

出國報告（出國類別：考察）

河川棲地多樣性評估河川環境流量 之研究

服務機關：經濟部水利署水利規劃試驗所

姓名職稱：莊明德 正工程司

派赴國家：加拿大

出國期間：民國 104 年 9 月 18 日至 9 月 27 日

報告日期：民國 104 年 12 月

摘要

環境流量係描述河川水量、水質等時間分布特性，以維持河川生態系統與人類生計之所需。環境流量提供水流給河川、濕地及沿岸地區以維持生態系統，對河川健康及經濟發展有重要的貢獻。現有之環境流量評估方法，概可分為歷史流量評估法 (Historic flow methods)、水理評估法 (Hydraulic methods)、棲地評估法 (Habitat methods) 及經驗法等。然而因為各地區之河川特性不同，難以訂定一致標準。目前各先進國家對於河川環境流量之訂定大多使用棲地評估法，主因為其具量化指標，容易進行決策比較。唯臺灣河川之指標物種棲地適合度曲線(HSC)尚未完整建立，因此以棲地法評估環境流量有其應用上之限制。為突破此一限制，莊明德(2014)利用指標物種棲地面積與河川棲地多樣性之相關性，提出以河川棲地多樣性指數作為評估河川環境流量之方法。

加拿大非常重視河川生態保育，近年來對於環境流量投入相當多的調查與研究。例如加拿大亞伯達省於 1999 年提出水資源管理計畫架構(Framework for water management planning)，訂定水資源管理計畫。2003 年起提出於生活之水策略(Water For Life)，推動水與環境的永續發展策略。2011 年為維護亞伯達省健康的水域環境，提出環境流量的訂定方法(A Desk-top Method for Establishing Environmental Flows in Alberta River and Streams)。本次參訪(2015 年 9 月 18 至 9 月 27 日)，分別拜訪了加拿大伯達省環境與公園局(AEP)、亞伯達創新技術研究所(AITF)、亞伯達大學(UA)與河川溪谷聯盟(RVA)不同屬性單位及組織。AEP 的主管業務包括空氣品質、氣候變遷、魚類與野生動物保育、土地與森林、廢棄物處理、水污染、防洪及水資源利用等議題，所考量的問題都必需具整體性。此與臺灣目前「水」、「土」、「林」及「生物多樣性」各業務分屬不同部會有很大不同。AITF 除執行政府相關研究計畫外，也提供技術服務的輸出，發展具有應用價值的創新技術。亞伯達大學是加拿大頂尖研究型學府，參與許多與石油產業有關的研究(如複合材料與污染控制等)，加拿大學術界積極參與產業技術研發，令人印象深刻。加國將部分河川環境規劃工作交由區域性 NPO 組織執行(如 RVA)，可大幅減少政府施政的阻力，例如計畫案需經過私有土地時，RVA 會透過非正式管道或以正式協商會議與地主進行溝通，以尋求解決方案。此協商模式可作為臺灣推動河川環境營造規劃的參考。

利用本次參訪機會分別於 AEP 及 AITF 進行專題報告(題目: A new method to evaluate river ecological flow-A case study of Bei-Gang Stream in Taiwan)，並與加拿大專家進行環境流量推動經驗與技術之交流。AEP 專家認為以棲地多樣性來評估河川環境態流量是很好的想法，可以作為初步評估河川環境流量之方法(特別是對於指標物種棲地適合度指數尚未建立時)，但對於指標生物的棲地特性及其生活史，確實還需要進一步的調查研究。

目錄

摘要.....	I
目錄.....	II
表目錄.....	III
圖目錄.....	III
第一章 前言.....	1
一、計畫緣起與目的.....	1
二、研習行程規劃.....	1
第二章 研習過程與內容.....	3
一、亞伯達省環境與公園局(AEP).....	3
二、亞伯達創新技術研究所(AIFT).....	10
三、亞伯達大學(University of Alberta, UA).....	14
四、河川溪谷聯盟(River Valley Alliance, RVA).....	17
第三章 研習心得與建議.....	19
一、研習心得.....	19
二、建議事項.....	20
參考文獻.....	21
附錄一 加拿大水環境簡介.....	22
附錄二 簡報資料.....	24

表目錄

表 1- 1 研習行程規劃內容	2
-----------------------	---

圖目錄

圖 2-1 亞伯達省環境與公園局(Environment and Parks, AEP)	4
圖 2-2 會見環境與公園局專家	4
圖 2-3 亞伯達省 Litter Smoky River 環境流量規劃.....	6
圖 2-4 亞伯達省魚種棲地適合度曲線調查(河川冰封時之作業).....	9
圖 2-5 加拿大南沙肯河棲地適合度曲線.....	9
圖 2-6 AITF 位於亞伯達省 Millwoods 科學園區.....	12
圖 2-7 AITF 張貼參訪專題海報.....	12
圖 2- 8 拜訪 AITF Dr.Brian Eaton(中)及 Dr. Dr.Scott Heckbert(右)	13
圖 2- 9AITF 研發中之水資源 3D 模組(Netlogo)及製作之 3D 模型.....	13
圖 2-10 亞伯達大學校園(左)及土木系研究大樓(右).....	15
圖 2-11 拜訪亞伯達大學 Dr.Roger Cheng(中)及 Dr.David Zhu(右)	16
圖 2-12 亞伯達大學 River2D 河川棲地模式網頁	16
圖 2-13 北薩斯喀徹溫河谷(左)及步道(右).....	17
圖 2- 14 拜訪 RVA 計畫主管 Mr.Alex Bonokoski	17
圖 2-15 首都計畫(Capital Project)規劃項目.....	18

第一章 前言

一、計畫緣起與目的

河川是人類聚落發展的起源，也是流域上、下游交通的廊道，但是為維護居民生命財產安全及致力經濟建設發展，興建了許多攔河堰、防砂壩及水庫等橫向水利構造物，這些水利構造物改變了河溪原有的自然流態，造成原有生物的棲息環境受到嚴重的破壞。為降低開發過程中對自然環境的衝擊，維持河川生態最低的生存條件，所需保留在河道內之河川水量，已成為水資源開發規劃案件中納入規劃考量的要素。

環境流量(environment flow)係描述河川水量、水質等時間分布特性，以維持河川生態系統與人類生計之所需。環境流量提供水流給河川、濕地及沿岸地區以維持生態系統，對河川健康及經濟發展有重要的貢獻。Poff 等人(1997)提出自然河川流態(natural flow regimes)的觀念，認為河川流量隨著豐、枯水期而在「量」、「頻率」、「延時」、「時間」及「變化率」等五種元素組成，直接或間接經由水質、能量來源、物理棲息地與生物交互作用等因素影響生態完整性。環境流量並不是要恢復完全的自然流態，而是從人與生態共存的價值觀念，由水資源利用的狹隘目標，提昇為合於生態環境的流動模式，並可兼顧能源、娛樂及或防洪功能。

近年來，針對水資源開發與環境生態維護議題，歐美許多先進國家導入環境流量的管理模式，取代過去僅考慮單一最小流量觀念(minimum flow)。環境流量強調整合性的水資源管理，將人類需求、河川生態及景觀維護等納入水資源管理項目中，以永續生態環境及增進人類福祉。本研習計畫目的乃希望能多方蒐集國外評估河川環境流量的相關技術與推動策略，增加國際交流經驗與規劃管理能力，並就以下項目進行研習與交流：

- (一)河川環境流量訂定流程與推動策略。
- (二)魚類棲地適合度曲線建置及應用。
- (三)河川棲地模式的發展。
- (四)民間組織參與河川復育的經驗。

二、研習行程規劃

雖然經濟部水利署水利規劃試驗所曾於 2011 年與加拿大進行有關水資源的技術交流計畫(趙永楠, 2011)，但對於河川環境生態保育的議題今年則是首次辦理。因此行前花了不少時間準備研習功課，積極蒐集加拿大河川生態保育政策資訊及適宜參訪的單位資訊，再透過駐外單位協助聯繫、確認聯絡窗口，持續以電子郵件協調參訪細節，並於事先研擬討論議題、規劃交通行程及住宿等事項，最終規劃參訪亞伯達省河川環境生態保育機關、研究機構、學術單位與 NPO 組織之研習計畫，在有限時間內透過飛機、捷運及公車方式，完成 4 處機關單位與組織之研習任務。相關行程規劃及研習主題如表 1-1：

表 1-1 研習行程規劃內容

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)
Sep.18	溫哥華 Vancouver	往程 Departure to Vancouver	9/18 23:15 中華班機出境(CI32) 9/18 19:25 抵溫哥華
Sep.19	愛德蒙頓 Edmonton	溫哥華至愛德蒙頓 Vancouver to Edmonton Saskatchewan River 參觀	1.交通行程(國內線) 2.河川現地參觀 1.Transportation itinerary(Domestic flight) 2.River site visit
Sep.20-21	愛德蒙頓 Edmonton	University of Alberta 亞伯達大學 Dr.Roger Cheng Dr.David Zhu	1.河川棲地模式 2.河川棲地復育 3.河川現地參觀 1.River habitat modeling 2.River habitat restoration 3.River site visit
Sep.22	愛德蒙頓 Edmonton	亞伯達省環境與公園局 Environment and Parks, Alberta Government(AEP) Mr. Darcy Kirtzinger Dr. Andrew Paul Ms.Lauren Makowecki Mr.Michael Seneka Mr.Zohair Nadeem	1.環境流量訂定 2.河川內流量規劃 3.魚類棲地適合度曲線建置及應用 4.河川現地參觀 1.Environmental establishment process 2.Instream flow design 3.Fish habitat suitability curve (HSC) establishment and application 4.River site visit
Sep.23	愛德蒙頓 Edmonton	亞伯達創新技術研究所 Alberta Innovates - Technology Futures(AIFT) Dr. Brian Eaton Dr.Scott Heckbert	1.河川復育技術 2.河川環境管理 3.河川復育現地參觀 1. River restoration technology 2. River environmental management 3. River site visit
Sep.24	愛德蒙頓 Edmonton	河川溪谷聯盟 River Valley Alliance(RVA) Mr. Alex Bonokoski	1.RVA 之組織與功能 2.RVA 於河川復育之推動 1.The function of RVA 2.River habitat restoration
Sep.25	溫哥華 Vancouver	9/25 返程 愛德蒙頓至溫哥華 Edmonton to Vancouver	1.河川現地參觀 2.交通行程(國內線) 1.River site visit 2.Transportation itinerary(Domestic flight)
Sep.26~27	台北 Taipei	溫哥華至台北 Departure from Vancouver	配合中華班機時間，於 9/26 02:00 離開溫哥華， 9/27 06:05 返抵台北(CI31)

第二章 研習過程與內容

一、亞伯達省環境與公園局(Environment and Parks, AEP)

(一)機關組織

亞伯達省環境與公園局(圖 2-1)下轄許多單位及組織。包括回收處理管理中心(Alberta Recycling Management Authority)、舊油管理協會(Alberta Used Oil Management Association)、飲料容器管理委員會(Beverage Container Management Board)、氣候變化與排放管理基金(Climate Change and Emissions Management Fund)、環境訴願委員會(Environmental Appeals Board)、環境保護與增進基金(Environmental Protection and Enhancement Fund)、土地補償委員會(Land Compensation Board)、土地管理基金(Land Stewardship Fund)、土地利用秘書處(Land Use Secretariat)、土地權委員會(Surface Rights Board)及自然資源保護委員會(Natural Resources Conservation Board)等。

環境與公園局業務包括空氣品質、氣候變遷、魚類與野生動物保育、土地與森林、廢棄物處理、水污染、防洪及水資源利用等議題，涵括「水」、「土」、「林」及「生物多樣性」等綜合面向。環境與公園局轄下魚類與野生動物保育部門(Fish & Wildlife)將環境流量列為長期研究課題之一。

(二)參訪及討論議題

經由亞伯達省駐台辦事處(Alberta Taiwan Office)陳麗安代表、亞伯達省貿易與投資辦公室(Senior Trade & Investment Officer) Mr.Darcy Kirtzinger 及亞伯達省環境與永續資源發展辦公室(Environment and Sustainable Resource Development) Ms.Sarah J. Dixon 之熱心協助與安排，於 9 月 22 日與 AEP 專家(Dr. Andrew Paul、Ms. Lauren Makowecki、Mr. Michael Seneka 及 Mr. Zohair Nadeem)進行環境流量相關議題討論(圖 2-2)。

首先向亞伯達省官員及 AEP 專家進行專題簡報(題目:A new method to evaluate river ecological flow-A case study of Bei-Gang Stream in Taiwan)，就臺灣的水文環境及環境流量的研究概況作說明，並提出以河川棲地多樣性指數作為評估河川環境流量之方法(簡報資料如附錄)。接下來 AEP 專家 Dr. Andrew Paul 及 Mr.Michael Seneka 等亦分別以環境流量在亞伯達省的發展(題目: Overview of Alberta Environmental Flow Program)及環境流量應用案例進行簡報(題目:Alberta Desktop Method Environmental Flow Recommendation)(簡報資料如附錄)。



圖 2-1 亞伯達省環境與公園局(Environment and Parks, AEP)

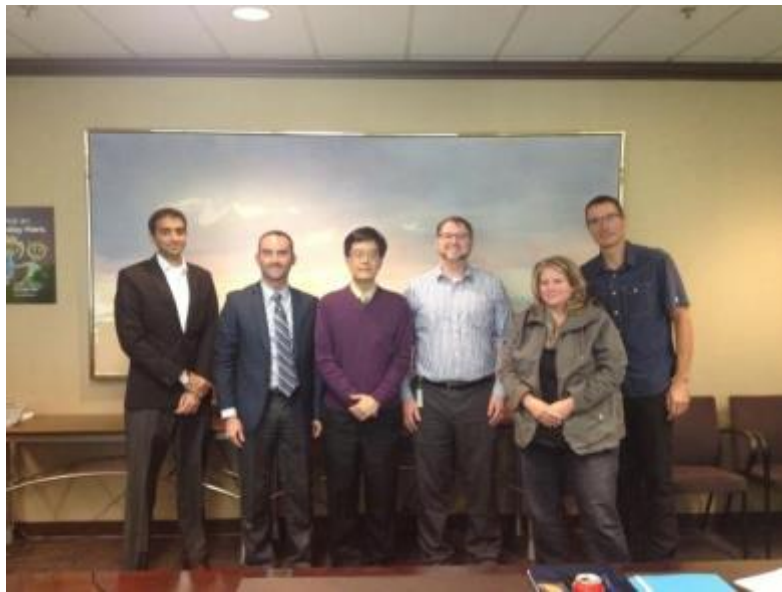


圖 2-2 會見環境與公園局專家

議題 1: 亞伯達省環境流量的建立及發展

說明:環境流量之概念,最早可追溯到 1838 年印度恆河(Ganga River)運河工程,英國政府與當地民眾達成協議,讓取水工程下游原河道保留部分流量(Quesne et al., 2010)。自從 1970 年中期後,各學者依各地不同條件發展了決定特定河川所需環境流量的方法,如歷史流量法(Tennant, 1976)及河川內水增量法(Joweet, 1997)等,1990 年時意識到要支持生態以及社會如此複雜之系統,非以單一流量或最小流量如此簡化之概念即能達成,如 Richter(1996)水文改變指標法(Hydrological Alteration, HA)及 Poff(1997)自然流態(Natural flow regime)等。2000 年以後整合性的環境流量管理概念逐漸形成,強調環境流量需整合科學技術及民眾意見作綜合評估,如 King 等人(1998)積木法(Building Block Methodology, BBM)及 Arthigton 等人(2006)標竿法(Benchmarks Method, BM)。第十屆國際環境流量會議(2007),布里斯班宣言提到環境流量是河川生態系統與人類社會福祉不可或缺的要素。各個河川系統皆有其各自的流態,自然流態是維持生物多樣性以及生態系統完整性的重點。

討論:

