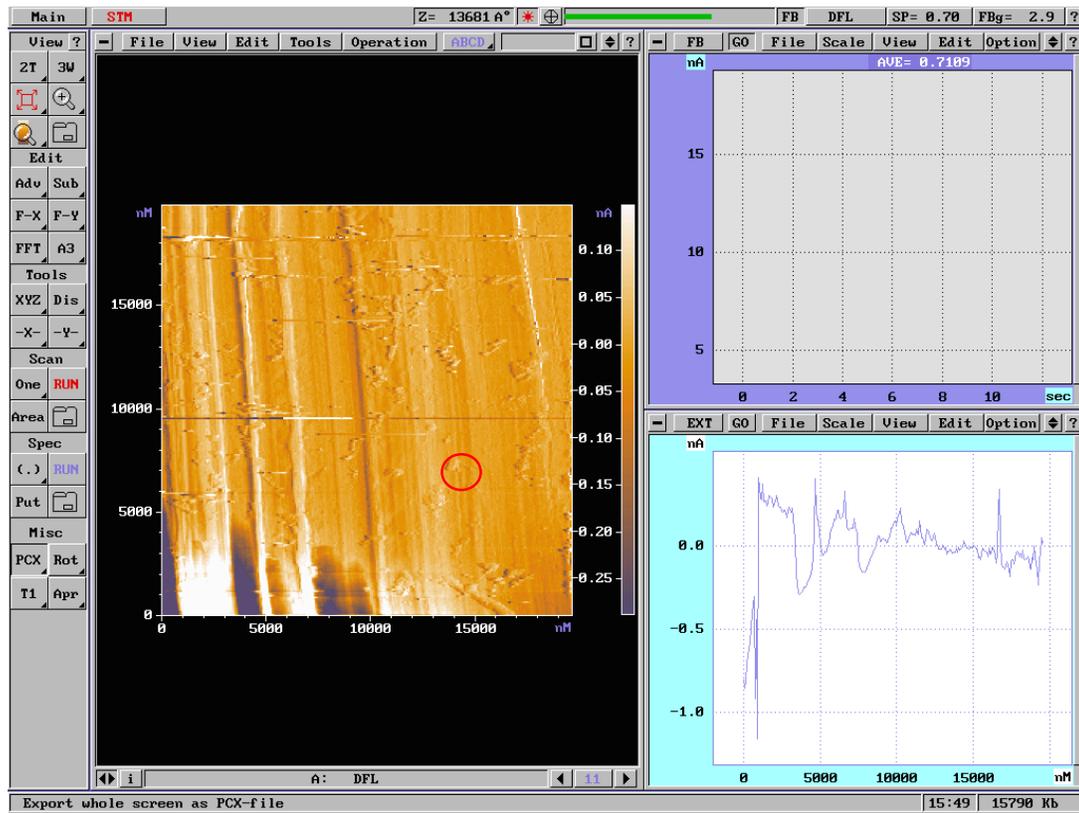


圖三十 AFM 粒徑分析

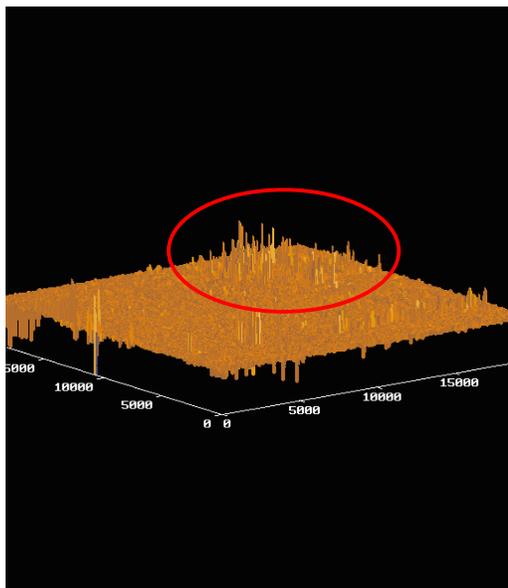
討論：

1. 圖三十 分析圖橫軸為粒徑大小，縱軸為數量
2. 經儀器分析可知在一定範圍內，22 奈米粒徑有 6 個最多，44 奈米粒徑有 4 個，62.5 奈米粒徑有 3 個，也就是斷層泥中的粒徑在 100 奈米內，屬於奈米科技的定義範圍。
3. 本圖我們討論結果，拍攝不甚理想，經過討論我們覺得有重新實驗必要，我們認為樣本表面要清洗乾淨，不要太厚，所以我們就將樣本，用酒精浸泡先將其晃動 10 分鐘，再浸泡三天，取其小裸粒的樣本，並改至另一所大學拍攝 3D 立體圖。

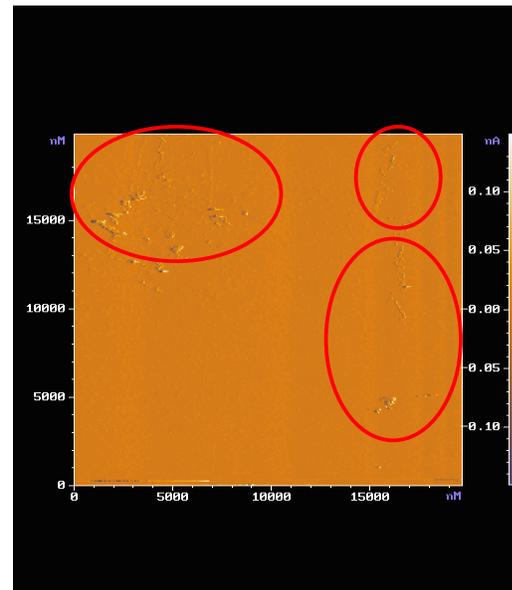
結果：



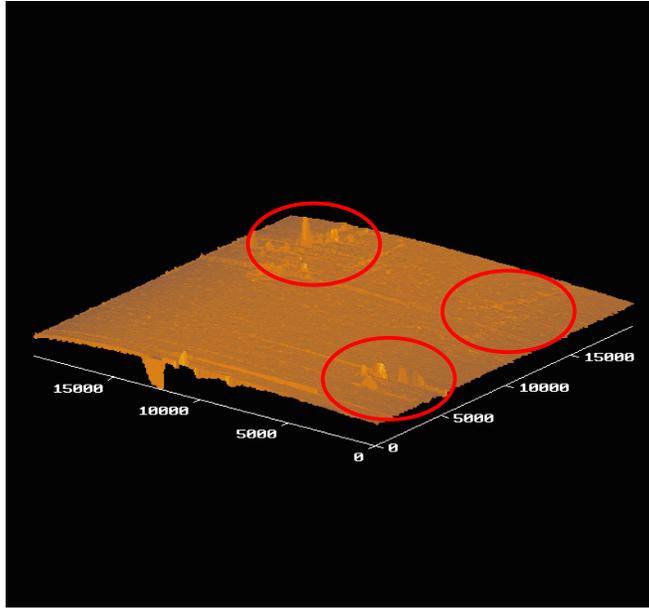
圖三十一 鳥瞰圖中間圖上可看出很多小點(紅色圈處)，右下曲線圖是大小量測



圖三十二 3D 立體圖可看出表面小點的高低及大小(紅色圈處)



圖三十三 另一個斷層泥的鳥瞰圖可看出表面有小點(紅色圈處)



