

# 二氧化氯在控制退伍軍人症之應用

(本文翻譯自英國 Ashland Chemicals 公司 M.J. Turvey 論文)

## 摘要

隨著在世界各地持續爆發，儘量降低退伍軍人症---肺炎之潛在致死疾病---之風險，愈來愈將會有更多的立法控制。二氧化氯在英國疾病預防指導方針 (UK guidelines) 及其他研究已被視為有效的退伍軍人症病菌殺菌劑。其原因乃在於生物薄膜 (biofilm) 在退伍軍人症病菌的成長扮演重要角色，而二氧化氯在控制這些生物薄膜具有優越的效果。

## 1. 介紹

過去多年來，由於退伍軍人症在英國及美國大規模爆發，因此在這些國家引起高度重視。最近在荷蘭又爆發此種疾病，使得在歐洲其他地區更加重視此一問題。本文研究造成此項疾病之細菌的背景，其傳播方式，以及主要的風險區域。水系統之處理以降低發生退伍軍人症的風險，通常需要使用氯或溴等非氧化性殺菌劑或消毒劑，然而，二氧化氯具有的性質使它成為一種有效的替代物。以往曾經有過若干案例以二氧化氯控制各種水系統之風險，以及何以  $\text{ClO}_2$  做為此項用途特別有效的討論，更支持此一論點。

## 2. 退伍軍人症

退伍軍人症係為一種肺炎的潛在致死疾病。初期症狀包含發燒、頭痛、肌肉酸痛、乾咳以及呼吸困難。若干病患也會產生腹瀉、嘔吐且有可能成為精神錯亂。原因係吸入受到會造成退伍軍人症之細菌所感染的水滴。據了解，與感染源接觸的 100 人之中大約僅有 1 人實際上會感染疾病，其中致死率約 12%，視當事人之敏感程度而定。例如，在醫院或退休住宅，有些人會由於年齡或疾病而較為危險。

這種疾病首先係在 1976 年美國退伍軍人大會中爆發之後引起注意。參加大會或在旅館工作的 221 人患上退伍軍人症，其中有 34 人死亡。追蹤感染源至空調系統，最後將造成的細菌隔離，並取名為 "*Legionella pneumophila*"。雖然這是初次獲得確認，但它並非一種新的菌種，早在 1943 年原先被認為是肺炎之際即發現它已經存在。在英國，1985 年於 Stafford 醫院有一次大規模爆發，當時有 101 人感染，造成 28 人死亡。目前的英國頒布的法律主要係由於此一事件之後社會的吶喊以及倫敦市中心英國廣播公司辦公室頂樓冷卻水塔爆發其它重大意外事故導致的結果。今年稍早，在荷蘭阿姆斯特丹附近一處大型花展爆發退伍軍人症之後，累計已有 231 個退伍軍人症病例，造成超過 20 人死亡。至於得到退伍軍人症的總人數仍屬未知，據報導，在英國每年約有 150-200 個病例，但實際病例估計達到 1,000<sup>1</sup>。有人估計僅美國一地，每年約有 10,000 至 15,000 人得到

退伍軍人症。

同樣的細菌亦曾被發現會爆發非致死性流行性感冒一類的疾病，稱為”Pontiac Fever”。有若干理論討論到何以爆發時在細菌毒性方面或其攻擊肺部的部位會有所不同。

### 3. 造成退伍軍人症之細菌

*Legionella pneumophila*—與 90% 以上的退伍軍人症有關之細菌——係為一種桿狀 *Legionellaceae* 族細菌。它被進一步區分為不同的 Serogroup (一般為 1 至 16)，而 Serogroup 1 係為最常見的在英國造成疾病者。至少還有其他 37 種目前已知的不同種類之 *Legionella*，且其他諸如 *L. micdadei* 與 *L. feelei* 亦曾被發現與少數病例有關。

*Legionella* 細菌存在於自然界的河川、湖泊及土壤中，但通常為數不多。有利成長的條件係為水溫 20-45°C 以及有營養源的情況，特別是有其他生物或諸如鏽或結垢等沉積物存在者。

倘若吾人將有利於 *Legionella* 細菌成長的條件與藉由噴水產生大小適當的吸入物 (介於 3 至 5 微米之間) 之可能性合併考慮，這些系統最可能存在風險的情況包含：

