

Nghiên cứu mức độ phân bố và tích lũy polychlorinated biphenyl trong trầm tích mặt khu vực hạ lưu sông Đáy

Trịnh Thị Thắm, Bùi Thị Phương, Lê Thị Trinh*

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Ngày nhận bài 25/11/2018; ngày gửi phản biện 27/11/2018; ngày nhận phản biện 27/12/2018; ngày chấp nhận đăng 15/2/2019

Tóm tắt:

Nghiên cứu đánh giá mức độ tích lũy và phân bố các hợp chất polychlorinated biphenyl (PCB) nhằm xây dựng bộ dữ liệu phục vụ cho việc đánh giá rủi ro môi trường và rủi ro sinh thái của các nhóm hợp chất này. Trong nghiên cứu, 7 đồng loại PCB được xác định trong 20 mẫu trầm tích thu thập từ khu vực hạ lưu sông Đáy. Hàm lượng tổng PCB nằm trong khoảng 1,72 đến 89,6 ng/g với giá trị trung bình 16,1 ng/g và có xu hướng tăng dần theo hướng từ nội địa ra cửa sông, ven biển. Trong số các đồng loại PCB, PCB-52 là đồng loại được phát hiện với tần suất cao và chiếm tỷ lệ cao so với các đồng loại còn lại, với hàm lượng từ 0,156 ng/g đến 59,6 ng/g trọng lượng khô. Hàm lượng PCB phát hiện trong các mẫu có nồng độ thấp hơn so với giá trị quy định tại Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng trầm tích.

Từ khóa: hạ lưu sông Đáy, polychlorinated biphenyl, trầm tích.

Chỉ số phân loại: 1.7

Đặt vấn đề

Năm 2004, PCB được đưa vào Phụ lục A (Cấm sử dụng) và Phụ lục C (Các chất phát sinh không chủ định) của Công ước Stockholm về quản lý các chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy (POPs), hướng đến mục tiêu loại bỏ hoàn toàn PCB trong môi trường [1]. PCB là nhóm chất có đầy đủ các tính chất của hợp chất POP như độc tính cao, khó phân hủy, khả năng phát tán rộng với cơ chế vận chuyển và phát tán phức tạp, có tiềm năng tích lũy cao trong môi trường và hệ sinh thái [2]. PCB được sử dụng phổ biến trong công nghiệp để làm chất lỏng cách điện trong tụ điện và làm mát trong máy biến thế, dầu thủy lực, các hệ thống trao đổi nhiệt. Ngoài ra, PCB còn được dùng làm chất bôi trơn, chất làm mềm trong nhựa và keo dán, chất tạo màng trong sản xuất giấy, chất chống cháy, phụ gia trong mực in, phẩm màu... [3]. PCB cũng là một chất có thể phát sinh không chủ định từ các hoạt động thiêu đốt chất thải, rác thải, hoạt động đốt hờ ngoài trời phế phẩm nông nghiệp, rác thải sinh hoạt... [4].

Trong quá trình phát triển kinh tế - xã hội, tuy không phải là quốc gia sản xuất PCB nhưng Việt Nam lại nhập khẩu khá nhiều sản phẩm có chứa PCB như các thiết bị điện, tụ điện, máy biến thế... Do vậy, ở rất nhiều khu vực trên cả nước, các đồng loại PCB được phát hiện ở mức nồng độ từ vài ppb đến hàng trăm ppm trong mẫu đất, mẫu trầm tích và mẫu dầu biển thế [5].

Hàm lượng tổng PCB (arochlo 1254) trong trầm tích một số sông, hồ tại Hà Nội dao động từ không phát hiện (ND) đến 40 ng/g trọng lượng khô theo công bố của D.D Nhan và cs (2001) [6]. Kết quả tương tự cũng được chỉ ra trong nghiên cứu của P.M. Hoai và

cs (2010), hàm lượng tổng PCB trong trầm tích sông nội đô tại Hà Nội có giá trị trung bình khoảng 97,6 ng/g trọng lượng khô [7].

