

經濟部幕僚單位及行政機關人員從事兩岸交流活動報告書

## 世界海洋礦產大會

研提人單位：經濟部礦務局

職稱：副局長

姓名：周國棟

參訪期間：108.9.22-108.9.28

報告日期：108.9.22

(本報告請檢送1式3份)

## 壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：世界海洋礦產大會
- 二、活動日期：108年9月22日至9月28日
- 三、主辦（或接待）單位：國際海洋礦物學會及海南深海科學  
工程院
- 四、報告撰寫人服務單位：經濟部礦務局

## 貳、活動（會議）重點

- 一、活動性質：會議
- 二、活動內容

中國大陸地大物博，賦存各種礦產資源，在全球礦產領域屬重要資源大國。由於中國大陸人口眾多，近年在追求經濟高度發展，以提升國民生活水平前提下，大量耗用各類礦產品，因此，深知礦產資源對經濟發展的重要。當前除加強探勘開發其國內陸地礦產資源外，並積極走出去，投資國外礦業，尤其是非洲與南美洲，進口鉅量的國外礦產品，以挹注經濟之需。然而，陸地礦產資源隨著無止盡的需求與經年之開採，生產中的高品位礦床已逐漸耗竭，開採低品位礦床已呈常態，以及面臨環保限制與社會衝突問題，為確保未來長期礦產供應的穩

定，探勘開採尚未開發之海洋礦產資源，已成為礦產需求大國的共識。順此潮流，中國大陸政府也不斷加大對海洋礦產資源探勘及設備研發之投入，成為國際海底礦物探勘的積極參與者。由於近年來中國大陸在深海探測設備研發的努力，包含深海潛水器及蛟龍的問世，大大提升其海洋科學研究及探勘成果，更有助於其擴大海底探採礦區的範圍，進而使中國大陸在海底礦產資源之探勘方面居世界領先的地位。海底礦產資源主要有三種類型礦床，包括多金屬錳核，富鈷結殼及多金屬硫化物。中國大陸在東太平洋的克拉里昂斷裂帶從事多金屬錳核探勘，在西南印度洋進行多金屬硫化物探勘，在西太平洋也有富鈷鐵錳結殼的探勘，是目前全球唯一領有此三種類型礦床探勘執照的國家。

本次大會主題為海底礦產資源永續發展，包括與深海礦物開發有關之環境、監管及技術等方面，探討海洋礦床與其相關生物群落，海洋礦物資源與環境影響，以及科學調查與開採技術。參加本次大會之目的，除可瞭解國際海底礦物資源發展概況及對地球自然環境系統之影響外，並可借鏡國際及中國大陸如何創新海洋科技及其永續發展政策經驗，作為施政參考，同時亦可藉此促進國際間交流。

## (一) 海洋礦產管理法規發展

與陸地資源相比，海底資源具有蘊藏量大，品位高的特性，加上新興產業，如電動汽車及綠能發電等，對礦產資源需求的增加，以及陸地礦產資源的逐漸耗竭，過去數十年，不少國家政府在不屬其管轄的深海積極進行各項查勘、探勘及環境影響研究，期待有朝一日能夠進一步從事開採活動。因此，做為負責管理人類共同遺產的國際海底管理局爰持續訂定相關行為準則，以規範深海礦產資源相關活動。

國際海底管理局簡報海底礦產資源永續發展表示，自從國際海底管理局依據 1982 年國際海洋法公約及 1994 年該法生效後成立迄今，今年正好慶祝其成立 25 週年。該局自成立後積極推動海底礦產資源相關法規程序之制訂，所有的法規程序都是依據 1982 年國際海洋法公約及 1994 年深海採礦實施協定的框架內制訂。迄今，該局已頒佈了區域內多金屬錳核勘查及探礦規則(PMN, 2000 年 7 月 13 日發布, 2013 年 7 月 25 日修正), 多金屬硫化物勘查及探礦規則 (PMS, 2010 年 5 月 7 日發布), 富鈷鐵錳結殼勘查及探礦規則 (CFC, 2012 年 7 月 27 日發布)。此外，該局於 2015 年依據礦產蘊藏量國際報告標準訂定發布了礦產探勘結果評估，礦產資源量，礦產蘊藏量標準。此法規

