



## 臺灣玉礦研究：過去、現在、未來

### The Study of Taiwan Jade: Past, Present and Future

俞震甫\*  
Tzen-Fu Yui\*

**摘要：**花蓮豐田地區的閃玉，亦被稱為臺灣玉，是該地區蛇紋岩與其圍岩（片岩）間經鈣富集換質作用的產物。閃玉形成的年代為  $3.3 \pm 1.7$  百萬年前，相關的換質作用可能發生於呂宋島弧—歐亞大陸邊緣碰撞所引發的岩體抬升時期。本文回顧了過去臺灣玉相關的研究結果，並嘗試指出未來可能的研究議題。在 1991 年以前，有關豐田地區閃玉的研究工作多著重於蛇紋岩與閃玉的野外分布調查，相關的礦物學與岩石學工作，以及地球化學與穩定同位素組成特徵的初步了解。近年的工作則著重於元素鈣的來源探討以及換質作用發生的年代分析。雖然目前對臺灣玉的形成過程已有相當程度的了解，一些區域地質構造變化、透輝石岩形成與換質作用中鈣富集的確實反應機制、以及豐田地區蛇紋岩特性的區域變化等細節，尚待未來更進一步的工作。

**關鍵詞：**閃玉、蛇紋岩、臺灣玉、換質作用、豐田（花蓮）

**Abstract:** Nephrite from the Fengtien area, Hualien, also known as the Taiwan Jade, is a Ca-enrichment metasomatic reaction product between serpentinite and country-rock schist. The nephrite formation processes might have taken place at  $3.3 \pm 1.7$  Ma, during rock exhumation triggered by Luzon arc-Eurasian continental margin collision. This paper reviews results of previous studies and also tries to highlight the future research targets. It is shown that research work that had been conducted before 1991 mainly focused on field mapping, mineralogical and petrological studies, as well as preliminary geochemical and

stable-isotope characterizations. Recently, studies have been mainly directed to the problems of Ca-source and formation age. Nonetheless, many details, regarding regional structure, reaction mechanisms for diopside formation and Ca-enrichment metasomatism, and the characteristic variation of serpentinite over the area, are yet to be explored.

**Keywords:** nephrite, serpentinite, Taiwan Jade, metasomatism, Fengtien (Hualien)

## 前言

“玉”為一種岩石，依其內含礦物，可分為兩類：一為硬玉（岩），或稱為輝玉，其內主要的礦物成份為硬玉 (jadeite,  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ )，另可能含少量的翠綠輝石 (omphacite)、鈉鉻輝石 (kosmochlore)、鈉長石、石英、鈉角閃石、鈉雲母、多矽白雲母、方沸石 (analcime)、硬柱石 (lawsonite)、綠纖石、綠泥石、鋁矽鋇石 (cymrite)、針鈉鈣石 (pectolite)、褐簾石、鉻鐵礦、磷灰石、金紅石、楣石與鋯石；另一為軟玉，或稱為閃玉，其內主要的礦物成份為透閃石—陽起石 (tremolite-actinolite,  $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ )，另可能含少量的透輝石、鈣鋁榴石、矽硼鈣石 (datolite)、符山石、葡萄石、滑石、綠泥石、蛇紋石、方解石、尖晶石、磁鐵礦、鉻鐵礦、黃鐵礦、黃銅礦、磁黃鐵礦、磷灰石、金紅石與楣石 (Harlow *et al.*, 2014)。輝玉多出露於板塊邊緣，與蛇紋岩、角閃岩、藍色片岩及/或榴輝岩共生，指示高壓生成環境。閃玉依產狀可再區分為兩類，一與白雲岩共生，另一則與蛇紋岩共生，後者多出露於板塊邊緣，而前者之形成則多與板塊碰撞後之火成活動有關；閃玉不含高壓礦物，亦少與高壓岩石共生，指示其可能生成於較低壓的環境。無論何種類型的玉石，由於礦物及化學成份特殊，它們的形成均肇因於溶液—岩石交互反應的換質作用。玉礦研究即主要著眼於這些換質作用的化學反應、物理條件以及相關的地質環境。

