



地質遺跡地質敏感區劃定計畫書

H0016 臺東縣小野柳濁流岩

劃定機關：經濟部

中華民國 105 年 9 月

地質遺跡地質敏感區劃定計畫書

H0016 臺東縣小野柳濁流岩

目 次

壹、劃定依據	1
一、法規依據.....	1
二、條件依據.....	2
貳、劃定目的.....	4
參、範圍說明.....	6
一、劃定原則.....	6
二、位置圖.....	10
三、範圍圖.....	12
肆、地質環境.....	14
一、地形.....	14
二、地層.....	15
三、地質構造.....	21
四、現地照片.....	22
伍、參考文獻.....	33

附件一、臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區範圍圖 1 幅

附件二、臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區位置圖 1 幅

圖 目

圖 1 地質遺跡地質敏感區劃定流程圖	6
圖 2 臺東縣轄區內已劃設之保護（留）區位置示意圖	9
圖 3 臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區位置圖	11
圖 4 臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區範圍圖	13
圖 5 臺東縣小野柳濁流岩地形與形成示意圖	14
圖 6 涵蓋臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區之地質圖	16
圖 7 波馬序列示意圖	17
圖 8 臺東縣小野柳濁流岩現地照片位置圖	32

表 目

表 1 臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區劃定條件及代表意義表	3
表 2 地質敏感區編號、名稱、種類與所屬行政區	4
表 3 臺東縣轄區內已劃設之保護（留）區列表	8
表 4 臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區位置說明	10

壹、劃定依據

一、法規依據

地質法

第五條 中央主管機關應將具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地區，公告為地質敏感區。

地質敏感區之劃定、變更及廢止辦法，由中央主管機關定之。

中央主管機關應設地質敏感區審議會，審查地質敏感區之劃定、變更及廢止。

前項審議會之組成，專家學者不得少於審議會總人數二分之一；審議會之組織及運作辦法，由中央主管機關定之。

地質敏感區劃定變更及廢止辦法

第二條 具有特殊地質景觀、地質環境或有發生地質災害之虞之地質敏感區，包括以下各類：

- 一、地質遺跡地質敏感區。
- 二、地下水補注地質敏感區。
- 三、活動斷層地質敏感區。
- 四、山崩與地滑地質敏感區。
- 五、其他經中央主管機關認定之地質敏感區。

第三條 地質遺跡指在地球演化過程中，各種地質作用之產物。

地質遺跡分布區域具有下列情形之一，並經中央主管機關劃定者為地質遺跡地質敏感區：

- 一、有特殊地質意義。
- 二、有教學或科學研究價值。
- 三、有觀賞價值。
- 四、有獨特性或稀有性。

二、條件依據

小野柳位處海岸山脈南端富岡至加路蘭沿海一帶，地層屬富崗砂岩（黃鑑水與方中權，1986）或利吉混同層中的砂岩段（Hsu, 1976；林偉雄等，2008），為一外來岩塊。富崗砂岩的岩性以淺黃色厚層砂岩為主，夾薄至中層深灰色泥岩。另外，有一部分富崗砂岩上覆約 1~2 公尺之隆起珊瑚礁（照片 1），意指本區歷經抬升過程（於地層章節詳述）。

本區富崗砂岩內重覆出露多套岩性組合，大致上每套岩性沉積序列由下而上依次為：泥質岩（pelite）、平行紋理的頁岩或粉砂岩、交錯紋理的粉砂岩或砂岩、平行紋理的砂岩、以底痕為界之厚層砂岩（照片 2），每套沉積厚度約數十公分至數公尺不等，整體岩性呈現出濁流岩的沉積序列。濁流岩（turbidites）是經濁流沉積作用而形成，指富含懸浮固體顆粒、密度大於周圍海水的水流，在重力的驅使下順著斜坡向下流動（潘國樑，2007），常受到地震、風暴（Allen, 1982；黃鑑水與方中權，1986）、海底山崩（何春蓀，1989）等因素所觸發。濁流岩的顆粒組成由下向上漸細，即砂岩、砂頁岩互層、頁岩的層序，伴隨粒級層、交錯紋理、波痕、底痕等沉積構造（Reineck and Singh, 1980），而完整的濁流沉積層序又稱波馬序列（Bouma sequence；Bouma, 1962）。本區的沉積序列符合波馬序列，除了表示沉積當時有發生濁流事件之外，亦可根據波馬序列指示本區的地層發生倒轉。另外，本劃定範圍內許多沉積構造亦指示本區的地層屬於倒轉層序，例如：交錯紋理、底痕、火焰構造、球枕構造、旋捲紋理、脫水構造……等，有關波馬序列及沉積構造詳細內容將於地層章節中說明。

除上述的濁流岩沉積序列及沉積構造外，本區多處出露較大型、不規則瘤狀的結核，或稱團塊（nodule）。由於團塊的耐侵蝕程度較圍岩高，經差異侵蝕後團塊則突出於岩石表面，形成外形似薑的薑石（照片 3），且因團塊本身組成物質並非均勻齊一，經風化作用後於薑石表面呈現蜂窩狀外觀（照片 4），類似臺灣南部墾丁國家公園佳樂水一帶之蜂窩岩、風化窗等構造（莊

文星，2014)。

綜合上述，本區外來岩塊除了具有多套濁流岩沉積序列外，亦富含沉積構造，其中更有多項指示地層倒轉現象，可能為弧陸碰撞的過程中，此一外來沉積岩塊移入利吉混同層時發生倒轉，符合地質敏感區劃定變更及廢止辦法第3條第2項第1款規定「有特殊地質意義」、第3條第2項第2款規定「有教學或科學研究價值」以及第3條第2項第4款規定「有獨特性或稀有性」（表1）。因此，將本區劃定為地質遺跡地質敏感區。

表1 臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區劃定條件及代表意義表

代表意義 地質遺跡特徵	特殊地質意義	教學或科學研究價值	觀賞價值	獨特性 或稀有性
小野柳濁流岩	含多套濁流岩沉積序列，指示沉積當時有發生濁流事件。動力來源可能為風暴引起的迴浪將岸邊或陸上的物質以濁流的形式帶入海域沉積。	可作為研究弧陸碰撞過程中，外來沉積岩塊移入利吉混同層的現象之重要材料。	重覆出露多套岩性組合，具觀賞價值。	屬於利吉混同層中少見的巨大外來沉積岩塊，具獨特性及稀有性。
富含指示地層倒轉之沉積構造	可能為弧陸碰撞的過程中，外來沉積岩塊移入利吉混同層時發生倒轉。	具交錯紋理、火焰構造、球枕構造、旋捲紋理、底痕、脫水構造，提供教學的良好材料。	多樣的沉積構造外觀，具觀賞價值。	小範圍內出露多種沉積構造，且指示地層倒轉層序，具獨特性及稀有性。
大型結核（薑石）	顯示不同材料受差別風化與侵蝕作用後，耐侵蝕程度較高的材料（結核）較容易存留下來。	指示結核與圍岩、結核外表的耐侵蝕程度不同，受差別風化與侵蝕作用而形成，提供教學良好的材料。	大型結核形態多變化，其上佈滿蜂窩狀外觀，具觀賞價值。	不規則狀的大型結核與蜂窩狀的外觀，具稀有性。

貳、劃定目的

為保護重要的地質露頭與景觀，依地質敏感區劃定變更及廢止辦法檢視臺東縣數處具有特殊地質現象的地點，並以具有一定規模、重要地質意義或是同時具有多種地質意義的地區評估作為地質遺跡地質敏感區。

本劃定計畫書之地質敏感區編號、名稱、種類與所屬行政區如表 2 所示，劃定說明則列於後續章節。

表 2 地質敏感區編號、名稱、種類與所屬行政區

編號	地質敏感區名稱	種類	行政區
H0016	臺東縣小野柳濁流岩	地質遺跡	臺東縣臺東市

臺東縣小野柳富崗砂岩內的沉積序列符合波馬序列，代表其是由濁流沉積而成的濁流岩，其中更有多項沉積構造指示地層倒轉現象，除了具有教學或科學研究價值、特殊地質意義、稀有性等條件外，亦具有不可再生的特性。為避免土地開發行為破壞這些特殊的地質遺跡，以及保存地質遺跡的完整性，依據地質法第 5 條第 1 項劃定為地質敏感區。

地質遺跡是以富含沉積構造的濁流岩出露良好的地區為主，其中部分濁流岩的頂部雖被珊瑚礁覆蓋，仍有良好的岩層剖面出露。所謂地質遺跡的完整性是指保持濁流岩的自然形貌。自富岡漁港（加路蘭港）東北方約 200 公尺濁流岩開始出露處為本劃設範圍之南界（照片 5），沿海岸線向北延伸約 1.5 公里後，終止於加路蘭遊憩區東側海岸之北界（照片 6）；東界沿海岸線編修；西界臨植被與濁流岩交界處。此條帶狀範圍的寬度（垂直海岸線方向）約 25~130 公尺。

