บทที่ 4

ผลการศึกษา

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ที่อยู่ในรูปแบบต่างๆในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า และดินตะกอนตามความลึกบริเวณปากแม่น้ำท่าจีน และการวิเคราะห์ปริมาณโลหะรวมในส่วนใบอ่อน ใบแก่ ราก และลำต้นของต้นแสมขาว พร้อมด้วยผลการวิเคราะห์องค์ประกอบอื่นๆ ของดินตะกอน มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 ผลการศึกษาลักษณะทั่วไป

4.1.1 ลักษณะทางกายภาพ

จากการสังเกตลักษณะทางกายภาพ พบว่า ดินตะกอนผิวหน้าพบว่าส่วนใหญ่เป็นโคลน เนื้อค่อนข้างละเอียด มีสีเทาและสีเทาเข้มปนดำ มีกลิ่นเหม็น โดยเฉพาะสถานีวัดกำพร้า ท่าเรือเทศบาลและคลองมหาชัย มีขยะในกับดินตะกอนมาก

ตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกบริเวณฝั่งตะวันออกของปากแม่น้ำ (สถานี C1) ที่ตั้งอยู่ในเขต ต.โคกขาม อ.เมือง จ.สมุทรสาคร มีเนื้อดินละเอียด สีเทาปนดำ มีเศษกรวดทราย เปลือกหอย และเศษไม้ปะปนในบางชั้น ส่วนดินตะกอนจากบริเวณฝั่งตะวันตกของปากแม่น้ำ (สถานี C2) ในเขต ต.บางหญ้าแพรก อ.เมือง จ.สมุทรสาคร เนื้อดินมีสีน้ำตาลปนเทา มีเศษรากพืชและเปลือกหอยค่อนข้างมาก

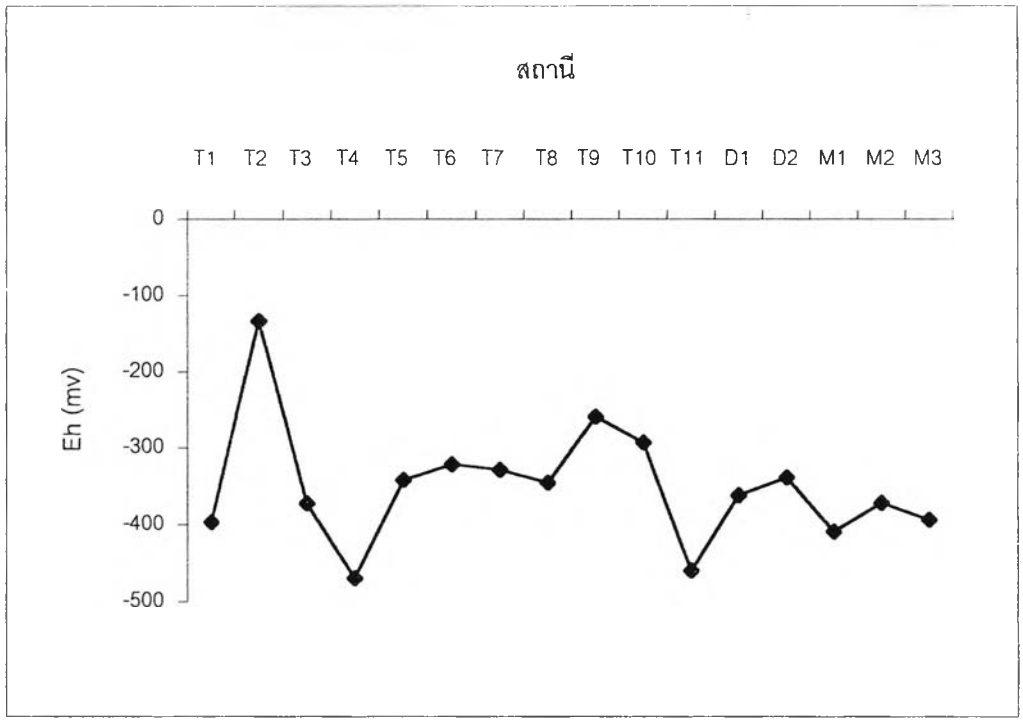
4.1.2 ผลการศึกษาค่า redox potential (Eh)

ผลการวัดค่า Eh ในดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำ มีค่าอยู่ในช่วง –469 ถึง –133 mV ค่าเฉลี่ยเท่ากับ –338 mV ดินตะกอนบริเวณคลองมหาชัย มีค่าอยู่ในช่วง –371 ถึง –408 mV ค่าเฉลี่ยเท่ากับ-391 mV และบริเวณคลองสุนัขหอนมีค่า Eh อยู่ในช่วง –361 ถึง –338 mV ค่าเฉลี่ยเท่ากับ -350 mV

ในดินตะกอนตามความลึกสถานี C1และ C2 ค่าEhมีแนวโน้มลดลง (ค่าติดลบมากขึ้น) ตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น ส่วนสถานี C3 ค่าEhมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (ติดลบน้อยลง) มีค่า Eh เฉลี่ยของทั้ง 3 สถานี เท่ากับ –259, -317 และ –368 mV ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 กราฟค่า Eh แสดงดังรูปที่ 4.1 และ 4.2

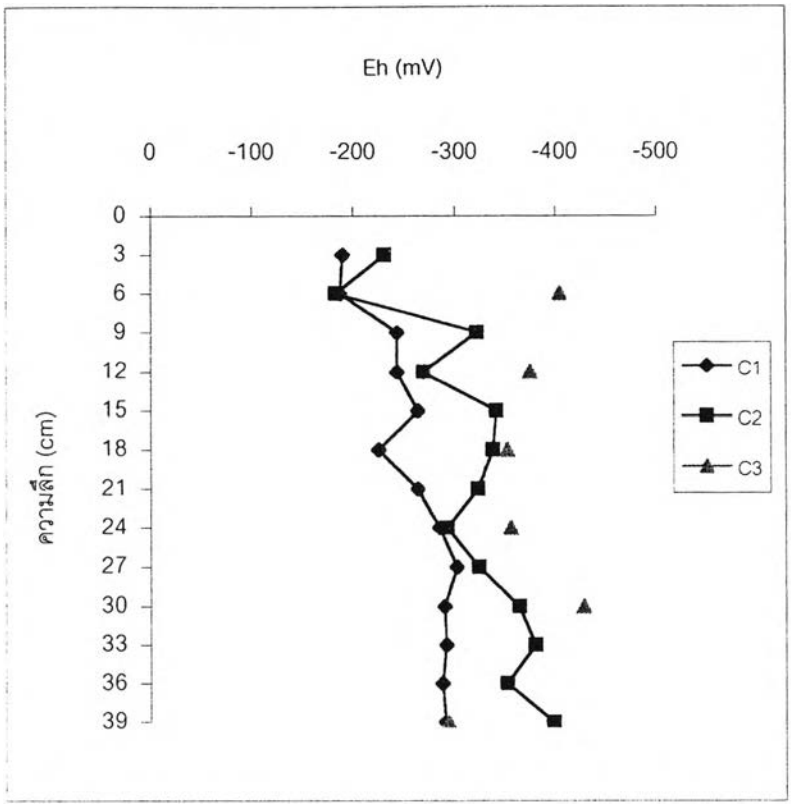
ตารางที่ 4.1 ค่า redox potential(mV) ของตัวอย่างดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา

สถานี	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ตามลำน้ำ (T1-T11)	(-469) ถึง (--133)	-338
คลองมหาชัย (M1-M3)	(-371) ถึง (-408)	-391
คลองสุนัขหอน (D1-D2)	(-361) ถึง (–338)	-350
C1	(-302) ถึง (-187)	-259
C2	(-398) ถึง (-183)	-317
C3	(-428) ถึง (-294)	-368



รูปที่ 4.1 ค่าEh ในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำ

I20303667



รูปที่ 4.2 ค่า Ehในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกทั้ง 3 สถานี

4.1.3 ผลการศึกษาค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

จากการวัดค่าความเป็นกรด-เบสในภาคสนาม พบว่าในดินตะกอนผิวหน้าจากทุกสถานีมีค่าความเป็นกรด-เบสใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 6.6–6.8 ยกเว้น สถานีวัดหอมเกร็ด (T10) และสถานีวัดประชานารถ (T11) มีค่าความเป็นกรด-เบสที่แตกต่างจากสถานีอื่นๆ อย่างมาก คือ เท่ากับ 5.4 และ 6.1 ตามลำดับ

ในดินตะกอนตามความลึกค่าความเป็นกรด-เบสในสถานี C1 มีค่าคงที่ เท่ากับ 6.8 ตลอดทุกระดับความลึก เช่นเดียวกับสถานี C3 ที่มีค่าความเป็นกรด-เบสเกือบคงที่ อยู่ในช่วง 6.5-6.6 ส่วนสถานี C2 ที่ระดับความลึก 21 เซนติเมตรแรก ค่าความเป็นกรด-เบสมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงไม่แน่นอน ตั้งแต่ระดับความลึก 21 เซนติเมตรลงไป ค่าความเป็นกรด-เบสคงที่ เท่ากับ 6.7 ค่าความเป็นกรด-เบสของดินตะกอนแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ของตัวอย่างดินตะกอนจากบริเวณที่ศึกษา

สถานี	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ตามลำน้ำ (T1-T11)	5.4 – 6.8	6.6
คลองมหาชัย (M1-M3)	6.6 – 6.8	6.7
คลองสุนัขหอน (D1-D2)	6.7 – 6.9	6.8
C1	6.7 – 6.8	6.8
C2	6.4 – 6.7	6.6
C3	6.5 – 6.6	6.6

4.1.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์ (organic matter)

ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนสถานีตามลำน้ำ (T1-T11) มีค่าอยู่ในช่วง 2.7 - 5.6% ยกเว้น สถานีวัดนางสาว (T6) ซึ่งมีปริมาณสารอินทรีย์ที่สูงกว่าสถานีอื่นๆค่อนข้างมาก เท่ากับ 8.3% สถานีบริเวณคลองมหาชัย มีค่าอยู่ในช่วง 4.2 – 5.7% สถานีบริเวณคลองสุนัขหอน มีค่าอยู่ในช่วง 2.8 – 4.3% ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์แสดงได้ดังตารางและรูปที่ 4.3

ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนตามความลึกของตัวอย่างจากสถานี C1และ C3 มีแนวโน้มที่ลดลงตามความลึก ส่วนสถานี C2 มีแนวโน้มของปริมาณสารอินทรีย์ตามความลึกที่ขึ้นๆลงๆ ไม่ชัดเจน สถานี C1มีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 2.3 – 3.2% สถานี C2 อยู่ในช่วง 3.4 – 4.9% ส่วนสถานี C3 มีปริมาณสารอินทรีย์อยู่ในช่วง 3.8 – 4.3% ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์แสดงได้ดังตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.4 (วิธีการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรีย์แสดงดังภาคผนวก ค)