## 臺灣玉礦研究

臺灣玉屬閃玉類，與蛇紋岩共生，主要分布於臺灣東部玉里帶花蓮縣壽豐鄉原荖腦山一帶，位於豐田村以西約三公里處 (Tan *et al.*, 1978)，亦有小部分出露於以南之萬榮鄉王武塔山附近 (Tan and Chuay, 1979)；事實上，南澳地區（屬太魯閣帶）蛇紋岩與角閃岩接觸帶，亦曾有（類）閃玉的報導 (Yui *et al.*, 1987) (圖1)。唯後二者的儲量與品質均差，較不為人所知。在原荖腦山地區，出露岩石主為玉里帶的黑色片岩（碳質物—雲母—石英片岩），其片理走向為 EW 或 ENE，向北傾斜 20—30°；七個蛇紋岩岩體則

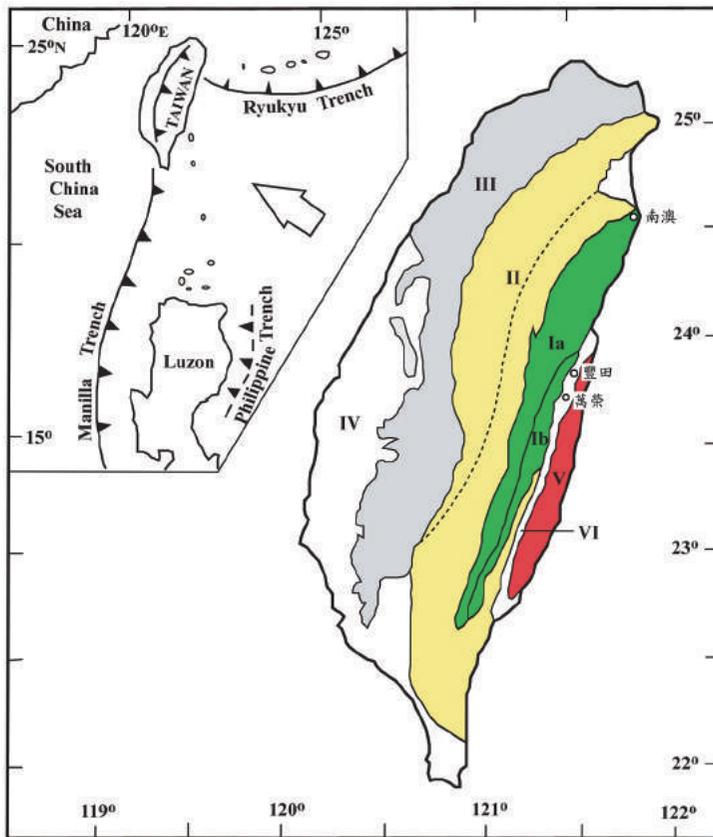


圖1. 臺灣主要地體構造帶區分圖 (取自 Ho, 1986)。I. 中央山脈東斜面，Ia. 太魯閣帶，Ib. 玉里帶；II. 中央山脈西斜面（第三紀板岩與硬頁岩）；III. 西部麓山帶；IV. 西部平原；V. 海岸山脈；VI. 臺東縱谷。

Fig. 1. Major tectonic units of Taiwan (after Ho, 1986). I. the eastern flank of the Central Range, Ia. Tailuko belt, Ib. Yuli belt; II. the western flank of the Central Range (Tertiary slate and argillite); III. the western foothill; IV. the coastal plain; V. the Coastal Range; VI. the Longitudinal Valley.

以層狀或透鏡狀整合夾雜於片岩之間，岩體的厚度為 5–50 公尺，長度為 100–3000 公尺。因構造剪切作用，蛇紋岩體多具明顯葉理，少部分塊狀蛇紋岩，僅偶見於岩體內部。透鏡狀閃玉偶出現於蛇紋岩與片岩之間，為交代換質作用的產物；除閃玉外，透輝石岩與斜黝簾石岩為另二種可能存在的換質岩類。當換質岩體存在於蛇紋岩與片岩之間，其總厚度有相當變化，最厚者可達 2 公尺。若所有岩類均出現於同一露頭時，排列順序常為蛇紋岩–閃玉–透輝石岩–斜黝簾石岩–片岩（圖2）；唯三種換質岩石並非必然共存，接觸關係亦可由整合變化至相互穿插，且閃玉亦偶見於透輝石岩與斜黝簾石岩之間。除了這些換質岩石，後期脈狀或裂隙充填作用亦相當普遍 (Tan *et al.*, 1978)。

