壬基苯酚環境荷爾蒙對環境生態之影響

1、前言

人類為了清洗衣物，去除油污，保持環境整潔，先民早年用了許多天然清潔劑，其中最負盛 名者當推「茶粕」，一種利用茶籽擠搾茶油殘留下來的副產品茶籽渣，但茶粕的清洗力不 是很好，且使用不甚方便；因此肥皂傳入之後，茶粕為肥皂所取代。肥皂是利用乳化及肥皂 泡沫之吸附作用以去污；只是肥皂也有缺點，當肥皂用於硬水洗滌，會大量消耗，且用肥皂又 洗又搓，亦頗費人力。所以當德國人首先開發之合成洗潔劑ABS引進之後，風靡一時，號稱 「非肥皂」，其後又有「汰漬」上市，用量少，且浸泡後，立即可去污，非常方便，大家競相 採用。其後，發現含有ABS洗潔劑的洗滌水，排放到河川之後，難以被微生物所分解，泡沫在 水體內持久不消，嚴重影響生態環境，稱之『硬性洗衣粉』。接著美國研究開發直鏈式之 『軟性洗衣粉』LAS洗潔劑，雖去污力稍遜，但易於被分解。迨1975年又在洗潔劑中添加磷 酸鹽以增加洗劑之緩衝效果。不幸，磷酸鹽排入水體會造成水體優養化，藻類大量繁殖，水 體發臭，甚至於孳生毒藻，洗潔劑再次引起環境污染問題。另有於洗潔劑中添加某些種酵素， 藉生化反應以去污者；此後市面上洗潔劑的開發，五花八門，琳瑯滿目，人類為了環境清 潔使用了許多清潔劑，但這些清潔劑於使用之後排放，卻常衍生許多環境污染問題，始所未料。

現行市售之化學合成清潔劑，依其去污原理，可概分為陽離子界面活性劑、陰離子界面活 性劑、兩性界面活性劑、非離子界面活性劑等種類；其中以陰離子界面活性劑（70％ ）及非 離子界面活性劑（27.4％ ）最大宗。而壬基酚聚乙氧基醇類佔非離子界面活性劑市場的八成， 為工業洗滌及去除油污之主要成份，廣用於清洗工業及乳化工業。非離子界面活性劑使用後 估計約有35%以上排放於水體環境中。過去咸認其安全無虞，但其代謝衍生產物-壬基苯酚在水 環境中不易被分解，且其化學結構與動物及人類之雌性荷爾蒙酷似（圖一），具微弱的環境荷 爾蒙效應，一旦進入雄性動物體內，即會干擾內分泌之正常生理作用。

2、壬基苯酚聚乙氧基醇非離子界面活性劑對魚類生態環境之影響

烷基酚聚乙氧基醇類為使用最廣之非離子界面活性劑，包括辛基苯酚類、壬基苯酚類 、癸基苯酚類三種，其中有80%以上之產品為壬基苯酚聚乙氧基醇(NPEO)，其次為辛基 苯酚類。該等化學物質分子構造中的苯酚烴基（R）部分為親脂性，後面的聚乙氧基醇 長鏈(EOs)為親水性。當工業洗劑或乳化劑使用後，多是經由處理過或未經處理之廢水流 入自然水體環境；據Loo(1998)之報告，NPEO在厭氧環境中經厭氧微生物脫乙氧基作用， 切斷其親水性的聚乙氧基醇水溶性之EOs長鏈，而形成NP1EC 和NP2EC，最後都分解成親脂 性難溶於水之壬基苯酚（Nonylphenol,NP），在水環境中不易被分解。在河川水體首先受到 壬基苯酚環境荷爾蒙衝擊者為暴露於NP之魚貝類，Jobling(1998)曾在英國報導河川裡的鯉魚 （Rutilus rutilus）有中性魚（intersex）之現象。次年Van Aerle亦發現鱂魚（Gobio gobio） 也有相同之現象。

Fairchild(1999) 在探討加拿大鮭魚（Salmo salar）頻臨絕種的原因時，更將之歸咎於可 能在1973-1990年間為了防治森林害蟲，針對16條河流域，噴灑含有NPEO乳化劑之農藥， 造成其分解物NP干擾魚群內分泌所致。Shioda(2000)將雄青鱂（Oryzias latipes）暴露於NP 二週後與雌魚配對，發現魚卵孵化率大為減低。

