

從劑量到毒性：你喝的水安全嗎？

台大毒理所  
劉秉慧 老師

Graduate Institute  
Toxicology

[biingliu@ntu.edu.tw](mailto:biingliu@ntu.edu.tw)  
02-23123456 #88602



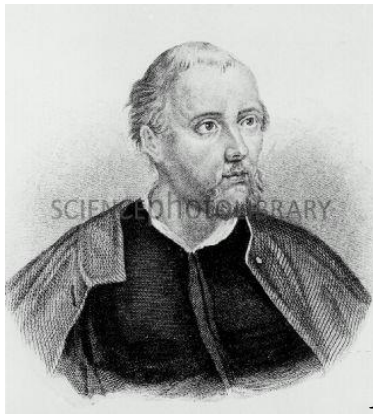
國立臺灣大學  
National Taiwan University

## Principle of Toxicology

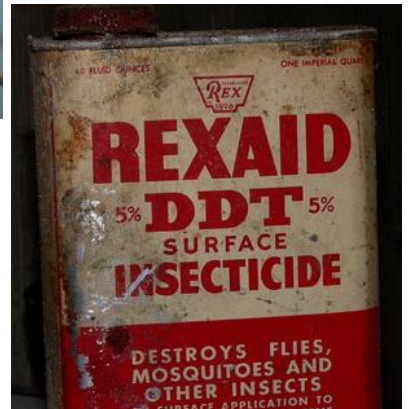
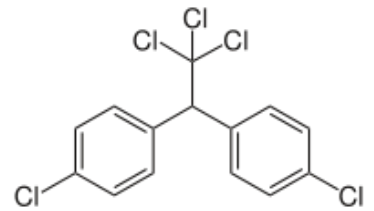
Paracelsus (1493-1541) (巴拉塞爾,毒理學之父)

- What is there that is not poison? All things are poison and nothing is without poison. Solely the **dose** determines that a thing is not a poison

- 只有**劑量**決定毒性



瑞士醫生煉金術士占星師



- DDT (dichlorodiphenyltrichloroethane) 是一種有機氯 類殺蟲劑。
- 1950至1980年間，DDT被廣泛運用於農業活動。
- 瑞士化學家 Paul Hermann Muller發現DDT對於節肢動物來說是極具效能的接觸性毒物，並在1948年榮獲諾貝爾生理醫學獎。



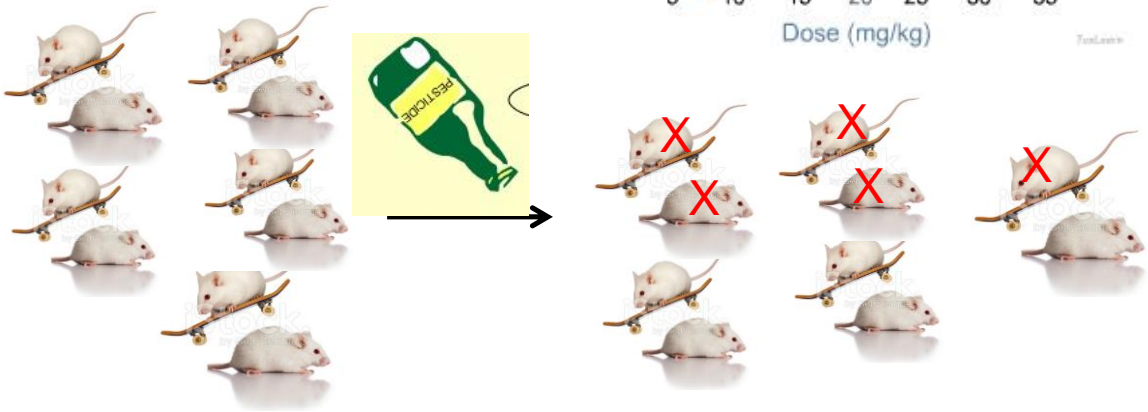
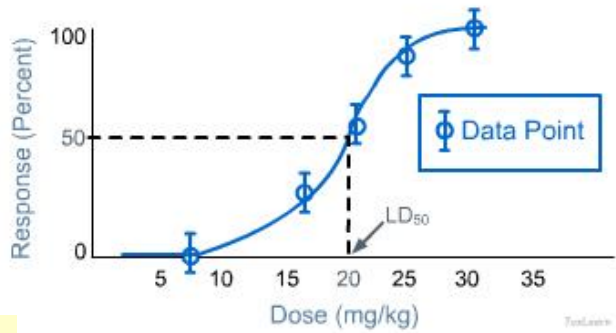
- 1972年，美國全面禁止使用DDT。
- 1973年，美國國會通過《瀕危物種法》。
- 1963年統計美國僅存500對美洲鷹，但在1994年統計，美國存在5000對美洲鷹，將近30年間成長了10倍。

