

實驗室意外和實驗室安全

甘魯生

中央研究院 化學研究所

楔 子

除了理論和計算化學無需作實驗外,其他各領域都要動手。做實驗也是訓練化學專業必經之途徑。學者們為了使化學領域發揚光大,嚐試各種不同的反應條件,因此不免出現高溫、高壓和/或極低溫等危險的實驗條件,也不免利用到易燃、易爆或自燃的化學藥品。所以做化學實驗伴隨著一些風險。可是在學術界並沒有如工業界那麼重視和落實各種安全規範。這其中的因素很多,也包括一些實驗室的傳統。主要的原因可能有二。其一是學校是個鼓勵發揮創意的地方,工廠那套太死板,容易扼殺了心靈的自由。而且改變實驗條件通常是達到目的的條件之一。但往往造成只圖方便,抄捷徑而忽略了安全規範。其二是實驗室各項實驗規範要比工業小很多。造成的傷害並不嚴重。雖然實驗室中小燒小爆也時有所聞。並未引起社會大眾、學校當局、實驗室管理人、甚至於從事實驗的學生和助理等的在意。

但情勢有些變化,在前(2008)年底在加州大學洛杉磯分校(UCLA)和今年初德州理工大學(Texas Tech University, TTU)分別發生了極其嚴重的實驗室火災¹及爆炸²事件。當事人一死亡一重傷。經過長時間的調查,二事件的真相大致釐清。讓我們先來了解一下整個事件的來龍去脈之後,希望有助於學術機構實驗室安全的研究、檢討和改進。

也希望以此文能改變實驗室負責人、研究幹部、學生和助理對實驗室安全的態度。

UCLA 事件簿

新聞

2008年12月29日下午二時多,座落在加州州立大學洛杉磯分校(UCLA)分子科學大樓四樓一間實驗室內有一位女性助理做實驗不慎著火。雖然實驗同仁協助滅火並打119求救。消防車在12分鐘內趕到並將火撲滅,但這位助理的頭、手、手臂及上身約40%部位二至三級燒燙傷,立刻被送到附近醫院搶救,再轉燒燙傷中心治療,但不幸的是這位助理在18天之後(1月16日)不治身亡¹。

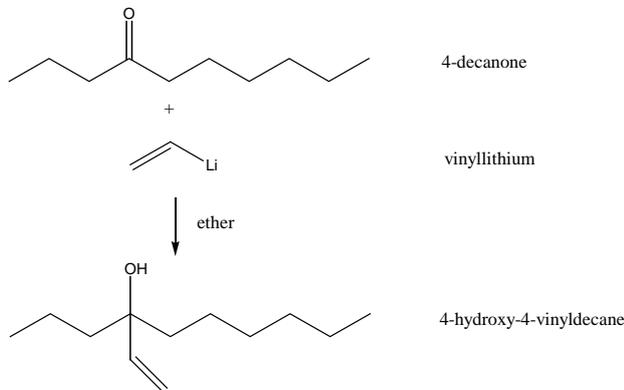
教育背景

這位失去性命的不幸女士名Sheharbano Sangji。得年23歲。她2008年5月剛從Pomona College化學系得到化學學士學位。由二年級開始Sangji女士在該校化學系Daniel O'Leary教授實驗室中做了三年有關肽化學研究,和O'Leary教授聯名出了二篇論文³。畢業後Sangji女士到Norac Pharma公司工作了短時間。在2008年10月13日離職到加州大學化學暨生物化學系Patrick Harran教授實驗室擔任助理工作。由這個背景來看可以說Sanji是一位熱愛化學的好學生,她具有比一般化學系畢業生更多的實驗室經驗。