據Ren(1996)之報告，幼魚不論雌雄均具有卵黃前質（vitellogenin,Vtg）之前驅物質mRNA ，一旦暴露於雌性激素（EE2）4小時後，魚體即產生Vtg，而mRNA開始消失；NP亦具有 同樣的生理效應。

Flouriot(1995)曾證實NP可以取代EE2，固著於肝臟激素受體（estrogen receptor,ER） 導致Vtg之累積。Yadetie(1999)以NP直接模擬鮭魚肝臟之ES，與ER結合，魚體分泌出放射 狀蛋白層（zona radiata protein,Zrp）以及Vtg。Arukwe(2000)將鮭魚以NP 5mg/kg之劑量注射 2週後，其原生質明顯產生Zrp與Vtg，且Zrp比Vtg更敏銳。Allner(1999)報告幼鱒魚（Oncorhynchus mykiss）以NP 40mg/條/天餵食，暴露3週後，血清中明顯的檢出Vtg增加。

Islinger(1999)以鱒魚肝膽囊細胞培養法檢定NP之生理效應，甚為微弱，約為天然雌性激 素EE2之1/2000。 Christiansen (1998)以NP處理雄鰻魚（Zoarces viviparus）25天後，發現雄性 生殖腺細小或缺如，且卵黃前質的合成大為增加。 進行睪丸之組織學切片檢查，發現在 精母細胞活化期（active spermatogenesis） 暴露之個體，精原細胞囊（spermatogenic cysts） 產生精液之小葉（seminiferous lobules）退化；而在精母細胞生成後期暴露之個體，生精小葉 上的細精管支持細胞(Sertoli cells)萎縮成鱗片狀。在老鼠此細精管支持細胞為 -glutamyl transpeptidase (-GTP)酵素之製造者，暴露於NP之雄鼠，其-GTP酵素之活化因此 大為減低。英國將壬基苯酚對魚類的無顯著影響濃度（No observation effect concentration,NOEC） 訂為10 μg/L，日本則訂為6.08 μg/L，並取其1/10，0.608μg/L為預估無顯著影響濃度（PNEC）。 雄魚在水中壬基苯酚濃度23.5μg/L時會出現二次性徵之雌化，在11.6μg/L 時出現精巢卵。 Loomis(2000)亦以亞特蘭大蛙（Micropogonias undulatus）進行NP暴露試驗，解剖雄蛙精巢組織精 子形成期之碎片，發現親生殖腺素之刺激（gonadotropin-stimulated）降低，睪丸硬甾酮 （11-ketotestosterone, 11-KT）之生產減少。

為了探討NP在魚體內之代謝，Coldham(1998)曾將鱒魚苗暴露於NP中48小時 後，檢測NP 在魚體內各部位之濃度：膽汁＞排泄物＞肝＞腎＞腦＞鰓＞心＞肌肉＞皮。NP主要在膽囊 內與尿甘酸化合物（glucuronide）結合而代謝，只有1.7%＞皮。NP主要在膽囊內與尿甘酸 化合物（glucuronide）結合而代謝，只有1.7% 殘留在肝臟。Arukwe(2000)亦證實NP在魚體

內 為膽汁之尿甘酸化合物所迅速代謝，在肌肉之半衰期為24-48小時；彼推測NP大概不至於在 魚肉內產生生物累積、生物轉移及生物濃縮現象。但Snyder等（2001）卻報告NP在 Pimephales promelas 魚體內之生物濃縮係數（Bioconcentration factors,BCFs）245-380倍，魚肉 之平均濃度達184 ng/g wet wt。

Burkhardt-Holm(2000)以鱒魚暴露於10μg/L之NP中10天，發現其整個表皮 黏膜結構引起不 規則黏液狀顆粒，且伴隨著細胞呈一塊塊分離，細胞質形成空泡，細胞核嚴重畸形。 Stoffel(2000)進一步以電子顯微鏡觀察暴露於10μg/L NP中之鱒魚，亦發現鱒魚魚鰓上表皮細 胞嚴重變形，多數呈氯化細胞（chloride cell），並著生微細絨毛。