PCB đã được tìm thấy trong trầm tích với mức nồng độ thấp ở lưu vực sông Mê Kông (sông Hậu), đầm Thị Nại (Bình Định), cửa sông Sài Gòn - Đồng Nai và một số khu vực so sánh ở Hà Nội và TP Hồ Chí Minh [8-11]. Nồng độ PCB trong trầm tích ở khu vực các bãi tập trung rác thải đô thị Đông Thạnh (TP Hồ Chí Minh) và Tây Mỗ (Hà Nội) có giá trị cao hơn so với khu vực so sánh từ 6 đến 16 lần [8].

Tác giả Lê Thị Trinh và cs (2015) đã tiến hành nghiên cứu xác định hàm lượng và sự phân bố của PCB tại vùng Cửa Đại, Quảng Nam. PCB trong nước và trầm tích tại khu vực Cửa Đại, Quảng Nam đã được khảo sát trong 4 đợt lấy mẫu theo mùa từ 2013 đến 2014. Hàm lượng tổng PCB trong trầm tích tại khu vực này khá cao, dao động từ 192 đến 1.750 ng/g trọng lượng khô. Nồng độ của PCB trong nước thu thập trong mùa mưa có xu hướng cao hơn so với thu thập trong mùa khô, trong khi mức độ tích lũy trong trầm tích không có sự khác nhau nhiều giữa các đợt lấy mẫu [12].

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm cung cấp các thông tin về mức độ tích lũy và phân bố PCB trong trầm tích tại khu vực hạ lưu sông Đáy. Bộ số liệu là cơ sở để tính toán và đánh giá mức độ rủi ro do tồn lưu các chất ô nhiễm hữu cơ bền vững tại khu vực.

Phương pháp nghiên cứu

Hóa chất và thiết bị

Hóa chất: dung dịch chuẩn được sử dụng trong nghiên

*Tác giả liên hệ: Email: lntrinh05@yahoo.com

Research on accumulation and distribution levels of polychlorinated biphenyl in sediment collected from Day river downstream area

Thi Tham Trinh, Thi Phuong Bui, Thi Trinh Le*

Hanoi University of Natural Resources & Environment

Received 25 November 2018; accepted 15 February 2019

Abstract:

The data on concentration of polychlorinated biphenyl (PCB) accumulated in sediment were investigated in order to assess potential ecological risks of these compounds. In this study, seven PCB congeners were found in 20 sediment samples collected from the downstream area of Day river. Total levels of PCB ranged from 1.72 to 89.6 ng/g dry weight with the average value of 16.1 ng/g and tended to increase in the direction from inland to estuaries and coastal areas. Among PCB congeners, PCB-52 was detected with the high frequency and high proportion as compared to the remaining congeners with the concentration from 0.156 to 59.6 ng/g dry weight. The total levels of PCB in the samples were lower than the value specified in the National Technical Regulation on sediment quality.

Keywords: Day river downstream, polychlorinated biphenyl, sediment.

Classification number: 1.7

cứ này là hỗn hợp chuẩn gồm 7 đồng loại PCB chi thị: 2,4,4'-Trichlorobiphenyl (PCB-28), 2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl (PCB-52), 2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl (PCB-101), 2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl (PCB-138), 2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl (PCB-153), 2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl (PCB-180), 2,2',3,3',4,4',5,5'-Octachlorobiphenyl (PCB-194) (Wellington, Anh). Các dung môi tinh khiết sắc ký bao gồm: n-hexan, axeton, diclometan (Merck, Đức).

Thiết bị: PCB trong mẫu trầm tích được định lượng trên thiết bị sắc ký khí với detector cộng kết điện tử (GC/ECD-2010, Shimadzu, Nhật Bản). Hỗn hợp các PCB được tách trên cột mao quản Equity®-5 (30 m×0,25 mm×0,25 μm) với điều kiện chương trình nhiệt độ lò cột như sau: nhiệt độ ban đầu là 100°C, giữ trong 1 phút; tăng nhiệt độ đến 160°C với tốc độ 15°C/phút; tăng nhiệt độ đến 280°C với tốc độ 5°C/phút, giữ đẳng nhiệt tại nhiệt độ cuối trong 4 phút.