- \* 供應冷卻水塔之水系統
- \* 供應蒸發冷凝器之水系統
- \* 工作場所之熱水與冷水例如自來水與沖洗水——特別是從儲槽供應而非由主要水源直接供應者
- \* 空調或增濕系統
- \* 其他工廠及系統其中所含有的水可能會超過 20°C，且當它在使用或維修時可能會噴水釋出者。例如包括噴水池、溫泉浴池、裝飾噴泉以及油漆噴霧器。

### 4. 英國控制退伍軍人症及使用二氧化氯之指導方針

在英國，管理退伍軍人症控制之主要法規係為健康安全工作法案 (1974) 以及健康危害物質管制規定 (CoSHH, 1988)。根據這些法規之第 16 節，健康安全委員會頒布一份”執行法規”，旨在提供關於 legionellosis<sup>2</sup> 風險之實施導引，於 1992 年 1 月生效。此法規並不提到風險控制之任何技術議題，這部份則登錄於健康安全部頒布的宣導手冊，稱為 HS(G)70<sup>3</sup>。

目前的 HS(G)70 曾於 1993 年修訂一次，它在”水處理方法”一章的第 107 段的附註中僅提及二氧化氯。在這一章節之中，指出殺菌劑係為水處理領域之重要

部份，並建議在使用溴或經過安定化的二氧化氯以及非氧化性之殺菌劑等其他殺菌劑之後，再妥善使用氯。值得注意的是，健康安全部最近又提議進一步修訂 HS(G)70，且在其諮詢文件<sup>4</sup>中，二氧化氯則為更被接受之處理方法。在第 117 段中，提到的用量範圍係為 0.5-1 毫克/公升的氯/二氧化氯。

其中亦建議連續加入氧化性殺菌劑，但倘若以注射方式加入，建議之有效濃度的存在量在每 24 小時之中至少應達到 4 小時。大型工業裝置亦可視水循環速率間歇性地予以加料，時間長短則視裝置之操作特性而定。

二氧化氯用於控制退伍軍人症之有效處理，其另一個被接受的顯示，係登錄於健康安全部於 1998 年公佈之 HS(G)70 補充資料，稱為”在熱水及冷水系統控制退伍軍人症” (The Control of Legionellosis in Hot and Cold Water Systems)。其中有一個與二氧化氯有關的章節 (第 22 至 27 段)，舉出兩個參考案例顯示它在水系統中達到 0.5 毫克/公升<sup>5,6</sup>的用量水準即可具有使用效果。雖然此一指導方針亦指出，欲使氧化劑總用量維持在英國飲用水檢查局所訂定的 0.5 毫克/公升以下的水準會有困難，特別是水處於低迴流的系統。無法符合”執行法規”或 HS(G)70 指導方針者，本身在英國雖不致於被告，但出了任何問題或健康安全部實地檢查時，企業的業主或經理人必需負有證明在某種其他方式可以符合規定的責任。

## 5. 二氧化氯對抗退伍軍人症細菌 (Legionella Bacteria) 之有效性

目前已完成一些研究以探討二氧化氯對抗 *Legionella pneumophila* 之有效性，所有的結論皆認為它在控制水系統的風險方面係為一種有效的殺菌劑。在 Ashland 公司的 Drew 工業部門 (Drew Industrial Division)，吾等在 1987 年的早期實驗室測試中，針對冷卻水塔的水所懸浮之退伍軍人症細菌予以測試，顯示在使用濃度下具有非常有效的殺死率：

不含 ClO <sub>2</sub>	接觸時間 (小時)		
	0	1	2
對照例	1.7 × 10 <sup>6</sup>	2.4 × 10 <sup>6</sup>	7.0 × 10 <sup>5</sup>
0.5 毫克/公升	1.7 × 10 <sup>6</sup>	無法測出	無法測出
1.0 毫克/公升	1.7 × 10 <sup>6</sup>	無法測出	無法測出

最重要的研究之一係由房屋服務研究協會 (Building Services Research Association, BSRIA<sup>5</sup>) 所進行者，它比較二氧化氯對於達到 60°C ---HS(G)70 通常建議使用的供水---之熱水的使用有效性。BSRIA 已設立 3 個商業規模之熱水與冷水供應系統，容量各為 1,350 公升，相當於容納大約 50 人之辦公大樓的用水量。這些測試架利用包含非病菌類之 *Legionella pneumophila*, Serogroup 1 以及細