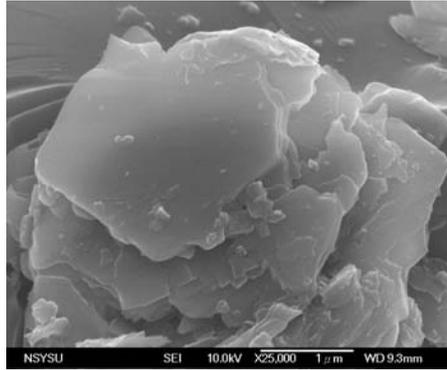
圖三十四 3D 立體圖可看出表面小點的高低及大小

結果與討論：

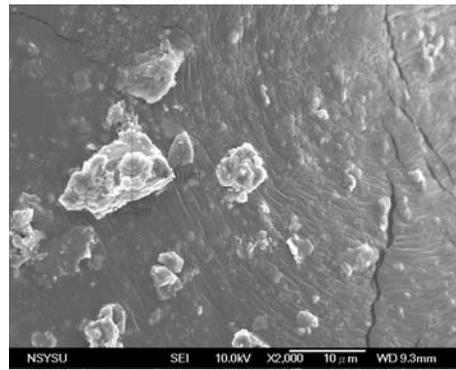
1. 鳥瞰圖如圖三十一、圖三十三與3D立體圖如圖圖三十二、圖三十四，對照之下，很容易看出其表面結構及分佈。
2. 經由重測我們發現斷層泥中奈米顆粒的數量，並沒有很多，且分佈零散。
3. 經由討論我們將用 SEM 進行斷層泥表面分析來證明上述的結果。

研究過程四：利用SEM進行斷層泥表面分析

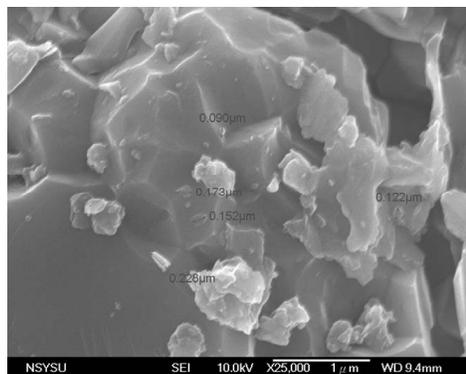
1. 先製作斷層泥試片(剪切一小片，至於酒精中1天)
2. 表面鍍白金
3. 置入 SEM 進行拍攝。



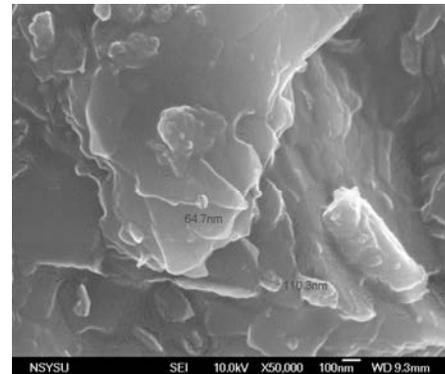
圖三十五 放大 500 倍



圖三十六 放大 2200 倍



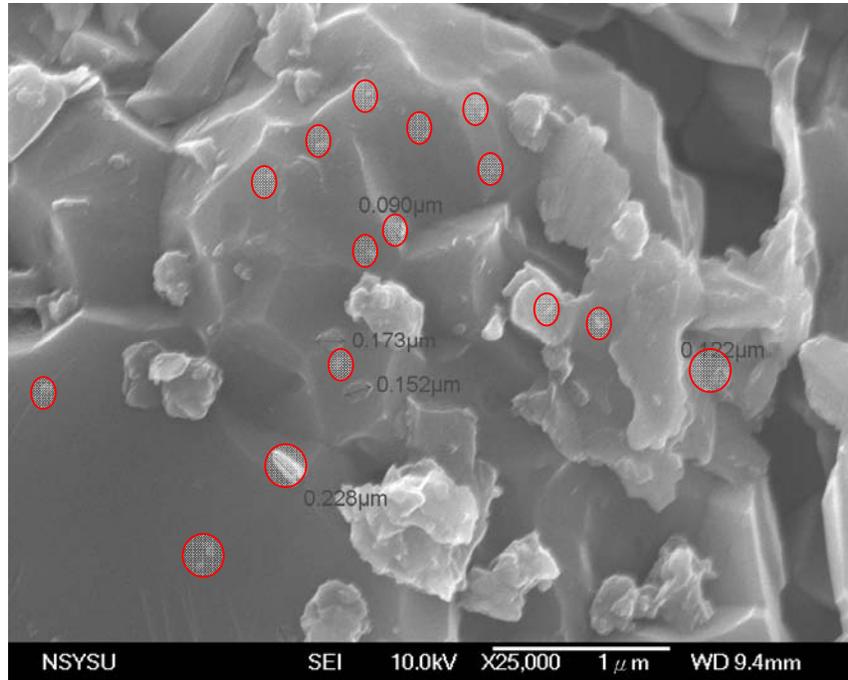
圖三十七 放大 25000 倍圖



三十八 放大 50000 倍

討論：

1. 從SEM電顯圖三十七在25000倍時已檢測出奈米結構，雖不是所有結構都是奈米級，但已有少許出現奈米顆粒(紅色圈)
2. 圖三十八在50000倍時更明顯檢測出奈米結構(紅色圈)。
3. 特將圖三十七予以擴大形成圖三十九以方便看出結構。



圖三十九 放大 25000 倍 的擴大圖

研究過程五：採取相同斷層帶，在褶皺不同彎曲處來分析及探討。

一、利用SEM進行斷層泥表面分析。

(一)採樣點圖示及編號



圖四十 採樣點

從上圖知我們採樣點是巡者上下階層斷層帶由編號1到6，而編號7到10號為不整合帶。

採樣點放大圖示及編號：



圖四十一編號 1：斷層泥中間彎曲度大



圖四十二編號 2：斷層泥靠岩石彎曲度大



圖四十三編號 3：岩石褶皺彎曲度小



圖四十四編號 4：岩石褶皺彎曲度小



圖四十五編號 5：不整合帶處岩石右方



圖四十六編號 6：不整合帶岩石左方



圖四十七編號 7 及 8：斷層泥中間夾帶者岩石



圖四十八編號 9：岩石上方斷層泥



圖四十九編號 10：夾層中的斷層泥

(二) 根據斷層褶皺地層內不同彎曲處的SEM圖，分別由30000倍、50000倍、100000倍來檢測。

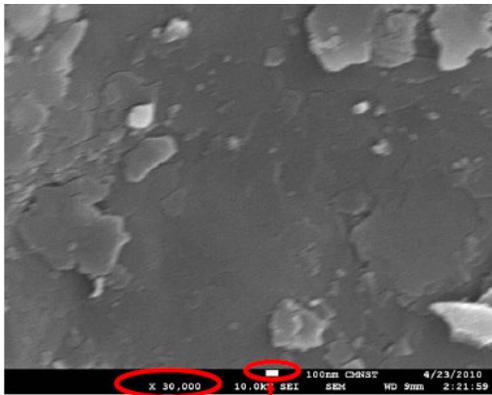
步驟：

1. 檢測及試片製做步驟同上，每一樣本分30000倍、50000倍、100000倍來檢測。
2. 將樣本磨成光滑分30000倍、50000倍、100000倍來檢測。
3. 沒有磨成光滑，據斷層褶皺地層內不同彎曲處編號，分30000倍、50000倍、100000倍來檢測。