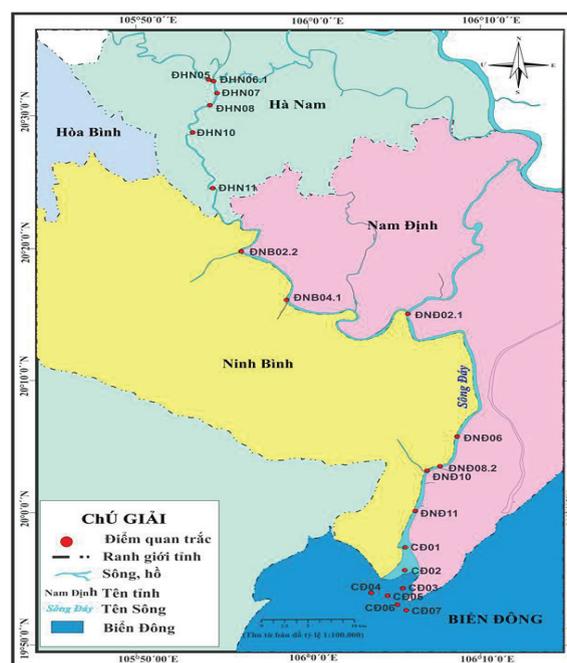
Phương pháp lấy mẫu

Các vị trí lấy mẫu được lựa chọn trong quá trình xây dựng chương trình quan trắc và khảo sát khu vực lấy mẫu dựa trên điều kiện tự nhiên của khu vực, lưu lượng nước, chế độ dòng chảy và đặc điểm của nguồn thải. Sau khi xác định được vị trí lấy mẫu, điểm lấy mẫu được đánh dấu trên bản đồ và lấy chính xác tọa độ trong quá trình lấy mẫu. Bản đồ các điểm lấy mẫu được thể hiện ở hình 1, trong đó ký hiệu mẫu được mã hóa theo khu vực lấy mẫu: ĐHN (mẫu lấy tại khu vực thuộc địa phận tỉnh Hà Nam), ĐNB (mẫu lấy tại khu vực thuộc địa phận tỉnh Ninh Bình), ĐND (mẫu lấy tại khu vực thuộc địa phận tỉnh Nam Định, giáp ranh với Ninh Bình), CD (mẫu lấy tại khu vực cửa Đáy).

Mẫu trầm tích được lấy vào tháng 4/2018 bằng gầu lấy mẫu trầm tích Ekman của Hãng Wildco (Mỹ) ở lớp bề mặt khoảng 0-10 cm, sau đó mẫu được trộn đều, cho vào bình thủy tinh tối màu, làm lạnh bằng đá gel. Sau đó, mẫu sẽ được vận chuyển đến phòng thí nghiệm và được bảo quản theo TCVN 6663-15:2004 (ISO 5667-15:1999) [13].

Phương pháp xử lý mẫu và phân tích [14]

Cân chính xác khối lượng mẫu trầm tích vào ống ly tâm dung tích 50 ml, thêm 40 ml dung môi và tiến hành siêu âm 10 phút, ly tâm 10 phút (tốc độ 3.000 vòng/phút), gạn dịch chiết ra bình cầu. Quá trình này được lặp lại 3 lần. Dịch chiết được cô quay chân không đến thể tích 5 ml. Tiến hành làm sạch trên cột chiết pha rắn nhồi 8 g Florisil (cột chiết thủy tinh dài 40 cm, đường kính 2,2 cm). Rửa giải bằng 40 ml n-hexan để thu được phân đoạn chiết chứa các PCB. Sau đó, cô quay chân không các phần dịch rửa giải về thể tích 2 ml. Tiến hành loại sunfua trong dịch chiết bằng dây đồng đã được hoạt hóa và rửa axit dịch chiết trong ống nghiệm để loại bỏ các chất màu hữu cơ. Sau khi rửa, phần dịch được cô về khoảng



Hình 1. Sơ đồ vị trí lấy mẫu tại hạ lưu sông Đáy.

