



由孟加拉砷汙染事件談砷中毒



陳炳輝／輔大食品營養系

前言

根據世界衛生組織所發表的一項最新研究報告指出，位於南亞的回教國家孟加拉的人民正面臨人類有史以來最嚴重的浩劫，主要是因為有超過八成的人口，長期飲用含有高濃度砷的地下水所造成的中毒事件。目前世界衛生組織所規定的砷安全標準值為 10 ppb，但是孟加拉所鑽的水井中，有 35 % 的含量大於 50 ppb，另外也有 8.4 % 的含量高於 300 ppb。由於長期攝食砷汙染物質有可能導致人體組織系統產生嚴重的病變，甚至死亡，因此有必要對砷的特性和毒性做進一步的介紹。

砷的特性與來源

砷是存在於自然界中的元素，藏量豐富，在所有的元素中排名第二。大部分的砷是以硫化物型態存在或是結合於金屬礦中，例如銅和鉛。砷元素為灰色或錫白色固體，在空氣中燃燒會有青色火焰，釋放出白色氣體，此氣體即為三氧化二砷，也是最被廣泛使用的型態，而三氧化二砷在銅冶煉時即有可能產生。在水域環境中的砷則大部分是以三價或五價的鹽類存在，前者可稱為亞砷酸鹽，後者則稱為砷酸鹽，且亞砷酸鹽的毒性較砷酸鹽強。受到砷汙染的河川水域可能是來自於天然的方式，或是人為的方式，前者係由地下岩層釋出砷而汙染到地下水，臺灣曾經發生過

的烏腳病事件，即是臺灣西南沿海的嘉義縣和臺南縣境之地下水受到砷的汙染；後者係指開採含砷礦物所排放的廢水汙染河川。另外，半導體製造過程中也有使用到砷或砷化物，這可能會對勞工健康造成威脅，因此，對於工廠作業環境所可能引起的砷汙染也必須加以重視。

砷的汙染現況

表 1 為目前世界各國受到地下水砷汙染的分布情形。由表中可發現目前受到砷汙染最嚴重的國家為孟加拉，有五千萬人口正受到砷中毒的嚴重威脅，而且地下水中砷的含量高達 4700 ppb，遠超過世界衛生組織所規定的安全限量 10 ppb；其次為阿根廷，有二百萬人屬於砷中毒的高危險群，且地下水中砷的含量可高達 1000 ppb；印度也有一百萬人正受到砷的威脅；此外，中國的蒙古、新疆、智利、墨西哥、秘魯、匈牙利、臺灣和越南，亦都屬於受到砷汙染較嚴重的國家。必須一提的是，地下水中的砷也有可能是來自工廠的汙染，有許多國家例如中國和印度利用煤當燃料，但有些煤礦的砷含量可能高達 35000 ppm，假若工廠排出的廢水未經進一步的處理，當然就有可能造成地下水含高量的砷。再者，如果家畜長期飲用含高量砷的地下水，當然有可能造成家畜體內砷的堆積，進而汙染到肉類。中國大陸貴州省的民眾曾經使用含高量砷的煤加熱、烹調和乾燥農作物，結果也曾產生砷中毒的症狀。



表 1 目前世界各國受到地下水砷汙染之分布情形

國家	受到威脅的人口	地下水的砷濃度(ppb)	發現年代
孟加拉	50000000	<1-4700	1980s
阿根廷	2000000	100-1000	1981
印度	1000000	<10-3900	1980s
越南	>1000000	1-3050	2001
中國(蒙古)	600000	1-2400	1990s
智利	437000	900-1040	1971
墨西哥	400000	10-4100	1983
秘魯	250000	500	1984
匈牙利	220000	10-176	1974
臺灣	200000	10-1820	1950s
中國(新疆)	100000	1-8000	1980s
羅馬尼亞	36000	10-176	2001
玻利維亞	20000	—	1997
泰國	1000	1-5000	1980s
美國	—	10-48000	1988
尼泊爾	—	~456	2002

* 取自 Chemosphere, Ng et al., 2003, 52:1353-1359.