(三)結果：

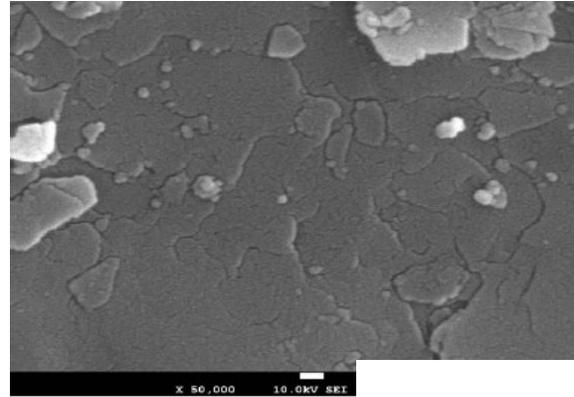
1.磨成光滑

磨成光滑：

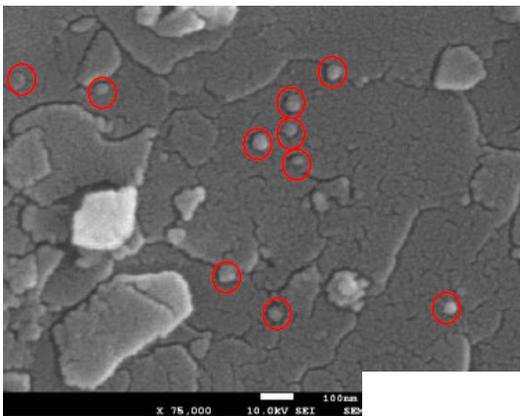


倍數讀出 100nm 長度標準

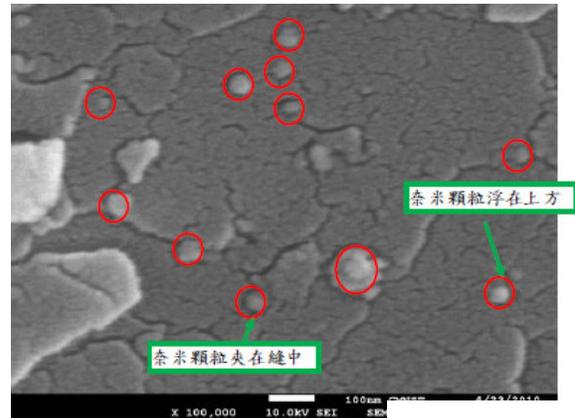
圖五十 放大 30000 倍



圖五十一 放大 50000 倍



圖五十二 放大 75000 倍



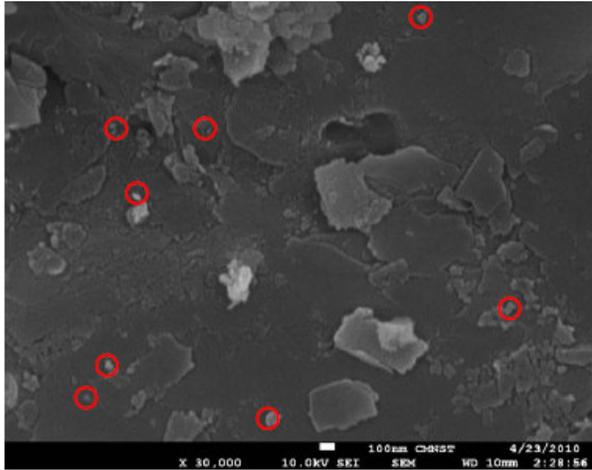
圖五十三 放大 100000 倍

討論：

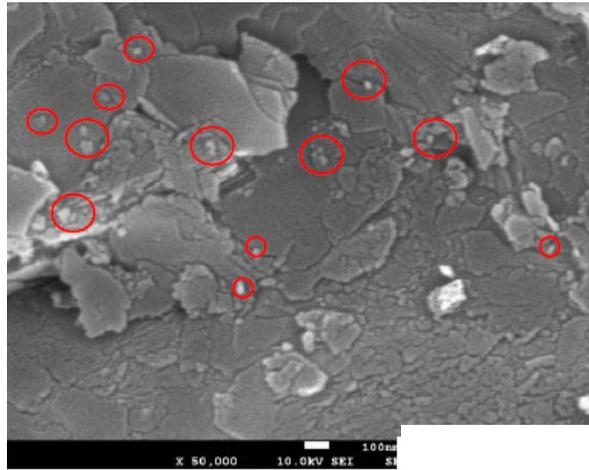
- (1) 從巨觀角度看的平滑面在奈米尺度上卻是非常粗糙。
- (2) 奈米顆粒看出是浮在底層上方，我們認為是在地震時地層滑動磨出的奈米顆粒。至於要震度多大才會產生則有需要繼續研究。

(三)以下是根據斷層褶皺地層內不同彎曲處的 SEM 圖，分別由 30000 倍、50000 倍、100000 倍來檢測。

編號 9-1：

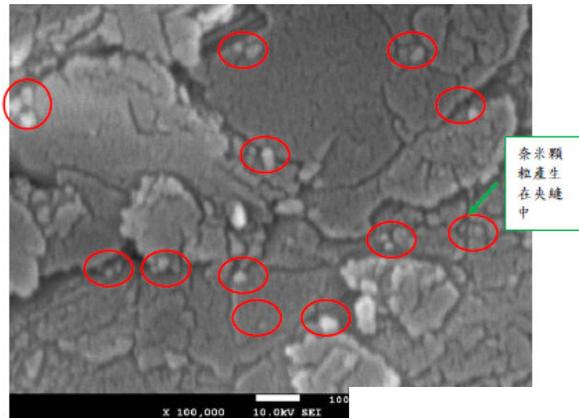


圖五十四分析：從圖上看出奈米大小的顆粒，有蠻多的奈米顆粒

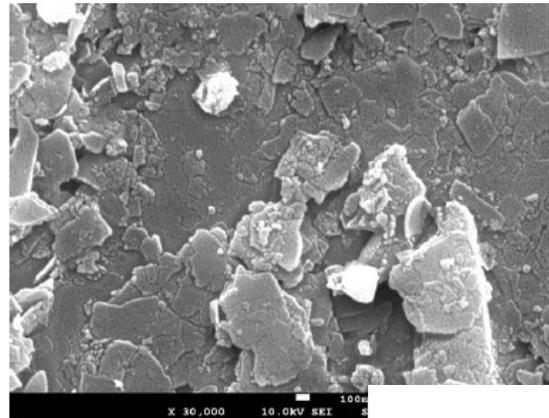


圖五十五放大 50000 倍

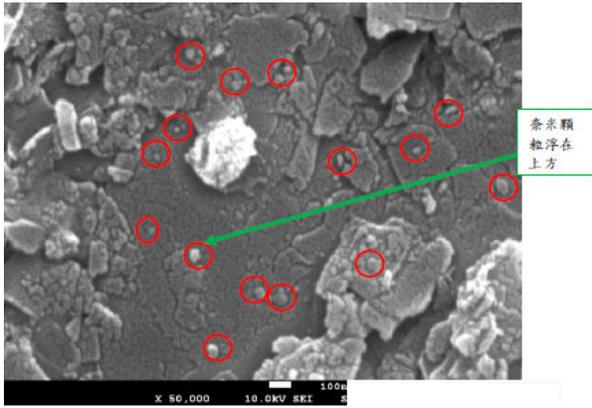
編號 9-2



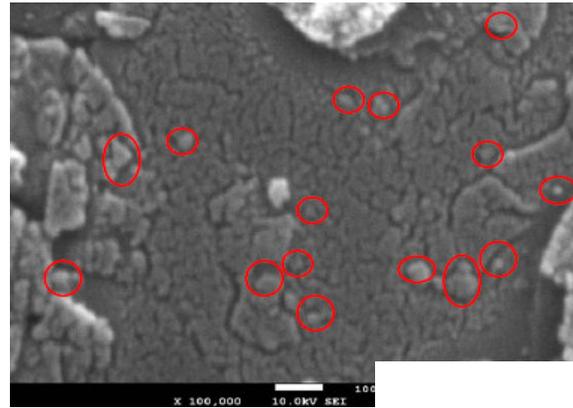
圖五十六分析：以這張照片範圍看出奈米顆粒佔整張照片範圍的小部分，且分佈很稀疏，形狀不一