1 ml dưới dòng khí N₂ và định mức chính xác về 1 ml bằng dung môi n-hexan.

Bơm 1 µl dung dịch mẫu lên thiết bị GC-ECD để xác định nồng độ của các PCB.

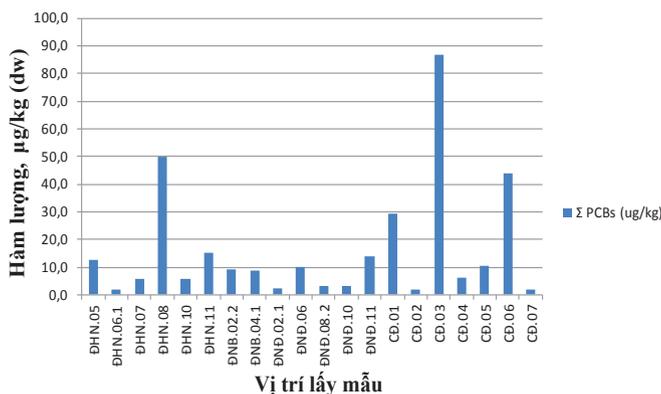
Hàm lượng các đồng loại PCB được tính bằng phương pháp ngoại chuẩn, với đường chuẩn được lập cùng với mỗi mẻ mẫu phân tích. Hàm lượng tổng PCB được tính bằng tổng nồng độ của 7 PCB chỉ thị được sử dụng trong nghiên cứu này (PCB-28, PCB-52, PCB-101, PCB-138, PCB-153, PCB-180, PCB-194).

Nghiên cứu này kế thừa quy trình phân tích đã được thẩm định tại Phòng thí nghiệm môi trường, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội (VILAS 955). Giới hạn phát hiện và giới hạn định lượng của phương pháp được tính toán dựa trên kết quả phân tích lặp lại mẫu trầm tích nồng độ thấp. Độ thu hồi và độ lặp lại được tính toán từ kết quả phân tích mẫu trầm tích thêm chuẩn ở 3 mức nồng độ khác nhau. Kết quả thẩm định tại phòng thí nghiệm thu được giá trị MDL (giới hạn phát hiện của phương pháp - method detection limit) của các cấu tử PCB biến thiên từ 0,028 đến 0,042 ng/g; độ thu hồi cao nhất là 110% và thấp nhất là 69% [14]. Ngoài ra, độ lặp của các mẫu lặp khi thực hiện nghiên cứu này đều nhỏ hơn 15% và đạt yêu cầu của tiêu chuẩn tham chiếu của US-EPA 8082a.

Kết quả và thảo luận

Hàm lượng PCB trong mẫu trầm tích

Trong nghiên cứu này, hàm lượng của 7 đồng loại PCB được phát hiện trong hầu hết các mẫu trầm tích thu được ở khu vực hạ lưu sông Đáy từ Kim Bảng, Hà Nam đến cửa Đáy, Nghĩa Hưng, Nam Định (hình 2). Tổng hàm lượng của các PCB trong 20 mẫu trầm tích dao động trong khoảng từ 1,72 đến 86,9 ng/g trọng lượng khô (trung bình 16,1 ng/g trọng lượng khô). Trong đó, các mẫu trầm tích được lấy tại khu vực cửa sông ven biển có xu hướng tích lũy PCB cao hơn các mẫu trong nội địa. Tuy nhiên, so với QCVN 43:2017/BTNMT về chất lượng trầm tích, hàm lượng tổng các PCB chưa vượt quá giới hạn về chất lượng trầm tích nước ngọt, nước lợ và nước mặn (277 ng/g và 189 ng/g).

