【產學合作圈】楊長義 發掘優質岩盤封鎖放射性廢棄物

趨勢巨流河

■ 文／林妍君、攝影／陸　瑩

研究緣起

2011年，日本東北遭遇311大地震，引發海嘯灌向福島、宮城和岩手等縣市，且重創福島核能發電廠的歷史畫面，令世人至今仍記憶猶新，也帶動臺灣人民反核意識的興起，「2025年非核家園計畫」更成為總統蔡英文和政府團隊刻不容緩的目標。因此，土木系教授楊長義和一群學者於2014年起，關注於放射性廢棄物的處置，透過專業知識結合實務應用，開啟了研究之路，他誓言發掘一處優質岩盤，能完整處置放射性廢棄物，如同尋覓一件優質外衣，讓廢棄物好好穿上。

研究領域

專注在岩石力學、工程地質研究領域的楊長義說明，土木工程學大致可分為地上結構、大地工程及法規等主題，「我研究的是岩盤，地底下更深層的部分。」近年來，針對放射性廢棄物尋覓適當的處置地點與方式；其中，2014年執行行政院原子能委員會放射性物料管理局的「低放射性廢棄物處置安全管制技術發展」計畫，於104學年度榮獲本校專任教師研究（產學研究計畫）獎勵，行政院原子能委員會更在105年度頒發「放射性物料安全營運績優和研究發展傑出貢獻獎」，給予肯定。

楊長義說，廢棄物應依據放射性的高低，來決定適合放置地底下的深度，「例如Ｘ光片、手套等低放射性廢棄物，至少放在地下深度80至120公尺，核廢料、燃料棒等高放射性廢棄物，則須放在地下深度逾500公尺，再以混凝土進行桶裝，最後找到適合的岩盤，隔絕在地層中，讓放射性自然衰減。」他強調，研究放射性廢棄物的處置，儘管與研究輻射是不同領域，但對於後代子孫均有舉足輕重的影響力。

研究歷程

「我們借鏡他國經驗，統整出適合臺灣的方向。」楊長義說，芬蘭與瑞典從1970年代著手研究核廢料的處置，技術相當完善、純熟，建置有網站與公開資料庫，並提供相關研究報告。在臺灣，資料庫尚未健全，在資訊不透明的情況下，能運用的資源相當有限，僅能藉由參考核能先進國家的岩石力學經驗，再根據臺電於現階段對地質處置場配置的規畫，進行蒐集調查區域既有岩力試驗和調查資料，以及提出未來在最終處置廠配置的對策與建議。

為尋求處置安全地和瞭解相關處置技術發展及執行，楊長義曾走訪甘肅省北山地區，考察中國大陸現行處置場與地下實驗室選址的前置作業，以及處置安全評估的概念

，盼提供我國未來規劃處置設施及相關研究發展之參考。他解釋，地下實驗室身處地底下數百公尺的母岩中，監測岩石特性是地表調查和岩盤研究無法取代的經驗，也唯有進入真實環境、進行全尺寸試驗，才有可能一窺全貌。

行政院原子能委員會放射性物料管理局／「低放射性廢棄物處置安全管制技術發展」計畫

自2014年起，楊長義參與行政院原子能委員會放射性物料管理局的「低放射性廢棄物處置安全管制技術發展」計畫，依據「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，行政院原子能委員會為主管機關、經濟部為主辦機關，而經濟部於2012年7月核定公告臺東縣達仁鄉與金門縣烏坵鄉兩處為低放射性廢棄物最終處置設施潛在場址，楊長義因此針對公告潛在候選場址展開計畫案之研析。

楊長義提出，目前國際上針對已運轉或規劃中的低放射性廢棄物之最終處置場多採「近地表處置」，可分為地表壕溝、混凝土窖與地下數十公尺深之坑道處置，少數國家規劃採「地質處置」，將低放射性廢棄物放置在地下數百公尺的岩層中，使其隔離於人類生活圈之外。但仍必須考量當地自然、社會、環境與廢棄物特性等因素進行通盤性規劃，另考量低放射性處置設施工程規模龐大，目前「坑道處置」為我國可能的處置方式。

為了掌握地質破裂帶對處置坑道的穩定安全影響與地下水滲流狀況，楊長義團隊蒐集了瑞典SFR-1及芬蘭Olkiluoto VLJ與Loviisa VLJ坑道處置設施監測資料，藉以瞭解國外低放射性處置坑道在運轉期間，岩石力學、水文地質、坑道襯砌材料等檢監測概況，並進一步歸納出監測「岩體穩定性」與「地下水滲流」兩類為重點監測指標。

遂而依據國內本土地質條件，參考附近台9線、南迴公路安朔至草埔段的隧道之地質調查工作，瞭解一般隧道在襯砌結構出現異狀時的因應檢監測方法。楊長義說明，「瞭解個案檢監測方法與目的，在於持續追蹤過去在建造階段，是否曾遭遇過工程地質災害，這有助於理解隧道結構的長期安全穩定性。」