日本環境省於2001年8月正式發表壬基苯酚會使雄魚變性之實驗結果，並決定修改 現行之「化學物質審查、製造管制法」，以便將對魚類等生態環境有影響之物質納入管制。 同時日本環境省亦宣佈將於今年12月15-17日在Tsukuba國際會議中心舉行「第四屆國際內分 泌干擾物質研討會」，研討快速篩檢方法、基因毒理、野生生物效應、健康效應等。 此外，日本環境省將於2002年編列65億預算，作為改善環境荷爾蒙及地球溫暖化對策事業等 之用途。

3、壬基苯酚對哺乳動物之影響

NP對哺乳動物之影響，據Lee(1998)之報告，幼鼠在出生的前13天，母鼠給 予20.8 mg/kg/day之NP劑量15天，然後停用並施予NP解毒劑，結果雄幼鼠出生長大成熟 後對雌鼠之受孕率仍大為降低；NP處理過的老鼠，其睪丸、副睪、精囊、攝護腺均減小 ，且隱睪症（cryptorchidism）頻率增加。彼又於次年報告稱哺乳期之雄幼鼠暴露於NP一 個月後，20-30%之鼠隻精小管缺少分化，精子數目減少，精子游動之比率及睪丸蛋白酵素之 調節功能降低。Chapin(1999)以30-100、100-350 mg/kg/day之NP劑量餵飼老鼠，其子二代之精子 密度分別減少8%、13%。另Odum(1999)以40mg/kg/day處理剛成熟之成鼠，發現老鼠乳腺增生 並結成小葉狀。Ren(1997)以乳癌細胞暴露NP二小時後，即可誘發其三葉形縮胺酸 （trefoil peptide）pS2 mRNA、MUC1 mRNA及激素受體基因（ER gene）。Blom(1998)以人體乳 癌細胞培養篩選環境荷爾蒙化學物質時，檢定NP之細胞增殖最低臨界濃度為1μM。 另Skakkebaek(1998)報告稱NP可以導致睪丸未降（undescended testis）、尿道下裂（hypospadias） ，甚至於引起睪丸癌（carcinoma in situ testis,CIS），對男性生殖健康造成嚴重威脅。 此外，Paganetto(2000)報告NP會降低人體攝護腺內retinoic acid 對類酯醇受體 （steroid receptors）之結合。Masuyama(2000)解釋其作用機制，一種類酯醇X受體 （Pregnane X receptor PXR）在類固醇荷爾蒙代謝上佔重要角色；NP可以取代類固 醇荷爾蒙，藉由PXR影響內分泌功能。

4、壬基苯酚對人類可能之暴露途徑

NP如何進入人體？據Charuk(1998)之報告，NPEO廣用 為界面活性劑，其分解產物NP可能經由飲食、接觸或注射而為人體所吸收。Ruthann(1998)在 污水處理場下游之地下水中檢出NP之濃度為30μg/L，飲用井水有高達32.9μg/L者，彼懷疑不完整的污水下水道系統可能為地下水NPEOs污染主要之來源。丹麥Copenhagen's大學教學醫院 （2000）在一項環境研究計畫中報告稱，非離子介面活性劑NPEO分解後之代謝衍生物，與人 類的生殖力有直接關係。

另Monteiro-Riviere(2000)以1%之NPEO 、NP進行人、豬、鼠之皮膚角質層 接觸穿透試驗8小時 ，證實極少由皮膚吸收。但由於其強力的去油脂效果，容易傷害油脂腺，使頭髮、頭皮、皮 膚粗糙乾裂，因此市售洗髮精、沐浴乳都不添加非離子介面活性劑，而改以由植物煉製成之天 然椰子界面活性劑或其他物質取代。

