

行政院及所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：開會)

參加「國際有機地化年會(有機岩石學會)」

服務機關：中國石油公司探採研究所

出國人：職 稱：地球化學探勘師

姓 名：吳素慧 沈俊卿

出國地區：澳洲

出國期間：93年9月24日-93年10月2日

報告日期：93年12月28日

摘 要

在澳洲雪梨舉辦的 2004 年第二十一屆有機岩石學會(TSOP)年會，共分為論文發表、短期訓練課程、與野外地質旅行三大部分。有來自世界各地一百多人與會。論文發表共分為宣讀論文與壁報論文兩大部份八十三篇，前者分為包括石油生油岩、有機地化等六大主題，而後者則分為包括有機地化與生油岩等四大主題。而發表論文為本次出國參加 TSOP 年會最主要目的。在此年會中，職等以壁報論文方式發表了三篇論文，其中兩篇為石油基金委辦計畫的研究成果，分別為芳香烴的相關研究成果及第三類型油值回復壁報論文，另外一篇為新成熟指標。並適時和與會的國際有機地化學者進行相關分析技術的研討、交流與經驗交換。短期訓練課程的主題為「煤的礦物物質(mineral matter)分析與重要性」，包括課程講授與實驗室分析儀器觀摩。由課程的講授中，對名辭的定義與範籌、礦物質的形成與分析技術等有更進一步釐清與認知。此外，位於雪梨盆地的 Joadja 油頁岩與 Newcastle 煤層野外地質之旅，由帶領專家的講解與煤層岩性變化露頭的實際觀察，以及配合文獻上論文發表的相關研究結果，對煤特性及其與煤成油氣的相關性有更深的認識，不論對今年進行中兩個研究專題有直接幫助，或對未來有關臺灣地區煤系地層油氣生成研究也會有相當的助益性。

目 次

摘 要	1
一、 目的	3
二、 過程	4
三、 心得	5
(一) 參加 2004 年有機岩石學會(the Society for Organic Petrology ; TSOP)第 21 屆年會及發表壁報論文	5
(二) 短期訓練課程 — Analysis and Significance of Mineral Matter in Coal	7
(三) 野外地質旅行	11
1、 Joadja Creek Kerosene Shale	13
2、 An overview of the Newcastle Coal Measures	16
四、 建議	20
五、 參考資料	21

一、目的

「氣、油、岩對比技術研究」，其重點即在於新對比技術研發，並整合現有對比技術，針對目標地區從事生油源岩研判與生油潛能評估，以協助油氣探勘評估，為達成此目標，藉由參加國外有機地化研討會以便獲得新的分析技術，對研究計畫之進行及完成將有相當的幫助。有機岩石學會(TSOP)年會乃國際有機地球化學界著名的學術研討會，會中同時舉辦多場包括有機岩石、有機地化、煤特性及煤成氣等諸領域的先進研究成果發表會，參加 TSOP 年會之研討會將可吸取與研究計畫相關的新技术和新觀念。引進新技术和整合現有技術，綜合研判目標地區及鄰近地區生油源岩與生油中心所在及生油氣潛能評估，以協助油氣探勘評估，降低探勘風險。

本次出國的主要任務，除參加 2004 年第二十一屆「有機地化年會(有機岩石學會)」(TSOP)年會外，主要是在年會中，發表三篇論文，其中兩篇為石油基金委辦計畫的研究成果，分別為芳香烴的相關研究成果及第三類型油母質回復壁報論文，另外一篇為新成熟指標。同時於會中與會的國際有機地化學者進行有機地化分析技術、煤特性及煤成油氣分析技術研討與切磋，技術交流與交換經驗。另藉發表論文與野外地質之旅，搜集和探討國外盆地之有機地化資料。以便於相關技術的提昇及適時應用於探勘作業。

二、 過程

- (一) 93.09.26—澳大利亞新南斯威爾州(New South Wales) Joadja
野外地質旅行 A: Joadja Creek Kerosene Shale
- (二) 93.09.27—澳大利亞新南斯威爾大學
短期訓練課程：Analysis and Significance of Mineral Matter in
Coal
- (三) 93.09.28~93.09.30 上午—澳大利亞雪梨
參加 2004 年有機岩石學會(the Society for Organic Petrology ;
TSOP)第 21 屆年會及發表壁報論文
- (四) 93.09.30 下午~93.10.01—澳大利亞新南斯威爾州 Newcastle
野外地質旅行 B：An overview of the Newcastle coal measures

三、心得

(一) 參加 2004 年有機岩石學會(the Society for Organic Petrology ; TSOP)第 21 屆年會及發表壁報論文

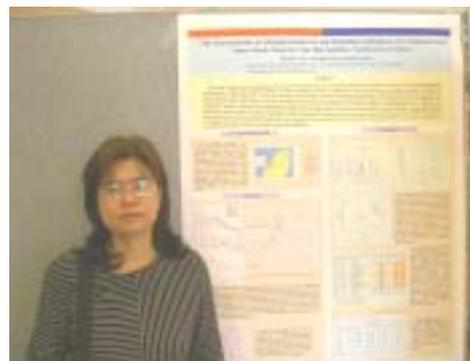
參與本次年會者，共計有來自世界各地一百多人，其中中國大陸參與人數多達十餘人，包括來自石油公司、科學院、及礦業大學等單位。台灣則只有本公司沈俊卿先生與吳素慧參加。本年會共計有六個專題報告、62 篇宣讀論文及 22 篇壁報論文發表。在宣讀論文部份，共分為下列六大主題：

1. Coal Seam Gas and CO₂ Sequestration(11 篇)
2. Petroleum Source Rock (11 篇；其中中國大陸缺席一篇)
3. Coal Characterisation and Resources for Sustainable Development(12 篇)
4. Organic Geochemistry(12 篇)
5. New Techniques and Application(8 篇)
6. Coal and Organic Petrology (8 篇)

在壁報論文部份，則分為下列四大主題：

1. Coal Seam Gas (1 篇)
2. Coal Characterisation and Resources for Sustainable Development (2 篇)
3. Organic Petrology and New Techniques (6 篇)
4. Organic Geochemistry and Source Rock (13 篇)