的發展顯示已發現的海底礦床將逐漸從海洋科學基礎研究轉變到商業化開發。由於部分契約承包商已持續測試一些生產設備之原型機，其測試不但可改善提升該研發技術之效率，也可評估礦產蘊藏量及開採對海洋環境的影響。為此，該局積極草擬海底採礦法，同時修正環境影響評估準則，希望在 2020 年前完成訂定，以因應即將於 2021 年屆期者，其後的可能發展，目前計已批准 29 個為期 15 年的契約。該簡報更強調，此時深海採礦業雖將邁入另一新里程碑，但規範開發行為的法規準則之公布、市場對金屬之需求、技術開發投入之成果，以及開採獲利性仍將是決定此新興行業前景的關鍵所在。

荷蘭根特大學研究員在深海採礦方面之公眾參與之報告指出，國際深海礦產開發法律架構訂定尚未完整且還在進行中，盤點後仍可發現有些缺點。其以透明化、公眾參與及訴諸法律三方面來檢視既有法律架構，發現國際海洋法公約及執行協議並無上述三個面向之規定；各類型礦床之勘查及探礦規則也僅訂定透明化一項；至於目前草擬中之海底採礦法僅涵蓋透明化及公眾參與兩項，在訴諸法律這項也仍未思考納入。因此，渠建議國際海底管理局網站應公布所有環境資訊及資料，以增加透明性；海底採礦法草案中之公眾參與規定也應納入探

勘規則中；另第三方利益相關人對國際海底管理局審議的工作計畫應有訴諸法律的機會。渠認為以現今國際法及海洋環境保護的發展，以及深海海床及其自然資源屬於全人類共同資產的規定下，海底礦產資源開發接受第三方監督是無可避免的。渠並強調上述建議依據里約宣言第十項綱領應被視為實際應盡的義務，而非僅僅視為建議事項。

庫克群島海底礦產局報告該國研訂新的永續海底礦產開發管理架構與標準時指出，庫克群島為南太平洋上的一個小島國，但卻擁有非常廣闊的專屬經濟海域。該海域賦存大量且獨特的錳核資源，估計達 120 億公噸。另該錳核及海底沈積物也富含大量稀土金屬。為有效管理此海底資源，該國政府 2009 年制訂了海底礦產法，作為查勘、探礦及採礦之管理規範，並依此法成立了海底礦產局，負責核發勘查、探礦及採礦執照。2019 年由海底礦產局依據最新的國際標準修訂了海底礦產法，修正重點包含增訂決策與評估於探勘申請程序中；增訂科學探勘，蒐集及分享深海礦產資源資訊、資料及採樣等規定，以符合聯合國海洋法公約及國際海底管理局之準則。此次修正將有助於投資者或礦業權申請者在新的核准程序中就海底礦區的礦產及其經濟可行性做出明智的決定，但目前尚無商業開

發活動。

上海交通大學簡報國際深海採礦中國大陸的法制與管理制度敘及，基於中國大陸為海洋法公約之會員國，為保護其國家利益及人類共同福祉，依據國際法訂定國內法係有必要的。因此，中國大陸在 2016 年公布了深海區資源探勘開發法，內容涵蓋探勘開發資源、環境保護、科研與資源調查、監管機制與責任、罰則等。簡報也指出此立法雖有助於推動依法治理及參與相關之國際事務，進而促進人類共同福祉，但仍有賴更多配套措施及時間去落實。尤其，政府應謹慎採取必要且適當之措施，確保契約承包商遵守國際海洋法公約義務及相關法律文書，以避免國家承擔未履行公約之責任。另也強調中國大陸為促進開發中國家參與深海探勘活動，積極提供該等國家人員能力建構及專業訓練的貢獻。。

## (二) 深海採礦技術之發展與挑戰

深海採礦在可見的未來是否具可行性將取決於產業及技術開發者能力，是否可提供在真實環境下具有高生產效率的整合系統。截至目前為止，尚無商業化的海底採礦系統問世，此意謂著當今仍無經證實且可直接使用的採礦設備。因此，許多國家仍持續努力研發精進各類採礦系統。典型的深海採礦包含

以海底遙控機械採集錳核或開採富鈷結殼及硫化物，然後連結垂直運送系統，將礦石揚昇至海上之平台或母船，經除水後再轉運至陸地上進行處理。

國際海洋科技公司簡報深海採礦後勤系統設計提及，該公司為全球第一艘深海採礦船的設計師，該艘船目前正在中國大陸建造。深海採礦業正期待這艘船開始營運，成功的營運將會加速吸引此新行業的投資。報告指出深海採礦船為一全新的船型，它是現行海上支援/建造/特殊用途的船、散裝船、油輪、鑽井船、浮動生產儲存卸載礦船所整合而成，並經由設計船舶、採礦方式及作業來解決環境議題。每項海底採礦計畫因不同的礦物種類、採礦及輸送方法、水深、海流、風力、波浪及離岸距離等因素，其設計也不同。另船上的處理及儲存要求也將大大影響船舶之大小與成本。因此，設計如此複雜的海底採礦船最大的挑戰就是要與設計者，客戶與涉及船舶設備和物流的所有各利益方之間進行密切互動，才能成功的完成此船舶的建造。

