

公務出國報告（出國類別：研究）

102 年台俄技術合作人員訓練計畫
地下水運用及地下水文研習
出國報告書

服務機關：經濟部水利署北區水資源局

姓名職稱：魏工程員文駿

派赴國家：俄羅斯

出國期間：102 年 9 月 15 日至 9 月 21 日

報告日期：中華民國 102 年 12 月 01 日

出國報告審核表

出國報告名稱： <u>地下水運用及地下水文研習</u>				
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位		
<u>魏文駿</u>	<u>工程師</u>	<u>經濟部水利署北區水資源局</u>		
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他 _____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)			
出國期間： <u>102</u> 年 <u>9</u> 月 <u>15</u> 日至 <u>102</u> 年 <u>9</u> 月 <u>22</u> 日		報告繳交日期： <u>102</u> 年 <u>12</u> 月 <u>01</u> 日		
出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目		
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告 2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」) 3.無抄襲相關資料 4.內容充實完備 5.建議具參考價值 6.送本機關參考或研辦 7.送上級機關參考 8.退回補正，原因： (1) 不符原核定出國計畫 (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 (3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 (4) 抄襲相關資料之全部或部分內容 (5) 引用相關資料未註明資料來源 (6) 電子檔案未依格式辦理 (7) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： (1) 辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 (2) 於本機關業務會報提出報告 (3) 其他 _____ 10.其他處理意見及方式：		
出國人簽章(2人以上，得以1人為代表)		計畫主辦機關 審核人	一級單位主管簽章	機關首長或其授權人員簽章
				

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

摘要

台灣的人口與經濟在半世紀以來快速成長，水資源需求大增，在地下水資源豐沛的地區，如濁水溪沖積扇所涵蓋的彰化和雲林、屏東平原，皆超量使用地下水造成地層下陷及海水入侵等不可逆之後果。地下水問題除水資源管理課題外，現更擴大為國土保全之範疇，如何有效限制並妥善管理地下水使用為台灣當前重要課題，另地面水與地下水之聯合運用為國家當前政策方針，因此對於台灣之地下水量、水質乃至整體地下水環境做全面掌握，為不可或缺且需長期推動之基本工作。經濟部水利署過去曾與俄羅斯合作推動「台灣地區地下水文圖繪製工作」，汲取俄羅斯經驗，開發本土化之地下水文圖繪製技術及方法，建構台灣地區地下水文圖幅。本次研習赴俄羅斯國家科學研究院水問題研究中心地下水文實驗室及環境水文地質實驗室，研習該國地下水文圖資建立及觀測技術，期對國內相關技術提升有所助益。另本次研習一併會同成功大學水工試驗所赴俄羅斯國家科學院海洋研究所海洋物理所俄大氣物理所，就海洋內波、極端波浪、波浪調變與海氣交互系統模擬、氣候變遷等議題進行研習交流。

關鍵詞：地下水、地下水觀測

Abstract

The annual precipitation in Taiwan is around 2,500 millimeters, which is about 3 times of the world average, but the distribution of rainfall is uneven in season and in region. Regional and seasonal variations of precipitation make great influence on water resource utilization in Taiwan. In addition to surface water, groundwater is an important source for Taiwan's water resource utilization. The groundwater consumption accounted for 35% of total annual water consumption in Taiwan.

Groundwater is extensively used for domestic, agricultural and industrial purposes, especially in central and southern region of Taiwan. Recent years, use of groundwater is increasing year by year as economic and population growth. The groundwater recharge was less than consumption now, and over pumping of the groundwater result in a serious problem of land subsidence. In severe land subsidence areas, the comprehensive water governance and management is necessary, conjunctive use of surface and groundwater is an important principle for Water Resource Agency(WRA). Meanwhile groundwater environment monitoring and groundwater hydrological atlas compiling of Taiwan should be persistent doing.

The Water Resource Agency had cooperated with Russia for "Compiling the Groundwater Hydrological Atlas of Taiwan" in the past. Russia have rich experiences on groundwater observation and model simulation of groundwater hydrology. The purpose of this study project is to learn the technology of groundwater environment observation, monitoring and simulation in Russia and apply them in future system developing in Taiwan. Furthermore through the training program could provide suggestions about groundwater governance and management.