砷的毒性及症狀

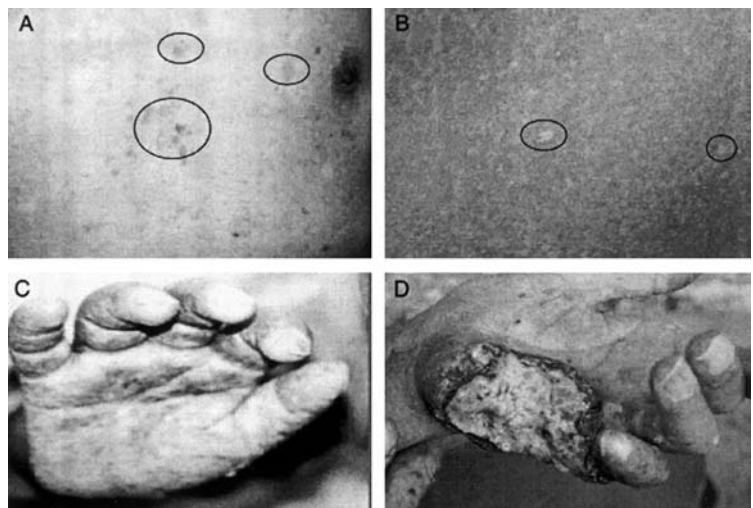
砷中毒一般可分為急性中毒和慢性中毒。急性中毒通常發生於民眾誤食受汙染的食物或飲水，例如貝類和蝦蟹等甲殼類動物，但如果曝露於含有大量砷粉塵的環境，也有可能產生急性中毒。急性砷中毒的症狀包括嘔吐、腹瀉、腹痛、吞嚥困難、脫水，嚴重者會產生神經系統、腦部、肝臟和腎臟的病變，最後導致死亡。慢性砷中毒較易發生於職業及環境曝露，與職業曝露相關的砷中毒，主要發生於金屬冶煉廠、化學工廠、玻璃工廠、電子工廠和醫藥工廠等，由於長時間吸入含砷的粉塵而中毒；與環境相關的砷中毒，則是發生於一般民眾，例如住家在上述的工廠附近，長時間曝露於含砷粉塵的環境所導致。此外，如果一般民眾長期飲用含高量砷的地下水，也很容易產生慢性

砷中毒，此種方式也可以說是全世界發生砷中毒的主要原因。慢性砷中毒影響的器官如下：

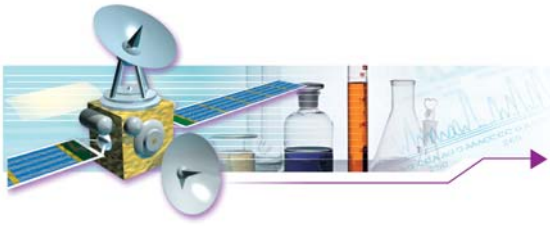
影響的器官及組織	中毒的症狀
皮膚	會引起手腳皮膚角質化、黑色病變和鱗狀細胞癌
肝臟	會引起黃疸、肝腫大、肝硬化、甚至產生肝血管惡性瘤
神經系統	會引起神經炎、末梢神經病變、肌肉無力、聽力減退
心血管組織	會引起心血管疾病如雷諾氏症候群，造成血管阻塞及動脈粥狀硬化
造血系統	會引起溶血性貧血或是巨母紅血球症
呼吸系統	會引起呼吸道發炎及肺癌
內分泌系統	會引起糖尿病及甲狀腺腫大
泌尿系統	會引起膀胱癌

圖 1 為長期曝露於砷的病人所引發的皮膚病變和皮膚癌的特徵，A 圖為色素過度沉澱，B 圖為色素過少，C 圖為皮膚角化，D 圖為皮膚癌。

如上所述，地下水所含有的砷主要為三價砷酸與五價砷酸。當五價砷酸進入人體後，會藉著還原酵素及麩胱甘肽(glutathione)的存在，還原成三價砷酸，再於肝臟由 S-adenosyl-1-methionine 提供甲基進行甲基化，形成五價單甲基砷酸，而後經由還原酵素還原成三價單甲基砷酸，再進行甲基化變成五價雙甲基砷酸。由於單甲基砷酸和



▲ 圖 1 長期曝露於砷的病人所顯示出的皮膚病變：(A)色素過度堆積，(B)色素過少，(C)皮膚角質化，(D)皮膚癌。
(取自 Ng, J.C., J. Wang and A. Shraim. 2003. A global health problem caused by arsenic from natural sources. Chemosphere 52: 1353-1359.)