Andrew Paul:環境流量是評估維持河川健康之基本流量,並提供作為水資源政策之依據。環境流量的內容包含水文、水質、生物、廊道及地形等不同領域學門。加拿大亞伯達省於 1999 年提出水資源管理計畫架構(Framework for water management planning),訂定水資源管理計畫。2003 年起提出於生活之水策略(Water For Life),推動水與環境的永續發展策略。2011 年為維護亞伯達省健康的水域環境,提出環境流量的訂定方法(A Desk-top Method for Establishing Environmental Flows in Alberta River and Streams)。以桌面法(Desk-top Method)進行各河川(指並未經重度整治之自然河川)環境流量的初步評估,並將各種可能議題(如水資源及環境生態等)能納入評估作業中。亞伯達省環境流量規劃方式(圖 2-3),大致可分為自然河川的百分比(percent of natural flow)及生態基流量(ecosystem base flow)兩部分,自然河川的百分比是指需維持河川正常機能之內流量(instream flow, 亞伯達省河川設定為 60%~85%之自然河川流量),生態基流量是指維持生物所需之最低流量(亞伯達省河川設定為 Q_{80} ~ Q_{95}),不同時期各河川及各河段之環境流量有不同之設定目標(如考慮指標物種之生活史及濱溪植物需求)。環境流量並不是訂定後就無法改變(亞伯達省也無意將環境流量法制化),倘若評估河段有其特殊考量,則需進一步進行調查並進行重新評估。

Michael Seneka: 河川由於條件不同，其環境流量之訂定有不同方式。一般而言，自然河川(指未設有水庫及大型取水設施之河川)之環境流量是以自然河川內流量(如 85% 自然流量)及生態基流量(如 20% 自然流量)為設定原則；整治後河川因大都有水資源或防洪需求，對於環境流量之設定則依現況予以調整。亞伯達省同樣有水資源分配的問題，特別是用水吃緊的區域，訂定有水權申請量的限制。甚至有些河段已不再核准水權申請，只能由水權交換(買水權)方式去取得水權，政府對於水權交換過程，會要求原擁有水權者交回一定比例之水權量(如 10%)，政府將此取回之水權量回歸至河川內流量。亞伯達省目前並沒有將環境流量定義為一種水權形式，因為水權一般都是設定為取走(withdraw)之水量，與環境流量為內流量(instream)之本質不相同。

莊明德: 水利署於 2000 年針對臺灣地區河川研擬生態基準流量評估之作業準則，建議臺灣地區河川生態基準流量評估技術應依據開發行為之不同階段或不同條件，使用合適的評估法則；2006 年提出保育用水之定義與原則，以日流量延時曲線 Q_{95} 作為豐枯二季之保育用水水量標準，並針對保育用水推動策略與運用提出規劃；2013 年參考 FLOWS、BBM 及 DRIFT 等架構，將不同領域專家及利害關係人納入機制，透過溝通協調來降低環境流量推動阻力，作業流程包含技術面及執行面兩個面向，進行環境流量的訂定研究。

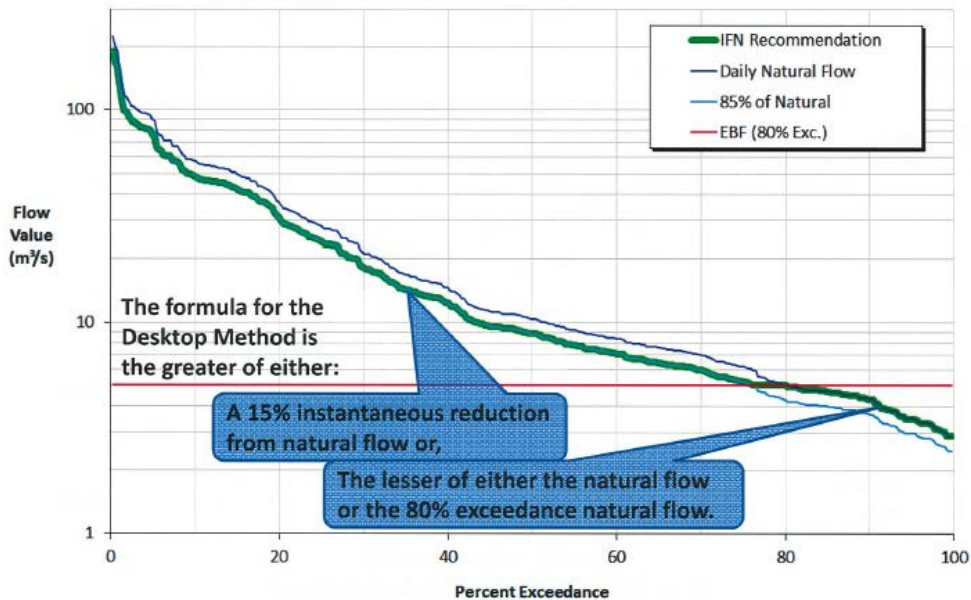


圖 2-3 亞伯達省 Litter Smoky River 環境流量規劃

議題 2: 河川棲地多樣性評估河川環境流量

說明: 國內、外評估河川環境流量之方法各有所異，在發展過程中，歐美國家發展與應用較早，但仍未能訂定一標準評估方式，主要是因評估過程中需考量到集水區環境、生物需求、河道型態、河川水體利用、地方性保育標準等因素，同時亦受水資源運用、經濟發展之影響。在考量這些錯綜複雜的環境因素及其交互效應，常會發生顧此失彼的現象以及隱含強烈之地域性。因此，目前世界各國雖發展出數種評估環境流量的理論與方法，但仍要配合當地之區域生態特性，方可作為河川生態基準流量評估之依據(謝國正，2002)。環境流量評估方法概可大致分為水文法、經驗法、水理法、棲地法及整體法 4 類，方法各有其優劣之處，歷史流量法是根據過去流量紀錄決定河川之生態流量。經驗法則根據長年記錄中找尋相關性較高之因子加以迴歸求得該區之河川生態基流量。水理法(斷面-流量法)則透過建立流量與斷面水理特性之關係，並根據設定維持某斷面水理特性以決定最低流量，基本上假設棲地面積大小與濕周(或水面)成正比，流量減少造成濕周之縮短及棲地面積之減少，使得河溪生態惡化。以水理模式計算研究河段在某一流量之水深與流速分布，並配合標的魚種對棲地喜好之條件以估算適合標的魚種之棲地面積。而經驗法則並沒有任何學理基礎，只是因為有部分地區或國家在找不到一種最佳的方法之前，先行按專家、行政決策者、保育團體或相關利益團體對研究地區河川生態之瞭解及探討，研商取得共識後，擬定河川環境流量。目前各先進國家對於河川環境流量之訂定大多建議使用棲地評估法，主因為其具量化指標，容易進行決策比較。唯臺灣河川之指標物種棲地適合度指數(HSI)尚未完整建立，因此以棲地法評估環境流量有其應用上之限制。緣此，利用本次參訪機會，將本所有關河川環境流量之研究成果(莊明德，2013、2014)與 AEP 專家交流。

討論:

Andrew Paul: 以棲地多樣性來評估河川環境態流量是很好的想法，在加拿大亞伯達省也有類似的研究提出。不過根據我們過去的經驗，當河川流量很低時，棲地也可能會有很高的多樣性，如此很可能會低估指標物種的生態需求水量。因此，當以棲地多樣性作為評估河川環境流量之依據時，要特別注意其應用的合適性。

Lauren Makowecki: 河川環境流量必需考慮其季節變化及生物需求。

莊明德: 河川棲地多樣性只考慮河川棲地分布與流量的關係，因此確實有可能發生低估環境流量的情形。就如簡報時的說明，本方法是作為初步評估河川環境流量之方法(特別是對於指標物種棲地適合度指數尚未建立時)，對於

指標生物的棲地特性及其生活史，確實還需要進一步的調查研究。棲地多樣性法，除具有考量生物棲地需求之優點外，計算流程也較棲地法簡單，工程規劃者於現有水理分析模式(如 HEC-ras)很容易由水理參數(如流速及水深等)，評估水利構造物對河川棲地多樣性的影響程度，進而去調整或改善規劃設計案(如型式及規模等)，如此之設計將較更符於水利及生態面向之需求。

議題 3: 棲地適合度曲線(Habitat Suitability Curve, HSC)建置及應用

說明: 魚類是河川生態系的上層消費者，除其群落較為穩定、個體較大易採集、野外容易辨識外，亦可反應較低階消費者或生產者之族群現況與長期河川棲地環境品質及水質污染情形，是最常被利用的指標物種。美國魚類暨野生動物署(U.S. Fish and Wildlife Service)所發表的棲地適合度指數已多達 171 種(其中魚類有 48 種)，公布於美國地質調查所(USGS)網站(<http://www.nwrc.usgs.gov>)及國家濕地研究中心的數位圖書館供各界利用。加拿大亞伯達省於 2003 年以現地調查及專家討論(expert workshop)方式建立加拿大南沙肯河(South Saskatchewan River)指標魚種之棲地適合度曲線。

討論:

Andrew Paul: 亞伯達省目前還持續進行指標魚種(如鮭魚)棲地適合度曲線調查，甚至在冬季河川冰封期間也進行採樣(圖 2-4)，棲地適合度曲線於調查完成後，AEP 與其它魚類生態專家成立工作坊(workshop)，對指標魚種棲地適合度曲線進行討論(圖 2-5)。亞伯達省之 HSC 主要是以潛水法進行調查(註: 臺灣大多採電魚法)，但由於亞伯達省冬季氣溫低無法潛水時，則以其它方式(如聲波雷達或漁具)輔助調查，並沒有固定之調查方式。

莊明德: 臺灣河川地區水利規劃試驗所 2009 年起開始建置魚類棲地適合度曲線，並曾採用亞伯達省建置魚類棲地適合度曲線的方法，將同溪流不同河段之繪製成包絡線，目前已完成頭前溪、烏溪、楠梓仙溪等原生魚種適合度曲線，於 2015 年將對臺灣北、中、南及東部中央管河川原生魚種生活史(生殖周期)進行調查並建立魚類棲地適合度曲線資料庫及魚類棲地適合度調查技術作業手冊，使調查方法與努力量標準化，讓後續的調查能有一定的品質要求與依據。以作為評估河川環境流量之生物基礎資料。

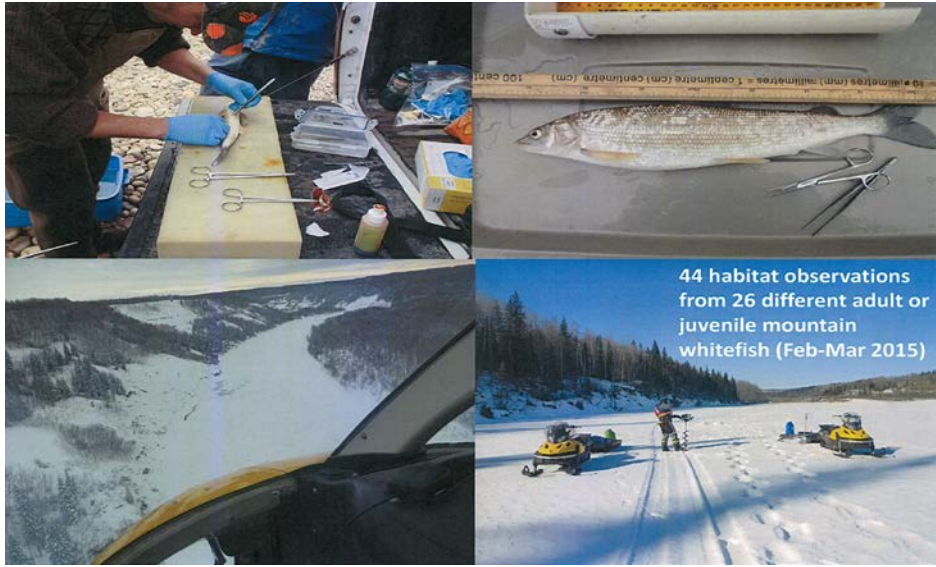


圖 2-4 亞伯達省魚種棲地適合度曲線調查(河川冰封時之作業)

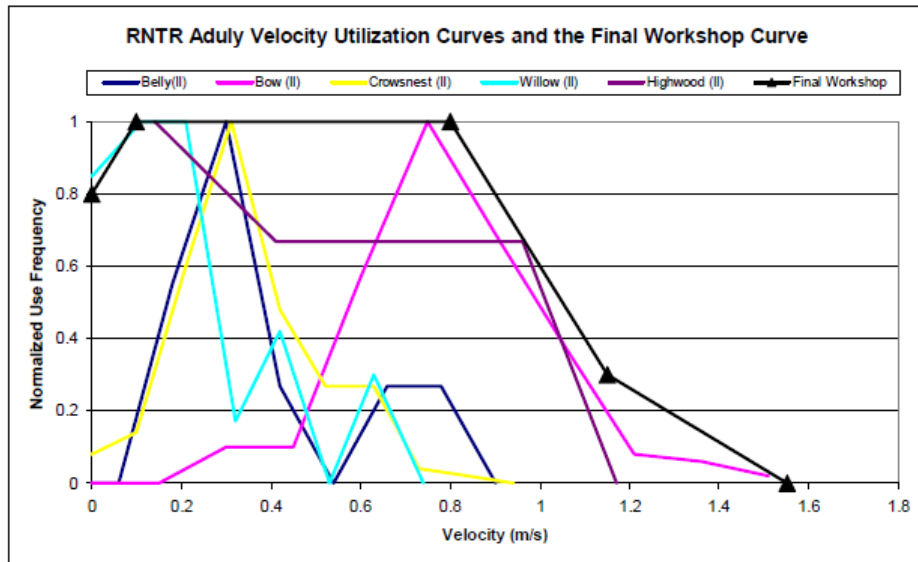


圖 2-5 加拿大南沙肯河棲地適合度曲線

二、亞伯達創新技術研究所(Alberta Innovates - Technology Futures(AIFT))

(一)機關組織

亞伯達創新技術研究所(AITF)成立於 2010 年，機構經過多次改造(前身為 Alberta Ingenuity、Alberta Research Council Ingenuity 及 Alberta Innovates 等)，其創建歷史實則可以追溯至 90 年前。AITF 是亞伯達省政府成立的創新技術研究機構，用以協助可持續發展且具全球競爭力的企業，總部設於亞伯達省 Millwoods 科學園區(圖 2-6)。其主要目標為：促進創新技術的使用、開發新的知識為基礎的產業與鼓勵在阿爾伯塔省的創業文化。其服務面向有：

1. 生物面向(Bio Solutions): 進行促進亞伯達省的農業、食品和林業的繁榮的相關研究與創新技術。
2. 健康面向(Health Solutions): 進行對健康和疾病的認識的相關研究，以增進亞伯達省和世界各國人民的福祉。
3. 能源與環境面向(Energy and Environment Solutions): 進行能源與環境保護的相關研究和創新技術。

AITF 於 Edmonton、Calgary、Vegreville 及 Devon 皆設有研究機構(約有 10 萬平方米的研究設施、300 公頃研究農場及 36 個生長室)。

(二)參訪及討論

經由亞伯達省駐台辦事處陳麗安代表、亞伯達省貿易與投資辦公室 Mr. Darcy Kirtzinger 及 AIFT 生態系統管理研究主管(Team Lead of Ecosystem Management) Dr. Brian Eaton 之熱心協助與安排，於 9 月 23 日拜訪 AIFT 專家。討論的主要議題為河川棲地多樣性指數應用於評估河川環境流量之可行性及 AIFT 有關於河川生態環境的研究。AITF 並特意張貼本次參訪之專題海報(圖 2-7)。

議題討論前由進行專題簡報(題目: A new method to evaluate river ecological flow-A case study of Bei-Gang Stream in Taiwan)，就臺灣的水文環境及環境流量的研究概況作說明，並提出以河川棲地多樣性指數作為評估河川環境流量之方法。

議題 1: 河川棲地多樣性評估河川環境流量之應用性

說明: 目前各先進國家對於河川環境流量之訂定大多建議使用棲地評估法，主因為其具量化指標，容易進行決策比較。唯臺灣河川之指標物種棲地適合度曲線(HSC)尚未完整建立，因此以棲地法評估環境流量有其應用上之限制。緣此，利用本次參訪機會，將本所有關河川環境流量之研究成果(莊明德，2013、2014)與 Dr. Brian Eaton 及 Dr. Scott Heckbert 等專家進行交流(圖 2-8)。

討論：

Dr.Brian Eaton:魚類適合度曲線之調查電格(electric grid)其是如何設置?這個方法的主要目的是什麼?與棲地法方法比較有什麼優點?