臺灣玉的研究始於 1960 年代，隨著玉礦的開發，相關研究工作於 1970 年代最為蓬勃。後因加拿大閃玉的進口，豐田閃玉礦區於 1980 年代陸續停工，標本採集不易，研究工作隨之停滯。此一過程，很明顯的反映於研究論文發表數目，在 1965–1990 年間，至少有 18 篇與豐田閃玉相關之地質論文發表，但 1990 年之後，僅有三篇（圖3）。以下以 1990 年為界，簡述不同時期的研究成果以及未來可能的研究方向。

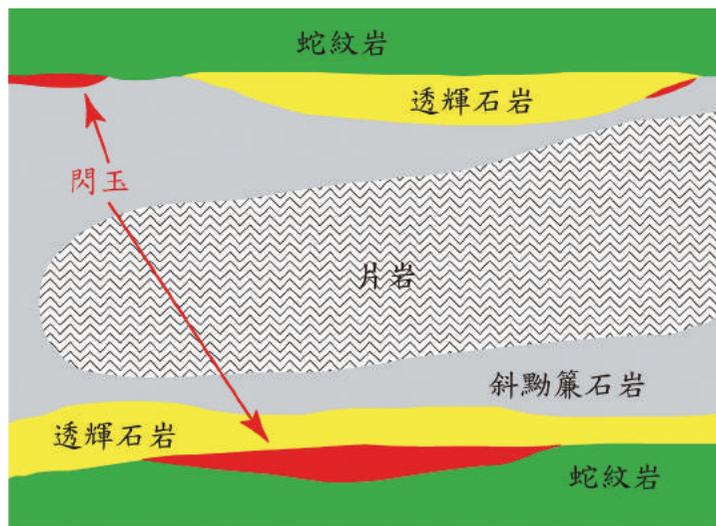


圖2. 蛇紋岩、閃玉、透輝石岩、斜黝簾石岩、以及片岩的常見接觸關係簡示圖（修改自 Yui *et al.*, 2014）。

Fig. 2. Schematic diagram (not in scale) showing the common contact relation between serpentinite, nephrite, diopside, clinozoisite rock and schist (modified after Yui *et al.*, 2014).

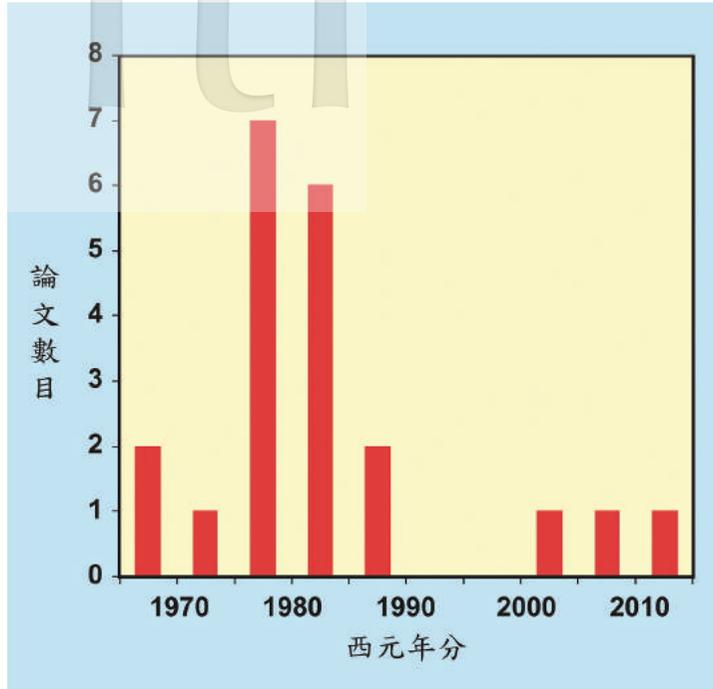


圖3. 豐田閃玉礦床相關研究論文統計圖。

Fig. 3. Histogram of publications related to Fengtien nephrite.