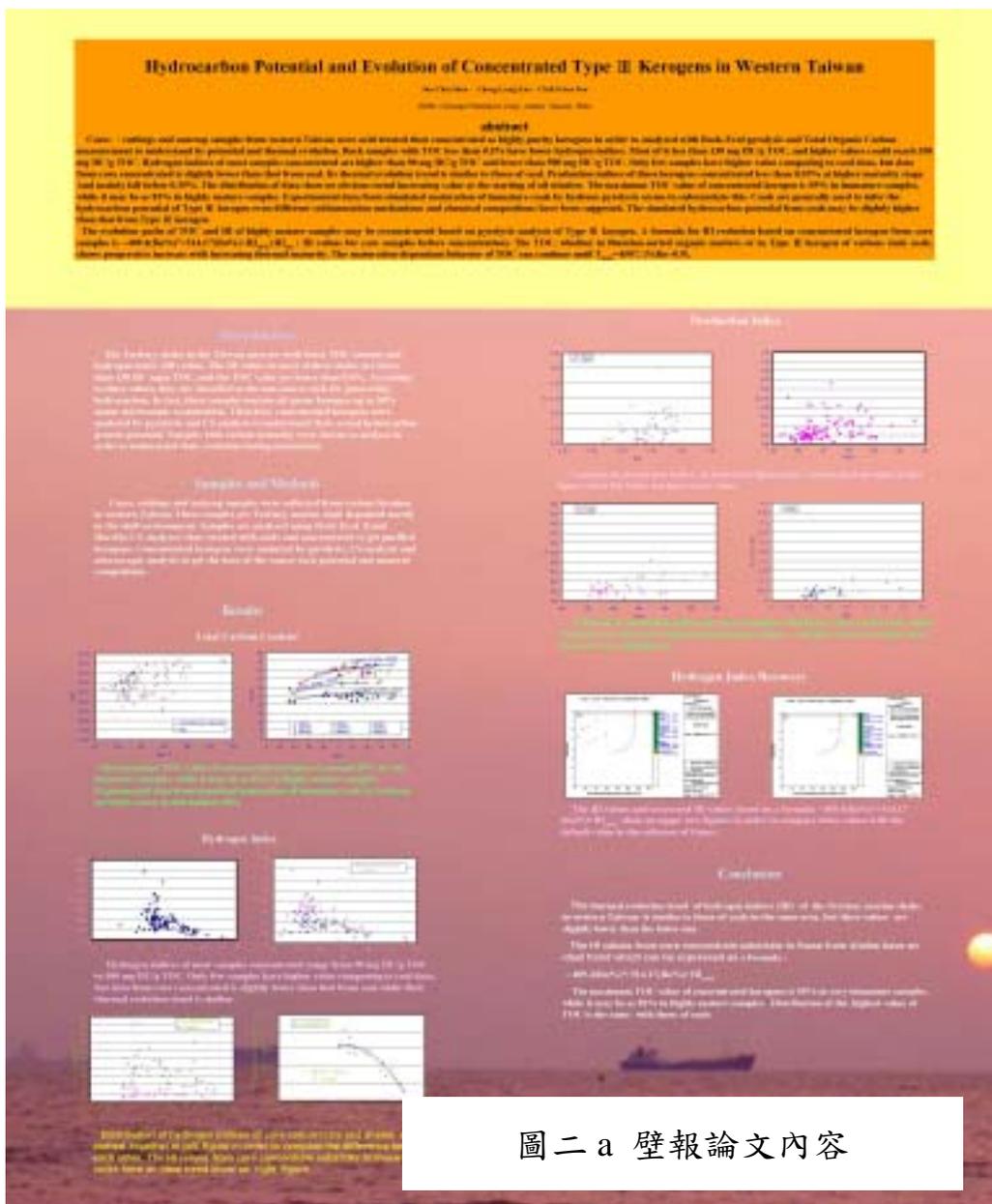
參加 TSOP 年會，發表相關研究壁報論文一篇，為本次出國主要目的之一。在年會中，職等發表三篇題目為「The Characteristics of Alkylphenanthrenes and Alkyldibenzothiophenes in Condensates and Source Rocks from the Chinshui



圖一 論文壁報展示及宣讀

Anticline, Northwestern Taiwan」, 「Hopanoid Distributions in Coals and Coaly Shales from Northwestern Taiwan and a Newly Defined Maturity Parameter」及「Hydrocarbon Potential and Evolution of Concentrated Type III Kerogens in Western Taiwan」

壁報論文(圖一), 發表內容如圖二 a、b、c 所示。發表三篇論文, 其中兩篇為石油基金委辦計畫的研究成果, 分別為芳香烴的相關研究成果及第三類型油值回復壁報論文, 另外一篇為新成熟指標。



圖二 a 壁報論文內容

The Characteristics of Alkylphenanthrenes and Alkyldibenzothiophenes in Condensates and Source Rocks from the Chin Shui Anticline, Northwestern Taiwan

Sub-Huey Wu*, Chih-Hsien Sun, Cheng-Lang Kuo

Exploration & Development Research Institute, Chinese Petroleum Corporation, Miaoqi, Taiwan, R.O.C.

*Corresponding Author: 048682@cpcc.com.tw

Abstract

This study is based upon condensate and source rock samples from the Chin Shui Anticline, Northwestern Taiwan. The aromatic compounds phenanthrene (PHE), dibenzofuran (DBF) and dibenzothiophene (DBT) in condensates and rock extracts were analyzed using a selected ion monitoring gas chromatography – mass spectrometry (SIM-GCMS) method. Homologous distribution of PHE-DBF-DBT may be expressed in a ternary plot to infer source faces among the oils of interest, such that two groups (namely group A and B) of condensates can be recognized. The grouping is further examined using compound-specific carbon isotope and biomarker parameters. Slight ^{13}C enrichments for $n\text{-C}_{17}$ relative to $n\text{-alkanes}$ are characteristic of Group B condensates which can be distinguished from other groups based on its isotopic profile. A range of molecular differences between the two groups are likely to be source-controlled. Aromatic maturity parameters such as MPI-1 and R29 (2-MP9-MP) are used to evaluate the thermal maturity of oils and rock extracts. The thermal maturity of source rocks that generated the Group B condensates is estimated to be about 1.5–1.8% vitrinite reflectance equivalent.

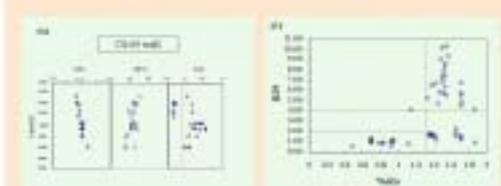
Geological Background

The Chin Shui Anticline, 8 km northeast of Miaoli city, is one of the major hydrocarbon production areas in northern Taiwan, where upper Oligocene and lower Miocene formations are thought to be the main source rocks. Due to their tectonical origin of the source rocks, the hydrocarbons in this structure are mainly natural gas with associated condensates. Pi Lin Sandstone and Ta Lu Shale are the only lithostratigraphic units with source abilities.



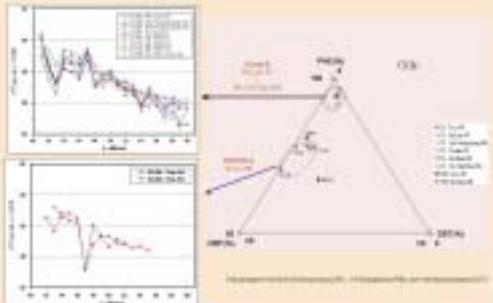
Legend:
 Chin Shui Anticline
 Pi Lin Sandstone
 Ta Lu Shale
 Miaoli Sandstone
 Miaoli Shale
 Miaoli Limestone
 Miaoli Conglomerate
 Miaoli Sandstone
 Miaoli Shale
 Miaoli Limestone
 Miaoli Conglomerate

Results(I)

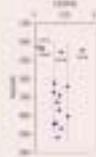


The MPI-1 and R29 index to aromatic fraction of extracts can be correlated with depth. The distributions of both maturity parameters relative to vitrinite reflectance in extracts appear to have an inflection at 1.27%. The MPI-1 ratio shows a positive correlation below 1.27% and a reverse trend applies above this threshold value. Variations of the R29 ratio are negligible at lower maturity. Nevertheless, the extracts generally have R29 values greater than 4 when vitrinite reflectance is higher than 1.2%. Accordingly, the source rock maturity for the condensates can be evaluated.

Results(II)



Two groups of condensates are recognized in the study area. The "Group A" condensates, including C20-24, -26, and -28, are produced from shallow Ta Lu Sandstone reservoir and is characterized by 70%-80% PHE. Group B represents the majority of the condensates analyzed in this study, including those from the late Oligocene Wu Chi Shiao Formation to the early Miocene Pi Lin Sandstone, and has PHE abundances greater than 90%. $\delta^{13}\text{C}$ alkane isotopic profiles for the condensates show a trend toward increasingly lighter values with increasing molecular weight, characteristic of a terrestrial contribution. Slight ^{13}C enrichments for $n\text{-C}_{17}$ relative to $n\text{-alkanes}$ are characteristic of Group B condensates which can be distinguished from other groups based on its isotopic profile.



Condensates produced from Pi Lin Sandstone in Wu Chi Shiao Formation (Group B) have very similar DBT/PHE ratio which are independent of reservoir depths. On the other hand, Group A (C20-24, -26, and -28) condensates produced from shallow Ta Lu Sandstone reservoir have different DBT/PHE distribution from Group B.

Methyl-dibenzothiophenes



The 4-MDBT/DBT and 2,6-MDBT/DBT ratios increase with increasing depth and maturity, as vitrinite reflectance is greater than 1.27%. The methyl-dibenzothiophene concentrations also can be used as maturity parameters of higher maturity.