目次

摘要.....	I
Abstract	II
目次.....	III
表目次.....	IV
圖目次.....	IV
壹、研習目的	1
貳、研習過程	3
一、俄羅斯國家科學院海洋研究所海洋物理部.....	4
二、俄羅斯國家科學院大氣物理所	7
三、駐莫斯科代表處經濟組.....	10
四、俄羅斯國家科學研究院研究水問題研究所.....	11
參、研習心得及建議.....	17
肆、其他	20
一、參考資料	20
二、致謝	20
三、其他研習照片	21

表目次

表 1 研習行程及內容.....	3
------------------	---

圖目次

圖 1 海洋物理所所長所長 Peter 博士致詞	6
圖 2 與海洋物理所及成大團隊會議室外前合影	6
圖 3 與駐莫斯科代表處科技組吳組長石乙合影	6
圖 4 莫斯科 6、7、8 月夏季平均溫度	8
圖 5 全球平均溫度變化	9
圖 6 台灣逐年降雨量變化	9
圖 7 與大氣物理所副所長 Alexander 博士合影	10
圖 8 與駐莫斯科代表處經濟組陳文斌組長合影	10
圖 9 台灣主要含水層導水係數草圖	12
圖 10 水問題研究所研習期間用書	13
圖 11 與 Igor S. Zektser 教授及 Roald G. Dzhamalov 教授合影	15
圖 12 研究室一隅	16
圖 13 RAS 水問題研究所前留影	16

壹、研習目的

台灣地區地狹人稠，地形之起伏變化極鉅，集水區地勢陡峭不易涵蓄水份，且河川源短流急，河水短時間內即奔流入海，蓄存不易，造成台灣水資源應用條件嚴苛，除河川川流、水庫存等地表水使用外，地下水之運用亦為台灣長期仰賴之重要水源，地下水之使用量即占台灣年用水量三分之一。地下水有其天然補注量，當使用量小於補助量時，可維持地下水文之平衡，台灣地區地下水源雖豐富，然台灣的人口與經濟在半世紀以來快速成長，水資源需求大增，地下水的使用量逐年增加，尤其在地下水資源豐沛的地區，如濁水溪沖激扇所涵蓋的彰化和雲林、屏東平原，無論民生、農業、工業用水皆大量使用了地下水，並已遠超過天然補注量，逐年造成台灣沿海地區地層下陷，海水入侵等不可逆之後果。目前台灣中南部地區地層下陷嚴重，超用地下水之問題除水資源管理之範疇外，更擴大為國土保全之課題，然全面停用地下水係屬難度極高之最終手段，如何限制並有效管理之地下水使用為當前政府重要課題。就水資源應用角度，地面水與地下水之聯合運用為必然方式，並以整體性概念規劃區域內水源之開發、調配及運用，然合理安全的使用地下水並與地面水聯合運用之前提是須對台灣地下水量、水質乃至整體地下水文環境做全面掌握，並持續對台灣地下水文環境進行監測與瞭解，進一步評估整合地面水與地下水聯合水資源潛量，而相關之研究及觀監測為不可或缺且需長期推動之基本工作。

俄羅斯的基礎研究實力強大，數學理論分析更是世界翹楚，過去水利署曾與俄羅斯合作推動「台灣地區地下水文圖繪製工作」，並汲取俄羅斯經驗開發本土化之地下水文圖繪製技術及方法，建構台灣地區地下水文圖幅。故該國對地水文之環境之調查、模擬及水

文圖建置皆有豐富經驗。本次研習赴俄羅斯國家科學研究院水問題研究中心地下水文實驗室及環境水文地質實驗室研習，藉此了解該國地下水文技術。另海岸防護及氣候變遷議題亦為國家持續關注之課題，本次研習會同成功大學水工試驗所一併赴俄羅斯國家科學院海洋研究所海洋物理所及大氣物理所，就海洋內波、極端波浪、波浪調變與海氣交互系統模擬、氣候變遷等議題進行意見交流，期對國內相關技術提升有所助益。

貳、研習過程

本次研習扣除搭機時間為五天，主要進修單位皆隸屬俄羅斯國家科學研究院(Russian Academy of Sciences, RAS)，該院總部位於莫斯科，為世界上甚具影響力之研究機構，該院之諾貝爾獎得主已有 18 位，研習行程及討論內容概要如下表 1 所示。

表 1 研習行程及內容

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	實際訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for discussion)
15 Sep.2013	台灣-莫斯科 Taiwan -Moscow	往程 Departure	
16 Sep.2013	莫斯科 Moscow	俄羅斯國家科學院海洋研究所，海洋物理部門 Peter 博士 駐俄羅斯科技組吳石乙組長組長 Peter O.ZAVIALOV, Head of Physical Oceanography Division, P. P. Shirshov Institute of Oceanology ,RAS. Chief of Techonoloy Division in Moscow, TMECCC	討論有關波動力學問題； 與駐俄羅斯科技組吳石乙組長組長會面 Study of wave mechanic. Meet with Chief of Science and Technology Division in Moscow, TMECCC.
17 Sep.2013	莫斯科 Moscow	俄羅斯國家科學院大氣物理所 Obukhov Institute of Atmospheric Physics, RAS	全球氣候變遷 以氣候影響城市環境進行意見交換 Globe Climate Change Variation of rainfall and water resource vulnerability to climate change-induced.
18 Sep.2013	莫斯科 Moscow	駐俄羅斯經濟組陳文斌組長 Chief of Economic Division in Moscow, TMECCC	拜訪駐俄羅斯經濟組，並與陳文斌組長會面 資料整理 Meet with Chief of Economic