有關地質敏感區的後續應辦事項，依據地質法第 6 條第 1 項，各目的事業主管機關應將地質敏感區相關資料，納入土地利

用計畫、土地開發審查、災害防治、環境保育及資源開發之參據。另外，在進行土地開發行為時，依據地質法第 8 條第 1 項規定，土地開發行為基地有全部或一部分位於地質敏感區內者，應於申請土地開發前，進行基地地質調查及地質安全評估。但緊急救災者不在此限。地質法第 8 條第 2 項規定，前項以外地區土地之開發行為，應依相關法令規定辦理地質調查。故土地開發行為基地有全部或一部分位於地質遺跡地質敏感區時，需依地質敏感區基地地質調查及地質安全評估作業準則第 6 條、第 7 條、第 8 條進行基地地質調查及地質安全評估，包括區域調查及細部調查，並評估開發行為對地質遺跡完整性的影響。基地地質調查及地質安全評估的結果依地質法第 11 條，應於相關法令規定需送審的書圖文件中，納入調查與評估結果，作為後續土地開發使用之參據。

參、範圍說明

一、劃定原則

地質遺跡地點的選定工作，首先進行區域地質、地形、構造、重要地質景觀與露頭資料蒐集，將符合地質敏感區劃定變更及廢止辦法第3條第2項規範，針對有特殊地質意義、有教學或科學研究價值、有觀賞價值、有獨特性或稀有性之景觀，再評估同性質地點中具有一定規模、特殊地質意義或同時具備多樣地質意義的景觀或露頭作為地質遺跡。另外，考量保護程度，比對相關法規所劃設的保護區或保留區，包括：文化資產保存法、森林法以及臺灣沿海地區自然環境保護計畫。由於這些依法劃設的保護區或保留區的地區已受到較好的保護，故初步先排除，再選定較缺乏保護的地質遺跡進行野外細部地質調查，以大比例尺地形圖為

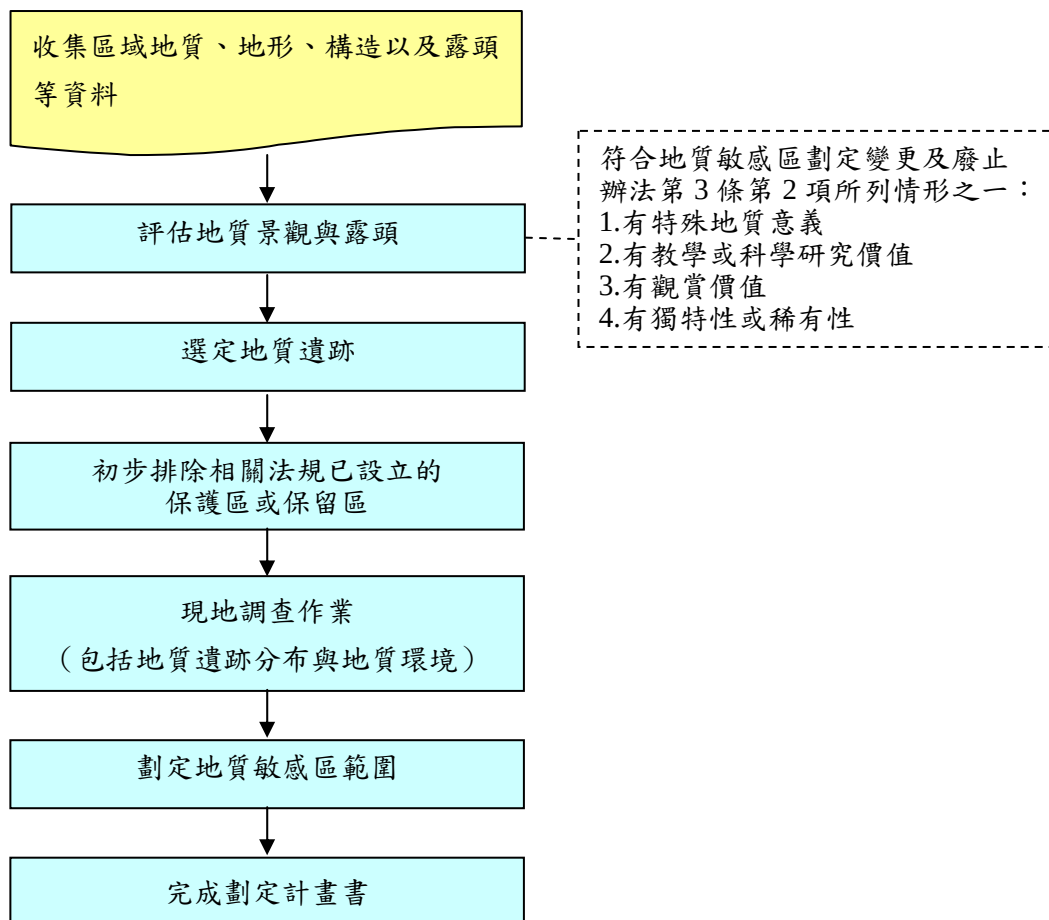


圖 1 地質遺跡地質敏感區劃定流程圖。

作業底圖，觀察現地狀況，繪製地質敏感區範圍，完成劃定計畫書(圖 1)。

臺東縣具有許多重要的地質景觀，為保護重要的地質露頭與景觀，依**地質敏感區劃定變更及廢止辦法**檢視臺東縣數處具有特殊地質現象的地點，並以具有一定規模、重要地質意義或是同時具有多種地質意義的地區評估作為地質遺跡地質敏感區。

依據上述之地質遺跡劃定流程，在選定地質遺跡後，先排除已劃設為保護(留)區之地點(表 3、圖 2)，再進行現地細部調查及後續劃設作業。位於臺東市的小野柳濁流岩出露多套濁流沉積層序，富含沉積構造，其中有多項指示地層倒轉現象，可能為弧陸碰撞的過程中，此一外來沉積岩塊移入利吉混同層時發生倒轉。本區另出露大型結核，受差別風化與侵蝕作用後形成蜂窩狀之外觀(薑石)，上述符合具有特殊地質意義、稀有性，以及教學或科學研究價值，故選定臺東縣小野柳濁流岩為地質遺跡地質敏感區。

表 3 臺東縣轄區內已劃設之保護（留）區列表

保護區名稱	保護區性質	劃設依據
1. 臺東紅葉村臺東蘇鐵 自然保留區	自然保留區	文化資產保存法
2. 大武山自然保留區	自然保留區	文化資產保存法
3. 大武事業區臺灣穗花杉 自然保留區	自然保留區	文化資產保存法
4. 海岸山脈臺東蘇鐵 自然保護區	自然保護區	森林法
5. 關山臺灣海棗自然保護區	自然保護區	森林法
6. 大武臺灣油杉自然保護區	自然保護區	森林法
7. 石雨傘自然保護區	沿海保護區項下之 自然保護區	臺灣沿海地區 自然環境保護計畫
8. 三仙台自然保護區	沿海保護區項下之 自然保護區	臺灣沿海地區 自然環境保護計畫
9. 臺東縣海瑞鄉新武呂溪 野生動物重要棲息環境	野生動物 重要棲息環境	野生動物保育法
10. 關山野生動物重要棲息環 境	野生動物 重要棲息環境	野生動物保育法
11. 利嘉野生動物重要棲息環 境	野生動物 重要棲息環境	野生動物保育法
12. 海岸山脈野生動物重要棲 息環境	野生動物 重要棲息環境	野生動物保育法
13. 臺東縣海瑞鄉新武呂溪魚 類保護區	野生動物保護區	野生動物保育法

（備註：臺灣沿海地區自然環境保護計畫所劃設之沿海保護區可細分為一般保護區及自然保護區，其中自然保護區禁止任何改變現有生態特色及自然景觀之行為；一般保護區則是在不影響環境生態特色及自然景觀下，維持現有之資源利用型態。）

