

教育部七十九學年度

國民小學科學教育考察紀要

施正雄

國立臺灣師範大學化學研究所

教育部七十九年度中小學科學教育考察團在國立台灣師範大學理學院吳京一院長的領率下於八十年二月二十一日由台北出發到美國及日本做三星期中小學科學教育考察。本考察團總共二十一人團員如表(一)，其中絕大部分為中小學科學教育表現優異的中小學校長及自然科學教師，另外包括四位教育部、教育廳及台北市、高雄市教育局承辦科學教育科長及專員，教育部會計處李秀金副會計長亦隨團當副領隊為本屆考察團之特色，這對科學教育為何比其他教育要投入好幾倍經費的了解有很大幫助，進而對以後科學教育順利進行將會有很好的溝通基礎，在行程中李副會計長不只對各校設備及經費詢問甚詳且對每項實驗內容及所必須的人力支援及經費做深入了解令人敬佩。筆者因早年留學美國被認為識途老馬隨團當顧問。吳院長和筆者為僅有兩位大學教授，我們除負責本團行程規劃及細節提示外，另外有將美日各大學及科學教育研究機構如何提供中小學科學教育輔導及服務的信訊帶回國內給各大學尤其各師範大學做中小學科學教育輔導之參考。

本考察團在這三星期走遍美國各主要地區及日本東京考察了將近十多所中小學及科學教育研究機構。考察的地區涵蓋了美國洛杉磯、休士頓、佛羅里達、華盛頓、紐約、芝加哥、舊金山、檀香山及日本東京。在行前本團就將團員分五組（分為課程、教材、設備及環境教育、資優及殘障教育及電腦資訊教育等組），每組約為3～4人團員除一般觀察外做細部專屬研究。以下就本團就每站考察情形及心得分別概述如后。

一、洛杉磯羅蘭聯合學區中小學科學教育

本考察團於二月二十一日下午由台北坐華航直飛十一小時左右到達洛杉磯。翌日（二月二十二日）早上即由教育部文化組張夢麟組長及組員陪同到達羅蘭聯合學區（Rowland Unified School District）。當我們車抵達學區時羅蘭學區教育局長（Superintendent）羅碧生博士（Dr. Sharom S. Robison）率同副教育局長布魯圭女士（Mrs. Brewer）及各中小學校長於在佈置有中華民國青天白日旗及中文「歡迎中華民國教育專家蒞臨訪問」布條之校門口久候多時，其熱誠歡迎及事先相當完備的準備工作令人敬

佩，也感受這三十多年國人的努力沒有白費，這在1970年代筆者在美國唸博士學位時國人所受待遇真有天壤之別。當然也要感謝教育部洛杉磯文化組平日辛勞才有這麼盛大歡迎場面。在場歡迎還有國際日報及世界日報記者，事先他們都有本團到達訪問報導，訪問時他們也和我們一樣全程參與，事後還做大篇幅分析報導，其敬業精神令人敬佩。歡迎會在教育局長羅博士致詞及該學區中美交換學生美國同學演唱歡迎曲中展開。首先羅博士介紹羅蘭聯合學區，羅蘭學區包含了從幼稚園（Kinderygarten），小學（Elementary School—一年級到六年級六年），初中（Intermediate School 七年級到八年級兩年）及高中（High School，九年級到十二年級，四年）甚至成人補校（Adult Education School）及進修學校（Continuation School）。在羅蘭學區總共有十五所小學、三所初中及二所高中，一所成人補校、一所進修學校。學生總人數高達一萬九千人之多。其中南美後裔學生占44%、英裔學生27%、亞裔學生占21%、黑人占8%，可見亞裔學生占五分之一，大部分却來自台灣，所以這一次參觀訪問中，配合我們團員分五組（課程、教材、設備及環境、資優及電腦教育），除了每一組由當地陳淑卿律師會長所領導的華人協會派一大堆人（分別為Olivia Lion, Elaine Chang及Tina Pan）當個別團員與美方對談翻譯外，學區還派出台灣來的8位中小學生協助翻譯及介紹，使每位團員都可隨時隨地提出問題，自由交談，使每個團員收穫不少。教育局長羅博士介紹後即選學區內一所小學（士林小學 Shelyn Elementary School）及一所初中（阿法拉多中學 Alvarado Intermediate School）訪問。以下分別說明：

1. 阿法拉多中學（Alvarado Intermediate School）科學教育

首先由阿法拉多中學校長哈特（Mr Burl Hunt）介紹該校副校長（B. Elie—Johnson）數學與科學之科主任（Team Leaders）及教師及學生學聯會代表。學生約300人每班約20人採小班教學，按着分組參觀。該校上課方式採空調大建築分班上課，班與班之間僅用桌子隔開，每班學生分到空間很大相當於學生坐下來叁至兩倍大的空間。故學生活動空間很大，沒像國內教室桌椅一放一班55人全滿了教室幾沒活動空間。該校學生活動空間大，教學也跟着活潑了。完全是啟發式教學。該校科學課程只分自然科學（Science）及數學（Mathematics）而已，自然科學不分科（即不分理化、生物、地科），在七年級上學期學力、機械（物理）、地震岩石、火山、地球史（地科），下學期學生命科學（life science）、動植物、微生物、生態平衡（生物）、八年級學化學元素及化學變化（化學）及生態（Ecology）包括能源及環境污染。他們把這些內容都統整起來叫科學（Science）只有一本教科書（學生每年向學校借，不必買書，也不能帶