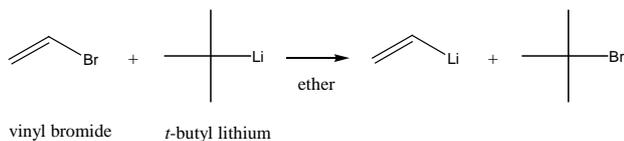
實驗方案

Sangji女士要做是利用4-decanone和vinyl lithium

在乙醚中混合產生 4-hydroxy-4-vinyldecane 的反應，化學方程式如下圖所示。



由於 vinyl lithium 在空氣中能自燃⁴。所以 Sangji 女士在做上述實驗之前置作業是準備 vinyl lithium。依 Sangji 女士的筆記記載她是採取乙烯溴 (vinyl bromide) 在乙醚中和三級丁烷鋰 (*t*-butyl lithium) 交換作用完成，反應如下圖。



諾貝爾得主 E. J. Corey 事後認為上述的實驗方案選擇可以接受，因它的產率最高，尤其使用 2 當量之 *t*-butyl lithium 和 1 當量之 vinyl bromide 作用可產生純的 vinyl lithium⁵。但他也強調也可以用 Grignard 試劑代替乙烯鋰，只是此反應的副產物較多。產率下降。

三級丁烷鋰也不安定，極易燃燒，所以上述二個實驗要一氣呵成。

演練

其實在意外發生前，按 Sangji 女士實驗日誌中記載她在同年 10 月 19 日將上述的二個實驗做過一次，她先準備了乙烯鋰之後，用了兩頭尖的細管 (double-tipped needle) 針筒吸出來，打到盛 4-decanone 的乙醚溶液作反應。那一次得到 4-hydroxy-4-

vinyldecane 3.60 克，產率 86.75%。

意外

12 月 29 日 Sangji 女士重複上述之實驗，不過她這次的目標是上次的三倍產量。她計算出需 159.5 毫升 (mL) 之三級丁烷鋰 (濃度 1.69 M) 和 9mL 之乙烯溴作用。她用了一支配有 1.5 吋長的 20 號針頭之 60 mL 的塑膠針筒來吸取三級丁烷鋰。每次吸取 50mL 之量注入乙烯溴溶液中。不知是什麼原因，她將針筒塞子拔出了針筒。雖然實驗是在一個通氮氣的抽風櫃中進行，但三級丁烷鋰接觸到空氣 (微量氧氣？或是濕氣？) 立刻燃燒起來。抽風櫃中有一瓶和 Sangji 女士實驗無關的己烷，慌亂中 Sangji 女士將它碰倒，己烷也立刻燒了起來，這火燒著了 Sangji 女士穿著的以聚脂纖維 (polyester) 為材質的運動衫 (T-shirt) 及 nitrile 為材質的手套。悲劇就這樣發生了。

搶救

雖然實驗室中有安全淋浴，但 Sangji 女士卻沒有及時利用。Harran 教授有一位博士後也在同實驗室裡清理實驗枱，他立刻用實驗衣將 Sangji 女士包起來試圖將火熄滅。但 Sangji 女士不斷的尖叫和劇烈扭動身體，所以不容易包緊，最後不得不放棄，因為連實驗衣下擺也燒起來了。然後這位博士後由水槽中取水往 Sangji 女士身上潑。

在隔壁實驗室有另一博士後 (並非 Harran 教授團隊人員) 聞聲趕來，看到此等景象 (包括仍在抽風櫃中燃燒的己烷) 立刻奔回自己實驗室撥打 119，之後再到上一層樓 Harran 教授辦公室報告。

Harran 教授下來時看到 Sangji 女士的衣服從腰以上大部份燒掉了。上半身，手臂和脖子上有大片水泡，手的皮膚幾乎和肉分離。但仍有意識，要求再多澆些水。

緊急救援

該校的校警在下午 2 點 54 分接到 119 電話稱有

『原因未知』的化學物火災。3 分鐘後救難派遣隊整裝出發，人員包括消防員及醫護人員，裝備有一輛消防車。3 點零 1 分抵達分子科學大樓，Harran 教授已等在門口，引導人員上樓。在 3 點零 6 分滅了火。醫護人員將 Sangji 女士放在一張有輪子的椅子上移到安全淋浴下沖。之後送到該校雷根醫學中心，一月初轉往座落在加州 Sherman Oaks 的 Grossman 燒燙傷中心。延至次年 1 月 16 日 Sangji 女士不治死亡。