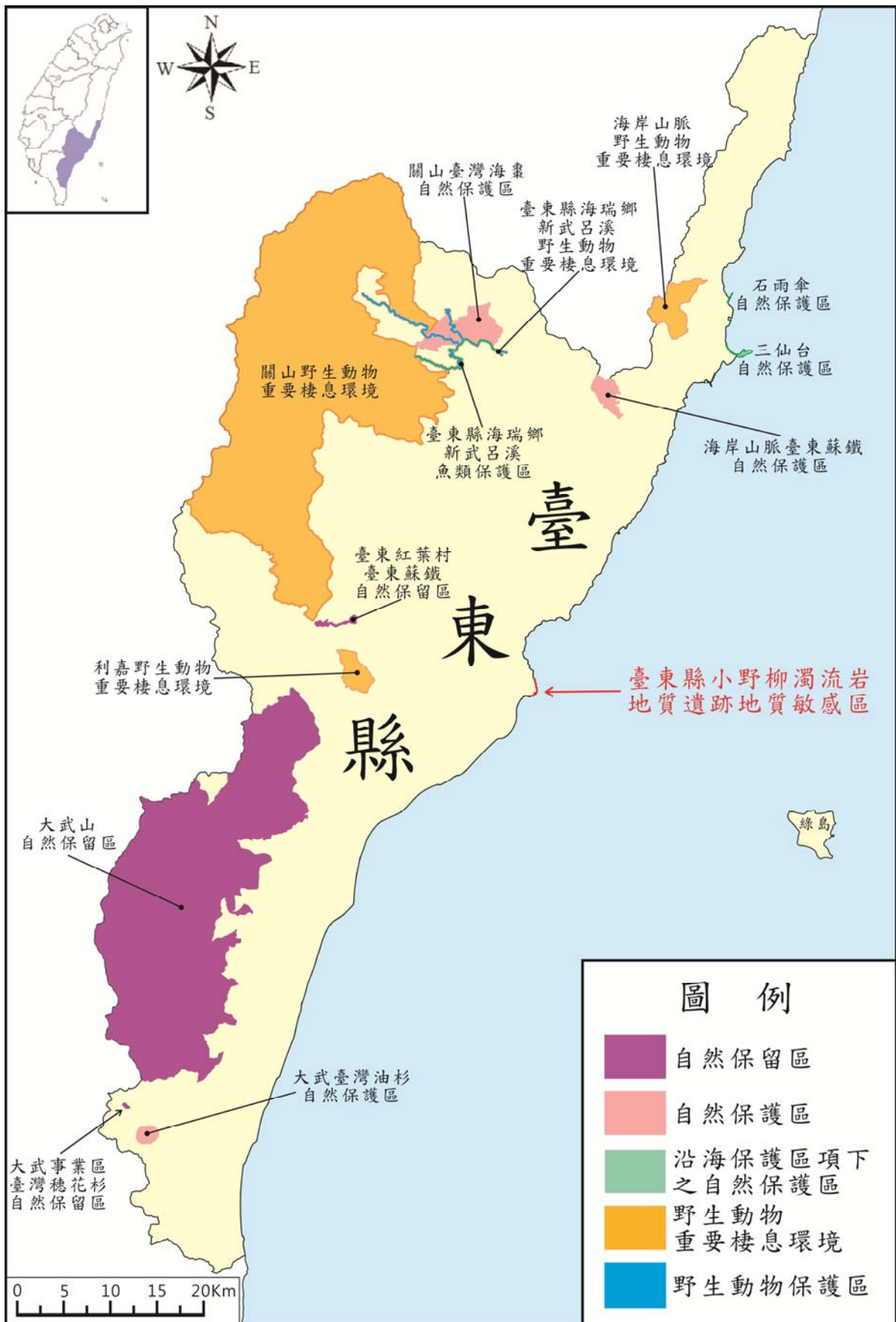


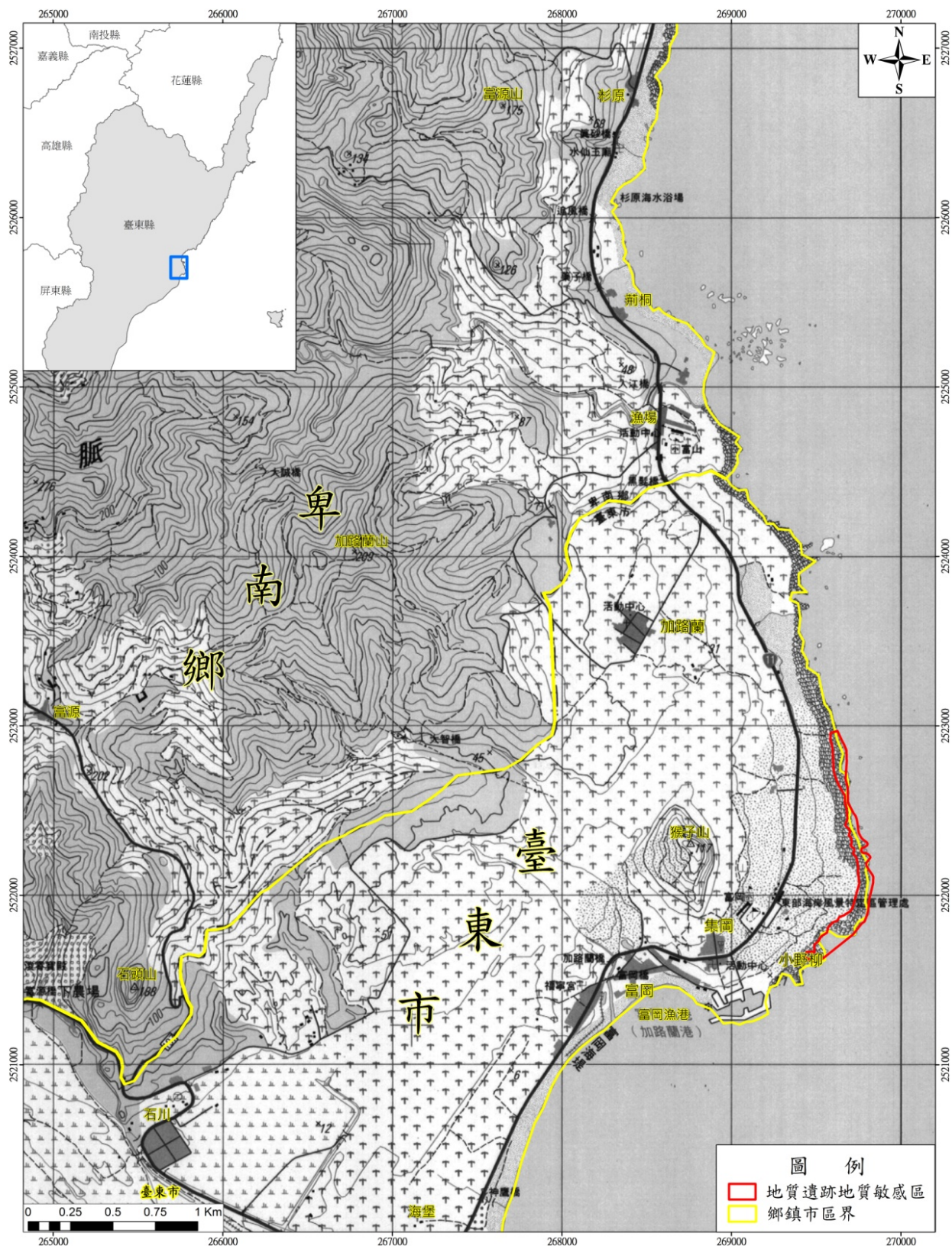
圖 2 臺東縣轄區內已劃設之保護（留）區位置示意圖。

二、位置圖

臺東縣小野柳濁流岩位於臺東縣臺東市小野柳風景區範圍內，屬於花東沿海保護區之一般保護區。主要聯外道路為省道臺 11 線，可由二個方向抵達：(1) 自行開車經省道臺 9 線、省道臺 11 線。(2) 由臺鐵臺東站轉搭各公車至小野柳站下（表 4、圖 3）。

表 4 臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區位置說明

遺跡名稱	臺東縣小野柳濁流岩
行政區	臺東縣臺東市富岡里
最近地名	集岡、加路蘭
地理位置	富岡國小東方約 380 公尺處。
到達路線	1.自行開車經省道臺 9 線、省道臺 11 線。 2.搭臺鐵至臺東站下，轉搭鼎東客運（往靜埔、成功、泰源）、台灣好行東部海岸線、普悠瑪客運陸海空快捷線，至小野柳站下。



三、範圍圖

本地質遺跡地質敏感區主要分布於臺東縣臺東市小野柳風景區之東側海岸，劃定範圍以富含沉積構造的濁流岩出露良好的地區為主，其中部分濁流岩的頂部雖被珊瑚礁覆蓋，仍有良好的岩層剖面出露。自富岡漁港（加路蘭港）東北方向約 200 公尺處起，採濁流岩開始出露處為本劃設範圍之南界，沿海岸線向北延伸約 1.5 公里後，北界終止於加路蘭遊憩區東側海岸；東界沿海岸線編修；西界臨植被與濁流岩交界處。此條帶狀範圍的寬度（垂直海岸線方向）約 25~130 公尺，總面積約 0.11 平方公里（圖 4）。

由於民國 89 年內政部測繪比例尺五千分之一像片基本圖「富岡」幅及「加路蘭」幅屬機密級圖資，故有關現地調查作業所用的底圖，採用民國 90 年內政部發行比例尺二萬五千分之一經建三版地形圖「臺東」幅。本地質敏感區範圍內之土地均屬公有地。