書回家)，這本教科書為大學教授及中學老師聯合編寫。學校老師開會決定用那一本教科書。授課教師依據這本教科書要另編講義就地取材教學。以下就這本由加州大學教授及中學老師合編科學教科書各章內容介紹給各位老師及教授參考：

- (1) 第一部分 (Unit 1) 人類生命 (Human Life)：包括五章：①科學及技術 (Science and Technology) ②人體 (Human Body) ③循環系統 (Circulatory Systems) ④人體生理 (Internal body processes) ⑤神經及內分泌系統 (Nervous and Endocrine Systems)
- (2) 第二部分 (Unit 2) 人體健康 (Human Health) 分四章：⑥營養 (Nutrition) ⑦疾病 (Disease) ⑧藥物 (Drugs) ⑨人類生殖及遺傳 (Human Reproduction and Heredity)
- (3) 第三部分 (Unit 3) 化學 (Chemistry)：分四章：⑩物質 (Matter) ⑪元素 (Elements) ⑫化學反應 (Reactions) ⑬化學技術 (Chemical Technology)
- (4) 第四部分 (Unit 4) 能 (Energy)：分四章⑭熱 (Heat) ⑮聲及光 (Sound and light) ⑯磁與電 (Magnetism and Electricity) ⑰核能 (Nuclear energy)
- (5) 第五部分 (Unit 5) 天文 (Astronomy)：分四章⑱太空及月亮 (Astronomy and the moon) ⑲太陽系 (Our Solar System) ⑳星球及銀河系 (Stars and Galaxies) ㉑太空探險 (Space Exploration)
- (6) 第六部分 (Unit 6) 人類生態學 (Human Ecology)：分兩章㉒人類和資源 (People and Resources, 包括各種能源及天然資源) 及㉓人類與環境 (People and their Environment 包括空氣、水及其他污染)

由以上各章節介紹可看出他們教材相當生活化，使學生認識自己身體、健康藥物、能源、化學、化學產品、天然資源及環境污染都談到（這剛好是我們所缺乏的，也許需要做參考的）我們科學教材不只分科太細而且偏重傳統式學院派教材使學生興趣缺乏。這是未來我們科學新教材規劃時所應改進的。學生每天7點48分上課下午2點28分下課，中間半小時午餐（各班輪流）。課程分五科（英文、數學、社會、體育及科學）為必修 (Required)，而一科選修 (Elective)，選修科中包括電腦、音樂、美術、食品及木材學任選一科。每天每科皆有約1小時課程。科學（自然科學）實驗採的是在教室一面上課一面做，他們實驗採印證式的，例如溶解度實驗他們先上約20分鐘課，

告訴學生有關溶解度，然後就在教室內後面桌上加熱看溶解度變化，印證剛上過的課，除了生物有類似專屬室外，沒有專屬化學物理實驗室，可見一個啓發式教學不見得要很好的硬體設備反而軟體的教學設計較重要。他們教室特色就是都有一部電腦（蘋果牌 Apple 及 PC/XT16 位元電腦皆有）及一部投影機（OHP），每一老師似乎都先準備一單元一捲投影捲（不是一片一片而是一捲一捲，這值得我們購買 OHP 時之參考）。電腦方面他們低年級繪圖表傾向用蘋果牌，而高年級（八年級）文書處理傾向用 PC/XT，價格已差不多（基本機體約 1000 美元）。該校設有資優學生教育（GATE, Gifted and Talented Education）計劃，由該校 CAS-2（Comprehensive Assessment System testing program）考試得高分〔每科得 3.5 點（最高 4.0 點）以上〕及老師推荐可成為資優生（但不分科），除正課外（在一般班），可先修高中代數（Pre-Algebra 及 Algebra），不專門設資優班，只有代數課資優班才在一起。另外也有針對成績不理想特殊教育（SDC, Special Day class）。在此次訪問中發生一令人溫馨的小插曲，本團團員之一江翠國中校長吳餘宣異地巧遇在阿法拉多中學就讀的他以前在台灣的學生。一般而言，該校的科學教育活潑生動，注重啓發式教育。教室自由活動空間大，輕鬆自由，每間教室皆有電腦及投影機設備。

2. 士林小學（Shelyn Elementary School）科學教育

首先亦由士林小學校長歐林（Mrs Kathyl Garner Orrin）女士介紹該校。該校從幼稚園至六年級，學生六百人左右，二十二位老師，亞洲學生占 24%，白人 41%，南美後裔 24%，黑人 3%，每班平均 30 人。值得注意師資全為大學以上且大部分（17 位）皆有碩士學位，而且平均都有 20 年教書經驗。他們自然科學和我們一樣一年級開始，自然科雖有教科書但以教師自寫講義教材為主。他們亦有資優生制度（只有語言及數學資優）和輔導成績差一點輔導教育。他們上課亦採大建築物各班各據一方上課，活動空間也很大，教學很活潑（比他們初中還活潑），例如他們正在上的三個班三個實驗為例①學生學習用天平測東西。老師稍加說明天平原理及應用。給學生一支尺一支鐵釘叫學生自己想辦法做一個天平（利用天平原理）。有的學生就搬來二本厚書將鐵釘架起來再放上尺就成了天平，有的同學用直的厚的，有的用較薄的，有的拿兩杯子將鐵釘架在上面不同效果馬上看出。但馬上學生學到平衡原理及天平測量原理，教學很活。②穀物中鐵含量，先叫學生碾碎穀物再放入水中鐵質沉下去，穀類上升，學生懂得用密度分離東西，然後再用磁鐵吸鐵質稱重，學生又學到鐵質磁性性質，很活教學。③物質分類，老師拿一大堆東西給學生自己每二人一組依自己想法去分類。有的用顏色，有的用

