

ISSN 1025-7683

中華民國自來水協會會刊



白

來

水

第22卷 第1、2期 (85) (86) 合併出版 中華民國九十二年五月



WATER SUPPLY QUARTERLY

Volume 22 NO.1、2 May 2003

Water Works Association of the Republic of China (Taiwan)



9 771025 768008

自來水會刊第二十二卷第一、二期(85)(86)合併出版目錄

專門論著：

- 產氣單胞桿菌屬Aeromonas spp.檢測方法驗證與環境水域分佈調查
.....尹開民等四人 3
- 優養化水源中醛類及生物可利用有機碳(AOC)在臭氧程序中變動之研究
.....黃文鑑、陳如雲 ... 20
- 淨水汙泥添加有機肥料後重金屬生物有效性濃度變化
.....許正一 39

實務研究：

- 屆齡汰換水量計銅殼再使用與可行性測試林建財 52

一般論述：

- 淨水廠之汙泥減量技術.....洪仁陽等三人 61
- 自來水管線即時調查無線傳輸系統的開發.....管寶發、陳偉堯 ... 67

他山之石：

- 協會與你—會務報導 80

自來水會刊雜誌稿約

- 一、本刊為中華民國自來水協會所發行，係國內唯一之專門性自來水季刊，每年二、五、八、十一月中旬出版，園地公開，誠徵稿件。
- 二、歡迎本會理監事、會員、自來水從業人員，以及設計、產銷有關自來水工程之器材業者提供專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、業務報導、專家講座、他山之石、法規櫥窗、協會與你、會員動態、研究快訊、學術活動、出版快訊、感性園地等文稿。
- 三、惠稿每篇以三千至壹萬字為宜，特約文稿及專門論著不在此限。
- 四、本刊原則上不轉載譯文或已發表之論文。
- 五、「專門論著」應具有創見或新研究成果，「實務研究」應為實務工作上之研究心得（包括技術與管理），前述二類文稿請儘量附英文題目及不超過150字之中英文摘要，本刊將委請專家1~2人審查。「每期專題」由本刊針對特定主題，邀請專家學者負責籌集此方面論文予以並列，期使讀者能對該主題獲致深入瞭解。「專家講座」為對某一問題廣泛而深入之論述與探討。「一般論述」為一般性之研究心得。「業務報導」為國內自來水事業單位之重大工程或業務介紹。「他山之石」為國外新知或工程報導。「法規櫥窗」係針對國內外影響自來水事業發展重要法規之探討、介紹或說明。「研究快訊」為國內有關自來水發展之研究計畫期初、期中、期末報告摘要。「學術活動」為國內、外有關自來水之研討會或年會資訊。「出版快訊」係國內、外與自來水相關之新書介紹。「感性園地」供會員發抒人生感想及生活心得。「會員動態」報導各界會員人事異動。「協會與你」則報導本會會務。
- 六、惠稿請用稿紙繕正，如有圖表，請以黑墨繪製以便製版，其大小應顧及刊發後版面之清晰程度，所有圖表及照片以原件為佳，皆應附簡短說明，並依在文中出現之次序分別編號。
- 七、文章內所引之參考文獻，依出現之次序排在文章之末，文內引用時應在圓括號內附其編號，文獻之書寫順序為：期刊：作者，篇名，出處，卷期，頁數，年月。書籍：作者，篇名，出版，頁數，年月。機關出版名：編寫機構，篇名，出版機構，編號，年月。英文之作者姓名應將姓排在名之縮寫之前。
- 八、惠稿請註明真實姓名、通訊地址（含電話及電子郵件地址）、服務單位及撰稿人之學經歷簡介與1吋照片一張，以利刊登，來稿文責由作者自負，來稿請寄至：tinlai@mail.water.gov.tw。
- 九、稿費標準為專門論著、實務研究、一般論述、每期專題、專家講座、法規櫥窗、他山之石、特載等文稿1200元/千字，「業務報導」為800元/千字，其餘為500元/千字，文稿中之「圖」、「表」如原稿為新製者500元/版面、如原稿為影印複製者，不予計費。
- 十、本刊係屬贈閱，如擬索閱，敬請來信告知收件人會員編號、姓名、地址、工作單位及職稱，或傳真(02)25042350會務組。本刊將納入下期寄贈名單。
- 十一、本會刊內容自88年5月⑩期起已公布於台灣省自來水公司全球資訊網站（www.water.gov.tw）歡迎各界參閱。
- 十二、本刊中之「專門論著」、「實務研究」、「一般論述」、「每期專題」及「專家講座」，業經行政院公共工程委員會92年3月26日工程企字第09200118440號函增列為技師執業執照換發辦法第五條第一項第四款之「國內外專業期刊」，適用科別為「水利工程科」、「環境工程科」、「土木工程科」。

自來水會刊雜誌

發行所名稱：中華民國自來水協會

發行人：李錦地

會址：臺北市長安東路二段一〇六號七樓

中華民國自來水協會編譯出版委員會

主任委員：葉宣顯

委員：李泰雄

蘇金龍

張皓

兼總編輯：劉廷政

編輯兼秘書：李丁來

史午康

李丁來

林財富

吳陽龍

胡南澤

樓基中

蔣本基

黃志彬

廖述良

林岳

康世芳

陳曼莉

謝永旭

張錦松

蔡錦松

沈進宏

鄭錦澤

曾浩雄

校電

印地

址電

對：古貞荅

話：(04)22244191轉529

刷：威文彩色印刷公司

址：台中市工業區23路2-1號

電：(04)23586977

出版地址：臺中市雙十路二段二號之一

行政院新聞局出版事業登寄證局版台誌字第2995號

中華郵政北台字第0473號執照登記為雜誌交寄

產氣單胞桿菌屬 *Aeromonas* spp. 檢測方法驗證 與環境水域分佈調查

尹開民¹ 顏榮華² 魏佩玉¹ 許永華³

摘要

本研究以ADA-V培養基篩選環境水域之 *Aeromonas* spp.，並以VITEK及BioLog微生物菌種鑑定系統進行鑑定，結果 *Aeromonas* spp. 的鑑出率大於92%，偽陽性小於8%，偽陰性小於1%，可有效鑑別 *Aeromonas* 種類。建議直接以培養基上產生亮黃及暗黃之菌落合併計數即可以簡化方法。分離所得之菌株絕大部分均為人體之主、次要病原菌，經鑑定確認之200個菌株中以 *Aeromonas veronii* / *sobria* 65株為最多、*Aeromonas hydrophila* 55株次之，*Aeromonas veronii* 34株又次之。上述菌種易造成腸胃炎及傷口感染形成蜂窩性組織炎，值得注意。自然界水體中 *Aeromonas* 的含量大多在 10^3 - 10^4 CFU/100mL之間，上下游之間並無差異。從淨水場水樣之檢測結果來看，原水加氯即可有效去除 *Aeromonas*，而大部分淨水場原

水中 *Aeromonas* 的密度約在 10^3 CFU/100 mL左右，到了膠羽池即降至10 CFU/100 mL以下，沉澱池及清水中 *Aeromonas* 的檢出率均小於1。目前淨水場之處理流程均足以祛除本菌。

壹：前言

Aeromonas 屬為革蘭氏陰性好氧兼性厭氧菌，廣泛存在於各種自然水域中，包括淡水及海水，是與人類疾病有關的重要病原菌之一，近年來有關 *Aeromonas* 致病的報告有增加的趨勢，包括引起心內膜炎 (endocarditis)、腸胃炎 (gastroenteritis)、腹膜炎 (peritonitis)、肺炎 (pneumonia)、敗血症 (septicemia)、蜂窩組織炎 (cellulitis)、溶血性尿毒症及尿道感染等 [蔡文城，2000]。感染途徑可經由飲水、創傷及刺傷之傷口、食物等傳播。從臨床及流行病學的証據指出，*Aeromonas* 是腸道病原菌，雖然很少有完整的流行病學爆

1. 行政院環保署環境檢驗所助理研究員
2. 行政院環保署環境檢驗所副研究員
3. 行政院環保署環境檢驗所第五組組長

發紀錄，但是病人如果是免疫不完全或有腸胃道、肝膽疾病的患者，在其受感染後，致病之風險更高，本菌是屬具高潛能的致病菌，尤其是*Aeromonas hydrophila*可分泌類霍亂腸毒素（cholera-like enterotoxin），感染之後會引起嚴重的腹瀉。有些*Aeromonas*會存活於加氯消毒的飲用水中，當氯的濃度降低之後，會在配水管線中再度生長，飲用水以m-Endo 培養基作大腸桿菌群檢測時，在生長的菌落中有17%至25%是屬於*Aeromonas*，因此，飲用水可能是人類遭受*Aeromonas*感染的主要途徑之一。目前所知，全世界僅有荷蘭及加拿大的安大略省將本菌納入飲用水的法規管制標準。美國環保署則將*Aeromonas*列為飲用水汙染物候選名單，於2003年將本菌納入淨水場之調查項目，並視調查之結果作評估，決定是否在下一階段將之納入飲用水管制標準之內。

雖然*Aeromonas*被發現已經超過100年以上，一直到近30年其與人類疾病之相關才有較詳細的研究，但是近年來的研究使得本屬的分類地位及其在人類相關疾病所扮演的角色常造成醫師及微生物學者的困擾，在分類上過去十年來的研究已使得研究學者放棄以從患者之症狀作為分類的依據，而系統分類學家更建議另成立一個“科”來容納本菌。

在1965年之前，*Aeromonas*與*Vibrio*、

*Plesiomonas*同被放在*Vibrionaceae*之內。如果不考慮遺傳上之特性，單從phenotype的表現、生態上的相似性（存在於水、魚類、兩棲類及爬蟲類）及引起之病徵（下痢、敗血症）等，三屬之細菌的確非常相似，但是近年由於分子生物學的長足發展，尤其是16S rDNA的分析，三者之間在演化上的血緣關係並沒有那麼密切，基於分子遺傳學的證明，MacDonell及Colwell（1985）提出將*Aeromonas*自行成立另一個不同的族群—*Aeromonadaceae*較為合適，而*Plesiomonas*因與腸內菌科比較相近，將之移至*Proteus*屬之下。在1970年代，*Aeromonas*以其適合生長之溫度被區分為嗜中溫mesophiles（35至37°C）及嗜低溫psychrophiles（22至28°C）兩大族群，兩個族群很容易透過溫度培養、細菌運動能力、indole反應及色素產生等特性來區分。嗜低溫psychrophiles的族群主要是造成魚類病害的*A. salmonicida*。在分類上迄今沒有什麼爭議。但是嗜中溫的*Aeromonas*分類則有很大的變動。三個研究單位---巴斯德細菌研究所、美國疾病管制局及馬里蘭大學對於本菌的分類做了相當多的研究。目前本屬的分類是以DNA-DNA的四個鹼基的比例分為12個群，例如*A. hydrophila*是屬於HG1，*A. salmonicida*是屬於HG3，*A. caviae*是屬於HG4，*A. media*是屬於HG5，*A. sobria*是屬於HG7，目前大約有14個種

(Janda J.M.等人，1998)。部分則有生態小種biotype的區別。最近從糞便及血液檢體中所分離的93個菌株所作的鑑定，有89個(93%)是屬於*A. hydrophila*、*A. caviae*及

*A. veronii*三種。均屬於HG12分類群之內者，沒有新種出現。其他的九個種則出現在非人體的檢體，如水、鳥類、魚類及其他動物的腸道。如下表一：

表一、*Aeromonas*之分類與人體疾病之關係

與人體疾病有關之 <i>Aeromonas</i>		自環境分離之 <i>Aeromonas</i>
主要病原菌	次要病原菌	
<i>A. hydrophila</i> (HG 1)	<i>A. veronii/ veronii</i> (HG10)	<i>A. salmonicida</i> (HG 3)
<i>A. caviae</i> (HG 4)	<i>A. jandaei</i> (HG 9)	<i>A. sobria</i> (HG 7)
<i>A. veronii/sobria</i> (HG 8)	<i>A. schubertii</i> (HG 12)	<i>A. media</i> (HG 5)
		<i>A. eucrenophila</i> (HG 6)
		<i>A. trota</i>
		<i>A. allosaccharophila</i>
		<i>A. encheleia</i> (HG 11)
		<i>A. bestiarum</i> (HG 2)
		<i>A. popoffii</i>

表二、少見的*Aeromonas*造成之症狀及分離部位

種類	臨床症狀	
	感染症狀	感染部位
<i>A. veronii/ veronii</i>	菌血症〔bacteremia〕、腸胃炎(gastroenteritis)、膽囊炎〔Cholecystitis〕	糞便、傷口、痰、心導管、血液
<i>A. jandaei</i>	菌血症、蜂窩性組織炎〔cellulitis〕	血液、糞便、傷口、
<i>A. schubertii</i>	菌血症、蜂窩性組織炎	血液、皮膚、肋膜、膿瘡、傷口、
<i>A. trota</i>	無	糞便
<i>A. media</i>	無	糞便
<i>A. allosaccharophila</i>	無	糞便
<i>A. encheleia</i>	無	足踝關節
<i>A. eucrenophila</i>	無	傷口
<i>A. bestiarum</i>	無	糞便
<i>A. sobria</i>	無	無
<i>A. popoffii</i>	無	無

Aeromonas 現今最受到關切的程度與15年前毫無二致，主要還是本菌引起腸胃炎的問題。本菌最常見的病徵就是會引起患者的下痢，其次為很多*Aeromonas* 會分泌外毒素。但是有些研究也指出，*Aeromonas*造成感染與菌系、劑量及受感染患者的體質都有相關。除了下痢之外，傷口感染引起發炎是次常見的症狀。而受傷的情形以受到刺傷最容易遭到*Aeromonas*感染，其次是與水的接觸有關如游泳、潛水、划船、釣魚等。在自然水域中*Aeromonas* 的菌量大約在 10^2 CFU/mL，在汙水處理廠放流口濃度可能高達 10^{7-8} CFU/mL。另外一類的感染是交通事故造成的傷害，*Aeromonas*會經由傷口進行感染。由於*Aeromonas*的傳染途徑與飲用水、娛樂用水及放流水均息息相關，在美國環保署計劃納入法規管制之時，也發佈了本菌的檢測方法。國內除應及時建立相關檢測技術之外，也應著手進行環境水域中本菌分佈之背景資料以及評估淨水場之功能設計對於本菌之祛除效果，作為日後環保署法規管制之參考。

貳：材料與方法

一、方法概要：

本方法之藍本是Havelaar 等人於1987所發表的飲用水濾膜法檢測

Aeromonas spp.之方法，其原理是以選擇性培養基ADA部分抑制非目標性微生物之生長，而*Aeromonas* 可以醱酵分解培養基中的Dextrin 產生酸，並在濾膜上形成大於0.5mm的亮黃色菌落。ADA培養基經Handfield M等人〔1996〕測試驗證，證實為檢測*Aeromonas*回收率最高之培養基。確定試驗可以氧化酶測試（Oxidase test）是否存在細胞色素C(cytochrome C) 以及其醱酵trehalose 的能力。水樣以濾膜直接過濾，使*Aeromonas* 滯留在濾膜上，然後將濾膜置於含有ampicillin/dextrin /vancomycin的選擇性培養基上，於 $35 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 的培養箱中培養22至26小時，計算在濾膜表面上形成的菌落。凡在濾膜上形成亮黃色之菌落均判定為*Aeromonas*菌。本培養基含有10mg/L的ampicillin及2mg/L的vancomycin，用來抑制非*Aeromonas*屬之細菌，大部分*Aeromonas*屬之細菌可以在本培養基中生長，並以dextrin 作為細菌生長之碳源，同時以bromothymol blue 作為醱酵dextrin產生酸之指示劑。黃色之菌落可以氧化酶測試（Oxidase test）是否存在cytochrome C 以及其醱酵trehalose 的能力來作為確定試驗。*Aeromonas*屬之細菌為氧化酶測定陽性、具醱酵trehalose 的能力及單方鞭毛之桿菌。

二、試劑及培養基：

本方法中所使用的化學藥品均為試葯級，培養基為微生物級製品。試劑水必須符合ASTM type II的等級。

(一) 無菌稀釋液：磷酸二氫鈉0.58g，磷酸氫化鈉 2.50g，氯化鈉8.50g。

將上述成分溶解於1公升的蒸餾水中，混搖均勻後，分裝於稀釋瓶中，經121°C滅菌15分鐘，儲存於冰箱中備用。其滅菌後之pH值為7.4±0.2。

(二) 試劑及培養基

1. Ampicillin-Dextrin Agar with Vancomycin 培養基 (ADA-V)：可選用市售培養基 (ADA (Havelaar), HIMEDIA, Indian)。

2. 無菌Ampicillin溶液：加10 mg 的Ampicillin至10 mL 的試劑水中，溶解後以0.22 μm之無菌濾膜過濾備用。本試劑需使用之前配製。

3. 無菌Vancomycin溶液：加2 mg 的Vancomycin至10 mL 的試劑水中，溶解後以0.22 μm之無菌濾膜過濾備用。本試劑需使用之前配製。

將上述培養基成分加入於1公升的蒸餾水中，以1 N NaOH及HCl調節pH 至8.0，經121°C高壓滅菌15分鐘，取出後置於50°C的水浴槽

中，再加入無菌的Ampicillin及Vancomycin溶液 (各10 mL)。培養基加入上述成分混搖均勻後分裝於50mm的培養皿中，每個培養皿約加入4~6cc的培養基。凝固後保存於冰箱中備用。使用期限不得超過14天。

4. 3% 硫代硫酸鈉：含5 個水分子之試葯級硫代硫酸鈉：稱取3g硫代硫酸鈉至100ml試劑水中，當作儲備液。採樣瓶在滅菌之前加1 ml/L之3%硫代硫酸鈉，再行滅菌。若採樣瓶為先行滅菌者，3%硫代硫酸鈉須以0.22 μm之無菌濾膜過濾。

5. Nutrient agar：Difco 0001-17-0。

6. 乾式細胞色素c氧化酶測定試紙：Difco DF3530-75-3。

7. 0.5% Trehalose：作為Aeromonas 驗證之用，稱取5g Trehalose 加入100mL 之試劑水中，以0.22 μm之無菌濾膜過濾。

8. Purple broth base：Difco 222710 按照廠商所提供建議配方稱取1公升之葯量加於900 mL之試劑水中。經121°C滅菌15分鐘，於室溫中冷卻備用。在無菌操作檯內將7 之Trehalose 100 mL加入900 mL之Purple broth base中。混合均勻後

分裝於試管內，每支試管加入6 ml之上述混合液。

三、採樣與保存

- (一) 採樣的方法與流程依照APHA(1998)第20版水及廢水標準驗方法中之規定。
- (二) 採取之水樣必須要有代表性，尤其是飲用水之水樣，採樣點之水龍頭不得有曝氣裝置、濾網、塑膠軟管、冷熱水混合龍頭及淨水處理等，採樣之前必須先行排水至少兩分鐘或至水溫保持穩定時才能開始採樣。
- (三) 以一升之玻璃或塑膠瓶採集水樣，並在瓶中加入1 mL之硫代硫酸鈉。
- (四) 採樣體積至少為1 公升，瓶口不得滲漏。不得將水樣充滿整個採樣

瓶，必須保持一段空間作為樣品混合之用。

- (五) 樣品在運送過程必須保存於1~10°C的條件之下，不得使樣品結凍。若無法立即分析時必須將樣品儲存於1至5°C之冰箱內。採樣至開始進行分析的間隔最多不得超過24小時。

四、河川及淨水場*Aeromonas*之調查：

採樣地點：以台灣北部地區之重要河川如淡水河系含基隆河、景美溪、南、北勢溪、大漢溪、三峽河、油羅溪、鳳山溪及中港溪，以及上述溪流下游之淨水場如六堵、直潭、長興、板新、平鎮、新竹、寶山、永和山等為採樣點進行採樣及檢測分析。詳細採樣點及相關之淨水場如表三。

表三 *Aeromonas* 檢測之採樣河川及淨水場名稱

河川名稱	採樣地點	淨水廠名稱	備註
基隆河	侯峒、瑞芳、八堵、六堵	六堵淨水場	
景美溪	烏塗窟、石碇、深坑、木柵	無	
南勢溪	福山、信賢、烏來、屈尺、上龜山橋	直潭淨水場	
北勢溪	闊瀨、九穹林、坪林	長興淨水場	
大漢溪	羅浮、阿姆坪、石門、大溪	平鎮淨水場	
三峽河	滿月圓、有木里、湊合、三峽	板新淨水場	
鳳山溪	尖石、內灣、橫山、穹林、新埔、新竹	新竹淨水場	
頭前溪	清泉、五峰、柏清、上坪、竹東	寶山淨水場	
中港溪	南庄、獅潭、三灣、明德水庫、珊瑚湖	明德淨水場	

五、菌種鑑定

本實驗同時以VITEK及BioLog兩套菌種鑑定系統進行鑑定，自ADA-V培養基挑選典型亮黃色及非典型暗黃色菌落至Nutrient agar平板上作三區劃菌，純化二次，VITEK鑑定系統於35°C恒溫培養箱中培養24小時，再以VITEK AMS 60微生物自動鑑定系統之GNI鑑定卡作菌種鑑定，BioLog鑑定系統於30°C恒溫培養箱中培養24小時，再以GN2 96孔微鑑定盤作菌

種鑑定。鑑定之前先以細胞色素C氧化酶測試紙作測試。

參、結果與討論

一、*Aeromonas* 屬菌株在培養基上之性狀描述：

本實驗以ADA-V培養基篩選*Aeromonas* 屬，其菌株在培養基上之性狀，區分有產生典型亮黃色菌落呈圓形、非典型暗黃色的兩種菌落及其他非屬於*Aeromonas*的藍或綠色菌落（如圖1）。

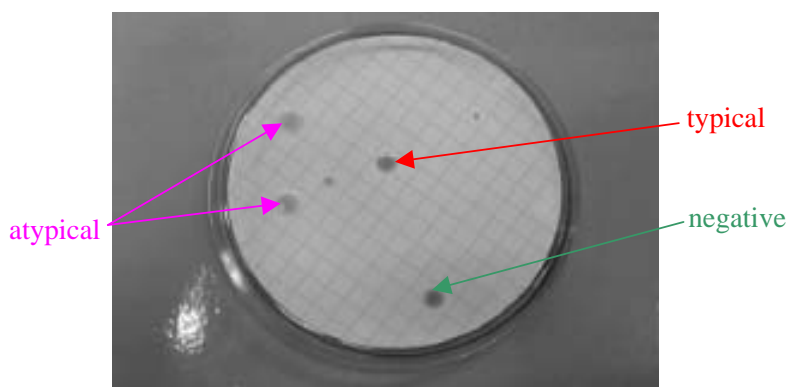


圖1

二、VITEK及BioLog微生物鑑定系統之鑑定結果比較：

本實驗同時以VITEK及BioLog兩套菌種鑑定系統進行鑑定由各河川及淨水場分離之200株野外樣品。鑑定之報告機率大於80%以上者始採信。結果以VITEK鑑定系統鑑定出*Aeromonas* 屬165株，鑑出率82%（如圖2-1）。BioLog鑑定系統鑑定出184株，鑑出率92%（如圖2-2）。兩套鑑