Dr.Scott Heckbert:棲地模式如何考慮指標物種於各階段生活史之需求?

莊明德:

- 1.調查電格長 3 m(平行流向)、寬 1.5 m(垂直到向),自河段左岸下游以“Z”字型排列至上游右岸作為矩形樣格調查,並依調查河段現況適時調整各矩形樣格魚類採集及棲地特性(水質、底質)之調查。在樣區水域內所選定的每 1 矩形樣格河床上,順沿樣格兩邊各敷設 3m 長的 5 分銅管,下游端各以絕緣銅線連接至岸上之電源供應器,使放電時形成長 3m、寬 1.5m 的方形電場。每一樣格經 11min 以上的靜置時間待其恢復常態,再由 1 人於岸上控制電源供應器穩定輸出 30sec、110V 的交流電,另 2~3 人同時手持大型手操網立於矩形樣格下游處將樣格中或順流而下的漁獲撈起。待 30 sec 過後結束放電,立刻蒐齊漁獲、鑑定魚種、測量體長、體重或體高並予以記錄,隨即將漁獲釋放回原溪段,儘量減少對當地魚類群聚之衝擊。
- 2.本方法主要是提供河川規劃者一種簡單的評估工具,特別是對於指標物種棲地適合度曲線尚未建置時,可為初步評估河川環境流量之替代方法。本方法除具有考量生物棲地需求之優點外,計算流程也較棲地法簡單,水利工程師可應用已有之水理模式(如 HEC-ras)計算得之流速及水深等,評估水利構造物對河川棲地多樣性的影響,進而去調整或改善規劃設計案(如型式及規模等),如此之設計將較更符於水利及生態面向之需求。
- 3.棲地法可以藉由不同指標物種不同時期(如幼魚或成魚)建置之適合度指數去計算其權重可用棲地面積(WUA),評估指標物種於不同生活史之棲地位置及範圍。而棲地多樣性評估因只考慮河川棲地的物理特性,因此無法顯現指標物種於不同生活史之棲地需求之變化。

議題 2: AIFT 河川生態環境研究

說明:本次參訪的研究部門為位於 Edmonton 之生態系統管理(Ecosystem Management),該部門主要研究面向有:

- (1)原住民社區發展計畫:進行合於環境發展之原住民社區之創新研究。
- (2)生物多樣性監測:進行生物多樣性監測提供開發與土地使用之策略及適應性管理。
- (3)生態保護應用研究:進行維護野生動物,植被和自然生態系統的相關研究。
- (4)環境經濟研究:開發分析工具來探索資源管理方案和政策。
- (5)水資源管理:研究及開發水資源管理新技術,同時兼顧生態、土地利用和社會

經濟。

Dr. Brian Eaton: 本研究部門正進行微生物群落及兩棲類(如蛙類)與水域生態系健康的研究，用以評估亞伯達省因油砂(oil sand)造成對野生動物棲地的影響。研究的目的是發展用於監測水生動物及其棲息地的評估方法，以減少這種因開發造成對水域生態環境的影響。

Dr. Scott Heckbert: AITF 目前正在進行跨領域之集水區 3D 模式建置(圖 2-9)，該模式以集水區數值地形(DEM)為基礎，可以同時模擬大尺度(集水區尺度)於不同情境下，區域內各河川流量(包括漫地流)之變化情形，特別是當區域開發(如水庫)造成河川流量之變化情形，未來模式還可納入社會及生態等模組於 3D 模擬系統中。



圖 2-6 AITF 位於亞伯達省 Millwoods 科學園區



圖 2-7 AITF 張貼參訪專題海報

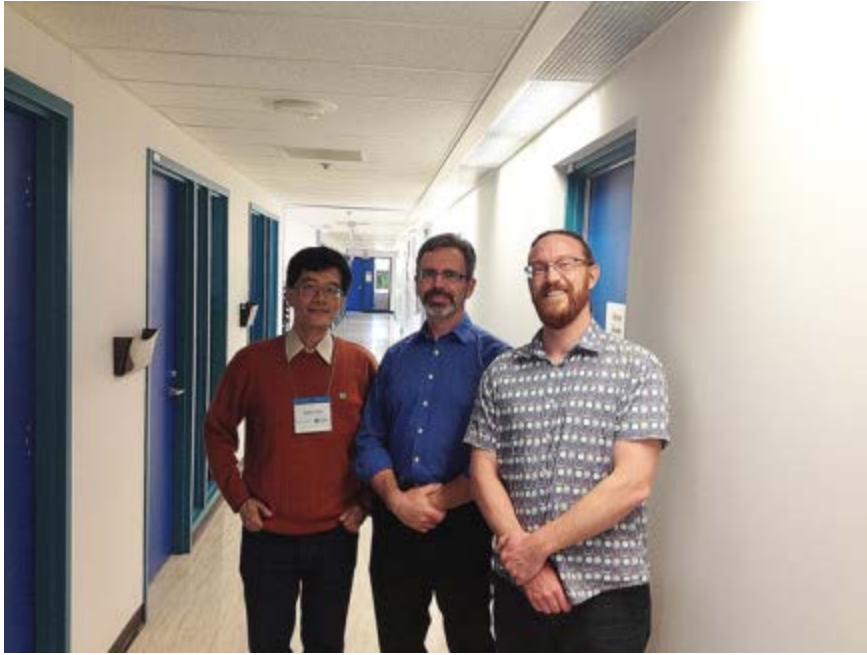


圖 2- 8 拜訪 AITF Dr.Brian Eaton(中)及 Dr.Scott Heckbert(右)

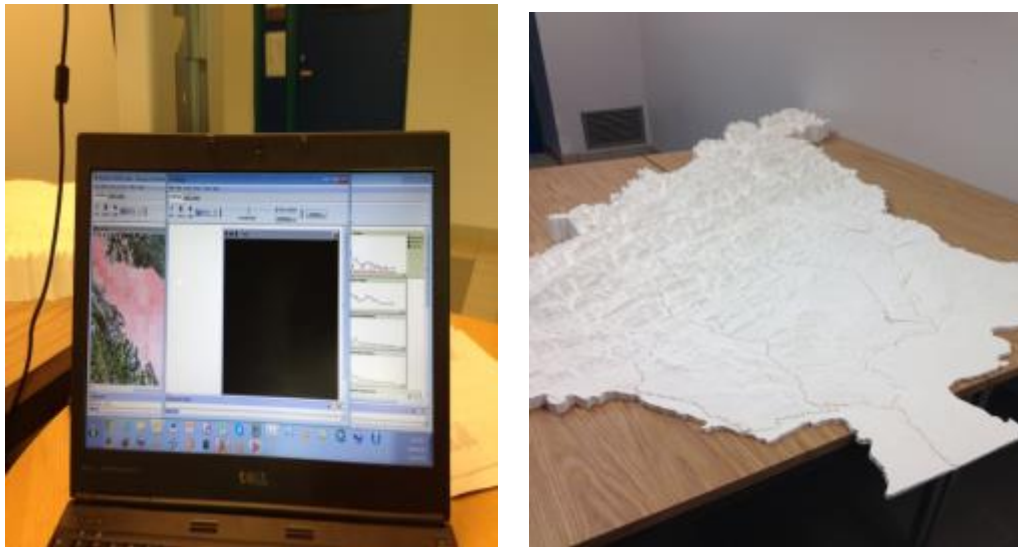


圖 2- 9AITF 研發中之水資源 3D 模組(Netlogo)及製作之 3D 模型

三、亞伯達大學(University of Alberta, UA)

(一)機關組織

亞伯達大學成立於 1908 年，是一所以研究為取向的公立大學。亞伯達大學擁有來自加拿大政府所支援的大量研究經費，是全球公認加拿大最具盛譽的大學之一。亞伯達大學共有 18 個學院，目前共有五個校園，其中愛德蒙頓市中心北薩斯喀徹溫河南岸的主校園是建校的原址。目前亞伯達大學共約有 30,000 多名在校學生，當中包括 6,000 多名來自全球 145 個國家的國際學生。學校共有 6,000 多名教學人員和 8,000 多名工作人員。亞伯達大學擁有超過 400 個各類實驗室和數個國立研究所，自 1988 年以來已經取得了超過 26 億加拿大元的外來科研投資，本次主要是參訪土木與環境工程系(圖 2-10)。

(二)參訪及討論

經由駐加拿大台北經濟文化代表處(Taipei Economic and Cultural Office in Canada)經濟組陳新發副組長及蘇嫻璇秘書之熱心協助與安排，於 9 月 21 日下午拜訪亞伯達大學土木與環境工程系系主任 Dr. Roger Cheng(畢業於成功大學水利系)及 Dr. David Zhu(畢業於中國交通大學)，進行河川棲地模式相關議題討論(圖 2-11)。

亞伯達大學土木與環境工程系成立於 1908 年，目前約有 900 位大學部及 500 位研究所學生，共有 10 項不同研究領域(生物動力學、建設工程與管理、環境工程與科學、岩土工程、材料、結構、運輸、水資源、採礦及石油等)。有關於水資源與環境領域有 5 位教授，研究計畫項目包括：氣候變遷、水資源管理及生態水利等。本次拜會之 Dr. David Zhu，研究領域為環境水力學、城市水力學及水質模型等。臺灣目前常使用之 2 維河川棲地模式(River2D)就是該系 Dr. Peter Steffle 於 2002 年開發完成的。

河川棲地模式在 80 年代逐漸發展為重要之河川管理工具。河川棲地模式藉由生物對棲地環境(如流速、水深及底質等)的適合度指數，用來模擬不同條件時(如流量及河川斷面變化)水生物可利用之棲地面積。PHABSIM 模式首先廣泛應用於北美地區，歐洲地區則在 90 年代用於作為河川復育規劃。其它河川棲地模式如 RHYHABSIM、EVHA 及 Meso-HABSIM 則是修改自 PHABSIM 模式發展而來。CASIMIR 模式將模糊理論建立生物適合度關係。歷年來發展的河川棲地 2 維模式則有 DIVAST 及 River 2D 等模式。

River 2D 係由亞伯達大學 Dr. Peter Steffler 及 Dr. Julia Blackburn 發展的二維水理模組，其採用有限元素法計算並可用於魚類棲地評估的研究。River 2D 為免費應用軟體，於 2002 年完成後經過次修正，目前最新的 2010 年 0.95a 版本，有專屬網站供查詢及下載(圖 2-12)，並設有線上討論區(Online Forum)。模式包含四大部分：

(1)R2D_Bed：主要用來進行編輯與定義地形資料。在成功的河川水流模擬中，正

確的建置河道渠床的物理特徵（斷面資料）是最重的關鍵，除了正確及詳細的現地資料外，相關的判斷及經驗將分散的點位資料組成數值地形也是必需的。

- (2)R2D_Ice：用於編輯冰雪覆蓋時的形狀資料，由於台灣地區河川無冰雪覆蓋之問題，所以此模組並不適用於台灣地區。
- (3)R2D_Mesh：主要目的在於提供一個相對簡易但有效的計算網格產生環境，以便於進行二維深度平均有限元素的計算模擬。
- (4)River2D：其設計用於模擬天然河川或溪流，且可用於超臨界流/亞臨界流的轉換以及可變的通水面積，基本上這是一個提供加速收斂至穩定狀態的變化模式。

River 2D 常應用於國內河川棲地分析及生態基流量評估之相關研究與實務規劃(如溫博文(2005)、陳伸安(2006)及莊明德(2008)等)。River 2D 雖經多次修正，但其分析功能與圖形展示並未有新增功能。經詢問系主任 Dr. Roger Cheng 表示：因為 River2D 為免費應用軟體，因此功能與界面無法如一般商用軟體完備。而 River2D 開發者(Dr. Steffler)現已退休，該系目前並沒有擴充程式功能的規劃。



圖 2-10 亞伯達大學校園(左)及土木系研究大樓(右)

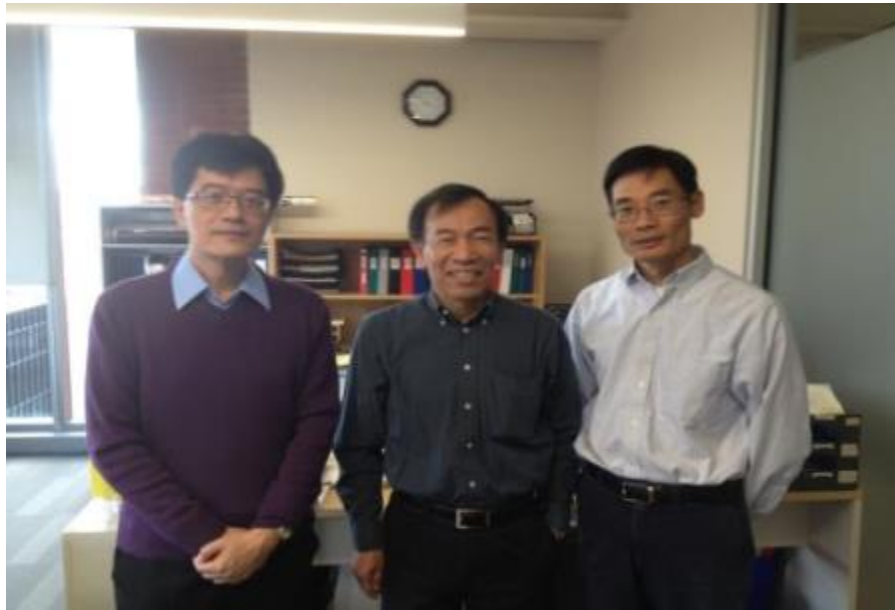


圖 2-11 拜訪亞伯達大學 Dr.Roger Cheng(中)及 Dr.David Zhu(右)

WELCOME TO THE RIVER2D WEBSITE. THIS SITE CONTAINS FOUR MAIN PAGES:

- Description** ▶ On the [Description page](#), you'll find all about the suite of programs that make up River2D package. If you are unfamiliar with River2D, you may want to visit the Description page.
- Download** ▶ The [Download page](#) provides the latest versions of the River2D programs, reference manuals, and a step-by-step tutorial.
- Online Forum** ▶ The [Online Forum](#) hosted by Yahoo!® enables you to participate in discussions with other users the River2D suite of programs and find answers to common problems. Click [here](#) to post a message.
- F.A.Q.'s** ▶ Before entering the Online Forum, you may want to visit the [F.A.Q.'s section](#), as the answer to your question may already be available.

Feel free to [contact us](#) with any questions or to report any concerns.