**LD50** (lethal dose 50 半致死劑量)

- is the dose (mg/kg body weight) causing death in 50 percent of exposed animals.



*Dose-Response Graph*

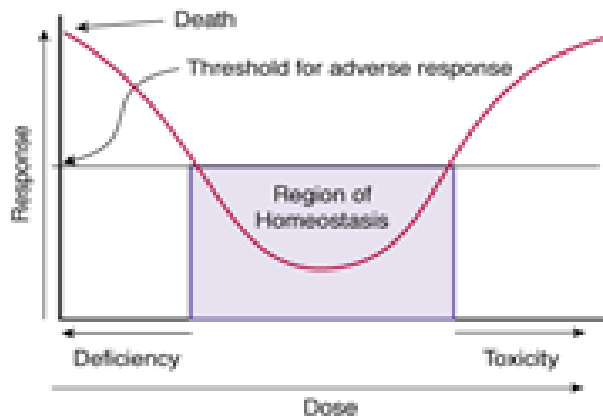


化合物	AGENT	LD <sub>50</sub> mg/kg*
乙醇	Ethyl alcohol	10,000
氯化鈉	Sodium chloride	4,000
硫酸亞鐵	Ferrous sulfate	1,500
硫酸嗎啡	Morphine sulfate	900
戊巴比妥鈉	Phenobarbital sodium	150
木防己毒素	Picrotoxin	5
硫酸馬錢子	Strychnine sulfate	2
尼古丁	Nicotine	1
氯化筒箭毒鹼	<u>d-Tubocurarine</u>	0.5
半膽鹼基-3	Hemicholinium-3	0.2
河豚毒素	Tetrodotoxin	0.10
戴奧辛	Dioxin (TCDD)	0.001
肉毒桿菌毒素	Botulinum toxin	0.00001

## Water poisoning (water intoxication)

-美國有位小姐參加某喝水不上廁所比賽以贏得Wii，而評分標準是看參賽者喝了多少水，比賽完回家後，悲劇發生了，那位小姐死在自己家中，診斷為水中毒 (water intoxication).

- 臨床的症狀包括腦部與肺部的組織腫脹，血液裡的鈉離子含量偏低，出現頭暈眼花，嘔吐乏力和手臂腿部肌肉疼痛等，嚴重時會引起癲癇發作，意識不清甚至重度昏迷死亡。健康的腎臟每小時最多可排泄1.5公升的水，超過這個攝取量都會危險，



## \* 毒性試驗

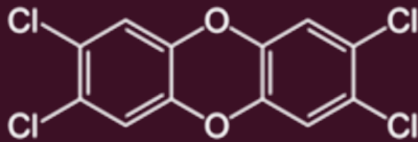
- 急性毒性試驗
- 亞急性毒性測試 (28 days in rodents)
- 亞慢性毒性測試 (90 days in rodents)
- 慢性及致性癌毒性測試

- according to OECD

(Organization for Economic Co-operation and Development)

舉例：

(戴奧辛 Dioxin)



2,3,7,8-TCDD



基因改造食品



The LD50 for dioxin in a range of animals is given below:

Species	Route	LD50 (mg/kg)
Guinea pig (male)	Oral	0.6
Guinea Pig (female)	Oral	2.1
Rabbit	Oral	115
Rabbit	Dermal	275
Monkey (female)	Oral	<70
Rat (female)	Oral	22
Rat (female)	Oral	45-500
Mouse (male)	Oral	<150
Dog (male)	Oral	30-300
Dog (female)	Oral	>100
Frog	Oral	1,000
Hamster	Oral	1157

Scientific American 1986, 254, 29-35.