定系統鑑定出菌株之相似度為83.5%。

由上述結果可知，BioLog鑑出率較VITEK高出10%。主要原因可能為VITEK資料庫中僅有*Aeromonas hydrophila*和*Aeromonas caviae*、*Aeromonas veronii*和*Aeromonas sobria*四個菌種，其他的*Aeromonas* 則無法辨識。而BioLog的資料庫則包含十種常見的*Aeromonas*。因此部分的菌株在VITEK為無法鑑別，而在

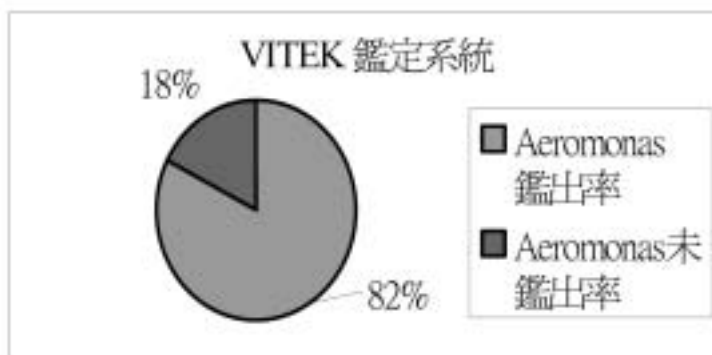


圖2-1

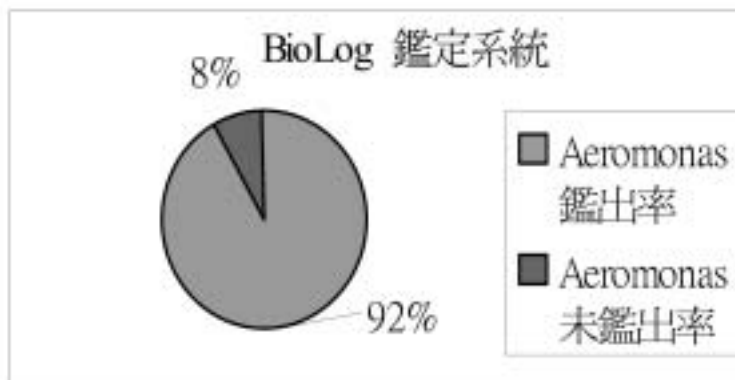


圖2-2

BioLog的結果可以確定為*Aeromonas*。此外Jauder及Puffey〔1998〕也指出，在鑑定*Aeromonas*菌種有一個陷阱，就是一些鑑定系統無法有效區分出*Pseudomonas*及*Vibrio fluvialis*。此結果確實造成VITEK在鑑定*Aeromonas*時的干擾。在200個鑑定結果當中有12株屬於*Vibrio sp.*但是BioLog鑑定系統的結果中僅有2株是屬於*Vibrio sp.*。

以VITEK鑑定系統鑑定之結果為：*Aeromonas veronii / sobria* 102株及

Aeromonas hydrophila/caviae 63株（如圖3-1）。以BioLog鑑定系統鑑定之結果共計10種分別為：*Aeromonas veronii / sobria* 65株、*Aeromonas veronii* 34株、*Aeromonas sobria* 6株、*Aeromonas hydrophila* 55株、*Aeromonas caviae* 11株、*Aeromonas jandaei* 5株、*Aeromonas allosaccharophila* 5株、*Aeromonas encheleia* 1株、*Aeromonas media-like* 1株及*Aeromonas schubertii* 1株（如圖3-2）。

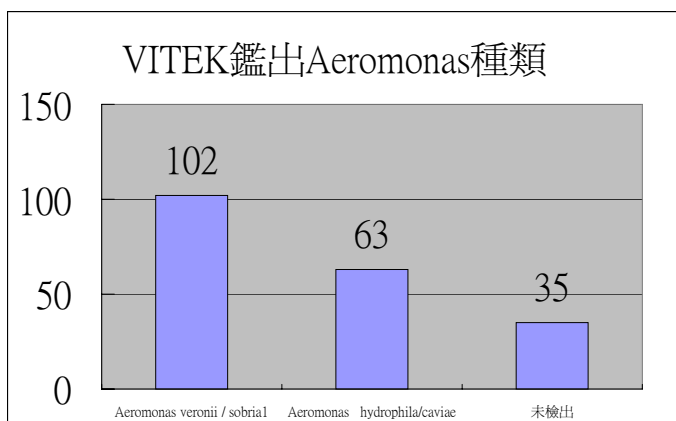


圖3-1

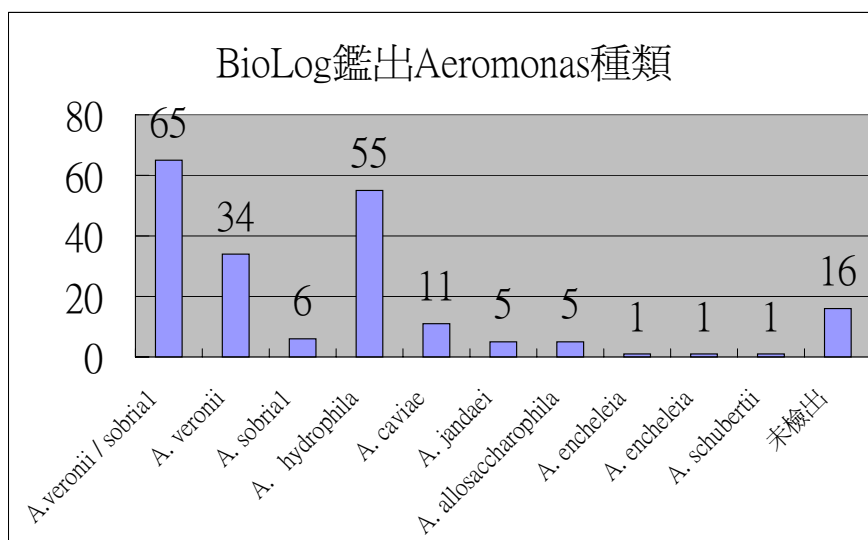


圖3-2

VITEK鑑定系統因資料庫Aeromonas種類較少，且Aeromonas hydrophila和Aeromonas caviae、Aeromonas veronii和Aeromonas sobria生化特性相似，所以VITEK出來的鑑定報告都是Aeromonas hydrophila/caviae、Aeromonas veronii/sobria，而BioLog因資料庫Aeromonas種

類較多，因此鑑定之菌種比VITEK多出5種，且可有效區分出Aeromonas hydrophila和Aeromonas caviae，而Aeromonas veronii/sobria則可部分區分出Aeromonas veronii和Aeromonas sobria。綜合以上之結果，環境水樣中Aeromonas的鑑定以BioLog的鑑定效果較佳，同時能

鑑定出的菌種也較VITEK鑑定系統為多。

三、以ADA-V培養基檢測*Aeromonas*之精密度評估：

本研究以ADA-V培養基進行水樣檢測時，發現培養基上除有亮黃及淡黃色之菌落外，尚有綠色、藍色等其它顏色之菌落，顯示其可能無法有效發酵dextrin所致，爲了驗證這些非亮黃及淡黃色之菌落是否爲偽陰性，本實驗隨機挑選210株非亮黃及淡黃色的菌落，進行氧化酶及trehalose醱酵測試，結果210個菌株之氧化酶測試全部皆爲（-）。trehalose醱酵測試95株爲（-），115株爲（+），再挑選trehalose（+）之20個菌株以BioLog及MIDI菌種鑑定系統，結果全部均不屬於*Aeromonas spp.* 僅少部分結果爲腸內菌科的*Serratia marcescens*及*Enterobacter aerogenes*。由以上之結果可以看出只要以oxidase test（+）反應作爲本方法之驗證即可，trehalose test的結果無法作爲判別之依據。綜合以上結果及BioLog菌種鑑定之結果得知，以ADA-V培養基檢測*Aeromonas spp.*無偽陰性產生。而以BioLog鑑定之結果得知偽陽性<8%。在本研究中不管是典型或非典型的黃色菌株以BioLog鑑定結果並無差異。因此在檢測上並無區分典型或非典型菌落之必要。

四、河川水體及淨水場中*Aeromonas*菌之分佈調查：

本次實驗發現北部地區自然界水體*Aeromonas*的含量大多是在 10^3 - 10^4 CFU/100mL之間，較文獻上的資料 10^2 CFU/100 mL爲高。上下游之間並無差異〔如表四〕。從表三之淨水場水樣之檢測結果來看，原水進水即加氯，即可有效去除*Aeromonas*，如尖石簡易自來水場之結果。而大部分淨水場原水中*Aeromonas*的密度約在 10^3 CFU/100mL左右，到了膠羽池即降至10 CFU/100mL以下，沉澱池及清水中*Aeromonas*的檢出率均小於1 CFU/100mL（竹東、寶山淨水場之沉澱池除外）。可見目前淨水場之處理流程均足以祛除本菌。

台灣北部地區河川*Aeromonas*屬細菌之分佈情形，以VITEK鑑定之結果大都爲*Aeromonas veronii/ sobria*計102株，其次爲*Aeromonas hydrophila /caviae*63株，合計共鑑定出165株，佔*Aeromonas*全部鑑出的82%以上。若以BioLog菌種鑑定系統進行鑑定，結果*Aeromonas*的鑑定出184株，鑑出率爲92%，結果共計10種分別爲：*Aeromonas veronii / sobria* 65株、*Aeromonas veronii* 34株、*Aeromonas sobria* 6株、*Aeromonas hydrophila* 55株、*Aeromonas caviae* 11株、*Aeromonas jandaei* 5株、*Aeromonas allosaccharophila* 5株、*Aeromonas encheleia* 1株、*Aeromonas media-like* 1株及*Aeromonas*

schubertii 1株。各地所分離菌株種類以侯峒7種為最多，竹東、烏來及直潭堰各2種最少，分佈最廣的菌種則為*Aeromonas veronii / sobria*及*Aeromonas hydrophila*，分別僅有一、二次未被分離到。各地分離所得之菌株種類詳如表四至表六。

表四：河川水中 *Aeromonas* 檢測結果

採樣地點	水體種類	菌落數 (CFU/100mL) (以 ADA-V 培養基培養)
羅浮	河川水	1.3E+3
阿姆坪	河川水	1.2E+3
大壩	河川水	1.4E+3
滿月圓 (一)	河川水	14
有木里 (一)	河川水	1.2E+3
插角橋	河川水	6.0E+2
三峽 (一)	河川水	2.7E+3
三峽 (二)	河川水	1.6E+4
滿月圓 (二)	河川水	3.0E+3
有木里 (二) 八仙橋	河川水	3.0E+4
有木里 (三) 東眼橋	河川水	1.8E+4
三峽 (三)	河川水	5.2E+4
滿月圓 (三)	河川水	4.0E+3
三峽 (四)	河川水	1.1E+4
侯峒 (一)	河川水	1.3E+4
侯峒 (二)	河川水	1.1E+5
瑞芳	河川水	2.5E+4
侯峒 (三) 國小	河川水	3.0E+3
侯峒 (四) 車站	河川水	1.9E+4
清泉 (一)	河川水	3.5E+3
上坪	河川水	7.0E+3
東峰里	河川水	3.5E+3
竹東	河川水	9.0E+3
清泉 (二)	河川水	5.3E+3
柏清	河川水	8.8E+3
烏來	河川水	2.7E+4
屈尺	河川水	9.6E+4
信賢	河川水	5.9E+3
獅潭	河川水	2.1E+3

表五：淨水場水樣中 *Aeromonas* 之檢測結果

採樣地點	水體種類	菌落數 (CFU/100mL) (以 ADA-V 培養基培養)
平鎮淨水場	原水	1.3E+3
	膠羽水	10
	沉澱水	1
	清水	<1
板新淨水場 (一)	原水	1.3E+3
	膠羽水	<10
	沉澱水	<1
	清水	<1
板新淨水場 (二)	原水	1.9E+3
	膠羽水	16
	沉澱水	<1
	清水	<1
板新淨水場 (三)	原水	4.5E+3
	膠羽水	2
	沉澱水	<1
	清水	<1
板新淨水場 (四)	原水	4.9E+3
	膠羽水	<10
	沉澱水	<1
	清水	<1
六堵淨水場 (一)	原水	3.6E+3
	膠羽水	2
	沉澱水	<1
	清水	<1
六堵淨水場 (二)	原水	TNTC
	膠羽水	10
	沉澱水	<1
	清水	<1
六堵淨水場 (三)	原水	1.3E+4
	膠羽水	<10
	沉澱水	<1
	清水	<1

表五：淨水場水樣中 *Aeromonas* 之檢測結果（續）

採樣地點	水體種類	菌落數 (CFU/100mL) (以 ADA-V 培養基培養)
寶山淨水場 (一)	原水	9.5E+3
	膠羽水	3
	沉澱水	<1
	清水	<1
寶山淨水場 (二)	原水	4.6E+4
	膠羽水	TNTC
	沉澱水	<1
	清水	<1
寶山淨水場 (三)	原水	6.0E + 3
	膠羽水	1.3E + 2
	沉澱水	<1
	清水	<1
竹東淨水場	原水	6.4E + 3
	膠羽水	7.0E + 3
	沉澱水	1.2E + 3
	清水	<1
尖石淨水場	溪水	9.8E + 3
	原水	5.3E + 3
	清水	<1
長興淨水場	原水	1.8E+ 4
	膠羽水	2
	沉澱水	<1
	清水	<1
直潭淨水場	原水	7.5E+ 3
	膠羽水	60
	沉澱水	<1
	清水	<1
明德水庫淨水場	原水	2.0E+ 3
	膠羽水	<10
	沉澱水	<1
	清水	<1

表六 北部地區河川中 *Aeromonas* 檢出情形

地區	<i>Aeromonas</i> 種類	
	VITEK	BioLog
寶山	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i> <i>Aeromonas sobria</i>
竹東	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>
尖石	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>
滿月圓	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas sobria</i>
三峽	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas sobria</i> <i>Aeromonas schubertii</i>
板新	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>
侯峒	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i> <i>Aeromonas sobria</i> <i>Aeromonas jandaei</i> <i>Aeromonas allosaccharophila</i>
六堵	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas caviae</i> <i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>
瑞芳	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas caviae</i> <i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>

表六 北部地區河川中 *Aeromonas* 檢出情形 (續)

地區	<i>Aeromonas</i> 種類	
	VITEK	BioLog
信賢	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas media-like</i> <i>Aeromonas jandaei</i> <i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>
烏來	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>
屈尺	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>
直潭堰	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas jandaei</i> <i>Aeromonas hydrophila</i>
烏來	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas allosaccharophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>
明德水庫	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas jandaei</i> <i>Aeromonas allosaccharophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>
獅潭	<i>Aeromonas hydrophila/caviae</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i> <i>Aeromonas veronii / sobria</i> <i>Aeromonas veronii</i>

肆、結論與建議

本研究以 ADA-V 培養基篩選 *Aeromonas*，挑選培養基上產生亮黃色及暗黃色的菌落 200 株，以 BioLog 菌種鑑定系統進行鑑定，結果 *Aeromonas* 的鑑出率

大於 92%，顯示偽陽性小於 8%。而挑選培養基上產生非亮黃色及暗黃色的菌落（綠色及藍色）210 株，以氧化酶測試及醱酵 trehalose 能力進行驗證及菌種鑑定均無屬於 *Aeromonas* 者，即偽陰性 < 1%。USEPA method 1605 規定對於亮黃色及暗

黃色的菌株每次均需先以ADA-V培養基再行劃菌培養驗證一次，再進行氧化酶及醱酵trehalose 試驗，均為陽性者始列入計算。其驗證程序不僅繁瑣，亦耗費許多的人力、物力。本研究經兩種菌種鑑定套組之鑑定結果顯示：以ADA-V培養基篩選 *Aeromonas*，偽陽性僅為8%，偽陰性更小於1%，可有效篩選 *Aeromonas*。因此建議毋須再行培養驗證，直接以培養基上產生亮黃及暗黃之菌落合併計數即可。

本研究離所得之菌株，絕大部分均為人體之主、次要病原菌，以 *Aeromonas veronii* / *sobria* 65株為最多、*Aeromonas hydrophila* 55株次之，*Aeromonas veronii* 34株又次之。以上菌株容易造成腸胃炎及由傷口感染形成蜂窩性組織炎，值得大眾於河川進行休憩活種時多加注意，以免危及健康。

自然界水體 *Aeromonas* 的含量大多是在 10^3 - 10^4 CFU/100mL 之間，上下游之間並無差異。從淨水場水樣之檢測結果來看，原水進水即加氯，即可有效去除 *Aeromonas*，而大部分淨水場原水中 *Aeromonas* 的密度約在 10^3 CFU/100mL 左右，到了膠羽池即降至 10 CFU/100mL 以下，沉澱池及清水中 *Aeromonas* 的檢出率均小於1。可見目前淨水場之處理流程均足以祛除本菌。

參考文獻

1. 蔡文城2000 實用臨床微生物診斷學 第九版 九州圖書文物有限公司
2. Havelaar, A.H. M. During & J.F.M. Versteegh (1987) Ampicillin-dextrin agar medium for the enumeration of *Aeromonas* species in water by membrane filtration. *Journal of Applied Bacteriology*. 62, 279~287.
3. J, Michael Janda & S, L, Abbott (1998) Evolving concepts regarding the Genus *Aeromonas*: An expanding panorama of species, disease presentation, and unanswered question. *Clinical Infectious Diseases* : 27 : 332~344.
4. Janda JM, Duffey PS (1998) Mesophilic *Aeromonas* in human disease: current taxonomy, laboratory identification and infectious disease spectrum. *Rev Infect Dis* 5:980-997.
5. Handfield M, P, Simard & R, Letarte (1996) Differential media for quantitative recovery of waterborne *Aeromonas hydrophila* *Applied and Environmental Microbiology* 62 : 3544~3547
6. MacDonell MT, Colwell RR (1985) Phylogeny of the Vibrionaceae, and

- recommendation for two new genera, *Listonella* and *Shewanella*. *Syst Appl Microbiol* 6:171-182.
7. Method 1605 : *Aeromonas* in Finished Water by Membrane Filtration pp27 EPA 821-R-00-026 U.S.EPA Office of Water (2000)
8. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 1998. 20th Edition. Section 9260 °
9. Moyer, N.P. 1996. Isolation and enumeration of *Aeromonas* In: *The Genus Aeromonas*. Eds. B. Austin etc John Wiley and Sonpublisher, Chichester, U.K.

優養化水源中醛類及生物可利用有機碳(AOC)在臭氧程序中變動之研究

Determination of the Aldehydes and Assimilable Organic Carbon During Ozonation of Eutrophication Waters

黃文鑑¹、陳茹雲²

摘要

表面水源優養化造成藻類大量繁殖是目前公共給水的一大困擾，本研究取本省遭優養化之表面水源，進行原水中溶解性有機碳（Dissolved Organic Carbon, DOC）、醛類（aldehydes）物種及生物可利用有機碳（Assimilable Organic Carbon, AOC）之分析，同時觀察原水臭氧化後，各有機參數之變動情形。結果顯示各優養化原水之DOC值與其他水源相比並不高，臭氧處理後則有增加趨勢，推測是原水中所含之藻細胞受臭氧氧化而釋放有機基質所致。原水中醛類主要物種以低碳數之formaldehyde及acetaldehyde佔多數，臭氧處理後各原水之醛數物種大致有增高現象，尤其是formaldehyde增幅最大，顯示臭氧處理水所增加之有機物含有醛類，且大部份是屬低碳數者。針對原水中生物

可利用有機物含量，由AOC值可見四處原水之AOC_{Total}均超出100 μ g acetate-C/L。各原水經臭氧處理後，AOC之變化趨勢不同，顯示優養化原水臭氧化後，有機物之轉變除造成醛類物種增加，同時亦造成水中生物可利用基質之型態改變，至於各原水變動之差異性，可能與原水水質及水中藻類濃度或分佈藻種有關。

關鍵字：藻類、溶解性有機碳、醛類、生物可利用有機碳、臭氧

Abstract

The presence of algae in a drinking water source can have a significant impact on the treatment of that water. The purposes of this research are to identify the organic compounds products by algae, including aldehydes and assimilable organic carbon (AOC). Determine cell membrane damage

1. 弘光科技大學環境工程系助理教授

2. 弘光科技大學環境工程系研究助理

(as measured by ozone release), and the cellular release of organic compounds. The experiments also focus on organic compounds produced by selected algal cultures and determine the physiological effects of water treatment disinfectants. Results of the present study indicate that the dissolved organic carbon (DOC) content of eutrophication waters was increased during ozonation. The additional DOC, presumably arising from increased liberation of extracellular organic matter (EOM). The distribution of aldehyde species indicates that formaldehyde and acetaldehyde are the predominant forms in ozonation waters. Assimilable organic carbon AOC_{Total} values in the eutrophication waters were over 100 μ g acetate-C /L, and the use of ozonation cause significant changes in the AOC content of four treatment waters. Overall, ozonation not only caused an increase in the aldehydes content of the eutrophication waters, but also changes the character of biological assimilable substrates. These results suggest that the transformation of DOC was depending on water sources and algal species.