菌在內的漂浮微生物的混合物使它感染，在處理前放置 8 週。第 16 週後，含有二氧化氯的試驗樣本情況持續良好，並未測出有浮游生物的 Legionella，且在熱水（30-35°C）與冷水系統（<20°C）的細菌水準皆大幅降低。這項研究的結論為在冷水系統，ClO<sub>2</sub> 的用量在 0.1-0.2 毫克/公升之間即屬有效，而熱水系統的 ClO<sub>2</sub> 用量則需達到 0.35 毫克/公升。

另一個實例係取自一份研究報告，它由新建醫院的熱水與冷水系統<sup>7</sup>以 3 個案例的退伍軍人症經過 3 個月的試驗。追蹤到主要的原因包含：設計不良；冷水儲存溫度超過 20°C；儲存容量至少為所需數量的兩倍，導致低流速；熱水器呈現溫度分層；以及管子接頭之油性有機密封化合物。過氯化（Hyperchlorination）在細菌數回到無法接受的水準以及 Legionella 生物偵測到之前，僅產生短期效應。以濃度 50-80 毫克/公升之二氧化氯對儲槽消毒 8 小時，且對水龍頭消毒 1 小時之後，即測不出有 Legionella 細菌存在，而生物薄膜雖無法完全去除但亦大幅減少。

由於其化學性質，二氧化氯對於某些形態的冷卻系統係為一種理想的處理劑，特別是 pH 值高（大於 8.5）或者是系統受到一些污染者。Ashland, Drew Industrial Division 身為水處理廠商，目前處理的冷卻系統在美國超過 100 個，在英國超過 10 個，皆以二氧化氯控制微生物水準。一般而言，對於大型冷卻系統，我們建議將它加入再循環部份而非補充水部份，因為有大約 50-90% 的二氧化氯會在冷卻水塔內漏失，視冷卻水塔之效率而定。典型的處理方式係逐日添加二氧化氯，使游離態二氧化氯在 0.5-1.0 毫克/公升的最起碼濃度下至少存在 1 小時。這通常需要較長的實際加料期間，而 0.5 ppm 的保留量亦可以達成。不同的系統條件可能需要使用較多的二氧化氯；我們的目標係使一般細菌數達到每毫升 10<sup>4</sup> 個細菌或更少，此乃顯示系統得到控制的情況下，為一般所能接受者。

經過處理之全部系統皆達到良好的微生物控制，遺憾的是僅有 3 個冷卻系統定期取樣檢查退伍軍人症的細菌，因為在指導方針之中並無此項要求。結果綜合如下：

場址 1：鑽孔水持續以二氧化氯處理，濃度為每公升游離殘留物含有 0.2-0.5 毫克。將此水供應至 10 個不同大小之冷卻水塔，每座冷卻水塔皆裝設二氧化氯產生器，使它能夠每日加料 4 小時。在此期間內，每座冷卻水塔之 ClO<sub>2</sub> 濃度會有所變化，雖然設定的目標為 0.5 毫克/公升，實際的游離態二氧化氯可能會低到 0.05 毫克/公升或高達 35 毫克/公升。在加料期間，細菌水準低至每毫升 10<sup>3</sup>（應該更正為 10<sup>3</sup>）個細菌，其他時間的一般水準則為 10<sup>4</sup>（應該更正為 10<sup>4</sup>）個細菌或更少。自 1994 年以來，Legionella 樣本（檢驗退伍軍人症之細菌）每年皆按季取樣。這段期間取得的 260 個樣本之中，僅有 5 個在低水準（低於 10<sup>3</sup>/公升，屬

於 Serogroup 1 者則無) 下發現有此種細菌存在，而過去 4 年來亦僅有一例。

場址 2：一座容量為 14 立方米之冷卻系統，其中的循環水含有大量的有機污染物。微生物係藉二氧化氯予以控制，每天注入加料 3 次、每次 1 小時，每次間隔 8 小時。最低的 ClO<sub>2</sub> 用量水準係藉氧化還原系統予以控制於 0.75 毫克/公升。微生物水準通常為每毫升 10<sup>3</sup> 個細菌或更少，Legionella 樣本每年取樣兩次，連續取樣 3 年，並未發現有此種細菌存在。

