การสะสมของมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในดินตะกอนและหอยแมลงภู่ *Perna viridis* จากบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร

นายดำรงค์ศักดิ์ น้อยเจริญ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-03-0040-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ACCUMULATION OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN SEDIMENTS AND GREEN MUSSEL *Perna viridis* FROM TACHIN ESTUARY, SAMUT SAKHON PROVINCE

Mr. Damrongsak Noicharoen

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science in Marine Science
Department of Marine Science
Faculty of Science
Chulalongkorn University
Academic Year 2000

ISBN 974-03-0040-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสะสมของมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในดินตะกอนและหอยแมลงภู่ *Perna viridis* จากบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร
โดย	นายดำรงค์ศักดิ์ น้อยเจริญ
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์ทางทะเล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(อาจารย์ ดร.ศุภิชัย ตั้งใจตรง)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ ลีพิพัฒน์ไพบูลย์)

..... กรรมการ
(ดร.ศุภวัตร กาญจน์อติเรกลาภ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ดำรงค์ศักดิ์ น้อยเจริญ : การสะสมของมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในดินตะกอนและหอยแมลงภู่ *Perna viridis* จากบริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร (ACCUMULATION OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN SEDIMENTS AND GREEN MUSSEL *Perna viridis* FROM TACHIN ESTUARY, SAMUT SAKHON PROVINCE) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.กัลยา วัฒยากร, 156 หน้า. ISBN 974-03-0040-5

ทำการวิเคราะห์ปริมาณมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยาก (Persistent Organic Pollutants, POPs) ในดินตะกอนและหอยแมลงภู่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน โดยการสกัดตัวอย่างด้วยสารละลายไดคลอโรมีเทนโดยวิธี Soxhlet Extraction กำจัดสิ่งสกปรกและแยกแฟรคชันตัวอย่างสกัดโดยใช้คอลัมน์ซิลิกาเจล/อลูมินา วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสาร POPs ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ

ตัวอย่างดินตะกอนตามลำน้ำพบบีเอชซีรวมในเดือนมิถุนายนและพฤศจิกายน 2541 มีค่าในช่วง <0.020-2.589 และ <0.020-1.771 คลอเดนมีค่าในช่วง <0.122-11.594 และ 0.747-5.525 ดีดีทีรวมมีค่าในช่วง 0.269-45.073 และ 0.636-6.516 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบผลรวมของ POPs ทุกชนิดในตะกอนดินตามลำน้ำในเดือนมิถุนายน มีค่าในช่วง 0.981-61.763 (เฉลี่ย 12.277) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และเดือนพฤศจิกายนมีค่าในช่วง 3.649-10.943 (เฉลี่ย 6.384) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ไม่พบความแตกต่างของ POPs ระหว่างฤดูกาลของตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำ

ตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณปากแม่น้ำท่าจีนทั้ง 3 สถานีคือสถานี TC1, TC2 และ TC3 พบดีดีทีรวมมีค่าในช่วง <0.017-0.958, 0.399-1.601 และ 0.231-0.544 พบคลอเดนมีค่าในช่วง <0.122-0.765, 0.202-1.178 และ 0.243-1.191 บีเอชซีรวมมีค่าในช่วง <0.014-1.285, <0.014-0.015 และ <0.014-0.724 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ปริมาณ POPs รวม มีค่าในช่วง 0.480-2.488(เฉลี่ย 0.965), 0.658-1.783(เฉลี่ย 1.100) และ 0.594-1.896(เฉลี่ย 1.273) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ตัวอย่างหอยแมลงภู่ในเดือนมิถุนายนและพฤศจิกายน 2541 พบค่าดีดีทีรวมมีค่าอยู่ในช่วง 1.177-2.114(เฉลี่ย 1.646) และ 0.862-0.932(เฉลี่ย 0.897) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ค่าบีเอชซีรวมมีค่าอยู่ในช่วง <0.054-0.092 และ <0.054 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก และคลอเดนมีค่าอยู่ในช่วง 1.848-1.971 (เฉลี่ย 1.910) และ 2.275-2.774(เฉลี่ย 2.525) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ

ภาควิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ทางทะเล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา 2543 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

#4072259223 : MAJOR CHEMICAL OCEANOGRAPHY

KEYWORD : PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS/POPs/ORGANOCHLORINE/TACHIN RIVER

DAMRONGSAK NOICHAROEN : ACCUMULATION OF PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS IN SEDIMENTS AND GREEN MUSSEL *Perna viridis* FROM TACHIN ESTUARY, SAMUT SAKHON PROVINCE. ASSOC.PROF. GULLAYA WATTAYAKORN, Ph.D. : 156 pp. ISBN 974-03-0040-5

Sediment and green mussel (*Perna viridis*) samples from the Tachin estuary were analysed for persistent organic pollutants (POPs). The samples were soxhlet extracted with dichloromethane for twenty-four hours then followed by silica gel/alumina column chromatograpahy to get rid of interferences. The fractionated POPs were determined by gas chromatographic analysis.

Surface sediment samples showed the amount of total-BHC ranged from <0.020-2.589 and <0.020-1.771, total-DDT ranged from 0.269-45.073 and 0.636-6.516, total POPs ranged from 0.981-61.763 (mean=12.277) and 3.649-100.943 (mean=6.384) ng/g dry weight in June and November 1998 respectively. There was no significant difference in the total concentration of POPs between June and November 1998.

Sediment cores from the mouth of the Tachin River contained total-DDT ranging from <0.017-0.958, 0.399-1.601 and 0.231-0.544, chlordane ranged from <0.122-0.765, 0.202-1.178 and 0.243-1.191, total-BHC ranged from <0.014-1.285, <0.014-0.015 and <0.014-0.724 ng/g dry weight for station TC1, TC2 and TC3 respectively. Total POPs ranged from 0.480-2.488 (mean 0.965), 0.658-1.783(mean=1.100) and 0.594-1.896(mean=1.273) ng/g dry weight for station TC1, TC2 and TC3 respectively.

Mussel samples contained 3 groups of POPs namely, total-DDT ranging from 1.177-2.114(mean=1.646) and 0.862-0.932(mean=0.897) ng/g wet weight, chlordane ranging from 1.848-1.971(mean=1.910) and 2.275-2.774(mean=2.525)ng/g wet weight, total-BHC ranging from <0.054-0.092 and <0.054 ng/g wet weight for June and November respectively.

Department Marine Science
Field of study Marine Science
Academic year 2000

Student's signature.....
Advisor's signature.....
Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างยิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร. กัลยา วัฒยากร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อคิดเห็น คำแนะนำ และช่วยเหลือตอบข้อซักถาม ด้วยดีเสมอมา ตลอดจนสนับสนุนสารเคมีบางส่วนให้แก่ผู้วิจัยจนงานสำเร็จลุล่วง ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมูลนิธิชิน โสภณพณิช ที่ได้ให้เงินทุนอุดหนุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเลที่ได้ให้ความอนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี รวมทั้งขอขอบพระคุณสถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล บางแสน และศูนย์พัฒนาประมงทะเลภาคตะวันออก ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ใช้เครื่องมือ จนการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบขอบพระคุณ พี่ๆ น้องๆ ภาควิชาฯ ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจและช่วยเหลืออย่างดี

ท้ายสุดนี้ขอกราบเท้าคุณพ่อคุณแม่ ที่ได้ให้กำลังใจเสมอมาและตลอดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
บทที่ 2 การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 3 วิธีการทดลอง.....	29
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	62
บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง.....	81
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	97
รายการอ้างอิง.....	101
ภาคผนวก.....	106
ประวัติผู้เขียน.....	156

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2-1	จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษาคาดว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดของ POPs/Organochlorine ที่รั่วไหลไปสู่สิ่งแวดล้อม……	5
3-1	รายละเอียดของสถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน……...	30
3-2	สภาวะของเครื่อง GC/ECD สำหรับการวิเคราะห์ POPs……	51
3-3	ความเข้มข้นของสารละลายสต็อกของสารมาตรฐานต่างๆ……	54
3-4	การเตรียมสารละลายตรวจเทียบมาตรฐาน (calibration standard) จาก working standard ของ 4,4'-DDT……...	55
3-5	ตัวอย่างผลการคำนวณหา calibration curve ของ 4,4'-DDT……	56
3-6	ค่า Instrument Detection Limit (DL) และ Method Detection Limit (MDL) สำหรับการวิเคราะห์ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนและหอยแมลงภู่……	61
4-1	ลักษณะทางกายภาพของดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีน……	62
4-2	องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนในตัวอย่างเดือนมิถุนายน 2541……	63
4-3	องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนในตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน 2541……	63
4-4	ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีดอกซ์โพเทเชียล(Eh), ค่าความเป็นกรดด่าง(pH) กับความลึกของดินตะกอนตามความลึก……..	65
4-5	ผลการวิเคราะห์อนุภาคดินตะกอนตามความลึก สถานี TC1 TC2 และ TC3……	67
4-6	เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541……..	68
4-7	เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ตามความลึก……	69
4-8	ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนผิวหน้าตามล้ำน้ำท่าจีน เดือนมิถุนายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้)……	72
4-9	ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนผิวหน้าตามล้ำน้ำท่าจีน เดือนพฤศจิกายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้)……..	72
4-10	ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนตามความลึกบริเวณสถานี TC1 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)……	77
4-11	ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนตามความลึกบริเวณสถานี TC2 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)……	77

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
4-12	ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนตามความลึกบริเวณสถานี TC3 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้).....	78
4-13	ค่าความยาวเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำและไขมันในหอยแมลงภู่เดือนมิถุนายน และเดือนพฤศจิกายน 2541.....	79
4-14	ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร POPs ที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่ ในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก).....	79
4-15	ปริมาณ บีเอชซีรวม คลอเดน และดีดีทีรวม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่ ในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมไขมัน).....	80
5-1	แสดงตัวอย่าง POPs ที่ปนเปื้อนในน้ำ ดิน และสิ่งมีชีวิตทั่วโลก.....	84

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ		หน้า
รูปที่ 2-1	โครงสร้างของสารประกอบ POPs บางชนิด.....	6
รูปที่ 2-2	แสดงการสังเคราะห์คลอเดน.....	16
รูปที่ 3-1	แผนที่แสดงสถานีเก็บตัวอย่างในเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน.....	31
รูปที่ 3-2	ขั้นตอนการสกัด POPs จากตัวอย่างดินตะกอน.....	41
รูปที่ 3-3	รูปของการเตรียม Silica/Alumina column.....	43
รูปที่ 3-4	ขั้นตอนการแยกแฟรคชั่นด้วย Silica/Alumina column.....	45
รูปที่ 3-5	ขั้นตอนการสกัด POPs จากตัวอย่างหอยแมลงภู่.....	47
รูปที่ 3-6	เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของ POPs Mixed Standard (A)ก่อนเติมและ (B)หลังเติม 5% Fuming H_2SO_4.....	52
รูปที่ 3-7	ภาพความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความเข้มข้นและพื้นที่ใต้กราฟของ 4,4'-DDT และ TCMX(IS).....	56
รูปที่ 4-1	การกระจายของอนุภาคตะกอนตามลำน้ำท่าจีน.....	64
รูปที่ 4-2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Eh กับความลึก ของดินตะกอนตามความลึก.....	66
รูปที่ 4-3	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับความลึก ของดินตะกอนตามความลึก.....	66
รูปที่ 4-4	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541.....	68
รูปที่ 4-5	การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนตามความลึก.....	70
รูปที่ 4-6	โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T1 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA3 เทียบกับโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานผสม POPs Mixed Standard และคลอเดน.....	74
รูปที่ 4-7	โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T2 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA3 เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานผสม POPs Mixed Standard และคลอเดน.....	75
รูปที่ 5-2	การกระจายของ (A) ดีดีทีรวม และ (B) คลอเดน ของดินตะกอนตามความลึก	91
รูปที่ 5-3	ความสัมพันธ์ระหว่าง (A) คลอเดน และ (B) 4,4'-DDE กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในตัวอย่างตามลำน้ำท่าจีน ในเดือนมิถุนายน 2541.....	91

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง (A) คลอเดน และ (B) 4,4'-DDE และ (C) 4,4'-DDT กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในตัวอย่างตามลำน้ำท่าจีน ในเดือนพฤศจิกายน 2541..... 92

รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง คลอเดน และ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในตัวอย่างตามความลึก สถานี TC1 TC2 และ TC3..... 93

รูปที่ 5-6 ความสัมพันธ์ระหว่าง 4,4'-DDE กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามความลึกสถานี TC1 TC2 และ TC3..... 94

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

มลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยาก หรือ Persistent Organic Pollutants (POPs) เป็นสารประกอบในกลุ่มออร์แกโนคลอรีนที่มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยคลอรีนและคาร์บอน สารกลุ่มนี้มีความเป็นพิษสูง มีความคงทนต่อการย่อยสลายโดยกระบวนการทางเคมีและชีวภาพ เมื่อมีการใช้งานและเจือปนออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก สารประกอบ POPs เป็นสารที่ละลายน้ำได้น้อย ดังนั้นจึงถูกพัดพาลงสู่แหล่งน้ำ แม่น้ำลำคลอง และจับตัวสะสมอยู่กับอนุภาคของตะกอนขนาดเล็ก และจะจับตัวได้ดีขึ้นถ้าหากตะกอนนั้นมีองค์ประกอบเป็นสารอินทรีย์ มันจึงถูกพัดพาไปได้ไกลจากแหล่งกำเนิดมาก เนื่องจากละลายได้ดีในไขมัน มันจึงถูกดูดซับไว้ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตที่กินเข้าไป หรือถูกดูดซับไว้ในไขมัน และส่งผ่านไปตามห่วงโซ่อาหาร เกิดกระบวนการที่เรียกว่า “Bioaccumulation” หรือ “Biomagnification” จะพบว่าความเข้มข้นของ POPs ในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิต จะมีความเข้มข้นมากกว่าสิ่งแวดล้อมภายนอกได้เป็นพันหรือหมื่นเท่า POPs บางตัวเป็นสารก่อมะเร็ง และ/หรือทำให้เกิดความบกพร่องของระบบการสืบพันธุ์ ความเป็นพิษของ POPs อาจจะไม่ได้มีผลต่อมนุษย์โดยตรง แต่การที่ POPs ทำให้เกิดความไม่สมดุลของสภาพแวดล้อมอย่างรุนแรง ย่อมส่งผลกระทบมาถึงมนุษย์ด้วย

ในอดีต สารในกลุ่ม POPs ได้ถูกนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม ใช้เป็นสารเคมีผสมยากำจัดศัตรูพืช และกำจัดแมลงในบ้านเรือนกันอย่างแพร่หลายไปทั่วโลก จนกระทั่งเกิดการสะสมและส่งผลกระทบต่อสัตว์เลี้ยงและมนุษย์เรา จึงถูกห้ามผลิตและจำหน่ายมาเป็นเวลานานหลายสิบปีแล้ว สำหรับประเทศไทย ก็เช่นเดียวกัน ได้มีการห้ามนำเข้ามาใช้และจำหน่ายสารในกลุ่ม POPs หลายชนิด ทั้งนี้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2523 เป็นต้นมา (ภาคผนวก ก.)

แม่น้ำท่าจีนเป็นแหล่งน้ำที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ใกล้เคียงทั้งในด้านเศรษฐกิจและสังคม เนื่องจากแม่น้ำท่าจีนถูกใช้ประโยชน์ในหลายด้าน ได้แก่ การเกษตรตลอดริมสองฝั่งของแม่น้ำ การประมง การเพาะเลี้ยง การคมนาคมและการอุตสาหกรรม แม่น้ำท่าจีนตอนล่างโดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตอำเภอนครชัยศรี อ.สามพราน จ.นครปฐม และในเขต อ.กระทุ่มแบน อ.บ้านแพ้ว อ.เมือง จ.สมุทรสาคร เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ที่นำน้ำไปใช้จากพื้นที่ตอนบนและตอนกลางของลุ่มน้ำ รวมทั้งน้ำทิ้งจากชุมชนและโรงงาน

อุตสาหกรรมที่มีอยู่อย่างหนาแน่นตลอดริมน้ำในพื้นที่ตอนล่างด้วย ประกอบกับลำน้ำในช่วงนี้อยู่ใต้อิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเล จึงมีการสะสมของผักตบชวาที่พัดพามาจากตอนบนของแม่น้ำอย่างหนาแน่น ทำให้คุณภาพน้ำของแม่น้ำในบริเวณตอนล่างมีความเสื่อมโทรมกว่าบริเวณตอนกลางและตอนบนมาก (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2542) จึงคาดหมายว่า บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างน่าจะมีการสะสมของมลสารต่างๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในปริมาณสูงด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.ศึกษาการสะสมของมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในดินตะกอนและหอยแมลงภู่บริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน

2.เปรียบเทียบการกระจายและการสะสมของสารดังกล่าวระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝน

ขอบเขตการวิจัย

ทำการวิเคราะห์ปริมาณมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในตัวอย่างดินและหอยแมลงภู่ บริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน และเปรียบเทียบการแพร่กระจายบริเวณปากแม่น้ำและตามลำน้ำของแม่น้ำท่าจีนตามฤดูกาล

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.ทราบรูปแบบการกระจายของมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในกลุ่ม Persistent Organic Pollutants ในแม่น้ำท่าจีน

2.ใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการและประเมินคุณภาพของสิ่งแวดล้อม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

การตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สภาพทั่วไปของแม่น้ำท่าจีน

แม่น้ำท่าจีนเป็นสาขาหนึ่งของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยแยกจากแม่น้ำเจ้าพระยาที่บ้านปากคลองมะขามเฒ่า อำเภอวัดสิงห์ จังหวัดชัยนาท ไหลผ่านจังหวัดสุพรรณบุรี นครปฐม แล้วลงสู่อ่าวไทยที่จังหวัดสมุทรสาคร โดยมีความยาวทั้งสิ้นประมาณ 325 กิโลเมตร ตลอดฝั่งแม่น้ำท่าจีนจะมีความหลากหลายในการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินโดยเฉพาะจะมีตึก บ้าน ที่อยู่อาศัย โรงงานอุตสาหกรรมอย่างหนาแน่นตลอดริมแม่น้ำ แม่น้ำท่าจีนเป็นแหล่งรองรับสิ่งปฏิกูลของเสียจากแหล่งชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่เกษตรกรรม และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทั้งที่ระบายโดยตรงและที่ระบายตามคลองสาขาต่าง ๆ จำนวนหลายคลอง เช่น คลองภาษีเจริญ คลองมหาชัย และคลองสุนัขหอน ในที่สุดสิ่งปฏิกูลของเสียเหล่านี้ก็จะไปสะสมบริเวณปากแม่น้ำทำให้เกิดปัญหามลภาวะทางดิน และส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งเป็นแหล่งรวมของสรรพสิ่งมีชีวิตนานาชนิดทั้งพันธุ์พืชป่าชายเลนและสัตว์นานาชนิดไม่ว่าจะเป็นกุ้ง ปู หอย ปลาและสัตว์หน้าดิน ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์มาแต่อดีตก็จะได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก

สมุทรสาครเป็นจังหวัดที่มีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบลุ่มติดชายฝั่งทะเล พื้นที่ส่วนใหญ่ถัดจากชายฝั่งทะเลจะเป็นพื้นที่ใช้ในการทำนากุ้ง นาเกลือ ที่อยู่อาศัย พื้นที่บางส่วนจะมีการขุดคลองเพื่อนำน้ำจืดมาเพาะปลูก บางส่วนเป็นย่านธุรกิจ อุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย

ลักษณะภูมิอากาศทั่วไปคล้ายคลึงกับภาคกลางคือ ฤดูร้อนจะเริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน และฤดูฝนตั้งแต่พฤษภาคมถึงตุลาคม ในระหว่างเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนมกราคม ส่วนใหญ่เป็นอากาศค่อนข้างหนาว แต่ในช่วงฤดูร้อนก็จะไม่ร้อนจัดเนื่องจากมีลมมรสุมพัดผ่านอุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 26-28 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนทั้งปีประมาณ 1,400 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณฝนตกมาในเดือนสิงหาคมและกันยายน ประมาณ 280 มิลลิเมตร มีความชื้นสัมพัทธ์โดยเฉลี่ยตลอดปีประมาณ 72 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าแปรผันอยู่ระหว่าง 63-80 เปอร์เซ็นต์

สภาพการใช้ที่ดินบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนจากภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5TM ปี พ.ศ. 2536 และ 2539 โดยได้จัดการแบ่งประเภทการใช้ที่ดินไว้ 9 ประเภทคือ พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่นากุ้ง พื้นที่นาเกลือ พื้นที่นา พื้นที่สวนผลไม้ พื้นที่อุตสาหกรรม พื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่สนามกอล์ฟ และพื้นที่อื่นๆ (สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2542)

2.2 มลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยาก หรือ Persistent Organic Pollutants (POPs)

ในการประชุมเรื่อง Long-Range Transboundary Air Pollution ซึ่งจัดโดย United Nations Economic Commission เมื่อวันที่ 13 พฤศจิกายน 2522(1979) ที่กรุงเจนิวา ประเทศสวิทเซอร์แลนด์ กล่าวถึงสารประกอบในกลุ่มออร์แกโนคลอรีน 12 ชนิด ซึ่งจัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ที่ต้องมีการดำเนินมาตรการในการลดและจำกัดการแพร่กระจายอย่างเร่งด่วน เพื่อไม่ให้แพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมเนื่องจากความเป็นพิษของมันที่มีต่อสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิต และมนุษย์ โดยเริ่มแรกนี้ สารที่ถูกกล่าวถึงได้แก่ Aldrin, Chlordane, สารในกลุ่มดีดีที, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Hexachlorobenzene (HCB หรือ BHC), Mirex, Toxaphene, Polychlorinated Biphenyls (PCBs), Dioxins และ Furans (UNEP, 1995) ซึ่งต่อมาในการประชุม UNEP Governing Council Decision 18/32 on Persistent Organic Pollutants ซึ่งจัดที่เมือง Solna ประเทศ Sweden เมื่อเดือนพฤษภาคม 2538(1995) จากรายงานกล่าวว่าสาร POPs มีมาจากแหล่งกำเนิดสามแหล่งใหญ่ๆ คือ กลุ่มแรกมาจากสารที่เป็นส่วนผสมในยาฆ่าแมลง ได้แก่ Aldrin, Dieldrin, Endrin, Chlordane, Heptachlor, DDT, Mirex และ Toxaphene กลุ่มที่สองเป็นสารที่ใช้หรือมีต้นกำเนิดจากโรงงานอุตสาหกรรมได้แก่ PCBs และ BHC(หรือ HCB) และกลุ่มสุดท้ายเป็นสารที่เกิดจากของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต หรือ by-product คือ Dioxins กับ Furans

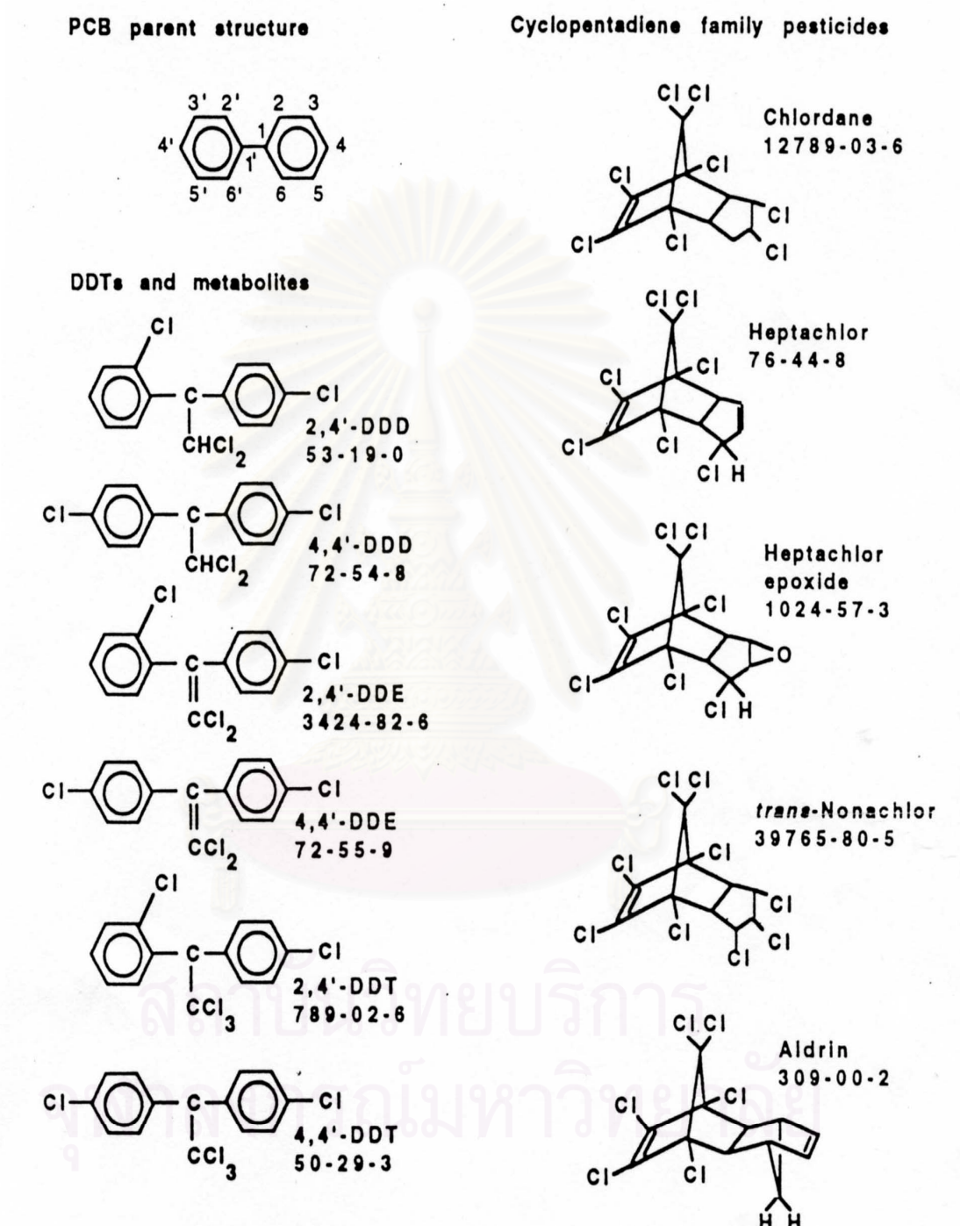
พื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง มีกิจกรรมที่อาจเป็นต้นกำเนิดของ POPs ที่สะสมในสิ่งแวดล้อม คือ พื้นที่เกษตรกรรม ประกอบไปด้วย พื้นที่นา และพื้นที่สวนพืชผักผลไม้ ซึ่งอาจจะยังคงมีการใช้สารกำจัดแมลงศัตรูพืชที่มีสารในกลุ่ม POPs เป็นส่วนประกอบผสมอยู่ , โรงงานอุตสาหกรรมที่อาจมีการใช้หรือมีสารในกลุ่มนี้ในกระบวนการผลิตหรือใช้ในเครื่องจักรในโรงงาน เช่น สี, สารหล่อเย็น, สารที่ใช้ในไฮดรอลิก, สารที่ใช้ในกระบวนการผลิตพลาสติก(plasticizers) ซึ่งอาจมีการรั่วไหลออกจากเครื่องจักรออกไปสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก โรงงานอุตสาหกรรมที่อาจยังมีการใช้สาร POPs อยู่เช่น โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสิ่งทอและฟอกย้อมสี, โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ, โรงงานผลิตสารเคมี, โรงงานอุตสาหกรรมผลิตโลหะและอโลหะ ยาง พลาสติก ทั้งที่อยู่

ในจังหวัดสมุทรสาคร และจังหวัดนครปฐม จากรายงานของกรมควบคุมมลพิษ(2538) มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมดังกล่าวทั้งสิ้นประมาณ 257 โรงงาน ดังตาราง 2-1 (ภาคผนวก ข.) นอกจากนี้พื้นที่อยู่อาศัยและแหล่งธุรกิจต่างๆ ก็อาจเป็นแหล่งกำเนิดของ POPs โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีที่ใช้ป้องกันและกำจัดปลวกที่ใช้ในอาคารบ้านเรือน

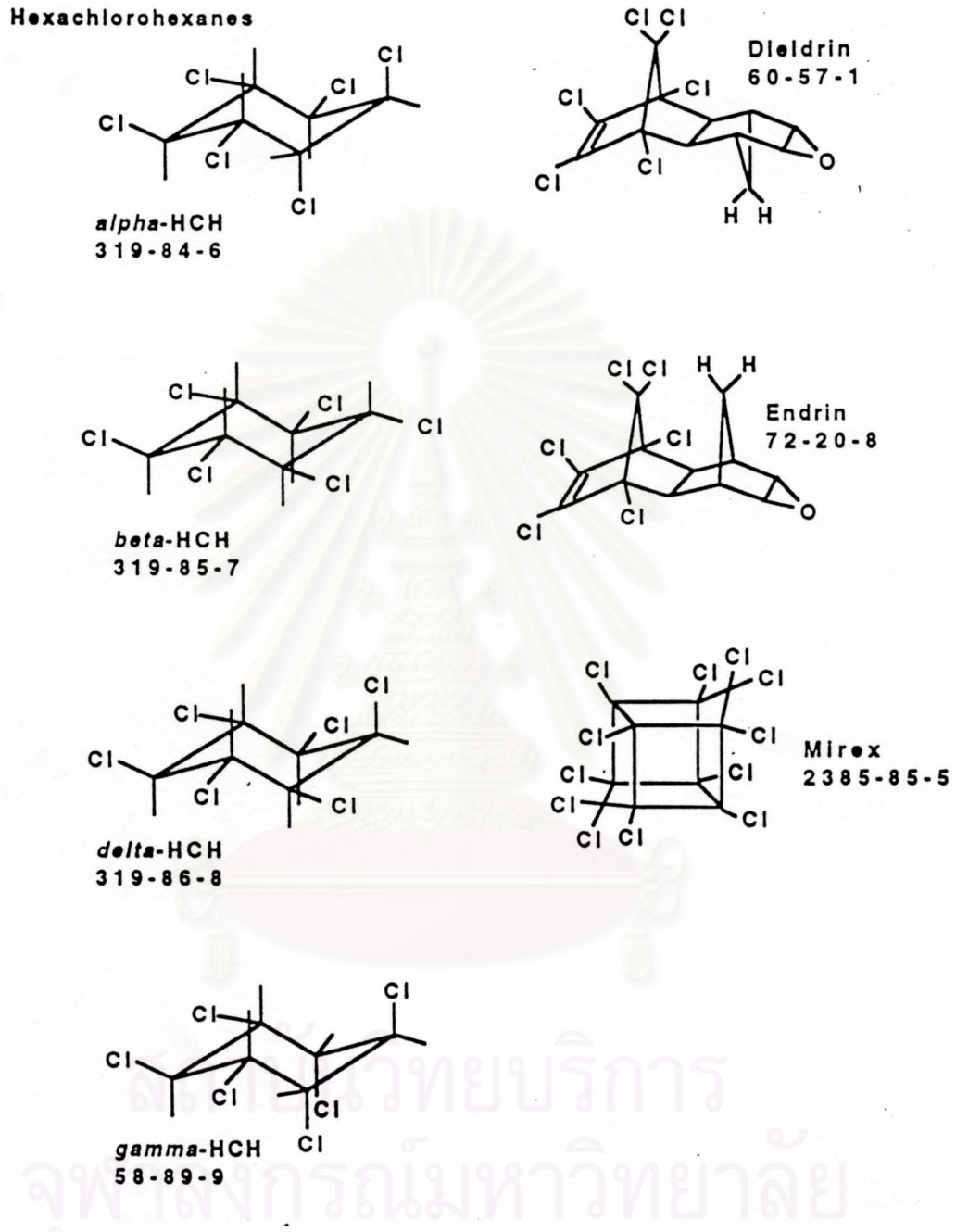
ตาราง 2-1 จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษาคาดว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดของ POPs/Organochlorines ที่รั่วไหลไปสู่สิ่งแวดล้อม

ชนิดโรงงานอุตสาหกรรม	**จำนวนโรงงานอุตสาหกรรม (โรง)**	
	จังหวัดสมุทรสาคร	**จังหวัดนครปฐม**
สิ่งทอและฟอกย้อม	70	74
ผลิตเยื่อกระดาษ	6	7
ผลิตสารเคมีและก๊าซ	8	9
ผลิตโลหะและอโลหะ ยาง พลาสติก	61	22
รวม	145	112

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2-1 โครงสร้างของสารประกอบ POPs บางชนิด



รูปที่ 2-1 **(ต่อ)** โครงสร้างของสารประกอบ POPs บางชนิด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 คุณสมบัติของสารในกลุ่ม POPs บางชนิด

สารเคมีกำจัดแมลงบางชนิด ที่เคยมีการใช้ในประเทศไทย มีคุณสมบัติ ลักษณะของการเกิดพิษและการแก้พิษเบื้องต้น ดังนี้ (ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์ และ พัฒนันท์ สังขะตะวรรธน์, 2531) ; Patnaik (1992); กรมควบคุมมลพิษ, 2541, 2542)

2.3.1 ดีดีที (DDT) และอนุพันธ์ของดีดีที

ดีดีทีเป็นสารกำจัดแมลงชนิดหนึ่งจัดอยู่ในกลุ่มสารเคมีประเภท organochlorines นับเป็นสารที่รู้จักและใช้กันอย่างแพร่หลายทั่วโลก ดีดีที มีชื่อทางเคมีคือ Dichloro Diphenyl Trichloro Ethane อย่างไรก็ตามหากจำแนกออกตามแต่ละไอโซเมอร์หรือที่อยู่ในรูปของสารเมตาบอไลต์แต่ละชนิดแล้ว จะมีชื่อทางเคมีแตกต่างกันคือ

- 4,4'-DDT มีชื่อทางเคมีว่า 1,1'-(2,2,2-trichloroethylidene)-bis(4-chlorobenzene มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{14}H_9Cl_5$
- 2,4'-DDT มีชื่อทางเคมีว่า 1-chloro-2-[2,2,2-trichloro-1-(4-chloro-phenyl) ethyl) benzene
- DDE มีชื่อทางเคมีว่า 1,1'-(2,2-dichloroethenylidene)-bis(4-chlorobenzene) มีสูตรโมเลกุลคือ $C_{14}H_8Cl_4$

DDT ที่อยู่ในรูปสารประกอบจะมีสภาพเป็นของแข็งสีขาว มีลักษณะเป็นผลึก ไม่มีกลิ่นและรส โดยมีคุณสมบัติในด้านต่างๆ ดังนี้

- น้ำหนักโมเลกุล 354.5
- จุดหลอมตัว 108.5 – 109.0 องศาเซลเซียส
- ความดันไอ 1.9 x 10^{-7} mmHg ที่ 20 องศาเซลเซียส
- ความสามารถในการละลาย จะละลายได้ดีที่สุดใน benzene รองลงมาเป็น cyclohexanone

Zeidler เป็นผู้ค้นพบดีดีทีเป็นคนแรก ในปี ค.ศ.1874 ต่อมาในปี ค.ศ.1934 Paul Muller พบว่า DDT มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงได้ จึงทำให้มีการผลิต DDT ขึ้นมาใช้ในการป้องกันโรคมาลาเรีย ดังนั้นการใช้ประโยชน์จึงมีขอบเขตเฉพาะในวงการแพทย์และสาธารณสุขเท่านั้น การผลิต DDT เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้เริ่มแพร่หลายครั้งแรกในประเทศสหรัฐ

อเมริกา ราวปี ค.ศ. 1945 ต่อมาประเทศต่างๆ มีปริมาณการใช้สารดังกล่าวลดลงเพราะปัญหาตกค้างของ DDT ในอาหารและเนื้อสัตว์ต่างๆ และแมลงศัตรูพืชบางชนิดมีการต้านทานสารชนิดนี้เพิ่มขึ้น

โดยปกติ DDT นับว่ามีความคงตัวในสภาพแวดล้อมมากและมีความทนทานต่อการถูกย่อยสลายโดยเอ็นไซม์ของสิ่งมีชีวิตที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ดีดีทีมีครึ่งชีวิตในดินตะกอนประมาณ 2.8 ปี เมื่อดีดีทีเข้าไปสู่สิ่งแวดล้อม จะเปลี่ยนรูปไปเป็น DDE และ DDD

ในปัจจุบันประเทศต่างๆ ได้มีการประกาศห้ามใช้หรือจำกัดการใช้ DDT อย่างเข้มงวด อย่างไรก็ตามยังปรากฏว่ามีการใช้ DDT ด้วยวัตถุประสงค์ทางสาธารณสุขในบางประเทศ ถึงแม้ว่าจะมีสารอื่นๆ เช่น malathion และ propoxur สามารถนำมาใช้แทน DDT ได้แต่เนื่องจากมีราคาแพงกว่า DDT มาก ดังนั้นในบางประเทศโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาจึงไม่สามารถใช้สารเหล่านี้แทน DDT ได้ทั้งหมดรวมทั้งประเทศไทยด้วย ซึ่งประเทศไทยได้ประกาศห้ามนำเข้าสาร DDT มาใช้ในการเกษตรตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 เป็นต้นมา (ภาคผนวก ก.) แต่ยังมีการนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านสาธารณสุขโดยส่วนราชการที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจาก DDT ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายทั้งในการเกษตรและในบ้านเรือน ดังนั้นจึงปรากฏว่ามีการแพร่กระจายและตกค้างอยู่ในสิ่งแวดล้อมทั่วไป แม้ว่าในปัจจุบันสารดังกล่าวจะถูกห้ามใช้หรือมีการใช้ในปริมาณน้อยมากแล้วก็ตาม แต่ก็ยังสามารถตรวจพบสารนี้ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมอยู่มาก ทั้งนี้เนื่องจาก DDT มีคุณสมบัติคงทนและไม่ถูกย่อยสลายได้โดยง่ายในสภาพธรรมชาติ

การใช้ DDT ทางด้านการเกษตรโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อฉีดพ่นด้วยอุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเครื่องบินหรือรถแทรคเตอร์ในต่างประเทศในอดีต ทำให้ DDT สามารถฟุ้งกระจายและปนเปื้อนอยู่ในอากาศเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งเคยมีการรายงานไว้ว่าภายหลังจากการฉีดพ่น DDT จะตรวจพบ DDT ฟุ้งกระจายไปในอากาศได้ไกลถึง 12 กิโลเมตร เมื่อมีการฉีดและพ่นสารเคมี DDT ในพื้นที่เพาะปลูกก็จะทำให้เกิดการตกค้างภายในดินด้วย เมื่อมีการไถพรวนดินทำให้การตกค้างของ DDT ในชั้นดิน มีการเคลื่อนย้ายลงสู่ระดับความลึก ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ เช่นความพรุนของดิน และปริมาณสารอินทรีย์ในดิน (Tabor, 1996 อ้างถึงใน กรมควบคุมมลพิษ, 2541)

การปนเปื้อนของ DDT ที่ใช้การเกษตรนอกจากจะตรวจพบในอากาศ ดินและน้ำแล้ว ยังปรากฏว่ามีบางส่วนที่เกิดการตกค้างอยู่ในพืชด้วย แต่จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่นปริมาณของ DDT ที่ตกค้างอยู่ในดินที่ใช้เพาะปลูกพืช ชนิดของพืช และที่สำคัญคือปริมาณความเข้มข้นที่ใช้ในการฉีดพ่น ก็แสดงว่าการใช้ DDT ในปริมาณสูงก็ย่อมจะเกิดการตกค้างอยู่ภายในพืชสูงตามไปด้วย

- การแพร่กระจายสู่สัตว์

สัตว์บก : การตกค้างของ DDT ในดินและพืชจะถูกถ่ายทอดมาสู่สัตว์ที่กินพืชตามห่วงโซ่อาหาร ซึ่งการตกค้างของ DDT ตามส่วนต่างๆ ภายในร่างกายสัตว์ก็จะพบว่ามีความแตกต่างกันไป โดยจะพบมากที่สุดในเนื้อเยื่อไขมัน (fat) คือ 125 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีการตกค้างในเนื้อเยื่อตับ กล้ามเนื้อ และสมอง

สัตว์ปีก : การตกค้างของ DDT ในสัตว์ปีกจำพวกนกขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยหลายๆด้าน เช่นความแตกต่างทางลักษณะทางภูมิศาสตร์ของแต่ละพื้นที่ซึ่งมีส่วนสัมพันธ์กับรูปแบบและปริมาณการใช้ DDT นอกจากนี้ความแตกต่างในเรื่องของฤดูกาลจะมีผลต่อการตกค้าง และประเภทของนก กล่าวคือนกที่ล่าเหยื่อและกินแมลงเป็นอาหารจะมีปริมาณสารดังกล่าวตกค้างอยู่มากกว่านกที่กินพืชเป็นอาหาร

สัตว์น้ำ : เนื่องจากแหล่งน้ำเป็นแหล่งรองรับการตกค้างของ DDT ที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งอื่นๆ โดยเฉพาะจากพื้นดินอันเกิดจากการชะล้างโดยน้ำฝนตลอดจนกระบวนการพังทลายของดิน ดังนั้นจึงปรากฏว่าในสัตว์น้ำต่างๆ จะได้รับการถ่ายทอด DDT ที่ตกค้างอยู่ในแหล่งน้ำเข้าไปสะสมอยู่ตามส่วนต่างๆของร่างกายได้มาก

- การแพร่กระจายสู่มนุษย์

DDT สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ ได้ทั้งทางผิวหนัง ลมหายใจและปะปนเข้าไปกับอาหาร การซึมผ่านของสารนี้โดยทางผิวหนังจะมีปริมาณมากกว่าหลายเท่า โดยจะผ่านเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ทางผิวหนัง ลมหายใจ และทางอาหาร และจะสะสมอยู่ตามอวัยวะและตามเนื้อเยื่อต่างๆ ของร่างกาย โดยค่าปริมาณการตกค้างพบสูงสุดจะพบอยู่ในอวัยวะที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบมาก เช่น fatty tissue, bone narrows เป็นต้น

ความเป็นพิษในสัตว์และมนุษย์

ความเป็นพิษต่อสัตว์

- ความเป็นพิษต่อสัตว์ทดลอง

ผลกระทบต่อระบบประสาท : พิษของ DDT จะมีผลต่อการทำลายระบบประสาททั้งระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) และระบบประสาทส่วนนอก (peripheral nervous system) ซึ่งจะทำให้เกิดอาการชักกระตุกของกล้ามเนื้อโดยเริ่มจากบริเวณใบหน้าก่อนแล้วจึงขยายไปสู่กล้ามเนื้อส่วนอื่นๆแต่ในระยะแรกจะไม่ปรากฏให้เห็นจนกว่าจะได้รับพิษในระดับที่สูงขึ้นเรื่อยๆ

ผลกระทบต่อตับ : พิษของ DDT จะทำให้เกิดการตายของเซลล์เนื้อเยื่อตับเป็นจุดๆ (focal necrosis) ขึ้น ซึ่งการตายของเซลล์ดังกล่าวจะเกิดมากขึ้นเรื่อยๆ ก็จะมีผลให้เสียชีวิตในเวลาต่อมา

- ความเป็นพิษต่อปลาและสัตว์น้ำอื่นๆ

ความเป็นพิษของ DDT ต่อปลาจะแปรผันไปตามปัจจัยหลายๆ อย่าง เช่นอุณหภูมิและความกระด้างของน้ำ ขนาดและชนิดของปลา รวมทั้งปริมาณความเข้มข้นของ DDT ที่ปลาได้รับ ปลาที่มีขนาดเล็กจะมีความอ่อนแอต่อความเป็นพิษของ DDT มากกว่าปลาที่มีขนาดใหญ่กว่า ถ้าปลาได้รับ DDT ในปริมาณมากจะทำให้เกิดแผลพุพองขึ้น ซึ่งส่วนใหญ่จะเริ่มจากบริเวณจมูกก่อนแล้วลุกลามไปจนทั่วทั้งส่วนหัวและนัยน์ตา นอกจากนี้อาจทำให้เกิดบาดแผลที่บริเวณเนื้อเยื่อไต ซึ่งจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ปลาตายได้

ส่วนความเป็นพิษของ DDT ต่อสัตว์น้ำอื่นๆ เช่นหอย พบว่าหอยในวัยเจริญพันธ์จะได้รับผลกระทบในการสร้างเปลือกหอยเมื่อได้รับ DDT เข้าไปในร่างกาย แต่หอยที่ยังอยู่ในวัยอ่อนจะมีอัตราการตายสูงมาก แสดงให้เห็นว่าอายุของหอยจะมีส่วนสำคัญต่อการทนทานต่อความเป็นพิษของ DDT ด้วย

- ความเป็นพิษต่อสัตว์ปีก

1) ทำให้เปลือกไข่ของนกบางลงอันมีผลต่อเนื่องไปถึงอัตราการฟักออกเป็นตัวด้วย

2) ทำให้ประสิทธิภาพในการผสมพันธ์และการฟักไข่ลดลง กล่าวคือเมื่อได้รับ DDT ที่มีความเข้มข้นสูงมากจะทำให้อัตราการตายสูงด้วย ส่วนมากพวกที่ยังมีชีวิตรอดอยู่ได้ก็จะไม่สามารถผสมพันธุ์ได้ตามปกติและมีความสามารถในการฟักไข่ลดลงซึ่งสาเหตุดังกล่าวจะนำไปสู่การลดลงของประชากรนกชนิดต่างๆ และอาจทำให้นกบางชนิดเกิดการสูญพันธุ์ได้ การลดลงของ

ประชากรนกชนิดต่างๆ จะพบในกลุ่มนกที่ล่าเหยื่อเป็นอาหารได้แก่นกที่ล่านกด้วยกันเป็นอาหาร (bird-eating species) และนกที่กินปลาเป็นอาหาร (fish-eating species)

นอกจากนี้ความเป็นพิษของ DDT จะมีผลกระทบต่อการสร้างเปลือกไข่ในเป็ดทำให้เปลือกไข่บางลงและมีรอยร้าวในเปลือกไข่เพิ่มขึ้น และมีผลไปยังฮอร์โมน testosterone ทำให้ลักษณะทางเพศของไก่คือส่วนของหงอนและเหนียงมีขนาดเล็กลงและสีซีดลงด้วย

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเป็นพิษของ DDT ที่จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสัตว์คือ

1) ปริมาณของ DDTที่สัตว์ได้รับโดยการเจือปนเข้าไปกับอาหาร หรือเข้าสู่ร่างกายโดยทางอื่นๆ หากสัตว์ได้รับ DDT เข้าไปในปริมาณมากก็จะเกิดอาการเป็นพิษได้เร็วและชัดเจนกว่าได้รับในปริมาณน้อย เมื่อ DDT เข้าสู่ร่างกายสัตว์โดยผ่านทางเส้นโลหิต จะทำให้เกิดความเป็นพิษได้มากขึ้นเป็น 4 เท่าของที่ได้รับทางปาก และจะมีความเป็นพิษมากขึ้นเป็น 40 เท่าของที่ได้รับผ่านทางผิวหนัง

2) ชนิดของสัตว์ที่มีความทนทานต่อความเป็นพิษของ DDT ได้แตกต่างกัน

- ความเป็นพิษต่อมนุษย์

DDT และสารที่เป็นอนุพันธ์ของ DDT จะทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ เมื่อเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกายเป็นจำนวนมาก โดยทั่วไปแล้วจะพบสารดังกล่าวสะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมัน (adipose tissue) จากรายงานของผู้เชี่ยวชาญหลายท่านอาจกล่าวได้ว่า DDT จะเป็นสาเหตุหรือส่งเสริมให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บต่อมนุษย์หลายโรคเช่น โรคมะเร็ง ปอดอักเสบ ตับอักเสบ และโรคไขสันหลังอักเสบ เป็นต้น

การที่ DDT สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ทั้งทางปาก ทางผิวหนังและการหายใจ จะทำให้เกิดผลกระทบต่ออวัยวะดังกล่าว ในกรณีของอาการพิษเฉียบพลันที่เกิดจากการได้รับ DDT ในปริมาณมาก พบว่าผู้ป่วยจะมีอาการปวดศีรษะ วิงเวียน คลื่นไส้ อาเจียรและอ่อนเพลีย หลังจากฟื้นจะเกิดอาการชักกระตุกของกล้ามเนื้อและหมดสติจนอาจทำให้ถึงตายได้

นอกจากนี้ความเป็นพิษของ DDT ที่มีผลต่อการทำงานภายในร่างกายอื่นๆ เช่นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อการทำงานของท่อทางเดินอาหาร ทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของท่อทางเดินหายใจ ทำให้เกิดผลกระทบต่อการทำงานของไต

2.3.2 **พีซีบี หรือ** Polychlorinated biphenyls (PCBs)