- ☆ **Dioxin half-life 半衰期**
  - in rat : **20 days**
  - in human: **2100 days**

## ■ 戴奧辛

Hamster (倉鼠)



LD 50 value : 口服 1000 mg/kg

Guinea pig (天竺鼠)



LD 50 value : 口服 0.6 mg/Kg

## ■ 黃麴毒素

Rat



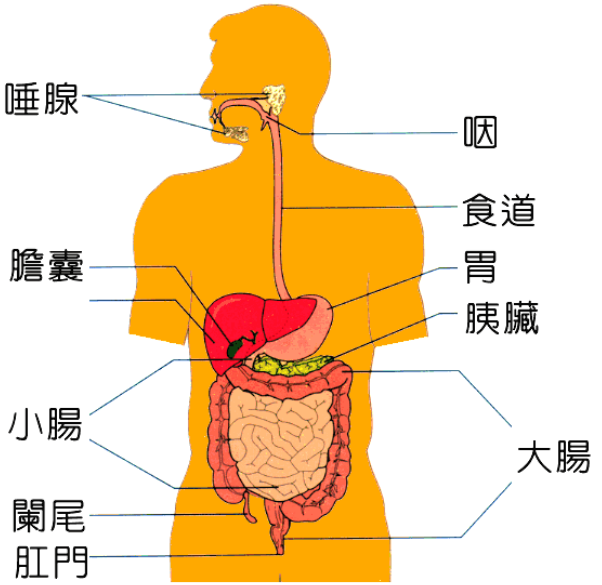
LD 50 value : 腹腔注射 1.2 mg/kg

Mouse



LD 50 value : 腹腔注射 60 mg/kg

口服：

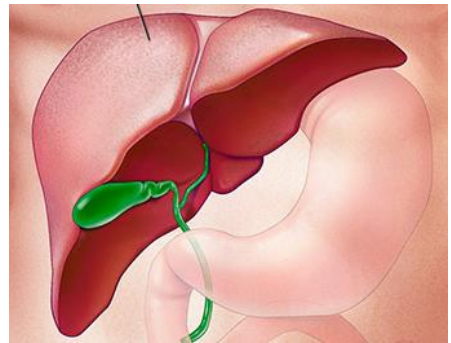


消化系統



## 肝臟

- 是人體中最大的腺體器官
- 功能包括代謝
- 大約在800至1400公克左右
- 肝臟本身有兩種不同的血液循環系統來供應其養分，其中四分之一是由腹腔主動脈所分支出來的「肝動脈」；而由胃腸道以及脾臟所匯集而來的血液則經由「肝門靜脈」來供應肝臟其餘四分之三的養分
- 「肝門靜脈」是維護肝臟最主要的血管命脈；
- 體內含有最大量代謝酵素的臟器



## 飲用水水質標準

第 三 條 本標準規定如下：

一、**細菌性標準：**(總菌落數採樣地點限於有消毒系統之水廠配水管網)

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 大腸桿菌群 (Coliform Group)	六(多管發酵醇法)	MPN/—〇〇毫 升
	六(濾膜法)	CFU/—〇〇毫升
2. 總菌落數 (Total Bacterial Count)	—〇〇	CFU/毫升

二、**物理性標準：**

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 臭度 (Odour)	三	初嗅數
2. 濁度 (Turbidity)	二	NTU
3. 色度 (Colour)	五	鉑鈷單位

三 化學性標準：

(一) 影響健康物質：

項 目	最 大 限 值	單 位
1. 砷 (Arsenic)	0.01	毫克/公升
2. 鉛 (Lead)	0.01	毫克/公升
3. 硒 (Selenium)	0.01	毫克/公升
4. 鉻(總鉻) (Total Chromium)	0.05	毫克/公升
5. 鎘 (Cadmium)	0.005	毫克/公升
6. 鋇 (Barium)	2.0	毫克/公升
7. 銻 (Antimony)	0.01	毫克/公升
8. 鎳 (Nickel)	0.1	毫克/公升
9. 汞 (Mercury)	0.002	毫克/公升
10. 氰鹽(以CN <sup>-</sup> 計) (Cyanide)	0.05	毫克/公升
11. 亞硝酸鹽氮(以氮計) (Nitrite-Nitrogen)	0.1	毫克/公升