Conclusion

1. Using the PHE-DBF-DBT ternary plot and variation of DBT/PHE with depth, two groups of the Chin Shui Anticline condensates can be recognized.
2. The MPI-1 and R29 (2-MP9-MP) are used to evaluate the thermal maturity of oils. The thermal maturity of source rocks that generated the Group B condensates is estimated to be about 1.5–1.8% vitrinite reflectance equivalent.
3. The methyl-dibenzothiophene isomer ratios have good relation with depth and maturity and can be used as maturity parameters of higher maturity.



Exploration and Development Research Institute, Chinese Petroleum Corporation

圖二 c 壁報論文內容

新技術的發展中所發表與探勘較有關的為鏡煤素反射率的地化數學方法研究、FTIR 在第二類型油母質成熟度的應用及 AIR-FTIR 在煤與煤素質成熟作用的研究。

生油岩部份所發表與探勘較有關的為鏡煤素反射率的地化數學方法研究、FTIR 在第二包含印尼第三紀煤的沈積環境對生成潛能影響、婆羅洲產油傾向的紅樹林煤、Santanghu 盆地侏羅紀煤成油的化學特性、海洋對 Taranaki 盆地始新世腐植煤生油潛能影響、煤的有效油窗、加拿大下白堊紀頁岩的有機物分佈、萃取有機物對鏡煤素的影響塔里木盆地庫車凹陷煤成油與氣的形成控制因素、雪梨盆地海相煤對成熟度的影響、始新世 Tarandli 煤受海洋影響導致分子成熟指標的變化、澳洲 Bowen-Gunnefah-Surat 盆地石油潛能地化指標、澳洲 otway 盆地晚侏羅到白堊紀油母質碳同位素地層、東巴布亞盆地中固態瀝青質的有機岩石及地球化學及 $c_5 \sim 8$ 應用在鄂爾多斯盆地天然氣來源及移聚的證明等等。在這其中值得一提的是去年應聘來本所當顧問戴金星先生，此次率領 5 名彼岸中國石油公司 5 位屬員及一位博士後研究生至大會發表文章，此為其第一次率團至國際發表，在所參與大會的分屬 25 國大多數學者中，是唯一以團隊方式出現的，是否因本所有三篇文章於此大會發表，故率領較大團隊以別苗頭，則有待証實。但其所發的文章：中國煤層氣田的分佈之內容中將台灣的油氣田分佈及特性作為演講內容則其中之政治意味不可謂不濃，另外他所率的團員之一所報告的塔里木盆地庫車凹陷中成氣與油的形成控制因素，報告中用以對比依據的係甲苯(Toluene)之碳同位，本組同仁林政遠先生多年前所作氣體同位素中甲苯之同位素不變但正庚烷($n C_7$)與甲基環己烷(MCH)卻會變化，職於行前數月發現甲苯作為對比工具的潛力與林先生討論過用運用甲苯作為油氣對比依據的可行性。但對岸渠等則對甲苯進行擴散實驗，結果甲苯同位素值並未改變，而再以人工模擬成熟過程甲苯同位素值亦不變，但不同母岩樣品之甲苯同位素值卻不相同，故而依此作為氣源對比依據。戴先生去年來台灣的收穫所顯示在 TSOP 大會上的不可謂不大。

此次會議有三篇文章是針對煤層受海洋影響而所造成的改變，其

中一篇係雪梨盆地二疊紀 Greta 地層中煤層頂部受海洋影響造成有機物之螢光增加，富氫鏡煤素因此增加，故鏡煤素受壓抑而低了 0.25 % R_0 ，由於其正構烷受到耗蝕，奇偶數碳比值亦低，pristane/phyllane 值也低而且 hapane 及 diasterane 含量較多，故被認為是在泥炭沈積初期受到細菌侵蝕而且源自海洋的類脂質混入了泥炭之中，因此雖然其 retene 含量較高，若在此環境下其係源自菌類可能性高而非高等植物樹脂，在計算成熟度值的影響因 2MP 相對較大量，故 MPI 所換算的成熟度值會較高。另外兩篇則皆以紐西蘭 Taranaki 盆地的中晚始新世 Mangahewa 煤層為研究對象，三層煤的間距僅在 5m 以內，換言之其所受的熱應力相同，若以硫含量多寡為是否受海洋影響，則全硫含量增加時相對地代表氧化環境的 pristane/phyllane 卻相對減少，而硫含量與 oleanane/ $C_{30} \alpha \beta$ hopane 的關係相當一致若硫含量代表海水的貢獻，oleanane/ $C_{30} \alpha \beta$ hopane 也代表海水影響的大小，則三層煤由下往上顯示是個海進體系，而且中間那麼煤是個小型海退循環，因煤層上下之硫含量高，同時 oleanane/ $C_{30} \alpha \beta$ hopane 也較高，但其對 % R_0 、HI 與 MPI-1 的影響則不若前一篇所觀察到的結果，中間煤層同煤層內極高的硫含量並未對 MPI 造成影響，由三層煤的 % R_0 值由 0.56 % R 提高到底層煤的 0.8 % R_0 此趨勢與 MPI-1 所計算出來的成熟度值相似，顯示三層煤係受較高地溫梯度所影響，而非硫含量或海水影響，而該篇作者所用 isorank 恐怕亦是錯的，除非鄰近地層有機物成熟度顯示係單一值，否則是否受海水影響所導致則相當值得懷疑，特別是中層煤的兩個高硫含量樣品對鏡煤素反射率及氫指數的影響並不一致，故難以從硫含量遞增去下結論認為鏡煤素反射率及 MPI-1 所換算的成熟度皆受海水影響而壓抑，恐有待進一步探討。

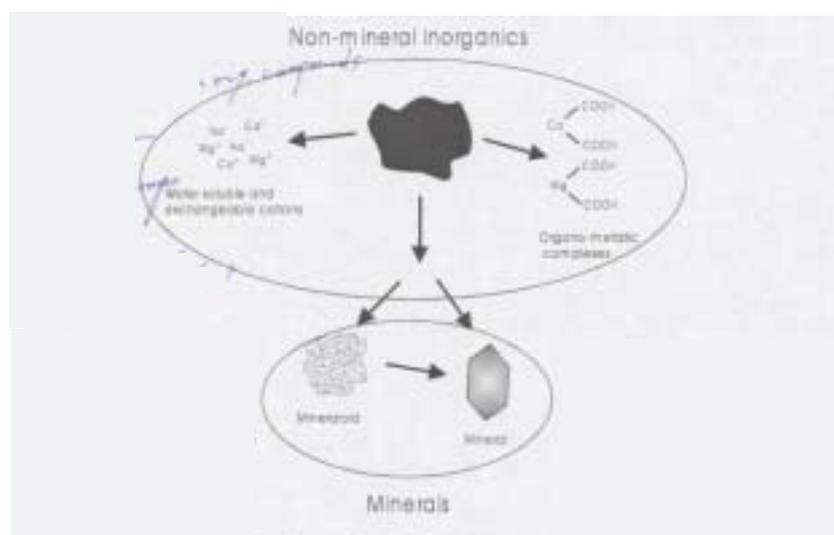
(二) 短期訓練課程

— Analysis and Significance of Mineral Matter in Coal

本訓練課程主要目的，在於認識煤所含的礦物物質(mineral matter)的性質，介於礦物物質、礦物(minerals) 與灰份(ash)之間的區別、礦物物質的形成與含量測定，礦物的確認，XRD 方法定量礦物學分析，飛灰份(fly ashes)玻璃含量與組成評估，及實驗室的參觀等。