生活中的科學

雙甲基砷酸的毒性較無機砷低，且會由尿液排出體外，因此，此種代謝過程有助於解毒。通常人類的尿液中會含有較高量的雙甲基砷酸、較少量的單甲基砷酸和無機砷，與人類比較，動物會排泄較少的單甲基砷酸和雙甲基砷酸。雖然有研究顯示，長期飲用含高量砷的水會使雙甲基砷酸減少、單甲基砷酸增加，但此種說法仍然具有相當的爭議性，主要是因為影響砷甲基化代謝能力的因素很多，包括性別、年齡、生活和飲食習慣及個人的代謝能力。

砷汙染對於人類及環境的影響

如前所述，目前世界衛生組織所規定的砷安全標準值為 10 ppb，但是有許多開發中國家對飲用水的砷含量並沒有嚴格限制，換言之，這些國家的砷含量比已開發國家高出許多。根據流行病學調查，飲用砷汙染的水所引發的皮膚癌標準化死亡比率，在臺灣、孟加拉和智利均有比較高的現象；此外，在臺灣烏腳病流行區的研究中，亦發現該地區民眾有許多癌症存在較高的標準化死亡比率，例如胃癌、肝癌、淋巴癌和大腸癌等。國內曾經發生過的烏腳病事件，也被認為與飲用水含砷有關。有學者曾對國內 241 位的烏腳病患者進行研究，結果發現飲用砷井水和砷中毒都與烏腳病有顯著相關，且烏腳病患者在心血管疾病、周邊血管疾病與膀胱癌、皮膚癌、肺癌及肝癌都有較高的死亡率。另外，調查嘉義縣布袋鎮患有糖尿病和高血壓的居民，亦發現慢性砷曝露會誘發人類糖尿病和高血壓，且烏腳病個案死於缺血性心臟病的危險性是非烏腳病個案的 2.5 倍。就職業曝露而言，玻璃製造工人和鑄造業工人均較易罹患糖尿病，顯示砷曝露可能與糖尿病有關。調查 1481 位飲用含高量砷水的居民，亦發現高血壓盛行率會隨著飲用水中砷的含量與累積砷的曝露量增加而增加。根據美國毒物和疾病管理

處的研究報告顯示，因為飲用含砷的水所引發的皮膚癌，潛伏期可達 20-23 年，而膀胱癌的潛伏期也可達 8-20 年。最近國內的榮民總醫院亦公布一項報告，顯示過去 30 年來，桃竹苗地區的地下水含有砷，而民眾皮膚也有出現紅黑色斑塊，也就是所謂的基底表皮細胞癌。因此，千萬不能忽略飲用含砷的水對人體健康所造成的危害。

砷汙染對食品安全的影響

一般而言，食用受到高量砷汙染的食物或飲料才有可能發生砷中毒的現象，未經汙染的食物或飲料亦可能含有微量的砷，但是攝食此類食物或飲料並不易發生砷中毒，較常見的砷中毒反而是因為誤食農藥或滅鼠用的砷酸鈣或砷酸鉛所引起。大部分食物的砷含量小於 0.5 ppm，極少數會超過 1 ppm。根據調查，穀類食物的含砷量約為 0.18 ppm，油脂 0.05 ppm，蔬菜 0.08 ppm，水果 0.07 ppm，牛奶 0.05 ppm，生肉 0.1 ppm，魚 2.0 ppm。海產類食物有可能含較高量的砷，例如牡蠣含 3-10 ppm，貝類食物可高達 120 ppm，蝦類更可達 174 ppm，來自於淡水的魚和甲殼類動物的含砷量通常較來自於海水的低。至於人類每天所攝取的含砷量較難評估，主要是因為每個人所攝食的海鮮食物來源和種類都不同，但是經過流行病學調查，美國人每天所攝食的砷含量約為 0.9 毫克，而日本人的每天攝取量則為 0.07-0.17 毫克。我國衛生署對於砷含量的規定如下：包裝飲用水的砷最大容許量為 0.01 ppm，食用油為 0.1 ppm，食鹽為 0.2 ppm，茶和咖啡飲料為 0.2 ppm，冰類食品為 0.05 ppm，食用藻類為 2 ppm，口香糖為 3 ppm。