พีซีบี หรือ Polychlorinated biphenyls (PCBs) เป็นไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบประเภทหนึ่งที่สลายตัวยากและสามารถสะสมอยู่ได้ในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม PCBs เป็นสารที่ได้จากการสังเคราะห์ขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 จากปฏิกิริยา chlorination ของ biphenyl กับ anhydrous chlorine โดยมี iron filings หรือ ferric chloride เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst)

PCBs เป็นสารที่รู้จักกันแพร่หลายในชื่อทางการค้าของแต่ละประเทศที่เป็นผู้ผลิต เช่น Aroclor (สหรัฐอเมริกา) Phenochlor(ฝรั่งเศส) Clophen(เยอรมัน) Kanechlor(ญี่ปุ่น) Santoterm(ญี่ปุ่น) Penchlor(อิตาลี) และ Sovol(รัสเซีย) ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่ผลิตขึ้นมาจะมีรหัสแสดงถึงลักษณะเฉพาะของสารนั้น เช่นผลิตภัณฑ์ในกลุ่ม Aroclor ใช้รหัสตัวเลข 4 ตัว โดยที่รหัสตัวเลขที่ 12 ตรงตำแหน่งที่ 1 และ 2 จากข้างหน้า หมายถึง Biphenyl และตัวเลขสองตัวหลังหมายถึง จำนวนเปอร์เซ็นต์ของคลอรีโดยน้ำหนักในสารชนิดนั้น ตัวอย่างเช่น Aroclor1260 หมายถึง polychlorinated biphenyls ที่มีคลอรีน 60% ยกเว้น Aroclor1016 ที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์นี้ เนื่องจาก Aroclor1016 ได้จากการกลั่น Aroclor 1242 และมีคลอรีนประมาณ 41%

PCBs เป็นของเหลวที่มีคลอรีน ไฮโดรเจนและ คาร์บอน เป็นองค์ประกอบสำคัญ ลักษณะที่ปรากฏและองค์ประกอบคล้าย mineral oils คุณสมบัติของพีซีบีที่เด่นและสำคัญเหมาะสำหรับนำไปใช้ในกิจการอุตสาหกรรม คือ

- นำความร้อนสม่ำเสมอและคงที่
- เฉื่อยต่อปฏิกิริยาออกซิเดชั่นและไม่ทำปฏิกิริยากับกรด ด่างหรือสารเคมีอื่นๆ
- เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดีมาก

คุณสมบัติของพีซีบีที่สำคัญในส่วนที่สำคัญที่มีผลต่อสิ่งแวดล้อม คือ

- การละลายน้ำ PCBs ละลายน้ำได้น้อยและยิ่งละลายได้น้อยลงเพื่อสารนั้นมีปริมาณคลอรีนเพิ่มขึ้น
- มีความคงตัวและสลายตัวได้ยาก
- ระเหยได้ยาก
- และไม่ไวไฟ

จากคุณสมบัติของพีซีบี จึงได้มีการนำพีซีบีมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆดังนี้

- ใช้เป็น dielectric fluid ในการผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (capacitor) และหม้อแปลงไฟฟ้า (transformer)
- ใช้เป็น industrial fluid ใน hydraulic system, gas turbine และปั๊มสูญญากาศ
- ใช้ในระบบถ่ายเทความร้อน (heat transfer)
- ใช้ผสมในน้ำมันหล่อลื่น (lubricating and cutting oil) และสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (pesticides)
- ใช้เป็น plasticizer ในสี กาว สารกันรั่วซึมและพลาสติก เป็นต้น

2.3.2.1 การแพร่กระจายในสิ่งแวดล้อม

1) แหล่งของการแพร่กระจาย PCBs ในสิ่งแวดล้อม เกิดจากการกระทำของมนุษย์เท่านั้น ไม่ได้เกิดจากธรรมชาติ แหล่งสำคัญที่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของ PCBs คือจากการผลิตและนำไปใช้ พีซีบีที่ผลิตตั้งแต่ปี ค.ศ.1930 ประมาณ 1 ล้านตัน ซึ่งมากกว่าครึ่งหนึ่งของจำนวนนี้ถูกกำจัดโดยการถมทิ้ง (dumps and landfills) และจะคงสภาพ หรือสลายตัว ตลอดจนรั่วไหลออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ช้ามาก ส่วนที่เหลืออีกจำนวนมากแพร่กระจายออกไปสู่สิ่งแวดล้อมโดยผ่านทางการกำจัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรม โดยรั่วไหลออกจากการใช้ที่เป็นแบบเปิด (non-enclosed system) หรือโดยการระเหยจากการเผาขยะ (incineration) ที่มีพวกพีซีบีเป็นองค์ประกอบอยู่ และพีซีบีที่แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมนี้ ในที่สุดจะไปสะสมอยู่ในดินตะกอนตามแหล่งน้ำต่างๆ การใช้ PCBs ที่มีผลต่อการกระจายในสิ่งแวดล้อมแบ่งออกเป็น

- ใช้แบบควบคุมในระบบปิด (controllable closed system) เช่น ใช้เป็น dielectirc ในผลิตภัณฑ์หม้อแปลงไฟฟ้าและตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาดใหญ่ (large capacitor) ซึ่งพีซีบีจะคงสภาพอยู่ในผลิตภัณฑ์เหล่านั้นนานจนกว่าผลิตภัณฑ์เหล่านั้นจะแตกหักไป
- ใช้ระบบปิดไม่มีการควบคุม (uncontrollable closed system) เช่น ใช้ในระบบถ่ายเทความร้อน (heat transfer) และใน hydraulic system แม้ว่าจะเป็นระบบปิด แต่ก็มีการรั่วไหลได้ รวมถึงพีซีบีที่ใช้กันมากในตัวเก็บประจุไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งเป็นการยากที่จะรวบรวมผลิตภัณฑ์เหล่านี้ไปกำจัด ดังนั้นการใช้ในลักษณะนี้จึงมีโอกาสที่จะกระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมได้

- ใช้ผสมแบบกระจาย(dissipative media) เช่น ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำมันหล่อลื่น สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช สี กาว สารกันรั่วซึม และพลาสติก เป็นต้น การใช้ในลักษณะนี้มีโอกาสแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมได้มากที่สุด

2) วิธีการกระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อม

2.1) การแพร่กระจายไปในบรรยากาศ การแพร่กระจายของ PCBs เข้าสู่บรรยากาศเกิดภายหลังจากการใช้และการทำลายหรือกำจัดทิ้ง โดยที่แพร่กระจายมาจาก

- การระเหยของ PCBs plasticized resin โดยเฉพาะพวกที่มีปริมาณคลอรีนต่ำๆ
- การเผาขยะหรือของเหลือใช้จากอุตสาหกรรมและบ้านเรือน ซึ่งเตาเผาขยะส่วนใหญ่ไม่มีประสิทธิภาพดีพอที่จะทำลายพีซีบี
- การระเหยจากดินและจากกากตะกอนของระบบกำจัดน้ำทิ้ง

2.2) การรั่วไหลและการกำจัดของเหลือใช้ของสาร PCBs จากกากอุตสาหกรรม ซึ่งจะส่งผลต่อปัญหามลภาวะในสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะผลต่อวงจรอาหาร (food chain)

2.3.2.2 **การเข้าสู่ร่างกาย**

โดยทั่วไป PCBs สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยการกิน เช่น จากผักและผลไม้ อาหาร กระป๋องที่บรรจุในภาชนะที่ปนเปื้อนด้วย PCBs ในเนื้อสัตว์ PCBs จะถูกดูดซึมเข้าไปสะสมในเนื้อเยื่อไขมันเป็นส่วนใหญ่ และปริมาณที่สะสมจะมีปริมาณสูง แม้ว่าจะกินเข้าไปวันละมากหรือน้อยก็ตาม อาหารที่มีไขมันจึงเป็นแหล่ง PCBs ที่สำคัญ คนงานที่ทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีการใช้ PCBs สามารถที่จะสัมผัสเข้าสู่ร่างกายได้โดยการปนเปื้อนไปกับการกิน การดื่ม และโดยทางผิวหนัง PCBs จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ผ่านทางระบบทางเดินอาหาร ปอด และผิวหนัง แล้วไปสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน และบางส่วนจะไปอยู่ที่รก และถูกขับออกจากร่างกายทางอุจจาระ ในนกจะขับออกมาทางไข่ ซึ่งอัตราการขับออกจากร่างกายขึ้นอยู่กับอัตรา metabolism และจำนวนคลอรีนในสารนั้น

2.3.2.3 **ความเป็นพิษ**

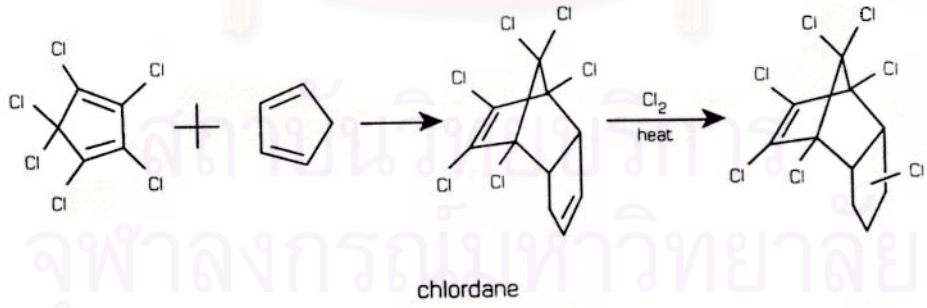
1) ความเป็นพิษต่อคน อาการเริ่มแรกคือตาบวม ผิวหนังและเล็บคล้ำ ผิวหนังหนาและหยาบกร้าน ทั่วไปการเปลี่ยนแปลงที่ผิวหนังนี้จะเกิดบริเวณใบหน้า ลำคอ และลำ

ตัวท่อนบน รายที่เป็นมากจะเป็นทั่วร่างกาย นอกจากนี้จะเกิดฝีหรือตุ่มเล็กๆบริเวณผิวหนัง ซึ่งเป็นโรคผิวหนังชนิดหนึ่ง เรียกว่า “Chlorance” ซึ่งอาการเช่นนี้จะเกิดขึ้นช้าและกินเวลานาน อาการที่เกิดขึ้นจะเหมือนกับความเป็นพิษที่เกิดเนื่องจากสาร chlorinated hydrocarbon ประเภทอื่นๆ ต่อมาคนไข้ส่วนใหญ่จะเกิดอาการที่ระบบทางเดินหายใจคล้ายกับโรคหลอดลมเรื้อรัง การเกิดอาการเช่นนี้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ PCBs ในร่างกาย สำหรับเด็กที่เกิดจากมารดาที่ได้รับสารพิษ PCBs จะมีน้ำหนักน้อยและมีเม็ดสี(pigment) ในร่างกายผิดปกติ

2) ความเป็นพิษต่อสัตว์ จากการทดลองในสัตว์พบว่า PCBs ไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน อาการจะเกิดขึ้นเมื่อรับเข้าไปสะสมไว้นาน อาการที่เกิดขึ้นคือน้ำหนักลด ตับโต ความเป็นพิษต่อปลาต่ำเมื่อเทียบกับแมลง แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลังมากกว่า

2.3.3 **คลอเดน** (Chlordane)

คลอเดนมีชื่อทางเคมีว่า 1,2,4,5,6,7,8,8-Octachlor-2,3,3A,4,7,7A-Hexahydro-4,7-Methano Indane ($C_{10}H_6Cl_8$) ผลิตโดยปฏิกิริยา Diels-Alder addition ระหว่าง hexachlorocyclopentadien และ cyclopentadiene ได้คลอเดน และถูก chlorinate ต่อด้วยคลอรีนได้สารประกอบ technical chlordane แสดงดังรูปที่ 2-2 (Dearth and Hites, 1991 อ้างโดย กรมควบคุมมลพิษ, 2542)



รูปที่ 2-2 การสังเคราะห์คลอเดน

คลอเดนมีสูตรโมเลกุล $C_{10}H_6Cl_8$ มีความหนาแน่น 1.59-1.63 ที่ 20 องศาเซลเซียส มีจุดเดือดที่ 175 องศาเซลเซียส ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ทุกชนิด เป็นของเหลวข้น เหนียว ไม่มีสี หรือสีเหลืองอำพัน เป็นสารฆ่าแมลงที่ค้นพบและพัฒนาโดยบริษัท

Velsicol ซึ่งเป็นบริษัทเดียวที่ผลิตคลอเดนจำหน่ายในสหรัฐอเมริกา ในสหราชอาณาจักร J. Hyman เป็นบริษัทเดียวที่ได้รับสิทธิบัตร(Pesticide Manual, 1996 อ้างโดย กรมควบคุมมลพิษ, 2542)

คลอเดนที่ใช้ในการกำจัดแมลงศัตรูพืชส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ technical chlordane ซึ่งมีลักษณะเป็นของเหลวข้นสีเหลืองจนถึงสีอำพัน ส่วนประกอบที่สำคัญของ technical chlordane คือ trans-chlordane(gamma-chlordane) 24%, cis-chlordane(alpha-chlordane) 19%, chlordane isomers 21.5%, heptachlor 10% และ nonachlor 7% คลอเดนเป็นสารฆ่าแมลงในกลุ่ม cyclodiene ชนิดแรกที่ผลิตออกจำหน่าย ออกฤทธิ์ได้โดยการสัมผัส การกิน และการหายใจเอาไอเข้าไป จึงใช้กำจัดแมลงได้หลายชนิด เนื่องจากการใช้จะมีพิษต่อพืช ส่วนใหญ่ใช้เฉพาะกำจัดแมลงที่อยู่ในดิน เช่น มด ปลวก ด้วงหนวดยาว การพ่นสเปรย์เพื่อกำจัดปลวกศัตรูพืชทำให้คลอเดนเข้าสู่บรรยากาศ แต่ส่วนใหญ่ปริมาณคลอเดนที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่จะเป็นการปนเปื้อนในดิน การฉีดยาป้องกันและกำจัดปลวกในอาคารบ้านเรือน เมื่อมีการชะล้างของน้ำฝนและไหลไปสู่แหล่งน้ำ จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดการแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมได้ทางหนึ่ง

จากสถิติของกรมวิชาการเกษตร (2536-2541) (อ้างโดยกรมควบคุมมลพิษ, 2542) ปริมาณการนำเข้าคลอเดนในปี 2536 เท่ากับ 64,718 กิโลกรัม ปี 2537-2538 มีปริมาณ 87,481 กิโลกรัม และปี 2539 มีปริมาณมากถึง 150,637.8 กิโลกรัม แต่นับตั้งแต่ปี 2540 เป็นต้นมา ไม่มีการนำเข้าเนื่องจากมีการจำกัดและห้ามนำเข้าสารดังกล่าว

อย่างไรก็ตาม แม้ว่ามีการห้ามนำเข้าคลอเดนตั้งแต่ปี 2540 เป็นต้นมาเนื่องจากเป็นพิษสูงต่อมนุษย์และสัตว์ที่ได้รับสารนี้เข้าไปสู่ร่างกาย โดยการสูดดมเอาไอระเหย หรือการถูกดูดซับทางผิวหนัง แต่ก็ยังคงมีการใช้คลอเดนกันอยู่ โดยเฉพาะในการกำจัดปลวกในอาคารบ้านเรือน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คลอเดนแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมในปัจจุบัน

การออกฤทธิ์ กำจัดแมลงประเภทถูกตัวตายและกินตาย พร้อมด้วยพิษในทางหายใจ

ความเป็นพิษ มี LD_{50} ทางปาก (หนู) 367-515 มก./กก.
ทางผิวหนัง (กระต่าย) มากกว่า 200 มก./กก. แต่ไม่เกิน 2000 มก./กก.

ประโยชน์ ใช้ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชที่อยู่ในดิน เช่น แมลงกะชอน หนอนกะทู้ด้วงดีด ตั๊กแตน มด และปลวก ที่ทำลาย พริกไทย มันเทศ ส้ม องุ่น สับปะรด

ข้าวโพด ฝ้าย ถั่วเหลือง อ้อย ยาสูบ นอกจากนี้ยังใช้กำจัดศัตรูสัตว์เลี้ยง เช่น หมัด เหาและเห็บด้วย

อาการเกิดพิษ ถ้าเกิดพิษฉับพลันจะมีอาการตื่นเต้นเกินขนาด สั่นและอาเจียน อัมพาตเป็นครั้งคราว ถ้าเกิดพิษเรื้อรัง อาการดังกล่าวจะเกิดขึ้นช้าๆ และไม่เด่นชัด เบื่ออาหาร น้ำหนักลดและปวดศีรษะ เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องอย่างรุนแรง หายใจติดขัด สับสน มนุษย์ตายได้ถ้าหากินสารบริสุทธิ์เข้าไป 5-6 กรัม

การแก้พิษ ถ้าเกิดพิษที่ผิวหนัง ให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่มากๆ ถ้าเข้าตา ให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง ถ้าเข้าปากหรือกลืนเข้าไป ควรทำให้อาเจียนโดยเร็ว ด้วยการใช้นิ้วล้วงคอหรือให้ดื่มน้ำเกลืออุ่น (เกลือ 1 ช้อนโต๊ะผสมน้ำอุ่น 1 แก้ว) แล้วนำส่งแพทย์ทันที สำหรับแพทย์ ให้ยานอนหลับหรือยากันชักแก่คนไข้ เช่น Phenobarbital, Sodium pentobarbital และ Caloral hydrate ตามขนาดที่จะระงับอาการตื่นเต้นหรือชัก แต่อย่าให้มีผลต่อการรับประทานอาหาร ควรรักษาอาการเบื่ออาหาร ห้ามใช้ยา Epinephrine รักษา

2.3.4 **อัลดริน** (Aldrin)

อัลดรินเป็นของแข็งสีน้ำตาลถึงน้ำตาลดำ มีจุดหลอมเหลวที่ 104 องศาเซลเซียส ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ มีชื่อทางเคมีคือ (1R,4S,4AS,5S,8R,8AR)-1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4A,5,8,8A-Hexahydro-1,4:5,8-Dimethano Naphthalene ($C_{12}H_8Cl_6$) มีมวลโมเลกุล 364.93

การออกฤทธิ์ กำจัดแมลง ออกฤทธิ์ในทางสัมผัส กินตายและมีพิษในทางหายใจ

ความเป็นพิษ มี LD_{50} ทางปาก (หนู) ประมาณ 67 มก./กก.
ทางผิวหนัง มากกว่า 200 มก./กก. มีอันตรายในทางสัมผัสที่เนื่องมาจากการใช้สูงมาก

ประโยชน์ เป็นสารกำจัดแมลงประเภทถูกตัวตายและกินตาย พร้อมด้วยคุณสมบัติในการเป็นสารรมควันพิษด้วย ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชในดินและตามบ้านเรือน เช่น มด ปลวก และแมงกะชอน

อาการเกิดพิษ ผู้ได้รับพิษจะมีอาการปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย และวิงเวียน

การแก้พิษ ถ้าเกิดพิษจากการสัมผัสที่ผิวหนัง ให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่มากๆ ถ้าเข้าตาให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง ถ้าเข้าปากหรือกลืนเข้าไป ควรทำให้อาเจียนโดยเร็ว

ด้วยการใช้นิ้วล้วงคอหรือให้ดื่มน้ำเกลืออุ่น (เกลือ 1 ช้อนโต๊ะผสมน้ำอุ่น 1 แก้ว) แล้วนำส่งแพทย์ทันที

2.3.5 **บีเฮซซี** BHC **หรือ** HCB (Hexachlorobenzene) **หรือ** Perchlorobenzene (C_6Cl_6)

บีเอซซี เป็นผลึกสีขาว มีจุดหลอมเหลวที่ 112.5 องศาเซลเซียส ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในสารละลายอินทรีย์ทุกชนิด

การออกฤทธิ์ กำจัดแมลง

ความเป็นพิษ มี LD_{50} ทางปาก (หนู) 88-125 มก./กก.
ทางผิวหนัง (หนู) 1000 มก./กก. ในทดลองพบว่าเป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง เป็นสาเหตุของเนื้องอกในปอดและตับ

ประโยชน์ ใช้กำจัดแมลงศัตรูข้าว เช่น เพลี้ยกระโดด เพลี้ยจั๊กจั่น หนอนกอและแมลงอื่นๆ

อาการเกิดพิษ มีความเป็นพิษสูง เมื่อคนเราได้รับเข้าไปจะทำให้มีอาการปวดหัว คลื่นไส้ อาเจียน ตัวสั่น อาจเกิดอาการชัก พิษแบบเรื้อรัง จะทำให้เกิดแผลในตับ

2.3.6 **ดีลดริน** (Dieldrin)

ดีลดริน มีชื่อทางเคมีคือ 1R,4S,4AS,5R,6R,7S,8S,8AR)-1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4A,5,6,7,8,8A-Octahydro-6,7-Epoxy-1,4:5,8-Dimethanonaphthalene ($C_{12}H_8Cl_6O$) เป็นของแข็ง มีสีขาวใส จนถึงน้ำตาลอ่อน มีมวลโมเลกุล 380.93 มีจุดหลอมเหลว 176 องศาเซลเซียส

การออกฤทธิ์ กำจัดแมลง ประเภทออกฤทธิ์ในทางสัมผัสและกินตาย มีความคงตัวสูง และออกฤทธิ์ได้อย่างกว้างขวาง

ความเป็นพิษ มี LD_{50} ทางปาก (หนู) 46 มก./กก.
ทางผิวหนัง 10-102 มก./กก.

ประโยชน์ ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชที่อยู่ในดิน เช่น มด ปลวก ด้วงงวงเจาะเง้า กล้วย หนอนกระทู้และแมลงกะชอน ห้ามใช้ฉีดพ่นพืชอาหารทุกชนิด เพราะมีอันตรายสูงและมีพิษตกค้างอยู่นานวัน

อาการเกิดพิษ มีอาการดังต่อไปนี้คือ วิงเวียนและปวดศีรษะ คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย กล้ามเนื้อเกร็ง มีอาการชักคล้ายเป็นลมบ้าหมู

การแก้พิษ ถ้าเกิดพิษที่ผิวหนัง ให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่มากๆ ถ้าเข้าตา ให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง ถ้าเข้าปากหรือกลืนเข้าไป ควรทำให้อาเจียนโดยเร็ว ด้วยการใช้นิ้วล้วงคอหรือให้ดื่มน้ำเกลืออุ่น (เกลือ 1 ช้อนโต๊ะผสมน้ำอุ่น 1 แก้ว) แล้วนำส่งแพทย์ทันที สำหรับแพทย์ ถ้าคนไข้มีอาการชักต้องคอยระวังอย่าให้คนไข้กัดลิ้นตัวเอง แล้วฉีดด้วย บาร์บิทูเรท ตามขนาดที่สามารถควบคุมอาการชักได้ อย่าให้มีส่วนผสมของมอร์ฟีน ฝิ่นหรือยาถ่ายชนิดน้ำมันกับคนไข้

2.3.7 **เอ็นดริน** (Endrin)

เอ็นดริน มีชื่อทางเคมีคือ (1R,4S,5R,8S)-1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4A,5,6,7,8,8A-Octahydro-6,7-Epoxy-1,4:5,8-Dimethano Naphthalene ($C_{12}H_8Cl_6O$) เป็นสารเสตอริโอไอโซเมอร์กับดีลดริน

เอ็นดรินเป็นของแข็งไม่มีสี จนถึงสีน้ำตาล สลายตัวได้ที่ อุณหภูมิ 245 องศาเซลเซียส ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในตัวทำละลายอินทรีย์ทุกชนิด

การออกฤทธิ์ กำจัดแมลงประเภทถูกตัวตายและกินตาย

ความเป็นพิษ มี LD_{50} ทางปาก (หนู) 7-15 มก./กก.
ทางผิวหนัง (หนูตัวเมีย) 15 มก./กก.
เป็นอันตรายต่อผึ้ง

ประโยชน์ ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูฝ้าย พืชเส้นใยและใช้กำจัดตั๊กแตนตามพื้นที่ที่ไม่มีการเพาะปลูก

การแก้พิษ ไม่มียาแก้พิษโดยเฉพาะ อาจใช้ ไดอะแพม หรือ ฉีดด้วยกลูโคสและวิตามินบี เข้าทางเส้นเลือดดำ พร้อมกับให้คนไข้กินยาถ่าย แอ๊ดติเวทเต็ด ชาร์โคล และ ซาลีน แล๊กซาทีฟส์ เพื่อช่วยควบคุมอาการชักและป้องกันมิให้ได้รับอันตราย อาจจำเป็นต้องให้ออกซิเจนเพื่อช่วยในการหายใจ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3.8 **ท๊อกซาฟีน** (Toxaphene)

ท๊อกซาฟีน มีสูตรโมเลกุล $C_{10}H_{10}Cl_8$ เป็นสารผสมที่ประกอบไปด้วยสารผสมของ camphene C10 chloroderivatives เป็นของแข็งคล้ายขี้ผึ้ง สีเหลือง มีจุดหลอมเหลวระหว่าง 65-90 องศาเซลเซียส ไม่ละลายในน้ำ แต่ละลายได้ดีในเบนซีน โทลูอีน และสารละลายอะโรมาติกอื่นๆ

การออกฤทธิ์ กำจัดแมลงประเภทถูกตัวตายและกินตาย

ความเป็นพิษ ความเป็นพิษ มีหลายระดับ เช่น มีผลต่อระบบควบคุมระบบประสาทส่วนกลาง มีอาการตัวสั่น ชัก ทำให้เกิดแผลในตับ เป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็งในสัตว์ทดลอง ทำให้เกิดมะเร็งในตับ มี LD_{50} ทางปาก (หนู) 69 มก./กก.

ประโยชน์ ใช้กำจัดแมลงศัตรูฝ้าย ตั๊กแตน หนอนเจาะสมอชนิดต่างๆ หนอนกระทู้ และแมลงศัตรูพืชอื่นๆ ทั่วไป สามารถใช้ร่วมหรือผสมกับสารกำจัดแมลงอย่างอื่นได้ โดยไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เพื่อใช้กำจัดแมลงศัตรูฝ้ายที่สำคัญๆ โดยเฉพาะ

2.3.9 **เฮ็พต้าคลอร์** (Heptachlor)

Heptachlor epoxide, Heptachloro Tetrahydro 4,7-Methanoindene ($C_{10}H_5Cl_7$)

เฮ็พต้าคลอร์ เป็นขี้ผึ้งแข็งสีขาวจนถึงน้ำตาลอ่อน มีจุดหลอดเหลวที่ 95 องศาเซลเซียส มีจุดเดือดระหว่าง 135-145 องศาเซลเซียส

การออกฤทธิ์ กำจัดแมลงประเภทถูกตัวตายและกินตาย ออกฤทธิ์อยู่ได้นานวัน

ความเป็นพิษ มี LD_{50} ทางปาก (หนู) 147-220 มก./กก.
ทางผิวหนัง (กระต่าย) มากกว่า 2000 มก./กก.

ประโยชน์ ใช้ป้องกันและกำจัดแมลงที่อยู่ในดิน เช่น มด ปลวก ด้วงดินและ ใช้คลุกเมล็ดหรือท่อนพันธุ์พืชเพื่อป้องกันแมลงเข้าทำลาย

ข้อควรระวังในการใช้และเก็บ เนื่องจากเป็นวัตถุมีพิษที่มีระยะเวลาสลายตัวค่อนข้างนานวัน จึงไม่ควรใช้ฉีดพ่นพืชอาหาร ควรใช้จำกัดอยู่แต่ในเฉพาะในการกำจัดแมลงศัตรูพืชที่อยู่ในดินเท่านั้น ระวังอย่าให้เข้าปาก ตา จมูก หรือผิวหนัง ควรสวมใส่ถุงมือหรือเครื่องป้องกันอย่างอื่นเมื่อต้องสัมผัสกับวัตถุมีพิษโดยตรง ควรสวมใส่หน้ากากหรือเครื่องป้องกันฝุ่นละอองมิให้เข้าปากและจมูก เก็บในที่ห่างไกลจากเด็ก สัตว์เลี้ยงและเครื่องอาหาร

อาการเกิดพิษ ผู้ที่ได้รับพิษจะมีอาการหงุดหงิด กระวนกระวาย กล้ามเนื้อกระตุก หดเกร็ง โดยทั่วไปอาจมีอาการชัก ถ้ากลืนกินเข้าไป จะมีอาการคลื่นไส้และอาเจียนร่วมด้วย

การแก้พิษ ถ้าถูกผิวหนัง ให้ล้างด้วยน้ำกับสบู่มากๆ ถ้าเข้าตา ให้ล้างตาด้วยน้ำสะอาดหลายๆครั้ง ถ้าเข้าปากหรือกลืนเข้าไป ต้องรีบทำให้อาเจียนโดยเร็ว ด้วยการใช้นิ้วล้วงคอหรือให้ดื่มน้ำเกลืออุ่น (เกลือ 1 ช้อนโต๊ะผสมน้ำอุ่น 1 แก้ว) แล้วนำส่งแพทย์ทันที สำหรับแพทย์ ไม่มียาแก้พิษโดยเฉพาะ ถ้ากลืนเข้าไปให้ดื่มน้ำมากๆ แล้วทำให้อาเจียน ป้องกันอาการชักได้ด้วยการใช้ยาบาร์บิทูเรท

2.4 หอยแมลงภู่ชนิด *Perna viridis*

หอยแมลงภู่ (*Perna viridis* Linn) มีชื่อสามัญว่า Green Mussel เป็นหอยสองกาบที่มีเปลือกยาวรูปไข่ เปลือกทั้งสองข้างมีขนาดเท่ากัน และยึดติดกันตรงปลายด้านหน้า สีเปลือกด้านนอกมีสีเขียวเข้ม และมีสีน้ำตาลแก่ปนเล็กน้อย บนเปลือกมีลายเป็นวงซ้อนกัน สำหรับเปลือกด้านในมีสีขาว สามารถสังเกตเห็นรอยยึดติดกันของกล้ามเนื้อที่ใช้เปิด-ปิดฝาได้อย่างชัดเจน หอยแมลงภู่เป็นสัตว์ที่อยู่กับที่ เมื่อโตขึ้นจะสร้างเส้นใยสำหรับยึดเกาะกับวัสดุที่เหมาะสม เช่น ตามไม้หลักปักโป๊ะ เป็นต้น หอยแมลงภู่กินอาหารโดยการกรอง ซึ่งอาหารส่วนใหญ่เป็นแพลงตอนพืช แบคทีเรีย และอินทรีย์สาร แหล่งที่พบหอยแมลงภู่จะอยู่บริเวณปากแม่น้ำหรือเขตน้ำกร่อยเท่านั้น(นิลนาจ ชัยธนาวิสุทธิ์, 2527 อ้างโดยเกศิณี สรรวานิช, 2534)

หอยแมลงภู่ซึ่งเป็นสัตว์ที่อยู่กับที่ ทำให้มีการรับสาร Persistent organic pollutants จากน้ำโดยตรง ดังนั้นถ้าหากในน้ำมีการปนเปื้อนของสารดังกล่าวอยู่ หอยแมลงภู่ที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นก็จะรับเอาสารเหล่านั้นเข้าไปในตัวและเกิดการสะสมขึ้น ดังนั้นจึงนิยมนำเอามาเป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพมลภาวะของสิ่งแวดล้อมได้ดี (Sericano, 1995; Boonyatumanond et al., 2000)

ในการวิเคราะห์การปนเปื้อนของมลสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากที่ดำเนินการโดยโครงการ National Status and Trend Program (NS&T) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Sericano, 1995) พบว่ามีปริมาณการสะสมที่มากในดินตะกอนที่มีเนื้อละเอียด โดยเฉพาะในบริเวณเอสทูรี และในบริเวณไหล่ทวีป การทราบปริมาณการตกตะกอนจะทำให้ทราบปริมาณการสะสมในแต่ละช่วงเวลา และตะกอนที่ผิวหน้าจะบ่งบอกถึงสภาวะการปนเปื้อนในปัจจุบัน ในโครงการ Mussel Watch Project ตัวอย่างหอยสองฝา ถูกเลือกใช้เป็น primary sample matrix เนื่องจากเนื้อเยื่อของมันสามารถเปลี่ยนแปลงตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้เร็วภายในระยะเวลาเป็นเดือนหรือ

หลายเดือน (Sericano, 1995) การที่นำเอาหอยสองฝามาใช้เป็นตัวบ่งบอกสภาวะการปนเปื้อนของมลพิษสิ่งแวดล้อม เนื่องจาก

(1) หอยแมลงภู่ เป็นสัตว์ที่กินอาหารแบบกรองจากมวลน้ำและอยู่กับที่ จึงเป็นชนิดที่จะรวมเอาสิ่งปนเปื้อนต่างๆจากมวลน้ำ เหมาะสมต่อการทดลองมากกว่าชนิดที่มีการเคลื่อนที่ไปมาระหว่างมวลน้ำ

(2) เป็นสิ่งมีชีวิตที่ความคงทน สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีการปนเปื้อนต่างๆ มากกว่า ปลา กุ้ง หรือปู

(3) สามารถสะสมสารพิษไว้ในร่างกายได้ในอัตราสูง ตั้งแต่ 10^2 ถึง 10^5 เท่าของน้ำทะเลทำให้ง่ายต่อการวิเคราะห์

(4) มีความสามารถในการ metabolize สารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน และ คลอริเนตเตดไฮโดรคาร์บอน รวมทั้ง DDT และ PCB ได้น้อย

(5) สามารถเก็บตัวอย่างได้ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวในแต่ละท้องที่ จึงทำให้สามารถเปรียบเทียบการทดลองในสภาวะต่างๆได้

(6) หอยแมลงภู่ จัดเป็นอาหารทะเลที่คนนิยมบริโภคมากชนิดหนึ่ง ดังนั้นการที่ทำการศึกษาการปนเปื้อนของสารเคมีในหอยนี้ จึงเป็นประโยชน์ต่อด้านสาธารณะสุข และสุขภาพของประชาชนด้วย

2.5 วิธีวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยาก (Persistent organic Pollutants) ในดินตะกอนและหอยแมลงภู่

วิธีการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนและหอยแมลงภู่ ทำการวิเคราะห์ตามวิธีของ Wade et al. (1993) และ Wade and Cantillo (1996) รายละเอียดแสดงในบทที่ 3

ในกระบวนการวิเคราะห์หา trace organic pollutants มักนิยมเติมสารมาตรฐาน (Surrogate Standard, SS) ในตัวอย่างตั้งแต่เริ่มกระบวนการวิเคราะห์ ซึ่งจะถูกนำไปผ่านทั้งกระบวนการ extraction, cleanup และ instrument analysis เช่นเดียวกับตัวอย่างที่ศึกษา สารมาตรฐาน SS ที่เติมลงไปมีวัตถุประสงค์เพื่อดูการสูญหายไปของสารระหว่างการวิเคราะห์ (%recovery) โดยทั่วไปค่า %recovery ที่ยอมรับได้ควรมีค่าอยู่ระหว่าง 40-130% (Wade and Cantillo, 1996)

2.6 การศึกษาเกี่ยวกับ POPs ในสิ่งแวดล้อม

การศึกษาเกี่ยวกับการปนเปื้อนของสาร POPs ในสิ่งแวดล้อมได้รับความสนใจศึกษากันมากในหลายๆ ประเทศทั่วโลก เนื่องจากความเป็นพิษของสารกลุ่มดังกล่าวในที่นี้จะกล่าวถึงการศึกษาในระยะ 10 ปีที่ผ่านมา เป็นตัวอย่างพอสังเขปคือ

Pereira et al. (1994) ศึกษาการกระจายของสารประกอบออร์แกโนคลอรีนในตับของปลากะพง (*Morone saxatilis*) ในบริเวณอ่าวซานฟรานซิสโก ซึ่งอยู่ในบริเวณ Delta เอสทูรี พบปริมาณดีดีทีรวมในดินตะกอนและในตับปลาพบในช่วง 0.8-9 นาโนกรัมต่อกรันน้ำหนักแห้ง และ 103-396 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก แหล่งกำเนิดของดีดีทีในอ่าวซานฟรานซิสโกมาจากการพัดพามาโดยแม่น้ำ Sacramento และ San Joaquin บางส่วนมาจากการพัดพาโดยทางอากาศและตกลงบริเวณนี้ ปริมาณพีซีบีรวม(ผลรวมของ tetra-, penta- และ hexachlorobiphynyls isomer) ในดินตะกอนและในตับปลา มีค่าในช่วง 1.3-8.1 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และ 0.1-149 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ปริมาณคลอเดนรวม (ผลรวมของ gamma-, alpha-chlordane, *Cis*-และ *Trans*-nonachlor) ในดินตะกอนและในตับปลา มีค่าในช่วง <0.1-1.5 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และ 13-42 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ใน technical chlordane , alpha-chlordane จะมีความคงทนต่อการย่อยสลายมากที่สุด อัตราส่วนของ alpha/gamma จะมีค่าประมาณ 0.7-1.0 (ใน technical chlordane)

จากการศึกษาของ Sericano et al. (1995) ในโครงการของ National Status and Trends Program(NS&T) และ Internation Mussel Watch Project(IMW) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งศึกษาติดตามผลตามแนวชายฝั่งของประเทศสหรัฐอเมริกาตั้งแต่ปี 1986-1993 พบ Total chlordane(*alpha*-chlordane, *trans*-nonachlor, heptachlor และ heptachlor epoxide) ในหอยนางรมในบริเวณอ่าวเม็กซิโก มีความเข้มข้นเฉลี่ยในช่วง 2.8-9.6 นาโนกรัมต่อกรัม ในบริเวณที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นพบว่ามีความเข้มข้นสูงถึง 76 นาโนกรัมต่อกรัม ส่วน total chlordane ในละตินอเมริกาส่วนใหญ่พบในระดับที่ต่ำกว่า 10 นาโนกรัมต่อกรัม ซึ่งถือว่าเป็นระดับพื้นฐานในธรรมชาติ PCBs จะพบความเข้มข้นสูงในบริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรมและแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ (ค่าเฉลี่ยในอ่าวเม็กซิโกอยู่ในช่วง 100-630 นาโนกรัมต่อกรัม) PCBs นำไปใช้ใน Dielectric fluid ในอุตสาหกรรมการผลิต Capacitors และ transformer ในอ่าวเม็กซิโกดีดีทีที่พบมีความเข้มข้นในช่วง 6.7-160 นาโนกรัมต่อกรัม DDT มีการนำไปใช้ในการกำจัดแมลง

ศัตรูพืช และกำจัดยุง อันเป็นสาเหตุไข้มาลาเรีย Chlordane, Heptachlor ใช้ในยากำจัดปลวก Aldrin ใช้กำจัดตั๊กแตน HCB ใช้กำจัดเชื้อรา Aldrin, Dieldrin และ Chlordane ใช้กำจัดแมลง

Brochu et al. (1995) ศึกษา Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins (PCDDs) และ Dibenzofurans (PCDFs) ในดินตะกอนและในสัตว์น้ำในบริเวณ Saguenay Fjord และ Lawrence Estuary ในปี 1991 พบว่า มีค่า total PCDDs และ total PCDFs ในดินตะกอนบริเวณ Saguenay Fjord มีค่าในช่วง 0.022-0.352 และ 0.029-0.188 นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และในสัตว์น้ำ(ปู,กุ้ง, Halibut และ Plaice) มีค่าในช่วง 0.000-0.007 และ 0.001 - 0.055 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ PCDDs และ PCDFs ส่วนมากได้มาจากกระบวนการเผาไหม้จากเตาเผาขยะของเทศบาลและโรงพยาบาล จากการเผาไหม้ของ PCBs ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (by product) จากโรงงานกระดาษที่ใช้สารคลอรีนในการฟอกขาว มีความคงทนต่อความร้อน ยากต่อการย่อยสลายโดยสิ่งมีชีวิต ไม่ละลายน้ำ, ละลายได้ดีในไขมัน และแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อมได้กว้าง (Brochu et al., 1995; Kappe et al., 1989)

Hong et al. (1995) ศึกษาปริมาณยาฆ่าแมลงในกลุ่มออร์แกโนคลอรีนและพีซีบี บริเวณเมืองท่า Xiamen ประเทศจีน และ เมืองท่า Victoria ของฮ่องกง พบค่าของดีดีทีรวมมีค่า 4.45 - 311 และ 1.38 - 30.3 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และพบพีซีบีมีค่าระหว่าง 0.05 - 7.24 (เฉลี่ย 1.7) และ 3.2 – 81 (เฉลี่ย 7.9) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ และได้สรุปว่าแหล่งกำเนิดของสารออร์แกโนคลอรีนเหล่านี้มีมาจากน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารบ้านเรือน ที่ตั้งอยู่รอบๆ อ่าวนั้น

Simpson et al. (1996) ศึกษาสารประกอบในกลุ่มคลอร์เดนในสิ่งมีชีวิตและดินตะกอนบริเวณน้ำขึ้นน้ำลงที่เมืองท่ามานุกัว (Manukua Harbour) ประเทศนิวซีแลนด์ พบค่าของคลอร์เดนรวมทั้งหมด มีค่าในช่วง 0.04 - 0.27 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยคลอร์เดน มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์จะจับอยู่กับตะกอนที่ระดับความลึกมากกว่า 2 เซนติเมตร โดยจะพบความเข้มข้นต่ำที่ผิวหน้าและค่าจะสูงมากขึ้นตามความลึก

Thomson et al. (1996) ศึกษาการแพร่กระจายของสารคลอริเนตเตตไบฟีนิล ในหอยแมลงภู่และดินตะกอนในบริเวณชายฝั่งทะเลของสหราชอาณาจักรและทะเลไอริชในปี 1993 โดยในหอยพบความเข้มข้น 3 - 162 และ 7 - 168 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในบริเวณ Scottish

และทะเลไอริช ตามลำดับ ในดินตะกอนบริเวณทะเลไอริชพบความเข้มข้นในช่วง 0.2 - 42 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

Tanabe et al. (1997) ทำการศึกษาปริมาณสารออร์แกโนคลอรีนที่มีอยู่ในไขมันของปลาโลมา Phocoena phocoena ในบริเวณทะเลดำ ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขั้นสูงสุดในห่วงโซ่อาหารของบริเวณนี้ พบปริมาณ DDTs, PCBs, Chlordane และ HCB ในปริมาณ 8.3-480, 1.6-39, 0.11-2.4 และ 0.057-0.61 ไมโครกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ สำหรับดีดีที อนุพันธ์ที่พบมากที่สุดเรียงตามลำดับคือ 4,4'-DDT>4,4'-DDD>4,4'-DDT>2,4'-DDT โดยมีค่า 46, 34, 16 และ 4 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเพศผู้และเพศเมียพบว่าเพศเมียจะมีความเข้มของสารในกลุ่มออร์แกโนคลอรีนต่ำกว่าเพศผู้ เมื่อดูตามอายุจะพบว่าเพศเมียที่มีอายุมากกว่าปริมาณของสารในกลุ่มนี้จะมีน้อยกว่าตัวที่มีอายุน้อยกว่า ที่เป็นดังนี้ก็เนื่องจากเพศเมีย มีการส่งผ่านสารดังกล่าวไปสู่ลูกอ่อนทางการให้นมลูก ในขณะที่เพศผู้จะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอายุที่มากขึ้น

Prudente et al. (1999) ทำการศึกษาในหอยแมลงภู่ ***Perna viridis*** จากแหล่งน้ำชายฝั่งประเทศฟิลิปปินส์ ในปี 2537 และ 2540 พบว่า พีซีบี มีค่าในช่วง 8.7 - 36 และ 0.7 - 34 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก , คลอเดน มีค่าในช่วง 2.4 - 9.5 และ 0.15 - 3.6 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก, บีเฮชซี มีค่าในช่วง 0.2 - 0.4 และ <0.01 - 0.2 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก, ดีดีที มีค่าในช่วง 1.3 - 4.2 และ 0.2 - 2.0 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ

Zhou et al. (1999) ศึกษาดีดีทีและพีซีบีในดินตะกอนและปลาหมอเทศ(***Tilapia mossambica***) ที่เก็บในแม่น้ำสามสายที่ไหลลงสู่ Tolo Harboru ซึ่งแม่น้ำดังกล่าวไหลผ่านพื้นที่เกษตรกรรม ย่านชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรม พบปริมาณดีดีทีรวมในแม่น้ำ Shing Mun, Tai Po และ Lam Tsuen มีค่า 5.1-8.6, 2.9 และ 2.8 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ ส่วนพีซีบีมีค่า 43-461, 69 และ 169 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ สำหรับในปลาหมอเทศพบดีดีทีรวมและพีซีบีในแม่น้ำ Shing Mun 28.2-40.1 และ 267-310 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

สำหรับการศึกษาในประเทศไทย ได้มีผู้ทำการศึกษาสารในกลุ่ม POPs บ้างดังต่อไปนี้

ชลีรัตน์ พะยอมแย้ม (2519) ทำการศึกษาการแพร่กระจายของดีดีทีและพีซีบี ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง พบว่ามีปริมาณดีดีทีสะสมอยู่ในปลาน้ำจืดในช่วง 1-205 นาโนกรัมต่อกรัม และพีซีบีอยู่ในช่วง 5-205 นาโนกรัมต่อกรัม

Menasveta and Cheevaparanapiwat (1979) ทำการศึกษาการสะสมของสารกำจัดศัตรูพืชในสัตว์น้ำ บริเวณปากแม่น้ำสำคัญสี่แห่งของประเทศไทย พบปริมาณดีดีทีในปลากระบอกมีค่าเฉลี่ยในช่วง 22-89 นาโนกรัมต่อกรัม ดีดีทีในหอยแมลงภู่มีค่าเฉลี่ยในช่วง 32-42 นาโนกรัมต่อกรัม และปริมาณพีซีบีในปลากระบอกมีค่าเฉลี่ยในช่วง 2-19 นาโนกรัมต่อกรัม พีซีบีในหอยแมลงภู่มีค่าเฉลี่ยในช่วง 2-40 นาโนกรัมต่อกรัม

กอบทอง ฐูปหอม และคณะ (2530) ได้ทำการศึกษาสารเคมีกำจัดแมลงและพีซีบีในหอยและน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน ในช่วงปี 2525-2529 โดยทำการศึกษาในหอย 3 ชนิดคือ หอยแมลงภู่ หอยนางรม และหอยแครง พบการตกค้างของสารกลุ่ม POPs คือ ดีดีที ดีลดริน บีเอชซี และ เอ็นดริน ความเข้มข้นของทุกชนิดมีระดับต่ำกว่า 10 นาโนกรัมต่อกรัม

เกศินี สรรวานิช (2534) ศึกษาปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ ดินตะกอน และหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง พบการปนเปื้อนของสารอื่นที่ไม่ใช่สารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน จึงได้ทำการนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ซ้ำด้วย GC/ECD ที่มหาวิทยาลัยคากาวา ประเทศญี่ปุ่น พบว่ามีการปนเปื้อนของสารกำจัดแมลงศัตรูพืชในกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในดินตะกอนในปริมาณสูง โดยสารกำจัดศัตรูพืชที่พบ ได้แก่ Total BHC(apha-BHC , gamma-BHC) มีค่า 0.5-8.0 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง Aldrin(0.4-2.3 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง), Heptachlor epoxide(trace-1.8 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) Dieldrin+4,4'-DDE(trace-10.4 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) DDT และอนุพันธ์ของ DDT(trace-7.6 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) Endrin (0.9-2.4 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) Chlordane (8.6-225.7 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) นอกจากนี้ยังพบ Aroclo1248 ซึ่งเป็นสารประกอบกลุ่ม PCBs (74.6 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ด้วย แต่พบเพียงตัวอย่างเดียว

มุกดา อุตรพงศ์ และ ไพรพรรณ เทียนทอง (2536) ศึกษาสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนคลอรีนแม่น้ำท่าจีน ในปี 2533 โดยเก็บตัวอย่างน้ำ 54 ตัวอย่าง 11 สถานีในแม่น้ำท่าจีน

พบสารตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในน้ำ 5 ชนิด คือ Dieldrin, DDE, gamma-BHC, Aldrin, และ DDT ปริมาณที่พบอยู่ในช่วง 0.001-0.034 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยพบการตกค้างบริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างใกล้ปากแม่น้ำมากกว่าในแม่น้ำท่าจีนตอนกลางและตอนบน พบ Dieldrin มากที่สุดรองลงมาคือ DDE โดยปริมาณที่พบมากที่สุดคือ 0.002 ไมโครกรัมต่อลิตรในเดือนมกราคม และDDE พบปริมาณสูงสุดเท่ากับ 0.034 ไมโครกรัมต่อลิตรในตัวอย่างน้ำเดือนเมษายน จากตัวอย่างปลา 13 ชนิด พบ gamma-BHC, Heptachlor, Heptachlor epoxide, DDE, Dieldrin, o,p'-DDT, DDD และ DDT โดยพบ DDT และอนุพันธ์ในปลาทุกชนิด ค่า Total-DDT พบอยู่ในช่วง 1.6-84.34 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม รองลงไปได้แก่ Heptachlor ซึ่งพบในช่วง 0.61-2.7 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม

