

在東京大學從事水質分析研究心得

東港分所 謝介士

一、前言

本所於79年度公務預算項下，派遣我前往日本東京大學農學部水產學科水產海洋講座，於二村義八朗博士的指導下研究水質分析技術與分析原理，為期80天，於80年6月4日起程前往日本東京，至80年8月22日返國。

此次出國研究，在廖所長的推薦下，方得前往東大水產學科研究，十分感謝，並受到二村博士生活上細心的照顧以及研究過程中，全心的指導與安排，使我受益良多。有關研究過程簡述如下：一般水質分析項目，如營養鹽、溶氧量、化學需氧量等分析操作技術上的指正；研究改進以分光光度計法，使用少量的試水來測定化學需氧量；參與水產海洋講座的專題討論，並報告我多年來在水產試驗所的研究成果；前往位於靜岡縣弁天島的東大水產實驗所，現場實習調查浜名湖之水質環境及調查千葉縣民間養鰻場池水的水質；另外，亦參觀靜岡縣栽培漁業中心，靜岡縣水產試驗場浜名湖分場，愛知縣栽培漁業中心，三重縣水產技術中心內水面分場及日本水產廳所屬之養殖研究所等單位之設備，並聽取有關研究人員報告現正進行的研究計畫，並交換研究心得。

二、研究內容

(一)水中營養鹽、溶氧量及化學需氧量等分析操作技術的研究：

水中營養鹽是植物性浮游生物成長所需要的元素，一般包括有氨氮、亞硝酸鹽氮、硝酸鹽氮、磷酸鹽及矽酸等，而一般氨氮的測定是用 Nessler 法來測定，但此方法，在高濃度的情況下會產生沉澱，而在低濃度時，卻又敏感度不足，因此二村博士指導使用 Indophenol 法來測定，其原理乃在鹼性條件下氮與酚反應產生藍色的靛基酚，然後再以亞硝酸鹽鐵氰化鈉增加其顯色程度，於 625nm 的波長下，測其吸光值來定量，此方法由於加了多量碳酸鉀可以去除水樣中氯離子的干擾，因此亦可測定海水的

水樣。亞硝酸鹽氮之測定，則是根據亞硝酸鹽在酸性的條件下可與硫鹽二胺和萘二乙基胺反應產生粉紅色的偶氮化合物，再以比色法定量之，由於此方法受水中鹽類的干擾影響很小，因此可以測定淡水和海水之水樣。硝酸鹽之測定，則是根據水中硝酸鹽在 220nm 的波長下，其吸光度遵循畢爾定律，但由於可溶性有機物質在 220nm 與 275nm 亦有吸光現象，而硝酸鹽在 275nm 下不吸光，因此以分光光度計測定水樣在 220nm 吸光度，扣除水樣在 275nm 之吸光度就可定量之。磷酸鹽之測定，則由於磷酸鹽在天然水域或廢水中，大致可分為正磷酸鹽，濃縮狀磷酸鹽及有機磷酸鹽，在測定之前的處理，就可分別測出其不同的形態，經前處理後的試水，以 Ascorbic 還原法就可測出其水中磷的含量。其測定原理是水中的正磷酸鹽與鉬酸鉍，酒石酸鉍鉀作用生成雜多酸磷鉬酸，經維生素丙還原為藍色複合物鉬藍，以分光光度計在 880nm 就可定量之。而矽酸的測定是根據水中的矽酸和鉬酸離子反應，生成黃色物質，可以用為比色定量，但其精確度不高，因此，再以還原劑（如 metol 或 Hydroquinone 加亞硫酸鈉等試劑）處理，則由黃色轉為藍色，再行測定便可得更準確的數據。而水中溶氧量的測定，則是依 Winkler 法滴定測定之，原理是以二氯化錳和鹼反應使產生氫氧化錳的白色沉澱，利用此白色沉澱物來吸收水中溶氧而呈褐色膠狀沉澱的氧化物，再將此氧化物在酸性條件下與碘化鉀反應，游離出碘來，最後用硫代硫酸鈉滴定出游離的碘，來求出氧的當量，由於碘容易揮發，而使溶氧量的滴定產生誤差，因此，測定操作時，要小心避免碘的損失，二村博士認為溶氧量的滴定要固定同一個溶氧瓶內來進行，最可避免碘的損失，此乃操作的小細節，但對測定結果的準確性影響卻很大。另外，在日本測定化學需氧量是用高錳酸鉀來當做氧化劑，與國內利用鉻酸鉀不同，而以目