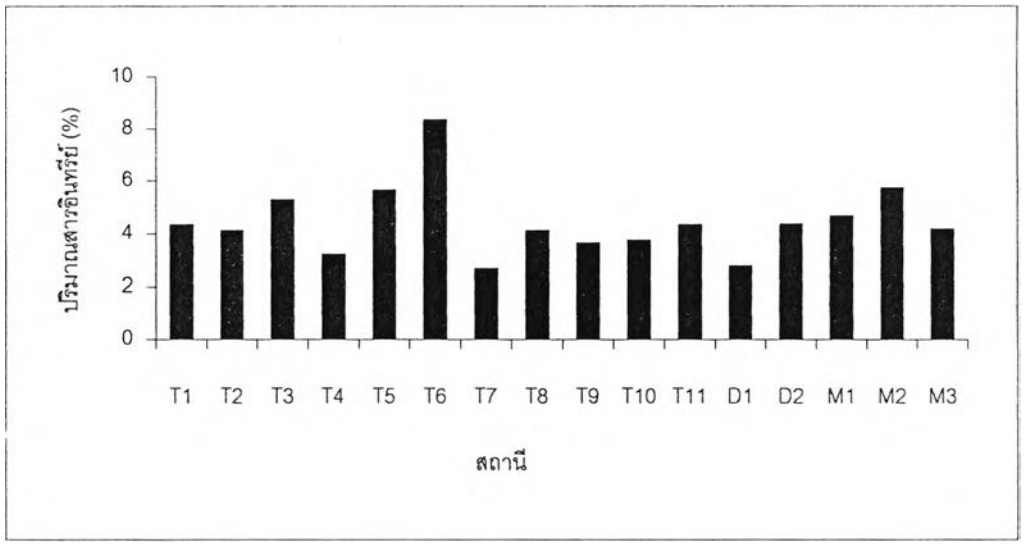
4.1.5 ผลการวิเคราะห์หาค่าเปอร์เซนต์น้ำในดินตะกอน

จากการศึกษา พบว่าตัวอย่างดินตะกอนประกอบด้วยน้ำมากกว่าครึ่งหนึ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์น้ำในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าตามลำน้ำ (T1-T11) บริเวณคลองมหาชัย (M1-M3) และคลองสุนัขหอน (D1-D2) เท่ากับ 52.5%, 59.6% และ 57.8% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างสถานี พบว่า ค่าเฉลี่ยเปอร์เซนต์น้ำในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกจาก

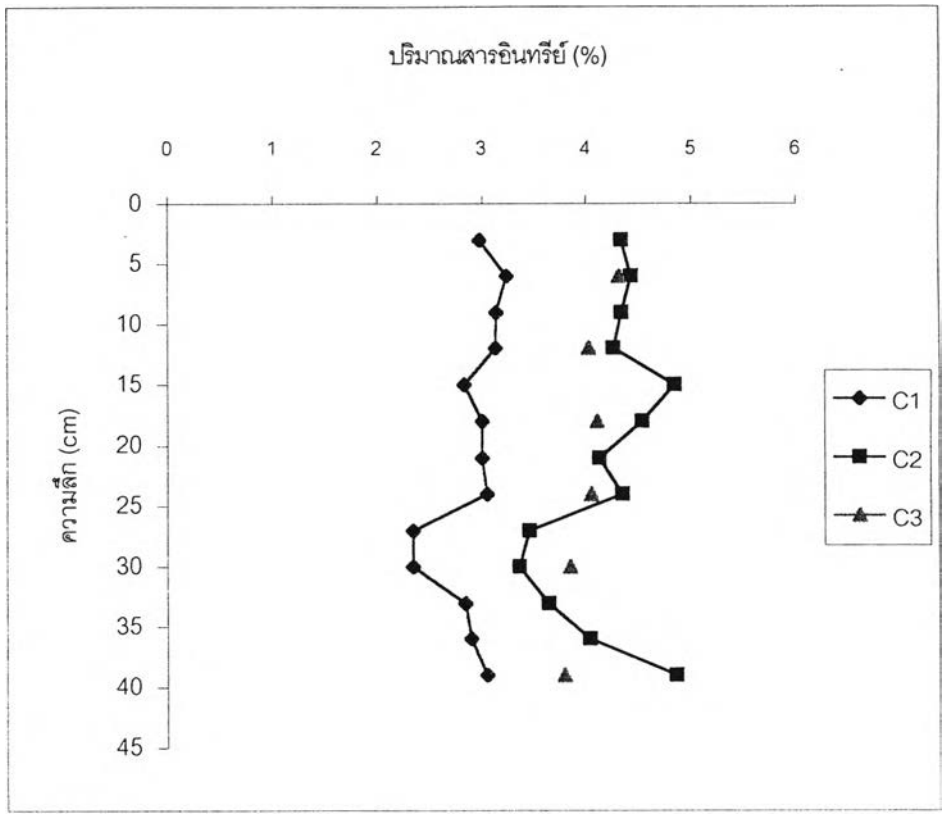
สถานี C1 มีค่าน้อยกว่าสถานี C2 และ C3 โดยมีค่าเท่ากับ 54.5%, 59.4% และ 58.7% ตามลำดับ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารอินทรีย์ (%) ในดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา

สถานี	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ตามลำน้ำ (T1-T11)	2.7 – 8.3	4.5
คลองมหาชัย (M1-M3)	4.2 – 5.7	4.8
คลองสุนัขหอน (D1-D2)	2.8 – 4.3	3.6
C1	2.3 – 3.2	2.9
C2	3.4 - 4.9	4.2
C3	3.8 – 4.3	4.0



รูปที่ 4.3 ปริมาณสารอินทรีย์ในดินตะกอนผิวหน้า



รูปที่ 4.4 ปริมาณสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึกทั้ง 3 สถานี

ตารางที่ 4.4 ค่าเปอร์เซนต์น้ำในดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา

สถานี	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
ตามลำน้ำ (T1-T11)	41.7 - 68.5	52.5
คลองมหาชัย (M1-M3)	54.0 - 64.5	59.6
คลองสุนัขหอน (D1-D2)	49.5 - 66.0	57.7
C1	50.6 - 59.6	54.5
C2	54.0 - 63.2	59.4
C3	57.2 - 62.4	58.7

4.1.6 ผลการวิเคราะห์ขนาดตะกอน (grain size)

จากการศึกษาขนาดตะกอนของตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า พบว่า ดินตะกอนทุกสถานีมีลักษณะเป็น sand มากที่สุด อยู่ในช่วง 56–78% รองลงมาคือ clay 11–32% และ silt 6–19% ลักษณะเนื้อดินเป็นแบบ sandy clay loam และ sandy loam

ตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก สถานี C1 มีปริมาณ sand อยู่ระหว่าง 52-56% รองลงมาคือ silt 16-32% clay 17-32% ส่วนใหญ่มีลักษณะเนื้อดินเป็น sandy loam สถานี C2 มีปริมาณ sand 51-60% clay 23-30% silt 17-21% ทุกสถานีมีลักษณะเนื้อดินเหมือนกันเป็น sandy clay loam สถานี C3 มีปริมาณ sand 52-59% รองลงมาคือ clay 27-32% และ silt 16-17% เกือบทุกระดับความลึกมีลักษณะเนื้อดินเป็นแบบ sandy clay loam ลักษณะเนื้อดินในดินตะกอนสรุปได้ดังตารางที่ 4.5 (วิธีการวิเคราะห์ขนาดตะกอน แสดงดังภาคผนวก ง)

ตารางที่ 4.5 ลักษณะเนื้อดินในดินตะกอนบริเวณที่ศึกษา

ประเภท	สถานี	ลักษณะเนื้อดิน
ดินตะกอนผิวหน้า	ตามลำน้ำ (T1 – T11)	sandy loam, sandy clay loam
	คลองสุนัขหอน (D1 - D2)	sandy clay loam
	คลองมหาชัย (M1 – M3)	sandy loam, sandy clay loam
ดินตะกอนตามความลึก	C1	sandy loam, sandy clay loam
	C2	sandy clay loam
	C3	sandy loam, sandy clay loam

สรุปผลค่า pH, Eh, ลักษณะเนื้อดิน, เปอร์เซนต์น้ำ และเปอร์เซนต์สารอินทรีย์ แสดงดังภาคผนวก จ

4.1.7 ผลการวิเคราะห์อายุและอัตราการตกตะกอน

จากการวิเคราะห์อายุของตะกอนด้วยวิธี Pb-210 กัมมันตรังสี พบว่า สถานี C1 ดินตะกอนมีอายุมากที่สุด อยู่ในช่วง 1.3-33.8 ปี สถานี C2 ดินตะกอนมีอายุ 0.8–21.3 ปี และ

สถานี C3 ดินตะกอนมีอายุน้อยที่สุดคือ 1.1–11.6 ปี ดังแสดงในตารางที่ 4.6 และคำนวณอัตราการตกตะกอนได้เท่ากับ 1.15, 1.88 และ12.85 เซนติเมตร/ปี ตามลำดับ รายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์ แสดงในภาคผนวก ฉ และ ช ตามลำดับ

ตารางที่ 4.6 อายุและอัตราการตกตะกอน (ซม./ปี) ของดินตะกอนตามความลึก

สถานี	อายุ (ปี)	อัตราการตกตะกอน (ซม./ปี)	
		ที่ผิวหน้า	ที่ความลึก
C1	1.3 – 33.8	1.15	1.08
C2	0.8 – 21.3	1.88	1.71
C3	1.1 – 11.6	2.85	2.82

4.2 ผลการศึกษาปริมาณโลหะ

4.2.1ผลการวิเคราะห์ค่า % คืนกลับ

ผลการวิเคราะห์ค่า % คืนกลับของการสกัดโดยวิธี Total digestion สรุปได้ตารางที่ 4.7 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ซ)

ตารางที่ 4.7 ค่าเปอร์เซนต์คืนกลับของวิธี Total digestion (n = 4)

โลหะหนัก	% คืนกลับ	
	พิสัย	ค่าเฉลี่ย
แคดเมียม	75.0 – 133.3	97.9
ทองแดง	78.0 – 81.5	80.3
ตะกั่ว	77.0 – 105.0	108.5
สังกะสี	81.2 – 107.8	92.5

4.2.2 ผลการหาค่า Detection limit

ผลการศึกษาค่า Detection limit ของการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer สรุปดังตารางที่ 4.8 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฌ)

ตารางที่ 4.8 ค่า Detection limit ของเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (n=8)

โลหะหนัก	ค่า Detection limit (ppm)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)
แคดเมียม	0.010	0.003
ทองแดง	0.184	0.063
ตะกั่ว	0.126	0.052
สังกะสี	0.033	0.012