© 2002-2006 University of Alberta
All Rights Reserved
Last updated: 01/31/2015 04:01:09

圖 2-12 亞伯達大學 River2D 河川棲地模式網頁
(<http://www.river2d.ualberta.ca/index.htm>)

四、河川溪谷聯盟(River Valley Alliance, RVA)

(一)機關組織

河谷聯盟(RVA)成立於 1996 年，是由 7 個臨近北薩斯喀徹溫河(North Saskatchewan River)的區域所組成(Town of Devon、Parkland County、Leduc County、City of Edmonton、Strathcona County、Sturgeon County 及 City of Fort Saskatchewan)所組成。RVA 成立之主要目標為保護河川的自然發展，並維護野生動物的生存空間，同時提高人親近大自然的生活需求。首都地區河谷公園(Capital Region River Valley Park)佔地 18000 英畝通過北薩斯喀徹溫河，河谷連接超過 88 公里，河岸設有步道及人行天橋等(圖 2-13)。

RVA 為非營利組織之公益團體(Nonprofit Organization, NPO)，成員包括地區政府代表及居民代表。設有 7 個地區股東，每 1 地區任命一名董事，董事會設有諮詢委員會、管理委員會、執行委員會及財政委員會。



圖 2-13 北薩斯喀徹溫河谷(左)及步道(右)

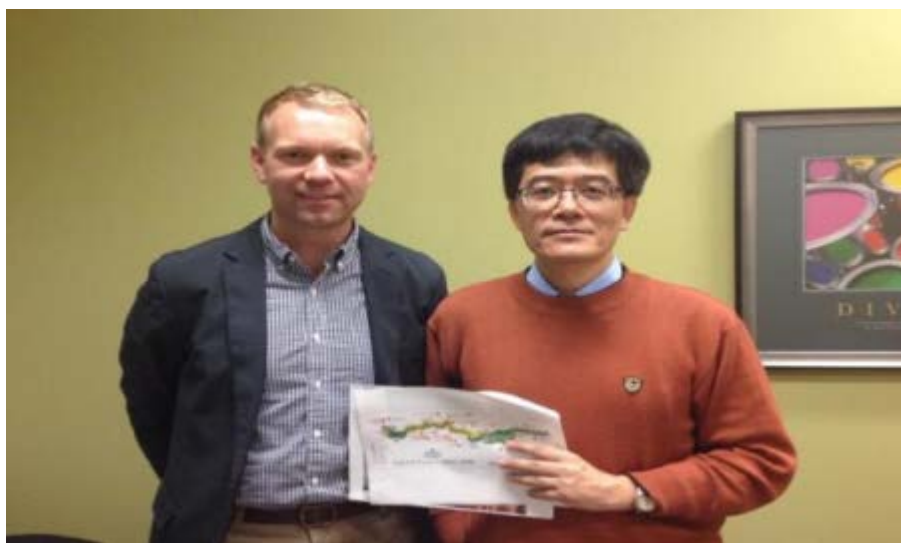


圖 2-14 拜訪 RVA 計畫主管 Mr.Alex Bonokoski



圖 2-15 首都計畫(Capital Project)規劃項目

(二) 參訪及討論

經由駐加拿大台北經濟文化代表處經濟組陳新發副組長及蘇佩璇秘書之熱心協助與安排，於 9 月 24 日與 RVA 計畫主管 Mr. Alex Bonokoski 進行民間組織參與河川復育相關議題討論(圖 2-14)。

RVA 主要角色有三項分別為：(1)協調 7 個地區成員轄內河谷的規劃和發展、(2)規劃符於生態、生產及生活之河川溪谷規劃及(3)資金募集。RVA 在進行方案規劃時會先與區域內成員進行諮詢，分別就環境、社會及經濟等不同面向作討論，決定其計畫項目之優先順序，再委託工程顧問公司進行規劃設計，其規劃設計必需符合於政府的法律及規範，方案之最後核定權在政府。

計畫案所需經費分別由加拿大聯邦政府、亞伯達省政府及 RVA 各負擔 3 分之 1。如計畫需經過私有土地，則與地主訂定使用同意書，通常並不會以購買方式取得土地。若遇到配合度不高的地主，RVA 會利用正式協商或非正式的討論，以尋求解決方案。

RVA 目前最主要工作是執行河谷地區之首都計畫(Capital Project)，亞伯達省政府於 2007 年提供 5000 萬加元(約合臺幣 12 億)給 RVA 執行第一階段(2008-2016)首都計畫(圖 2-15)。2012 年加拿大聯邦政府由建設基金(Building Canada Fund)提撥 3000 萬加元(約合臺幣 7 億)投入該項計畫，首都計畫共有 18 項子計畫(包括 74 公里的步道系統、六個河岸碼頭及一個行人天橋等)。

RVA 近年來亦推動河谷地區視覺藝術比賽、公開演講和河川環境教育等活動，以加強河谷社區間的交流。

第三章 研習心得與建議

一、研習心得

本次參訪行程分別拜訪了加拿大伯達省環境與公園局 (AEP)、亞伯達創新技術研究所 (AITF)、亞伯達大學 (UA) 與河川溪谷聯盟 (RVA) 不同屬性單位及組織。參訪各機關之心得如下：

- (一) AEP 的主管業務包括空氣品質、氣候變遷、魚類與野生動物保育、土地與森林、廢棄物處理、水污染、防洪及水資源利用等議題，因此各部門間常有專業技術交流。例如本次會見之 Dr. Andrew Paul 雖然是河川魚類棲地專家，但對於水利工程常使用之河川水理模式(如 HEC-ras)並不陌生，因為 AEP 也同時負責防洪及水資源利用等議題，所以考量的議題都必需具整合性，因此業務推動也較順利。此與臺灣目前「水」、「土」、「林」及「生物多樣性」各業務分屬不同部會，以致造成執行上之困難，有很大不同。
- (二) AITF 是充滿活力的研究機構，除執行政府相關研究計畫外，也提供技術服務的輸出，用以協助可持續發展且具全球競爭力的企業。在臺灣雖也有類似之研究機構(如工業技術研究院)，但 AITF 之研究跨域「生物」、「健康」及「能源與環境」等不同面向，發展具有應用價值的創新技術。例如本次會見之 Dr. Brian Eaton(生態系統管理部門主管)，目前正進行微生物群落與生態系健康的研究評估技術，將應用於亞伯達省因採油作業對野生動物棲地的影響評估。
- (三) 亞伯達大學土木與環境工程系是本次安排行程中最難安排的，除因 7~9 月為大學的暑假期間，又剛好遇到該系遷移至它教學大樓，因此多次連絡該系皆無回應。幸而透過駐加拿大台北經濟文化代表處陳新發副組長及蘇佩璇秘書之熱心協助與安排，終於得與系主任 Dr. Roger Cheng 及 Dr. David Zhu 會見。亞伯達大學是加拿大頂尖研究型學府，土木系參與許多與石油產業有關的研究(如複合材料與污染控制等)，加拿大學術界積極參與產業技術研發，令人印象深刻。系主任鄭榮俊教授(Dr. Roger Cheng)來自臺灣成功大學水利系，非常關心臺灣目前水資源的問題，對於他當年服役時負責金門花崗石醫院開鑿工程仍記憶猶新。
- (四) RVA 雖是一個非營利公益組織(NPO)，但確有政府建設基金的長期資助，目前主要工作是執行河谷地區之首都計畫(Capital Project)。由於 RVA 有許多區域性成員，因此進行河川規劃時會先與區域內成員進行諮詢，分別就環境、社會及經濟等不同面向作討論，決定其計畫項目之優先順序，其規劃設計必需符合於政府的法律及規範。RVA 的運作過程中有多方的意見交流，可大幅減少政府與民間於河川管理觀念的差異。加拿大其它地區也有類似的 NPO 組織(如安大略省之 Conservation Authority, CA)。臺灣的農田水利會與 RVA 較為近似，不同的是農田水利會為公法人組織，而加國之

RVA 及 CA 等 NPO 組織則多為維護河川環境生態及民眾親近河川而設立。加國將部份河川環境規劃工作交由區域性 NPO 組織執行，可大幅減少政府施政的阻力，例如計畫案需經過私有土地時，RVA 會透過非正式管道或正式協商會議與地主進行溝通，以尋求解決方案。此協商模式可作為臺灣推動河川環境營造規劃的參考。

- (五) 利用本次參訪機會分別於 AEP 及 AITF 進行專題報告(題目: A new method to evaluate river ecological flow-A case study of Bei-Gang Stream in Taiwan)，與會加國專家認為以棲地多樣性來評估河川環境態流量是很好的想法，可以作為初步評估河川環境流量之方法(特別是對於指標物種棲地適合度指數尚未建立時)，但對於指標生物的棲地特性及其生活史，確實還需要進一步的調查研究。

二、建議事項

本次參訪行程經由駐加拿大台北經濟文化代表處、加拿大亞伯達省國際事務部及亞伯達省駐台辦事處之全力協助才得以順利完成，顯見加拿大對於與國外技術交流之重視；加拿大亞伯達省對於河川環境管理有豐富的經驗與技術，建議未來亦可安排相關研究部門專家來臺灣參訪，以提昇台灣河川環境流量規劃及河川生態復育技術。

參考文獻

1. 趙永楠，2011，「加拿大水資源永續經營管理技術研習出國報告」，經濟部水利署水利規劃試驗所。
2. 謝國正，2002，「河川生態基流量評估案例介紹」，河川生態基流量評估技術研討會。
3. 陳伸安，2006，「二維水理棲地模式運用於南崁溪生態規劃之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
4. 溫博文，2005，「台灣中部河川生態棲地分布特性及時空變化之研究」，國立中央大學土木工程研究所碩士論文。
5. 莊明德、周文杰、廖光正、李德旺、張君瑋，2008，「利用河川棲地二維模式評估丁壩對河川棲地之影響」，水保技術，第3卷，第2期，49-59。
6. 莊明德、周文杰、廖光正、李德旺、張君瑋，2008，「利用河川棲地二維模式評估丁壩對河川棲地之影響」，水保技術，第3卷，第2期，49-59。
7. 莊明德，2013，「訂定環境流量之先驅研究」，經濟部水利署水利規劃試驗所。
8. 莊明德、周文杰、李德旺、柴家豪，2014，「應用河川棲地多樣性評估河川環境流量-以烏溪大旗橋河段為例」，台灣水利，第62卷，第2期，82-89。
9. Arthington, A. H., Bunn, S. E., Poff, N. L., Naiman, R. J., 2006, “The Challenge of Providing Environmental Flow Rules to Sustain River Ecosystems” , Ecological Applications, 16(4), pp.1311-1318.
10. Jowett, I. G., “Instream Flow Methods: A Comparison of Approaches” , Regulated Rivers, Vol.13, p.115-127.1997.
11. Poff N. L., Allan, J. D., Bain, M. B., Karr, J. R., Prestegard, K. L., Richter, B. D., Sparks, R. E. and Stromberg, J. C.,” The natural flow regime. A paradigm for river conservation and restoration” BioScience, Vol. 47(11), 769-784.1997.
12. Quesne, T. L., Kendy, E. and Weston D., 2010, ” The Implementation Challenge-Taking stock of government policies to protect and restore environmental flows ” WWW report , The Nature Conservancy .
13. Richter, B. D., J. V. Baumgartner, J. Powell, and D. P. Braun, 1996, “A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems” , Conservation Biology 10:1163 - 1174.
14. Tennant, D. L., 1976 , “Instream Flow Requirements for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources, ” Fisheries, Vol 1, p.6-10.
15. AEP 網頁(<http://aep.alberta.ca/>)
16. AITF 網頁(<http://www.albertatechfutures.ca/>)
17. 亞伯達大學土木系網頁(<http://www.civil.engineering.ualberta.ca/en/AboutUs.aspx>)
18. RVA 網頁(<http://www.rivervalley.ab.ca/>)

附錄一 加拿大水環境簡介

加拿大國幅員遼闊，東濱大西洋，西臨太平洋，南接美國，北抵極地；其疆界東起紐芬蘭省之 Cape Spear，西抵育空特區與阿拉斯加州邊界，長約 5,514 公里；北由 Ellesmere 島之 Cape Columbia，南迄 Erie 湖之 Middle 島，距離約 4,634 公里，全境總面積約 9,982,000 平方公里(約為台灣 277 倍)，係西半球最大國，亦為全球第 2 大國。全加之行政區分為 10 省及 3 個特區。

加拿大的地形大致呈現西高東低狀，西部卑詩省與亞伯達省交界的洛磯山脈有許多海拔超過 4,000 公尺的山峰，此處亦有多座國家公園，中部大平原為主要農牧區，東部普遍為緩坡丘陵，森林遍佈；東南部氣候適中，土壤肥沃；北部屬於寒帶，礦產資源豐富。加拿大氣候受緯度、地形和海洋影響，各地溫度與降雨量亦隨季節變化而有不同。氣溫低、冬季長為其特徵。西北沿太平洋岸夏天涼爽乾燥，冬天多雲潮溼。溫哥華附近，因受太平洋暖流影響，較為溫濕，冬天下雪亦不多；夏季涼爽，25 度以上情形少見。西岸內陸氣候變化大，冬天山上蓋滿積雪，冷風吹襲；夏天山谷陰蒼乾燥，氣候炎熱。越過積雪量多之洛磯山脈，愈往中央地帶，大陸性氣候愈形明顯，冬季長寒，夏天短熱。平原地帶，全年雨量稀少，溫差很大。大西洋沿岸各省寒冷多雨。北部終年結冰，嚴寒澈骨。

加拿大地大物博，發展亦早，為世界七大工業強國之一，在整體生活條件綜合評比下始終被公認為理想居住地，1999 年聯合國之人類發展報告中認為加拿大是最適宜居住的國家之首，2010 年經濟學人智庫評估全球 140 個國家的生活環境，加拿大有 3 個城市名列前 10 名(溫哥華、多倫多、卡加利)。加拿大政府體制為責任內閣制，形式上仍奉英王為國家元首。內閣向人民選出之下議院負責。總督為英女王在加代表，依據總理建議而任命加拿大政府體制為責任內閣制，由總理(多數黨黨魁)及各部首長組成，總理有權任免各部首長。其政府組織分聯邦、省府、市三級政府。聯邦政府主要管轄外交、國防、通貨、銀行、貿易、運輸、印地安事務、移民暨公民身分、所得稅、失業保險等。而因加拿大屬於聯邦制國家，各省區有自己的政策體系，因此省政府有甚大之權力與組織之彈性，主要負責教育、勞工和社會福利、市級政府、民事案件、天然資源及省稅。市政府負責飲用水、下水道、市內街道、垃圾和交通等。

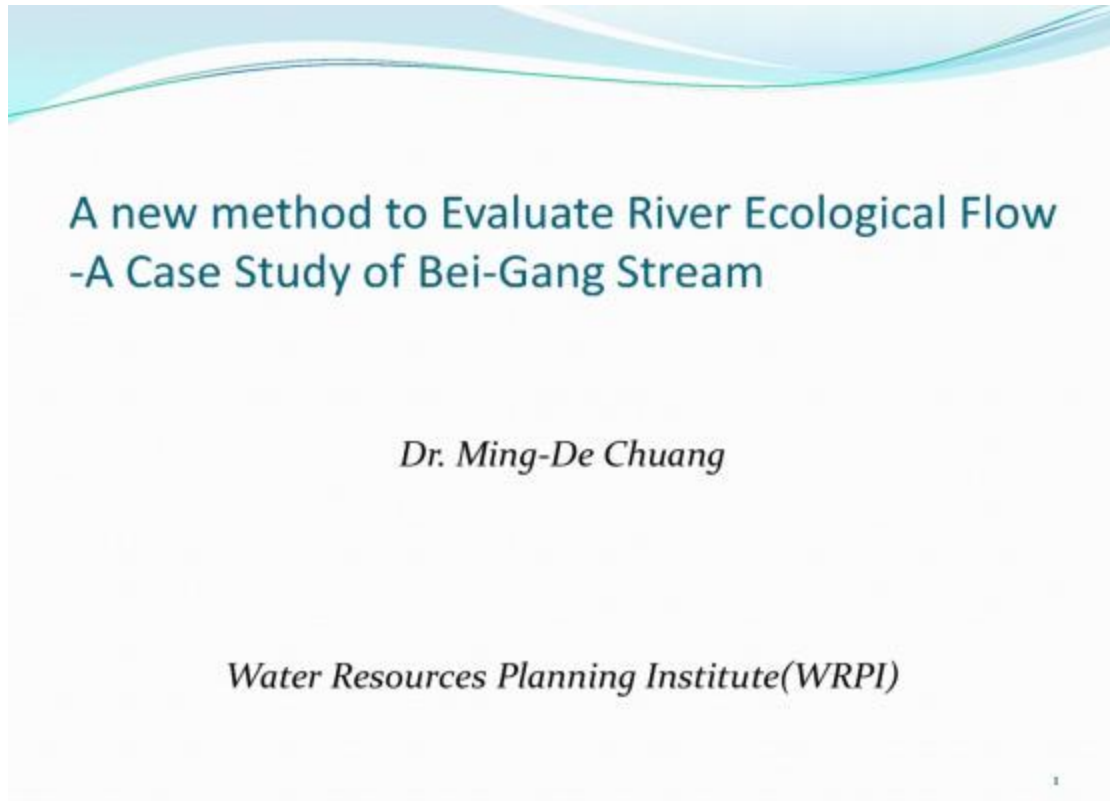
加拿大為世界上湖泊最多的國家之一，包括西北區的大熊湖、大奴湖(Great Slave Lake)及東南區五大湖區的休倫湖和安大略湖等，主要河流有麥肯茲河(Mackenzie River)、聖羅倫斯河和育空河等，其中以麥肯茲河最長約 4,241 公里。加拿大擁有豐富森林、水力資源，同時也是農產輸出大國。全部湖水和河水可填滿全國土地 2 公尺高，有 600 個水庫大壩全國三分之二的電力是靠水力發電，總體而言，加國屬於水資源豐富的國家。但由於地形因素分布不均，60% 川流水都流向人煙稀少的北冰洋，而 85% 的人口卻聚集在南部靠近美國的邊界，而洛磯山脈背風面大草原區(Alberta 省附近)則因降雨少，屬半乾旱區。在水資