Maketon et al. (1997) ทำการศึกษาสารกำจัดแมลงกลุ่มออแกโนคลอรีนในแม่น้ำแม่กลอง ตั้งแต่ปากแม่น้ำ จ.สมุทรสงครามขึ้นไปจนถึง จ.กาญจนบุรี พบว่า ดีดีที เฮบตาคลอ และสารในกลุ่มดริน (อัลดริน,ดิลดริน และเอ็นดริน) มีค่าอยู่ในช่วง 0.12-0.350(เฉลี่ย 0.201), 0.019-0.429(เฉลี่ย 0.118) และ 0.011-0.106(เฉลี่ย 0.201) นาโนกรัมต่อกรัม ตามลำดับ

Kan-atireklap et al. (1997) ได้ทำการศึกษาปริมาณสารออร์แกโนคลอรีนในหอยแมลงภู่ในบริเวณอ่าวไทยโดยตัวอย่างเก็บในปี 2537 และ 2538 พบ DDTs>PCBs>CHLs> HCHs>HCB ค่าที่พบในบริเวณต่างๆ มีค่าดังต่อไปนี้ คือ พีซีบี ในปี 2537 และ 2538 มีค่าในช่วง 0.17-12(เฉลี่ย 4.1) และ <0.01-20(เฉลี่ย 2.2) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก คลอเดน มีค่าในช่วง 0.3-5.9(เฉลี่ย 1.7) และ 0.25-3.5(เฉลี่ย 0.97) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก บีเฮชซี มีค่าในช่วง <0.01-0.09(เฉลี่ย 0.06) และ <0.01-0.12(เฉลี่ย 0.05) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ดีดีที มีค่าในช่วง 1.3-38(เฉลี่ย 8.7) และ 1.2-14(เฉลี่ย 4.1) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ สำหรับหอยแมลงภู่ในบริเวณแม่น้ำท่าจีนนั้น พบว่า มีค่าของ ดีดีที มีค่า 2.1 และ 1.2 พีซีบี มีค่า 0.77 และ 0.63 คลอเดน มีค่า 0.99 และ 0.32 บีเอชซี มีค่า 0.07 และ 0.04 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ในปี 2537 และ 2538 ตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

3.1 **พื้นที่ศึกษา** : บริเวณเอสทูรีแม่น้ำท่าจีนและพื้นที่ใกล้เคียง

แม่น้ำท่าจีนแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ตอน คือ

1 . พื้นที่ตอนบนจากแนวสันเขาในพื้นที่บางส่วนของจังหวัดกาญจนบุรี อุทัยธานี ชัยนาท และพื้นที่ของจังหวัดสุพรรณบุรีช่วงเหนือประตูระบายน้ำโพธิ์พระยา

2 . พื้นที่ตอนกลางประกอบด้วยพื้นที่ใต้ประตูระบายน้ำโพธิ์พระยาลงมาจนถึงอำเภอนครชัยศรี จังหวัดนครปฐม

3 . พื้นที่ตอนล่าง ได้แก่ พื้นที่ส่วนที่เหลือของจังหวัดนครปฐมและสมุทรสาคร

การศึกษาครั้งนี้ กำหนดพื้นที่ศึกษาเฉพาะบริเวณพื้นที่ตอนล่าง ซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นเอสทูรี ได้รับอิทธิพลจากน้ำทะเล เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ จากพื้นที่ตอนบนและตอนกลางของลุ่มน้ำ รวมทั้งน้ำทิ้งจากชุมชนและโรงงานอุตสาหกรรมที่มีอยู่อย่างหนาแน่นตลอดริมน้ำในพื้นที่ตอนล่างด้วย จึงคาดหมายว่า บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่างน่าจะมีการสะสมของมลสารต่างๆ โดยเฉพาะสารอินทรีย์ชนิดสลายตัวยากในปริมาณสูงด้วย โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างดินตามลำน้ำทั้งหมด 10 สถานี การเก็บตัวอย่างดินตะกอนในเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน จะเก็บตั้งแต่ปากแม่น้ำท่าจีน อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร จนถึงอำเภอนครชัยศรี จ.นครปฐม และจะเก็บดินตะกอนตามความลึกบริเวณปากแม่น้ำจำนวน 3 จุด คือ TC1 TC2 และ TC3 ดังตารางที่ 3-1 และรูปที่ 3-1

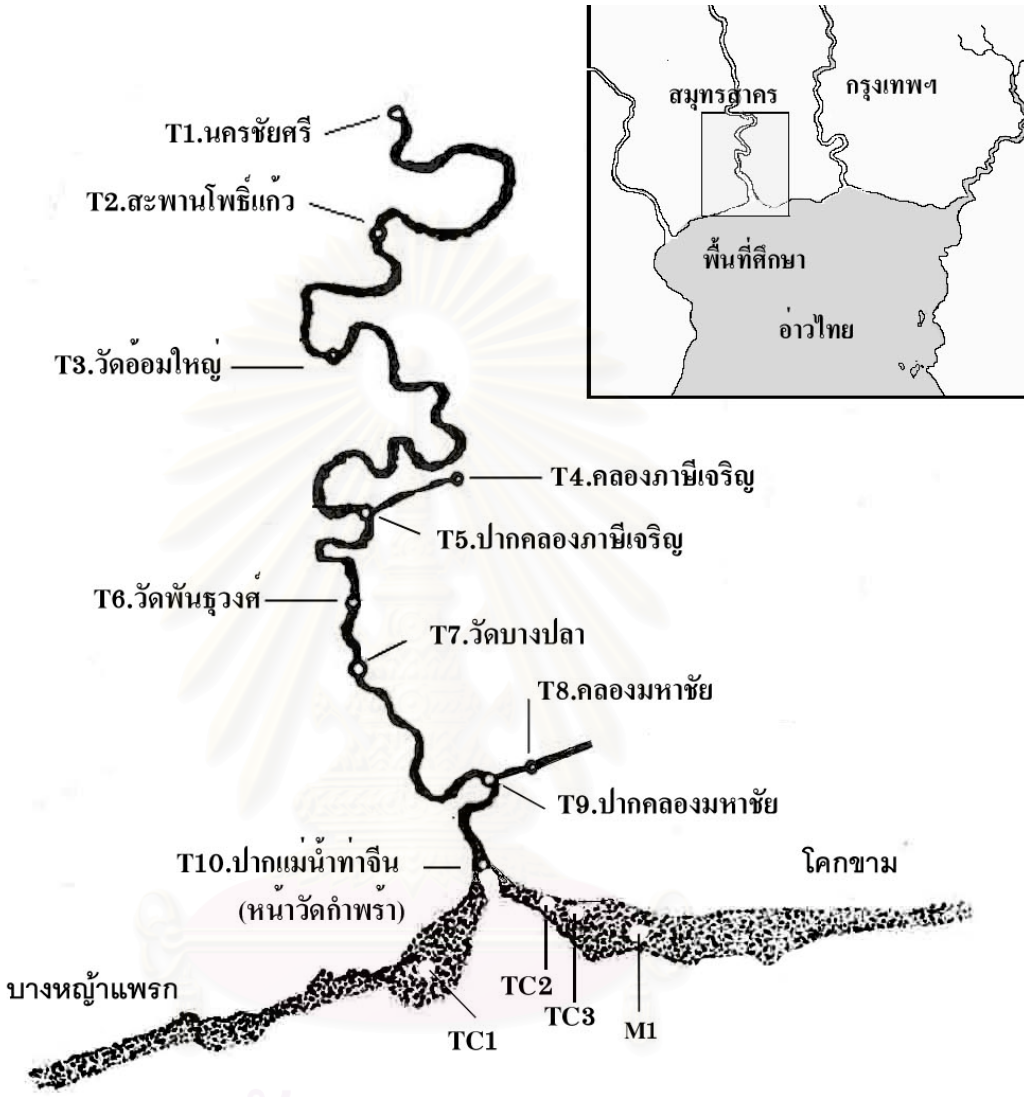
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-1 รายละเอียดของสถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน

สถานี	สถานที่	ระยะทางจากปากแม่น้ำ (กม.)
T1 .	แพศรีวิชัย (อ.นครชัยศรี)	82
T2 .	สะพานโพธิ์แก้ว	60
T3 .	วัดอ้อมใหญ่	42
T4 .	คลองภาษีเจริญ (หน้าสถานีตำรวจกระทุ่มแบน)	28
T5 .	ปากคลองภาษีเจริญ	25
T6 .	วัดพันธุวงศ์	20
T7 .	วัดบางปลา	15
T8 .	สะพานข้ามคลองมหาชัย	5
T9 .	ปากคลองมหาชัย (หน้าวัดตึก)	4
T10 .	ปากแม่น้ำท่าจีน (หน้าวัดกำพร้า)	0

หมายเหตุ : สถานี T4 และ T8 อยู่ในคลองที่ออกมาบรรจบแม่น้ำท่าจีน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-1 แผนที่แสดงสถานีเก็บตัวอย่างในเอสทูรีแม่น้ำท่าจีน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน 2 ครั้ง คือ ในเดือน มิถุนายน และเดือน พฤศจิกายน 2541

ดินตะกอนตามความลึกบริเวณปากแม่น้ำ เก็บครั้งเดียวในเดือนมิถุนายน 2541 จำนวน 3 จุด (รูปที่ 3-1)

ตัวอย่างหอยแมลงภู่เก็บบริเวณคลองสหกรณ์ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่กันมาก และบริเวณนี้อยู่ใกล้ปากแม่น้ำที่สุด โดยทำการเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่สองครั้งในเดือนมิถุนายนและพฤศจิกายน 2541 จุดเก็บตัวอย่าง (M1) แสดงดังรูปที่ 3-1

3.3 การเลือกจุดเก็บตัวอย่าง

3.3.1 จุดเก็บตัวอย่างดินตะกอน

ตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าเก็บเฉพาะส่วนบน 3 ซม. แรก ซึ่งเป็นส่วนของ “recent contaminant” การเก็บตัวอย่างที่ความลึกต่างกันก็จะทำให้ได้ผลที่แตกต่างกันด้วย การเก็บตัวอย่างตะกอนดินที่ผิวหน้าจะทำให้ได้ค่าที่เป็นปัจจุบันมากกว่าตัวอย่างตะกอนดินที่เก็บจากที่ลึก แต่อย่างไรก็ตามตะกอนมักจะถูกรบกวนโดยปลาหน้าดิน(benthic fish) สิ่งมีชีวิตหน้าดิน (benthic invertebrates) และกระบวนการทางฟิสิกส์เช่น คลื่น กระแสน้ำ และพายุ

ตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน เก็บโดยใช้ grap sampler ใช้ช้อนสแตนเลสที่ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำและอาซีโตนแล้ว ตักเฉพาะบริเวณผิวหน้า 2-3 ซม.แรก พยายามหลีกเลี่ยงไม่เก็บบริเวณที่ติดกับผิว grab ตัวอย่างดินตะกอนเก็บใส่ขวดแก้วที่บริเวณฝาปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์และเก็บไว้ในที่เย็น

ตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน เก็บโดยใช้ corer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร เพื่อศึกษาถึงการสะสมของ POPs ตามอายุของตะกอน ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน

3.3.2 จุดเก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่

บริเวณที่ตั้งจุดเก็บตัวอย่างจะทำการกำหนดจุดให้คงที่โดยใช้จุดอ้างอิงที่แน่นอน การเก็บตัวอย่างแต่ละครั้งพยายามเก็บตัวอย่างให้ใกล้เคียงกับบริเวณเดิมมากที่สุด

3.4 การเก็บตัวอย่าง

3.4.1 ตัวอย่างดินตะกอน

1.เก็บตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน จากปากแม่น้ำขึ้นไปจนถึงอำเภอนครชัยศรี จ.นครปฐม จำนวน 2 ครั้ง คือ ในเดือนมิถุนายน และเดือนพฤศจิกายน 2541 โดยใช้ grab sampler จำนวน 10 สถานี (สถานี 1-10) การเก็บจะทำการเก็บ 3 ครั้ง แต่ละครั้งใช้ช้อนสแตนเลสตักบริเวณผิวหน้าของดินหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร และใส่รวมกันในขวดแก้ว ใช้อลูมิเนียมฟอยล์ ปิดข้างในและใช้ฝาเกลียวปิดทับให้สนิท เก็บในที่เย็น แล้วนำไปแช่แข็งในห้องปฏิบัติการ

2.เก็บตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกในบริเวณปากแม่น้ำ ด้วย corer ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 เซนติเมตร ในเดือนมิถุนายน 2541 จำนวน 3 สถานี คือ TC1, TC2 และ TC3 โดยแต่ละ core ทำการเก็บสามครั้ง ทำการตัดแบ่งดินแต่ละ core เพื่อนำมาวิเคราะห์สาร POPs โดยที่ความลึก 0-20 เซนติเมตรแรก ตัดดินทุกๆ 5 เซนติเมตร คือ 0-5, 5-10, 10-15 และ 15-20 เซนติเมตรตามลำดับ และตั้งแต่ความลึก 20 เซนติเมตรลงไป ทำการตัดเก็บตัวอย่างดินทุกๆ 10 เซนติเมตร นำตัวอย่างดินในแต่ละชั้นของแต่ละ core เก็บในขวดแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด เก็บตัวอย่างดินในที่เย็น แล้วน้ำไปแช่แข็งในห้องปฏิบัติการ

3.4.2 ตัวอย่างหอยแมลงภู่

1.เก็บตัวอย่างหอยแมลงภู่ 2 ครั้ง คือในเดือน มิถุนายน 2541 และเดือนพฤศจิกายน 2541 คือสถานี M1 (เนื่องจากบริเวณใกล้ปากแม่น้ำมีแหล่งเลี้ยงหอยแมลงภู่ที่สำคัญอยู่เพียงแห่งเดียวคือ คลองสหกรณ์) ดังรูปที่ 3-1

2.เก็บหอยโดยใช้มือ เพราะสะดวกที่สุดในบริเวณน้ำตื้น ในบริเวณน้ำลึกเก็บโดยใช้คนงม

3.เมื่อได้หอยมาแล้วนำมาคัดขนาดให้ใกล้เคียงกัน ทำความสะอาดเปลือกหอยด้วยแปรง และล้างด้วยน้ำในบริเวณที่เก็บตัวอย่างนั้น ห่อตัวอย่างหอยด้วย อลูมิเนียมฟอยล์ (aluminum foil) (เนื่องจากเราทำการวิเคราะห์ organic compound ดังนั้นอลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้ต้องทำความสะอาดในห้องปฏิบัติการก่อนด้วยอะซิโตน (acetone) เมธานอล (Methanol) และ ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane)) แล้วนำตัวอย่างไปแช่แข็งในห้องปฏิบัติการ

3.5 การเตรียมตัวอย่าง

3.5.1 ตัวอย่างดิน

1. นำตัวอย่างดินตะกอนออกมาจากตู้เย็น ปล่อยให้ละลาย รินน้ำส่วนเกินที่อยู่ด้านบนของขวดทิ้ง ใช้แท่งแก้วหรือแท่งสแตนเลสคนดินให้เป็นเนื้อเดียวกัน ถ้าพบเปลือกหอย หรือเศษวัสดุ ก็ให้เอาออก แบ่งส่วนหนึ่งประมาณ 3 กรัม ไปหาปริมาณน้ำด้วยวิธีการหาปริมาณน้ำที่หายไป โดยใช้วิธีอบในเตาอบที่ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำมาทำให้เย็นใน เดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักจนคงที่
2. แบ่งดินส่วนหนึ่งไปทำให้แห้งโดยการอบที่อุณหภูมิไม่เกิน 50 องศาเซลเซียสในเตาอบ นำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร นำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนโดยวิธี Walkley Black (Jackson, 1973)
3. วิธีวิเคราะห์หาเนื้อของดิน (Texture) โดยวิธีไฮโดรมิเตอร์
4. ตัวอย่างดินที่เหลือนำไปทำให้แห้งด้วยวิธี freeze dry ร่อนผ่านตะแกรงลวดขนาด 0.2 มิลลิเมตร (80 Mesh/นิ้ว) เก็บใส่ในขวดแก้ว ใช้อลูมิเนียมฟอยล์ปิดปากขวด แล้วใช้ฝาขวดปิดให้สนิท เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณ POPs ต่อไป

3.5.2 ตัวอย่างหอย

1. นำตัวอย่างหอยออกมาละลายน้ำแข็ง ทำการวัดขนาด และแกะเอาเฉพาะเนื้อเยื่อโดยใช้มีดโลหะ ใส่ไว้ในขวดแก้วมีฝาปิดมิดชิด
2. ใช้เครื่อง homogenizer ปั่นเนื้อหอยให้ละเอียดเป็นเนื้อเดียวกัน
3. เก็บใส่ขวดแก้ว ใช้อลูมิเนียมฟอยล์ปิดปากขวด แล้วใช้ฝาขวดปิดให้สนิท
4. แช่แข็งไว้ในตู้เย็น

(อุปกรณ์ทุกอย่างรวมทั้งภาชนะทุกชนิด หลีกเลี่ยงที่เป็นพลาสติก และต้องล้างสิ่งสกปรกด้วยอะซิโตน เมธานอล และไดคลอโรมีเทน ตามลำดับ)

3.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.6.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

เครื่องแก้วต้องทำความสะอาดด้วยทีโพล ล้างด้วยน้ำประปา นำไปแช่ในกรดล้างแก้วข้ามคืน ล้างด้วยน้ำประปาและรินส์ด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นนำไปเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียสข้ามคืน ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น นำมารินส์ด้วยอะซิโตน เมธานอล แล้วตามด้วยไดคลอโรมีเทน ปิดด้วยอลูมิเนียมฟลอยล์และเก็บในที่สะอาดเพื่อป้องกันการสะสมของฝุ่นละอองและป้องกันการปนเปื้อน

3.6.1.1 อุปกรณ์สำหรับสกัดตัวอย่างดินตะกอนและหอยแมลงภู่และกำจัดสิ่งปนเปื้อน

บีกเกอร์

Autosampler

Boiling chips

คอลัมน์แก้วสำหรับทำโครมาโทกราฟฟี ขนาด 300x19 มิลลิเมตร มีจุกเปิดปิดทำด้วยเทฟลอน (Teflon)

เครื่องชั่งไฟฟ้า ที่สามารถชั่งได้ละเอียด 0.0001 กรัม

ขวดรูปชมพู่

ขวดก้นกลมขนาด 250 และ 500 มิลลิลิตร

Fraction collector

มีด

อุปกรณ์สำหรับลดปริมาตรโดยใช้แก๊สไนโตรเจน (Nitrogen evaporator)

ปิเปต ขนาด 2 มิลลิลิตร

Autopipettes ขนาด 25, 50 และ 100 ไมโครลิตร

เครื่องปั่นเนื้อเยื่อ (Tekmar Tissumizer) หรือ homegenizer

หลอดแก้วขนาด 15 มิลลิลิตร

อ่างน้ำร้อน

ชุดสกัด, Soxhlet extraction, 45-mm ID, and condenser

Glass funnels (กรวยกรองที่ทำด้วยแก้ว)

ขวดเก็บตัวอย่างสำหรับฉีดตัวอย่างด้วยเครื่อง GC (2-ml autosampler vials with screw cap septa)

3.6.1.2 **สารเคมี**

1. อลูมินา (Alumina, neutral, จากบริษัท MERCK, Germany ขนาด 70-230 Mesh ASTM, chromatographic grade) นำไปทำความสะอาดด้วยการใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนสกัดใน Soxhlet Extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารปนเปื้อน และเก็บในขวดแก้วมีฝาปิดมิดชิด ทำการแอคติเวตซิลิกาเจลโดยทำการใส่ในขวดแก้ว ปิดฝาด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ อบในอุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องใน desiccator ทำการดีแอคติเวต โดยการเติมน้ำ 1% เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ให้เข้าสู่สภาวะสมดุลอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนการนำไปใช้
2. ซิลิกาเจล (Silica gel, จากบริษัท MERCK, Germany ขนาด 70-230 Mesh ASTM, chromatographic grade) นำไปทำความสะอาดด้วยการใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนสกัดใน Soxhlet Extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารปนเปื้อน และเก็บในขวดแก้วมีฝาปิดมิดชิด ทำการแอคติเวตซิลิกาเจลโดยทำการใส่ในขวดแก้ว ปิดฝาหลวมๆ ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 16 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องใน desiccator ทำการดีแอคติเวตโดยการเติมน้ำ 5% เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ให้เข้าสู่สภาวะสมดุลอย่างน้อย 4 ชั่วโมง ก่อนที่จะชั่งและนำไปใช้
3. ฟลอไรซิล (Florisil) เป็นชื่อทะเบียนการค้าของ U.S. Silica Co., เป็นสารประกอบ magnesium silicate ที่มีคุณสมบัติเป็นเบส ใช้เพื่อแยกเอาสารปนเปื้อนพวกไขมันออกจากตัวอย่างของเนื้อเยื่อ ก่อนที่จะนำตัวอย่างไป cleanup ด้วย Silica/Alumina column โดยนำ Florisil ไปทำความสะอาดกำจัดสิ่งสกปรกด้วยการใช้ไดคลอโรมีเทนสกัดใน Soxhlet Extraction ข้ามคืน เก็บ Florisil ที่ทำความสะอาดแล้วในขวดแก้วที่มีฝาปิดมิดชิด ก่อนนำไปใช้ ให้นำ Florisil ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร ใช้อลูมิเนียมฟอยล์ปิดปากบีกเกอร์หลวมๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียสข้ามคืน เพื่อไล่ความชื้นที่ถูกดูดซับในระหว่างการเก็บ นำออกมาปล่อยให้เย็นใน dessicator
4. โซเดียมซัลเฟต (Anhydrous Sodium sulfate, Na_2SO_4 จากบริษัท MERCK, Germany) นำไปทำความสะอาดด้วยการใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนสกัดใน

Soxhlet Extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารปนเปื้อน และเก็บในขวดแก้วมีฝาปิดมิดชิด

5. ทิมเบิ้ล (Cellulose extraction Thimbles, Whatman, 41x123 mm, round bottom) นำไปทำความสะอาดด้วยการใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนสกัดใน Soxhlet Extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารปนเปื้อน และเก็บถาดอลูมิเนียม ปิดด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ให้มิดชิด
6. ไยแก้ว (Glass wool) เผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ข้ามคืน และนำไปทำความสะอาดด้วยการใช้สารละลายไดคลอโรมีเทนสกัดใน Soxhlet Extraction เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดสารปนเปื้อน และเก็บในขวดแก้วมีฝาปิดมิดชิด
7. ทราย (Sand) ใช้ทรายธรรมชาติ ขนาด 0.2 มิลลิเมตร นำมาเขย่าในกรด HNO_3:HCl (ACS reagent) อัตราส่วน 1:3 v/v ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง และตามด้วยอะซิโตน เมธานอล และไดคลอโรมีเทน ทำให้แห้ง นำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียสนาน เป็นเวลา 12 ชั่วโมง นำออกมาให้เย็นและล้างด้วย อะซิโตน เมธานอล และไดคลอโรมีเทน ทำให้แห้ง และนำมาเก็บในขวดแก้วมีฝาปิดมิดชิดในอุณหภูมิห้อง
8. ผงทองแดง (Copper (Cu) powder) ก่อนใช้ประมาณครึ่งชั่วโมง ทำการ activate ทองแดง โดยการแช่ในกรดเกลือเข้มข้น (Conc.HCl) คนด้วยแท่งแก้ว ปล่อยทิ้งไว้ 5 นาที ล้าง 2 ครั้งน้ำกลั่น ตามด้วยเมธานอลและไดคลอโรมีเทน 3 ครั้ง ทิ้งทองแดงไว้ในไดคลอโรมีเทน เพื่อป้องกันการสัมผัสกับอากาศ เมื่อทองแดงถูก activated แล้ว พื้นผิวด้านนอกจะถูกออกซิไดซ์ทำให้มันมีประสิทธิภาพในการที่จะจับกับกำมะถัน (sulfur) ออกจากตัวอย่างที่สกัดได้ โดยการเกิด copper sulphide (ถ้ากำมะถันไม่ถูกกำจัดออกจากตัวอย่าง จะทำให้เกิดการ Interferes ในการหาปริมาณ POPs โดยใช้ GC/ECD)
9. เฮกเซน (Hexane (C_6H_{14}), pesticide quality or equivalent)
10. เมธานอล (Methanol (CH_3OH), pesticide quality or equivalent)
11. ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane (CH_2Cl_2), pesticide quality or equivalent)
12. อะซิโตน (Acetone, A.R. grade)
13. น้ำบริสุทธิ์ (Reagent water)

สารละลายที่ใช้ คือ เฮกเซน, เมธานอล และ ไดคลอโรมีเทน เรานำสารละลายในระดับ analytical grade(A.R. grade) ไปทำการกลั่นใหม่ด้วยหอคอยกลั่น DEST-STAR III มีความยาวคอลัมน์ประมาณ 1.5 เมตร

3.6.1.3 สารมาตรฐาน

สารมาตรฐานที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย Internal Standard (IS) และ Surrogate Standard (SS) ซึ่งเตรียมในห้องปฏิบัติการ โดยชั่งสารประกอบมาตรฐานที่มีความบริสุทธิ์สูง(มีความบริสุทธิ์มากกว่า 99.5%) ลงใน volumetric flask และทำปริมาตรให้ได้ด้วยการเติมเฮกเซน

Internal Standard (IS)

Internal Standard (IS) ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หา POPs คือ TCMX (2,4,5,6-tetrachloro-m-xylene) จากบริษัท SUPELCO., USA เตรียมให้มีความเข้มข้นของ TCMX ในเฮกเซนเท่ากับ 2 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร

Surrogate Standard (SS)

Surrogate Standard (SS) ที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์หา POPs คือ 4,4-dibromooctafluorobiphenyl (DBOFB) ความบริสุทธิ์ 99.0% จากบริษัท Aldrich Chem. Co., USA เตรียมให้มีความเข้มข้นของ DBOFB ในเฮกเซนเท่ากับ 1 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร

Calibration Solution

POPs calibration solution ประกอบไปด้วยสารมาตรฐานชนิดต่างๆ ในกลุ่ม POPs โดยเตรียมให้มีความเข้มข้น 20, 40, 80 และ 160 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร ซึ่ง Calibration solution สำหรับการวิเคราะห์ POPs ประกอบไปด้วย

Aldrin,99.4%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

alpha-BHC, 99.7%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

beta- BHC, 99.5%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

delta- BHC, 99.58%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

gamma- BHC, 99.86%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

Chlordane Reference Standard, SUPELCO, USA

Dieldrin, 99.3%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

Alpha-Chlordane, 99.16%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

Endrin, 98.2%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

Heptachlor, 99.8%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

Heptachlor epoxide, 99.3%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

Mirex, 100%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

2,4'-DDT, 98.7%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

4,4'-DDT, 99.7%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

2,4'-DDD, 99.7%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

4,4'-DDD,100%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

2,4'-DDE, 99.4%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

4,4'-DDE, 99.47%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

Toxaphene, 100%, EPA Research Triangle Park, N.C., USA

3.6.1.4 เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์

Gas Chromatograph (GC), Hewlett-Packard 6890, including Capillary Column inlet system

6890 series GC-Terminal with autosampler

Electron-capture detector (ECD)

Gas cylinder and accessories

Molecular sieve trap

Regulator

GC column and accessories

HP-5, Fused silica capillary column (30 m. long x 0.32 mm. ID x 0.25 mm. film thickness)

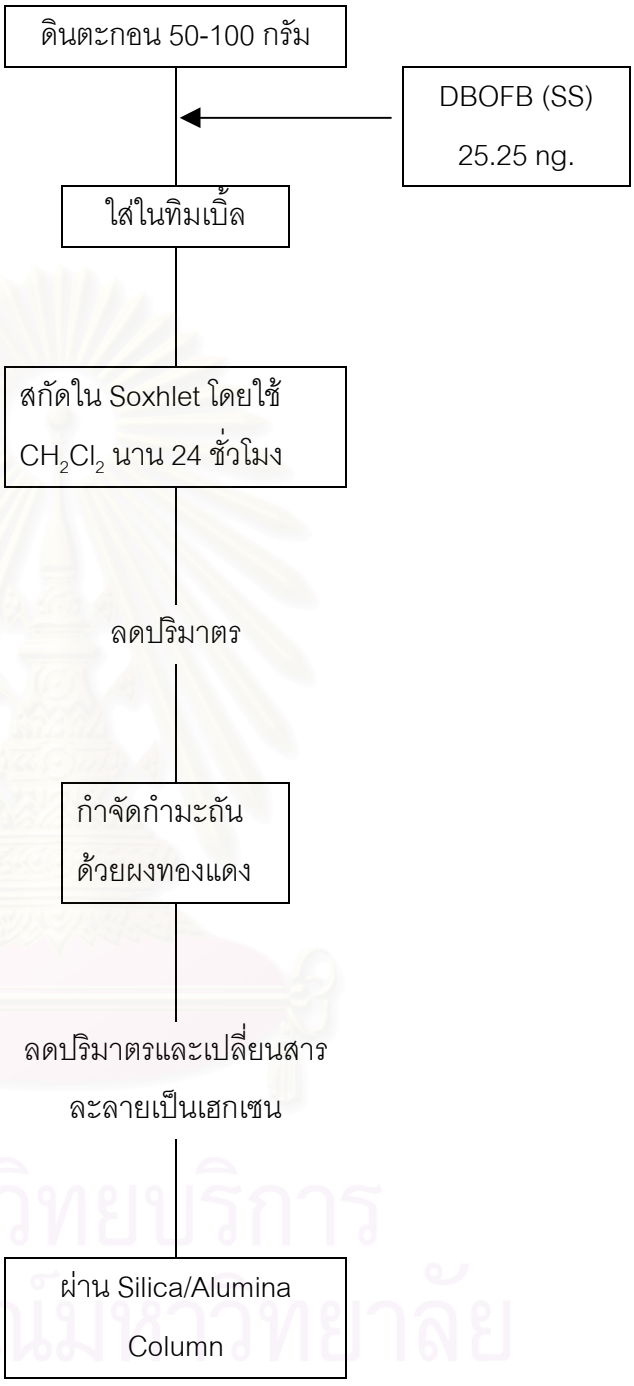
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.2 การวิเคราะห์ POPs ในตัวอย่างดินตะกอน

3.6.2.1 การสกัดตัวอย่างดินตะกอนด้วย Soxhlet extraction (รูปที่ 3-2)

1. ชั่งตัวอย่างดินที่ผ่านการทำให้แห้งด้วยวิธี freeze dry แล้ว จำนวนประมาณ 50 กรัม ใส่ใน ทิมเบิ้ล(extraction thimble) แล้ววางใน Soxhlet extractor
2. นำไปต่อกับ extraction flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุด้วยไดคลอโรมีเทน 300 มิลลิลิตร(เติม glass bead 4-5 ชิ้น ลงใน extraction flask)
3. ค่อยๆเทไดคลอโรมีเทน ลงไปในทิมเบิ้ลเพื่อทำให้ตะกอนเปียก
5. เติม Surrogate Standard (DBOFB) ปริมาตร 25 ไมโครลิตร (ความเข้มข้น 1.01 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร) ลงไปบนตัวอย่างในทิมเบิ้ล
6. นำไปทำการลดปริมาตร โดยใช้เครื่อง rotary evaporator ลดปริมาตรให้เหลือ 5-10 มิลลิลิตร
7. เติมผงทองแดง(ที่ล้างผิวด้านนอกด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นแล้ว)ลงไปในขวด จะสังเกตเห็นผงทองแดงเปลี่ยนเป็นสีดำ เนื่องจากทำปฏิกิริยากับกำมะถันที่อยู่ในตัวอย่างสกัด เติมผงทองแดงอีกจนกว่าผงทองแดงไม่เปลี่ยนสี ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน เพื่อให้แน่ใจว่ากำมะถันถูกกำจัดหมด
8. ถ่ายสารละลายลงใน concentrator tube ขนาด 15 มิลลิลิตร รินส์ flask ด้วยเฮกเซน 1-2 มิลลิลิตร และถ่ายรวมใน concentrator tube ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง
9. นำ concentrator tube ไปลดปริมาตรโดยใช้ไนโตรเจนเป่าเบาๆ และเปลี่ยนสารละลายเป็นเฮกเซน ให้เหลือปริมาตร 1 มิลลิลิตร
10. นำสารละลายที่ลดปริมาตรแล้ว มาทำการกำจัดสารปนเปื้อนอื่น และแยกแฟรคชันสาร POPs ด้วยคอลัมน์ silica/alumina ต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-2 ขั้นตอนการสกัด POPs จากตัวอย่างดินตะกอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.2.2 **การแยกแฟรชั่นด้วย** Silica/Alumina column

1) **การเตรียม** Silica/Alumina column

การเตรียมคอลัมน์ทำในอุณหภูมิห้องที่รักษาระดับอุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส และเตรียมก่อนใช้งาน เวลาเตรียมต้องทำช้าๆ เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศ การเตรียมมีลำดับขั้นดังรูป 3-3

1.1) ใช้คอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่มี stopcock และเติมเฮกเซน 100 ลบ.ซม. ใส่ไยแก้ว (glass wool) หนา 0.5-1.5 เซนติเมตร ใช้แท่งแก้วดันเพื่อไล่ฟองอากาศออก

1.2) เติมทรายหนา 1-2 เซนติเมตร

1.3) เติมอลูมินาที่ activated ด้วยน้ำ 1 % แล้ว 10 กรัมในบีกเกอร์ขนาด 100 ลบ.ซม. และค่อยๆเติมเฮกเซน 10 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ปล่อยทิ้งไว้ 5 นาทีเพื่อไล่ฟองอากาศ ในขณะเดียวกันก็เติมซิลิกาเจลที่ activated ด้วยน้ำ 5 % จำนวน 20 กรัม ในบีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร และค่อยๆ เติมเฮกเซน 20 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ปล่อยทิ้งไว้ 5 นาทีเพื่อไล่ฟองอากาศ

1.4) ใส่กรวยบนคอลัมน์ ตั้งให้ตรง

1.5) เขย่าบีกเกอร์อลูมินาเบาๆ เทผ่านกรวยลงคอลัมน์ล้างบีกเกอร์ด้วยเฮกเซน และเทใส่ในคอลัมน์ ทำซ้ำ 2 ครั้ง(หรือจนกว่าจะหมด) นำบีกเกอร์ไปวางใต้คอลัมน์ หลังจากที่อลูมินาเซตตัวดีแล้ว เปิด stopcock 30 วินาที เพื่อให้อลูมินาจัดเรียงตัวแน่นขึ้น ปิด stopcock

1.6) เติมซิลิกาเจล วิธีการเหมือนข้อ 1.5

1.7) ในขณะที่ปล่อยสารละลายทิ้ง เติมทรายลงบนผิวคอลัมน์ หนาประมาณ 1 เซนติเมตร เติม activated copper ลงบนผิวทราย ปล่อยให้สารละลายอยู่เหนือระดับผิวทราย ปิด stopcock

1.8) เติมเฮกเซน 50 ลบ.ซม. ลงในคอลัมน์ ปล่อยให้สารละลายอยู่เหนือคอลัมน์ ปิด stopcock

รูปที่ 3-3 รูปของการเตรียม Silica/Alumina column

2) การแยกแฟรคชั่นสาร POPs โดย Silica/Alumina column (รูปที่ 3-4)

2.1) เติมเฮกเซน 50 ลบ.ซม. ลงในคอลัมน์ที่เตรียมได้ตามข้อ 2) ปล่อยให้สารละลายอยู่เหนือคอลัมน์ ปิดstopcock

2.2) เปิดสารละลายเฮกเซนทิ้งจนมีระดับอยู่เหนือผิวทราย

2.3) วาง Flat Bottom Flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ไว้ใต้คอลัมน์

2.4) ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างสกัดที่ลดปริมาตรแล้วใน concentrator tube ถ่ายลงบนผิวหน้าคอลัมน์ เปิดสารละลายออกจนระดับอยู่เหนือผิวทราย รินส์ concentrator tube ด้วยสารละลายเฮกเซน 2 ครั้งและถ่ายลงในคอลัมน์ ปล่อยสารละลายออกจนมีระดับสารละลายอยู่เหนือชั้นทราย

2.5) เติมสารละลายเฮกเซน 100 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์ และปรับให้สารละลายไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตรา 1 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้ graduated tube ขนาด 50 มิลลิลิตร รองรับสารละลาย 45 มิลลิลิตรแรก (SA1) ทิ้งส่วนนี้ไป

2.6) ใช้ Flat Bottom Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร รองรับสารละลายที่เหลือทั้งหมด 55 มิลลิลิตร (SA2) ส่วนนี้จะประกอบไปด้วย PCBs (Arochlor) และ POPs บางชนิด

2.7) เติมสารละลาย 1:1 Hexane:Dichloromethane ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์ ปล่อยสารละลายไหลผ่านคอลัมน์ลงใน Flat Bottom Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ด้วยอัตราไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที (SA3) ส่วนนี้ประกอบไปด้วย Chlordane และ POPs ส่วนที่เหลือ

2.8) ทำการลดปริมาตรสารละลายในแฟรคชัน SA2 และ SA3 ต่อไป

3) การลดปริมาตรตัวอย่างดินตะกอนในแฟรคชัน SA2 และ SA3

3.1) นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 3.6 และ 3.7 ไปลดปริมาตรโดยใช้ Rotary Evaporator ให้เหลือปริมาตรประมาณ 5 มิลลิลิตร

3.2) ใช้ปิเปตดูดสารละลายจาก Flat Bottom Flask ในข้อ 4.1 ถ่ายลงใน graduated tube ขนาด 15 มิลลิลิตร

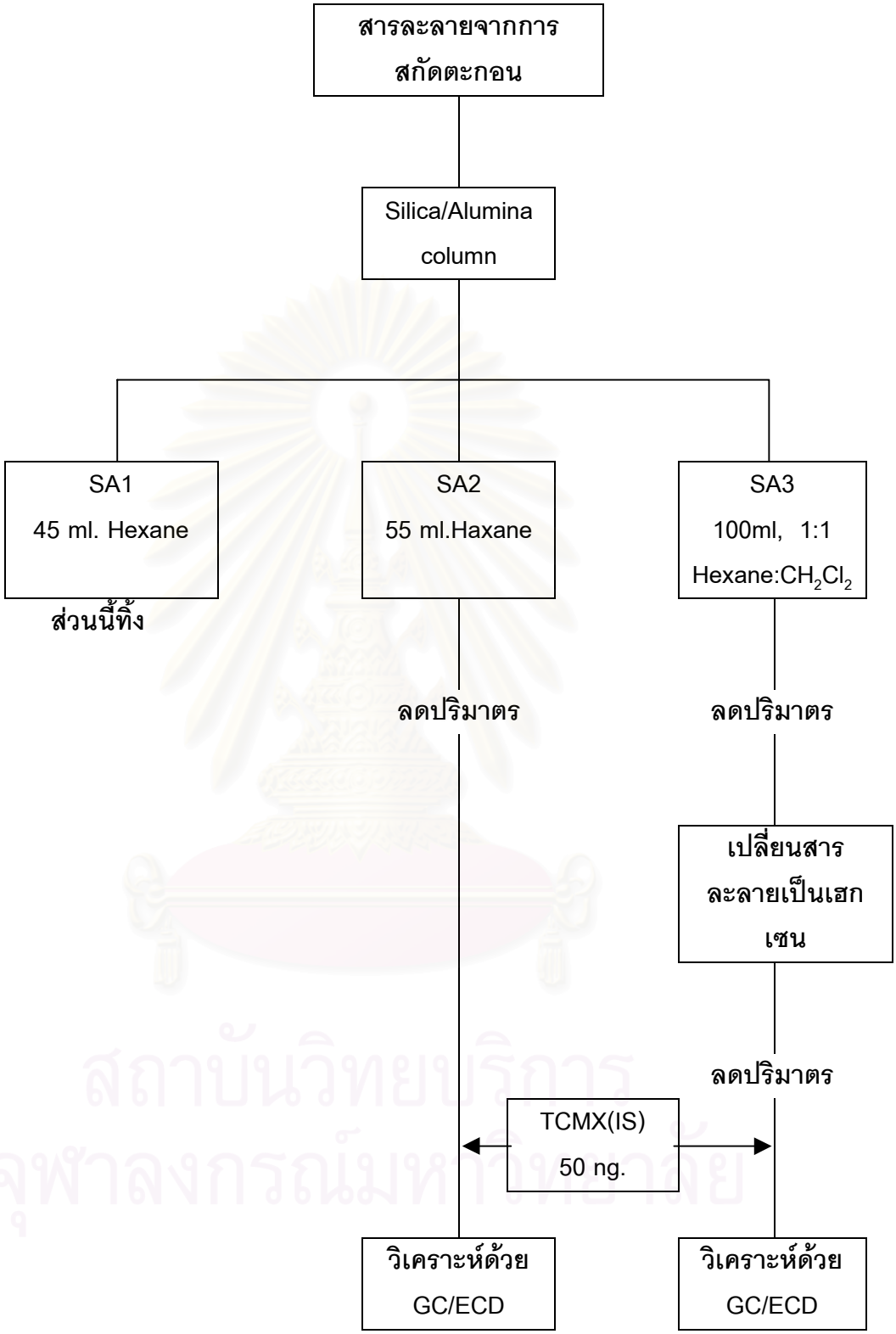
3.3) ล้าง flask ด้วยเฮกเซน 1-2 มิลลิลิตร และเทใส่รวมใน graduated tube ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง

3.4) ใช้แก๊สไนโตรเจนเป่าเบาๆ เพื่อลดปริมาตรสารละลาย จนสารละลายมีปริมาตรเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตร

3.5) เฉพาะตัวอย่างแฟรคชัน SA3 เติม hexane 7 มิลลิลิตร และลดปริมาตรให้เหลือเท่ากับ 1.0 มิลลิลิตร (เป็นการแทนที่ไดคลอโรมีเทนด้วยเฮกเซน) ทำซ้ำอีกครั้ง

3.6) เติม TCMX (IS) (ความเข้มข้น 2 ng/μl) ลงไปใน graduated tube ทั้งสองแฟรคชัน ปริมาตร 25 ไมโครลิตร และผสมให้เข้ากันด้วย vortex Genie ที่เซต 8-10 นาน 2 วินาที

3.7) ถ่ายสารละลายจาก graduated tube ลงไปใน GC vial ขนาด 2 มิลลิลิตร ปิดฝาและเก็บในตู้เย็นเพื่อรอวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/ECD



รูปที่ 3-4 ขั้นตอนของการแยกแฟรคชั่นด้วย Silica/Alumina column

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6.3 การวิเคราะห์ POPs ในตัวอย่างหอยแมลงภู่

3.6.3.1 การสกัดตัวอย่างหอยแมลงภู่โดยใช้ Soxhlet extraction (รูปที่ 3-5)

1. ชั่งตัวอย่างหอยแมลงภู่ที่ปั่นละเอียดแล้ว 10-20 กรัม(น้ำหนักเปียก) ลงในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร
2. เติม Anhydrous Sodium Sulfate ลงไปในตัวอย่างหอยแมลงภู่ประมาณ 100 กรัมเพื่อดูดซับน้ำจากเนื้อหอยจนแห้ง เติม surrogate standard (DBOFB) 25.25 นาโนกรัม ใช้ spatula คน คลุกเคล้าให้เข้ากันดี และเทใส่ใน extraction thimble
3. นำไปต่อกับ extraction flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุด้วยไดคลอโรมีเทน 300 มิลลิลิตร (เติม glass bead 4-5 ชิ้น ลงใน extraction flask)
4. นำ extraction flask ไปตั้งบนเตาไฟฟ้าเพื่อทำการสกัด นานประมาณ 24 ชม.
5. กรองสารละลายผ่านใยแก้วและ Sodium Sulfate (เพื่อดูดน้ำที่อาจเหลืออยู่) บนกรวยแก้ว ที่วางอยู่บนกระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร จดบันทึกปริมาตรไว้
6. แบ่งสารละลายมา 20 มิลลิลิตร เพื่อทำการวิเคราะห์หาปริมาณไขมัน
   6.1 นำมาลดปริมาตรให้เหลือ 1 มิลลิลิตร
   6.2 ตัดกระดาษกรองให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบในเตาอบที่ 105 องศา เพื่อทำการไล่ความชื้น
   6.3 นำกระดาษกรองในข้อ 6.2 มาชั่ง จดน้ำหนักไว้
   6.4 ใช้ autopipette ขนาด 100 ไมโครลิตร ดูดสารละลายในข้อ 6.1 หยดลงบนกระดาษกรอง ปล่อยให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ บันทึก ทำซ้ำอีก 4 ครั้ง
   6.5 นำไปคำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมัน
   (รายละเอียดวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ซ.)
7. สารละลายส่วนที่เหลือ นำไปวัดปริมาตร ต่อจากนั้นนำไปทำการลดปริมาตร โดยใช้เครื่อง rotary evaporator ลดปริมาตรให้เหลือ 5-10 มิลลิลิตร
8. ถ่ายสารละลายลงใน concentrator tube ขนาด 15 มิลลิลิตร รินส์ flask ด้วยเฮกเซน 1-2 มิลลิลิตร และถ่ายรวมใน concentrator tube ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง
9. นำ concentrator tube ไปลดปริมาตรและเปลี่ยนสารละลายเป็นเฮกเซนให้เหลือปริมาตร 1 มิลลิลิตรปิดฝาให้มิดชิดและเก็บในตู้เย็นก่อนนำไปกำจัดไขมันด้วย Florisil และกำจัดสารปนเปื้อนอื่น และแยกแฟรคชั่นของสาร POPs ด้วย silica/alumina column ต่อไป

รูปที่ 3-5 ขั้นตอนการสกัด POPs จากตัวอย่างหอยแมลงภู่

3.6.3.2 การกำจัดไขมันจากการสกัดหอยแมลงภู่โดยใช้ Florisil Column

1.) การเตรียมตัวอย่างก่อนผ่านคอลัมน์

ตัวอย่างที่สกัด ต้องทำการลดปริมาตรให้เหลือปริมาณน้อย ก่อนที่จะนำไปผ่าน Florisil column ปริมาตรของตัวอย่างสกัดจะส่งผลต่อความสามารถในการแยกสารที่เราต้องการออกมาจากสิ่งปนเปื้อน

ในการวิเคราะห์ POPs ตัวอย่างสกัดต้องอยู่ในสารละลายเฮกเซน และปริมาตรที่เหมาะสมคือ 10 มิลลิลิตร

ถ้าหากตัวอย่างเก็บในตู้เย็น ให้นำออกมาทิ้งไว้ให้เท่ากับอุณหภูมิห้อง ตรวจดูว่าตัวอย่างสกัดที่เห็นต้องไม่มีตะกอนหรือแยกชั้นและไม่มีการระเหยของเฮกเซน

2.) การเตรียมคอลัมน์ Florisil และกำจัดไขมันจากตัวอย่างหอยแมลงภู่

2.1) ชั่ง Activated Florisil มา 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมเฮกเซนให้ท่วม ใช้แท่งแก้วคนเพื่อไล่ฟองอากาศออกให้หมด

2.2) ใช้ Chromatographic column ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 19 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร เติมเฮกเซนลงไปในคอลัมน์ประมาณ 50 มิลลิลิตร เติมใยแก้วลงไปในคอลัมน์หนาประมาณ 1 เซนติเมตร ใช้แท่งแก้วดันไล่ฟองอากาศออกให้หมด เติมทรายหนา 1-2 เซนติเมตร

2.3) ริน Florisil ในข้อ 2.1 ลงในคอลัมน์ผ่านกรวยแก้ว เคาะข้างๆ คอลัมน์เบาๆ เพื่อให้ Florisil เซตตัว เติม anhydrous Sodium Sulphate ลงบนผิวหน้า Florisil หนาประมาณ 1-2 เซนติเมตร

2.4) เติมเฮกเซน 60 มิลลิลิตร เพื่อล้างคอลัมน์ (ส่วนนี้ทิ้ง) ปล่อยเฮกเซนทิ้งในบีกเกอร์ ก่อนที่ผิวหน้าของคอลัมน์จะสัมผัสกับอากาศ ใช้ปิเปตดูดสารละลายตัวอย่างที่สกัดไว้ 10 มิลลิลิตร ถ่ายลงบนผิวหน้าของโซเดียมซัลเฟต รินส์หลอดตัวอย่างด้วยเฮกเซน 1-2 มิลลิลิตร และถ่ายลงบนคอลัมน์

2.5) ใช้ Flat bottom flask ขนาด 500 มิลลิลิตร วางใต้คอลัมน์ ปล่อยสารละลายลงในขวด ก่อนที่ผิวหน้าของโซเดียมซัลเฟตจะสัมผัสกับอากาศ เติมสารละลายผสม 15% Diethyl Ether/Hexane ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ปล่อยให้สารละลายไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็วประมาณ 5 มิลลิลิตรต่อนาที เก็บสารละลายให้หมด