圖五十七 放大 30000 倍



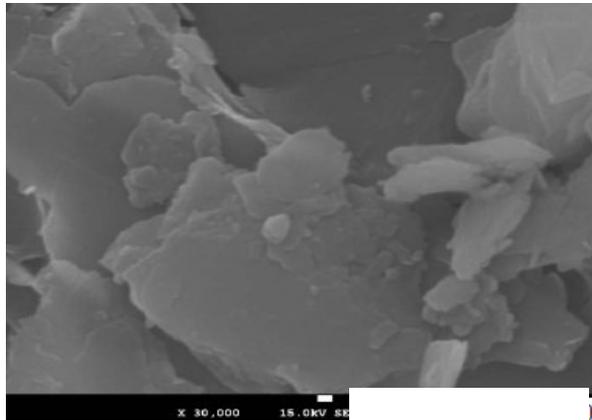
圖五十八 放大 50000 倍



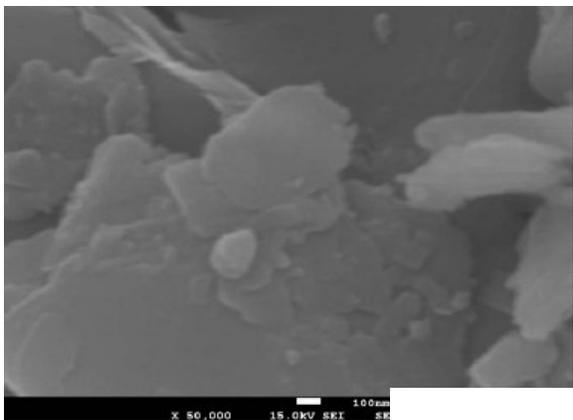
圖五十九 放大 100000 倍

分析：以這張照片範圍看出奈米顆粒分布很稀疏形狀不一有些奈米顆粒浮在上面，有些還夾在裂痕縫中，且裂痕很多

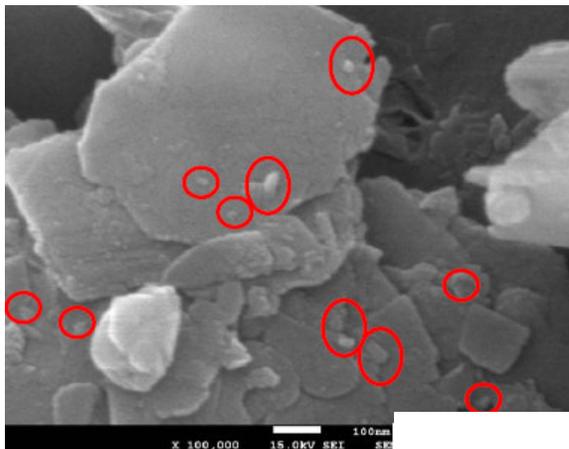
編號9-3：



圖六十 放大30000倍



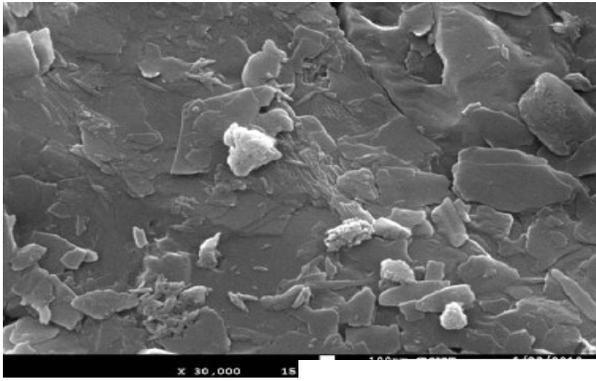
圖六十一 放大50000倍



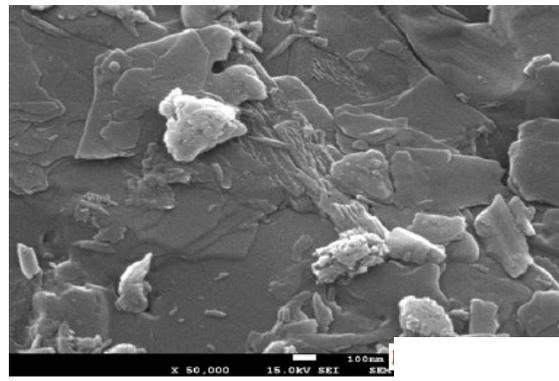
圖六十二 放大100000倍

分析：奈米顆粒分佈很稀疏形狀不一

編號9-4：

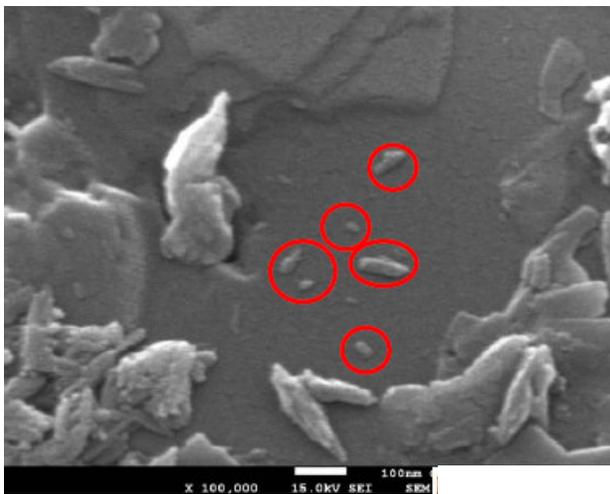


圖六十三 放大30000倍

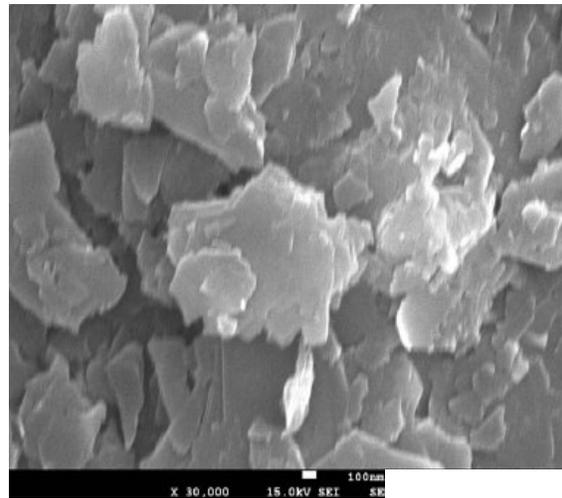


圖六十四 放大50000倍

編號9-5：

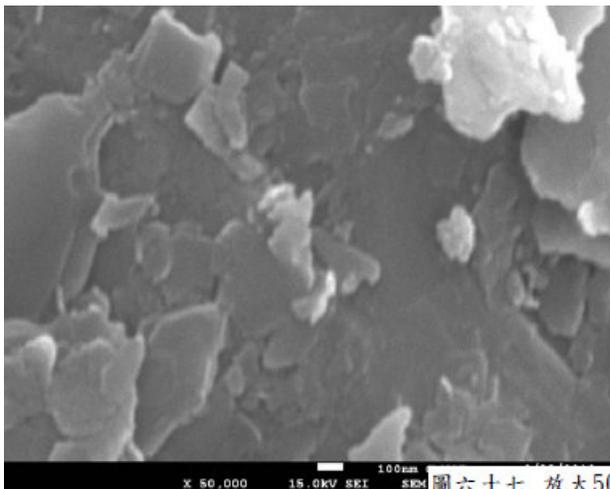


圖六十五 放大100000倍

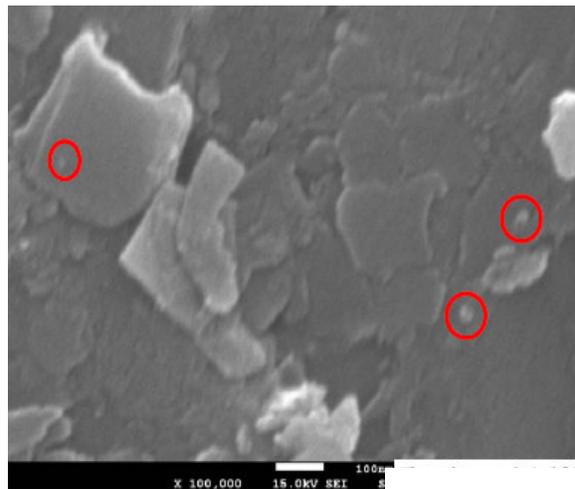


圖六十六 放大30000倍

分析：奈米顆粒少，形狀不一



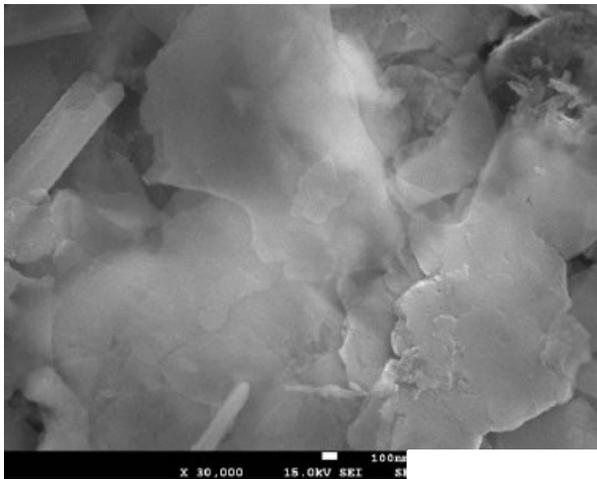
圖六十七 放大50000...