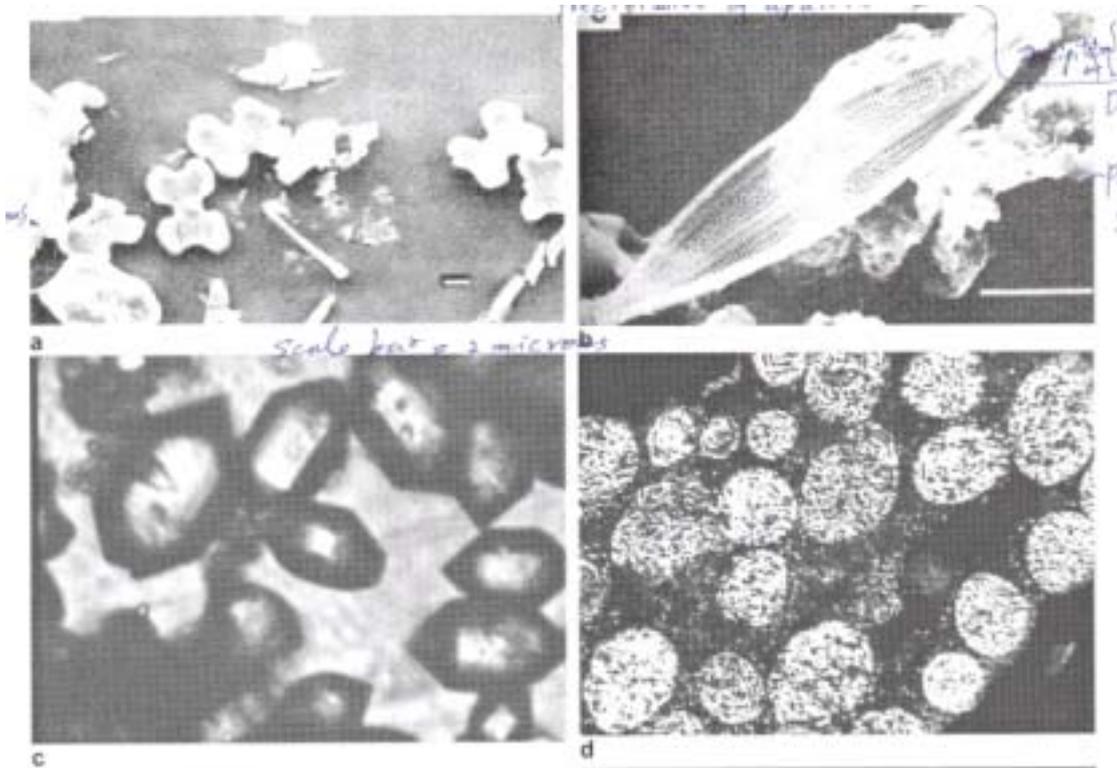
煤的兩個物質組成，一為有機化合物或煤素質(macerals)，另一為通稱為礦物物質的礦物與其它無機組成。煤中所含的礦物物質，能提供含煤地層層序與個別煤層的沉積條件與地史資料。

煤岩學學者定義「礦物物質」為在煤中與煤有關的礦物與無機物質的總稱。在此定義下，煤的礦物物質包含三個基本組成類型(圖三)：溶於煤的孔隙水中的鹽類與其他無機物質；含在煤素質有機化合物中的無機元素；以及代表真正礦物組成的個別無機粒子(結晶或非結晶)。



圖三 煤的礦物物質性質

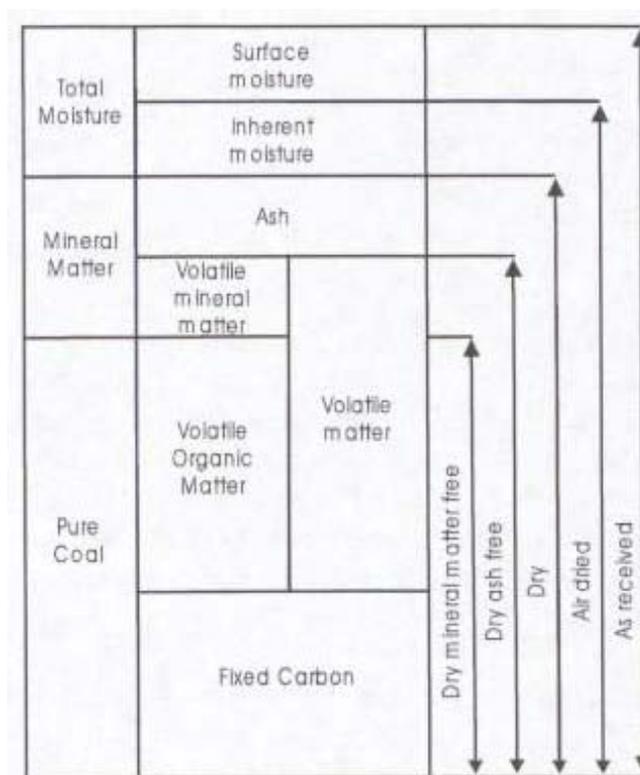
煤的礦物可能源自不同的程序形成而來，包括經由水、風或火山活動等將碎片沉積物粒子輸入原始的泥炭形成環境中所形成的，稱為「Detrital Minerals」；另在泥炭沉積中，經由貝殼與其它生物組成聚集成的，稱為「Biogenic Minerals」；以及在泥炭沉積期間，從泥炭沼澤或泥炭床孔隙溶液沉澱結晶出來，或在沉積經由緊密作用後由煤的孔隙裂縫沉澱結晶出來，稱為「Authigenic Minerals」。圖四顯示發生在泥炭和煤中的一些礦物型式。



圖四 發生在泥炭和煤中的一些礦物型式 a) siliceous phytoliths isolates from plant debris; b) diatom shell in a modern-day peat deposit; c) euhedral quartz crystals, apparently authigenic in origin, isolated from and Australian coal; d) pyrite framboids in polished section

礦物物質含量的測定，有最早的化學分析計算法，以及有機物質的氧化方法、非礦物(non-mineral)無機物的分離測定，以及顯微鏡觀察方法。而礦物則可由肉眼與顯微鏡、掃描式電子顯微鏡(Scanning Electron Microscopy; SEM)、X-Ray 繞射 (X-Ray diffraction; XRD) 技術等分析方法進行確認。在運用 XRD 方法做定量礦物學分析方面，由於 XRD 分析在礦物比例定量測定上有其極限值，因此數種方法被研究發展，主要基於對煤樣中的礦物進行半定量，例如 Riteveld-base 定量 XRD 技術。