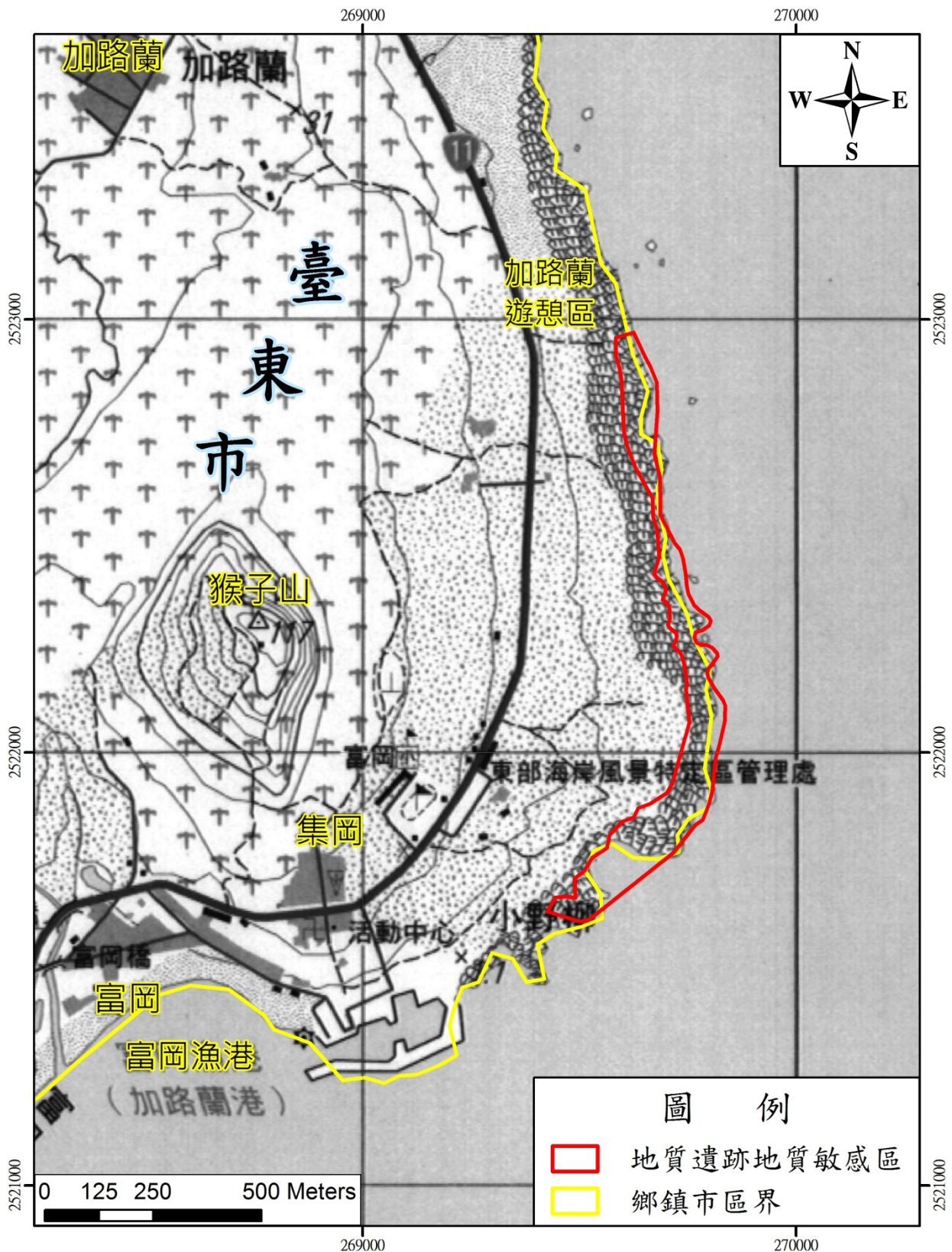


圖 4 臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區範圍圖。底圖為民國 90 年內政部發行比例尺二萬五千分之一經建三版地形圖「臺東」(9618-4)幅縮製。

肆、地質環境

一、地形

本區濁流岩的岩層傾角約 $18^{\circ}\sim 27^{\circ}$ ，在每一套倒轉的濁流岩層序中，位於上層的厚層砂岩及砂頁岩互層較下層的泥質岩相對堅硬。在長時間受到風化及差異侵蝕作用下，較脆弱的泥質岩受到較多的侵蝕，最後形成一邊緩斜而另一邊陡峭之地形（圖 5），緩斜的坡面大致平行岩層傾角。

本區亦出露許多結核（concretion），當沉積岩中局部有外來或新生成的碳酸鈣或氧化鐵礦物（如燧石、方解石、菱鐵礦等）富集在一處，或有時混雜來自海水或地下水的有機物質時，其成分、顏色、硬度、風化特性常與圍岩不同，多呈球狀或橢球體（何春蓀，1989），長軸的直徑由數公分至兩公尺以上。由於團塊（大

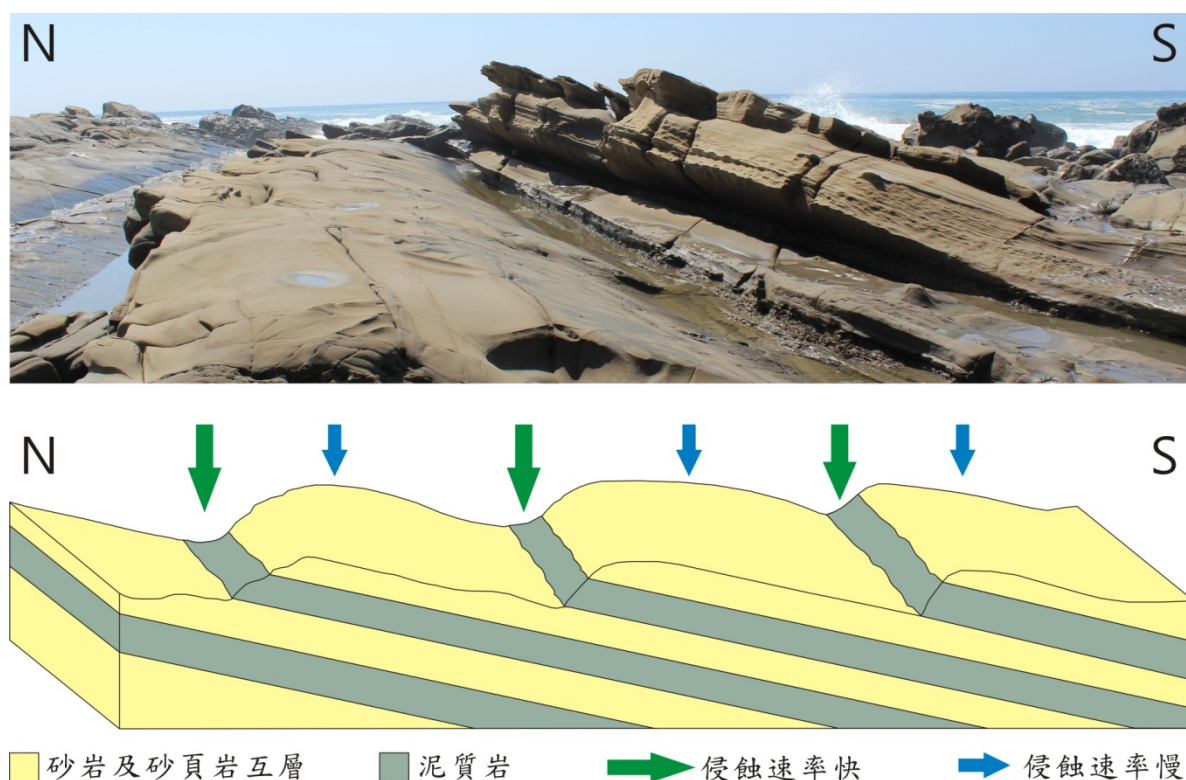


圖 5 臺東縣小野柳濁流岩地形與形成示意圖。相對較脆弱的泥質岩受侵蝕的速率較快，形成陡峭面；而另一面（砂岩及砂頁岩互層）則較平緩。

型結核)的耐侵蝕程度較圍岩高，經差異侵蝕後突出於岩石表面(薑石)。因圍塊本身組成物質並非均勻齊一，經風化作用後於薑石表面呈現蜂窩狀外觀，此種具有差別等級之風化作用亦稱差別風化與侵蝕作用(莊文星，2000)。

二、地層

本區地層位處臺東縣臺東市的集岡至加路蘭沿海一帶，屬林偉雄等(2008)所稱利吉混同層(青灰色泥岩夾各種大小不一的岩塊，最大岩塊直徑達數公里)中的砂岩岩體(圖6)，為一巨大外來沉積岩塊。黃鑑水與方中權(1986)則稱富崗砂岩，指富岡漁港以北，猴子山以東一帶所出露的砂岩及頁岩，其中尤以本區範圍內露頭較為良好且連續。