4.2.3 ผลการศึกษาโลหะหนักในดินตะกอน

ก. ดินตะกอนผิวหน้า

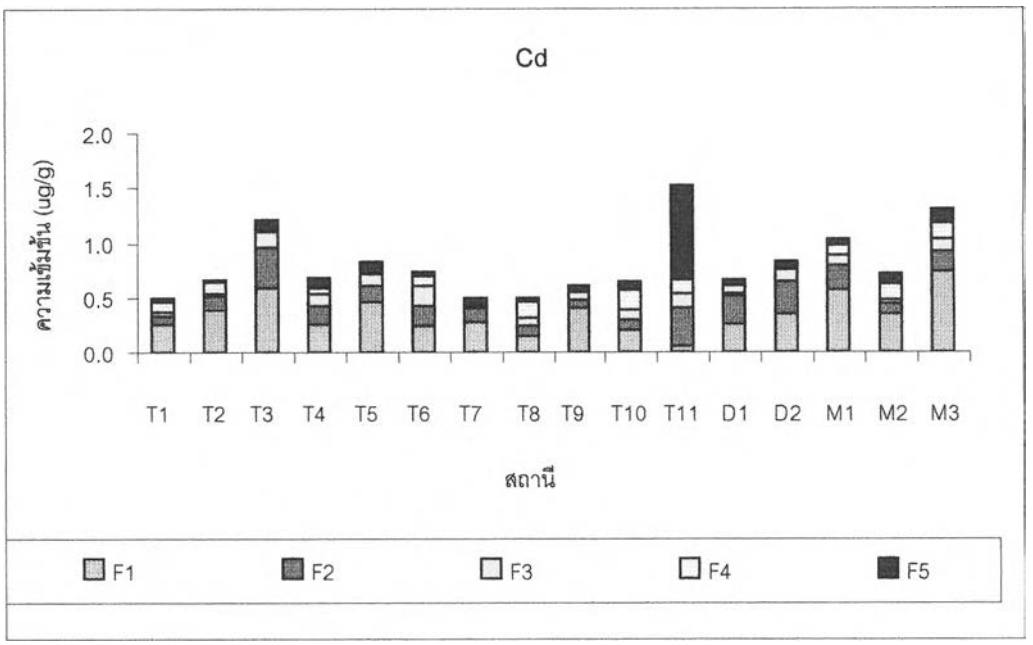
(1). การศึกษาโลหะโดยวิธีสกัดตามลำดับขั้น

การศึกษาโลหะหนักในดินตะกอนด้วยวิธีการสกัดตามลำดับขั้น (Sequential extraction procedure) ใช้สารสกัด (extractant) ต่างๆ แยกโลหะออกตามรูปแบบ (fraction) ที่แตกต่างกัน ดังนี้

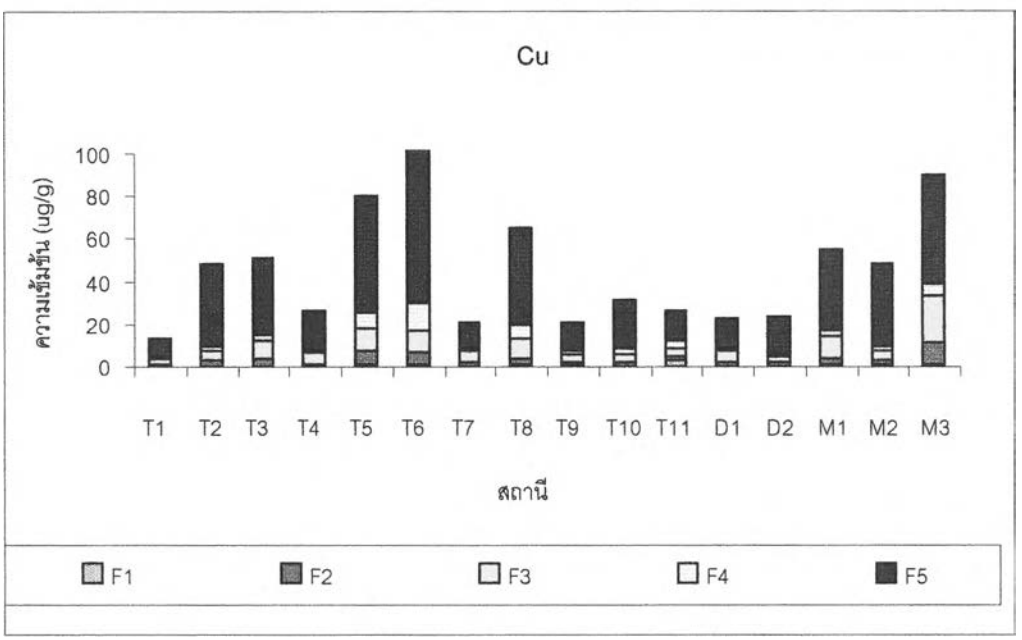
รูปแบบที่1 รูปที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable)
รูปแบบที่2 จับอยู่กับคาร์บอเนต (Bound to carbonate)
รูปแบบที่3 จับอยู่กับแมงกานีสออกไซด์ (Bound to Mn oxide)
รูปแบบที่4 จับอยู่กับเหล็กออกไซด์ (Bound to Fe oxide)
รูปแบบที่5 จับอยู่กับสารอินทรีย์ (Bound to organic matter)

รายละเอียดผลการศึกษาแสดงดังภาคผนวก ญ

(ก)



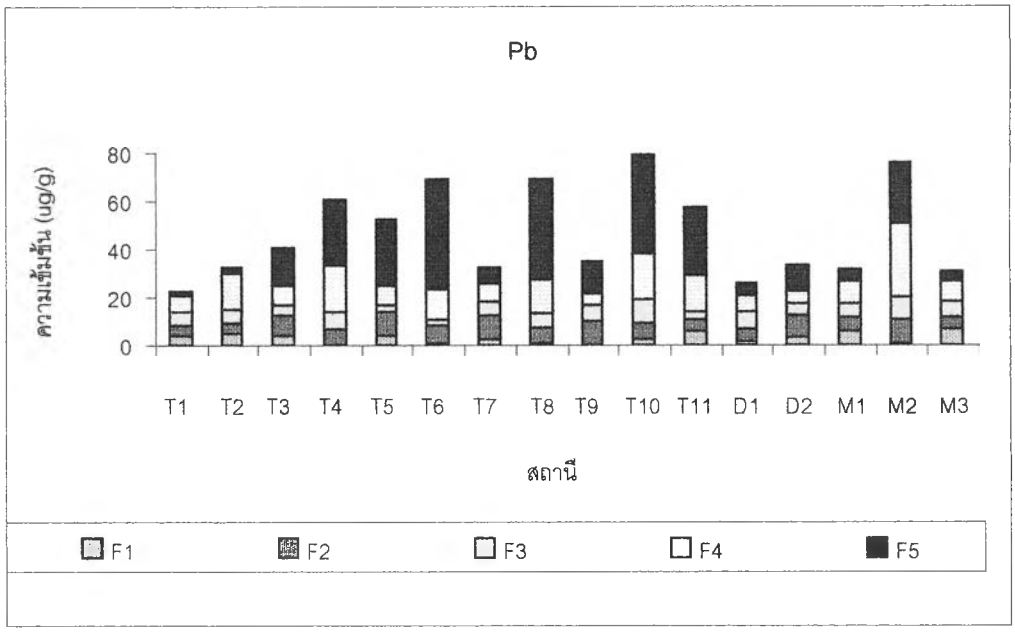
(ข)



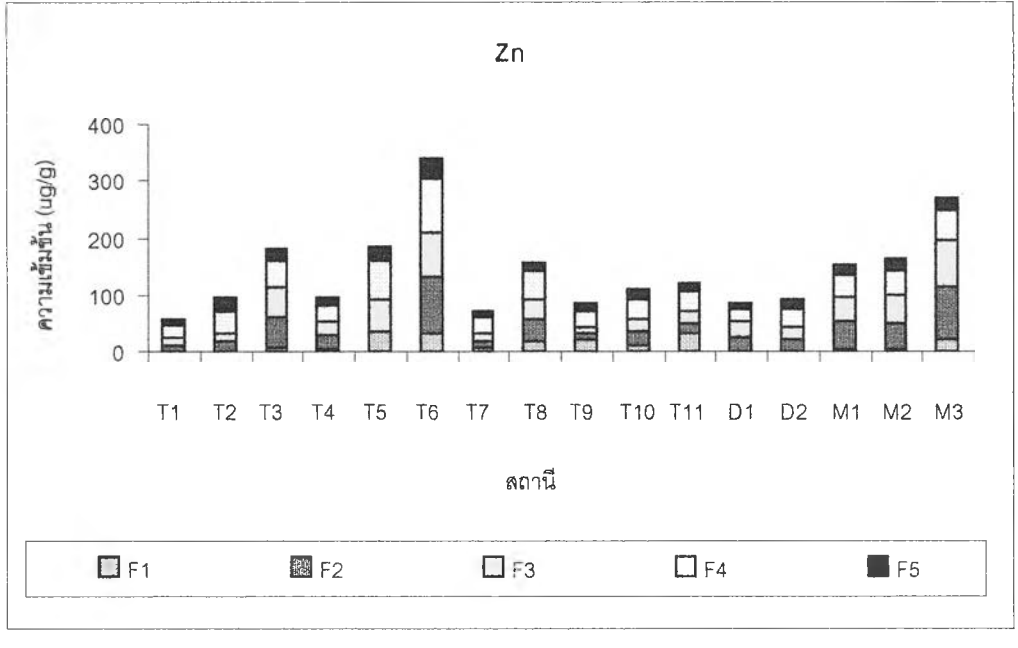
รูปที่ 4.5 (ก-ข) ปริมาณแคดเมียมและทองแดงเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบในดินตะกอนผิวหน้าที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)

หมายเหตุ F1 = รูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้, F2 = รูปแบบที่จับอยู่กับคาร์บอเนต, F3 = รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์, F4 = รูปแบบที่จับอยู่กับเหล็กออกไซด์ และ F5 = รูปแบบที่จับอยู่กับสารอินทรีย์

(ก)



(ข)



รูปที่ 4.6 (ก-ข) ปริมาณตะกั่วและสังกะสีเปรียบเทียบในแต่ละรูปแบบในดินตะกอนผิวหน้าที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)

หมายเหตุ F1 = รูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้, F2 = รูปแบบที่จับอยู่กับคาร์บอเนต, F3 = รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์, F4 = รูปแบบที่จับอยู่กับเหล็กออกไซด์ และ F5 = รูปแบบที่จับอยู่กับสารอินทรีย์

(1.1) แคดเมียม

แคดเมียมที่พบในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าจากทุกสถานีจะอยู่ในรูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้มากกว่ารูปแบบอื่นๆ ยกเว้นสถานี T11 ซึ่งเป็นสถานีเดียวที่พบแคดเมียมอยู่ในรูปแบบที่จับกับสารอินทรีย์สูงที่สุด

ผลรวมทั้ง 5 รูปแบบของแคดเมียมมีค่าสูงสุดที่สถานี T11 รองลงมาคือ สถานี T3 และ M3 บริเวณคลองสุนัขหอนพบแคดเมียมในสถานี D2 สูงกว่าสถานี D1 ในทุกรูปแบบ ส่วนบริเวณคลองมหาชัย พบว่า สถานี M3 มีแนวโน้มของแคดเมียมในทุกรูปแบบที่สูงกว่า M1และ M2 ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (ก)