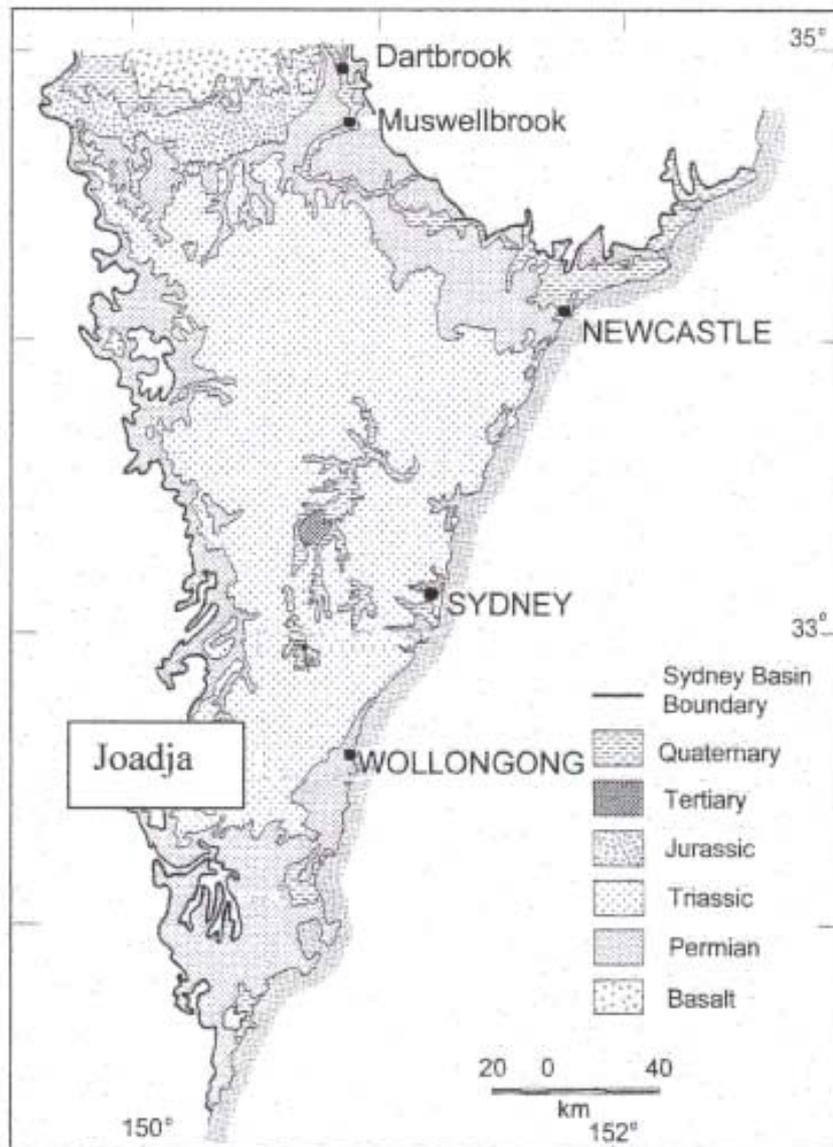
如同煤中礦物物質，顯微鏡與 XRD 分析，包含定量方法亦可應用於灰份的分析。由於飛灰份個別顆粒通常太小到用其它的技術分析無法獲得可信賴的確認，使得 XRD 在飛灰份的礦物學特性分析上特別有用。非定型或非結晶的玻璃原子，由於沒有規則性的排列，使其在 XRD 研究中產生決定性的峰(peak)。儘管由不同類型玻璃質礦物在 XRD 圖所產生的為 broad pattern 或 humps(圖六)，然而這些 humps 卻可提供一個在飛灰份中玻璃存在的指標。



圖五 煤在不同基準下分析時，礦物物質與其它組成的相關性

(三) 野外地質旅行

本次年會所舉辦的野外地質旅行共分為「Joadja Creek Kerosene Shale」與「An overview of the Newcastle Coal Measures」兩個部分。Joadja 與 Newcastle 皆位於雪梨盆地內(圖七)。雪梨盆地是澳大利亞兩個首要的產煤地區之一。其地質區域北從 Newcastle 至南接近 Batemans Bay，西至 Lithgow，東延伸至海域。其由二疊紀至三疊紀層序所充填(圖七、八)。



圖七 雪梨盆地

雪梨盆地的北方為 Bowen 盆地及 Galilee 盆地，這幾個盆地呈長條狀分佈在澳洲大陸之東岸，為澳洲內陸諸盆地中最東者，屬於二疊紀沈積盆地。澳洲大陸於二疊紀中期開始因地殼底下的熱對流而產生下陷作用，並形成十個主要的二疊紀含煤盆地，但上部地函的湧昇熱對流卻只在東、西兩岸產生火成活動。此次煤層的野外地質旅行即至雪梨北方 270 公里外的新堡(New castle)勘察二疊紀的煤露頭，該地區的煤因位在造山盆地邊緣故有較厚的煤層露，該次地質旅行主要的教授們及學者們均參加，停留點計有十個，但遺憾的是該日適逢大型峰面過境，一早出門即強風加大雨，風雨交加一路加持直至活動結束。除了少數來自美國地調所的有週全的防雨裝備，其餘因防雨裝備缺乏均成落湯雞，但大部份的參與者均不在意大風雨，精神著實可佩，或許他們深怕錯過此機會不知何時能夠再來。而洋人辦事一板一眼缺乏變通但絕不敷衍的特點，在此次顯露無遺，即便大風大雨的情況下十個點皆按表操課，一個也沒漏。九個剖面所出露的煤層分別屬於 Newcastle 煤系及 Tomage 煤系，前者因火成活動的增強致火山灰含量隨著增加，惰煤素含量也跟著增多，呈相反變化的則是鏡煤素含量，但具產油能力的膜煤素則僅稍微減少。惰煤素開始增加的轉折點是在火山灰含量最大的時候。露頭煤樣硫含量均低於 0.51% 顯係均為陸相淡水成煤，但若依惰煤素含量則這些煤可分成三群，分別為惰煤素含量 12%、~20% 及 ~50%。高惰煤素含量的煤層均下覆有火山灰。

AGE	GROUP	SUBGROUP	Unit	FORMATION and Member	UNIT		
TRASSIC	WANAMATTA GROUP			Brinsford Shale Murchinson Sandstone Amfala Shale			
				BITUMINOUS FORMATIONS WAWKESLEY SANDSTONE			
	NARRABEEN GROUP	GOSFORD SUBGROUP			NEWPORT FORMATION GARE FORMATION		
					BAIRD HILL CLAYSTONE BULLO SANDSTONE		
		CLIFTON SUBGROUP	COLD WALL SANDSTONE	KANGALDON SANDSTONE	STANWELL PARK CLAYSTONE SCARBOROUGH SANDSTONE WOMBARRA CLAYSTONE COAL CREEK SANDSTONE		
	PERMIAN	ILLAWARRA COAL MEASURES	SYDNEY SUBGROUP		BULLI COAL LODGEON SANDSTONE Dural Sandstone Member Balmain Coal Member Parrith Sandstone Member		
					BALCONNIE COAL LAWRENCE SANDSTONE ELKHARTSAND CLAYSTONE		
					ECKERSLEY FORMATION Cape Horn Coal Member Hargrave Coal Member Worwara Coal Member Nerwie Sandstone		
					WONGAWILLI COAL WONGAWILLI SANDSTONE Member		
				WINGA SANDSTONE ALLANS CREEK FORMATION American Creek Coal Member			
				DARKS FOREST SANDSTONE BARO CLAYSTONE Hutley Sandstone Member Auldham Sandstone Member			
				TONGARRA COAL WILTON FORMATION Wanganderry Sandstone Member Winnona Coal Member			
				MARRANGAROO CONGLOMERATE YERRONG SANDSTONE ERINE VALLE FORMATION PRESCOTT'S NEET FORMATION			
				CUMBERLAND SUBGROUP		Figtree Coal Member Urundera Coal Member Berkeley Lattice Member Minnamurra Lattice Member Caldenwood Lattice Member Five Islands Lattice Member Dazio Lattice Member	
					Cambevaria Lattice Member Sacklebark Lattice Member Jamberoo Sandstone Member Bumbo Lattice Member Kama Sandstone Member Bee Hole Lattice Member Wesley Park Sandstone Member		
		SHOALHAVEN GROUP	Changing volcanic belt	WONGAWILLI FORMATION	SHERRY SLTSTONE KORRA SANDSTONE WANGALANGONG SANDSTONE SWAFFEE POINT FORMATIONS		
					Yadboro and Tallong Conglomerate Members Yarrunga Coal Measures		
					PEBBLEY BEACH FORMATION		
					WASP HEAD FORMATION Pigeon House Creek Silstone Member		
		TALATERANG GROUP		Clyde Coal Measures			
DEVONIAN		UNDIFFERENTIATED PALAEOZOIC (GLEN BASSEMENT)	LAMBE GROUP		Undifferentiated		
			BRULJA GRANITE		(Bullo, Bengeilly and Greenstead plutons)		
			BINDOOK VOLCANIC COMPLEX		Rielys Ridge Rhyolite Member, 'Juwils Creek Volcanic'		
SLURIAN		UNDIFFERENTIATED PALAEOZOIC (GLEN BASSEMENT)	TARALGA GROUP		Undifferentiated WHEBIRD CREEK FORMATION COBRA FORMATION KARALINGA FORMATION		
					'Atunga Sandstone Member' 'Tugalong Limestone'		
OROGONIAN	UNDIFFERENTIATED PALAEOZOIC (GLEN BASSEMENT)		BYRNES CREEK FORMATION				