Key words: Algae, Dissolved organic carbon,

Aldehydes, Assimilable organic carbon, Ozone

一、前言

表面水源優養化造成藻類大量繁殖是目前公共給水的一大困擾，其中藻類所引起的臭味，對飲用水品質影響甚鉅，根據文獻報導大約有60種藻類能產生發臭物質而導致水體有異臭（例如臭、土臭、魚腥臭、糞臭等），其中可能的臭味物質包括碳水化合物、醛類化合物、有機酸及氨基酸等⁽¹⁾⁽²⁾。再者，優養化原水前消毒過程中，氯、氯胺或臭氧等消毒劑在高劑量條件下，可能使藻細胞之有機物釋出，導致處理水之溶解性有機物（DOC）增加或甚至產生如geosimin、aldehydes及polysaccharides等物質⁽³⁾，且消毒劑所接觸的時間越長，所釋放的臭味物質會越多⁽⁴⁾。

在淨水程序中，前氧化劑/消毒劑常被使用，通常氧化劑能幫助去除藻類，但不同的氧化劑因其氧化力及化性相異，所以對藻類去除結果也不相同。國外文獻報導以氯為前氧化劑，沉澱池為Upflow Pulsed Sludge Blanket Clarifiers（UPSBC）之型式，對藻類去除率可達到99%⁽⁵⁾，另一氧化劑，鉀在低劑量時（約0.5mg/L）可抑制藻類移動能力，並促進後續淨水程序除藻功效，此作用機制亦有多位學者提出

⁶⁷⁸。針對高具氧化力的臭氧與藻類作用情形,文獻指出因不同藻類具有不同形體、表面特性及移動性,因此即使相同的藻類亦將因不同的生長期而有不同的表面特性,相對地,臭氧對其氧化力亦有差異,但可確定的是太高的臭氧劑量可能會使細胞內的有機質或細胞壁組織釋出,造成水中有機物濃度增加,甚至產生臭味物質⁹。另一方面,如能控制臭氧劑量,對藻類的移除則有正面功效,文獻以浮除池除藻為例,有前臭氧之藻類去除率可達90%以上,較未前臭氧者增加約20%去除功效¹⁰。

鑑此,水源優養化產生臭味物質,已無法僅藉消毒劑或氧化劑破壞去除,某些消毒劑甚至對處理水之臭味物質變動有負面影響,本實驗以取自受藻類污染嚴重之表面水源為對象,針對藻類可能代謝之醛類物質(aldehydes),包括formaldehyde、acetaldehyde、propanal、butanal、valeraldehyde、hexanal、heptanal、nonanal、decanal、crotonaldehyde、benzaldehyde、glyoxal、methyl glyoxal、cyclohexenone、octyl alcohol等15種,進行分析。同時,在實驗室利用培養純藻及進行加臭氧反應,觀察消毒處理水中醛類物質之變動情形,並輔以生物可利用有機物(Assimilable Organic Carbon,簡稱AOC)的分析,探討aldehydes與AOC之相關性,藉此評估優養化水源進行消毒之

較合適條件。

二、研究方法

2-1 實驗材料、設備

2-1-1 試驗原水

本研究選取優養化水庫,主要是中部地區德基水庫(簡稱DZWF)、南部地區嘉義仁義潭水庫(JYWF)、鳳山水庫(FSWF)、澄清湖水庫(CCLWF),各水庫為之基本水質如表1所示,各水庫原水pH均有偏高現象,而葉綠素a在鳳山水庫偏高,氨氮則在仁義潭水庫有提高趨勢,總磷在鳳山水庫更高出於其他水庫,在水體分類中,鳳山水庫及澄清湖水庫均為丙級水體,而德基水庫及嘉義水庫是乙體水庫¹¹。

2-1-2 AOC分析菌種及材料

本項實驗所使用之菌種*Pseudomonas fluorescens* strain P17及*Sporillum* species strain NOX二種菌種,所使用的主要器材和藥品有:玻璃三角燒瓶(1000mL,Pyrex,有劃刻度,而且在瓶口有磨砂玻璃平頭磨砂蓋,另每瓶準備10 cm的鎳鉻不銹鋼絲,和250ml塑膠PE燒杯,當保護及防塵用);試管(16mm×150mm,Pyrex,#9820並且加上鋁蓋);塗抹棒(三角型,粗5mm,邊長5cm);血清瓶(1000ml);烘箱(>250°C);培養箱

(VERTEX,VT 10)；自動定量吸取器(10ml)；快速高壓滅菌器(TM-328)；UV滅菌台；Lab-Lemco Broth (Oxoid)；Technical agar (Oxoid)；Oxidase；m-Endo Medium。

2-2 原水臭氧化實驗

本實驗採用的臭氧反應槽是利用玻璃管柱槽體(H：150cm，ID：10cm)，將臭氣產生機(OZOTECH，OZ1BTU)之臭氣，控制適合濃度，以散氣盤方式通入反應槽與試樣水樣接觸，同時在槽體進、出口偵測氣相及液相殘留之臭氧濃度，整體設備的配置如圖1所示。

2-3 有機物分析方法

2-3-1 醛類(Aldehydes)分析方法

取臭氧生成化之優養化水庫20mL，並加入1mL pH KHP/NaOH buffer，再加入1mL 15mg/mL PFBHA (衍生劑)混合均勻後，再放置於45°C水浴槽或恆溫箱中1hr，取出並置於室溫。再加入0.05mL濃H₂SO₄ (反應剩餘之PFBHA)，並開始萃取，加入4mL 正己烷(hexane,)以手動方式劇烈搖晃3min，再靜置約5min，使正己烷與水相分層，用Pipet吸取上層液至已有3mL 0.2N H₂SO₄，之樣品瓶中，再以手動方式約搖晃30秒，再將樣品靜置5min，最後再用Pipet吸取上層液到分析

樣品瓶(1.5mL)中，並以GC/ECD做定性、定量分析。

2-3-2 生物可利用有機碳(AOC)分析方法

(a) 水樣滅菌及植菌

將水樣瓶口置一鎳鉻絲後，放入90°C之恆溫水槽至瓶內溫度達60°C時，再將水樣瓶移至60°C之恆溫箱30分鐘滅菌，取出，待冷卻後，同時植入P17及NOX預先培養之純菌菌液，使水樣起始菌數落於100~500 CFU/mL之間。

(b) 菌生長曲線觀測

植菌後之水樣立即採樣塗抹於LLA agar上，以分析菌數，並將水樣培養於15°C下，每隔1、2天採樣分析菌數。塗抹後之培養皿於25°C培養，3天後數菌。並繪其生長曲線，直到P17及NOX之生長達最大菌落數(N_{max})為止。

(c) AOC的計算

將重覆分析水樣所得P17及NOX生長之最大菌落數(N_{max})的平均值，乘以1000除以各菌種之產率(Yield value)，可分別求得AOC-P17和AOC-NOX值，再相加得AOC-Total (μg acetate-C/L)。即：

$$\text{AOC } (\mu\text{g acetate-C/L}) = \frac{N_{\text{max}} (\text{CFU/mL}) \times 1000 (\text{mL/L})}{\text{Yield } (\text{CFU}/\mu\text{g acetate-C})}$$

$$\text{AOC-Total} = \text{AOC-P17} + \text{AOC-NOX}$$

三、結果與討論

3-1 優養化原水溶解性有機碳 (DOC) 及醛類在臭氧處理程序之變動

本實驗取本省四處優養化表面水源進行DOC分析，同時利用臭氧化處理，觀察不同臭氧劑量下之變動情形，圖2顯示原水之DOC值除JYWF原水偏高（約2.6 mg/L），其餘均在1~1.5mg/L，顯示優養化原水中之有機物含量並不顯著。臭氧化處理後，JYWF原水在低臭氧劑量（ ≤ 2 mg-ozone/mg-DOC），DOC值變化不大，

然提高劑量至3 mg-ozone/mg-DOC以上時，即發現DOC有明顯上昇趨勢，在本實驗控制之高臭氧劑量範圍（5~11 mg-ozone/mg-DOC），DOC約可增加1mg/L。再者，FSWF及CCLWF在高臭氧劑量條件亦可觀察出DOC有略增趨勢，而DZWF則呈下降趨勢。據此結果推測三種原水DOC增加之原因，可能是臭氧化過程原水中藻類受臭氧氧化劑作用，破壞藻細胞壁，藻體釋放出有機基質，造成水中DOC值增加，而此現象需在高臭氧劑量下方得以發生，同時臭氧對藻細胞之氧化破壞力可能與藻種有關，因此造成各種原水DOC增加量有明顯差異。另一方面，由於DZWF原水可能因藻類含量較低（表1之葉綠素a值所示），臭氧破壞藻體所釋放出之有機質較不明顯。

圖3是優養化原水及經臭氧後，醛類 (aldehydes) 之變動情形（本實驗主要分析的醛類物種共有15種），圖中顯示四種原水之醛類濃度以FSWF及CCLWF原水較高，其餘均不高（低於 $15 \mu\text{g}$ ）。臭氧化後，四種原水醛類濃度均有顯著增加，在臭氧加量高於2 mg-ozone/mg-DOC條件下，尤其明顯，此結果顯示原水中之有機物經臭氧化後，部份將轉變成生物較能利用之醛類物種，同時由圖2之DOC值增加情形，推測有部份增加醛類可能來自藻細胞釋出之基質。再者，藉由分析各原水及臭氧處理水之醛類物種分佈（表2所示），首先各原水中所偵測得之醛類物種大致以formaldehyde、acetaldehyde、propaldehyde、butaldehyde、hexaldehyde、crotonaldehyde、valeraldehyde及decanal等為主，其中低碳數之物種相當高。經臭氧化處理，各原水中之醛類物種大致均呈遞增趨勢，尤其是formaldehyde更有大幅增長。此結果顯示，有機物與臭氧反應，轉生成之醛類物種，有大部份是屬低碳數者。

3-2 生物可利用有機碳 (AOC) 在原水及臭氧化後之變動

圖4至圖6分別為FSWF、CCLWF及JYWF三種原水及經不同臭氧量處理後，AOC之變動情形，首先圖4顯示FSWF原

水中不同總AOC值

(AOC-Total) 為 $213 \mu\text{g acetate-C/L}$ ，其中AOC-P17及AOC-NOX值分別為 155 、 $58 \mu\text{g acetate-C/L}$ ，可見FSWF原水中之AOC-P17佔大部份，此應是P17菌屬可利用較廣泛之基質⁽¹²⁾⁽¹³⁾，如胺基酸、羧酸、hydrocarboxylic acid、醇及大部份之碳水化合物，而NOX菌主要是利用羧酸類基質。原水經臭氧化後，發現在低臭氧下，AOC-Total變化不大，然提高臭氧超過 $2 \text{ mg-O}_3/\text{mg-DOC}$ ，AOC-Total有大幅增加趨勢，而由二菌種分別測得值，顯示AOC-P17隨臭氧增加而減少，AOC-NOX則呈增加，推測是原水中之有機物經臭氧化後轉變成P17菌較難利用之有機質，但對NOX菌則屬較易利用者，根據文獻⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾，臭氧化後之產物，如formate、oxalate、glyoxylate及glycolate等，較易被NOX菌所分解利用。

再者，圖5為CCLWF原水及臭氧處理水之AOC變動情形，原水AOC-Total值約為 $137 \mu\text{g acetate-C/L}$ ，其中AOC-P17、AOC-NOX分別為 116 、 $21 \mu\text{g acetate-C/L}$ ，前者佔AOC-Total之 84% 及 16% ，可見CCLWF原水中AOC仍以AOC-P17佔多數。臭氧化後之水中AOC-Total呈現減少趨勢，在臭氧高於 $1 \text{ mg}/\text{mg-DOC}$ 劑量下，AOC值即有明顯衰減，AOC-P17亦隨臭氧量增加而逐漸降低，而AOC-NOX

卻呈遞增，此結果與圖4之FSWF原水類似。另觀察JYWF原水之AOC變化，可見其AOC-Total值高達 $455 \mu\text{g acetate-C/L}$ (AOC-P17= $372 \mu\text{g acetate-C/L}$ ，AOC-NOX= $83 \mu\text{g acetate-C/L}$)，與DOC值同為三種原水中最高者，而AOC-P17仍佔大部份。臭氧處理水中AOC-P17減少，AOC-NOX則增加，整體AOC-Total仍呈降低，與圖5之CCLWF原水臭氧化結果有相同趨勢。

圖7為各原水及臭氧處理水中AOC-Total與DOC之比值變化情形，其中三種原水之AOC-Total/DOC範圍為 $9\sim 17\%$ 均較國外地下水、湖泊水及沼澤水 $0.6\sim 5.8\%$ 之範圍高⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾，顯見本實驗選取之三處優養化表面水中，所含生物可分解性基質之量相當高。另由圖8之Aldehyde/AOC比值，顯示三處原水以FSWF最高（約 25% ），其餘均低於 5% ，推測FSWF原水中屬生物可分解有機物中，醛類佔有頗高比重，同時觀察臭氧後Aldehyde/AOC之變化，可見三種原水均呈增高現象，推測臭氧後水中Aldehyde貢獻於AOC者之比例增加。

3-3 實驗室培養純藻之代謝及臭氧化後有機物分析

3-3-1 *Chlorella* sp. 代謝有機物之分析
藻類培養是利用實驗室之光照培養

箱，控制溫度、光照強度及時間，將選購之純藻添加適當濃度於配置之營養鹽培養液中，於培養期間定時分析其生長濃度、DOC、aldehydes、fatty acids 及AOC。實驗結果顯示，培養之Chlorella sp.純藻種在生長繁殖期間，溶液中之溶解性有機碳(DOC)(圖9)、aldehydes及AOC(圖10)均隨藻類數目增加而有遞增趨勢，其中以DOC最明顯。fatty acids 在全程培養期間則並未偵測出。據文獻報導，一般藻類在代謝過程可能會釋出細胞外產物(extracellular products, 簡稱ECPs)，產生之主要ECPs組成化學物質為脂肪酸(fatty acids)、碳水化合物(carbohydrates)、醛類化合物(aldehydes)及氨基酸(amino acids)等⁽¹⁸⁾。據此推測本實驗培養之Chlorella sp.溶液中所增加之DOC、aldehydes及AOC可能源自於ECPs。

3-3-2 臭氧氧化Chlorella sp. 溶液之有機物變動

將恆溫光照培養槽之Chlorella sp.母液分別稀釋配製成三種濃度之人工原水，在固定pH值、鹼度及離子強度等水質條件下，通入臭氧反應，顯示溶液中所測得之DOC值隨臭氧量增加而增加，其中以Chlorella sp.濃度較高者最為顯著(圖11)，推測所增加之DOC可能源自藻體被臭氧破壞所釋放出之有機質。

針對AOC在臭氧前後之變動比較(圖12)，臭氧前液相單位DOC之AOC-P17及AOC-NOX分別為34、5 μ g-acetate-C/mg-DOC，其中AOC-P17約佔87%，此應是Chlorella sp.代謝之基質較易被P17菌屬可利用。經臭氧後，AOC-Total大致呈增加趨勢，其中之AOC-P17略為降低，而AOC-NOX則增加，可能原因是一、臭氧破壞Chlorella sp.所釋放出之基質為P17菌難以利用，但反亦被NOX菌所利用，如羧酸類基質，二、臭氧將原屬P17菌可利用之基質轉變成無法利用者，另文獻中亦有報導，某些藻體細胞壁受臭氧氧化所釋出之基質對P17菌生長有抑制作用。

再者，針對醛類(aldehydes)之變動情形，圖13顯示臭氧前液相單位DOC之醛類濃度約40 μ g/L，以formaldehyde、acetaldehyde較高，合計約佔72-80%，其他具較高碳數者約20-28%。臭氧化後，醛類濃度顯著增加，在臭氧加量高於2 mg-ozone/mg-DOC條件下，尤其明顯，其中大部分為低碳數之formaldehyde、acetaldehyde，此結果顯示臭氧破壞Chlorella sp.所釋放出之有機物中，有部份為生物較能利用之醛類物種，同時臭氧亦有可能將其他有機基質轉生成醛類。

四、結論

針對遭優養化原水中有機物及經臭氧

處理後之變動情形，本研究利用分析各項有機參數值進行探討，所獲之結論如下：

- (一) 優養化原水臭氧處理將造成溶解性有機物濃度增加，推測來源是水中藻細胞被破壞所釋出之有機質。
- (二) 原水中所含之醛類濃度，各水源差異頗大，醛類物種主要以低碳類之 formaldehyde 及 acetaldehyde 為主，各原水經臭氧處理後醛類濃度均有增加，其中以 formaldehyde 最為顯著。
- (三) 各優養化原水中之生物可利用有機質 (AOC) 含量差異頗大，但均在 $100 \mu\text{g acetate-C/L}$ 以上，其中 AOC-P17 佔有較高比例，AOC/NPDOC 比值約在 9~17% 範圍，高於國外各水源之統計測值。
- (四) 各原水臭氧處理之 AOC-Total 增減趨勢不同，其中 FSWF 原水呈增加趨勢，CCLWF 及 JYWF 原水則衰減。此外，AOC-P17 在各臭氧水中均有減少，而 AOC-NOX 則增加。
- (五) 實驗室培養之 *Chlorella sp.* 在成長增殖期間，溶液中之 DOC、aldehydes 及 AOC 隨培養藻體濃度增加而增加，推測來源是藻細胞代謝所釋出之有機質。
- (六) *Chlorella sp.* 經臭氧處理之 AOC-Total 增加，其中 AOC-P17 隨臭氧量

增加而減少，AOC-NOX 則呈增加趨勢。推測是 *Chlorella sp.* 被臭氧氧化所釋出之有機質較易被 NOX 菌屬可利用。

五、誌謝

本研究承蒙行政院國科會補助經費 (NSC91 -2211-E-241-003)，將此誌謝，對德基、仁義潭、鳳山、澄清湖等水庫管理先進協助採樣，亦在此一併銘謝。

六、參考文獻

1. Chrost, R.J. Munster, U., Rai, H., Albrecht, D., Witzel, K. and Overbeck, J. "Photosynthetic Production and Exoenzymatic degradation of Organic Mater in the Euphotic Zone of a Eutrophilic Lake", *Journal of Plankton research.*, 11 (2), pp.223-242, 1989a.
2. Chrost, R.J. "Characterization and Significant of β -Glucosidase Acitivity in Lake Water", *Limnol. Oceanogr.*, 34 (4), pp.660-672, 1989b.
3. Wricke, B., Petzlodt, H., Heiser, H. and Bornmann, K. "NOM-Removal by Biofiltration after Ozonation-Result of a pilot Plant Test", *Advance in Slow Sand and Alternative Biological Filtration*, N. Graham, and R. Collin, eds, John Wiley

- & Son, pp.51-60, 1996.
4. Hu, J.Y., Wang, Z.S., NG, W.J. and Ong, S.L. “The Effect of Water Treatment Processes on the Biological Stability of Potable Water” , *Water. Research*, 33 (11) , pp.2587-2592, 1999.
 5. Mouchet, P. and Bonnelye, V. “Solving Algae Problems : French Expertise and World-wide Application” , *J. Water SRT Aqua*, 47 (3) , pp.125-141, 1998.
 6. Sukenik, A., Teltch, B., Wachs, A. W., Shelef, G., Nir, I. And Levanon, D. “Effect of Oxidants on Microalgal Flocculation” ,*Wat. Res.*, 21 (5) , pp.533-539, 1987.
 7. Steynberg, M. C., Guglielmi, M. M., Geldenhuys, J. C. and Pieterse, J. H. “Chlorine and Chlorine Dioxide : Pre-oxidants Used as Algocide in Potable Water Plants” , *J Water SRT-Aqua*, 45 (4) , pp.162-170, 1996.
 8. Petrusovski, B., Van Breemen, A. N. and Alaerts, G. “Effect of Permanganate Pretreatment and Coagulation with Dual Coagulants on Algae Removal in Direct Filtration” ,*J.Water SRT-Aqua*, 45 (5) , pp.316-326, 1996.
 9. Martin, R. “Effects and Mechanisms Involved in Preoxidation and Particle Separation Process” , *Wat. Sci.Tech.*, 37 (10) , pp.1-7, 1998.
 10. Antoine, M. and Benedicte, W. “ Preozonation Couple Flotation Filtration : Successful Removal of Algae” , *Wat. Sci. Tech.*, 37 (2) , pp.65-73, 1998.
 11. 吳俊哲等, 「八十八年度台灣地區主要水庫水質監測計劃」, 行政院環境保護署。
 12. Gibbs, R.A., Scutt, J.E., and Croll, B.T., “ Assimilable Organic Carbon Concentration and Bacterial Numbers in a Water Distribution System” , *Wat. Sci. Tech.*, 27 (4) , pp. 159-166, 1993.
 13. Huck, P.M. Fedorak, P.M. and Anderson, W.B. “Formation and Removal of Assimilable Organic Carbon During Biological Treatment” , *Jour. AWWA* , 83 (12) , pp.69-80, 1991.
 14. Van der Kooij, D., Hijnen, W. A. M., and Kruithof, J.C. “ The Effect of Ozonation, Biological Filtration and Distribution on the concentration of Easily Assimilable Organic Carbon (AOC) in Drinking Water.” *Ozone Sci. & Engi.*, 11 (4) , pp.297-311, 1989.
 15. Vahala, R., Ala-Peijari, T., Rintala, J. and

- Laukkanen, R. "Evaluating Ozone Dose for AOC Removal in Two-step GAC Filters", *Wat.Sci.Tech.*, 37 (9), pp.113-120, 1993.
16. Van der Kooij, D. "Assimilable Organic Carbon (AOC) in Drinking Water." in *Drinking Water Microbiology*, G.A.McFeter ed., Springer-Varlay, New York, 1990.
17. Kim, W.H., Nishijima, W., Baes, A.U. and Okada, M. "Micropollutant Removal with Saturated Biological Activated Carbon (BAC) in Ozonation-BAC Process", *Wat. Sci. Tech.*, 36 (12), pp.283-298, 1997.
18. Hayes, K.P., and M.D. Burch. "Odorous Compounds Associated With Algal Blooms in South Australian Waters", *Wat. Res.*, 23 (1), pp.115-121, 1989.