本區出露多套重覆的沉積序列岩性組合，宋國城(Sung, 1991)研究富崗砂岩之沉積機制時發表了詳細的地層柱狀圖。大致上每套沉積序列由下而上依序為：泥質岩(pelite)、具平行紋理的頁岩或粉砂岩、具交錯紋理的粉砂岩或砂岩、具平行紋理的砂岩、以底痕為界之厚層砂岩。每套沉積厚度約數十公分至數公尺不等。其中，交錯紋理粉砂岩或砂岩與平行紋理砂岩兩個單元經常反覆出現，以照片2為例，前述以砂岩為主的兩種沉積構造即交替重覆4次，每個循環沉積厚度約6~15公分，沉積物粒徑變化不大而呈連續分布且其間並無泥質岩沉積。另外，觀察粉砂岩或砂岩上、下層重覆出露的交錯紋理，可以得知其指示的古水流方向是相反的(照片7)。具有此特徵的岩層可能是濁流在封閉的小型盆地中來回流盪沉積所形成(Pickering and Hiscott, 1985)。

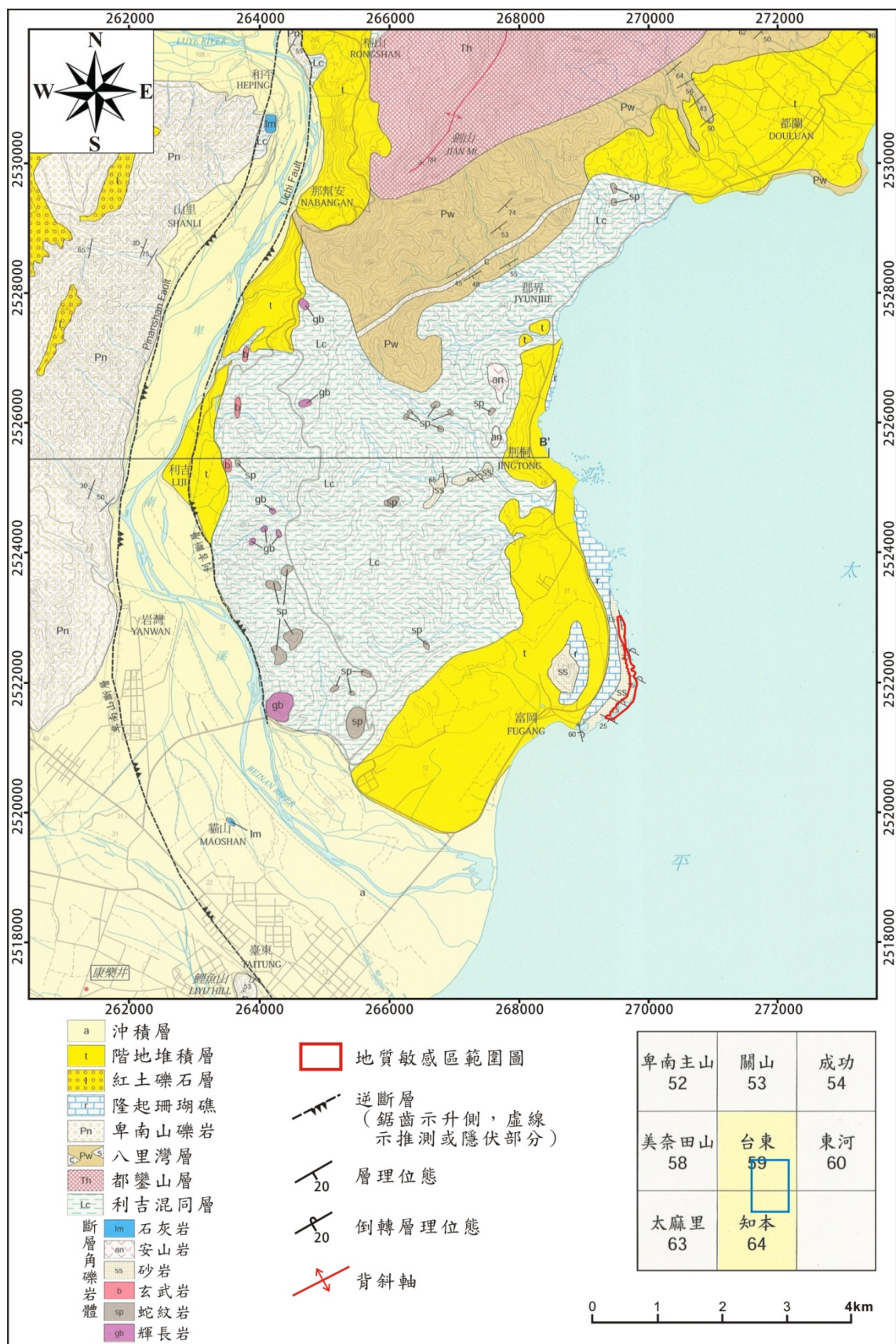


圖 6 涵蓋臺東縣小野柳濁流岩地質遺跡地質敏感區之地質圖。改繪自比例尺五萬分之一地質圖臺東、知本圖幅(林偉雄等, 2008)。

本區的沉積序列除了表示沉積環境發生濁流事件外，也指示地層的層序倒轉。正常的濁流沉積層序又稱波馬序列（Bouma sequence；圖 7），此沉積機制的理論最初由波馬提出（Bouma, 1962），即由下而上依序為粒級層理之砂岩、平行紋理之粗粒砂岩、旋捲或波狀交錯紋理、平行紋理之細粒砂岩或粉砂岩、泥層等分序（division），有些分序會重覆出現或缺失。此層序除了代表由濁流沉積的機制外，亦可指示地層上下關係，得以驗證本區的地層有發生倒轉。此一外來沉積岩塊可能是在弧陸碰撞過程中，移入利吉混同層而發生倒轉，形成今日所見的小野柳濁流岩。

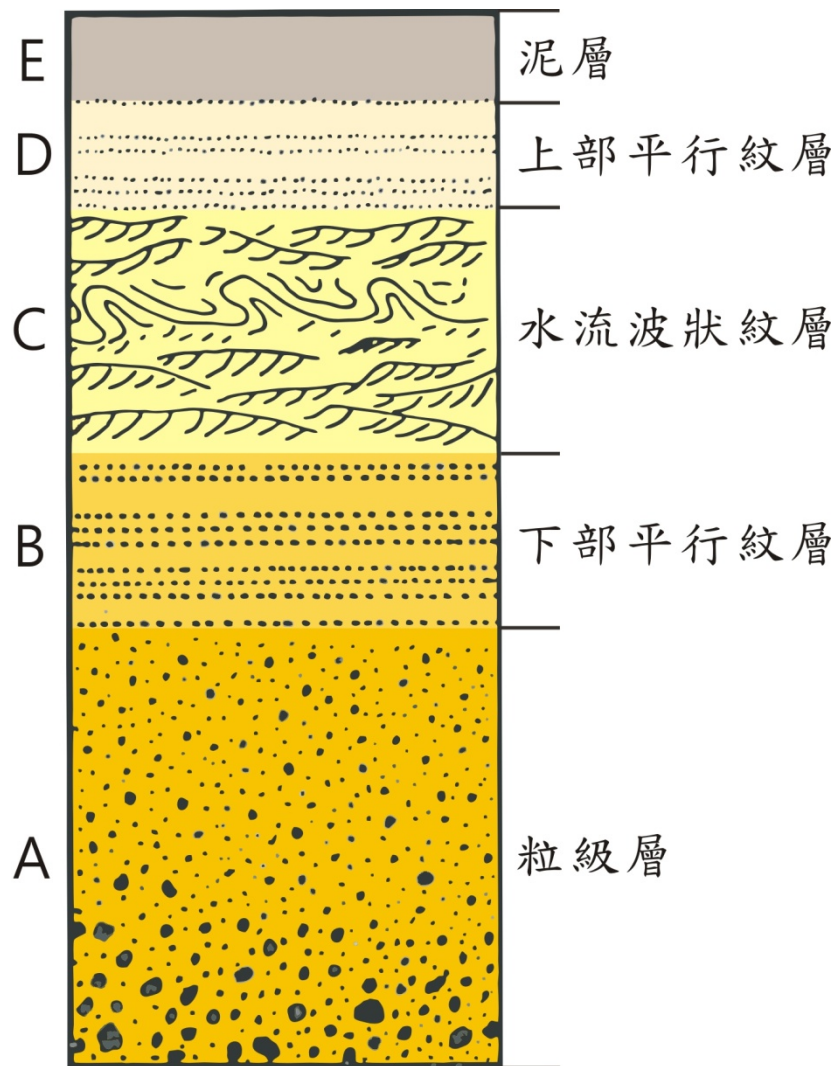


圖 7 波馬序列示意圖，代表由濁流沉積造成的沉積序列。由下而上為一完整的層序（A~E 分序），有些單元會重覆出現或缺失，此層序亦可指示地層上下關係。改繪自 Bouma（1962）。

除了波馬序列之外，亦有許多沉積構造指示本區的地層屬倒轉的層序或古水流方向，分述如下：

(一) **交錯紋理 (cross-lamination)**：正常層序下，一組層內交錯紋理與底部層面之交角會逐漸變小或正切，而頂部則被侵蝕成一明確之交角。本區所觀察之情形則相反（照片 8），呈倒轉層序。根據底部的幾何形狀判斷，本區多數屬槽狀的交錯紋理（trough cross-lamination）。