上海石油設備公司簡報海底礦產資源開採，說明智慧型導管採礦系統設計，包含母船、智慧複合連續軟管、油壓傳輸設備、採礦機械等。其中，智慧複合連續軟管係該公司研發生產



的最佳海底礦產資源開採的管線。該管線係由一種高性能纖維強化的熱塑性複合材料製成，具有極佳的抗張抗壓及耐磨耐蝕耐疲特性。配合光纖、水下幫浦之使用，更可以線上監控流體資訊。

美國 ABS 公司報告深海採礦垂管式揚昇系統設計之挑戰指出，深海採礦系統最重要的部分為垂管式揚昇系統，如何將採出之礦石輸送至地表，其設計上必須考量如何提升輸送效率，以及克服系統不確定的動態回應。因此，此系統設計上最大挑戰在於需符合連續開採條件外，還需滿足上述揚昇系統需求。深海採礦係一個由海底經由水體提取礦物的過程。隨著深海至超深海之應用，揚昇系統的設計、分析、設置、性能及處理的挑戰也隨之增加。

### (三) 海底戰略礦物資源評估

海洋礦物公司簡報海底多金屬錳核可作為戰略礦物的供給來源指出，深海錳核可供應因綠能經濟帶來的鈷、鎳及其他戰略金屬的短缺。報告說明電池級鈷與鎳供給不足將於 2024 年後快速擴大，因陸地採礦將無法填滿此需求增加的缺口。此電池用原料之短缺主要係電動車市場的需求增加，符合道德的原料來源不足，地緣政治風險增加，回收料尚不足以成為重要

的來源等。統計資料也顯示，全球鈷資源陸地占 16%，海洋錳核及富鈷結殼占 84%；全球鎳資源陸地占 27%，海洋錳核及富鈷結殼占 73%，此說明了海底礦床遠大於陸地礦床。報告認為以經濟及永續方式開採此類礦產資源所需之技術及系統已經存在，而且已在許多先導試驗中獲得驗證，這使得錳核及富鈷結殼項目在可見的未來將可成為重要且具規模的鈷及其他戰略礦物的來源。

大阪府立大學教授報告同時開採錳核及富含稀土元素沈積泥之可行性研究指出，太平洋海底賦存稀土元素，尤其 2011 年報導在夏威夷外海的東北太平洋及大溪地外海東南太平洋兩地深海沈積泥富存稀土元素的含量高達 500-1500 ppm。至 2013 年日本在其南鳥島專屬經濟海域 5600-5800 的深海處發現更富集的稀土元素沈積泥層，稀土含量高達 5000-6500 ppm。報告指出以往研究僅開採富含稀土元素之沈積泥並不具經濟可行性，因此，本計畫評估在與錳核同時開採，以礦漿模式輸送及再利用處理後產生的廢泥做成建築材料的條件下，結果顯示開採經濟可行性將視富含稀土元素之沈積泥與錳核之礦漿混合比而定。其中，最具挑戰的是如何獲得最佳的碎礦粒度分布，以利礦漿輸送。

廣州海洋地質調查所報告調研太平洋深海沈積泥之稀土資源進展說明，調查太平洋西北北、中部及東南盆地之結果顯示，賦存稀土及釷的深海沈積泥品位分別 812ppm，870ppm 及 1030ppm。與中國大陸南方之離子吸附型稀土礦床比較，中重稀土前者是後者的 1.7-2 倍；釷含量為 1.9-2.5 倍。以礦床分布型態而言，前者礦床與磷礦石具高度相關性；後者則與花崗石母岩有關。總結目前陸地仍賦存大量的稀土資源，在可預見的未來商業化開採海底稀土資源當屬不易。因此，縱使海底富藏大量稀土資源，將不影響國際市場稀土價格。