(1.2) ทองแดง

ทองแดงที่พบในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าจากทุกสถานีอยู่ในรูปที่จับอยู่กับสารอินทรีย์มากที่สุด รองลงมาคือ รูปที่จับอยู่กับแมงกานีสออกไซด์ และรูปที่จับอยู่กับคาร์บอเนต ส่วนรูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้พบในระดับที่ต่ำกว่ารูปแบบอื่นมาก ดังแสดงในรูปที่ 4.5 (ข)

ผลรวมทั้ง 5 รูปแบบของทองแดงพบสูงสุดในสถานี T6 รองลงมาคือ M3 และT5 บริเวณคลองสุนัขหอน พบแคดเมียมในสถานี D1 ใกล้เคียงกันกับสถานี D2 บริเวณคลองมหาชัย พบว่าสถานี M3 มีบริมาณทองแดงในทุกรูปแบบที่สูงกว่าสถานี M1 และ M2 ตามลำดับ

(1.3) ตะกั่ว

ตะกั่วอยู่ในรูปแบบที่จับอยู่กับสารอินทรีย์และรูปแบบที่จับอยู่กับเหล็กออกไซด์ ค่อนข้างสูงกว่ารูปแบบอื่นๆ

ผลรวมทั้ง 5 รูปแบบของตะกั่วมีค่าสูงในสถานี T10, M2, T6 และ T8 บริเวณคลองสุนัขหอนพบว่า สถานี D2 มีปริมาณตะกั่วสูงกว่าสถานี D1 ส่วนบริเวณคลองมหาชัย ปริมาณตะกั่วสูงสุดที่สถานี M2 รองลงมาคือ สถานี M3 และ M1 ในระดับที่ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (ก)

(1.4) สังกะสี

สังกะสีมีค่าสูงในรูปแบบที่จับอยู่กับคาร์บอเนต แมงกานีสออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ ผลรวมของปริมาณสังกะสีทั้ง 5 รูปแบบมีค่าสูงสุดที่สถานี T6 รองลงมาคือ สถานีM3,T5 และT3 บริเวณคลองสุนัขหอนที่สถานี D2 มีปริมาณสังกะสีสูงกว่าสถานี D1 บริเวณคลองมหาชัย สถานี M3 มีปริมาณผลรวมของสังกะสีทั้ง 5 รูปแบบสูงที่สุด รองลงมาคือ สถานี M2 และ M1 ดังแสดงในรูปที่ 4.6 (ข)

(2). การศึกษาปริมาณโลหะรวม

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะรวมในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้าได้ผลการศึกษาดังตารางที่ 4.9

(2.1) แคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมมีค่าอยู่ในช่วง 0.6-4.0 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง บริเวณคลองสุนัขหอนมีปริมาณแคดเมียมอยู่ในช่วง 3.2-4.0 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งสูงกว่าสถานีตามลำน้ำและคลองมหาชัย

(2.2) ทองแดง

ปริมาณทองแดงมีค่าอยู่ในช่วง 29.9-171.9 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง สถานีT6 บริเวณวัดนางสาวมีปริมาณทองแดงสูงกว่าสถานีอื่นๆอยู่มาก มีค่าเท่ากับ 171.9 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือสถานี M3 (วัดโสภณาราม) และ สถานี T5 (วัดอ่างทอง) เท่ากับ 157.0 และ 95.9 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

(2.3) ตะกั่ว

ปริมาณตะกั่วมีค่าในช่วง 59.9-117.2 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง สถานี T10 (วัดหอมเกร็ด) มีค่าตะกั่วสูง เท่ากับ 103.5 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง บริเวณคลองมหาชัยทั้ง 3 สถานี (M1-M3) มีค่าของตะกั่วค่อนข้างสูง เท่ากับ 117.2, 107.5 และ 112.5 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ บริเวณคลองสุนัขหอน (สถานี D1-D2) มีค่าเท่ากับ 107.0 และ 97.4 ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ)

(2.4) สังกะสี

ปริมาณสังกะสีมีค่าอยู่ในช่วง 77.3-369.5 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำน้ำมีค่าสังกะสีสูงมากที่สถานี T6 (วัดนางสาว) เท่ากับ 369.5 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ในคลองมหาชัยทั้ง 3 สถานี (M1-M3) มีค่าสังกะสีสูง เท่ากับ 165.8, 166.9 และ 284.6 ไมโครกรัม/กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีในรูปโลหะรวมในตัวอย่างดินตะกอนผิวหน้า

สถานี	Total metal (ug/g)			
	Cd	Cu	Pb	Zn
T1 วัดกำพร้า	0.6	29.9	60.4	77.3
T2 ท่าเรือเทศบาล	0.7	76.1	82.9	103.1
T3 วัดศรีเมือง	1.7	71.6	59.9	194.9
T4 วัดพันธุวงศ์	1.9	40.0	70.2	103.0
T5 วัดอ่างทอง	2.3	95.9	85.2	251.2
T6 วัดนางสาว	0.9	171.9	74.9	369.5
T7 วัดเทียนดัด	0.6	31.2	81.7	86.4
T8 วัดบางช้างใต้	2.8	69.8	76.3	163.0
T9 วัดไร่ขิง	2.9	37.7	97.8	121.8
T10 วัดหอมเกร็ด	2.0	46.5	103.5	141.0
T11 วัดประชานารถ	1.9	46.2	98.2	138.0
D1 วัดเจริญสุขาราม	3.2	37.3	107.0	89.7
D2 วัดวิสุทธาราม	4.0	39.6	97.4	106.7
M1 วัดเจษฎาราม	2.8	74.5	117.2	165.8
M2 วัดบูรณาราม	2.9	54.6	107.5	166.9
M3 วัดโสภณาราม	2.7	157.0	129.0	284.6

ข. ดินตะกอนตามความลึก

(1). การศึกษาโลหะโดยวิธีสกัดตามลำดับขั้น

รายละเอียดผลการศึกษาโลหะหนักในดินตะกอนตามความลึก แสดงดังภาคผนวก ฎ และสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

(1.1) แคดเมียม

ดินตะกอนจากสถานี C1 พบอยู่ในรูปที่สามารถแลกเปลี่ยนได้มาก ที่สุด ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ส่วนที่ความลึกตั้งแต่ 18 เซนติเมตรลงไป อยู่ในรูปที่จับกับสารอินทรีย์มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.7(ก)

สถานีC2 ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร แคดเมียมที่อยู่ในรูปที่จับกับสารอินทรีย์มีค่ามากที่สุด ส่วนที่ความลึกตั้งแต่ 18 เซนติเมตรลงไป อยู่ในรูปที่จับกับเหล็กออกไซด์สูงที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.9(ก)

สถานีC3 พบแคดเมียมอยู่ในรูปที่จับกับเหล็กออกไซด์มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.11(ก)

(1.2) ทองแดง

ปริมาณทองแดงแต่ละรูปแบบในดินตะกอนสถานี C1 มีแนวโน้มที่ไม่ชัดเจน ที่ระดับความลึก 0-21 เซนติเมตร พบว่าทองแดงมีแนวโน้มที่อยู่ในรูปที่จับกับสารอินทรีย์มากที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.7(ข)

สถานี C2และ C3 พบอยู่ในรูปที่จับกับสารอินทรีย์มากที่สุด และพบในรูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด ดังรูปที่ 4.9 (ข) และรูปที่4.11(ข) ตามลำดับ

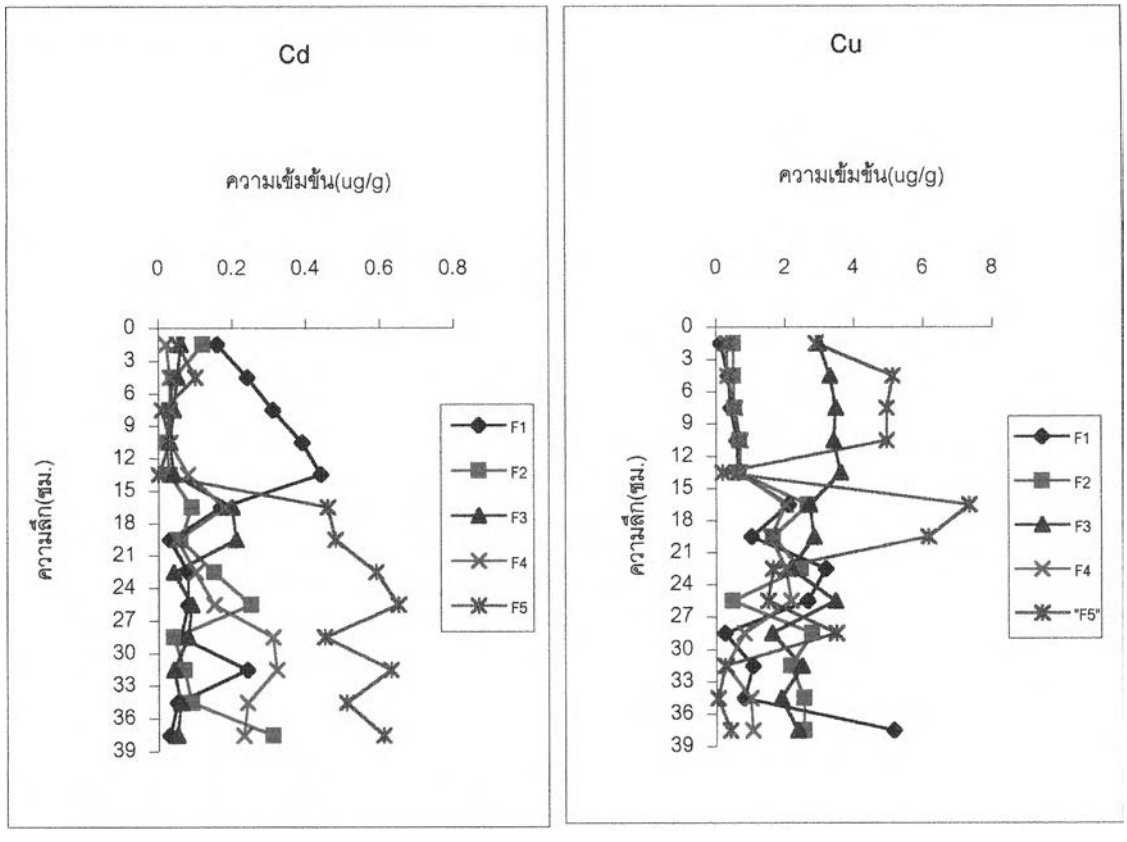
(1.3) ตะกั่ว

สถานี C1 มีแนวโน้มของตะกั่วอยู่ในรูปที่จับกับแมงกานีสออกไซด์มากที่สุด ดังรูป 4.8(ก)

สถานี C2 และ C3 พบอยู่ในรูปที่จับกับเหล็กออกไซด์มากที่สุด ดังรูปที่ 4.10(ก) และรูปที่ 4.11(ค) ตามลำดับ