不過，因為國外處置坑道多處於優良地質條件，可允許岩盤直接裸露、無需太多支撐，但國內坑道幾乎需輔以襯砌結構來維持岩盤的穩定性，因而國內隧道檢監測項目多藉由在襯砌的變位量測、裂縫擴展及混凝土材料品質劣化程度，提供判斷坑道結構的安全與穩定性。

研究展望

楊長義語重心長的說：「核電廠運轉帶來電源供應，卻鮮少有人瞭解放射性廢棄物的流向與處置，況且人類即使從地球上消失，放射性廢棄物仍會持續散發輻射，其相關議題值得社會大眾深切的省思。」展望未來，楊長義堅定地表示，會持續做研究下去，秉持著對於社會貢獻所學的初衷，將繼續關注國外處置坑道的發展，例如檢監測資

料的分析技術、檢監測結果與處置坑道結構行為之關聯性，以及坑道封閉前後等研析，確保相關監測工作足以反應處置坑道結構的長期穩定性。

他也坦言，相關研析技術門檻高，加上此領域的資深前輩逐漸凋零，「若再不加緊腳步培育人才，臺灣有可能面臨有經費也無法執行計畫的窘境。」楊長義攜手原能會進行跨單位合作，期待結合理論與實務，未來也會持續尋求資源、融合教學理念及推展產學合作。

合作單位回饋

行政院原子能委員會放射性物料管理局

／副局長陳文泉

楊長義教授自2014年起，參與本局「低放射性廢棄物處置安全管制技術發展」計畫，以岩石力學與工程地質專長，協助分析國際放射性廢棄物處置坑道結構長期穩定強化及監測方法，並考量國內的地質環境，提出適合我國處置坑道結構穩定的相關審驗、技術及法規修訂建議。

感謝楊長義教授執行如此具有挑戰的議題，將專業知識轉化成一般大眾容易解讀的資料，特於105年度頒發「放射性物料安全營運績優和研究發展傑出貢獻獎」，給予肯定，更期待將此研究成果傳達給社會大眾，共同攜手建立社會共識，留給後代子孫友善的生活環境。

研究聚焦

英文期刊論文

1. Yang, Z.Y., A.R. Pourghasemi and Y.H. Lee, (2016), Fractal analysis on the spread of rainfall-induced landslide and debris flow distribution in the Chenyulan creek basin, Taiwan", Journal of Earth Sciences 27(1): 151-159.

2. Yang, Z.Y., T.C. Chen, C.W. Lin and S.C. Lin (2016), Rainfall landslide in Sedimentary and Sub-Metamorphic Rock - an example in Kaoping River Basin, Journal of Applied Science and Engineering 19(1): 169-176.

3. Yang, Z.Y., A.R. Pourghasemi, A. Goli Jirandeh, C. Chen and Y.H. Lee (2015), An index to describe the earthquake effect on subsequent landslides in Central Taiwan, Arabian Journal of Geosciences 8(5): 3139-3147.

更多學術研究內容，請見本校教師歷程系統（網址：http://teacher.tku.edu.tw/），以「楊長義」查詢。

深耕大地工程 盼成果貢獻社會（文／楊長義）

教育是一個良心事業，只有內心才知道個人付出多少的心力，培育學子也是我的志向，無論過程再辛苦，我仍樂此不疲，希望能對社會有實質貢獻。我長時間專注在岩石力學、工程地質的研究領域，從副教授一路升等到教授，我很確信一件事情是，研究就是教授生命的活源，在學術上還沒站穩腳步前，千萬不要一昧地往外跑，唯有準備好自己，成功把研究做出好口碑、建立品質信賴度，產學計畫自然會找上門。因此，我也建議年輕助理教授的研究才剛起步，不適合為了在外接案子，每天汲汲營營，不但影響教學品質和研究進度，甚至也不是最終想要的學術生涯。

我的專長研究領域主要為碎形理論在大地工程問題的應用、順向坡破壞分析、深層地質處置，以及顆粒組構力學研究等主題，在土木工程領域中，顯得較特殊，且現今研究受到人力不足的影響，培育人才面臨困難。現在，我積極參與跨校外研究合作和執行實務性產學合作計畫案，盼提升實質有工程意義的研究成果之餘，更期待透過執行研究的經驗傳承和知識累積，將成果帶給更多參與者學習與成長。

以核能議題為例，放射性廢棄物的最終處理方式，向來是公部門不願意面對的真相，多數的社會大眾更是不了解其衍生出跨世代，甚至是跨世紀問題的嚴重性。提供一個思考方向，倘若不幸發生大地震、又波及核電廠，輻射外洩的影響深遠，更遑論放射性廢棄物的流向和處置相當棘手，但大家有全盤性的瞭解嗎？有足夠的知識與信心去說服你所認同的立場嗎？這是一個嚴肅且須為後代負責的議題。