前環保署所公佈的鉻酸鉀氧化法，則僅能測定淡水的試水，若測定海水試水，則因氯離子的干擾影響，就會產生非常大的誤差，而日本使用高錳酸鉀當氧化劑，並在鹼性條件下進行反應，則可去除此項干擾，雖然兩種氧化劑的測定結果不同，但均表示對試水中的有機物質要氧化到某一程度時，所需要氧氣的當量數，只是兩種氧化劑對有機物質的氧化程度各有不同吧！

以上是簡述測定水中營養鹽、溶氧量以及化學需氧量的基本原理，但操作時，仍有一些技巧存在，是此次赴日研究，在二村博士指導下最大的收穫。就如上面所述，測定水中溶氧量時，滴定的步驟和溶氧固定的步驟，要在同一個溶氧瓶內進行，避免碘的揮發則可以提高測定結果的準確性。另外，對分光光度計的使用，除要小心謹慎的操作外，測定時單光束或雙光束的選擇亦是一門學問，一般而言，在普通的水中營養鹽測定時，使用單光束測定即可。而測定時，所用的石英試管，每測完一個水樣，必須用蒸餾水或下一個待測的試水沖洗幾次，才能得到較準確的數據，則均需要長時間的操作，才能獲得這些寶貴的經驗，但在日本的研究中，則由於二村博士的指導，並吸取他的經驗，很快的就可瞭解何時必須沖洗，沖洗幾次即可。另外，二村博士亦告之，對於石英試管中，已測完吸光值的水樣，必須用吸管吸出，而不可直接倒出，這除了可以減少石英試管沖洗的次數外，對於因直接倒出水樣，而使石英管管壁外透光部份，殘留多餘的水樣，而必須用拭鏡紙擦去水份，長久使用之後，就會影響石英試管的透光度，當然就會影響到測定數據的品質。

(二) 研究以少量的試水，利用分光光度計法，測定化學需氧量：

目前日本測定化學需氧量，所使用的高錳酸鉀法，必須要用50ml的試水，在鹼性的條件下，加入定量的高錳酸鉀，加熱促其氧化有機物質後，再改變成酸性情況下，加入定量碘化鉀，以剩餘的高錳酸鉀來氧化碘化鉀成碘；再以硫代硫酸鈉定量出碘的含量，就可計算出高錳酸鉀氧化水中有機物質所消耗的量，但此方法，由於所需試水較多，且使用滴定法來定量精確度較低，因此在二村博士的指導下，研究

利用少量的試水，以分光光度計法來定量測定之。其測定原理是定量的試水經高錳酸鉀氧化後剩餘的高錳酸鉀再來氧化碘離子，而所加入過多的碘離子，未被高錳酸鉀氧化部份，再以氧化劑氧化成碘分子，在 353nm的波長下，測其吸光度而定量之。但整個反應必須在微酸性條件下進行，因此，為控制整個反應的pH穩定，就必須添加緩衝試劑使其pH穩定，經試驗結果以醋酸加醋酸鈉的緩衝溶液最適合，pH值可以穩定在 5左右，另外，若試水中含有還原劑如亞硝酸鹽及亞鐵離子，則會影響整個氧化還原反應的進行，而這些還原劑在一般試水中又常存在，因此必須要去掉這些干擾物質的存在；亞硝酸鹽可以加入疊氮化鈉來去除，而亞鐵離子可以加入螯合試劑來螯合掉亞鐵離子，使得其不干擾測定的結果，但不同的螯合試劑加入後，又會影響其最後的呈色反應，使得其呈色吸光值變小或呈色反應變慢，因此，必須要經過試驗選擇最好的螯合劑，經過不斷的反複試驗後，發現以焦磷酸鈉來當螯合劑，可去除亞鐵離子的干擾，同時對於最後的呈色反應亦不影響。而此項原理亦可應用於溶氧量的測定，對於浮游生物的耗氧研究很有幫助。由這個新測定方法的研究發展，讓我瞭解水質分析新方法開發，首先是因舊方法不能滿足更深入的研究，並針對將來的研究需要來創新方法，研究過程，必須從資料的收集整理，到各種干擾物質的去除試驗，均必須一步一步的進行，欲速則不達在此充份的表現出來，未克服某項問題之前，根本無法進行下一步驟的試驗，有時解決了某一問題，相對的又產生另一項新問題，因此，必須耐心的一項一項試驗，慢慢的解決各種問題，才能開發完成另一項新方法。