揮 發 性 有 機 物	16.三氯乙烯 (Trichloroethene)	○·○○五	毫克/公升
	17.四氯化碳 ( Carbon tetrachloride)	○·○○五	毫克/公升
	18.1,1,1-三氯乙烷 (1,1,1- Trichloro-ethane)	○·二○	毫克/公升
	19.1,2-二氯乙烷 (1,2- Dichloroethane)	○·○○五	毫克/公升
	20.氯乙烯 (Vinyl chloride)	○·○○二	毫克/公升
	21.苯 (Benzene)	○·○○五	毫克/公升
	22.對-二氯苯 (1,4- Dichlorobenzene)	○·○七五	毫克/公升
	23.1,1-二氯乙烯 (1,1- Dichloroethene)	○·○○七	毫克/公升
	24.二氯甲烷 (Dichloromethane)	○·○二 自中華民國一百零三 年七月一日施行。	毫克/公升
	25.鄰-二氯苯 (1,2-Dichlorobenzene)	○·六 自中華民國一百零三 年七月一日施行。	毫克/公升
26.甲苯 (Toluene)	— 自中華民國一百零三 年七月一日施行。	毫克/公升	

酒          藥	31. 安殺番 (Endosulfan)	〇・〇〇三	毫克／公升
	32. 靈丹 (Lindane)	〇・〇〇〇二	毫克／公升
	33. 丁基拉草 (Butachlor)	〇・〇二	毫克／公升
	34. 2,4-地 (Dichlorophenoxyacetic acid)	〇・〇七	毫克／公升
	35. 巴拉刈 (Paraquat)	〇・〇一	毫克／公升
	36. 納乃得 (Methomyl)	〇・〇一	毫克／公升
	37. 加保扶 (Carbofuran)	〇・〇二	毫克／公升
	38. 滅必蟲 (Isoprocarb)	〇・〇二	毫克／公升
	39. 達馬松 (Methamidophos)	〇・〇二	毫克／公升
	40. 大利松 (Diazinon)	〇・〇〇五	毫克／公升
	41. 巴拉松 (Parathion)	〇・〇二	毫克／公升



	42. 一品松 (EPN)	○・○○五	毫克/公升
	43. 亞素靈 (Monocrotophos)	○・○○三	毫克/公升
持久性有機污染物	44. 戴奧辛(Dioxin) 本管制項目濃度係以檢測2,3,7,8-四氯戴奧辛(2,3,7,8-Tetrachlorinated dibenzo-p-dioxin -2,3,7,8-TeCDD), 2,3,7,8-四氯呋喃(2,3,7,8-Tetra chlorinated dibenzofuran,2,3,7,8-TeCDF)及2,3,7,8-氯化之五氯(Penta-), 六氯(Hexa-), 七氯(Hepta-)與八氯(Octa-)戴奧辛及呋喃等共十七項化合物所得濃度, 乘以世界衛生組織所訂戴奧辛毒性當量因子(WHO-TEFs)之總和計算之, 並以總毒性當量(TEQ)表示。(淨水場周邊五公里範圍內有大型污染源者, 應每年檢驗一次, 如連續兩年檢測值未超過最大限值, 自次年起的檢驗頻率得改為兩年一次。)	三 自中華民國一百零三年七月一日施行。	皮克-世界衛生組織-總毒性當量/公升 (pg-WHO-TEQ/L)


(二)可能影響健康物質：

# 桃縣抽驗包裝水 5件大腸桿菌綠膿桿菌超量

2014年03月15日 07:57 李明朝

A A A

點閱 **326**

0 留言 |  2/10 | 我要評比 



桃園縣政府衛生局日前抽驗包裝、盛裝飲用水共55件，有7件被檢出不符規定，不合格率12.7%，其中2件包裝飲用水（礦泉水）被同時檢出大腸桿菌群及綠膿桿菌超量，可能引發腹痛、腹瀉、發燒、頭痛等症狀。