Minami(2000)以含NPEO之清潔劑進行兔子之陰道內殺精蟲處理，結果卻發現約有相當於靜脈 注射量66%之NPEO被吸收，尿中並可檢出微量（被吸收劑量的0.22%）的NP。因此， 結論NPEO可能經由皮膚黏膜組織滲透侵進身體。又Soto(1991)發現有機溶劑可從離心機之 塑膠管溶析釋出NP，並據以推論人類廣泛的使用聚苯乙烯保麗龍，亦可能增加NP暴露之風險。 因此，聚苯乙烯保麗龍免洗 餐具之使用，務必格外審慎。至於NP在生物體內之代謝， Thibaut(1998)曾以鱒魚膽汁進行NP 之代謝研究，發現NP烴鍵上之omega及omega-1會被羥基 化而形成9-hydroxynonylphenol及8-hydroxynonylphenol ，進而氧化為酸類。 而Charuk(1998)則報告，NPEO為腎臟一種分泌物P-glycoprotein（Mdr1p）之作用介質， Mdr1p可助NPEO排出體外。日本環境省（2001）亦聲稱NP對人體尚無明確影響。

參考文獻：

1. Allner B,Wegener G,Knacker T,Stahlschmidt-Allner P. Electrophoretic determination of estrogen-induced protein in fish exposed to synthetic and naturally occurring chemicals.Sci Total Environ 1999;**233**:21-31.

2. Antonio DC,Romina C,Carlo C,Manuela N. Occurrence and abundance of dicarboxylated metabolites of Nonylphenol polyethoxylate surfactants in treated sewages. Environ Sci technol 2000;**34**:3914-9.

3. Arukwe A,Celius T,Walther BT,Goksoyr A. Effects of xenoestrogen treatment on zona radiata protein and vitellogenin expression in Atlantic salmon (*Salmo salar*) .Aquatic Toxicol 2000;**49**:159-70.

4. Arukwe A,Thibaut R,Ingebrigtsen K,Celius T,Goksoyr A,Cravedi J. In vivo and in vitro metabolism and organ distribution of nonylphenol in Atlantic salmon(*Salmo salar*).Aquatic Toxicol 2000;**49**:289-304.

5. Barberio C,Fani R. Biodiversity of an *Acinetobacter* population isolated from activated sludge.Res Microbiol 1998;**149**;665-73.

6.Blackburn MA,Waldock MJ. Concentrations of alkylphenols in rivers and estuaries in England and Wales.Water Research 1995;**29**:1623-9.

7. Blom A,Ekman E,Johannisson A,Norrgren L,Pesonen M. Effects of xenoestrogenic environmental pollutants on the proliferation of a human breast cancer cell line(MCF-7).Arch Environ Contam Toxicol 1998;**34**:306-10.

8. Burkhardt-Holm P,Wahli T,Meier W. Nonylphenol affects the granulation pattern of epidermal mucous cells in rainbow trout,*Oncorhynchus mykiss*.Ecotoxicol 2000;**46**:34-40.

9. Chapin RE,Delaney J,Wang Y,Lanning L,Davis B,Collins B,Mintz N, Wolfe G. The effects of 4-nonylphenol in rats:a multigeneration reproduction study.Toxicol Sci 1999;**52**:80-91.

10. Charuk MH,Grey AA,Reithmeier RA. Identification of the synthetic surfactant nonylphenol ethoxylate:a P-glycoprotein substrate in human urine.Am J Physiol 1998;**274**:F1127-39.

11. Christiansen T,Korsgaard B,Jespersen A. Effects of nonylphenol and 17 beta-oestradiol on vitellogenin synthesis,testicular structure and cytology in male eelpout *Zoarces viviparus*.J Exp Biol 1998;**201**:179-92.

12. Coldham NG,Sivapathasundaram S,Dave M,Ashfield LA,Pottinger TG,Goodall C,Sauer MJ. Biotransformation,tissue distribution,and persistence of 4-nonylphenol residues in juvenile rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*).Drug Metab Dispos 1998;**26**:347-54.

13. Daniels WM,Housea WA,Rae JE,Parker A. The distribution of micro-organic contaminants in river bed-sediment cores.Sci Total Environ 2000;**253**:81-92.

14. Dayue YS,Robie WM,Michale GI. Persistence of nonylphenol ethoxylate surfactants and theirprimary degradation products in sediments from near a municipal outfall in the strait of Georgia,British Columbia,Canada.Environ Sci Technol 1999;**33**:1366-72.