			Division in Moscow, TMECCC Data compilation
19~20 Sep.2013	莫斯科 Moscow	俄羅斯國家科學院水問題研究中心，地下水文實驗室主任 Zektser 教授。 俄羅斯國家科學院水問題研究中心，環境水文地質實驗室主任 Dzhamalov 教授。 Prof. Igor S. Zektser, Head of Hydrogeology Laboratory, Water Problems Institute, RAS Roald G. Dzhamalov, Head of Environmental Hydrogeology Laboratory, Water Problems Institute, RAS	俄羅斯整體水資源環境及管理； 俄羅斯地下水運用現況； 區域地下水天然資源的評估； 地下水文環境圖資建置及觀測技術研習； Governance and management of Water resource in Russian Groundwater utilization and demands in Russian Regional assessment, prediction and mapping of natural groundwater resources Techniques of observation, monitoring and simulation for Groundwater
21~22 Sep.2013	莫斯科-台灣 Moscow -Taiwan	返程 Return	

各單位進修研習內容簡述如下：

一、俄羅斯國家科學院海洋研究所海洋物理部

俄羅斯國家科學院海洋研究所(Physical Oceanography Division, P. P. Shirshov Institute of Oceanology, RAS)為俄羅斯最大之綜合海洋研究機構，成立於西元 1946 年，研究範圍包括海洋物理、化學、生態、地質、工程及水下技術，設有太平洋、大西洋、南方、北方四個分所，總共約有 1,300 人組織相當龐大。

本次行程一併會同成功大學水工試驗所研究團隊並由成大黃煌輝校長率隊赴海洋物理所研習，就海洋內波、極端波浪、波浪調變與海氣交互系統模擬進行討論，雙方人員並就相關課題最新研究

成果進行簡報交流。

水利署與成功大學合設之水工試驗所，擁有世界級的水工試驗設備及優秀人才，而俄羅斯方面則有深厚基礎科學理論及經驗豐富的水下觀測技術，透過雙邊合作及技術人才培育交流，未來對於波浪動力科技研究領域，包含極端波浪、非線性波動調變、海岸過程演變、海嘯波傳動及等將可有進一步合作發展。

另近年世界天災地震頻繁，水下觀測及海嘯預警等先進技術國內亦欲加重視，台灣目前此方面除颱風期間觀測外，對於海嘯之預警皆仰賴鄰近國家日本及太平洋海嘯預警中心，俄羅斯於臨太平洋地區包括海森威、庫頁島及堪察加半島皆設有專門海嘯預警中心，海洋研究所內亦有專門海嘯研究室，其海嘯監測技術及預警系統亦可供未來國內建置尖端建置預警系統之參考。水利署近年積極加強整合水利防災業務，其範圍包括水庫、河川、區排及海岸，目前河川、水庫等預警系統除跨部會與中央氣象局合作外，亦可整合納入近海水文監觀測、海嘯及海岸防護預警，有助整體水利防災系統完整性。

另海洋研究所之水下觀測技術成果甚為豐碩，該所亦具有先進水下無人載具(ROV)，未來亦可考量評估進一步應用於國內水庫異重流觀測之可能性。

本日於海洋物理所期間意見交流情形如圖 1-1，會後於海洋物理所會議室前合影如圖 1-2，期間台北莫斯科經濟文化協調委員會駐莫斯科代表處科技組吳組長石乙亦撥冗參加，合影如圖 1-3。



圖 1 海洋物理所所長 Peter 博士致詞



圖 2 與海洋物理所及成大團隊會議室外前合影



圖 3 與駐莫斯科代表處科技組吳組長石乙合影

二、俄羅斯國家科學院大氣物理所

俄羅斯國家科學院大氣物理所 (Obukhov Institute of Atmospheric Physics, RAS) 成立於西元 1956 年，主要研究範疇為：大氣基本行為、力學及數學等，並包括其試驗、數學模擬、物理及統計等方法。

近年來，氣候變遷為國際上極為重要之研究議題，影響包括全球暖化、海平面上升、極端事件頻繁、空氣汙染、糧食問題及生態問題等等，衝擊層面極廣極深，台灣當然爾除外，下圖 5 為全球平均溫度變化，可知全球溫度逐年上升，1980 年後上升梯度更大，全球暖化乃至氣候變遷，各國皆投入相當大人力研究。氣候變遷 (Climate change) 亦是該院之重點研究項目之一。