形狀，各種分類法都有，集起來學生們即可學習物質如何分類及分類法可好幾種，學到東西是活的。他們強調實驗時（也在教室做）老師儘量不要動手而儘量讓學生動手。這和我們國內老師們習慣不同，我們是老師動手多而學生動手少，這樣學生最多是看懂而不承會做。這所小學的實驗設計可說筆者見過的教學最活潑最生動，最富啓發式(三)教學，值得國人學習。在此特別感謝文化組長張夢麟組長及華人協會會長陳淑華律師及幾位會友和羅蘭學區教育局長羅碧生博士精心策劃（據說策劃了近二個月）使此次訪問收穫非常豐碩非常感謝。

二、休士頓阿里弗獨立學區 (Alief Independent School District) 科學教育

由於教育部駐休士頓文化組組長劉孟陽組長及唐天華專員在訪問Alief學區前一天（2月24日）晚上就以晚宴讓本團團員和Alief的教育局科學部主任戴作絲（Ms Michele E.Davis）小姐及兩位女校長認識並討論次一天訪問行程，他們得知我們分五組（課程、教材、設備及環境教育、資優教育及電腦資訊教育）他們第二天就依五組安排，文化組劉組長率領組員亦全程參與並分五組人員擔任翻譯，使得Alief學區的訪問為所有行程雙方（美方及本團）準備最完備，每一位團員都認為收穫相當大的一站，這完全要歸功文化組劉組長精心安排，真非常感激。第二天早上當我們到達Alief學區時他們的教育局長（Superintendent）布雷敏斯博士（Dr.Wayne Blevins）及科學部主任戴作絲小姐已在門口等候多時。教育局長簡單介紹Alief學區，本學區有16所小學、5所初中（Middle Schools）及兩所高中（High School），學生總人數為兩萬八千人左右，經費來源大部分（65%）來自學區收費而小部分來自州政府34%，這與其他州大部分經費來自州政府不同（洛杉磯羅蘭學區87%經費來自州政府）。此學區小學是從幼稚園到五年級，初中是六年到八年級，高中為九至十二年級。此學區安排了一所小學（甘迺迪小學 Kennedy Elementary School）及一所初中（阿里弗中學 Alief Middle School）參觀，分別說明於後：

1. 阿里弗（Alief）中學科學教育

在阿里弗學區，所有初中為六至八年級，科學課程亦明顯分為三階段(1)一般科學（General Science）為六年級學生課程，內容包括光、電、磁、能、藥物、自然資源、動物行為、化學作用、細胞及太空探險簡介。(2)生命科學（Life Science）為七年級課程，內容包括生命現象、人體、神經系統、生殖系統、微生物、植物、生態學及環境

污染。(3)地球科學 (Earth Science) 包括地質學、天氣、地球海洋及太空。自然科學課每天 45 分鐘，所以實驗都是很簡單的。這個學校特色是教學管理方面，將數學、科學、語言及社會四位老師編成一隊 (Team) 編教材和評量及輔導學生。例如安排一科學研究小題目每位學生用演講方式表達，變成科學及語言的混合教材。教法很活潑。在此校老師辦公室和教室連在一起，老師及教室固定，另外每個科學教師都有一間上課兼實驗教室 (lab-lecture room)，而學生每一節課轉教室。這可使老師及其特色課程裝備 (如掛圖及儀器) 固定，對充實教具有相當的優點。這個學校有語言及數學資優制度，而沒有科學資優制度。數學資優生數學可跳班，但其他課程不能跳。他們通常把同年級資優生集合起來上課。該校電腦不少，有兩間特別電腦教室。電腦多為這學區一大特色。一部分蘋果 (Apple) 牌，一部分 PC/XT。大部分電腦軟體都從市面買來。學區內設有電腦軟體委員會 (Software evaluation committee) 負責選擇電腦軟體，每科教科書則由州政府教育委員會選擇 (每六年原則換一次教科書)。課程則由學區科學部主任會同中學老師共同訂定。師資訓練方面，一般每年須至少一星期在職訓練。但若教資優班及輔導班要加強在職訓練。每位教師每天要教 7.5 小時，中午只有半小時午餐休息時間，相當辛苦，薪水約年薪二萬五千美金 (每個月約二千美元) 左右。同時每位老師都要自己準備講義及教材、教具。該校科學老師和休士頓大學教授發展出一種叫 STS (Science-Technology-Society) 教材，包括科學和技術，科學和社會，技術和社會相互作用，科學—技術—社會整合，各社會案件科學化、社會及市場調查與科學及社會各階層 (政治家、消費者、運動員等等) 行為和科學態度。此教材有意將科學和技術及社會各科接合成一門課。擬於今 (1990) 開始試教。這是新嘗試值得注意。