最新一期的研究報告顯示，中國大陸海產類食品螃蟹具有較高量的砷(7.5ppm)，次為蝦(2.1ppm)，蛤蚌(2.1ppm)，穀菜(0.7ppm)，魷魚(0.3ppm)，魚類方面則以鮪魚具有較高量的砷(2.3ppm)，次為硬鱗魚(0.8ppm)，鱈魚(0.8ppm)，



沙丁魚(0.6ppm)，比目魚(0.3ppm)和鮭魚(0.2ppm)，這些數值均超過世界衛生組織所規定的標準量，當然也會對民眾的健康造成嚴重的威脅。值得一提的是，蔬菜水果的表皮可能會含有來自於土壤的砷，但是此種砷的含量亦不會太高，而且以水洗的方式即可去除。如前所述，不同化學型態的砷化合物有不同的毒性，毒性較高的三氧化二砷在人體組織中較容易堆積，排泄速率較慢，但是食物中常見的五價砷化合物排泄速率較快，大部分由尿中排出，即使如此，對於可能受到殘留農藥污染的食品仍須特別注意。動物飼料中即使含有高量的砷，並不會導致肉品中的砷大量增加，可能是因為大部分的砷於動物體內的代謝過程中會被排除。因此，人類於食物中所攝取的砷含量並不會太高，除非攝取了大量的海鮮食物，也可以說在正常的環境條件下，食品中的砷對於人類並不會造成太大的威脅。但是，我們不能忽略的是，環境或地下水中高含量的砷有可能污染到食物，進而造成砷中毒。食品砷中毒事件，最著名的莫過於是 1900 年發生於英國曼徹斯特的啤酒砷中毒事件，由於業者在釀酒過程中使用受到砷污染的糖，導致七千人發生砷中毒，其中有 70 人死亡，最後驗出啤酒中所含的砷高達 15 ppm。日本於 1955 年 6 月所發生的奶粉砷中毒事件，中毒人數超過萬人，死亡者有 128 人，主要是因為奶粉製造過程中使用的安定劑磷酸鈉受到三氧化二砷的污染，而奶粉中所含的三氧化二砷量更高達 28 ppm。不幸的是，日本於 1959 年又發生井水受到工廠排放的廢水污染，而井水的砷含量為 3 ppm。反觀國內，自從嘉義布袋地區的烏腳病事件以後，國內較無嚴重的砷中毒事件發生，但是我們不能夠輕忽，尤其是乾旱地區的民眾使用地下水更要特別小心，當然這也有賴政府機關配合，對於國內地下水的砷含量進行監測，以維護國人的健康。

參考文獻

1. Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 4th ed. E.J. Underwood, ed. 1977, Hua-Siang-Yuan Publisher, Taipei, Taiwan.
2. Food Toxicology : contaminants and additives. T.M. Concon, ed. 1988, Marcel Dekker, Inc, New York, USA.
3. Ng, J.C., J. Wang and A. Shraim. 2003. A global health problem caused by arsenic from natural sources. *Chemosphere* 52 : 1353-1359.
4. Yoshida, T., Y. Hiroshi, and G.F. Sun. 2004. Chronic health effects in people exposed to arsenic via the drinking water : dose-response relationships in review. *Toxicology and Applied Pharmacology* 198 : 243-252.
5. Li, W., C. Wei, C. Zhang, M.V. Hulle, R. Cornelis and X. Zhang. 2003. A survey of arsenic species in Chinese seafood. *Food Chem. Toxicol.* 41 : 1103-1110.
6. 張唏雁。臺灣地區使用含砷井水與慢性阻塞性肺疾及肺功能障礙之相關性研究。台大流行病學研究所碩士論文。2002 年。
7. 鄭天浚。烏腳病流行區砷中毒與缺血腦中風之相關性研究。成大環境醫學研究所碩士論文。2003 年。
8. 蔡巧君。臺灣烏腳病盛行地區高血壓盛行率與一氧化氮合成酵素基因性多型性之關係。台北醫學大學公共衛生學研究所碩士論文。2001 年。
9. <http://www.cgmher.org.tw> 砷中毒
10. <http://tw.news.yahoo.com> 含砷地下水致病
11. <http://www.niea.gov.tw> 孟加拉的飲用水砷污染事件
12. 中央通訊社。一千五百萬大陸人籠罩在砷中毒陰影中。2003 年 7 月 15 日。