表1 本實驗採集優養化原水之基本水質

分析項目 (Unit)	德基水庫 (DZWF0)	仁義潭水庫 (JYWF)	鳳山水庫 (FSWF)	澄清湖水庫 (CCLWF)
pH 值	8.0~8.4	7.4~8.6	7.3~7.93	8.3~8.7
溶氧(mg/L)	7.3~8.1	5.4~9.0	2.1~10.3	9.1~11.5
濁度(NTU)	0.7~4.1	1.9~8.9	2.3~5.3	3.4~8.2
懸浮固體 (mg/L)	1.0~2.7	1.0~8.6	5.9~10.3	9.5~14.7
葉綠素 a (μ g/L)	0.8~2.2	1.2~8.3	22.3~94.6	21.5~44.2
氨氮 (μ g/L)	44.3~184.3	78.3~266	83.5~174.8	50.0~185.5
有機氮 (μ g/L)	58.3~620.5	101.3~767	66.0~4005.0	69.0~666.0
硝酸鹽氮 (μ g/L)	620~1125	74~636.3	330.8~1390	200.5~964.8
亞硝酸鹽氮 (μ g/L)	70~72	73.7~736	193.5~778.8	78.5~415.3
總磷 (μ g/L)	12.4~28.7	18.6~34.5	262.5~1170	73.8~249.7

表2 原水及臭氧處理水中醛類物種之濃度分佈

Species (unit: μ g/L)	Ozone dosage (mg/L)				
	Raw water	1	2	6	11
FSWF					
Formaldehyde	17.7	24.4	42.3	44.1	66.5
Acetaldehyde	16.7	17.9	3.9	7.0	15.2
Propaldehyde	6.2	7.4	8.5	6.6	8.0
Butaldehyde	2.7	1.6	1.6	ND	ND
Hexaldehyde	5.0	5.6	7.4	7.2	7.3
Crotonaldehyde	6.2	6.0	5.1	6.8	9.9
CCLWF					
Formaldehyde	74.1	82.7	104.1	130.6	102.5
Propaldehyde	0.2	2.6	4.7	3.8	4.8
Valeraldehyde	1.2	2.1	2.4	2.3	1.2
Hexaldehyde	ND	4.6	4.9	4.1	4.6
Decanal	3.3	12.9	2.9	2.5	4.5
JYWF					
Formaldehyde	2.7	8.4	26.6	51.7	56.6
Propaldehyde	0.3	ND	2.4	2.9	1.9
Hexaldehyde	3.8	4.8	6.1	7.9	5.8
Crotonaldehyde	5.8	7.1	9.7	6.5	10.0
DZWF					
Formaldehyde	ND	2.8	1.9	12.2	27.2
Hexaldehyde	4.8	6.1	7.9	6.9	6.5

臭氧反應槽

(H:150cm x ID:10cm)

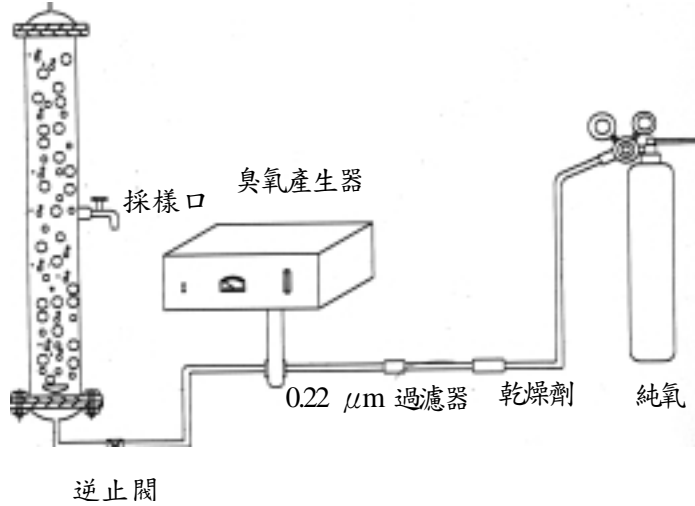


圖1 臭氧化設備配製圖

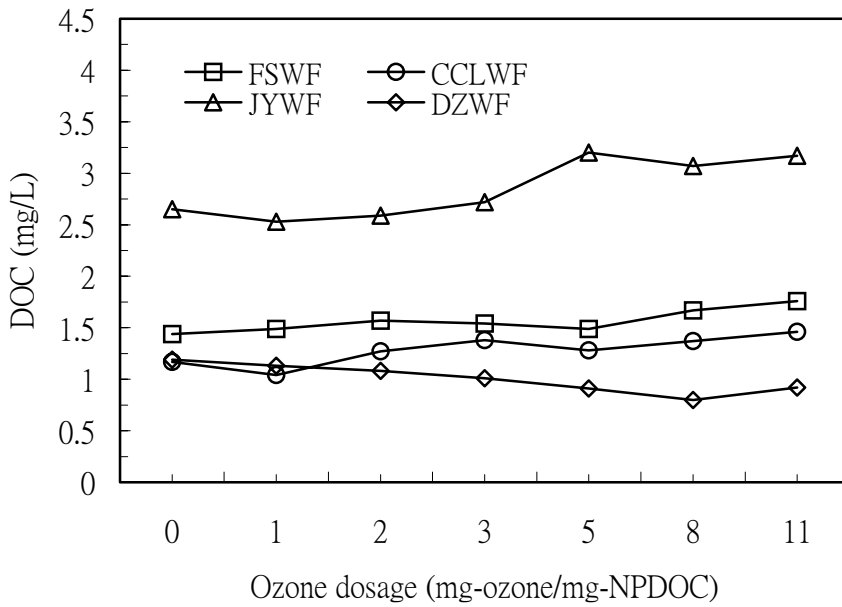


圖2 臭氧劑量與處理水DOC濃度之相關性

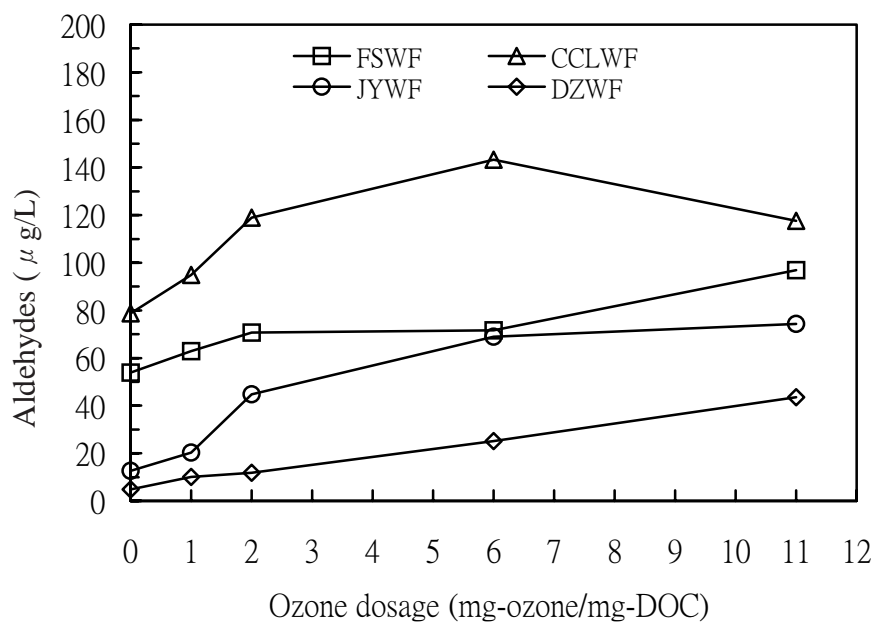


圖3 臭氧劑量與處理水Aldehydes濃度之相關性

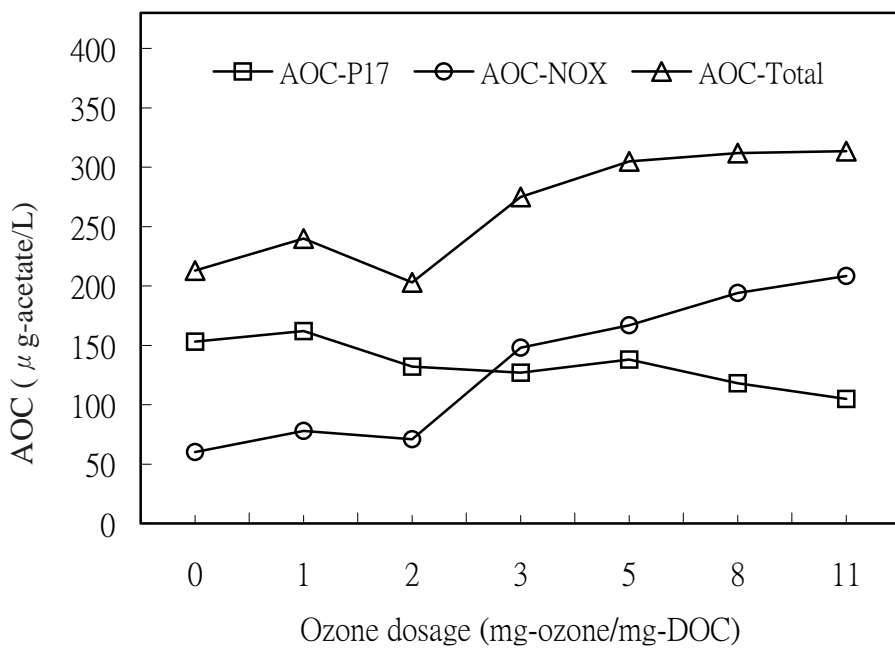


圖4 臭氧劑量與處理水AOC濃度之相關性 (原水：鳳山水庫)

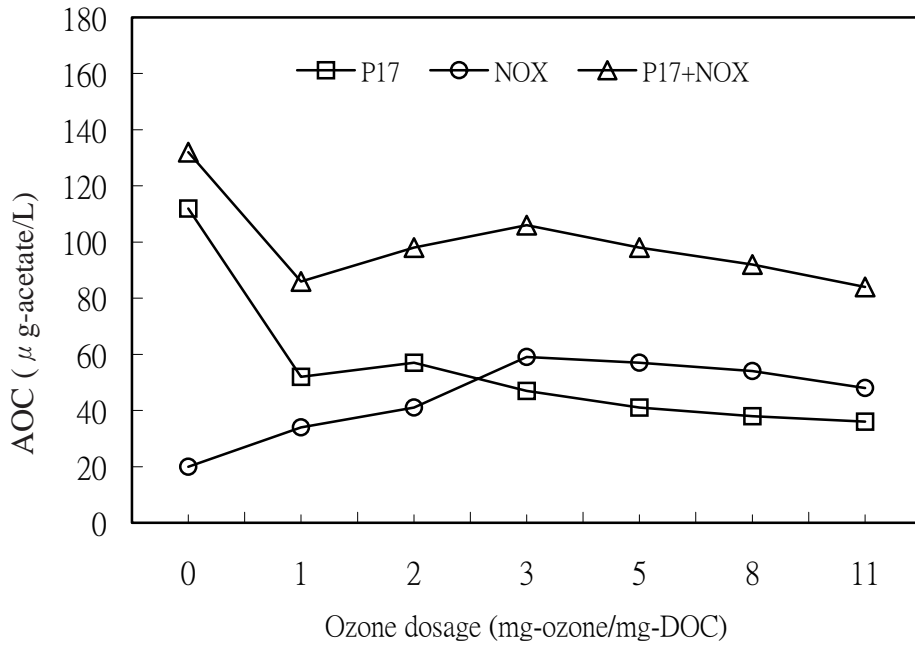


圖5 臭氧劑量與處理水AOC濃度之相關性 (原水：澄清湖水庫)

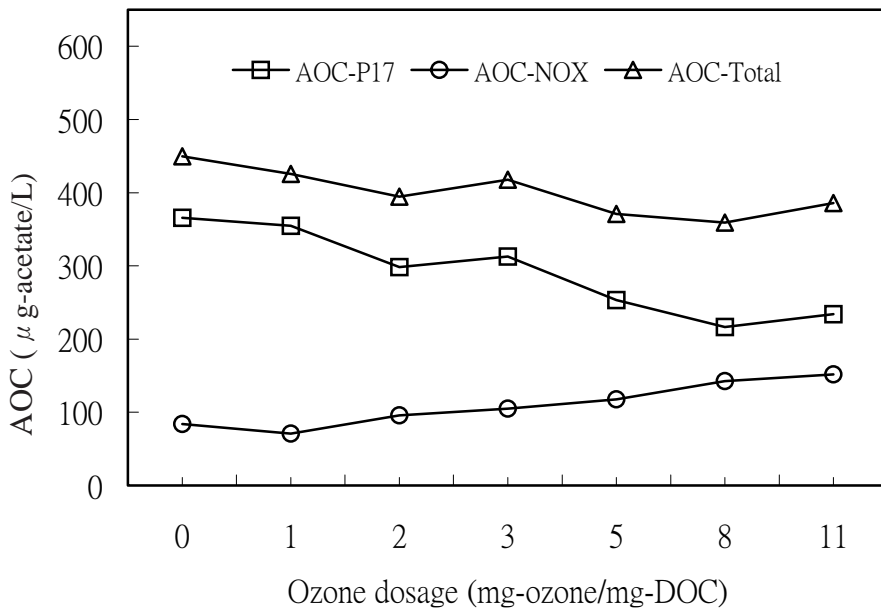


圖6 臭氧劑量與處理水AOC濃度之相關性 (原水：嘉義仁義潭水庫)

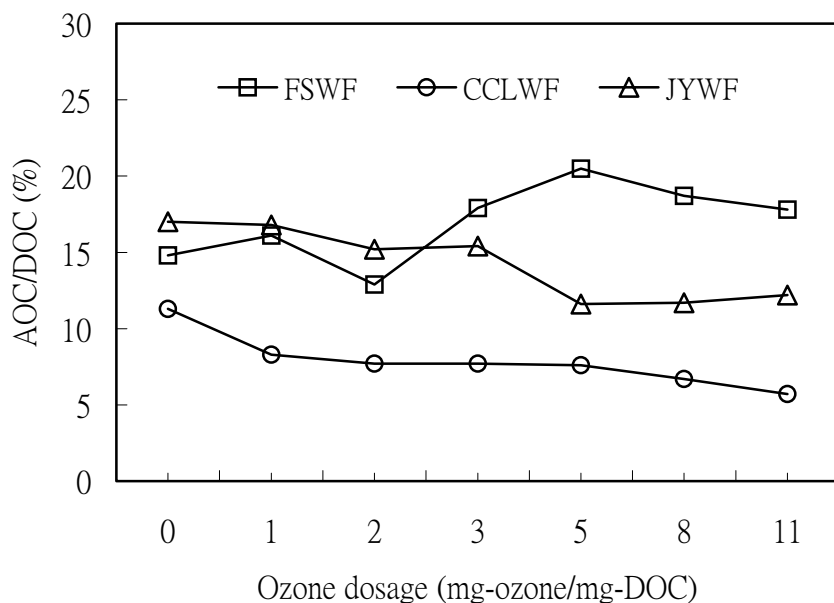


圖7 各臭氧劑量與處理水AOC佔溶解性有機碳 (DOC) 之比值

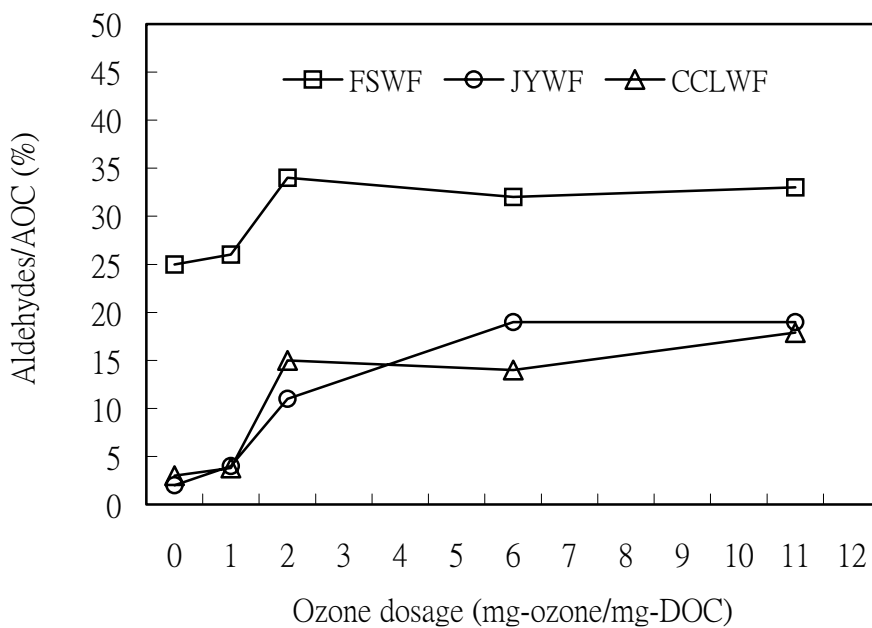


圖8 各臭氧劑量與處理水Aldehydes佔生物可利用有機碳 (AOC) 之比值

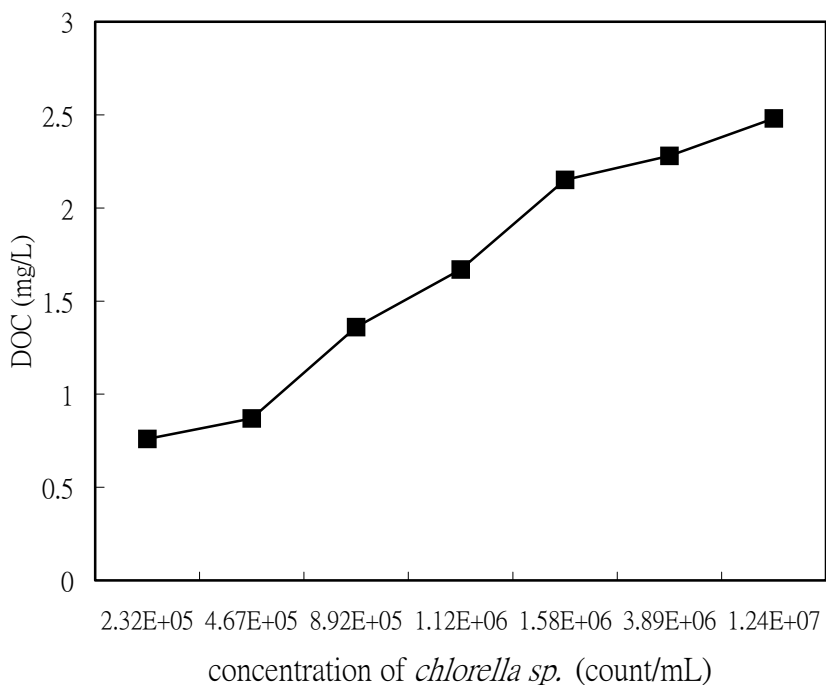


圖9 培養液中藻類濃度與DOC濃度之相關性

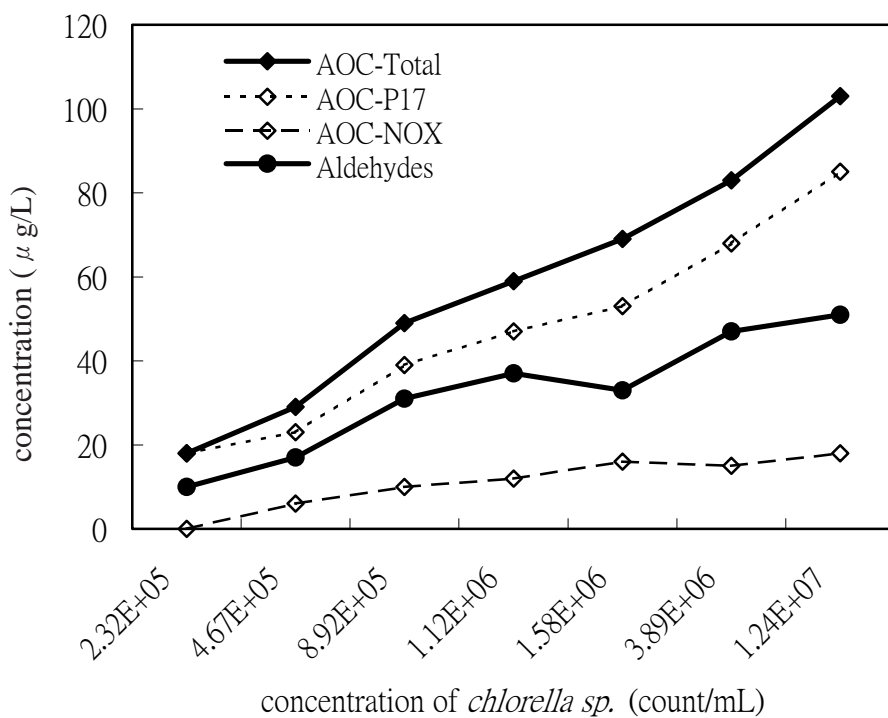


圖10 培養液中藻類濃度與AOC、Aldehydes濃度之相關性

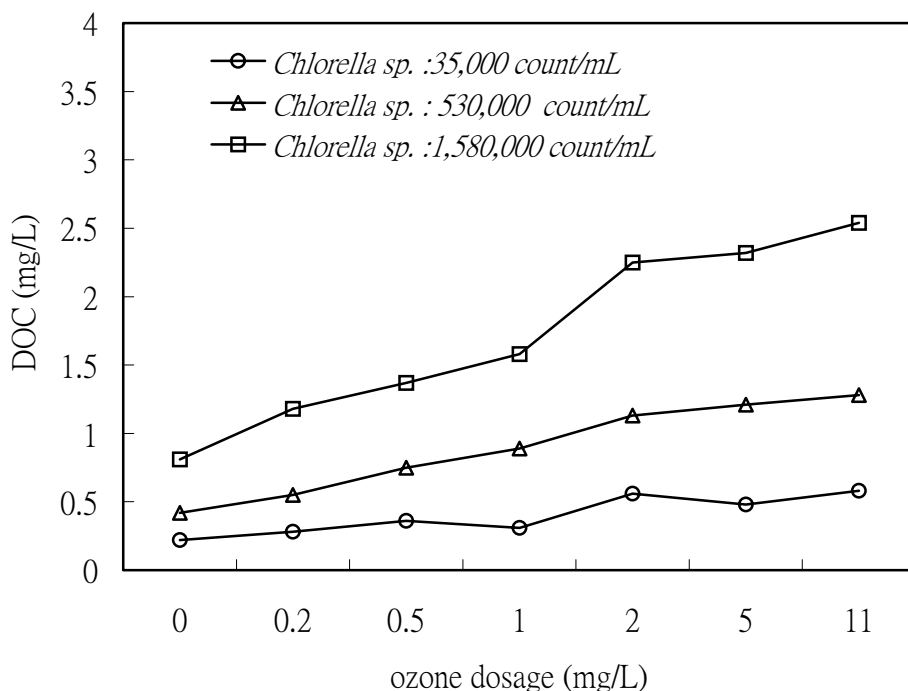


圖11 比較不同藻類濃度與臭氧接觸後處理水中DOC之變化

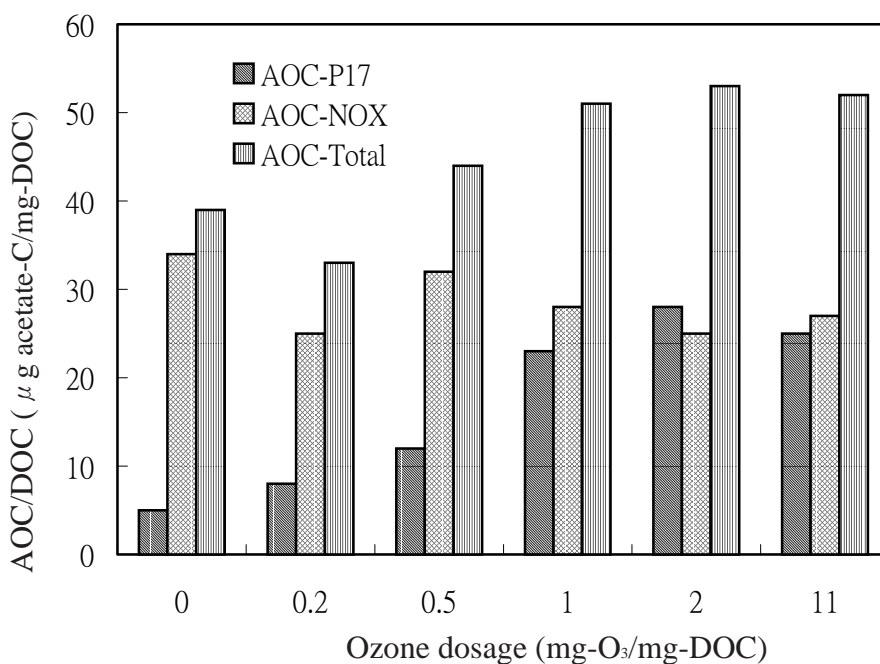


圖12 不同劑量臭氧處理水中AOC/DOC比值之變化
(*chlorella sp.* culture count : 1.58×10^6)