劉麗文表示，抽驗加水站的飲用水等，有3件也是同時被檢出大腸桿菌群及綠膿桿菌超量，另2件檢出大腸桿菌群超量。

- 大腸桿菌群或糞便性鏈球菌超量可能造成腸胃道不適，引發腹痛、腹瀉、發燒、頭痛等症狀；
- 水中綠膿桿菌超量，皮膚如有傷口接觸後可能會造成化膿、眼睛感染等症狀

## 南市衛局抽檢包裝水3件含綠膿桿菌 複檢合格

+

Print

✉

Pin

G+ 0

Tweet

f 讚 分享 1

2015-12-17 21:00

〔記者王俊忠／台南報導〕南市衛生局近期抽檢市售七十件包裝飲用水重金屬、化學物質與微生物含量情形，在重金屬與化學物質均未檢出；微生物部分有三件檢出綠膿桿菌，這三件不合格包裝水均為同一家廠商製造，已要求廠商改善生產環境，其後再檢驗四款包裝水，結果均符合規定。



南市衛生局抽檢市售七十件包裝水是否含重金屬或化學物質等成分。（圖：南市衛生局提供）

衛生局長林聖哲委請檢驗科人員購買市面上超商、大賣場、五金行販售的六十件國產與十件進口包裝飲用水檢體，針對多項重金屬與化學物質含量進行檢驗。

檢驗結果，七十件包裝水檢體的鉛、鎘、汞、銅、鋅、砷六項重金屬與壬基酚、雙酚A及鄰苯二甲酸酯類（塑化劑）都未檢出，合格率達百分百；也把七十件檢體放在戶外車內高溫下六小時到七天，都未溶出上述重金屬與化學物質。

但在微生物檢驗上，有三件檢出綠膿桿菌，這三件不合規定的包裝水分別是拿一冠礦泉水、台一香麥飯石礦泉水與台一香海洋生成水，全是六百CC瓶裝，製造商都是梁鳴工業公司。



有時喝自來水會有消毒水的味道，是因為裡面含有氯，那怎麼還可以喝?!

為確保自來水符合安全衛生，避免水生傳染病的發生，飲用水皆經消毒處理（加氯消毒），並需符合台灣省自來水水質標準規定之**餘氯範圍**，這對人體健康並無影響

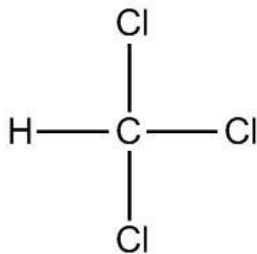
**何謂有效餘氯？**自來水多以氯氣消毒，當氯氣溶於水中會變成次氯酸或次氯酸根離子，即俗稱有效餘氯。

**都沒有有效餘氯才是好的嗎？**次氯酸具有極高的氧化能力，它在配水管中停留時可預防細菌（病原菌）的滋生，因此有效餘氯在自來水的安全衛生上扮演極重要且是必要的角色。

**本省自來水水質標準之有效餘氯的容許範圍？**

**0.2-1.5 毫克／公升**

自來水中所含的**三鹵甲烷**，直接飲用是否會影響健康？



**三鹵甲烷是?**含有腐植酸等有機污染物的水體被採用為飲用水源時，在加氯消毒過程中，就可能產生三鹵甲烷，接觸**過量**可能產生暈眩、疲倦、頭痛，甚至具有致癌性。

**But!** 臺北自來水事業處對此一問題相當重視，早已持續進行檢驗監測，歷年來檢驗結果顯示，本處供應的自來水三鹵甲烷含量均小於**10ppb**，遠低於歐、美、日等先進國家及我國飲用水水質標準限值(**80ppb**)，對健康影響微乎其微，民眾不必驚慌，可安心直接飲用。

資料更新: 2015/3/25 12:15

臺北自來水事業處



更新日期: 105年9月13日

### 環工所駱尚廉教授團隊全球第一篇颱風影響供水水質論文發表Nature-Scientific Reports

研究團隊的傅立達博士在蘇迪勒颱風來襲的前、後，沿直潭水廠的供水幹管到公館採取水樣，分析pH、濁度、溶解性有機碳(DOC)、紫外光吸收度(SUVA)、**總三鹵甲烷**(TTHM，為致癌物)及其組成之物種，發現颱風後兩天之自來水與飲水臺水質的TTHM、DOC與SUVA比颱風前升高四成至兩倍多，對飲用水之安全造成嚴重影響，雖經煮沸兩分鐘，CHBr<sub>3</sub>與CHClBr<sub>2</sub>之去除效率仍僅有45%，煮沸5分鐘，TTHM總去除率可達70%。論文也指出全球自來水水源之DOC與SUVA上升趨勢與颱風之頻率及強度逐漸升高有關，且為重要的驅動因子，此亦為全球氣候變遷的效應之