2. 甘乃迪 (Kennedy) 小學科學教育

此學區小學每年級 (Grade) 有 5 位專門老師分別教科學、數學、文化、社會及語言。小學科學教育較注重科學過程 (Science processes)，幼稚園注重生物與無生物區別，樹葉、黑夜白天區別。一年級注重人體各部分、時間、磁鐵、岩石、動植物所需物質。二年級注重熱、能、天氣、種子、小動物。三年級注重簡單物質、工具、石油、溫度。四年級注重磁性、光、聲、海洋天氣、粉末細胞及微生物。五年級注重液體、電、地質、植物結構、天文、人體等等。在該校從幼稚園至五年級都由一位科學老師包辦，他 (她) 什麼都要教，而教材以手邊有的東西為主要取材方式。該校有一電腦小房間約有 6 部電腦。教學生畫圖及表之用。該校最大特色可能是資優班特別科學資優班設立及運作方式值得借鏡。他們資優班設在 3~5 年級，他們將所有 3~5 年級資優生抽成

立一班一班資優班。資優班除在校每週增加 2.5 小時課外輔導外，還聘請這學區學有專專長的家長或專家，對資優生實施單獨及集體研究訓練，每年六個星期訓練，每個星期 2.5 小時訓練。資優生不另編教材而用一般生教材，教材相同教法不同，如一般生只授課，而資優生則要實地觀察研究。資優生的辨別由數學及語言成就測驗（Achievement）及智力測驗判別，再由老師家長推荐。因資優生和普通生所用教材一樣，資優班學生要回普通班就容易多了。這點值得我們參考。資優生不一定要供給他們更深的課程。由原教材去發揮研究也許是一種好方法。Alief 校方爲着使我們團員和他們學校老師有充分討論機會，以牛排午宴款待我們。筆者被安排一桌當翻譯。他們老師的確很辛苦，他們說他們大學畢業後要修教育學分，再考教師執照，考過後要考學校的甄試才可進入學校，月薪只有二仟美元，每天要教 5～7.5 小時課，若遇校方經費不足，隨時有被解聘危險，退休金就別問了。使在座的我們中小學老師慶幸自己是在台灣教書，幾乎是鐵飯碗又有退休金。這一站由於文化組劉孟陽組長精心安排是所有站中最深入獲得資料最多的一站之一。在此特別感謝。

三、太空中心及科學博物館

休士頓太空中心所展示的爲歷年美國登月及太空探險之太空船模型或實體，可以給年青人一種實際教育。太空科學教育在國內幾乎沒有，反觀美國不管中學及小學都列入重點教育。我們太空科技實體沒有，模型及教材總可製作吧。我們有天文台就是沒有供科學教育的天文台。教育是希望，沒有太空教育，很難會有很好太空科技。另外，休士頓科學博物館和我們台中科學博物館聽說很相像，視聽效果也很不錯。但很可惜住北部老師很少去過台中科學博物館，同學更不用說了，建議北部也應建一個科學教育博物館。

本團參觀了休士頓太空中心後，接受北美台灣商會聯合會前會長楊朝諒博士特別在中國城熱誠晚宴款待，楊博士爲物理博士，不只學術有成就在工業界亦享有盛名，晚宴並邀約北美協調會休士頓區歐陽處長及師大前教授林弘敏博士和當地知名人士，使本團從談話中對當地及美國中小學科學教育有更深一層了解。

四、奧蘭多(Orland)EPCOT 科學中心及甘迺迪太空中心

佛羅里達州奧蘭多的EPCOT（Educational Policies Commission Optical Technology）中心爲美國教育政策會所屬科學技術展示中心，以從古至今到未來科學技術爲展示重點，非常負有教育意義。其中包括地球館（Earth Station）展示地球到

太空發展技術。海洋館 (The living Seas) 相當於我們的科學水族館。土地館 (The land) 展示各種地面上農業發展技術至以後太空農業技術。電腦館 (Computer center) 展示人類電報電話電腦及電子通訊技術及雷射通信技術。運輸館 (World of Motion) 展示人類從腳踏車、汽車至太空船，以致將來太空城市交通。生命館 (Wonders of life) 介紹生命起源，DNA 功能及生化方面技術。能源館 (Energy) 介紹人類各種能源及所造成之污染。及各國民俗館都具有教育意義。類似遊覽式科學教育館在國內似可建立，規模不必太大，此可引起學子們對科學興趣，願意投入科學研究行列。

本團乘空檔到甘乃迪太空中心參觀，本團乘坐中心遊覽車 (Tour) 到控制中心及發射台去參觀，使人感到太空科技相當重要。使我們聯想到我們人造衛星計劃不知怎樣了。若因經費太大，至少想像的太空科技教學也該先上吧。