#### (四) 深海採礦對海洋環境影響及對策

由於深海環境的脆弱屬性，在深海從事礦產資源之開採，將擾動海底沈積泥，破壞深海物種棲息地，造成海底生態系統退化或生態多樣性的損失。因此，在促進深海礦產資源開發的同時，並確保此活動不危害海洋環境，的確是一大挑戰。

俄國海洋地質研究院簡報富鈷結殼及硫化物指定具特殊環境利益區域的一些想法指出，為兼顧深海資源探採及海洋環境保護，根據海洋法公約第 145 條規定，在區域內從事活動應採取必要措施，確保有效保護海洋環境免於有害影響。國際海底管理局應採通過適當的法規程序，以預防、減少和控制污染

及其他危害海洋環境，以及保護和保育區域內的自然資源，並防止破壞海洋動植物環境。為落實上述公約規定之預防措施，並在探勘活動主要地區研訂執行區域環境管理計畫，2012年國際海底管理局理事會核准了克拉里昂斷裂帶區之區域環境管理計畫，但中大西洋脊，印度洋，西北太平洋等地區才開始進行規劃中。其實，執行區域環境管理計畫之關鍵在於指定特別保護區，亦即劃設特殊環境利益區域。基於富鈷結殼及硫化物礦床生態之動植物社群特性、變異性及規模迥異於錳核礦床，報告建議針對富鈷結殼及硫化物礦區所指定具特殊環境利益區域應以小面積方式為之，而非如錳核礦區指定大面積的特殊環境利益區域，以調和保護海洋環境之目標與契約承包商之利益。

麻省理工學院教授研究深海開採錳核後回排分離後之沈積泥羽流對環境影響指出，深海開採錳核造成眾人關切的主要原因即是將分離後之沈積泥排放入海洋。因在自然環境下深海環境的懸浮固體濃度及其年沈澱速率甚低，如將大量沈積泥排放入海形成羽流，將對深海環境中的生物多樣性構成威脅，例如造成許多物種進食器官的堵塞，局部破壞浮游生物上下遷移等，因此，有必要就沈積泥排放入海形成羽流後的行為進行研

究，以利制訂環境法規，劃設保護區域及進行環境影響評估。唯報告中也說明除上述將沈積泥排放入海會形成羽流外，當採礦機從海底採集錳核時，因擾動海底沈積泥也會伴隨形成羽流。

荷蘭皇家 IHC 公司簡報改善多金屬錳核採收環境成效言及，此計畫為歐盟藍色錳核計畫，該公司在此計畫之角色為設計適合深海惡劣環境之採礦原型機。報告強調該公司所設計等比例錳核採礦原型機包含採集系統，推進系統及拖曳系統。其中推進系統即專注在減少對海底沈積泥的擾動，降低此系統時所帶來對海洋環境的影響，同時還能維持最大的牽引力。此採礦機的前端裝置液壓式採集器，利用海水激起海床上的錳核，後端則裝置擴散器藉由降低速度及密度流，以減少擾動而產生羽流，希望在環境上達成永續性，在產業上採礦系統也能具有可行性。

荷蘭德夫特理工大學教授報告液壓錳核採集器的研發與測試及環境影響計畫，並指出為深海採取錳核的永續性、可靠性及效率性必須審慎地設計海底採礦機，最終並需於海底實際整合測試。該報告強調採礦所產生的羽流如果沒有充分稀釋至濁度的背景值，很可能會從開採活動區擴散至數公里遠。羽流

的擴散將成為最嚴重的環境壓力。因此，此計畫將評估液壓採集器、分離器、沈積泥擴散器，並最佳化排放沈積泥的條件，以減少環境的足跡，並維持經濟生產力。

英國 SMD 公司報告具經濟及環境可行性的水下採礦解決方案。該報告特別比較分析了傳統露天採礦，海底採礦及陸地覆水礦場水下採礦在勞工及安全、環境影響、社會接受度等面向的影響，結果顯示在勞工及安全方面，傳統露天採礦需要大量不同技術勞工，但仍取決各礦場自動化程度而異；海底採礦及陸地覆水礦場水下採礦因使用高度自動化遠端遙控機械，人力需求低，且無需在危險區域工作，安全顧慮少。至於環境影響方面，傳統露天採礦具有灰塵和氣體排放，噪音，景觀視覺，地下水、酸性排水、斜坡穩定、爆破震動、生物群系的影響；海底採礦則有海洋生物群，沉積泥擴散的影響；陸地覆水礦場水下採礦則有可能對地下水化學物質產生影響。在社會接受度方面，傳統露天採礦取決於採礦地點，可能成為開發限制因子；海底採礦尚無法得知；陸地覆水礦場水下採礦則是在土地已經退化而廢棄的覆水露天礦中開採資源，社會上高度反對情況不至於發生。無論陸地或水下採礦，生產自動化科技化將是改善環境重要的因素。