源管理之區分上，聯邦政府負責水產漁業、航運、原住民及聯邦土地和邊界間的水域以及科學研究之引導；省的主要任務則負責大部分的用水管理與支配權利；市政府提供水及廢污水處理之服務、區域土地使用之政策規劃。其他共同分工管理的工作包括飲用水、污染防治、水量及供水監控、水域生物系統、跨領域水資源、設備、環境評估、研究等。

加拿大非常重視河川生態保育，無論政府機構與民間組織對河川生態都投入相當多的調查與研究，例如臺灣訂定的河川日(Rivers Day)，就是源起於1980年加拿大卑詩省的一項地方性的河川保育活動。每年北太平洋約有數千萬尾成熟的紅鮭魚，回到加拿大BC(British Columbia)省菲沙河(Fraser River)數百條牠們出生的溪流。其中更有近一千萬尾紅鮭魚，回到內陸500公里遠的亞當斯河產卵，這是加拿大生態保育成功的典範。

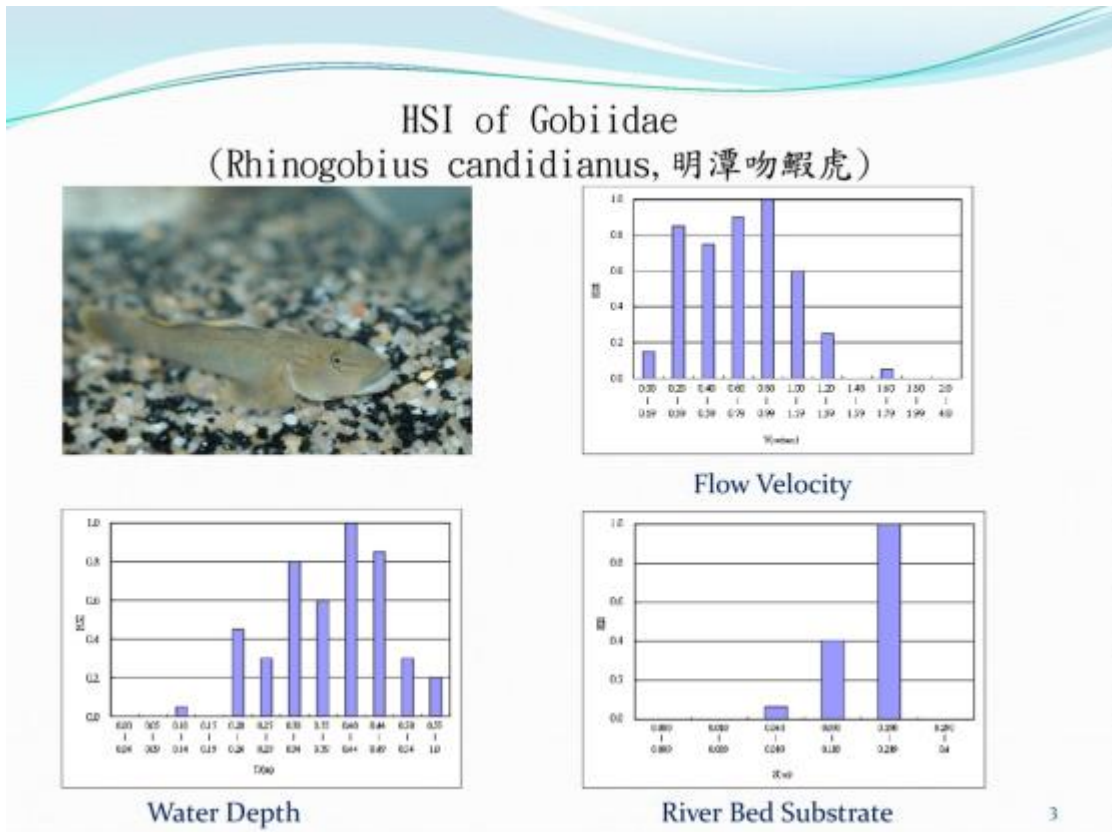
附錄二 簡報資料

簡報資料 1 (莊明德)





2



3

Ecological Flow(EF)

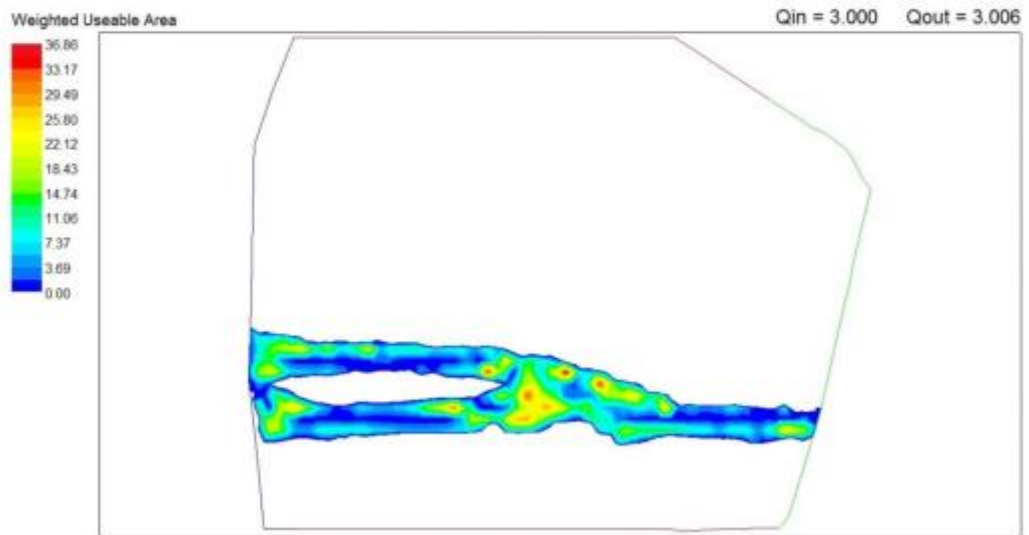
- *Dams and other river structures change the downstream flow patterns*
- *Ecological Flow: To maintain river's ecological quality*



Method to evaluate EF

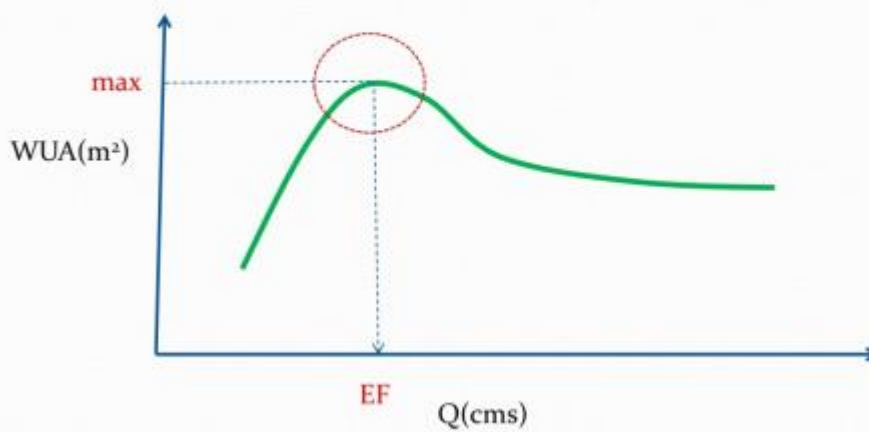
- *Hydrology method(FDC)*
- *Hydraulic method(wetted perimeter)*
- *Habitat method(WUA)*
- *Empirical method($0.135\text{cms}/100\text{km}^2$)*

River Habitat Model



6

Habitat method to evaluate EF



7

Weighted Usable Area(WUA)

- *WUA: is the product of water area and CHSI*
- *CHSI :is obtained by the individual HSI*

$$WUA = \sum_{i=1}^n CHSI_i \times A_i$$

- *Taiwan's HSI had not been established completely*

8

Habitat Diversity Concept

- *A high habitat diversity(H) was associated with a high species diversity(S). (Huet ,1954) ; (Schlosser ,1989) ; (Arunachalam ,2000)*

Habitat diversity(H)

H vs. WUA ?

Species diversity(S)



9

Habitat Diversity Calculation

- Habitat diversity (H)

$$H = 1 - \lambda \quad \lambda = \sum_{i=1}^s P_i^2 = \sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

S: habitat type (ie, s=4: riffle, run, glide, pool)

n_i : the subtotal number of each habitat type

N: the total number of habitat



Pool	Riffle	Glide
Run	Glide	Pool

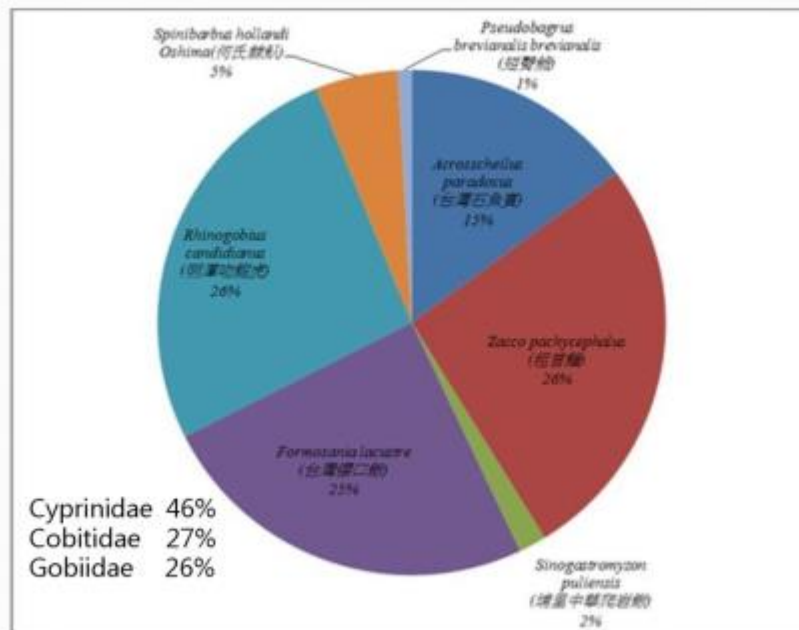
$$P(\text{pool})=2/6 \quad P(\text{glide})=2/6$$

$$P(\text{riffle})=1/6 \quad P(\text{run})=1/6$$

$$H=1-0.27=0.73$$

Case study





12

Gobiidae- *Rhinogobius candidianus*(明潭吻鰕虎)

Endemic and benthic fish, found in middle and upstream reaches in northern, northeast and central Taiwan. They prefer a habitat featuring swiftly flowing riffles.



13

Cyprinidae-Acrosscheilus paradoxus (台灣石魚賓)

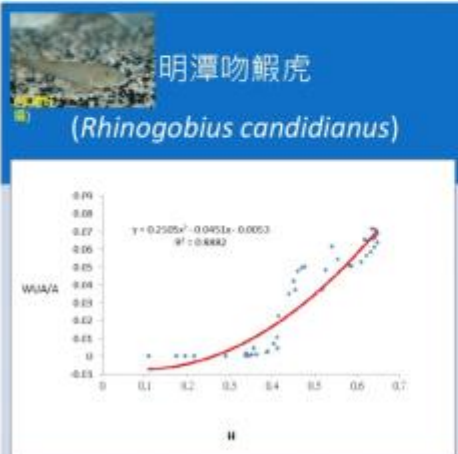
Endemic species, found in middle reaches in western Taiwan. The fish prefers slow flowing pools and swiftly flowing riffles as habitat.



14

Simulation results

H vs. WUA



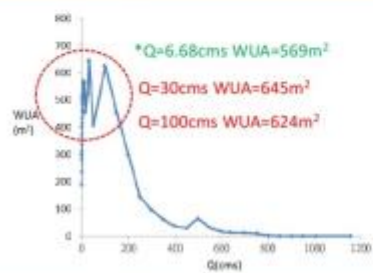
15

EF evaluation

WUA method- max. value

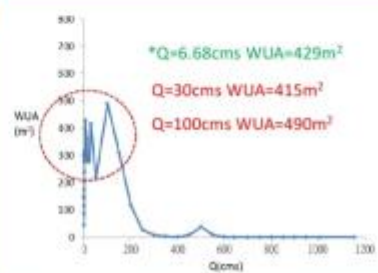
明潭吻鰕虎

(*Rhinogobius candidianus*)



台灣石魚賓

(*Hypsibarbus pierrei*)



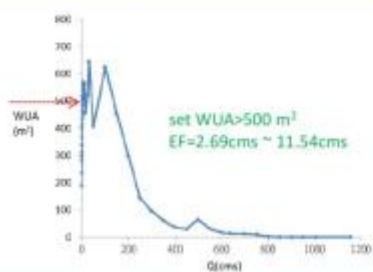
16

EF evaluation

WUA method- range value

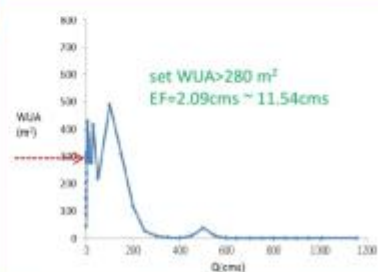
明潭吻鰕虎

(*Rhinogobius candidianus*)



台灣石魚賓

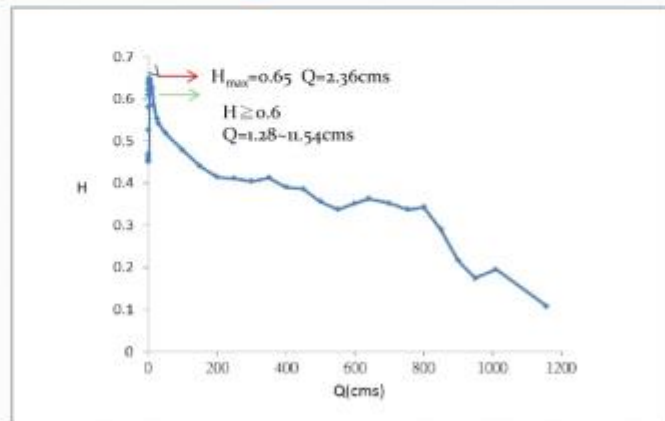
(*Hypsibarbus pierrei*)



17

EF evaluation

New mehtod(H method)



18

WUA method and H method to evaluate EF

	Base on max. value	Base on range value
WUA method (<i>Rhinogobius candidianus</i>)	6.68cms	2.69~11.54cms
WUA method (<i>Acrossocheilus paradoxus</i>)	6.68cms	2.09~11.54cms
H method(new method)	2.36cms	1.28~11.54cms

19

Conclusion

- *This proposed method(H method) considers the biological habitat requirements, and the calculation process is simpler than habitat method.*
- *Especially for the river's HSI has not established, this new method can be used as a preliminary assessment of river ecological flow.*

20





簡報資料 2 (Dr. Andrew Paul)