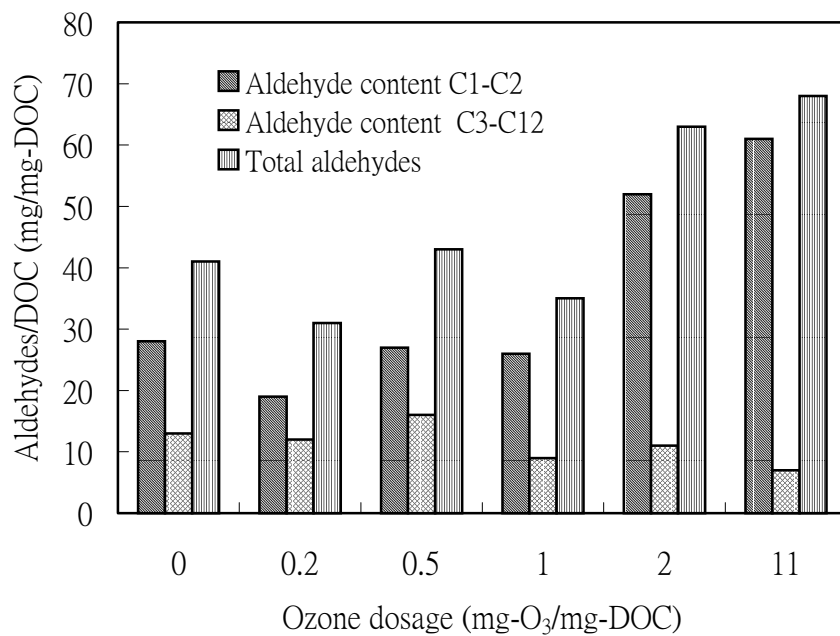


圖13 不同劑量臭氧處理水中Aldehydes/DOC比值之變化
(*chlorella sp.* culture count : 1.58×10^6)

淨水污泥添加有機肥料後重金屬生物 有效性濃度變化

許正一*

摘要

台灣地區每年產生數量龐大的淨水污泥，而基於廢棄物再利用及資源化之立場，並考慮重金屬存在環境中之風險，本研究擬探討直潭、拷潭及坪頂淨水場污泥添加有機肥料後，鎘、鉛、銅、鋅等重金屬生物有效性之變化，以評估污泥做為土地施用或植栽培養土之參考。結果顯示，三種污泥經1:1之比例添加植物性有機肥料，並經兩個月室溫孵育後，以去離子水及DTPA評估鎘、鉛、銅及鋅之生物有效性濃度變化，可發現鎘和鉛含量均很低，且孵育兩個月後含量並不會增加。銅及鋅雖經孵育並添加有機肥料後，會增加生物有效性濃度，但此二元素為植物生長所需，因此尚不致對環境造成危害。

關鍵詞：污泥、重金屬、有機肥料、生物有效性。

Bioavailable Concentrations of Heavy Metals in the Sludges Amended with Organic Fertilizer

Abstracts

A large number of sludge derived from drinking water treatment is produced annually in Taiwan. Consideration for waste recycle and environmental risk of heavy metal, the sludge may be applied on the land for plant culture. Three sludges from Gy-Tan, Kaou-Tan and Pin-Dieng drinking water treatment plants were collected in this study to be amended with organic fertilizer for evaluation the bioavailable concentrations of heavy metals. The ratio of sludge amended with organic fertilizer from plant residues is 1:1, respectively. The amended sludges were incubated at room temperature for two months and extracted by water and DTPA as bioavailability. Results indicate that the water

* 國立屏東科技大學環境工程與科學系助理教授

and DTPA extractable Cd and Pb in the amended sludges were very low. The water and DTPA extractable Cu and Zn are higher in the amended sludges. Copper and Zn are essential elements for plant growth, so that the increase of bioavailable concentration will not result in risk for environment.

Key words: sludge, heavy metal, organic fertilizer, bioavailability.

前言

自來水處理過程中容易產生污泥，而此種淨水污泥乃是有機質含量較低之無機性污泥。目前臺灣地區自來水普及率已超過85%，康世芳、劉明仁(2001)曾指出臺北自來水事業處民國89年之淨水污泥年產生量約11,500立方公尺，而依此推估台灣地區淨水污泥年產量可達72,000立方公尺⁽¹⁾。由於淨水污泥大部分來源為原水取自河水及水庫之沉積物，重金屬含量並不高，有關臺灣地區淨水污泥重金屬含量之分析報告並不多，但Hseu et al (2002)曾連續兩年監測翡翠水庫集水區底泥中重金屬之背景濃度 (baseline concentration)，結果指出鎘、鉻、銅、鎳、鉛及鋅之全量分別為0.58 mg/kg、40.3 mg/kg、17.3 mg/kg、28.9 mg/kg、10.1 mg/kg、52.5 mg/kg⁽²⁾，可見淨水污泥應可評估做為土地施用 (land application)等資源化用途。

近年來，歐美先進國家對於都市污泥 (municipal sewage sludge)的最終處置，有愈來愈高的比例是傾向於土地施用之方式。一般下水污泥等都市污泥含有較高的有機質、氮、磷等植物生長所需之營養元素，可做為肥料提供農業或園藝之用。但因污泥含有部分重金屬，在土地施用時必須有效控制其生物有效性濃度 (bioavailable concentration)，以避免造成環境危害或影響人體健康⁽³⁾。土壤施用污泥後較常見的重金屬累積有鎘、銅、鉛、鎳、鋅等⁽⁴⁻⁶⁾。美國國家研究委員會(US-NRC)曾統計歐美各國都市污泥之年產量與土地施用比例⁽⁷⁾，結果發現丹麥、法國、挪威及美國等國家，其污泥之土地施用率已超過年污泥產量的一半以上(表1)。歐美各國容許下水污泥經堆肥化處理或直接施用於農田中，且訂有相關土地施用之法規與重金屬含量限值，例如美國於1993年在清潔水法案中訂定了Part 503規範，規定污泥的重金屬土地施用標準⁽⁸⁾，德國甚至早在1992年即規定污泥的有機污染物土地施用標準⁽⁹⁾。相較於下水污泥而言，淨水污泥因其來源較為潔淨，故其重金屬含量可說是非常低。表2是歐美各國下水污泥土地施用之重金屬含量標準⁽⁷⁾，從這些標準中即可發現淨水污泥若做為土地施用應可符合各國之法規標準。

國內目前尚無污泥土地施用方面之法

規，但根據經濟部「事業廢棄物再利用管理辦法」，淨水場污泥屬未經公告再利用類別之無害性一般事業廢棄物⁽¹⁰⁾。依「廢棄物清理法」，淨水污泥係由事業機構產生，且經有害事業廢棄物認定標準中，其TCLP試驗結果可將淨水污泥歸為一般事業廢棄物。在「土壤及地下水污染整治法」中，目前食用作物農地土壤之重金屬管制值分別為砷：50 mg/kg、鎘：5 mg/kg、鉻：250 mg/kg、銅：200 mg/kg、汞：2 mg/kg、鎳：200 mg/kg、鉛：500 mg/kg、鋅：600 mg/kg。在農委會所公告之「肥料種類品目及規格」中，規定肥料有害成分之重金屬含量上限分別為砷：50 mg/kg、鎘：5 mg/kg、鉻：150 mg/kg、銅：100 mg/kg、汞：2 mg/kg、鎳：25 mg/kg、鉛：150 mg/kg、鋅：500 mg/kg。

上述這些相關法規，可做為淨水污泥土地施用之依據，例如做為土壤改良劑、肥料或植栽培養土等，但因淨水污泥有機物含量並不高，在農業用途上常添加有機肥料，以增加作物生長所需養分，並促進土壤團粒化，不過需注意重金屬生物有效性濃度的變化。因此，基於廢棄物再利用及資源化之立場，並考慮污染物存在環境中之風險，本研究擬利用國內三個淨水場污泥，添加有機肥料後，探討重金屬生物有效性濃度之變化，以做為淨水污泥土地

施用之參考。

材料與方法

1. 污泥與有機肥料

本研究自台灣省自來水公司第七區管理處坪頂淨水場和拷潭淨水場，及台北自來水事業處之直潭淨水場，分別取得經污泥脫水機處理之三種污泥，而有機肥料則為市售植物性堆肥。污泥及有機肥先分析其基本性質，各種性質之測定方法如下：

- (1) pH值：以污泥和水1：1之比例混合，間或攪拌一小時後，以玻璃電極法測得⁽¹¹⁾。
- (2) 有機碳：以Walkley-Black濕氧化法測定⁽¹²⁾。
- (3) 全氮：加濃硫酸與分解促進劑分解消化後，以凱氏法測定其氮含量。
- (4) 重金屬全量分析：鎘、銅、鉛、鋅等重金屬以王水消化後⁽¹³⁾，消化液以原子吸光儀(Hitachi Z-8100, Japan)測定其濃度。
- (5) 重金屬生物有效性含量：分別以水及0.005 M DTPA (pH 5.3)抽出，再以原子吸光儀測定其濃度。

2. 孵育試驗

將淨水污泥與有機肥料以1：1之比例，分別稱取三種風乾污泥各250g，並加入250g有機肥料，混合均勻後，調整水分

至約75%田間容水量，以模擬混合後之污泥施用於土壤之田間狀態，並進行二個月之室溫孵育試驗，孵育期間每周調整一次水分含量。

3. 孵育後之污泥分析

經孵育後第30與60天，分別取出部分污泥，經風乾、磨碎並過篩(<2 mm)後，以去離子水及0.005 M DTPA (pH 5.3)抽出，測定鎘、鉻、銅、鋅之生物有效性含量。所有實驗均採三重覆。

結果與討論

1. 污泥和有機肥料之基本特性

在本研究之三種污泥中，直潭淨水場污泥為弱酸性，而拷潭及坪頂淨水場污泥則為弱鹼性。三種淨水廠污泥之有機物含量皆很低，均在3%以下。在全氮方面，有機肥料及三種淨水場污泥之含量亦不高，尤其是坪頂淨水場之全氮含量僅0.16%。三種淨水場污泥在重金屬含量方面，以鋅含量最高均超過110 mg/kg，而鎘則最低均在7 mg/kg以下 (詳表3)。

2. 重金屬之去離子水抽出濃度

在進行孵育前，三種污泥與有機肥料以水抽出之鎘、鉛、銅及鋅之濃度都很低，而僅銅、鋅可測得微量之濃度(詳表4)。在兩個月孵育期間，不論是否添加有

機肥料，三種污泥鎘之水抽出濃度均極低，甚至大部分測值均低於偵測極限(詳圖1)。在鉛方面，整體以言以未添加有機肥料而進行孵育時之濃度較高，當加入有機肥料時會使鉛抽出量降低(詳圖2)，特別是直潭與坪頂在加入有機肥料後之抽出量均低於偵測極限。銅在四種重金屬中之抽出量最高，幾乎都在0.1 mg/kg以上。特別值得注意的是，不論是否添加有機肥料，三種污泥之銅抽出量會隨孵育時間而增加，且以添加有機肥料特別明顯(詳圖3)，這和有機物與銅之親和力特別高有關⁽¹⁴⁾。鋅的情況與銅類似，但添加有機肥料僅增加直潭及拷潭污泥之鋅抽出量，且僅直潭污泥孵育時間兩個月之抽出量高於一個月(詳圖4)。

3. 重金屬之DTPA抽出濃度

因DTPA為一鉗合試劑，故抽出能力明顯高於去離子水，所以可表示不同強度的生物有效性濃度。三種污泥以DTPA抽出時之鎘含量大部分均在偵測極限以上，但是所有測值仍在0.16 mg/kg以下，添加有機肥料與否對這三種污泥之鎘抽出量影響並不大(詳圖5)。鉛之DTPA抽出量雖無一定的趨勢，但測值均在0.1 mg/kg以下，甚至低於偵測極限(詳圖6)。值得注意的是銅，三種污泥皆顯示，孵育時間增加與添加有機肥料均會增加其抽出量，且

遠高於水抽出者，尤其在加入有機肥料後所有測值幾乎都在10 mg/kg以上(詳圖7)。鋅的情況在加入有機肥料後與銅更為類似，但抽出量稍高於銅(詳圖8)。

3. 淨水污泥土地施用之建議

由於淨水污泥有機物含量並不高，在考慮土地施用或做為植栽培養土時，須添加適量的有機肥料，以提高作物養分濃度。經本研究之孵育試驗亦顯示，淨水污泥重金屬含量雖不高，在加入有機肥料後其生物有效性濃度變化並不足以危害環境。參考國外下水污泥等有機性污泥之重金屬管制標準及相關法規，並基於國內環保署、經濟部及農委會等部門之配套措施下，應審慎考量開放淨水污泥在土地施用上之用途，引導廢棄物資源化之方向，做到環境之永續經營與管理。

結論

本研究結果顯示三種污泥添加有機肥料後，會提高銅、鋅之水及DTPA抽出量所代表的生物有效性濃度，且抽出量隨孵育時間而增加，但銅及鋅為植物生長所需，此一增加趨勢尚不致對環境造成危害。鉛反而會因污泥添加有機肥料，而降低生物有效性濃度，鎘則較不受有機肥料與孵育時間影響。綜合本研究發現直潭、拷潭及坪頂淨水污泥，與植物性有機肥料

以1：1比例混合做為土壤改良劑或植栽培養土，並無重金屬毒害問題。

參考文獻

1. 康世芳、劉明仁。淨水污泥餅再利用技術調查及應用於臺北自來水事業處淨水場可行性之評估。臺北自來水事業處委託研究計畫報告，台北市，2001。
2. Hseu, Z.Y., Chen, Z.S., Tsai, C.C., and Tsui, C.C. Baseline concentrations of ten metals in the freshwater sediments of a watershed in Taiwan. *J. Environ. Sci. Health: Part A-Toxic/Hazard Substances & Environmental Engineering* 37(9):1633-1647. 2002.
3. Pierzynski, G.M. Plant nutrient aspects of sewage sludge. In C. E. Clapp, W. E. Larson, and R. H. Dowdy (eds.) *Sewage sludge: Land utilization and the environment*. SSSA Misc. Publication, Madison, WI, USA. p. 21-25. 1994.
4. Emmerich, W.E., Lund, L.J., Page, A.L., and Chang, A.C. Solid phase forms of heavy metals in sewage sludge-treated soils. *J. Environ. Qual.* 11:178-181. 1982.
5. Flyhammar, P. Estimation of heavy metal transformations in municipal solid

- waste. *Sci. Total Environ.* 198:123-133. 1997.
6. Scancar, J., Milacic, R., Strazar, M., and Burica, O. Total metal concentrations and partitioning of Cd, Cr, Cu, Fe, Ni and Zn in sewage sludge. *Sci. Total Environ.* 250:9-19. 2000.
7. National Research Council. Biosolids applied to land: advancing standards and practices. National Academies Press, Washington, D.C. 345pp. 2002.
8. USEPA. Standards for the use or disposal of sewage sludge. *Federal Register* 58(32): 9248-9415. U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC. 1993.
9. During, R.A., and Gath, S. Utilization of municipal organic wastes in agriculture: where do we standard, where will we go? *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 165:544-556. 2002.
10. 經濟部工業局。經濟部事業廢棄物再利用管理辦法，(91)經工字第○九○○四六二八五五○號。2002。
11. McLean, E. O. Soil pH and lime requirement, In A. L. Page et al. (eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2.* 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI., pp. 199-224. 1982.
12. Nelson, D. W., and L. E. Sommers. Total carbon, OC, and organic matter, In A. L. Page et al. (eds.), *Methods of Soil Analysis, Part 2.* 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI., pp. 539-577. 1982.
13. 行政院環保署環境檢驗所。土壤中重金屬檢測方法－王水消化法，NIEA S321.62C。環署檢字第0910041985號公告。2002。
14. McBride, M. B. *Environmental chemistry of soils.* Oxford Univ. Press, New York. 406pp. 1994.
-
- 作者姓名：許正一 (Zeng-Yei Hseu)
通訊地址：屏東縣912內埔鄉學府路一號
電話：08-7703202轉7088
傳真：08-7740320
E-mail: zyhseu@mail.npust.edu.tw
服務單位：國立屏東科技大學環境工程與科學系
學歷：國立台灣大學農業化學研究所博士
現職：國立屏東科技大學環境工程與科學系助理教授

表 1. 歐盟與美國都市污泥之年產量(公噸)與土地施用之比例

國家	年產量	土地施用量	土地施用率(%)
奧地利	170,000	30,600	18
比利時	59,200	17,200	29
丹麥	170,300	92,000	54
芬蘭	150,000	37,500	25
法國	865,400	502,000	58
德國	2,681,200	724,000	27
英國	1,107,000	488,000	44
希臘	48,210	4,800	10
愛爾蘭	36,700	4,400	12
義大利	816,000	269,200	33
盧森堡	8,000	1,000	12
荷蘭	335,000	87,000	26
挪威	95,000	53,200	58
葡萄牙	25,000	2,700	11
西班牙	350,000	175,000	5
瑞典	200,000	80,000	40
瑞士	270,000	121,500	45
美國	90,000	56,000	60

National Research Council, USA (2002)

表 2. 美國及歐洲對土地施用污泥之重金屬限制濃度 (mg/kg) *

國家	砷	錳	鎘	銅	汞	錳	鉛	鋅	鉍	鎘	鉍
美國	75	85	-	4,300	57	420	840	7500	75	100	-
奧地利	-	2	50	300	2	25	100	1500	-	-	10
比利時(法蘭德區)	150	150	6	250	375	5	100	300	900	-	-
丹麥	25	0.8	100	1000	0.8	30	120	4000	-	-	-
芬蘭	-	3	300	600	2	100	150	1500	-	-	-
德國	-	10	900	800	8	200	900	2500	-	-	-
希臘	-	20-40	500	100-1750	16-25	300-400	750-1200	2500-4000	-	-	-
愛爾蘭	-	20	-	1000	16	300	750	2500	-	-	-
義大利	-	20	-	1000	10	300	750	2500	-	-	-
盧森堡	-	20-40	1000-1750	1000-1750	16-25	300-400	750-1200	2500-4000	-	-	-
荷蘭	-	1.25	75	75	0.75	30	100	300	-	-	-
葡萄牙	-	20	1000	1000	16	300	750	2500	-	-	-
西班牙(鹼性土壤)	-	-	20	1000	1000	16	300	750	2,500	-	-
西班牙(鹼性土壤)	-	-	40	1750	1750	25	400	1200	4000	-	-
瑞典	-	2	100	600	2.5	50	100	800	-	-	-
愛沙尼亞	-	15	1200	800	16	400	900	2900	-	-	-
拉托維亞	-	20	2000	1000	16	300	750	2500	-	-	-
波蘭	-	10	500	800	5	100	500	2500	-	-	-
俄羅斯	-	30	1200	1500	15	400	1000	4000	-	-	-

National Research Council, USA (2002)

表 3. 污泥和有機肥料之基本特性

	pH	有機物	全氮	鎘	鉛	銅	鋅
		----- % -----		----- mg/kg -----			
直潭淨水場污泥	6.67	2.04	0.19	0.16	32.8	23.9	111
拷潭淨水場污泥	7.60	2.99	0.20	6.87	36.3	31.7	125
坪頂淨水場污泥	7.48	2.24	0.16	3.88	52.8	32.2	137
有機肥料	7.02	57.1	1.35	3.41	25.1	27.5	169

表 4. 污泥和有機肥料之重金屬以水與 DTPA 抽出之濃度(mg/kg)

	鎘	鉛	銅	鋅
		水抽出濃度		
直潭淨水場污泥	ND+	ND	0.02	0.10
拷潭淨水場污泥	ND	ND	0.08	0.10
坪頂淨水場污泥	ND	ND	0.26	0.10
有機肥料	ND	ND	0.11	0.15
	DTPA 抽出濃度			
直潭淨水場污泥	ND	0.84	0.46	0.68
拷潭淨水場污泥	0.10	ND	6.74	1.85
坪頂淨水場污泥	0.10	ND	10.4	4.26
有機肥料	0.15	ND	8.25	8.51