五、芝加哥聯合 (United) 學區科學教育

芝加哥地區訪問行程由北美協調會駐芝加哥文化組黃剛組長安排下訪問芝加哥第 205 學區聯合學區。在此學區內有 8 所小學、3 所初中及 1 所高中。我們訪問的為其學區中一所高級中學，其校長為嘉可伯斯博士 (Dr. Jacobs)。此學區小學由幼稚園至五年級、初中由六至八年級、高中由九至十二年級。小學科學教育偏重人體及生活化科學，在小學不教氣體燃燒危險性教材，教一些雲、電、風等，初中則偏重在地科及物理，化學較少，故實驗做得很少。而在高中四年有兩種課程系統(1)基礎科學 (Physicasl Science 理化及地科)—生物 (二年)—化學 (一年)—物理 (四年) 及(2)生物 (一年級)—化學 (二年)—物理 (三)—大學預科 (四年)，就依個人能力及興趣選擇。所訪問的高中教室採用方式類似國內教室方式一間一間隔開，也用桌椅式，活動空間小。他們的科學部主任Mr Sample 擬改為如本團在洛杉磯及休士頓那種大建築物中各班上課，活動空間大，他們就可和洛杉磯及休士頓各中學一樣教材以活動 (Activity) 為主，而不只用教科書而已。他們想把各科 (科學、語言、社會) 融合成一科，像休士頓 Alief 學區中學一樣將科學—技術—社會融合一科。他們想融成一科，做實驗研究，發表繪圖表把科學和語言及藝術融合在一起。他們老師的一大特色為每一位老師要教不同課程 (科學、語言、社會等等)。所以他們就委託美國阿岡國家實驗室定期訓練他們的教師。受訓回來老師就須負責設計教學活動。他們的電腦教育較特別他們教學生如何測溫度並直接將溫度計訊號傳入電腦，直接做數據處理。這種用電腦連接偵測器直接做數據信號

處理和美國其他學校及我國 CIA 都不一樣。電腦做偵測工具實際上在科技上很重要但一般中學電腦教育忽略了，值得參考。此校資優生處理方式，是將資優生送到高中受訓時帶做野外活動。而對一般學生為維持一班水準通常將不好學生抽出來。此學區在伊利諾州教育局監督下，每年學生要參加州政府舉辦會考，可看出各校學生素質，對學校壓力很大，但因會考成績並不影響學生升學，學生反而沒有什麼大壓力。這也許可當以後十二年國教免試升學參考。只有學校排名，而學校內成績用學生所佔百分比計算即可。學校排名點數乘上校內排名即可算該生成績。學生不必擔心會考好壞，只有學校擔心。

六、芝加哥工業科學博物館及芝加哥大學訪問

芝加哥工業科學博物館為舉世聞名博物館，其他博物館通常以靜態為主，而此博物館以動態逼真為主，將人類工業發展展示出來，其中有礦物館、化學館、醫學生物館、食品館、石油能源館、印刷館、飛行交通館及電腦館。令筆者印象最深的是化學館表演，館員表演了兩順實驗(一)汽球中的氫氣(二)高分子聚合，在汽球中氫氣實驗中館員在近百個觀眾前將氫氣由鋅和鹽酸產生然後導入汽球中，然後館員用電子鎗對準升空汽球發射，汽球轟隆一聲燒起來近百個觀眾驚叫，令人震撼，真是小實驗大震撼，可令人終生難忘。高分子聚合表演是加入兩種單體做共聚合，像變魔術一樣，一加進去，拍一拍（等反應時間），高分子就像絲一條一條被抽出，似乎抽不完，近百個觀眾又是一陣歡呼。化學是那麼有趣的，為何我們中學生會有人不喜歡化學，真不懂，老師們有責任呀！教學法要翻新吧。參觀了博物館後我們又參觀了世界有名的芝加哥大學核子反應紀念館，當年弗米（Fermi）和他的學生們就在那裡完成世界第一座核反應堆，製造成第一顆原子彈，而在內華達州沙漠試爆。這也許是人類最值得爭議的發明，但不可否認就純科學觀點核分裂連鎖反應是一項傑出的發明及創作。

七、華盛頓及紐約科學博物館

華盛頓科學博物館和藝術博物館都是舉世聞名的，華盛頓科學博物館分生物、非生物及人類科技三大部分。在生物館又分動物植物，動物又從古生物到魚類到鳥類，爬蟲類到哺乳動物。非生物主要是礦物，有世界最大寶石以及數不清世界大礦石在此展示。華盛頓太空博物館亦是聞名的，然本團已參觀過休士頓及甘乃迪太空中心所以就沒去。紐約科學博物館也是很有名的，也一樣有恐龍生物演化及礦物。像這樣科學博物館在國內應除台中科學博物館外，在台北可設一個自然科學博物館，在高雄可設一個像芝加哥

工業科學博物館。

八、舊金山嘉里勞 (Galileo) 高級中學科學教育

嘉里勞高級中學爲舊金山相當有名的高級中學，校長爲鍾奎博士 (Dr. John P Quinn) 美國人，而副校長許喬治 (Dr. George Hsu) 則爲中國人，本考察團也受到相當熱烈歡迎同時由於許副校長精心設計及協助使本訪問收穫不少。這個學校最大特色是 900 個學生中亞裔學生占了 80 % 大多數，而白人只有 15 %，黑人 5 %。此高中收的學生爲九至十二年級學生。升大學比率相當高約爲 85 %，因爲這所高中爲加州中排名 (Top 5 %) 相當好的高中。此校科學基本課程略分如下：

9 年級	天 文 學	(Astronomy)
10 年級	生 物	(Biology)
	基礎理化或 概念物理	(Physical Science) or (Conceptual physics)
11 年級	化 學 或 概念化學	(Chemistry) or (Conceptual chemistry)
12 年級	物 理	(Physics)