2.6) นำสารละลายที่ได้ใน Flat bottom flask ไปลดปริมาตรให้เหลือประมาณ 5-10 มิลลิลิตร โดยใช้ Rotary Evaporator

2.7) ใช้ปิเปตดูดถ่ายสารละลายจาก Flat bottom flask ลงใน graduated tube ขนาด 15 มิลลิลิตร นำไปลดปริมาตรและเปลี่ยนสารละลายเป็นเฮกเซน โดยใช้ไนโตรเจนเป่า ลดปริมาตรให้เหลือประมาณ 2 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท และเก็บไว้เพื่อนำไปผ่านคอลัมน์ Silica/Alumina ต่อไป

3.6.3.3 การกำจัดสารปนเปื้อนและการแยกแฟรคชั่น POPs จากตัวอย่างหอยแมลงภู่โดยใช้ Silica/Alumina column

วิธีการเหมือนตัวอย่างดินตะกอน

3.6.3.4 การลดปริมาตรตัวอย่างหอยแมลงภู่ในแฟรคชัน SA2 และ SA3

วิธีการเหมือนตัวอย่างดินตะกอน

3.6.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างโดยเครื่องแกสโครมาโตรกราฟ (GC/ECD)

นำตัวอย่างที่ผ่านการแยกแฟรคชั่นแล้ว (SA2 และ SA3) ไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ HP 6890 โดยใช้ตัวตรวจ ECD (ตาราง 3-2) การวิเคราะห์ชนิดของสารในกลุ่ม POPs ทำได้โดยการเปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน และปริมาณของ POPs ที่ตรวจพบคำนวณโดยการเปรียบเทียบกับ calibration standard curve ของสารนั้นๆ

การวิเคราะห์ตัวอย่าง ทำการวิเคราะห์ทีละแฟรคชั่น โดยในชุดของตัวอย่างที่วิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟ จะประกอบไปด้วย สารมาตรฐานต่างๆ และตัวอย่าง โดยในระหว่างตัวอย่างทุก 6 หรือ 8 ตัวอย่าง จะวิเคราะห์สารมาตรฐานอีกครั้งเพื่อดูค่าตอบสนองของเครื่อง และค่ารีเทนชันไทม์ของเครื่องต่อสารมาตรฐาน เพื่อให้การวิเคราะห์มีความถูกต้องที่สุด

1) ตัวอย่างหนึ่งตัวอย่าง ประกอบไปด้วยสองแฟรคชัน โดยที่

- โครมาโตแกรมของแฟรคชัน SA2 ทำการเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของ Aroclor และ โครมาโตแกรมของ POPs Mixed Standard
- โครมาโตแกรมของแฟรคชัน SA3 ทำการเปรียบเทียบกับโครมาโตแกรมของ Chlordane และ โครมาโตแกรมของ POPs Mixed Standard

โดยดูค่ารีเทนชันไทม์ที่ตรงกัน (ยืนยันอีกทีด้วยการใช้ค่า RRT เปรียบเทียบกัน IS (TCMX) โดยแต่ละพีคของตัวอย่าง นำค่าพื้นที่ใต้พีคไปคำนวณเปรียบเทียบกับ calibration ของสารมาตรฐานนั้นๆ

2) เมื่อคำนวณความเข้มข้นของสารในแฟรคชัน SA2 และ SA3 เสร็จแล้ว หลังจากนั้นนำ SA2 และ SA3 ไปทำการเติม 5% Fuming H_2SO_4 เพราะจะทำให้โครมาโตแกรมของตัวอย่างดูง่ายขึ้น แล้วจึงนำตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย GC/ECD อีกครั้งหนึ่ง (การเติมกรด 5% Fuming H_2SO_4 ลงไปในตัวอย่างจะเป็นการกำจัด interference ที่มีอยู่ในตัวอย่าง จะทำให้โครมาโตรแกรมที่ได้สามารถวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณได้ง่ายขึ้น แต่ทั้งนี้ก็จะเป็นการทำลายสารประกอบ organochlorine บางชนิดด้วย (สารประกอบที่ถูกทำลายด้วย 5% Fuming H_2SO_4) แสดงได้ดังรูป 3-6 ต่อไปนำโครมาโตแกรมของตัวอย่างที่ผ่านการเติม 5% Fuming H_2SO_4 แล้วเทียบกับสารมาตรฐานเหมือนข้อ (1)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง 3-2 สภาวะของเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟสำหรับการวิเคราะห์ POPs

Injector : Split/Splitless

Septum Purge :	60 ml at 0.75 min
Injector Temp :	225 deg. Celcius
Detector Temp :	300 deg. Celcius
Range :	2
Attenuation :	2

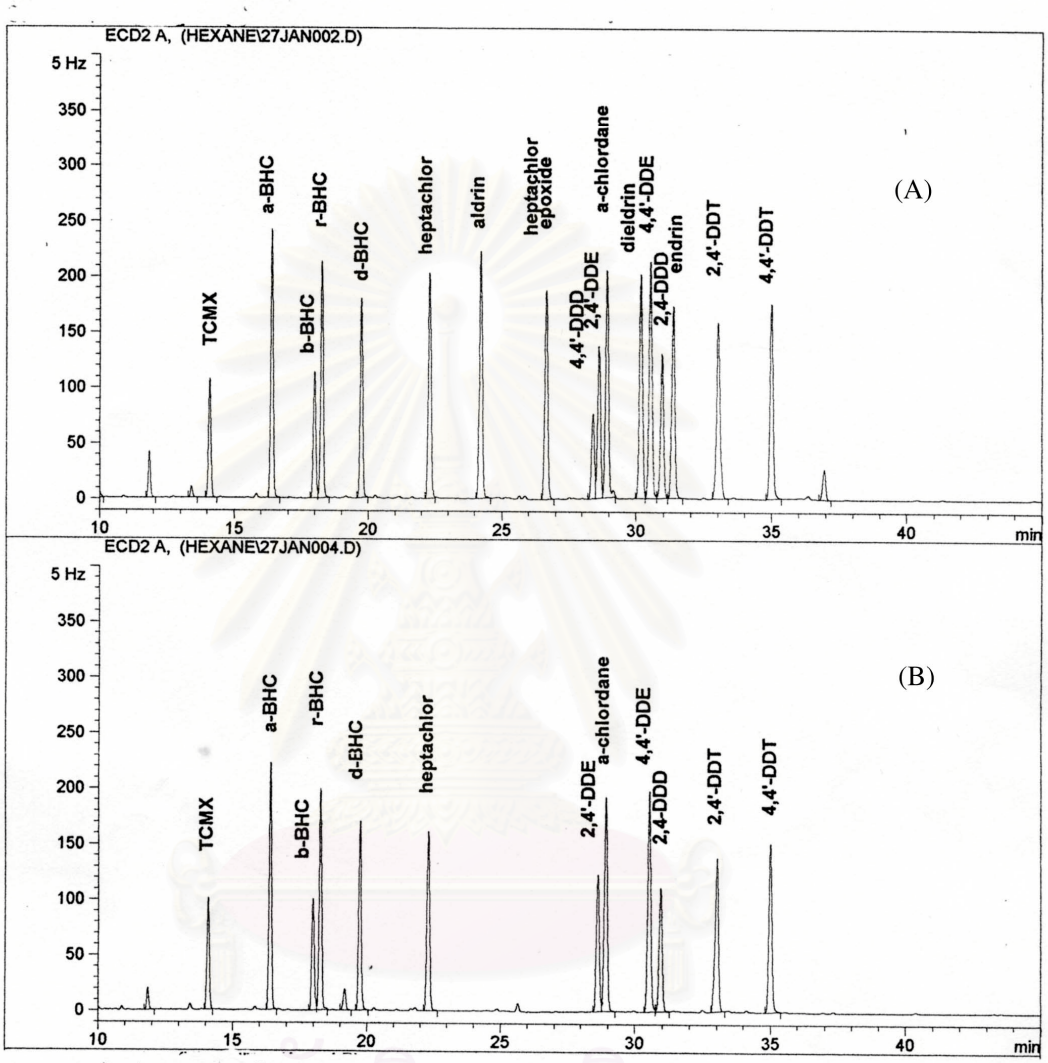
Injection Volume :	1 μl
Column :	HP-5 fused silica, 30 m x 0.25 um film x 0.32 mm diameter
Carrier Gas :	Nitrogen at 10.3 psi
Mode :	Constant Flow at 2 ml/min
Make-up Gas :	N_2 at 60 ml/min
Anode Flow :	6 ml/min

Oven condition :

Level	Initial Temp. (deg.C)	Hold Time (min.)	Rate (deg.C/min.)	Final Temp (deg.C)	Final Hold Time (min.)
1	100	1	5	140	-
2	140	1	3	250	-
3	250	1	10	280	6

Total Runtime 56.67 min.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-6 เปรียบเทียบโครมาโทแกรมของ POPs Mixed Standard (A) ก่อนเติมและ (B) หลังเติม 5% Fuming H_2SO_4

3.6.5 **สารตรวจเทียบมาตรฐาน** (Calibration Standard)

การเตรียมสารมาตรฐานเพื่อตรวจเทียบมาตรฐาน(calibration standard) เตรียมได้จากสารมาตรฐานที่รู้ความบริสุทธิ์ที่แน่นอน สารมาตรฐานจะถูกชั่งและละลายด้วยเฮกเซน โดยใช้ volumetric flask โดยน้ำหนักที่ชั่งควรจะให้ได้น้ำหนักแน่นอนถูกต้องในหลัก 1 มิลลิกรัม เพื่อให้มีความผิดพลาดจากการวัดไม่เกินหนึ่งเปอร์เซ็นต์

stock solutions ปกติจะเตรียมในหลักความเข้มข้นในหน่วย ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือ นาโนกรัมต่อไมโครลิตร

3.6.5.1 **การเตรียมสารละลายสต็อก** (stock solution) **ของ** Surrogate Standard (BDOFB)

เตรียมจากละลาย 10.1 mg. DBOFB ในสารละลายเฮกเซนปริมาตร 100 มิลลิลิตร

จะได้ $$\left[\frac{10.1mg.DBODFB}{100ml.Hexane}\right]\left[\frac{1000\mu g}{mg}\right]=\frac{101\mu g.DBOFB}{ml}$$ = 101 ng/μl

3.6.5.2 **การเตรียมสารละลายสต็อก** (stock solution) **ของ** 4,4'-DDT

เตรียมโดยการเตรียมจากการละลาย 0.0100 กรัม(10.0 mg) ของ 4,4'-DDT ในสารละลายเฮกเซนปริมาตร 50 มิลลิลิตรใน volumetric flask

จะได้ 10 mg DDT $$\left[\frac{10mg.DDT}{50ml.Hexane}\right]\left[\frac{1000\mu g}{mg}\right]=\frac{200\mu g.DDT}{ml}$$ = 200 ng/μl

สำหรับสารมาตรฐานของ POPs อื่นๆ ความเข้มข้นที่เตรียมไว้แสดงได้ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ความเข้มข้นของสารละลายสต็อกของสารมาตรฐานต่างๆ

Compound	Concentration (μg/ml)	Compound	Concentration (μg/ml)
Aldrin	104	2,4'-DDT	204
Endrin	112	4,4'-DDT	200
Dieldrin	104	2,4'-DDE	200
Heptachlor	200	4,4'DDE	208
Heptachlor epoxied	100	2,4'-DDD	200
Alpha-BHC	204	4,4'-DDD	204
Beta-BHC	204		
Delta-BHC	204	Aroclor1016	100
Gamma-BHC	204	Aroclor1221	100
Mirex	102	Aroclor1232	100
Aplha-chlordane	200	Aroclor1242	100
Chlordane	100	Aroclor1248	100
Toxaphene	108	Aroclor1260	100

3.6.5.3 การเตรียม working solution จากสารละลายสต็อก (stock solution) ของ 4,4'-DDT

นำสารละลาย 4,4'-DDT (200 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) 0.2 มิลลิลิตร เติมเฮกเซนจนมีปริมาตร 50 มิลลิลิตร จะได้ความเข้มข้น 200x0.4/50 เท่ากับ 0.8 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร หรือเท่ากับ 800 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (Working Standard)

3.6.5.4 การเตรียมสารตรวจเทียบมาตรฐานจาก working solution

เตรียม calibration solution ของ 4,4'-DDT จาก working solution ความเข้มข้น 800 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร โดยทำ 4 ระดับความเข้มข้นคือ 20, 40, 80 และ 160 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 3-4)

สำหรับ calibration solution ของสารตัวอื่นๆ เตรียมได้จากสารละลายสต็อกของสารมาตรฐานของส่ารดังกล่าว ได้เช่นเดียวกับ 4,4'-DDT

นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่ม Toxaphene, chlordane (all isomers) และ PCBs ในรูปของ Aroclor 1016, 1221, 1232, 1242, 1248, และ 1260 เพราะสารแต่ละตัวเหล่านี้ประกอบไปด้วยหลายๆ ไอโซเมอร์ประกอบกันอยู่ จึงต้องทำแยกต่างหาก

ตาราง 3-4 การเตรียมสารละลายตรวจเทียบมาตรฐาน (calibration standard) จาก working standard ของ 4,4'-DDT

4,4'-DDT (ml)	Final Vol. (ml)	Final 4,4'-DDT concentration (ng/ml)
0.25	10	20
0.50	10	40
1.00	10	80
2.00	10	160

ใช้ปิเปตดูดสารละลายจาก working standard ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ลงใน GC-vial ขนาด 2 มิลลิลิตร เติมสารละลาย TCMX(IS) ที่เตรียมไว้(มีความเข้มข้นเท่ากับ 2 นาโนกรัมต่อไมโครลิตร) ปริมาตร 25 ไมโครลิตร (คิดเป็นเนื้อสารเท่ากับ 50 นาโนกรัม) ลงไปในขวดนำไปวิเคราะห์ด้วย GC/ECD ได้ผลดังตารางที่ 3-5 เพื่อหาสมการที่ใช้สำหรับคำนวณหาปริมาณสารจากตัวอย่าง

3.6.6 การคำนวณ

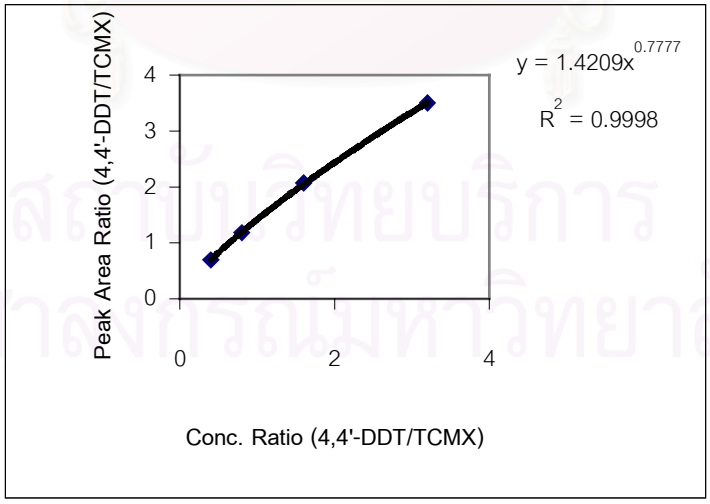
เมื่อนำเอาสารตรวจเทียบมาตรฐานที่เตรียมไว้ตามตารางที่ 3-4 โดยมีความเข้มข้น 4 ระดับความเข้มข้นไปวิเคราะห์ด้วย GC/ECD ได้ผลดังตารางที่ 3-5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-5 ตัวอย่างผลการคำนวณหา calibration curve ของ 4,4'-DDT

Concentration	IS (TCMX)	Analyte (4.4'-DDT)	Conentration Ratio of Analyte/IS
	(ng/ml)	(ng/ml)	
Level1	50	20.0	0.4
Level2	50	40.0	0.8
Level3	50	80.0	1.6
Level4	50	160.0	3.2
Peak Area	**IS (TCMX)**	**Analyte (4.4'-DDT)**	**Area ratio of Analyte/IS**
Level1	406.5	285.1	0.70
Level2	409.6	484.2	1.18
Level3	399.1	827.4	2.07
Level4	420.1	1472.3	3.50

นำผลจากตารางบนมาสร้างกราฟระหว่าง อัตราส่วนของ ความเข้มข้น ต่อ อัตราส่วนของพื้นที่ใต้พีค ได้ดังรูปที่ 3-7



รูปที่ 3-7 ภาพความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความเข้มข้นและพื้นที่ใต้พีคของ 4,4'-DDT และ TCMX(IS)

จากกราฟเส้นแนวโน้มที่เข้าได้พอดีกับจุดข้อมูล

$$Y = 1.4209X^{0.7777}$$

อยู่ในรูปที่เป็นสมการความสัมพันธ์ดังนี้คือ

$$Y = A(X)^{B}$$

ดังนั้น $$X = \left(\frac{Y}{A}\right)^{\frac{1}{B}} \quad \text{.....(1)}$$

เมื่อ

X = อัตราส่วนของ ความเข้มข้นของ 4,4'-DDT ต่อ ความเข้มข้นของ IS

Y = อัตราส่วนของ พื้นที่ใต้พีคของ 4,4'-DDT ต่อ พื้นที่ใต้พีคของ IS

A และ B เป็นค่าคงที่

กำหนดให้ Conc_of_4,4'-DDT = ความเข้มข้นของ 4,4'-DDT

Conc_of_IS = ความเข้มข้นของ IS

Area_of_4,4'-DDT = พื้นที่ใต้พีคของ 4,4'-DDT

Area_of_IS = พื้นที่ใต้พีคของ IS

เมื่อแทนที่ในสมการ (1) จะได้

$$\frac{Conc_of_4,4'\text{–}DDT}{Conc_of_IS} = \left(\frac{(\frac{Area_of_DDT}{Area_of_IS})}{A}\right)^{\frac{1}{B}}$$

เนื่องจาก 4,4'-DDT และ IS อยู่ในสารละลายเดียวกัน มีปริมาตรเท่ากัน ดังนั้น

$$\frac{ng_of_4,4'\text{–}DDT}{ng_of_IS} = \left(\frac{(\frac{Area_of_DDT}{Area_of_IS})}{A}\right)^{\frac{1}{B}}$$

$$(ng_of_4,4'\text{–}DDT) = \left(\frac{(\frac{Area_of_DDT}{Area_of_IS})}{A}\right)^{\frac{1}{B}} \times (ng_of_IS) \quad \text{...(2)}$$

ดังนั้น ปริมาณของ 4,4'-DDT สามารถคำนวณได้จากปริมาณของ IS ที่เติมเข้าไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Calibration curve ต้องทำสำหรับสารมาตรฐานทุกตัว ในที่นี้ 4,4'-DDT เป็นเพียงตัวอย่างเดียวเท่านั้น ค่า exponential coefficient (B) จะบ่งบอกว่าสมการเข้าใกล้สมการเส้นตรงมากน้อยเท่าใด ถ้าหากเข้าใกล้เส้นตรง ค่า B จะเข้าใกล้ 1.0 การคำนวณโดยใช้สมการ exponential คำนวณ จะให้ผลที่ถูกต้องมากกว่าการคำนวณโดยใช้สมการเส้นตรง (linear equation) (Wade and Cantillo, 1996)

เมื่อเราแทนที่ 4,4'-DDT ด้วยสารที่ต้องการวิเคราะห์ใดๆ (Analyte) ที่เราต้องการหาปริมาณ จะได้

$$(ng_of_Analyte) = \left(\frac{(\frac{Area_of_Analyte}{Area_of_IS})}{A} \right)^{\frac{1}{B}} \times (ng_of_IS) \quad \ldots(3)$$

เนื่องจากปริมาณของ ng_of_Analyte ได้มาจากตัวอย่างปริมาณ Z กรัมน้ำหนักแห้ง

นั่นคือ ตัวอย่าง Z กรัม จะมีปริมาณของ Analyte เท่ากับ (ng_of_Analyte)

ดังนั้น ตัวอย่าง 1 กรัม จะมีปริมาณของ Analyte เท่ากับ $\frac{(ng_of_Analyte)}{Z}$ ng

หรือ ความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ ในตัวอย่าง จะได้เท่ากับ

$$(conc._of_Analyte) = \left(\frac{(\frac{Area_of_Analyte}{Area_of_IS})}{A} \right)^{\frac{1}{B}} \times \frac{(ng_of_IS)}{Z} \ , \ (\frac{ng}{g})$$

หรือ

$$y = \left(\frac{(\frac{Aa}{Ais})}{A} \right)^{\frac{1}{B}} \times \frac{Iis}{Sdw} \ , \ (\frac{ng}{g})$$

เมื่อ y = ความเข้มข้นของสารที่ต้องการวิเคราะห์ (conentration of Analyte)

A และ B = ค่าคงที่ได้จากสมการของ calibration curve

Aa = พื้นที่ใต้พีคของสารที่ต้องการวิเคราะห์ (Area of Analyte)

Ais = พื้นที่ใต้พีคของ TCMX ที่เติม (Area of Internal Stadard, TCMX)

Iis = ปริมาณของ TCMX ที่เติมลง (นาโนกรัม)

Sdw = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้สกัด (กรัม, น้ำหนักแห้ง)

3.6.7 **เปอร์เซ็นต์การกลับคืน** (Percent Recovery)

ค่าเปอร์เซ็นต์การกลับคืนของ internal standard คำนวณได้จากพื้นที่ใต้พีคของ TCMX (IS) และ DBOFB (SS) จากความเข้มข้นของ calibration standard เทียบกับพื้นที่ใต้พีค และความเข้มข้นในตัวอย่าง โดยอาศัยสมการ

$$\%\,\mathrm{Recovery} = (R1)(R2)(R3)(R4)(100\%)$$

$$\text{R1} = \frac{SS_peak_area}{IS_peak_area}\text{, จากตัวอย่าง}$$

$$\text{R2} = \frac{SS_concentration(ng/\mu l)}{IS_concentration(ng/\mu l)}$$

$$\text{R3} = \frac{IS_peak_area}{SS_peak_area}\text{, จาก calibration}$$

$$\text{R4} = \frac{Amont_of_IS(ng)}{Amont_of_SS_in_sample(ng)}$$

เมื่อ

SS_peak_area = พื้นที่ใต้พีคของ DBOFB (SS) จากตัวอย่าง

IS_peak_area = พื้นที่ใต้พีคของ TCMX(IS) จากตัวอย่าง

SS_concentration = ความเข้มข้นของพีคของ DBOFB (SS) ที่เตรียม (ng/μl)

IS_concentration = ความเข้มข้นของพีคของ TCMX (IS) ที่เตรียม (ng/μl)

Amount_of_IS = ปริมาณเนื้อสารของ TCMX (IS) ที่เติมในตัวอย่างก่อนวิเคราะห์ GC (ng)

Amount_of_SS = ปริมาณเนื้อสารของ DBOFB (SS) ที่เติมในตัวอย่างก่อนสกัด

3.6.8 Instrument Detection Limit (DL)

Instrument Detection Limit (DL) คือค่าของความเข้มต่ำสุดของสารที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้ หาได้โดยการหาความสูงของสัญญาณรบกวน(Instrument Background noise)ที่ได้จากการฉีดสารละลายเฮกเซนบริสุทธิ์ (Hexane Blank) แล้วนำค่าที่ได้คูณด้วย 3 กับค่าที่ได้ ต่อไปนำค่าที่ได้นี้ไปคำนวณเทียบกับความสูงของสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่ำสุดจากชุดของ calibration standard ที่เตรียม รายละเอียดการคำนวณแสดงในตาราง ช-1 (ภาคผนวก ช.) ผลการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 3-6

3.6.9 Method Detection Limit (MDL)

Method Detection Limit (MDL) คือค่าของความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถตรวจวัดได้จากวิธีการทดลองที่ใช้ คำนวณได้จากความสูงของสัญญาณรบกวน (noise) ที่ได้จาก Procedure Blank โดยคิดจาก noise ที่มีค่า Retention Time ตรงกับ Peak ของสารมาตรฐาน นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาเฉลี่ย แล้วคูณด้วย 3 นำค่านี้ไปคำนวณเทียบอัตราส่วนกับความสูงของสารละลายมาตรฐาน ที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดจากชุดของ calibration standard และหารด้วยค่าน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ รายละเอียดการคำนวณแสดงในตาราง ช-2 (ภาคผนวก ช.) ผลการคำนวณแสดงได้ดังตารางที่ 3-6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3-6 ค่า Instrument Detection Limit (DL) และ Method Detection Limit (MDL)สำหรับการวิเคราะห์ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนและหอยแมลงภู่

Compound	Instrument Detection Limit (ng/ml)	Method Detection Limit (ng/g)	
		ดินตะกอน	หอยแมลงภู่
alpha-BHC	0.315	0.010	0.078
beta-BHC	0.644	0.020	0.163
gamma-BHC	0.348	0.011	0.086
delta-BHC	0.412	0.013	0.103
Heptachlor	0.401	0.013	0.100
Alrdrin	0.339	0.011	0.084
Heptachlor epoxide	0.371	0.012	0.092
4,4'-DDD	0.878	0.028	0.227
2,4,-DDE	0.493	0.015	0.124
alpha-Chlordane	0.346	0.011	0.086
Dieldrin	0.361	0.011	0.090
4,4'-DDE	0.344	0.011	0.085
2,4'-DDD	0.528	0.017	0.133
Endrin	0.516	0.016	0.129
2,4'-DDT	0.479	0.015	0.120
4,4'-DDT	0.472	0.015	0.118
Chlordane	4.851	0.122	1.624

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ลักษณะทางกายภาพของดินตะกอน

4.1.1 ดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน

ลักษณะดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีนในเดือนมิถุนายน 2541 (เป็นตัวแทนของฤดูน้ำน้อย) และเดือนพฤศจิกายน 2541 (เป็นตัวแทนของฤดูน้ำหลาก) จากแต่ละสถานี ซึ่งส่วนใหญ่จะมีสีดำคล้ำ และมีกลิ่นเหม็น มีเศษขยะ ซากวัชพืช ต่างๆ รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ลักษณะทางกายภาพของดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีน

สถานี	มิถุนายน 2541	พฤศจิกายน 2541
T1	สีเทา-น้ำตาล ร่วน มีขยะ	สีเทา-น้ำตาล ร่วน
T2	สีน้ำตาล-ดำ	สีน้ำตาล-ดำ
T3	-	สีน้ำตาล-ดำ
T4	สีดำคล้ำ มีกลิ่นเหม็น มีขยะ	เป็นเลนสีดำคล้ำ มีกลิ่นเหม็น
T5	สีดำ	-
T6	สีดำ	สีดำ
T7	สีเทาดำ	สีเทาดำ
T8	สีดำมีกลิ่นเหม็น	สีดำมีกลิ่นเหม็น
T9	สีดำมีกลิ่นเหม็น มีขยะ	สีดำมีกลิ่นเหม็น มีเปลือกหอย
T10	สีดำ	สีเทาดำ

หมายเหตุ

1.สถานีหน้าวัดอ้อมใหญ่ (T3) ในเดือนมิถุนายน 2541 เก็บตัวอย่างไม่ได้เนื่องจาก grab ที่ใช้เก็บตัวอย่างชำรุด

2.สถานีปากคลองภาษีเจริญ (T5) ในเดือนพฤศจิกายน เก็บตัวอย่างไม่ได้ เนื่องจากมีการขุดลอกคลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับอนุภาคตะกอนของดินตามลำน้ำท่าจีน จะพบว่ามีปริมาณทรายค่อนข้างสูงทุกสถานี แสดงได้ดังตารางที่ 4-2 และ 4-3 และรูปที่ 4-1

ตารางที่ 4-2 องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนในตัวอย่างเดือนมิถุนายน 2541

สถานี	%sand	%silt	%clay	Texture
T1	68.08	24.96	6.95	Sandy loam
T2	89.94	6.04	4.02	Sand
T3	-	-	-	-
T4	90.08	6.89	3.02	Sand
T5	70.16	18.75	11.10	Sandy loam
T6	92.16	5.96	1.88	Sand
T7	85.08	10.89	4.02	Loamy sand
T8	88.40	7.57	4.02	Sand
T9	87.87	10.25	1.88	Sand
T10	81.94	16.18	1.88	Loamy sand

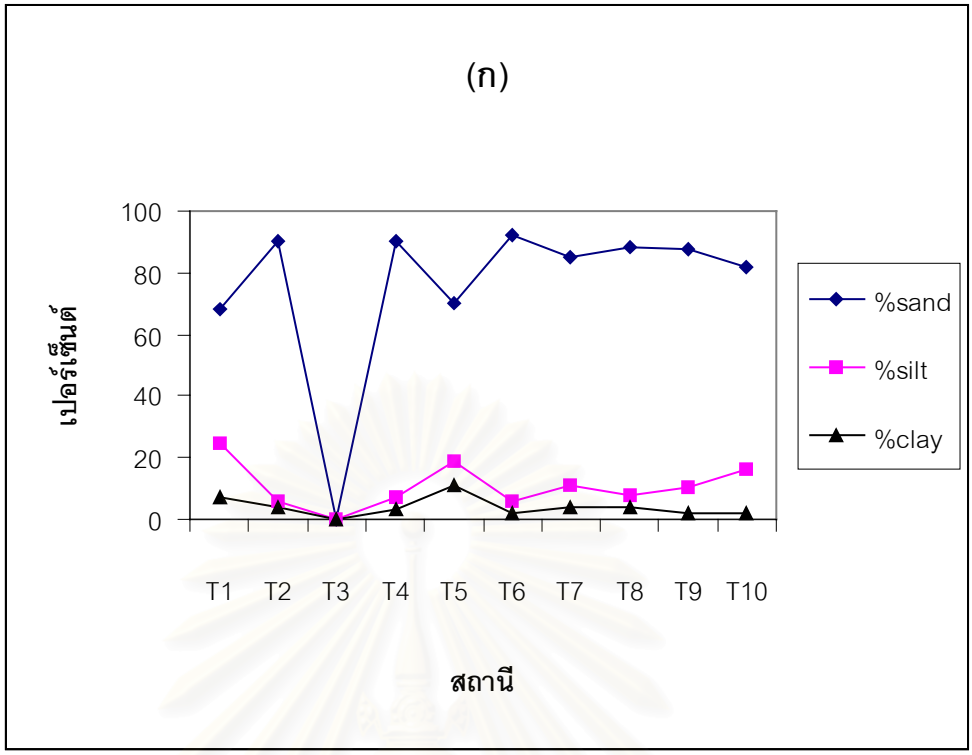
หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง

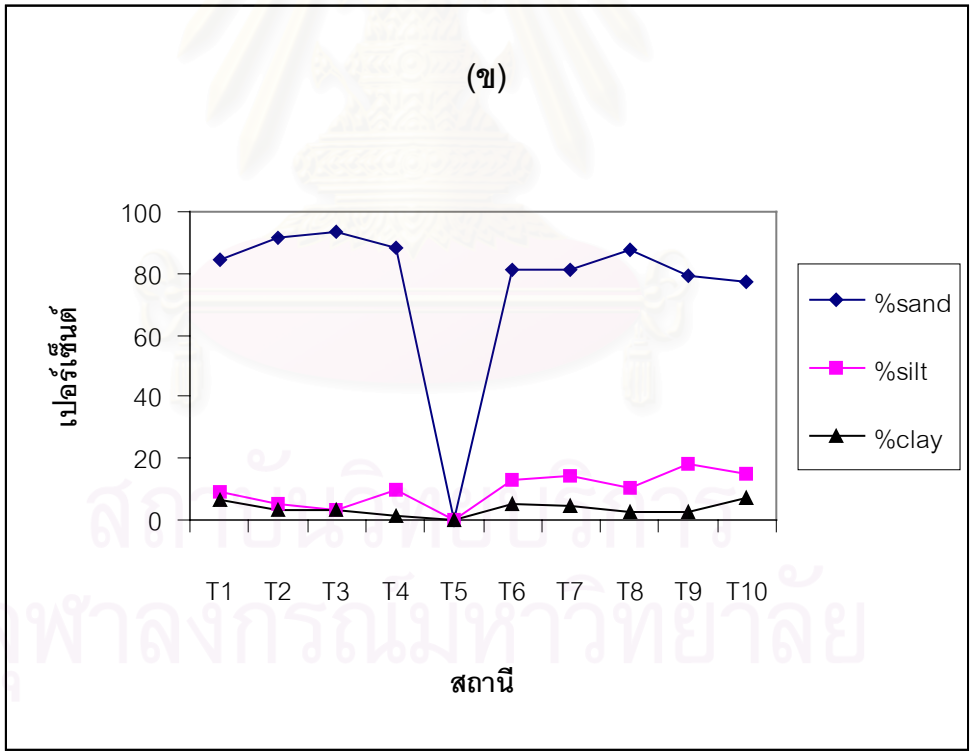
ตารางที่ 4-3 องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนในตัวอย่างเดือนพฤศจิกายน 2541

สถานี	%sand	%silt	%clay	Texture
T1	84.31	9.40	6.30	Loamy sand
T2	91.38	5.18	3.44	Sand
T3	93.31	3.54	3.15	Sand
T4	88.60	9.96	1.44	Sand
T5	-	-	-	-
T6	81.31	13.25	5.44	Loamy sand
T7	81.45	14.11	4.44	Loamy sand
T8	87.38	10.18	2.44	Sand
T9	79.24	18.24	2.51	Loamy sand
T10	77.52	15.11	7.37	Loamy sand

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





รูปที่ 4-1 การกระจายของอนุภาคดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีน

ก. เดือนมิถุนายน 2541

ข. เดือนพฤศจิกายน 2541

4.1.2 ดินตะกอนตามความลึก บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

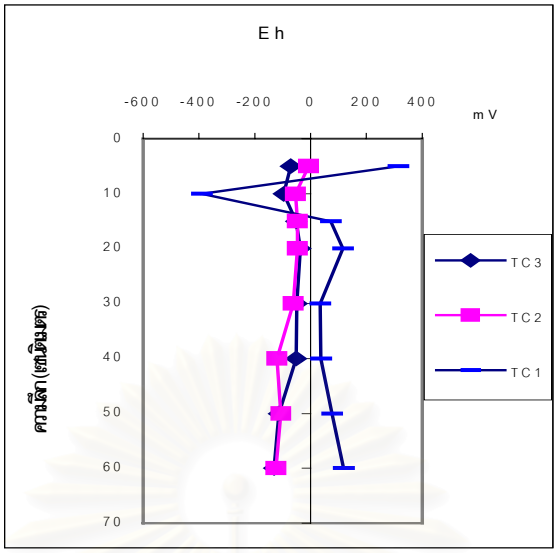
ดินตะกอนตามความลึกบริเวณปากแม่น้ำทำการเก็บตัวอย่างใน 3 สถานี คือ สถานี TC1 ตั้งอยู่บริเวณฝั่งบางหญ้าแพรก ดินตะกอนมีความลึกสุด 60 เซนติเมตร ทำการแบ่งชั้นดินดังนี้คือ ตั้งแต่ผิวหน้าลงไปถึงระดับความลึก 20 เซนติเมตร ตัดแบ่งชั้นละ 5 เซนติเมตร และตั้งแต่ 20 เซนติเมตรลงไปทำการแบ่งชั้นๆ ละ 10 เซนติเมตร ได้ตัวอย่าง 8 ชั้น (8 ตัวอย่าง) ดินตะกอนบริเวณฝั่งโคกขามทำการเก็บตัวอย่าง 2 สถานีคือ TC2 และ TC3 โดยการเก็บเหมือนสถานี TC1 แต่ตัวอย่าง TC2, 50-60 เซนติเมตร เกิดความเสียหายในระหว่างการขนส่งไปทำการ freeze dry ทำให้ตัวอย่างเสีย

ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล (Eh) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินตะกอนในระดับความลึกต่างๆ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน แสดงได้ดังตารางที่ 4-4 รูปที่ 4-2 และรูปที่ 4-3

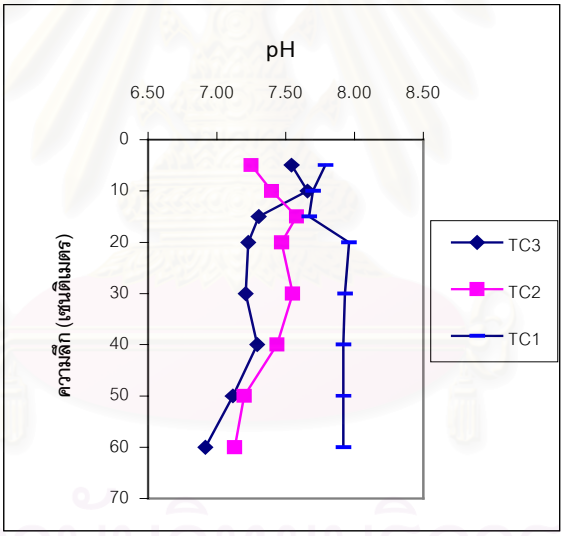
(**หมายเหตุ** ไม่ได้ทำการบันทึกลักษณะ สีของดินตะกอนตามความลึกทั้งสามสถานี)

ตารางที่ 4-4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล(Eh) , ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) กับความลึกของดินตะกอนตามความลึก

ระดับความลึก (เซนติเมตร)	Eh (mV)			pH		
	TC1	TC2	TC3	TC1	TC2	TC3
0-5	314	-6.5	-72	7.79	7.25	7.55
5-10	-391	-55	-96	7.7	7.4	7.66
10-15	71	-47.5	-52	7.67	7.58	7.31
15-20	116	-47	-37	7.96	7.47	7.23
20-30	35	-61	-50	7.93	7.55	7.21
30-40	36	-121.5	-51	7.92	7.44	7.30
40-50	76	-107	-114	7.92	7.2	7.12
50-60	119	-123	-131	7.92	7.13	6.92



รูปที่ 4-2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า Eh กับความลึก ของดินตะกอนตามความลึก



รูปที่ 4-3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า pH กับความลึก ของดินตะกอนตามความลึก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับอนุภาคตะกอนตามความลึกทั้งสามสถานี (ภาคผนวก ง.) จะพบว่าตะกอนส่วนใหญ่ประกอบด้วยทรายเป็นส่วนใหญ่ และส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่ม sandy loam จนถึง loamy sand แสดงได้ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์อนุภาคดินตะกอนตามความลึก สถานี TC1 TC2 และ TC3

Depth	TC1	TC2	TC3
0-5	loamy sand	loamy sand	loamy sand
5-10	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
10-15	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
15-20	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
20-30	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
30-40	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
40-50	loamy sand	Sandy loam	Sandy loam
50-60	loamy sand	-	Sandy loam

หมายเหตุ - หมายถึงไม่มีตัวอย่าง

4.2 ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตัวอย่างดินตะกอน

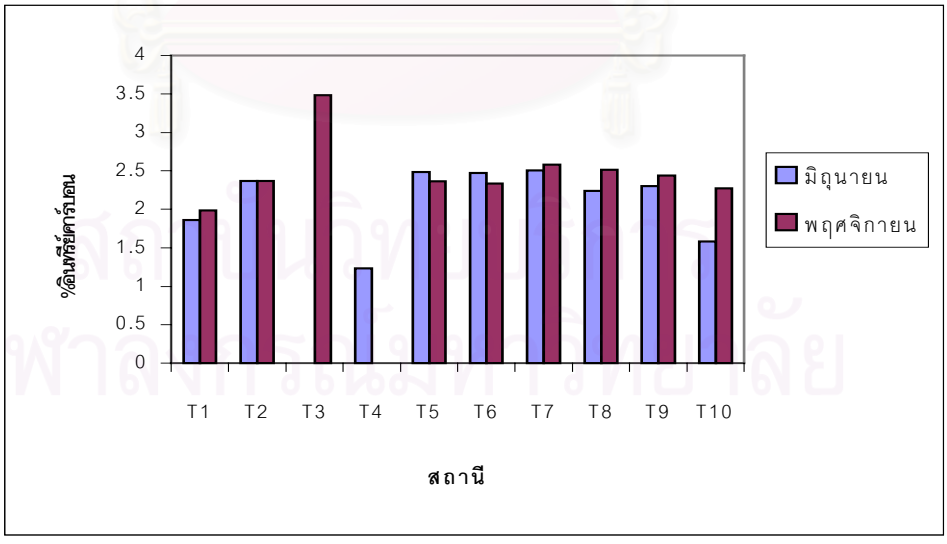
4.2.1 ตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า

เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนของดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน มีรายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-6 และรูปที่ 4-4

ตารางที่ 4-6 เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541

สถานี	มิถุนายน	พฤศจิกายน
T1	1.86	1.98
T2	2.37	2.37
T3	-	3.48
T4	2.48	2.36
T5	1.23	-
T6	2.47	2.33
T7	2.51	2.58
T8	2.24	2.51
T9	2.30	2.44
T10	1.58	2.28
ค่าเฉลี่ย	**2.12**	**2.48**
S.D.	**0.46**	**0.41**

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง



รูปที่ 4-4 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541

4.1.2 ตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก

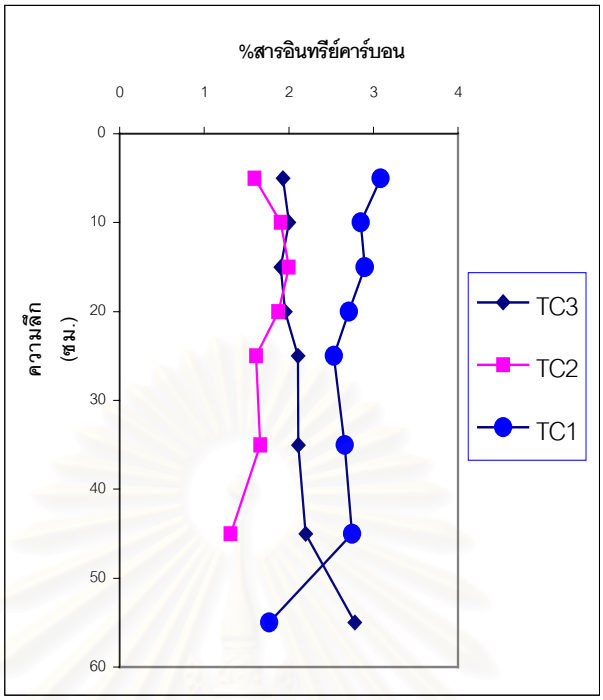
ค่าปริมาณสารอินทรีย์บริเวณสถานี TC1 มีค่าสูงกว่าสถานี TC2 และ TC3 ก็เนื่องจากสถานี TC1 อยู่ในพื้นที่ป่าชายเลนที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีต้นไม้ขึ้นหนาแน่นมากกว่าอีกสองสถานี ทำให้เกิดการทับถมของดินตะกอนและเศษใบไม้ที่ร่วงหล่นลงบนพื้นดิน เกิดการย่อยสลายของใบไม้ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-7 และรูปที่ 4-5

ตาราง 4-7 เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ตามความลึก

ระดับความลึก (เซนติเมตร)	สถานี		
	TC1	TC2	TC3
0-5	3.09	1.60	1.93
5-10	2.85	1.90	2.00
10-15	2.90	2.00	1.90
15-20	2.71	1.88	1.95
20-30	2.53	1.61	2.11
30-40	2.66	1.66	2.12
40-50	2.75	1.31	2.20
50-60	1.77	-	2.78

หมายเหตุ - ไม่มีตัวอย่าง (ตัวอย่างแตกเสียหายระหว่างขนส่ง)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-5 การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ตามความลึก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ในดินตะกอน

4.3.1 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบกลุ่ม POPs ในดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน

โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนในเดือนพฤศจิกายน 2541 แสดงได้ดังรูปที่ 4-6 ถึง 4-7 ซึ่งโครมาโทแกรมที่แสดงนี้ แสดงเฉพาะพีคของ POPs ในตัวอย่างที่วิเคราะห์ได้และตรงกันกับพีคของสาร POPs แต่ละชนิดในโครมาโทแกรมของสารมาตรฐาน

ผลการคำนวณความเข้มข้นของ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีน ได้ผลดังนี้ (ตารางที่ 4-8 และ 4-9)

บีเอชซีรวม (Total-BHC) (ผลรวมของ alpha-, beta-, gamma-, และ delta-BHC)

ค่าที่ตรวจพบในเดือนมิถุนายน 2541 มีค่าอยู่ในช่วง <0.020-2.589 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าที่พบจะมีค่าสูงบริเวณต้นน้ำ และมีแนวโน้มลดลงจนถึงปากแม่น้ำ

ในเดือนพฤศจิกายน 2541 มีค่าในช่วง <0.020-1.771 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อมองดูแนวโน้มการกระจายพบว่าค่าที่สูงบริเวณต้นน้ำ มีแนวโน้มลดลงจนถึงปากแม่น้ำ

เฮ็ปตาคลอ (Heptachlor)

ในเดือนมิถุนายนมีค่าในช่วง <0.013-1.103 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบค่าสูงที่สถานี T4 มีค่า 1.103 และสถานี T7 มีค่า 0.214 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ในเดือนพฤศจิกายน ทุกสถานีมีค่า <0.013 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

อัลดริน (Aldrin)

ในเดือนมิถุนายน 2541 มีค่าในช่วง <0.011-0.731 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าสูงที่สถานี T4 (0.731 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) สถานี T5 (0.252 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) สถานี T6 (0.558 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และสถานี T7 (0.212 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) และในเดือนพฤศจิกายน ตรวจพบค่าที่สูงเพียง 2 สถานี คือ สถานี T4 มีค่า 0.066 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนสถานีอื่นมีค่า <0.011 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ตารางที่ 4-8 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนผิวหน้าตามล้ำน้ำท่าจีน เดือนมิถุนายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

Station	Total BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	Chlordane	dieldrin	endrin	Total DDT	%recovery
T1	2.589	<0.013	<0.011	<0.012	1.848	0.561	<0.016	4.172	83.92
T2	0.551	<0.013	<0.011	0.258	<0.122	<0.011	<0.016	2.302	104.04
T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	1.631	1.103	0.731	<0.012	11.594	<0.011	<0.016	45.073	118.62
T5	0.128	<0.013	0.252	<0.012	1.808	<0.011	<0.016	0.269	77.03
T6	0.223	<0.013	0.558	<0.012	3.706	<0.011	<0.016	1.020	66.38
T7	0.805	0.214	0.212	<0.012	6.385	0.528	<0.016	0.090	92.39
T8	2.182	<0.013	<0.011	<0.012	4.277	0.488	<0.016	2.469	77.03
T9	<0.020	<0.013	<0.011	<0.012	2.088	<0.011	<0.016	0.472	61.89
T10	<0.020	<0.013	<0.011	<0.012	0.654	<0.011	<0.016	0.327	49.08

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง

ตารางที่ 4-9 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนผิวหน้าตามล้ำน้ำท่าจีน เดือนพฤศจิกายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

Station	Total BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	chlordane	Dieldrin	endrin	Total DDT	%recovery
T1	1.772	<0.013	<0.011	<0.012	1.437	0.352	<0.016	1.670	108.50
T2	1.538	<0.013	<0.011	<0.012	3.645	0.315	<0.016	1.204	107.01
T3	1.186	<0.013	<0.011	<0.012	5.525	<0.011	<0.016	3.046	131.61
T4	<0.020	<0.013	0.066	<0.012	2.042	<0.011	<0.016	6.516	122.44
T5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T6	0.417	<0.013	<0.011	<0.012	1.941	<0.011	<0.016	0.874	91.05
T7	0.502	<0.013	<0.011	<0.012	2.587	<0.011	<0.016	1.653	137.75
T8	0.114	<0.013	<0.011	<0.012	0.747	<0.011	<0.016	2.893	90.96
T9	0.483	<0.013	<0.011	<0.012	2.875	<0.011	<0.016	1.123	116.07
T10	0.220	<0.013	<0.011	<0.012	3.653	<0.011	<0.016	0.636	93.82

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง

เฮ็ปตาคลออีพอกไซด์ (Heptachlor epoxide)

ตรวจพบในช่วง <0.012-0.258 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบค่าสูงที่สถานี T2 ในเดือนมิถุนายน 2541 มีค่า 0.258 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ดีดีดีรวม (ผลรวมของ DDT+DDE+DDD ทุกไอโซเมอร์)

ในเดือนมิถุนายน มีค่าในช่วง 0.269-45.073 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง จะพบว่าที่สถานี T4 มีค่าสูงมาก โดยมีค่าสูงถึง 45.073 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ในเดือนพฤศจิกายนมีค่าในช่วง 0.636-6.516 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ดีลดริน (Dieldrin)

