

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

全氟辛烷磺酸對水生動物之影響 研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型
計畫編號：NSC 95-2313-B-002-102-
執行期間：95年08月01日至96年07月31日
執行單位：國立臺灣大學地理環境資源學系暨研究所

計畫主持人：李美慧

計畫參與人員：大學生助理：王權卿、洪烈
臨時工：王毓雯

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 96年10月08日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

全氟辛烷磺酸對水生動物之影響

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號： NSC 95-2313-B-002-102-

執行期間： 95 年 8 月 1 日至 96 年 7 月 31 日

計畫主持人：李美慧

計畫參與人員：王權卿、王毓雯

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：台灣大學地理環境資源學系

中 華 民 國 96 年 10 月 5 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

全氟辛烷磺酸對水生動物之影響

計畫編號：NSC 95-2313-B-002-102-

執行期間：95年8月1日至96年7月31日

主持人：李美慧 台灣大學地理環境資源學系

一、中文摘要

本研究主要目的檢驗全氟辛酸 (PFOA) 及全氟辛烷磺酸 (PFOS) 對常見水生生物的毒性。針對上述目的選擇渦蟲 (*Dugesia japonica*)、黑殼蝦 (*Caridina pseudodenticulata*)、囊螺 (*Physa acuta*) 或水蚤 (*Daphnia magna*) 測量 24 小時到 96 小時的急性半數致死濃度，另外，選擇三種常見植物種子發芽及 5 天的根部生長長度之半數影響濃度檢驗全氟辛烷磺酸 (PFOS) 及全氟辛酸 (PFOA) 對植物的毒性。本研究結果發現全氟辛烷磺酸與全氟辛酸對水生生物的毒性相當低。一般而言，全氟辛烷磺酸都較全氟辛酸的毒性高，其中渦蟲是四種生物中對全氟辛烷磺酸較敏感，而黑殼蝦在 72 到 96 小時對全氟辛烷磺酸也相當敏感。另外，水蚤則對全氟辛酸較敏感。全氟辛烷磺酸及全氟辛酸對常見植物種子發芽的毒性也都極低。而 5 天的根部生長長度實驗，在三種植物中以萵苣對全氟辛烷磺酸及全氟辛酸較敏感。全氟辛酸對渦蟲抗氧化酵素的活性沒有影響。另外，本研究發現渦蟲在暴露全氟辛酸 50 及 100 mgL⁻¹ 兩天後會抑制乙醯膽酯酶活性。此結果之

顯著性值得進一步探討。

關鍵詞：

全氟辛酸、全氟辛烷磺酸、急性半數致死濃度、水生生物、乙醯膽酯酶活性

Abstract

The objective of this study is to examine toxicity of pentadecafluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) on aquatic organisms. Four animals were selected to test 24 to 96 hours of acute toxicity of PFOA and PFOS, including planarian (*Dugesia japonica*), freshwater shrimp (*Caridina pseudodenticulata*), freshwater snail (*Physa acuta*) or water flea (*Daphnia magna*). In addition, three common plants were chosen to evaluate effects of these chemicals on seed germination and 5-day root elongation. The result of this study found that PFOA and PFOS had relatively low toxicities to four aquatic animals. In general, PFOS was more toxic than PFOA to freshwater animals. Among four aquatic organisms tested, planarian was more sensitive to PFOS toxicity. On the other hand, water flea was more sensitive to PFOA toxicity among four aquatic organisms tested. In addition, both PFOS and PFOA had relatively low toxic effect on seed germination and 5-day root elongation. Among three plants tested, lettuce was the most sensitive test species. PFOA did not affect planarian antioxidant enzyme

activities. Furthermore, PFOA was found to inhibit planarian cholinesterase activities at 50 and 100 mgL⁻¹ after 2-day exposure. The significance of inhibition of cholinesterase activities by PFOA merits further studies.

Keywords: pentadecafluorooctanoic acid, perfluorooctane sulfonate, median lethal concentration, aquatic organism, cholinesterase

二、計畫緣由與目的

1. 計畫緣由

全氟化合物 (perfluorinated compounds, PFCs) 已經生產製造至少 50 年的歷史，並在不同的產品及工業上廣泛被使用。但在進入二十一世紀後的短短幾年，對於全氟化合物對人體健康及生態環境的可能影響受到各界的廣泛關切，其中又以全氟碳氫氧化合物(perfluorinated carboxylates)與全氟磺酸鹽化合物(perfluorinated sulfonates)兩類化合物最受關切(Giesy and Kannan, 2002)。基本上，全氟化合物與所謂的持久性有機污染物(persistent organic pollutants, POPs)非常相似，全氟化合物被發現目前在全球各地都有存在、具持久性及可生物累積的特性，但與其他持久性有機污染物相比，全氟化合物與持久性有機氯污染物的性質不同，但是我們對其在環境中行為及傳播方式與特性之了解極少(Renner, 2001; Giesy and Kannan, 2001; 2002)。過去，全氟化合物被認為非常安定，沒有毒性，並廣泛地使