(二) **爬升波痕紋理 (climbing-ripple lamination)**：本區亦常見爬升波痕紋理，其運送沉積物時以懸浮的方式（suspension load）較為顯著，使背流面（lee side）及向流面（stoss side）均有沉積，且波峰移動時逐漸爬升（照片 9、照片 10），爬升方向即為古水流方向（Reineck and Singh, 1980）。

(三) **荷重鑄型 (load casts)**：上覆岩層（比重相對較大）因重力作用擠入下伏岩層（比重相對較小）所呈現的不規則形態（Potter *et al.*, 1980；Allen, 1982）。本區露頭與重力作用或密度差異相關成因的沉積構造主要如下：

1. **火焰構造 (flames)**：在重力作用下，上部比重較大的沉積物（如砂層）往下沉降導致擠壓變形，下方比重較小的沉積物（如泥層）向上擠出（黃鑑水與方中權，1986），是一種沉積同時或其後，岩層尚未固結時所造成的荷重變形構造。本區露頭均為比重較小的頁岩或砂頁岩互層以銳角向下擠入砂岩中（照片 11），顯示層序倒轉。

2. **球枕構造 (ball and pillow structures)**：為砂質沉積物覆蓋在泥質沉積物後，受到地震或崩滑等外力震盪，使砂質沉積物底部向下凸進泥質物（Reineck and Singh, 1980；照片 12），或掉進泥質物內，形成枕頭狀或球狀砂體。另外，因受泥質沉積物包圍，球枕構造又叫假結核（pseudonodules：塗明寬與許永松，2006）。本區露頭均為砂質沉積物向上脫離或凸進泥質物，顯示層序倒轉。

3. **脫水構造 (dewatering structures)**：在快速堆積的環境下，沉積物含有大量的孔隙水，當上方沉積物對其產生荷重

時，常使層中的水分向上逸出，使水平的砂層產生擾動而形成各種脫水構造，包含片狀或柱狀構造（黃鑑水與方中權，1986），長軸方向一般垂直於層面，常發生於每一沉積序列的下部厚層砂岩或平行層理的砂岩內。本區的脫水構造均為含水量高的砂岩以片狀及柱狀的外形向下凸入（照片 13），顯示層序倒轉。

（四）底痕（**sole marks**）：底痕是細粒沉積物的表面受到水流的侵蝕或水流挾帶物體的磨蝕刻劃成各種形狀的凹槽，之後粗粒沉積物再堆積、填充於凹槽內，即泥層的頂面及砂層的底部形成凹凸不平的表面。因泥層相對容易侵蝕而消失，故剩下的砂層底部則為底痕（黃富文，1977）。本區出露的底痕多屬笛狀鑄型構造（**flute casts**），即一端呈現半圓錐形或氣泡形，另一端以低角度逐漸與岩石表面平行，砂岩或礫岩凸出的方向指示年代較老的地層。由於本區層序倒轉，原本較軟弱的泥層被侵蝕後，可清楚觀察到砂岩底部向上方凸出（照片 14）。另外，底痕不但可作為判斷岩層是否倒轉的工具，也可以指示古水流方向，即由半圓錐形或氣泡形處流向另一端。

（五）旋捲紋理（**convolute lamination**）：主要發育於層內而非底面，外觀呈大小不一、複雜寬闊的向斜及尖窄的背斜（照片 15），亦是一種沉積同時或後期的變形構造。由於沉積物在沉積當時呈液化狀態，因沉積物的孔隙排水作用，或水流拖曳所造成的剪力作用，均可能形成旋捲紋理（黃鑑水與方中權，1986）。本區旋捲構造外觀多呈寬闊的背斜及尖窄的向斜，顯示倒轉的層序。

除了小野柳的富崗砂岩之外，位於恆春半島佳樂水與里龍山一帶出露的樂水砂岩亦屬濁流岩，然其每套岩性組合由下而上依序主要為塊狀砂岩、薄層平行紋理砂岩、不對稱波痕的交錯紋理砂岩、泥質岩，次要的岩相循環為塊狀砂岩及厚層平行紋理砂岩反覆出現，沉積循環較不符合波馬序列的模式（宋國城，1991）。此濁流岩的沉積機制可能為高濃度濁流在斜坡下沉積而成（Hiscott and Middleton, 1979）。另外，樂水砂岩的沉積環境應屬

於大陸邊緣斜坡至深海的沖積扇沉積（陳文山，1985；宋國城，1987）；而小野柳濁流岩則是在淺海環境下堆積而成，造成濁流的動力來源是多次風暴（storm）所掀起的巨浪拍打海岸，再由迴浪（ebb surge）將岸邊或陸上的物質以濁流的形式帶入海域（黃鑑水與方中權，1986）。因此，本區域（小野柳）雖然與恆春半島的樂水砂岩皆為濁流岩，但沉積環境與機制則有差異，具有特殊地質意義及稀有性。

有關小野柳濁流岩的材料來源，與利吉混同層的成因息息相關。宋國城（1991）研究海岸山脈利吉層中砂岩沉積岩相與組成成分後認為，大部分的砂岩岩塊均來自西側被動大陸邊緣斜坡或坡底的堆積；而少部分岩塊則源自東側的火山島弧之安山岩質集塊岩與凝灰岩（弧前盆地堆積），即沉積物供應來源與火山島弧有關（黃鑑水與方中權，1986）。之後進一步受到弧陸碰撞作用而移入利吉混同層中（陳文山，1991；Chang *et al.*, 2001）。

本劃定範圍有一部分濁流岩上覆約 1~2 公尺之隆起珊瑚礁（照片 1），其主要分布於郡界至富岡海岸並構成海階面（林偉雄等，2008）。珊瑚礁經碳十四定年結果為 3630 ± 50 年前所形成，顯示本區歷經古海面下降、陸地抬升作用（Chen *et al.*, 1991）。較具規模的海階於杉原一帶向南經富山連續至富岡（本劃定範圍），這些階地上並未發育沖積扇。而富岡的隆升速率為每千年 8.2~8.9 公尺，相對小於附近的富山和杉原地區（謝孟龍與劉平妹，2010）。

三、地質構造

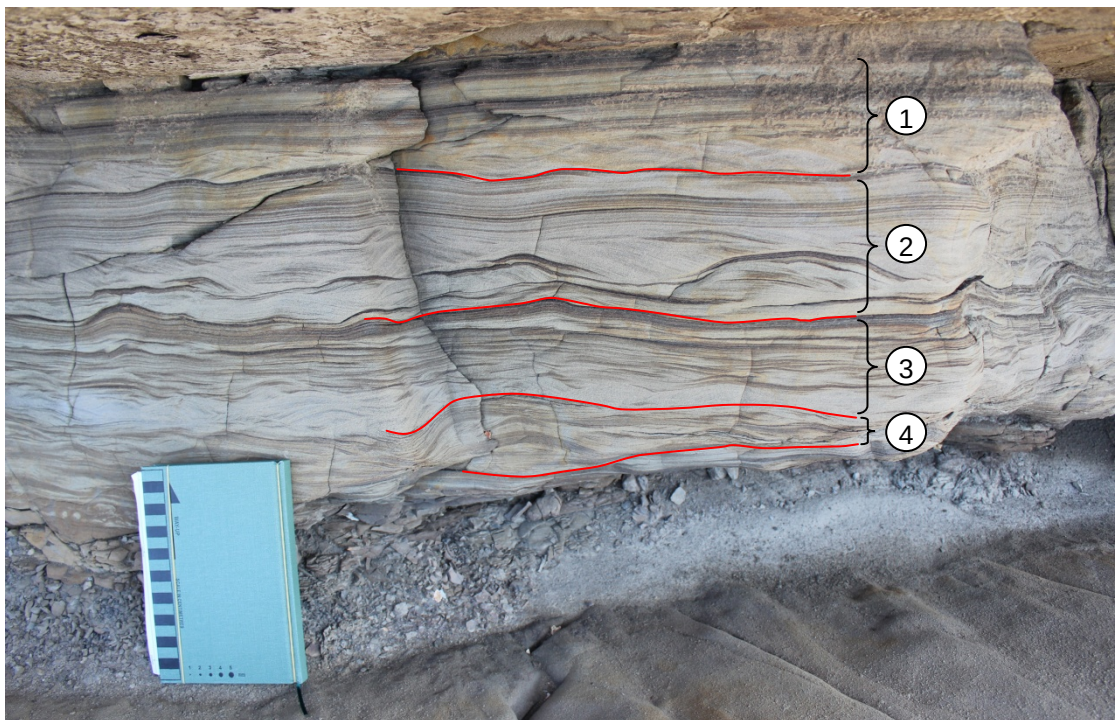
本區出露的巨大砂岩岩塊位於利吉混同層內。利吉混同層為海岸山脈與歐亞大陸碰撞產生的雜岩體（陳文山，1991），屬於板塊縫合帶的斷層帶（林啟文等，2004），而此倒轉的砂岩岩塊為構造剪動作用的產物（林偉雄等，2008）。