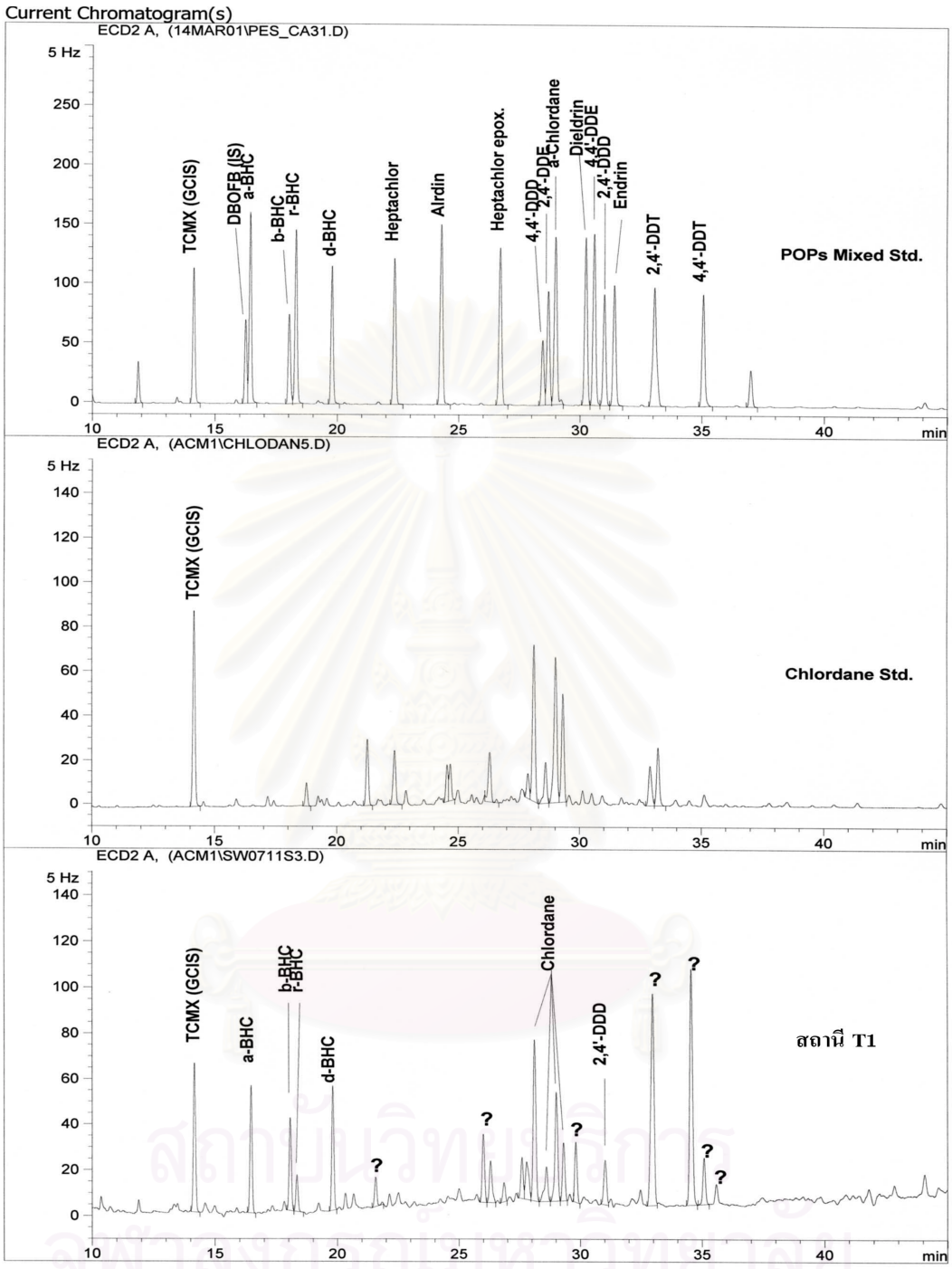
ในเดือนมิถุนายน 2541 มีค่าในช่วง <0.011-0.561 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ค่าที่พบสูงอยู่ในสถานี T1 สถานี T7 และสถานี T8 โดยมีค่าความเข้มข้น 0.561, 0.528 และ 0.488 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ส่วนในเดือนพฤศจิกายนมีค่าในช่วง <0.011-0.352 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยพบค่าสูงใน 2 สถานีบริเวณต้นน้ำคือ คือสถานี T1 และสถานี T2 โดยมีค่าความเข้มข้น 0.352 และ 0.315 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เอนดริน (Endrin) ทุกสถานีในสองเดือนมีค่าต่ำกว่า <0.016 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

คลอเดน (Chlordane)

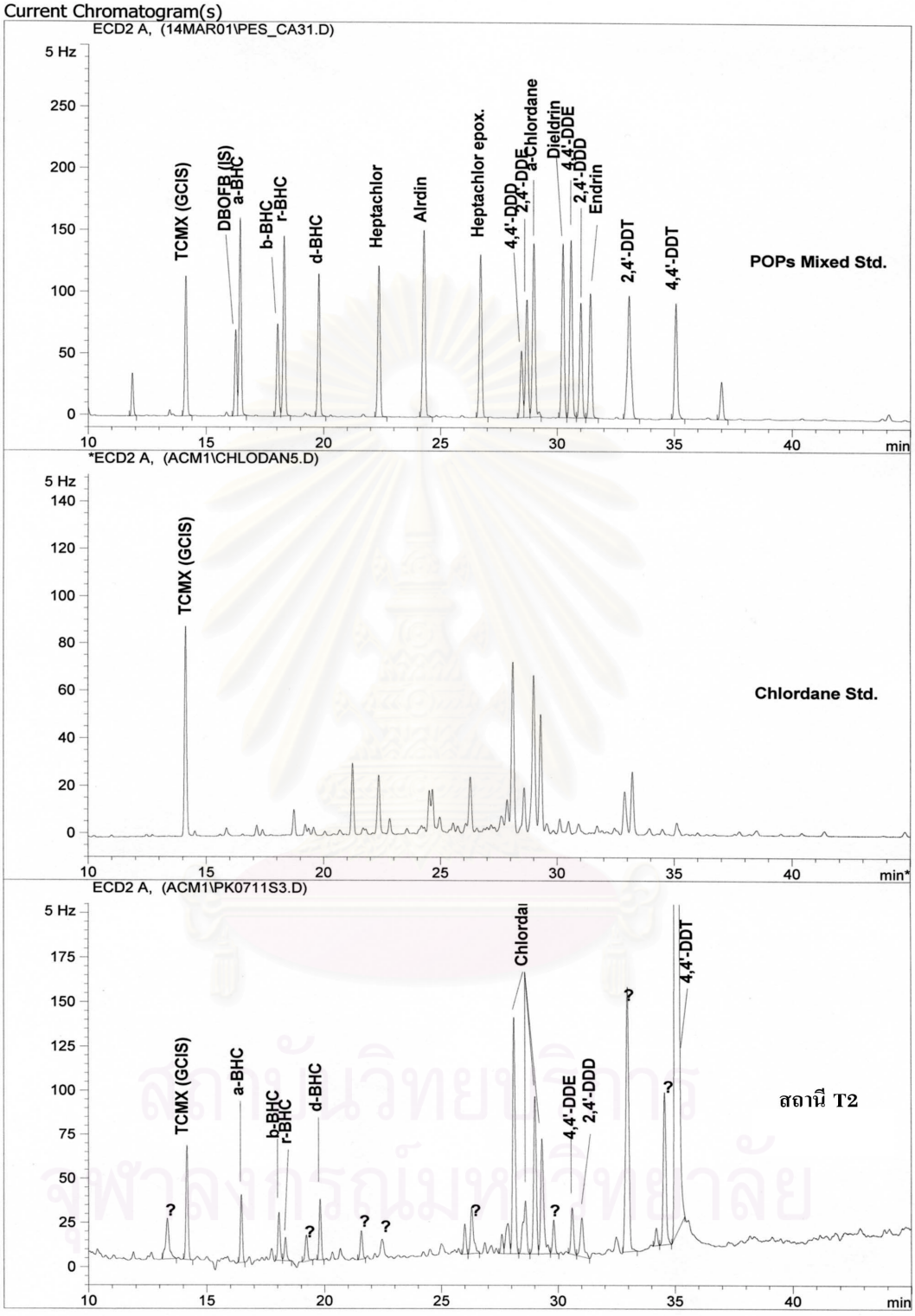
ในเดือนมิถุนายน มีค่าในช่วง <0.122-11.594 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และพฤศจิกายนมีค่าในช่วง 0.747-5.525 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4-6 โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T1 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA3 เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมสารมาตรฐาน POPs Mixed Std. และคลอเดน

? หมายถึง unknown



รูปที่ 4-7 โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T2 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA3 เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมสารมาตรฐาน POPs Mixed Std. และคลอเดน

? หมายถึง unknown

4.3.2 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบกลุ่ม POPs ในดินตะกอนตามความลึก บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

ศึกษาการสะสมของสาร POPs ในดินตะกอนตามความลึก แสดงในตารางที่ 4-10, 4-11 และ 4-12

Total-BHC (ผลรวมของ alpha-, beta-, gamma- และ delta-BHC)

สถานี TC1 มีค่าในช่วง <0.014-1.285 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง พบค่ามากที่สุดใน 3 ระดับความลึก คือ ความลึก 0-5 เซนติเมตร, 15-20 เซนติเมตร และความลึก 50-60 เซนติเมตร โดยมีค่า 0.123, 0.472 และ 0.186 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

สถานี TC2 พบ BHC โดยมีค่า<0.014-0.015 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

สถานี TC3 มีค่าในช่วงตั้งแต่ <0.014-0.724 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งที่ความลึก 0-5 เซนติเมตรมีค่าน้อยที่สุด รูปแบบที่พบความเข้มข้นมากที่สุด คือ alpha- รองลงมาคือ gamma-BHC

Heptachlor, Heptachlor epoxide และ Endrin ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกทั้ง 3 สถานี มีค่าน้อยกว่าค่า Method Detection Limit (MDL) (ภาคผนวก ช.) ทุกตัวอย่าง

Aldrin จากตัวอย่างที่วิเคราะห์ มีค่าในช่วง <0.011-0.196 โดยพบว่าสถานี TC2 ที่ความลึก 40-50 เซ็นติเมตร มีความเข้มข้นมากที่สุดคือ 0.196 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนนอกนั้นจะมีค่า <0.011 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ดีดีดีรวม (ผลรวมของ DDT+DDE+DDD ทุกไอโซเมอร์)

สถานี TC1 มีค่าอยู่ในช่วง <0.017-0.958 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

สถานี TC2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.399-1.601 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

สถานี TC3 มีค่าอยู่ในช่วง 0.231-0.544 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

4,4'-DDE เป็นอนุพันธ์ของ DDT ที่พบได้บ่อยที่สุดเกือบทุกตัวอย่าง ทุกระดับความลึก ปริมาณความเข้มข้นของดีดีทีรวม ที่พบในตัวอย่างดินตามความลึก ในแต่ละสถานีจะมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

คลอเดน (Chlordane)

พบได้บ่อยทุกสถานี และทุกระดับความลึก สถานี TC1 มีค่าอยู่ระหว่าง <0.122-0.765 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สถานี TC2 มีค่าในช่วง 0.202-1.178 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และสถานี TC3 มีค่าในช่วง 0.243-1.191 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ทั้งสามสถานีค่าที่พบไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4-10 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนตามความลึกบริเวณสถานี TC1 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

ระดับความลึก (cm.)	Total BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	chlordane	dieldrin	Endrin	Total DDT	%recovery
0-5	1.285	<0.013	<0.011	<0.012	0.765	<0.011	<0.016	0.438	70.32
5-10	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.480	<0.011	<0.016	<0.017	67.69
10-15	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.270	<0.011	<0.016	0.366	69.00
15-20	0.472	<0.013	<0.011	<0.012	0.302	<0.011	<0.016	0.450	81.14
20-30	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	<0.122	<0.011	<0.016	0.724	77.03
30-40	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	<0.122	<0.011	<0.016	0.958	71.65
40-50	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	<0.122	<0.011	<0.016	0.539	88.12
50-60	0.186	<0.013	<0.011	<0.012	<0.122	0.065	<0.016	0.422	81.14

ตารางที่ 4-11 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนตามความลึกบริเวณสถานี TC2 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

ระดับความลึก (cm.)	Total BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	chlordane	dieldrin	endrin	Total DDT	%recovery
0-5	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.312	<0.011	<0.016	0.404	79.59
5-10	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.251	<0.011	<0.016	0.433	70.71
10-15	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.202	<0.011	<0.016	1.601	61.73
15-20	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.516	<0.011	<0.016	0.142	76.70
20-30	0.015	<0.013	<0.011	<0.012	0.255	<0.011	<0.016	0.924	55.74
30-40	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.325	<0.011	<0.016	0.529	65.65
40-50	<0.014	<0.013	0.196	<0.012	1.178	<0.011	<0.016	0.399	61.83

ตารางที่ 4-12 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ดินตะกอนตามความลึกบริเวณสถานี TC3 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

ระดับความลึก (cm.)	Total BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	chlordane	dieldrin	endrin	Total DDT	%recovery
0-5	<0.014	<0.013	<0.011	<0.012	0.243	<0.011	<0.016	0.351	77.03
5-10	0.724	<0.013	<0.011	<0.012	0.353	<0.011	<0.016	0.377	72.99
10-15	0.560	<0.013	<0.011	<0.012	0.383	<0.011	<0.016	0.231	70.32
15-20	0.349	<0.013	<0.011	<0.012	0.508	<0.011	<0.016	0.382	86.72
20-30	0.308	<0.013	<0.011	<0.012	1.191	<0.011	<0.016	0.384	83.92
30-40	0.251	<0.013	<0.011	<0.012	0.365	<0.011	<0.016	0.414	79.77
40-50	0.625	<0.013	<0.011	<0.012	0.809	<0.011	<0.016	0.462	86.72
50-60	0.096	<0.013	<0.011	<0.012	0.271	<0.011	<0.016	0.544	79.77

4.4 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณ POPs ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

ตัวอย่างหอยแมลงภู่ทั้งหมด 4 ตัวอย่าง ใน 2 ฤดู มีเปอร์เซ็นต์น้ำในช่วง 80.07-82.97 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไขมันในช่วง 2.16-3.37 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4-13 (วิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก จ.) ปริมาณ POPs ที่ตรวจพบในตัวอย่างหอยแมลงภู่ตรวจพบ 3 กลุ่ม คือสารในกลุ่มบีเอชซี, ดีดีที และกลุ่มคลอร์เดน ดังตารางที่ 4-14 (ผลคำนวณทั้งหมดแสดงในภาคผนวก ซ.)

บีเอชซีรวมที่ตรวจพบในทั้งสองฤดูมีค่าระหว่าง <0.072-0.092 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก รูปแบบที่พบอยู่ในรูปแบบ gamma-BHC คลอร์เดนพบในช่วง 1.848-2.774(เฉลี่ย 2.217) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ค่าที่พบในเดือนตุลาคม 2541 มีค่าสูงกว่าเดือนกรกฎาคมเล็กน้อย ค่าดีดีทีรวมมีค่าระหว่าง 0.862-2.114 (เฉลี่ย 1.271) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ค่าในเดือนกรกฎาคม มีค่าสูงกว่าเดือนพฤศจิกายนประมาณสองเท่า รูปแบบที่พบส่วนมากจะอยู่ในรูป 4,4'-DDE รองลงมาคือ 4,4'-DDT และ2,4'-DDD แต่เดือนตุลาคม จะพบเพียงไอโซเมอร์เดียวคือ 4,4'-DDE (ภาคผนวก ซ.)

ตารางที่ 4-13 ค่าความยาวเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์น้ำและไขมันในหอยแมลงภู่เดือนมิถุนายน และเดือนพฤศจิกายน 2541

ตัวอย่างหอยแมลงภู่	ความยาวเฉลี่ย(ซ.ม.)	เปอร์เซ็นต์น้ำ	ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	ไขมันทั้งหมด (กรัม)
หอย1 (มิ.ย.41)	5.9	81.39	2.97	0.3015
หอย2 (มิ.ย.41)	6.4	80.07	3.37	0.3435
หอย1 (พ.ย.41)	7.8	82.97	2.16	0.2200
หอย2 (พ.ย.41)	6.2	81.77	2.24	0.2376

ตารางที่ 4-14 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสาร POPs ที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่ ในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก)

ตัวอย่าง	TotalBHC	Heptachlor	aldrin	Heptachlor epoxide	chlordane	dieldrin	endrin	Total DDT	%recovery
หอย1 (มิ.ย.41)	0.092	<0.050	<0.042	<0.046	1.971	<0.045	<0.065	1.177	74.73
หอย2 (มิ.ย.41)	<0.054	<0.050	<0.042	<0.046	1.848	<0.045	<0.065	2.114	74.43
หอย1 (พ.ย.41)	<0.054	<0.050	<0.042	<0.046	2.275	<0.045	<0.065	0.862	66.38
หอย2 (พ.ย.41)	<0.054	<0.050	<0.042	<0.046	2.774	<0.045	<0.065	0.932	72.57

จากตารางที่ 4-13 และ 4-14 เมื่อนำปริมาณ POPs ที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่มาสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในแต่ละตัวอย่าง จะได้ความเข้มข้นของ POPs ต่อกรัมของไขมันตามตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 แสดงปริมาณ บีเอชซีรวม คลอเดน และดีดีทีรวม เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณไขมันที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่ ในเดือนมิถุนายน และพฤศจิกายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมไขมัน)

ตัวอย่าง	บีเอชซีรวม	คลอเดน	ดีดีทีรวม
หอย1 (มิ.ย.41)	0.452	66.281	39.585
หอย2 (มิ.ย.41)	<1.602	54.821	62.712
หอย1 (พ.ย.41)	<1.602	105.270	39.910
หอย 2 (พ.ย.41)	<1.602	123.989	41.658

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 ลักษณะทางกายภาพและอินทรีย์คาร์บอน

5.1.1 ดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน

ดินตะกอนผิวหน้าส่วนใหญ่จะมีตั้งแต่สีเทาไปจนถึงสีดำเข้ม แสดงว่าดินนั้นมีองค์ประกอบเป็นพวกสารอินทรีย์ในปริมาณที่สูง และดินจะมีกลิ่นเหม็นอันเนื่องมาจากเกิดการย่อยสลายของซากสารอินทรีย์ต่างๆ ที่อยู่ในดิน เมื่อนำเอาลักษณะดินจากตารางที่ 4-1 ไปสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนใน ตารางที่ 4-6 จะพบว่าดินสีดำจะมีอินทรีย์คาร์บอนมากที่สุด ส่วนดินสีน้ำตาล-เทา มีน้อยที่สุด

เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนของดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน ในฤดูน้ำน้อยเดือนมิถุนายน 2541 พบมีค่าอยู่ในช่วง 1.23-2.51 ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน แต่จะพบว่ามีค่าต่ำมากที่สถานีบริเวณปากคลองภาษีเจริญ ในฤดูน้ำมากในเดือนพฤศจิกายน 2541 ค่าเปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนของดินตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 1.98-3.48 เปอร์เซ็นต์ ค่าที่ได้ใกล้เคียงกับค่าที่เก็บในเดือนมิถุนายน แต่จะพบว่าที่สถานีหน้าวัดอ้อมใหญ่จะพบมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่น คือ 3.48 เปอร์เซ็นต์

สรุปว่าใน 2 ฤดู ปริมาณสารอินทรีย์คาร์บอนมีค่าไม่แตกต่างกันในแต่ละสถานี และมีค่าที่ใกล้เคียงกันตลอดลำน้ำ (รายละเอียดแสดงในตารางที่ 4-6 และรูปที่ 4-4)

5.1.2 ดินตะกอนตามความลึก บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

ค่ารีดอกซ์โพเทนเชียล(Eh) และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของดินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในดิน โดยบริเวณใดที่มีปริมาณออกซิเจนมาก ค่า Eh และ pH ก็จะมีค่าสูง สังเกตได้จากบริเวณผิวหน้าของดินตะกอนจะมีค่า Eh ติดลบน้อยกว่าที่ความลึกมากขึ้น และยังมีความสัมพันธ์เกี่ยวเนื่องกับปริมาณสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในดินด้วย หากดินตะกอนมีออกซิเจนอยู่ปริมาณสารอินทรีย์จะถูกออกซิไดซ์เหลือปริมาณลดน้อยลง ภายในสภาพแวดล้อม

ปกติของดินตะกอนที่ไม่ถูกรบกวน จะพบว่าที่ระดับความลึกมากขึ้น ค่า Eh ของดินจะมีค่าติดลบมากขึ้น ปริมาณออกซิเจนจะน้อยลง ปริมาณสารอินทรีย์ก็จะน้อยกว่าด้านบนเนื่องจากถูกออกซิไดซ์ไปตามระยะเวลา เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลายจะให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อก๊าซนี้ละลายน้ำจะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอนิก จึงทำให้ค่า pH ของดินมีค่าลดลงด้วย

จากตารางที่ 4-4 และรูปที่ 4-2 กราฟความสัมพันธ์ของ Eh และความลึกของดินตะกอน จะเห็นว่าสถานี TC1 มีค่าต่างกับอีกสองสถานี และ สถานี TC2 จะมีแนวโน้มเหมือน TC3 สถานี TC1 ค่า Eh ส่วนใหญ่ที่ค่าเป็นบวกยกเว้นที่ระดับความลึก 5-10 เซ็นติเมตรเท่านั้นที่มีค่าติดลบมากถึง –391mV สถานี TC1 เป็นบริเวณที่อยู่ด้านบ้านบางหญ้าแพรก เป็นบริเวณป่าชายเลนที่มีต้นไม้ป่าชายเลนขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นกว่าสถานี TC2 และ TC3 มีความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารสูง มีต้นไม้ป่าชายเลนขึ้นอย่างหนาแน่น ลักษณะดินทั่วไปจะมีร่องรอยของสัตว์หน้าดินอาศัยอยู่มาก มีรูที่เกิดจากการขุดเจาะของสัตว์หน้าดิน และรากหายใจของต้นไม้ชายเลน ทำให้มีน้ำขังอยู่ในดินได้เมื่อเวลาน้ำลง จึงทำให้สภาพของดินมีโอกาสสัมผัสกับออกซิเจนได้มาก ส่งผลให้ค่า Eh มีค่ามากกว่า หรืออยู่ในสภาพที่เรียกว่า Oxidizing Environment

เมื่อพิจารณาถึงค่า pH ของดินตะกอนตามความลึกพบว่า (ตารางที่ 4-4 และรูปที่ 4-3) สถานี TC1 จะมีค่ามากกว่า TC2 และมากกว่า TC3 สามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับค่า Eh (ตารางที่ 4-4 และรูปที่ 4-2)

เมื่อพิจารณาอนุภาคตะกอนของทั้งสามสถานี (ภาคผนวก ง) จะพบว่าตะกอนส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยทรายเป็นส่วนใหญ่ และส่วนใหญ่ของดินจัดอยู่ในกลุ่ม sandy loam จนถึง loamy sand จากปริมาณของทรายที่มีอยู่มาก จะส่งผลให้เกิดการซึมของน้ำและออกซิเจนผ่านคอลัมน์ของดินได้ ทำให้ค่า pH ที่ได้อยู่ในช่วงเบสใกล้เคียงกับน้ำทะเล

5.2 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบในกลุ่ม POPs ในดินตะกอน

จากการวิจัยครั้งนี้ เป็นที่น่าสังเกตว่าบริเวณที่ตั้งอยู่ใกล้แหล่งชุมชนหรือแหล่งที่มีโรงงานอุตสาหกรรม เช่น ในคลองภาษีเจริญ ซึ่งเป็นคลองที่แยกออกมาจากคลองบางกอกใหญ่ และไหลผ่านพื้นที่อยู่อาศัย พื้นที่อุตสาหกรรมและเกษตรกรรมหลายอำเภอ เป็นคลองที่รองรับน้ำทิ้งน้ำเสีย จากกิจกรรมของมนุษย์ที่คลองนั้นพาดผ่านมา จนออกแม่น้ำท่าจีนที่อำเภอกระทุ่มแบน จังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งค่าที่ตรวจพบในดินตะกอนมีค่าค่อนข้างสูง โดยเฉพาะค่าของดีดีที และ

คลอเดน ซึ่งมีค่าสูงมากในเดือนมิถุนายน 2541 โดยมีค่าสูงถึง 30.395 และ 11.594 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ แสดงว่าในบริเวณใกล้เคียงหรือบริเวณที่คลองนั้นไหลผ่านมา ยังน่าจะยังคงมีการใช้สารชนิดนี้อยู่ ซึ่งจากข้อมูลของปริมาณการนำเข้าของดีดีที(ภาคผนวก ก.) แสดงให้เห็นว่ายังคงมีการใช้ดีดีทีในด้านสาธารณสุข ในการกำจัดยุงอันเป็นสาเหตุของไข้มาลาเรีย คลอเดนเป็นสารที่ใช้ในยากำจัดปลวกฆ่าแมลงในอาคารบ้านเรือนและประเทศไทยเพิ่งห้ามนำเข้ามาเมื่อไม่กี่ปีที่ผ่านมา ดังนั้นจึงยังคงมีคลอเดนตกค้างและถูกใช้อยู่แม้ว่าจะถูกห้ามนำเข้ามาแล้วก็ตาม

ดีดีทีรวม (ผลรวมของ DDT+DDE+DDD)

ดีดีทีรวมที่ตรวจพบในดินตะกอนตามลำน้ำแม่น้ำท่าจีนเดือนมิถุนายนและพฤศจิกายน 2541 มีค่าในช่วง 0.269-45.073(เฉลี่ย 6.335) และ 0.636-6.516(เฉลี่ย 2.201) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ นำค่าทั้งสองเดือนมาเฉลี่ยเพื่อเป็นตัวแทนของค่าทั้งปี 2541 มีค่าในช่วง 0.135-25.795(เฉลี่ย 4.007) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งจะมีค่ามากกว่าการตรวจพบโดยบังเอิญของเกศิณี (2534) ซึ่งตรวจพบในดินตะกอนซึ่งมีค่าในช่วง trace-7.6 นาโนกรัมต่อกรัม, มีค่ามากกว่าการศึกษาของ Pereira และคณะ(2537) ซึ่งศึกษาดินตะกอนในอ่าวเม็กซิโก ปี 2535 ซึ่งมีค่าในช่วง 0.8-9 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ต่ำกว่าการศึกษาของ Hong และคณะ(2538) ซึ่งศึกษาบริเวณเมืองท่า Victoria ของฮ่องกงในปี 2535 ซึ่งมีค่าในช่วง 1.38-30.3 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และต่ำกว่าค่าของเมืองท่า Xiamen ของจีน ปี 2536 ซึ่งมีค่าในช่วง 4.45-311 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

ค่าดีดีที จุดที่พบความเข้มข้นสูงอยู่ใกล้เขตชุมชนและใกล้แหล่งอุตสาหกรรม โดยจุดที่พบความเข้มข้นสูงที่สุด พบในคลองภาษีเจริญ บริเวณสถานี T4 ซึ่งมีค่าสูงมากถึง 45.073 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนัก เป็นไปได้ที่แหล่งกำเนิดของดีดีทีในบริเวณนี้มาจากการใช้ดีดีทีในการกำจัดยุงในอาคารบ้านเรือน ที่คลองนี้ผ่านมาจากหลายอำเภอในกรุงเทพฯ และอำเภอกระทุ่มแบน สมุทรสาคร และพบในรูปของ 4,4'-DDE สูงที่สุด รองลงมาพบแถวสถานี T3 และสถานี T8

ดีดีทีรวมในดินตะกอนตามความลึกบริเวณปากแม่น้ำท่าจีนระหว่าง 3 สถานีมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยสถานี TC1 มีค่าอยู่ระหว่าง <0.017-0.958 (เฉลี่ย 0.487) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สถานี TC2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.399-1.601(เฉลี่ย 0.633) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สถานี TC3 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.231-0.544 (เฉลี่ย 0.393) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อ

ตารางที่ 5-1 แสดงตัวอย่าง POPs ที่ปนเปื้อนในน้ำ ดิน และสิ่งมีชีวิตทั่วโลก

Matrix	Location	BHC	chlordane	DDTs	PCBs	Heptachlor	Heptachlor epoxide	Drin group	
ดินตะกอน	แม่น้ำท่าจีน , 2532	0.5-8.0	8.6-225.7	Trace-7.6	74.6			0.4-2.3	เกศิณี สรร
ดินตะกอน	Manukua, New Zealand 2534		0.04-0.27						Simpson, e
ดินตะกอน	อ่าวซานฟรานซิสโก, 2535		<0.1-1.5	0.8-9	1.3-8.1				Pereira et a
ดินตะกอน	เมืองท่า Victoria, ฮ่องกง 2535			1.38-30.3	3.2-81(7.9)				Hong, et a
ดินตะกอน	เมืองท่า Xiamen, ประเทศจีน 2536			4.45-311	0.05-7.24(1.7)				Hong, et a
ดินตะกอน	ทะเลไอริช, สหราชอาณาจักร 2536				0.2-42				Thomson,
ดินตะกอน	แม่น้ำท่าจีน, มิถุนายน 2541	<0.022-2.589 (0.901)	0.122-11.594 (3.595)	0.269-45.073 (6.335)	*	<0.013-1.103	<0.012-0.258	<0.013-0.74	การศึกษาค
ดินตะกอน	แม่น้ำท่าจีน, พฤศจิกายน 2541	0.022-1.772 (0.692)	0.747-5.525 (2.712)	0.636-6.516 (2.201)	*	<0.013	<0.012	<0.013-0.352	การศึกษาค
หอยแมลงภู่	บริเวณปากแม่น้ำ 4 แห่ง, อ่าวไทยตอนบน			32-42	2-40				Menasveta
ปลากระบอก	บริเวณปากแม่น้ำ 4 แห่ง, อ่าวไทยตอนบน			22-89	2-19				Menasveta
น้ำ	แม่น้ำท่าจีน, 2533	<0.001-0.003		<0.001-0.034				<0.001-0.002	มุกดา อุตร
ปลา	แม่น้ำท่าจีน, 2533	1.03-4.33		1.6-84.34		0.61-2.7	0.45-1.67	0.17-9.52	มุกดา อุตร
น้ำ	แม่น้ำแม่กลอง, 2538-2540			0.12-0.35(0.201)		0.019-0.429(0.118)		0.011-0.106(0.201)	Maketon, e
หอยแมลงภู่	อ่าวเมกซิโก, 2534-2535		2.8-9.6	6.7-160	100-630				Sericano e
ตับปลากระพง *Morone saxatilis*	อ่าวซานฟรานซิสโก, 2536		13-42	103-396	0.1-149				Pereira et a

ตารางที่ 5-1 แสดงตัวอย่าง POPs ที่ปนเปื้อนในน้ำ ดิน และสิ่งมีชีวิตทั่วโลก

Matrix	Location	BHC	chlordane	DDTs	PCBs	Heptachlor	Heptachlor epoxide	Drin group	
ปลาโลมา Phcena phocoena	ทะเลดำ, 2536	0.057-0.61	0.11-2.4	8.3-480	1.6-39				Tanabe, et
หอยแมลงภู่, *Mutilus edulis*	ทะเลไอริช, สหราชอาณาจักร 2536				7-168				Thomson,
หอยแมลงภู่, *Mutilus edulis*	ทะเลเหนือ สก๊อตแลนด์ 2536				3-162				Thomson,
หอยแมลงภู่ *Perna viridis*	ชายฝั่งทะเล ประเทศฟิลิปปินส์ ปี 2537	0.2-0.4	2.4-9.5	1.3-4.2	8.7-36				Prudente,
หอยแมลงภู่, *Perna viridis*	ชายฝั่งทะเล ประเทศฟิลิปปินส์ ปี 2540	<0.01-0.2	0.15-3.6	0.2-2.0	0.7-34				Prudente,
หอยแมลงภู่, *Perna viridis*	ประเทศไทย, 2537	<0.01-0.09(0.06)	0.3-5.9(1.7)	1.3-38(8.7)					Kan-atirek
หอยแมลงภู่, *Perna viridis*	ประเทศไทย, 2538	<0.01-0.12(0.05)	0.25-3.5(0.97)	1.2-14(4.1)					Kan-atirek
หอยแมลงภู่, *Perna viridis*	แม่น้ำท่าจีน, 2537	0.07	0.99	2.1					Kan-atirek
หอยแมลงภู่, *Perna viridis*	แม่น้ำท่าจีน, 2538	0.04	0.32	1.2					Kan-atirek
หอยแมลงภู่, *Perna viridis*	แม่น้ำท่าจีน เดือนมิถุนายน 2541	<0.054-0.092	1.848-1.971(1.910)	1.177-2.114	*	<0.050	<0.046	<0.051	การศึกษาค
หอยแมลงภู่, *Perna viridis*	แม่น้ำท่าจีน เดือนพฤศจิกายน 2541	<0.054	2.275-2.774(2.525)	0.862-0.932	*	<0.050	<0.046	<0.051	การศึกษาค

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิจารณาถึงการกระจายตัวระหว่างสามสถานีจะพบว่า สถานี TC1 และ TC2 มีการกระจายตัวไม่สม่ำเสมอไม่เป็นระเบียบ ส่วนสถานี TC3 มีการจัดเรียงที่เป็นระเบียบดีกว่า แสดงว่าสถานี TC3 น่าจะบริเวณที่อาจจะใช้เป็นตัวแทนอธิบายถึงการกระจายตัวของ POPs อื่นๆ ได้ดีกว่าอีกสองสถานี เพราะสถานี TC3 น่าจะเป็นบริเวณที่ไม่ถูกรบกวน

ดีดีทีรวมในหอยแมลงภู่ในการศึกษาครั้งนี้ ค่าที่พบมีค่าระหว่าง 0.862-2.028(เฉลี่ย 1.229) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ค่าในเดือนกรกฎาคม มีค่าสูงกว่าเดือนพฤศจิกายนประมาณสองเท่า รูปแบบที่พบส่วนมากจะอยู่ในรูป 4,4'-DDE รองลงมาคือ 4,4'-DDT และ 2,4'-DDD แต่เดือนตุลาคม จะพบเพียงไอโซเมอร์เดียวคือ 4,4'-DDE (ภาคผนวก ซ.), ค่าที่พบในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่ารายงานของ Menasveta and Cheevaparanapiwat (2522) ทำการศึกษาในบริเวณปากแม่น้ำสำคัญสี่แห่งของประเทศไทย พบปริมาณดีดีทีในปลากระบอกมีค่าเฉลี่ยในช่วง 22-89 นาโนกรัมต่อกรัม ดีดีทีในหอยแมลงภู่มีค่าเฉลี่ยในช่วง 32-42 นาโนกรัมต่อกรัม, มีค่าใกล้เคียงกับดีดีทีในหอยแมลงภู่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ซึ่งศึกษาโดย Kan-atireklap และคณะ (2540) ซึ่งพบว่าในปี 2537 และ 2538 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.1 และ 1.2 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ, มีค่าอยู่ในลำดับเดียวกับค่าที่พบในหอยแมลงภู่บริเวณชายฝั่งประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งศึกษาโดย Prudente และคณะ (1999) มีค่าในช่วง 1.3-4.2 และ 0.2-2.0 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ในปี 2537 และ 2540 ตามลำดับ โดยการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าเล็กน้อย

จากตารางที่ 4-15 ปริมาณดีดีทีรวมต่อกรัมของไขมันที่พบในตัวอย่างหอยแมลงภู่ระหว่างฤดูน้ำน้อยและฤดูน้ำมากมีค่าไม่แตกต่างกัน โดยในฤดูน้ำน้อยและฤดูน้ำมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51.149 และ 40.784 นาโนกรัมต่อกรัมไขมันตามลำดับ โดยในที่ตัวอย่าง 2 เดือนมิถุนายนมีค่าสูงถึง 60.712 นาโนกรัมต่อกรัมไขมัน ส่วนอีก 3 ตัวอย่างที่มีค่าใกล้เคียงกัน

จากปริมาณดีดีทีรวมที่พบในตัวอย่างดินและหอยแมลงภู่ พบว่า แหล่งที่มีการปนเปื้อนของสารดีดีทีส่วนใหญ่จะอยู่ใกล้แหล่งชุมชนที่มีประชากรอาศัยอยู่หนาแน่น และพบว่าบริเวณที่มีการปนเปื้อนอยู่ที่สถานี T4 ของทั้งสองฤดู แต่ในเดือนมิถุนายนจะพบว่าความเข้มข้นสูงมากถึง 45.073 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือที่สถานี T3 และสถานี T8 และจากสภาพทางกายภายของสถานี T4 และ T8 ที่อยู่ในคลองระบายน้ำที่รองรับน้ำทิ้งจากบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรมที่คลองทั้งสองไหลผ่าน แต่สถานี T4 จะมีการปนเปื้อนมากว่า และจากการที่พบว่ายังมีปริมาณของ 4,4'-DDT ในปริมาณที่สูง ก็เป็นตัวบ่งชี้ได้ว่ายังการใช้มีดีดีทีอยู่ และแพร่กระจายไปสู่สิ่งแวดล้อม

บีเอชซีรวม (ผลรวมของ alpha-, beta-, gamma-, และ delta-BHC)

บีเอชซีที่ตรวจพบในดินตะกอนในการศึกษาครั้งนี้ พบทั้ง 4 ไอโซเมอร์ คือ alpha-, beta-, gamma- และ delta-BHC รูปแบบในดินตะกอนที่พบมากและบ่อยที่สุดคือ gamma-BHC (lindane) และ delta-BHC ค่าบีเอชซีรวม ในแม่น้ำท่าจีนเดือนมิถุนายนและพฤศจิกายน มีค่าในช่วง <0.220-2.589(เฉลี่ย 0.901) และ <0.220-1.772(เฉลี่ย 0.692) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ค่าในเดือนมิถุนายนจะสูงกว่าค่าในเดือนพฤศจิกายนเล็กน้อย นำผลมาเฉลี่ยทั้งปีมีค่าในช่วง <0.220-2.181(เฉลี่ย 0.965) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง เมื่อนำค่าเฉลี่ยทั้งปีไปเปรียบเทียบกับการศึกษาของเกศิณี สรรวานิช (2534) ซึ่งศึกษาบริเวณแม่น้ำท่าจีนในปี 2532 ซึ่งมีค่าในช่วง 0.5-8.0 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้จะมีค่าต่ำกว่ามากประมาณ 3-4 เท่า

จากการศึกษาครั้งนี้ตรวจพบบีเอชซีในหอยแมลงภู่เพียง 1 ตัวอย่าง บีเอชซีรวมที่ตรวจพบในทั้งสองฤดูมีค่าระหว่าง <0.054-0.092 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก รูปแบบที่พบอยู่ในรูปแบบ gamma-BHC (ภาคผนวก ซ.) ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับเดียวกันกับการศึกษาของ Kan-atireklap และคณะ (2540) ซึ่งศึกษาหอยแมลงภู่ในบริเวณแม่น้ำท่าจีนในปี 2537 และ 2538 โดยค่าบีเอ็ชซีที่พบมีค่าเท่ากับ 0.07 และ 0.04 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ในปี 2537 และ 2538 ตามลำดับ และค่าของบีเอชซีในหอยแมลงภู่ที่สำรวจทั่วประเทศโดยโดย Kan-atireklap และคณะ (2540) ที่ศึกษาในปี 2537 และ 2538 มีค่าอยู่ในช่วง 0.3–5.9 (เฉลี่ย 1.7) และ 0.25–3.5 (เฉลี่ย 0.97) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ แต่ค่าที่พบในการศึกษาครั้งนี้จะต่ำกว่าเล็กน้อย

ค่า BHC ที่พบในตัวอย่างหอยอยู่ในรูป gamma-BHC ซึ่งอยู่ในรูปแบบเดียวที่พบในตัวอย่างหอยและ gamma-BHC เป็นรูปแบบที่เสถียรที่สุด ตรวจพบว่ามีค่าสูงกว่าค่า MDL อยู่เพียงตัวอย่างเดียวคือในเดือนมิถุนายน มีค่า 0.092 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนอีก 3 ตัวอย่างค่าที่พบจะต่ำกว่าค่า MDL บีเอชซีที่พบน่าจะมาจากส่วนที่เหลือจากการย่อยสลายและสะสมในดิน และต่อมาเกิดการฟุ้งกระจายกลับขึ้นมาสู่มวลน้ำจากการรบกวนหรือการพลิกกลับของดินตะกอน อันเนื่องมาจากการขุดลอกคลอง หรือการที่ถูกชะล้างจากพื้นที่เกษตรกรรมที่ปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำ และจากข้อมูลของ บีเอชซี ที่พบในคลองมหาชัยบริเวณสถานี T8 ในเดือนมิถุนายน พบว่าค่า บีเอชซี รวมมีค่าสูงถึง 2.182 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง คลองสหกรณ์เป็นคลองที่แยกออกมาจากคลองมหาชัยก่อนที่จะออกไปสู่ทะเล อาจจะได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลง

สภาพแวดล้อมของมลสารที่มีอยู่ในลำคลอง เช่นอาจมีการขุดลอกคลองแล้วกวนเอาตะกอนที่มี บีเอชซี หรือสารอื่นๆ ฟุ้งกระจายกลับมาสู่น้ำและถูกพัดพาออกไปทะเลบริเวณคลองสหกรณ์ซึ่งมีการเพาะเลี้ยงหอยแมลงภู่กันมาก และจากข้อมูลของปริมาณ บีเอชซี ที่พบในดินตะกอนทั้งสองฤดูพบบีเอชซี มีค่าสูงบริเวณต้นน้ำที่สถานี T1 และจะลดลงเมื่อออกไปสู่ปากแม่น้ำโดยบริเวณปากแม่น้ำมีค่าต่ำที่สุด

จากปริมาณของ บีเอชซี ที่พบเป็นไปได้ว่ายังคงมีปริมาณ บีเอชซี เจือปนออกมาสู่สิ่งแวดล้อมอยู่ แม้ว่า บีเอชซี จะถูกห้ามนำเข้าและจำกัดการใช้ตั้งแต่ปี พ.ศ.2523 (ภาคผนวก ก.) จนล่วงมาปัจจุบันเป็นเวลา 20 กว่าปีแล้วก็ตาม จากข้อมูลของความคงทนในธรรมชาติ (ภาคผนวก ก.) ระยะเวลาของการสลายตัวหมด 95 เปอร์เซ็นต์อาจต้องใช้เวลานานถึง 10 ปี การที่ตรวจพบ บีเอชซี ในตัวอย่างที่วิเคราะห์ ก็สามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าอาจจะยังคงมีการใช้ หรือลักลอบใช้สารบีเอชซีอยู่ ดังนั้นเพื่อเป็นการป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นในภายหลัง ภาครัฐ โดยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรจะมีมาตรการหรือการติดตามเฝ้าระวัง ตรวจสอบระดับการปนเปื้อนของสารดังกล่าวในสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอและใกล้ชิด

คลอเดน (Chlordane)

คลอเดนที่ตรวจพบในดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีนในการศึกษาครั้งนี้ในเดือนมิถุนายนและพฤศจิกายนมีค่าในช่วง <0.122–11.594 (เฉลี่ย 3.596) และ 0.747–5.525 (เฉลี่ย 2.712) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ เมื่อนำมาเฉลี่ยทั้งปีจะมีค่าในช่วง 0.904–4.481 (เฉลี่ย 2.841) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยเฉลี่ยค่าที่พบทั้งสองฤดูจะไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเฉลี่ยในเดือนมิถุนายนจะมีค่าสูงกว่าเล็กน้อย ค่าเฉลี่ยทั้งปีของคลอเดนในการศึกษาครั้งนี้จะมีค่าต่ำกว่าที่พบในดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนในปี พ.ศ. 2532 มาก ซึ่งมีค่าในช่วง 8.6–225.7 (เกศิณี สรรวานิช, 2534) แสดงว่าปริมาณคลอเดนมีการใช้ลดลง และในปัจจุบันคลอเดนก็เพิ่งจะถูกห้ามใช้ไม่กี่ปีที่ผ่านมานี้เอง (ภาคผนวก ก.)