本日赴俄羅斯國家科學院大氣物理所研習，該所副所長 Alexander 博士針對氣候變遷對莫斯科之影響進行簡報，莫斯科近年受到溫度上升影響，2010 年莫斯科夏天比平均值高出 10°F，如圖 4 所示，高溫甚至達到攝氏 39 度，使莫斯科城市大氣無法健康對流，造成嚴重的空氣汙染問題及林火問題，俄羅斯政府當局亦投資大量經費改善。2010 年俄羅斯亦遭逢百年來最嚴重乾旱問題，嚴重影響穀物生產，長達近兩個月熱浪侵襲造成大量經濟損失。於赴俄羅斯期間前一個月(約 8 月)，俄羅斯遠東地區亦發生百年來最嚴重水患，造成嚴重損失，俄羅斯極區的永凍土帶亦正在解凍或開始發生變化，氣候變遷的影子也漸漸隨處可見。過去俄羅斯往往不太重視氣候變遷議題，如今這位北方巨人也不得不正視氣候變遷對幅員廣大的俄羅斯領土所帶來的影響。

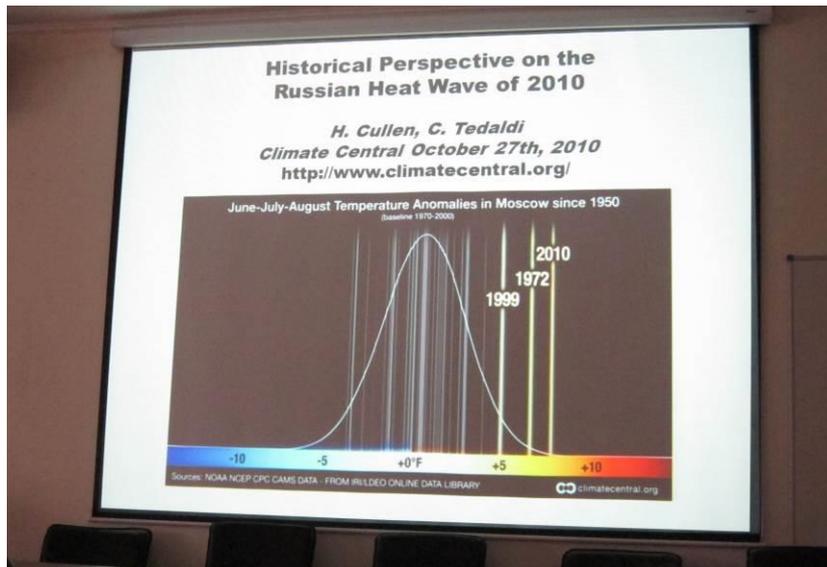


圖 4 莫斯科 6、7、8 月夏季平均溫度
(攝於現場簡報)

台灣受到全球氣候變遷效應的影響，近年來水文異常現象發生頻率增高，災害規模亦有加大的趨勢，滯旱不均現象更為明顯，如圖 6 所示。民國 98 年莫拉克颱風於極短時間內在台灣中南部山區降下破紀錄雨量，讓政府不得不重新檢討我們的防災設計標準時否足夠？推估的強度是否須重新檢討？過去治水防洪乃至水資源管理之思維，都須隨著氣候變遷而演變，水資源調配乃至水庫操作，面對氣候的不確定性提高，風險亦加大，深為水利專業技術人員眼光應放遠放寬，相關思維應積極中求細膩，針對極端事件也應預擬定因應對策，防範於未然，並仿效日本作到平時確實演練，災時才方處變不驚。

於該所研習期間亦針對風浪水氣交互作用進行討論，大氣物理所研究人員就風波場的數值模擬進行簡報，成大陳景文教授以台灣離岸風場液化潛勢評估進行簡報，並作相關意見交流。

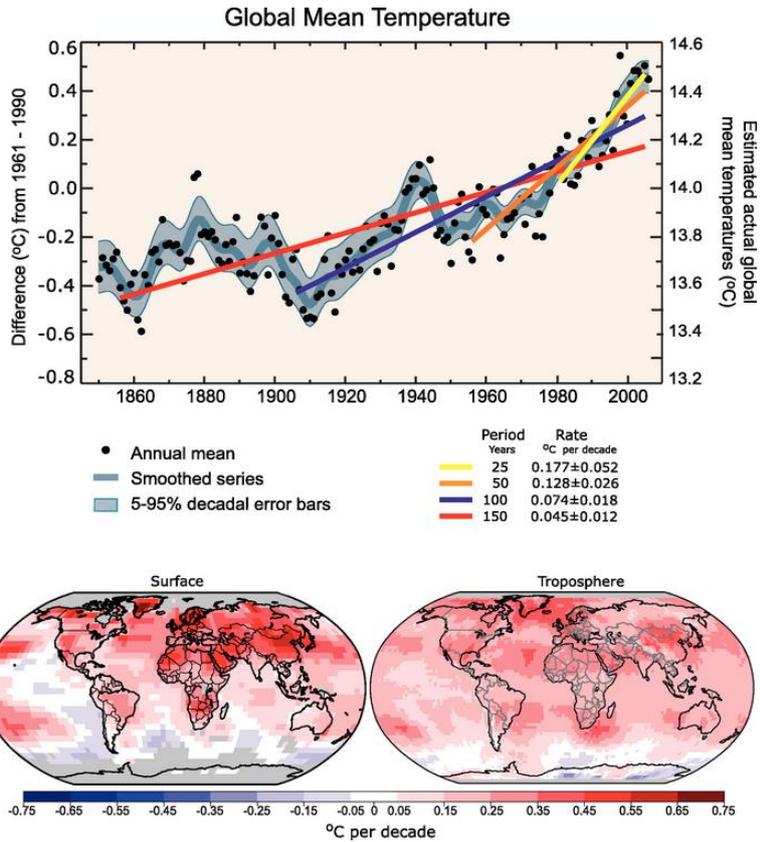


圖 5 全球平均溫度變化
(圖片來源：節錄至中央氣性局網站)