其中概念物理及概念化學專爲程度較低學生而設。由這學校 9 年級主修天文學可知這學校對天文的重視。他們有老師及學生自己設計動工的天文台。同時他們對職業技能教育也很重視，職業教育課程有電腦、會計、經濟學、營養、木工、機工及實習。此校電腦教育相當好，有兩間電腦教室將近 60 部電腦之多，有 PC 也有 Apple。每班學生大約維持在 20 位以下，不像我們大班 (55 人) 教學。由於校長及許副校長的精心設計使訪問收穫不少，在此致謝。

九、加州大學柏克萊分校羅倫斯科教中心 (Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley)

加州大學羅倫斯科教中心爲全美各大學從事中、小學科學教育工作最負盛名科教中心。此中心出版的中小學教材被翻譯成十多種外國語文 (包括中文) 發行到全世界四十多個國家使用。而其每天定期 3 小時全美空中人造衛星電視廣播教學更是有名。空中電視廣播教學包括生物概論 (Bioscope)，基因 (Genetics)，地球地質學 (Global Geography)，有機化學 (Organic Chemistry)，科學聯繫 (Science Alliance)，

太空 (Spaces)，蛋白質合成 (Protein Synthesis) 及電學 (Electricity)。此中心分四組(1)物理及天文組(2)化學組(3)生物組(4)數學組，每組有一位博士組長工作人員約 70 人總共有 300 人左右工作人員，每年經費有三仟萬美元 (合台幣約 9 億元)，其中 1500 萬美元來自州政府，1500 萬美元來自休斯公司 (休斯公司利用人造衛星由此中心向全世界空中教學)。此科教中心除服務工作外每年有 5～6 個大型研究計劃。以下就此中心工作分別介紹如下：

1. 人造衛星電視空中教學 (每天 3 小時)。
2. 每年利用暑假訓練中學老師一萬二千人左右 (在職訓練)，每班 50 人以化學及物理中學老師為主，每梯次四星期，學員是分別送到加州大學柏克萊分校化學系及物理系。
3. 跨州電話教學：利用電話使各州 (全美) 中學老師及學生直接交談有關科學課程疑難問題。
4. 跨州實地操作教學：若有特殊須要，此中心工作人員會跑到各中學提供現場實地操作教學及解決疑難問題。
5. 出版各科教科書：各種教科書已有翻成十多種語言，送至全世界四十多個國家使用。筆者帶回來有高中化學、國中「固體／液體／氣體」、國中環境「溫室效應」及小學親子「數學」，都很生動活潑，可讀性很高。此中心出版中學教科書從幼稚園 (K) 至高中 (12 年級) 皆有。
6. 偏遠地區科學教育。該中心有專為偏遠地區設計的科學教育計劃。
7. 發展中小學課程：全美國約四分之一中小學課程皆用此中心課程設計。
8. 製造科教媒體 (影片及錄影帶) 給社會大眾及中視網做大眾科學教育之用。
9. 建立一座科技展覽館：內有恐龍、自動機械人、雷射實驗、電子實驗、化學實驗及天文觀測，所有中小學學生都可親自動手，很有趣。另外有一個跟真的太空船一樣的太空船供學生親自了解太空人如何生活及太空船如何發射升空的。每年約有 9 萬學生來參觀。
10. 婦女及少數民族科學教育：已有一專案正進行中。
11. 主辦科學展覽：主辦中小學科學展覽。

由以上該中心的工作項目看來，雖然此中心屬一般大學 (加州大學) 而非師範大學，對中小學科學教育都那麼主動提供服務，服務熱誠令人敬佩，建議國內各大學 (尤其師範大學) 應主動對各中小學自動提供服務，不要等教育部教育廳提出要求才做，另外也

建議教育部給師範大學科教中心更多的經費（他們每年 9 億台幣政府出 4.5 億，反觀我們三千萬都不到）更多正式編制（他們是 300 人我們却是 3 人）。另外建議教育部邀請該中心主任戴蒙博士（Dr. Marian C. Diamond）到台灣訪問一星期，請她為我們科學教育提供現場建議。戴博士是一位相當熱愛中國（尤其中華民國）文化之友人，她將其女兒送至台灣讀比較文學，她女兒仍在台灣上大學。

另外，在舊金山本團受到北加州中國大專校友會聯合會師範大學校友會劉竹青會長及歷任會長胡新貴、周龍雄、李七根與幹事辛竹青、林安正、沈明琛、林正義、鄒尚文、劉又清等晚宴熱誠歡迎，在此深表感謝之意。

十、夏威夷卡瑪哈美哈（Kamehameha）學區科學教育

卡瑪哈美哈學區為夏威夷貴族學區亦為最好最久（一百多年）最著名學區。惟入學資格僅限血統（原住民）混合有 $\frac{1}{4}$ 以上的家族，才能持有入學之權利。此學區包括一所小學（Kamehameha Elementary School）學生從幼稚園至六年級（約 700 人）及一所中學（Kamehameha Scondary School）學生從七年級至十二年級（約 2500 人）相當於我國國中及高中。換言之，此學區包括幼稚園、小學、初中及高中。此學區在西元 1887 年由皇室包亞喜公主（Princess Pauahi）創立。全校學生學費全免全住校，校園又大又美麗，升大學升學率高達 90%，對進入大學的校友該校提供獎學金，現該校仍為夏威夷皇室後裔所有，財力相當雄厚。此次訪問由該校卡瑪哈美哈中學科學部主任史密斯博士（Dr. Smith）接待策劃，故訪問的重點在中學的科學教育。