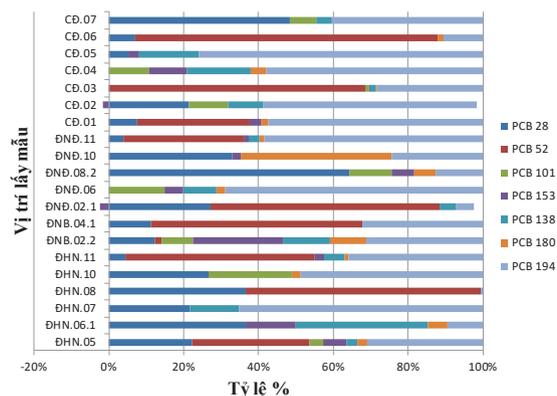


Hình 2. Phân bố hàm lượng tổng PCB trong các mẫu trầm tích.

Hàm lượng tổng PCB cao nhất tại điểm ĐN.03 là 86,9 ng/g, có thể do khu vực cửa Đáy có diện tích rộng, sâu, dòng chảy xoáy, nên tốc độ lắng đọng trầm tích nhanh và sự xáo trộn ít hơn so với các khu vực khác. Do vậy, sự tích lũy các PCB có xu hướng cao hơn phía trong sông.

Tại vị trí ĐHN.08, hàm lượng tổng PCB khá cao, khoảng 50,1 ng/g, đây là vị trí gần cảng Châu Sơn, nơi có nhiều tàu thuyền neo đậu để vận chuyển đá, khai thác cát. Có thể các hoạt động giao thông thủy phát sinh ra các nguồn thải chứa PCB (ví dụ dầu phanh và dầu thủy lực của tàu bè vận chuyển) ảnh hưởng đến mức độ tích lũy PCB tại khu vực này.

Tỷ lệ phân bố các đồng loại PCB trong mẫu (hình 3)



Hình 3. Tỷ lệ phần trăm các đồng loại PCB.

Hầu hết các đồng loại PCB đều được phát hiện có mặt trong các mẫu trầm tích, đặc biệt PCB-28, PCB-138 và PCB-194 được tìm thấy trong mẫu với tỷ lệ phần trăm khá cao, tương ứng là 85, 75 và 100%. Trong mỗi mẫu trầm tích, hàm lượng PCB-28 và PCB-52 chiếm tỷ lệ cao so với các đồng loại còn lại với phần trăm trung bình chiếm 23,0 và 47,7%, trong đó hàm lượng PCB-52 biến thiên từ 0,156 đến 59,6 ng/g trọng lượng khô.

So sánh hàm lượng PCB trong trầm tích tại một số khu vực

Bảng 1 tổng hợp hàm lượng tổng PCB trong trầm tích sông và ven biển tại một số khu vực khác của Việt Nam và một số nước trên thế giới.

Bảng 1. Hàm lượng tổng PCB trong trầm tích tại một số khu vực.

Khu vực nghiên cứu	Trung bình (ng/g)	Khoảng nồng độ (ng/g)	Tài liệu tham khảo
Khu vực hạ lưu sông Đáy	16,1	1,72-86,9	Nghiên cứu này
Ven biển Nghệ An đến Quảng Nam (tổng 7 PCB chỉ thị)	349	9,72-3728	T.T. Thẩm (2017) [14]
Ven biển miền Bắc, Việt Nam (tổng 13 đồng loại PCB)	7,64	0,40-16,1	Dang Duc Nhan và cs (1999) [15]
Biển xa bờ từ Nghệ An đến Thừa Thiên - Huế (tổng 8 PCB chỉ thị)	0,087	0,036-0,158	Tran Manh Tri và cs (2016) [16]
Vịnh Surabaya, Indonesia (tổng 19 đồng loại PCB)	8,8	0,100-30	M. Ilyas và cs (2013) [17]

Sông Dương Tử, vịnh Hàng Châu, bờ biển phía Đông Trung Quốc (tổng 9 đồng loại PCB)	20,3	ND-63	O. Adedayo và cs (2016) [18]
Cảng du thuyền, Đảo Shelter, vịnh San Diego, Hoa Kỳ (tổng 19 đồng loại PCB)	79	23-153	Carlos Neiraa và cs (2018) [19]
Đảo Harbor phía Tây, vịnh San Diego, Hoa Kỳ (tổng 19 đồng loại PCB)	421	151-1387	Carlos Neiraa và cs (2018) [19]
Đảo Harbor phía Đông, vịnh San Diego, Hoa Kỳ (tổng 19 đồng loại PCB)	101	31-294	Carlos Neiraa và cs (2018) [19]