自來水煮沸後，有時表面有一層白色漂浮物或有白色鍋垢，喝了安全嗎？

白色漂浮物或鍋垢是水中氫碳酸鹽（俗稱暫時硬度）被加熱變成碳酸鈣固體，根據國內外文獻資料，它存在於自來水中的濃度對人體健康並無影響，且『[台灣省自來水水質標準](#)』規定硬度標準是500 毫克／公升。

#### 硬水

- 含有高濃度礦物質的水，尤其是含有高濃度的鈣和鎂
- 流經石灰岩，白堊岩，和含鈣土壤的水

#### 軟水

- 穿過花崗岩及含沙土壤的水



飲用水裡面可能連硝酸鹽都有?!

亞硝酸鹽易氧化成硝酸鹽而通常易溶於水，流入地下水中，正常的飲水飲食皆有可能暴露在硝酸鹽及亞硝酸鹽中，但其量遠低於標準。



「飲用水水質標準」硝酸鹽氮的最大限值是10毫克／公升；

- 硝酸鹽氮的設限主要是因嬰兒若吸收過量的硝酸鹽氮會得[變性血紅素血症]，使血液中缺氧而發生呼吸困難。
- 台水公司自來水經長期檢驗硝酸鹽氮含量皆低於標準。

硝酸鹽  $\rightarrow$  亞硝酸  $\rightarrow$  亞硝酸胺及癌症  
**NaNO<sub>3</sub>**      **NaNO<sub>2</sub>**

臺北自來水事業處

$\rightarrow$  水質優養化  $\rightarrow$  藻類過度生長鹽





If you worry ...

首頁 / 家居用品 / 園藝用品 / 硝酸鹽試紙(10片)



## 硝酸鹽試紙(10片)

產地德國，本試紙可供檢測蔬菜、土壤等之硝酸鹽含量。將50公公克的蔬菜加1450公公克的水，用果汁機打成汁，取出一片硝酸鹽試紙，將有呈色棉塊的一端沾入蔬菜汁中約1秒立即取出，一分鐘後，將呈色棉塊上的顏色與比色卡比較，看數字是多少，乘以30(稀釋倍數)就是這把菜的硝酸鹽含量。試紙易受潮，請於使用前再拆開鋁箔包，並請冷藏保存。