รูปที่จับอยู่กับแมงกานีสออกไซด์ และเหล็กออกไซด์ รูปที่จับอยู่กับคาร์บอเนต และอยู่ในรูปที่สามารถแลกเปลี่ยนได้น้อยที่สุด ดังรูปที่4.8(ข), รูปที่ 4.10(ข) และ รูปที่ 4.11(ง) ตามลำดับ

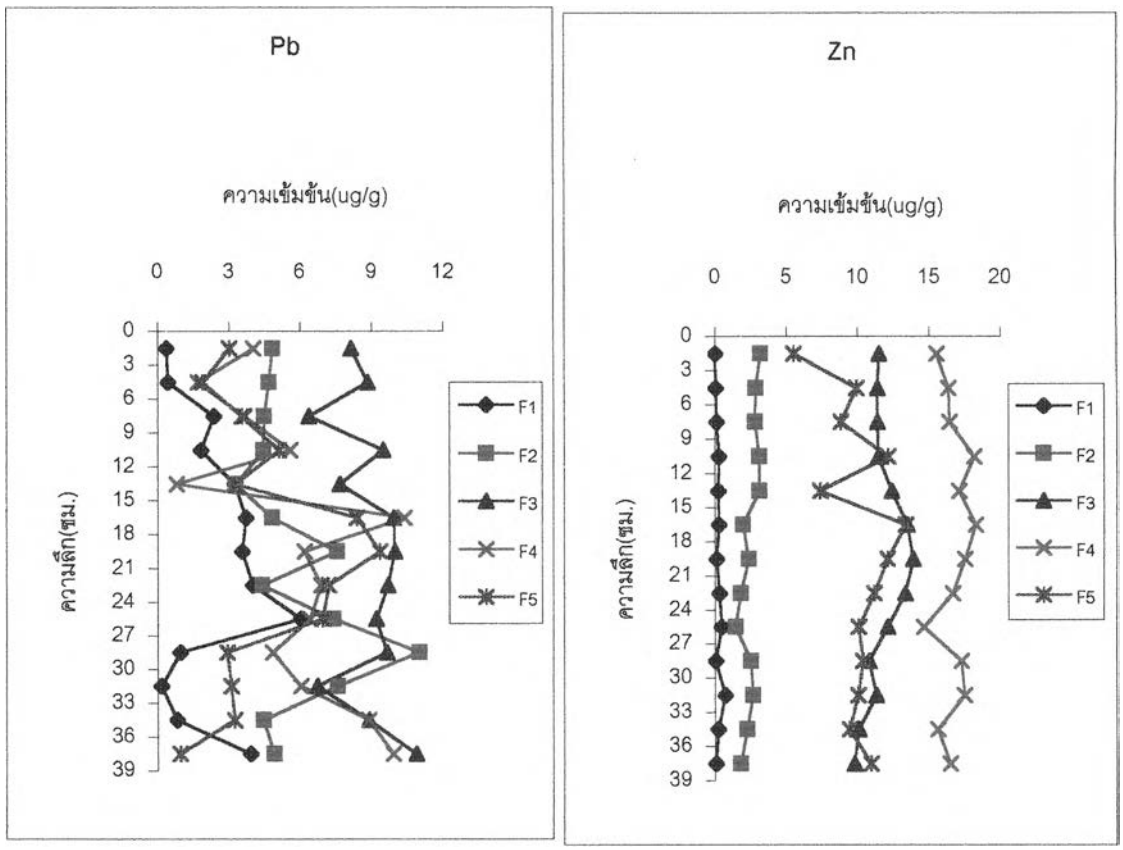
(ก) (ข)



รูปที่ 4.7 (ก-ข) แสดงปริมาณแคดเมียมและทองแดงในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extractionในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก สถานีC1

หมายเหตุ F1 = รูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้, F2 = รูปแบบที่จับกับคาร์บอเนต, F3 = รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์, F4 = รูปแบบที่จับกับเหล็กออกไซด์ และ F5 = รูปแบบที่จับกับสารอินทรีย์

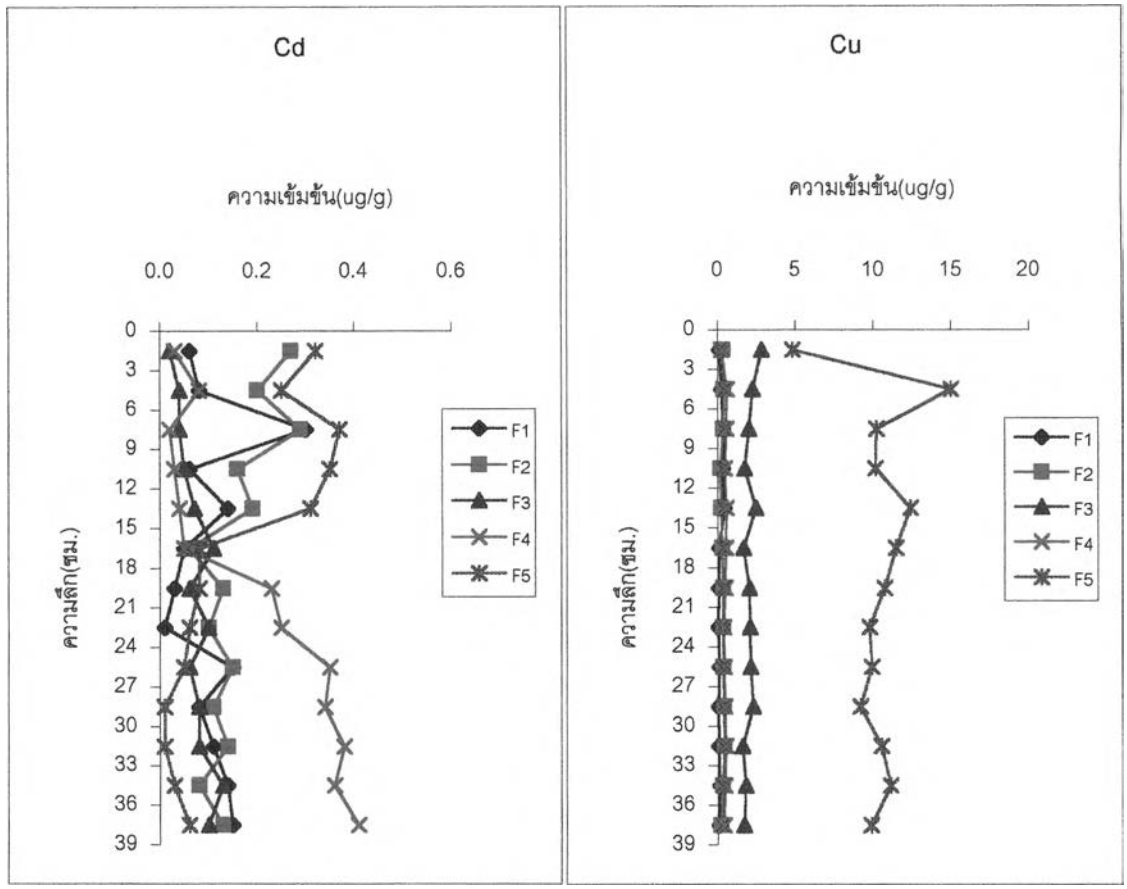
(ก) (ข)



รูปที่ 4.8 (ก-ข) แสดงปริมาณตะกั่วและสังกะสีในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extractionในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก สถานีC1

หมายเหตุ F1 = รูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้, F2 = รูปแบบที่จับกับคาร์บอเนต, F3 = รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์, F4 = รูปแบบที่จับกับเหล็กออกไซด์ และ F5 = รูปแบบที่จับกับสารอินทรีย์

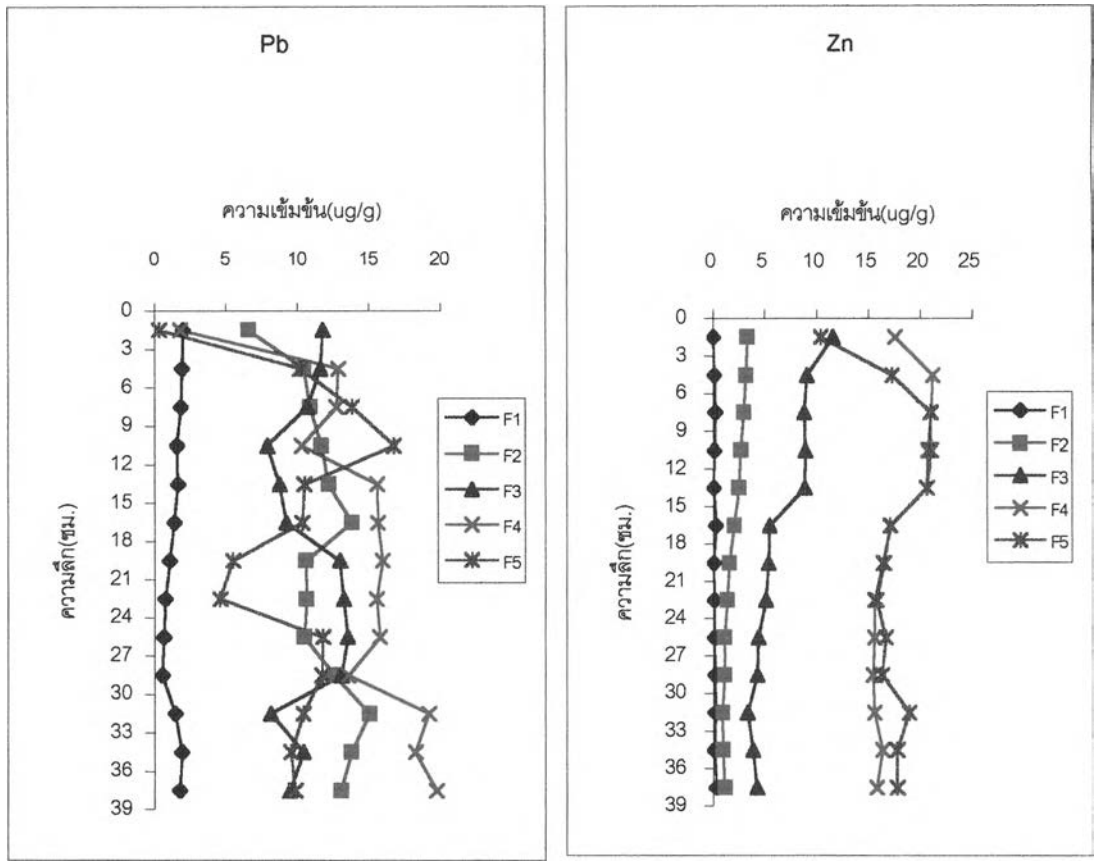
(ก) (ข)



รูปที่ 4.9 (ก-ข) แสดงปริมาณแคดเมียมและทองแดงในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extractionในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก สถานีC2