## 一、1990年以前的工作

這個時期的工作主要為蛇紋岩－閃玉的分布調查，相關岩石之礦物組成鑑定與岩相觀察，以及少部分的地球化學工作。

臺灣玉初始的研究工作，主要為與寶石學相關的礦物描述 (Huang, 1966, 1969, 1980; Huang and Yeh, 1978)。系統性的礦床與岩石學工作，始於1970年代，譚立平教授等人於1978年發表的國科會專刊第一號為一重要代表作 (Tan *et al.*, 1978)。該專刊不但出版了豐田閃玉礦區的地質圖，其內容亦包含閃玉之礦物學研究、閃玉微量元素含量與顏色關係、閃玉礦區內其他岩類之礦物組成、以及閃玉礦區內之碳酸鹽類礦物；明確說明礦區內各類岩石之出露特徵與其礦物組成（表1），奠定了日後其他研究的基礎。Tan and Chuay (1979) 更將地質圖延伸至萬榮地區王武塔山附近出露的蛇紋岩體。

表1. 豐田地區各主要岩石及裂隙充填之礦物組成。

Table 1. Minerals in various rocks and fissure fillings in the Fengtien area.

類別	礦物組成	相關文獻*
蛇紋岩	葉蛇紋石、水鎂石、蜥蛇紋石、纖蛇紋石、橄欖石、綠泥石、滑石、鉻尖晶石、鉻鐵礦、磁鐵礦、黃鎳鐵礦、鎳黃鐵礦	4,5,8,10,11
閃玉	透閃石—陽起石、透輝石、鈣鋁榴石、斜黝簾石、蛇紋石、綠泥石、滑石、鉻尖晶石、鉻鐵礦、黃銅礦、磁黃鐵礦、赤鐵礦	1,2,3,4,6,7,12,13
透輝石岩	透輝石、透閃石—陽起石、鉻鐵礦	4
斜黝簾石岩	綠簾石—斜黝簾石、綠泥石、透閃石、透輝石、石英、白雲母、鈉長石、褐簾石、磷灰石、金紅石、榍石、鋯石	4,9,14
片岩	石英、白雲母、黑雲母、鈉長石、綠簾石—斜黝簾石、綠泥石、方解石、磷灰石、榍石、鋯石、碳質物	4,14
裂隙充填	鈣鋁榴石、鈣鉻榴石、黝簾石、透輝石、透閃石、綠泥石、方解石、文石、石英	4

\* 1. Huang (1966), 2. Huang (1969), 3. Huang and Yeh (1978), 4. Tan *et al.* (1978), 5. Tan and Chuay (1979), 6. 陳肇夏 (1979), 7. Huang (1980), 8. Wang Lee and Yui (1980), 9. Chen (1982), 10. Lin (1982), 11. Lo *et al.* (1984), 12. Lo and Huang (1985), 13. Iizuka and Hung (2005), 14. Yui *et al.* (2014).

基於岩相觀察與蛇紋石異形體的鑑定，Wang Lee and Yui (1980) 將豐田地區的蛇紋岩區分為五種先後形成的型態：(1)超基性岩經蛇紋岩化後形成具網狀 (mesh) 或絹石 (bastite) 結構之蜥蛇紋石蛇紋岩，(2)蜥蛇紋石蛇紋岩經再結晶作用後形成具刃墊狀 (bladed-mat) 結構之葉蛇紋石蛇紋岩，(3)滑動面上之擦痕葉蛇紋石蛇紋岩，(4)脈狀充填平行纖維狀之葉蛇紋石 (picrolite)，以及(5)滑動面上之擦痕纖蛇紋石蛇紋岩。整個地區以具刃墊狀 (bladed-mat) 結構之葉蛇紋石蛇紋岩為主，少量蜥蛇紋石蛇紋岩內，事實上亦含有相當數量的纖蛇紋石或葉蛇紋石。經由X—光繞射與熱差分析的工作結果，Lin (1982) 也得到類似的結論；並認為豐田地區稀有的鮑文玉 (bowenite) 是由葉蛇紋石及少量之纖蛇紋石所組成。Lo *et al.* (1984) 也分析了蛇紋岩內鉻尖晶石的化學成份，與蛇綠岩系橄欖岩中者類似。

