

國立東華大學自然資源與環境學系

碩士論文

指導教授：蔡金河 博士

太魯閣帶不純大理岩岩象及岩石成因  
之研究

*Petrologic characterization and petrogenesis of impure marbles  
in the Tailuko Belt*



研究生：李宜臻 撰

中華民國 113 年 10 月

## 誌謝

感謝我的指導教授蔡金河老師，老師總竭力提升我們的研究環境及條件，並時時敦促我們的研究品質。老師常分享各種閱讀資源，耳提面命我們閱讀的重要；每當我們研究上有需要時，他總不吝於提供所需之資源；老師常促進國際交流，讓我們有機會與國外的學者交流互動，增廣見聞。在研究上，老師對細節的堅持與實事求是的態度，都是值得追尋的品德。感謝老師一路走來敦促及包容拖延的我，儘管生氣仍舊做好品質把關，讓我從中學到許多寶貴的經驗，沒有老師的督促，這本碩論無法順利完成，非常謝謝您！

在儀器使用上，在礦物化學分析方面，感謝中央研究院地球科學所的 Yoshiyuki Iizuka 博士和 Masako Usuki 助理提供電子微探儀之使用，以及在分析上的教導與協助。碳質物的拉曼光譜分析上，感謝名古屋大學環境學研究科的 Yui Kouketsu 副教授提供拉曼光譜儀，以及在分析與數據處理上指導。野外方面，感謝立達礦場的饒姑姑、和中部落的劉正凱先生、臺灣大學許緯豪博士、東華的曾信翰、張育維以及實驗室同仁多方面的協助與建議。樣本提供方面，感謝實驗室的羅文翰學長、洪志峰學長及黃韻如學姊提供寶貴的研究素材。

在實驗室的日常研究中，感謝文翰學長在研究上多方面的協助與啟發，學長總不吝分享所學，爬梳釐清我的研究問題，每次的討論都讓人獲益良多。感謝我的同窗劉康文與王雅芳，大家總是互相分享所學及發現，康文認真負責、博學及力求精確的態度，雅芳提綱挈領、行動力滿點的特質，都是我學習的榜樣。此外，謝謝芝穎學姊處理實驗室事務以及維護分析儀器的運作。

口試及論文修改方面，感謝臺灣師範大學葉恩肇老師及臺灣大學朱美妃老師對我碩士學位口試的指導及論文修改的建議。最後，在求學的過程中，感謝家人一路上的精神與經濟支持以及對我的包容，讓我能順利完成學業。也感謝朋友們的陪伴與支持，並感謝學校在 0403 地震過後，仍維持學校之運作正常，讓我們能持續專注於研究上而不受影響。

# 摘要

大理岩是太魯閣帶主要的組成岩類，既是臺灣最古老的岩石，也是重要的經濟礦產資源。然而，因大理岩的組成礦物種類不多，可應用的地質溫壓計亦鮮少，以致太魯閣帶大理岩岩石成因、變質條件及地質演化等研究資料相當缺乏。為彌補此一空缺，本研究針對太魯閣帶中，矽酸鹽礦物含量 > 5% 的不純大理岩 (impure marble) 進行岩象觀察及礦物化學分析，藉以推估岩石成因及變質條件，並挑選含碳質物的大理岩，套用碳質物拉曼光譜 (Raman Spectroscopy of Carbonaceous Material, RSCM) 溫度計估算峰期變質溫度。

依據野外產狀及岩石的礦物組成，本研究將不純大理岩分為方解石質、白雲石質、矽質不純大理岩及接觸帶大理岩四類。方解石質大理岩含多矽白雲母、鈉雲母及珍珠雲母三相共存，並含富鋁榭石，變質度推估未高於上部綠色片岩相，RSCM 溫度約為 480 °C；白雲石質不純大理岩含金雲母、透閃石等礦物，RSCM 溫度為 500–550 °C；矽質大理岩含矽灰石 (wollastonite)、透輝石及鈣鋁-鈣鐵榴石 (grossular-andradite) 等礦物，推估岩石曾受接觸變質作用，或有外部流體參與變質反應。