Overview of Alberta's Environmental Flow Program

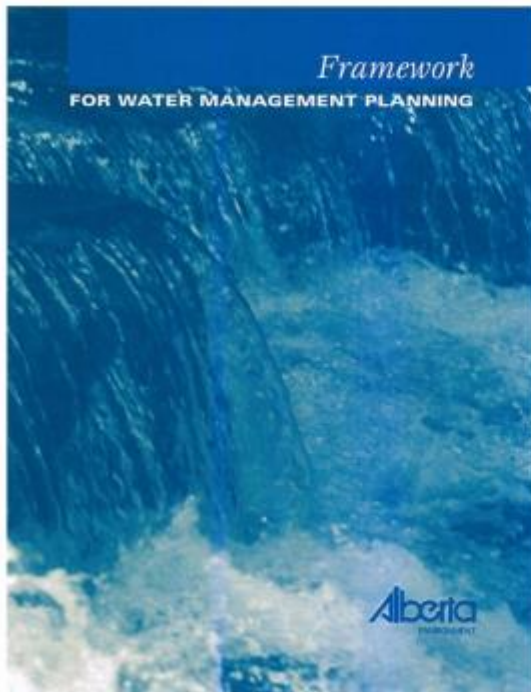
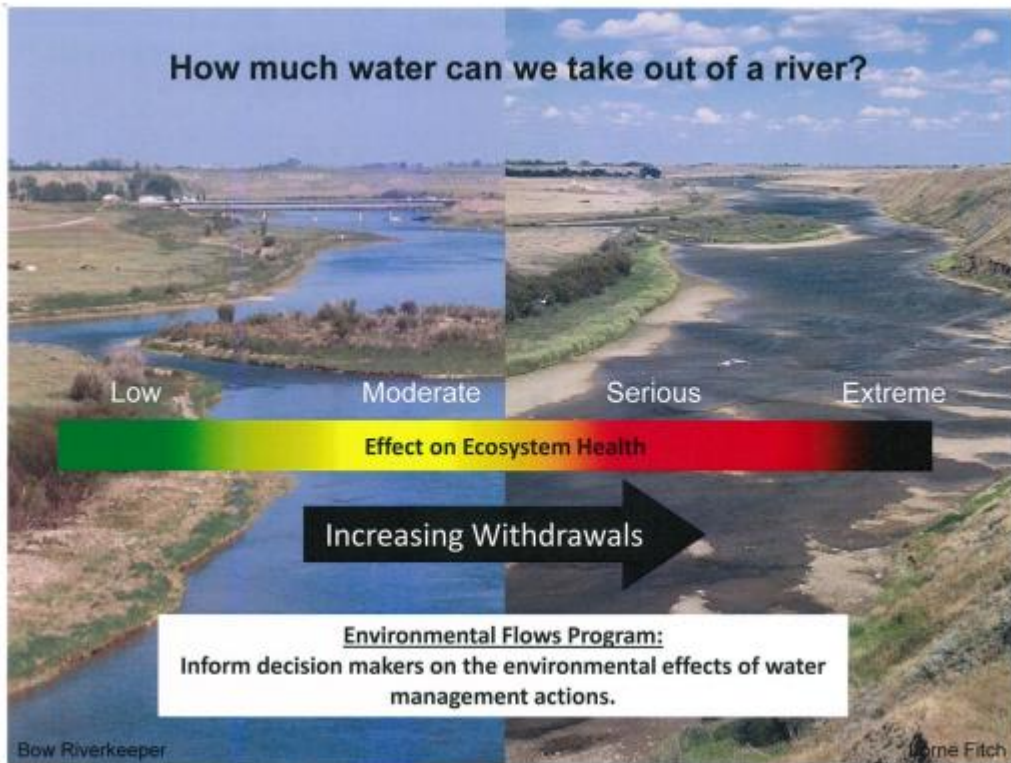
Andrew J. Paul and Lauren
Makowecki

Fish and Wildlife Habitat Policy
Alberta Environment and Parks
Cochrane, Alberta
September 2015



Discussion Topics for Dr. Chuang

- (1) Environmental flows establishment process
- (2) Instream flow design
- (3) Fish habitat suitability criteria curve (HSC) establishment and application



AENV 1999

- *A water management plan can be developed by anyone. ...However, ...a water management plan must follow the Framework for Water Management Planning.*
- *The government has the responsibility for the approval and adoption of water management plans and decisions under the Water Act.*

Water Quantity Management for the Lower Athabasca River

Purpose

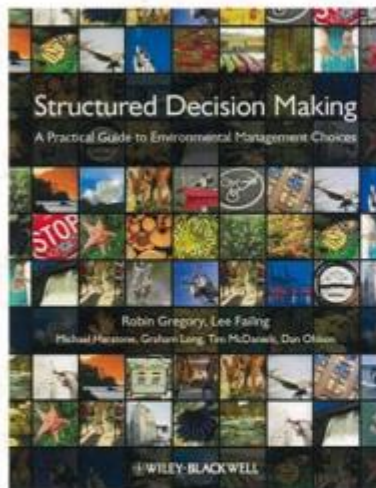
- Recommend when, and how much, water can be withdrawn from the Lower Athabasca River for oil sands mining water use.

Who

- Government, First Nations, Métis, industry and environmental organizations.



How? - Structured Decision Making



Gregory et al. 2012



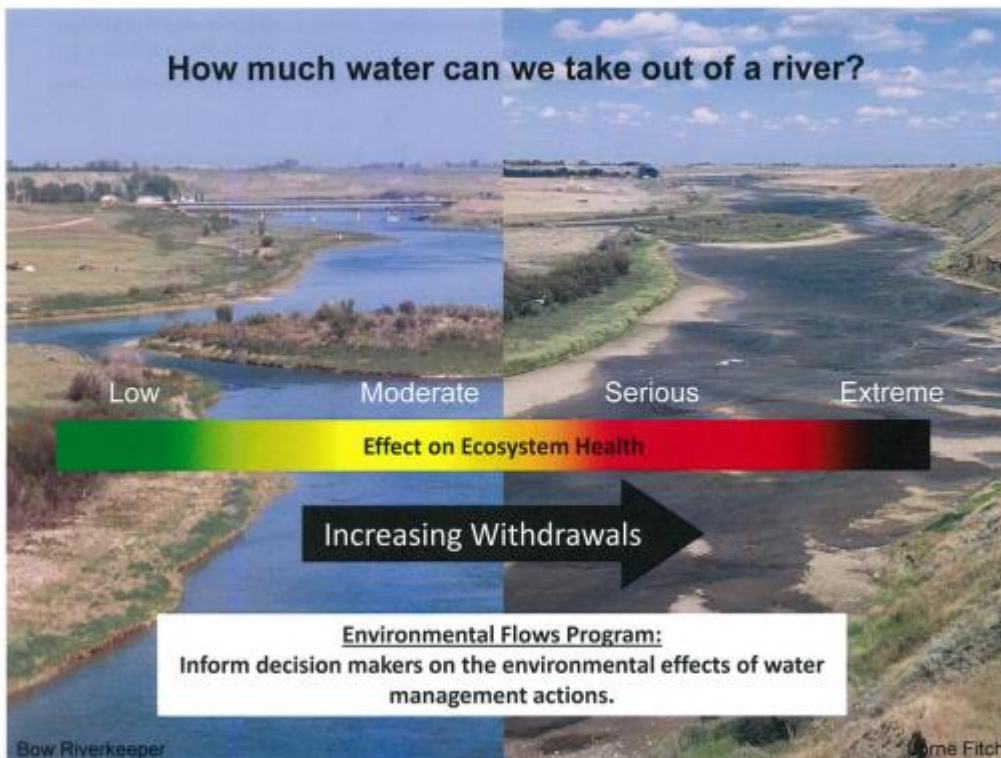
Wicked Problem – The problem is not understood until after a solution is presented.

Summary Consequence Table

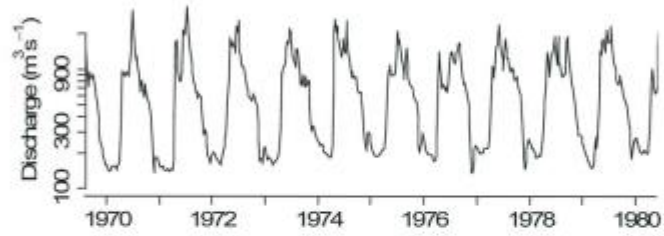
Objective	Attribute	Direction	Units	MBOC Type	MBOC Val	Threshold 1	Threshold 2	PH	MH 1a	MH 1b	MH 1c	MH 1d	Option A	Difference
Ecosystem Health	FH - Ice Largest % Loss (mid-winter; Metric A)	L	%	A	2%	0%	10%	5.4%	5.9%	4.8%	3.4%	2.8%	3.7%	-4.2%
Ecosystem Health	FH - Ice Largest % Loss (early shoulder; Metric A)	L	%	A	2%	0%	10%	3.6%	4.1%	3.3%	2.4%	1.8%	2.0%	-1.4%
Ecosystem Health	FH - Ice Largest % Loss (late shoulder; Metric A)	L	%	A	2%	0%	10%	4.6%	5.2%	4.1%	2.9%	2.2%	3.1%	-1.5%
Ecosystem Health	FH - Open Largest % Loss (Metric A)	L	%	A	2%	0%	10%	2.3%	2.3%	2.2%	2.4%	2.6%	2.4%	-2.3%
Ecosystem Health	MH - Ice Most Sensitive % Loss (mid-winter; Metric A)	L	%	A	5%	10%	30%	21%	24%	18%	12%	10%	10%	-17%
Ecosystem Health	MH - Ice Most Sensitive % Loss (early shoulder; Metric A)	L	%	A	5%	10%	30%	20%	21%	21%	18%	16%	18%	-21%
Ecosystem Health	MH - Ice Most Sensitive % Loss (late shoulder; Metric A)	L	%	A	5%	10%	30%	22%	23%	22%	15%	12%	10%	-15%
Ecosystem Health	MH - Delta Most Sensitive % Loss (mid-winter; Metric A)	L	%	A	5%	10%	30%	60%	60%	53%	41%	32%	45%	-40%
Ecosystem Health	MH - Delta Most Sensitive % Loss (early shoulder; Metric A)	L	%	A	5%	10%	30%	41%	41%	37%	27%	22%	28%	-38%
Ecosystem Health	MH - Delta Most Sensitive % Loss (late shoulder; Metric A)	L	%	A	5%	10%	30%	50%	50%	40%	27%	22%	30%	-41%
Ecosystem Health	MH - Open Most Sensitive % Loss (Metric A)	L	%	A	5%	10%	30%	7%	7%	8%	11%	11%	11%	-10%
Ecosystem Health	% Loss in Effective Whitefish Spawning Habitat	L	%	R	0%	10%	20%	17%	16%	14%	10%	10%	10%	-12%
Ecosystem Health	Wetland Population Reduction (% loss)	L	%	A	2%	10%	30%	0%	0%	0%	7%	8%	7%	-7%
Ecosystem Health	Sho - Fish - Colours Yr Wks 1-12 Ave (1-200 yr)	L	%	R	10%	NA	NA	0%	0%	0%	0%	0%	0%	-2%
Ecosystem Health	Sho - Footprint	L	km ²	R	10%			\$ 30	\$ 30	\$ 30	\$ 41	\$ 64	\$ 36	\$ 30
Navigation	Nev - Seg 4, EC4, Full	L	%	R	10%			2%	2%	2%	2%	3%	2%	-2%
Cost	Ind - Capital Cost	L	\$ million	R	2%			\$ 1,379	\$ 1,388	\$ 1,404	\$ 2,128	\$ 2,794	\$ 1,900	\$ 1,384
Data	Data - Storage (50 yr)	L	M m ³	R	2%			82	82	122	162	108	80	80
Data	Data - Storage (1-100 yr)	L	M m ³	R	2%			96	96	130	165	108	81	81
Data	Data - Storage (1-200 yr)	L	M m ³	R	2%			103	103	138	169	108	84	84

Performance of alternatives on selected evaluation criteria, colours show difference relative to Option H

Blue: Option H; Red=Worse than Option H, Green=Better than Option H



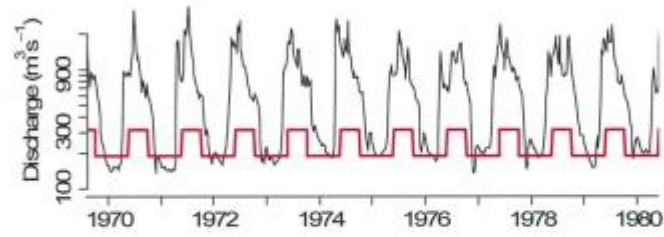
Timeline of Environmental Flow Science in Alberta



Tennant
Method



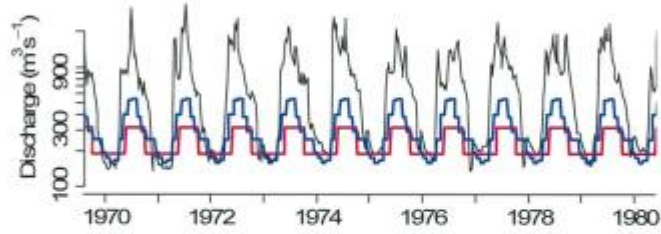
Environmental Flow Science in Alberta



Tennant
Method Tessmann



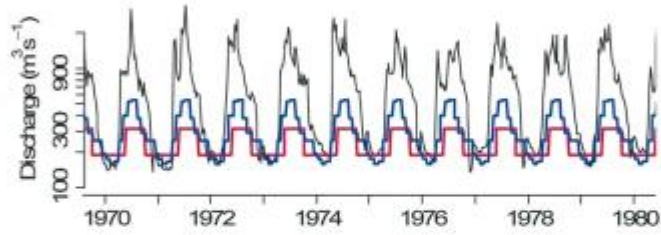
Environmental Flow Science in Alberta



Tennant
Method Tessmann



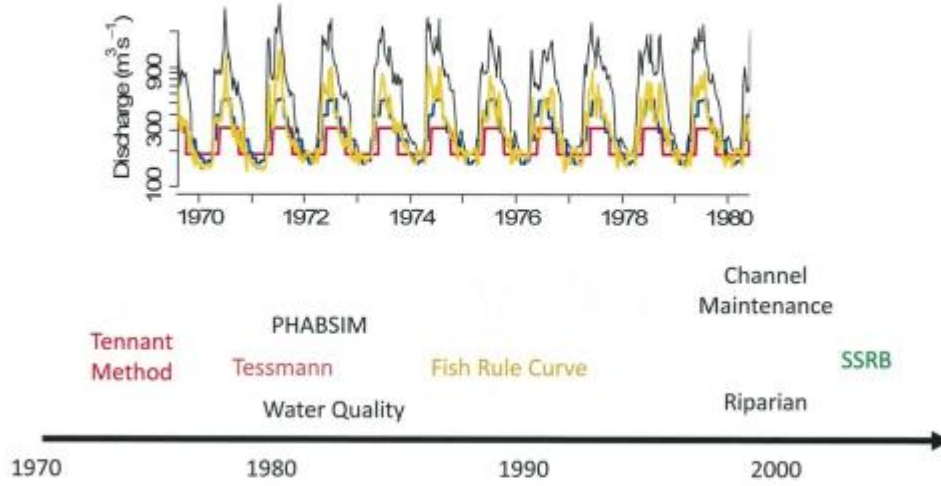
Environmental Flow Science in Alberta



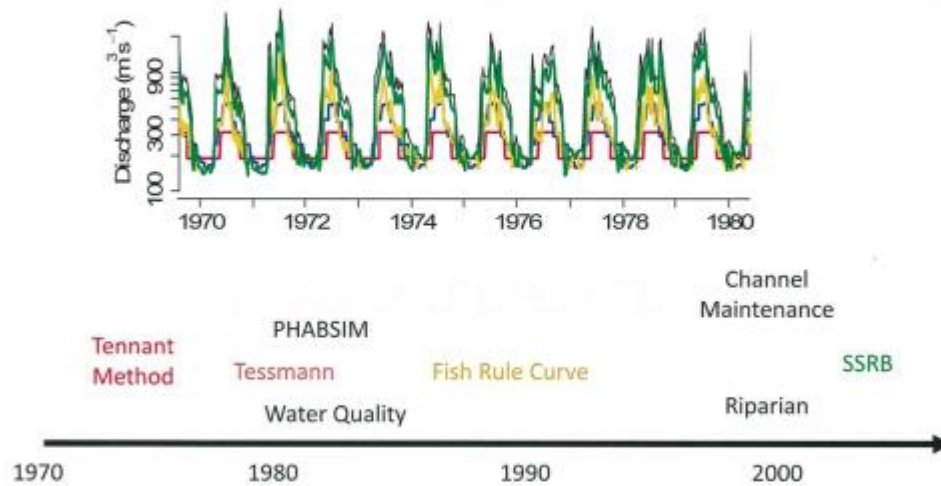
Tennant
Method PHabSim
Tessmann Fish Rule Curve
Water Quality



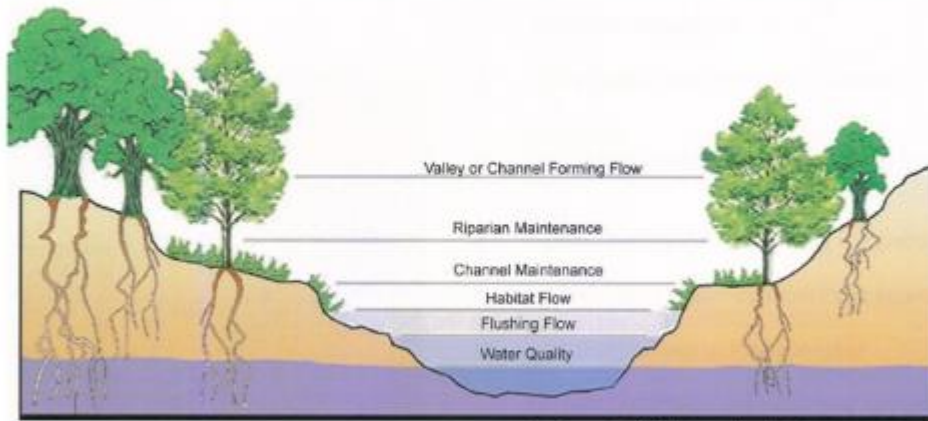
Environmental Flow Science in Alberta



Environmental Flow Science in Alberta



Natural Flow Paradigm



From Annear et al. 2004. Instream flows for riverine resource stewardship.