豐田地區的閃玉主含透閃石—陽起石，其 Fe/(Fe+Mg) 比值大約為 0.1 (Tan *et al.*, 1978; Lo and Huang, 1985)。Tan *et al.* (1978) 將這些閃玉區分為具刃墊狀結構之普通閃玉



圖4顯示了一個蛇紋岩－閃玉－透輝石岩－斜黝簾石岩－片岩假想剖面的化學成份變化 (Yui and Wang Lee, 1980)。明顯地，閃玉、透輝石岩、與斜黝簾石岩三個換質產物內 Si、Al、Mg、Fe、Ni、及 Cr 的含量，可以蛇紋岩與片岩兩個端點成份的混合來解釋；部分 Na 及 K 可能於換質作用中流失；相反的，“Ca 富集”則是這個換質作用的特色。這些化學成份變化特徵，說明蛇紋岩與片岩相互作用形成閃玉 / 透輝石岩 / 斜黝簾石岩是一開放的換質作用系統；Na 及 K 的流失不是問題，但 Ca 富集的元素來源，則是一待解的難題。

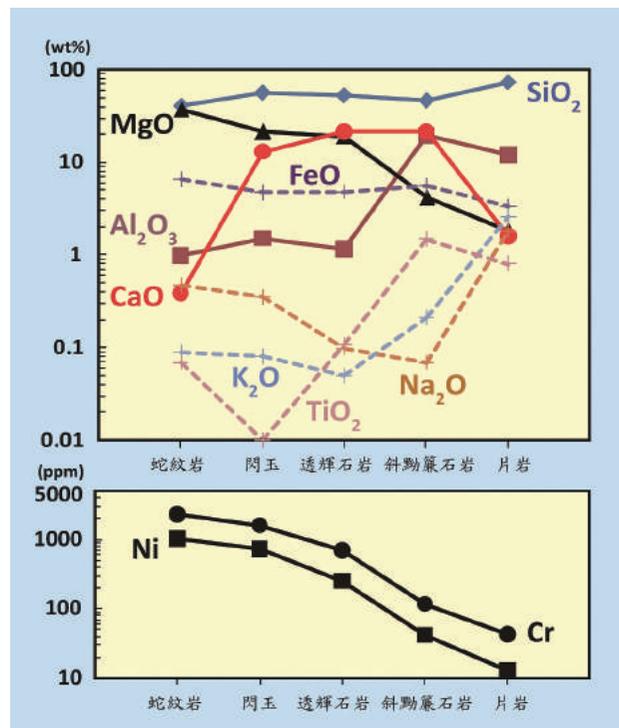


圖4. 蛇紋岩－閃玉－透輝石岩－斜黝簾石岩－片岩假想剖面的化學成份變化圖。各岩石的平均化學成份取自 Yui and Wang Lee (1980)。

Fig. 4. Compositional variations across a hypothesized serpentinite-nephrite-diopsidite-clinozoisite rock-schist profile. Average chemical compositions of each rock type are taken from Yui and Wang Lee (1980).

Yui and Wang Lee (1982) 以及 Yui *et al.* (1988, 1990) 對豐田地區碳酸鹽類礦物、閃玉礦床與蛇紋岩做了系列的碳、氫、氧穩定同位素分析研究。蛇紋石的氫、氧同位素組成範圍分別為  $-80 \sim -45\%$  及  $+3.5 \sim +5.0\%$ ，透閃石（閃玉）者為  $-68 \sim -33\%$  及  $+4.5 \sim$

+5.3‰，透輝石、斜黝簾石以及除了石英與方解石外的裂隙充填礦物，均具類似的氧同位素組成範圍 (+2.2~+5.4‰)。這些結果指示了整個換質作用的氧同位素系統應為岩石（蛇紋岩或超基性岩）所控制，而較大範圍的氫同位素組成，則暗示了不同來源換質溶液的可能性。裂隙充填礦物間氧同位素組成的分異，亦指示後期換質作用的溫度條件可能為320–370°C。此外，由碳、氧穩定同位素組成的差異，豐田地區裂隙充填的方解石及文石可至少區分為二群，一群以方解石為主，形成於高溫換質作用時期；另一群則以文石為主，於近地表的低溫條件下形成；文石的形成可能肇因於地表水中較高的鎂離子活性，而與壓力無關。