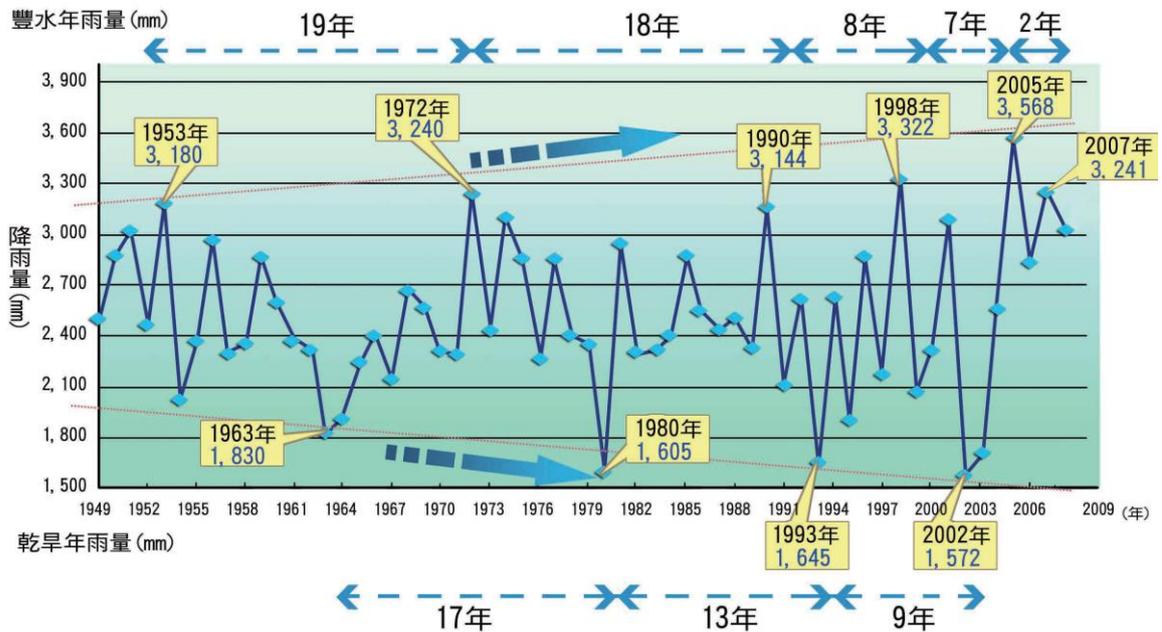


圖 6 台灣逐年降雨量變化



圖 7 與大氣物理所副所長 Alexander 博士合影

三、駐莫斯科代表處經濟組

於俄羅斯研習期間，語言是最大問題，俄羅斯人民多數不講英文，門牌亦標示不清，自行前往駐莫斯科代表處時，離地鐵出口短短 5 分鐘腳程，自行前往費時 30 分鐘方抵達代表處。感謝經濟組陳文斌組長親切接待，亦叮嚀在俄羅斯應小心注意事項，備感溫馨。



圖 8 與駐莫斯科代表處經濟組陳文斌組長合影

四、俄羅斯國家科學研究院研究水問題研究所

俄羅斯國家科學研究院研究水問題研究所(Water Problems Institute, RAS)成立於 1967 年，為國家科學研究院內專門之水研究單位，該研究所的主要研究方向包括：水循環、水質及生態、水資源管理、內陸水域水體、地下水文及地質等。

本次赴水問題環境研究所地下水文試驗室(Hydrogeology Laboratory)及環境水文地質試驗室(Environmental Hydrogeology Laboratory) 研習，並分別與其試驗室主任 Igor S. Zektser 教授及 Roald G. Dzhamalov 教授會面，該二位教授皆為俄羅斯國家科學研究院院士，對地下水文及地質有極為深入之研究，具有製作全世界地下水文圖之豐富經驗，對於區域地下水資源評估亦甚為專精。

水利署過去持續推動「臺灣地區地下水觀測網整體計畫」，以有效管理及利用地下水資源，隨著觀測站逐年建置完成後，水利署業已累積大量之各項基本資料，並逐步建立地下水相關基本資料。水利署於其前身水資源局時代，自民國 89 年起即開始推動「臺灣地區地下水文圖繪製工作」計畫，後續於民國 92 年至 95 年，水利署持續推動「台灣地下水文圖繪製工作」計畫，地下水文試驗室及環境水文地質試驗室亦參與合作該計畫，協助完成本土化之「臺灣主要含水層導水係數圖」、「臺灣地下水易污染區圖」及「臺灣地下水水質現況圖」等草圖，參閱下圖 9。