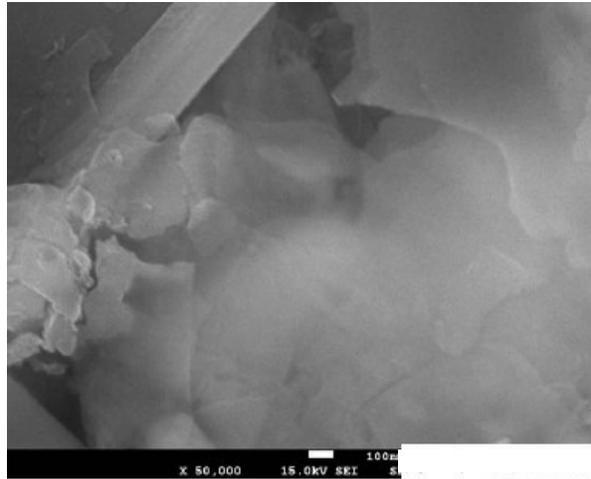
圖六十八 放大100000倍

分析：奈米顆粒少

編號9-6：

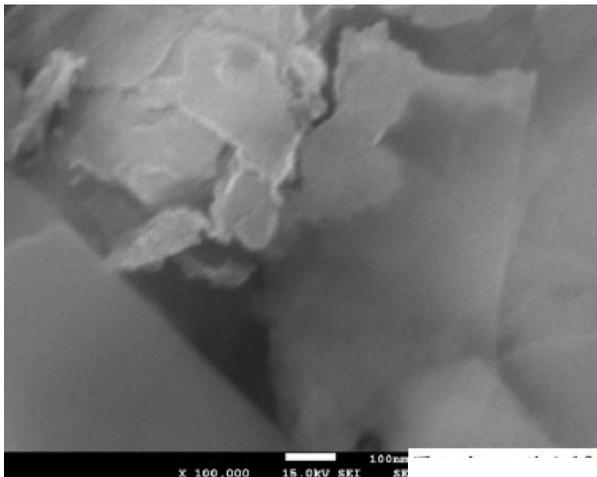


圖六十九 放大30000倍

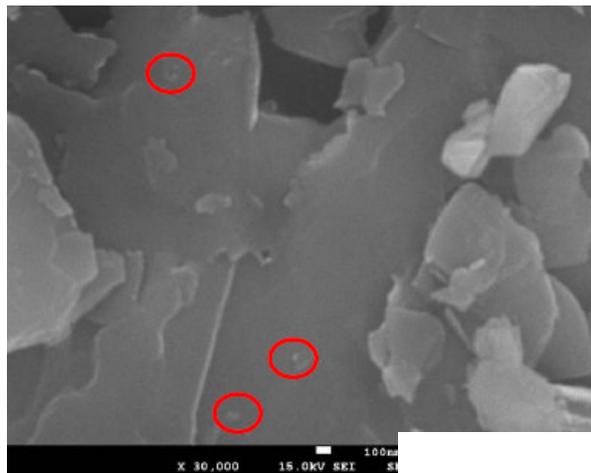


圖七十 放大50000倍

編號9-7：

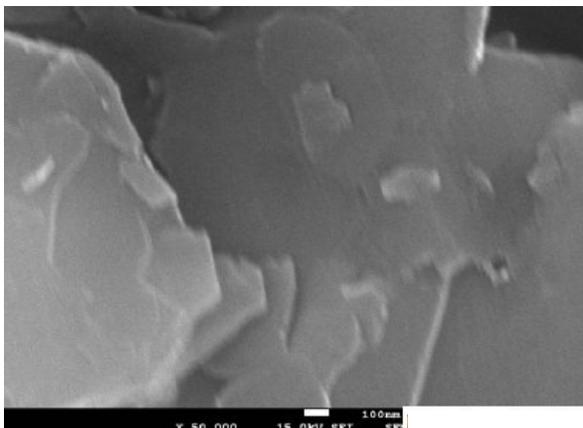


圖七十一 放大100000倍

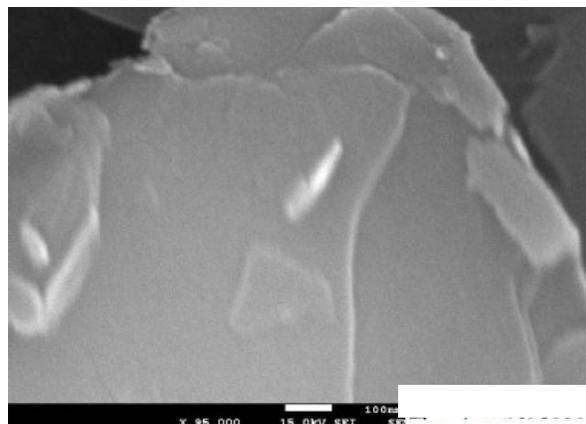


圖七十二 放大30000倍

分析：沒有形成奈米顆粒



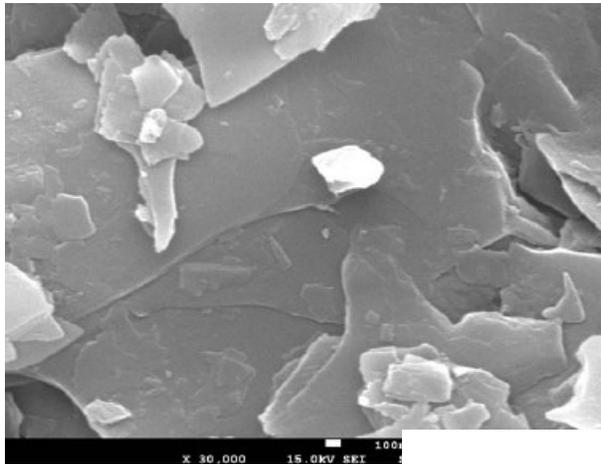
圖七十三放大50000倍



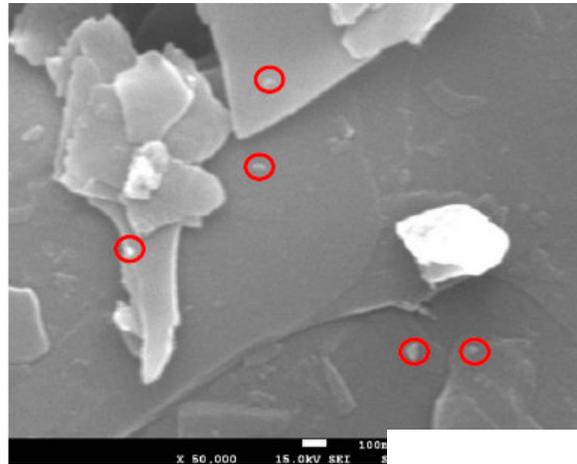
圖七十四放大950000倍

分析：奈米顆粒極少

編號9-8：

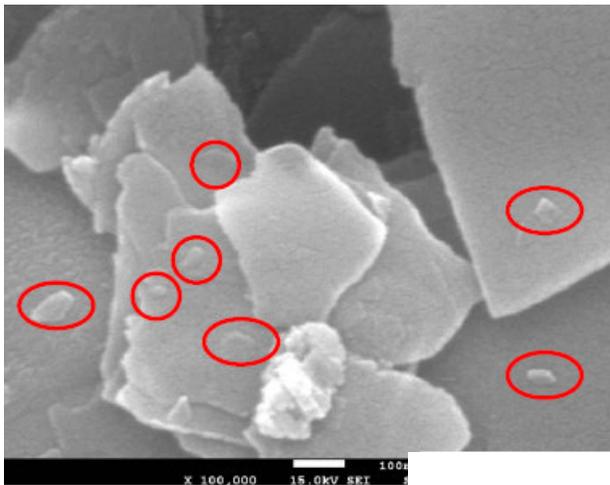


圖七十五放大30000倍

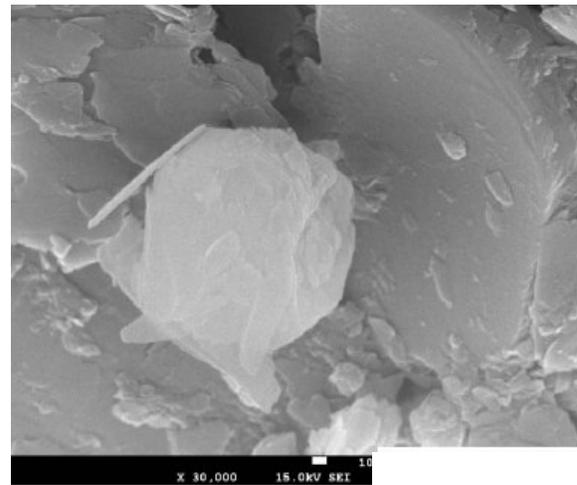


圖七十六放大50000倍

編號9-9：

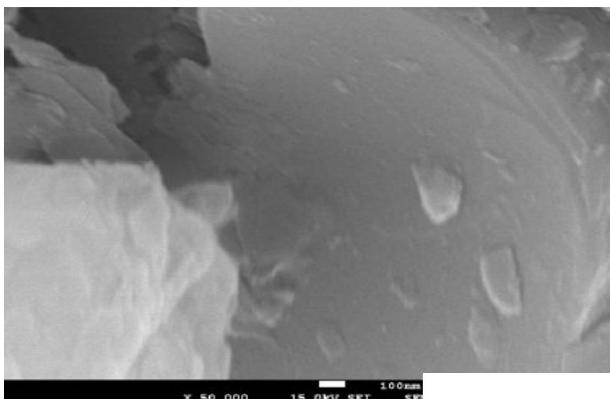


圖七十七放大100000倍

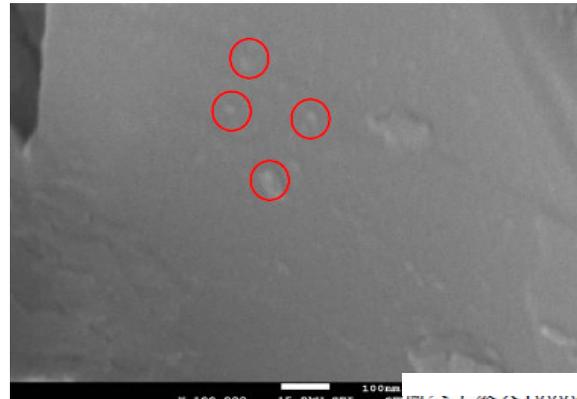


圖七十八放大30000倍

分析：奈米顆粒少