คลอเดนในการศึกษาครั้งนี้พบว่ามีค่าสูงกว่าที่พบในเมือง Manukau ประเทศนิวซีแลนด์ โดยค่าที่พบในบริเวณเมืองท่า Manukau ประเทศนิวซีแลนด์ ในปี 2534 โดยการศึกษาของ Simpson และคณะ (2539) มีค่าในช่วง 0.04–0.27 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง สูงกว่าค่าที่พบในอ่าวเม็กซิโกในปี 2535 ซึ่งศึกษาโดย Pereira และคณะ (2537) มีค่าอยู่ในช่วง <0.1–1.5 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง

สำหรับคลอเดนในหอยแมลงภู่ *Perna veridis* จากการศึกษาในครั้งนี้ ปริมาณคลอเดนที่พบในเดือนมิถุนายนจะมีความเข้มข้นต่ำกว่าในเดือนพฤศจิกายน 2541 โดยมีค่า 1.848-1.971 (เฉลี่ย 1.910) และ 2.275–2.774 (เฉลี่ย 2.525) นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ตามลำดับ ค่าที่พบจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่าที่รายงานไว้โดย Kan-atireklap และคณะ (2540) ซึ่งศึกษาในหอยแมลงภู่ชนิดเดียวกัน ในปี 2537 และ 2538 โดยมีค่า 0.99 และ 0.32 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก เปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยทั้งปีของการศึกษาครั้งนี้ที่มีค่า 2.218 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ตรวจพบก็ยังต่ำกว่าค่าที่ตรวจพบในหอยแมลงภู่และสัตว์น้ำชนิดอื่นในต่างประเทศ โดยมีค่าต่ำกว่าค่าในหอยแมลงภู่บริเวณชายฝั่งประเทศฟิลิปปินส์ ซึ่งมีค่า 2.4–9.5 และ 0.15–36 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ในปี 2537 และ 2540, ต่ำกว่าค่าในหอยแมลงภู่บริเวณอ่าวเม็กซิโกในปี 2534-2535 ซึ่งศึกษาโดย Sericano และคณะ (2538) ซึ่งมีค่า 2.8–9.6 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก สูงกว่าค่าที่พบในปลาโลมา *Phocoena phocoena* บริเวณทะเลดำ ปี 2536 ที่ศึกษาโดย Tanabe และคณะ (2540) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.11–2.4 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก เมื่อนำปริมาณคลอเดนไปสัมพันธ์กับปริมาณไขมันในหอย พบว่าในฤดูน้ำหลากมีความเข้มข้นของคลอเดนมากกว่าในฤดูน้ำน้อยประมาณ 2 เท่า โดยค่าเฉลี่ยที่พบในหอยมีค่าเท่ากับ 60.555 และ 114.615 นาโนกรัมต่อกรัมไขมันตามลำดับ

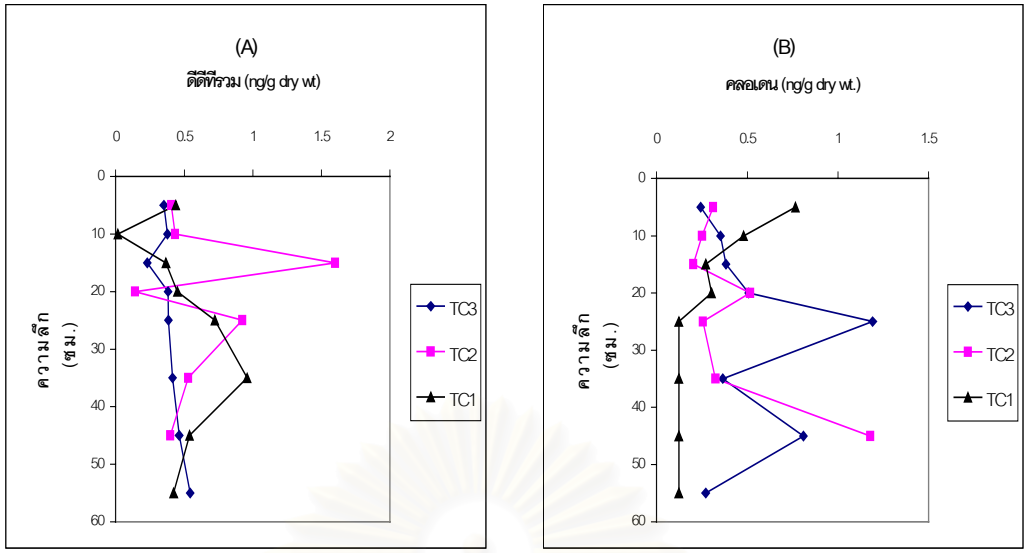
จากปริมาณของคลอเดนที่ตรวจพบในตัวอย่างทั้งดินตะกอนและหอยแมลงภู่ จากปริมาณการน้ำเข้าของคลอเดน แสดงว่าปริมาณคลอเดนถูกพัดพามาตามกระแสน้ำมากขึ้น และก็บ่งบอกว่ายังคงมีการใช้คลอเดนอยู่ ซึ่งแหล่งกำเนิดน่าจะมาจากการใช้สารเคมีที่มีส่วนผสมของคลอเดน เพื่อใช้กำจัดปลวกในอาคาร บ้านเรือน แสดงว่าการใช้คลอเดนของประเทศไทย โดยเฉพาะในลุ่มน้ำท่าจีนยังคงมีการใช้คลอเดนกันอยู่ ในขณะที่ต่างประเทศมีการหยุดใช้กันมาก่อนประเทศไทยหลายปี บริเวณที่พบคลอเดนมากที่สุดจะอยู่ในบริเวณที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่นซึ่งสอดคล้องกับ Sericane et al. (1995)

ดินตะกอนตามความลึกทั้งสามสถานี จะพบ POPs 3 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มดีดีที กลุ่มบีเอชซี และกลุ่มคลอเดน การแพร่กระจายตามความลึกของสารทั้ง 3 กลุ่ม แสดงได้ดังรูปที่ 4-8 การแพร่กระจายของสารแต่ละกลุ่มในแต่ละสถานี ไม่ได้เป็นรูปแบบเดียวกัน

ที่สถานีพบการสะสมตามชั้นความลึกของสารทั้ง 3 กลุ่มมากที่สุด และมีการสะสมที่ดูเป็นรูปแบบมีความเป็นระเบียบมากที่สุด ถ้าดูจากการกระจายของข้อมูลอาจจะสันนิษฐานได้ว่า ที่

สถานี TC3 เป็นบริเวณที่ถูกรบกวนจากสิ่งมีชีวิตและกระบวนการตามธรรมชาติที่จะทำให้เกิดการผสมผสานของเนื้อดินในแนวดิ่ง หรือที่เรียกว่า mixing น้อยกว่าสถานี TC1 และ TC2 ซึ่งผู้วิจัยได้ขาดข้อมูลที่สำคัญต่อการศึกษาการสะสมตามลำดับชั้นควาลึก คือ การหาอายุของตะกอนเพื่อดูอัตราการสะสมของตะกอนตามช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาตั้งแต่อดีต(ระดับลึก)จนถึงปัจจุบัน(ผิวหน้า) เพราะหากทำการวิเคราะห์หาอายุของตะกอนแล้วจะทำให้ทราบว่า ลำดับชั้นของดินที่นำมาวิเคราะห์มีการผสมผสานในแนวดิ่งหรือไม่ ซึ่งหากดินไม่มีการผสมในแนวดิ่ง จากอายุของตะกอนก็จะสามารถนำไปเชื่อมโยงถึงอัตราการสะสมของมลพิษของสาร POPs (หรือแม้กระทั่งสารอื่นๆ ด้วย) ตั้งแต่ก่อนมีการเริ่มใช้สารเหล่านี้ ไปจนกระทั่งถึงช่วงเวลาที่ถูกห้ามและจำกัดการใช้ มาจนถึงปัจจุบันนี้ได้ แต่จากข้อมูลที่ได้ดูเหมือนว่าชั้นดินจะมีการผสมกันในแนวดิ่ง จึงทำให้ค่าที่ได้มีการกระจายของข้อมูลไม่สม่ำเสมอ อย่างที่คาดการณ์ไว้

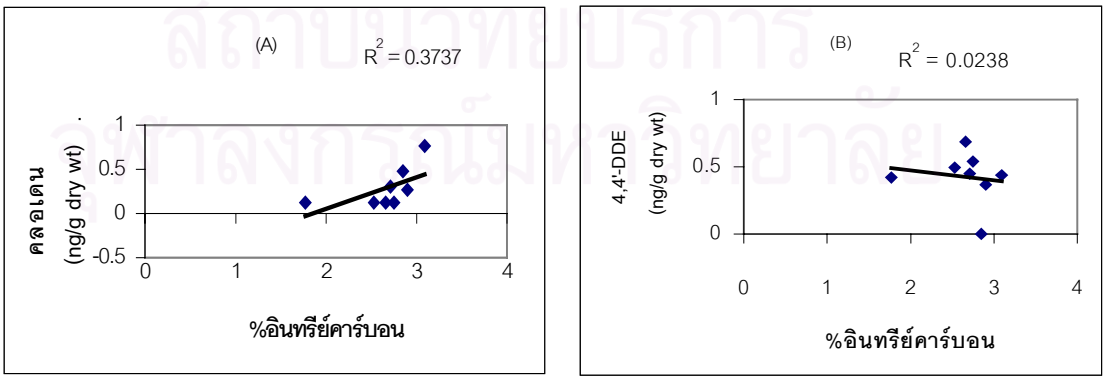
การคาดหมายจากสถิติการนำเข้า (ภาคผนวก ก.) ของสารทั้งสามกลุ่ม บีเอชซีเป็นสารกลุ่มแรกที่ห้ามนำเข้าและจำกัดการใช้ตั้งแต่ปี 2523 เป็นต้นมา ด้วยระยะเวลากว่ายี่สิบปีที่ผ่านมาก คาดว่าปริมาณบีเอชซีที่มีอยู่ น่าจะถูกใช้หมดไปนานแล้ว และอัตราการสลายตัวของบีเอชซีอยู่ที่ประมาณ 5 ปี จึงคาดว่าปัจจุบันไม่น่าตรวจพบบีเอชซีอยู่ในสิ่งแวดล้อมอีกต่อไปแล้ว หรือหลงเหลืออยู่เฉพาะไอโซเมอร์ที่มีความคงทนมากๆ คือ gamma-BHC เท่านั้น แต่จากข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ พบว่า ในแม่น้ำท่าจีน โดยเฉพาะตอนบนสุดของพื้นที่ศึกษาคือ สถานี T1 T2 และ T3 ยังสามารถตรวจพบบีเอชซีไอโซเมอร์อื่นๆ ด้วย แสดงว่าน่าจะยังมีการใช้สารนี้อยู่ ในกรณีของคลอเดนก็เช่นเดียวกัน แต่เนื่องจากคลอเดนเพิ่งห้ามนำเข้าและจำกัดการใช้งานในปี 2540 ที่ผ่านมานี้เอง และจากปริมาณการนำเข้าล่าสุด ก็พอทำนายได้จากสถิติการนำเข้าในอดีตได้ว่าน่าจะยังคงมีการใช้คลอเดนอีกอย่างน้อยก็ประมาณไม่เกิน 3-5 ปี และคลอเดนสามารถคงตัวอยู่ได้นานประมาณ 5 ปี ดังนั้นประมาณไม่เกินปี 2550 ปริมาณที่คงค้างอยู่น่าจะเหลือน้อยมาก ดังนั้นหากมีการศึกษาเก็บข้อมูลอยู่อย่างสม่ำเสมอ น่าจะทำให้เห็นว่าปริมาณที่ตรวจพบในตัวอย่าง จะต้องลดน้อยลง จนถึงไม่พบเลย และจะตรวจพบเฉพาะไอโซเมอร์ที่มีความทนทานมากๆ เช่น alpha-chlordane เป็นต้น



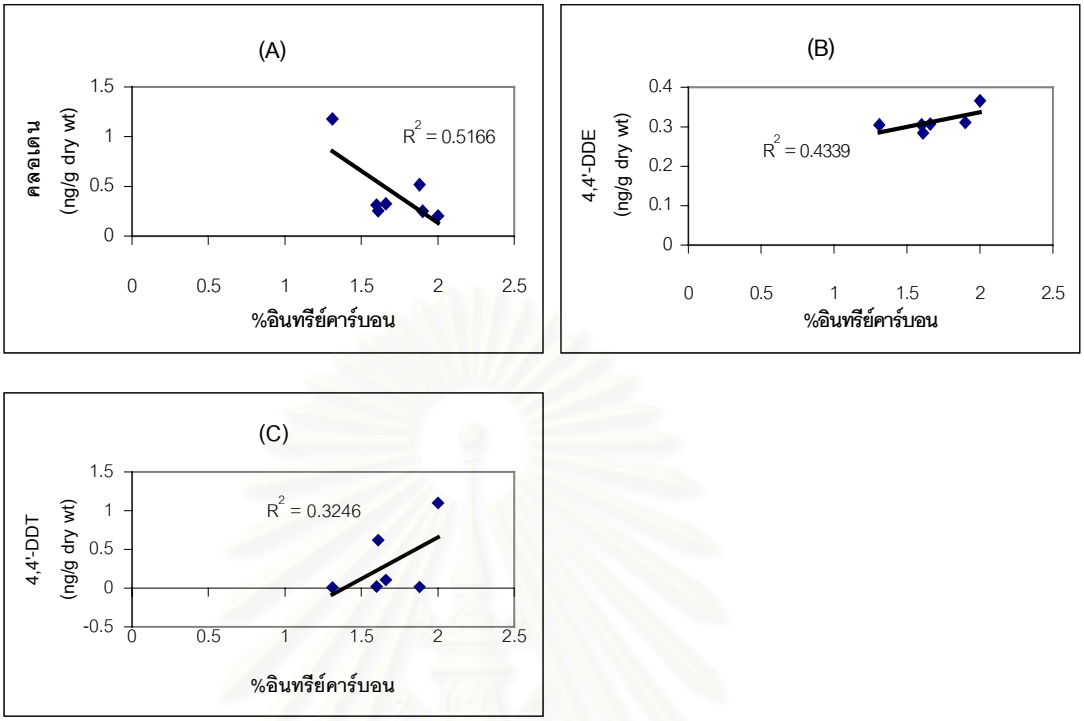
รูปที่ 5-2 การกระจายของ (A) ดีดีทีรวม และ (B) คลอเดน ของดินตะกอนตามความลึก

จากรูป 5-2 แสดงความสัมพันธ์ของสาร POPs 2 กลุ่มใหญ่ที่พบในดินตะกอนตามความลึกมากและบ่อยที่สุด จะพบว่ารูปแบบการสะสมของสารแต่ละตัวในแต่ละสถานีจะไม่เหมือนกัน อาจมีสาเหตุมาจากการที่ชั้นดินมีการผสมผสานกัน ซึ่งจากรูปไม่ได้บ่งบอกแนวโน้มอะไรมากมายนัก

จากตารางผลรวม POPs ในภาคผนวก ซ. นำมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน โดยเลือกกลุ่มที่พบมากที่สุด ได้ผลดังนี้

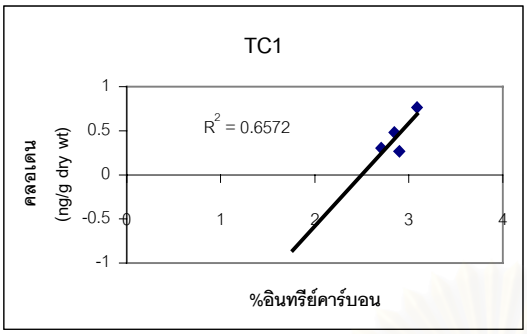


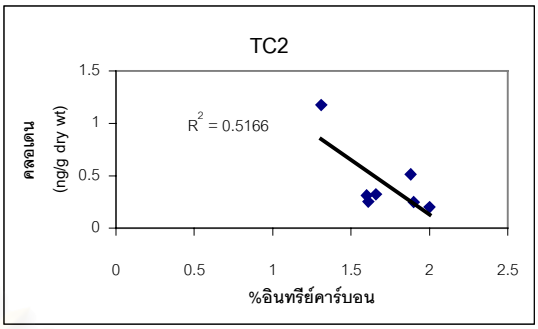
รูปที่ 5-3 ความสัมพันธ์ระหว่าง (A) คลอเดน และ (B) 4,4'-DDE กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในตัวอย่างตามลำน้ำท่าจีน ในเดือนมิถุนายน 2541

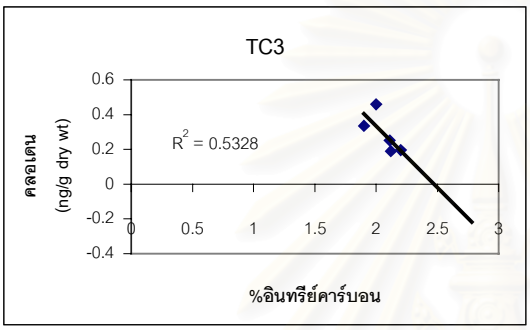


รูปที่ 5-4 ความสัมพันธ์ระหว่าง (A) คลอเดน และ (B) 4,4'-DDE และ (C) 4,4'-DDT กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในตัวอย่างตามลำน้ำท่าจีน ในเดือนพฤศจิกายน 2541

จากรูป 5-3 เป็นสารเพียงสองชนิดเท่านั้นที่พบในเกือบทุกสถานี และมีเฉพาะคลอเดนชนิดเดียวเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์กับสารอินทรีย์คาร์บอนและ 4,4'-DDE ไม่มีความสัมพันธ์กับสารอินทรีย์คาร์บอนในตัวอย่าง และ จากรูป 5-4 พบว่า 4,4'-DDE และ 4,4'-DDT สองชนิดที่มีความมันพันธ์กับสารอินทรีย์คาร์บอนไปในทิศทางเดียวกัน แต่คลอเดนมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 ฤดูจะพบว่าไม่มีตัวใดที่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน



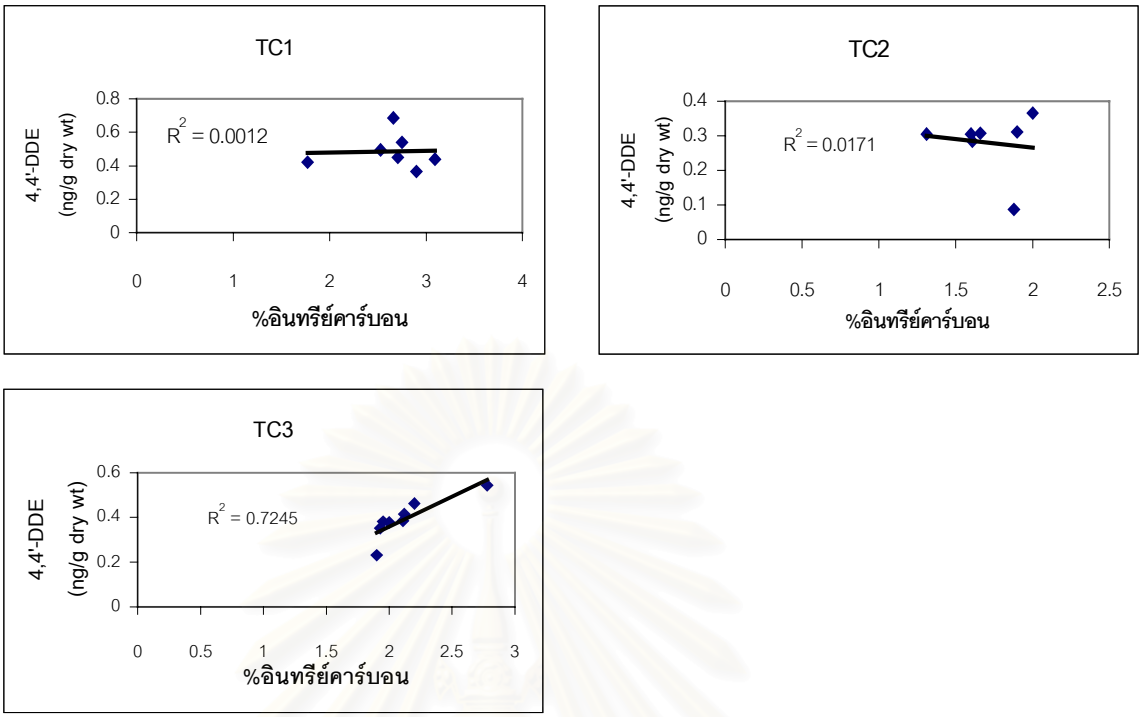




รูปที่ 5-5 ความสัมพันธ์ระหว่าง คลอเดน และ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในตัวอย่างตามความลึก สถานี TC1 TC2 และ TC3

จากรูป 5-5 พบว่าการแพร่กระจายของคลอเดนตามความลึก มีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่พบโดยที่สถานี TC1 มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกัน ส่วนสถานี TC2 และ TC3 มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้าม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5-6 ความสัมพันธ์ระหว่าง 4,4'-DDE กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนตามความลึกสถานี TC1 TC2 และ TC3

จากรูปที่ 5-6 พบว่ามีเพียงสถานี TC3 เพียงสถาเดียวเท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ระหว่าง 4,4'-DDE กับปริมาณอินทรีย์คาร์บอน นอกนั้นไม่มีความสัมพันธ์กัน

นอกเหนือจากสารที่กล่าวมาข้างต้น ในดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนยังมีการตรวจพบเฮ็บต้าคลอ (heptachlor) ในเดือนมิถุนายนเพียง 2 สถานีคือ สถานีหน้า สน.กระทุ่มแบน มีค่า 1.103 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และสถานีหน้าวัดบางปลา มีค่า 0.214 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ในอดีตมีการตรวจพบปนเปื้อนในเนื้อปลาต่าง ๆ ในแม่น้ำท่าจีน ปี 2533 ซึ่งศึกษาโดย มุกดา อุตรพงศ์ และไพรพรรณ เทียนทอง (2536) โดยค่าที่รายงานมีค่าในช่วง 0.61–2.7 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก ในแม่น้ำแม่กลองก็มีรายงานไว้โดย Maketon และคณะ (2540) ซึ่งตรวจพบในน้ำบริเวณแม่น้ำแม่กลองในปี 2538–2540 ซึ่งค่าที่พบมีค่าในช่วง 0.019–0.429 (ค่าเฉลี่ย 0.118) ไมโครกรัมต่อลิตร

ค่าผลรวมของอัลดริน(aldrin) และดิลดริน (deildrin) ในดินตะกอนตามลำน้ำท่าจีนในการศึกษาครั้งนี้ ค่าที่พบในเดือนมิถุนายนและพฤศจิกายน มีค่า <0.013-0.740 และ <0.013-0.352 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการศึกษาของเกษิณี (2534) ซึ่งศึกษาในดินตะกอนแม่น้ำท่าจีนปี 2532 พบว่ามีค่าในช่วง 0.4–2.3 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ มุกดา อุตรพงศ์ และไพรพรรณ เทียนทอง (2536) ได้รายงานว่าพบในน้ำบริเวณแม่น้ำท่าจีนในปี 2533 มีค่าในช่วง <0.001–0.002 ไมโครกรัมต่อลิตร Maketon และคณะ (2540) พบในน้ำบริเวณแม่น้ำแม่กลองปี 2538–2540 มีค่าในช่วง 0.011–0.106 (ค่าเฉลี่ย 0.201) ไมโครกรัมต่อลิตร ในการศึกษาครั้งนี้เอนดริน(endrin) ซึ่งเป็นสเตอริโอไอโซเมอร์ของ ดิลดริน(dieldrin) ไม่สามารถตรวจพบได้ทั้งตัวอย่างดินตะกอนและตัวอย่างหอยแมลงภู่ อาจเนื่องมาจากวิธีการที่ใช้สกัดหรือขั้นตอนแยกแฟรกชั่นไม่เหมาะสมเพราะจากค่าเปอร์เซ็นต์กลับคืนของสารมาตรฐานเอนดรินมีค่าเท่ากับศูนย์

พีซีบี

ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยพยายามทำการแยกตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์พีซีบีในกลุ่ม Aroclor ที่อาจเจือปนในตัวอย่างดินตะกอนและหอยแมลงภู่ แต่จากการทดลองกระทำด้วยความยากลำบากเพราะจากโครมาโทแกรมของตัวอย่างที่ได้ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมของสารมาตรฐานในกลุ่ม Aroclo1016, -1221, -1232, -1242, -1248 และ –1260 โดยสารประกอบแต่ละกลุ่มจะประกอบไปด้วยพีซีบีหลายๆ ไอโซเมอร์ประกอบกันอยู่ การวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/ECD ในขั้นแรกนี้ยังไม่สามารถระบุได้แน่ชัดว่าสารที่พบนั้นเป็นสารประกอบในกลุ่ม Aroclor หรือไม่ เพราะจากการเปรียบเทียบพีคโดยละเอียดกับสารมาตรฐานพบว่า อันตราส่วนของความสูงของพีค และจำนวนพีคที่พบจากตัวอย่าง ไม่ได้สัดส่วนกับพีคที่พบในสารมาตรฐาน แต่จากการเปรียบเทียบโดยการนำโครมาโทแกรมมาเปรียบเทียบซ้อนทับกันเพื่อดูรีเทนชันไทม์ที่ตรงกัน และการเปรียบเทียบแบบกระจกเงาระหว่างสารมาตรฐานกับตัวอย่างที่วิเคราะห์ จะพบว่าแม้ว่าจะมีกลุ่มของพีคที่ตรงกันบ้าง แต่ก็ไม่ทั้งหมด และอัตราส่วนของของพีคที่พบก็ไม่ได้ตามเกณฑ์ที่ได้จากสารมาตรฐาน Aroclor จึงไม่สามารถระบุไปได้แน่นอนว่าเป็นกลุ่มใดแน่ จึงได้แค่เพียงการคาดคะเนจากโครมาโทแกรมที่ได้เท่านั้นว่าน่าจะมีพีซีบีปนเปื้อนในตัวอย่างดินตะกอนและหอยแมลงภู่

และจากตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์ อาจจะพบสรุปได้ว่าน่าจะมีการปนเปื้อนของ Aroclor ในตัวอย่างดินตะกอน โดยพบที่สถานี T3 และ T4 อาจจะเป็น Aroclor1260 โดยเฉพาะ

ที่สถานี T4 (โครมาโทแกรมของตัวอย่างแสดงในภาคผนวก) ถ้าหากพีคที่ปรากฏเป็นพีซีบีจริง ภายในคลองภาษีเจริญก็อาจจะมีแหล่งที่เป็นแหล่งกำเนิดปลดปล่อยหรือมีการรั่วไหลของพีซีบี และสะสมในคลองและบริเวณใกล้เคียง และในตัวอย่างหอยแมลงภู่ทั้งสี่ตัวอย่างอาจจะเป็นพีซีบี ในกลุ่ม Aroclor1248 แต่จากความสูงของพีคที่พบน้อยมาก การที่จะให้มั่นใจว่าเป็นสารประกอบในกลุ่มพีซีบีจริง ควรจะมีการทดลองซ้ำโดยใช้ตัวอย่างหอยที่ทำให้แห้งแล้วดีกว่าใช้แบบตัวอย่างสดเพราะปริมาณตัวอย่างจะมากกว่า จะทำให้ตรวจพบง่ายกว่ามาก และทั้งนี้ผู้วิจัยได้พยายามนำสารมาตรฐานและตัวอย่างไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC/MS กับหน่วยงานของรัฐฯ หลายๆ แห่ง เช่น ศูนย์พัฒนาเครื่องมือวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ, กรมควบคุมมลพิษ, กองวิจัยวัตถุมีพิษ และศูนย์พัฒนาและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม คลองห้า ปทุมธานี แต่ก็ไม่ได้ผลเป็นที่น่าพอใจ เพราะประสบปัญหาอุปกรณ์ชำรุด หรือหน่วยงานนั้นยังไม่เคยวิเคราะห์พีซีบีโดยการใช้ GC/MS มาก่อน

การที่ผลวิเคราะห์พีซีบีในกลุ่ม Aroclor ในครั้งนี้ไม่ได้ผลก็อาจจะเนื่องมาจาก วิธีการที่ใช้สกัด ที่ใช้แยกแฟรคชัน และสภาวะของเครื่อง GC/ECD ยังไม่เหมาะสม จึงควรจะมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวิธีการวิเคราะห์ใหม่ เพื่อให้เหมาะสมกับพีซีบีที่สุด

ในการทดลองครั้งนี้ตรวจไม่พบ Taxaphene และ Mirex ในตัวอย่างเลย สำหรับ Dioxins และ Furans ในขณะนี้ผู้วิจัยยังไม่สามารถดำเนินการวิเคราะห์ได้เพราะมีเทคนิคและอุปกรณ์ที่จำเพาะและต้องอาศัยความชำนาญในการวิเคราะห์และเรายังไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถทำได้ แต่ในอนาคตถ้าหากได้รับการสนับสนุนเงินทุน เครื่องมือ และสารเคมี พร้อมทั้งได้รับการฝึกอบรมที่ดีแล้ว คิดว่าจะสามารถทำได้ในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเพื่อวิเคราะห์ปริมาณ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน และหอยแมลงภู่บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ในช่วงฤดูน้ำน้อย(เดือนมิถุนายน) และช่วงฤดูน้ำหลาก (พฤศจิกายน) ปี 2541 และดินตะกอนตามความลึกบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน สามารถสรุปผลการศึกษา ได้ดังต่อไปนี้

6.1 ปริมาณ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน

6.1.1 การวิเคราะห์ปริมาณ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้ GC/ECD ในช่วงฤดูน้ำน้อย (เดือนมิถุนายน) ค่าผลรวมของ POPs ตามสถานีมีค่าในช่วง 0.981-61.763 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากัน 12.277 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง ส่วนในฤดูน้ำหลาก (เดือนพฤศจิกายน) ค่าผลรวมของ POPs ตามสถานีมีค่าในช่วง 3.649-10.943 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.384 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง แหล่งกำเนิดของ POPs ที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนมาจากอาคารบ้านเรือน และโรงงานอุตสาหกรรม ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง โดยจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าจุดที่มีการปนเปื้อนมากที่สุดจะอยู่ในคลองระบายน้ำ(น้ำเสีย) บริเวณคลองภาษีเจริญ ซึ่งคลองนี้เป็นแหล่งรองรับน้ำทิ้งและน้ำเสียที่เกิดจากอาคารบ้านเรือนและโรงงานอุตสาหกรรมที่ปล่อยน้ำเสียลงคลองนี้

6.1.2 การเปรียบเทียบปริมาณ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าเดือนมิถุนายนและเดือนพฤศจิกายน พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งแม้ว่าค่าเฉลี่ยของเดือนมิถุนายนจะมีค่าสูงกว่าเดือนพฤศจิกายน แต่ว่ามีค่าของความแปรปรวนของข้อมูลที่ค่อนข้างสูง จึงทำให้ค่าเฉลี่ยที่ได้ใกล้เคียงกัน

6.1.3 ปริมาณ POPs สามารถตรวจพบได้ทุกสถานีที่ทำการวิเคราะห์ แต่มีระดับการปนเปื้อนที่แตกต่างกัน และจะพบว่าบริเวณตอนกลางและตอนบนของแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง มีการปนเปื้อนมากกว่าบริเวณใกล้ปากแม่น้ำ อันเนื่องมาจากบริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษา มีจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่าที่อาจเป็นสาเหตุหรือแหล่งกำเนิดของ POPs นอกจากนั้นบริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษายังเป็นแหล่งเกษตรกรรมที่สำคัญ มีการปลูกพืชผัก

ผลไม้กันมาก จึงอาจยังมีการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่มีส่วนผสมของสารในกลุ่ม POPs อยู่ จึงทำให้เกิดการปนเปื้อนมาสู่สิ่งแวดล้อม

6.2 ปริมาณ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

ค่าของ POPs ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกของทั้ง 3 สถานีมีค่าไม่แตกต่างกัน มีค่าผลรวมของ POPs ทั้งหมดใกล้เคียงกัน โดยที่สถานี TC1, TC2 และ TC3 มีค่าในช่วง 0.480-2.488 , 0.716-1.194 และ 0.594-1.896 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งคอลัมน์เท่ากับ 0.965, 1.100 และ 1.273 นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ

ตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกส่วนใหญ่พบสาร POPs 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ดีดีที คลอเดน และ บีเอชซี นอกนั้นจะไม่พบหรือมีปริมาณน้อยกว่าค่า MDL โดยรูปแบบการกระจายในสามสถานีจะแตกต่างกัน และไม่มีกลุ่มใดที่มีแนวโน้มเหมือนกัน อาจเป็นไปได้ว่า ชั้นดินมีการผสมผสานกัน แต่ก็ควรจะมีการยืนยันผลด้วยการหาอายุของตะกอน เพื่อช่วยในการยืนยันผลได้ดียิ่งขึ้น

6.3 ปริมาณ POPs ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน

สารที่พบมากที่สุดในหอยแมลงภู่คือ คลอเดน และ ดีดีที ส่วน บีเอชซีตรวจพบเพียงตัวอย่างเดียวที่มีค่าสูงกว่าค่า MDL บีเอชซีที่พบอยู่ในรูปของ gamma-BHC มีความเข้มข้นสูงเพียงตัวอย่างเดียว ส่วนอีก 3 ตัวอย่างจะพบแต่ปริมาณน้อยส่วนรูปไอโซเมอร์อื่นไม่พบในหอยแมลงภู่ จากการที่พบ gamma-BHC อาจมีต้นกำเนิดมาจากการชะล้างของน้ำฝนผ่านชั้นดินที่มีบีเอชซีเจือปนอยู่ลงไปแหล่งน้ำแล้วหอยก็กรองเอาตะกอนที่มีอนุภาคของบีเอชซีเข้าไป และจากข้อมูลของบีเอชซีที่พบในบริเวณสถานี T8 ซึ่งเป็นคลองติดต่อกับคลองสหกรณ์ดังนั้นแหล่งของบีเอชซีที่พบในหอยน่าจะมาจากคลองมหาชัย

ปริมาณของ POPs ที่พบในตัวอย่างหอยจะมีความสัมพันธ์กับ POPs ที่พบในตัวอย่างดินตะกอนภายในคลองมหาชัยที่สถานี T8 โดยในตัวอย่างดินเมื่อพบคลอเดนกับดีดีที ตัวอย่างหอยก็จะพบเหมือนกัน และจากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ pOPs กับปริมาณไขมันในหอยแมลงภู่พบว่าปริมาณดีดีทีจะมีความสัมพันธ์กับไขมันในหอยคือถ้าหอยมีปริมาณไขมันมากก็จะตรวจพบดีดีทีได้ในปริมาณที่สูง แต่คลอเดนจะตรงกันข้ามกับดีดีทีแต่จะแตกต่างกันไม่ชัดเจนนัก

และยังไม่สามารถสรุปได้อย่างแน่ใจนักเพราะมีจำนวนตัวอย่างน้อยเพียงแค่ 4 ตัวอย่างเท่านั้น การที่จะทำให้สามารถสรุปผลได้ถูกต้องมากกว่าก็ควรจะทำการเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ให้มีจำนวนตัวอย่างมากกว่านี้

6.4 ความเห็นเพิ่มเติม

6.4.1 จากปริมาณของดีดีทีและคลอเดนที่พบในตัวอย่างปัจจุบันสามารถบ่งชี้ได้ว่ายังมีการใช้สารทั้งสองอยู่โดย

6.4.2 คลอเดนที่พบในปริมาณสูงก็เนื่องมาจากประเทศไทยเพิ่งห้ามนำเข้าคลอเดนเมื่อปี 2540 ในขณะนี้จึงยังมีคลอเดนตกค้างอยู่ในสต็อกหรืออยู่ในมือของเกษตรกรหรือมีส่วนผสมในยาฆ่าแมลงชนิดกัดแทะเช่นปลวกเป็นต้น จากความคงทนของคลอเดนที่สามารถอยู่ในสิ่งแวดล้อมหรือคงทนได้เป็นระยะเวลาประมาณไม่เกินห้าปี เมื่อทำการคาดการณ์จากปริมาณการนำเข้าครั้งสุดท้ายในปี 2539 ที่มีมากถึง 151 ตัน (ตารางก.2 ภาคผนวก ก.) คลอเดนที่ยังค้างอยู่น่าจะถูกใช้ไปหมดภายในห้าปีนับจากที่ห้ามนำเข้าและอีกห้าปีจากการที่อยู่ในธรรมชาติและถูกย่อยสลายไปหมด ดังนั้นหลังจากปี พ.ศ. 2550 ปริมาณคลอเดนที่ตรวจพบในธรรมชาติน่าจะมีขนาดน้อยมากหรือไม่พบเลย

6.4.3 ในปัจจุบันประเทศต่างๆหลายประเทศได้มีการประกาศห้ามใช้หรือจำกัดการใช้ดีดีทีอย่างเข้มงวด อย่างไรก็ตามยังปรากฏว่ามีการใช้ดีดีทีอยู่ด้วยวัตถุประสงค์ทางด้านสาธารณสุขในบางประเทศเพื่อใช้ในการป้องกันและกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงอันเป็นสาเหตุของไข้มาลาเรีย ถึงแม้ว่าจะมีสารอื่นๆเช่น malathion และ propoxur สามารถนำมาใช้แทนดีดีทีได้ก็ตาม แต่เนื่องจากมีราคาแพงกว่าดีดีทีมากดังนั้นในบางประเทศโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนาจึงยังไม่สามารถใช้สารเหล่านี้แทนดีดีทีได้ทั้งหมด ซึ่งรวมทั้งประเทศไทยด้วยเช่นกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อเสนอแนะ

ในการศึกษาครั้งต่อไป ควรดำเนินการในหัวข้อต่อไปนี้ เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ดีขึ้น

1. ปรับเปลี่ยนสภาวะของเครื่อง GC ในส่วนของอุณหภูมิที่ให้แก่คอลัมน์โครมาโทกราฟฟี เพื่อตรวจสอบว่าสารตัวที่วิเคราะห์เป็นตัวเดียวกันหรือไม่ เพราะเมื่อเปลี่ยนสภาวะเครื่อง หากเป็นสารตัวเดียวกันจริง เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานจะต้องให้ค่า Retention Time ที่ตรงกัน แต่หากเป็นสารคนละชนิดกันค่า Retention Time จะไม่ตรงกัน หรืออาจใช้คอลัมน์ที่มี coating ชนิดอื่นในการยืนยันผลก็ได้
2. ในการวิเคราะห์ POPs ในตัวอย่างหอยแมลงภู่ สมควรที่จะใช้เป็นตัวอย่างแห้งมากกว่าตัวอย่างเปียก เพราะการใช้ตัวอย่างแห้ง จะทำให้สามารถใช้ตัวอย่างปริมาณมากขึ้น โอกาสที่จะตรวจพบ POPs ก็มากขึ้น การใช้ตัวอย่างเปียกต้องนำไปคลุกกับโซเดียมซัลเฟตให้แห้งก่อน ซึ่งต้องใช้ปริมาณโซเดียมซัลเฟตที่มาก ซึ่งหากใช้ตัวอย่างหอยเปียกมากจะทำให้ปริมาตรตัวอย่างรวมกับโซเดียมซัลเฟตเกินความจุของทิมเบิล
3. ควรทำการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค GC/MS ด้วย เพื่อสนับสนุนผลการวิเคราะห์ชนิดมลสารว่ามีความถูกต้องหรือไม่ เพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือและเชื่อมั่นในผลงานวิจัยยิ่งขึ้น
4. ควรทำการหาอายุของตะกอนตามความลึกของชั้นดิน เพื่อช่วยในการอธิบายการสะสมตามระยะเวลาจากอดีตจนถึงปัจจุบัน และควรแบ่งชั้นดินตะกอนอย่างน้อยไม่เกิน 1-2 เซนติเมตรต่อชั้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กอบทอง ฐูปหอม, กนกพร อธิสุข, ยุวดี เลิศเรืองเดช และอมรา วงศ์พุทธพิทักษ์. 2530. สารเคมีกำจัดแมลงและพีซีบีในหอยและน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบน. รายงานการสัมมนาครั้งที่ 4 : การวิจัยคุณภาพน้ำและคุณภาพทรัพยากรในน่านน้ำไทย 7-9 กรกฎาคม 2530, หน้า 255-263. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

เกศินี สรรวานิช. 2534. ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในน้ำ ดินตะกอน และหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) บริเวณแม่น้ำท่าจีนตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อม, สำนักงาน. 2541. พีซีบี (Polychlorinated Biphenyls (PCB). พิมพ์ครั้งที่ 2. งานสารเป็นพิษ กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กองมาตรฐานสิ่งแวดล้อม กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2538. ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ : การศึกษาความเหมาะสม การจัดการน้ำเสียในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีนตอนล่าง (ภาคผนวก). กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. ดีดีที (DDT) . พิมพ์ครั้งที่ 2. ฝ่ายสารอันตรายจากเกษตรกรรม กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2542. คลอเดน (Chlordane). กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ชลีรัตน์ พยอมแย้ม. 2519. การศึกษาการกระจายของดีดีทีและพีซีบี ในบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกวิชาชีววิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา พุทธิปรีชาพงศ์ และ พัฒนันท์ สังขะตะวรรธน์ (2531). สารกำจัดศัตรูพืชในประเทศไทย (2530). ฝ่ายวัตถุมีพิษ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร : ชุมชุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

มุกดา อุตรพงศ์ และ ไพรพรรณ เทียนทอง, 2536. ศึกษาสารกำจัดศัตรูพืชกลุ่มออร์แกโนคลอรีนในแม่น้ำท่าจีน. เอกสารวิชาการฉบับที่ 147. สถาบันวิจัยประมงน้ำจืด. กรุงเทพมหานคร.

วิชาการเกษตร, กรม. 2530. ปริมาณการนำเข้าและการใช้สารกำจัดศัตรูพืชของประเทศไทยปี พ.ศ. 2529. ฝ่ายวัตถุมีพิษ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

วิชาการเกษตร, กรม. 2531. สถิติสารกำจัดศัตรูพืชปี 2530 (ปริมาณการนำเข้า การผลิต การจัดจำหน่าย และการใช้). ฝ่ายวัตถุมีพิษ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

วิชาการเกษตร, กรม. 2537. สถิติสารกำจัดศัตรูพืชปี พ.ศ. 2536. ฝ่ายวัตถุมีพิษ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

วิชาการเกษตร, กรม. 2538. สถิติสารกำจัดศัตรูพืชปี พ.ศ. 2537. ฝ่ายวัตถุมีพิษ กองควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. กรุงเทพมหานคร : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

สนิท อักษรแก้ว และคณะ, 2542. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. การฟื้นฟูและพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลน เพื่อสังคมและเศรษฐกิจอย่างยั่งยืนของประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพมหานคร: อักษรสยามการพิมพ์

ภาษาอังกฤษ

Amdur, M.O., Doull, J. and Klaassen, C. D. 1991. Toxicology : The Basic Science of Poisons. 4th edition. New York : Pergamon Press.

Boonyatumanond, R., Tabucanond, S. M., Thongklieng, S. and Boonchalermkit, S. 2000. Persistent of Organochlorine Pesticides in green mussel (*Perna viridis*) from marine estuaries in Thailand. Chemsitry and Ecology Vol.17: 31-39.

Brochu, C., Moore, S. and Pelletier, E. 1995. Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxins and Dibenzofurans in sediments and biota of the Saquenay Fjord and the St Lawrence Estuary. Marine Pollution Bulletin Vol.30, No.8: 515-523.

Casarett, L. J. and Doull, J. 1975. Toxicology : The Basic Science of Poisons. New York : Macmillan Publishing.

Hung, H., Xu, L., Zhang, L., Chen, J. C., Wong, Y. S. and Wan, T. S. M. 1995. Environmetal Fate and Chemistry of Organic Pollutants in the Sediment of Xiamen and Victoria Harbours. Marine Pollution Bulletin Vol.3, No. 4-12 : 229-236.

Jackson, M. L. 1973. Soil cheimical analysis. New Delhi : Prentice-Hall of India Private.

Kan-atireklap, S., Tanabe, S., Sanguansin, J., Tabuacnon, M. S. and Hungspreugs, M. 1997. Contamination by Butyltin Compounds and Organochlorine Residues in Green Mussel (*Perna Viridis, L.*) from Thailand Coastal Waters. Environmental Pollution Vol.97, No.1-2 : 79-87.

Kappe C, Bergqvist P. A. and Kjeller, L. O. 1989. Levels, trends and patterns of PCDDs and PCDFs in Scandinavian environmental samples. Chemosphere Vol.18, No.65 : 1-8.

MacLeod, W. D. et al., 1993. Standard Analytical Procedures of the NOAA National Analytical Facility, 1985-1986 (Revised), Extractable Toxic Organic Compounds. In NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 71. Sampling and Analytical Methods of the National Status and Trends Program, National Bentic Surveillance and Mussel Watch Projects 1984-1992. Vol.4 : 1-51. National Oceanic Atmospheric Administration.

Maketon, M., Songserm M. and Autarrapong, M. 1997. Study on organochlorine pesticides residues in the Meklong River. J. Sci. Soc. Thailand 23 : 241-248.

Matsumura, F. 1972. Current Pesticides Situation in the United States. In Matsumura, F., Boush, G. M. and Misato, T. (eds.), Environmental Toxicology of Pesticides, pp. 33-60. New York : Academic Press.

Menasveta, P. and Cheevaparanapiwat, V. 1979. On the accumulation of heavy metals, DDT, and PCB's in Green Mussels (*Mytilus viridis* Lin), mullets (Mugil dussumerii Val), and bottom sediments collected from the Four River Mouths of Thailand. Bangkok : Chulalongkorn University, Institute of Environmental Research.

Patnaik, P. 1992. A Comphehensive Guide to the Hazardous Properties of Chemical Substances. New York : Van Nostrand Reinhold

Perreira, W. E., Hostettler, F. D., Cashman, J. R. and Nishioka, R. S. 1994. Occurrence and distributions of Organochlorine Compounds in Sediment and Livers of Srtiped Bass (*Morone saxatilis*) from the San Francisco Bay-Delta Estuary. Marine Pollution Bulletin Vol.28, No.7 : 434-441.

Prudente, M., Ichihashi, H., Kan-atireklap, S., Watanabe, I. And Tanabe, S. 1999. Bytytins, Organochlorines and Metal Levels in Green Mussel, *Perna viridis L*. from the Coastal Waters of the Philippines. Fisheries Science Vol.65, No.3 : 441-447.

Sericano, J. L. et al. 1995. Trace Organic Contamination in the Americas : An Overview of the US National Status & Trends and the International 'Mussel Watch' Programmes. Marine Pollution Bulletin Vol.31, No.4-12: 214-225.

Simpson, C. D., Wilkins, A. L., Langdon, A. L., and Wilcock, R. J. 1996. Chlordane Residues in Marine Biota and Sediment from an Intertidal Sandbank in Manukua Harbour, New Zealand. Marine Pollution Bulletin Vol.32, No.6: 499-503.

Tanabe, S. et al. 1997. Persistent Organochlorine Residues in Harbour Porpoise (*Phocoena phocoena*) from the Black Sea. Marine Pollution Bulletin Vol.34. No.5: 338-347.

Thomson, A., Allen, J. R., Dodoo, D., Hunter, J., Hawkins, S. J. and Wolff, G. A. 1996. Distributions of Chlorinated Biphenyls in Mussels and Sediments from Great Britain and the Irish Sea Coast. Marine Pollution Bulletin Vol.32, No.2 : 232-237.

Wade, T. L. and Cantillo, A. Y. 1996. Use of Standards and Reference Materials in the Measurement of Chlorinated Hydrocarbon Residues : Chemistry Workbook. Intergovernmental Oceanographic Commission technical series No.45. UNESCO.

Wade T. L., et al., 1993. GERG Trace Organics Contaminant Analytical Techniques. In NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 71. Sampling and Analytical Methods of the National Status and Trends Program, National Bentic Surveillance and Mussel Watch Projects 1984-1992 Vol.4 : 121-139. National Oceanic Atmospheric Administration.

Zhou, H. Y., Cheung, R. Y. H. and Wong, M. H. 1999. Residues of Organochlorines in Sediments and Tilapia Collected from Inland Water Systems of Hong Kong. Arch. Environ. Contam. Toxicol. Vol.36 : 424-431.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

วัตถุอันตรายทางการเกษตรที่ห้ามนำหรือสั่งเข้ามาในประเทศไทย

โดยอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 12 ทวิ แห่งพระราชบัญญัติวัตถุมีพิษ พ.ศ.2510 แก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติวัตถุมีพิษ (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2516 และกฎกระทรวง ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2517) ออกตามความในพระราชบัญญัติวัตถุมีพิษ พ.ศ.2510 และพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.2535 กรมวิชาการเกษตรได้ดำเนินการขึ้นทะเบียนวัตถุมีพิษทางการเกษตรเมื่อ ปี พ.ศ.2518 มาจนกระทั่งถึงเดือนกันยายน พ.ศ.2537 มีวัตถุอัตรายทางการเกษตรได้รับการลงทะเบียนไปแล้วประมาณ 270 ชนิด และนอกเหนือจากนั้นยังมีวัตถุอัตรายอีก 26 ชนิด ที่คณะอนุกรรมการพิจารณาการรับขึ้นทะเบียนวัตถุอัตรายทางการเกษตร และกรมวิชาการเกษตรไม่รับขึ้นทะเบียนและไม่อนุญาตให้นำมาจำหน่ายในประเทศ ด้วยเหตุผลหลัก 2 ประการ คือ

1.เป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่เมื่อนำเข้ามาใช้แล้วทั้งผู้ใช้ ผู้บริโภค และผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ จะมีความเสี่ยงภัยในเรื่องพิษภัยมาก

2.เป็นวัตถุอันตรายทางการเกษตรที่สามารถหาวัตถุอัตรายอื่นมาใช้แทนได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.1 สารในกลุ่ม POPsบางชนิดที่ห้ามนำเข้ามาจำหน่ายในประเทศไทย

ลำดับที่	ชื่อวัตถุมีพิษ	เดือน/ปี	เหตุผล
1.	BHC	มีนาคม 2523	-มีฤทธิ์ตกค้างนานมาก -เป็นสารที่อาจก่อให้เกิดมะเร็ง
2.	Endrin	กรกฎาคม 2524	-มีฤทธิ์ตกค้างนาน เสี่ยงภัยในการใช้และการบริโภค -มีฤทธิ์ตกค้างอยู่ในเมล็ดพืชที่ส่งไปจำหน่ายต่างประเทศ ทำให้ถูกห้ามนำเข้าผลิตผลการเกษตร -สิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่ศัตรูที่ต้องการกำจัดมีโอกาสได้รับอันตรายมาก -เป็นพิษต่อปลาสูงมาก
3.	DDT	มีนาคม 2526	-เป็นสารที่มีแนวโน้มทำให้สัตว์ทดลองเกิดเป็นมะเร็ง -มีฤทธิ์ตกค้างนาน
4.	Toxaphene	มีนาคม 2526	-เป็นสารที่มีแนวโน้มทำให้สัตว์ทดลองเกิดเป็นมะเร็ง -มีฤทธิ์ตกค้างนาน
5.	Dieldrin	พฤษภาคม 2531	-เป็นสารที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน สะสมอยู่ในวิ่งแวดล้อมและในร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้ -ไม่มีการพิสูจน์ในเรื่องพิษเรื้อรังอย่างเด่นชัด -เสี่ยงในการใช้มากกว่าสารตัวอื่นๆในกลุ่มเดียวกัน เนื่องจากมีค่าความเป็นพิษต่ำกว่าสารชนิดอื่น
6.	Aldrin	กันยายน 2531	-เป็นสารที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน สะสมอยู่ในวิ่งแวดล้อมและในร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้
7.	Heptachlor	กันยายน 2531	-เป็นสารที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน สะสมอยู่ในวิ่งแวดล้อมและในร่างกายมนุษย์และสัตว์ได้
8.	Chordane[a]	2540	

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2530; 2531; 2537; 2538)

[a]กรมวิชาการเกษตร (2536-2541) อ้างตาม กรมควบคุมมลพิษ (2542)

ตารางที่ ก.2 ปริมาณการนำเข้าสารเคมีในกลุ่ม POPs เข้าสู่ประเทศไทย

		ปริมาณ (ตัน) /ปี																			
	สาร	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528	2529	2530	2531	2532	2533	2534	2535	2536	2537	2538	2539	2540
1	Aldrin	25	24	18	8	14	36	19	23	38	36	67	Ban		53	ห้ามนำเข้าฯ (Banned)						
2	BHC or HCB	1	63	72	122	346	ห้ามนำเข้าฯ (Banned)															
3	Chlordane	21	11	21	17	26	12	12	13	16	17	25			77	66	72	65	81	6[a]	151[a]	Ban[a]
4	DDT																					
	ใช้ในเกษตรกรรม	277	597	300	378	83	14	ห้ามนำเข้าฯ (Banned)														
	ใช้ในสาธารณสุข	1350	999	570	390	225	-	345	522	-	485	-	583	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Dieldrin	29	37	43	20	25	28	13	28	16	8	-	ห้ามนำเข้าฯ (Banned)									
6	Endrin	77	115	90	22	20	ห้ามนำเข้าฯ (Banned)															
7	Heptachlor	8	23	13	26	40	20	23	40	33	35	-	ห้ามนำเข้าฯ (Banned)									

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2530; 2531; 2537; 2538)

[a]กรมวิชาการเกษตร (2536-2541) อ้างตาม กรมควบคุมมลพิษ (2542)

- ไม่มีข้อมูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ก.3 General Persistence of Chlorinated Hydrocarbon Insecticides in soils

Compound	95% Disappearance		75-100% Disappearance
	Years	Average	Year
Aldrin	1-6	3	3
Chlordane	3-5	4	5
DDT	4-30	10	4
Dieldrin	5-25	8	3
Heptachlor	3-5	3.5	2
Lindane (gamma-BHC)	3-10	6.5	3
Telodrin	2-4	4	-

ที่มา : Matsumura et al., 1972

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข.