圖八 雪梨盆地中央部份地層層序

1、Joadja Creek Kerosene Shale

油頁岩地質旅行則是由雪梨往南行約一個半小時行程，出露的油頁岩(其它名如藻煤)同樣是雪梨盆地晚二疊紀的煤層中所夾沉積物，厚度為40~140公分，中間夾著鏡煤素質的薄層，油頁岩上方覆蓋著一層煤(腐泥煤)。Kerosene Shale因其為極端富集的油頁岩而在上個世紀被作為煤油的提煉物故名煤油頁岩，其學名稱為Torbanite 或 boghead coal。



圖九 Botryococcus 藻

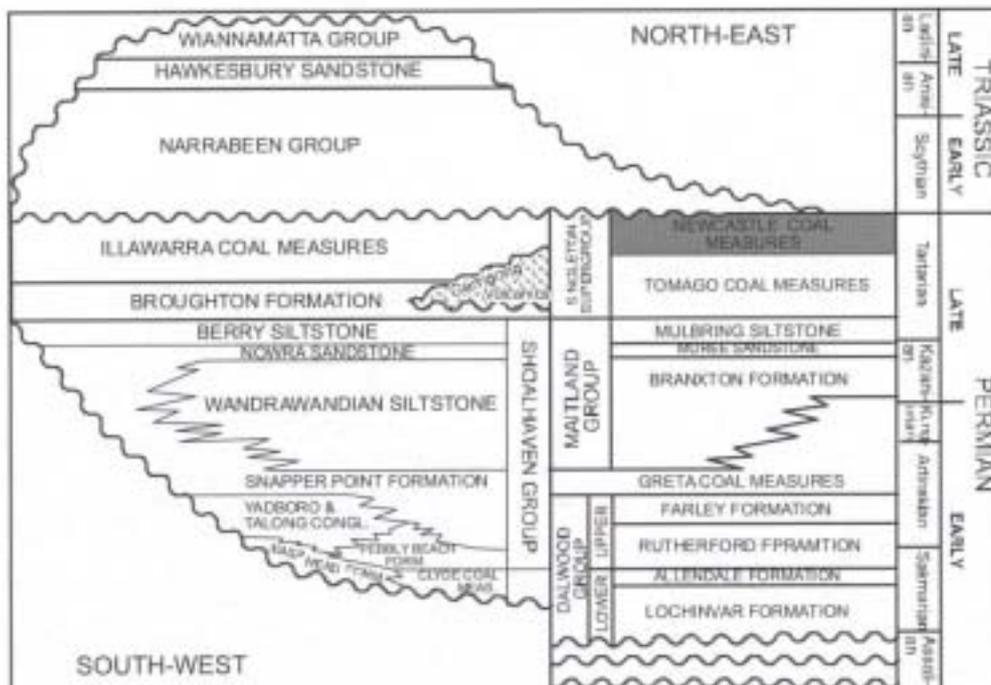


圖十 由 Reinschia 衍生而來的 Telaginite

如前所述好的油頁岩又稱 torbanite 或 boghead coal，主成份為 telalginite 即由名為 *Reinschia* 的藻類聚合體所形成。其礦物質含量往往低於 10%，在高富集的樣品中，礦物質含量通常小於 5%。此區域外的油頁岩(藻煤或腐泥煤)與腐植煤(一般的煤)中間則隔了層頁岩。職曾多次進行煤的相關研究，實際採樣經驗遍及西北部各露頭，但此次則為第一次親眼目睹油頁岩產狀，算開了眼界也終於一償宿願。它被稱為藻煤其來有自，誠如前所述其藻類含量高於 90% 以外，另外就是它在外觀上與一般的煤(腐植煤以鏡煤素為主)並無差異，而且當它與一般煤夾混在一起時則更是難以區辨，何況它是晚二疊紀雪梨群中四個大煤系中的一部份，上上下下所出現的煤層恐在一、二十層以上，其側向變化上會隨著沈積環境的改變而逐漸變成以鏡煤素為主的腐植煤，職立意參加此野外地質旅行的目的即在於瞭解其可能的產狀與變化，以利於在其它地區尋找或發現可能的存在位置，原因即在於它具有產油潛能，而且煤系出現時，只要條件合適則藻煤就可能存在，但處於什麼樣的條件下它才會出現？以形成此一油頁岩的 *Botryococcus brunii* 存活年代早自遠古生代迄今，它在現生的湖泊中也被發現，適合的水體環境則自酸性湖泊到海洋，適合的氣候條件則是溫帶至熱帶氣候，適合的溫度條件可以延伸到 40° ~ 60° 的緯度，由於水質條件從淡水、半鹹水到鹹水，雖然其生存條件之範圍不可謂不大。但是在澳洲它只伴隨著二疊紀的煤出現，在第三紀的油頁岩中它的含量甚少。Dulhunty(1944)曾提出他所觀察到油頁岩的環境條件，但簡單來說它存在於短暫性，低能量有大量水體的湖泊邊緣，這湖泊水位是會隨其週邊河水泛濫而增高也會隨著乾季來臨而乾涸。由其生存條件之寬，按理其出現在各地層及各年代的可能應該相當高。但事實上其發生機率並不若煤高，原因為何則待進一步的探討。

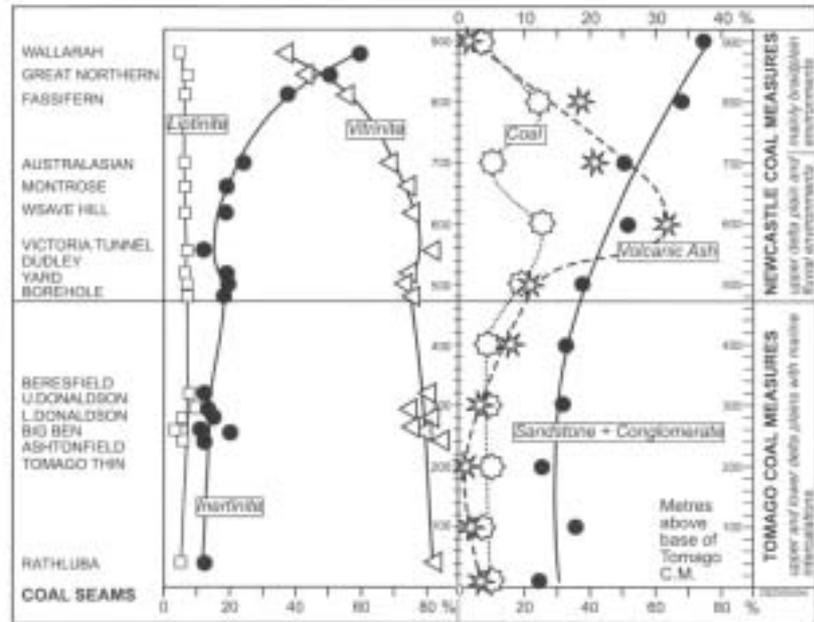
2、An overview of the Newcastle Coal Measures

Newcastle Coal Measures 與 Tomago Coal Measures 皆屬於二疊紀上部煤層(圖十四)，為整個 foredeep system 含煤沉積物最厚、最重要的一群。Newcastle Coal Measures 沉積在 Tomago Coal Measures 之上。在 Newcastle 地區(圖七)，二疊紀上部共有 36 層煤層，其中 15 層在 Tomago Coal Measures，21 層在 Newcastle Coal Measures (Diessel, 1980)。上部二疊紀含煤沉積物最厚達到 1200 公尺 (Warbrooke,1984)。Newcastle Coal Measures 與 Tomago Coal Measures 區別在於它們的經濟價值與地質差異原因。Newcastle Coal Measures 具有高經濟生產價值，反之，Tomago Coal Measures 則含較低經濟價值的煤層。此價值差異乃相對於兩個地層的古沉積環境的差異。Tomago Coal Measures 為下部至上部三角州平原沉積環境，而 Newcastle Coal Measures 則為上部三角州至河口平原沉積環境 (Warbrooke,1984；Diessel,1992)。因此，Newcastle Coal Measures 在一較河流-陸地環境形成，而由於河流作用條件佔優勢下，其含有較 Tomago Coal Measures 為高比例的粗粒沉積物。