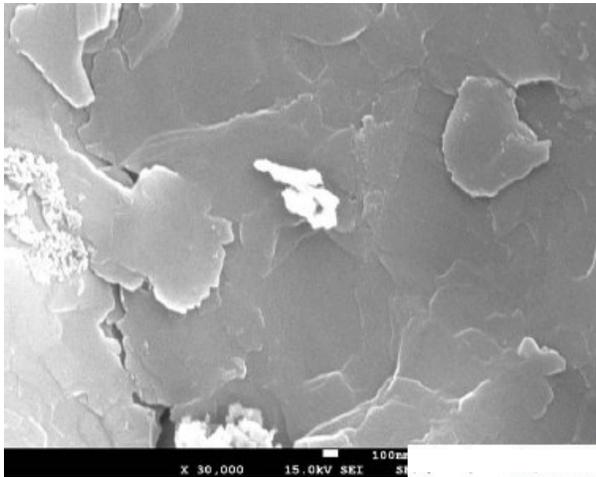
圖七十九放大50000倍



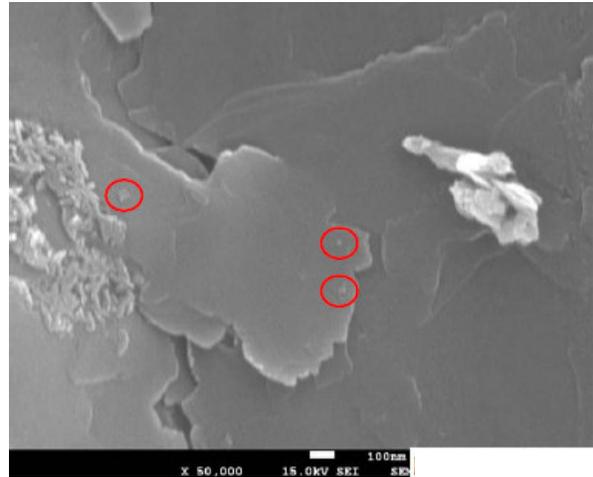
圖八十放大100000倍

分析：奈米顆粒少

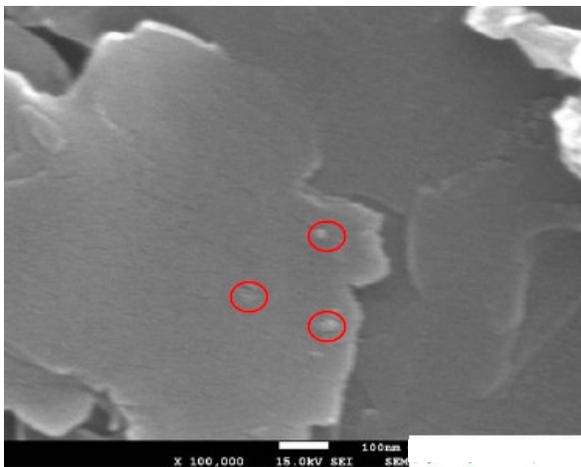
編號9-10：



圖八十一放大30000倍



圖八十二放大50000倍



圖八十三放大100000倍

分析：奈米顆粒少

討論：

1. 編號9-1圖五十四到編號9-3圖六十二，發現奈米顆粒較多，編號9-6圖六十九到七拾一為不整合帶地形，且靠近岩石塊，我們沒有發現奈米顆粒，編號9-4圖六十三到六十五、編號9-5圖六十六到六十八、編號9-7圖七十二到七十四到編號9-10圖八十一到八十三，奈米顆粒較少。
2. 圖五十六、圖五十九為彎曲度大處，形成較多，我們認為是受壓力大，滑動層產生彎曲，產生的奈米顆粒多。
3. 奈米顆粒有些產生在裂縫中如圖五十三，奈米顆粒有些浮在上方如圖如圖五十三標示處。

4. 我們建構一個奈米顆粒產生的模型：當地震造成地層斷裂的瞬間，此時在斷層泥中產生很多裂縫，多餘的圍岩擠入裂縫同時形成奈米結構，至於有些奈米顆粒浮在上面是，經過滑動被擠壓出來浮在上層中。

研究過程五：利用EDS探討奈米顆粒與附近非奈米的顆粒組成成份，以了解奈米顆粒是否與圍岩組成成份相同。

步驟

1. 採奈米顆粒及其背景環境來分析組成元素及含量
2. 取兩個不同處A及B處來分析組成元素及含量

結果

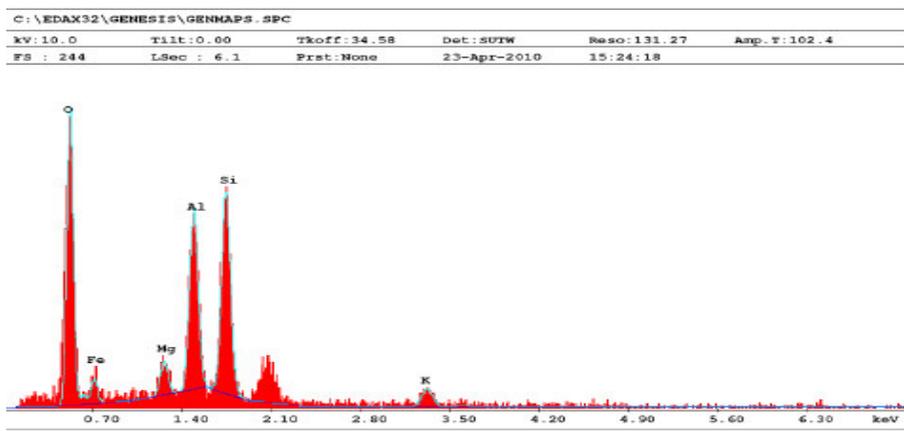