Kết quả so sánh cho thấy, tổng hàm lượng PCB trong nghiên cứu này khá tương đồng với hàm lượng PCB trong trầm tích vùng ven biển miền Bắc [15], trầm tích lấy tại vịnh Surabaya, Indonesia và sông Dương Tử, vịnh Hàng Châu, bờ biển phía Đông Trung Quốc. Tuy nhiên, kết quả này thấp hơn so với số liệu thu được của nhóm nghiên cứu khi phân tích hàm lượng PCB trong trầm tích ven biển Bắc Trung Bộ và vịnh San Diego, Hoa Kỳ. Tran Manh Tri và cs (2016) cũng cung cấp số liệu PCB (8 đồng loại PCB chỉ thị) trong trầm tích lấy tại vùng biển xa bờ (cách 20 đến 50 km) thấp hơn rất nhiều so với nghiên cứu này [16]. Điều này là hoàn toàn hợp lý vì nguồn phát sinh PCB từ các hoạt động nội địa chủ yếu được tích lũy trong trầm tích sông và trầm tích biển ven bờ.

Kết luận

Nghiên cứu này đã đưa ra được bộ số liệu ban đầu về mức độ tích lũy PCB trong trầm tích khu vực hạ lưu sông Đáy. Tổng hàm lượng PCB trung bình đo được tại khu vực nghiên cứu là 16,1 ng/g trọng lượng khô (dao động 1,72÷86,9 ng/g). Kết quả này cho thấy mức độ tích lũy PCB trong trầm tích tại khu vực ở mức thấp so với giá trị giới hạn về chất lượng trầm tích quy định tại QCVN 43:2017/BTNMT. Tuy nhiên, PCB là nhóm chất ô nhiễm hữu cơ khó phân hủy, tồn tại lâu dài trong môi trường và có khả năng tích lũy sinh học cao. Chính vì vậy, sự tồn tại hàm lượng vết của các đồng loại thuộc nhóm chất này cũng có khả năng tạo ra những rủi ro tiềm ẩn đối với môi trường và sức khỏe con người. Kết quả nghiên cứu này sẽ là cơ sở khoa học cho việc đánh giá các chỉ số rủi ro môi trường, rủi ro sinh thái tiềm ẩn đối với môi trường và sức khỏe con người.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Tài nguyên và Môi trường thông qua đề tài cấp bộ mã số: TNMT 2017.04.09. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] UNEP, Stockholm Convention on POPs (2010), *The 9 new POPs: an introduction to the nine chemicals added to the Stockholm Convention by the Conference of the Parties at its fourth meeting*.

[2] US Department of Health and Human Services, Agency for Toxic Substances and Disease Registry (2000), *Toxicological profile for Polychlorinated Biphenyls*, Public Health Service, Atlanta, GA.

[3] M.D. Erickson, R.G. Kaley (2011), "Applications of polychlorinated biphenyls", *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.*, **18**, pp.135-151.

[4] UNEP, Stockholm Convention on POPs (2013), *Toolkit for identification and quantification of releases of Dioxins, Furans and other unintentional POPs*.

[5] Dự án Quản lý PCB tại Việt Nam (2012), *Sổ tay hỏi đáp về PCB*, Phiên

bản số 1.

[6] D.D. Nhan, F.P. Carvalho, N.M. Am, N.Q. Tuan, N.T.H. Yen, J.-P. Villeneuve, C. Cattini (2001), "Chlorinated pesticides and PCB in sediments and molluscs from freshwater canals in the Hanoi region", *Environ. Pollut.*, **112**, pp.311-320.

[7] P.M. Hoai, N.T. Ngoc, N.H. Minh, P.H. Viet, M. Berg, A.C. Alder, W. Giger (2010), "Recent levels of organochlorine pesticides and polychlorinated biphenyls in sediments of the sewer system in Hanoi, Vietnam", *Environ. Pollut.*, **158**, pp.913-920.