該校畢業生因大部分（90%）學生都升學，故該校科學教育課程也和許多美國高中一樣以大學先修課程為主。一樣在九、十兩年級以生物、天文、基礎物理與基礎化學為主，而十一、十二年級以化學及物理為主，而初中部分（七至八年級）則以綜合科學（包括一般生命科學、生物及天文，一點點化學及物理）為主。該校因財力富裕，該校電腦教育特別發達，同時實驗室設備也較許多美國學校齊全，例如化學實驗室有煙櫃（Hood）及廢水處理設備。該校化學好似特別被重視，該校化學課本來自美國化學學會（ACS, American Chamiced Society）提供。該校對科學展覽也特別重視。每一個學生都要參加每年十二月初全校科學展覽。另外，該校的資優班有生物、化學及物理資優班，給予特別照顧及訓練。就科學研究及實驗方面該校可說比許多美國本土中學更受重視。

十二、日本東京都目黑區立田道小學

在亞東關係協會文化組楊組長及組員陪同下，本團抵達田道小學時校長吉田一夫已在門口等候多時並接到有青天白日紅國旗及「歡迎光臨」這個大字之該校會議室做簡報。田道小學設立於1932年（昭和6年），學生現有458名分13班平均每班35人左右。該校科學教育特色是實驗室特別大，設備比中、美小學都來得好。他們教材和我們一樣由部定（文部省）教科書，自然科由二年級至六年級，二、三年級一單元，四至六年級另一單元，教材內容在二、三年級注重生物環境之觀察，在四至六年級則有物質、能源概念並有實驗。該校沒有資優班，也沒有電腦（準備要買一台，今年文部省有計劃每間小學撥款買40部電腦）。他們老師什麼都教，沒有分自然老師及一般科老師。由課程安排、教材編寫及老師教室上課情形各方面看來。中日教學比中美接近，他們小學也和我們一樣乖乘坐好，沒像美國小學那樣活潑，教室空間也較小多了。非常感謝吉田一夫校長精心策劃此次訪問及熱誠歡迎，使我們收穫不少，在此特別感謝。

十三、日本國立教育研究所科學教育研究

此次訪問由日本國立教育研究所長小島繁男先生負責策劃及接待並做簡介。此國立教育研究所分8部2中心。8部為(1)庶務部(2)企劃部(3)教育政策部(4)生涯學習部（含社會教育研究）(5)教育經營部（含學校經營、教職研究、選拔方法、高等教育）(6)教育指導部（課程、教材、學生指導、教學法、評量方法、研究發展）(7)教科教育部（含國語、地理、歷史、公民、外文、職業教育及道德教育研究）(8)國際研究部（含亞洲、歐洲、美洲、國際研究及國際教育合作）。兩中心分別為(1)科學教育研究中心（分科學、數學、物理、化學、生物、地學研究室）及(2)教育資料中心（含文獻、資料、教育內容、電腦軟體及教育資料合作等研究）。日本國立教育研究所一年經費約為614萬美元（約為新台幣一億八千萬元）經費一半由文部省，一半由地方團體支付。此研究院科學中心工作項目分別為：

1. 協助文部省制定科學課程：此工作由該中心集合大學教授及中學老師先制定「指導要領」向文部省「指導制定委員會」然後由民間編寫教科書，由文部省審定發行。1992年日本小學發行理科新教材。理科課程發展為小學（實驗），中學（常識），大學（知識）。小學及初中只上「理科」（含物理、化學、生物、地科）高中才分物理、化學、生物、地科及綜合理科。

2. 發行環保教育補充教材並設立廢水處理及偵測研究室。
3. 設立化學、木工、精工及地科之實驗教材研究室，教授領導中學老師試做實驗教材實地實驗並提供研究成果給文部省制定課程參考及給中學老師教學參考。各科實驗設備及儀器都很好。現有化學研究室 2 間，木工精工 2 間，地科 1 間。
4. 設立教學媒體試作研究室，同樣教授領導中學老師試做教學媒體供中小學教學之應用。
5. 從事大學理科教育研究。
6. 從事職業教育研究包括木材加工、電氣、金屬加工、機械、食物、住等方面教育。
7. 成立電腦輔助教學（CAI）研究並發展電腦軟體給中小學（日本中小學沒有寫電腦軟體人才）
8. 新技術教育研究並推廣。
9. 發展以生活化為主科學教育。
10. 開辦中小學教師在職進修班。
11. 科教研究（如高中及大學入學考問題，學生科學態度，學生學習問題）。

可見他們科教中心做的工作亦不少。值得我們參考。

結語與建議

綜合上述討論，對此次美日中小學科學教育考察有幾點感想與建議如下：

1. 教學方式：美國中小學的教師教學方式較中、日兩國都較具有啓發式，注重觀察歸納及推理，也較易引起學生學習興趣。
2. 教材內容：美國中小學教師除依校方或州政府所提供或建議的教材外，往往以身邊生活當中為題材自編上課教材，使學生能活用教科書內容。他們教師每堂課的教材及教具都自己準備，非常辛苦，他們敬業精神值得我們學習。
3. 教學媒體：美國中小學教師每一節課每一單元都自製一捲投影帶（OHP），我們是一片一片他們是一個單元一捲好保存也較有連貫性，他們幾乎每堂課都用上 OHP 教學，每間教室都有投影機。中學以上每一間也有一部電腦（除電腦教室外）這樣任何課都可以用上電腦。他們電腦功能在教學生如何繪圖製表及處理數據而不是如我們大多數老師當問答題式或示範教學用。值得我們參考。
4. 教學空間：美國中小學每班學生的人數（平均 20 人）比我國（55 人）及日本（35 人）都來得少，而且活動空間為中、日兩國的兩倍，學生的活動空間大，教學也