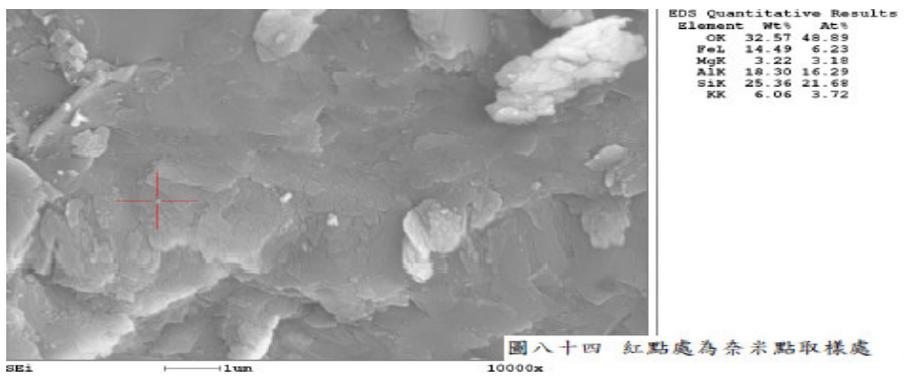
| 組成元素 | A處 | | B處 | |
|------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------------|
| | 奈米顆粒組成元素及含量分析(%) | 對應奈米顆粒的背景組成元素及含量分析(%) | 奈米顆粒組成元素及含量分析(%) | 對應奈米顆粒的背景組成元素及含量分析(%) |
| O | 32.57 | 34.13 | 31.67 | 35.23 |
| Fe | 14.49 | 5.90 | 5.16 | 12.56 |
| Mg | 3.22 | 1.36 | 1.91 | 2.16 |
| Al | 18.30 | 17.4 | 21.78 | 18.51 |
| Si | 25.36 | 25.02 | 30.97 | 24.69 |
| K | 6.06 | 8.35 | 8.5 | 6.86 |
| C | 0 | 7.71 | 0 | 0 |

討論：

1. 由組成元素分析，奈米顆粒與背景組成元素所含種類幾乎相同，有O、Al、Si、Fe、Mg、K、C，其中O、Al、Si較多，可見奈米顆粒並不是雜物，且我們所看的SEM圖都發現奈米顆粒浮在背景上面或是夾在裂縫中。

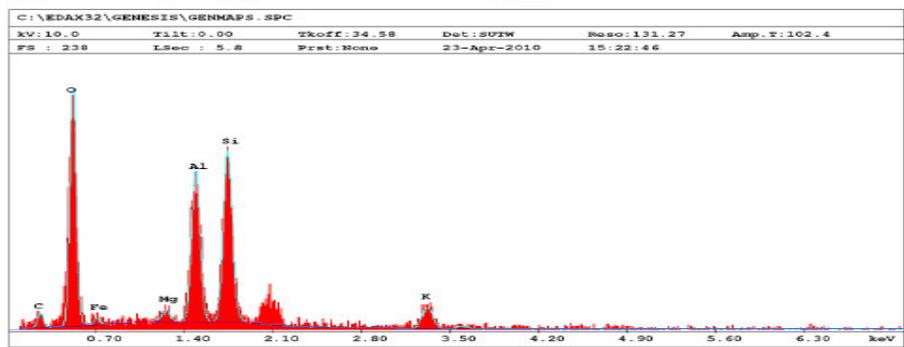
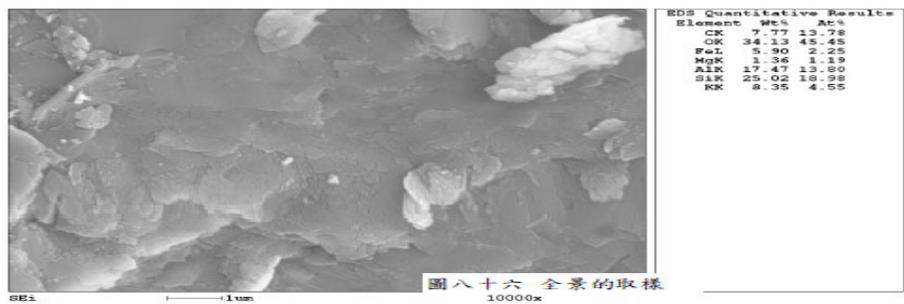
在元素上我們以A B兩處來分析，A B兩處的奈米顆粒的O、Al、Si都是較背景少。