用；現在，發現其廣泛存在於環境中及生物體內，而且大多數人的身體內也都可檢測到此化合物，因為全氟化合物具有生物累積性及具有的可能毒性，更是值的重視。

全氟磺酸鹽化合物

(perfluorinated sulfonates)常用來作界面活性劑及界面保護劑，如使用於滅火器的泡沫、地毯、紡織品、紙類、皮革、不沾鍋的廚具(如鐵氟龍)等等日常用品中；另外，在半導體的製造過程中全氟磺酸鹽化合物常是做為光阻劑中之界面活性劑。至於此類化合物特別吸引大眾關注，乃是在 1948 年開始商業生產全氟辛烷磺酸(perfluorooctane sulfonic acid, PFOS)的 3M 公司，在 2000 年宣布將於 2002 年停產全氟辛烷磺酸，此系列化合物經美國環保署和 3M 公司發現會有生物累積性，且可能會導致生殖和發育危害(US EPA, 2003)。此外，經濟合作暨發展組織 (OECD)也著手進行全氟辛烷磺酸及其相關化合物之健康及環境風險危害評估工作(OECD, 2002)，但受限於可參考相關研究資料多是由 3M 公司所提供為主，其他科學證據及資料相當有限，對於全氟辛烷磺酸(PFOS)及其相關化合物之健康及環境風險的評估尚無法量化及確切的結論(Kennedy et al., 2004)。

2. 研究目的:

檢驗全氟辛酸 (PFOA) 及全氟辛烷磺酸 (PFOS) 對常見水生生物的毒性

3. 研究結果

檢驗全氟辛烷磺酸及全氟辛酸對常見水生生物 24 小時到 96 小時的急性半數致死濃度分別列於表一及表二。不論是對渦蟲(*Dugesia japonica*)、黑殼蝦(*Caridina pseudodenticulata*)、囊螺(*Physa acuta*) 或水蚤(*Daphnia magna*)，全氟辛烷磺酸都較全氟辛酸的毒性高，其中渦蟲是四種生物中在 24 到 48 小時對全氟辛烷磺酸較敏感，而渦蟲與黑殼蝦在 72 到 96 小時對全氟辛烷磺酸較敏感。另外，水蚤則對全氟辛酸較敏感。

表一 全氟辛烷磺酸 (PFOS) 對常見水生生物的急性半數致死濃度[mean (95%的 confidence interval)]

PFOS	LC ₅₀ (mg/L)			
	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時
渦蟲	34 (30-38)	27(24-31)	26(23-29)	23(20-25)
黑殼蝦	>200	57 (43-75)	20 (17-24)	10 (9-12)
囊螺	271	233(226-241)	208(197-219)	178(167-189)
水蚤	193(177-209)	63(58-69)		

表二 全氟辛酸 (PFOA) 對常見水生生物的急性半數致死濃度[mean (95%的 confidence interval)]

PFOA	LC ₅₀ (mg/L)			
	24 小時	48 小時	72 小時	96 小時
渦蟲	352(331-374)	345(325-366)	343(324-364)	337(318-357)
黑殼蝦	>1000	712(663-764)	546(502-594)	454 (418-494)
囊螺	856(768-954)	732(688-779)	697(661-735)	672 (635-711)
水蚤	298(278-321)	181(166-198)		

檢驗全氟辛烷磺酸及全氟辛酸對常見植物種子發芽及 5 天的根部生長長度之半數影響濃度分別列於表三及表四。全氟辛烷磺酸及全氟辛酸對常見植物種子發芽的毒性都極低。而 5 天的根部生長長度之影響，在三種植物中以萵苣對全氟辛烷磺酸及全氟辛酸較敏感。

表三 全氟辛烷磺酸 (PFOS) 對常見植物種子發芽及 5 天的根部生長長度之半數影響濃度(mean ± SD)

PFOS	EC ₅₀ (mg/L)	
	seed germination	5-day root elongation
黃瓜(<i>Cucumis sativus</i> L.)	>200	>200
萵苣 (<i>Lactuca sativa</i> L.)	>200	99 ± 15
小白菜(<i>Brassica rapa</i> L. Chinensis Group)	>200	166 ± 115

表四 全氟辛酸 (PFOA) 對常見植物種子發芽及 5 天的根部生長長度之半數影響濃度 (mean ± SD)