หมายเหตุ F1 = รูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้, F2 = รูปแบบที่จับกับคาร์บอเนต, F3 = รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์, F4 = รูปแบบที่จับกับเหล็กออกไซด์ และ F5 = รูปแบบที่จับกับสารอินทรีย์

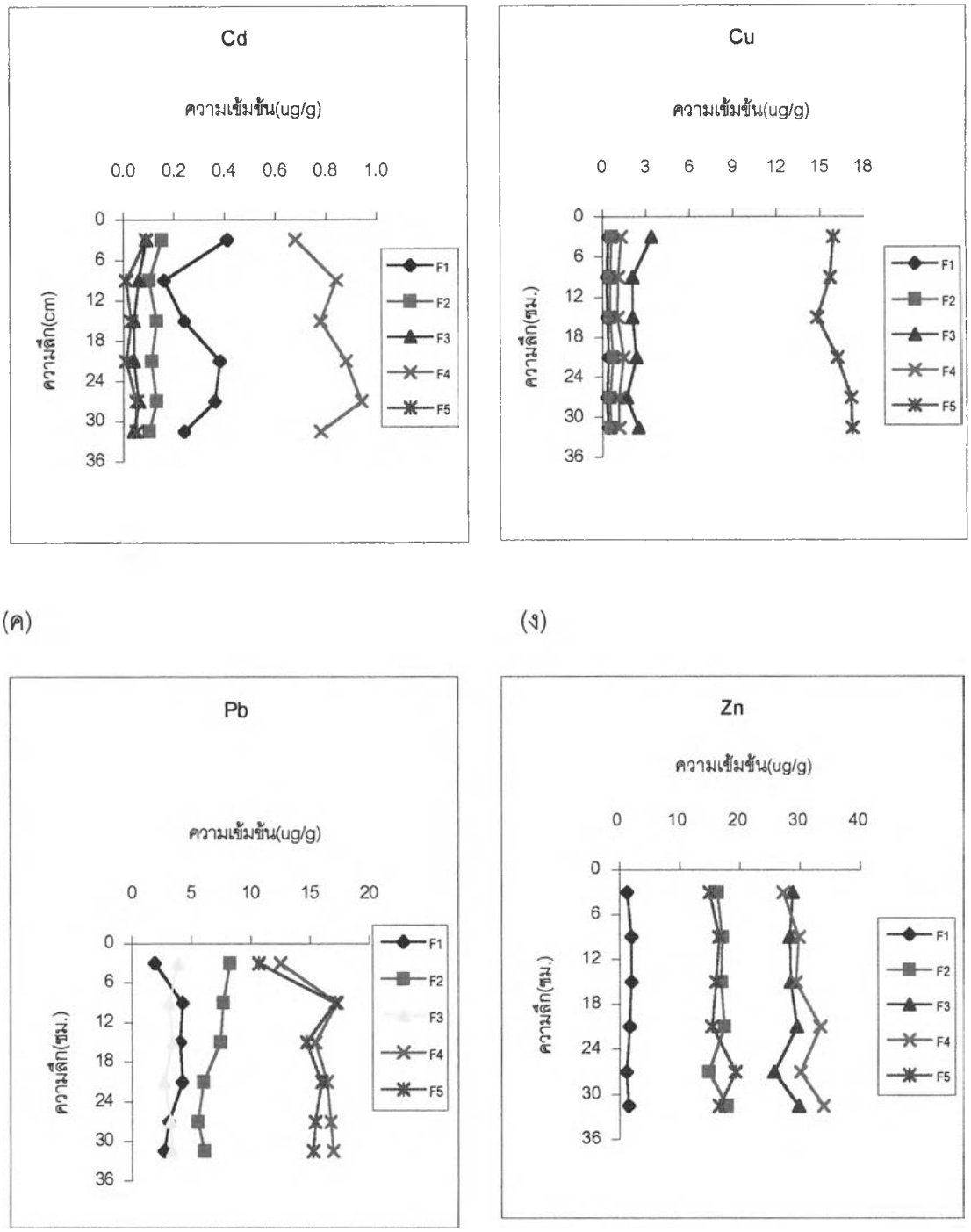
(ก) (ข)



รูปที่ 4.10 (ก-ข) แสดงปริมาณตะกั่วและสังกะสีในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก สถานีC2

หมายเหตุ F1 = รูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้, F2 = รูปแบบที่จับกับคาร์บอเนต, F3 = รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์, F4 = รูปแบบที่จับกับเหล็กออกไซด์ และ F5 = รูปแบบที่จับกับสารอินทรีย์

(ก) (ข)



(ค) (ง)

รูปที่ 4.11 (ก-ง) แสดงปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่วและสังกะสีในแต่ละรูปแบบที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Sequential extraction ในตัวอย่างดินตะกอนตามความลึก สถานีC3

หมายเหตุ F1 = รูปแบบที่สามารถแลกเปลี่ยนได้, F2 = รูปแบบที่จับกับคาร์บอเนต, F3 = รูปแบบที่จับกับแมงกานีสออกไซด์, F4 = รูปแบบที่จับกับเหล็กออกไซด์ และ F5 = รูปแบบที่จับกับสารอินทรีย์

4.2.4 ผลการศึกษาโลหะหนักในส่วนต่าง ๆ ของต้นแสมขาว

จากการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่วและสังกะสีในส่วนใบอ่อน ใบแก่ ลำต้น และรากของต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.) ที่ขึ้นในสถานี T1 M1 M3 และ D1 ซึ่งอยู่ในบริเวณปากแม่น้ำ คลองมหาชัย และคลองสุนัขหอน พบปริมาณแคดเมียมในส่วนใบแก่มากที่สุดในตัวอย่างจากทุกสถานี รองลงมาคือส่วนใบอ่อน ราก และลำต้น ทองแดงและตะกั่วพบมากที่สุดในส่วนใบแก่ และสังกะสีพบมากในส่วนของรากและใบแก่ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างในส่วนใบอ่อน ใบแก่ ราก และลำต้น พบว่าปริมาณการสะสมโลหะหนักในส่วนลำต้นน้อยกว่าส่วนอื่นๆ ดังรูปที่ 4.12 (ก-ข) และรูปที่ 4.13 (ก-ข)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนเดียวกันของแสมขาว ในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง พบว่า สถานีวัดเจษฎาราม (M1) ซึ่งอยู่ในบริเวณคลองมหาชัย มีปริมาณทองแดงในทั้ง 4ส่วนที่ทำการศึกษา สูงกว่าสถานีอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.14 (ก-ข)

4.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการทดสอบทางสถิติ

ก.วิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีการทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS ทดสอบ ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยวิธี one-way ANOVA เมื่อพบว่าตัวแปรที่ศึกษามีความแตกต่างจึงนำมาทดสอบความแตกต่างในแต่ละคู่ของตัวแปรที่ศึกษาด้วยวิธี Duncan โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 หัวข้อ คือ

(1).เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในแต่ละสถานีที่พบในแต่ละส่วนของต้นแสมขาว ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.10 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฎ)

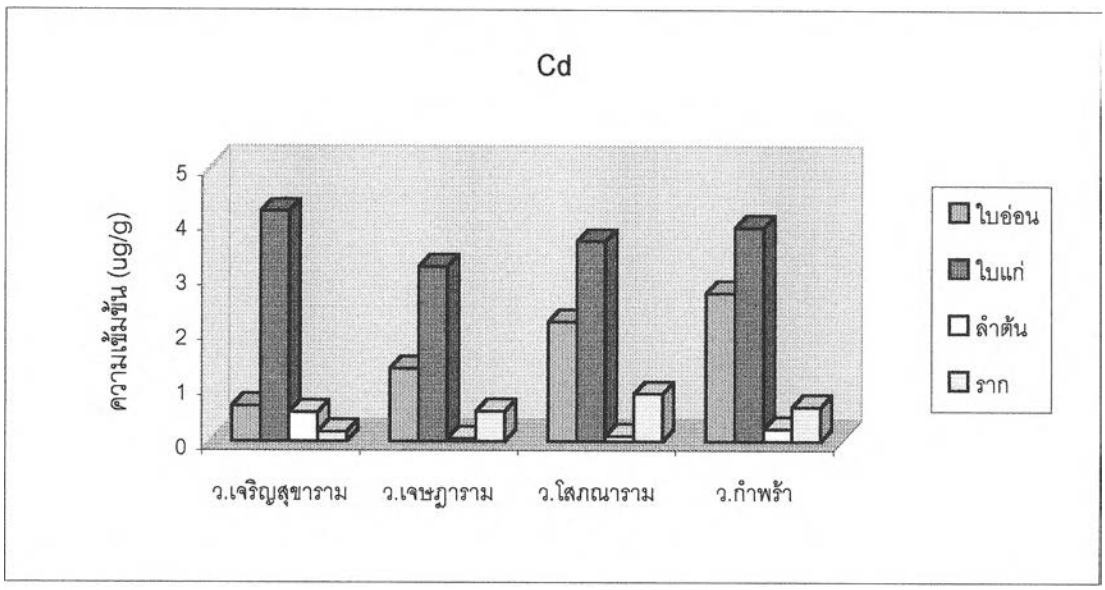
(2).เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในส่วนของต้นแสมขาวที่พบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4.11 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ฐ)

ข. หาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโลหะหนักในรูป Total non-residual ที่พบในดินตะกอนและในต้นแสมขาว โดยเขียนกราฟระหว่างปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนกับปริมาณโลหะหนักที่พบในส่วนต่างๆ ของต้นแสมขาวในสถานีเก็บตัวอย่างเดียวกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ในเชิงเส้น พบว่า

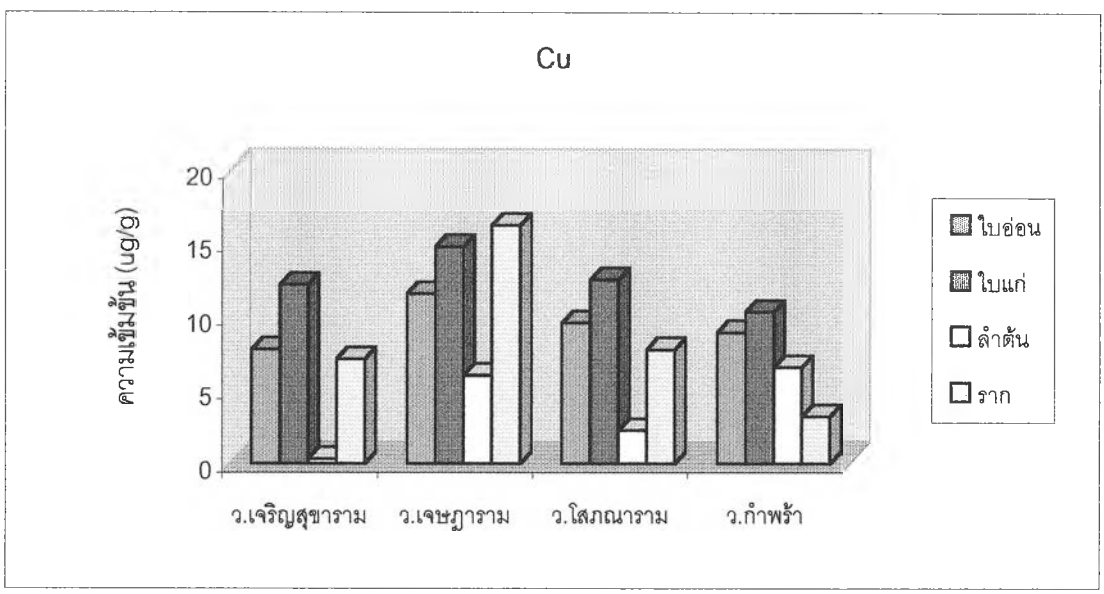
(1) ปริมาณทองแดงในดินตะกอนในรูป Total non-residual จากสถานี T1, D1 และ M1 มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณทองแดงในส่วนใบแก่และรากของต้นแสมขาวที่พบในแต่ละส่วนของต้นแสมขาว