## 二、1991—2015間的工作

為建立太平洋西岸考古遺址內玉器製品來源追蹤指標的資料庫，Iizuka and Hung (2005) 分析了大量豐田閃玉標本內透閃石-陽起石與鉻尖晶石的化學成份。結果顯示，透閃石-陽起石化學成份的  $Fe/(Fe+Mg)$  比值有相當的變化，0.07~0.19，平均值約為 0.1；而鉻尖晶石的 Fe、Cr、Mn、Zn 含量，由核心至邊緣有相當大的系統性變化，與蛇紋岩中者類似。這些工作提供了一些新的資訊，也大致確定了以往工作的結論。

Adams and Beck (2009) 報導了豐田閃玉具有極高的銻同位素比值 ( $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7128$ ) 和很低的  $^{87}Rb/^{86}Sr (=0.227)$  比值，這個結果和他們研究紐西蘭閃玉的結論 (Adams *et al.*, 2007) 類似，指示了閃玉中的銻元素主要源於變質沉積岩，而非源於大理岩、超基性岩或蛇紋岩。由於銻與鈣均為鹼土族金屬，具有類似的化學性質，這個結果也暗示了閃玉形成時所需富集的鈣元素，可能也源於變質沉積岩。若是如此，變質沉積岩中的含鈣礦物（如透閃石-陽起石、綠簾石-斜黝簾石、榴石與方解石）為何在此換質作用中分解，釋放出元素鈣以形成閃玉等換質產物，是下一個要回答的問題。此外，鈣與銻雖同為鹼土族金屬，但究為不同的元素，上述“鈣元素富集源於變質沉積岩”的推論是否正確，仍有待確定。

Yui *et al.* (2014) 發現斜黝簾石岩內的碎屑鈳石多有一極薄 (<15–20微米) 的反應邊緣。他們認為這個鈳石邊緣是在形成閃玉/透輝石岩/斜黝簾石岩的換質作用中，碎屑鈳石經溶解再沉澱的結果。這些鈳石邊緣的奈米二次離子質譜儀 (NanoSIMS) 原位 U-Pb 定年結果，指示豐田地區蛇紋岩-片岩間發生換質作用而形成閃玉/透輝石岩/斜黝簾石岩的年代應為  $3.3 \pm 1.7$  Ma (圖5)。這個年代較歐亞大陸邊緣與呂宋島弧開始碰撞形成臺灣

島的年代 (~6.5 Ma) (Lin *et al.*, 2003) 為晚，說明豐田閃玉形成於弧—陸碰撞後的岩體抬升時期。Yui *et al.* (2014) 另指出，由綠泥石溫度計估算出豐田地區蛇紋岩—片岩間發生換質作用的溫度 (~350±50°C) 要較由碳質物拉曼光譜估計出的變質溫度 (410–430°C) 為低，亦符合上述地體構造環境的推論。

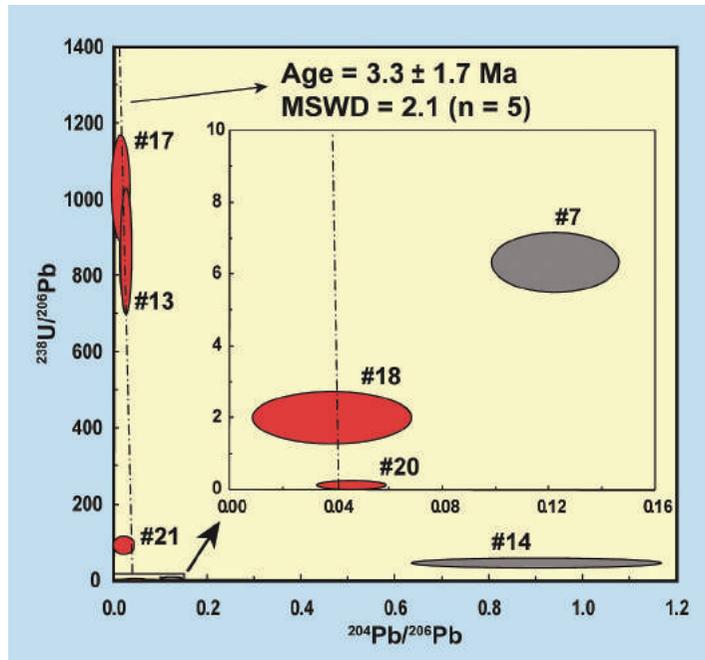


圖5. 斜黝簾石岩銻石邊緣  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  -  $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  定年圖 (取自Yui *et al.*, 2014)。灰色圓圈為未納入年代計算的分析結果。