15. Ding WH,Tzing SH. Analysis of Nonylphenol polyethoxylates and their degradation products in river water and sewage effluent by gas chromatography-ion trap(tandem) mass spectrometry with electron impact and chemical ionization.J Chromatogr A 1998;**824**:79-90.

16. Ding WH,Tzing SH,Lo JH. Occurrence and concentrations of aromatic surfactants and their degradation products in river waters of Taiwan. Chemosphere 1999;**38**:2597-606.

17. Dominic MJ,House WA,White GF. Environmental fate of nonylphenol ethoxylates:differential adsorption of homologs to components of river sediment. Environ Toxicol and Chem 2000;**19**:293-300.

18. Edward T, Alvin S. Rapid mineralization of the endocrine-disrupting chemical 4-nonylphenol in soil.Environ Toxicol Chem 2000;**19**;313-8.

19. ENDs Daily 2000/3/17. Anglo-Welsh endocrine disrupter plan launched.http:/www.ends.co.uk 2000.

20. Fairchild WL,Swansburg Eo,Arsenault JT,Brown SB. Does an association between pesticide use and subsequent declines in catch of Atlantic salmon (*Salmo salar*) represent a case of endocrine disruption? Environ Health Perspect 1999;**107**:349-58.

21. Flouriot G,Pakdel F,Ducouret B,Valotaire Y.Influence of xenobiotics on rainbow trout liver estrogen receptor and vitellogenin gene expression.J Mol Endocrinol 1995;**15**:143-51.

22. Giger W,Brunner PH,Schaffner C. 4- Nonylphenol in sewage sludge:accumulation of toxic metabolites from nonionic surfactants.Science 1984;**225**:623-5.

23. Hawrelak M,Bennett E,Metcalfe C. The environmental fate of the primary degradation products of alkylphenol ethoxylate surfactants in recycled paper sludge.Chemsphere 1999;**39**:745-52.

24.Islinger M,Pawlowski S,Hollert H,Volkl A,Braunbeck T. Measurement of vitellogenin-mRNA expression in primary cultures of rainbow trout hepatocytes in a non-radioactive dot blot/RNAse protection-assay. Sci Total Environ 1999;**233**:109-22.

25.Jobling S,Nolan M,Tyler CR,Brighty G,Sumpter JP. Widespread sexual disruption in wild fish.Environ Sci＆Tech 1998;**32**:2498-506.

26.John DM,White GF. Mechanism for biotransformation of nonylphenol polyethoxylates to xenoestrogens in *Pseudomonas putida*.J Bacteriol 1998;**180**:4332-8.

27. Kazuki M,Moucun Y,Akira O. Seasonal changes in ethylene oxide chain lenth of poly(oxyethylene)alkylphenol ether nonionic surfactants in three main rivers in Tokyo.Environ Sci Technol 2000;**34**:343-8.

28.Kevin HG,Miguel SA. Clay swelling and formation permeability reductions induced by a nonionic surfactant.Environ Sci Technol 2000;**34**:160-6.

29.Korner W,Bolz U,Sussmuth W,Hiller G,Schuller W,Hanf V,Hagenmaier H. Input/output balance of estrogenic active compounds in a major municipal sewage plant in Germany.Chemosphere 2000;**40**:1131-42.

30.Kvestak R,Ahel M. Occurrence of toxic metabolites from nonionic surfactants in the Krka River estuary.Ectoxicol Environ Saf 1994;**28**:25-34.

31. Lee PC. Disruption of male reproductive tract development by administration of the xenoestrogen, nonylphenol,to male newborn rats.Endocrine 1998;**9**:105-11.

32. Lee PC,Arndt P,Nickels KC. Testicular abnormalities in male rats after lactational exposure to nonylphenols. Endocrine 1999;**11**:61-8.

33. Legler J,van den Brink CE,Brouwer A,Murk AJ,van der Saag PT,Vethaak AD,van der Burg B. Development of a stably transfected estrogen receptor-mediated luciferase recepter gene assay in the human T47D breast cancer cell line.Toxicol Sci 1999;**48**:55-66.