+：未檢出。

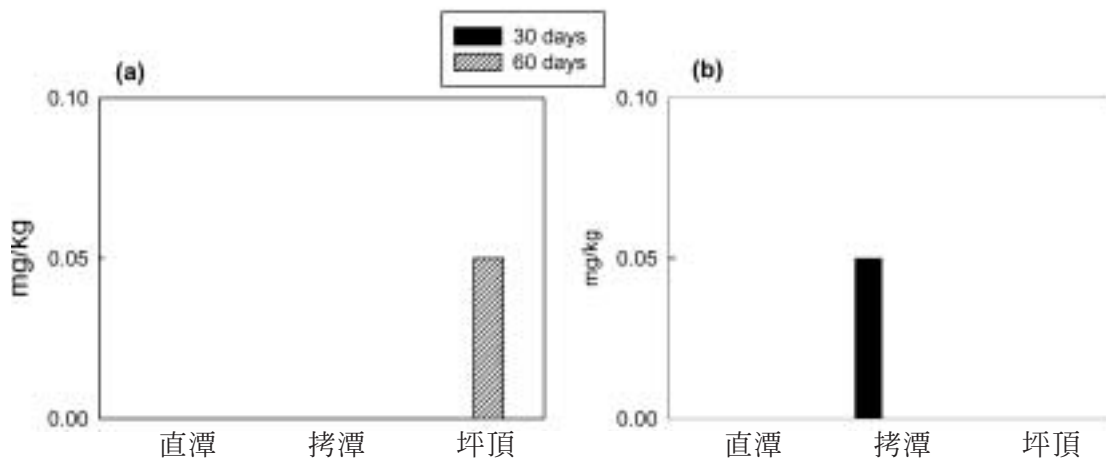


圖1 三種污泥孵育兩個月後鎘之去離子水抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

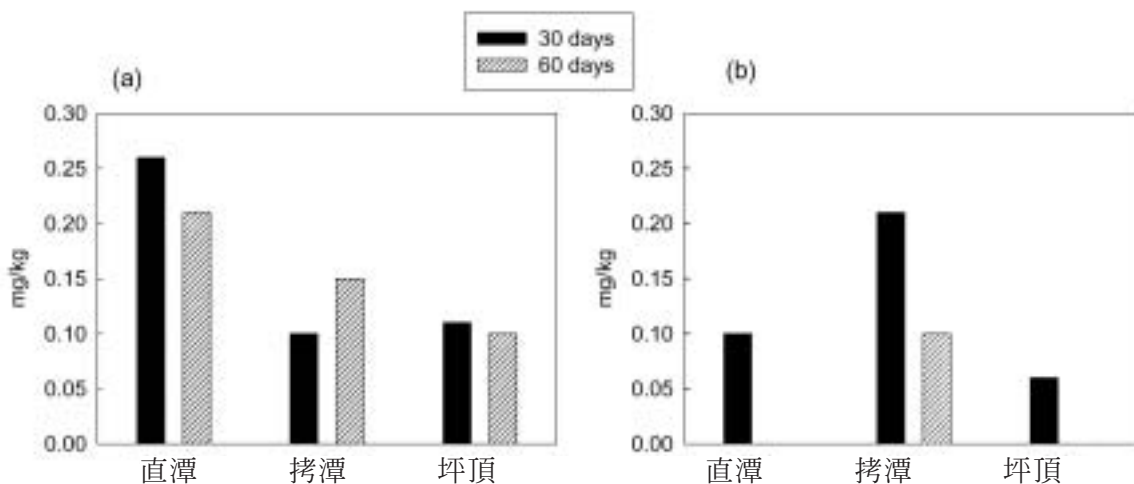


圖2 三種污泥孵育兩個月後鉛之去離子水抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

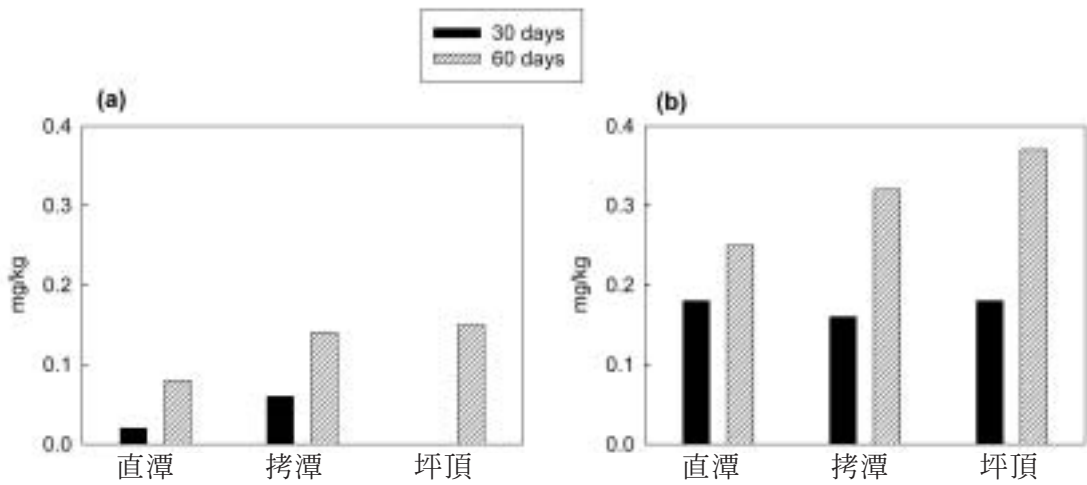


圖3 三種污泥孵育兩個月後銅之去離子水抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

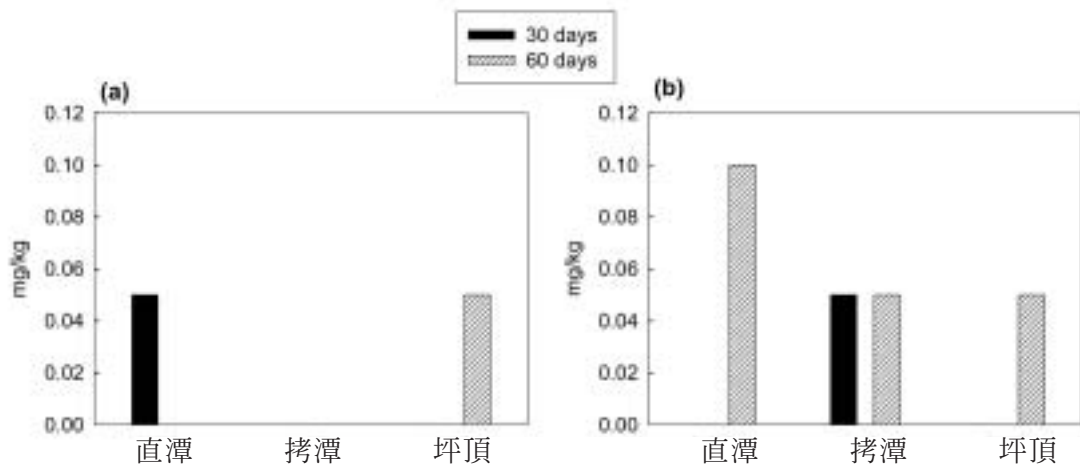


圖4 三種污泥孵育兩個月後鋅之去離子水抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

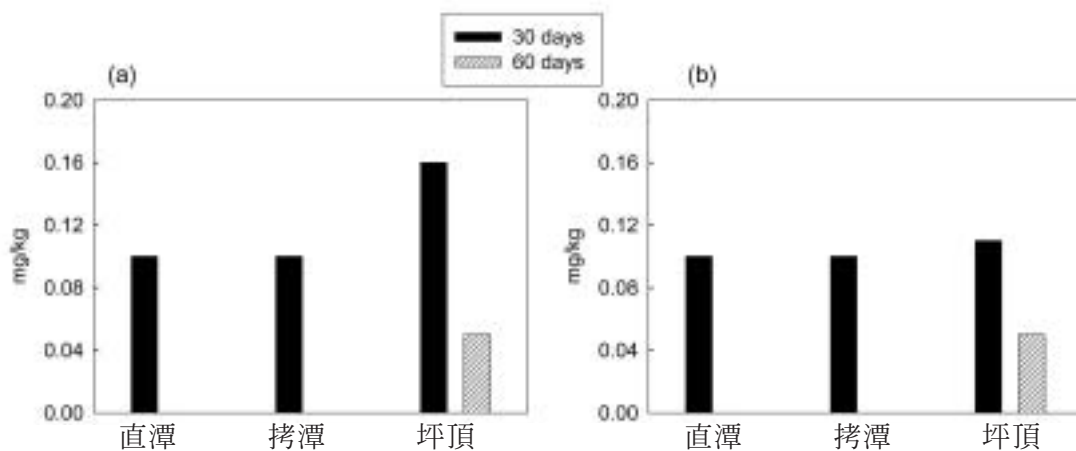


圖5 三種污泥孵育兩個月後鎘之DTPA抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

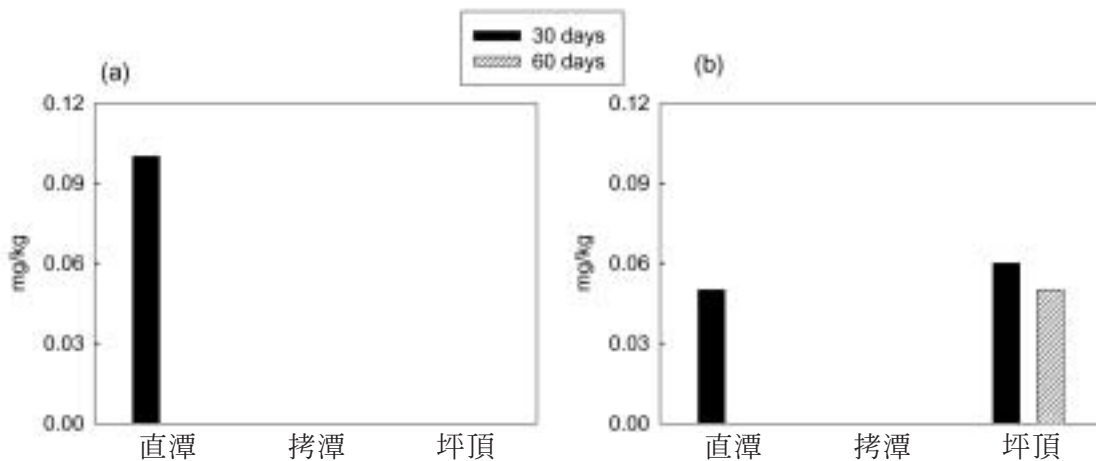


圖6 三種污泥孵育兩個月後鉛之DTPA抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

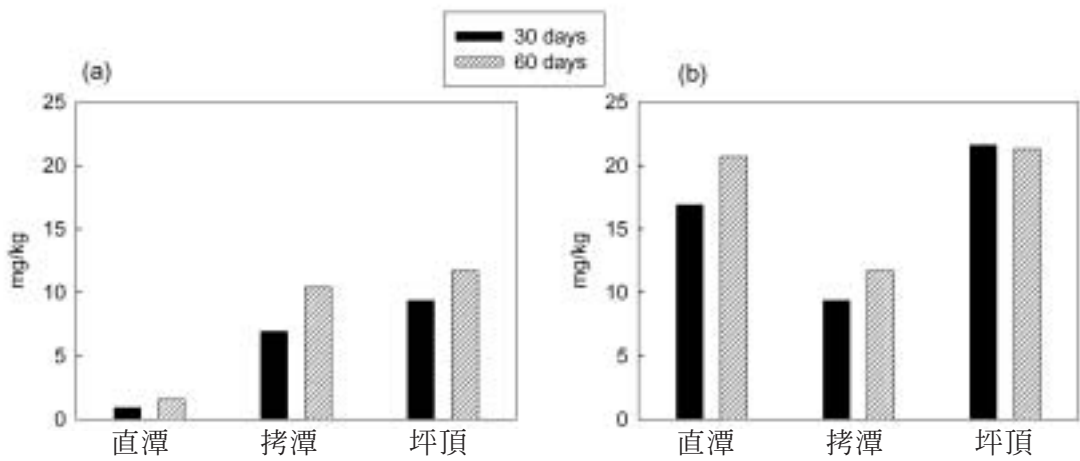


圖7 三種污泥孵育兩個月後銅之DTPA抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

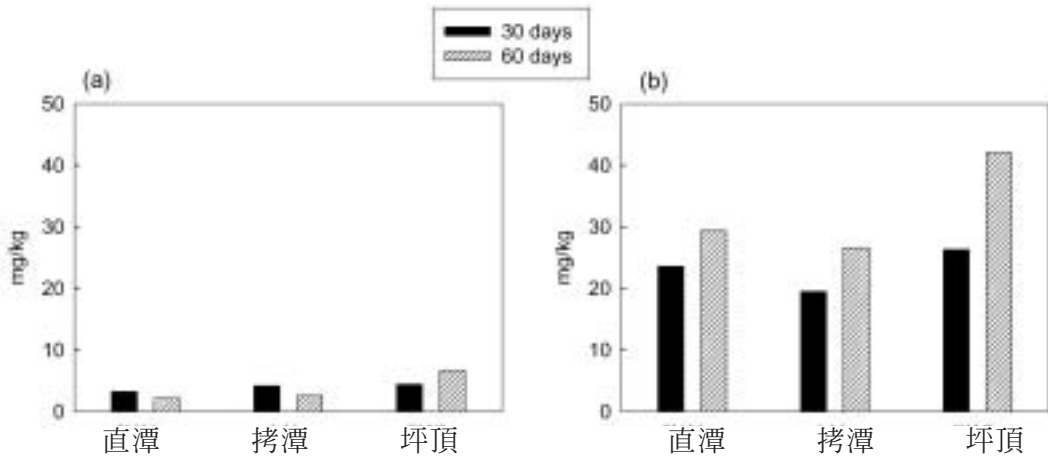


圖8 三種污泥孵育兩個月後鋅之DTPA抽出濃度(a)未添加有機肥料；(b)添加有機肥料

屆齡汰換水量計銅殼再使用與可行性測試

林建財*

壹、前言

水費營收為自來水事業維繫事業永續經營最重要一環，而水量計則為自來水事業與用戶之間據以核算用水量之交易衡器，為確保達到誠信公平交易原則，其準確性及耐用性均列為水量計重要條件，而其性能之優劣，更直接影響自來水事業成本、營收效益及消費者權益，因此水量計從規範訂定、製程檢驗、成品驗收及營運單位對表種之選用、設計、施工、操作維護等，皆應謹慎合宜，期符合企業化經營與顧客滿意之雙贏目標。

依民國八十二年十月十四日經濟部(82)中標○九○四九二號公告修正「度量衡器施檢規範」第292條規定「水量計之檢定合格有效期限為八年，屆滿不得再使用」國內二大自來水事業，台灣省自來水公司及台北自來水事業處之水表管理作業均依本規定辦理迄今。

依上述原則銅表殼使用八年後，均加以破壞以廢料處理，但當前自來水公司經營環境惡劣，水價調整困難，累積負債達

五百億之鉅，財務惡化，亟待循各種途徑降低成本，且受環保與能源當局對鑄造業空汙嚴格管制下，如何減少對環境衝擊均形成壓力，因而乃有銅表殼評估再使用之議。

貳、水量計銅殼再使用之必要性

一、符合機關「綠色採購」原則

在廿一世紀環保潮流中由政府機關率先倡導「綠色採購」〔Green Procurement〕是必然趨勢，綠色消費與綠色生產是實現「環境保護與經濟發展相輔相成、共存共榮」理想之捷徑。

綠色消費經由消費行為之養成，鼓勵民眾優先購買綠色產品而獲得環保效益，水量計銅殼再使用之推動，將符合民國八十八年五月廿六日，由行政院公共工程委員會及環保署公布之「機關優先採購環境保護產品辦法」所訂，第二類產品：「符合再生材質可回收低汙染或省能源」要件，因而本項銅殼再使用，乃運用政府機關採購力量，優先研擬生產對環境衝擊較

*台灣省自來水公司材料處副理

少之產品，鼓勵資材之回收利用，帶動綠色產品生產使用，為實踐永續消費理念樹立典範。

二、因銅殼再使用將可減少鑄造污染

銅表殼鑄造主要以熔爐或感應爐等設備，熔解銅錠或廢銅料，再將熔液澆鑄入砂鋼模中，待熔融銅液冷卻成型，開模後取出完成鑄件，在鑄造過程中除耗費大量能源外，加上熔解、澆鑄、噴砂及毛燥研磨等製程，將產生大量粒狀物金屬、煙塵及部份硫氧化物、一氧化碳與碳氫化合物等空氣汙染物，使得鑄造業對於環境產生甚大汙染衝擊。

三、降低水量計製造成本

台灣現行使用之小型13~40m/m水量計，屬螺紋接頭連接之流速型(推測型)水量計，其外殼依CNS4125為青銅鑄件，規定之種號4125，種類第1種BC1，第6種或

BC6或依CNS4336為黃銅鑄件規定之總號4336則為第2，第3種類為準，銅殼由原料經熔爐熔解後，再經澆鑄、成型、冷卻、鑄件並經噴砂、研磨銑光、加工車牙等，由原料含加工之製造成本每公斤由最高160元至最低120元，以平均單價為140元計，則不同口徑各別成本如表一

四、減少自來水事業營運成本，提升經營效益

經統計台灣省自來公司自83年至91年止，九年來計標購13m/m、20m/m、25m/m、40m/m等四種口徑水量計共六百餘萬只，平均每年約七十萬只，總購價達四十二億元，平均每年需四億七千萬之鉅，對事業形成沉重之負擔。

由前述因舊表殼報廢仍具殘值，分別為37.50元、57元、89元，因此舊表殼再使用之效益如下：

表一 不同口徑水表成本

口徑	13m/m	20m/m	25m/m	40m/m
單價	每公斤 140 元			
每只重量	1.15 公斤/只	1.55 公斤/只	1.80 公斤/只	2.80 公斤/只
每只價格	161 元	217 元	252 元	392 元

對於屆齡汰換水量計回收後之處理，含拆除內部機件之清洗、螺牙加套後再行噴砂處理等每只工資50元，則降低成本依不同口徑別13m/m為111元、20m/m為167元、25m/m為202元、40m/m為342元，因而對提升產業競爭力俾益至鉅。

13m/m爲111元-37.5元=73.5元

20m/m爲167元-50元=117元

25m/m爲202元-57元=145元

40m/m爲342元-89元=253元

依自來水公司九十一年採購各口徑水表若以表殼再行使用其效益爲

13m/m爲73.5元*70,000只=5,145,000元

20m/m爲117元*570,000只=66,690,000元

25m/m爲145元*118,000只=17,110,000元

40m/m爲253元*8000只=2,024,000元

合計90,969,000元

預期本項作業效益每年約達九千萬元，對降低營運成本將有甚大裨益。

參、銅殼再使用可行性測試計劃與過程

九十一年四月十七日標檢局召開：水量計製造及修理業之檢校設備標準修正草案公聽會會前，筆者奉業管張副總經理豐指示，於會中代表水公司以水量計使用業界立場，說明銅殼再使用之必要性，提出臨時動議，建議修訂度量衡施檢規範第292條爲「屆滿經修、校檢定合格得再使用」，幸獲會議主席陳副局長及標檢局與會者共識，並由主席裁示「銅殼使用八年後建議更換表內機件再行使用案，應以分析檢驗方式，瞭解並確認表殼金屬材質，未因使用八年而產生金屬疲乏，或金屬結構改變而影響再使用，爲確認作業，應對

表內機件更換後，請比照新水表辦理各項性能測試及耐久性運轉，應提出測試報告」，其明快之裁示令人感佩，會後迅獲標檢局於九十一年四月廿四日以經標四字第〇九~四〇〇~九九~〇號函送紀錄「有關台灣省自來水公司建議將度量衡器施檢規範第二百零九十二條條文修正：請自來水公司提供相關研究數據，俾做爲本局研究修正之參考」。

據此仍由自來水公司材料處辦理計劃及測試作業

一、作業原則

以抽驗13m/m、20m/m、25m/m、40m/m水量計，在使用屆滿八年經更換表內機件後，依現行採購契約規定測試(不含運轉性能)確定銅殼再使用可行性，俾作爲修訂水量計施檢規範之依據。

二、作業計劃

- 1、擇定水公司第四區管理處各營運、服務所對屆齡而汰換之水量計，除水量計外部受損(含鉛封已破壞)者外，分口徑登錄其表號及製造廠牌後，將登錄冊送材料處。
- 2、由材料處會同營業處，自該登錄冊按廠所或系統別，依口徑由總量各選取100只，採隨機比率勾選樣表，自各場所擇取勾選之樣表，運到水公司水

量計試驗場，再行隨機選取抽驗表50只。

- 3、洽請水量計製造工廠更新所有抽驗表內部機件及附屬另件全套，僅銅合金之表殼上、下座為舊有的，清洗噴砂後繼續再使用，按照採購新表程序，先送廠驗合格後，再交還至水量計試驗場，會同依規定作最大流量檢驗、耐壓檢驗、起動流量檢驗、準確下限流量檢驗、近似正確流量檢驗、器差穩定性檢驗、耐久運轉試驗等，本作業過程並請標準檢驗局派員蒞臨指導。

肆、測試結果與檢討

經二個月時間對13m/m、20m/m、25m/m、40m/m口徑汰換水量計，利用銅殼更換內部機件後各五十只，實施性能測試結果詳如表二，更換內仁性能測試結果統計表詳如表三至六顯示，除了40m/m口徑有三只近似正確流量檢驗器差不合格外，其餘各項檢驗全都合格，依照CNS 565規定，近似正確流量檢驗採特殊檢驗水準S-3，AQL6.5，則五十只樣品之Ac為7只、Re為8只，故此次屆齡汰換水量計更換內部機件後之測試結果皆在允收範圍。

足見屆齡銅殼確實可再使用，故對原訂度量衡器施檢規範第二百九十二條「水

量計之檢定合格有效期限為八年，屆滿不得再使用」，建議修正為「屆滿經修、校、檢定合格得再使用」。

伍、結論：

- 一、經由實際作業完成各口徑屆齡小型水量計更換內部機件後之測試及再抽樣作長時間耐久運轉，檢驗結果肯定屆齡表殼確可再行使用。
- 二、表殼再行使用可降低自來水事業營運成本大幅減少鑄造汙染與能源之消耗，符合綠色採購原則。
- 三、國營事業面臨自由化競爭與經營困難雙重壓力下，必須推動各項策略性變革，以提高經營效能創造契機。在自來水事業積極進行組織變革聲中，水量計表殼再行使用不但符合多元變革之目標，且將目標轉化為務實執行，對創造事業利益極具正面意義。

謝誌：

自來水事業使用水量計，在標檢局多年努力下，所建立符合國際規範之國家標準及產品認證制度，對確保自來水事業經營效能及保障消費者權益、消弭用戶紛爭貢獻至鉅，本研究案承標檢局各級長官支持，作業期間又承洪科長、葉林宜先生多次蒞臨指導，且儀鎮公司無償協助更換內部機件並支援測試操作，使本研究作業得以順利完成均謹併致謝忱。

表二 台灣省自來水公司91年屆齡水量計更換內仁後性能測試結果

口徑 (mm)	抽樣數 (只)	抽驗數 (只)	最大容 量檢驗 合格數 (只)	耐壓檢 驗合格 數(只)	起動流 量檢驗 合格數 (只)	準確下限 檢驗合格 數(只)	近似正確 流量檢驗 合格數 (只)	器差穩 定性檢 驗合格 數(只)	再抽驗 數(只)	耐久運 轉性能 檢驗合 格數 (只)
13	100	50	50	50	50	50	50	50	10	10
20	100	50	50	50	50	50	50	50	10	10
25	100	50	50	50	50	50	50	50	10	10
40	100	50	50	50	50	50	47	50	10	10
結果 判定			合格	合格	合格	合格	40 mm口徑 有3只不 合格,其 餘皆合 格。	合格		合格

註：測試結果顯示，除了40mm口徑有3只近似正確流量檢驗器差不合格外，其餘各項檢驗全都合格；依照CNS 565規定，近似正確流量檢驗採特殊檢驗水準S-3，AQL 6.5，則50只樣品之Ac為7只、Re為8只，故此次屆齡水量計更換內仁後測試結果，皆在允收範圍。