[8] N.H. Minh, T.B. Minh, N. Kajiwara, T. Kunisue, A. Subramanian, H. Iwata, T.S. Tana, R. Baburajendran, S. Karuppiah, P.H. Viet, B.C. Tuyen, S. Tanabe (2006), "Contamination by persistent organic pollutants in dumping sites of Asian developing countries: implication of emerging pollution sources", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **50**, pp.474-481.

[9] N.H. Minh, T.B. Minh, N. Kajiwara, T. Kunisue, H. Iwata, P.H. Viet, N.P.C. Tu, B.C. Tuyen, S. Tanabe (2007a), "Pollution sources and occurrences of selected persistent organic pollutants (POPs) in sediments of the Mekong river delta, South Vietnam", *Chemosphere*, **67**, pp.1794-1801.

[10] N.H. Minh, T.B. Minh, N. Kajiwara, T. Kunisue, H. Iwata, P.H. Viet, N.P.C. Tu, B.C. Tuyen, S. Tanabe (2007b), "Persistent organic pollutants in sediments from Sai Gon-Dong Nai river basin, Vietnam: levels and temporal trends", *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **52**, pp.458-465.

[11] S. Romano, R. Piazza, C. Mugnai, S. Giuliani, L.G. Bellucci, N.H. Cu, M. Vecchiato, S. Zambon, D.H. Nhon, M. Frignani (2013), "PBDEs and PCB in sediments of the Thi Nai lagoon (Central Vietnam) and soils from its mainland", *Chemosphere*, **90**, pp.2396-2402.

[12] Lê Thị Trinh, Trịnh Thị Thắm, Từ Bình Minh (2015), "Đánh giá mức độ tích lũy của các chất polyclo biphenyl trong nước và trầm tích tại Cửa Đại, thành phố Hội An, tỉnh Quảng Nam", *Tạp chí Phân tích Hóa, Lý và Sinh học*, **20(4)**, tr.143-151.

[13] TCVN 6663-15:2004, *Chất lượng nước - Lấy mẫu (ISO 5667-15:1999)*, Phần 15: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu bùn và trầm tích, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[14] Trịnh Thị Thắm (2017), *Đánh giá tồn lưu của một số hợp chất OCPs, PCB và PBDEs tại các vùng ven biển miền Trung Việt Nam*, Luận án tiến sĩ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - VNU, Hà Nội.

[15] Dang Duc Nhan, Nguyen Manh Am, F.P. Carvalho, J.P. Villeneuve, C. Cattini (1999), "Organochlorine pesticides and PCB along the coast of north Vietnam", *The Science of the Total Environment*, **237-238**, pp.363-371.

[16] Tran Manh Tri, Hoang Quoc Anh, Trinh Thi Tham, Tran Van Quy, Masafumi Nakamura, Masayo Nishida, Yasuaki Maeda, Luu Van Boi, Tu Binh Minh (2016), "Distribution and depth profiles of Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins, Polychlorinated Dibenzofurans, and Polychlorinated Biphenyls in sediment collected from offshore waters of Central Vietnam", *Marine Pollution Bulletin*, **106**, pp.341-346.

[17] M. Ilyas, A. Sudaryanto, I.E. Setiawan, A.S. Riyadi, T. Isobe (2013), "Characterization of polychlorinated biphenyls and polybrominated flame retardants in sludge, sediment and fish from municipal dumpsite at Surabaya, Indonesia", *Chemosphere*, **93**, pp.1500-1510.

[18] O. Adedayo, Haiyan Jin, Yanan Di, Donghao Li, Jianfang Chen, Ying Ye (2016), "Distribution and ecological risk of organic pollutants in the sediments and seafood of Yangtze estuary and Hangzhou bay, East China sea", *Science of the Total Environment*, **541**, pp.1540-1548.

[19] Carlos Neiraa, Melissa Valesb, Guillermo Mendozaa, Eunha Hohb, Lisa A. Levina (2018), "Polychlorinated biphenyls (PCB) in recreational marina sediments of San Diego Bay, southern California", *Marine Pollution Bulletin*, **126**, pp.204-214.