Instream Flow Council



From Annear et al. 2004. Instream flows for riverine resource stewardship.

Ecosystem Health Measures – Lower Athabasca River

1. Walleye population reduction and viability
2. Dissolved oxygen in side channels
3. Connectivity of Delta channels and lakes
4. Whitefish spawning (survival of incubating eggs)
5. Mesohabitat (surrogate for non-fish habitat; year round)
6. Fish habitat (year round; six species)
7. Channel maintenance

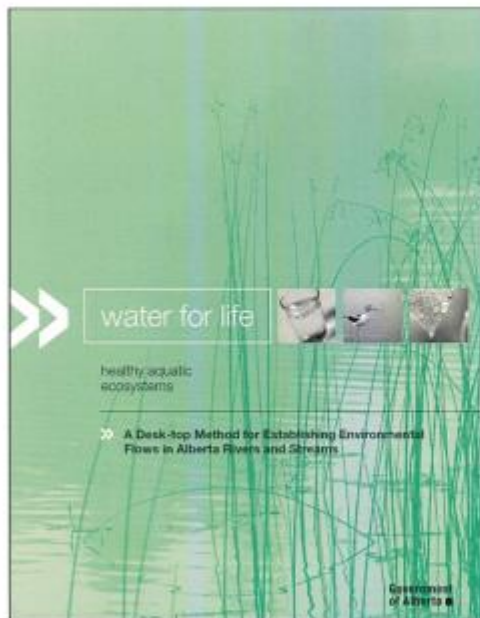
Water Management Plans and Frameworks in Alberta



-much of the province left to complete

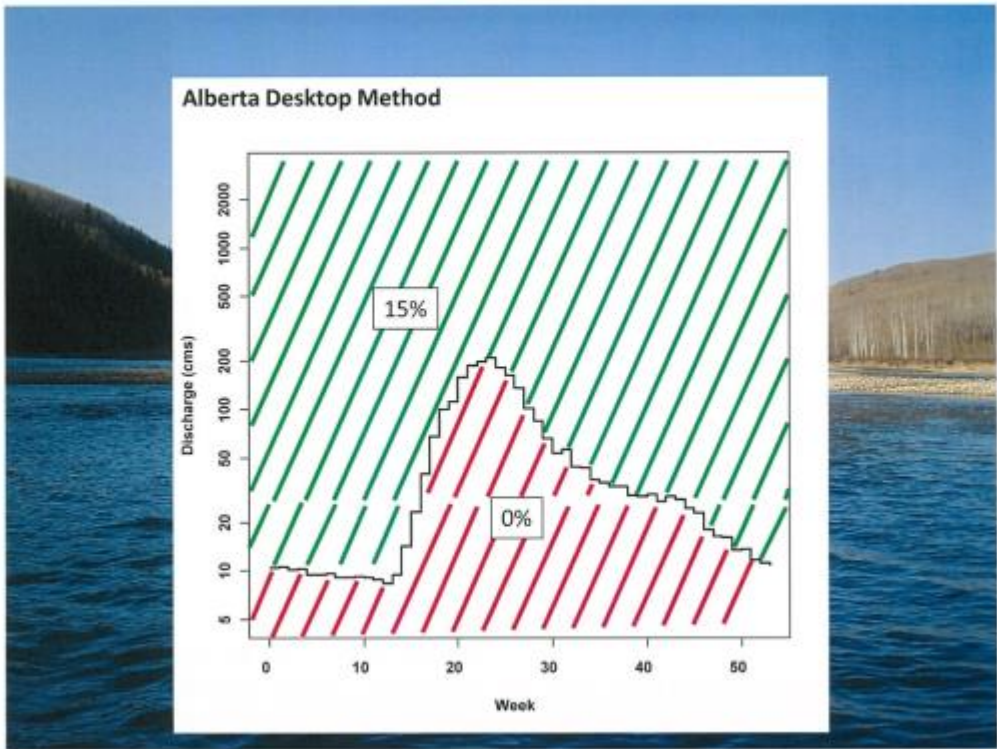
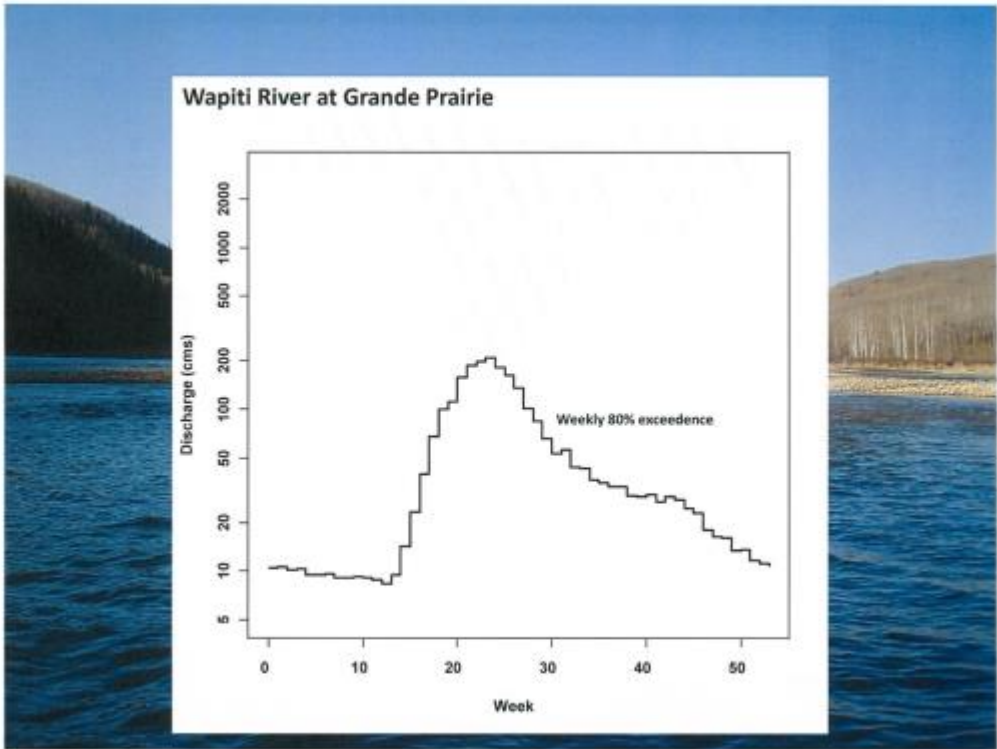


Alberta Desktop Method (ADM)



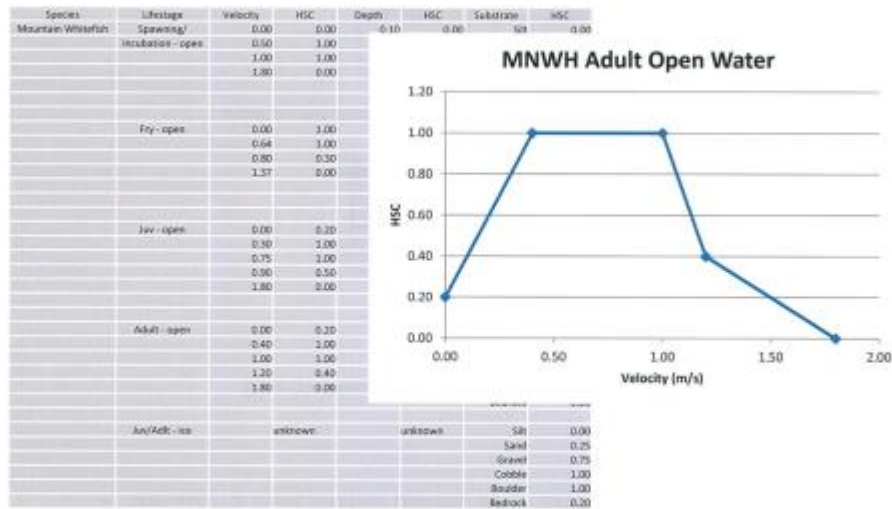
*"The method provides a technique to estimate flows to meet the objective of **full protection** of the riverine environment..."*

1. Cumulative withdrawals are $\leq 15\%$ of instantaneous natural flows; and,
2. No withdrawals occur below the weekly 80% exceedence flow.



Habitat Suitability Criteria (HSC)

HSC Workshop



Measuring Habitat Suitability Criteria

- We use the term **relative density** when data are analyzed

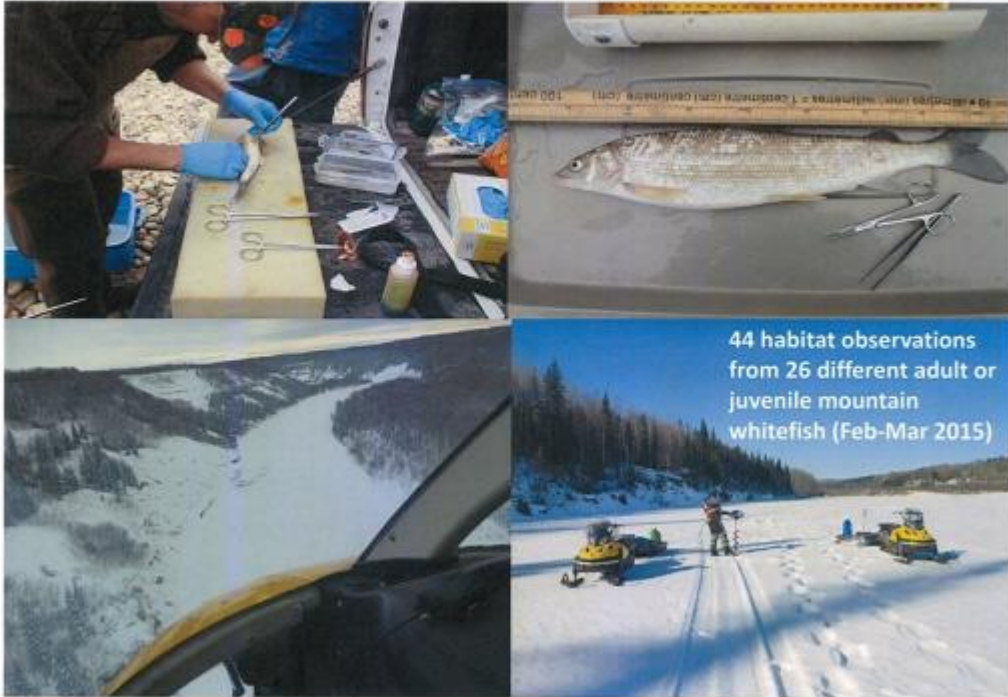
Data for used and available sites (telemetry study)



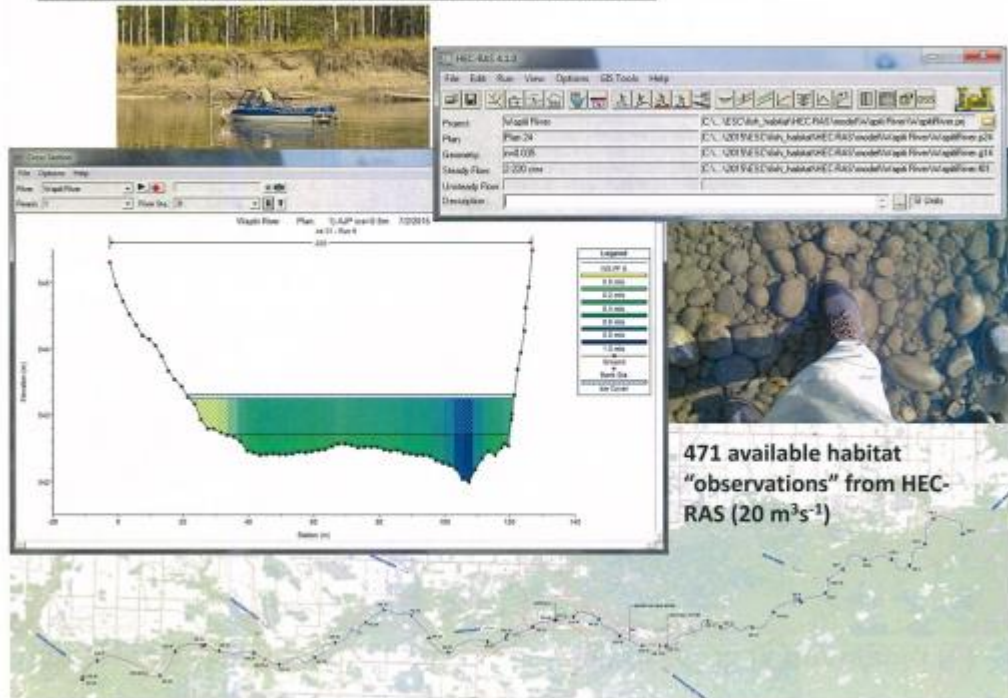
used a / available a = 0.10 used b / available b = 0.50

Relative density of habitat b is 5x habitat a

Measuring Used Habitat (e.g., Mountain Whitefish in the Wapiti R.)



Measuring Available Habitat (e.g., Wapiti R.)