於該所研習期間，Igor S. Zektser 提供兩本英文著作於研習用書，分別為「Geology And Ecosystems」及「Groundwater And Environment」，如圖 10 所示，該二本書內容包括：水文地質、地下水化學、工程地質、生態影響及與地面水間之交互關係等，並於研究室內研讀指定章節後下午進行討論。

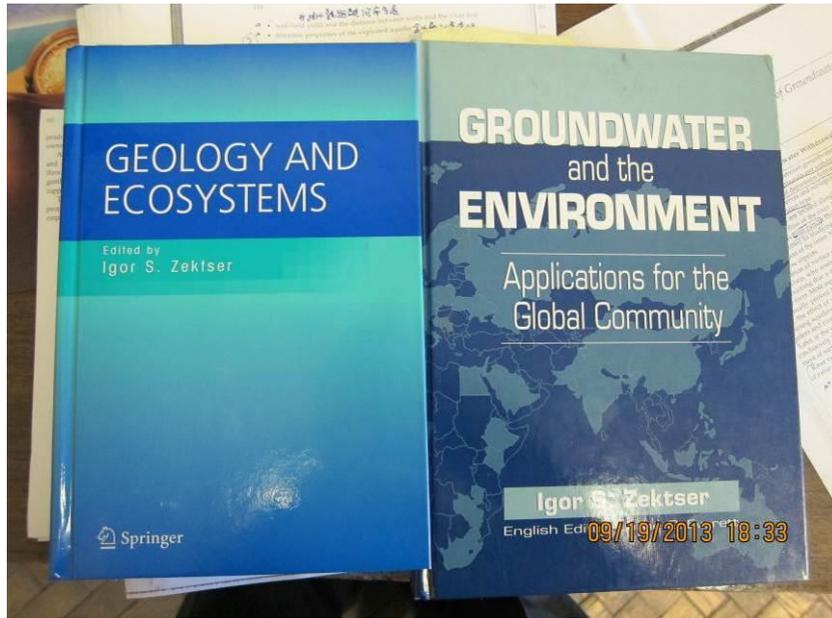


圖 10 水問題研究所研習期間用書

地下水對於許多國家是相當重要的水資源，甚至是主要飲用水來源，相較於地面水，地下水受季節或氣候之影響較小，且地下水較潔淨汙染較少，不需要額外昂貴的水處理費用。

在許多歐洲國家如：奧地利、比利時、德國、匈牙利、丹麥、羅馬尼亞及瑞士等國，其地下水使用量約達 70% 總用水量，在美國，地下水使用佔都市及飲用水總量之 50%，在俄羅斯亦達 45%。

歐洲國家許多大城市如布達佩斯、維亞納、哥本哈根、慕尼黑、羅馬、維爾紐斯(立陶宛首都)及明斯克(白俄羅斯首都)等城市之供水幾乎全由地下水供給。此外歐洲許多國家乾燥氣候區及半乾燥氣候區之灌溉三分之一皆由地下水供給。台灣地下水資源雖不若歐洲大陸般豐沛，除川流、水庫等地表水使用外，地下水之運用亦為台灣長期仰賴之重要水源，地下水之使用量即占台灣年用水量約三分之一。

過去地下水認為可無限制使用，然但實際上地下水並非僅為一種「有用的礦源(useful mineral)」，亦是整個環境及表層生態系統

(surface ecosystem)重要因子，任何地下水的變化必然將無可避免影響系統中其他組成，過度使用地下水將帶來許多負面影響，包括地下水位降低、河川逕流減少、湖面水位降低、影響植物生長、地層下陷及沿岸海水入侵，因此使用地下水的同時，必須將整個系統的平衡納入考量。

在評估地下水是否造成地下水位降低、河川逕流減少、湖面水位降低、影響植物生長、地層下陷及沿岸海水入侵環境影響時，下為主要考量之自然及人為條件因素：

- (一) 不同季節地下含水層與河川間之水力關聯和其地下動力機制；
- (二) 河川逕流其逐年及長期季節循環；
- (三) 地下含水層之補注量及流量；
- (四) 地下水抽水率及水井與河川間距離；
- (五) 地下水抽水持續時間及管理；
- (六) 地下水層之含水能力(hydraulic capacity)。

研習期間與兩位院士級學者就台灣地區地下水資應用現況進行討論，包括超抽地下水、地層下陷、沿岸海水入侵及地面水地下水聯合應用等議題。Igor S. Zektser 教授建議應持續進行地面水與地下水聯合評估水資源潛量之調查研究工作，以永續合理利用地下水資源。Roald G. Dzhamalov 建議應就地下水超抽區域區域做合理管理，並針對地層下陷區域持續進行地下水文環境監測，並落實地下水開發利用及調配管理工作。此外地下水文試驗室研究人員表示願意提供地下水區域模擬模式，惟因研習時間有限，不及應用該模式台灣地區地下水文模擬，甚為可惜。