檢討

事情發生時 Sangji 女士並未穿實驗衣(但沒有人記得她是否戴了護目鏡)，當時她穿了一件聚酯材料做的上衣。聚酯纖維有固體的汽油之稱，一著火就很難收拾。抽風櫃中有一瓶和實驗不相干的己烷助長了火勢。

實驗需約 160 mL 液體，卻用了 60 mL 的針筒。每次取 50 mL 是很容易不小心將塞子拔出針筒。依照 Aldrich 技術公報 AL-134⁶ 的推薦做此類實驗的玻璃器具是先要烤乾，放在惰性氣體(氮氣)中冷卻，但這次用的是可以著火的塑膠針筒。

公報中推薦吸取易燃液體時要用 1 到 2 呎的針筒，但這次用的只有 1.5 呎。

公報推薦用 16 號針頭，但這次用的是 20 號(比較細)。

公報推薦要用二倍量的針筒。(因此 60 mL 的針筒一次應只吸取 30 mL)。

公報推薦在吸取易燃液體時要在瓶中以惰性氣體加壓(推薦壓力為 3 到 5 psi)使液體推動活塞自動流入針筒，不要拔活塞，拔活塞也可能產生氣泡。

如果實驗用量大於 50 mL，公報推薦這種實驗最好用有套筒的針筒，用兩頭尖的細管。

公報推薦凡是能自燃的液體的瓶子在不用時要以夾子固定。

責任歸屬

頭一個問題是 Sangji 女士有沒有處理具自燃物質

的經驗？能不能單獨完成這個實驗？顯然她在大學沒做過，這可由她出版的論文內容做以上結論³。Norac Pharma 公司總裁 Daniel Levin 說他對 Sangji 女士之印象不深，可能是工作時間太短，不過他可確定 Sangji 女士在該公司也沒做過類似實驗。因此這實驗是由 Harran 教授實驗室學到的，Harran 教授証實此點，他說是由一位博士後指導至少訓練了三次。由紀錄來看 Sangji 女士確實有經驗，而且成功合成出反應物，產率亦屬滿意。

Harran 教授稱他的實驗室安全方面是遵循 Aldrich 技術公報，不過他也指出在他實驗室中不用加壓將危險化合物打入針筒中，因為那樣可能將活塞打飛，反而危險。取而代之的是氮氣噴口(bubbler)將氮氣注入，拔活塞時氮氣回填了吸入針筒的液體的體積。他懷疑 Sangji 女士可能忘了開氮氣，以至於拔針筒活塞時造成負壓，用力過猛而將活塞拔出針筒。

以上之說法無疑証實了實驗室在安全管理上的鬆散。這是學術界的通病。UCLA 之環境健康及安全辦公室每月都舉辦安全講習。新聘人員要在到職三個月內參加講習，不過十月到職的 Sangji 女士到意外發生的那天尚未參加過。同實驗室另一位早幾天到職的博士後也是如此。躲避的方法是將參加的日子儘可能延後(Sangji 女士約定排在 2009 年 1 月份講習，剛好是她到職後的三個月)。

Harran 實驗室是在同年 7 月 1 日才由德州搬來，UCLA 給他四個月設立實驗室。不過有些項目沒有通過例行的安全檢查，按規定要在 30 天之內改正。Harran 教授在 11 月 12 日寫給安全官 Wheatley 電子信要求延後到搬到永久實驗室一併改正，理由是他在分子實驗大樓四樓的實驗室是臨時性的。『現在的實驗室又擠又亂。』他在信中寫到。『這不成問題。』Wheatley 如此回答。可見學校行政人員對研究人員的態度是儘量給予方便。