場址 3：一個容量為 79 立方米之循環冷卻系統，其中經常含有可對細菌供應高養分成份之食品污染物。持續將濃度為 0.5 毫克/公升的二氧化氯加入其中，並以氧化還原系統控制之。在使用二氧化氯之前，這個系統很難控制，且曾有過 Legionella 存在的記錄。細菌數目前低於每毫升 10<sup>4</sup> 個細菌，而自從使用二氧化氯以來，Legionella 測試皆顯示並無存在。

## 6. 生物薄膜在退伍軍人症成長之角色

我們曾經想到的問題之一為”在控制退伍軍人症時，為何使用二氧化氯優於其他氧化性或非氧化性殺菌劑？”，我們懷疑答案在於它對生物薄膜產生之效應。

在水系統內，生物薄膜會於表面迅速形成。在接觸的幾個小時之內，微生物在系統水活動會產生有機單糖類與脂肪酸之薄膜，細菌藉由細胞外的多糖類附著於它的表面，並成長形成微菌菌落，最後再合併形成微生物薄膜。當移近之絲狀細菌形成且進一步延伸至大的水體時，微生物薄膜趨於成熟。生物薄膜會捕捉無機腐蝕物及結垢生成物以及會對其他微生物成長供應營養份與大量水份（詳圖 1）之有機分解物。其他的微生物例如黴菌、原生動物類（protozoa）、矽藻以及甚至小的線蟲類昆蟲，在接觸生物薄膜時皆會形成聚落。生物薄膜會造成若干問題，諸如：流速降低、熱傳不佳、由於黏土丟棄產生之堵塞、以及由於硫酸鹽在這些薄膜下方的缺氧區域對細菌的還原作用產生之腐蝕。目前亦已瞭解到生物薄膜對於 Legionella 病菌的成長扮演重要的角色。

圖 1：典型的生物薄膜結構 (Page 4/7)

Water Flow 水流動方向

Planktonic 浮游生物

PH and oxygen gradient 酸度與氧濃度梯度 (成份高低變化方向)

Sessile 固著物

Embedded bacteria cells 埋藏的細菌細胞

Trapped particles 捕捉到的顆粒

一般皆知 Legionella 細菌較不易在實驗室成長，它需要使用含有木炭、鐵與

胺基酸之特殊介質。因此，很難獲知它究竟如何在冷卻水中繁殖至會造成問題的程度，且假設 *Legionella* 在水主體中並不會成長，只會在形成的生物薄膜---循環水系統積聚之黏土與污泥，特別是在流速緩慢的區域或靜止角落（deadleg）---內成長。深入研究後證實確有此種情況，若干研究報告估計冷卻系統中有 99% 的 *Legionella* 細菌係於生物薄膜內發現<sup>8</sup>。其他的研究<sup>9,10</sup>則顯示 *Legionella* 細菌具有之奇特性質在於它能在阿米巴變形蟲（amoeba）等原生動物中存活與成長。由含有好幾百個 *Legionella* 細菌之已受感染阿米巴變形蟲的液泡圖片以及若干報導，可知唯獨在原生動物體內，細菌方能繁殖<sup>11,12</sup>。一篇美國報導指出，64% 含有 *Legionella pneumophila* Sergroup 1 之場址亦含有阿米巴變形蟲 *Hartmannella vermiformis*，但此種阿米巴變形蟲僅出現於 18% 沒有 *Legionella* 細菌存在之場址。其中強調雖然阿米巴變形蟲難以藉殺菌劑殺死，通常它僅在已形成的生物薄膜內會有一些數目存在。因此，生物薄膜之去除可確保阿米巴變形蟲之有效控制。

生物薄膜之重要性於英國健康安全局頒布的諮詢文件中已予以確認，在第 17 段中指出” *Legionella* 亦需要有養份供應使它繁殖。來源可包含例如，在水系統本身通常會存在的有機體，如藻類、阿米巴變形蟲以及細菌。系統內有沉積物、污泥、結垢及其他物質連同水系統內之生物薄膜一齊存在，亦被視為對於 *Legionella* 有機物之停靠與提供有利的成長條件扮演重要角色。