所以我經常在課堂上告訴土木系同學們：「無論你是支持核能，抑或是反對核能，好好做研究就對了！因為我們根本沒有多餘時間去抗議，得為現今三座核電廠留下的放射性廢料，找出可以安全處置的地盤。」在臺灣，處理核電廠廢棄物是跨世代的社會責任，雙方皆歷經過無數次激烈的抗爭，倘若非核家園是社會共識，我也會加深相關研究的深度，為後代留下有助益的研究成果報告，讓非核家園不只是一句口號。

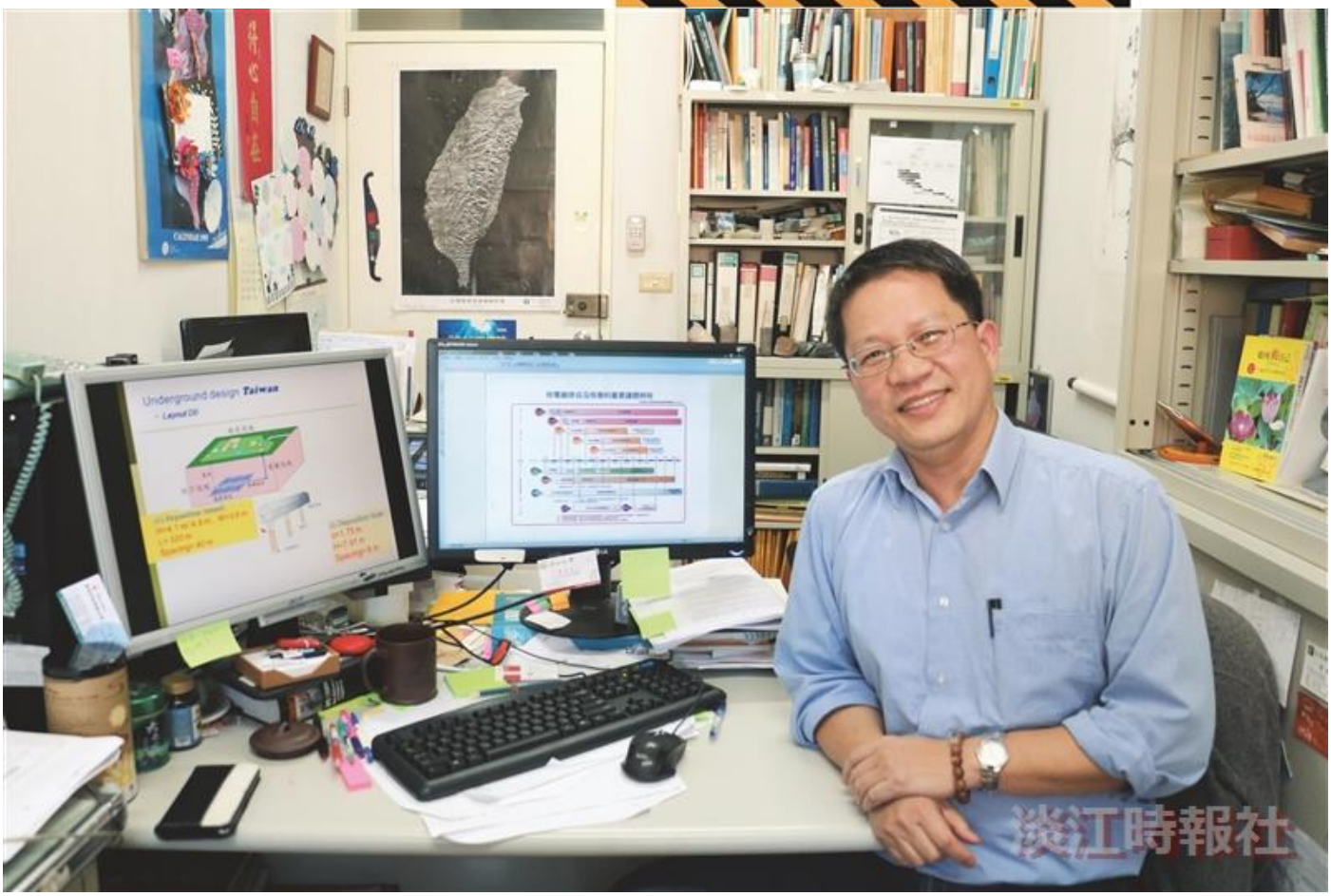
未來除了延續研究初衷，更希望加深理論應用深度和廣度，使淡江大學的研究在政府處置核廢料的領域不缺席，並發揮實質貢獻與影響力。

楊長義 發掘優質岩盤 封鎖放射性廢棄物

產學合作圈

■ 文／林妍君、攝影／陸 螢

Profile

現職／本校土木工程學系教授
學歷／國立臺灣大學土木工程博士
經歷／本校土木工程學系教授、本校土木工程學系副教授、本校土木工程學系系主任、考試院高等考試典試委員
專長／岩石力學、工程地質

淡江時報社