這一事件中無可諱言的 Sangji 女士的損失最慘重 - 失去了寶貴的生命。不過平心而論她的責任也最大。雖然意外發生的原因不能說百分之百的確定，但她無疑違反了好多項安全規定。洛杉磯消防員曾在急診室中和 Sangji 女士做過簡短談話。她承認將活塞拉得太

多以至於脫離了針筒。裡面的液體濺了出來就立刻閃爍起來，她也提到那瓶己烷⁷。無疑的，Sangji 女士是一位誠實而勇於負責的好女孩。她的死也是社會的損失。

亡羊補牢

UCLA 在這次事件後為所有使用可燃性試劑的研究人員購置了防火材質的實驗衣。

UCLA 也大幅修改了健康及安全條規，安全檢查標準化及擴大舉行。凡是有急迫性的都要在 48 小時內改正。其他的也要在 30 天內完成。實驗室不得存放過多的危險化學藥品，要訓練所有從事人員正確穿著實驗衣。如果做不到怎辦？UCLA 副校長 Gene Block 在他的通知中明確表示會將該實驗室關閉。要重開，必須擬定安全計畫等下次安全會議審查通過才行。UCLA 新進人員在一個月內必須參加安全講習，做不到此人將拿不到實驗室的鑰匙。在消極方面 UCLA 獎勵將安全程序做得好的實驗室來製造注重安全的氛圍。

官方態度

此一事件驚動了四個機構介入調查：UCLA 校警 (UCLA Police Department)、UCLA 環境健康暨安全辦公室 (UCLA Environmental Health & Safety Office (EH&S))、洛杉磯市消防局 (Los Angeles City Fire Department) 及加州職業安全及健康局 (California Division of Occupational Safety & Health (Cal/OSHA))。相關人士 (Harran 教授及二位博士後) 都被詰問，並要求寫書面報告。

Cal/OSHA 舉出 UCLA 化學暨生化學系缺乏訓練、未能完成文件記載訓練、未能及時改正安全上缺失以及未能讓工作人員穿著適當防護裝備 (如實驗衣) 等缺失直接開罰 31,875 美元。EH&S 則要消防局對針筒是否合乎消防法規作一說明，但消防局拒絕了，並以一意外事件結案。於是 EH&S 放棄了對 Cal/OSHA 處分上訴。

家人無奈

Sangji 女士的家人對這樣的調查結果很不滿意。他們也認為調查不夠仔細。主要的疑慮是 Sangji 女士的安全誰該負責？這些人有沒有疏忽？地方上的檢查官應該介入才對。但能投訴的對象卻是 UCLA。萬般無奈之下，Sangji 女士的姐姐 (或妹妹) Naveen 寫信給美國化學會要求該會公開譴責 Harran 教授，並要求公佈真象。化學會執行長 Madeline Jacobs 在 7 月 17 日回信道：『公開罵人不符合本會宗旨。尊重 Cal/OSHA 的調查結果及作出之處分。』她接著說：『不過，對化學會而言，也許這是一個適當時機以 Sangji 女士的悲劇做為強而有力的例子，來彰顯學術界實驗室迫切需要維護安全。』

TTU 事件簿

新聞

今 (2010) 年元月 7 日德州理工大學 (TTU) 年紀 29 歲的研究生 Preston Brown 先生在分析含高能量化合物性質時不慎發生爆炸。該生雙手及眼睛受重傷，其他實驗室人員幸無傷亡。