รายชื่อโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ศึกษา ซึ่งคาดว่าจะเป็นแหล่งกำเนิดของ POPs/Organochlorine ที่รั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อม

ตาราง ข.1 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสิ่งทอ และฟอกย้อม ในจังหวัดสมุทรสาคร

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	บ.สว่างเท็กซ์ไทล์ จก.	ทอผ้า ฟอกย้อม
2	บ.อะแมนการ์เมนท์ จก.	ฟอกย้อม
3	บ.มาตังกีไดย์สตีปอินดัสตรี จก.	ผลิตสีย้อม
4	บ.สมุทรสาครเท็กซ์ไทล์ จก.	ปั่นด้าย ฟอกย้อม
5	บ.บวรการย้อม จก.	ฟอกย้อม
6	บ.นครหลวงเส้นใยสังเคราะห์ จก.	ทำเส้นใยสังเคราะห์
7	บ.ไทยเอ็กเพรสเท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อม
8	บ.ไทยเจริญฟอกย้อมพิมพ์ผ้า(ประเทศไทย) จก.	ฟอกย้อม
9	นายสิริ เจริญปั้นทอง	ฟอกย้อม
10	บ.ธนพันธ์เท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อม
11	บ.ทามโก้ (ไทยแลนด์) จก.	ฟอกย้อมเส้นด้าย
12	หจก.เชิดชัยพิมพ์ย้อม	ฟอกย้อม
13	หจก.ลิ่วสัมฤทธิ์	ฟอกย้อม
14	บ.บุญเสริมฟอกย้อม	ฟอกย้อม
15	บ.กิจพัฒนาพิมพ์ย้อม	พิมพ์ย้อม
16	โรงงานทอผ้าเพชรเกษม (1983) จก.	ฟอกย้อม
17	บ.พัฒนากิจพิมพ์ย้อม จก.	พิมพ์ผ้า
18	บ.ไทยแฟนซีการทอ จก.	ทอผ้าและย้อมด้าย
19	บ.ผ้าขนหนูไทย จก.	ทอผ้าขนหนู
20	นายสมพล ลีนะวัฒนา	ฟอกย้อมผ้า
21	นางประสาร อุดมแก้วกาญจนา	ฟอกย้อมผ้า
22	หจก.เอช.วายดี.ดายอิ้ง	ฟอกย้อมผ้า
23	บ.สมบัติบุญยะลา พริ้นติ้ง จก.	ฟอกย้อมผ้า
24	บ.นันยางการทอ อุตสาหกรรม จก.	ฟอกย้อม
25	บ.ไทยพาราเท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อมผ้า

ตาราง ข.1 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสิ่งทอ และฟอกย้อม ในจังหวัดสมุทรสาคร (ต่อ)

26	บ.ทองเลี่ยง จก.	ฟอกย้อม
27	บ.เชียงแสงอินดัสตรี้ จก.	ฟอกย้อม
28	บ.ร่วมแสงศิลป์ จก.	ฟอกย้อม
29	บ.ศรีแก้วการทอ อุตสาหกรรม จก.	ฟอกย้อม
30	หจก.แปซิฟิคการทอ	ฟอกย้อม
31	บ.ฟาร์อีสการทอ อุตสาหกรรม จก.	ฟอกย้อม
32	บ.วาย์.อาร์.ซี.เท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อม
33	บ.บริติช-ไทยเทติคเท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อม
34	บ.ยูเนียนเท็กซ์นิตติ้ง จก.	ฟอกย้อม
35	บ.สุปราณี ยูเนี่ยน	ผลิตภัณฑ์ผ้าลูกไม้
36	บ.อีสเอเชียเท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อม
37	หจก.เอ็นทีเอส อินดัสตรี้	ผ้าลูกไม้
38	บ.เจบี ผ้าห่ม	ทอผ้าห่ม ถักผ้ายืด
39	บ.เจริญวัฒนาการทอ จก.	ปั่นด้าย ทอผ้า
40	บ.เพ็ญทนา จก.	ปั่นด้าย
41	บ.นครหลวงอุตสาหกรรมผ้าพลากติก	ผลิตผ้าห่ม,หนังเทียม, ผ้าสังเคราะห์
42	บ.สิริรัจการทอ จก.	ฟอกย้อม
43	โรงงาน นายวีระ สุวีระชัยมณเฑียร	ฟอกย้อม
44	บ.ไทยสิรภัณฑ์ จก.	ทอผ้า
45	บ.แสงไทยการทอ	ทอผ้ามุ้ง
46	บ.ฮุ่ยกี่การทอ	ทอผ้า
47	หจก.วี.เอ็ม.อินเตอร์การ์เมนท์	ตัดเสื้อผ้าสำเร็จรูป
48	บ.ศรีไทยศิลป์อุตสาหกรรม จก.	พิมพ์ผ้า
49	บ.ไทยการ์เมนต์เอ็กซปอร์ต จก.	ตัดเย็บผ้าสำเร็จรูป
50	บ.ดารามิตร จก.	ผลิตถุงเท้า
51	หจก.บางกอกแสงไทย จก.	ปั่นนุ่น
52	บ.ฐานิตย์การพิมพ์	พิมพ์ผ้า
53	บ.สุวรรณอุตหกรรมการทอ จก.	ปั่นด้ายทอผ้า
54	บ.บูรพาการทอ จก.	ปั่นด้ายทอผ้า
55	บ.แฮมปิเทตอินดัสตรีส์ จก.	ผลิตพรม

ตาราง ข.1 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสิ่งทอ และฟอกย้อม ในจังหวัดสมุทรสาคร (ต่อ)

56	บ.ไทยเซ็นทรัลฟอกย้อม จก.	ย้อมผ้า
57	ท.ทุ่งซุ่งเซียง จก.	ฟอกย้อมผ้า
58	บ.เอฟเวอร์กรีนแฟบริค จก.	ฟอกย้อม
59	บ.อุตสาหกรรมฟอกย้อมแสงทอง	ฟอกย้อม
60	บ.ทศทัศ จก.	ฟอกย้อม
61	บ.จินเท็กซ์ จก.	ฟอกย้อม
62	บ.ทองเสริม จก.	พิมพ์ผ้า
63	นายสกล สุทธิพัฒนสมบูญ	ฟอกผ้า
64	บ.เอส เค รอลลี่ จก.	ซักฟอกเสื้อผ้า
65	นายณัฐศิษฐ์ วิริยะภัต	ซักฟอกและย้อมผ้า
66	บ.เคเวิลด์ เท็กซ์ไทล์	ฟอกย้อม
67	บ.ไทยเซ็ลทรัล ฟอกย้อม	ฟอกย้อม
68	บ.ศรีสุวรรณ	ซักฟอกเสื้อ กางเกงยีนส์
69	นายสิศาล รัตนารังสรรค์	ซักเสื้อผ้า กางเกงยีนส์
70	หจก.โรงงานพิมพ์ผ้าลิ้มเจริญ	พิมพ์ผ้า

ตาราง ข.2 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตเยื่อกระดาษ ในจังหวัดสมุทรสาคร

	ชื่อโรงงาน	**ประกอบกิจการ**
1	บ.เอเชียดราฟท์เปเปอร์ จก.	ผลิตกระดาษเหนียว
2	บ.มหาชัยเราฟท์เปเปอร์ จก.	ทำกระดาษฟาง
3	บ.ปัญจพลไฟเบอร์ คอนเทนเนอร์ จก.	ผลิตกระดาษแข็ง กระดาษน้ำตาล
4	บ.โรงงานกระดาษอาคเนย์ จก.	ทำกระดาษแข็ง
5	บ.ลานนาเปเปอร์ จก.	ทำกระดาษไหว้เจ้า
6	บ.อุตสาหกรรมกระดาษชินกวงฮัว จก.	ผลิตกระดาษสา

ตาราง ข.3 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ ยาง พลาสติก ในจังหวัดสมุทรสาคร

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	บ.เอ็นยูเค อินดัสตรี จก.	อุปกรณ์ก่อสร้าง โลหะ
2	บ.ประชุมวิศวกรรม จก.	หล่อและกลึงโลหะ
3	บ.ที.เอ็น.ที.เมตัลเวอร์ค จก.	ผลิตน๊อต สกรู มอเตอร์
4	บ.ทวีไพศาลอุตสาหกรรม จก.	ผลิตภัณฑ์โลหะ
5	บ.แสงสยามโลหะภัณฑ์ จก.	ผลิตอะไหล่รถจักรยาน
6	บ.ศรีอำพล จก.	รีดลวดเหล็ก
7	บ.เพชรชัยมงคล จก.	ผลิตภัณฑ์โลหะ ไดปั๊ม
8	บ.สวยสมพล จก.	ผลิตตู้เหล็กเก็บแยกเอกสาร
9	บ.บางกอกลวดเชื่อม จก.	ทำมุ้งลวด หน้าต่าง
10	บ.สากลซิปเปอร์ไลเตอร์ จก.	ผลิตตัวซิป หัวซิป
11	หจก.ป.สยามอุตสาหกรรมยาง	ผลิตยางรถยนต์
12	บ.อุตสาหกรรมผลิตยางไทยสิน จก.	ผลิตยางรถยนต์
13	บ.ดีสโตน จก.	ผลิตยางรถยนต์
14	บ.อุตสาหกรรมตราอูฐ	ผลิตยางรถยนต์
15	บ.สินธนาการยาง	ยางรัดของ
16	บ.พี.ซี.โฮส	ผลิตท่อยาง
17	บ.นัมเบอร์วันผลิตภัณฑ์ยาง	รองเท้าพลาสติก
18	บ.นครหลวงอุตฯพลาสติก	ผลิตพลาสติก หนังเทียม
19	บ.ไทยพลาสติก จก.	พิมพ์ลายผ้าพลาสติก
20	บ.โพลีพลาสติก จก.	ทำถุงผ้าพลาสติก
21	บ.ไทยนามพลาสติก จก.	ผลิตพีวีซี, หนังเทียม
22	บ.ศรีศิลป์ไทย จก.	ผลิตตาข่ายพลาสติก
23	บ.กรอบรูปลีบราเดอร์ จก.	กรอบรูปไม้
24	บ.กระเบื้องไทย จก.	กระเบื้องเคลือบ
25	บ.อินเตอร์เซรามิค จก.	เครื่องปั้นดินเผา
26	บ.นครหลวงวัสดุก่อสร้าง จก.	เสาเข็มคอนกรีตอัดแรง
27	บ.ยีอีซีวี วาย แอนด์ เคเบิ้ล(ประเทศไทย)	ผลิตสายไฟฟ้า สายโทรศัพท์
28	บ.เบญจมิตรการพิมพ์โลหะภัณฑ์ จก.	พิมพ์สีและลวดลาย

ตาราง ข.3 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ ยาง พลาสติก ในจังหวัดสมุทรสาคร (ต่อ)

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
29	บ.แอล.เจ.เอส. จก.	ทำรองเท้าจากพลาสติก
30	บ.สยามอินเตอร์รับเบอร์จก.	ผลิตจุกขวดกระเป๋าน้ำร้อน
31	บ.เฮียฮั้วหลี จก.	หล่ออุปกรณ์เครื่องจักร
32	โรงงาน ช.ช้าง	หลอมหล่อเหล็กทำกะทะ
33	บ.บูรพาไธรวิ่ง จก.	หลอมหล่อเหล็ก
34	บ.อินโกแฟคทอรี่ จก.	ผลิตลวดเชื่อมโลหะ
35	บ.ไทยวัฒนาพลาสติก	ทำพลาสติกแผ่น
36	โรงงานสหฐิพงษ์โลหะกิจ	ทำถุงพลาสติก
37	บ.กระทุ่มแบนการหล่อ จก.	หลอมหล่อเหล็ก
38	แสงทองสลักภัณฑ์ จก.	ทำน็อต สกรู
39	บ.เกรียงถาวรคอนเทอร์เนอร์ จก.	ผลิตภาชนะบรรจุเคมี
40	บ.ไทยวิกรม จก.	ผลิตถุงพลาสติก
41	บ.มานิตย์ อัลลอยด์ จก.	หลอมหล่ออลูมิเนียม ผลิตเก้าอี้สนาม
42	ส.โลหะการ	หลอมหล่อโลหะ
43	หจก.ไทยอาร์ตแฟลตตอรี่บรอนซ์ จก.	หล่อพระพุทธรูป
44	บ.ไฮโดรพลาส จก.	ทำผลิตภัณฑ์พลาสติก
45	บ.สามสิตรมอร์เตอร์เมนูแฟคเจอร์ริ่ง จก.	ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์
46	บ.ไทยสมุทรพลาสติก จก.	ผลิตเม็ดพลาสติก
47	บ.ไทยยนต์อินเตอร์พลาส จก.	ผลิตถุงพลาสติก
48	บ.ลิต้า (ประเทศไทย) จก.	ผลิตภัณฑ์อะไหล่เตาแก๊ส
49	บ.เจ แอนด์ เอ อุตสาหกรรม จก.	ทำตะแกรงเหล็กสำเร็จรูป
50	บ.ไทยเท็คเมทัลเล็กซ์ 1991 จก.	กลึงโลหะ
51	บ.วงศ์ไววิทย์ จก.	สีและชุบพลาสติก
52	โรงงานนางสุวรรณ รุ่งประเสริฐกิจ	หลอมหล่ออลูมิเนียม
53	บ.ธงชัยพลาสติก	ทำเม็ดพลาสติก
54	บ.เหล็กทรัพย์สยาม จก.	รีดเหล็กข้อกลม ข้ออ้อย
55	หจก.เลี้ยงบ่งผุ่ย จก.	หล่อหลอมโลหะ
56	บ.ชิโนไทย เคลือบผ้า อุตสาหกรรม จก.	เคลือบ PVC, หนัง

ตาราง ข.3 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ ยาง พลาสติก ในจังหวัดสมุทรสาคร (ต่อ)

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
57	บ.เจริญชัยอลูมิเนียม จก.	หลอมอลูมิเนียม
58	หจก.เทคนิคคอล คาสท์พรีเมียร์	หลอมหล่อเหล็ก
59	บ.ประธานการค้า จก.	ผลิตเครื่องปั้นดินเผา
60	บ.อุตสาหกรรมพงษ์ไพบูลย์ จก.	ผลิตเครื่องเคลือบดินเผา
61	บ.รอยัลอินดัสตรีท์ (ไทยแลนด์) จก.	ผลิตภัณฑ์ยาง

ตารางที่ ข.4 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสารเคมีและก๊าซ ในจังหวัดสมุทรสาคร

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	บ.เอเชียสีย้อมอุตสาหกรรม จก.	ผลิตเคมีภัณฑ์
2	บ.เอ็ม ไทยอินดัชเทรียล จก.	ผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์
3	บ.ไทยคาร์บอนด์แอนด์กราไฟต์ จำกัด	ผลิตถ่านคาร์บอนด์แท่ง
4	บ.เจียไต๋ จำกัด	ยาปราบศัตรูพืช
5	บ.ชาร์พ ฟอร์มมูเลเตอรี่ จก.	ผลิตปุ๋ยและเคมีภัณฑ์
6	บ.สหไพศาลอินดสทรี จก.	ผลิตกำมะถัน
7	บ.ไทยโอซูก้า จก.	ผลิตยารักษาโรค
8	บ.อือหวา (ประเทศไทย) จก.	ผลิตน้ำมันเครื่องและจารบี

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข.5 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสิ่งทอและฟอกย้อม ในจังหวัดนครปฐม

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	บ.วี.ซี.เอส.เท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อมด้าย
2	บ.ไทยโทเรเท็กซ์ไทล์มิลล์ จก.	ย้อมผ้า
3	บ.พัฒนไพศาลฟอกย้อม จก.	ย้อมผ้า
4	นายสุเมธ รุจิรัช	พิมพ์ผ้า
5	บ.รัตนโกสินทร์อุตสาหกรรมจำกัด	ย้อมด้าย ย้อมซิป
6	บ.สยามโพลีเอสเตอร์ จก.	ผลิตเส้นใยโปลีเอสเตอร์
7	บ.ไทยวูลอินดัสตรีส์ จก.	ขนสัตว์สางเป็นใย
8	หจก.ไทยอุตสาหกรรมไนล่อน	ทอแหและอวน
9	บ.เหรียญไทยเท็กซ์ไทล์อินดัสเทรียล จก.	ฟอกย้อมผ้า
10	กุ้ยเฮง	ทอผ้าและฟอกย้อม
11	บ.สามพรายการทอ จก.	ถักผ้าลูกไม้และย้อมผ้า
12	บุญช่วยอุตสาหกรรม	ฟอกผ้าและย้อมผ้า
13	เต็กฮะเฮง	ฟอกผ้าและย้อมผ้า
14	จิบฮั้วเชียงจั่น	ย้อมผ้า
15	หจก.ลิ้มเซ้งยู่เชียง	ย้อมผ้า
16	บ.บุญช่วยอุตสาหกรรม จก.	ฟอกย้อมและพิมพ์ลวดลายผ้า
17	หจก.จันบาติค	พิมพ์ย้อมและเขียนลวดลายผ้า
18	หจก.ศรีไพศาล	ฟอกย้อมและซักรีดผ้า
19	สุรสิทธิ์	พิมพ์ผ้า ฟอกย้อมด้ายและผ้า
20	หจก.ศรทองอุตสาหกรรม	พิมพ์สีลวดลายผ้า
21	บ.เอส บี พิมพ์ย้อม จก.	พิมพ์ลวดลายบนผ้า
22	สามพรานอุตสาหกรรมพิมพ์ย้อม	พิมพ์ผ้า
23	ศิลป 111 อุตสาหกรรมพิมพ์ผ้า	พิมพ์ผ้า
24	ไทยแสงทองอุตสาหกรรม	พิมพ์ผ้า
25	หจก.ต.กิจเจริญการพิมพ์	พิมพ์ผ้าและฟอกย้อม
26	หจก.ศรีไพบูลย์พิมพ์ย้อม	พิมพ์ผ้า
27	บ.สี่เฮ็ง (1987ฉ จก.	พิมพ์ผ้า
28	บ.นันทเขตต์รุ่งโรจน์ จก.	พิมพ์ผ้า
29	บ.เทคซ์ปอร์ตไทย จก.	กรอด้ายและย้อมด้าย

ตารางที่ ข.5 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสิ่งทอและฟอกย้อม ในจังหวัดนครปฐม (ต่อ)

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
30	ไพศาลฟอกย้อมด้าย	ฟอกย้อมผ้า
31	บ.ลีวิวัฒน์ฟอกย้อม จก.	ฟอกย้อมผ้าและด้าย
32	บ.เอเชียอุตสาหกรรมพิมพ์ย้อม จก.	ย้อมผ้า
33	บ.เจริญสวัสดิ์ไยเทียมยืด จก.	ฟอกย้อมผ้า
34	บ.ถาวรวัฒน์การฟอก จก.	ฟอกผ้าและเสื้อสำเร็จรูป
35	หจก.รัตนาศิลป์	พิมพ์ผ้า
36	บ.นครปฐมพิมพ์ย้อม จก.	ย้อมผ้าและเส้นด้าย
37	บ.ธีรพัฒน์การย้อม จก.	ฟอกย้อมผ้า
38	บ.ขจรพัฒนาอุตสาหกรรม จก.	เคลือบผ้าใบทุกชนิด
39	บ.สยามโปลีเท็กซ์อุตสาหกรรม	ถักผ้ายืดและย้อมผ้า
40	บ.ทองไทยการทอ จก.	ฟอกย้อมผ้าและถักผ้ายืด
41	บ.แค็ปปิตอลทรีคอท จก.	ถักผ้าและย้อมผ้า
42	ต.เกียเส็งอุตสาหกรรม	ย้อมเส้นด้าย
43	ยุกกี่	ทอ ย้อมผ้า
44	บ.นครหลวงถังเท้าไนล่อน	ย้อมด้ายและผ้า
45	นายชุนหมุ่น แซ่ลิ้ว	ย้อมเส้นด้าย
46	บ.สามพรานโฮลดิ้ง จก.	ทอผ้าและฟอกย้อม
47	หจก.ฟุดกี่การทอ	ทอผ้าและฟอกย้อม
48	ตั้งคุณกี่	ย้อมเส้นด้าย
49	หจก.เฮียบฮั้วล้งการทอ	ย้อมเส้นด้าย
50	ประดิษฐา	ย้อมเส้นด้าย
51	ฟ้อนกี่	ย้อมเส้นด้าย
52	หจก.เลี่ยวฉั่นกี่	ย้อมเส้นด้าย
53	บ.สหไทยอุตสาหกรรม จก.	ย้อมเส้นด้าย
54	โชคชัยการย้อม	ทอย้อมผ้า
55	บ.บุญประดิษฐ์อุตสาหกรรม	ฟอกยีนส์
56	บ.บุญช่วยอุตสาหกรรม จก.	ฟอกย้อม
57	ลักกี้สตาการทอ	ทอผ้าใบพลาสติก
58	บ.อัลฟา-โบทานิก้า จก.	ผลิตดอกไม้ผ้า, ดอกไม้พลาสติก

ตารางที่ ข.5 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสิ่งทอและฟอกย้อม ในจังหวัดนครปฐม (ต่อ)

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
59	หจก.โรงงานอุตสาหกรรมเอกสิน	ทอผ้าใบพลาสติก
60	บ.ยูไนเต็ดเท็กซ์ไทล์ มิลล์ จก.	ฟอกย้อม
61	โรงงานเอ็มเค เท็กไทล์ จก.	ทอผ้า
62	บ.พิพัฒน์ฟอกย้อม	ฟอกย้อม
63	บ.สนไทยอุตสาหกรรม จก.	กรอเส้นด้าย ตีเกลียว
64	บ.สามพรานซินเท็คทิคเท็กซ์ ไทย จก.	ทอผ้า
65	โรงงานพี.พี. เท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อมและพิมพ์ผ้า
66	บ.ประเสริฐสมบูรณ์เท็กซ์ไทล์ จก.	ฟอกย้อม
67	โรงงานผ้าเจ้าพระยา	ทอผ้า
68	บ.พี.ซี.ซี. ดายอิ้ง จก.	ฟอกย้อมผ้า
69	บ.คาช่าอุตสาหกรรม จก.	พิมพ์ผ้า
70	บ.จินตนาแอพพาเซล จก.	ตัดเย็บชุดชั้นใน
71	บ.โรงงานไทยซินเท็คท์ จก.	พิมพ์ย้อมผ้า
72	บ.ล้อศิรินิมิตรวงศ์เท็กซ์ไท์ จก.	ทอผ้า
73	นางวิยะดา ผลพาณิชเจริญ	พิมพ์ผ้า ทอผ้าทุกชนิด
74	บ.ศิลป์มิตรพิมพ์ย้อม จก.	พิมพ์ผ้า

ตารางที่ ข.6 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตเยื่อกระดาษ ในจังหวัดนครปฐม

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	บ.บางเลนเปเปอร์มิลล์ จก.	ผลิตกระดาษแข็งกระดาษดราฟท์
2	บ.กระดาษแข็งไทย จก.	ผลิตกระดาษ
3	บ.ศรีสยาม จก.	ผลิตกระดาษ
4	หจก.สามพรานภรณ์เปเปอร์	ผลิตกระดาษ
5	บ.แสตนดาร์ด บรรจุภัณฑ์	ผลิตกล่องกระดาษลูกฟูก
6	บ.ไทยซันกวงสกรีน	พิมพ์รูปลอก
7	บ.เอ็นเวอร์ฟิคเปเปอร์ แอนด์พรินติ้ง อินดัสตรี้ จก.	ผลิตกระดาษและกล่องกระดาษลูกฟูก

ตารางที่ ข.7 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตสารเคมีและก๊าซ ในจังหวัดนครปฐม

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	บ.นิจิ(ประเทศไทย) จก.	ผลิตเครื่องเขียน
2	บ.สาย 5 ผลิตภัณฑ์ก๊าซ จก.	ผลิตภัณฑ์ก๊าซอะซีทีลีน
3	บ.เฮงเค็ลไทย จก.	ทำผลิตภัณฑ์เคมี
4	บ.อั๊คโซ่โค้ทติ้ง (ประเทศไทย) จก.	ผลิตสีอุตสาหกรรม
5	ดินเท็กซ์อุตสาหกรรม	ผลิตกาวผง
6	หจก.เพิ่มผลการเกษตรเคมี	ผลิตปุ๋ยเคมี
7	บ.เมธอลไทยอิมปอร์ตเอ็กซ์	ผลิตน้ำมันมินต์
8	บ.สามพรานเคมีคอล จก.	ยาจุดกันยุง

ตารางที่ ข.8 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ ยาง พลาสติก ในจังหวัดนครปฐม

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
1	หจก.ยูแซมเมททอล	รีดอลูมีเนียม
2	บ.เพียวเส็งอุตสาหกรรม	ชุบโลหะ
3	บ.เคเดอร์อินดัสเทรียล (ไทยแลนด์) จก.	ผลิตของเด็กเล่น
4	บ.บางกอกไซเคิ้ลอินดสเตรียล จก.	ผลิตจักรยานและรถเข็นเด็กอ่อน
5	บ.วายซีโปรดักส์ จก.	ทำชั้นโชว์สินค้าและป้ายโฆษณา
6	บ.มหพันธ์กระเบื้องใยหิน จก.	ผลิตกระเบื้องซีเมนต์
7	บ.กระเบื้องโอลิมปิคไทย จก.	ผลิตกระเบื้องซีเมนต์
8	บ.ไทยเทอราเซรามิค จก.	ผลิตกระเบื้องทนไฟ
9	รง.อานุภาพกลการ	ทำผ้าเบรค
10	บ.ทอปเปอร์อินดัสเตรียล จก.	ผลิตภัณฑ์โลหะ
11	บ.ไทยแมกซ์เวลอิเลคทริค จก.	ทำหม้อแปลงไฟฟ้า
12	บ.ไทยเพิง จก.	ทำผลิตภัณฑ์พลาสติก
13	บ.รอยัลอินดัสตรีส (ไทยแลนด์) จก.	ทำผลิตภัณฑ์พลาสติกและยางสังเคราะห์
14	บ.ไอโซดาดพลาสติกโปรดักสี จำกัด	ผลิตถุงพลาสติก

ตารางที่ ข.8 โรงงานอุตสาหกรรมประเภทผลิตภัณฑ์โลหะและอโลหะ ยาง พลาสติก ในจังหวัดนครปฐม (ต่อ)

	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ
15	ทรงสวัสดิ์(1988) จำกัด	ผลิตถุงพลาสติก
16	บ.อาคเนย์ตั้งเฮงฮวด จก.	ผลิตถุงพลาสติก
17	หจก.บางกอก พี.วี.ซี. จก.	ทำท่อน้ำ พี.วี.ซี
18	บ.บี.เค.พี อุตสาหกรรมพลาสติกจำกัด	ผลิตถุงพลาสติก
19	โรงงานพลาสติก	ผลิตพลาสติกรูปทรงต่างๆ
20	บ.รังสิตคอนกรีตอุตสาหกรรม จก.	ผลิตแผ่นพื้นสำเร็จ
21	โรงงานวัชรมงคล	หลอมหล่ออลูมิเนียม, สังกะสี อุปกรณ์ต่างๆ
22	บ.เอ็ม.พี.ไวร์แวร์ จก.	ผลิตภัณฑ์จากโลหะ

ที่มา : ร่างรายงานฉบับสมบูรณ์ การศึกษาความเหมาะสม การจัดการน้ำเสียในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำท่าจีน ตอนล่าง (ภาคผนวก) กรมควบคุมมลพิษ, 2538

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค.

วิธีวิเคราะห์หาปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนโดยวิธี Walkley Black (Jackson, 1975)

1. สารเคมี

85% H_3PO_4

Solid NaF

Conc. H_2SO_4

Ag_2SO_4

1 N $K_2Cr_2O_7$

0.5 N Ferrous ammonium sulphate solution

Diphenylamine indicator

Standard Dextrose or Glucose,Anhodrous

2. ขั้นตอนการวิเคราะห์

1) ชั่งตะกอนดินที่ทำให้แห้งแล้วด้วยวิธี freeze dry และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.2 มิลลิเมตร (80 เมสต่อนิ้ว) ประมาณ 0.50 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิเมตร
2) เติมสารละลายโปแตสเซียมไดโครเมต 1 N ปริมาณ 10 มิลลิเมตร ใส่ขวดตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้บิวเรต
3) เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มิลลิเมตร ค่อยๆ เขย่าเบาให้ผสมกัน ระวังอย่างเขย่าแรง อย่าให้ตะกอนดินติดข้างขวด ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
4) เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตรประมาณ 200 มิลลิลิตร
5) เติมกรด H_3PO_4 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร
6) เติม Solid NaF ประมาณ 0.2 กรัม
7) เติม diphenylamine indicator 25 – 30 หยด
8) ไตเตรตด้วยสารละลาย Ferrous ammonium sulphate จนถึงจุดยุติสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว จดปริมาตรของ Ferrous Solution ที่ใช้ไป

3. **การคำนวณ**

$$\%OM = 10 \times (1.0N) \times \left(1 - \frac{T}{S}\right) \times \frac{12}{4000} \times \frac{1.72}{0.77} \times \frac{100}{g}$$

โดยที่ OM คือ ปริมาณสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในดินตะกอนตัวอย่าง

S คือ ปริมาณสารละลาย Ferrous ที่ใช้ในการไตเตรตสารมาตรฐาน

T คือ ปริมาณสารละลาย Ferrous ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

G คือ น้ำหนักของดินที่ใช้

และ โดยที่ $\%OC = \frac{\%OM}{1.72}$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ค.1 เปอร์เซ็นต์สารอินทรีย์คาร์บอนในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน ตามความลึก

Depth	TC1	TC2	TC3
0-5 cm	3.09	1.60	1.93
5-10 cm	2.85	1.90	2.00
10-15 cm	2.90	2.00	1.90
15-20 cm	2.71	1.88	1.95
20-30 cm	2.53	1.61	2.11
30-40 cm	2.66	1.66	2.12
40-50 cm	2.75	1.31	2.20
50-60 cm	1.77	-	2.78
R1	1.94	0.90	1.99
R2	2.75	1.37	1.85
R3	2.02	1.47	2.26
L1	2.90	0.99	2.02
L2	3.25	1.57	2.06
L3	2.52	1.35	2.29

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง.

วิธีวิเคราะห์หาเนื้อของดิน (Texture) โดยวิธีไฮโดรมิเตอร์

1. อุปกรณ์และสารเคมี

1) beaker ขนาด 600 มิลลิเมตร
2) water bath
3) กรวยกรอง
4) กระดาษกรอง No.42
5) Dispersion cup
6) Mechanical stirrer
7) Rubber policeman
8) Stirring rod
9) Hydrometer ชนิดพิเศษสำหรับใช้ในการประเมินเนื้อดิน
10) Sedimentation cylinder
11) Plunger
12) Thermometer
13) สารละลาย 30 % H_2O_2
14) สารละลาย 5% calgon ชั่ง dry powdered Sod. Hexametaphosphate 35.7 กรัมและ Anhydrous Sod. Carbonate 7.94 กรัมค่อย ๆ ใส่สารเคมีที่ชั่งแล้วนี้ลงไปใน beaker ขนาด 600 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่แล้วคนไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสารเคมีนี้ละลายหมดถ่ายใส่ Volumetric flask 1 ลิตร แล้วปรับปริมาตร
15) Amyl alcohol

2. วิธีวิเคราะห์

2.1 การเตรียมตัวอย่างดินตะกอน (Pretreatment of sediment)

2.1.1) ชั่งตัวอย่างดินตะกอนที่อบแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วจำนวน 60 กรัม ลงใน beaker 600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย 30% H_2O_2 อย่างช้า ๆ ครั้งละ 5 – 10 มิลลิลิตร จนกระทั่งตัวอย่างดินตะกอนมีสีซีดและไม่แสดงปฏิกิริยา (ไม่

เกิดฟองแก๊ส) กับ H_2O_2 อีกต่อไป (ก่อนเติม H_2O_2 แต่ละครั้งจะต้องรอให้ปฏิกิริยาที่เกิดจากการเติมครั้งก่อนสงบลงเสียก่อนอย่าให้ H_2O_2 สัมผัสกับผิวหนังเพราะจะเกิดแผลพุพอง ถ้าปฏิกิริยาเกิดช้าเกินไปอาจเร่งให้เร็วโดยการอุ่นบน water bath แต่ต้องรีบยกขึ้นเมื่อปฏิกิริยารุนแรงเกินสมควร

2.1.2) เมื่อตัวอย่างดินไม่แสดงปฏิกิริยากับ H_2O_2 อีกต่อไปแล้วยก beaker ขึ้นตั้งบน water bath เป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อขับไล่ H_2O_2 ที่เกินพอ แล้วยกลงตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

2.1.3) ติดตั้งกรวยกรอง (ใช้กระดาษกรอง Whatman No.42) ถ่ายตัวอย่างดินตะกอนจาก beaker ลงในกรวยกรองให้หมด (อาจต้องให้น้ำกลั่นช่วย) แล้วชะดินในกรวยกรองด้วยน้ำกลั่นครั้งละ 50 มิลลิลิตร จนครบ 200 มิลลิลิตร

2.1.4) ย้ายตะกอนดินจากกรวยกรอง(ยกไปทั้งกระดาษกรอง) ลงใน beaker อันเดิมนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 – 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 – 24 ชั่วโมงแล้วนำไปทำให้เย็นใน desicator

2.2) ชั่งตัวอย่างดินในข้อ 1.4 จำนวน 50 กรัม (ไม่จำเป็นต้องเป็น 50 กรัมแต่ต้องทราบน้ำหนักที่แน่นอน) ลงใน beaker ขนาด 600 มิลลิลิตร

2.3) เติมสารละลาย 5% calgon 100 มิลลิลิตร คนให้ทั่วแล้วตั้งทิ้งไว้ค้างคืน

2.4) ถ่ายดินจากข้อ 3) ลงใน Dispersion cup แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น นำไปปั่นด้วยเครื่องนาน 5 นาที (อย่าให้นานกว่านี้ เพราะจะทำให้อนุภาคที่ใหญ่ ๆ ของดินแตก ซึ่งจะทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้)

2.5) ถ่ายสิ่งที่อยู่ใน dispersion cup ทั้งหมดลงใน sedimentation cylinder (อย่าให้หกเป็นอันขาด) ถ้ามีเศษดินอยู่ตามผนังของ dispersion cup ให้ใช้ rubber policeman ถูพร้อมกับใช้น้ำกลั่นจาก wash bottle ฉีดไล่ดินลงใน sedimentation cylinder ให้หมด

2.6) เติมน้ำกลั่นลงใน sedimentation cylinder ประมาณ 100–200 มิลลิลิตร ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปใน sedimentation cylinder ในขณะที่ไฮโดรมิเตอร์จุ่มอยู่ในสารแขวนลอยของดินใน sedimentation cylinder นี้ เติมน้ำกลั่นลงอีกจนถึงขีดล่างของ sedimentation cylinder

2.7) ยกไฮโดรมิเตอร์ออก ใช้ plunger คน 20 ครั้ง เพื่อให้อนุภาคของดินในสารแขวนลอย ใน sedimentation cylinder กระจายอย่างสม่ำเสมอกันทั่วทุกส่วน

ของสารแขวนลอย วาง graduated cylinder ให้เรียบร้อยบนโต๊ะปฏิบัติการ พร้อมกับเริ่มจับเวลา

2.8) ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในสารแขวนลอยของดิน ใน sedimentation cylinder (อย่าให้สารแขวนลอยได้รับความกระทบกระเทือนมากกว่าที่จำเป็น) ปล่อยไฮโดรมิเตอร์ไว้ในสารแขวนลอยและอ่านค่าบนก้านของไฮโดรมิเตอร์ตรงระดับผิวของสารแขวนลอย เมื่อครบ 40 วินาทีพอดี นับตั้งแต่เริ่มตั้ง sedimentation cylinder ลงบนโต๊ะปฏิบัติการ วัดอุณหภูมิของสารแขวนลอยของดินตรงระดับกระเปาะของไฮโดรมิเตอร์ บันทึกค่าที่อ่านได้จากก้านของไฮโดรมิเตอร์ บันทึกค่าที่อ่านได้จากก้านของไฮโดรมิเตอร์และอุณหภูมิค่าที่ได้จาก 40 วินาที นำไปคำนวณหาปริมาณ silt + clay

2.9) ปฏิบัติตามข้อ 2.8) ซ้ำอีก และเมื่อได้เวลาอีก 1 นาที จะครบ 2 ชั่วโมง ค่อย ๆ หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในสารแขวนลอยใน sedimentation cylinder อีก อ่านค่าบนก้านของไฮโดรมิเตอร์เมื่อได้เวลา 2 ชั่วโมง พอดีนับตั้งแต่เริ่มตั้ง sedimentation cylinder ลงบนโต๊ะปฏิบัติการและวัดอุณหภูมิของสารแขวนลอยไว้อีก บันทึกผลไว้ ค่าที่อ่านได้นี้ไปคำนวณหาปริมาณ Clay

2.10) เติมสารละลาย 5 % Calgon 100 มิลลิลิตร ลงใน sedimentation cylinder อีกใบหนึ่ง แล้วปฏิบัติการเช่นเดียวกับข้อ 6) และ 7) และใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดความเข้มข้นของสารละลาย calgon ใน sedimentation cylinder และวัดอุณหภูมิตามวิธีการข้อ 8) บันทึกผลไว้ ค่าที่อ่านได้นี้นำไปคำนวณหาค่า Blank

3. วิธีคำนวณ

เนื่องจาก hydrometer ที่ใช้วัดจะให้ค่าเที่ยงตรงที่อุณหภูมิ 68°F ดังนั้น ถ้าอุณหภูมิของตัวอย่างผิดไปจากนี้ ค่าจะต้องปรับค่าให้ถูกต้องก่อน โดยใช้ Factor C บวกเข้ากับค่าที่อ่านจาก hydrometer

Temperate correction = (T ขณะนั้น – 68°F) x 0.2 = A

A_1 คือค่าที่อ่านเมื่อ40 วินาที

A_2 คือค่าที่อ่านเมื่อเวลา 2 ชั่วโมง

Hydrometer corrections

ค่าที่อ่านได้จากข้อ 10) = a (จดอุณหภูมิขณะนั้นด้วย)

(T ขณะนั้น – 68°F) x 0.2 = b (Temperature correction ของ blank)

a + b = B (blank)

Silt + Clay (40 วินาที) = X (จาก Hydrometer reading)

Silt + Clay (Corrected) = $(X + A_1) - B = C$

Clay (2 ชั่วโมง) = Y (จาก Hydrometer reading)

Clay (corrected) = $(Y + A_2) - B = D$

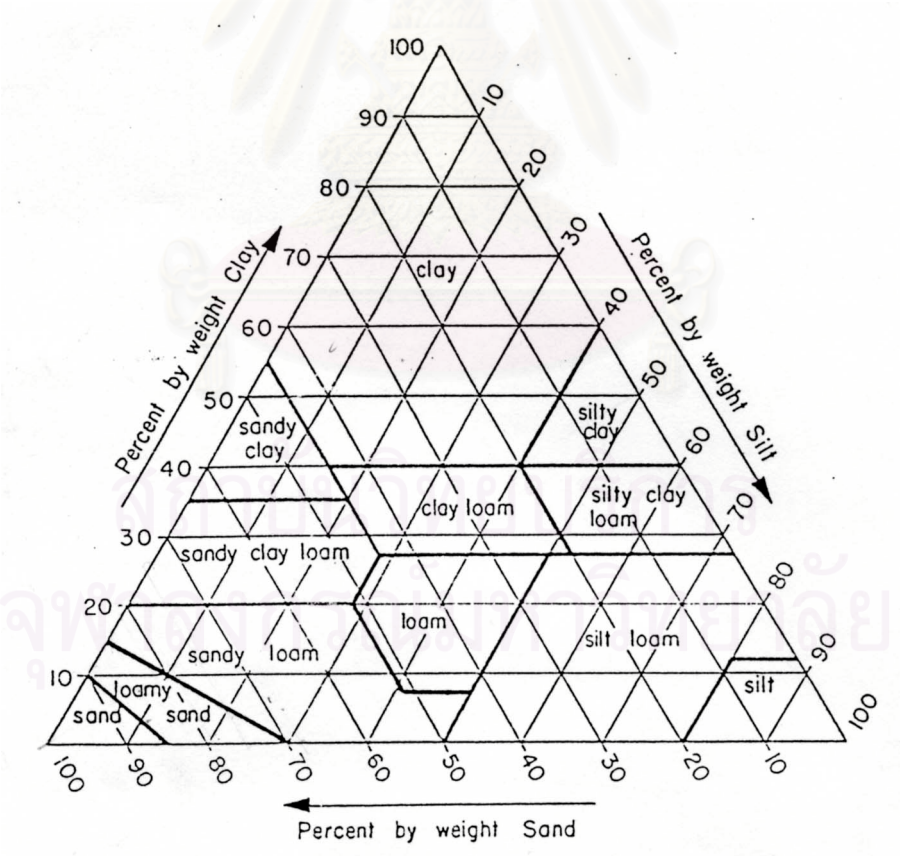
$$\% \text{ Silt + Clay} = \frac{C \times 100}{\text{น้ำหนักของดินตะกอน}}$$

$$\% \text{ Clay} = \frac{D \times 100}{\text{น้ำหนักของดินตะกอน}}$$

% Silt = (% Silt + Clay) - % Clay

% Sand = 100 – (% Silt + Clay)

เมื่อทราบค่า % Sand , % Silt + % Clay แล้วนำตัวเลขนี้ไปเทียบกับ Triangle เพื่อจะได้ทราบเป็นเนื้อดินชนิดใด (ลักษณะของ triangle แสดงดังรูป ง.1)



รูปที่ ง.1 สามเหลี่ยมคำนวณ ขนาดอนุภาค

ตารางที่ ง.1 องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน บริเวณสถานี TC1

sample	%sand	%silt	%clay	Texture
TC1, 0-5 cm	81.33	15.75	2.92	loamy sand
TC1, 5-10 cm	84.26	12.68	3.06	loamy sand
TC1, 10-15 cm	81.33	15.68	2.99	loamy sand
TC1, 15-20 cm	78.40	16.75	4.85	loamy sand
TC1, 20-30 cm	78.54	16.54	4.92	loamy sand
TC1, 30-40 cm	76.47	19.54	3.99	loamy sand
TC1, 40-50 cm	77.76	19.46	2.78	loamy sand
TC1, 50-60 cm	73.76	21.46	4.78	loamy sand
TC1-R1	85.39	13.24	1.37	loamy sand
TC1-R2	82.79	13.91	3.30	loamy sand
TC1-R3	87.39	9.84	2.77	Sand
TC1,L1	88.98	10.58	0.44	Sand
TC1-L2	83.10	14.20	2.70	loamy sand
TC1-L3	90.17	7.91	1.92	Sand

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ง.2 องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน สถานี TC2

sample	%sand	%silt	%clay	texture
TC2, 0-5 cm	74.51	24.78	0.71	loamy sand
TC2, 5-10 cm	75.44	20.45	4.11	Sandy loam
TC2, 10-15CM	75.46	19.80	4.74	Sandy loam
TC2, 15-20 CM	75.46	19.65	4.88	Sandy loam
TC2, 20-30 cm	70.51	24.38	5.11	Sandy loam
TC2, 30-40 cm	68.44	23.38	8.18	Sandy loam
TC2, 40-50 cm	71.51	24.31	4.18	Sandy loam
TC2. R1	55.68	42.18	2.14	Sandy loam
TC2. R2	69.54	24.32	6.14	Sandy loam
TC2. R3	71.68	24.71	3.61	Sandy loam

ตารางที่ ง.3 องค์ประกอบของอนุภาคดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน สถานี TC3

sample	%sand	%silt	%clay	texture
TC3, 0-5 cm	83.38	11.01	5.61	loamy sand
TC3, 5-10 cm	81.51	13.78	4.71	loamy sand
TC3, 10-15 cm	77.51	14.45	8.04	loamy sand
TC3, 15-20 cm	74.91	20.91	4.18	loamy sand
TC3, 20-30 cm	79.51	16.31	4.18	loamy sand
TC3, 30-40 cm	79.46	15.32	5.21	loamy sand
TC3, 40-50 cm	72.25	19.47	8.28	Sandy loam
TC3, 50-60 cm	71.39	22.32	6.28	Sandy loam
TC3-R1	77.60	20.70	1.70	loamy sand
TC3-R2	81.46	17.91	0.63	loamy sand
TC3-R3	85.53	15.24	-0.77	Sand
TC3-L1	88.46	9.84	1.70	Sand

ตารางที่ ง.4 ตารางรวมผลการวิเคราะห์อนุภาคดินตะกอนตามความลึก สถานี TC1, TC2 และ TC3

Depth	TC1	TC2	TC3
0-5	loamy sand	loamy sand	loamy sand
5-10	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
10-15	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
15-20	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
20-30	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
30-40	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
40-50	loamy sand	Sandy loam	Sandy loam
50-60	loamy sand	-	Sandy loam
R1	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
R2	loamy sand	Sandy loam	loamy sand
R3	Sand	Sandy loam	Sand
L1	Sand		Sand
L2	loamy sand		
L3	Sand		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ.

การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์น้ำและไขมันของหอยแมลงภู่

จ1. การหาเปอร์เซ็นต์น้ำในหอยแมลงภู่

ตาราง จ-1. แสดงการหาเปอร์เซ็นต์น้ำของหอยแมลงภู่

ตัวอย่าง	น้ำหนักบิกเกอร์ (กรัม)	น้ำหนักบิกเกอร์+หอย	
		ก่อนอบ (กรัม)	หลังอบ(กรัม)
1.หอย1(กรกฎาคม)	32.0616	38.4725	33.2544
2.หอย2(กรกฎาคม)	46.7343	54.3175	48.2537
3.หอย3(ตุลาคม)	50.9773	56.6567	51.9442
4.หอย4(ตุลาคม)	52.1975	58.3922	53.3266

การคำนวณ

A =น้ำหนักเนื้อหอย = (น้ำหนักหอย+บิกเกอร์)ก่อนอบ - น้ำหนักบิกเกอร์

B = น้ำหนักเนื้อหอยหลังอบ = (น้ำหนักหอย+บิกเกอร์)หลังอบ – น้ำหนักบิกเกอร์

เปอร์เซนต์น้ำ = (A-B)/A*100 (%)

ได้ผลดังนี้

ตาราง จ-2 แสดงผลคำนวณเปอร์เซ็นต์น้ำในหอยแมลงภู่

ตัวอย่าง	น้ำหนักเนื้อหอย (เปียก)	น้ำหนักเนื้อหอยหลังอบ	เปอร์เซ็นต์น้ำ
1.หอย1(กรกฎาคม)	6.4109	1.1928	81.39
2.หอย2(กรกฎาคม)	7.5832	1.5094	80.10
3.หอย3(ตุลาคม)	5.6794	0.9669	82.98
4.หอย4(ตุลาคม)	6.1947	1.1291	81.77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จ2. การหาเปอร์เซ็นต์ไขมันในตัวอย่างหอยแมลงภู่

แบ่งสารละลายที่สกัดตัวอย่างหอยแมลงภู่มา 20 มิลลิลิตร เพื่อทำการหาปริมาณไขมันที่มีอยู่ในเนื้อหอย โดยทำตามขั้นตอนดังนี้.