本區出露走向略平行海岸（N24° E）的斷層，兩側岩層明顯被錯移約 1.5 公尺（照片 16），屬右移斷層。但斷層跡長度僅 20 公尺左右，規模不大。黃鑑水與方中權（1986）於調查富崗砂岩時已標示走向滑移斷層的位置。另外，部分地區出露崩移構造（slump structures；照片 17），指未固結或半固結的岩層因重力作用或發生地震時，向下移動或滑動而產生的構造（Davis, 1984）。通常具有底滑面、崩移斷層、崩移褶皺等單元，屬於同沉積變形構造（syndepositional deformed structures），或稱準同期構造（penecontemporaneous structures；van der Pluijm and Marshak, 2004）。但本區出露的崩移褶皺不明顯，無法由褶皺軸的位態推測古斜坡方向。

四、現地照片



照片 1 本區出露岩性以淺黃色厚層砂岩為主，夾薄至中層深灰色泥岩，少部分砂岩上覆約 1~2 公尺之隆起珊瑚礁（向西拍攝）。
拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 2 向西南拍攝之濁流岩，其中交錯紋理的砂岩與平行紋理的砂岩兩個單元交替重覆 4 次（編號 1~4）。照片下方為地層年輕的方向。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 3 薑石為較堅硬、大型、不規則瘤狀的結核（團塊）經差異侵蝕後突出於岩石表面而形成（向東拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 4 薑石因本身組成物質並非均勻齊一，經風化作用後，表面呈現蜂窩狀外觀（向東拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



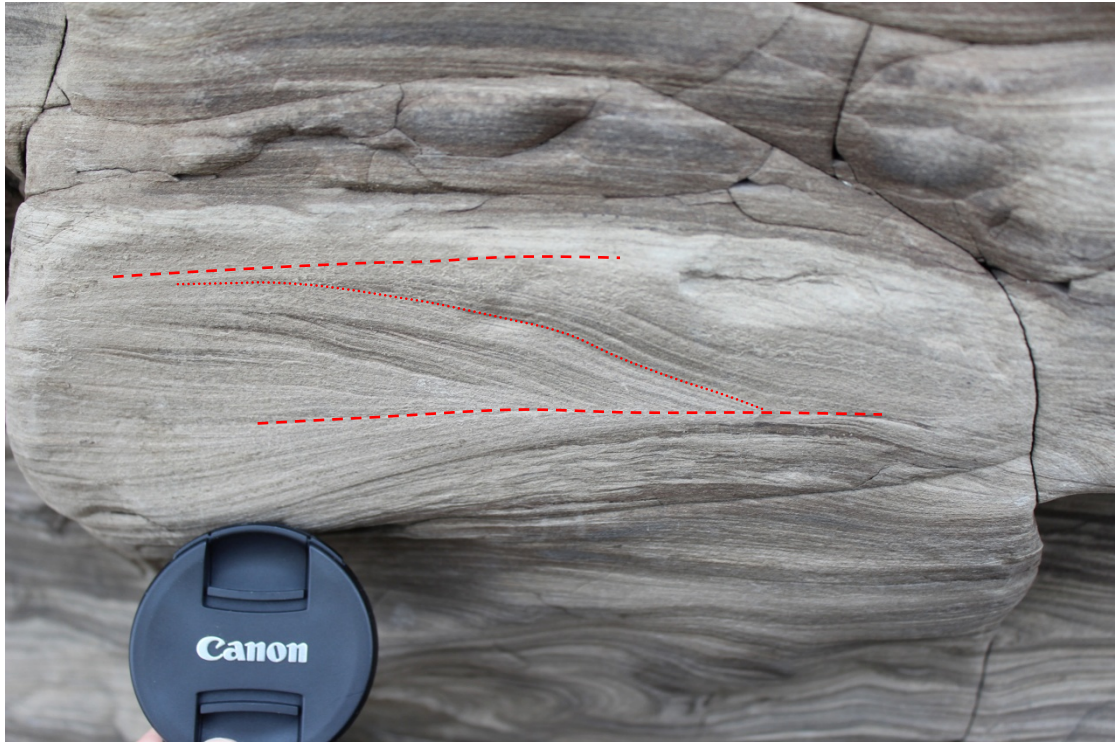
照片 5 本區範圍之南界，採濁流岩開始出露處（黃色虛線）劃設（向東北拍攝）。拍攝日期：104 年 9 月 16 日。



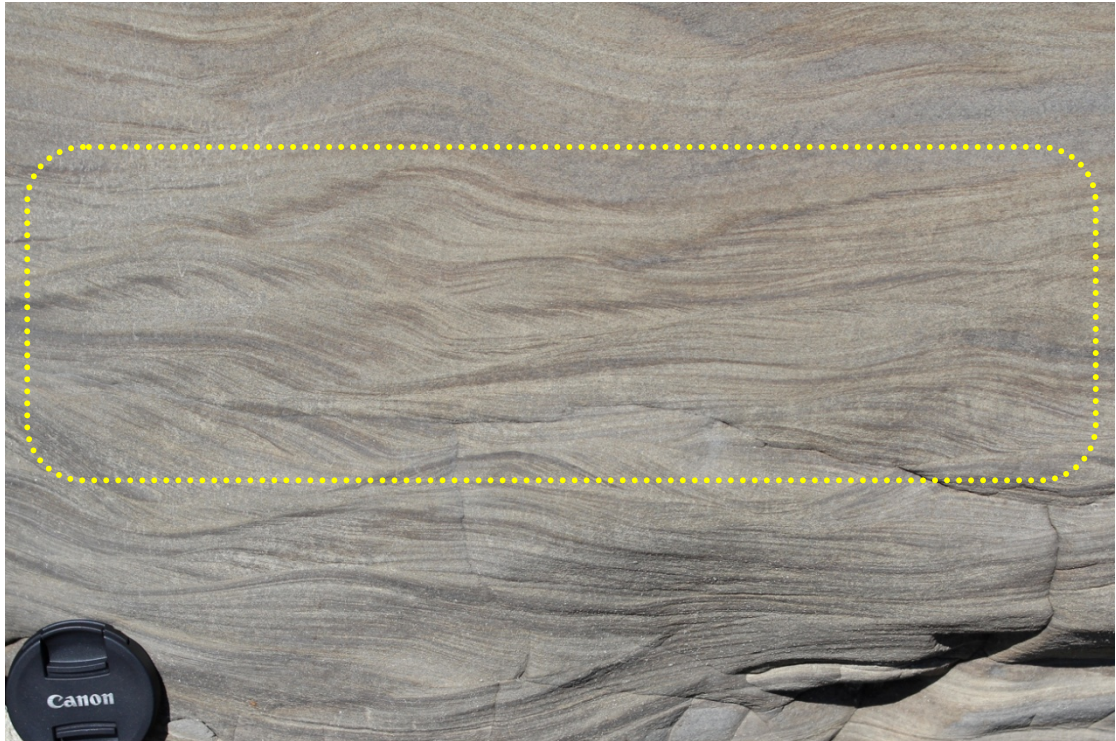
照片 6 本區範圍之北界（紅色虛線），劃設於加路蘭遊憩區東側海岸（向北拍攝）。拍攝日期：104 年 9 月 16 日。



照片 7 本區出露的粉砂岩或砂岩交錯紋理（向西南拍攝），每組交錯紋理與頂部層面（黃色虛線）交角逐漸變小或正切，呈倒轉層序，即照片下方地層較為年輕。其指示的古水流方向相反，紅色箭頭指示向左，綠色箭頭指示向右。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 8 交錯層理。與頂部層面之交角逐漸變小或正切，而底部則被侵蝕成一明確之交角，呈倒轉層序。照片下方地層較為年輕，指示古水流方向向左（向西南拍攝）。拍攝日期：104 年 9 月 16 日。



照片 9 本區出露之爬升交錯層理（黃色虛線框內），波峰移動時逐漸爬升，古水流方向由左至右（向西南拍攝）。拍攝日期：104 年 9 月 16 日。



照片 10 本區出露之爬升交錯層理，波峰移動時逐漸爬升，古水流方向由左至右（向西拍攝）。拍攝日期：104 年 9 月 16 日。



照片 11 火焰構造。比重較小的頁岩或砂頁岩互層以銳角向下擠入砂岩中，顯示層序倒轉，即照片下方為地層年輕的方向（向西南拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 12 本區出露之球枕構造，原在砂質沉積物底部向上（照片上方為地層較老的方向）凸進泥質物，為倒轉層序（向西南拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 13 發育於層內之脫水構造，為含水量高的砂岩以片狀及柱狀的外形向下（照片下方為地層年輕的方向）凸入，顯示倒轉層序（向西南拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 14 本區出露之底痕，由於層序倒轉，原本較軟弱的泥層被侵蝕後，砂岩底部向上方凸出。古水流方向指示向左（向西北拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 15 發育於層內之旋捲紋理，外觀呈寬闊的背斜及尖窄的向斜，顯示倒轉層序（正常層序為寬闊的向斜及尖窄的背斜），即照片下方為地層年輕的方向（向西南拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 16 本區出露走向略平行海岸 ($N24^{\circ}E$) 的右移斷層，兩側岩層被錯移約 1.5 公尺 (向西南拍攝)。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。