三、 遭遇之問題：無

四、 我方因應方法及效果：無

五、 心得及建議：

(一) 隨著世界人口不斷成長，開發中國家城市化工業化繼續推進，人類對金屬之需求將持續增長，因此，採礦及金屬對滿足及達成人類永續發展的目標至關重要。深海採礦為人類長期的社會與經濟福祉，提供了巨大的潛力。深海採礦在當今全球推動綠色經濟轉型有其必要性，因海底礦物提供綠色經濟產品如電池、電腦及手機所需的關鍵技術原料。對比現有陸地之採礦作業，深海採礦對環境及工人之危害相對較小。但人類也要關注找出永續利用海底資源的方式，同時最大程度地減少對海洋環境的衝擊，才能實現海洋礦產資源永續利用，進而造福全人類。

(二) 申請公海礦區不只是技術發展之展現，更是國力的延伸。中國大陸以國家資本大量且長期投入，積極成立深海礦產資源開發研究機構，保持研發創新能量，提升全球競爭實力，成功開發深海研究設備，以及研發深海探採及監測設施，因此，可以預期隨著中國大陸經濟及社會的快速發

展，在大量開發使用陸地礦產資源後，勢必引領國際走向深海探採礦產資源領域。

(三) 南太平洋諸多島國面積雖小然其經濟戰略意義重大，因其正好位於全球重要深海礦床所在，且專屬經濟海域面積遼闊，例如，所羅門群島及吉里巴斯在其專屬經濟海域賦存多金屬硫化物礦，多金屬錳核、富鈷結殼等礦床，未來深海採礦具競爭力後，將是重要的礦產資源來源，預期太平洋島國之資源經濟地位將因此大為提升，而成為資源消費國競相爭取資源之場域。由於許多太平洋島國經濟多樣化及永續成長和機會有限，而最大的自然資源為海洋，近期海底礦產資源的發現為南太平洋島國提供了經濟與社會永續發展重大機遇。隨著中國大陸海上絲路推進，從貿易上顯示太平洋島國從中國大陸之發展中獲益，中國大陸在經濟上主要是獲取當地市場及豐富自然資源，經由貿易、投資及援助增強其在該地區之影響力。另中國大陸為促進開發中國家參與深海探勘活動，積極提供該等國家人員能力建構及專業訓練的貢獻，實力不容小覷。

(四) 近年中美貿易戰衍生可能之稀土資源戰，地緣政治再度受到關注，海床發現稀土礦床、多金屬錳核及富鈷結殼皆被



視為可替代陸地戰略礦物的供給來源。從市場經營角度來看，海底錳核以錳礦為主，其次要礦物包括鎳鈷銅稀土等可廣泛應用於再生能源，但錳礦在未發現更多新用途前，將來錳礦廢棄如何處理將是一大問題。另外海域與陸地生產的礦物二者在市場上勢必產生競爭關係，所以未來在深海礦物開採技術成熟後，國際海底管理署對礦產權利金的訂定或將成為影響海底採礦市場化重要的關鍵與爭議點。

(五) 歐盟各國因長期工業化，礦產資源快速耗竭，舊露天礦山關閉後多為地下水所覆沒。因此，目前製造業所需原物料主要仰賴進口，歐盟為保障並降低戰略礦物受出口國政府政策影響之風險，希望能掌握穩定之礦產資源，無不積極從事海洋礦產資源探勘，並結合各國能力所長，整合資源共同合作，提出藍色錳核計畫，進行長期研究發展海洋礦產產業。隨著這些水下新技術進展，更不忘將此技術應用於陸地已廢棄被水覆沒的舊礦場，此種創新思維將舊礦場再度賦予新價值新生命，並預計未來以水下機械重新開採以往無法採出的礦產資源。此顯示歐盟瞭解多元化礦產來源對原料穩定供應及經濟持續發展的重要性，也深知海底礦物的開採與二次礦物回收尚不足以取代陸地礦產開

發，因此，除持續進行海域礦產資源探勘外，仍不停思考  
維持陸地礦產資源探採活動，此作法值得政府借鏡學習。

參、謹檢附參加本次活動（會議）之相關資料如附件，報請  
備查。

職 周國棟

108 年 10 月 22 日