水利署過去持續推動地層下陷防治工作推動至今，已使全台持續下陷趨勢減緩，最大年下陷速率亦有減緩，但基於地層持續下陷易致災，且已地層下陷屬不可逆，故國內地層下陷防治工作，分為「防範」地層持續下陷—合理利用地下水、保育地下水環境，及「治理」已下陷區域兩個層面。筆者以為應再加入「管理」這個層面，台灣地下水管理問題是亟待有效解決課題，政府及水利署投入相當多心力管理，台灣有為數眾多之違法水井，違法抽水用於養殖、灌溉、民生乃至工業用水，然封存違法水井涉及複雜之「政治」問題，已非可單純透過「技術」來解決，政府公權力應適時強力介入，鄰近國家日本透過修法降低地下水使用量並提高地面水使用量，針對部分地層下陷區域，採合理使用地下水和提高水庫水使用量方式來減緩地層下陷(Yamamoto Sori, 1986)，國內目前刻正推動湖山水庫，未來可作為雲林地區部分地下水替代水源，此法與日本作法相同。



圖 11 與 Igor S. Zektser 教授及 Roald G. Dzhamalov 教授合影

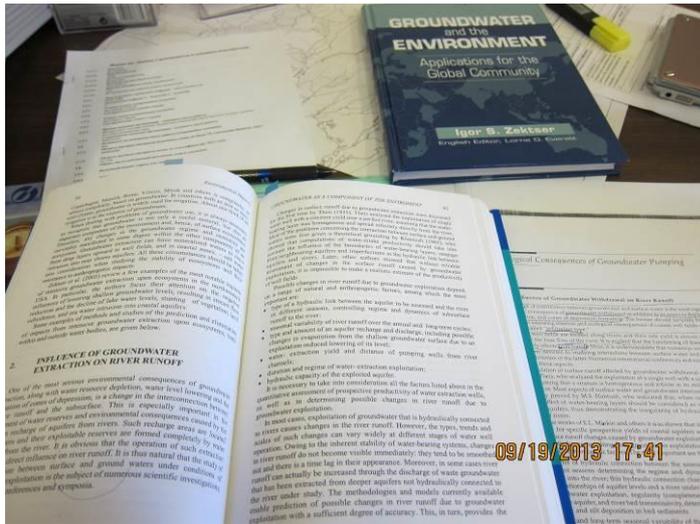


圖 12 研究室一隅



圖 13 RAS 水問題研究所前留影

參、研習心得及建議

- 一、 俄羅斯水資源極為豐富，單僅貝加爾湖淡水量即佔全球 20% 總淡水量，但俄羅斯亦存在水資源空間分配及人口分配不均問題，約 70% 河川逕流量分布於遠東及西伯利亞地區，然俄羅斯 80% 人口集中於臨歐洲側，但僅有河川水資源年逕流量的 8%，因此地下水使用對俄羅斯極為重要，地下水使用佔都市及飲用水總量在俄羅斯比例達 45%。台灣地下水資源雖不若歐洲大陸般豐沛，地下水之運用亦為台灣長期仰賴之重要水源。在台灣早期過去常無限制使用地下水，超量使用帶來許多負面後果，包括地下水位降低、河川逕流減少、湖面水位降低、影響植物生長、地層下陷及沿岸海水入侵，地下水並無限制使用之天然資源，亦是整個環境及表層生態系統重要因子，過度使用地下水必然將無可避免影響系統中其他組成，故使用地下水的同時，須將整個系統的平衡納入考量妥適利用方為長遠之舉。
- 二、 台灣目前水資源政策為水資源開發利用總量管制及用水零成長，針對地下水使用部分，建議採「地下水限量管制」及「地下水用水負成長」為目標，以減緩台灣目前超量使用地下水造成之負面影響。另針對國內地層下陷防治工作，除「防範」及「治理」外，建議再加強「管理」層面，針對地層下陷潛勢較高區域積極管理，政府公權力適時強力介入，並透過修法等手段，已合理使用地下水。
- 三、 地下水與地表水聯合運用為當前水源運用方式，水利署已實務操作多年，然台灣各區地表水及地下水水文條件不同，研習期間 Igor S. Zektser 教授建議應持續進行地面水與地下水

聯合評估水資源潛量之調查研究工作，以永續合理利用地下水資源。Roald G. Dzhamalov 建議應就地下水超抽區域區域做合理管理，並針對地層下陷區域持續進行地下水環境監測，落實地下水開發利用及調配管理工作。建議未來可按兩位教授建議，持續針對各區供水需求、水文條件、環境因子及社經情勢變化，滾動檢討各區合理地下水使用量，並擬具配套方案擴大地下水管制，以達「地下水限量管制」及「地下水用水負成長」目標。