1. ตัดกระดาษกรองให้เป็นชิ้นเล็กๆ นำไปอบในเตาอบที่ 105 องศา เพื่อทำการไล่ความชื้น
2. นำกระดาษกรองในข้อ 1 มาชั่ง จดน้ำหนักไว้
3. ลดปริมาตรของสารละลายให้เหลือประมาณ 1 มิลลิลิตร ดูดใส่ขวดตัวอย่างขนาด 2 มิลลิลิตร
4. นำไปเป่าให้แห้งด้วยไนโตรเจน นำมาเติมไดคลอโรมีเทน 1 มิลลิลิตร ปิดฝาเขย่า
5. ใช้ autopipette ขนาด 50 ไมโครลิตร ดูดสารละลายในข้อ 4 หยดลงบนกระดาษกรอง ปล่อยให้แห้งจนน้ำหนักคงที่ บันทึก ทำซ้ำอีก 4 ครั้ง
6. นำไปคำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมัน

ตาราง จ.3 ตารางบันทึกน้ำหนักกระดาษกรองที่ใช้หาเปอร์เซ็นต์ไขมันในหอย

หอย1 (ก.ค.41)	น้ำหนักกระดาษกรอง	ปริมาตรที่ดูด	น้ำหนักครั้งที่ 1	น้ำหนักครั้งที่ 2	น้ำหนักครั้งที่ 3	น้ำหนักเฉลี่ย	น้ำหนักไขมัน	น้ำหนักไขมันเฉลี่ย (กรัม)
1	0.0106	50	0.118	0.0117	0.0117	0.0117	0.0011	0.0015
2	0.0100	50	0.0117	0.0114	0.0114	0.0114	0.0014	
3	0.0115	50	0.0131	0.0130	0.0130	0.0130	0.0015	
4	0.0125	50	0.0143	0.0143	0.0143	0.0143	0.0018	
5	0.0134	50	0.0148	0.0149	0.0149	0.0149	0.0015	

วิธีการคำนวณ

น้ำหนักไขมัน = น้ำหนักเฉลี่ย – น้ำหนักกระดาษกรอง

น้ำหนักไขมันเฉลี่ย = (0.0014+0.0015+0.0015)/3 (ตัดค่าต่ำสุดและสูงสุดทิ้งอย่างละ 1 ค่า)

= 0.0015 กรัม

สารละลายสกัดที่ดูดมาหยดลงบนกระดาษกรอง 50 ไมไครลิตร มีไขมันเท่ากับ 0.0015 กรัม
ดังนั้น ในขวด 1000 ไมโครลิตร จะมีไขมันเท่ากับ 0.0015*1000/50 = 0.0300 กรัม

ไขมัน 0.0030 กรัม ได้มาจากสารละลาย 20 มิลลิลิตร
สารละลายทั้งหมด 201 มิลลิลิตร จะมีไขมัน = 201*0.0300/20
= 0.3015 กรัม

ตัวอย่างหอยที่ใช้สกัด 10.1412 กรัม มีไขมัน = 0.3015 กรัม
ดังนั้น ถ้าหากใช้หอย 100 กรัม จะมีไขมัน = 100*0.3015/10.1412
= 2.97 กรัม

หอยตัวอย่าง 1 ในเดือน กรกฎาคม มีเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 2.97 เปอร์เซ็นต์

หรืออาจคำนวณได้จากสูตร

เปอร์เซ็นต์ไขมันในหอย = $\frac{A\times(B+20)\times100}{C}$ กรัมเปอร์เซ็นต์

เมื่อ A = น้ำหนักไขมันเฉลี่ย
B = ปริมาตรสารละลายที่เหลือ
C = น้ำหนักหอยที่ใช้สกัด (น้ำหนักเปียก, กรัม)

เปอร์เซ็นต์ไขมันในหอย = 0.0015*(181+20)*100/10.1412 กรัมเปอร์เซ็นต์
= 2.97 กรัมเปอร์เซ็นต์

	น้ำหนักหอยที่สกัด(กรัม)	**ปริมาตรที่แบ่งมา(มล)**	**ปริมาตรที่เหลือ(มล.)**	**ปริมาตรทั้งหมด (มล.)**	**เปอร์เซ็นต์ไขมัน %**	**ไขมันทั้งหมด (กรัม)**
หอย1 (ก.ค.41)	10.14	20	181	201	2.97	0.3015
หอย2 (ก.ค.41)	10.19	20	208	229	3.37	0.3435
หอย3 (ต.ค.41)	10.18	20	200	220	2.16	0.2376
หอย4 (ต.ค.41)	10.62	20	178	198	2.24	0.2376

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ.

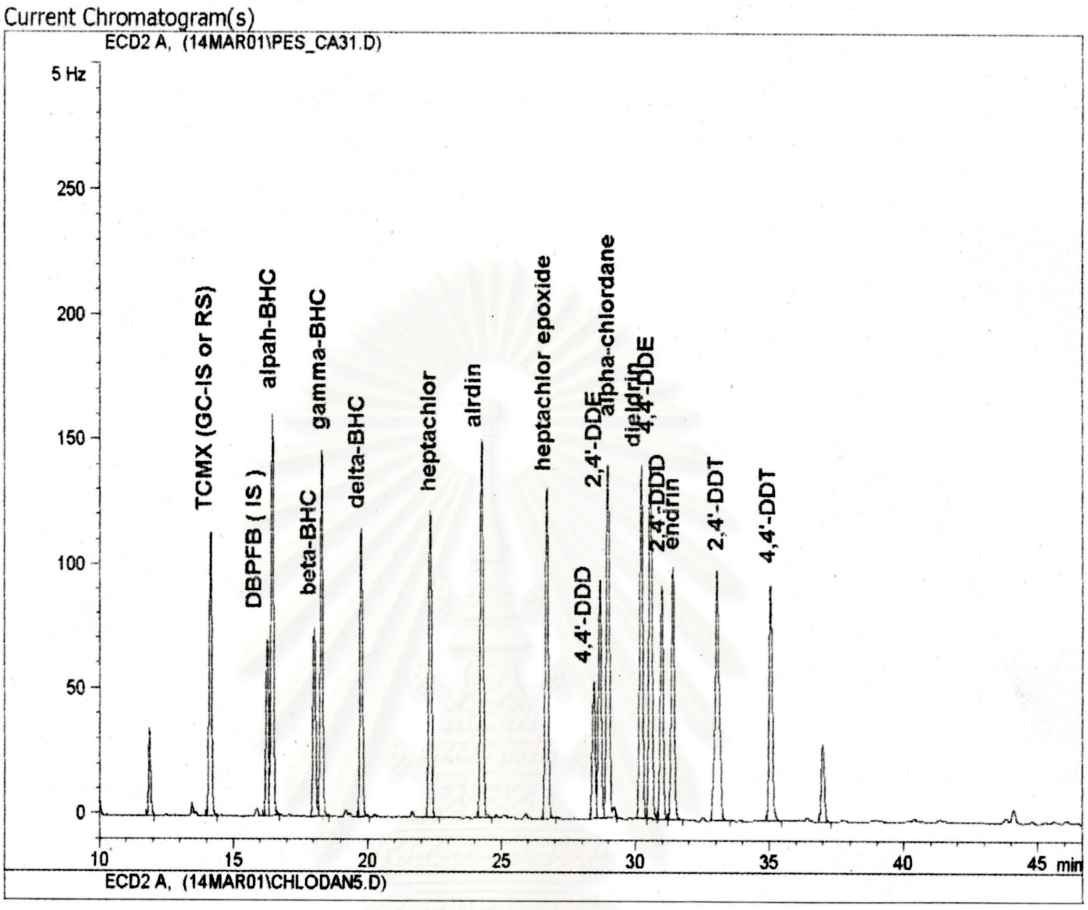
ตารางที่ ฉ-1 ค่า Retention Time และ Relative Retention Time ของสารมาตรฐานในกลุ่ม POPs บางชนิด (n=25)

Compounds	RT		RRT	
	เฉลี่ย (นาที)	S.D.	**เฉลี่ย (นาที)**	S.D.
TCMX (IS)	14.101	0.021	-	-
alpha-BHC	16.393	0.022	2.292	0.002
beta-BHC	17.977	0.021	3.876	0.002
gamma-BHC	18.257	0.027	4.157	0.017
delta-BHC	19.722	0.023	5.621	0.003
heptachlor	22.286	0.025	8.186	0.005
aldrin	24.214	0.056	10.113	0.043
heptachlor epoxide	26.629	0.023	12.529	0.005
4,4'-DDD	28.381	0.025	14.281	0.006
2,4'-DDE	28.611	0.025	14.510	0.006
alpha-chlordane	28.911	0.032	14.810	0.015
dieldrin	30.154	0.026	16.054	0.007
4,4'-DDE	30.502	0.024	16.402	0.006
2,4'-DDD	30.922	0.024	16.821	0.005
endrin	31.330	0.025	17.230	0.007
2,4'-DDT	32.980	0.026	18.879	0.007
4,4'-DDT	34.972	0.024	20.872	0.006

RT = Retention Time

RRT = Relative Retention Time เทียบกับ TCMX (IS)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ-1 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานผสม POPs Mixed Standard

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

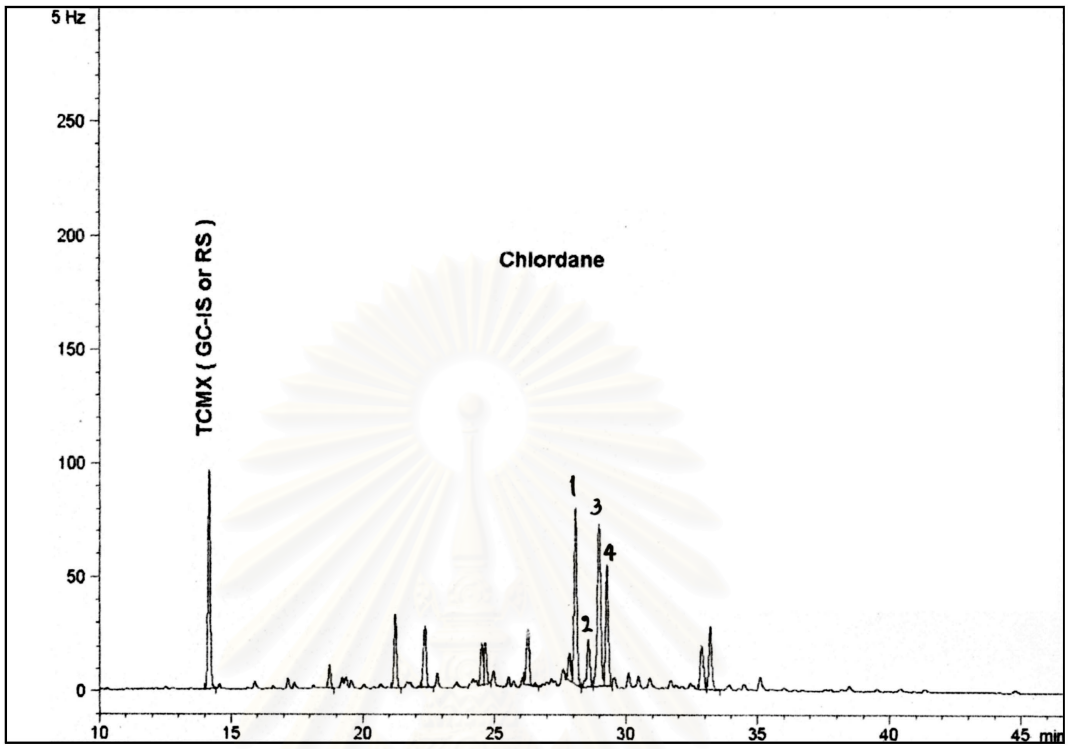
ตารางที่ ฉ-2 ค่า Retention Time และ Relative Retention Time ของสารมาตรฐานคลอเดน (Chlordane) (n=11)

Chlordane	RT		RRT	
	เฉลี่ย (นาที)	S.D	**เฉลี่ย (นาที)**	S.D
TCMX (IS)	14.099	0.008	0	0
Chlordane Peak1	28.010	0.010	13.911	0.120
Chlordane Peak2	28.499	0.009	14.400	0.012
Chlordane Peak3	28.906	0.010	14.807	0.012
Chlordane Peak4	29.190	0.055	15.091	0.058

RT = Retention Time

RRT = Relative Retention Time เทียบกับ TCMX

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ฉ-2 โครมาโทแกรมของสารมาตรฐานคลอเดน (Chlordane)

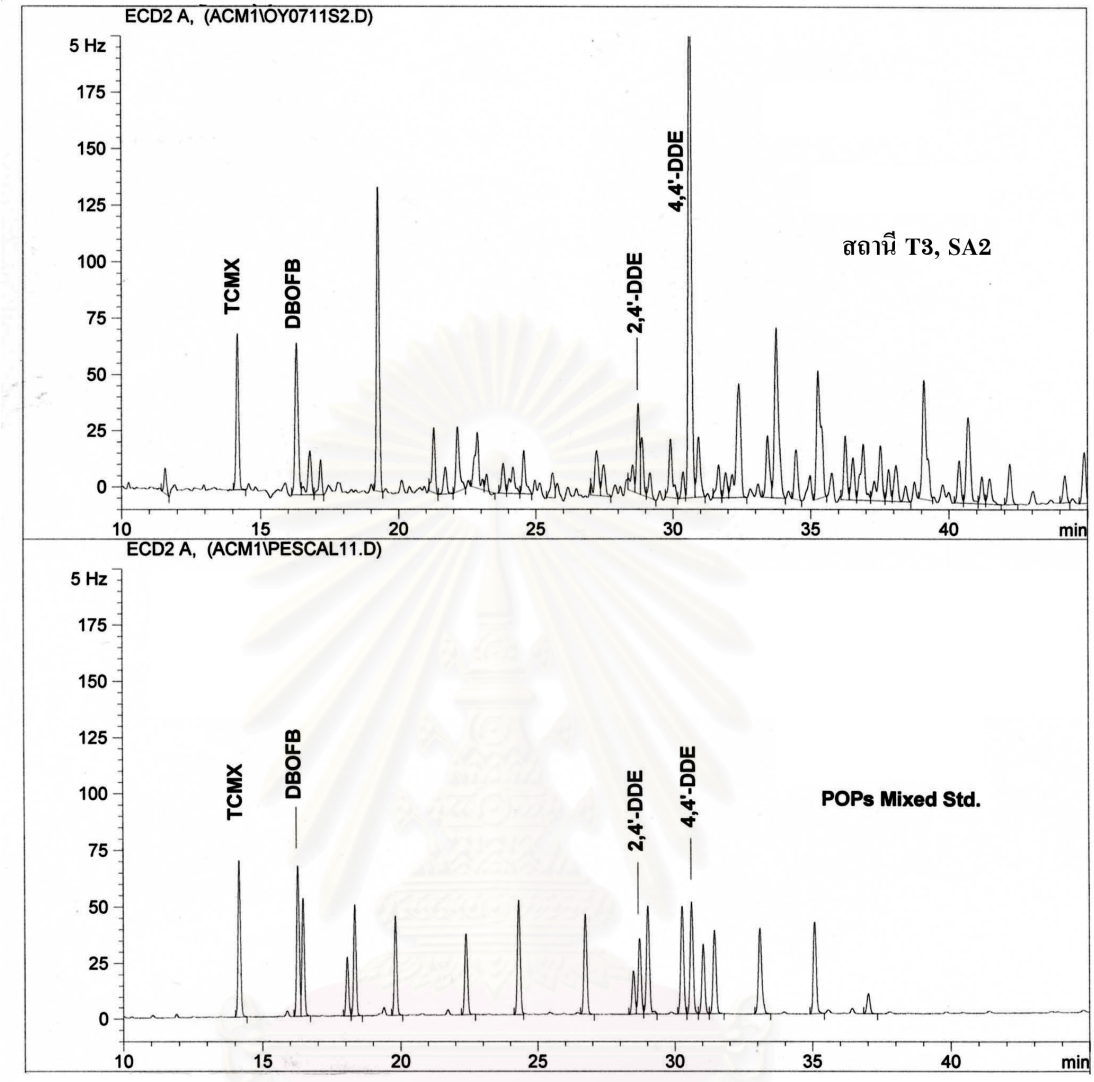
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ-3 แสดงเปอร์เซ็นต์การกลับคืนของการ cleanup โดยใช้ Silica/Alumina Column

Compound	SA2	SA3	Total
	%recovery	%recovery	%recovery
alpha-BHC	0	71	71
beta-BHC	0	85	85
gamma-BHC	0	89	89
delta-BHC	0	84	84
heptachlor	33	98	131
aldrin	67	0	67
heptachlor epoxide	0	0	0
p,p'-DDD	84	0	84
o,p'-DDE	49	0	49
alpha-chlordane	0	100	100
dieldrin	0	94	94
p,p'-DDE	86	0	86
o,p'-DDD	0	95	95
endrin	0	0	0
o,p'-DDT	65	20	86
p,p'-DDT	14	64	78
Chlordane	0	100	100
Aroclor1016	100	0	100
Aroclor1260	100	0	100

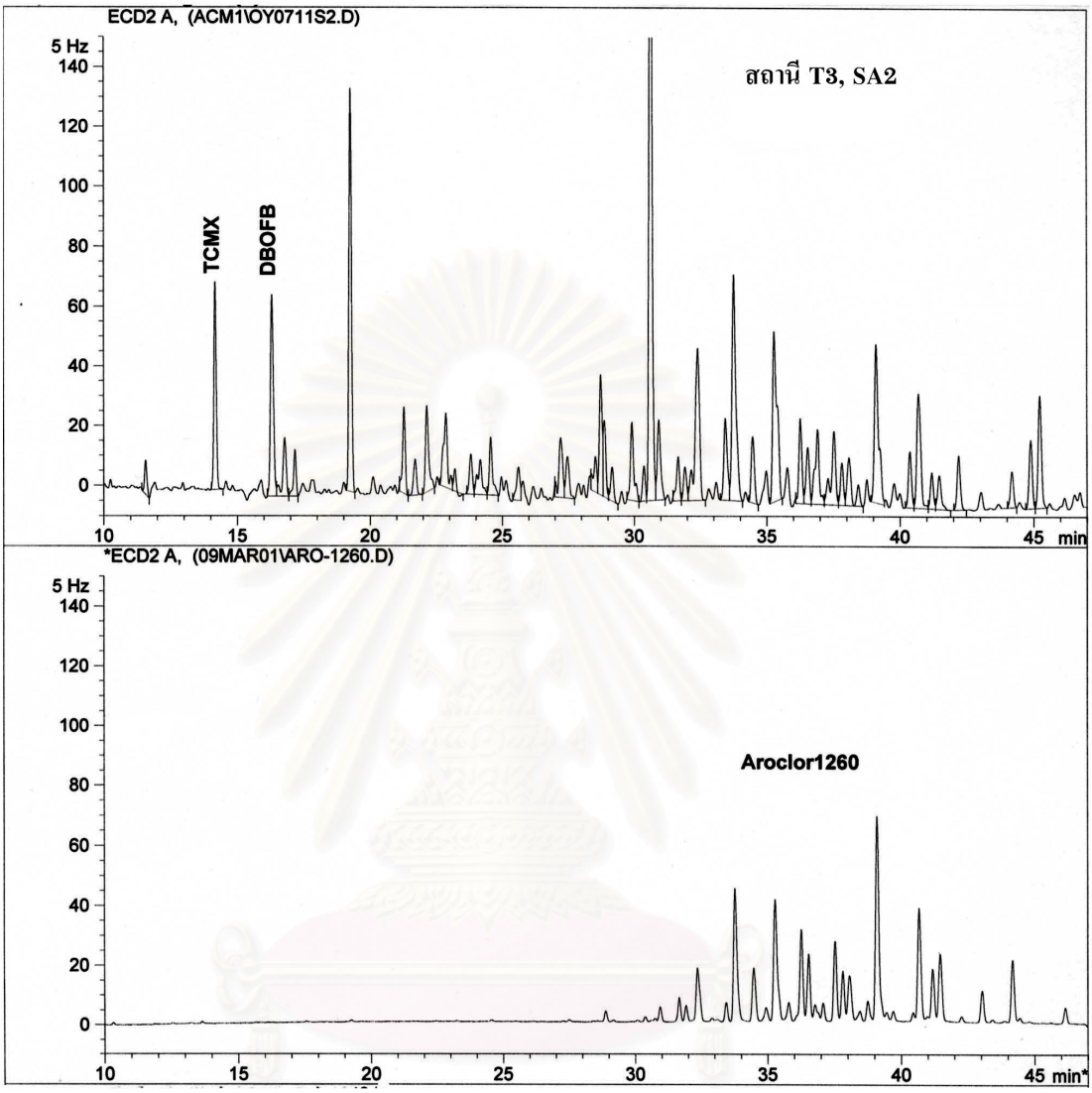
SA2 : Elute with Hexane, 45-100 ml

SA3 : Elute with 50%CH_2Cl_2 in Hexane, 100 ml

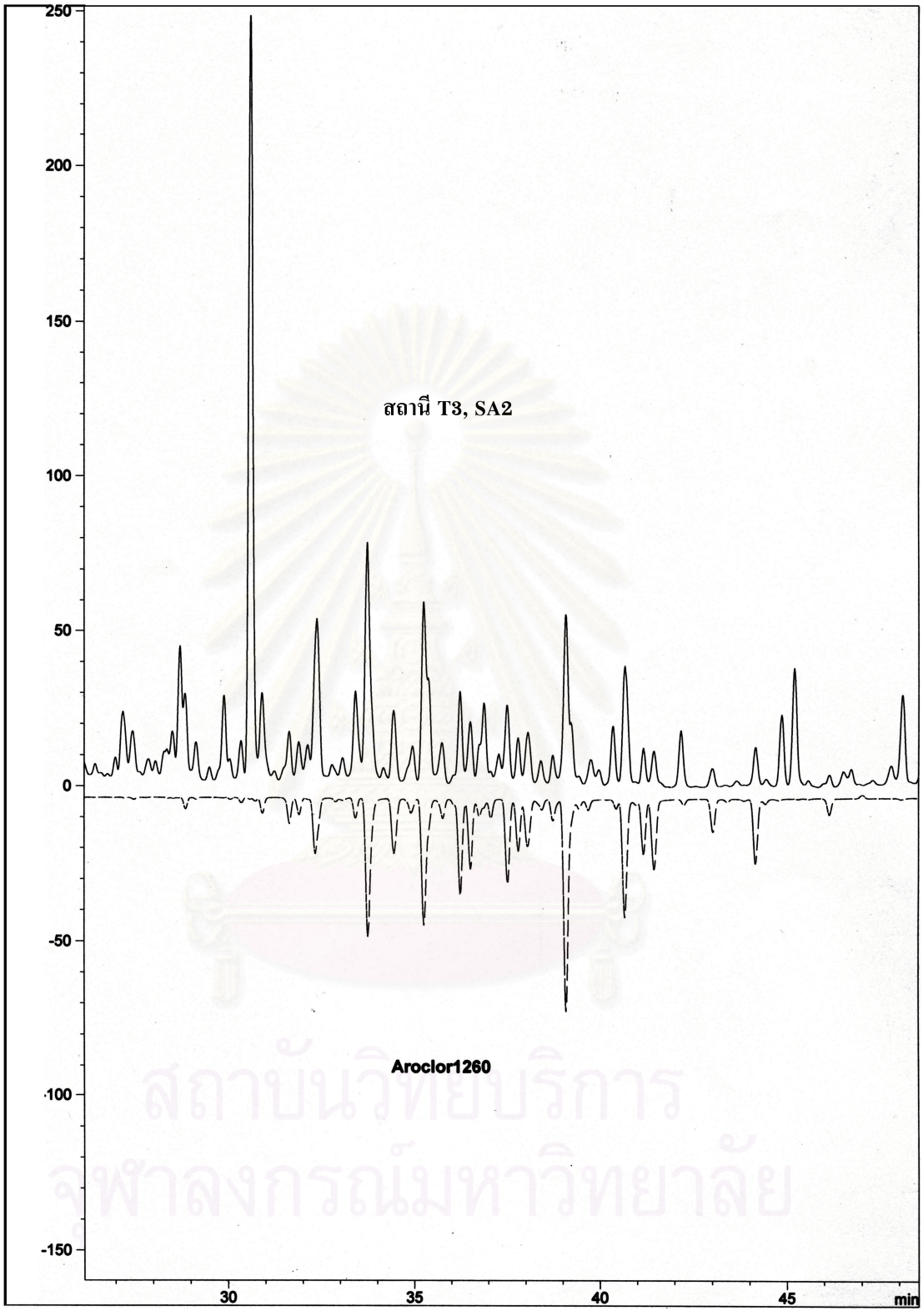


รูปที่ ฉ-3 โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T3 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA2 เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมสารมาตรฐาน POPs Mixed Standard

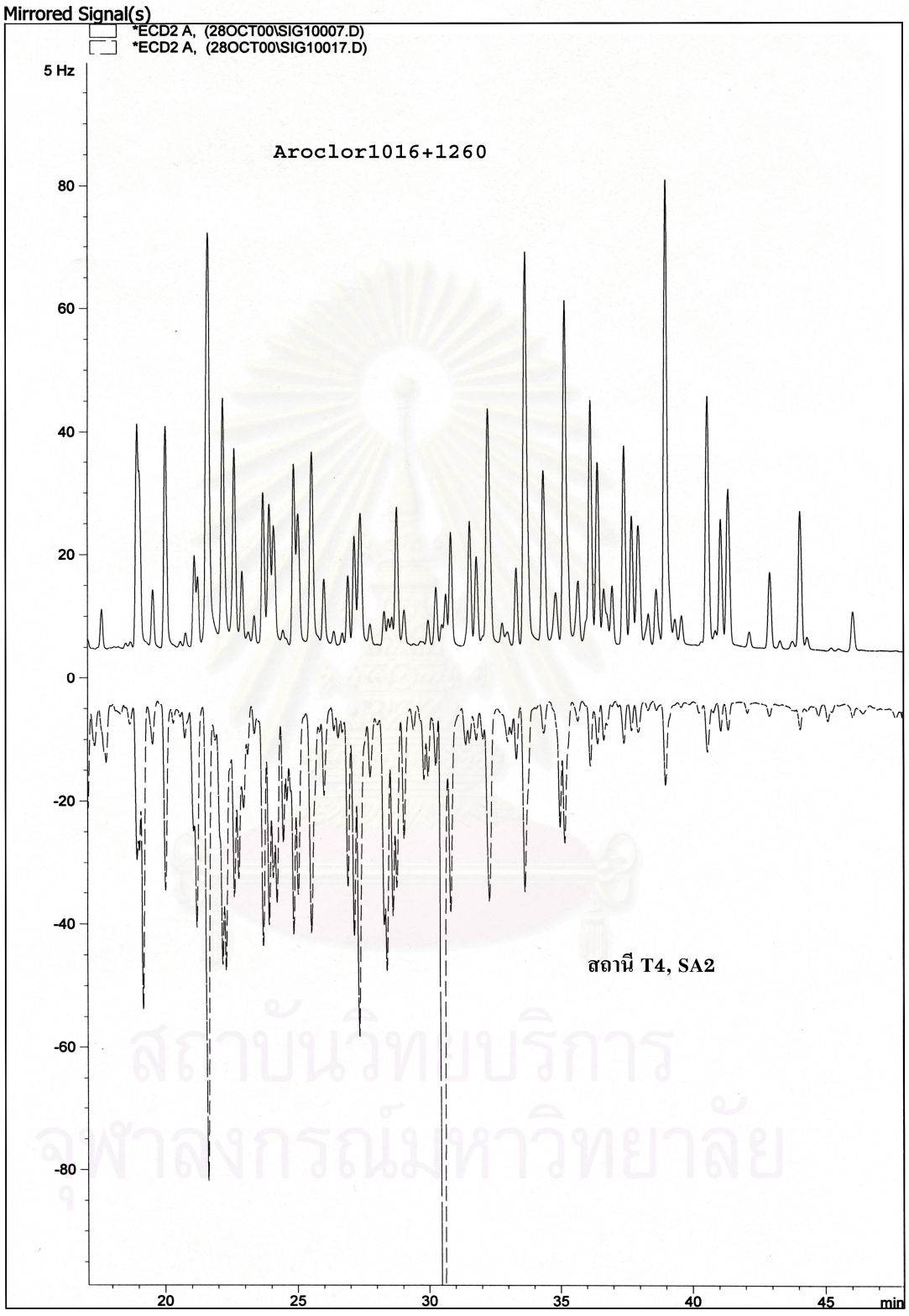
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



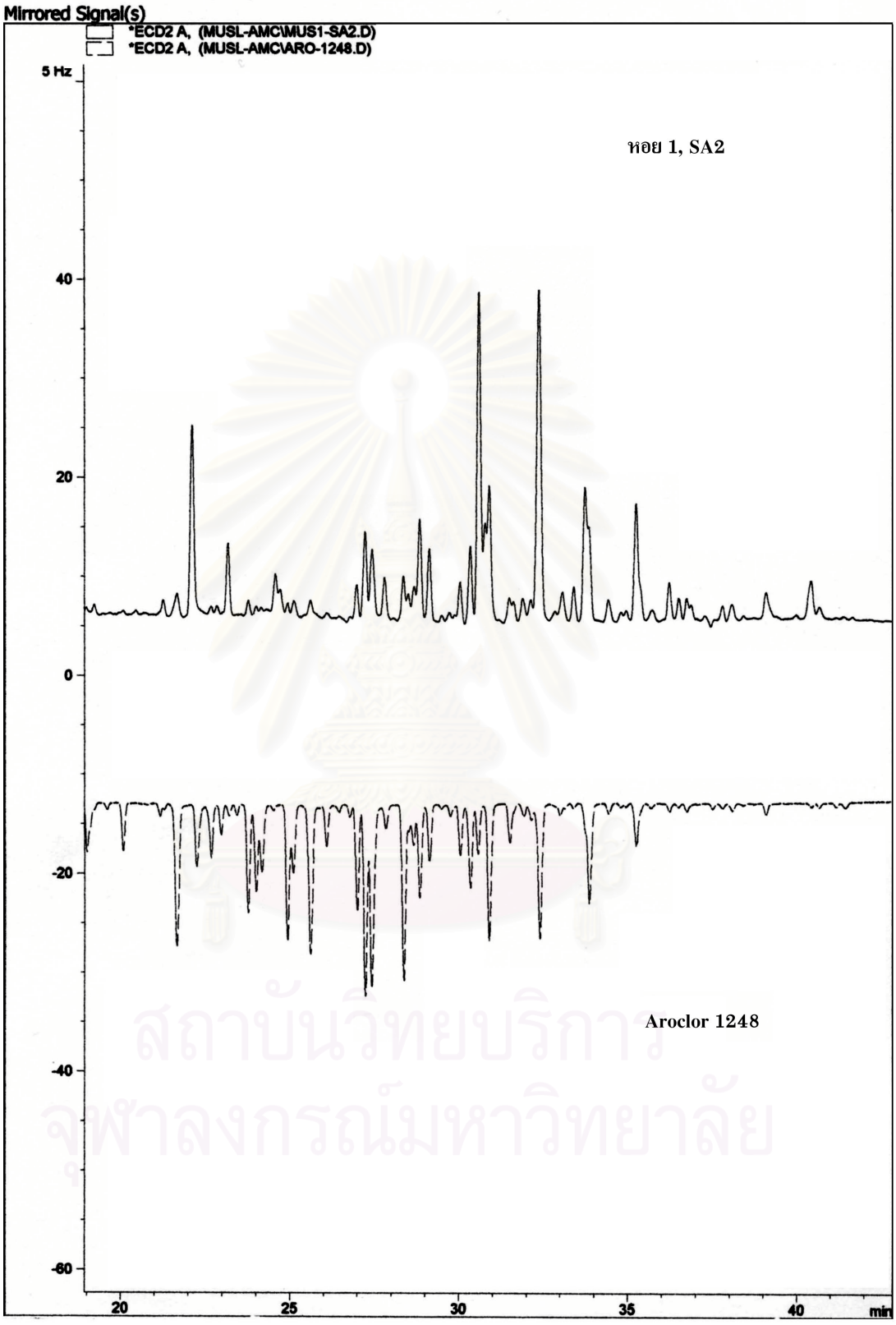
รูปที่ ฉ-4 โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T3 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA2 เปรียบเทียบกับโครมาโทแกรมสารมาตรฐาน Aroclor1260



รูปที่ ฉ-5 โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T3 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA2 เปรียบเทียบกับแบบกระจกเงา (Mirror) กับโครมาโทแกรมสารมาตรฐาน Aroclor1260



รูปที่ ฉ-6 โครมาโทแกรมของตัวอย่างดินตะกอนสถานี T4 เดือนพฤศจิกายน 2541 แฟรคชัน SA2 เปรียบเทียบกับแบบกระจกเงา (Mirror) กับโครมาโทแกรมสารมาตรฐานผสม Aroclor1016+1260 ความเข้มข้น 1 ppm



รูปที่ ฉ-7 โครมาโทแกรมของตัวอย่างหอยแมลงภู่1 แฟรคชัน SA2 เดือนมิถุนายน 2541 เปรียบเทียบกับแบบกระจกเงา (Mirror) กับโครมาโทแกรมสารมาตรฐาน Aroclor1248

ภาคผนวก ช.

การคำนวณหาค่า Instrument Detection Limit (DL) และ Method Detection Limit (MDL)

Instrument Defection Limit (DL) คือค่าของความเข้มต่ำสุดของสารที่เครื่องมือสามารถตรวจวัดได้ หาได้โดยการหาความสูงของสัญญาณรบกวน(Instrument Background noise)ที่ได้จากการฉีดสารละลายเฮกเซนบริสุทธิ์ (Hexane Blank) แล้วนำค่าที่ได้คูณด้วย 3 กับค่าที่ได้ ต่อไปนำค่าที่ได้นี้ไปคำนวณเทียบกับความสูงของสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่ำสุดจากชุดของ calibration standard ที่เตรียม

มีวิธีการคำนวณดังนี้

จากโครมาโทแกรมของ Hexane Blank ได้ค่า Instrument Background Noise มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 0.26 ฉะนั้น 3 เท่าของ background noise จึงเท่ากับ 3x0.26=0.78

จากโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสม POPs Mixed Standard มี 4,4'-DDT ความเข้มข้น 20.0 ng/ml ให้พีคความสูงเท่ากับ 33.82 หน่วย

แต่เนื่องจากความสูงของ background noise มีค่าเท่ากับ 3x0.26 = 0.78 หน่วย
ดังนั้น ความสูงจริงๆ ที่จะนำมาคิดจึงเท่ากับ 33.82-0.78 = 33.04 หน่วย
นั่นคือ

4,4'-DDT ความสูง 33.04 หน่วย มีความเข้มข้น = 20.0 ng/ml

เพราะฉะนั้น

4,4'-DDT ความสูง 0.78 หน่วย จึงมีความเข้มข้น = 0.78*20.0/33.04 = 0.472 ng/ml

ดังนั้น ค่า Instrument Detection Limit ของ 4,4'-DDT = 0.472 ng/ml

สำหรับค่า Instrument Detection Limit ของสารอื่นหาได้ในทำนองเดียวกัน ได้ผลดังตาราง ช-1

ตารางที่ ช-1 สรุปผลการคำนวณหาค่า Instrument Detection Limit (DL) ของสารประกอบ POPs Mixed Standard

	Noise	ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (ng/ml)	ความสูงของพีคของสารมาตรฐาน	Instrument Detection Limit ng/ml
a-BHC	0.26	20.4	51.33	0.315
b-BHC	0.26	20.4	25.48	0.644
r-BHC	0.26	20.4	46.56	0.348
d-BHC	0.26	20.4	39.36	0.412
Heptachlor	0.26	20.0	39.68	0.401
Alrdrin	0.26	20.8	48.68	0.339
Heptachlor epox.	0.26	20.0	42.88	0.371
4,4'-DDD	0.26	20.4	18.91	0.878
2,4,-DDE	0.26	20.0	32.40	0.493
a-Chlordane	0.26	20.0	45.91	0.346
Dieldrin	0.26	20.8	45.72	0.361
4,4'-DDE	0.26	20.8	47.96	0.344
2,4'-DDD	0.26	20.0	30.34	0.528
Endrin	0.26	22.4	34.66	0.516
2,4'-DDT	0.26	20.4	34.01	0.479
4,4'-DDT	0.26	20.0	33.82	0.472
Chlordane (คิดจากพีคของ alpha-isomer)	0.26	25.0	4.80	4.851

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การคำนวณหาค่า Method Detection Limit

Method Defection Limit (MDL) คือค่าของความเข้มข้นต่ำสุดของสารที่สามารถตรวจวัดได้จากวิธการทดลองที่ใช้คำนวณได้จากความสูงของสัญญาณรบกวน(noise) ที่ได้จาก Procedure Blank โดยคิดจาก noise ที่มีค่า Retention Time ตรงกับ Peak ของสารมาตรฐาน นำค่าที่ได้ทั้งหมดมาเฉลี่ย แล้วคูณด้วย 3 นำค่านี้ไปคำนวณเทียบอัตราส่วนกับความสูงของสารละลายมาตรฐาน ที่มีค่าความเข้มข้นต่ำสุดจากชุดของ calibration standard และหารด้วยค่าน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์

<u>มีวิธีการคำนวณดังนี้</u>

จากโครมาโทแกรมของ Procedure Blank ได้ค่า Background Noise มีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 0.63 ฉะนั้น 3 เท่าของ background noise จึงเท่ากับ 3x0.63=1.89

จากโครมาโทแกรมของสารละลายมาตรฐานผสม POPs Mixed Standard มี 4,4'-DDT ความเข้มข้น 20.0 ng/ml ให้พีคความสูงเท่ากับ 33.82 หน่วย

แต่เนื่องจากความสูงของ background noise มีค่าเท่ากับ 3x0.63 = 1.89 หน่วย
ดังนั้น ความสูงจริงๆ ที่จะนำมาคิดจึงเท่ากับ 33.82-1.89 = 31.93 หน่วย
นั่นคือ

4,4'-DDT ความสูง 31.93 หน่วย มีความเข้มข้น = 20.0 ng/ml

เพราะฉะนั้น

4,4'-DDT ความสูง 0.78 หน่วย จึงมีความเข้มข้น = 1.89*20.0/31.93 = 1.184 ng/ml

สำหรับวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่าง ใช้ตัวอย่างดินตะกอน 80 กรัม และปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 1 มิลลิลิตรเท่ากับสารมาตรฐานที่นำไปคำนวณ
ฉะนั้น จึงได้ว่า ค่า Method Detection Limit ของ 4,4'-DDT = 1.184/80 = 0.015 ng/g

สำหรับวิธีการวิเคราะห์ตัวอย่างหอยแมลงภู่ ใช้ตัวอย่าง 20 กรัม และปริมาตรสุดท้ายเท่ากับ 1 มิลลิลิตรเท่ากับสารมาตรฐานที่นำไปคำนวณ
ฉะนั้น จึงได้ว่า ค่า Method Detection Limit ของ 4,4'-DDT = 1.184/20 = ng/g

สำหรับค่า Method Detection Limit ของสารอื่นหาได้ในทำนองเดียวกัน ได้ผลดังตาราง ช-2

ตารางที่ ช-2 ผลการคำนวณหาค่า Method Detection Limit (MDL) ของสารประกอบ POPs Mixed Standard

	Noise	ความเข้มข้นของสารมาตรฐาน (ng/ml)	ความสูงของพีคของสารมาตรฐาน	MDL (3เท่า)	
				ดินตะกอน ng/g	หอยแมลงภู่ ng/g
a-BHC	0.63	20.4	51.33	0.010	0.078
b-BHC	0.63	20.4	25.48	0.020	0.163
r-BHC	0.63	20.4	46.56	0.011	0.086
d-BHC	0.63	20.4	39.36	0.013	0.103
Heptachlor	0.63	20.0	39.68	0.013	0.100
Alrdrin	0.63	20.8	48.68	0.011	0.084
Heptachlor epox.	0.63	20.0	42.88	0.012	0.092
4,4'-DDD	0.63	20.4	18.91	0.028	0.227
2,4,-DDE	0.63	20.0	32.40	0.015	0.124
a-Chlordane	0.63	20.0	45.91	0.011	0.086
Dieldrin	0.63	20.8	45.72	0.011	0.090
4,4'-DDE	0.63	20.8	47.96	0.011	0.085
2,4'-DDD	0.63	20.0	30.34	0.017	0.133
Endrin	0.63	22.4	34.66	0.016	0.129
2,4'-DDT	0.63	20.4	34.01	0.015	0.120
4,4'-DDT	0.63	20.0	33.82	0.015	0.118
Chlordane (คิดจากพีค alpha-isomer)	0.63	25	4.8	0.122	1.624

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ซ.

สรุปรวมปริมาณ POPs ในดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำ ดินตะกอนตามความลึก และหอยแมลงภู่

ตารางที่ ซ.1 ปริมาณ POPs ในดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน เดือนมิถุนายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

Station	alpha-BHC	beta-BHC	gamma-BHC	delta-BHC	Total-BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	4,4'-DDD	2,4'-DDE	Chlordane	dieldrin	4,4'-DDE	2,4'-DDD	endrin	2,4'-DDT	4,4'-DDT	%recovery
T1	0.670	0.849	0.464	0.606	2.589	<0.013	<0.011	<0.012	0.244	0.157	1.848	0.561	1.618	<0.017	<0.016	<0.015	2.153	83.92
T2	<0.010	<0.020	0.305	0.246	0.551	<0.013	<0.011	0.258	<0.028	<0.015	<0.122	<0.011	2.302	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	104.04
T3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T4	0.593	0.590	0.083	0.365	1.631	1.103	0.731	<0.012	4.269	1.820	11.594	<0.011	28.575	1.955	<0.016	<0.015	8.454	118.62
T5	<0.010	<0.020	0.128	<0.013	0.128	<0.013	0.252	<0.012	<0.028	<0.015	1.808	<0.011	0.077	0.192	<0.016	<0.015	<0.015	77.03
T6	<0.010	<0.020	0.223	<0.013	0.223	<0.013	0.558	<0.012	<0.028	0.117	3.706	<0.011	0.903	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	66.38
T7	<0.010	<0.020	0.585	0.220	0.805	0.214	0.212	<0.012	<0.028	<0.015	6.385	0.528	0.909	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	92.39
T8	0.458	0.607	0.527	0.590	2.182	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	1.056	4.277	0.488	0.465	0.948	<0.016	<0.015	<0.015	77.03
T9	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.022	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	2.088	<0.011	0.472	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	61.89
T10	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.022	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.654	<0.011	0.327	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	49.08

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.2 ปริมาณ POPs ในดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำท่าจีน เดือนพฤศจิกายน 2541 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

Station	alpha-BHC	beta-BHC	gamma-BHC	delta-BHC	Total BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	4,4'-DDD	2,4'-DDE	chlordane	Dieldrin	4,4'-DDE	2,4'-DDD	endrin	2,4'-DDT	4,4'-DDT	%recovery
T1	0.486	0.545	0.254	0.487	1.772	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	0.500	1.437	0.352	1.170	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	108.50
T2	0.269	0.451	0.416	0.402	1.538	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	0.271	3.645	0.315	0.599	<0.017	<0.016	<0.015	0.334	107.01
T3	0.158	<0.020	0.607	0.421	1.186	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	0.293	5.525	<0.011	2.753	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	131.61
T4	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.022	<0.013	0.066	<0.012	<0.028	<0.015	2.042	<0.011	1.137	<0.017	<0.016	0.503	4.876	122.44
T5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
T6	<0.010	<0.020	0.255	0.162	0.417	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	1.941	<0.011	0.874	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	91.05
T7	<0.010	<0.020	0.139	0.363	0.502	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	0.304	2.587	<0.011	1.349	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	137.75
T8	<0.010	<0.020	0.026	0.088	0.114	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.747	<0.011	0.624	<0.017	<0.016	<0.015	2.269	90.96
T9	0.215	<0.020	<0.011	0.268	0.483	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	2.875	<0.011	1.123	0.190	<0.016	<0.015	<0.015	116.07
T10	0.071	<0.020	0.049	0.100	0.220	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	3.653	<0.011	0.636	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	93.82

หมายเหตุ - หมายถึง ไม่มีตัวอย่าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.3 ปริมาณ POPs ในดินตะกอนตามความลึก สถานี TC1 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

ระดับความลึก (cm.)	alpha-BHC	beta-BHC	gamma-BHC	delta-BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	4,4'-DDD	2,4'-DDE	chlordane	dieldrin	4,4;-DDE	2,4'-DDD	Endrin	2,4'-DDT	4,4'-DDT	%recovery
0-5	0.344	<0.020	0.448	0.493	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.765	<0.011	0.438	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	70.32
5-10	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.480	<0.011	<0.011	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	67.69
10-15	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.270	<0.011	0.366	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	69.00
15-20	<0.010	<0.020	0.186	0.286	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.302	<0.011	0.450	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	81.14
20-30	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	<0.122	<0.011	0.495	<0.017	<0.016	<0.015	0.229	77.03
30-40	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	<0.122	<0.011	0.687	<0.017	<0.016	<0.015	0.271	71.65
40-50	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	<0.122	<0.011	0.539	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	88.12
50-60	<0.010	<0.020	0.186	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	<0.122	0.065	0.422	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	81.14

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.4 ปริมาณ POPs ในดินตะกอนตามความลึก สถานี TC2 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

ระดับความลึก (cm.)	alpha-BHC	Beta-BHC	Gamma-BHC	Delta-BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	4,4'-DDD	2,4'-DDE	chlordane	dieldrin	4,4'-DDE	2,4'-DDD	endrin	2,4'-DDT	4,4'-DDT	%recovery
0-5	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.312	<0.011	0.305	0.080	<0.016	<0.015	0.019	79.59
5-10	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.251	<0.011	0.311	0.122	<0.016	<0.015	<0.015	70.71
10-15	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.202	<0.011	0.366	0.133	<0.016	<0.015	1.102	61.73
15-20	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.516	<0.011	0.087	0.040	<0.016	<0.015	0.015	76.70
20-30	0.015	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.255	<0.011	0.284	0.021	<0.016	<0.015	0.619	55.74
30-40	0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.325	<0.011	0.307	0.114	<0.016	<0.015	0.108	65.65
40-50	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	0.196	<0.012	<0.028	<0.015	1.178	<0.011	0.305	0.094	<0.016	<0.015	0.010	61.83
50-60																	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.5 ปริมาณ POPs ในดินตะกอนตามความลึก สถานี TC3 (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง)

ระดับความลึก (cm.)	alpha-BHC	beta-BHC	gamma-BHC	delta-BHC	heptachlor	aldrin	heptachlor epoxide	4,4'-DDD	2,4'-DDE	chlordane	dieldrin	4,4'-DDE	2,4'-DDD	endrin	2,4'-DDT	4,4'-DDT	%recovery
0-5	<0.010	<0.020	<0.011	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.243	<0.011	0.351	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	77.03
5-10	0.460	<0.020	0.264	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.353	<0.011	0.377	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	72.99
10-15	0.337	<0.020	0.223	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.383	<0.011	0.231	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	70.32
15-20	<0.010	<0.020	0.135	0.214	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.508	<0.011	0.382	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	86.72
20-30	0.252	<0.020	0.056	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	1.191	<0.011	0.384	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	83.92
30-40	0.190	<0.020	0.061	<0.013	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.365	<0.011	0.414	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	79.77
40-50	0.196	<0.020	0.075	0.354	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.809	<0.011	0.462	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	86.72
50-60	<0.010	<0.020	0.047	0.049	<0.013	<0.011	<0.012	<0.028	<0.015	0.271	<0.011	0.544	<0.017	<0.016	<0.015	<0.015	79.77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ซ.6 ปริมาณ POPs ในหอยแมลงภู่ บริเวณปากแม่น้ำท่าจีน (นาโนกรัมต่อกรัมน้ำหนักเปียก)

Sample Name	Alpha-BHC	beta-BHC	gamma-BHC	delta-BHC	heptachlor	aldrin	Heptachlor epoxide	4,4'-DDD	2,4'-DDE	chlordane	dieldrin	4,4'-DDE	2,4'-DDD	endrin	2,4'-DDT	4,4'-DDT	%recovery
หอย1. มิถุนายน	<0.039	<0.082	0.092	<0.051	<0.050	<0.042	<0.046	<0.113	<0.062	1.971	<0.045	1.095	<0.066	<0.065	<0.060	0.082	74.73
หอย2., มิถุนายน	<0.039	<0.082	<0.043	<0.051	<0.050	<0.042	<0.046	<0.113	<0.062	1.848	<0.045	1.782	0.086	<0.065	<0.060	0.246	74.43
หอย1, พฤศจิกายน	<0.039	<0.082	<0.043	<0.051	<0.050	<0.042	<0.046	<0.113	<0.062	2.275	<0.045	0.862	<0.066	<0.065	<0.060	<0.059	66.38
หอย2, พฤศจิกายน	<0.039	<0.082	<0.043	<0.051	<0.050	<0.042	<0.046	<0.113	<0.062	2.774	<0.045	0.932	<0.066	<0.065	<0.060	<0.059	72.57

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ณ.

วิธีล้างเครื่องแก้ว สำหรับงานวิเคราะห์สารออแกโนคลอรีน

1. ภาชนะที่ใช้ในการวิเคราะห์สารออแกโนคลอรีน ต้องหลีกเลี่ยงภาชนะที่เป็นยางและพลาสติก วัสดุที่ใช้ควรเป็นแก้วหรือโลหะไร้สนิม
2. ถ้ามีเตาเผาอุณหภูมิสูง นำไปเผาที่ 400 องศาเซลเซียส อย่างน้อย 4 ชั่วโมง (ยกเว้นภาชนะที่ใช้สำหรับวัดปริมาตร เช่น Volumetric Flask , Volumetric Pipette)
3. ภาชนะที่เป็นแก้ว ก่อนนำมาใช้ต้องทำความสะอาดด้วยการล้างด้วยสารทำความสะอาด Teepol ล้างด้วยน้ำประปา ตามด้วยน้ำกลั่น แล้วนำไปแช่กรดล้างแก้วอย่างน้อย 24 ชั่วโมง (ควรจะมากกว่า ปกติจะแช่ไว้นาน 2 วัน)
4. นำภาชนะที่แช่กรดล้างแก้วแล้ว ออกมาล้างกรดให้หมดด้วยน้ำประปา ตามด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้แห้งในที่ร่ม ปราศจากฝุ่นละออง
5. รินส์ภาชนะด้วยฮะซิโตน ตามด้วยเมธานอล และ ท้ายสุดคือ ไดคลอโรมีเทน
6. เก็บภาชนะไว้ในที่สะอาดปราศจากฝุ่นละออง โดยการคว่ำไว้ หรืออาจใช้อลูมิเนียมฟอย์ดปิดปากภาชนะเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากภายนอก
7. ก่อนนำภาชนะไปใช้ ให้รินส์ด้วยสารละลายที่จะใส่ก่อนอีกครั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นายดำรงค์ศักดิ์ น้อยเจริญ เกิดเมื่อวันที่ 23 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2515 ที่อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสมุทรศาสตร์สกายะและเคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2536 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาสมุทรศาสตร์เคมี ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเมื่อปีการศึกษา 2540

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย