

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

東台灣玉里帶變質沉積岩之峰期溫壓
新制約與地質詮釋

*New constraints and interpretations on peak pressure-temperature
conditions of metasedimentary rocks in the Yuli belt, eastern Taiwan*



研究生：葉芝穎 撰

中華民國 108 年 7 月

致謝

能夠完成這篇論文首先要感謝的是我的指導教授蔡金河老師，在學業上不厭其煩的指點，對待任何事物非常嚴謹，對於實驗室的夥伴們相當照顧且公平，而我很幸運地獲得前往日本名古屋大學學習使用儀器並執行合作計畫的珍貴經驗。老師總是在我陷入低潮徬徨時將我拉回正軌，並給予許多寶貴的建言，鼓勵我正面思考並積極對待事務，他大公無私且正派的人格特質讓我相當欽佩尊敬。

拉曼光譜儀的分析是我的研究中很重要的一個環節，因此特別感謝日本名古屋大學宇宙地球環境研究所的 Masaki Enami 教授，以及名古屋大學環境學研究科的 Katsuyoshi Michibayashi 教授及 Yui Kouketsu 教授，提供我前往名古屋大學的機票及住宿的經費且允許使用拉曼光譜儀設備，給予我在研究及分析方面非常寶貴的指導。謝謝中國地質科學院地質力學研究所劉曉春教授協助部分薄片的製備；感謝中央研究院地球科學所的 Yoshiyuki Iizuka 博士及助理 Masako Usuki 女士在電子微探分析儀操作上指導與協助，也謝謝張庭漪在我北上前往中研院使用儀器及參加研討會時提供住宿。

野外的工作上特別感謝經濟部礦務局東辦處已退休的林錦村科長提供的礦區相關的資訊，也感謝法國土魯斯大學的博士生 Clément Conand、德國耶拿大學的博士生張藝瓊、德國波昂大學的 Nikolaus Froitzheim 教授，美國康乃狄克大學的 Tim Byrne 教授及其碩士生 Michael Chojnacki 協助我部份的野外工作、採集樣本並給予建議。謝謝我的同窗好友 Dominikus Deka Dewangga 這三年來一起勉勵及扶持，在野外、研討會及日常生活中互相照顧；謝謝助理黃會婷學姐、林宜慧學姐、學長羅文翰及劉樵在野外、行政與實驗室及儀器上的各種指導與幫助，也謝謝研究室其他的成員黃韻茹、張育維、孫晏儀協助及分擔事務，還有許多系上的老師、同儕和朋友們在課業及生活上的各種幫助。

特別感謝俞震甫老師和葉恩肇老師擔任我的論文口試委員，指正出論文中許多要修改的部分，提出許多寶貴的意見。

感謝科技部提供我三年的兼任助理津貼以及研究計畫(MOST 106-2116-M-259-004-)提供研究補助讓我能夠前往日本千葉參加 2018 的 JpGU 年會，以及前往日本名古屋大學進行分析工作。

最後感謝我的家人的體諒與支持，讓我能無後顧之憂的完成這份論文。

摘要

過去認為玉里帶含高壓指標礦物的「外來地塊」(exotic blocks)以逆斷層覆蓋在綠片岩相的「原地片岩」(in-situ schists)上，但近期有研究利用在野外觀察上及熱力學相平衡模擬(equilibrium phase modeling)之制約結果，發現地塊及其圍岩之石榴石-泥質片岩的變質條件相近。然而含石榴石-泥質片岩的產狀相對稀少，且玉里帶主要是由礦物組成簡單的泥質、砂質片岩等變質沉積岩構成，因此整體的變質條件尚未釐清。含碳物質(carbonaceous material)普遍存在於變質沉積岩中，在受到加熱時轉變為石墨的過程為不可逆反應，因此含碳物質可作為缺乏礦物組合的泥質、砂質片岩之地質溫度計。本研究利用含碳物質-拉曼地質溫度計(Raman Spectroscopy of Carbonaceous Material, RSCM)估算光復圖幅四個岩層單位變質沉積岩之變質溫度，由東至西、由下至上之平均溫度分別為 385-414 °C(紅葉片岩)、478-532 °C(瑞穗片岩)、380-421 °C(森榮片岩)、408-472 °C(虎頭山片岩)；清水溪地區由西到東岩層單位為清水農場段、崙天山段以及最東側的初來層，RSCM 估算結果之平均溫度分別為 497-505 °C、356-420 °C、333-334 °C。然而在瑞穗片岩中所有單一標本內 RSCM 數據最大值與最小值可相差至 150-200 °C，此溫度範圍差距可能與含碳物質的來源及種類有關(Kouketsu et al., 2019)。

本研究首次以石榴石-石英包裹體-拉曼地質壓力計估算瑞穗片岩及清水農場段之石榴石-泥質片岩的變質壓力，結合 RSCM 溫度結果推估峰期變質條件分別為 ~590 °C / 16.8-17.8 kbar 及 ~550 °C / 13.9-14.7 kbar，與玉里帶含高壓指標礦物的變質基性岩、變質安山質岩及變質斜長花崗岩之「外來地塊」變質條件相近，因此過去以「外來地塊」與「原地片岩」的區分可能需要修正。瑞穗片岩與清水農場段之 RSCM 溫度結果在空間分布上呈不連續，可能代表逆衝推覆體構造(nappe structure)與穹隆狀(doming)構造。

關鍵詞：玉里帶、變質沉積岩、石墨化含碳物質、地質溫度計、石榴石-石英包裹體、地質壓力計、隱沒變質作用

Abstract

P-T conditions of the in-situ metasedimentary rocks in the Yuli belt are mostly unclear owing to lack of HP minerals or assemblages. To solve this problem, this study applied Raman Spectroscopy of Carbonaceous Material (RSCM) geothermometer to estimate peak metamorphic temperatures of metasedimentary rocks in the Juisui and Chinshuichi areas. In the Juisui area, from east (structurally lower) to west (higher), average temperature data of the four units are in the range of 385-414 °C, 478-532 °C, 380-421 °C, and 408-472 °C, respectively. In the Chinshuichi area, average temperature data of the two units are in the range of 497-505 °C (structurally lower) and 356-420 °C (higher), respectively. Average temperature data of the low-grade slate unit on the east side of the Yuli belt are in the range of 333-334 °C. The temperature results from the highest grade unit (Juisui unit) show a wide variation.

This study also applied Raman spectroscopy to constrain residual (entrapment) pressures of quartz inclusions in garnet from the highest grade units. Combining the RSCM thermometric results, the pressure-temperature condition of garnet-bearing pelitic schist samples are 16.8-17.8 kbar / ~590 °C and 13.9-14.7 kbar / ~550 °C, respectively. These results are consistent with those of high-pressure metamorphic rocks in the Yuli belt in previous studies.

Key words: Yuli belt, metasediment, Raman spectroscopy of carbonaceous material, geothermometer, quartz inclusion in garnet, geobarometer