Fig. 5.  $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$  -  $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$  plot for zircon rim from clinozoisite rock (after Yui *et al.*, 2014). Grey circles are analyses excluded from age regression.

### 三、未來可能的工作方向

1. 如前所述，豐田地區片岩之片理走向為 EW 或 ENE，向北傾斜 20–30°，但整個玉里帶變質岩石的主要構造位態為 N20–40°E，向西北傾斜 20–40° (Tan and Chuay, 1979)。岩層位態的差異相當明顯，其原因及可能的地體構造意義，有待探討。
2. 透輝石岩的原岩及透輝石岩形成時之確切換質反應，仍待釐清。
3. 閃玉的形成是“鈣富集”換質作用的結果，造成鈣元素富集的反應機制，目前仍

不清楚。

4. Chen (1971) 報導了豐田閃玉礦區的一個換質岩石標本，礦物組成為符山石+透輝石+鈣鋁榴石+鈦鐵礦；這與該地區大部分換質岩石的礦物組成不同（見表1）。Wan and Yeh (1984) 亦報導了一蛇紋岩內的構造岩塊，具有類似礦物組成（符山石+透輝石+鈣鋁榴石）。此類岩石可歸屬為所謂之異剝鈣榴岩 (rodingite) (Harlow *et al.*, 2014)，其與閃玉等換質岩石在成因上的差異，目前仍無適當的解釋。
5. 近年花蓮珠寶市場上推出的新產品“臺灣墨玉”，事實上是產於原荖腦山南側的塊狀蛇紋岩。而位於原荖腦山北側的蛇紋岩體，則多具明顯葉理。此二類蛇紋岩體在野外的確實分布狀況，在結構上與礦物組成上的異同，以及對應的地質意義，均有賴更進一步的研究工作。

## 結論

在臺灣研究與蛇紋岩共生的閃玉礦成因有二個優勢。第一，豐田地區閃玉以原生礦石為主，非次生滾石，我們可清楚的觀察閃玉與共生岩石的接觸關係。第二，臺灣新期造山運動的研究相當詳實，提供許多重要的地體構造背景資料。在此優勢條件下，我們比較有機會了解並建立在地體構造的架構下閃玉礦床形成的作用與機制。如本文回顧，我們目前對臺灣豐田玉礦的瞭解已有一些重要的成果，但許多細節仍待後續努力。這些工作結果，當可做為其它地區類似閃玉礦床研究的重要參考資料。

## 參考文獻

- 陳肇夏。1979。臺灣軟玉的化學式及生成環境。地質，2:57-68。
- Adams, C.J. and Beck, R.J. 2009. A signature for nephrite jade using its strontium isotopic composition: some Pacific Rim examples. *Journal of Gemmology*, 31:153-162.
- Adams, C.J., Beck, R.J. and Campbell, H.J. 2007. Characterisation and origin of New Zealand nephrite jade using its strontium isotopic signature. *Lithos*, 97:307-322.
- Chen, C.C. 1982. Clinozoisitic rocks in the nephrite area of Fengtien to Silin, Hualien. *Proceedings of the Geological Society of China*, 25:53-66.
- Chen, P.Y. 1971. A preliminary report on the nephrite deposits of the Fengtien area, Hualien.