34. Lin JG,Arunkumar R,Liu CH. Efficiency of supercritical fluid extraction for determining 4-nonylphenol in municipal sewage sludge.J Chromatogr A 1999;**840**:71-9.

35. Long JLA,House WA,Parker A,Rae JE. Micro-organic compounds associated with sediments in the Humber rivers.Sci Total Environ 1998;**210/211**:229-253.

36. Loo TW,Clarke DM. Nonylphenol ethoxylates,but not Nonylphenol,are substrates of the human multidrug resistance P-glycoprotein.Biochem Biophys Res Commun 1998;**247**:478-80.

37. Loomis AK,Thomas P. Effects of estrogens and xenoestrogens on androgen production by Atlantic croaker testes invitro:evidence for a nongenomic action mediated by an ertrogen membrane receptor.Biol Reprod 2000;**62**:995-1004.

38. Maki H,Masuda N,Fujiwara Y,Ike M,Fujita M. Degradation of alkylphenol ethoxylates by *Pseudomonas* sp.strain TR01. Appl Environ Microbiol 1994;**60**:2265-71.

39. Masuyama H,Hiramatsu Y,Kunitomi M,Kudo T,MacDonald PN. Endocrine disrupting chemicals,phthalic acid and nonylphenol,activate pregnane X receptor-mediated transcription.Mol Endocrinol 2000;**14**:421-8.

40. Minami Y,Iida K,Tajima H. Absorption of a vaginal contraceptive,nonoxynol(polyoxyethylene nonylphenol ether)and its metabolism to nonylphenol in female rabbits.Yakugaku Zasshi 2000;**120**:298-303.

41. Monteiro-Riviere NA,Van Miller JP,Simon G,Joiner RL,Brookes JD,Riviere JE. Comparative in vitro percutaneous absorption of nonylphenol and nonylphenol ethoxylates(NPE-4 and NPE-9)through human,porcine and rat skin.Toxicol Ind Health 2000;**16**:49-57.

42. Odum J,Pyrah IT,Foster JR,Van Miller RL,Ashby J. Comparative activities of p-nonylphenol and diethylstilbestrol in noble rat mammary gland and uterotrophic assays.Regul Toxicol Pharmacol 1999;**29**:184-95.

43. Okaia Y, Higashi-Okaib K,Machidac K,Nakamurac H,Nakayamac K,Fijitac K,Tanakac T,Taniguchic M. Protective effects of alpha-tocopherol and beta-carotene on para-nonylphenol-induced inhibition of cell growth,cellular respiration and glucose-induced proton extrusion of bacteria.FEMS Microbiol Lett 2000;**187**:161-5.

44. Paganetto G,Campi F,Varani K,Piffanelli A,Givannini G,Borea PA. Endocrine-disrupting agents on healthy human tissues.Pharmacol Toxicol 2000;**86**:24-9.

45. Ren L,Lewis SK,Lech JJ. Effects of estrogen and nonylphenol on the post-transcriptional regulation of vitellogenin gene expression.Chem Biol Interact 1996;**100**:67-76.

46. Ren L, Marquardt MA,Lech JJ. Estrogenic effects of nonylphenol on PS2,ER and MUC1 gene expression in human breast cancer-MCF-7.Chem Biol Interact 1997;**104:**55-64.

47. Ruthann AR,Steven JM,Paul WG,Gang S,Julia GB. Identification of Alkylphenols and other estrogenic phenolic compounds in wastewater,septage,and groundwater on

cape cod,Massachusetts.Environ Sci Technol 1998;**32**:861-9.

48. Shioda T,Wakabayashi M.Effect of certain chemicals on the reproduction of medaka (*Oryzias latipes*).Chemosphere 2000;**40**:239-43.

49. Skakkebaek NE,Rajpert-De Meyts E,Jorgensen N,Carlsen E,Ptersen PM, Giwercman A,Andersen AG,Jensen TK,Andersson AM,Muller J. Germ cell cancer and disorders of spermatogenesis:an environmental connection.APMIS 1998;**106**:3-11.

50. Sonnenschein C,Soto. An updated review of environmental estrogen and androgen mimics and antagonists.J Steroid Biochem Mol Biol 1998;**65**:143-50.