(2) ปริมาณสังกะสีในดินตะกอนในรูป Total non-residual จากสถานี T1, M1 และ M3 มีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณสังกะสีในส่วนใบอ่อนของต้นแสมขาว

(ก)

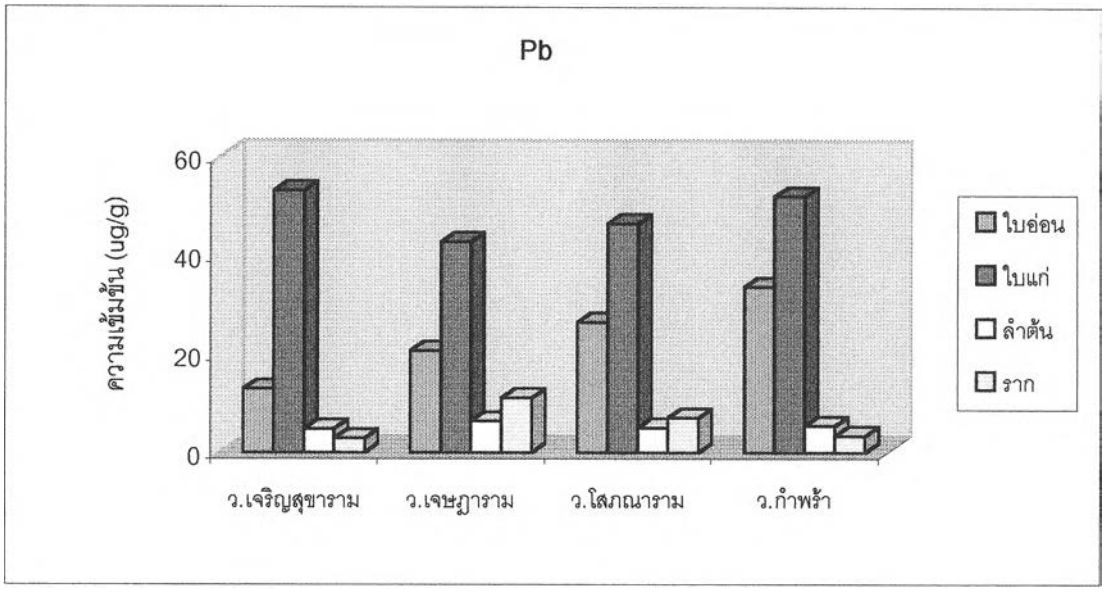


(ข)

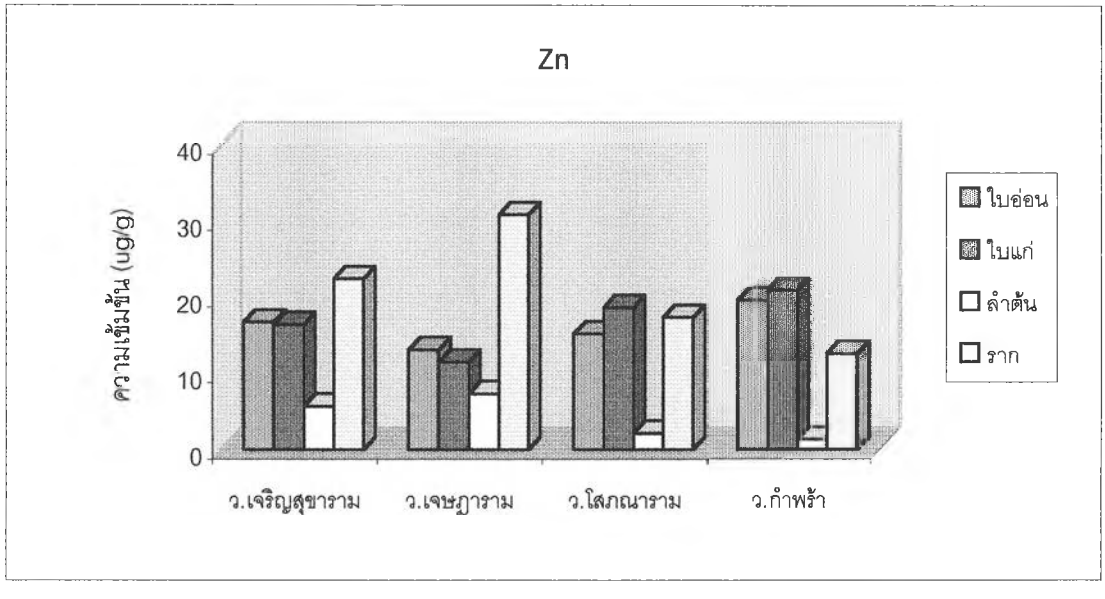


รูปที่ 4.12 (ก-ข) ปริมาณแคดเมียมและทองแดงจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่างเปรียบเทียบในแต่ละส่วนของต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.)

(ก)

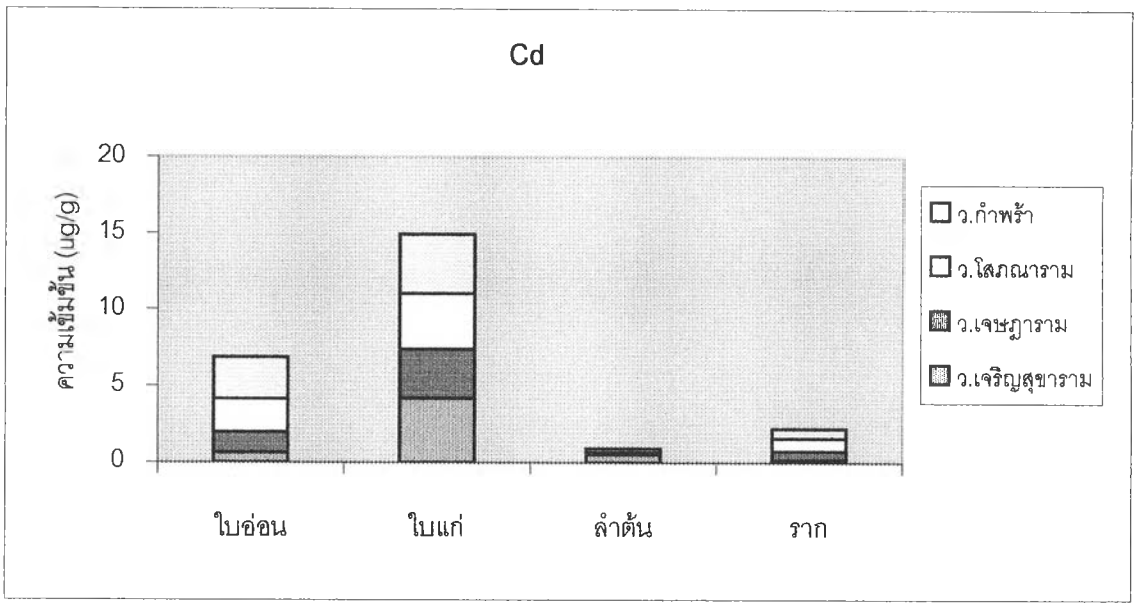


(ข)

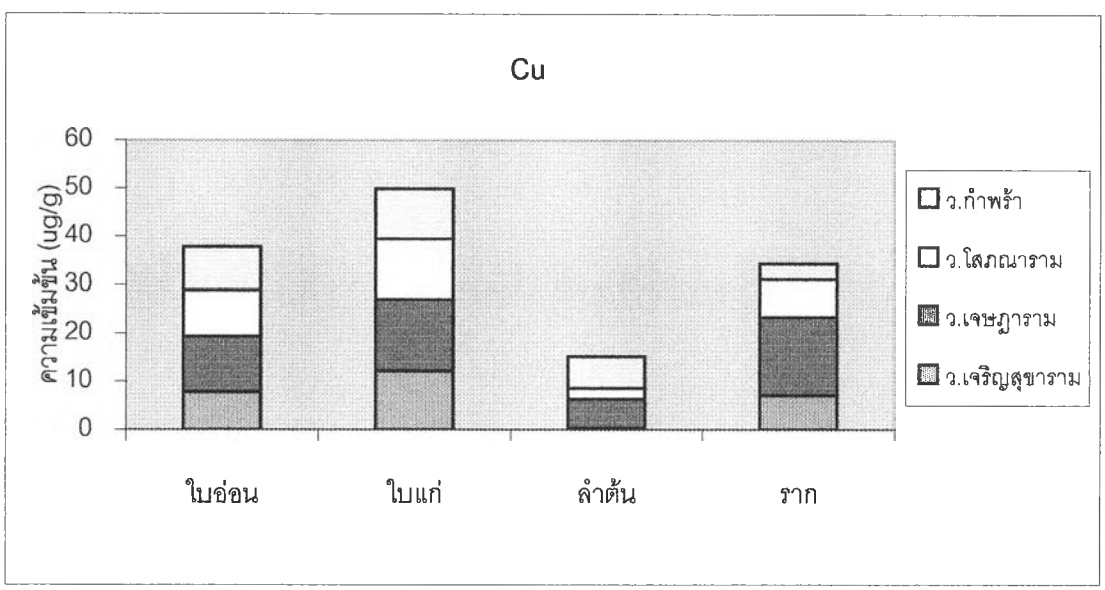


รูปที่ 4.13 (ก-ข) แสดงปริมาณตะกั่วและสังกะสีจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบในแต่ละส่วนของต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.)