就較活潑，上課完後馬上就可以實驗。理論和實驗就可同時互相印證。故建議教育部考慮將中小學每班人數減至 35 人左右，教育是百年大計，實不能一味算成本。

5. 教材選擇：美國中小學科學課程的選擇自由度比中、日兩國高，老師及學校可自由選擇教材，日本又比我國自由，日本雖然也要用文部省審定教科書，但他們每一科有好幾本經文部省審定民間自編教科書可以選，我國却只有部定一種沒有選擇性。

6. 科學課程設計及內容：美、日兩國初中科學課程皆不分科（美國以科學通稱，而日本以理科通稱，不分理化、生物、地科）而我們國中即分理化地科及生物。高中中、美、日一樣皆分科。美國老師們現又擬將科學、社會及語文混合成一科，以生活題材做單元設計，他們認為這樣一來他們的學生才會活用科學，此點值得我們參考。

科學課程內容方面，美國中小學科學課程內容一般較生活化、趣味化、實際化。他們最大特色是特別注重天文、太空科技及生命科學。他們在初中及小學以生命科學、生物及天文觀察為主，純物理及化學理論較少。而高中就以化學、物理及太空科技為主。層次分明，不像我們國、高中各科的界限總是糾纏不清。

7. 教學評量：美國大都採學區制從幼稚園、初中至高中、高中入學不必考，由初中直升，所以學生沒多大負擔，教學就可正常，反觀中、日教學很不正常。美國中小學每週也有小考，但沒升學壓力，教學評量反而正常。

8. 科學實驗：美國初中、小學上課和實驗都在同一教室上，以理論和實驗同時互相印證為主，不專設實驗室（高中則有專設實驗室）。同時美國中、小學實驗設計大都以身邊日常生活事物做題材且以「學生動手，老師不動手」為主，他們鼓勵學生多動手，這也許就是他們學生喜歡動手而我們學生一派老夫子型動口不動手原因，值得我們三思。

9. 師資訓練：美國中、小學教師在職訓練風氣很盛，而且自動成分很大，這和他們取得工作不易且容易失業可能有關。美國中小學老師碩士、博士一大堆，其中一所小學 25 老師中 17 個碩士。他們大學畢業後要修教育學分，然後參加州政府教師檢定考試才取得教書執照，然後再參加學校甄試才可取得任教資格，每天上課 7 小時左右，一週學校預算不足就有失業可能，危機意識很高，進修意願就很大，這一點值得教育當局深思及中學老師參考。

10. 大學科教服務及科教中心工作經費及編制問題

美國各大學都主動對各中、小學提供教材、教學、媒體及老師在職訓練及對社會大眾中視廣播各種科教服務，我們各大學（尤其是三所師大）也應效法。同時他們州政府也主動提供很多經費（如加州大學科教中心每年州政府給約 4.5 億新台幣（1500 萬

美元)編制 300 人)，而我們國內最大的台灣師大科教中心每年經費 1300 萬台幣，編制 3 人而已。值得教育當局參考。

11. 資優及特殊教育：美國資優教育在小學及初中，以語文及數學為甄選資優生標準，初中、小學不分物理、化學、生物、地科資優，我們在初中有分科資優生。高中美國、日本和我們一樣就有分科，但他們只有化學、物理、生物資優而沒有地科資優。另外，美國中、小學對學習能力較差的都有另設課程選修及輔導。在高中，他們對不想升學學生也有職業教育（電工、木工、機工、食品、會計）課程。

12. 科學教育博物館：美、日兩國在各大城市都有科學教育博物館，建議我國除台中科學博物館外，在台北設科學教育博物館。在高雄設工業科技博物館。

表一 團員名單

領 隊	吳京一	國立台灣師範大學院長
副領隊	李秀金	教育部會計處副會計長
顧 問	施正雄	國立台灣師範大學化學系系主任兼所長
秘 書	翁榮銅	教育部國教司專員
團 員	歐陽鵬	台灣省政府教育廳股長
團 員	吳餘宣	台北縣江翠國民中學校長
團 員	林麗華	台南市後甲國民中學教師
團 員	江金桂	彰化縣太平國民中學校長
團 員	張明容	台中市忠孝國民小學教師
團 員	江文錦	宜蘭縣冬山鄉大進國民小學教師
團 員	蔡金龍	台中縣梧棲國民小學教師
團 員	康宗虎	台北市政府教育局科長
團 員	黃美綾	台北市興福國民中學教務主任
團 員	林保祥	台北市和平國民中學教師
團 員	黃翠娟	台北市日新國民小學教師
團 員	謝有娣	台北市幸安國民小學教師
團 員	吳英珍	台北市士東國民小學教師
團 員	黃智略	台北市螢橋國民小學教師
團 員	張坤 錄	高雄市政府教育局股長
團 員	蘇懿生	高雄市民族國民中學教師
團 員	周婉秋	高雄市十全國民小學教師