圖十四 雪梨盆地 Newcastle(北-東)至 Wollongong(南-西)層序地層對比 (After Alder et al., 1998)

圖十五顯示 Newcastle Coal Measures 與 Tomago Coal Measures 的一些組成參數。其惰煤素/鏡煤素平均比值由 Tomago Coal Measures 的 0.3、Newcastle Coal Measures 下部的 0.2，至 Newcastle Coal Measures 最上部的 1.9 最高值。表一顯示 Newcastle Coal Measures 主要煤層與煤級及類型相關的一些組成比較。此資料說明其沉積環境愈靠近河口，惰煤素含量相對的增加。

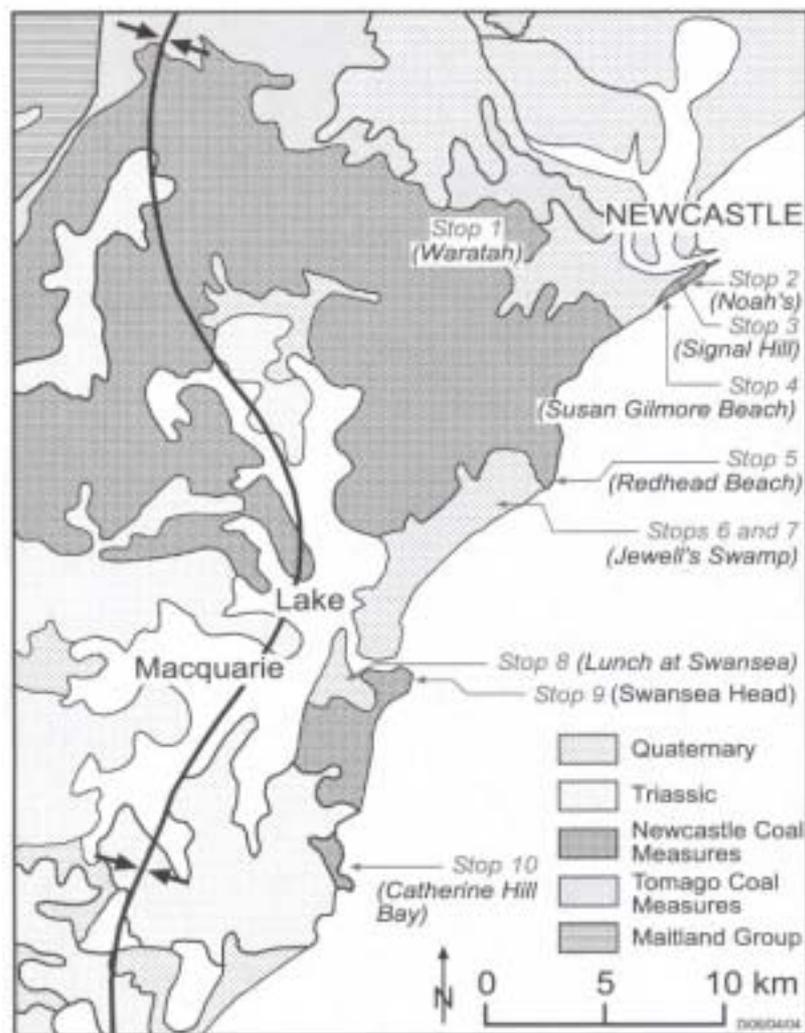


圖十五 Newcastle Coal Measures 與 Tomago Coal Measures 主要煤層部份組成相對含量分佈圖(After Warbrooke, 1987)

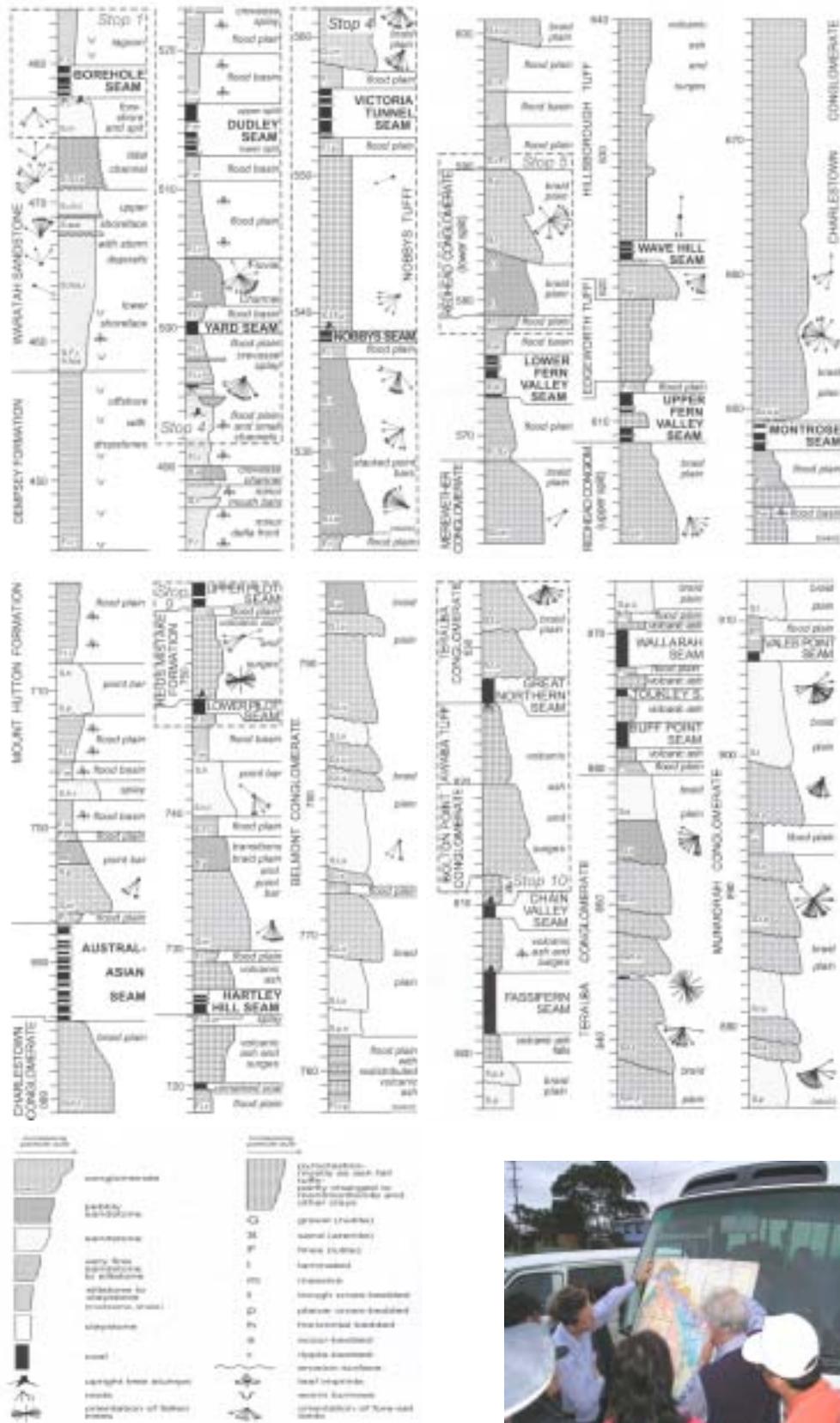
表一 Newcastle Coal Measures 主要煤層組成分佈參數表(After Angew et al., 1995)