事件經過

Preston Brown 先生研究的對象是過氯酸鎳/聯胺 (nickel hydrazine perchlorate, $\text{Ni}(\text{N}_2\text{H}_4)_2(\text{ClO}_4)_2$)⁸，他和另一研究生不顧指導教授 Louisa J. Hope-Weeks 一次不得合成超過 0.1 克的規定，一次合成了 10 克。他們將合成物分成兩等份，另一研究生拿走一半作溶解度實驗。Brown 先生的一半用來定性。據他事後告訴管 TTU 環境健康暨安全辦公室 (EH&S) 的官員因為合成物呈塊狀，他取了一部份放在研鉢中攪碎。他認為此化合物在『溼』的狀態是安全的。所以將研鉢中加入己烷。儘管如此他還是小心翼翼地攪棒輕輕的將化合物塊弄碎，當他認為此程序已完成後就將研鉢放在實驗枱上並順手脫掉護目鏡。不知為何他決定將研鉢拿起再拌

一下，研鉢就在他（左）手中爆炸了。化合物爆炸的威力炸掉了 Brown 先生三根左手手指，右手受到嚴重撕裂傷，左眼被打穿而右眼擦傷，上肢體遭割傷。但無生命危險。

背景

該校化工教授 Brandon Weeks 主持一高能量化合物定性計畫。Hope-Weeks 教授是共同主持人。研究臨時湊成之爆裂物 (improvised explosives)，發展爆裂物新的偵測和緩和的方法。

事發當時是 Brown 先生在訓練另外一位同學做實驗，因為他就快要畢業了⁹。他實驗筆記本並沒有紀錄那天的實驗，倒是有書報討論的筆記，和實驗無關的筆記等，能找到最可能有關的一行是

硝酸鎳 + 聯胺/10 克/立刻發生紫色沉澱也是放熱反應

另外一位學生的筆記中有反應步驟的大綱及結果觀察，但未註明日期。但 TTU 礙於隱私保護不願公佈此人姓名。事後 Brown 先生告訴調查人員是在合成過氯酸鈷/聯胺 (cobalt hydrazine perchlorate)。這說法和事發當時告訴警察和筆記的記載是過氯酸鎳/聯胺不符。不過由顏色看應是後者。他的指導教授 Hope-Weeks 同意但不能確定，因為証物都炸掉了。不過這些話是由同事轉述，Hope-Weeks 教授不肯接受訪問。

和 Brown 先生在同實驗室共事者對他在實驗室種種行為感到困擾。Brown 先生的工作枱很零亂、到處有未標籤物品。『在使用工作空間、清潔方面以及藥品使用和別人發生過衝突。』有人告訴事件調查者。另一人則道出 Brown 先生以前就不斷的放大合成的量。由 1 克到 3 克再到 5 克。實驗室同仁告誡都以『還好。』搪塞。Brown 先生告訴調查員放大的理由是怕不同批的合成的產品有不同的性質，冒前後不一致之險。顯然是 Brown 先生並未將放大合作之事告訴過 Hope-Weeks 教授。

Weeks 教授表示只需 0.1 克就足夠做火花測試、火焰測試、打擊測試及紅外線光譜，根本用不到 10 克。所以為什麼要做這麼多也不清楚。

測試的儀器座落在校園另一建築物中。Brown 先生常將數克的化合物放在玻璃瓶中，放在背包或揣在口袋中帶來帶去。有人告知他要用金屬容器來裝，不過 Brown 先生就是愛用玻璃瓶。這些指控經 Lubbock 郡警局防爆小組証實。該小組在 Brown 先生的家中找到幾個可疑的小玻璃瓶，只有一個標示『TATP』外其他都沒有。有人猜 TATP 應是三丙酮三過氧化氫 (triacetone triperoxide)¹⁰。Brown 先生對此之解釋是漫不經心忘了從口袋中拿出來而帶回家的。防爆小組搜索了 Hope-Weeks 教授的實驗室也發現有多餘之過氯酸鎳/聯胺，它有的是固體，有的是液狀，顯然是合成各步驟的剩餘品。也發現一些未標示的物品，這些亂放的化合物是該處理而未處理，為安全計防爆小組立刻代為處理掉了。