(三) 浜名湖現場水質環境及民間養鰻池水水質調查實習：

東大的水產實驗所位於靜岡縣浜名湖畔，是東大水產學科所屬之試驗場所，東大的師生均可利用這裡的設施，我在二村博士的安排下，在實驗所住了 3天，並在水產海洋講座內的另一位老師福代康夫博士的帶領下，現場採集浜名湖的水樣，回實驗所後就立即分析水樣，並討論調查結果，使得我對整個水質環境的調查工作有了更進一步的瞭解，並進一步明白如何分析這些調查結果。另外，亦於 7月底，前

往千葉縣一家利用循環水方式養殖鰻魚的養鰻池，參觀其循環水設施，並採水回東大實驗室進行檢驗，以便確實評估其循環水設施的效果如何。另，在與其場主討論時，發現其每季收成鰻魚之後，其池中的污泥均不除去，又繼續加水養殖，此項管理方式與台灣鰻魚的養殖管理方式不同，與二村博士討論結果認為，這可能因台灣養殖用水的鹼度已相當高，有的高到200mg/l as CaCO₃，但日本養殖用水鹼度則在40mg/l as CaCO₃ 以下，因此，管理方式不同，而事實上，其真正的原因則值得進一步的調查研究。

(四)參觀相關的試驗研究場所：

此次在日本期間，在二村博士的安排與帶領下，參觀了靜岡縣的栽培漁業中心，靜岡縣水產試驗場浜名湖分場，愛知縣栽培漁業中心，三重縣水產技術中心內水面分場及日本水產廳所屬的養殖研究所。瞭解日本水產試驗研究單位的人員編制、設備，職責的分配以及目前正在研究發展的工作。



二村博士(中)帶領台灣留學生侯文祥先生(右)與筆者參觀旅行

三、研究心得與建議事項

我於水產試驗所服務已逾11年，以往一直從事有關水質分析，池塘管理，天然水域之水質環境調查以及重金屬對水生生物的毒性研究，雖然從國內有關此方面的專家學者研討而吸收了相當多的知識與經驗，但總缺乏有系統的訓練與指導，而此次感謝能在省府公務預算的經費支援下，更感謝廖所長的推薦，才得以前往日本東京大學農學部水產學科，接受在此方面已有二、三十年研究經驗的二村義八朗博士的訓練與指導，雖僅有短短的80天，但受益真是良多。從以往我一直認為是很好的分析技術，有些得以確認，使自己更加有信心，有些則得到了適當的指正，並釐清了觀念，對將來的研究工作將可得更高品質的試驗成果。另外，

對於日本水產研究之進步，有了進一步的了解，並明白為何日本的水產業能領先世界各國，除了日本政府投資大筆經費，在全國各地設立試驗場所外，日本研究人員的敬業精神亦是值得我們效法與學習的。另外，日本漁民充份配合研究人員的試驗研究，並聽取研究人員的良好建議，亦是日本水產業為何得以如此進步的主要因素。我國的水產試驗研究，尤其在水產養殖方面，並不比先進國家差，有些甚至領先，為了保持此領先的情況，根據我此次在日本的研究而有以下幾點建議：

(一)給予試驗研究單位必備的儀器設備：

所謂工欲善其事，必先利其器，儀器是從事研究工作所需最基本的工具，有些試驗研究缺少了它，則根本無法進行，因此要有最新的儀器設備，方可做出最先進的試驗研究，尤其在水質分析方面，操作人員就是有再高的技術和操作技巧，沒有靈敏的儀器，也一樣無法測出準確的數據來。

(二)加強基層研究人員的在職訓練：

科技發展一日千里，不進則退，除了研究人員本身必須隨時充實自己，加強研究試驗的智能外，亦應給予適當在職進修的機會，否則只有研究人員自身的努力，閉門造車，可能進步會十分緩慢，若能得到適當的指導與訓練，則進步會加速，對於國家整體的科技發展必定會有幫助。

(三)增加試驗研究單位的圖書、雜誌及資料查詢的設備經費：

從事任何一項研究，均必先從資料收集開始，充份的收集有關資料並加以詳細閱讀，才能對往後的研究工作，得到事半功倍的效果，否則可能會重複已被研究完成的題目，或誤入歧途，而浪費很多不必要的時間，因此必須增加圖書、雜誌經費，才能充份供給研究人員的研究需要。另外，對資料查詢的設備也必須具備，因為收集再完整的圖書館，也很難收集世界各地的資料，同時若單位內所收集的資料非常的多，也必須要有快速的查詢系統，否則研究人員可能很難找到所需要的資料。我此次在日本東大研究，就見識到東大圖書館資料收集的完整，以及對資料查詢的方便快捷，可以在最短的時間內取得所需要的資料，對於此次在日本研究的成效幫助很大。