Name of Coal:	Borehole	Yard	Dudley	Nobbys	Victoria Tunnel	Wave Hill	Australasian	Fassfern	Great Northern	Walarah
% Telovitrinite Reflectance	0.84	0.84	0.82	-	0.85	-	-	0.72	0.77	0.75
% Vitrinite (mf)	76	70	76	-	82	82	73	52	43	37
% Liptinite (mf)	5	7	6	-	6	6	6	4	4	4
% Inertinite (mf)	19	23	18	-	12	12	21	44	53	59
Inherent Moisture (ad)	2.3	2.2	2.6	2.4	2.4	2.7	2.7	2.9	3.1	3.0
Volatile Matter (db)	34.4	34.4	33.4	32.0	31.7	30.3	29.8	29.7	29.0	27.8
Ash (db)	10.0	8.0	12.1	15.5	15.2	20.0	19.1	16.0	15.9	15.1
Sulphur (db)	0.51	0.48	0.44	0.40	0.35	0.32	0.38	0.44	0.38	0.32
Carbon (dmmf)	84.5	84.7	84.6	-	84.3	83.8	83.7	84.1	84.7	84.8
Hydrogen (dmmf)	5.5	5.3	5.4	-	5.4	5.4	5.4	5.0	5.1	4.9
Nitrogen (dmmf)	2.1	2.0	2.1	-	2.0	1.9	1.9	1.7	1.7	1.6
Sulphur (dmmf)	0.52	0.48	0.46	-	0.37	0.35	0.43	0.48	0.39	0.35
Specific Energy (daf)	35.0	34.9	34.9	34.7	34.9	34.8	34.5	34.2	34.3	34.1
Crucible Swelling	6.5	6	6.5	7	5	4.5	4.5	2.5	2	2.5
Gray-King Coke Type	G5	G4	G4	G5	G3	G2	G1	D	D	D
Hardgrove Grindability	55	47	52	-	55	47	49	44	45	49

此野外地質旅行的設計，主要是要將 Newcastle 煤田特有的地質面貌，藉由可觀察到的露頭，介紹其部分予參與者認識。其觀察包括由靠近二疊紀煤層底部，含細粒夾層有機物，以光亮煤岩類型佔優勢，至上部部分夾礫石質層暗色煤岩類型的之間岩性 pattern 變化。以及由證據顯示在煤層的中間部份因火山的噴發引起煤層積聚的停止。同時做現生沼澤的形成環境觀察以與二疊紀煤層作比較參考。圖十六與圖十七，顯示本次地質旅行的路線停留點及其露頭所代表的煤層。而圖十八則顯示在過程中，由專家 Dr. Diessel 進行講解的一幕。



圖十六 Newcastle Coal Measures 野外地質旅行行程停留點



圖十七 Newcastle Coal Measures 沿岸部份的層序柱狀圖



圖十八 野外地質旅行過程中 Dr. Diessel 講解狀況

四、 建議

(一) 台灣西北部地區中新世三大含煤地層在油氣生成潛能上具有難以被忽視的價值，北港高區上的碧靈頁岩、木山層、古新統、白堊系為含煤層，在油氣供應上可以扮演重要角色。因此進一步的相關研究有其重要性。而在澳洲因多數盆地含煤，部份煤甚至外銷台灣，此外澳洲有一半的油藏源自於煤及碳質頁岩，廣為人知的則如 Bowen、Cooper 及 Gippsland 盆地等的油是來自於陸生植物，特別是 Gippsland basin 即有 40 億桶的油，曾被認為來自於煤，最近與其相鄰的 Bass 盆地(位在墨爾本以南至塔斯曼尼亞島間)，被証實油係來自於煤而不是頁岩中有機物。因煤所具有能源上的商業價值及油氣探勘的重要性，故有關煤的各方面研究，包括在生油岩、有機地化等方面，相當的多，經驗也多。建議可與其相關研究人員做進一步聯繫研討，相信對未來有關含煤地層油氣生成相關研究會有相當的助益。也感謝公司賜予此次機會參加此一會議，收穫甚多，且也能實際應用於今年的兩個研究專題上，對以後的工作也甚有助益，可謂不虛此行。

(二) 此次新堡(Newcastle)煤層野外地質旅行行程設計與安排，藉由沉積環境變遷、岩性變化之地層剖面瞭解，配合露頭的觀察，實為一相當理想的學習機會。亦可將由文獻所獲取的地質知識，實際印證，對其相關的研究能更深入的瞭解。職於 80 年即開始作煤的研究，與國外的研究相較並不晚，但 13 年後方有此機會參加此一專業性會議。由於台灣的煤為第三紀煤、煤層薄且沉積環境與澳洲全然不同，若用台灣煤的研究心得去做澳洲礦區之煤層會有錯誤，故建議能讓進行相關研究的人員早日參與類似的專業活動，相較於野外地質旅行中數十位年紀半百之教授與專家的認真及努力，見諸其多年來不斷參與這類會議與活動所累積之智能，顯然吾等還有極大的差距有待努力追趕。

(三) 相較於幾年前只有極少數服務於學校單位者參加，中國大陸參加 TSOP 本次年會的人數多達十餘人，以及服務的單位除了學校外，石油公司也派團參加。參加國際會議也是擴展國外探勘，了解國際探勘趨勢的好方法，其中所能獲得知專業知能非在辦公室中閱讀有限文獻所能比擬，中油公司也應多派人參加，以便於獲取更多的資訊，有助於國外探勘工作，以職今年所參與的澳洲西北角 Vulcan 盆地評估為例，其主要生油岩為侏儸紀地層，最佳生油岩則為早侏儸紀的煤層，與雪梨盆地的二疊紀煤一樣含有惰煤素，因其對生油岩評估有影響，藉由此次該盆地資料及別人研究成果，所獲得的幫助是立即且直接的。

五、 參考文獻

- Agnew, D., Bocking, M., Brown, K., Ives, M., Johnson, D., Howes, M., Preston, B., Rigby, R., Warbrooke, P. and Weber, C. R., 1995, "Sydney Basin – Newcastle coalfield" In: Ward, C. R., Harrington, H. J., Mallett, C. W. and Beeston, J. W., (editors) *Geology of Australian Coal Basin*. Geological Society of Australia Coal Geology Group Special Publication, 1, pp. 197-212.
- Alder, J., Haweley, S., Mullard, B. and shaw, R., 1998, "Origin of the Sydney Basin: a new structural model" In: Boyd, R. and Winwood-Smith, J. A., *Proceedings of the 32th Newcastle Symposium, Advances in the Study of the Sydney Basin*, The University of Newcastle, 25.
- Carne, J. E., 1903, "The kerosene shale deposits of New South Wales" *Memoir of the Geological Survey of New South Wales*, 3, pp. 16-295.
- Diessel, C. F. K., 1980, "Newcastle and Tomago Coal Measures" In: Herbert, C. and Helby, R. E., *A Guide to the Sydney Basin*. Geological Survey of New South Wales, Bull. 26, pp. 100-114.
- Diessel, C. F. K., 1992, "Coal-Bearing Depositional Systems" Springer Verlag, Berlin-Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo – Hong Kong – Barcelona – Budapest, pp.721.
- Hutton, A. C. and Cook, A. C., 1980, "Influence of alginate on the reflectance of vitrinite from Joadja, N.S.W., and some other coals and oil shales containing alginate" *Fuel*, 59, pp.711-714.
- Hutton, A. C., 1982, "Organic Petrography of Oil Shales" University of Wollongong, PhD Thesis, p. 519.
- Warbrooke, P. R., 1984, "Coal forming environments in the Greta, Tomago and Newcastle Coal Measures" In: Diessel, C. F. K., *Proceedings of the 18th Newcastle Symposium, "Advances in the Study of the Sydney Basin"*, The University of Newcastle, 35-42.
- Warbrooke, P. R., 1987, "Depositional and chemical environments in Permian coal forming swamps from the Newcastle area" In: Diessel, C. F. K., *Proceedings of the 21th Newcastle Symposium, "Advances in the Study of the Sydney Basin"*, The University of Newcastle, 1-9.