倘若生物薄膜對於 *Legionella* 細菌提供種種條件、養份與保護，則在儘量降低退伍軍人症的風險方面，偵測與控制生物薄膜的形成即成為優先目標。目前，有一些方法可用於評估生物薄膜在工業系統的累積情況。其中包含直接法例如使用”生物薄膜偵測器”（biofilm monitors），它將試樣或樣品管直接置於水流中，或置於其支流藉以模擬在實際系統表面所發生的情況。試樣經過選取並測試生物結垢度，使用的方法係取出生物薄膜在依傳統瓊脂板測定細菌數，或直接利用螢光顯微鏡測試在試樣上之活性生物薄膜。間接方法則包括偵測熱交換表面之效率，生物薄膜係為極有效之絕緣體。Ashland, Drew Industrial Division 公司使用電腦化結垢偵測器（CFM）以及拖車上裝設之 P.U.L.S.E. 設備以測定水在場址之結垢潛力（fouling potential）並測定使用殺菌劑過程之有效性。

## 7. 二氧化氯用於控制與去除生物薄膜

在發現生物薄膜於 *Legionella* 細菌成長所扮演的角色之後，接下來即針對生物薄膜中所含之 *Legionella* 使用殺菌劑之有效性加以探討<sup>13,14</sup>。結果發現與殺死水中浮游生物的情況相比較，殺菌劑的接觸時間與濃度皆需大幅增加，此一發現完全在預料之中。

果真如此，吾人可合理地認定在控制實際系統水的 *Legionella* 細菌時，殺菌劑對生物薄膜的使用效果會更佳。因此，值得注意的是有相當多的證據顯示二氧

化氯用於控制及去除生物薄膜特別有效，實例如下：

- \* 房屋服務研究協會 (BSRIA) 報導中提到稍早的這份文獻<sup>5</sup>，其結論是在 GRP 蓄水池中使用大約 0.1 毫克/公升的二氧化氯，即可使生物薄膜獲得有效的消毒，而熱水管道之水流溫度則可降低至 30-35°C。在熱水及冷水出口之橡膠墊圈，0.4 ppm 即可有效地殺死生物薄膜。在 1996 年舉辦的第一次研討會中，有一篇論文就生物薄膜及其形成做更詳細的敘述。此外，若干研究則旨在評估二氧化氯對於生物薄膜之影響<sup>16,17</sup>，結論是在限制生物薄膜成長方面，二氧化氯較 HOCl 更為有效。其所以能有效抑制細菌分裂及生物聚合物合成，乃由於這些細菌可能已附著於表面。
- \* 有許多案例指出二氧化氯如何有效地自受到污染的系統將生物薄膜去除。Ashland 技術論文中引用的實例包含：一家大型番茄加工廠的細菌黏土，無法在水槽系統中以 8-10 毫克/公升濃度的氯予以控制，但使用濃度略高於 1.0 毫克/公升之 ClO<sub>2</sub> 時，卻能去除原先存在的黏土並停止新黏土的形成。一家蔬菜油加工廠，其經過氯處理之冷卻水塔仍存在過量黏土，利用二氧化氯---用量為氯的十分之一---可於兩天內予以清除。
- \* 最早的實例之一係於美國食品科技協會在芝加哥舉辦的 1958 年年會<sup>19</sup>中發表，其中嘗試循環使用清洗用水。研究人員發現，使用氯時會有嚴重的黏土累積現象，但使用二氧化氯時，則能使豆子與玉米罐頭廠十分有效地降低細菌與黏土的形成。這些研究人員亦發現，在工廠操作許多小時之後，倘若設備或輸送帶利用經過二氧化氯處理的噴灑，則在這些設備或輸送帶上僅會測出有很少量的黏土。

Ashland, Drew Industrial Division 公司的經驗是，在造紙、食品加工及冷卻水系統等應用場合，二氧化氯係為一種優越的去黏劑，在需要先使用氯與表面活性劑系列之生物分散劑之場合，通常在後續處理時可單獨使用它。它擁有優越分散劑性質的原因以上已有說明<sup>16,17</sup>，另一個調查領域則是二氧化氯擁有之獨特的化學性質是否亦扮演重要角色。吾人已知愈接近已形成之生物薄膜底部，氯的含量與 pH 值愈小。通常，二氧化氯的第一個還原生成物係為亞氯酸鹽，在生物薄膜內之 pH 值降低的情況下，亞氯酸鹽有可能會再轉化恢復成為具有殺菌活性之二氧化氯。這一點尚未獲得證明，但也許是 ClO<sub>2</sub> 對生物薄膜具有較強的殺菌效果之原因，可用於替代活性較易消失而成為有機鹵的氯與溴。