Statistical Models

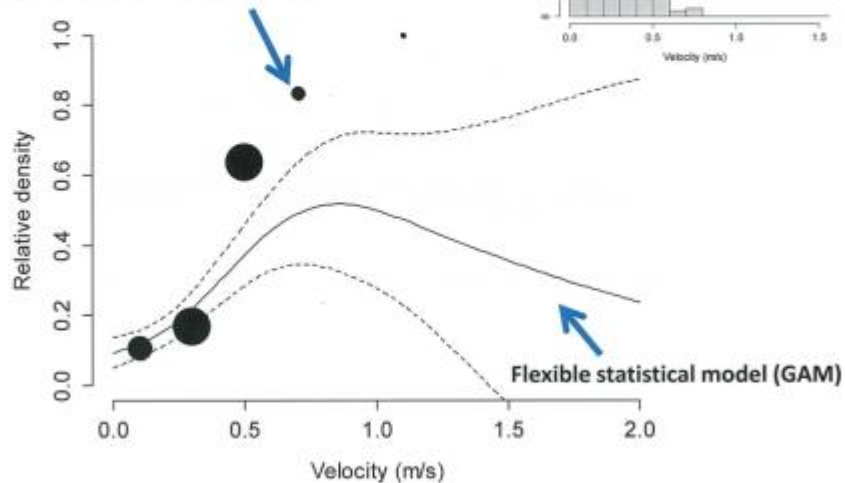
- Use a flexible (i.e., nonlinear or wiggly) function for depth and velocity (generalized additive models; GAM)

Relative density = depth + velocity + substrate + interactions

Model	Support (bootstrap %)
dvs + interactions	0%
dvs	41%
dv	5%
ds	2%
vs	47%
d	0%
v	4%
s	1%
null	0%

Relative Density

Observed relative density = use/available
 -size of circle proportional to use (i.e., how many of the 44 telemetry observations)



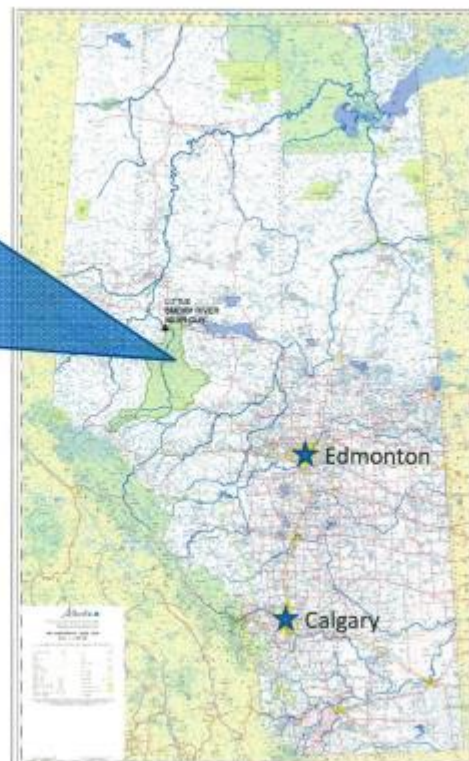
Alberta Desktop Method Environmental Flow Recommendation

Little Smoky River near Guy Illustrative Example

September 22, 2015

Water Policy Branch • Alberta Environment and Parks

**Little Smoky River
(near Guy)**
Station ID: 07GH002
Drainage Area =
11,090 km²
Median annual
discharge =
45.5 m³/s
(1,439,000,000 m³)



Water Policy Branch • Alberta Environment and Parks

04 September 22, 2015

**Little Smoky River
(near Guy)**
Station ID: 07GH002
Drainage Area =
11,090 km²
Median annual
discharge =
45.5 m³/s
(1,439,000,000 m³)

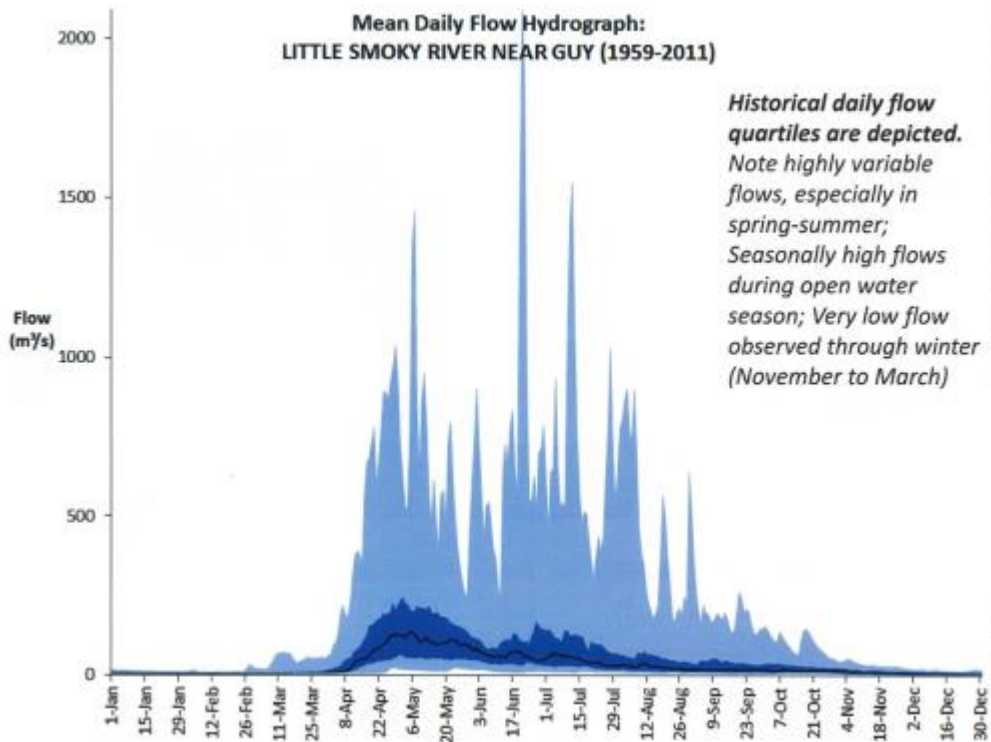


Little Smoky River (near Guy)
Drainage Area = 11,090 km²



Little Smoky River (at Little Smoky)
Drainage Area = 3,009 km²

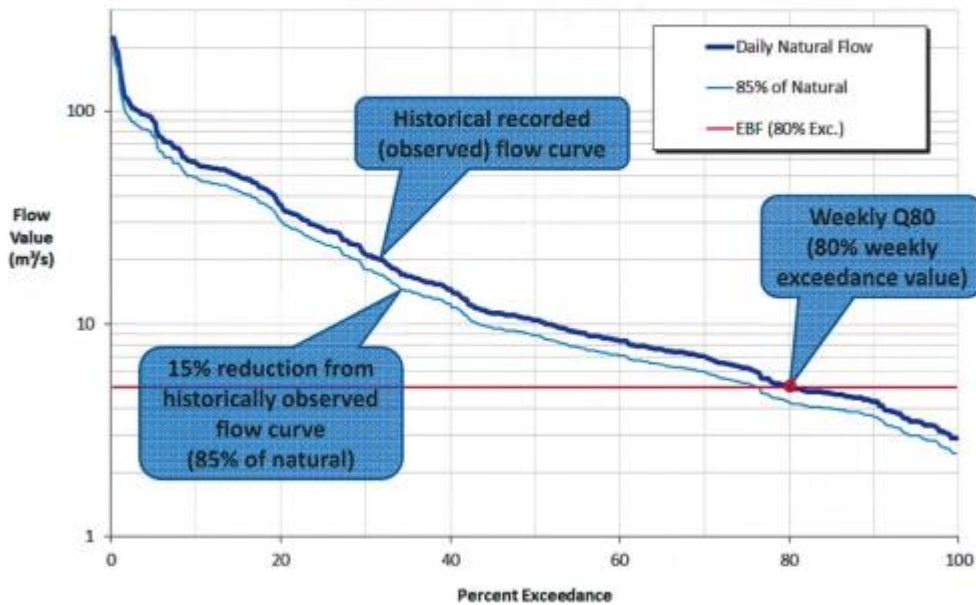




Water Policy Branch • Alberta Environment and Parks

September 22, 2015

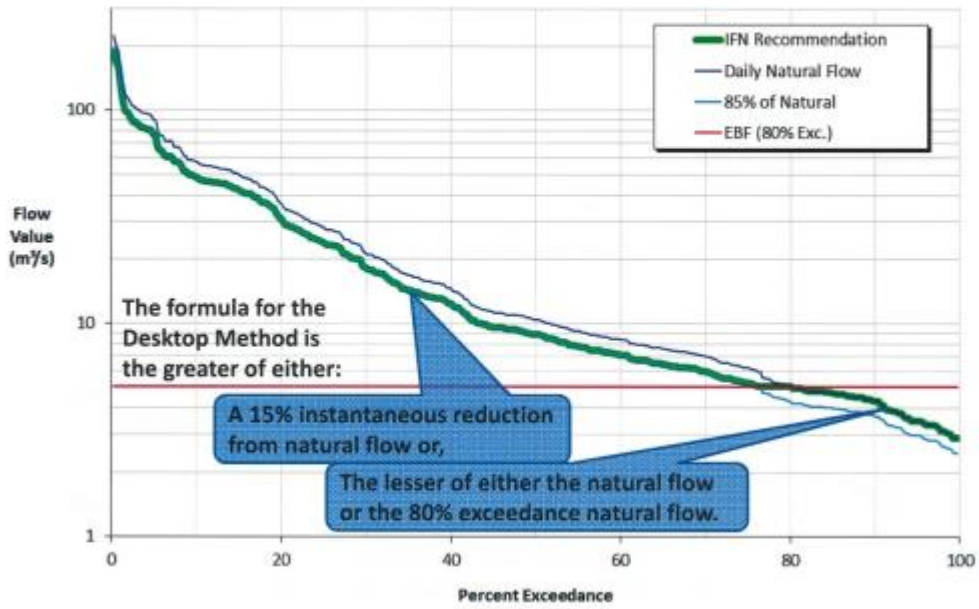
WEEKLY FLOW EXCEEDANCE - 07GH002 LITTLE SMOKY RIVER NEAR GUY (1959-2011) Week 14 Beginning April 2



Water Policy Branch • Alberta Environment and Parks

September 22, 2015

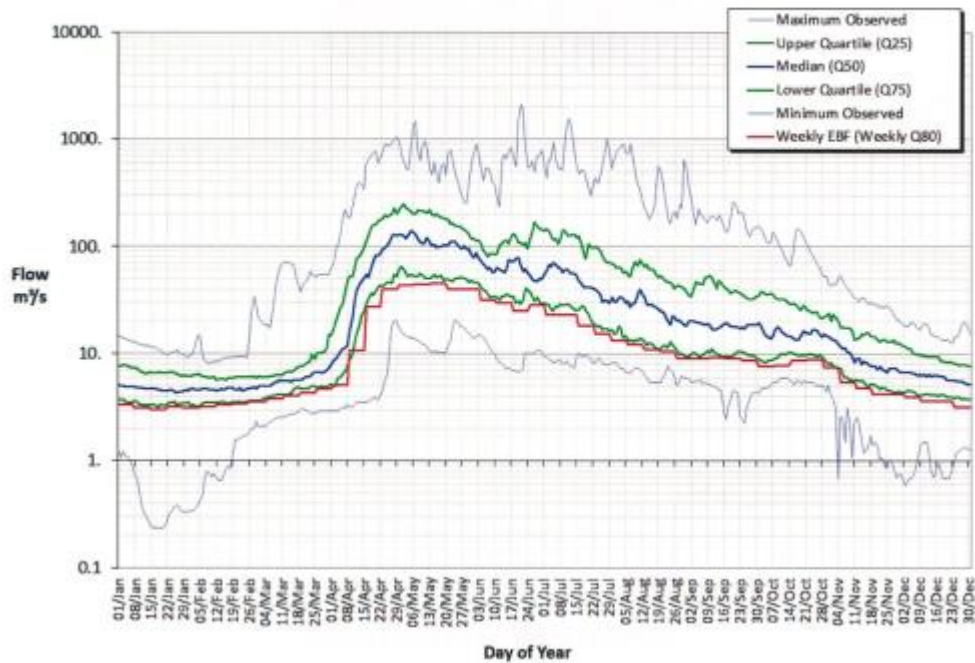
**WEEKLY FLOW EXCEEDANCE - 07GH002
LITTLE SMOKY RIVER NEAR GUY (1959-2011)
Week 14 Beginning April 2**



Water Policy Branch • Alberta Environment and Parks

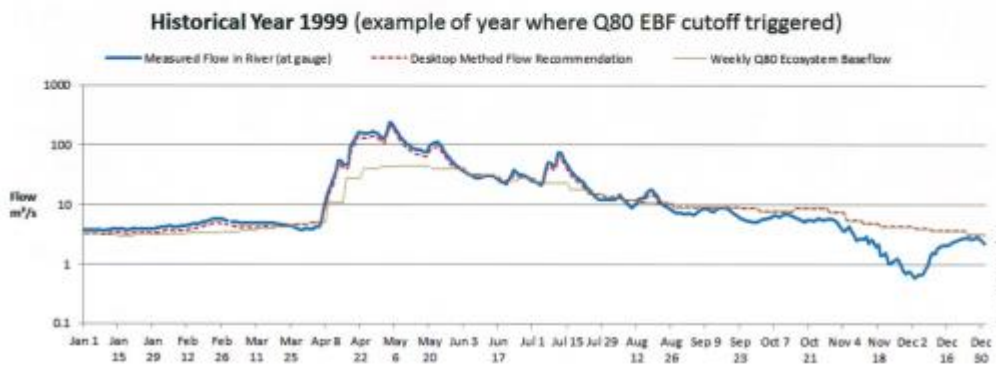
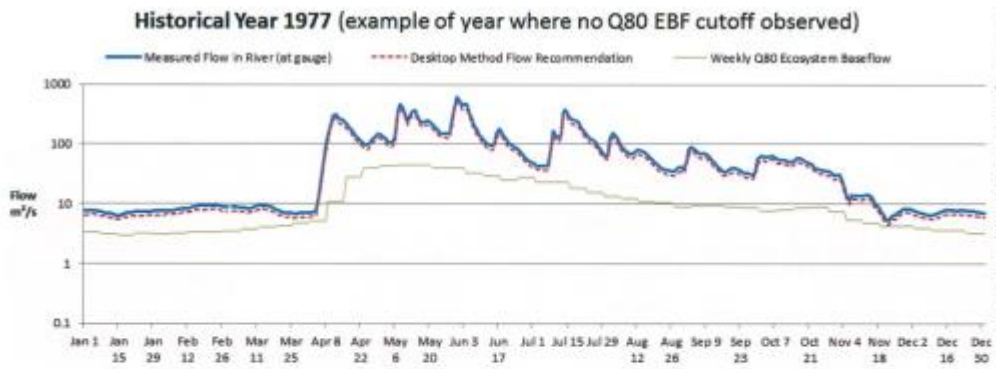
September 22, 2015

**LITTLE SMOKY RIVER NEAR GUY (1959-2011)
Mean Daily Flow: Quartiles**



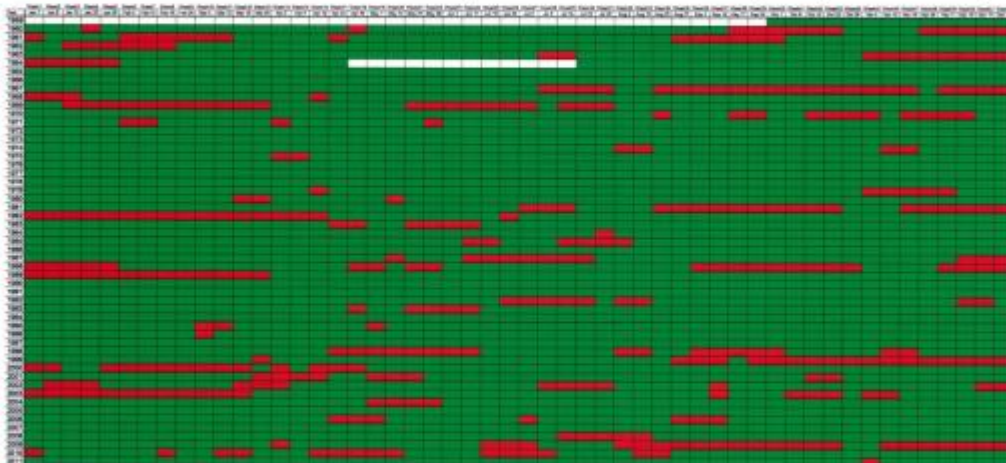
Water Policy Branch • Alberta Environment and Parks

September 22, 2015



Illustrating Historical Availability of Flows for Abstraction

Green = week where water was available (up to 15% of observed flow);
Red = week where water was not available (observed flow below weekly ecosystem baseflow)



The Alberta Desktop Environmental Flow recommendation specifies for the lowest flows that occur up to 20% of the time, no abstractions of water would be permitted – providing an ecosystem baseflow. For the remaining 80% of the time when flows are higher, up to 15% of the natural flow can be taken (leaving at least 85% of water instream).

September 22, 2015

Water Policy Branch • Alberta Environment and Parks