表三 屆齡 (13mm螺紋式) 水量計更換內仁性能試驗結果報告表

檢 驗 項 目	標準：檢定水量/容許誤差 /通水時間	抽驗 表號	測試結果： 器差(± l)/時間(' ")	合 格 (√)	不 合 格 (×)
耐 壓 試 驗	以 17.5 kg f/c m ² 水壓加入 水量計，每試一分鐘洩壓 一次，反覆三次。	如 附 件 一	均無漏水、破裂或冒汗等現 象。	√	
最大流量檢驗	300 l/± 6 l (± 2%) / 6 ' 00 " 以內	同 上	-0.7l~+4.3l 5' 45"~5' 53"	√	
起動流量檢驗	在 166.6 cc/分內能起動	同 上	流量 145~165 cc/分皆能起動	√	
準確下限檢驗	50 l/± 1l (± 2%) / 21' 26 " 以上	同 上	-0.5l~+0.4l 22' 07"~22' 53"	√	
近似正確流量檢驗	50 l/± 2.5 l (± 5%) / 100' 00 " 以上	同 上	-1.4l~+0.2l 100' 04"~102' 12"	√	
器差穩定性檢驗 前 五 次	300l/± 6 l (± 2%) / 17'28"~18'32"以內 大流	同 上	-2.7l~+2.0l 17' 37"~17' 59"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 14'33"~15'27"以內 小流	同 上	-0.6l~+0.2l 14' 41"~15' 11"		
通水運轉四小時	12,000 l 以上 /4 小時	同 上	12,363.2l /4 小時至 13,829.6l /4 小時	√	
器差穩定性檢驗 後 五 次	300l/± 6 l (± 2%) / 17'28"~18'32"以內 大流	同 上	-2.4l~+1.6l 17' 41"~18' 04"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 14'33"~15'27"以內 小流	同 上	-0.5l~+0.3l 14' 39"~15' 11"		
運轉性能檢驗	990,000l 以上 / 330 小時	如 附 件 二	995,471.5l/330 小時至 1,009,778.8l/330 小時	√	
運轉後器差檢驗	300l/± 6l (± 2%) / 17'28"~18'32"以內 大流	同 上	-1.4l~+2.7l 17' 50"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 14'33"~15'27"以內 小流	同 上	-0.3l~+0.4l 14' 56"		
備 註 (審 查 意 見)	本 13 mm 口徑屆齡水量計更換內仁之性能試驗結果均合格，器差穩定性檢驗， 偏差亦皆合格。				

表四、屆齡(20mm螺紋式)水量計更換內仁性能試驗結果報告表

檢 驗 項 目	標準：檢定水量/容許誤差 /通水時間	抽驗 表號	測試結果： 器差(± l)/時間(' ")	合 格 (√)	不 合 格 (×)
耐 壓 試 驗	以 17.5 kg f/c m ² 水壓加入 水量計，每試一分鐘洩壓 一次，反覆三次。	如 附 件 一	均無漏水、破裂或冒汗等現 象。	√	
最大流量檢驗	300l/± 6l (± 2%) / 3' 36"以內	同 上	-3.5l~+3.2l 3' 24"~3' 28"	√	
起動流量檢驗	在 250 cc/分內能起動	同 上	流量 205~225 cc/分皆能起動	√	
準確下限檢驗	50l/± 1l (± 2%) / 20' 00"以上	同 上	-0.8l~+0.7l 20' 02"~20' 34"	√	
近似正確流量檢驗	50l/± 2.5l (± 5%) / 60' 00"以上	同 上	-0.3l~+1.9l 60' 01"~61' 50"	√	
器差穩定性檢驗 前 五 次	300l/± 6l (± 2%) / 8' 44"~9' 16"內 大流	同 上	-4.0l~+1.9l 8' 45"~8' 58"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 9' 42"~10' 18"以內 小流	同 上	-0.7l~+0.5l 9' 48"~9' 59"		
通水運轉四小時	20,000l以上 /4 小時	同 上	20,619.2l /4 小時至 22,949.1l /4 小時	√	
器差穩定性檢驗 後 五 次	300l/± 6l (± 2%) / 8' 44"~9' 16"以內 大流	同 上	-4.4l~+1.7l 8' 47"~8' 55"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 9' 42"~10' 18"以內 小流	同 上	-0.6l~+0.6l 9' 44"~10' 01"		
運轉性能檢驗	2,500,000l以上/500 小時	如 附 件 二	2,506,179.8l/500 小時至 2,528,800.9l/500 小時	√	
運轉後器差檢驗	300l/± 6l (± 2%) / 8' 44"~9' 16"以內 大流	同 上	-3.6l~+1.7l 8' 51"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 9' 42"~10' 18"以內 小流	同 上	-0.6l~+0.3l 9' 55"		
備 註 (審 查 意 見)	本 20 mm 口徑屆齡水量計更換內仁之性能試驗結果均合格，器差穩定性檢驗， 偏差亦皆合格。				

表五、屈齡(25mm螺紋式)水量計更換內仁性能試驗結果報告表

檢 驗 項 目	標準：檢定水量/容許誤差 /通水時間	抽驗 表號	測試結果： 器差(± l)/時間(' ")	合 格 (√)	不 合 格 (×)
耐 壓 試 驗	以 17.5 kg f/cm ² 水壓加入 水量計，每試一分鐘洩壓 一次，反覆三次。	如 附件 一	均無漏水、破裂或冒汗等現 象。	√	
最 大 流 量 檢 驗	300l/± 6l (± 2%) / 2' 34"以內	同 上	-2.7l~+2.4l 2' 16"~2' 20"	√	
起 動 流 量 檢 驗	在 333.3 cc/分內能起動	同 上	流量 255-295 cc/分皆能起動	√	
準 確 下 限 檢 驗	50l/± 1 l (± 2%) / 12' 00"以上	同 上	-0.1l~+1.0l 12' 30"~12' 42"	√	
近 似 正 確 流 量 檢 驗	50l/± 2.5 l (± 5%) / 42' 51"以上	同 上	-0.5l~+2.0l 42' 55"~43' 43"	√	
器 差 穩 定 性 檢 驗 前 五 次	300l/± 6l (± 2%) / 6'59"~7'25"以內 大流	同 上	-4.9l~+0.3l 7' 05"~7' 21"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 7'16"~7'44"以內 小流	同 上	-0.5l~+0.7l 7' 23"~7' 34"		
通 水 運 轉 四 小 時	28,000l以上 /4 小時	同 上	28,675.9 l /4 小時至 31,015.6 l /4 小時	√	
器 差 穩 定 性 檢 驗 後 五 次	300l/± 6l (± 2%) / 6'59"~7'25"以內 大流	同 上	-4.7l~+0.7l 7' 04"~7' 11"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 7'16"~7'44"以內 小流	同 上	-0.4l~+0.7l 7' 23"~7' 32"		
運 轉 性 能 檢 驗	3,710,000l以上/530 小時	如 附件 二	3,715,837.4l/530 小時至 3,729,170.6l/530 小時	√	
運 轉 後 器 差 檢 驗	300l/± 6l (± 2%) / 6'59"~7'25"以內 大流	同 上	-2.1l~+2.8l 7' 13"	√	
	50l/± 1l (± 2%) / 7'16"~7'44"以內 小流	同 上	-0.2l~+0.7l 7' 25"		
備 註 (審 查 意 見)	本 25 mm 口徑屈齡水量計更換內仁之性能試驗結果均合格，器差穩定性檢驗，偏差亦皆合格。				

表六、屆齡(40mm螺紋式)水量計更換內仁性能試驗結果報告表

檢 驗 項 目	標準：檢定水量/容許誤差 /通水時間	抽驗 表號	測試結果： 器差(±l)/時間(″)	合 格 (√)	不 合 格 (×)
耐 壓 試 驗	以 17.5 kg f/cm ² 水壓加入 水量計，每試一分鐘洩壓 一次，反覆三次。	如 附 件 一	均無漏水、破裂或冒汗等現 象。	√	
最大流量檢驗	300l/±20l(±2%) / 4' 00"以內	同 上	-6.0l~+12.9l 3' 37"~3' 55"	√	
起動流量檢驗	在 666.6 cc/分內能起動	同 上	流量 630-665 cc/分皆能起動	√	
準確下限檢驗	50l/±2l (±2%) / 12' 00"以上	同 上	-1.1l~+0.5l 12' 36"~12' 49"	√	
近似正確流量檢驗	50l/±5l (±5%) / 40' 00"以上	同 上	-6.5l~-1.5l 40' 09"~41' 05"	47 只 合格	3 只 不合格
器差穩定性檢驗 前 五 次	300l/±20l (±2%) / 9'42"~10'18"以內 大流	同 上	-5.7l~+10.0l 9' 50"~10' 04"	√	
	50l/±2l (±2%) / 8'19"~8'50"以內 小流	同 上	-0.3l~+1.3l 8 '27"~8' 32"		
通水運轉四小時	60,000l以上 /4 小時	同 上	60,211.9l /4 小時至 65,592.4l /4 小時	√	
器差穩定性檢驗 後 五 次	300l/±20l (±2%) / 9'42"~10'18"以內 大流	同 上	-5.6 l~+11.3 l 9' 45"~10' 07"	√	
	50l/±2l (±2%) / 8'19"~8'50"以內 小流	同 上	-0.8 l~+1.3 l 8 ' 25"~8' 34"		
運轉性能檢驗	10,050,000l以上/ 670 小時	如 附 件 二	10,082,852.8l/670 小時至 10,225,910.4l/670 小時	√	
運轉後器差檢驗	300l/±20l (±2%) / 9'42"~10'18"以內 大流	同 上	-8.7 l~+ 3.3 l 10' 04"	√	
	50l/±2l (±2%) / 8'19"~8'50" 以上 小流	同 上	+0.0 l~+ 1.2 l 8' 33"		
備 註 (審 查 意 見)	本 40 mm 口徑屆齡水量計更換內仁之性能試驗結果，除了 3 只近似正確流量檢驗器差不合格外，其餘均合格(器差穩定性檢驗，偏差亦皆合格)。依 CNS 565 規定，近似正確流量檢驗採特殊水準 S-3，AQL6.5，則 50 只樣品之 Ac 為 7 只、Re 為 8 只，故此次試驗結果，仍在允收範圍。				

淨水廠之汙泥減量技術

洪仁陽* 張敏超* 邵信* 張王冠*

摘要

水或廢水處理過程中，常需添加化學藥品將水中不純物質去除，亦因而伴隨產生汙泥。通常，汙泥被視為是一種廢棄物必須妥善處理，但從另一角度而言其又是一項資源，可以經過適當方法加以回收並再予利用。早期，汙泥減量技術多以處理有機汙泥（生物汙泥）為主，但近來由於掩埋場址不足及汙泥處理費用節節高昇後，淨水廠產生的無機汙泥亦受到各界重視。一方面希望減少混凝劑用量（例如以有機混凝劑取代無機混凝劑），再則想要回收混凝劑，藉由回收有用資源達到減少汙泥產生量的目的。本文將針對國內外淨水廠汙泥減量方面的研究及應用現況及條件，提供國內相關業者參考，冀能對淨水廠汙泥減量有所助益。

關鍵詞

淨水廠、汙泥減量、淨水處理、回收混凝劑、離子交換樹脂

一、前言

台灣地區原水水源主要來自河川及水庫等地表水，約佔70%左右，尤其是來自河川水源容易遭受週圍環境因素如不當開發或下雨等所影響，造成原水水質中含有濁度或懸浮固體物等物質，必須在淨水過程中添加混凝劑如PAC加以去除，以符合飲用水用水標準。雖然淨水過程中，原水的濁度或懸浮固體物濃度並不高，且添加混凝劑濃度亦低，但由於淨水廠處理水量相當大，故產生汙泥量亦非常可觀。以台北自來水事業處為例，淨水廠每年約產生11,000m³（約重17,000公噸，以含水率40%計）汙泥餅，直接運至山豬窟垃圾掩埋場進行掩埋處理（康世芳等，2001），而其他地區淨水廠產生汙泥量遠大於此，且多數亦進入掩埋場進行最終處置。然近年來，現有掩埋場日趨飽和及新建掩埋場廠址取得不易情況下及88年6月新修訂廢棄物清理法公佈後，不當處理或處置廢棄物，業者不但要遭受罰款，而且有刑事責任，引起代處理業及委託事業者恐慌，使汙泥處理與處置費用不斷上升，無形中已

* 工業技術研究院環安中心環科組研究員

加重業者負擔。事實上，國外汙泥處理與處置費用約佔水或廢水處理場操作費用50至60%左右(Jones et al. 1977, Euan, et al., 1999)，而國內汙泥處理費用從早期5至20%左右增加至30至50%左右（洪仁陽等，2002），表示近年整個環境面及法規面丕變後，意味著國內高汙泥處理與處置費用的時代即將來臨。以往，由於汙泥或廢棄物處理及處置費用相當低廉，故汙泥或廢棄物減量技術不受重視。近來汙泥及廢棄物處理與處置費用節節上升及最終處置場址尋覓不易情況下，汙泥減量技術將引起各界關注。

二、淨水廠汙泥減量技術發展趨勢

由於汙泥及廢棄物處理與處置費用節節上升及最終處置場址尋覓不易情況下，淨水廠汙泥資源化是一條可行之路。事實上，淨水廠產生汙泥以無害無機汙泥為主，可以作為建築材料如磚等，在技術可行性方面並無問題，但在實際應用上必須考慮因素尚多包括汙泥本身性質及運送距離與費用等非技術因素，以避免發生技術可行，而經濟性及應用性受到限制的困境。除直接資源化外，如何減少無機混凝劑添加量，以有機混凝劑取代部份無機混凝劑或回收無機混凝劑如鋁鹽，以減少汙泥產生量亦是近來發展方向。以下就目前

這些方向應用加以說明。

2.1 有機混凝劑取代無機混凝劑

傳統上，水或廢水化學混凝單元使用混凝劑以鋁系或鐵系為主。近來，有機混凝劑如聚氯化己二烯二甲基胺（Poly Diallyldimethyl Ammonium Chloride, Poly DADMAC）已漸漸應用於水或廢水化學混凝單元，以取代部份或全部無機混凝劑使用，以達到脫色或減少汙泥產生量效果。在廢水處理方面尤其是有顏色或色度之產業如染整業及染顏料業等，有機混凝劑在脫色處理效果佳（魏漣邦等，1997；魏漣邦等，1999），可有效解決放流水色度問題，深受相關業界重視並廣泛使用。除此以外，有機混凝劑在廢水處理方面應用，同樣可以達到汙泥減量效果，尤其汙泥中間處理採用熱處理技術如焚化時，可以減少40~60%底灰產量，視不同有機混凝劑用量而定（洪仁陽等，2001），對廢水處理場操作成本節省相當可觀。而國內有機混凝劑在自來水原水處理方面，始於環保署於民國87年3月公告聚丙稀醯胺（polyacrylamide, PAM）、聚氯化己二烯二甲基胺（Poly Diallyldimethyl Ammonium Chloride, Poly DADMAC）及氯甲基一氧三環二甲基胺聚合物（Epichlorohydrin Dimethylamine, Epi-DMA polyamines）等三種有機混凝劑，在飲用水水源之濁度高

於250NTU時可以使用，但在劑量方面均有限制分別為1、10及20mg/L。目前先進國家如美國、英國及德國等均許可有機混凝劑應用於飲用水原水處理，但基於安全考量，會有限制聚合體中不純物及未反應單體濃度值。例如，聚丙烯醯胺所殘留的單體丙烯醯胺為0.05% (wt./wt.) (徐毓蘭等，2001)。Nozaic et al.(2001)的研究結果顯示在相同處理效果下，有機混凝劑用量約為無機混凝劑用量十分之一，對污泥產生量而言，有機混凝劑產生污泥量理所當然較低。但由於目前相關法規限制，並無法普遍性使用上述有機混凝劑，污泥減量效益較不容易彰顯。另一方面，有機混凝劑與無機混凝劑混合物應用於飲用水原水處理時，除可以減少污泥生量外，亦可以提高水體中溶解性有機物(NOM)去除效果(Bolto, et al., 1999)，進而改善飲用水水質並減少氯之添加量。

2.2 混凝劑回收再利用

Chu (1999) 表示混凝之後鋁約整個污泥重量39%左右，以往這類污泥就直接送往一般掩埋場進行最終處置。但由於其中鋁約佔污泥重量40%左右，若將其中鋁進行回收再利用，一方面可以減少混凝劑用量，另一方面，則可以直接減少污泥產生量。事實上，美國在70至80年代已經進行相當多研究，但應用情況並不普遍，主

要歸因於回收混凝劑如鋁鹽或鐵鹽其經濟價值遠不如從其他污泥中回收銅或銀等貴重金屬及污泥處理與處置費用低廉。但掩埋廠址不足及污泥處理與處置費用節節上升之後，從污泥中回收混凝劑技術重新受到重視。目前應用技術包括酸化(康世芳，2002)及加鹼等方式，將鋁或鐵從污泥中溶解後，回收再利用於水或廢水處理。酸化處理通常添加硫酸將pH值降至1至2之間，進行固液分離後，再回到水或廢水化學混凝處理單元，鋁的回收率可達70至90%之間(Panswad, et al., 1992)。而Masschelein及Devleminck(1985)則建議將含鋁污泥以液鹼將pH值調升至11.4至11.8之間或以氫氧化鈣將pH值調至11.2至11.6之間，結果顯示鋁的回收率較酸化為佳。無論酸化或加鹼從污泥中回收鋁，均必須藉由離心或薄膜分離等方式以進行固液分離。若直接回到淨水廠進行原水處理則必須先以活性碳等吸附材料脫色後，才能使用以確保品質。

三、案例介紹(Petruzzeli, et al., 2000)

案例廠污泥來自義大利Sinni River淨水廠，污泥經過沉澱後再以30 meq H₂SO₄/L(污泥)進行酸化處理，其污泥成分如表一中所示，

表一、沉澱後濃縮汙泥成分

項目	汙泥(g/kg dry)	酸化溶液 (mg/L)	固體殘留物 (g/kg Dry)
鋁	150-300	300-500	100-200
鈣	45-60	200-400	10-20
鎂	3-5	25-100	0-10
錳	2-5	5-10	1-3
鐵	20-50	0.5-2	15-40
銅	1-5	0.05-0.2	0
鋅	2-3	0.1-0.5	1-2
鉛	1-2	0.1-1.0	0
矽	200-300		300-500
TOC		200-300	

其中汙泥的鋁含量為150-300 g/kg，經過酸化處理後，上澄溶液中鋁濃度約介於300至500 mg/L之間。汙泥酸化回收混凝劑將來自淨水廠沉澱池的濃縮汙泥，其濃度5% (W/V) 左右，在酸化槽中將pH值調至3.5左右，並進行固液分離，含鋁的上澄液部份送入貯存槽中準備後續實驗，而酸化後固形物經汙泥調理及脫水後作為土壤改良用途。而含鋁上澄液則直接進入離子交換樹脂塔 (Purolite C106) 進行鋁選擇性樹脂交換，處理量約180BV，俟樹脂飽和後利用硫酸再生，再以0.4M NaOH將H⁺型轉為Na⁺型。經過六個月長時間操作，結果顯示鋁的回收率約介於75至80%之間。表二中所示為經由離子交換樹脂回收混凝劑中不純物與一般市售混凝劑中不純物之比較，結果顯示經回收混凝劑品質優於一般市售混凝劑，尤其是銅、

鋅及鉛等重金屬其含量遠低一般市售混凝劑，故含鋁汙泥經由酸化處理及離子交換樹脂可以有效回收混凝劑並可符合淨水廠水處理劑之使用要求。

四、結語

淨水廠產生汙泥，本身是一種廢棄物亦為一種有用資源，藉由回收可用資源並減少汙泥產生量，將是未來發展重點。含鋁汙泥經由酸化或加鹼方式，將鋁從汙泥中溶解出來後，依回用標的可以選擇不同固液分離方式如離心、薄膜分離及離子交換樹脂方式加以回收，可以達到資源回用及汙泥減量效果。由於鋁在淨水廠汙泥中約佔40% (以重量計)，且目前鋁的回收率約70至80%左右，因此預估可以減少淨水廠30%左右汙泥產生量，對於台灣地區面臨掩埋廠址不足及汙泥處理費用節節高

表二、離子交換樹脂回收混凝劑與一般市售混凝劑中不純物之比較

項目	酸化後上澄液	回收混凝劑 ^a	市售混凝劑 ^b
鈣	83,000	20	
鎂	79	2	
錳	22	1	50
鐵	5	2	300
銅	0.1	0.08	
鋅	0.3	0.1	50
鉛	0.2	0.1	10

註：單位=mg/kg Al

a:Al:99.99%

b:Al:99.9%

昇之困境，提供另一種選擇之道。

五、參考文獻

1. 康世芳、劉明仁、林志麟、姚俊毅、吳仁豪，淨水汙泥餅再利用技術調查及應用於臺北自來水事業處淨水場可行性之評估，臺北自來水事業處委託報告(2001)。
2. 康世芳、廖志祥、陳雅君、林志麟，酸化處理化學汙泥以減量及回收混凝劑，環保月刊，pp132-140(2002,8)。
3. 徐毓蘭、林畢修平，90年度飲用水處理藥劑檢測方法之建立，行政院環保署環檢所，EPA-90-E3S4-02-01(2001)。
4. 洪仁陽、張敏超、張王冠、鄒文源、許世賢，廢水處理場汙泥減量實務探討，2001產業環保工程實務技術研討會，pp338~350(2001)。
5. 洪仁陽、張敏超、邵信、張王冠、黃煌祥，汙泥調理劑篩選對汙泥餅含水率影響之實務探討，2002產業環保工程實務技術研討會，pp427~438(2002)。
6. 魏漣邦、張敏超，水中陽離子聚電質脫色效果之研究，第二十三屆廢水處理研討會論文集，pp523~527(1997)。
7. 魏漣邦、張敏超，不同染料水溶性之化學混凝脫色研究，第二十四屆廢水處理研討會論文集，pp655~666(1999)。
8. Bolt, B., G. Abbt-Braun, D. Ddixon, R., Eldridge, F. Frimmel, S. Hesse, S. King, and M. Toifl, Experimental evaluation of cationic polyelectrolytes for removing

- natural organic matter from water, *Wat. Sci. Texh.*, Vol.40, No.9, pp71-79(1999).
9. Chu, W., Lead metal removal by recycled alum sludge, *Wat. Res.* Vol.33, No.13, PP3019-3025(1999).
10. Euan W. L. and H.A.Chase, Reducing production of excess during wastewater treatment, *Water Research*, Vol.33, No.5, pp1119-1132 (1999).
11. Jones, J.L., F.M. Lewis and J. Jacknow, Municipal sludge disposal economics, *Environmental Science & Technology*, Vol.11, No. 10, PP 968~972(1977).
12. Masschelein W.J. and R. Devleminck, The feasibility of coagulant recycling by alkaline reaction of aluminum hydroxide sludge, *Water Research*, Vol.19, No.11, pp1363-1368(1985).
13. Nozaic, D.J., S.D. Freese and P. Thompson, Long term experience in the use of polymeric coagulants at Umgeni Water, *Water Supply*, Vol.1, No.1, pp43-50(2001).
14. Panswad T. and P. Chamnan, Aluminum recovery from industrial aluminum, *Water Supply*, Vol.10, No.4, pp159-167(1992).
15. Petruzzeli, D., A. Volpe, N. Limoni and R. Passino, Coagulants removal and recovery from water clarifier sludge, *Water Res.* Vol.34, No.7, pp2177-2182(2000).