也有人說 Brown 先生為了省時常漏掉一些實驗步驟。這些描述大概可看出 Brown 先生在實驗室中的態度。

Hope-Weeks 教授表示除了 Brown 先生來找她問問題之外，每星期祇有在例行的實驗室討論會上看到他。她曾告誡大家一次合成 0.05 克到 0.1 克過氯酸鎳/聯胺就好，但並沒有過問學生們到底一次合成了多少。她的實驗室並沒有『防爆盾牌』設備。她學生沒有受過一般安全訓練、如何處理爆裂物的記錄，也沒有保險櫃儲放爆裂物。

事後檢討

如何處理爆裂物？訓練要一對一，先由不易爆且有深刻瞭解的化合物開始，而且量要少。技術熟練了才經手新的爆裂物，但量還是要少。所有實驗應戴護目鏡並在防爆盾後進行。不合格者皆不可做這方面實驗。

曾在 Los Alamos 高能爆裂物實驗室工作過的 James R. Stine 表示工作者必須寫出書面實驗步驟，由上級審查，審查要點要特重安全。

雖然很多無機合成實驗是直接了當，但也可能旁生枝節。專家的意見是不能隨意放大。比如說 Brown 先生將合成放大到 10 克，結果生成物太多而結成塊

狀。他是將生成物搗碎時出了意外。若合成少，這一步可免。另外生成物量放大了，雜質量也放大。Brown 先生的生成物中可能有過剩的過氯酸，或有疊氮鉛 (lead azide)。疊氮是非不安定的化合物。

Brown 先生運送方法也不合規定。依 Lawrence Livermore 國家實驗室規定，運送 0.01 克爆裂物要用瓦楞紙箱並標明『爆裂物』。0.01 克到 2 克則要用彈藥箱，箱外不但要註明化合物名稱，而且要註明數量。而且要由受過專業訓練之人徒手或專門車輛為之。

由此次事件無疑的說明 TTU 違反了多項規定。驚動了德州州長辦公室以及美國聯邦化學藥品安全及危害調查局。這是該局第一個大學案件。甚至於請出發放研究經費 (給 Weeks 教授) 的美國國家安全部特別注意 Brown 先生工作實驗室的安全。也讓負責的主管十分震怒。

亡羊補牢

官方的介入調查迫使 TTU 事後全面加強由系所到實驗室安全。

Hope-Weeks 教授告訴 TTU 的環境和安全委員會她打算要每位學生撰寫實驗步驟草案，送給她和環境和安全委員會審查。一但成案之後她和學生都要在上面背書，然後將副本存在實驗室備查。她更和學生訂立契約，要遵守實驗室規定，否則要冒被驅出實驗室之險。另外 Hope-Weeks 教授也裝備了防爆盾及保險箱。實驗室也發展出一套儲藏及運送高能爆裂物的標準作業程序。

在學校方面組織了工作隊來審查實驗室的安全守則及訓練承諾。成立全校安全委員會，由校外人士來審視校內安全水平，找出那些計畫需特別監控。發展並擴張人權將安全包括在內。在安全的訊息加印在全體教員年報，升等/終身聘的申請資料，以及學士、碩士及博士學位論文中。

危機轉機

和 Sheharbano Sangji 女士相比，Preston Brown 先

生要幸運太多了，雖然身受重創，但終有復元的一天⁹。好幾位專家都認為 TTU 也比 UCLA 來得幸運。尤其在凌亂的空間裡，人員既缺乏防災訓練又缺專人指導情況下 (比如說教授不知學生隨意放大實驗的量) 沒發更大的不幸真是太走運了。

TTU 副校長 T. Taylor Eighmy 認為安全文化早就在工業界盛行，政府實驗室也跟進，現在輪到學校了。他希望藉此事件的發生、調查及反省能使 TTU 成為全國安全的模範學校。