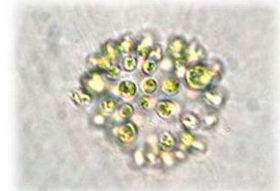
有限責任台灣主婦聯盟生活消費合作社

水質優養化 → 藻類過度生長

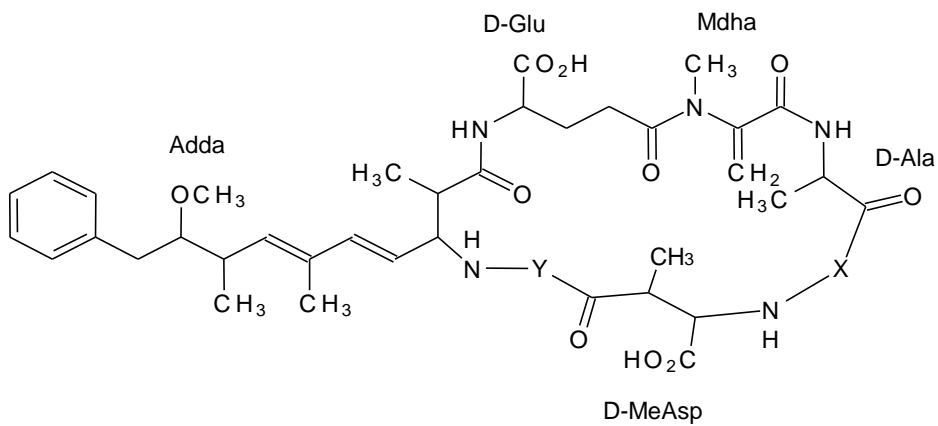
## 微囊藻毒 Microcystine

藻類也會以毒反撲！

- ◆ MCYST is a group of hepatotoxins produced by freshwater cyanobacteria including *Microcystis aeruginosa*
- ◆ Acute toxicity--liver damage, gastroenteritis and dermatitis. LD 50 of MCYST is 50 ppb for mice
- ◆ Chronic toxicity--potent liver tumor promoter WHO-guideline for MCYSTs level 1.0 ppb in drinking water
- ◆ MCYST is a potential inhibitor for protein phosphatase I and 2A both in vivo and in vitro



## 微囊藻毒 Microcystine (MCYST)



微囊藻所產生的毒性物質是微囊藻毒 (Microcystins)，是一種環狀的胜肽結構，就是幾個胺基酸混在一起圈成環狀。

Microcystin	X	Y
MCYST-LR	Leu	Arg
MCYST-RR	Arg	Arg
MCYST-YR	Tyr	Arg

## 我們喝的水裡面可能還有甚麼呢？

地下水或表層水都有可能殘留 ➡ 而進入飲用水、食物中



農藥 (pesticide) : 多屬於內分泌干擾物 (endocrine disruptor), 也就是**環境賀爾蒙**



藥妝品殘留:最常見如鎮痛藥、降血脂藥、抗生素等的藥物殘留



放射性風險:如法國中部天然的“氡”，而使法國地區的水可能具有放射性物質

## 1. 環保局從經濟健康及環保等指標，

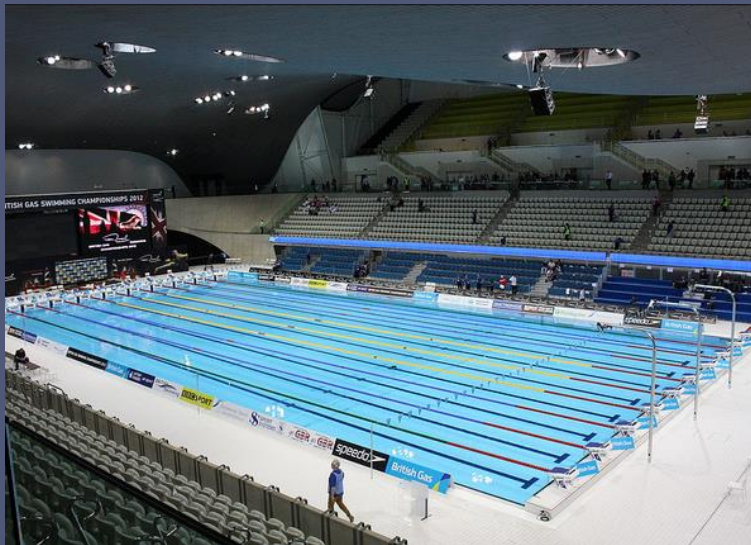
- 就價格而言，瓶裝水約比白開水貴2,500倍；
- 就碳足跡而言，每公升瓶裝水從原料、製造、配送、使用到廢棄回收各階段共約排放400公克溫室氣體，遠高於白開水的0.17公克溫室氣體（超過2,350倍）
- 自來水環保局每月均定期檢驗，自來水處亦是24小時連續監測，在嚴格的監督檢驗及雙重把關下，提供市民優質安全有保障的飲水

## 2. 瓶裝水塑膠容器？

- PET (Polyethylene Terephthalate) 塑膠瓶：塑化劑以及催化劑鎘（環境賀爾蒙?）

**ppm** (parts per million) 百萬分之一  
- 1000000( $10^6$ ) 克穀物中含有1克毒物

**ppb** (parts per billion) 十億分之一  
- 1000000000 ( $10^9$ ) 克穀物中含有1克毒物



**Volume:**

2,500,000 升  
=  $2.5 \times 10^6$  升  
=  $2.5 \times 10^9$  毫升(克)

---

**1 ppb**  
= 2.5 g 毒物  
在一個游泳池中