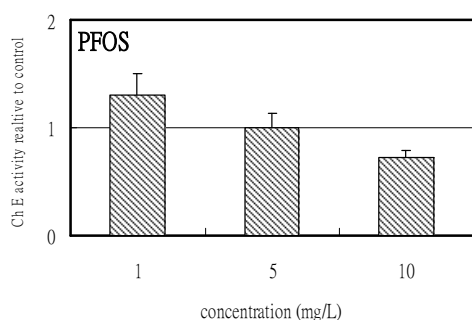
PFOA	EC ₅₀ (mg/L)	
	seed germination	5-day root elongation
黃瓜 (<i>Cucumis sativus</i> L.)	>2000	1319 ± 313
萵苣 (<i>Lactuca sativa</i> L.)	>2000	225 ± 100
小白菜 (<i>Brassica rapa</i> L. Chinensis Group)	597	362 ± 101

渦蟲在暴露全氟辛烷磺酸 48 小時後，在 5 及 10 mgL⁻¹ 兩組其 catalase 活性有顯著增加(表五)，而全氟辛酸對渦蟲抗氧化酵素的活性沒有影響。另外，全氟辛烷磺酸對渦蟲乙醯膽酯酶活性並沒有影響(圖一)，但全氟辛酸對渦蟲在 50 及 100 mgL⁻¹ 兩組會抑制乙醯膽酯酶活性影響(圖二)。

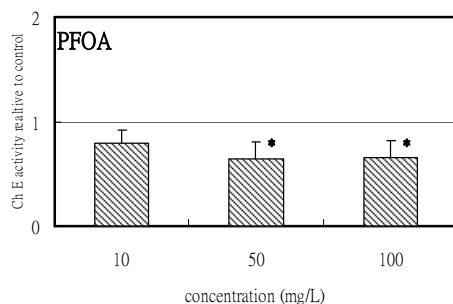
表五 渦蟲在暴露全氟辛烷磺酸(PFOS)或全氟辛酸(PFOA) 48 小時後其抗氧化酵素的活性 (mean ± SD)

	濃度 (mgL ⁻¹)	CAT 活性 (H ₂ O ₂ μmole•protein mg ⁻¹ •min ⁻¹)	SOD活性 (U•protein mg ⁻¹ •min ⁻¹)
PFOS	0	11.51 ± 1.73	1.5 ± 0.6
	1	13.39 ± 1.99	1.2 ± 0.3
	5	14.85 ± 1.22*	0.8 ± 0.3
	10	15.33 ± 1.44*	1.5 ± 0.7
PFOA	0	5.43 ± 1.54	1.6 ± 1.0
	10	4.40 ± 0.84	1.4 ± 0.4
	50	6.50 ± 2.91	1.4 ± 0.5
	100	6.45 ± 2.16	1.4 ± 0.6

*: significantly different from the respective control group (P<0.05)



圖一 全氟辛烷磺酸 (PFOS) 對渦蟲乙醯膽酯酶活性 (mean ± SD) 影響



圖二 全氟辛酸 (PFOA) 對渦蟲乙醯膽酯酶活性 (mean ± SD) 影響 (*:significantly different from the respective control group (P<0.05))

三、計畫成果自評

本研究選擇四種淡水水生生物進行

24 小時到 96 小時的急性半數致死濃度之研究，及利用三種重要經濟植物的種子發芽及 5 天的根部生長長度了解此兩種全氟化合物對植物之影響。另外，並利用渦蟲做指標生物，檢驗全氟辛酸及全氟辛烷磺酸對水生生物的 oxidative stress 及 cholinesterase 酵素活性的影響。目前已經有一篇報告(Li, 2007)被 Chemosphere (SCI 期刊)接受及另一篇急性毒性的報告也在準備中，預定將投稿到 Environmental Toxicology (SCI 期刊)。另外，本研究發現渦蟲在暴露全氟辛酸 50 及 100 mgL⁻¹ 兩天後會抑制乙醯膽酯酶活性，此結果之顯著性值得進一步探討。

參考文獻

- Giesy, J. P. and Kannan, K. (2001) Global distribution of perfluorooctane sulfonate in wildlife. *Environmental Science and Technology* 35:1339-1342.
- Giesy, J.P. and Kannan, K. (2002) Perfluorochemical surfactants in the environment. *Environmental Science and Technology* 36:146A-152A
- Kennedy, Jr. G.L.; Butenhoff, J.L.; Olsen, G.W.; O'Connor, J.C.; Seacat, A.M.; Perkins, R.G.; Biegel, L.B.; Murphy, S.R.; Farrar, D.G. (2004) The toxicology of perfluorooctanoate. *Critical Reviews in Toxicology* 34: 351-384.
- Li, M.-H. (2007) Effects of nonionic and ionic surfactants on survival, oxidative stress, and cholinesterase activity of planarian. *Chemosphere* (SCI) (in press)
- OECD (2002) Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and its Salts

- Renner, R. (2001) Growing concern over perfluorinated chemical. *Environmental Science & Technology* 35:154A-160A.
- US EPA (2003) Toxicological Review of Perfluooctane Sulfonate (PFOS). In support of summary information on the integrated risk information system (IRIS). Submitted for review.