四、水利署自民國 89 年起，已陸續完成「地下水流模數值圖」、「地下水逕流係數圖」、「地下水基流係數圖」、「主要含水層流通係數圖」、「地下水污染潛勢圖」及「地下水水質現況圖」。於水問題環境研究所地下水文試驗室(Hydrogeology Laboratory) 及環境水文地質試驗室(Environmental Hydrogeology Laboratory) 研習期間，Igor S. Zektser 教授及 Roald G. Dzhamalov 教授表示非常願意再與台灣合作，建議未來可再與俄方合作辦理「臺灣地區地下水文圖集」計畫，持續圖集編繪及修訂工作，並同時進行技術人員交流，培養台灣自有人才。

五、俄羅斯研究人員數理基礎科學實力扎實，此次一併會同成功大學水工試驗所研究團隊赴海洋物理所研習，成功大學已和俄羅斯採人員交流合作多年，並藉由國科會跨國頂尖研究中心經費之補助成立台俄國際波動力學研究中心，引進俄羅斯研究人才進駐台灣，並派駐台灣研究人員移地俄羅斯訓練，其研究成果頗為豐碩。俄羅斯研究人員平均薪資低於該國人均 GDP，以台灣研究人員薪資水準再適度提高，即可吸引俄

羅斯研究人才與台灣合作，建議產、官、學單位可循此模式積極與俄方加強合作，引進俄方優秀人員，有助提升台灣各方水準。

六、俄羅斯專職水利管理單位為「聯邦水資源署(Federal Agency for Water Resources of Russia)」，職責相當於本國水利署，聯邦水資源署則隸屬於「俄羅斯聯邦自然資源及環境部(Ministry of Natural Resource and Environment of the Russia Federal)」，該部總管俄羅斯自然資源、地下資源、水體、森林、水文氣象、環境監測及污染控制等。我國組織再造預定成立環境資源部，整合國土資源資訊、辦理國土規劃、森林資源、水域資源規劃與河川治理、水土保持及環境保護污染防治事宜，與俄羅斯現行政府組織自然資源及環境部權責接近，可有效整合規劃環境資源，有利國家永續發展。

七、身為新進四年之水利技術人員，在俄羅斯期間，遠眺莫斯科河看著河上渡輪駛過，曾經問自己：20年後台灣的水資源環境會如何？台灣的河川會如何？台灣的自然環境又是如何？答案似乎很是模糊，但是僅有水災治水、旱災找水、見山是山的短期思維我想應該無法回答這問題，台灣的水環境應該是山、河、海一體整治，環境規劃應考量大自然本身的協調運作，硬式工法須搭配柔性治理的觀念，希望隨著經驗學識眼界增長，期許自我能有更明確的水環境願景和前瞻想法。

八、本次地下水運用及地下水文研習之研習行程，承蒙本部國際合作處 102 年度台俄技術合作訓練計畫提供經費方順利成行。台灣過去和俄羅斯接觸一直不若與西方國家來的頻繁深入，這和台灣的親西方立場和歷史背景應該皆有關係，此次研習能赴俄羅斯國家科學研究院研習實屬為難得，惟俄羅斯

人民多數不說英文，路上標示亦少有英文標示，行前以電子英文信件聯絡亦不甚順利，且俄羅斯幅員廣大，未來其他公職同仁欲赴俄羅斯研習，應特別注意交通、語言溝通及前置聯絡等問題，以免向隅。

肆、其他

一、參考資料

- (一) Igor S. Zektser et al.,(2006): Geology and Ecosystems. Springer Press.
- (二) Igor S. Zektser, Lorne G. Everett, (2000):Groundwater and the Environment: Applications for the Global Community. CRC Press.
- (三) 經濟部水利署，2006，臺灣地區地下水文圖圖集繪製工作 (4/4) 期末報告書。
- (四) 中央氣象局網站。
- (五) 經濟部水利署、成功大學地層下陷服務團網站。
- (六) 經濟部水利署地層下陷防治資訊網。
- (七) 經濟部水利署地下水觀測網。

二、致謝

感謝經濟部國際合作處提供赴俄研習機會，本次研習承蒙水利署及北區水資源局長官支持推薦，經濟部國際合作處王佩萍小姐大力協助諸多出國前後行政業務，成功大學大水工所楊瑞源博士、許文陽博士及陳雪姿小姐協助行程安排方順利成行，駐俄經濟組陳文斌組長撥冗接待，出國期間同事協助代理業務，家人協助照顧剛滿一歲幼兒，在此一併至上由衷謝意。

三、其他研習照片



海洋研究所會議室
成功大學黃煌輝校長致詞



院海洋研究所會議室前之腔棘魚標本



與俄羅斯國家科學院海洋研究所海洋物理部門主任 Dr. Peter 合影



攝於 RAS 大氣物理所



大氣物理所副所長 Alexander 博士簡報



遠眺俄羅斯國家科學研究院