## 8. 結論

殺菌劑對水體系統中的 *Legionella* 細菌之殺菌效果的評估，仍無法對於它在實際系統的效用提供適當的資訊。實際上，它與由複雜的微生物所形成之生物薄膜會相互作用。因此，由於二氧化氯在對抗會使 *Legionella* 細菌獲得茁壯成長環境的生物薄膜具有優越的活性，故在冷卻水系統、製程系統及供水系統皆為有效的殺菌劑。

### 參考資料

- 「1」 Joseph, Carol ; PHLS Communicable Disease Surveillance Centre  
論及發表於 WMS 會議”有效管理建物以預防退伍軍人症” 1996 年 9 月，  
倫敦
- 「2」 HSE “Legionellosis (包括退伍軍人症) 之預防與控制”  
試驗批准號碼 (L8) HMSO 1991 ISBN 0 11 885659 6
- 「3」 HSE The Control of Legionella, 包括退伍軍人症  
HS (G) 70 HMSO 1991 ISBN 0 11 885660 X
- 「4」 HSE 揭露於網址 [www.open.gov.uk/hse/condocs/](http://www.open.gov.uk/hse/condocs/) as CD143  
試驗批准號碼” Legionellosis (包括退伍軍人症) 之預防與控制以及相關指  
導方針” 之修改建議，1999 年 6 月
- 「5」 BSRIA”熱水與冷水供水系統之二氧化氯水處理”  
技術文件 TN 6/96 BSRIA ISBN 0 8602 2486 4
- 「6」 二氧化氯現場研究, Thomas 等人, New Cross 醫院, Wolverhampton, WV 10  
0QP (未出版之研究報告)
- 「7」 Walker 等人”醫院水系統利用二氧化氯控制 *Legionella pneumophila*”, 刊載於  
Journal of Industrial Microbiology (1995) 15384-390
- 「8」 McCoy, B : 在 CTI 教育研討會有關 Legionella 控制之演講，且刊載於 CTI  
Journal 第 18 卷第 2 期
- 「9」 Rowbotham T.J. 新鮮水與土壤阿米巴變形蟲之 *Legionella pneumophila* 致病  
性的初步報告， J. Clin Pathol 1980 33 : 1179-1183
- 「10」 Anand CM 等人” *Legionella pneumophila* 與自由生存之阿米巴變形蟲的互  
動”, J. Hyg. Camb 1983 91 : 167-178
- 「11」 Hart C., Monteil H. “自由生存之阿米巴變形蟲與 *Legionella* 在環境中之互  
動”， Wat Sci Tech 1988 ; 20 : 235-239
- 「12」 Holden EP 等人” *Legionella pneumophila* 在 *Acanthamoeba castellanii* 之細胞  
內成長”， Neff. Infection and Immunity 1984 ; 45 : 18-24
- 「13」 Green P.N. 1993, 在實驗室製造之 *Legionella* 生物薄膜使用殺菌劑之效力。  
刊載於 Letters in Applied Microbiology 17, 158-156
- 「14」 Wright J.B., Ruseska I., Costerton J.W., “Decreased biocide susceptibility of  
adherent *Legionella pneumophila*; Journal of Applied Bacteriology 1991 71

531-538

- 「15」 Belluati M., Bartole L., Bressan G. “一次流動式冷卻系統利用二氧化氯之抗垢處理”，歐洲第一屆二氧化氯與消毒研討會之會議資料，羅馬，1996,第133-151 頁
- 「16」 Bartole L., Bressan G. (1993) ”氯化合物對 Periphyton (主要係黏土) 之效應”，初步報告, Ichem, Biodegradation and Biodeteriation 9 : 123-127
- 「17」 Bartole L 等人”在工業管線內使用化學品之污垢控制系統：實驗室模擬”，Oebalia 19 (補充報告) : 375-382
- 「18」 Ashland 化學公司 Drew Industrial 部門”二氧化氯：在水系統替代氯做為消毒劑，OX-TP-009，在 Campden 食品防腐研究協會之工程小組會議發表，英國 1995 年
- 「19」 Welsh 與 Fotinazzo : 二氧化氯在罐頭廠殺菌與水質保護之使用”，食品科技雜誌, 1959 年 3 月