自來水管線即時調查無線傳輸系統的開發

管寶發¹ 陳偉堯²

前言

921大地震發生後，人民維持正常生活機能極端重要的地下維生管線設施，所遭受的損害相當嚴重，國內的自來水管線更是受到嚴重的災損，災區民眾的生活機能大幅的減低。當地震發生後，面對可能造成嚴重災損的維生管線，如何能夠執行有效率及系統性的管線災損調查工作，迅速的蒐集災損資料、提昇調查資料的正確性，並且能夠於最短的時間內將現場災情資訊、即時景況及所在位置等資料傳回至中央災害應變中心，對於災害發生後進行緊急的搶災、救災及自來水管線系統之修復有著重要之影響。

當自來水管線因地震造成嚴重的災損，傳統的災情調查方式，為由人員帶著紙筆至現地進行災情調查紀錄作業，再將紀錄表從現地攜回辦公室後逐筆鍵入電腦，不但麻煩且費時，更可能因為人為疏忽導致鍵入資料的錯誤。對於分秒必爭的救災工作而言，可能會延誤救災工作的進

行。

由於防救災時效的重要性，為達成迅速反應的目的，有必要有系統地蒐集、更新現地的災情資訊，並將所調查之災情資訊立即的傳回至災害應變中心的資料庫，本研究目的即在發展一套「震後管線即時災損調查、傳輸系統」，系統中利用PDA(個人數位助理)作為災情調查工具，並結合無線傳輸技術，希望能藉此提高震後自來水管線災損調查工作的效率、方便性與正確性。

一、行動裝置與無線通訊技術

行動裝置的發展大致區分為手機與可攜式裝置兩大領域，這兩大領域，近年來由於PDA在銷售市場上不斷且穩定的成長，因此PDA軟硬體供應商也不斷推出新產品及新的軟體技術，並且因行動商務時代的來臨，PDA不只在個人零售市場成長，同時也開始廣泛的應用於企業方面的行動應用方案，又因PDA螢幕較大、手寫輸入、完整穩定的作業系統等特點，相較

1國立台北科技大學土木與防災研究所研究生

2國立台北科技大學土木與防災研究所助理教授

於手機，更適合作為行動應用方案的掌上裝置，目前兩者在通訊與資料處理上各有專精。隨著科技的發展兩個類型的功能有逐步整合的趨勢，例如以PDA為基礎所發展出的PDA手機，就是整合手機通訊功能與電腦資料處理及網際網路功能而成。

一般PDA應用遠距離無線傳輸主要有GSM (Global System for Mobile Communications)、GPRS (General Packet Radio Service)、WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access)、PHS (Personal Handyphone System)這四種，目前台灣的手機大多利用GSM系統作訊息傳輸，並藉此提供WAP的無線上網服務。由於台灣目前並未架設實際可用的WCDMA系統或服務，所以在應用無線傳輸技術上無法使用WCDMA。又由於WAP低頻寬的特性，使得一般應用只限於手機搭配WAP。對於遠距離無線傳輸應用，GPRS和PHS則為被大眾所最常使用的兩種無線通訊方式。以上網連線速度而言，在資料的上傳與下載速度做比較，PHS皆略快於GPRS，但考量「涵蓋範圍」這方面，PHS目前服務涵蓋範圍僅限大台北地區與基隆、桃園與新竹地區，對於震災發生後不可預知的管線災損地點而言可能造成盲點，所以本系統使用GPRS作為無線傳輸技術的選擇。

二、過去研究成果

由於PDA對於現場進行災損調查工作有著即時性與方便性，因此美國喬治亞理工學院的Deaton and Frost針對地震災損資料的蒐集開發出一套PQuake地震災損調查系統⁽¹⁾。在地震災損資料的蒐集過程中，工作人員配備PDA、數位相機及GPS蒐集並記錄災損資料。在美國911攻擊事件發生後，開發PQuake的研究團隊即利用開發的PQuake系統，來進行紐約世貿大樓災變現場的調查與分析災情。PQuake系統如圖1所示。

921大地震發生後，國內自來水管線造成嚴重的災損，以往管線之調查作業方式，大都是由人工攜帶派工單至現地以手抄的方式做紀錄，震災發生後，為了能迅速的蒐集災損資料，涂裕琦⁽²⁾以Microsoft Visual C++作為程式開發語言發展出一套「自來水漏水申報及災損調查記錄系統」，以Palm為作業系統之PDA，取代傳統的記錄方式，記錄人員不需帶著紙筆，即可完成現地或災區的災損調查，以節省時間，爭取修復的時效，調查完成後回到辦公室使用PDA直接與桌上型電腦進行資料同步，即可立即完成資料庫的鍵入，其系統主畫面如圖2所示。

三、災損資料蒐集效率比較

當自來水管線因地震造成嚴重的災損，它的搶修過程大致如圖3所示，傳統的災情調查方式(圖3之左邊部分)，為由人員帶著紙筆至現地進行災情調查紀錄作業，再將紀錄表從現地攜回辦公室後逐筆鍵入電腦，不但麻煩且費時，更可能因為人為疏忽導致鍵入資料的錯誤。「震後管線即時災損調查、傳輸系統」是專為現地管線災情調查人員，在地震後進行管線災損調查時所設計，其主要目的在於數位化調查流程，具有減少紙張使用、降低人為錯誤、傳遞即時災情與影像、整合後端資料庫處理、即時查詢與修改歷史資料等功能。由圖3的右邊部分可知，災情發生後，勘災人員利用PDA作為管線災情調查的工具，不但能立即將災情調查資料利用

無線網路即時傳回資料庫，並可做即時的修改及查詢資料庫內容。將原本費時且易出錯的處理程序，變更為可一次完成的工作方式，有效地縮短了管線災損調查時間，對於震後搶救災的時效性有其重要的幫助，本系統PDA並可外接數位相機紀錄災情即時景況，並配合擴充模組的GPS(全球定位系統)，達到衛星定位的功能，並且在調查時一併記錄該記錄點之點位。

四、設計概念與系統架構

震災發生後，為了使現地勘災人員在蒐集自來水修漏資料時熟悉介面及使用方式，系統設計乃以台灣省自來水公司各營運所目前所採用的「修理事件處理單」為參考依據，由於各營運所案件處理單具有

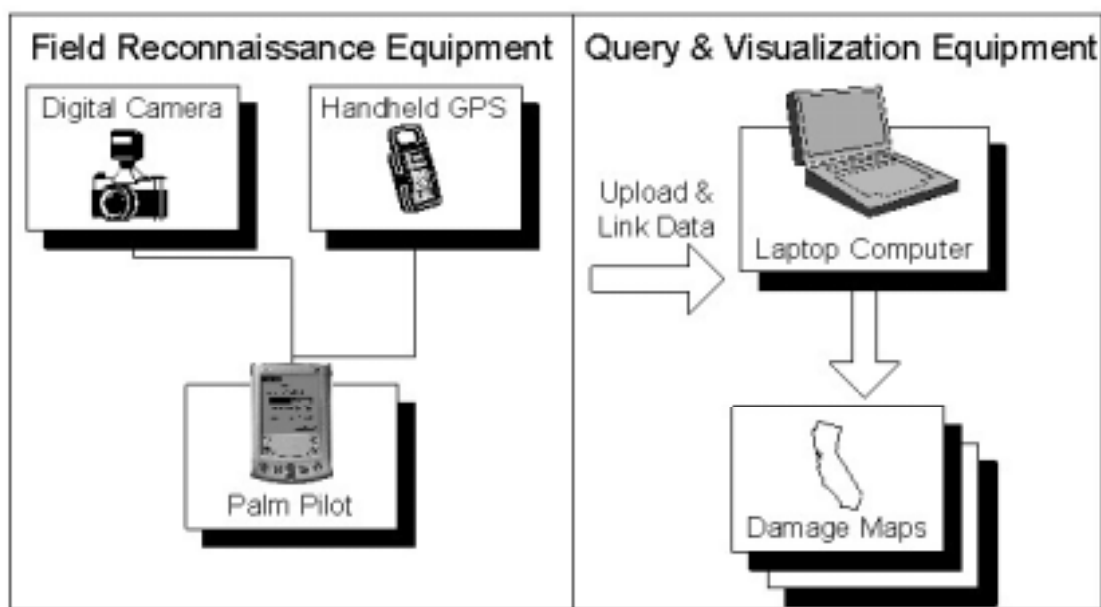


圖1 PQuake的系統架構⁽¹⁾



圖2 涂裕琦開發的自來水漏水申報及災損調查記錄系統主畫面⁽²⁾

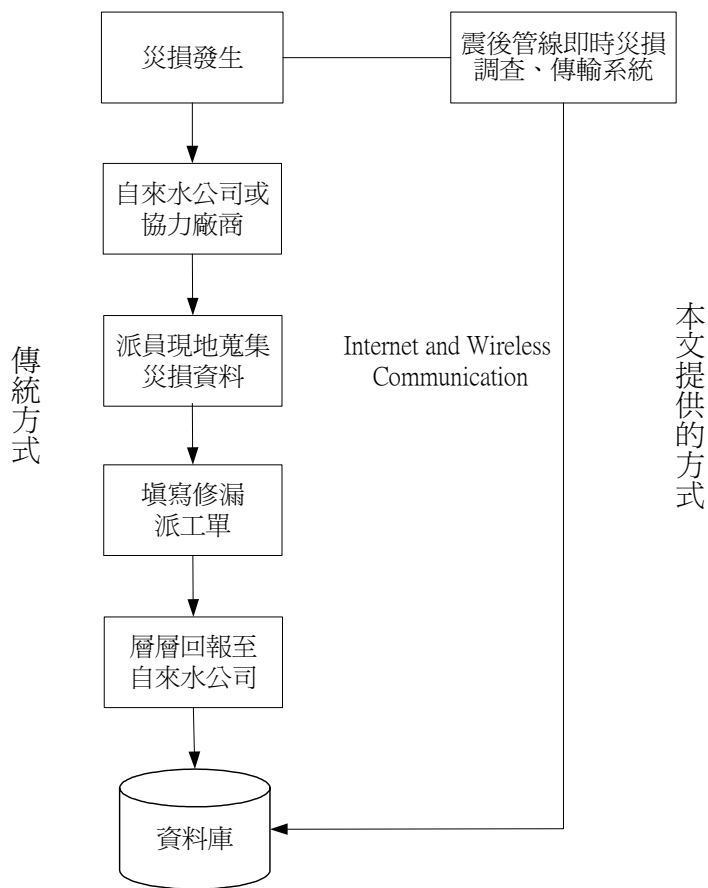


圖3 自來水修漏調查流程的比較

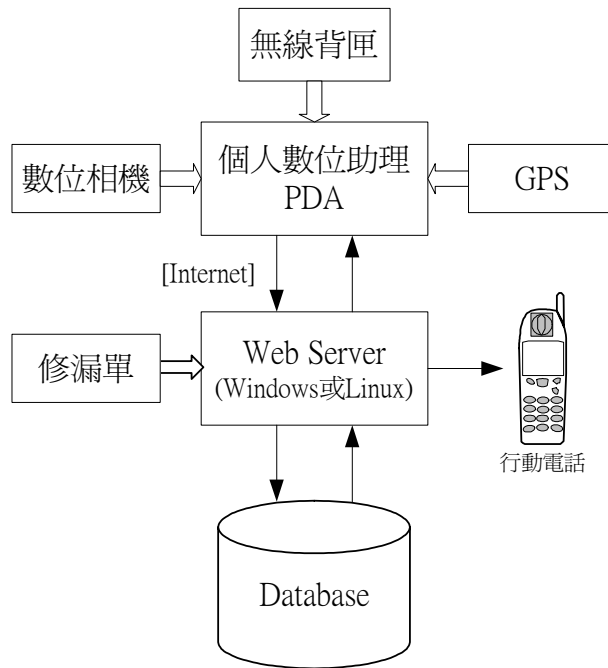


圖5 無線調查傳輸系統之網路架構

調查資料必須有負責儲存的資料庫，且該資料庫通常為關聯式資料庫，目前常用的資料庫為 MS-SQL Server、Oracle、MySQL、MS Access等。本系統所採用的資料庫為Windows版本的MySQL，主要原因為⁽³⁾：

- (1) 便宜(通常為免費)。
- (2) 網路承載比較少。
- (3) 經過高度最佳化 (Highly Optimized)。
- (4) 應用程式透過MySQL做備份比較簡單。
- (5) 已為各種不同的資料格式提供彈性的介面。

(6) 比較好學，且操作簡單。

(7) 易於負擔客戶支援。

資料庫所在的電腦必須提供網路元件及網路伺服器的元件，本系統選擇使用Tomcat作為開發建置JSP的執行環境，由於Tomcat是一項免費的產品並且是一個穩固的伺服器，因此作為系統開發之環境可進一步降低開發、使用成本。

五、完成系統使用說明

本系統在開發時的軟硬體設備如表1所示，Server端以一般管理單位採用的Windows作業系統為主，所採用的資料庫為Windows版本的MySQL，Tomcat是免

費的網路伺服器，可作為開發建置JSP的執行環境。Client端的環境則是採用作業系統為WinCE的iPAQ 3630搭配GPRS的網路連線方式，本系統中GPRS的系統服務為和信電訊所提供，每个月的月租費只要900元便可以不限資料量與時間無限上網，無線通訊模組則利用無線背匣，另一

方面，本系統也提供手機作為查詢災損資料的功能。

在系統操作方面，開啓PDA並連接無線網路後，輸入Server所在的網址，便可連接系統，系統的主選單如圖6所示，依序有新增、修改、查詢系統之功能，只要在示意的圖形上點選即可進入各功能的操

表1 實測環境軟硬體之型號與種類

軟硬體設備	型號種類
PDA	iPAQ 3630
Server 作業系統平台	Windows 2000 Professional 版
Database	MySQL
Web Server	Apache Tomcat 4.0
無線上網模組	Compaq iPAQ Pocket PC Wireless Pack
GPRS 系統服務	和信電訊 GPRS 900 無限上網型



圖6 震後管線即時災損調查、傳輸系統主畫面

作畫面，以下將依照系統主選單的介面說明本系統。

5.1 新增修漏資料

利用PDA透過無線網路連上系統進入主選單後，現地檢修人員點選「新增處理單」進入新增資料模式，為配合PDA的螢幕大小，本系統將修漏處理單設計成五頁及七大項，如圖7所示：基本資料、修漏內

容及破管原因、使用材料、挖掘狀況、管線位置及備註等。由於在傳統調查過程中可能會因為人為疏忽等因素，造成某些調查項目漏填，所以在系統設計時強限定需要填寫的項目，依照表單內容提示將調查資料填入，當所有內容皆填寫完成即可將資料透過無線網路傳至Server，當Server端接收到資料並儲存於資料庫後，PDA端則會立即將此筆資料所有內容顯示



圖7 新增自來水災損資料

於螢幕上，供檢修人員作立即之核對。由於調查資料是透過無線網路即時傳回自來水公司災害應變中心的資料庫，所以資料並不儲存於PDA內，而沒有PDA記憶體容量不足的困擾。

5.2 修改修漏資料

當檢修人員發現已填寫的檢測資料不正確需進行修改時，可在系統主選單點選

「修改處理單」進入修改模式，系統提供四種查詢方式提供資料的查詢，如圖8所示，分別為編號、水號、用戶姓名、用戶電話，使用者可以選擇欲查詢的項目輸入關鍵字做查詢，系統便會依照使用者所查詢的項目與關鍵字傳回符合的資料至PDA端。在此以用戶姓名作為查詢的條件並輸入關鍵字「陳」，則查詢結果會顯示所有用戶姓名跟陳相關的資料，若無輸入任何



圖8 修改自來水災損資料

關鍵值，傳回的結果則為所有的資料。點選所要的資料後則會進入和新增資料時相同的畫面，但不同的是此時在所有欄位皆會顯示資料庫內的資料，修改時只要針對欲修改的欄位作更正即可。

5.3 查詢修漏資料

查詢修漏資料的操作方式、介面與修改修漏資料大致相同，如圖9所示，系統

會依照使用者所查詢的項目與關鍵字傳回符合的資料至PDA端，依照查詢結果點選所要的資料後系統傳回完整的查詢資料，但查詢所得的資料無法進行覆寫修改。本系統另外提供手機查詢模式，由於手機螢幕較小與WAP所提供的頻寬較低，所以本系統只提供手機作查詢的功能。如圖10所示，點選所要的資料後，手機就會連線至Web Server，再從資料庫端抓取所要的



圖9 PDA端查詢自來水災損資料



圖10 手機端查詢自來水災損資料

資料顯示於手機，由於受限手機螢幕大小的限制，所以設計時只提供幾項進行搶修作業時所需要的資料供查詢，如用戶基本資料及使用材料之細目等。

5.4 傳遞即時災情影像

預先利用桌上型電腦將FTP檔案傳輸程式同步至PDA，檢修人員於現地作災損調查工作時，可利用數位相機紀錄管線災損情形，再將PDA內儲存的災損影像利用FTP檔案傳輸程式透過無線網路傳送至Server端的電腦，如圖11所示，左邊畫面

為PDA系統內的檔案，將001.jpg(範例)透過無線網路Server端，右邊畫面則為Server端系統內的檔案。

5.5 程式修改彈性

在本系統中，所有的程式皆開發在Web Server端與資料庫端，Client的PDA只做為瀏覽器之用，災情發生後，本系統可根據各營運所的需要加以修改成符合各營運所要求的修漏申報系統，且只要針對Server端作修改，所有現地的檢修人員皆可透過PDA得到最新的修漏申報系統進行

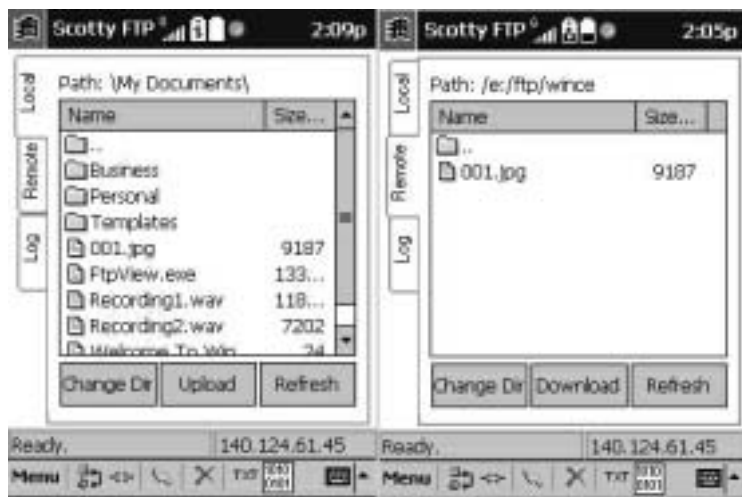


圖11 FTP檔案傳輸程式上傳畫面

檢修工作。

5.6 與其他工具的整合性

透過GPS裝置可輕易接收從衛星所發出之訊號，利用PDA擴充模組的GPS系統，可在現地進行調查工作時，以衛星定位的方式取得該點的經緯度座標，並可應用地理資訊系統使整體資料空間化，於辦公室內可將所得之相關位置轉換至地理資訊系統中，並可與其他圖層做套疊及空間上的維修分析。

六、結論與展望

1. 本研究利用行動裝置與網路主從式架構建立「震後管線即時災損調查、傳輸系統」，提供新增、修改、查詢資料，並提供傳遞即時災情與影像與衛星定位等功能，提供現地人員進行勘災時另一種紀錄方式，實現了無紙化的作業程序，以減少時間及人力的浪費，並提高了調查工作的效率與正確性。
2. 本研究利用行動裝置與無線通訊技術完成現地管線災損之調查系統，具有即時性資料的能力，對於震災發生後分秒必爭的救災工作有著實質的幫助。
3. 表單的輸出可依不同之需求作修改，由於本系統所有的程式皆開發在Web Server端與資料庫端，所以只要針對Server端作修改就如同更新所有Client

的修漏申報系統。系統程式若開發在PDA端，當震災發生後，如果需要在調查過程中增加一些調查項目時或更改調查表之格式時，則所有PDA都需要同步才能更新程式，對於分秒必爭的救援工作勢必造成影響。

4. 由於調查資料是透過無線網路即時傳回自來水公司災害應變中心的資料庫，所以資料並不儲存於PDA內，因此調查過程中沒有PDA記憶體容量不足的問題。
5. 本系統中結合了GPS定位系統，可立即紀錄災損點的經緯度座標，便於空間分析應用。另外可傳遞即時災損影像，有助於災情的紀錄、分析與判斷。

參考文獻

1. Deaton, S. L. and Frost, D (2001) "PQuake --An Integrated System for Earthquake Damage Reconnaissance," <http://www.prism.gatech.edu/~sd89/doctoral.html>。
2. 涂裕琦 (2002)，PDA在地震後管線災損調查之應用與實作，國立台北科技大學土木與防災研究所碩士學位論文。
3. 科技資訊網首頁(2003)，
<http://taiwan.cnet.com>。

作者簡介

作者姓名：管寶發

服務單位：國立台北科技大學土木與防災研究所、碩二

通訊地址：台北市忠孝東路三段一號土木所碩二

學經歷簡介：國立台北科技大學、土木與防災研究所、碩士
國立屏東科技大學、土木工程系、學士



作者姓名：陳偉堯

服務單位：國立台北科技大學土木與防災研究所、助理教授

通訊地址：台北市忠孝東路三段一號土木所

學經歷簡介：美國普渡大學、土木學院大地工程系、博士

美國普渡大學、土木學院大地工程系、碩士

美國普渡大學、電腦資訊科學系、碩士

國立台灣大學、土木工程系、學士