結語 - 自救救人

由記筆記的方式可以看出 Sangji 女士和 Brown 先生一個做有機實驗、一個做無機實驗，一個中規中矩、一個大而化之。兩個截然不同的人都發生了意外。他們的共同點是未切實遵守安全規定。不過不管如何防範，實驗過程中意外是在所難免。重要的是要把傷害降到最低。規定再好再週密也需要人去執行才能落實。除了勉勵自己遵守規定之外要保持警覺。最重要的是平日要演習萬一發生意外如何應變。很可惜的是 Sangji 女士能利用實驗室的緊急淋浴蓮蓬頭而未利用¹¹。而 Brown 先生不將合成加碼到 100 倍。也許結果會不一樣。所以平日要有防災的心裡準備是必要的。事後看 Harran 教授的作為就一目了然，他在現場聽到消防的警笛聲就立刻到建築物門口去引導消防及醫護人員到現場，免得消防人員東問西問找出事地點，所以火災得以在消防人員抵達之後 5 分鐘內就被撲滅，並將傷者送醫。

做為一個實驗室的負責人要展現領導能力，要很清楚的表示安全的重要，在同儕間培養出不遵規定者不受歡迎的壓力。如果這樣也許 Brown 先生不敢任意放大合成量。

做為一位第一線化學實驗工作的從業者相信會遇到 Sangji 女士，也可能碰到 Brown 先生。所以本身也要做心裡建設：『凡事皆可能出錯 (Something can always go wrong)』。不管教授的看法和作風如何、不管實驗室的設備如何、不管同儕的心態如何、也不管實驗室的氛圍如何都要將安全放在第一位，確實遵守實

驗步驟及安全規範，要在規章的範圍下保護自己。莫釀成追悔莫及的憾事。共勉之。

誌謝

這篇文章之所以能完成，要感謝『綠色/永續合成化學工作坊』的劉廣定教授、廖俊臣教授、周德璋教授、趙奕婷副所長及中國化學會劉陵崗秘書長的鼓勵、建議及指正。

(改寫自 J. N. Kemsley: 『Learning From UCLA』, *C&E News*, (2009), **87**, pp. 29-31, 33-34. 及 “Texas Tech Lessons”, *Chem & Eng News*, **2010**, 88, 34-37.)

參考文獻

1. Kemsley, J. “Researcher Dies After Lab Fire,” *Chem & Eng News*, **2009**, 22, 29-31.
2. Kemsley, J. “Texas Tech Lessons,” *Chem & Eng News*, **2010**, 88, 34-37. (<http://pubs.acs.org/cen/science/88/8834sci1.html>)
3. *Org. Lett.* **2005**, 7, 5721; *J. Am. Chem. Soc.* **2006**, 128, 7754.
4. Johnson Jr., C. S.; Weiner, M. A.; Waugh, J. S.; Dietmar Seyferth. “The Nuclear Resonance Spectra of Allyllithium and Vinylithium,” *J. Am. Chem. Soc.*, **1961**, 83, 1306-1307.
5. *J. Am. Chem. Soc.* **1972**, 94, 7210
6. Aldrich Technical Bulletin AL-134. 網址：http://www.sigmaaldrich.com/etc/medialib/docs/Aldrich/Bulletin/al_techbull_al134.Par.0001.File.tmp/al_techbull_al134.pdf
7. 這是唯一的一次和當事人訪談。UCLA火災主任調查員從未和 Sangji 女士交談。雖然醫院在 2009 年一月 6 日通知此人可以訪問當事人，這位調查員並未理會。
8. Patil, K. C.; Nesamani, C.; Verneker, V. R. Pai. *Synthesis and Characterisation of Metal Hydrazine Nitrate, Azide and Perchlorate Complexes*. In: *Synthesis and Reactivity in Inorganic and Metal-Organic Chemistry*, **1982**, 12, 383-395.
9. Preston Brown 先生在身體復元之後開始寫論文。
10. 恐怖份子所用之一種新的爆裂物。
11. 筆者個人認為旁人去拉或推一個滿身是火的人是很困難的。所以自救比較重要。