- Annual Meeting of the Geological Society of China, Abstract, 3.
- Harlow, G.E., Sorensen, S.S., Sisson, V.B. and Shi, G. 2014. The Geology of Jade Deposits, pp. 305-374. In: L.A. Groat (Ed.), *The Geology of Gem Deposits (2nd Edition)*, Vol. 44, Short Course Handbook Series, Mineralogical Association of Canada, Quebec, Canada.
- Ho, C.S. 1986. An introduction to the geology of Taiwan: Explanatory text of the Geologic Map of Taiwan. 163pp. Ministry of Economic Affairs, R.O.C.
- Huang, C.K. 1966. Nephrite and blue chalcedony from Taiwan. *Proceedings of the Geological Society of China*, 9:11-19.
- Huang, C.K. 1969. Grossularite and salite from the Fengtien asbestos mine, Taiwan. *Acta Geologica Taiwanica*, 13:1-7.
- Huang, C.K. 1980. Gem minerals from Taiwan. *Journal of the Gemmological Society of Japan*, 7:3-12.
- Huang, C.K. and Yeh, C.L. 1978. Taiwan cat's-eye. *Journal of the Gemmological Society of Japan*, 5:13-20.
- Iizuka, Y. and Hung, H.C. 2005. Archaeomineralogy of Taiwan nephrite: sourcing study of nephritic artifacts from the Philippines. *Journal of the Austronesian Studies*, 1:35-81.
- Lin, S.B. 1982. Serpentinities from the Yuli Belt, Tananao Schist, eastern Taiwan. *Acta Geologica Taiwanica*, 21:104-121.
- Lin, A.T., Watts, A.B. and Hesselbo, S.P. 2003. Cenozoic stratigraphy and subsidence history of the South China Sea margin in the Taiwan region. *Basin Research*, 15:453-478.
- Lo, C.H., Wang Lee, C. and Yui, T.F. 1984. Olivine and chrome spinel in the ultramafic rocks from Fengtien, Hualien, Taiwan. *Acta Geologica Taiwanica*, 22:131-140.
- Lo, C.H. and Huang, C.K. 1985. Nephrites with dragon-patterns from the Hsilin area, eastern Taiwan. *Acta Geologica Taiwanica*, 23:109-124.
- Tan, L.P., Wang Lee, C., Chen, C.C., Tien, P.L., Tsui, P.C. and Yui, T.F. 1978. A mineralogical study of the Fengtien nephrite deposits of Hualien, Taiwan. *National Science Council Special Publication*, 1, 81pp.
- Tan, L.P. and Chuay, H.Y. 1979. Serpentinities of the Fengtien-Wanyung area, Hualien, Taiwan. *Acta Geologica Taiwanica*, 20:52-68.

- Wan, H.M. and Yeh, C.L. 1984. Uvarovite and grossular from the Fengtien nephrite deposits, eastern Taiwan. *Mineralogical Magazine*, 48:31-37.
- Wang Lee, C. and Yui, T.F. 1980. Serpentinities from Laonaoshan, eastern slope of the Central Range, Taiwan. *Proceedings of the Geological Society of China*, 23:76-91.
- Yui, T.F. and Wang Lee, C. 1980. Metasomatism of ultramafic rocks from Laonaoshan, eastern slope of the Central Range, Taiwan. *Proceedings of the Geological Society of China*, 23:92-104.
- Yui, T.F. and Wang Lee, C. 1982. Isotopic studies of carbonate minerals associated with ultramafic rocks, Fengtien, Hualien, Taiwan. *Proceedings of the Geological Society of China*, 25:13-21.
- Yui, T.F., Lo, C.H., Lan, C.Y. and Wang Lee, C. 1987. Nephrite/rodingite in metamorphosed ophiolite, Nanao, northeast Taiwan. *Proceedings of the Geological Society of China*, 30:22-39.
- Yui, T.F., Yeh, H.W. and Wang Lee, C. 1988. Stable isotope studies of nephrite deposits from Fengtien, Taiwan. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52:593-602.
- Yui, T.F., Yeh, H.W. and Wang Lee, C. 1990. A stable isotope study of serpentinization in the Fengtien ophiolite, Taiwan. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54:1417-1426.
- Yui, T.F., Usuki, T., Chen, C.Y., Ishida, A., Sano, Y., Suga, K., Iizuka, Y. and Chen, C.T. 2014. Dating thin zircon rims by NanoSIMS: the Fengtien nephrite (Taiwan) is the youngest jade on Earth. *International Geology Review*, 56:1932-1944.