(ก)

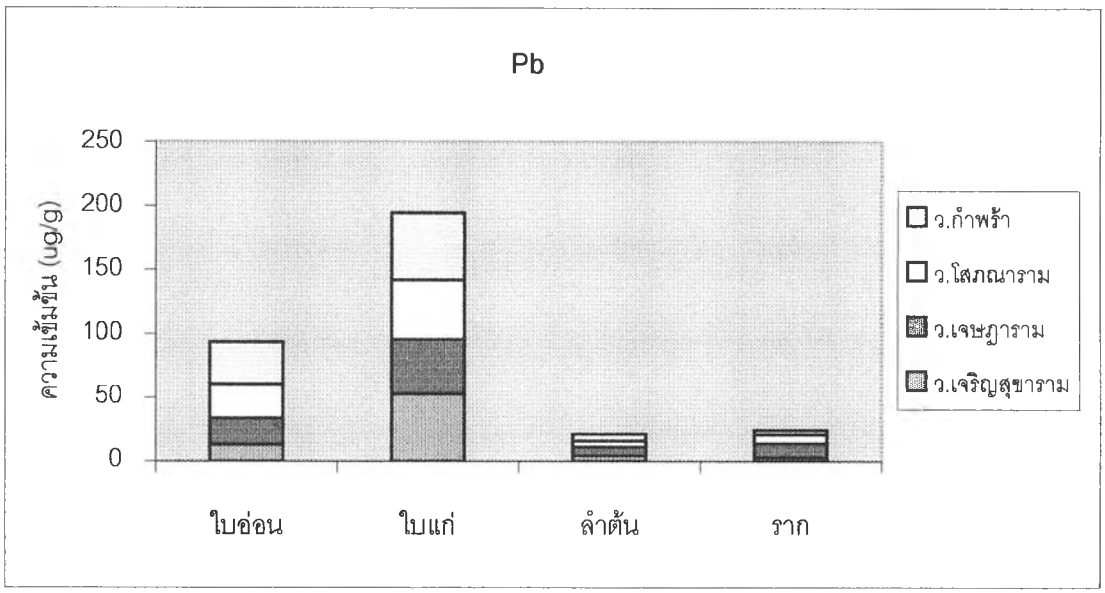


(ข)

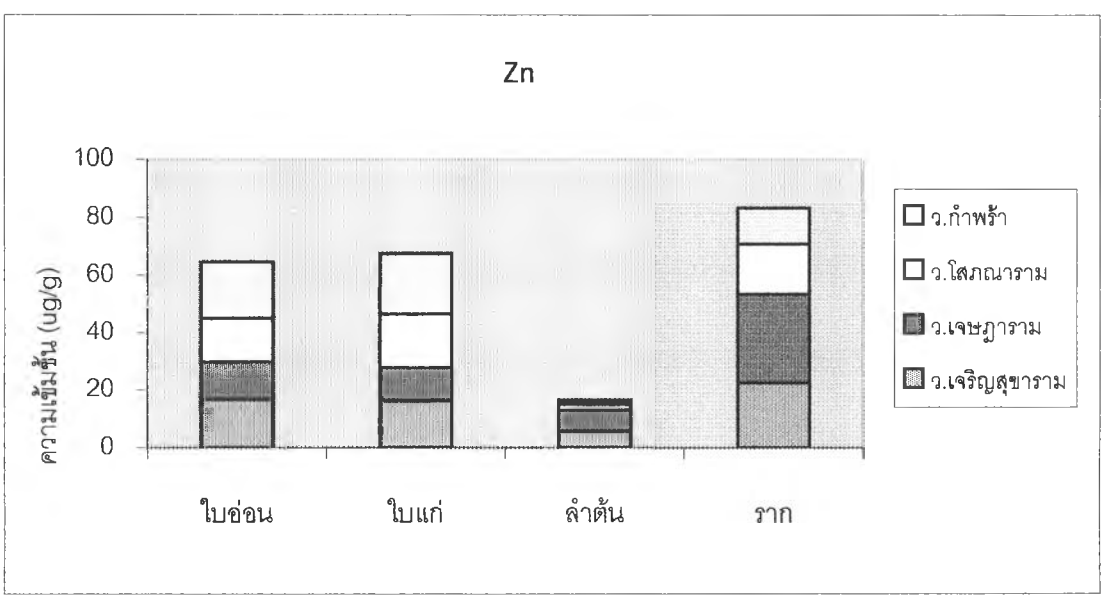


รูปที่ 4.14 (ก-ข) แสดงปริมาณแคดเมียมและทองแดงจากส่วนต่างๆของต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.) เปรียบเทียบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

(ก)



(ข)



รูปที่ 4.15 (ก-ข) แสดงปริมาณตะกั่วและสังกะสีจากส่วนต่างๆของต้นแสมขาว(*Avicennia alba* Bl.) เปรียบเทียบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 4.10 แสดงปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีจากแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง เปรียบเทียบในส่วนต่างๆของต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.)

โลหะหนัก	สถานี	ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างต้นแสมขาว (ug/g)			
		ใบอ่อน	ใบแก่	ลำต้น	ราก
Cd	ว. เจริญสุขาราม (D1)	0.65 ± 0.36 [a]	4.20 ± 0.10 [b]	0.53 ± 0.03 [a]	0.18 ± 0.08 [a]
	ว.เจษฎาราม (M1)	1.33 ± 0.20 [a]	3.18 ± 0.08 [b]	0.05 ± 0.05 [c]	0.55 ± 0.23 [b]
	ว.โสภณาราม (M3)	2.18 ± 0.08 [a]	3.65 ± 0.28 [a]	0.10 ± 0.05 [c]	0.87 + 0.06 [d]
	ว.กำพร้า (T1)	2.70 ± 0.51 [b]	3.90 ± 0.10 [c]	0.23 ± 0.13 [a]	0.63 + 0.08 [a]
Cu	ว. เจริญสุขาราม (D1)	7.77± 0.24 [a]	12.20 ± 0.72 [b]	0.33 ± 0.03 [c]	7.10 ± 0.31 [a]
	ว.เจษฎาราม (M1)	11.57 ± 0.38 [a]	14.78 ± 0.43 [b]	6.02 ± 0.03 [c]	16.23 ± 0.51 [d]
	ว.โสภณาราม (M3)	9.57 ± 0.38 [a]	12.53 ± 0.43 [b]	2.27 ± 0.16 [c]	7.75 ± 0.51 [d]
	ว.กำพร้า (T1)	8.92 ± 1.34 [a]	10.33 ± 0.10 [a]	6.55 ± 0.65 [b]	3.23 ± 0.05 [c]
Pb	ว. เจริญสุขาราม (D1)	13.90 ± 1.74 [b]	53.07 ± 2.57 [c]	4.78 ± 1.41 [a]	2.85 ± 0.17 [a]
	ว.เจษฎาราม (M1)	20.72 ± 5.63 [b]	42.72 ± 7.08 [c]	6.40 ± 3.67 [a]	11.13 ± 0.84 [a]
	ว.โสภณาราม (M3)	26.53 ± 6.06 [b]	46.42 ± 3.45 [c]	4.98 + 0.98 [a]	6.98 + 1.58 [a]
	ว.กำพร้า (T1)	33.57 ± 1.68 [b]	51.95 ± 1.54 [c]	5.45 ± 0.23 [a]	3.33 ± 0.08 [a]
Zn	ว. เจริญสุขาราม (D1)	16.72 ± 0.44 [a]	16.37 ± 0.23 [a]	5.67 ± 0.74 [b]	22.40 ± 0.74 [c]
	ว.เจษฎาราม (M1)	13.05 ± 0.44 [a]	11.42 ± 0.49 [b]	7.27 ± 0.74 [c]	30.87 ± 0.88 [d]
	ว.โสภณาราม (M3)	15.13 ± 0.52 [a]	18.63 ± 0.55 [b]	2.13 ± 0.38 [c]	17.32 ± 0.16 [d]
	ว.กำพร้า (T1)	19.62 ± 1.35 [a]	20.98 ± 0.03 [a]	1.32 ± 0.60 [b]	12.57 ± 0.77 [c]

หมายเหตุ สัญลักษณ์ตัวยกเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 4.11 แสดงปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี จากส่วนต่างๆของต้นแสมขาว (*Avicennia alba* Bl.) เปรียบเทียบในแต่ละสถานีเก็บตัวอย่าง

โลหะหนัก	ส่วนของต้นแสมขาว	ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างต้นแสมขาว (ug/g)			
		ว. เจริญสุขาราม (D1)	ว.เจษฎาราม (M1)	ว.โสภณาราม (M3)	ว.กำพร้า (T1)
Cd	ใบอ่อน	0.65 ± 0.36 ^{b}	1.33 ± 0.20 ^{c}	2.18 ± 0.08 ^{a}	2.70 ± 0.51 ^{a}
	ใบแก่	4.20 ± 0.10 ^{b}	3.18 ± 0.08 ^{c}	3.65 ± 0.28 ^{a}	3.90 ± 0.10 ^{a}
	ลำต้น	0.53 ± 0.03 ^{c}	0.05 ± 0.05 ^{a}	0.10 ± 0.05 ^{a,b}	0.23 ± 0.13 ^{b}
	ราก	0.18 ± 0.08 ^{a}	0.55 ± 0.23 ^{b}	0.87 ± 0.06 ^{c}	0.63 ± 0.08 ^{d}
Cu	ใบอ่อน	7.77 ± 0.24 ^{a}	11.57 ± 0.38 ^{c}	9.57 ± 0.38 ^{b}	8.92 ± 1.34 ^{a,b}
	ใบแก่	12.20 ± 0.72 ^{a}	14.78 ± 0.43 ^{b}	12.53 ± 0.43 ^{a}	10.33 ± 0.10 ^{c}
	ลำต้น	0.33 ± 0.03 ^{b}	6.02 ± 0.03 ^{a}	2.27 ± 0.16 ^{c}	6.55 ± 0.65 ^{a}
	ราก	7.10 ± 0.31 ^{a}	16.23 ± 0.51 ^{b}	7.75 ± 0.51 ^{a}	3.23 ± 0.05 ^{c}
Pb	ใบอ่อน	13.90 ± 1.74 ^{a}	20.72 ± 5.63 ^{a,b}	26.53 ± 6.06 ^{b}	33.57 ± 1.38 ^{c}
	ใบแก่	53.07 ± 2.57 ^{b}	42.72 ± 7.08 ^{a}	46.42 ± 3.45 ^{a,b}	51.95 ± 1.54 ^{b}
	ลำต้น	4.78 ± 1.41 ^{a}	6.40 ± 3.67 ^{a}	4.98 ± 0.98 ^{a}	5.45 ± 0.23 ^{a}
	ราก	2.85 ± 0.17 ^{a}	11.13 ± 0.84 ^{b}	6.98 ± 1.58 ^{c}	3.33 ± 0.08 ^{a}
Zn	ใบอ่อน	16.72 ± 0.44 ^{a}	13.05 ± 0.44 ^{b}	15.13 ± 0.52 ^{c}	19.62 ± 1.35 ^{d}
	ใบแก่	16.37 ± 0.23 ^{a}	11.42 ± 0.49 ^{b}	18.63 ± 0.55 ^{c}	20.98 ± 0.03 ^{d}
	ลำต้น	5.67 ± 0.74 ^{b}	7.27 ± 0.91 ^{c}	2.13 ± 0.38 ^{a}	1.32 ± 0.60 ^{a}
	ราก	22.40 ± 0.74 ^{a}	30.87 ± 0.88 ^{b}	17.32 ± 0.16 ^{c}	12.57 ± 0.77 ^{d}

หมายเหตุ สัญญลักษณ์ตัวยกเหมือนกันหมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05