照片 17 本區出露之崩移構造，紅色虛線標示底滑面位置（向西南拍攝）。拍攝日期：104 年 5 月 18 日。

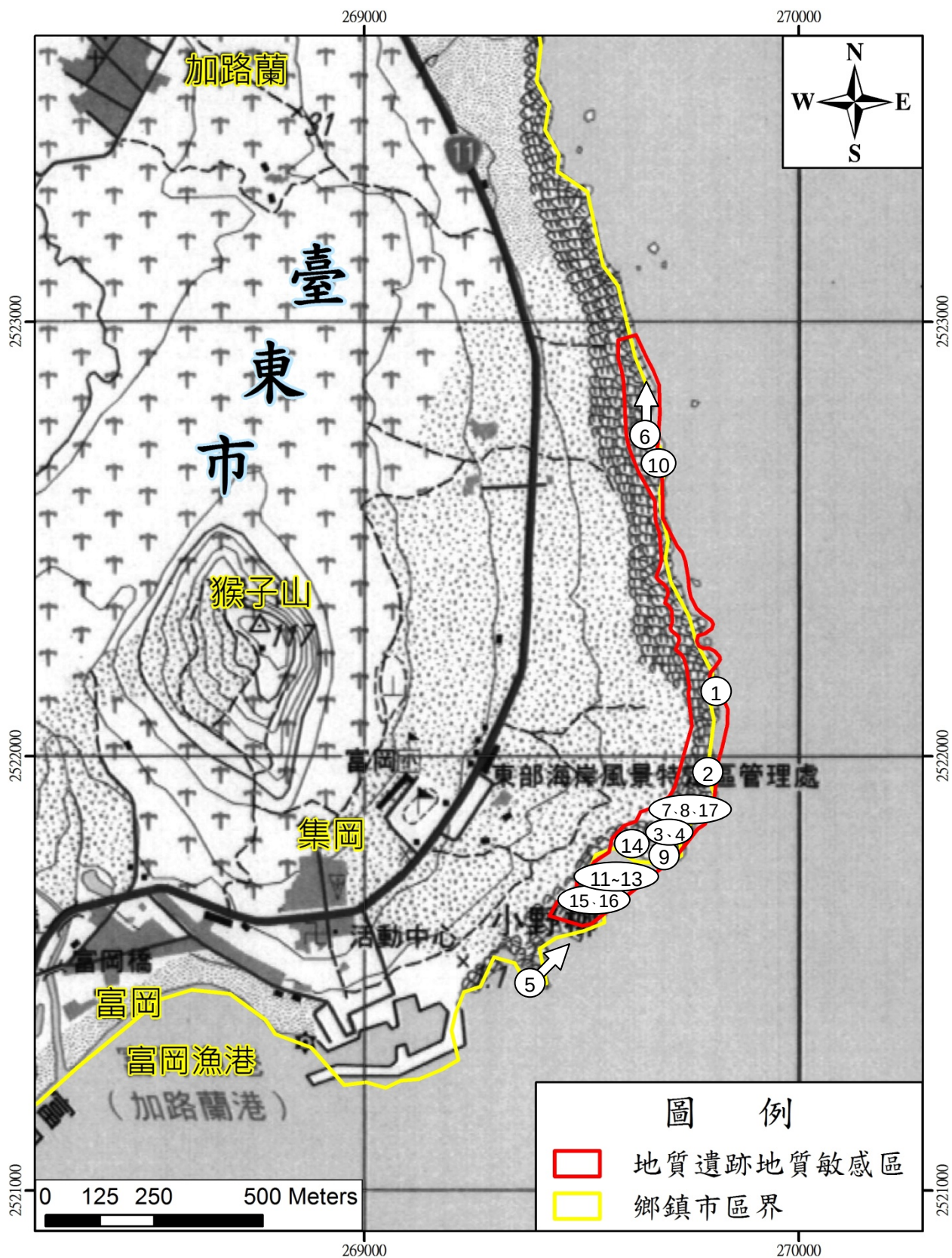


圖 8 臺東縣小野柳濁流岩現地照片位置圖。圖中數字為照片編號，詳細內容請參閱前列照片說明，箭頭表示遠景拍攝方向。

伍、參考文獻

- 何春蓀 (1989) 普通地質學 (三版)。五南圖書出版社，共 715 頁。
- 宋國城 (1987) 恆春半島地質研究。國立臺灣大學地質研究所博士論文，共 190 頁。
- 宋國城 (1991) 海岸山脈利吉層中沉積岩塊之特性。經濟部中央地質調查所特刊，第 5 號，第 231-256 頁。
- 林偉雄、林啟文、劉彥求、陳柏村 (2008) 臺東、知本地質圖說明書。五萬分之一臺灣地質圖及說明書，圖幅第 59、64 號，經濟部中央地質調查所，共 58 頁。
- 林啟文、石瑞銓、林燕慧 (2004) 臺東縱谷南段的活動斷層特性研究。經濟部中央地質調查所特刊，第 15 號，第 161-174 頁。
- 莊文星 (2000) 蜂窩岩。國立自然科學博物館館訊，第 157 期，第五版。
- 莊文星 (2014) 恆春半島滿州佳樂水地質地地形自然景觀巡禮 (二)：蜂窩岩。國立自然科學博物館館訊，第 317 期，第六版。
- 黃富文 (1977) 花蓮安通地區大港口層及利吉層砂岩之底面痕研究。臺灣石油地質，第 14 號，第 63-76 頁。
- 黃鑑水、方中權 (1986) 海岸山脈南端富崗砂岩之沉積構造及沉積環境。地質，第 7 卷，第 1 期，第 49-68 頁。
- 陳文山 (1985) 臺灣南部恆春半島之地質。國立臺灣大學地質研究所碩士論文，共 106 頁。
- 陳文山 (1991) 臺灣東部海岸山脈利吉層的成因。經濟部中央地質調查所特刊，第 5 號，第 257-266 頁。
- 塗明寬、許永松 (2006) 原生沉積構造：古代沉積環境的探針。地質，第 25 卷，第 1 期，第 56-65 頁。
- 潘國樑 (2007) 工程地質通論。五南圖書出版股份有限公司，共 779 頁。
- 謝孟龍、劉平妹 (2010) 花東海岸全新世地殼上升速率的再檢討。經濟部中央地質調查所彙刊，第 23 號，第 165-199 頁。
- Allen, J. R. L. (1982) Sedimentary structures : their character and physical basis, vol.II : Elsevier, Amsterdam, p. 663.

- Bouma, A. H. (1962) Sedimentology of some flysch deposits: A graphic approach to facies interpretation: Elsevier, Amsterdam, p. 168.
- Chang, C.P., Angelier, J., Huang, C.Y. and Liu, C.S. (2001) Structure evolution and significance of a mélangé in a collision belt: the Lichi Mélange and the Taiwan arc-continent collision. *Geological Magazine*, 138, 633-651.
- Chen, W. S., Huang, M. T. and Liu, T. K. (1991) Neotectonic significance of the Chimei fault in the Coastal Range, eastern Taiwan. *Proc. Geol. Soc. China*, no. 34, p. 43-56.
- Davis, G. H. (1984) *Structural Geology of Rocks and Regions*. John Wiley & Sons, New York, p. 492.
- Hiscott, R. N. and Middleton, G. V. (1979) Depositional mechanics of thick-bedded sandstones at the base of a submarine slope, Tourelle Formation (Lower Ordovician), Quebec, Canada. *SEPM spec. pub.* no. 27, p. 307-326.
- Hsu, T. L. (1976) The Lichi Mélange in the Coastal Range Framework. *Bull. Geol. Surv. Taiwan*, no. 25, p. 87-95.
- Pickering, R. T. and Hiscott, R. N. (1985) Contained (reflected) turbidity currents from the Middle Ordovician Cloridorme Formation, Quebec, Canada: an alternative to the antidune hypothesis. *Sedimentology*, 32, 373-394.
- Potter, P. E., Maynard, J. B. and Pryor, W. A. (1980) *Sedimentology of shale: study guide and reference source*. Springer-Verlag, Berlin, P. 303.
- Reineck, H. E. and Singh, I. B. (1980) *Depositional sedimentary environments*, 2nd. ed. Springer-Verlag, Berlin, P. 549.
- Sung, Q. C. (1991) Depositional mechanism of the Fukang Sandstone, Lichi Mélange, eastern Taiwan. *Geol. Soc. China*, vol. 34, no. 3, p. 173-198.
- van der Pluijm, B. A. and Marshak, S. (2004) *Earth Structure*, 2nd. ed. W.W. Norton & Company, New York, p. 656.

附件一、位置圖（如另紙）

附件二、範圍圖（如另紙）