51. Soto AM,Justicia H,Wray JW,Sonnenschein C. p-Nonylphenol:an estrogenic xenobiotic released from 「modified」polystyrene. 1991;**92**:167-73.

52. Staples CA,Williams JB,Blessing RL,Varineau PT. Measuring the biodegradability of nonylphenol ether carboxylates,octylphenol ether carboxylates,and nonylphenol.Chemosphere 1999;**38**:2029-39.

53. .Stoffel MH.,Wahli T,Friess AE,Burkhardt-Holm P. Exposure of rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss*)to nonylphenol is associated with an increased chloride cell fractional surface area.Schweiz Arch Tierheilkd 2000;**142**:263-7.

54. Sundaram KM,Szeto S. The dissipation of nonylphenol in stream and pond water under simulated field conditions.J Environ Sci Health B 1981;**16**:767-76.

55. Tanghe T,Dhooge W,Verstraeyte W. Isolation of a bacterial strain able to degrade branched nonylphenol.Appl Environ Microbiol 1999;**65**:746-51.

56. Thibaut R,Debrauwer L,Rao D,Cravedi JP. Characterization of biliary metabolites of 4-n-nonylphenol in rainbow trout(*Oncorhynchus mykiss).*Xenobiotica 1998;**28**:745-57.

57. Tsuda T,Takino A,Kojima M,Harada H,Muraki K,Tsuji M. 4- Nonylphenol and 4-tert-octylphenol in water and fish from rivers flowing into Lake Biwa.Chemosphere 2000;**41**:757-62.

58. Van AR,Jobling S,Nolan M,Christiansen LB,Sumpter JP,Tyler CR. Sexual disruption in gudgeon (*Gobio gobio*) in UK rivers.Proceedings,Sixth International Symposium on Reproductive Physiology of Fish,Bergen,Norway,July 4-9,p 372.

59. Van Hamme JD,Odumeru JA,Ward OP. Community dynamics of a mixed-bacterial culture growing on petroleum hydrocarbons in batch culture.Can J Microbiol 2000;**46**:441-50.

60. White R,Jobling S,Hoare SA, Sumpter JP,Parker MG. Environmentally persistent alkylphenolic compounds are estrogenic.Endocrinology 1994;**135**:175-82.

61. Yadetie F,Arukwe A,Goksoyr A,Male R. Induction of hepatic estrogen receptor in juvenile Atlantic salmon in vivo by the environmental estrogen,4-nonylphenol.Sci Total Environ 1999;233:201-10.

62. 丁望賢、吳建誼：環境荷爾蒙-壬基苯酚與雙酚A在台灣水環境中 之分析與流布調查。環境檢驗雙月刊 2000;33:12-9。

63.王正雄：環境荷爾蒙-地球村二十一世紀之熱門課題。環境檢驗雙月刊 2000;29：6-14。

64. 王正雄、張小萍、黃壬瑰、王世冠、李宜樺、洪文宗、陳珮珊：環境荷爾蒙-壬基苯酚殘留調查及其對雄鯉魚生理效應之研究。中華衛誌接受刊登中2001。

65. 施純榮：我國的介面活性劑工業。化工技術 1997;**5**:112-7.

66.朝日新聞20011005.htm：http://www.asahi.com/national/update/1005/003.html

67.日本環境部：http://www.env.go.jp/chemi/end/kento1304/en-annai2.pdf

68.環境goo NEWs 20001/10/03：http://eco.goo.ne.jp/news/indexdaily.html

69. Snyder SA, Keith TL,Pierens SL, Snyder EM, Giesy JP. Bioconcentration of nonylphenol in fathead minnowa(*Pimephales promelas*). Chemosphere 2001;**44**:1697-1702.

70.Snyder SA, Keith TL, Naylor CG, Staples CA, Giesy JP. Identification and quantitation method for nonylphenol and lower oligomer nonylphenol ethoxylates in fish tissues. Environ Toxicol Chem 2001;**20**:1870-1873.

環境檢驗所 副所長 王正雄

本網頁於097/06/03編輯發行，最新檢視日期：102/03/01。
【資料內容為已確認之文件，非屬應即時更新之統計資訊】

回環保署 回環檢所