接觸帶之大理岩依接觸之岩性分為三類，接觸岩性各別為角閃岩、硬綠泥石岩，及含鈦鐵礦-珍珠雲母脈或包體之大理岩，大理岩與這些岩類之接觸緣均具反應區，顯示相鄰岩石間曾發生交代換質作用。其中，與角閃岩接觸的大理岩含石榴子石 + 韭閃石 (pargasite) + 斜黝簾石 + 黑雲母 + 鈦鐵礦之峰期礦物組合，記錄中至上部角閃岩相之變質條件。與硬綠泥石岩接觸之大理岩含韭閃石、鎂綠鈣閃石 (magnesiohastingsite)、符山石 (vesuvianite)、剛玉及鐵尖晶石 (hercynite) 等礦物，為太魯閣帶大理岩研究的首次發現。而含鈦鐵礦-珍珠雲母脈或包體的大理岩與方解石質大理岩相同，含三種雲母共存，然其含有奧長石及斜黝簾石，變質度介於綠片岩相過度至角閃岩相間。

最後，檢視以 RSCM 溫度計估算的大理岩峰期變質溫度於空間上的分布趨勢，其變化由東南向西北遞增，該結果為太魯閣帶東側大理岩區之變質度空間變化提供新制約。

**關鍵字:** 不純大理岩、碳質物拉曼光譜溫度計、反應區、韭閃石、鈣鋁榴石、鈣鐵榴石、珍珠雲母、鈉雲母、矽灰石、符山石、鐵尖晶石、剛玉、富鋁榭石

## 英文摘要

Marble is a key component of the Tailuko belt, an important natural resource, and also Taiwan's oldest rock. However, pure marble contains almost no mineral assemblages for thermobarometry and hampers our understanding of its metamorphic conditions. This study focuses on impure marble with over 5% silicate content, using petrographic observations and mineral chemical analyses to estimate its metamorphic conditions. Carbonaceous-material-bearing samples were chosen for Raman Spectroscopy of Carbonaceous Material (RSCM) geothermometry to estimate peak metamorphic temperatures of the marbles.

Based on field occurrences and mineral compositions, the studied marbles are classified into four types: calcitic, dolomitic, siliceous impure marble, and contact-zone marble. The calcitic marbles, which contain phengite, paragonite, margarite, and high-aluminium titanite, show that the metamorphic conditions are below the upper greenschist facies, with RSCM temperatures around 480 °C. Dolomitic marbles, which contain phlogopite and tremolite, have RSCM temperatures ranging from 500 to 550 °C. Siliceous marbles, containing wollastonite, diopside, and grossular-andradite, indicate that the rocks might have been formed by contact metamorphism or fluid infiltration.

The contact-zone marbles are classified based on their surrounding rocks: amphibolite, chloritoid rock, and those with ilmenite-margarite veins or clasts. Reaction zones at the boundaries of the rocks indicate chemical exchange between the neighboring rocks. Marbles adjacent to amphibolites contain garnet and pargasite, indicating middle to upper amphibolite facies conditions. Marbles adjacent to chloritoid rocks contain pargasite, magnesiohastingsite, vesuvianite, corundum, and hercynite—the occurrences are the first finding from the Tailuko belt marbles. Marbles with ilmenite-margarite veins feature oligoclase, clinozoisite, and three varieties of mica, suggesting a transition from greenschist to amphibolite facies.

The spatial distribution of estimated peak metamorphic temperatures from RSCM reveals a trend of temperature increase from southeast to northwest, providing insight into metamorphic variation in the eastern part of the Tailuko belt.

**Keywords:** impure marble, RSCM geothermometer, reaction zone, pargasite, grossular, andradite, margarite, paragonite, wollastonite, vesuvianite, hercynite, corundum, high-aluminium titanite