(一) A處奈米顆粒組成元素及含量分析



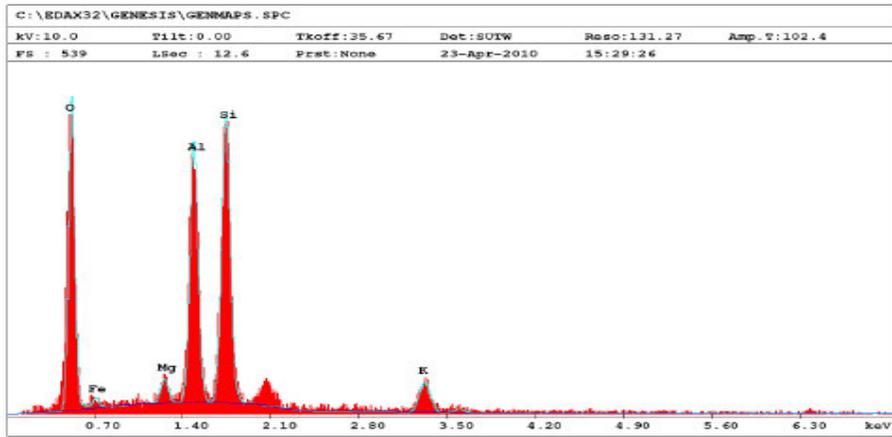
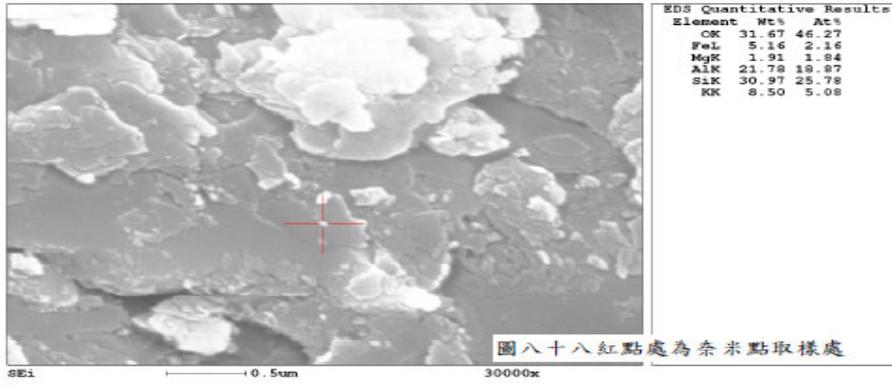
圖八十五 紅點處的奈米成分分析

A處對應奈米顆粒的背景組成元素及含量分析

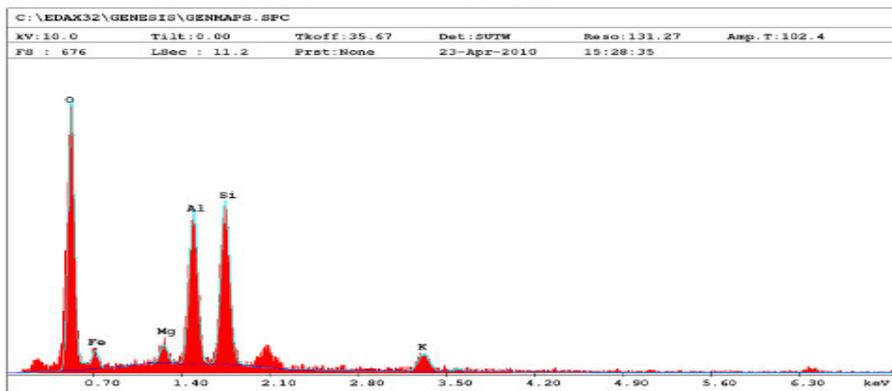
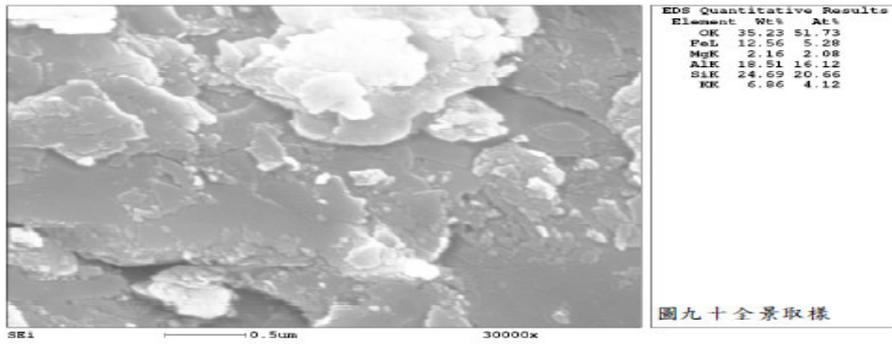


圖八十七 全景的成分分析

(二) B處奈米顆粒組成元素及含量分析



B處對應奈米顆粒的背景組成元素及含量分析



伍、結論：

- 1.屏東縣三地門的斷層裸露在地面高度不高，且相當明顯，很適合採樣及觀察。
- 2.用TM1000觀察，在斷層的上一層稱為圍岩層的結構，觀察到破碎的結構，顆粒形狀不均勻，且大小不一，大多是在3微米以上。
- 3.從我們採的樣品及利用AFM儀器來探討，我們發現在斷層泥及上下圍岩顆粒的分佈，上圍岩有微米大小的顆粒約是3微米以上，下圍岩也是微米大小的顆粒約是2微米以上，中間的斷層泥有一些顆粒是在奈米科技規定的範疇100奈米以內。
- 4.我們發現奈米顆粒與背景組成元素所含種類幾乎相同，有O、Al、Si、Fe、Mg、K、C等。
- 5.在斷層帶不同採樣點，大部份都有奈米顆粒。由此可見Nature文章預測，單層奈米顆粒在地震發生時，因奈米顆粒減小滑動時所產生的能量，造成能量的釋放不如想像的多，由我們的研究確定是有奈米顆粒產生，至於減少能量的釋放我們沒有探討，不能妄加判斷。
- 6.由SEM圖中我們發現奈米顆粒有些產生在裂縫中，有些浮在上層石粒。
- 7.我們建構一個奈米顆粒產生的模型：當地震造成地層斷裂的瞬間，因高溫高壓的環境，此時在斷層泥中產生很多裂縫，多餘的圍岩擠入裂縫同時形成奈米結構，至於有些奈米顆粒浮在上面是，經過滑動被擠壓出來浮在上層中。

陸、未來研究方向：

未來我們將繼續研究探討應菜龍沉積岩斷層的斷層泥內結構及成分。

柒、參考文獻

- 1.國立中央大學(<http://www.ncu.edu.tw/ch/clip/707>)。
- 2.九二一的幕後發現 (<http://tw.myblog.yahoo.com/jw!dGZ2l..fEQUxctZgN3YGNOIpRWI-/article?mid=60>)。
- 3.林義凱，「車籠埔斷層北段斷層帶之材料特性與構造分佈之初步研究」，臺灣大學地質科學研究所，論文，2006年。
- 4.廖卿妃，「車籠埔斷層斷層岩之變形作用與黏土礦物分析」，國立中央大學應用地質研究所，論文，2002年。

【評語】 030502

優點：

探討因斷層活動形成斷層泥中之奈米結構與地震能量之間的關係，結合了材料科學與地震學。亦與當地學生的身家安全有切身的關係，引起學生對自然作用的興趣，且得以探討實際的問題。

缺點：

此研究並無討論所分析之斷層泥結構為何，與地震能量之間的關係。

建議改進事項：

1. 實際野外的觀測與測量的補充會使本研究比較完整。
2. 數據的表現與探討應要更切題。
3. 沒有討論此研究可能的失誤，改進方法，所要驗證之假說為何？